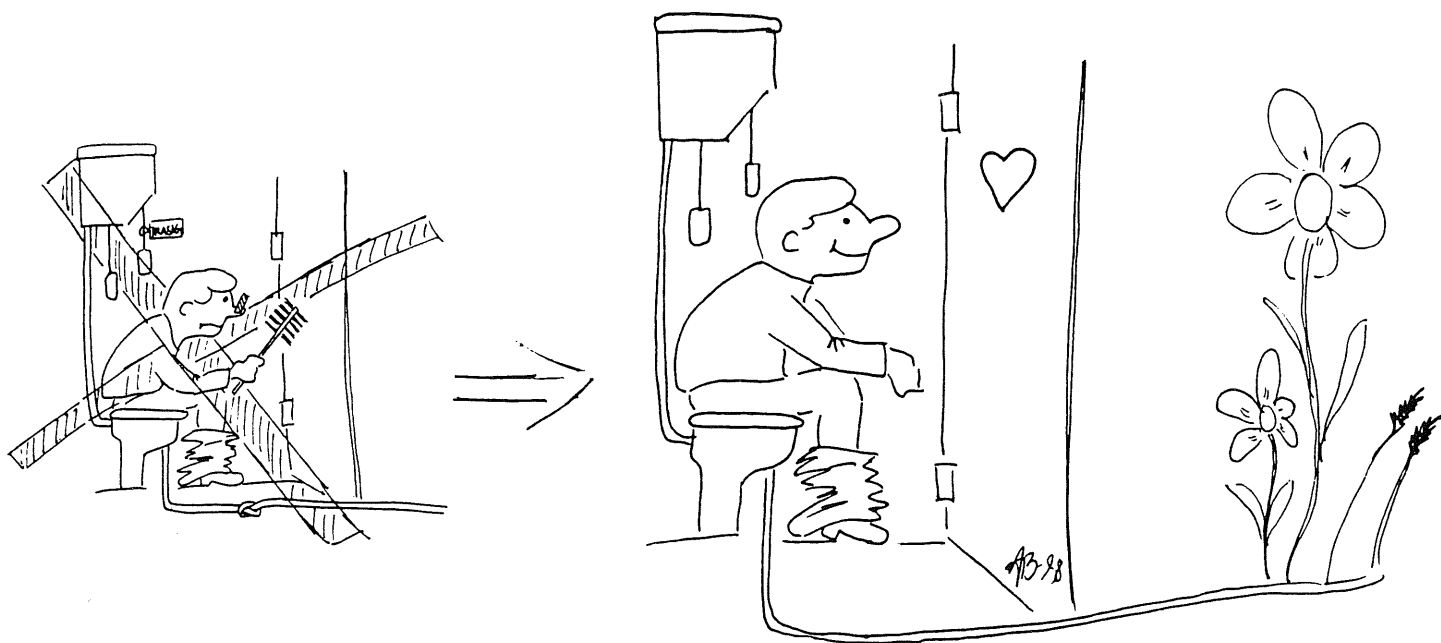


DUBBELSPOLADE URINSORTERANDE TOALETTER - DRIFTSERFARENHETER OCH PROBLEMUPPFÖLJNING

DOUBLE FLUSHED URINE SEPARATING TOILETS - USER
EXPERIENCES AND A FOLLOW UP
OF PROBLEM



Anna Burström
Håkan Jönsson

Institutionen för lantbruksteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering

Rapport 229
Report 229

Uppsala 1998
ISSN 00283-0086
ISRN SLU-LT-R-229-SE

FÖRORD

Detta examensarbete avslutar min agronomutbildning vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Det är min förhoppning att arbetet kommer att vara till nytta i strävan mot att utveckla ett kretsloppsanpassat avloppssystem. Ett stort tack vill jag rikta till min handledare, Håkan Jönsson, som förutom att handleda mig, även utvecklat mätmetoder och utfört mätningarna tillsammans med mig. Ett tack också till och alla som arbetar i verkstaden på institutionen för lantbruksteknik, som hjälpt mig på alla sätt. Ett stort tack vill jag också rikta till alla dem som besvarat min enkät och de släppt in mig och Håkan för att vi skulle kunna undersöka problemen med toaletterna.

Uppsala, 1998
Anna Burström

Denna studie initierades som en enkätstudie av funktionen hos olika urinsorterande toaletter. Studien gav intressanta resultat och därför utökades studien med en problemuppföljning rörande dels stopp i toaletternas vattenlås och dels eventuella avlagringar i övriga delar av urinledningssystemet. Studien initierades inom projektet "Källsorterad humanurin i kretslopp", men har huvudsakligen bekostats av projektet "Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringsskälla för jordbruket runt Stockholm". Projektet "Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringsskälla för jordbruket runt Stockholm" finansieras av Stockholm Vatten AB, AB Stockholmshem, HSB Riksförbund och Naturvårdsverket. Projektet "Källsorterad humanurin i kretslopp" finansieras av Stiftelsen Lantbruksforskning, Byggnadsrådet och VA-Forsk.

Studien är utförd av agronom Anna Burström. Enkätstudien och studien av stoppen i toaletternas urinvattenlås utfördes som hennes examensarbete, medan studien av avlagringarna i ledningssystemets övriga delar utfördes efter hennes examen. Mätningar och fältobservationer har vi i stor utsträckning utfört tillsammans.

Denna studie hoppas jag kommer att bidra till utvecklingen av väl fungerande toaletter som kan ingå i ett kretsloppsanpassat avloppssystem. Jag vill varmt tacka alla som bidragit! Jag tackar Anna för hennes stora insatser och för hennes växande entusiasm inför området. Jag tackar verkstaden vid Institutionen för lantbruksteknik för deras hjälp. Jag vill även tacka alla de som besvarat enkätstudien avseende toalettens funktion, samt de som lät oss utföra diverse mätningar på deras toaletter. Slutligen är jag tacksam för att finansierarna gjort studien möjlig.

Uppsala, 1998
Håkan Jönsson
Projektledare för projektet "Källsorterad humanurin i kretslopp" och delprojektansvarig i "Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringsskälla för jordbruket runt Stockholm"

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	1
SUMMARY	4
SAMMANFATTNING	5
BAKGRUND	7
SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR	8
LITTERATURSTUDIE	9
MATERIAL OCH METODER	11
Toaletterna	11
Dubbletten	11
Modell DS	12
Beskrivning av områdena	13
Ekobyn Understenshöjden	13
Hysesområdet Palsternackan	13
Hysesområdet i Hushagen	14
Ekobyn Smeden	14
Parhuset Svedden	14
Ekoporten	14
Enkätstudien	15
Undersökning av stopp i vattenlås i Understenshöjden och Ekoporten	15
Understenshöjden	15
Ekoporten	16
Analys av igensättning i vattenlås	16
Undersökning av avlagringar i urinledningssystemet	18
Kemisk analys av igensättningarna	18
RESULTAT OCH DISKUSSION	19
Enkät svar	19
Undersökning av igensättning i vattenlås	28
Undersökning av igensättningar i urinledningssystemet	34
Understenshöjden	34
Palsternackan	35
SLUTSATSER	38
REFERENSER	39
BILAGA 1. DEN UTSKICKADE ENKÄTEN	40
BILAGA 2. PROTOKOLL FRÅN VIDEOFILMNINGAR AV LEDNINGAR	41

SUMMARY

Urine separation is a complementary function to the sewage system. Some people believe that it is the best way to close the cycle of nutrients between urban and rural areas. In order to study the experiences of the users of urine separating sewage systems an inquiry was made among such users in five different housing districts. Three districts were equipped with the DS-toilet from WM-Ekologen AB. The other two districts were equipped with the toilet Dubbletten from BB-Innovation & Co AB. In the inquiry the users were asked about odour, cleaning, design of the toilets and how they handled toilet paper after urination. Other questions treated the users opinion of urine separation toilets and the future of the system. A purpose of the inquiry was to find out how often the urine pipe got blocked, what the blockages consisted of and how hard they were to clear.

The inquiry showed that urine separation toilets smelled just a little more than conventional ones. Some families had initially had large odour problems. This was often a result of faulty installation and when the installation was fixed, the odour had disappeared. However, a few families still found that the urine separating toilets smelled somewhat more than conventional ones. The difference was small and thus odour was not a large problem.

Of the two studied urine separating toilets, one required more cleaning and one less than a conventional toilet. One problem was that faeces frequently got stuck onto the porcelain. The flushing of the urine bowl of the toilet did not function well on either of the toilets. This should not be difficult to improve, but product development is required.

The users were asked to grade their confidence in a future expansion of urine separating sewage systems using grades from one to six. Grade one meant that the system did not have a future and grade six meant that it would become widespread. The average grades of the users in the different districts were between 4,1 and 4,6. The majority was also positive to having urine separating toilets in their homes, average grades were above 5,4 in all districts except one, Palsternackan, where the average was 4,9.

The most serious problem with the urine separating toilets was the frequent blockages of the urine pipe on the toilet itself. Most of the blockages, 77 % of the ones studied, originated from hair or straws from toilet brushes. These blockages were easy to clear. However, there were also a few blockages that were impossible to clear with our equipment. These blockages consisted of a hard precipitation containing large proportions of phosphorus, calcium, magnesium and, where the urine pipe was of copper, also copper. The inquiry showed that after 4 000 estimated toilet usages only three households, out of 96, had not had any blockage of the urine pipe.

In two districts the pipes of the urine sewage system were further investigated. Where the pipe had a diameter of 110 mm and a slope of 1 cm per meter, there was almost no sludge in the pipes and no sign of any future blockage problem. Pipes with a diameter of 50 mm and pipes with less slope than 1 % contained much sludge. The sludge was easy to flush away with water. We regret that it was not possible to make any observation of pipes with diameters between 50 and 110 mm having a 1 % slope.

SAMMANFATTNING

Urinsortering är en kompletterande funktion till avloppssystemen som en del anser är det bästa sättet att sluta kretsloppet mellan stad och land. För att få en uppfattning om systemets funktion gjordes en enkätundersökning samt inspektion av urinledningssystemet från toalett till tank. Enkäten omfattade tre områden med DS-toaletten från WM- Ekologen AB och två med toaletten Dubbletten från BB Innovation & Co AB. I enkäten frågades om de boende upplevde besvär med lukt, rengöringen, utformningen av toaletten och spolfunktionen samt hur toalettpapper efter urinering hanterades. Andra frågor på enkäten berörde de boendes inställning till urinsortering toaletter samt deras tro på systemets framtid. Enkäten syftade bland annat till att utreda om det förekom att vattenlåset i toalettens urindel satte igen, vad dessa igensättningar i så fall bestod av samt hur svåra de var att avlägsna.

Enkätsvaren visade att toaletterna luktade aningen mer än konventionella toaletter. Ett fåtal personer hade haft stora problem med lukt men detta hade blivit åtgärd. Odören hade många gånger uppstått p.g.a. felaktig installation och när denna rättats till hade även luktproblemen försvunnit. Några personer ansåg dock fortfarande att de urinsortering toaletterna luktade lite mer än konventionella. Problemet var dock litet.

På en skala från ett till sex ombads de tillfrågade ange sin tilltro till systemets framtida utbredning. Ett betydde att systemet inte har någon framtid alls och sex betydde att urinsortering kommer att vara vanlig i framtiden. Medeltalet för alla områdena låg mellan 4,1 till 4,6. De boende var också överlag positiva till att ha urinsortering toaletter i sina bostäder, medel låg över 5,4 i alla områden utom i ett, Palsternackan, där det var 4,9.

Enligt inkomna svar var rengöringen av toaletterna, jämfört med en konventionell toalett, mer arbetskrävande för en av toaletterna, medan den andra var något lättare att rengöra. Problemet är att fekalier ofta fastnar på porslinet. Den funktion som spolar rent urinskålen på toaletterna, urinspolningen, fungerar inte tillfredsställande på någon av modellerna. Detta problem bedöms inte vara speciellt svårt att åtgärda men det kräver produktutveckling.

I enkäten frågades efter hur länge toaletten varit i bruk samt hur många gånger familjen/personen hade haft stopp i vattenlåset. Det visades sig att efter 4 000 beräknade användningar var det bara tre, av 96, hushåll som inte haft stopp eller dåligt flöde i vattenlåset. De flesta, 77 % av de undersökta stoppen, orsakades av hår eller strån från borstar. Dessa stopp var lätta att åtgärda. Det fanns dock några stopp som var mycket svåra att avlägsna. Dessa stopp orsakades av utfällningar vilka bildade hårda avlagringar i urinledningens vattenlås. Avlagringarna innehöll höga halter fosfor, kalcium, magnesium och, i de fall urinledningen var av koppar, även koppar.

I två områden undersöktes urinledningssystemet från vattenlås till uppsamlingstank. Där ledningen hade bra fall, ca 1 cm per meter, och en diameter på 110 mm, fanns ytterst lite slam och inga tecken på framtida problem. I ledningar av mindre dimension (50 mm) och/eller med sämre fall hade mycket slam samlats. Där ledningarna hade bakfall samlades också mycket slam. Slammet gick dock lätt att spola bort med vatten. Funktionen hos horisontella ledningar med diametrar mellan 50 och 110 mm och korrekt fall (1 cm per meter) har tyvärr inte kunnat studeras.

BAKGRUND

Dagens avloppssystem utnyttjar inte den stora potential humanurin och fekalier kan utgöra som gödningsmedel. Avloppssystemet har istället utvecklats med hänsyn till hygieniska aspekter och folkhälsa (Jönsson m.fl. 1996). I början av seklet infördes ledningssystem och vattenklosetter för att komma tillrätta med lukt och den ohälsa träck, urin, tvätt- och diskvatten medförde i städerna. På senare tid har det visat sig att dessa avloppssystem inte var genomtänkta, utan utvecklingen drevs av akuta problem som krävde snabba lösningar. Viktiga näringsämnen har hamnat i vattendrag och på deponier istället för på åkern där de behövs för livsmedelsproduktionen.

Det är markens produktionsförmåga som är viktig, inte tillförsel av växtnäring (Jönsson, 1996). Om all tillförsel av gödningsmedel upphörde skulle våra åkrar producera ungefär 30 % av dagens skördar (stencil i kursen Mv 12, Inst. för markvetenskap, SLU). Kväve är det näringsämne som i första hand begränsar produktionen. Vår kvävekälla är i princip oändlig. Kvävet utvinns ur luften som till 78 % utgörs av kvävegas, men att binda det i växttillgänglig form är en mycket energikrävande process. Om växtens tillgång till kväve skulle vara optimalt, är fosfor det som begränsar tillväxten. Fosfor utvinns ur berggrunden och på senare år har det uppmärksamats att fosfor finns i en begränsad mängd. Idag går fosfor i ett linjärt flöde från berggrunden via konstgödsel, lantbruk, livsmedel, avloppsvatten och avloppsslam till deponier och till sjöarnas och havens botten sediment.

Att införa urinsortering syftar till att lösa ovanstående problem. En urinsortande toalett skiljer urin och fekalier vid källan. De urinsortande toaletternas utveckling har gjort att de nya toaletterna av porslän är hygieniska, har låg vattenförbrukning och de kan installeras i de flesta typer av bostäder (Jönsson, 1994). Så har också skett i ett tjugotal områden i landet. Ett antal dubbelspolade urinsortande toaletter har installerats i bostadsrätter, hyresrätter, föreningslokaler och skolor. Från början var syftet med urinsorteringen att minska mängden vätska till torrtoaletter och på så sätt förbättra förmultningsprocessen (Hanaeus & Johansson, 1996). Trots dagens urinsortande toaletter med vattenspolning av såväl urin som fekalier finns möjlighet att spara vatten (Jönsson m.fl., 1998). Spolvattenmängden till urindelen är runt 5 % (två deciliter) av spolvattenmängden i en vanlig 4-liters toalett. I praktisk användning har dubbelspolade urinsortande toaletter gett en vattenbesparing på 48 % respektive 20 % enligt en studie som gjorts i Understenshöjden och Palsternackan av Jönsson m.fl. (1998). Det är teoretiskt möjligt att spara ännu mera vatten, upp till 80 %, om en person endast använder den stora spolningen en gång per dygn (Jönsson m.fl., 1995). Vid undersökningarna i Understenshöjden och Palsternackan, använde de boende den stora spolningen 2,4 respektive 4,6 gånger per person och dygn.

Det finns flera fördelar med att sortera urin. Urin är hygieniskt acceptabel efter viss tids lagring. Idag rekommenderas 6 månader (Jönsson, 1994). Urin innehåller lättillgänglig och välbalanserad växtnäring och endast små mängder miljöstörande ämnen. Den kräver inte någon efterbehandling utan kan spridas direkt efter lagringen. Urin är lätt att hantera för lantbrukaren som redan idag har nödvändig utrustning för att sprida urin (Jönsson, 1994). Ungefär 60-70% av växtnäringen som lämnar jordbruket i livsmedelsråvaror återfinns senare i toalettavfallet. Av detta återfinns 70-90% i urinen. Många anser därför att

urinsorteringen är ett snabbt och enkelt sätt att få avloppssystemen mer kretsloppsanpassade och miljövänliga. Dessutom fungerar urinsorterande toaletter tillsammans med många olika avloppssystem och med olika hanteringskedjor för fekalier.

Spridning av urin vid tjäle i marken kan medföra att kväveavgången blir stor, vilket gäller för alla gödningsmedel. Urin kan vid ovarsam hantering ge utsläpp av ammoniak till luft som bidrar till övergödning och försurning (Jönsson, 1996). I lagrad källsorterad urin föreligger 85-98 % av kvävet i form av ammonium och ammoniak. Den lagrade urinens pH överstiger ofta 8,7, därför kan ammoniakförluster bli stora om gasutbytet över vätskeytan är stort. Därför bör man använda slutna lagrings- och transporttankar för att hålla ammoniakförlusterna nere (Jönsson m.fl., 1996). De absolut största kväveförlusterna uppkommer strax efter spridning, innan urinen myllas, vilket gör direkt djupmyllning av urinen till det bästa sättet att sprida urin. Därefter grund myllning, bandspridning och bredspridning. Växtnäringsinnehållet i urinen från Sveriges hela befolkning är stor, den motsvarar 40 % av kvävet via handelsgödsel till stråsäd. Dessutom är tungmetallhalterna mycket små (Jönsson m. fl., 1996).

Vid framställning av konstgödsel åtgår stora mängder energi, övervägande fossil energi. Återfördes all humanurin till jordbruket, borde en hel del fossil energi sparas. Även behovet av kväverening i reningsverk skulle minska eller bortfalla, liksom energin för denna. Vid hantering av urin krävs dock mer energi vid transport och vid spridning på åkermark, jämfört med användning av konstgödsel. Hur stor den totala energivinsten eller energiförlusten blir är ännu inte ordentligt utrett (Jönsson m. fl., 1996).

I en inte allt för avlägsen framtid hoppas många att urinsortering förekommer i de flesta hushåll och att urinen används som gödningsmedel i lantbruket. För att detta ska bli verklighet måste bland annat tekniken för uppsamling av urinen fungera väl och vara väl accepterad av brukarna. Det har framkommit i bl.a. Hanaeus & Johansson (1996) att det förekommer problem med urinsorterande toaletter, igensättning i vattenlåset, obekvämt utformade toalettstolar, dålig urinspolningsfunktion har bland annat nämnts, men det är oklart vilken omfattning problemen har. Ett annat problem anses vara risken för att hela ledningssystemet från toalett till uppsamlingstank kommer att sätta igen. Denna studie genomfördes för att utreda detta.

SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR

Syftet med denna studie var att dokumentera vilka för- och nackdelar med det urinsorterande systemet som brukarna upplever, samt identifiera orsaken till eventuella problem och ge förslag på hur problemen kan undvikas eller minimeras.

Det finns två tillverkare av dubbelspolade urinsorterande toaletter på marknaden, BB-Innovation & Co AB med sin modell Dubbletten och WM-Ekologen AB som gör modellen DS. Dessa finns installerade i ett antal bostadsområden runt om i Sverige. Denna undersökningen omfattar sex bostadsområden: ekobyen Understenshöjden, hyresområdet Palsternackan i Stockholm, hyreshuset Ekoporten i Norrköping, ett parhus i Svedden,

ekobyen Smeden i Jönköping och hyresområdet Hushagen i Borlänge. De tre första områdena har toaletten Dubbletten och de tre senare har WM-Ekologen AB:s DS-toalett.

Undersökning av brukarnas erfarenheter har gjorts med en enkätstudie. I Understenshöjden och i Ekoporten gjordes dessutom en fördjupad driftsstudie av problemet med stopp i toalettens urinvattenlås med syfte att finna orsaken till varför stoppen uppkom samt om och hur de kan undvikas. I Palsternackan och Understenshöjden gjordes också en studie av urinledningssystemet för att undersöka om det finns risk för stopp i systemets urinledningar.

LITTERATURSTUDIE

Vad som utvinns ur naturen skall på ett uthålligt sätt användas, återanvändas, återvinnas eller slutligt omhändertags med minsta möjliga resursförbrukning och utan att naturen skadas (Regeringen 1993). Detta är kriterierna för kretsloppsanpassning. För vårt avloppsvatten gäller enligt Naturvårdsverket (1993) att: Utsläppen från anläggningarna får inte leda till ökad förorening av grundvatten, sjöar eller vattendrag. De sanitära förhållandena måste vara goda. Ekonomin måste vara acceptabel, tekniken ska vara energi- och resurssnål samt alla kretsloppen skall vara slutna.

Om dagens avloppssystem kompletterades med urinsortering borde ovanstående kriterier uppfyllas för omhändertagandet av humanurin. Det finns dock indikationer på att urinsortering toaletter inte fungerar helt problemfritt vid daglig användning. Det har noterats många fall av utfällningar i vattenlåsen, igensättningar och stopp (Hanaeus & Johansson, 1996; Jönsson m.fl. 1998; Svensson, 1993). Hanaeus och Johansson (1996) nämner att de boende i Mjölnartorpet, Karlstad, har haft kristallbildning i utgående vattenlås, närmast kopplingen till toaletten. Detta har även inträffat i toaletterna i ekobyen Bålarna i Nordanstigs kommun. I Smedens ekoby i Ljungarum har utfällningar och avlagringar förekommit i vattenlåset på grund av för liten dimension på vattenlåset (Hanaeus & Johansson, 1996). Vid filmning av ledningsnätet i Åkesta och upptäcktes utfällningar och avlagringar i urinledningssystemet (Hanaeus & Johansson, 1996). Vid filmningstillfället hade systemet varit i drift i fem år. De uppskattade att 20 % av rörets tvärsnitt var täckt av utfällningar, men de boende har inte haft några problem med igensättningar. Däremot har Åkestas innevånare haft problem med toaletter som stod och rann och med inläckage i tankarna vid kraftigt regn och i samband med tjällossningen, vilket har lett till större vattenmängder i tankarna än beräknat. Detta har medfört att tömning av tankarna skett sex gånger oftare än beräknat (Hanaeus & Johansson, 1996; Svensson, 1993)

I Understenshöjden i Stockholm har de boende haft problem med utfällning av salter i vattenlåsen men problemen ska ha avhjälpats genom att de boende spolade mer (Hanaeus & Johansson, 1996). Luktproblem har också förekommit på grund av att skarvarna mellan toalett och ledningar inte varit tillräckligt täta. Jönsson m.fl. (1998) skickade ut en enkät till de boende i samband med de mätningar som utfördes i Understenshöjden sommaren 1996. Resultatet visade att två hushåll av de trettioen som inkom med svar hade haft problem med stopp i urinvattenlåset.

Boende i kretsloppsbyn Björnsbyn i Luleå har haft problem med rengöring av toaletten och urinlukt. Många av brukarna ansåg att det var ohygieniskt att låta torkpapperet från urinering ligga kvar i den stora skålen (Hanaeus & Johansson, 1996). Ett annat problem med urinsorteringen var att urintanken fylldes upp dubbelt så fort som beräknat. Fries skola i Hyltebruk har haft problem med lukt men det har åtgärdats genom att urinledningens skarvar tätades med silikon (Hanaeus & Johansson, 1996).

Det finns vissa paralleller man kan dra mellan de förutsättningar som är i toaletternas vattenlås och i människokroppen vid sjukliga tillstånd samt de förutsättningar som skapas i reningsverk för att fälla fosfor och kväve. Både vid sjukliga tillstånd och vid fällning i reningsverk, fälls fosfat ut med olika mineraler som järn och kalcium och även kväve när pH stiger.

Urinproduktionen per person och dygn är 1 till 1,5 liter (Sundberg, 1995; Hellström & Kärrman, 1996). I genomsnitt utsöndrar en människa på ett dygn bl.a. 11,0 g kväve, 1,0 g fosfor, 2,5 g kalium (NV, 1995), 100 µg järn och 50,4 µg koppar med urinen (Documenta Geigy, 1970). Kalcium- och magnesiumutsöndringen beror till stor del av intaget men ungefär 30 % av det totala dagliga intaget utsöndras med urinen (Documenta Geigy, 1970). Rekommenderat dagligt intag av kalcium är 600-800 mg och av magnesium 300-350 mg (Apotekets råd, 1997). Magnesiumutsöndringen är högst på morgonen och avtar under dagen för att bli väldigt liten under natten. Urinens kväve utsöndras nästan uteslutande som urea (Documenta Geigy, 1970) och i genomsnitt utsöndrar en människa ca 23 g urea per dygn.

Alla ämnen i urinen utsöndras normalt i löst form men när pH ändras, normalt pH är ca 5,8 (Documenta Geigy, 1970), förekommer att ämnen i urinen fälls ut och njursten bildas. När urean lämnat kroppen kan den sönderdelas till ammonium och koldioxid, under det att pH stiger. Studier har visat att urinens urea omvandlas snabbt till ammonium när avloppsvatten tillsätts i laboratoriet (Hanaeus & Johansson, 1996). Jönsson m.fl. (1998) tog prov på den urin som kom direkt från inkommande ledningen till urintanken i Understenshöjdens bostadsområde. Urinen hade runnit från toaletten genom ledningarna till urintanken och då den kom till tanken hade 97,4 % av all urea omvandlats till ammonium och pH hade stigit till 9,3.

I en undersökning där den kemiska sammansättningen av 1 263 njurstenar analyserades, hade 83 % en blandad sammansättning (Atanasova m. fl., 1983 enl. Jönsson m.fl., 1996) och bestod av bl.a. kalciumoxalat, magnesium-ammoniumfosfat, kalciumfosfat och urinsyra. De stenar som hade en ren kemisk sammansättning, bestod av kalciumoxalat eller urinsyra och i några fall påträffades cystin. Alla ovanstående stenar bildas vid surt pH utom de fosfatinnehållande stenarna som kristalliseras vid alkaliskt pH (Pidonia-Manika m.fl., 1993 enl. Jönsson m.fl. 1996). I alkalisk urin, vilket kan vara fallet vid bl.a. urinvägsinfektion, var urater, d.v.s. salter av urinsyra, vanliga (Atanasova m.fl., 1983 enl. Jönsson m.fl. 1996). Det är annars ovanligt att njurstenar består av urater.

Vid fällning av fosfor i reningsverk, så kallad kemisk fällning används järn, aluminium eller kalk. Vilken fällningskemikalie som används beror bl.a. på avloppsvattnets pH. Vid höga pH (>11) ger fällning med kalk den bästa effekten. Kalcium reagerar med fosfat och

hydroxidjoner, varvid hydroxylapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ bildas. Vid högt pH är det en svårslöslig förening. Fällning med magnesiumjoner till hydroxider är då ofta en betydelsefull bireaktion (Rennerfelt, 1991). Fällning med järn och aluminium fungerar bäst vid pH kring 5 till 7 (Rennerfelt, 1991). Järnfosfat, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, trivialnamn vivianit, kännetecknas av sin blåa färg.

Ett alternativ till biologisk kväverening är att magnesium och fosfat under bestämda betingelser faller ut ammonium i avloppsvatten till magnesiumammoniumfosfat, MgNH_4PO_4 . Fällningen är svårslöslig, vit till färgen och kristallin och anses kunna användas som gödselmedel i lantbruket. Detta har utnyttjas i reningsverk för att falla ut ammonium. Metoden är betydligt snabbare än biologisk kväverening (Rennerfelt, 1991).

Vattnets hårdhet bestäms av dess innehåll av kalcium och magnesium. Höga halter av dessa grundämnen ger ett hårt vatten med risk för utfällningar i kärl, ledningar och övriga fastighetsinstallationer. Normalt ligger kalciumhalterna på 20 till 60 mg/liter vatten. Det övre gränsvärdet för dricksvatten utan anmärkning ligger för kalcium på 100 mg/liter vatten och för magnesium på 30 mg/liter vatten (Vattenbehandling, 1996).

Fosfor bildar kemiska föreningar med alla grundämnen utom antimon, vismut och ädelgaserna (Nationalencyklopedin, 1991). De flesta metaller kan alltså, under speciella betingelser, reagera med fosfat. Detta gör det mycket troligt att fosfat faller ut med olika grundämnen i vattenlåsen. Kopparfosfat t.ex. har en karakteristisk blågrön färg. Fosforsalt är trivialnamn för natriumammoniumvätefosfat, $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ (Nationalencyklopedin, 1991).

MATERIAL OCH METODER

Toaletterna

Dubbletten

Dubbletten är en vägghängd dubbelspolad urinsorterande toalett framtagen av BB Innovation & Co AB (Bild 1). Toaletten har på två skålar. En främre skål avsedd att samla urinen som med en separat ledning leds till en uppsamlingstank, och en bakre skål för fekalier, som leds till uppsamling eller rening/behandling.

Den bakre skålen har spolning av konventionell typ där vattnet samlas i en cistern. Med spolknappen för stor spolning, öppnas förbindelsen till en kanal runt ovan delen av bakre skålen. Vattnet flödar ut över skålens inre porslinsytor och sköljer ur skålen. Cisternen fylls på via en flottörventil som strävar efter att hålla vattennivån konstant. Vattennivån kan ställas in för spolvattenmängder på mellan sex och nio liter per spolning (BB Innovation & Co AB, 1995).

Den främre skålens spolning sker med ett munstycke av virvelkammartyp. Munstycket är placerat i bakre delen av urinskålen vänstra kant. Vattnet till munstycket kommer direkt från vattenledningen via spolventilen och en justerbar strypventil som reducerar trycket till munstycket för att spolduschen inte ska bli för hård. Detta medför att spolvattenmängden beror av strypventilens inställning och av hur länge spolknappen är intryckt. Toalettens konstruktion medför att vid spolning efter kombinerat behov måste både den lilla och den stora spolningen aktiveras.

Bild 1. BB Innovation & Co AB:s vägghängda toalett Dubbletten sedd snett ovanifrån.

Modell DS

Vid en snabb blick ser WM-Ekologen AB:s toalett, modell DS, ut som vilken golvstående toalett som helst, men det är den inte (Bild 2). Skålen är uppdelad i två med hjälp av en skiljevägg, en mindre främre skål för urin och en större bakre för fekalier. Från urindelens utlopp dras en separat ledning till en uppsamlingstank. Fekalierna leds också ut i en egen ledning till rening/behandling.

Spolningen fungerar som på en konventionell toalett. Vattnet samlas i en cistern. Cisternen, som innehåller fem liter, fylls på av en flottörventil som strävar efter att hålla konstant vattennivå. Vid urinspolningen öppnas kanalen från cisternen endast lite, vilket uppges begränsa flödet till 0,1 liter (WM-Ekologen AB, 1995). Ventilen är utformad så att flödet/spolningen pågår så länge som knappen är intryckt, dock längst tills cisternen tömts. Det mesta av spolvattnet vid urinspolningen flödar ned längst fram på toaletten men lite hamnar även i det stora fekaliefacket. Vid fekaliespolningen öppnas kanalen helt och allt vatten i cistern flödar ut och spolar båda skålarna.

Bild 2. WM-Ekologens golvstående toalett DS sedd snett ovanifrån.

Beskrivning av områdena

Ekobyn Understeshöjden

Bostadsrättsföreningen Understeshöjden är ett ekologiskt inriktat bostadsområde. Våren 1996 fanns där 44 lägenheter och som beboddes av 162 personer uppdelade på 105 vuxna och tonåringar och 57 barn yngre än 13 år. Lägenheternas storlek varierar från 58,5 m² till 156 m². Samtliga bostäder är utrustade med vägghängda toaletter av märket BB Innovation & Co AB, modell Dubbletten. Lägenheterna togs i bruk under våren och sommaren 1995. Av de områden som studerats i detta arbete har Understeshöjdens toaletter varit näst längst i bruk, ca 18 månader när undersökningen gjordes. Ett parhus i Svedden har haft sina toaletter längre. Ekobyn Smeden i Jönköping är allra äldst men där har de flesta fått sina toaletter utbyta ca ett år före denna studie.

Hyresområdet Palsternackan

Kvarteret Palsternackan är ett område med hyreslägenheter ägt av Stockholmshem AB. Området har 51 lägenheter i olika storlekar, från ettor till femmor. Kvarteret har vid renovering och ombyggnad 1996 försetts med urinsorterande toaletter av märket BB Innovation & Co AB, modell Dubbletten. Reparations- och installationsarbetena avslutades successivt under december 1995 till april 1996. Hyresgästerna flyttade in allt eftersom lägenheterna blev klara. Det betyder att de flesta urinsorterande toaletterna togs i bruk ca 10 månader före denna undersökning.

Hyresområdet i Hushagen

I stadsdelen Hushagen i Borlänge installerades urinsorterande toaletter av märket WM-Ekologen AB modell DS, under juli 1996. Detta gjordes i en trappuppgång som består av 8 enrumslägenheter i ett tvåvånings hyreshus. Hyresgästerna är samtliga under 26 år eller över 62 år.

Ekobyn Smeden

Ekobyn Smeden i Ljungarum, Jönköping, har urinsorterande toaletter i områdets 24 lägenheterna. De första toaletterna började användas under december 1993. Toaletterna är av märket WM-Ekologen AB, modell DS, utom i två hushåll som valt att installera toaletter av märket BB Innovation & Co AB, modell Dubbletten. De först installerade toaletterna från WM-Ekologen AB var från en förserie som byttes ut efter lite mer än ett år. Detta gjordes efter påtryckningar från de boende eftersom toaletterna inte fungerade tillfredsställande. Ett bland många problem var att vattenlåset började täppa igen efter ca ett års normal användning. Mellan januari 1996 och maj 1996 byttes återigen de flesta toaletterna ut till en nyare modell med grövre dimension och mindre krökning på vattenlåset samt utan utanpåliggande el-ledning till urinspolningen.

Parhuset Svedden

I Svedden finns ett parhus med två lägenheter som är utrustade med urinsorterande toaletter av märket WM-Ekologen AB, modell DS. Sammanlagt bor det tre personer, två män och en kvinna, i parhuset. Toaletterna installerades under december 1993 och under sommaren 1994 byttes urinledningarna till större dimension och med annat vattenlås. De nya vattenlåsen utgörs av en böj som gjorts direkt på urinledningen. Dessa två toaletter är de som varit i bruk längst, ca 3 år, i enkätstudien.

Ekoporten

Huset Ekoporten i Norrköping ägs av Hyresbostäder i Norrköping. Huset byggdes under miljonprogrammet på 60-talet och har nu 18 lägenheter. Under 1995 och 1996 restaurerades huset och samtidigt byggdes huset om för att vara så naturresurssnålt som möjligt. Bland många åtgärder för att uppnå detta mål installerades urinsorterande toaletter av modell Dubbletten. Inflyttning skedde under juli 1996. Vid tiden för undersökningen av vattenlåsen hade toaletterna varit i bruk 1,5 år.

Enkätstudien

För att få reda på om det fanns några problem vid daglig användning av de urinsorterande toaletterna, gjordes en enkätundersökning i alla ovan beskrivna områden utom Ekoporten. I enkäten (Bilaga 1) frågades efter när familjen/personen fick sin urinsorterande toalett/toaletter installerade, hur mycket den används, om de har haft besvär med toaletterna vad gäller lukt, rengöring, utformning, urinspolning, stopp i vattenlåset samt hur toalettpapperet vid urinering hanterades. Det fanns också ett par frågor som tog upp hushållets inställning till att använda urinsorterande toaletter i hemmet samt hur de boende tror att framtiden ser ut för det urinsorterande systemet. Familjen/personen ombads också att uppskatta toalettens sorteringsgrad i procent.

På frågorna om lukt från toaletterna, rengöring och systemets framtid skulle de boende jämföra med en konventionell toalett. Frågorna var utformade så att familjen/personen på en skala från ett till sex ringade in den siffra de tyckte överensstämde med deras uppfattning. Betyget ett betydde mycket sämre än en konventionell toalett och betyget sex mycket bättre. Om toaletterna var likvärdiga med konventionella toaletter borde medelbetyget på frågorna bli 3,5.

Det var redan känt att spolfunktionen till urindelen och spolknappen för denna, hade varit ett irritationsmoment. Det var dock inte kartlagt i vilken utsträckning och på vilket sätt familjerna/personerna har haft problem med spolfunktionen. En fråga om spolfunktionen skulle besvaras på en skala ett till sex, men den hade även flera följdfrågor, där de boende ombads att beskriva problemet med urinspolningen samt om de boende löst spolandet på något annat sätt.

Många av frågorna i enkäten tog upp problem med igensättningar i vattenlåset. Vi undrade om de boende haft stopp i vattenlåset, och i så fall, hur de åtgärdat detta. Om flera stopp inträffat i samma toalett, frågades om stoppen hade ändrat karaktär, om det blivit svårare eller lättare att åtgärda stoppen efter att det satt igen några gånger. Familjen/personen tillfrågades också om de hade någon teori om varför vattenlåset satt igen.

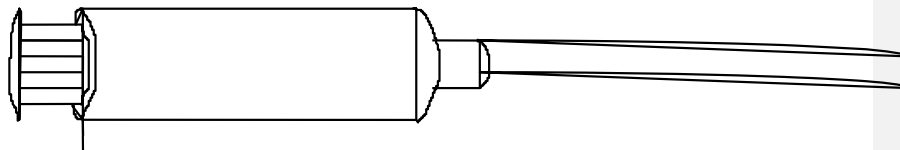
Tre veckor efter utskicket av enkäten sändes ett brev för att påminna dem som inte svarat. Till de boende i Understenshöjden användes även telefonen för att påminna om enkäten.

Undersökning av stopp i vattenlås i Understenshöjden och Ekoporten

Understenshöjden

Tillsammans med enkäterna följde ett brev där de boende ombads att ta kontakt med mig eller min handledare om de fick stopp i vattenlåset. Vi uttryckte i brevet en önskan att få komma hem till dem och undersöka eventuella stopp och ta prover på det som blockerade ledningen. Det enda område som hörsammade uppmaningen var Understenshöjden. För att kvantifiera och avlägsna stoppen och samtidigt ta prover, utvecklades en provtagningsmetod.

Först mättes flödet i vattenlåset för att se hur dåligt flödet var. Sedan försökte vi slamma upp igensättningen med en specialkonstruerad spruta med en lång slang (se Figur 1) som kunde föras ned i vattenlåset och pumpa vattnet fram och tillbaka. Prov togs på den fraktion som slammades upp. När det inte gick att slamma upp mer med sprutan, dvs när vattnet förblev klart eller nästan klart, mättes flödet ännu en gång. Därefter användes en rensvajer som längst fram var utformad som en skruv. Vajern skruvades ned i vattenlåset och det vajern rivit loss i vattenlåset togs prov på. Slutligen kontrollerades flödet i vattenlåset ytterligare en gång.



Figur 1. Spruta med lång slang som användes för att slamma upp eventuella igensättningar.

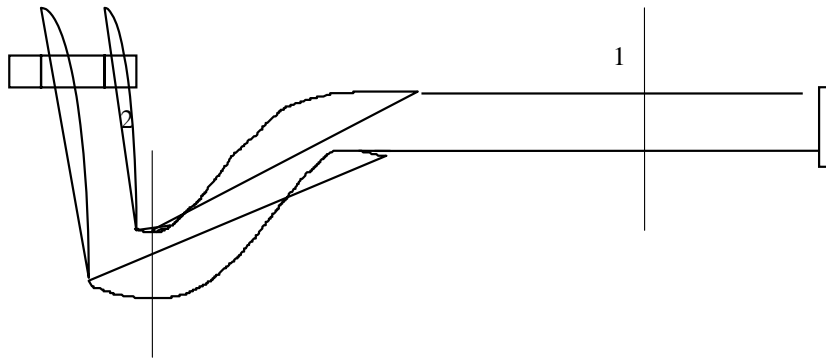
Ekoporten

Till de boende i Ekoporten i Norrköping skickades ingen enkät eller uppmaning om att anmäla stopp. Istället åkte vi till Ekoporten för att studera flödet från urindelen på några slumpvis utvalda toaletter. Vi undersökte flödet i vattenlåset och om det var dåligt flöde resandes vattenlåset med rensvajern och flödet mättes igen. Inga prover togs för kemisk analys.

Analys av igensättning i vattenlås

På en toalett med igensatt vattenlås byttes vattenlåset, som var av koppar och varit i drift ca två år, till ett i plast. Det gamla vattenlåset delades och undersöktes okulärt på två ställen. Första ”snittet” lades ungefär 2 decimeter bakom själva vattenlåset. Röret delades också mitt i vattenlåset (Figur 2).

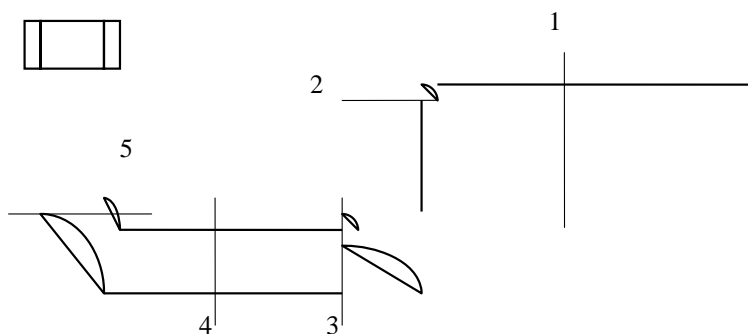
På ytterligare två toaletter byttes vattenlås gjorda av koppar mot sådana av plast. Vattenlåsen av koppar hade varit i drift ca två år. Det var mycket dåligt flödet i urindelen på båda toaletterna och vi hade misslyckats att rensa vattenlåsen. En och en halv timme efter det att vattenlåsen avlägsnats från toaletten frystes de in. Nästa morgon, ungefär 13 timmar senare tinades vattenlåsen och delades med en rörskarare på sju ställen (Figur 3). Innehåll från ett av vattenlåsen skickades för analys till KM-lab i Uppsala.



Figur 2. Delning av det första kopparröret.

Figur 3. Delningspunkter på de två kopparrören.

Ett vattenlås av plast från en toalett som inte ingick i enkätstudien avlägsnades och undersöktes då det satt igen. Röret hade varit i drift 2 år och 3 månader. Fyra timmar efter att det avlägsnats, delades vattenlåset på fem ställen (Figur 4). Röret vägdes innan igensättningen avlägsnats och efter.



Figur 4. Delningspunkter på plaströret.

Undersökning av avlagringar i urinledningssystemet

Urinlösningen som spolades ned i toaletterna ska inte bara passera vattenlåset, utan även genom ett långt ledningssystem ned till en uppsamlingstank. För att kontrollera om det fanns risk för igensättningar längre ned i systemet, bakom vattenlåset, undersöktes urinledningssystemet i Understenshöjden och Palsternackan.

Två ledningar i Understenshöjdens urinledningssystem videofilmades och renspolades med vatten från en mindre högtryckspump. I Palsternackan kontrollerades ledningarna genom inspektionsluckorna, eftersom urinledningarna i Palsternackan är dragna i torrlagd kulvert som gör det möjligt att följa ledningarna från toaletten till det att ledningen viker av mot tanken. Vi spolade en ledning med trädgårdsslang för att se om avlagringarna var lätta att avlägsna. En annan ledningsdel hade bakfall som gjorde att vatten och urin blev stående i ledningen, precis som i vattenlåsen. Denna ledningsdel avlägsnades och avlagringarna som observerades i denna skickades för analys.

Kemisk analys av igensättningarna

Prover för kemisk analys skickades till KM-lab i Uppsala. Parametrar som analyserades framgår av Tabell 1. I samtliga prov analyserades halterna av torrsubstans, svavel, fosfor, kalcium, magnesium, natrium, järn, mangan, koppar, aluminium och klorid. För analys krävdes att det fanns en viss mängd prov. Tyvärr var inte alla prov tillräckligt stora för analys av alla parametrar men i de prov som det fanns tillräckligt av analyserades även halterna av glödgningsrest, kol, kväve, syre och väte.

Tabell 1. Parametrar som analyserades i proven

Parameter	Metod	Mätosäkerhet
TS	SS 028113-1	5%
S-tot	DIN 38406E22	6%
P-tot	DIN 38406E22	7%
Ca	DIN 38406E22	5%
K	DIN 38406E22	10%
Mg	DIN 38406E22	7%
Na	DIN 38406E22	10%
Fe	SS 028152-2	7%
Mn	SS 028152-2	6%
Cu	SS 028152-2	8%
Al	SS 028152-2	10%
Cl	SS 028136-1	2%
Glödgningsrest	SS 028113-1	3%
C	MK 2003	
N	MK 2003	
H	MK 2003	

RESULTAT OCH DISKUSSION

Enkät svar

Totalt utgick 126 enkäter varav 96 stycken (76 %) av enkäterna besvarades. Svarefrekvensen varierade mellan de olika områdena. Flest svar inkom från Understenshöjden, där 41 av de 44 (93 %) hushållen svarade. Från hushållen i Smeden inkom 19 av 24 enkäter (79 %), från Borlänge 6 av 8 (75 %) och från området Palsternackan 30 av 50 enkäter (60 %). De boende i Svedden kontaktades och intervjuades per telefon. En person i Borlänge svarade bara på de 11 första frågorna.

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 64 % i Understenshöjden, 63 % i Palsternackan och 74 % i Smeden. I Hushagen och Svedden var samtliga i området vuxna. Fördelningen mellan barn under 13 år och tonåringar/vuxna i Sverige, är 14,5 % barn och 85,5 % vuxna (SCB, 1995).

Fråga 2. Hur länge har ni bott i bostaden?

Även denna fråga besvarades av samtliga som inkom med svar. Alla hade bott i respektive område sen nybyggnationen eller rustningen.

Fråga 3. Hur många toaletter har ni i bostaden?

Besvarades av samtliga som inkom med svar. Totalt hade 33 % av hushållen en toalett och de övriga hade två.

Fråga 4. Av vilket märke och årgång är toaletten/toaletterna?

Det var inte alla som svarade på denna fråga, runt 60 %, besvarade frågan fullständigt.

Fråga 5. Ungefär hur många gånger per dag använder ni toaletten hemma ? (sammanlagt för alla i hushållet).

Från Understenshöjden besvarade 93 % denna fråga. I genomsnitt gick en barnfamilj (två vuxna och två barn) 17 gånger per dag på toaletten i sitt eget hem. En familj med 2 vuxna var på sin toalett 7 gånger per dag. Från Palsternackan besvarade samtliga, 100 %, denna fråga och barnfamiljen var på toaletten i hemmet 16 gånger om dagen medan 2 vuxna i genomsnitt var 9 gånger per dag. I Smeden svarade också alla. Barnfamiljerna var på toaletten 17 gånger och 2 vuxna var på toaletten i sin bostad 10,3 gånger per dag. Hushagen hade en svarefrekvens på 83 % och en vuxen besökte sin toalett 5 gånger per dag.

Det var ingen skillnad på antalet gånger toaletten användes i det egna hemmet, beroende på om en person bodde ensam, tillsammans med andra vuxna eller var medlem i en barnfamilj. Enligt svaren, går en vuxen eller ett barn, fyra till fem gånger per dygn på toaletten i sitt eget hem.

Fråga 6. Vilken/vilka motiv anser ni att det finns för att införa urinsorterande toaletter?

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

I Understenshöjden ansåg 95 %, att återanvända växtnäring var ett motiv, 88 % tyckte att spara vatten var ett annat motiv och 90 % ansåg att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper var ytterligare ett motiv. Andra anledningar till att införa urinsorterande toaletter var: att spara pengar (2 %), ingå i kretsloppet (10 %), minska tungmetallutsläppen på åkrarna (2 %), minska användningen av konstgödsel (2 %) och ha alla de tre påståendena i frågan som ett mål (2 %).

I Palsternackan ansåg 93 % att ett motiv var att ta tillvara och återanvända växtnäring, 73 % ansåg att det också var bra att spara vatten och 67 % tyckte att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper var ett annat motiv. Det var 3 % som svarade vet ej.

Av Smedens boende ansåg 68 % att ta tillvara och återanvända växtnäring var ett motiv, 74 % ansåg att spara vatten var ett annat och 79 % tyckte att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper var ett bra motiv. Under svarsalternativet "Annat" framkom motiv som att i det kommunala avloppsslammet tas ej tillvara som gödningsämne (5 %) och att urinsorterande toaletter bidrar till ett miljövänligt sätt att leva (5 %).

I Hushagen tyckte 80% att ta tillvara och återanvända växtnäring samt att minska avloppsvattnets övergödande egenskaper var två motiv. Samtliga (100 %) som inkom med svar tyckte att spara vatten var en fördel med urinsorterande toaletter.

Fråga 7 besvaras på en skala från 1 till 6, där en etta betyder mycket svårare och en sexa mycket lättare.

Fråga 7. Hur är det att rengöra er/era urinsorterande toaletter jämfört med konventionella toaletter?

Rengöring av urinsorterande toaletter verkar inte vara ett problem. Det är bara Understenshöjden, med ett genomsnittsvärde på 2,9, som tyder på motsatsen. Palsternackans medelvärde låg på 3,5, Hushagens på 5,3 och Smedens på 3,8. Problemet med rengöringen verkar i flesta fall bero på att fekalier fastnar på skiljeväggen mellan urin- och fekalieskålen. Dubblettens toalett hade störst problem med detta då det inte förekommer något spolvattenflöde på stora delar av skiljeväggen. Det borde inte vara svårt att förbättra Dubbletten så att rengöringsbehovet minskar genom att konstruera en spolning där hela skiljeväggen sköljs av.

De boende i områden som har WM-Ekologens AB:s modell DS, upplevde inte att toalettrensningen var svårare jämfört med en konventionell toalett. Rengöringen av DS är enklare men måste ske oftare än vid användning av konventionella toaletter. Kanske blir rengöringen enklare eftersom den görs oftare, trodde de boende.

Fråga 8 besvarades på en skala från 1 till 6, där en etta betydde mycket mera och en sexa mycket mindre.

Fråga 8. Jämfört med en konventionell toalett, hur mycket anser ni att er urinsorterande toalett luktar?

Att toaletterna skulle lukta speciellt mycket mer än konventionella toaletter framgick inte av inkomna svar. Hushagen svarade med ett medelvärde på 3,7, dvs, de hade uppfattning av att de var mindre störda av lukt sen de fick sin urinsorterande toalett. Kvarteret Palsternackan angav ett medelvärde på 3,4 och Smeden 3,2. Understenshöjden som haft sina toaletter längst hade ett medeltal på 2,9.

I personliga kontakter med de boende framkom att luktproblemen i många fall uppkommit på grund av slarv vid installation av toaletterna. I flera hushåll hade urinledningens skarvar varit otäta eller ibland inte ens varit ansluten till en utloppsledning, vilket medfört att urin runnit i väggarna eller på och under golvet. Detta hade gett upphov till odör. När skarvarna tätats mm hade luktproblemen försvunnit eller i varje fall reducerats så mycket att det går att använda systemet utan något större störningsmoment med avseende på lukt. En annan anledning till lukt var att framförallt barn inte kom åt att spola urinskålen (se fråga 13).

Fråga 9 besvarades på en skala från 1 till 6, där en etta betydde ingen har och en sexa alla har.

Fråga 9. Hur utbrett tror ni att urinsortering kommer att bli inom 20 år?

Understenshöjden svarade med ett medel på 4,1, Palsternackan 4,5, Hushagen 4,6 och Smeden 4,4. Vid intervju med Sveddens boende framgick att de trodde på systemet, under förutsättning att de tekniska funktionerna fungerade bättre.

De tillfrågade var alltså mycket positiva överlag till idén med urinsorterande toaletter men framhöll att toaletterna behöver utvecklas och modifieras. Det finns många brister i toaletternas design och funktion, vilket inte är så konstigt. Tekniken är helt ny och först nu har det gått så lång tid sedan de första urinsorterande toaletterna installerades att problemen börjar visa sig på allvar.

Fråga 10 besvarades på en skala från 1 till 6, där en etta betydde inte alls viktigt och en sexa mycket viktigt.

Fråga 10. Känns det viktigt att använda urinsorterande toaletter i hemmet?

På denna fråga svarade Understenshöjden med ett medel på 5,6, Palsternackan 4,9, Smeden 5,4 och Hushagen 5,4. Sveddens boende tyckte också att det kändes bra att försöka göra något som kanske ledde till att sluta kretsloppet mellan stad och land.

Fråga 11 besvarades på en skala från 1 till 6, där en etta betydde fungerar inte alls och en sexa fungerar mycket bra.

Fråga 11. Hur tycker ni att urinspolningen fungerar i er toalett/toaletter?

Högst medelvärde hade Smeden med 3,2. Palsternackan angav ett medelvärde på 3,0, Hushagen hade 2,9 och slutligen Understenshöjden 2,2.

Understenshöjden var det område som hade det lägsta medeltalet på frågorna 7, 8, 9 och 11 som behandlade funktion och framtidsmöjligheter. Trots detta hade de det högsta medelvärdet på fråga 10. Ekobyn Understenshöjden borde vara det området, tillsammans med Smeden, som hade den mest positiva attityden till urinsorterande toaletter, när de började använda dem. De valde själva att installera urinsorterande toaletter i sina bostäder. Idag verkade de minst positiva till toaletternas funktion och framtida utbredning. Palsternackans hyresgäster har en senare version av Dubbletten och de var mera positiva till toalettens funktion och framtida möjligheter, trots att de inte själva valt att få urinsorterande toaletter. Detta tyder på att Dubbletten utvecklats och blivit mer användarvänlig. Smedens boende och Hushagens hyresgäster hade ungefär samma medelbetyg på WM-Ekologens DS-toalett.

Fråga 12. 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

I Understenshöjden tyckte 80 % att spolknappen var för trög, 65 % ansåg att urinspolningen inte spolade rent, 49 % hade problem med att det skvätter vatten på golvet och/eller på träsitsen vid urinspolning och 76 % hade problem med att knappen sitter svåråtkomligt till. Dessutom tyckte 10 % att spolknappen var för liten, 7 % tyckte att knappen måste hållas intrycket väldigt länge för att få önskad spolmängd och 2 % tyckte att det luktar trots noggrann spolning. Av de som svarade var det 2 % som tyckte att spolningen fungerade bra.

Av svaren från Palsternackan framgick att spolningen inte sköljde rent i urinskålen, 32 % hade problem med att spolningen stänkte på golvet och på träsitsen, 20 % tyckte att spolknappen var trög och 3 % ansåg att själva kappen var för liten. Dessutom svarade 7 % att spolknappen måste hållas inne för länge, 3% att det rinner långsamt och ytterligare 3% att spolmunstycket inte sprutade vatten åt "rätt" håll. Av inkomna svar var 13 % nöjda med funktionen på urinspolningen.

I Smeden var resultatet ett annat. Detta området har DS-toaletten och inte Dubbletten som ovanstående två områden. Här tyckte 47 % att urinspolningen inte spolade riktigt rent, 47 % tyckte att spolknappen var trög, 5% ansåg att knappen sitter svåråtkomligt till, 5 % har haft problem med att spolknappen hakar upp sig och 10 % ansåg att knappen var för liten. Utav de som svarade tyckte 21 % att spolningen fungerade utan anmärkning.

Av Hushagens hyresgäster ansåg två av fem (40 %) att urinspolningen inte spolade rent och tre av fem ansåg (60 %) att spolknappen var för trög att trycka in samt att den ibland fastnade i bottenläget och fungerade då som den stora spolningen. Två av fem (40 %)

tyckte att knappen var för liten och två av fem (40 %) tyckte att urinspolningen fungerade bra.

I Svedden hade de boende fått urinspolningen utbytt och tyckte nu att den fungerade helt tillfredsställande.

Urinspolningen fungerar inte tillfredsställande på någon av toalettmodellerna. Av följdfrågorna kan man dra den slutsatsen att WM-Ekologens toalett DS har en något bättre spolfunktion än Dubbletten.

Det var en signifikant skillnad på hur Palsternackan och Understenshöjden uppfattade urinspolningens funktion. Egna iakttagelser av toaletternas urinspolningen i respektive område bekräftar att toaletterna i Palsternackan har en mycket bättre spolning av urinskålen. Att få spolfunktionen att fungera ännu bättre bör inte vara något problem, tror jag. Det gäller att ta vara på synpunkterna och utveckla en spolfunktion anpassad för sin uppgift. Idag har konstruktörerna använt delar som erbjuds på marknaden och där finns ännu inte en spolfunktion speciellt utvecklad för spolning av urinskålen i en urinsortande toalett.

Fråga 13. Har ni löst urinspolningen på något annat sätt, i så fall hur?

I Understenshöjden hade 27 % slutat använda spolfunktionen. De använde en mugg med vatten och ytterligare 12 % använde handduschen ibland för att spola rent i urinskålen. Det framgår att det var framförallt barn som inte spolade, då de helt enkelt inte klarade av det, eftersom knappen var så trög.

I Palsternackan använde 17 % av brukarna duschen för att få ren urinskålen, 7 % använde en mugg, 3 % spolade längre och mer och 3 % hade slutat använda urinskålen och kissade i fekalieskålen.

En av fem boende (20 %) i Hushagen brukade spola två gånger eller med den stora spolningen. De övriga gav ingen kommentar frågan.

I Smeden angav 10 % att de använde en mugg vatten istället för att använda urinspolningen. Ytterligare 10 % använde den stora spolningen och 5 % använde sig av handduschen för att spola rent urinskålen.

Några av Palsternackans hyresgäster hade slutat använda urinskålen på grund av urinspolningen otillfredsställande funktion. Detta bör tas på allvar eftersom om brukarna inte använder sorteringsmöjligheten har systemet inte något berättigande. Att urinsorteringen framtida utbredning skall falla på att urinspolningen inte fungerade tycker jag vore onödigt, för som nämndes ovan bör det inte vara svårt att lösa det problemet.

Fråga 14. Hamnar all urin i rätt fack? Om nej, hur mycket uppskattar ni kommer fel i %?

Sorteringen fungerade bra i båda modellerna enligt de tillfrågade. En sorteringsgrad på 87 % i genomsnitt skattade de boende. Understenshöjden skattade den högsta

sorteringsgraden, 89 %, medan Palsternackan angav den lägsta, 83 %. Sorteringsgraden är inte på något sätt mätt, utan skattad av de boende. Svaren visar att de boende är medvetna om att en del urin kommer fel, samt att de tycker det är viktigt att urinen hamnade rätt. Det finns indikationer på att DS-toalettens urinfack är för litet och /eller avrinningshålen är för små. Enligt brukarna kommer urin i det bakre facket trots att de "prickat rätt". Detta anges bero på att den främre skålen flödar över.

Fråga 15. Använder ni den stora spolningen ofta, förutom vid stort behov? Varför/Varför inte?

I Understenshöjden använde 44 % den stora spolningen lite oftare än bara vid stora behov. Spola ner papper var i 76 % av fallen orsaken till att stor spolning användes oftare. De övriga 24 % använde spolningen oftare eftersom det inte blev rent från fekalier och mensblod med en spolning.

I Palsternackan använde 63 % den stora spolningen oftare än vad som var tänkt. Anledningen till detta var i hälften av fallen att spola ned papper. Andra orsaker var att förhindra lukt, att det hade kommit urin i fel "fack" och att spola rent toaletten efter rengöring och vid menstruation.

Av Smedens innevärdare använde 47 % den stora spolningen oftare än vid stort behov. Problem med lukt var orsaken var i 16 % av fallen. Andra orsaker var att toaletten inte blev ren, 16 %, och att urinspolningen inte fungerade, 15 %.

I Hushagen använde tre av fem (60 %) den stora spolningen mer än tänkt. Anledningarna var att urinspolningen inte spolade rent, att det kommit urin i det bakre facket och ibland när de tryckte på knappen för liten spolning blev det ändå en stor spolning.

Det var ingen skillnad i utnyttjandet av den stora spolningen p.g.a. toalettmodell. Skillnaden låg i vilken typ av bostadsområde svaren inkom från. Andelen som använde stora spolningen oftare än vid stort behov var runt 45 % i ekobyarna medan det låg runt 60 % i hyresbostäderna. Ändå hade över 70 % i samtliga områden angett att spara vatten var ett bra argument för att införa urinsorterande toaletter.

Fråga 16. Hur hanterar ni eventuellt torkpapper från urineringar?

De flesta, 71 % av de som svarade på enkäten i Understenshöjden, kastade toalettpapperet i den bakre skålen. Att kasta papperet i en hink bredvid gjorde 20 % av de boende, 7 % tog hand om papperet och komposterade det tillsammans med övrigt organiskt hushållsavfall och 2 % svarade inte på frågan.

Av svaren från Palsternackan framgick att 83 % kastade toalettpapperet i det bakre facket på toaletten. Övriga 17 % var uppdelade på: 3 % som lade papperet i en hink, 3 % som komposterade papperet med övrigt organiskt hushållsavfall och 11 % svarade inte på frågan.

I Smeden kastade 37 % toalettpapperet i en hink bredvid, 31,5 % kastade papperet i det bakre facket och 31,5 % lade papperet i komposten.

Av Hushagens hyresgäster kastade tre av fem (60 %) papperet i det bakre facket, en av fem använder inte papper vid urinering och en av fem har inte svarat på frågan.

Torkpapperet hamnade i de flesta fall i den bakre skålen. Det var bara i Smeden som majoriteten inte kastade papperet i toaletten. Anledningen tror jag är att Smeden har haft stora problem med omhändertagandet av fekalier och de boende ville fekaliesystemet från papper. Många ansåg det vore ohygieniskt, eller att det skulle se ostädad och äckligt ut att kasta papperet i den bakre skålen utan att spola. Torkpapperet kan vara det som begränsar möjligheten att spara vatten i det urinsorterande systemet, tror jag. Egna erfarenheter, liksom enkätsvaren, tyder på att människor kommer att ha svårt att acceptera att det ligger kvar papper i den bakre skålen.

Fråga 18. Har ni någon gång haft stopp i toalettens urinerör?

b. Om ja på ovanstående fråga hur många gånger under den tid ni bott i bostaden?

c. Hur åtgärdar ni problemen med stoppen i urinerören?

d. Om ni haft återkommande stopp, har det blivit lättare eller svårare att åtgärda?

e. Har ”stoppet” i vattenlåset ändrat karaktär?

f. Om ja på föregående fråga, på vilket sätt?

g. Vad tror ni det beror på?

I Understenshöjden hade 83 % av de svarande haft problem med dåligt flöde eller stopp i vattenlåset och 70 % av dessa hade haft mer än ett stopp. Av dem som hade haft mer än ett stopp ansåg 50 % att stoppen inte ändrat karaktär utan var lika svåra/lätta att lösa. Det var 13 % som tyckte att det blivit lättare att åtgärda stoppen, eftersom de lärt sig hur de skulle gå tillväga och 33 % tyckte att stoppen blivit svårare att lösa och återkom oftare. En av dem som hade haft mer än ett stopp svarade inte på frågan. De boende trodde att stoppen berodde på urinkristallisering, urinsten, för smalt vattenlås, hår och pappersludd.

Av inkomna svar från Palsternackan hade 27 % haft stopp i vattenlåset. Förutom de som svarade på enkäten hade ytterligare 17 % av alla (inte bara de som svarade på enkäten) som bor i området anmält stopp i vattenlåset till Stockholmshem AB:s serviceenhet. Av dessa totalt 30 %, hade 13 % av alla hyresgäster haft mer än ett stopp. Det var tre (38%) av dem som haft stopp mer än en gång som svarade på frågan om stoppen ändrat karaktär och de ansåg att stoppen inte ändrat karaktär. De hade ingen fundering över vad stoppen kunde bero på.

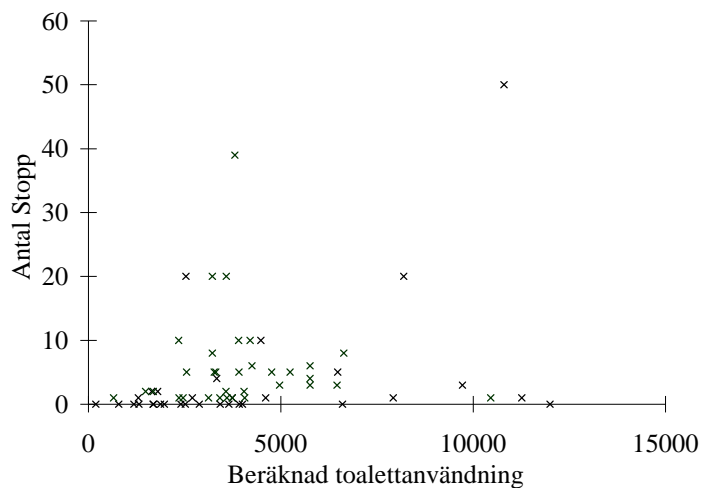
Sveddens boende hade haft återkommande igensättningar i ledningarna, så de spolade rent hela urinavloppssystemet minst en gång per år för att förebygga att det täppte till.

Det var ingen i Hushagen som hade haft problem med stopp i vattenlåset vid undersökningstillfället. Vid ett tillfälle var författaren och tittade på en toalett i Hushagen. Denna toalett hade ett mycket lågt flöde i vattenlåset, vilket hyresgästen inte märkt. Spolvattnet vid såväl stor som liten spolning rinner från urinskålen över skiljeväggen till fekalieskålen. Denna konstruktionslösning är både bra och dålig. Bra, eftersom stoppet i vattenlåset inte medförde några större besvär eller irritationsmoment för brukaren och dåligt eftersom sorteringen slutade fungera utan att brukaren märkte det.

I Smeden hade 47 % haft stopp och av dessa hade 22 % haft fler än ett stopp. Av alla som hade haft stopp, inklusive dem som har haft stopp endast en gång, var det 33 % som svarade på frågan om stoppen ändrat karaktär. Svaren var jämnt fördelade på: att det inte skett någon förändring av stoppen, att det blivit svårare att lösa stoppen och att det blivit lättare. Anledningen till att hushåll som endast haft stopp en gång kunde svara på fråga 18 e, var att det hade erfarenhet av återkommande stopp i sin förra urinsorterande toalett. De boende trodde att stoppen berodde på urinkristallisering och hår.

Av de enkätsvar som inkom från Smeden, framgick att de boende hade haft stora problem med sina toaletter. Vid tiden för enkätundersökningen hade dock många problem blivit åtgärdade och toaletterna blivit utbytta under våren och sommaren 1996. Det var många boende som hade haft återkommande stopp i sina gamla toaletter. Detta var intressant så de som uppgett i enkäten att de hade haft stora problem med igensättningar i vattenlåset på sin förra toalett, ringdes upp och ytterligare frågor ställdes. Det framkom att stoppen ofta hade varit av sådan karaktär att hela vattenlåset behövdes avlägsnats för att avhjälpa stoppen. När vattenlåset var lossat skakades ”stoppet” ut ur ledningen. Enligt de boende bestod stoppen av hår samt något som såg ut som grus, kristaller eller farinsocker. Efter det att vattenlåset blivit rensat klarade det sig i 2 till 4 veckor innan det var dags att rensa igen. Leverantören hade tipsat de boende om att använda citronsyra eller oxalsyra för att motverka att ledningen sätter igen. På de nya toaletterna är vattenlåsets diameter nästan dubbelt så stort jämfört med de gamla toaletterna. Trots detta hade alltså flera hushåll (47 % av de svarande) haft stopp även i de nya toaletterna.

I enkäten frågades efter toalettens årsmodell och hur många gånger per dag familjen/personen använde sin toalett/toaletter. Utifrån dessa uppgifter beräknades hur många gånger toaletten blivit använd. Det antal stopp som rapporterats ritades sedan som en funktion av användningen (Figur 5). Resultatet visade att, med tre undantag, efter 4 000 beräknade användningstillfällen hade samtliga toaletter haft stopp i vattenlåset en eller flera gånger. De som i enkäten eller vid telefonintervju svarade på frågan vad de tror orsakar stopp i vattenlåset, svarade, hår eller kristaller av urin som bygger på i ledningen. Ett av undantagen, den familjen som efter 12 000 beräknade användningstillfällen, ännu inte haft något stopp, ringdes upp. De hade en toalett av märket WM-Ekologen, den modell som har det grövre plaströret. Enligt familjen hade de inte gjort någonting för att förhindra igensättningar eller stopp.



Figur 5. Antal stopp som en funktion av beräknad toalettanvändningen.

Fråga 19. Är toalettstolen bra utformad, är det t.ex. några kroppsdelar som oavsiktligt tar i någonstans?

Många män tyckte att toalettens utformning är dålig. Om urinsorteringen ska fungera väl måste männen sätta sig ned, vilket många var negativa till. De flesta män vill stå och kissa och när de väl sätter sig, händer det på Dubbletten, att pungen och snoppen tar i den kalla skiljeväggen som delar utloppen. Detta motverkar att männen sätter sig ned. Även kvinnorna hade vissa synpunkter på utformningen. Dubbletten kan även fås med platsits, vilket några valt, men den var så vek att låren låg ner på mellanväggen. De flesta synpunkterna handlade om att man inte kunde sitta bra för att sorteringen skulle fungera. Detta gällde för båda toalettyperna.

Fråga 20. Vad anser ni vara bäst/sämst med toalettens utformning?

Fråga 21. Har ni något ytterligare att tillägga när det gäller urinsorterande toaletter?

På dessa två frågor svarade de flesta samma sak, så de redovisas tillsammans.

Det fanns både för- och nackdelar med toalettens design. Fördelarna med Dubbletten var att den var vägghängd, hade en snygg sits och att toaletten var urinsorterande. WM-Ekologens DS stora fördel var att den såg ut precis som en vanligt toalett, trots att den var urinsorterande.

Nackdelarna med Dubbletten var att träsisen inte låg som den skulle på toaletten utan vickade. Träsisen sprack lätt, trots att de boende varit noga med att olja in den. Det stänkte urin på lår och golv, eftersom urinskålen var för grund, porslinet i urinskålen blev missfärgat, barnsisen fungerade dåligt, svårt att rengöra toaletten och fekalier fastnade på mellanväggen. Toalettterna i Palsternackan är närmare två år nyare än de i

Understenshöjden. En viss teknikutveckling av toalettens funktion och design kunde konstateras. Urinskålen var djupare, spolknappen för liten spolning var lätt att trycka in och stoppfunktionen för spolvatten var borttagen.

DS- toaletten hade nackdelar som att hålen i botten på urinskålen, som leder ned till vattenlåset, var för små eller att urinfacket var för litet, vilket gör att urinen inte rinner undan tillräckligt snabbt utan stället rinner över till den stora skålen. Urin stänkte mot urinskålens främre vägg, upp på låren om man placerade sig långt fram på toaletten och två familjer nämnde att småbarnen bajsade i urindelen.

Synpunkter som framfördes om båda toalettarna var att om sorteringen skall fungera tillfredsställande måste man sätta sig långt fram på toaletten, samtidigt som samma position inte var bra vid utträttandet av det stora behovet för att då fastande fekalier på skiljeväggen. Det var dessutom ett par av de boende som var rädda att hela urinsystemet, från toalett till urintank, kunde slamma igen.

Undersökning av igensättning i vattenlås

Understenshöjden var det större bostadsområde som har haft sina toaletter längst. Några av de boende hade haft problem med sina toaletter redan från första driftsdagen, medan majoriteten hade fått problem med tiden. Det var tio hushåll i Understenshöjden som rapporterade stopp eller dåligt flöde i sin toalett/toaletter till mig eller min handledare under arbetets gång. Dessa tio hushåll hade problem med fjorton toaletter och tio (71 %) av dessa stopp var relativt enkla att få bort med hjälp av rensvajern. De lätta stoppen orsakades av hår, strån från toalettborste/flaskborste, delar av toalettborste/ flaskborste samt kristallutfällningar som satt på håren och stråna. Vid undersökning av de första toalettarna med stopp hade vi inte utarbetat mätmetodiken, så mätning av flödet skedde endast i åtta toaletter. När stoppen var helt borta erhöles ett flödet runt 33 liter/min (se Tabell 2). För att avlägsna stoppen krävdes mekanisk rengöring. Det räckte inte med enklare uppslamning, vilket framgår av Tabell 2. På de toaletter där vi inte lyckades eliminera stoppen, blev flödet betydligt lägre (se Tabell 2). Tre av dessa urinvattenlås från toaletter med svåra stopp byttes mot vattenlås av plast. Dessa vattenlås (Figur 2, 3 och 4) togs hem för analys.

Av Tabell 2 framgår att en enkel uppslamning inte räckte för att avlägsna stopp när sådana väl hade inträffat. För att avlägsna stoppen krävdes mekanisk rengöring med rensvajern. Rengöring med högtrycksvatten eller med någon starkt lösende kemikalie hade kanske också fungerat.

I Ekoporten gjordes flödesmätningar på elva toaletter. Av dessa hade tre dåligt flöde, vilket motsvarar 27 %, Tabell 3. Efter rensning med rensvajer fick alla toaletters urinavlopp ett bra flöde. Maximalt uppmätt flöde i Ekoporten var hälften av det uppmätta i Understenshöjden. Detta beror troligtvis på att utloppet från urinskålen har betydligt mindre diameter i Ekoporten än i Understenshöjden. De igensättningar som påträffades bestod av hår och kristaller och var mycket lätta att avlägsna med rensvajern.

Tabell 2. Flödesmätningar vid rensning av stopp i Understenshöjden

Toalett	Flöde före l/min	Flöde efter uppslamning l/min	Flöde efter rensvajer l/min
1		6,8	11
2		1,1	26
3	0,7	6,5	34
4	12,5	12,5	15
5	18,8		33
6	1,5	2,3	26
7	1,0	1,0	10
8	2,3	2,3	11
9	0,7	1,9	29

Tabell 3. Flödesmätningar i Ekoporten

Toalett	Flöde före rensvajer l/min	Flöde efter rensvajer l/min
1	15	
2	12	
3	0,9	14
4	17	
5	9	
6	17	
7	4	17
8	15	
9	13	
10	17	
11	3	14

Tabell 4 visar resultaten av de kemiska analyser som togs av de enkla stoppen i Understenshöjden. Proven 1:a och 2:a var substans som slammades upp från vattenlåsen 1 resp. 2 (Tabell 2) och 1:b och 2:b var substans som rensvajern rev loss från rörens väggar och/eller drog med sig från rören bakom vattenlåsen.

En hypotes var att fosfor i utfällningarna var bunden i hydroxidapatit, vivianit eller struvit, eftersom kalcium, järn och magnesium kan fälla fosfor om pH överstiger 8. Vid fällning med kalcium reagerar fosfat och hydroxidapatit, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, bildas. Tvåvärt järn reagerar med fosfat och vivianit, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$, faller ut. Magnesium reagerar med ammonium och fosfat och bildar struvit, MgNH_4PO_4 . För att prova hypotesen beräknades det antal mol fosfor som skulle funnits per kg torrsbstans i proven om all fosfor var bundet i hydroxidapatit, vivianit och struvit. Resultaten redovisas i Tabell 5.

Tabell 4. Kemiska analyser på uppslammad substans från lättrensade stopp i Understenshöjden

Parametrar	Prov 1 a	Prov 1 b	Prov 2 a	Prov 2 b
TS %	2,7	1,9	2,4	1,0
Glödn.rest %	68	68	64	65
S-tot g/kg TS	3,0	2,6	3,5	4,1
P-tot g/kg TS	95,1	83,9	103,0	96,9
Ca g/kg TS	52,5	74,0	86,5	82,3
K g/kg TS	7,9	4,5	8,0	9,5
Mg g/kg TS	53,2	38,9	46,8	39,9
Na g/kg TS	9,1	6,6	10,9	17,1
Fe g/kg TS	0,04	0,22	0,07	0,20
Mn g/kg TS	0,00038	0,0013	0,0008	0,0011
Cu g/kg TS	44,2	57,8	74,3	84,3
Al g/kg TS	0,02	0,035	0,023	0,027
Cl g/kg TS	6,2	1,2	5,3	2,7
C % av TS		8,3		
H % av TS		2,6		
N % av TS		7,6		

Fosfor kan vara bundet i många andra föreningar än de ovanstående. Fosforsalt är benämningen på $\text{Na}(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ och det fanns en del natrium i proven. Koppar utgjorde också en stor del av provet. Kopparfosfat har en mycket speciell blågrön färg som tros överensstämma med färgen på kopparrörets innehåll.

Tabell 5. Analyserad mängd fosfor jämförd med den mängd fosfor som beräknats teoretiskt under antagandet att fosfor, kalcium, järn och magnesium var bundet i hydroxidapatit, vivianit och struvit

Prov	P analyserat g/kg TS	P till Ca g/kg TS	P till Mg g/kg TS	P till Fe g/kg TS	P-analys - P-beräk. % av P-beräknat
1:a	95,1	24,3	67,8	0,01	3,2
1:b	83,9	34,3	49,6	0,08	-0,1
2:a	103,0	40,1	59,6	0,03	3,3
2:b	96,9	38,2	50,8	0,08	8,8

Beräkningar över mängden fosfor bunden till kalcium, magnesium och järn slog plus/minus 9 % från analyserad mängd fosfor i proven, vilket var av samma storleksordning som felmarginalen för analysmetoderna. Hypotesen verkade stämma.

Ett av de fyra återstående stoppen åtgärdade Bibbi Söderberg, konstruktören av Dubbletten, genom att byta vattenlåset. De boende hade försökt att förebygga stoppen genom att spola mer, eftersom familjen brukade spola under rekommenderade mängder. De hade försökt att spola en till två deciliter men det gav inte önskat resultat. De tre övriga

stoppen försökte min handledare och jag avlägsna men misslyckades. I en av dessa toaletter lyckades vi få ett godtagbart flöde (15 liter/min). I två toaletter byttes vattenlåset.

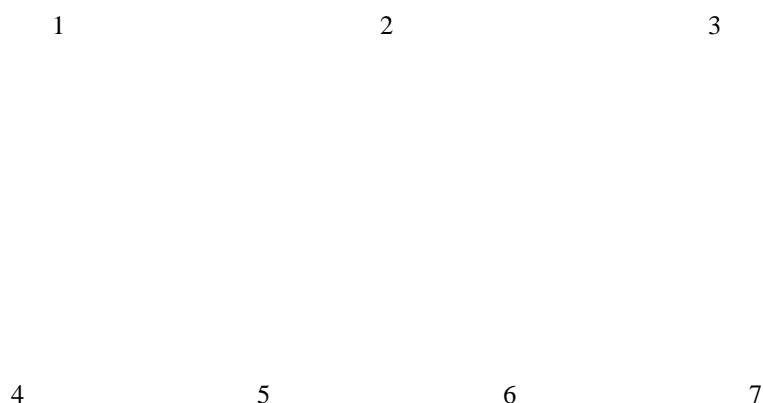
Det kopparrör som Bibbi Söderberg tog bort undersöktes efter 53 dagar. Röret hade förvarats i en platsäck i rumstemperatur under denna tid. Första delningen av röret gjordes två decimeter bakom vattenlåset (se Figur 2). Innehållet i ledningen var alldeles grönt och röret var till dryga hälften fullt av hår och någonting oidentifierbart. Eftersom röret var av koppar var det svårt att säga hur mycket av det gröna som var mögel och hur mycket som var koppar. Röret delades också mitt i vattenlåset. Där fanns en avlagring helt jämnt fördelad runt hela rörväggen. Beläggningen var ca 4 mm tjock, också den grön. Mögelbildningen visade att det var helt fel att förvara röret så länge i rumstemperatur, trots att röret normalt sitter i rumstemperatur.

De två vattenlåsen som byttes hade fram till ca två månader innan undersökningen startade inte visat några tecken på igensättningar. När röret börjat sätta igen var den mycket svår att få bort. Varken familjen eller vi klarade av att få bort dessa stopp. Vattenlåsen frystes in ca 1,5 timme efter att de avlägsnats. Tretton timmar senare togs de upp från frysen och delades på sju ställen (Figur 3).

I ett av rören fanns toppen av en flaskborste som bidrog till stoppet. De boende hade informerat om att det borde finnas en del av en flaskborste. Den hade fastnat en vecka tidigare. Vattenlåset innehöll också hårstrån som var inbäddade i kristaller, en avlagring runt rörväggen och en brunsvart massa som låg och fyllde upp hela rördiametern på vissa ställen. Denna brunsvarta massa och avlagringen runt rörväggen var troligen samma substans även om avlagringen var mer kompakt än den brunsvarta massan. I det andra röret påträffades också hår, en liknande avlagring och en brunsvarta massa. Hur mycket av röret som var fyllt av ovanstående substanser framgår av Figur 6. Den brunsvarta massa som satt runt rörväggen var hård, seg och hade god vidhäftning till rörväggen. Med en skruvmejsel, lyckades jag inte att överallt avlägsna det som fanns ca 5 mm närmast rörväggen. Den massa som jag fick loss från olika rördelar skickades på kemisk analys.

Analyserna från KM-lab i Uppsala visade att proverna på avlagringarna från rördelarna på båda sidorna om snitten 1, 4 & 5 och 7 (Figur 3) till stor del bestod av fosfor, kalcium, magnesium och koppar (se Tabell 6).

Det nämndes i början att en hypotes var att avlagringarna inte fäste till plaströr. Därför undersöktes två vattenlås i plast som varit i bruk 2 år och 3 månader från ett hushåll som inte ingick i de områden där enkätundersökningen skedde. Ett av rören delades på fem ställen och i röret fanns en grå/vit massa som på sina ställen gick i rosa. Denna massa fyllde helt upp rörets diameter vid vattenlåsets två tvära krökar, se Figur 4. Där det var mest massa fanns även en mycket segflytande vätska mitt i röret. Den del av massan som fanns mitt i röret var porös och lätt att peta ut, medan det som låg 3 mm närmast rörväggen inte gick att skrapa loss. Däremot gick det att trycka ut denna massa så att den kom ut som en hel plugg. Avlagringen häftade alltså inte fast i rörmaterialet utan den fyllde väl ut röret och var därför mycket svår att få bort. Avlagringen i röret vägde sammanlagt 218 gram (våtvikt). Kemisk sammansättning på avlagringen framgår av Tabell 6.



Figur 6. Snitt av röret som visar omfattningen på igensättningen i de sju snitt där det delades. Mått i mm.

Tabell 6. Kemiska analyser på rörinnehåll från kopparrör på båda sidor om snitt 1, snitt 4 & 5 och snitt 7 (Figur 3) samt analys från allt innehåll i plaströret (Figur 4)

Parameter	Snitt 1 kopparrör	Snitt 4&5 kopparrör	Snitt 7 kopparrör	Medel kopparrör	Plaströr	
pH					9,2	
TS	%	58	65	91	71	44
Glöd.rest	%		67			62
S-tot	g/kg TS	2,8	2,1	2,0	2,5	0,8
P-tot	g/kg TS	117	145	157	140	123
Ca	g/kg TS	102	137	179	139	159
K	g/kg TS	4,8	4,7	4,2	4,6	6,5
Mg	g/kg TS	53,5	58,2	52,7	54,8	42
Na	g/kg TS	5,9	5,2	5,4	5,5	9,9
Fe	g/kg TS	2,0	0,058	0,080	0,71	0,030
Mn	g/kg TS	0,0085	0,00029	0,00067	0,0031	0,0013
Cu	g/kg TS	38,5	12,4	19,2	23,4	0,10
Al	g/kg TS	0,1	0,01	0,022	0,044	0,09
Cl	g/kg TS	1,4	0,2	< 0,15	0,8	0,7
C	% av TS		8,6			8,7 - 11,5 ¹
H	% av TS		2,5			2,2 - 2,3 ¹
N	% av TS		7,4			7,4 - 10,5 ¹

¹ Spridningen av resultaten beror förmodligen på provets beskaffenhet.

Även för dessa analyser på avlagringar beräknades den teoretiska mängden fosfor med antagandet att all fosfor, kalcium, magnesium och järn var bundet i form av kalciumapatit, struvit och vivianit. Den beräknade mängden fosfor jämfördes sedan med den analyserade, Tabell 7.

Tabell 7. Analyserad mängd fosfor jämförd med den mängd fosfor som beräknats teoretiskt under antagandet att fosfor, kalcium, järn och magnesium var bundet i kalciumapatit, vivianit och struvit.

Prov	P-analys g/kg TS	P till Ca g/kg TS	P till Mg g/kg TS	P till Fe g/kg TS	P-analys - P-beräk. % av P-beräknat
1	117	47,3	68,2	0,74	0,7
4&5	145	63,5	74,1	0,02	5,3
7	157	83,0	67,1	0,03	4,6
Plast	123	73,7	53,5	0,01	-3,3

Resultaten visade att skillnaden mellan analyserad och beräknad mängd fosfor för dessa prov (Tabell 7), höll sig inom felmarginalen för analysmetoderna. Sammansättningen av provet från plaströret var mycket varierande, vilket försvårade analysen. Vid utfällning av fosfat med kalcium är bildandet av magnesiumhydroxid, $Mg(OH)_2$ en viktig bireaktion. Även om beräkningarna styrker hypotesen att fosfor förekom som kalciumfosfat, vivianit och struvit kan en mindre mängd fosfor varit bundet till natrium och/eller koppar samtidigt som en mindre del magnesium kan ha förekommit som magnesiumhydroxid.

I provet från plaströret fanns en betydligt mindre mängd koppar än i proverna från toaletter med vattenlås av koppar. Innehållet i kopparröret (Tabell 6) hade 131 till 405 gånger högre kopparhalt per kg TS, än plaströrets innehåll. Jämförs uppslammad substans från kopparröret (Tabell 4) med plaströrets innehåll, var koncentrationen koppar 887 gånger större i kopparrörets uppslammade substans.

Massan som fanns i plastledningen vägde 218 gram våtvikt. Torrsubstansen i provet var 44 % och 12 % av TS bestod av fosfor (Tabell 6). Detta innebär att 12 gram fosfor fanns samlat i röret. Vid analys har alltså hittats mycket fosfor i en liten del av ledningssystemet. Frågan är hur mycket fosfor som finns lagrat i ledningen, samt hur mycket fosfor det lagras innan jämvikt nås i ledningarna.

Beräkningarna tyder på att den mineraliska delen av igensättningarna i urindelens vattenlås till största del består av kalciumfosfat, magnesiumammoniumfosfat och järnfosfat men troligtvis även mindre mängder kopparfosfat, natriumammoniumvätefosfat m.fl. apatitföreningar samt magnesiumhydroxid. Utifrån detta begränsade material verkar det spela liten roll vilket material det är i vattenlåset med tanke på risken för igensättningar. Däremot spelar det stor roll för sammansättningen på avlagringen och på den uppsamlade urinen. Om ledningen är av koppar kommer mer koppar att återfinnas i urinen som sprids på våra åkrar. Det handlar inte om stora mängder men då det lätt går att undvika bör man göra det. Detta sker t.ex. genom att endast använda inerta material.

Undersökning av igensättningar i urinledningssystemet

Understenshöjden

Delar av urinledningssystemet videofilmades för att undersöka om det fanns risk för igensättningar i ledningssystemet bakom vattenlåsen. Ledningssystemet vid inspektionsbrunnen kunde filmas både åt höger och vänster. Det var inte möjligt att filma in i den vinkelrätt anslutande ledning som strax nedanför inspektionsbrunnen fortsätter mot tanken. Ovanför inspektionsbrunnen var 16 lägenheter anslutna till urinledningen vars dimension var 75 mm. Åt höger i ledningen kunde vi filma endast 40 cm (Bilaga 2). Efter 30 cm anslöt ledningen ned till tanken. Bortom denna punkt var ledningen fylld med ett tjock och tungt slam som lade sig framför kamerans objektiv. Anledningen till slamansamlingen var troligen att ledningen från vänster hade ett sådant fall att urinlösning från de 16 lägenheterna spolades upp i denna högra ledningsdel innan lösningen rann ut i den vinkelrätt anslutande stamledningen mot tanken. Detta medförde att tungt slam följde med lösningen in i den högra ledningsdelen. Sedan förmådde inte det lilla flödet från de två lägenheter som är anslutna till denna högra ledningsdel att spola bort slammet.

Vid filmning åt vänster i urinledningen konstaterade vi att ledningen hade ett mycket bra fall. Det var ytterst lite slam på botten av ledningen. Enligt kameramannen såg det ut så här i de flesta avloppsledningar. När vi filmat 20 meter in i ledning påträffades en svacka. I svackan hade det samlats en stor mängd slam som fyllde ledningsröret så mycket att objektivet täcktes (Bilaga 2). För att möjliggöra filmning längre in i ledningen spolades den med högtryck och därefter kunde kameran passera. Vi kom ytterligare 8 meter, till 27 meter från brunnen, innan det åter fanns stor ansamling slam som fyllde ledningen. Vi spolade ledningen igen och filmade åter. Allt slam hade inte försvunnit, troligtvis för att spolslangen inte nådde hela vägen förbi slamansamlingen, men den hade reducerats så mycket att vi kunde filma en liten bit till. Slamansamlingen berodde på bakfall på ledningen. Vid 28 meter var det så pass mycket slam att vi bedömde att en total igensättning av ledningen hade varit nära förestående. Slammet var inte svårt att spola bort med högtryck och efter renspolning kunde vi inte se någon kvarsittande beläggning i rören. Däremot hade slammet så hög viskositet att det börjat täppa igen i dessa 75 mm rör, och troligen skulle renspolning blivit nödvändigt inom något år. Filmningen avbröts 28 meter från inspektionsbrunnen.

Ytterligare en filmning gjordes av ledningen från en spolbrunn längre ned i ledningssystemet. Rördimensionen var här 110 mm. Först försökte vi filma uppåt i systemet, men kom endast 60 cm innan kamerans objektiv blev igensatt av slam (Bilaga 2). Troligen berodde detta på en svacka på ledningen. Därefter filmade vi i fallriktningen och här var ledningen ren från slam. Efter två meter såg vi rötter som kommit in genom en rörskarv. Från 12 meter ned i ledningen fram till 17 meter fanns en liten ansamling slam som fyllde ut röret till ca 20 %. Det var en svacka på 5 meter i ledningen som orsakade detta. Vi filmade totalt 40 meter nedåt i ledningen och fann inget mer (Bilaga 2).

Bakfall och svackor på avloppsledningarna får inte förekomma. De leder ofta till problem med igensättningar. Filmningen av urinledningarna visar att dessa inte utgör något undantag från denna regel.

Palsternackan

Urinledningssystemet undersöktes genom inspektionsluckorna som var jämnt fördelade längs hela stamledningen i den långa kulverten. Det togs även prov på slam som låg i botten på ledningen (Tabell 8, Palrör2). Där det var stort fall på ledningen, var det knappast något slam i ledningen. Ett fall på 1 cm per meter och en ledningsdiameter 110 mm uppmättes där urinledningen var nästan ren från slam. Vid dåligt fall på 110 mm:s ledning var den till ca 40 % fylld med slam. Bra fall men med en mindre ledningsdiameter, 50 mm, gjorde att röret var fyllt till 50 - 75 % med slam. I en inspektionslucka, placerad bredvid en inkommande ledningen, kunde vi iaktta en grusliknande hög som låg i stamledningen, precis nedanför utloppet till en ovanifrån kommande ledning. Prover för kemisk analys togs (Tabell 8, Palrör). Sedan renspolades stamledningen med hjälp av en trädgårdsslang för att se hur svårt det var att få bort högen och för att se om det fanns någon kvarstående beläggning efter renspolningen. Det var inga problem att spola bort högen och slammet i ledningen.

Tabell 8. Kemiska analyser på slam i urinledningarna i Palsternackan

Parameter	Enhet	Palrör	Palrör2	P-ledningsdel ¹
pH		8,9	9,0	8,9
TS	%	9,1	18,3	0,42
Glödgningsrest	g/kg TS	680	690	667
N-tot	g/kg TS	95	92	210
NH ₄ -N	g/kg TS	73,5	73	148
P	g/kg TS	150	150	139
K	g/kg TS	11,5	8,4	- ²
Ca	g/kg TS	92	98	110
Mg	g/kg TS	77	72	46
Na	g/kg TS	17	10	57
Cl	g/kg TS	22	8,7	40
S-tot	g/kg TS	5,9	5,5	8,6
Fe	g/kg TS	0,20	0,27	0,14
Cu	g/kg TS	5,7	14	8,8
Al	g/kg TS	0,73	0,87	0,16
BOD ₇	g/l prov	6,0	5,8	- ²

¹ Parametrarna analyserades på ofiltrerat uppskakat prov.

² Ej analyserat.

För att kunna inspektera urinledningen från toaletten till stamledningen anlätade vi en rörmokare som avlägsnade en ca 7 m lång del av en urinledningen. I röret kunde iaktas en hård beläggning som låg längs rörväggen. Det hade gått två år sedan rören började

användas och enligt rörmokaren hade alla sorters avloppsrör en avlagring liknande den i detta rör. Han såg ingenting ovanligt med urinledningen. Dimensionen på röret var 50 mm och just detta rör hade bakfall samt två mycket tvära krökar, vilket, enligt vår tidigare erfarenhet, borde väsentligt öka risken för avlagringar. Röret delades på tre ställen, vid krökarna och mitt i delen med bakfall. I delen med bakfall fanns en hård avlagring i botten på röret som påminde mycket om den vi funnit i vattenlåsen. Avlagringen var brun-grå och ca 2 mm tjock, 3 cm bred. Trots att avlagringen var hård, fäste den inte till rörväggen utan var mycket lätt att skaka loss. Prover togs för kemisk analys (Tabell 8, P-ledningsdel). Det är svårt att bedöma risken för att det blir stopp, men om så är fallet borde det vara lätt att åtgärda eftersom avlagringen lossar så lätt, åtminstone så länge den inte fyllde ut större delen av röret.

För alla tre ovanstående prov, beräknades den teoretiska mängden fosfor med antagandet att allt fosfor var bundet med allt kalcium, magnesium och järn. Slammet som analyserades, innehöll en del urin, eftersom urin fylls på i ledningssystemet hela tiden från olika hushåll (i motsats till vattenlåsen som sköljts rena med vatten). Det mineraliska innehållet i provsvaren har reducerats med det mineraliska innehållet i analyserad urinlösning från Palsternackan (Jönsson m.fl., 1998). Innehållet av urinlösning har beräknats utifrån provens TS-halt, glödrest och beräknad densitet i proverna Palrör och Palrör2. I provet P-led har urinnehållet skattats utifrån magnesium- och ammoniuminnehållet. Den mängd fosfor som beräknades vara bunden till kalcium, magnesium och järn jämfördes sedan med den mängd av provets fosfor som beräknades komma från slammet (Tabell 9).

Tabell 9. Analyserad mängd fosfor jämförd med den mängd fosfor som beräknats teoretiskt med antagandet att fosfor, kalcium, järn och magnesium var bundet i hydroxidapatit, vivianit och struvit

Prov	P-analys ¹ g/kg prov	P till Ca g/kg prov	P till Mg g/kg prov	P till Fe g/kg prov	P-analys - P-beräk. % av P-beräknat
Palrör ²	13,4	3,87	8,92	0,006	4,3
Palrör2 ³	27,2	8,31	16,78	0,018	7,7
P-led ⁴	0,58	0,21	0,24	2*10 ⁻⁴	12,4

¹ Slammets beräknade andel av den analyserade mängden fosfor i provet.

² Innehållet av urinlösning i provet har beräknats till 917 g/liter utifrån TS-halt, glödrest och beräknad densitet.

³ Innehållet av urinlösning i provet har beräknats till 824 g/liter utifrån TS-halt, glödrest och beräknad densitet.

⁴ Innehållet av urinlösning i provet har beräknats till 155 g/liter utifrån provets magnesium- och ammoniuminnehåll.

Skillnaden mellan analyserad och beräknad mängd fosfor ligger inom felmarginalen för analysmetoderna, utom för prov P-led. Mängderna av de olika ämnena som fanns i slammet beräknades som skillnaden mellan provets mängd och den mängd urinlösning som beräknats finnas per liter prov. Säkerheten i denna beräkning ökar med ökande halter i provet. Halterna i P-led är betydligt lägre än i de övriga proven och den urinlösning som fanns i röret borde också rimligen avvika från den som mätts upp av Jönsson m.fl. (1998).

Det är därför inte förvånande att skillnaden mellan analyserad och beräknad mängd fosfor är störst för P-led. Det är snarare förvånande att skillnaden inte är större.

Sammantaget visar analyserna och beräkningarna (Tabell 5, 7 och 9) att fosfor i huvudsak förefaller vara bunden som kalciumfosfat (hydroxidapatit), magnesiumammoniumfosfat (struvit) och järnfosfat (vivianit) i samtliga analyserade slam och avlagringar. Detta gäller slam från lättrensade stopp i toalettens vattenlås, avlagringar från svårrensade stopp i toalettens vattenlås och lättrensat slam från resten av ledningssystemet.

Då utfällningarna till stor del består av fosfor som fällt ut med kalcium, magnesium, järn, koppar m.fl. metaller, borde detta medföra att områden med hårt vatten, dvs vatten med stort innehåll av kalcium och magnesium, skulle få större problem med igensättningar i urinledningen. En person utsöndrar dagligen ca 200 mg kalcium och ca 100 mg magnesium och antas besöka toaletten åtta gånger per dag. Enligt svaren som inkom på fråga 5 går en person på toaletten fem gånger per dag i hemmet men de går även på toaletten på arbetet och i skolan. Det medför att personen utsöndrar ca 25 mg kalcium och ca 12,5 mg magnesium per toalettbesök. Antag att denna urin spolas bort med två deciliter vatten. Ett normalhårt vatten innehåller 40 mg kalcium per liter. Två deciliter innehåller 8 mg kalcium per liter vatten. Ett hårt vatten kan ha kalciumhalter på 100 mg per liter vatten. Det motsvarar 20 mg kalcium på två deciliter. Det är nästan lika mycket som en person utsöndrar med urinen vid varje toalettbesök. Gränsvärdet för koncentrationen av magnesium i dricksvatten, är 30 mg, vilket motsvarar 6 mg på två deciliter vatten, dvs motsvarande 50 % av en persons utsöndring av magnesium per toalettbesök. Det hårda vattnet skulle således öka mängderna magnesium och kalcium med 50 respektive 100 %, vilket troligen ökar utfällningen i motsvarande grad. Samtidigt minskar mängden fosfat i lösningen. Den binds i utfällningarna som var starkt koncentrerade till de vattenfyllda delarna av vattenlåset. Ett möjligt sätt att minska problemen med utfällningarna kan vara att utveckla ett vattenlås där vätska aldrig blir stående samt att det är ordentligt fall på alla urinledningar.

SLUTSATSER

Även om de urinsorterande toaletterna utvecklats och förbättrats de senaste åren, krävs det ytterligare utveckling och förbättring av dem om systemet skall bli accepterat av allmänheten. Majoriteten av de tillfrågade i denna undersökning tyckte att idén urinsorterande avloppssystem är god och att systemet har en viktig uppgift att fylla, men än så länge har systemet alltför många barnsjukdomar. De förbättringar av toalettstolarna som främst behöver göras är:

- bättre spolfunktion för urinskålen
- djupare urinskål
- bättre utformad skiljevägg
- möjliggöra för männen att stå och urinera
- förhindra stopp i vattenlåsen

Teoretiskt bör det inte vara svårt att genomföra de flesta av förbättringarna ovan. Det finns dock ett problem som eventuellt inte är lika lätt att lösa och det är problemet med igensättning i vattenlåsen. En stor del av stoppen består av pappersludd och hår. Dessa stopp är lätta att avlägsna med en rensvajer eller dylikt. De kanske kan förebyggas genom att man sätter en sil över urinavloppet, eller att man helt enkelt tar bort porslinsproppen som sitter i utloppet. Kanske är det den som stoppar upp hårstrån mm som sedan byggs på. En fördel med att ta bort proppen är att det även underlättar för män som vill stå upp och kissa genom att det stänker mindre. Kanske får man acceptera att det krävs speciell skötsel av toaletten i form av rensning av urindelens vattenlås lite då och då, ungefär som man accepterar att avloppen till dusch, tvätt- och diskställ behöver rensas regelbundet.

Det verkar dock som om urinledningen efter ca två års normal användning ibland får en avlagring som är mycket svår att få bort. Analyser och beräkningar tyder på att kalciumapatit, vivianit och struvit är viktiga komponenter i avlagringen. Detta förklarar också varför stoppen uppstod såväl i kopparrör som plaströr. I områden med hårt vatten blir troligen igensättningarna i urinavloppet större, dvs de byggs troligen på snabbare, samtidigt som fosfor i uppsamlad urinlösningen minskar något.

Från de undersökningar vi gjort på urinledningssystemet som helhet kan följande slutsatser dras:

- Ledningarna ska ha ett fall på minst 1 cm per meter (1 %).
- Röret ska helst vara av plast samt helt tätt, t.ex. helsvetsat så att inget ovidkommande vatten och/eller rötter kommer in i ledningssystemet.
- Urinledningssystemet ska ha rikligt med inspektions- och spillluckor.
- Dimensionen på horisontella ledningar bör helst inte understiga 110 mm, inte ens när det gäller ledningen från toaletten till stamledning. Rör med dimensionen 50 mm fick snabbt mycket avlagringar, bra observationer saknas av rör med dimensionerna 75 och 90 mm. Rör med dimensionen 110 mm fick försumbara avlagringar om de hade 1 % fall.
- Brukare skall avrådas från att använda flaskborstar för att göra rent urinledningen. Detta bör göras med rensvajer eller på annat lämpligt sätt.

Följs dessa råd vid installation av urinsortering, bör risken för svåra igensättningar i urinledningssystemet vara mycket små. Genom att ha spillluckor kan man dessutom lätt åtgärda igensättningar på grund av sättningar i ledningssystemen som kan uppkomma t.ex. vid tjälskott.

REFERENSER

- Apoteket. Apotekets råd om Vitaminer och Mineralämnen.
- Atanasova, S. Budevski, G. Tabanska, T. Banchev, A. Yanev, V. 1993. Chemical composition of urinary stones.
- Baum, J.S. 1970. Introduction to organic and biological chemistry. Collier Macmillan publishers. London.
- Documenta Geigy. 1970. Scientific tables. J.R. Geigy, S.A. Schweiz.
- Hanaeus, Å. Johansson, E. 1996. Urinsorterande avloppssystem. Inventering, utvärdering och laboratorieförsök. Examensarbete 1996:176E, Tekniska högskolan i Luleå. Luleå.
- Jönsson, H. 1994. Källsortering av humanurin- mot ett uthålligare samhälle. Fakta Teknik nr 3, Sverige lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Jönsson, H. Stenström, T-A. Dalhammar, G. Svensson, J. Olsson, A. 1996. Är urinsortering ett bra sätt att öka kretsloppsanpassningen? VAV- nytt nr 2 1996.
- Jönsson, H. Stenström, T-A. Dalhammar, G. Olsson, A. 1996. Källsorterad humanurin i kretslopp. -Förstudie i tre delar. Rapport 1996.03, VA- Forsk. Stockholm.
- Jönsson, H. Burström, A. Svensson, J. 1998. Mätning av urinlösning, toalettanvändning och hemmavaro i bostadsrättsföreningen Understenshöjden. Rapport 228, Institutionen för lantbruksteknik. SLU.
- Larsson, U. Rudholm, H. 1994. Lokal avloppshantering med urinsortering. Tekniska högskolan i Luleå. Luleå.
- Nationalencyklopedin. 1991. Uppslagsverk. Sjätte bandet. Bokförlagen Bra Böcker. Höganäs.
- Naturvårdsverket. 1993. Vatten, avlopp och miljö. Rapport 4134, Naturvårdsverket. Stockholm
- Naturvårdsverket. 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll? Rapport 4425, Naturvårdsverket. Stockholm.
- Pidonia-Manika, I. Deligiannidis, C. Manikas, O. Kalinderis, A. Dimitriadou-Vafiadou, A. 1993. Qualitative and quantitative study of the chemical composition of urinary stones. Delt. Hell. Mikrobiol. Hetair. Sid 155-163.
- Rennerfelt, J. 1991. Kommunal och industriell avloppsteknik. Kompendium, Institutionen för biokemisk teknologi, KTH. Stockholm.
- Svensson, P. 1993. Nordiska erfarenheter av källsorterade avloppssystem. Examensarbete 1993:117E, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik. Tekniska högskolan i Luleå.
- Vattenbehandling. 1996. Kompendium. Institutionen för Vattenförsörjning och Avloppsteknik, Chalmers tekniska högskola. Göteborg.

BILAGA 1. DEN UTSKICKADE ENKÄTEN

BILAGA 2. PROTOKOLL FRÅN VIDEOFILMNINGAR AV LEDNINGAR