



MÄTNING PÅ TVÅ URINSORTERANDE AVLOPPSSYSTEM

-URINLÖSNING TOALETTANVÄNDNING OCH HEMVARO I EN EKOBY
OCH I ETT HYRESHUSOMRÅDE

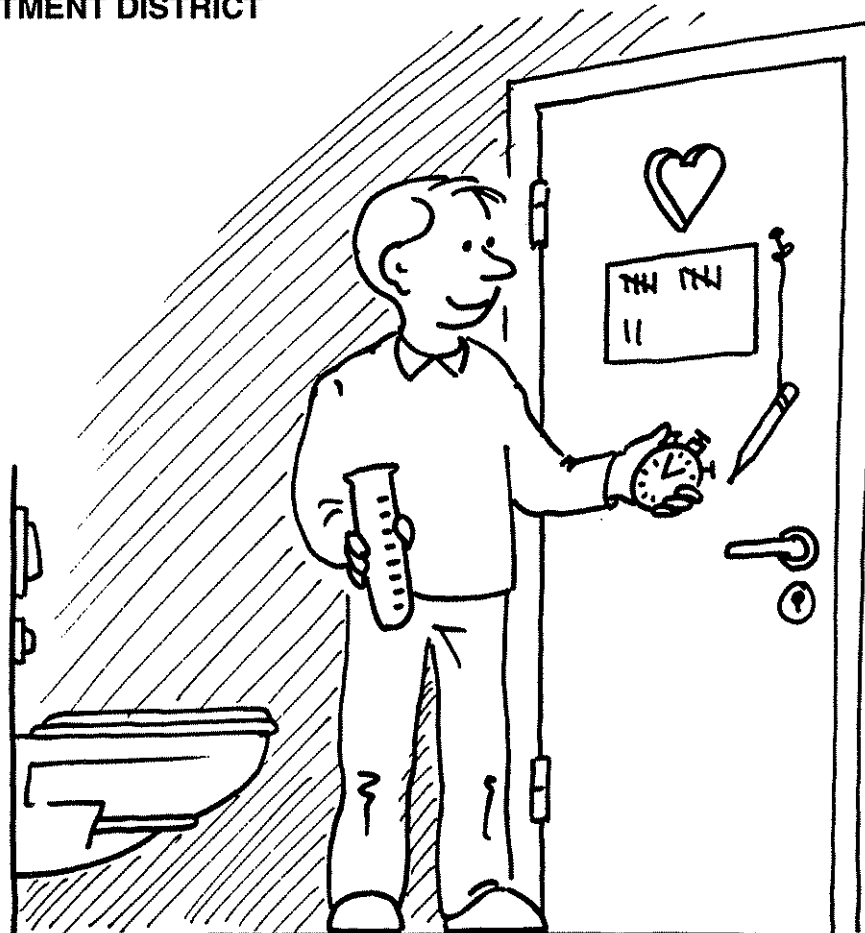
MESUREMENTS ON TWO URINE SEPARATING SEWAGE SYSTEMS

- URINE SOLUTION; TOILET USAGE AND TIME SPENT AT HOME IN AN ECO
VILLAGE AND AN APARTMENT DISTRICT

Håkan Jönsson

Anna Burström

Jan Svensson



Institutionen för lantbruksteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering

Rapport 228
Report 228

Uppsala 1998
ISSN 00283-0086
ISRN SLU-LT-R-228-SE

FÖRORD

Inga system fungerar perfekt, framförallt inte från början. Trots detta har i de flesta värderingar som hittills gjorts, urinsortering antagits fungera perfekt. Man har ofta antagit att urinen sorteras perfekt och att systemen ger den vattenbesparing som försäljarna anger. Avsikten med dessa mätningar var förbättra underlaget för värdering av urinsortering som kompletterande funktion i olika avloppssystem.

Vi riktar ett stort tack till de boende i ekobyen Understenshöjden och i hyresområdet Palsternackan för deras medverkan i mätningarna. Bostadsrättsföreningen Understenshöjden och AB Stockholmshem tackar vi för att vi fick mäta i deras avloppssystem. Vi tackar Caroline Höglund och Annika Sundin, Smittskyddsinstitutet, Björn Vinnerås, Dick Gustavsson, Ingemar Baselius och Sven Andersson vid Institutionen för Lantbruksteknik, SLU, för deras hjälp vid mätningarna.

Mätningarna har utförts inom de båda projekten "Källsorterad humanurin i kretslopp" och "Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringsskälla för jordbruket runt Stockholm". Projektet "Källsorterad humanurin i kretslopp" finansieras av Stiftelsen Lantbruksforskning, Bygghörsningsrådet och VA-Forsk, Naturvårdsverket och Socialstyrelsen. Projektet "Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringsskälla för jordbruket runt Stockholm" finansieras av Stockholm Vatten AB, AB Stockholmshem, HSB Riksförbund, Stockholms läns landstings miljövårdsfond och Naturvårdsverket. Vi tackar finansiärerna som möjliggjort mätningarna.

Vår förhoppning är att dessa mätningar skall vara ett litet bidrag mot ett stort mål - ett uthålligt samhälle.

Uppsala i mars 1998

Håkan Jönsson

Projektledare "Källsorterad humanurin i kretslopp"

Delprojektansvarig "Källsorterad humanurin - en framtida växtnäringsskälla för jordbruket runt Stockholm"

FÖRORD	
ABSTRACT	5
SAMMANFATTNING	6
BAKGRUND	7
SYFTE	8
MATERIAL OCH METODER	9
Beskrivning av områdena och toaletterna.....	9
Mätning av uppsamlade mängder i urintank.....	10
Toalettanvändning.....	11
Urval av lägenheter för mätning av toalettanvändningen.....	12
<i>Understenshöjden</i>	12
<i>Palsternackan</i>	13
Hemvaroenkät.....	14
Information.....	15
<i>Understenshöjden</i>	15
<i>Palsternackan</i>	15
Kemiska analyser.....	15
RESULTAT	17
Urval av lägenheter för utrustning med elektroniska räknare.....	17
<i>Understenshöjden</i>	17
<i>Palsternackan</i>	17
Hemvaro.....	18
<i>Understenshöjden</i>	18
Tobaksanvändare och vegetarianer.....	19
<i>Palsternackan</i>	19
Tobaksanvändare och vegetarianer.....	20
Toaletten och dess funktion.....	20
<i>Understenshöjden</i>	20
<i>Palsternackan</i>	21
Toalettspolning.....	22
<i>Understenshöjden</i>	22
<i>Palsternackan</i>	23
Mängd och sammansättning på urinlösning.....	23
<i>Understenshöjden</i>	24
<i>Palsternackan</i>	26
DISKUSSION	28
Hemvaro.....	28
<i>Understenshöjden</i>	28
<i>Palsternackan</i>	29
Toalettspolning.....	29
<i>Understenshöjden</i>	29
<i>Palsternackan</i>	31

Mängd och sammansättning på urinlösning	32
SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.....	39
REFERENSER.....	42
PERSONLIGA MEDDELANDEN	43

ABSTRACT

Source separating the human urine and using it as a fertiliser on cereal fields might be a simple way to make both the sewage system and agriculture more sustainable. Several evaluations of urine separation have been done, however they have not been based on measured performance of urine separating systems. In order to increase the knowledge about such systems, measurements were done on two urine separating systems. The measurement on the system in the eco-village Understenshöjden is based on 4480 person days while the measurement of the system in Palsternackan is based on 1653 person days.

The collected urine solution in Understenshöjden contained 4.9 grams of nitrogen, 0.42 g phosphorus and 1.34 g potassium per person and day. These amounts corresponds to 78, 74 and 95% respectively of the expected amounts. The corresponding values for Palsternackan were 4.2 grams of nitrogen, 0.30 g phosphorus and 1.14 g potassium. These amounts corresponds to 59, 61 and 70% respectively of the expected amounts. The expected amounts were calculated from the average per person excretion as given by the Swedish Environmental Protection Agency. These values were adjusted for how much the persons were at home per day and for the percentage of children (younger than 13 years) among the inhabitants. In Understenshöjden the inhabitants were on average at home 13.9 hours per day and in Palsternackan 15.9 hours per day. The reason for the lower collection in Palsternackan is probably that those inhabitants were not as careful as those in Understenshöjden to use the toilet in a way that maximised the separation.

The concentrations of heavy metals in the urine were very low. When using urine as a fertiliser the amounts of heavy metals spread with a normal dosage of urine per hectare were much below the amounts allowed when using sewage sludge as a fertiliser. The urine separating toilets uses only a small amount of water (approximately 0.1 litre) to flush away the urine. This feature was calculated to save 14 litres per inhabitant and day in Understenshöjden and 6.8 litres per inhabitant and day in Palsternackan, 48% and 20% respectively of the flush water consumption of conventional 6 litre per flush toilets.

Almost all of the nitrogen in the collected urine solution was in the form of ammonium, which suggests an active biofilm in the urine pipes. Analyses were made on the urine entering the collection tank from the pipes. Of the nitrogen in Understenshöjden 2.6% was in the form of urea. In Palsternackan 1.3% of the nitrogen was organic. Nitrate was detected only in one analysis, which means that the risk of nitrogen loss via denitrifikation is negligible.

In Understenshöjden a small amount of fast sedimenting sludge was observed. This indicates that thorough mixing is needed when taking representative samples.

It is important that the whole urine system, both piping and collection tank, is easy to inspect and clean and that no water can leak into it. If the piping system is completely tight against surrounding ground water, if the amount of water used for flushing away the urine is less than 0.15 litres per time and if the inhabitants are at home no more 14-16 hours per day, then the urine system can be dimensioned for 1.5 litre per person and day.

SAMMANFATTNING

Att använda humanurin som gödselmedel kan vara ett bra och enkelt sätt att kretsloppsanpassa både det konventionella avloppssystemet och jordbruket. Flera utvärderingar har gjorts av urinsorteringens för- och nackdelar, men få mätningar. För att fördjupa kunskapen om urinsortering har två mätningar genomförts som omfattar mängd och sammansättning på uppsamlad urin, toalettanvändning och hemvaro. En mätning gjordes i ekobyen Understenshöjden och en mätning gjordes i hyresområdet Palsternackan, båda i Stockholm. Mätningarna omfattar 4 480 persondygn i Understenshöjden och 1 653 persondygn i Palsternackan.

Den uppsamlade urinen i Understenshöjden innehöll 4,9 gram kväve, 0,42 gram fosfor och 1,34 gram kalium per boende och dygn. Detta utgör 78, 74 respektive 95% av förväntade mängder om de förväntade mängderna beräknas utifrån Naturvårdsverkets schablonvärden justerade för de boendes hemvaro samt för andelen barn bland dem. I Palsternackan var motsvarande mängder 4,2 gram kväve, 0,40 gram fosfor och 1,14 gram kalium. Dessa mängder utgjorde 69, 61 resp. 70% av förväntade mängder. Skillnaden mellan områdena beror troligen på att Palsternackans boende inte var lika noga med att urinen sorterades rätt i toaletten. In Understenshöjden var de boende i genomsnitt hemma 13,9 timmar per dygn medan de i Palsternackan var hemma 15,9 timmar per dygn.

Tungmetallhalterna i urinen var mycket låga och vid normal gödselgiva i form av urin låg de till åkermarken tillförda mängderna tungmetaller mycket långt under de som tillåts för slam vid spridning på åkermark. Den beräknade vattenbesparing som uppnåddes genom att toaletterna är dubbelspolade var 14 liter per boende och dygn i Understenshöjden och 6,8 liter per boende och dygn i Palsternackan, 48% resp. 20% av en "vanlig" (6 liters) toalets vattenanvändning.

Nästan allt kväve i den uppsamlade urinen var i form av ammonium, vilket tyder på att det i ledningssystemen finns en väl utvecklad biofilm. Analyser gjordes på färsk urin, dvs urin som kom direkt ur inkommande ledning till tanken. I Understenshöjden fanns endast 2,6% urea i provet. I Palsternackan var 1,3% av kvävet bundet i organisk form. I ett prov påträffades låga halter nitrit eller nitrat och i de övriga proven inget alls, vilket innebär att risken för kväveförluster genom denitrifikation är försumbar.

Vid provtagningen i Understenshöjden observerades en mindre mängd botten slam som efter omrörning snabbt sedimenterade. Detta tyder på att noggrann omblandning behövs för erhålla representativa prov av urinlösningen.

Det är viktigt att urinledningssystemet och urintanken är lätta att inspektera och rensa samt helt täta för att eliminera inläckage av ovidkommande vatten. Om hela ledningssystemet är helt tätt och spolvattenmängden för urinskålen är högst 0,15 liter/spolning räcker det att systemet dimensioneras för 1,5 liter/person o dygn vid en hemvaro på 14 till 16 timmar per person och dygn.

BAKGRUND

Att källsortera humanurin för återföring och återanvändning som växtnäring framförs i debatten ofta som en enkel och snabb lösning för att minska miljöproblemen med näringsutsläpp till vattendrag via avloppsvatten. Dessutom anses växtnäringsförsörjningen till jordbruket förbättras, vilket skulle medföra en ökad kretsloppsanpassningen av avloppssystemet. Man får lätt intrycket att forskningen redan har visat att så är fallet, men detta är ännu inte gjort. Den viktigaste orsaken till idéns stora genomslag i den allmänna debatten är troligen att idén är enkel och att den stämmer med många människors erfarenhet av att det växer bra där någon kissat.

Några preliminära utvärderingar av urinsortering har gjorts. Jönsson m. fl. (1995) använde simuleringsmodellen ORWARE (Nybrant m. fl., 1996a, 1996b; Dalemo, m. fl., 1997; Sonesson m. fl., 1997) för att utvärdera vissa miljökonsekvenser av att införa urinsortering som kompletterande funktion i Uppsala tätorts avloppssystem. Fekalier och BDT-vatten skulle fortfarande behandlas i avloppsreningsverket. Resultaten visade att urinsortering skulle kraftigt minska utsläppet till vatten av växtnäring men kraftigt öka utsläppet av luftföroreningar. Beträffande den totala energiåtgången bedömdes den beräknade skillnaden vara mindre än noggrannheten i modellen.

Björklund m. fl. (1997) använde simuleringsmodellen ORWARE för att undersöka konsekvenserna av att införa urinsortering i Stockholms kommun. Övrigt avlopp skulle behandlas i de befintliga reningsverken. Resultaten tydde på kraftigt minskade utsläpp av växtnäring till vatten, ökade utsläpp av luftföroreningar och något minskat behov av primärenergi.

Inom projektet ECOGUIDE har avloppssystemen i Bergsjön, Göteborg, och Hamburgsund, jämförts med två alternativa avloppssystem. I ett av alternativsystemen ingår urinsortering. Jämförelsen har gjorts med hjälp av tre olika metoder: riktninganalys (Malmkvist m. fl., 1995), livscykelanalys (Tillman m. fl., 1996) och miljökonsekvensbeskrivning (Stenberg m. fl., 1996). Vid urinsortering i Bergsjön ska fekalierna transporteras med vakuumsystem och behandlas i en energilimpa. I Hamburgsund ska fekalierna torkas på en slamtorkbädd och BDT-vattnet behandlas i filterbäddar. Riktninganalysen gör inte någon sammanfattande gradering mellan de olika systemen, men både miljökonsekvensbeskrivningen (Stenberg m. fl., 1996) och livscykelanalysen (Tillman m. fl., 1996) för fram systemet med källsortering av urin som det bästa eller klart bästa systemet. Detta resultat erhöles även i en exergianalys av avloppssystemet i Bergsjön (Hellström & Kärrman, 1997).

De värderingar som presenterats ovan har vissa gemensamma brister. Detta gör att resultaten inte kan tolkas så att det är visat att urinsortering är bättre än andra alternativa system. Resultaten bör istället tolkas så att urinsortering är ett mycket intressant alternativ, men bör utvärderas grundligare.

En gemensam brist i värderingarna ovan, är att ingen av dem är baserad på uppmätta värden vad gäller urinlösningens mängd, koncentration, vattenförbrukning, sammansättning, mm. Detta beror i sin tur på att sådana data inte fanns att tillgå. En annan

brist i värderingarna är att systemets alla fördelar är medräknade, däribland att den uppsamlade urinen i lantbruket ersätter mineralgödsel och därmed minskar uttaget av fossila resurser i form av fosfor och energi för tillverkning av mineralgödsel. Däremot bortses i värderingarna från den negativa miljöpåverkan som kan uppstå i lantbruket då urin används istället för mineralgödsel. En sådan konsekvens är att energiåtgången, och följaktligen, avgasutsläppen är större vid spridning av urin. Detta har tagits hänsyn till i Jönsson m.fl. (1995) och Björklund m.fl. (1997) men inte i de övriga värderingarna. Ammoniakavgången efter spridning är inte medtagen kvantitativt i någon av värderingarna även om den diskuteras i Jönsson m.fl. (1995). Denna ammoniakavgång är vid rätt teknik, gröda och tidpunkt liten, under 5% (Rodhe & Johansson, 1995). Vid olämplig teknik, gröda och tidpunkt kan avgången bli mycket stor. För djururin har ammoniakförluster på 90% av ammoniumkväveinnehållet uppmäts (Rodhe & Johansson, 1995). Risken för ökad markpackning vid spridning av urin på åkermark, istället för konstgödsel, är inte heller medtagen i värderingarna. Spridningsmaskinerna för urin är tyngre och har oftast mindre arbetsbredd. Jämfört med mineralgödsel är urin ett lågkoncentrerat gödselmedel, vilket medför att mängden urin som krävs för att tillföra en given mängd växtnäring ofta är 40 - 200 gånger större än mängden mineralgödsel.

Dessa mätningar har finansierats av projekten "Källsorterad humanurin i kretslopp" som stöds av Bygghälsningsrådet, Stiftelsen Lantbruksforskning, VA-Forsk, Naturvårdsverket och Socialstyrelsen, och projektet "Källsorterad humanurin som en framtida växtnäringskälla för lantbruket runt Stockholm" som stöds och leds av Stockholm Vatten AB i samarbete med HSB Riksförbund och AB Stockholms hem och med finansiell stöd från Delegationen för ekologisk omställning, Naturvårdsverket.. Projektens syfte är att öka kunskapen om effekterna av urinsortering i stor skala med avseende på hygieniska risker, miljöpåverkan, resurshushållning och effekt på lantbrukets ekonomi. Data om bland annat mängd och sammansättning på uppsamlad urinlösning, vattenbesparing, spolvattenmängd, mm behövs som underlag för utvärderingen. Eftersom inga större tillförlitliga mätningar fanns att tillgå startades mätningarna.

SYFTE

Syftet med mätningarna var att bestämma:

- mängd uppsamlad urinlösning per boende och dag,
- sammansättningen på den uppsamlade urinlösningen, speciellt med avseende på mängd uppsamlade växtnäringsämnen och tungmetaller,
- mängd spädande spolvatten och därmed urinlösningens utspädning,
- vattenbesparing till följd av toalettens dubbelspolande funktion.

Mätningarna skulle utföras så att erhållna data kunde användas både som underlag för utvärderingen av områdenas urinsortering och som underlag för dimensioneringsanvisningar för urinsorterande anläggningar.

MATERIAL OCH METODER

Varje mätning bestod av tre olika delar:

- Mätning av mängd och sammansättning på den uppsamlade urinlösningen i tankarna
- Mätning av toalettstolarnas användningsfrekvens i olika lägenheter
- Enkätundersökning av hur mycket de boende var hemma

Mätningarna genomfördes under två 14-dagarsperioder på respektive ställe. Mätningarna i Understenshöjden genomfördes under tiden 22/5 - 5/6 och 5/6 - 19/6 år 1996 och i Palsternackan under tiden 26/3 - 10/4 och 10/4 - 24/4 år 1997.

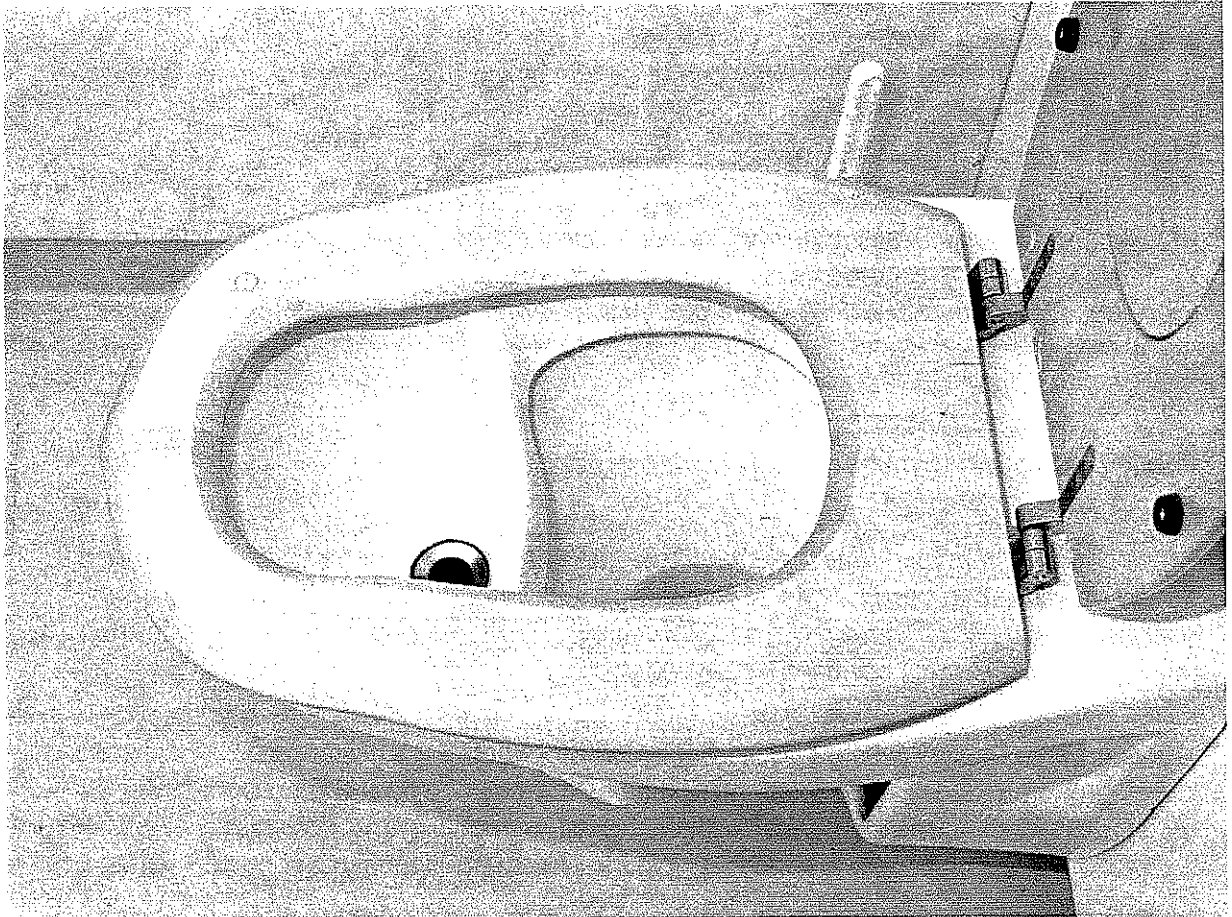
Beskrivning av områdena och toaletterna

Bostadsrättsföreningen Understenshöjden är en ekoby som ligger på Hammarbyhöjden i Stockholm. Ekobyn består av 44 lägenheter på 58,5 till 156 m². Totalt bodde under mätperioderna 162 personer i området fördelade på 105 tonåringar och vuxna och 57 barn yngre än 13 år, varav 2 blöjbarn.

Hysesområdet Palsternackan ligger i Enskede i Stockholm och består av 51 lägenheter. Lägenheterna rustades ett år innan mätningarna startade och då installerades urinsorterande toaletter. I mätningarna ingick 18 av lägenheterna, beroende på att dessa lägenheter var kopplade till den urintank vars innehåll mättes. I dessa 18 lägenheter bodde 33 vuxna och 22 barn under 13 år, varav ett blöjbarn.

Samtliga lägenheter, både i Understenshöjden och Palsternackan, är utrustade med vägghängda dubbelspolande urinsorterande toalettstolar av modell Dubbletten. Dubbletten har två skålar, en främre som är avsedd att samla upp urin och en bakre som är avsedd att samla upp fekalier. Den bakre skålen har spolning av konventionell typ, där spolvattnet samlas i en cistern. Med spolknappen för stor spolning öppnas förbindelsen mellan cisternen och en kanal runt ovandelen av den bakre skålen, varigenom vattnet snabbt flödar ut över skålens inre porslinsytor och sköljer ur skålen. Samtliga toaletter i Understenshöjden har dessutom en stoppknapp med vars hjälp den stora spolningen kan avbrytas innan cisternen har tömts. Cisternen fylls på av en flottörventil som strävar efter att hålla vattennivån konstant. Enligt tillverkaren, BB Innovation AB, kan flottören ställas in för spolvattenmängder mellan 6 och 9 liter per spolning.

Spolningen av den främre skålen sker med ett litet munstycke av virvelkammartyp som sitter i bakre delen av skålens vänstra kant. Vattnet till munstycket kommer via spolventilen och en inställbar strypventil direkt från vattenledningen. Syftet med strypventilen är att reducera trycket till munstycket, eftersom duschen från munstycket annars blir mycket hård. Konstruktionen innebär att spolmängden vid "liten" spolning beror av strypventilens inställning och av hur länge spolknappen är intryckt. Toalettens konstruktion innebär också att man vid ett kombinerat behov (stort + litet) behöver aktivera såväl den stora som den lilla spolningen.



Figur 1. Båda områdena var utrustade med toaletten Dubbletten från BB-Innovation AB.

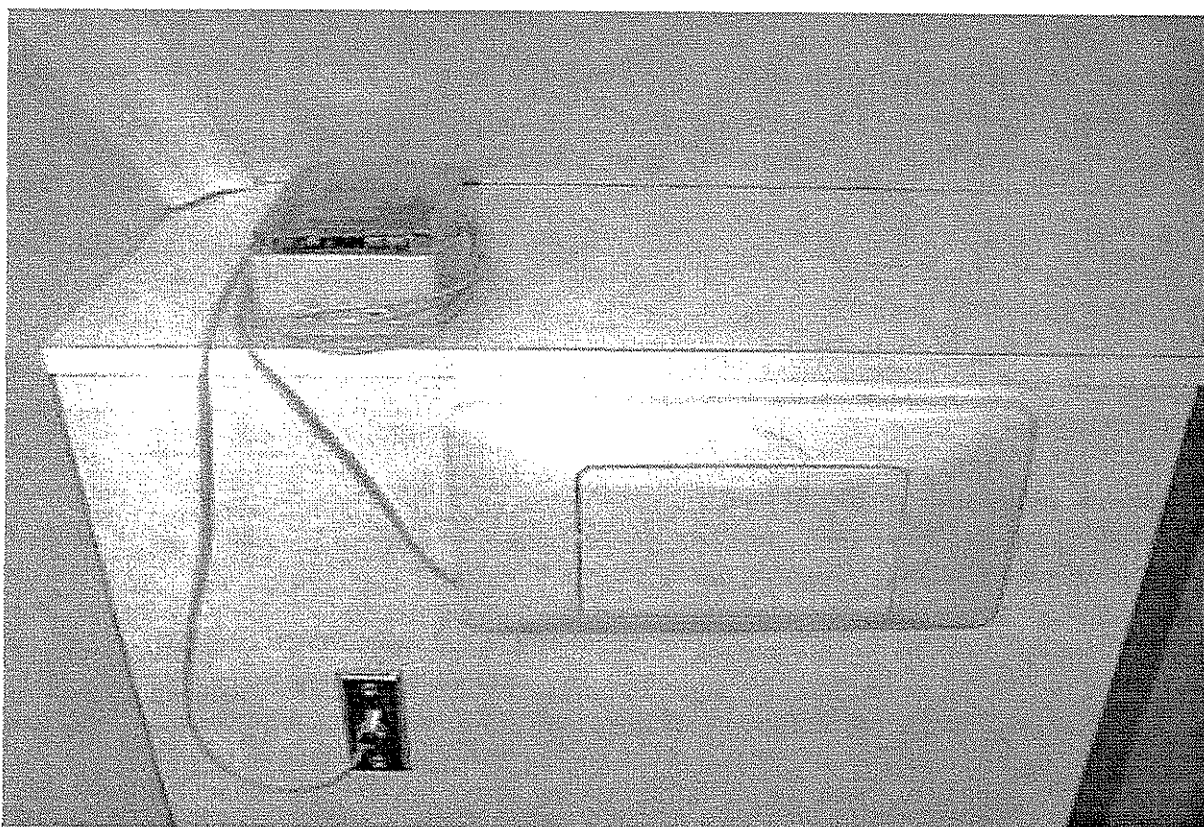
Mätning av uppsamlade mängder i urintank

Urintankarna tömdes och rengjordes noggrant med vatten och duschskrapa inför varje mätperiod. Syftet med rengöringen var att säkerställa att bara ämnen som tillfördes tanken under respektive mätperiod skulle komma med i de kemiska analyserna av den uppsamlade urinen.

I slutet av varje mätperiod pumpades urinen upp i en bufferttank på c:a 1 m³, som stod placerad på en våg. Vågens upplösning var 1 kg och den inomhus kalibrerade noggrannhet var bättre än $\pm 1,2$ kg. Beroende på varierande solinstrålning och ojämnt underlag var noggrannheten i fält troligtvis sämre än den kalibrerade. Efter vägning tömdes urinen i närliggande tankar. För att få upp sedimentrester etc ur urintanken, tvättades denna under slutfasen av tömningen med vatten och skrapades av med duschskrapan. Mängden vatten som användes vägdes och noterades. Vid mätningen i Understenshöjden fanns en mängd urinlösning kvar i pumpslangen efter avslutad tömning. Innehållet i slangen beräknades utifrån slangens dimensioner. Vid mätningarna i Palsternackan tömdes innehållet i pumpslangen ned i bufferttanken innan den vägdes. Restmängden i urintanken efter tömning uppskattades till ungefär en liter. Tömningen av tankarna efter mätperiod 1, utgjorde också rengöring inför mätperiod 2.

Toalettanvändning

Toalettanvändningen mättes för att ta reda på hur mycket spolvatten som användes. Genom att mäta antalet stora och små spolningar kunde vi också beräkna hur stor vattenbesparing den dubbelspolande funktionen innebar. För mätning av spolvattenförbrukningen mättes den totala tid som den lilla spolknappen var intryckt, samt flödet vid liten spolning. Urinlösningens utspädning beräknades under antagande att ledningsnät och tank var täta. Vattenbesparingen beräknades utifrån antalet stora, små och kombinerade spolningar. För att räkna de olika spolningarna och för den totala tiden som den lilla spolknappen var intryckt, användes tre elektroniska räknare och en elektronisk klocka som byggdes samman i en räknedosor. Dessa utvecklades och tillverkades vid Institutionen för lantbruksteknik. De var batteridrivna och innehöll räknare för antal "stora" spolningar (av fekalieskålen), antal "små" spolningar (av urinskålen), den sammanlagda tid som spolknappen för urinskålen varit intryckt och antalet "kombinerade" stora och små spolningar. Med "kombinerad" avses här att båda spolknapparna aktiveras inom loppet av en minut. Räknedosorna monterades i direkt anslutning till respektive toalett, Figur 2.



Figur 2. Elektronisk räknedosor för att räkna små-, stora- och kombinerade spolningar.

Avsikten med att räkna antalet små, stora och kombinerade spolningar var att skatta hur många spolningar som skulle ha gjorts om man haft en konventionell vattentoalett istället för Dubbletten. Det antogs att brukarna efter ett litet behov gjorde en liten spolning, efter stort behov en stor spolning och efter ett kombinerat behov en kombinerad spolning. Vid användning av en konventionell toalettstol leder alla tre ovanstående typer av behov till en spolning, medan ett kombinerat behov leder till en liten och en stor spolning då Dubletten används. Antalet spolningar som skulle gjorts om en konventionell toalettstol använts, skattades med ekvationen

$$l + s - k = v$$

(1)

där l är antalet små spolningar, s antalet stora spolningar, k antalet kombinerade spolningar och v antalet spolningar som skulle utförts om en vanlig toalett använts.

På en vanlig toalett kan en ny full spolning inte göras förrän cisternen åter hunnit fyllas, vilket även gäller för stor spolning av Dubbletten. Därför gjordes räknaren för den stora spolningen sådan att aktiveringar av givaren endast räknades om det gått minst en minut sedan givaren senast aktiverades.

Vid den första mätningen i Understenshöjden räknade räknaren för liten spolning alla gånger som givaren aktiverades men under loppet av mätperiod 1 modifierades samtliga räknadosor så att räknarna för liten och stor spolning endast räknade upp efter en ny aktivering, om givaren under en minut ej varit aktiverad. Tidtagningen av hur länge som den lilla spolknappen var intryckt ackumulerades med upplösningen en sekund. De enligt ovan modifierade räknadosorna användes senare i mätningen i Palsternackan.

Vid mätningarna i Understenshöjden användes som givare för stor spolning ett tungelement som limmades på baksidan av spolknappen. Tungelementet aktiverades strax före det att själva spolningen utlöstes. Givare för liten spolning var en liten tryckknapp som fästes med dubbelhäftande tejp på ventilen för liten spolning. Tryckknappen aktiverades strax före den lilla spolningen, eftersom aktiveringskraften för tryckknappen var väsentligt lägre än den för spolventilen. I Palsternackan användes dessa tryckknappar som givare för både liten och stor spolning.

Toaletterna instrumenterades tio till två dagar innan den första mätperioden började, utom hos ett hushåll i Palsternackan som fick räknadosorna installerade samma dag som mätningarna började. Vid installationen av räknarna nollställdes räkneverken och klockorna. Dessutom mättes och noterades vattenflödet vid liten spolning. Den dag då mätperiod 1 började, liksom då den slutade och mätperiod 2 började samt när mätperiod 2 slutade, delades avläsningsprotokoll ut till de boende i samtliga lägenheter med räknadosor. På kvällen dagen efter ringdes runt till lägenheterna, dels för att så snabbt som möjligt få reda på om någon räknare inte fungerade, dels för att påminna om avläsningen. För att minimera risken för hörfel/missuppfattningar fick dessutom lägenhetsinnehavaren skicka in sitt avläsningsprotokoll till oss eller så hämtade vi protokollen när mätperioderna avslutades.

Urval av lägenheter för mätning av toalettanvändningen

Understenshöjden

Utveckling och tillverkning av de elektroniska räknadosorna utgjorde en avsevärd del av kostnaderna för undersökningen. Därför begränsades antalet toalettstolar som utrustades med räknare till 26 stycken. Då vissa lägenheter har en toalett och vissa har två innebar detta att samtliga toaletter i 15 lägenheter kunde utrustas med räknare. Urvalet av dessa

lägenheter skedde genom stratifierad slumpning grundad på de uppgifter som tillhandahållits av bostadsrättsföreningen.

Enligt de ursprungliga uppgifterna om de boende skulle totalt 159 personer bo i området, 79 vuxna och 80 barn. Samtliga lägenheter gruppindelades efter antal vuxna och antal barn som skulle bo i respektive lägenhet. Gruppindelingskriterierna framgår av Tabell 1. Av de totalt 44 lägenheterna slumpades 15 stycken fram för att utrustas med räknare. Antal slumpade lägenheter i varje grupp var proportionell mot gruppens storlek. Tre familjer avböjde att medverka i denna del av undersökningen. De ersattes med andra slumpmässigt valda lägenheter ur samma grupper. I det material som fanns att tillgå vid slumpningstillfället, fördelade sig innevånarna på 49.7% vuxna och 50.3% barn. Den population som återfanns i det slumpmässigt utvalda materialet fördelade sig på 50.0% vuxna och 50.0% barn.

Tabell 1. Fördelning efter familjestorlek och gruppernas andel av det totala antalet lägenheter samt av lägenheterna utvalda för räknarinstallation

Antal vuxna	Antal barn	Gruppens andel i området, %	Gruppens andel av slumpade lägenheter, %
1	0	14	13
1	1	0	0
1	2	2	0
1	>2	0	0
2	0	7	7
2	1	12	13
2	2	41	40
2	>2	23	27
Summa		99	100

Palsternackan

I Palsternackan finns tre uppsamlingstankar för urin. De 51 lägenheterna är uppdelade så att tillflödet är ungefär lika till tankarna. Den mittersta tanken valdes ut för mätning, eftersom lägenheterna som är anslutna till denna tank hade störst variation med avseende på storlek och hushållens sammansättning (Tabell 2). Till den mittersta tanken är 18 hushåll med totalt 28 toaletter anslutna. Av dessa 18 hushåll var det 5 hushåll som avböjde medverka i mätningen. Därför omfattar mätningen av spolfrekvens med mera 13 lägenheter med totalt 21 toaletter.

Tabell 2. Fördelning efter familjestorlek och gruppernas andel av det totala antalet lägenheter samt av dem fick räknedosor installerade.

Antal vuxna	Antal barn	Gruppens andel av alla lägenheter, %	Gruppens andel av räknarlägenheter, %
1	0	6	8
1	1	6	8
2	0	33	31
2	1	6	0
2	2	22	23
2	4	6	0
3	1	11	15
3	2	6	8
4	0	6	8
Summa		100	100

Hemvaroenkät

De boende ombads att notera sin hemvaro löpande dygn för dygn på en blankett (Bilaga 1). Av integritetsskäl fanns möjlighet att själv summera och endast skicka in den nedre delen av blanketten med de olika tidssummorna redovisade.

I den hemvaroenkät som användes i Understenshöjden, begärdes uppgifter på hemvaron uppdelat på vuxna (≥ 13 år) och barn. Man skulle även markera om man var vegetarian eller tobaksanvändare. Den tid som tillbringades "hemma", det vill säga i området, av de boende samt deras gäster (definierade som boende utanför området) skulle redovisas.

I den hemvaroenkät som användes i Palsternackan frågades efter de boendes ålder och vikt samt om de var vegetarian, rökare eller snusare. För övrigt var enkäten utformad som den i Understenshöjden.

I början av varje mätperiod, delades nya hemvaroenkäter ut. De familjer som inte skickat in sin enkät inom en vecka efter respektive mätperiod kontaktades per telefon. Blöjbarnen i respektive områdena, som ju inte utnyttjar toaletterna, har i bearbetningarna inte räknats in bland de boende.

Information

Understenshöjden

Eftersom samtliga 44 hushåll är anslutna till samma tank skickades ett informationsmaterial ut till alla ungefär en månad innan mätningarna började. I brevet beskrevs undersökningens bakgrund och syfte, det praktiska genomförandet och vilka som genomförde undersökningen. Till de hushåll som valts ut för räknarinstallation bifogades även blanketter, där lägenhetsinnehavaren kunde välja tid för installation av räknare.

Vid start av mätperiod 1, distribuerades den första hemvaroenkäten och ett informationsblad. Informationsbladet innehöll ett mindre antal frågor rörande toalett och toalett beteende. Till lägenheterna med räknare distribuerades även ett avläsningsprotokoll och ett svarskuvert. Vid slutet av mätperiod 1, och alltså, början av mätperiod 2 fick samtliga hushåll en ny hemvaroenkät och ett svarskuvert. Hushållen med räknare tilldelades också ett avläsningsprotokoll. Vid slutet av mätperiod 2 distribuerades till samtliga ett svarskuvert och till lägenheterna med räknare, ett avläsningsprotokoll.

Palsternackan

Informationsmaterial om mätningarna delades ut till de 18 hushåll som är anslutna till den mittersta tanken. I informationsmaterialet frågade vi om de ville delta i mätningarna eller inte. Alla hushåll som var anslutna till mittersta tanken fick vid början av mätperiod 1 en hemvaroenkät, med ett undantag. Det var en familj som varken ville delta i mätningar eller i hemvaroredovisning. Till de hushåll som hade räknadosor installerade, delades samtidigt ett avläsningsprotokoll ut. När mätperioden var slut avläste vi mätarna och nya hemvaroenkäter delades ut till samtliga inför mätperiod 2. Vid slutet av mätperiod 2 avläste vi räknadosorna, samtidigt som hemvaroenkäterna samlades in och räknadosorna avlägsnades.

Kemiska analyser

I samband med att urinen vägdes togs tre prov (upprepningar) ut för kemisk analys. För varje ny fyllning av bufferttanken togs urin ut till varje prov. Den uttagna mängden prov var proportionell till den mängd som fanns i bufferttanken och så vald att varje prov för kemisk analys fick en volym på minst en liter, vilket var den mängd urin som krävdes för att säkert kunna genomföra samtliga analyser. Direkt efter provtagningen placerades proverna i en kylväska med frys-klampar och samma kväll placerades proverna från Understenshöjden i kylskåp och proverna från Palsternackan i en frys. På förmiddagen följande dag lämnades proverna in till laboratorierna för analys. Av Tabell 3 framgår vilka parametrar hos urinen som analyserats, vilken metod som använts och analysernas angivna noggrannhet. KM-Lab i Uppsala utförde samtliga analyser utom urea-analysen som utfördes av Avdelningen för klinisk kemi på Akademiska sjukhuset i Uppsala.

Tabell 3. Kemiska analyser på urinen från Understenshöjden och Palsternackan samt vilken metod som användes och angiven noggrannhet. Avdelningen för klinisk kemi vid Akademiska sjukhuset genomförde urea-analyserna medan övriga analyser genomfördes av KM-Lab i Uppsala

Parameter	Metod	Mätosäkerhet
pH	SS-ISO10390	±1%
Konduktivitet	KLK 1965:1	
TS	SS 028113-1	±5%
Glödgningsrest	SS 028 113-1	±3%
Tot-N	SS 028101-1	±10%
NH ₄ -N	Standard Metod 417A+D	±5%
Urea	Merck Granu test 100, Kebo	±1,8%
NO ₂ +NO ₃ -N	Jonselektiv metod	
P-tot	DIN 38406E22	±7%
K-tot	DIN 38406E22	±10%
Ca	DIN 38406E22	±5%
Mg	DIN 38406E22	±7%
Na	DIN 38406E22	±10%
Cl	SS 028136-11	±2%
Hg	SS 0281175-1	±10%
Cd	SS 028152-2	±10%
Pb	SS 028152-2	±10%
Cr	SS 028152-2	±7%
Co	SS 028152-2	±10%
Ni	SS 028152-2	±10%
Mn	SS 028152-2	±6%
Cu	SS 028152-2	±8%
Zn	SS 028152-2	±6%
Mo	Standard Metod 303 C	±10%
Fe	SS 028152-2	±7%
B	DIN 38406E22	±10%
S-tot	DIN 38406E22	±6%
BOD7	BOD7-NAE SS	

RESULTAT

Urval av lägenheter för utrustning med elektroniska räknare

I beräkningarna antas att det inte är någon skillnad mellan tonåringar och vuxna i mängd näringsämnen som utsöndras med urinen per dygn. Däremot antas att barn under 13 år i genomsnitt utsöndrar hälften av en vuxen. Av denna anledning har i datamaterialet tonåringar klassificerats tillsammans med vuxna. Enligt SCB (1995) var 14,6% av Sveriges befolkning under 13 år och 85,4% av befolkningen var 13 år eller äldre. I båda områdena var således andelen barn under 13 år mer än dubbelt så högt som i Sverige som helhet.

Understenshöjden

Lägenheterna som utrustades med räknare valdes ut på basis av familjestrukturen och utgjorde 34% av det totala lägenhetsbeståndet och 33% av innevånarna. Slumpförfarandet gav ett representativt urval av familjestrukturen i Understenshöjden (Tabell 1). Det berodde mycket på att de hushåll som föll bort ur mätningen, eftersom de inte ville delta, kunde ersättas med andra hushåll ur samma grupp.

Om gränsen mellan barn och vuxen sätts vid 13 år, bodde det 105 (66%) vuxna och 55 (34%) barn i Understenshöjden. Den stratifierade slumpningen i Understenshöjden resulterade i att 36 (68%) vuxna och 17 (32%) barn kom att omfattas av mätningen av toalettanvändningen.

Palsternackan

Målet var att mäta användningen av samtliga toaletter i de lägenheter, som var anslutna till den mittersta tanken. Tyvärr var det 5 hushåll (28%) som avböjde att få räknedosor installerade. Detta medförde att sammansättningen på de hushåll vars toalettanvändning mättes avvek något från de hushåll vars urin samlades in och analyserades (Tabell 2).

Fördelningen mellan vuxna och barn anslutna till den mittersta tanken var 39 (68%) vuxna och 18 (32%) barn. I de hushåll vars toalettanvändning mättes, var det 29 (72%) vuxna och 11 (28%) barn. Mätgruppen innehöll således något fler vuxna än genomsnittet för de hushåll som var anslutna till tanken.

Hemvaro

Understenshöjden

Av de 105 vuxna och 55 barn i Understenshöjden som deltog i hemvaroenkäten redovisade 97 (92%) vuxna och 49 (89%) barn hemvaron under mätperiod 1. I de hushåll där toaletterna utrustats med elektroniska räknedosor redovisade 34 (94%) vuxna och 15 (88%) barn hemvaron under samma period. Fyra familjer avstod från att redovisa hemvaron för mätperiod nr 1. För mätperiod 1 baseras sig därför resultaten av uppsamlad mängd urin på 2 240 persondygn, hemvaron på 2 044 persondygn och hemvaron för räknarlägenheter på 686 persondygn.

Under mätperiod 2 redovisades hemvaron av 99 (94%) vuxna och 51 (93%) barn. Bland "räknarfamiljerna" redovisade 36 (100%) vuxna och 17 (100%) barn hemvaron. Totalt 3 familjer avstod från att redovisa hemvaron för mätperiod 2. Detta gör att resultaten för mängd uppsamlad urin baseras på 2 240 persondygn, hemvaron på 2 100 persondygn, och hemvaron i räknarlägenheter på 742 persondygn.

Av Tabell 4 framgår att familjerna vistats i hemmet fler timmar under mätperiod 1 än mätperiod 2. Ur tabellen framgår också att den största enskilda avvikelser mellan gruppernas hemvaro är 1,6 tim/dygn och avser barn under mätperiod 2.

Tabell 4. Genomsnittlig redovisad hemvaro för Understenshöjden

Period och kategori	Samtliga lgh tim/dygn	Räknar lgh tim/dygn
Period 1, per vuxen	14,0	14,7
Period 1, per barn	16,1	15,3
Period 1, per person	14,7	14,9
Period 2, per vuxen	12,4	12,2
Period 2, per barn	14,5	12,9
Period 2, per person	13,1	12,4
Medelvärde period 1+2, per vuxen	13,2	13,4
Medelvärde period 1+2, per barn	15,3	14,0
Medelvärde period 1+2, per person	13,9	13,6

Tobaksanvändare och vegetarianer

I hemvaroenkäterna frågades om de boende var vegetarianer eller tobaksanvändare, eftersom vegetarisk kost respektive tobaksanvändning kan påverka sammansättningen på urinen. Antalet tobaksanvändare och antalet vegetarianer samt deras hemvaro sammanfattas i Tabell 5.

Tabell 5. Andel tobaksanvändare och vegetarianer i Understenshöjden samt deras hemvaro i undersökningen.

Kategori	Antal	Andel av de boende (%)	Andel av hemvaron (%)
Tobaksanvändare	12	11,4 ^a	10,4 ^b
Vegetarianer vuxna	7	6,7	9,9 ^b
Vegetarianer barn	6	10,9	10,4
Vegetarianer vuxna + barn	13	8,1	10,1

^{a)} Andel av de vuxna i området.

^{b)} Andel av vuxentimmarna.

Tobaksanvändarna utgjorde 7,5% av de boende (vuxna + barn) i Understenshöjden. I Tabell 5 kan också observeras att vegetarianerna utgör 6,7% av de vuxna, samtidigt som deras hemvaro utgör 9,9%. De vuxna vegetarianerna var alltså hemma ca 50% mer än de vuxna i genomsnitt.

Palsternackan

Av de 39 vuxna och 18 barn i Palsternackan som deltog i hemvaroenkätundersökningen, redovisade 28 (72%) vuxna och 10 (56%) barn hemvaron under mätperiod 1. De hushåll som hade räknedosor installerade på sin toalett/toaletter, redovisade 28 (97%) vuxna och 10 (91%) barn, hemvaro under mätperiod 1.

Under mätperiod 2 redovisade 27 (69%) vuxna och 9 (50%) barn sin hemvaro. Av de hushåll som hade räknedosor installerande, redovisade 27 (93%) vuxna och 9 (82%) barn, sin hemvaro.

Det var ingen av de familjer som endast deltog i hemvaroundersökningen som inkom med svar. Våra försök att kontakta dem per telefon veckorna efter att mätningarna avslutades var resultatlösa. Efter fem månader försökte vi igen och lyckades komma i kontakt med dem. De redogjorde för familjestrukturen och hemvaron över påsken samt hur vanliga veckor brukar se ut. Dessa uppgifter ingår i den hemvaro som redovisas i Tabell 6. Av tabellen framgår att familjerna vistats i hemmet ungefär lika länge under mätperiod 1 som under mätperiod 2.

Tabell 6. Genomsnittlig redovisad hemvaro för de deltagande hushållen i Palsternackan

Period och kategori	Samtliga lgh tim/dygn	Räknar lgh tim/dygn
Period 1, per vuxen	15,7	15,6
Period 1, per barn	16,2	14,3
Period 1, per person	15,9	15,2
Period 2, per vuxen	15,6	15,2
Period 2, per barn	16,7	15,1
Period 2, per person	15,9	15,1
Medelvärde period 1+2, per vuxen	15,7	15,4
Medelvärde period 1+2, per barn	16,4	14,7
Medelvärde period 1+2, per person	15,9	15,2

Tobaksanvändare och vegetarianer

I hemvaroenkäterna frågades om de boende var vegetarianer eller tobaksanvändare, eftersom vegetarisk kost respektive tobaksanvändning kan påverka sammansättningen på urinen. Det fanns ingen vegetarian i Palsternackan. Antalet tobaksanvändare och antalet vegetarianer samt deras hemvaro sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 7 Andel tobaksanvändare och vegetarianer i Palsternackan samt deras hemvaro i undersökningen

Kategori	Antal	Andel av populationen %	Andel av vuxna %	Andel av hemvaron %
Tobaksanvändare	9	15,8	31,0	19,4 ^a
Varav rökare	7	12,3	24,1	16,5 ^a
Varav snusare	2	3,5	6,9	2,9 ^a
Vegetarianer vuxna + barn	0	0	0	0

^{a)} Andel av vuxentimmarna.

Toaletten och dess funktion

Understenshöjden

I samband med att mätperiod 1 började, delades ett informationsblad ut. Informationsbladet innehöll två frågor rörande toalettbeteendet och dessutom frågades om eventuella funktionsproblem med toaletterna.

Den första frågan gällde vad de boende gjorde med eventuellt torkpapper i samband med urinerings. Frågan besvarades av 95% av de som inkom med svar. Ingen uppgav att de omedelbart spolade bort detta papper, utan de lade det i den bakre skålen, i papperskorg etc.

Fråga nr 2 gällde om all urin hamnade i rätt fack. Här visade det sig att nästan hälften av de svarande ansåg att så inte skedde. Förklaringen till detta var att barn har svårt att träffa rätt, liksom män, som står upp och kissar samt att kvinnor helt enkelt är olika och därför hamnar deras urin inte alltid i rätt skål.

I fråga nr 3 önskades synpunkter på toalettens funktion och i vilken utsträckning den stora spolningens stoppknapp utnyttjades. Här uppgav 33% av de svarande att de antingen utnyttjade stoppknappen ofta eller, i de fall toaletten var inställd för att spola enbart så länge som spolknappen för stor spolning var intryckt, spolade så länge som krävdes. Ungefär 25% av de svarande uppgav att de ibland använde spolknappen. Övriga svarande använde aldrig stoppknappen.

Bland övriga kommentarer dominerade två åsikter. För det första att spolknappen för liten spolning var alltför trög, helt omöjlig att använda för barn under 5 år. Den var dessutom illa placerad och vattenduschens form och tryck var ofta felaktigt och dåligt injusterat. För det andra att toaletten var svår att hålla ren. Det tenderade att stänka vid urinerings, vid liten spolning stänkte ibland vatten utanför toaletten och dessutom tenderade fekalier att fastna på porslinet.

Palsternackan

Ett par månader innan mätningarna startade i Palsternackan, gjordes en enkätundersökning bland de boende. I enkäten frågades bl.a. om var eventuellt torkpapper i samband med urinerings lades. Av de som besvarade denna fråga var det 93% som lade papperet i den bakre skålen (Burström & Jönsson, 1998).

En annan fråga var om all urin hamnade i rätt fack. Palsternackans boende uppskattade att i genomsnitt 83% av urinen hamnade i rätt fack. Sorteringsgraden är inte på något sätt mätt, utan skattad av de boende. Svaren visar dock att de boende var medvetna om att en del urin kommer fel samt att de tyckte att det var viktigt att urinen hamnade rätt (Burström & Jönsson, 1998).

I enkäten frågades också om de boende använde den stora spolningen, förutom vid stort behov. Här uppgav 63% av de svarande att de använde stor spolning oftare än vad konstruktören avsett. De använde den bl.a. för att spola ned torkpapper från urinerings. Synpunkter angående toalettens funktion var att toaletten var svår att hålla ren, det tenderade att stänka vid urinerings, vid liten spolning stänkte ibland vatten utanför toaletten och fekalier fastnade på porslinet. Synpunkterna var desamma som på Understenshöjden, med en skillnad. I Palsternackan var knappen för liten spolningen inte lika trög att trycka in som i Understenshöjden (Burström & Jönsson, 1998).

Toalettspolning

Understenshöjden

Det var mycket framgångsrikt att ringa runt dagen efter avläsningen till de boende i Understenshöjden för att få in avläsningsresultatet. Dels påmindes de boende som trots det utdelade protokollet, glömt att göra avläsningen, dels upptäckte vi, i början av mätperiod 1, två brister i konstruktionen och installationen av räknarna. Den ena bristen var att vatten på något sätt, troligen i samband med duschning, kommit in i tryckknappen för liten spolning på två av de 26 instrumenterade toaletterna. Vattnet medförde att knappen kortslöts och att den registrerade tiden för liten spolning därför blev mycket lång. Registreringarna hos dessa räknare gav medelspoltider för liten spolning på över 30 sekunder, medan medelspoltiden hos övriga för denna period var 2,2 sekunder i genomsnitt.

Den andra bristen var egentligen en felberäkning. I några familjer registrerades ett mycket stort antal små spolningar. Orsaken till detta kunde vara att tryckknappen för liten spolning gick så trögt att svaga personer och barn fick ta i allt vad de orkade för att trycka in spolknappen, vilket medförde att de ibland inte orkade hålla inne knappen tillräckligt länge. Istället spolade de flera gånger efter varje behov. För att beräkna vattenbesparingen behövde antalet spolningar räknas som skulle ha utförts om en vanlig toalett hade använts. Vi antog att detta var samma som antalet stora behov plus antalet små behov minus antalet kombinerade behov (Ekv. 1). Räknaren för liten spolning avsåg alltså att räkna antalet utförda små behov snarare än små spolningar. Dubbeltryckningar borde alltså inte räknas.

Båda bristerna bedömdes som allvarliga och vi beslutade att åtgärda dem direkt, under pågående mätperiod. Samtliga räknare byggdes om. För att minimera risken för att tryckknappen blev påverkad av vatten tejpades en plastfolie över den samtidigt som vi såg till att kabeln gick nedåt från tryckknappen så att inget vatten kunde rinna till knappen den vägen. För att dubbeltryckningar endast skulle räknas som en och inte som två spolningar kopplades räknaren för liten spolning precis som räknaren för stor spolning. Detta innebar att för att en ny aktivering skulle registreras måste minst en minut ha gått sedan föregående aktivering, annars räknades aktiveringen inte. I samband med ombyggnaden måste strömmen till räknarna brytas och dessa nollställas. En extra avläsning gjordes i samband med ombyggnaden. Därför avser de siffror som presenteras i Tabell 8 hela mätperiod 1 vad avser antalet stora och kombinerade spolningar samt liten tid, men däremot, vad avser antalet små spolningar, endast den del av period 1 som inföll efter ombyggnaden. Spolvattenmängden för liten spolning är beräknad genom att den för varje toalett registrerade tiden för liten spolning har multiplicerats med denna toalets uppmätta flöde vid liten spolning.

Tabell 8. Medelvärden och standardavvikelse för antalet spolningar under de båda mätperioderna i lägenheterna försedda med räknare

Variabel	Period 1		Period 2		Genomsnitt	
	Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav	Medelv.	Stdav
Kombinerade spolningar, st/lägenhet o dygn	4,0 ^a	2,0 ^a	4,3	1,8	4,2 ^d	1,9 ^d
Stora spolningar, st/lägenhet o dygn	7,4 ^b	4,0 ^b	7,5 ^b	3,4 ^b	7,5 ^e	3,6 ^e
Små spolningar, st/lägenhet o dygn	12,3 ^c	6,6 ^c	10,4	3,9	11,3 ^f	5,3 ^f
Liten spoltid, s/lägenhet o dygn	39,5 ^a	26,2 ^a	33,9	17,4	36,6 ^d	21,9 ^d
Vatten till liten spolning, l/lägenhet o dygn	1,11 ^a	0,59 ^a	0,96	0,41	1,04 ^d	0,50 ^d
Boende, antal/lägenhet	3,5	1,5	3,5	1,5	3,5	1,4
Periodlängd, dygn	14,3	0,5	13,4	0,7	13,9	0,7

^a För 14 observationer (lägenheter), varav två endast avser tiden efter ombyggnad.

^b För 13 observationer eftersom två räknare bortföll, en p.g.a. felfunktion och en p.g.a. leveranssvårigheter.

^c Värdena för period 1 avser endast 13 observationer efter ombyggnaden.

^d För 29 observationer, varav två observationer endast avser den del av period 1 som inföll efter ombyggnaden.

^e För 26 observationer eftersom två räknare bortföll, en p.g.a. felfunktion och en p.g.a. leveranssvårigheter.

^f För 28 observationer, värdena för period 1 avser endast 13 observationer efter ombyggnad.

Palsternackan

Eftersom det var mycket framgångsrikt att i Understenshöjden ringa runt dagen efter att avläsningarna skulle ha gjorts, gjordes på samma sätt i Palsternackan. Det var ett bra sätt att påminna de boende om att de skulle avläsa mätarna samt att kontrollera att räknedosorna fungerade som de skulle. Alla räknedosor fungerade bra vid mätningen i Palsternackan, utom att det vid sista avläsningen upptäcktes att kabeln gått av till knappen för stor spolning på en räknare. I Tabell 9 redovisas resultaten från mätningen.

Tabell 9. Medelvärden och standardavvikelse för antalet spolningar under de båda mätperioderna i lägenheterna försedda med räknare

Variabel	Period 1		Period 2		Genomsnitt	
	Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav	Medelv.	Stdav
Kombinerade spolningar, st/lägenhet o dygn	8,1	4,1	7,1 ^a	4,3 ^a	7,6	4,1
Stora spolningar, st/lägenhet o dygn	11,9	3,7	11,3 ^a	4,3 ^a	11,6	3,9
Små spolningar, st/lägenhet o dygn	11,9	4,7	11,5	4,8	11,7	4,6
Liten spoltid, s/lägenhet o dygn	34,4	23,5	32,4	26,5	33,4	24,5
Vatten till liten spolning, l/lägenhet o dygn	1,4	1,0	1,3	1,2	1,4	1,1
Boende, antal/lägenhet	3,1	1,3	3,1	1,3	3,1	1,2
Periodlängd, dygn	15,1	2,2	14,2	0,8	14,6	1,7

^a Kabeln till spolknappen för stor spolning gick av under period 2 och ett hushåll föll därför bort.

Mängd och sammansättning på urinlösning

Understenshöjden

Från period 1 till period 2 sjönk insamlad mängd urinlösning i tankarna, liksom mängden spolvatten för liten spolning, vilket framgår av Tabell 10. Däremot ökade vattenförbrukningen kraftigt i Understenshöjden under mätperiod 2. Detta beror troligen på att mera vatten användes för att vattna planteringar etc.

Tabell 10. Mängd uppmätt urinlösning efter mätperiod 1 och 2 samt den totala vattenanvändningen i Understenshöjden under samma tid

Variabel	Period 1	Period 2	Genomsnitt
Urinlösning till tank, kg/lägenhet o dygn	5,1	4,7	4,9
Vatten till liten spolning, l/lägenhet o dygn	1,11	0,96	1,04
Uppmätt vattenförbrukning, l/lägenhet o dygn	497	617	557

Tre parallella prov för kemisk analys togs av urinlösningen i tanken vid slutet av period 1 och vid slutet av period 2. Dessutom togs ett prov med "färsk" urin direkt från inkommande ledning till tanken i slutet av period 2. Medelvärden på de kemiska analyserna framgår av Tabell 11.

På Akademiska sjukhuset används analysmetoden Merck Granutest 100 för att analysera urea. Metoden bygger på färgändring när ammonium reagerar med NADH. Detta medför att analysen får ett 100%-igt påslag från provets innehåll av ammonium. Ammoniuminnehållet har analyserades av KM-Lab enligt metoden Standard Metod 417A+D som ger ett 7%-igt påslag från provets innehåll av urea. De värden på ammonium

och urea som redovisas i Tabell 11 har korrigerats för dessa påslag. Trots att stora korrigeringar har gjorts bedöms de framräknade värdena som relativt säkra för samtliga prover från Understenshöjden, eftersom summan av ammonium-, urea- och nitrit/nitratkväve stämmer väl med den uppmätta halten totalkväve.

Tabell 11. Sammansättningen på urinlösningen från Understenshöjden efter mätperiod 1, mätperiod 2 samt på "färsk" urin (urin direkt från avloppsröret som mynnade i tanken). Urinlösningens temperatur och den med Dräger uppmätta ammoniakhalten i gas visas också

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Medelv.	"Färsk"
Datum		96-06-05	96-06-19		96-06-19
pH		9,0	9,2	9,1	9,3
Temperatur	deg C	7,20	7,90	7,55	
Konduktivitet	mS/m	2656	2417	2537	2700
TS ^a	%	0,83	0,80	0,81	0,88
Glödg. rest	% TS	73	71	72	71
Tot-N	mg/l	3636	3626	3631	4000
NH ₄ -N	mg/l	3635	3516	3576	3900
Urea-N ^b	mg/l	3	131	67	104
Nitrat+nitrit-N	mg/l	0,1	<0,1	<0,1	<0,1
P-tot	mg/l	320	306	313	350
K-tot	mg/l	993	1007	1000	1200
Ca	mg/l	23	13	18	
Mg	mg/l	16,8	5,4	11,1	
Na	mg/l	1111	1309	1210	
Cl	mg/l	1793	1742	1768	
Hg	mg/l	0,00055	0,00033	0,00044	
Cd	mg/l	<0,0005	<0,001 ^c	<0,001	
Pb	mg/l	<0,01 ^d	<0,01	<0,01	
Cr	mg/l	0,024	0,015	0,019	
Co	mg/l	<0,005	<0,003	<0,005	
Ni	mg/l	0,067	0,055	0,061	
Mn	mg/l	0,068	0,005 ^e	0,037	
Cu	mg/l	3,0	1,9	2,5	
Zn	mg/l	0,24	0,16	0,20	
Mo	mg/l	0,040	0,031	0,036	
Fe	mg/l	0,56	0,22	0,39	
B	mg/l	0,68	0,54	0,61	
S-tot	mg/l	338	324	331	
BOD ₇	mg/l		2081	2081	2300
NH ₃ -halt i gas	ppm	230	270	250	

^a Ammonium, ammoniak ingår inte i den redovisade TS-halten

^b Urea- och ammoniumanalyserna är korrigerade för samspel. Urea-analysen gav ett 100%-igt påslag för ammonium och ammoniumanalysen gav ett 7%-igt påslag för urea.

^c I ett prov detekterades 0,001 mg Cd/l. Detta är precis på detektionsgränsen och värdet bedöms av KM-Lab som osäkert.

^d I ett prov detekterades 0,01 mg Pb/l. Detta värde bedöms av KM-Lab som mycket osäkert.

^e De lägsta Mn-värdena ligger vid detektionsgränsen och bedöms därför av KM-Lab som osäkra.

Palsternackan

Även i Palsternackan sjönk uppsamlad mängd urinlösning och mängden spolvatten från period 1 till period 2, se Tabell 12. Under första perioden låg påsken och många hade släktingar och vänner på besök, vilket kan förklara de högre siffrorna. Det är dock anmärkningsvärt att hemvaron var lika hög under båda perioderna. Under båda perioderna samlades något mindre urinlösning per lägenhet i Palsternackan (Tabell 12) än i Understenshöjden (Tabell 10), medan spolvattenförbrukningen var något högre.

Tabell 12. Mängd uppmätt urinlösning efter mätperiod 1 och 2 i Palsternackan

Variabel	Period 1	Period 2	Genomsnitt
Urinlösning till tank, kg/lägenhet o dygn	4,25	3,98	4,13
Vatten till liten spolning, l/lägenhet o dygn	1,41	1,34	1,38

Tre parallella prov togs för kemisk analys av tankinnehållet vid slutet av period 1 och vid slutet av period 2. Dessutom togs prov på "färsk" urin direkt från inkommande ledning till tanken i slutet av varje period. Analysresultaten framgår av Tabell 13.

Även proverna från mätningen i Palsternackan analyserades för urea av Akademiska sjukhuset i Uppsala. Den verkliga ureahalten kunde inte beräknas för proverna från Palsternackan. Överensstämmelsen var alltför dålig, vilket visade sig som negativa värden på den beräknade mängden urea. Istället ges i Tabell 13 den beräknade mängden organiskt bundet kväve (Tot-N - NH₄-N - (Nitrat + Nitrit-N)). Denna mängd, som inkluderar urea, är ytterst liten. I genomsnitt 99% av den totala kvävemängden var mineraliskt kväve. Detta gällde såväl proverna från tanken som proverna på "färsk" inkommande urin till tanken.

Tabell 13. Sammansättningen på urinlösningen från Palsternackan efter mätperiod 1, mätperiod 2 samt på "färsk" urin (urin direkt från avloppsröret som mynnade i tanken). Urinlösningens temperatur och den med Dräger uppmätta ammoniakhalten i gas visas också

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Medelv.	"Färsk"	"Färsk"
Datum		97-04-10	97-04-24		97-04-10	97-04-24
pH		9,1	9,2	9,2	8,9	8,9
Temperatur	deg C	7,4	7,7	7,6		
Konduktivitet	mS/m	2418	2394	2406	2680	2330
TS ^a	%	0,85	0,89	0,87	1,05	0,98
Glödg. rest	% av TS	70	69	69	73	62
Tot-N	mg/l	3166	3454	3310	3300	2950
NH ₄ -N	mg/l	3166	3387	3277	3300	2900
Org-N ^b	mg/l	0	67	32	0	50
Nitrat+nitrit-N	mg/l	0,40	0,67	0,54		
P-tot	mg/l	304	312	308	430	350
K-tot	mg/l	894	882	888	1200	960
Ca	mg/l	24	21	23		
Mg	mg/l	8,0	5,9	6,9		
Na	mg/l	1307	1308	1307		
Cl	mg/l	2088	2448	2268		
Hg	mg/l	0,0002	<0,0005	<0,0004		
Cd	mg/l	<0,0015	<0,0010	<0,0013		
Pb	mg/l	<0,035 ^c	<0,020	<0,027		
Cr	mg/l	0,02	0,02	0,02		
Co	mg/l	<0,0020	<0,0030	<0,0025		
Ni	mg/l	<0,035 ^d	0,010	<0,022		
Mn	mg/l	0,004 ^e	<0,005	<0,0045		
Cu	mg/l	3,29	2,70	3,00		
Zn	mg/l	0,94	0,10	0,52		
Mo	mg/l	0,02	0,03	0,02		
Fe	mg/l	0,47	0,32	0,40		
B	mg/l	0,45	0,62	0,53		
S-tot	mg/l	292	360	326		
BOD ₇	mg/l	1852	1677	1765	2000	2000
NH ₃ -halt i gas	ppm	190	175	180		

^a Ammonium, ammoniak ingår inte i den redovisade TS-halten

^b Org-N är beräknad som (Tot-N - NH₄-N - (Nitrat + Nitrit-N)).

^c I ett prov detekterades 0,05 mg Pb/l, i övriga prov var halten under detektionsgränsen 0,025 mg/l.

^d I ett prov detekterades 0,09 mg Ni/l, i övriga prov var halten under detektionsgränsen 0,005 mg/l.

^e De lägsta Mn-värdena ligger vid detektionsgränsen och bedöms därför av KM-Lab som osäkra.

DISKUSSION

Hemvaro

Understenshöjden

Det kan konstateras att den stratifierade slumpningen i Understenshöjden gav ett representativt urval av lägenheter för installation av elektroniska räknare. Fördelningen mellan vuxna och tonåringar å ena sidan och barn under 13 år å andra sidan skiljer ca 2% för varje grupp. Det kan också konstateras att urvalet väl speglade familjestrukturen i området som helhet (Tabell 1).

Av familjerna i Understenshöjden redovisade 90 resp. 93% sin hemvaro under mätperiod 1 resp. 2. Med tanke på att vi bad om en detaljerad redovisning får detta betraktas som ett gott resultat. Av resultaten framgår att den genomsnittliga hemvaron var något större för barn än för vuxna under båda perioderna. Hemvaron för både barn och vuxna minskade något mellan mätperiod 1 och 2. Detta skulle kunna förklaras av att skolorna och många fritidsaktiviteter slutade under mätperiod 2. Detta brukar innebära en hektisk tid med många avslutningsfester etc. Dessutom ökar sannolikheten att familjerna reser bort på semester eller dylikt. Enligt hemenkäterna var ett par familjer bortresta under mätperiod 2. Med tanke på materialets begränsade omfång, kan detta räcka för att en minskning av hemvaron skall avspeglas i resultaten.

De tre frågorna i det utskickade informationsbladet till de boende var inte av sådan karaktär att man kan dra några långtgående slutsatser av svaren. Vissa av svaren verifierades dock genom våra egna iakttagelser vid installation av räknarutrustningar.

Generellt kan konstateras att toalettens huvudfunktion, nämligen att sortera urin från fekalier förefaller vara god enligt svaren. Anatomiska olikheter mellan människor kan visserligen vara svårt att kompensera för konstruktionsmässigt, men en stor del av "felurineringsarna" beror på att män står upp och kissar.

Då nästan samtliga svarande uppgav att de inte omedelbart spolrar ned torkpapper vid urinering, kan slutsatsen dras att användarna av toaletten är mycket medvetna om vikten av vattenbesparingar samt vet hur man undviker onödig vattenförbrukning. Detta stämmer också med en senare undersökning bland annat i Understenshöjden (Burström & Jönsson, 1998).

Stoppknappen för stor spolning kan, av svaren att döma, tas bort från toaletten och ersättas med en spolfunktion som avbryts när man släpper knappen, dock senast när cisternen är tömd. Denna funktion finns ju, av misstag, redan på flera av toaletterna i området och förändring skulle troligen ytterligare öka vattenbesparingen. Däremot finns det risk att det blir stopp i fekalieavloppet när stor spolning avbryts på ett eller annat sätt, vilket bör vägas mot vattenbesparingen.

Det dåliga betyget för knappen för liten spolning beror på en kombination av flera faktorer. För det första är knappen alldeles för hård att använda. Vid montering av räknarutrustningarna kunde konstateras att barn, äldre samt personer med vissa handikapp

eller sjukdomar (exempelvis MS eller reumatism) omöjliga kan använda spolknappen på grund att knappen var svår att trycka in. Detta problem förstärks av en ogenomtänkt placering. Dessutom har många av spolknapparna monterats så att det inte går att ha den nedre ringen på toaletten uppfälld vid liten spolning, eftersom spolknappen hakar i ringen varvid den tunga träringen lätt faller ned med skaderisk som följd. Här saknades en genomtänkt monteringsanvisning.

Även de hygieniska problemen med toaletten som påpekades i flera av svaren kunde iakttas på plats av författarna. För det första så fastnar lätt fekalier på porslinsväggarna, vilket uppfattas som mycket störande. Detta sker även i konventionella toaletter, men inte så mycket att användarna normalt upplever det som ett problem. Brantare väggar har föreslagits av de boende. För det andra stänker det på toalettlocket och ibland ut på golvet vid liten spolning. Detta är en fråga om val av spolningsmunstycke samt injustering av detsamma. Ett annat problem är att ledningen från urinskålen sätter igen. Det beror troligen på en kombination av dimensionering och utformningen av urinavloppets vattenlås och ledning och med skötsel och rengöringsanvisningar för desamma. En större undersökning av funktionen hos och driftserfarenheterna av urinsorterande toaletter redovisas av Burström & Jönsson (1998) och vi hänvisar till den för en djupare diskussion av problemet.

Palsternackan

I Palsternackan redovisade 67% av familjerna sin hemvaro under mätperiod 1 och 2. Den genomsnittliga hemvaron var för samtliga toaletter, liksom i Understenshöjden, något större för barn än för vuxna under båda perioderna. Under mätningens första period var det påsk och många av familjerna hade släkt och vänner på besök. Samtidigt var en del bortresta. Sammantaget var hemvaron ungefär lika under period 1 och period 2 (Tabell 6).

Toalettspolning

Understenshöjden

Mätresultaten visade att den ombyggnad av räknarna som gjordes i Understenshöjden var framgångsrik och starkt motiverad. Tre räknare bortföll p.g.a. kortslutning i tryckknappen för liten spolning under den del av period 1 som inföll före ombyggnaden. Efter ombyggnaden bortföll, under resten av period 1, endast en räknare och under period 2 fungerade alla räknare som de skulle.

Ombyggnaden medförde att antalet registrerade små spolningar minskade från 15,5 st/lägenhet och dygn till 11,9. Den beräknade medelspoltiden ökade något, från 2,7 sekunder före ombyggnaden till 3,2 sekunder efter ombyggnaden. Under mätperiod 2, liksom under mätningen som helhet, var spoltiden också 3,2 sekunder i genomsnitt. Det är intressant att notera att de boende vid många informationstillfällen uppmanats att spola 10 sekunder efter varje urinering. Att de, trots den myckna informationen, inte gör detta är

fullt naturligt. Tio sekunder är en mycket lång tid när man skall hålla en mycket hård spolknapp intryckt, speciellt när denna dessutom sitter så lågt att man behöver böja sig för att nå den.

För den fortsatta hanteringen av urinlösningen var det fördelaktigt att de boende nöjde sig med att spola 3,2 sekunder. Hade de spolat i 10 sekunder skulle 0,72 l mer vätska per boende och dygn tillförts tanken utan något extra näringsinnehåll. Den uppsamlade mängden urinlösning skulle ökat med 53%, liksom transportarbetet, spridningsarbetet och erforderlig storlek på mellanlagringstanken. Den korta spoltiden har således bidragit till att väsentligt minska resursförbrukning för, och utsläppen från, senare led i hanteringen av urinen.

Den lilla spolvattenmängden, 0,09 liter/spolning, kan ha varit en bidragande orsak till att man i flera lägenheter regelbundet fick stopp eller alltför lågt flöde från urinskålen. Dessa stopp föreföll, även om de var irriterande, att ha varit lätta att åtgärda, åtminstone fram till tidpunkten för denna mätning. Burström & Jönsson (1998) har senare konstaterat att vissa stopp kan vara svåra att avlägsna.

Utnyttjandet av toaletterna i en lägenhet bör hänga starkt samman med antalet boende. Därför har för varje lägenhet toalettanvändningen relaterats till hur många (vuxna och barn, exklusive blöjbarn) som bor i lägenheten. Resultatet av detta visas i Tabell 14.

Tabell 14. Medelvärden och standardavvikelse för olika sorters spolningar utslaget på antal boende (exklusive blöjbarn) i lägenheterna försedda med räknare i Understenshöjden

Variabel	Period 1		Period 2		Båda perioderna	
	Medelv	Stdav.	Medelv.	Stdav	Medelv.	Stdav
Kombinerade spolningar, st/boende och dygn	1,3 ^a	0,7 ^a	1,4	1,0	1,4 ^d	0,9 ^d
Stora spolningar, st/boende o dygn	2,3 ^b	0,8 ^b	2,5 ^b	1,3 ^b	2,4 ^e	1,1 ^e
Små spolningar, st/boende o dygn	4,1 ^c	2,0 ^c	3,4	1,5	3,7 ^f	1,8 ^f
Liten spoltid, st/boende o dygn	12,3 ^a	8,1 ^a	10,6	6,3	11,4 ^d	7,2 ^d
Vatten till liten spolning, l/boende o dygn	0,37 ^a	0,22 ^a	0,32	0,19	0,34 ^d	0,21 ^d

^a För 14 observationer, varav två observationer endast avser tiden efter ombyggnad.

^b För 13 observationer eftersom två räknare bortföll, p.g.a. felfunktion och leveranssvårigheter.

^c Värdena för period 1 avser endast 13 observationer efter ombyggnad.

^d För 29 observationer, varav två observationer endast del av period 1 efter ombyggnaden.

^e För 26 observationer eftersom två räknare bortföll, p.g.a. felfunktion och leveranssvårigheter.

^f För 28 observationer, värdena för period 1 avser endast 13 observationer efter ombyggnad.

Med det observerade antalet spolningar som grund beräknades den vattenbesparing som berodde på den dubbelspolande funktionen till 13,5 liter/boende o. dygn.

Vattenförbrukningen för stor spolning antogs i beräkningen vara 6 liter per spolning.

Eftersom de boende gjorde 2,4 stora spolningar per dygn och dessutom förbrukade ca 0,34 liter per dygn till liten spolning blev den beräknade vattenförbrukningen för toalettspolning 14 liter/boende o. dygn. Om istället konventionella toaletter hade använts borde de boende, enligt Ekvation 1, gjort 4,7 spolningar per dygn. Vattenförbrukningen skulle alltså varit 28 liter per person och dygn om toaletten använt 6 liter per spolning. Den beräknade vattenbesparingen blev 48% av den vattenanvändning som en vanlig toalett skulle lett till. Att vattenbesparingen inte var större trots att den teoretiska potentialen är ca 80% (Jönsson m.fl., 1995) beror på att de boende gjorde 2,4 stora spolningar per dygn. Vid beräkningen av den teoretiska potentialen antogs att de boende skulle göra 1 stor spolning per dygn. En delförklaring till att 2,4 stora spolningar per dygn gjordes är att man i många lägenheter samlade torkpapper från urinerings i toalettens stora skål och sedan spolade ned detta när det såg mycket ut.

Från Tabell 4 kan utläsas att de boende i lägenheterna med räknare i snitt var hemma ungefär 57% av dygnets timmar. Detta kan vara en av förklaringarna till att den beräknade vattenförbrukning, om en vanlig 6 liters toalett använts, är 28 l/boende och dygn. Detta är 56% av Naturvårdsverkets schablonvärde på 50 liter per person och dygn (NV, 1995).

Palsternackan

Antalet registrerade små spolningar var i genomsnitt 11,7 st/lägenhet och dygn. De boende spolade i genomsnitt 2,57 sekunder vid liten spolning och denna spolning gav 0,12 liter vatten att skölja ren urinskålen med. Även de boende i Palsternackan hade vid flertalet tillfällen uppmanats att spola 10 sekunder vid liten spolning. De följde alltså inte heller dessa rekommendationer trots att den lilla spolknappen var mycket lätt att trycka in och satt bättre till för vuxna. Barn däremot var tvungna att stå på toaletten för att nå spolknappen. Mätresultatet från Palsternackan visar, liksom det från Understenshöjden, att 10 sekunder är en mycket lång tid att hålla en spolknapp intryckt. En aktiveringstid på 2-3 sekunder förefaller vara acceptabelt

Om de boende hade spolat 10 sekunder hade vattenförbrukningen ökat med 1,23 liter per boende och dygn, vilket skulle ökat den uppsamlade mängden urinlösning med 95%. Att de boende inte spolade den rekommenderade tiden var bra för att minska resursförbrukningen.

Tabell 15. Medelvärden och standardavvikelse för olika sorters spolningar utslaget på antal boende (exklusive böljbarn) i lägenheterna försedda med räknare i Palsternackan

Variabel	Period 1		Period 2		Båda perioderna	
	Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.	Medelv.	Stdav.
Kombinerade spolningar, st/boende och dygn	3,1	1,7	2,7 ^a	1,8 ^a	2,7 ^a	1,7 ^a
Stora spolningar, st/boende o dygn	4,6	2,0	4,6 ^a	2,4 ^a	4,6 ^a	2,2 ^a
Små spolningar, st/boende o dygn	4,3	1,8	4,0	1,6	4,1	1,7
Liten spoltid, s/boende o dygn	11,2	6,4	9,7	5,7	10,4	6,0
Vatten till liten spolning, l/boende o dygn	0,45	0,26	0,40	0,25	0,43	0,25

^a Vid slutet av period 2 gick en räknare sönder i en lägenhet med två räknare.

De boende gjorde 4,6 stora spolningar per dygn, vilket ger en vattenförbrukning på 28 liter per dygn, samt använde 0,43 liter vatten per dygn till liten spolning. Om en konventionell toalett använts skulle de boende gjort 5,8 stora spolningar, enligt ekvation 1, och använt en spolvattenmängd på 35 liter per boende och dygn. Vattenbesparingen beräknades till 6,8 liter. Detta medför att den beräknade vattenbesparingen blev 20%, vilket är under såväl den teoretiska potentialen som den besparing som uppnåddes i Understenshöjden. En förklaring till att vattenbesparingen inte blev större, är att de boende spolade ned torkpapper från urineringsrör med den stora spolningen efter i stort sett varje gång de kissat. Detta framgår av att antalet stora spolningar är större än antalet små. I Understenshöjden var däremot antalet stora spolningar endast ca 65% av antalet små. Palsternackan är ingen ekoby, vilket även visar sig genom att de boende inte har samma motivation att spara vatten som de boende i Understenshöjden (Burström & Jönsson, 1998). Innevånarna i Palsternackan bryr sig mer om hur det ser ut i toaletten och har svårt att acceptera att torkpapper ligger kvar i det bakre facket.

Hyresgästerna i Palsternackan hade en något högre hemvaro än Understenshöjden. Tabell 6 visar att de boende i Palsternackan med räknare installerade, var hemma 15,2 timmar (63%) av dygnets timmar. Enligt beräkningar utifrån antalet registrerade spolningar och Ekvation 1 skulle de under denna tid, om de haft en konventionell toalett som spolade 6 liter per gång, använt 70% av Naturvårdsverkets schablonvärde på 50 liter vatten per person och dygn för att spola toaletten.

Mängd och sammansättning på urinlösning

Av Tabell 16 framgår att den mängd urinlösning som samlats upp per boende och dygn i Understenshöjden under de båda mätperioderna var 1,34 l. Av detta utgörs 0,34 l av spolvatten. Återstoden, 1,00 liter, bör alltså vara urin samt eventuellt inläckande vatten. En urinmängd på 1,0 liter per boende och dygn förefaller något stor med tanke på att de boende i området var hemma 13,9 tim/dygn, 58% av tiden, under mätperioderna (Tabell 4). Om dygnsutsöndringen antas vara jämnt fördelad under dygnet skulle detta motsvara en total dygnsutsöndring på 1,72 l. Detta förefaller högt med tanke på att 55 av de 160 boende i området var barn under 13 år.

I Palsternackan var den uppsamlade mängden urinlösning 1,30 liter per boende och dygn, varav spolvatten utgjorde 0,43 liter per boende och dygn. Uppsamlad urin var följaktligen 0,87 liter. Det motsvarar en total dygnsutsöndring på 1,30 liter, då de boende i området var hemma 15,9 tim/dygn, 67% av tiden (Tabell 6).

Till Palsternackans urintankar inkommer troligtvis inget ovidkommande vatten. Skarvarna på urinledningen är svetsade och den ligger i en torrlagd kulvert nästan hela vägen fram till urintanken. I Understenshöjden är ledningarna nedgrävda i marken och inte skyddade mot fuktig jord. Den beräknade utsöndringen av urin per person och dygn i Understenshöjden var 1,72 liter. Det är högre än beräknat värde i Palsternackan, 1,30 liter/person och dygn och högre än uppmätta värden av Hellström & Kärrman (1996), 1,5 liter/person och dygn, och högre än värdet som anges av NV (1995), 1 liter/person och dygn.

I större urinsorterande avloppssystem är inläckage av vatten en av de vanligaste allvarliga felfunktionerna, noterad bl.a. av Olsson (1995) och Hanaeus & Johansson (1996). Den höga beräknade dygnsutsöndringen i Understenshöjden gör det sannolikt att mindre mängder ovidkommande vatten på något sätt kommer in i ledningssystemet. Rekommendationen (Jönsson m.fl. 1995) att minimera ledningsdragningen och att tätta ledningsskarvarna förtjänar därför att upprepas.

Tabell 16. Mängd uppmätt urinlösning efter mätperiod 1 och 2 samt den totala vattenanvändningen i området under samma tid

Variabel	Period 1	Period 2	Genomsnitt
Urinlösning i tank, kg/boende o dygn, Understenshöjden	1,39	1,29	1,34
Litet spolvatten, l/boende o dygn, Understenshöjden	0,37	0,32	0,34
Uppmätt vattenförbrukning i Understenshöjden, l/boende o dygn	137	170	153
Urinlösning i tank, kg/boende o dygn, Palsternackan	1,34	1,26	1,30
Litet spolvatten, l/boende o dygn, Palsternackan	0,45	0,40	0,43

På basis av de genomförda mätningarna föreslås att uppsamlingstanken beräknas för en produktion på 1,5 - 2,2 liter urinlösning per person och dag då toaletten Dubbletten används och då ledningarna är helt täta. Mängden 1,5 liter/person och dag förutsätter att personerna vistas hemma 14 - 16 timmar per dygn. Rekommendationen förutsätter också att spolvattenmängden vid liten spolning är mindre än 1,5 dl per gång.

Koncentrationen på urinlösningarna var hög i båda mätningarna, jämfört med vad som erhållits i tidigare studier (Olsson, 1995; Kirchmann & Pettersson, 1995). Jämfört med medelvärdet av de tio kemiska analyser som genomfördes av Olsson (1995) är koncentrationen på urinlösningarna i dessa mätningarna ca 50% högre.

Enligt hemenkäterna var de boende hemma ca 58% respektive 66% av tiden. Om man antar att utsöndringen av olika ämnen sker med konstant hastighet under dygnet, vilket styrks av mätningen av Hellström & Kärrman (1995), bör utsöndringen i Understenshöjden vara 58% och i Palsternackan 66% av NV:s schablonvärden. Av Tabell 17 framgår att utsöndringen per boende för de flesta ämnen var mindre än så. Detta kan ha flera orsaker. En orsak kan vara att vid uträkningen av utsöndringen per boende och dygn, har den mängd som samlats i tanken under mätperioderna dividerats med totala antalet boende (exklusive blöjbarnen) i områdena under mätperioderna, d.v.s. med 160 respektive 57. Bland de boende fanns 55 respektive 18 barn under 13 år (exklusive blöjbarnen). I Understenshöjden var alltså 34% av antalet boende barn och i Palsternackan var siffran 32%. I Sverige som helhet var motsvarande siffra 14,5% (SCB, 1995). I Tabell 17 har NV:s schablonsiffror och uppsamlade mängder från Understenshöjden och Palsternackan, räknats om med hänsyn till hemvaron och till andelen barn. I denna omräkning har utsöndringen från barn upp till 13 år beräknats vara 90% av den från en vuxen. Denna siffra har beräknats utifrån svenska folkets kostvanor (Becker, 1992), olika åldersgruppers kroppsvikt samt människors kroppssammansättning (Garrow, 1993).

Tabell 17. I Understenshöjden och Palsternackan uppsamlade mängder av vissa ämnen per boende och dygn, schablonvärden för utsöndringen med urinen av samma ämnen enligt NV (1995) samt de andelar de uppsamlade mängderna utgör i % av schablonen omräknad med hänsyn till hemvaron och andel barn under 13 år

Parameter	Enhet	Understens -höjden per boende	% av omräknad schablon	Schablon (NV, 1995)	Palsternackan per boende	% av omräknad schablon
TS	g/pers, dygn	10,9	32	60	11,1	29
Tot-N	g/pers, dygn	4,9	78	11	4,2	59
P-tot	g/pers, dygn	0,42	74	1	0,40	61
K-tot	g/pers, dygn	1,34	95	2,5	1,14	70
Hg	mg/pers, dygn	0,0006	35	0,003	<0,0005	<24
Cd	mg/pers, dygn	<0,0014	≤239	0,001	<0,0016	<253
Pb	mg/pers, dygn	<0,014	≤1194	0,002	<0,036	<2773
Cr	mg/pers, dygn	0,026	454	0,01	0,025	388
Ni	mg/pers, dygn	0,082	2076	0,007	<0,03	<657
Cu	mg/pers, dygn	3,3	5830	0,1	3,9	5962
Zn	mg/pers, dygn	0,26	1035	0,045	0,72	2445

Av Tabell 17 framgår att omräkningen för hemvaro och för andel barn, förklarar större delen av skillnaden mellan schablonvärdena och de uppsamlade mängderna av kväve, fosfor och kalium i Understenshöjden. I Palsternackan fanns en något mindre mängd näringsämnen per person än i Understenshöjden. Hemvaron har stor betydelse för resultatet av omräkningen.

Eftersom hemvaron i samband med mätningarna redovisades av 67% i av familjerna i Palsternackan men 92% av familjerna i Understenshöjden, är siffrorna för Palsternackan betydligt mera osäkra. Deltagarantalet i hemvaroenkäten för Understenshöjden var så högt att hemvaron antagits vara densamma för de som redovisade sin hemvaro som för de som inte gjorde det. I Palsternackan däremot baseras hemvarotimmarna för de icke deltagande familjerna på telefonsamtal med dem ca fem månader efter mätningen. Dessa uppgifter var naturligtvis osäkra men de har stor betydelse för resultaten. Om den antagna hemvaron för denna grupp är en timme för hög blir den omräknade schablonen för fosfor och kväve 1,5% för låg.

En förklaring till att uppsamlad mängd näringsämnen är mindre än förväntat, är att en mindre mängd urin hamnat i fel skål, vilket några boende noterade i enkäterna. Det förklarar även skillnaden mellan Understenshöjden och Palsternackan. De boende i Understenshöjden, som är en ekoby, anstränger sig förmodligen mer att "träffa rätt", medan några av de boende i Palsternackan t.o.m. slutat använda urinfacket (Burström & Jönsson, 1998). En annan förklaring kan vara att schablonvärdena för utsöndringen av kväve och fosfor ligger aningen högt. Denna förklaring är dock inte speciellt trolig eftersom Hellström & Kärrman (1995) uppmätte den genomsnittliga utsöndringen av kväve och fosfor med urinen från 30 vuxna personer till 13 ± 3 respektive $1,0 \pm 0,4$ gram/person och dag. Relationen mellan den uppsamlade mängden kalium och den omräknade schablonen är högre motsvarande siffror för kväve och fosfor i båda urintankarna. Kan detta bero på att familjerna äter mer grönsaker än genomsnittet eller är schablonen för låg?

Den högre uppsamlingsgraden i Understenshöjden jämfört med Palsternackan visar att motivation och förståelse är viktig för ett bra sorteringsresultat, även när det gäller källsortering av urin. Det visar också på betydelsen att utveckla urinsorterande toaletter som kan användas även av män som står och urinerar.

De uppsamlade mängderna torrsubstans var mycket under den förväntade. En del av skillnaden förklaras av att schablonvärdet baseras på att allt kväve återfinns som urea, vilken ingår i torrsubstansen. I den lagrade urinen har emellertid, vilket framgår av Tabellerna 11 och 13, nästan all urea omvandlats till ammonium och koldioxid. De ingår inte i den bestämda torrsubstansen. I Understenshöjden motsvarar den utsöndrade kvävemängden, 10,5 gram urea per boende och dygn och i Palsternackan 9,0 gram per boende och dygn. Genom att lägga dessa ureamängder till torrsubstansen nästan fördubblas densamma. Trots detta är den låg i förhållande till schablonvärdet. Någon fullständig förklaring till detta har vi ännu inte, men en delförklaring är troligen att även andra organiska ämnen än urea bryts ned i ledningsnätets biofilm.

Omvandlingen av urea till ammonium i ledningens biofilm förefaller att ske mycket snabbt. Proven på "färsk urin" togs direkt från mynningen på inkommande urinledningar till tankarna. I Understenshöjden återfanns 2,6% av kvävet som urea i den uppsamlade urinen, medan resten redan omvandlats till ammonium (Tabell 11). I Palsternackan återfanns ca 1% av kvävet som organiskt bundet kväve. Resultaten tyder på en mycket snabb omvandling urea, vilket inte stämmer med försök rapporterade av Hellström & Kärrman (1995). De fann att omvandlingen var långsam i laboratoriemiljö. I andra studier däremot (Hanæus & Johansson, 1996) har konstateras att omvandlingen blev betydligt snabbare när lite avloppsvatten tillsattes urinen. Dessa observationer tillsammans med våra mätningar visar hur stor betydelse mikroorganismerna har för en snabb omvandling. Detta innebär att enda sättet att förhindra en omvandling av urea till ammonium, är att redan i toalettstolen, med t.ex. kemikalier, hämma denna naturliga omvandling. Tidigare studier (Jönsson m.fl., 1995; Höglund m.fl., 1997) har visat att den lagrade urinlösningens höga pH aktivt bidrar till hygienisering under mellanlagringen. Omvandlingen av urea till ammonium är därför önskvärd för att uppnå god hygienisering.

Beträffande tungmetallerna varierar utfallet jämfört med schablonvärdena. Kvicksilvermängderna var mindre än förväntat. Hade de boende bra tänder med endast lite amalgam eller är schablonen för hög? Kadmiumutsöndringen förefaller vara högre än väntat i båda områdena. Det beror på att analysmetoden har ett detektionsvärde som ligger betydligt högre än den förväntade utsöndringen. Kadmium har detekterades endast i ett osäkert prov från Understenshöjden. Övriga tungmetaller ligger över, ibland många gånger över, det förväntade värdet. Detta gäller speciellt koppar. Kopparhalten i förhållande till torrsubstansen ligger också ungefär dubbelt så högt i urinen från Understenshöjden och Palsternackan som i genomsnittet av den urin som Olsson (1995) analyserade. Detta beror sannolikt på att toaletterna i båda områdena har ett kopparrör från urinskålen till avloppsröret i väggen.

I alla prover från tanken i Palsternackan och i proven från period 1 i Understenshöjden, återfanns nitrit eller nitrat, dock i mycket små mängder (Tabell 11 och 13). Men i den "färska urinen" från period 2 i Understenshöjden fanns varken nitrit eller nitrat (Tabell 11). Detta stämmer väl med resultat från projektet "Källsorterad humanurin i kretslopp" (Dalhammar 1998) och andra studier (Karlsson, 1996) där man funnit att urin är svår att

nitrifiera, vilket innebär att man kan bortse från risken för kväveförluster genom denitrifikation vid lagring av urinlösning med normal koncentration och pH.

De i Understenshöjden uppmätta ammoniakhalterna i tanken, 230 resp. 270 ppm (Tabell 11), ligger över de beräknade jämviktshalterna på 202 resp. 219 ppm. Beräkningarna har gjorts utifrån urinlösningens ammoniumhalt, pH och temperatur. Att de uppmätta halterna ligger något över de beräknade, kan bero på att den inkommande lösningen, som föll fritt ca 1,8 m från det inkommande avloppsroret ned till vätskeytan, var något varmare än lösningen i tanken (hypotes, ej uppmätt) eller på osäkerhet i mätvärdena.

I Palsternackans urintank var ammoniakhalten vid första mätningen 190 ppm, och vid den andra 175 ppm. De beräknade jämviktshalterna ligger på 223 respektive 301 ppm. Ammoniakhalten i tanken var alltså mindre än förväntat värde, vilket är tvärtemot resultaten i Understenshöjden. En teori till resultaten är att tanken i Palsternackan inte är helt sluten, utan att en viss luftning över vätskeytan kan ske. Hur luften kan passera över vätskeytan är oklart men när vi öppnade urinledningarnas inspektionsluckor kände vi ett kraftigt luftdrag.

En annan teori till resultaten är att ammoniakhalterna i gasen uppmättes med Drägerrör som har en osäkerhet på $\pm 15\%$. Beräkningen av jämviktshalten för ammoniak är dessutom mycket känsligt för pH värdet. I Palsternackan har vid andra mätningen jämvikten beräknats vid ett pH på 9,2. Om pH varit 9,1, skulle det beräknade jämviktsvärdet ligga på 249 ppm istället för 301 ppm.

Kvoten mellan kväve och fosfor var i Understenshöjden 11,4 period 1, 11,9 period 2 och 11,4 i den färsk urin. I samtliga fall ligger den nära den kvot på 11 som ges av Naturvårdsverkets schablonvärde (NV, 1995). Vid mätningarna i Palsternackan var kvoten mellan kväve och fosfor 10,4 för period 1, 11,1 för period 2 och den färsk urin hade 7,7 respektive 8,2.

En förklaring till den låga kväve- fosforkvoten i färsk urin från Palsternackan är att mycket sediment från ledningarna följde med dessa prov. Detta sediment innehåller troligtvis en stor mängd fosfor, eftersom fosfor gärna bildar kristaller som sedan sedimenterar (Vinnerås, pers. medd., 1997). Vid provtagningen av lagrad urin, blandades tankinnehållet väl, vilket gjorde att fosfor inte blev så koncentrerad. En annan förklaring den låga kvävekoncentrationen i färsk urin från Palsternackan kan vara att när urinen droppade ned till uppsamlingshinken, ca 50 cm, avgick kväve till luften. Luften i tanken hade en relativt låg ammoniakhalt vid dessa tillfällen eftersom manluckan var öppen. Ammoniakavgången kan ha berott på den, relativt sett, låga ammoniakkoncentrationen i tankens gas, tillsammans med det mycket låga flödet av urin under provtagningen och provtagningsförfarandet. Urinen från inkommande ledning samlades upp i en 10 liters hink och därför blev den yta som stod i kontakt med luften, stor i förhållande till mängden urin i hinken.

I proven från första mätningen i Understenshöjden varierade halterna av kalcium, magnesium och vissa tungmetaller mellan upprepningarna. Kalcium och magnesium ingår gärna svårösliga föreningar med fosfor och tungmetallerna fäster gärna till slampartiklar. Ämnen som i huvudsak förekommer i vattenlösning, som ammonium, kalium, natrium,

klor etc. varierade försumbart mellan de olika upprepningarna. Variationen mellan upprepningarna minskades vid det andra provtagningstillfället genom att med pumpen blanda innehållet i ca 5 minuter innan proven för kemisk analys togs i den bufferttank som sist pumpades upp. Under provtagningen fick pumpen fortsätta att gå. Vid provtagning i Palsternackan blandades innehållet samtliga i bufferttankar med pumpen innan och under tiden som de kemiska proverna togs.

Långsam sedimentation av fosforföreningar har i laboratoriet observerats av Hanæus & Johansson (1996). Om prov tas enbart i vätskefasen utan att urinlösningen blandas ordentligt kan denna långsamma sedimentation leda till höga kväve/fosforkvoter. Detta kan vara en delförklaring till att Hellström & Kärrman (1995) erhöll en kväve/fosforkvot på 24,7 vid provtagning i en urintank på Björnsbyn. Även om enbart hydraulisk omblandning i uppsamlingstanken troligen inte räcker för att blanda upp den allra tyngsta fraktionen av slammet så hjälper den oftast till att blanda upp en stor del av det fosforhaltiga sedimentet. Olsson (1995) blandade urinlösningen igenom att spruta pumpflödet längs botten på tanken, i ca 10 minuter med en pump med kapaciteten 600 l/min. Resultatet blev tio analyser med en genomsnittlig kväve- fosforkvot på 11,2. Kvoten varierade i enskilda analyser mellan 6,4 och 16,9. De låga kvoterna kan troligen förklaras av att fosforhaltigt slam legat kvar i tanken från tidigare tömningar och att detta, genom omblandningen, kommit upp i lösningen igen och därigenom ökat dess fosforhalt. De höga kvoterna härrör från två anläggningar. Förklaringen till de resultaten kan vara att dessa anläggningar var uppdelade i sektioner som försvårade hydraulisk omblandning.

En slutsats av mätningarna i Understenshöjden och Palsternackan samt ovanstående observationer av mätningar rapporterade i litteraturen, är att noggrann omblandning är nödvändig om man vill ha prover som är representativa vad gäller fosfor, magnesium, kalcium och tungmetaller. Vill man få ett säkert mått på utsöndringen av dessa ämnen måste man noggrant tömma och göra rent tanken. Annars förefaller risken vara stor att tungt slam ligger kvar på botten. Delar av detta slam riskerar att komma med vid senare provuttag. Vad gäller de vattenlösliga fraktionerna behöver omblandningen inte vara lika noggrann. Om den helt kan uteslutas går inte att avgöra från våra mätningar. Hellström & Kärrman (1996) observerade en sedimentation av kvävefraktionen under lagring. Detta betyder att en viss omblandning behövs även för bra kväveanalyser. Försiktighet vid omblandning måste emellertid iakttas för att inte nämnvärda mängder kväve i provet ska avgå till luften. En annan slutsats är att vid utformning av avloppssystem med urinsorterande toaletter, måste hänsyn tas till den stora benägenhet lagrad urin har att avge ammoniak. All ventilation av urintankar, utöver erforderlig tryckutjämning vid påfyllning och avtappning, bör undvikas, eftersom kvävet då kan följa med ventilationsluften ut.

Utifrån de i Tabell 11 och Tabell 13 angivna medelvärdena för kadmiuminnehållet kan urinlösningens relation mellan kadmium och fosfor beräknas till <3,2 mg Cd per kg P (observera dock att endast en osäker analys av totalt 11 analyser, låg över detektionsgränsen). Olsson (1995) beräknade i sitt arbete relationen till <3,6 mg Cd per kg P (hon hade inget prov över detektionsgränsen). Detta kan jämföras med att ett slam som precis klarar kravet för att få spridas på åkermark kan innehålla upp till ca 80 mg Cd/kg P (Jönsson, 1996) och att genomsnittet för den av Lantmännen 94/95 sålda mineralgödseln var ca 26 mg/kg P (Eksvärd pers. medd., 1996). I början av 90-talet var genomsnittet för mineralgödsel i storleksordningen 40-50 mg Cd per kg P (Pettersson pers. medd., 1996). Mineralgödsel i Sverige tillåts innehålla maximalt 100 mg Cd/kg P.

Jämfört med andra gödselmedel av organiskt ursprung har källsorterad urin mycket låg halt organiska ämnen som "späder" torrsubstansen, vilket innebär att dess halt av olika näringsämnen är högt per kg TS. För urin innebär en jämförelse av tungmetallhalterna per kg torrsubstans en sträng bedömning. Trots detta visar Tabell 18 att humanurin med mycket stor marginal klarar de halter som tillåts i avloppsslam för användning på åkermark. Bortsett från koppar, är halterna i den källsorterade urinen från Understenshöjden och Palsternackan 15% eller lägre, av de halter som tillåts i avloppsslam. Procentsatsen för koppar är högre, 51% respektive 57%. Kopparhalten i urinen på TS-bas är också ungefär dubbelt så hög i Understenshöjden och Palsternackan som den Olsson (1995) fick som genomsnitt i tio analyser, 149 mg Cu/kg TS. Detta beror på att toaletternas vattenlås från urinskålen är tillverkat av koppar.

Tabell 18. Innehållet av vissa tungmetaller i mätperiodernas urin från Understenshöjden och Palsternackan, gränsvärdet (SFS 1985:840) för dessa tungmetaller i avloppsslam, samt urinens innehåll i % av gränsvärdet

Tungmetall	Understensurin		Palsternacksurin		Gränsvärde slam mg/kg TS
	halt mg/kg TS	% av gränsvärde	halt mg/kg TS	% av gränsvärde	
Hg	0,05	2	0,04	2	2,5 ^a
Cd	<0,1	<6	<0,15	<7	2 ^a
Pb	<1,2	<1	<3,2 ^b	<3	100 ^a
Cr	2,4	2	2,2	2	100
Ni	7,6	15	<2,6 ^b	<5	50
Cu	303	51	344	57	600 ^a
Zn	24	3	60	8	800

^a Dubbelt så höga halter av dessa ämnen tillåts till utgången av 1997

^b Bly och nickel detekterades endast i ett prov.

Inte bara innehållet av tungmetaller i avloppsslam är reglerat, det finns också regler för hur stora mängder näringsämnen och tungmetaller som får tillföras till åkerjorden via slam per år. Dessa krav återfinns i Tabell 19 där det också visas hur stor tillförsel som erhålls med en giva av urin med Understenskvalitet respektive Palsternackskvalitet som ger 150 kg ammoniumkväve per hektar. Tillförseln av olika tungmetaller med urinen kommer, även vid denna höga giva, att ligga mycket långt under gränsvärdena för år 2000. Genom att jämföra Tabell 18 med Tabell 19 framgår hur mycket hårdare en bedömning på TS-bas slår än när tungmetallmängden sätts i relation till mängden näringsämnen. Relationen beräknad i förhållande till mängden näringsämnen är mera rättvisande eftersom den sätter skadlig inverkan på åkerjorden i relation till nyttan för åkerjorden.

Tabell 19. Tillåten tillförsel till åkerjord (fosforklass III-V) av vissa ämnen via avloppsslam enligt SNFS 1994:2 samt den tillförsel som erhålls vid tillförsel av Understens- respektive Palsternacksurin

Ämne	Enhet	Understensurin	Palsternacksurin	Gränsvärde 1995	Gränsvärde 2000
Urinlösning	kg/ha	41951	45313		
NH ₄ N	kg/ha	150	150	150	150
P	kg/ha	13	14	22	22
K	kg/ha	42	40		
S	kg/ha	14	15		
Na	kg/ha	51	59		
Cl	kg/ha	74	103		
Hg	g/ha	0,02	0,02	2,5	1,5
Cd	g/ha	<0,04	<0,06	1,75	0,75
Pb	g/ha	<0,4	<1,3 ^a	100	25
Cr	g/ha	0,8	0,9	100	40
Ni	g/ha	2,6	<1,0 ^a	50	25
Cu	g/ha	103	136	600	300
Zn	g/ha	8,3	24	800	600

^a Bly och nickel detekterades endast i ett prov.

SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Med den utvecklade metodiken kunde toalettanvändningen noggrant och objektivt mätas på ett för individerna acceptabelt sätt. Mätningarna visade att den genomsnittliga spoltiden för liten spolning var 3,2 sek i Understenshöjden och 2,6 sek i Palsternackan. Bidragande orsaker till att den inte var längre trots upprepad och tydlig information att man bör spola i 10 sekunder var i Understenshöjden att spolknappen gick trögt, i vissa lägenheter mycket trögt, och att den satt lågt och obekvämt till. I Palsternackan fungerade spolknappen bra, men 10 sekunder är lång tid att hålla en kapp intryckt. Om spoltiden varit 10 sekunder skulle tillagningen till urintanken ökat ca 53% i Understenshöjden och 95% i Palsternackan, vilket hade påverkat alla följande hanteringsled negativt. Spolvattenmängden vid liten spolning var 0,09 liter/spolning i Understenshöjden och 0,12 liter/spolning i Palsternackan.

I Understenshöjden var de boende som fick räknare installerade på toaletten var hemma 13,6 timmar per dygn och gjorde 3,7 små spolningar och 2,4 stora spolningar per boende och dygn. Av dessa var 1,4 spolningar per dygn kombinerade. Vattenförbrukningen för liten spolning var 0,34 l/boende och dygn. Vattenbesparingen jämfört med en vanlig 6 liters toalett har beräknats till 48%.

I Palsternackan var de som hade räknare installerade hemma 15,2 timmar per dygn och gjorde 4,1 små spolningar och 4,6 stora spolningar per dygn, varav 2,9 spolningar var kombinerade. Vattenförbrukningen för liten spolning var 0,43 l/boende och dygn, vilket ger en vattenbesparing på 20% jämfört med en vanlig 6 liters toalett.

Resultaten av mätningen i Understenshöjden baseras på urinproduktion under 4 480 persondygn, varvid 1,34 liter urinlösning per person och dygn insamlades. I Palsternackan

samlades urinlösning under 1 653 persondygn och 1,30 liter urinlösning per person och dygn samlades. Utifrån dessa mätningar rekommenderas att ett urinsorterande system med toaletten Dubbletten, dimensioneras för 1,5-2,2 liter urinlösning per person och dygn, förutsatt att urinledningarna är helt täta så att inget ovidkommande vatten kan läcka in i systemet. Vattenmängden vid spolning av urinskålen får inte överstiga 0,15 liter per spolning för att ovanstående rekommendationer skall gälla. Den lägre siffran förutsätter att personerna är hemma högst 14 till 16 timmar per dygn.

Den vanligaste felfunktionen i större urinsorterande system är inläckage av vatten i ledningssystemet, vilket ökar tömningsfrekvensen, tankvolymen och resursförbrukningen. I Understenshöjden finns indikationer på ett visst inläckage. Dimensioneringsanvisningarna ovan förutsätter att ledningssystemet är helt tätt. Det är viktigt att ledningsdragningen utförs så att systemet är lätt att inspektera och rensa, eftersom vi ännu vet för lite om vad som händer i det.

Koncentrationen på urinlösningen i Understenshöjden var relativt hög, 3,6 g kväve och 0,35 g fosfor per liter. Kvoten mellan kväve och fosfor var mellan 11 och 12. Urinlösningen i Palsternackan innehöll 3,3 g kväve och 0,31 g fosfor per liter. Kvoten kväve och fosfor låg mellan 10 och 11, utom i färsk urin som hade en kvävefosforkvot runt 8.

Tungmetallhalterna i urinen var mycket låga i båda områdena. Vid tillförsel av 150 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ per ha blir tungmetalltillförseln mindre än eller lika med 10% av den som tillåts enligt slamreglerna år 2000 utom för koppar. För koppar blir tillförseln 34% resp. 45% för urin från Understenshöjden resp. Palsternackan. Värdena för koppar blir höga på grund av att toalettens vattenlås var tillverkat av koppar.

Hemvaron är den parameter som mest påverkar den mängd näringsämnen som återfinns i urinlösningen i ett bostadsområde. I dessa mätningar var de boende i snitt hemma 58%, respektive 67% av dygnet, vilket drastiskt påverkade vilka mängder av olika ämnen som urinlösningen i tankarna förväntades innehålla. Vid dimensionering av nya anläggningar är det viktigt att ta hänsyn till hur mycket brukarna förväntas vara i fastigheterna. Den uppsamlade urinen i Understenshöjden innehöll 4,9 gram kväve, 0,42 gram fosfor och 1,34 gram kalium per boende och dygn. Detta utgör 78, 74 respektive 95% av förväntade mängder, om de förväntade mängderna beräknas utifrån Naturvårdsverkets schablonvärden justerade för de boendes hemvaro och för andelen barn bland dem. I Palsternackan var motsvarande mängder 4,2 gram kväve, 0,40 gram fosfor och 1,14 gram kalium. Dessa mängder utgjorde 59, 61 resp. 70% av förväntade mängder. Skillnaden i uppsamlade mängder beror på att sorteringsgraden var högre i Understenshöjden. Detta visar på vikten av motivation och förståelse även vid källsortering av urin, samt att män skall kunna stå upp och använda toaletterna. Urinsortering på arbetsplatser och i offentliga lokaler bör ge större relativ minskning av näringsämnen i det återstående avloppsvattnet, eftersom en större andel av urinerings sker på arbetsplatserna jämför med övriga aktiviteter som tillför näring till avloppsvattnet.

Vid provuttag för analys av fosfor, kalcium, magnesium och tungmetaller i källsorterad urin är det viktigt att inte gammalt sediment i tanken påverkar analyserna. Mineraler sedimenterar snabbt och blir lätt kvar på botten vid tömning av tank. En del fosforföreningar sedimenterar också, vilket gör att tankinnehållet bör blandas mycket väl

för att få med allt fosfor i analyserna. För utvärdering av urinsorterande system är det viktigt att urintanken är ordentligt rengjord före mätning så man säkert vet att inget gammalt sediment ligger kvar.

Flera olika mätparametrar är tänkbara vid utvärdering av sorteringsgraden i ett urinsorterande system. Analys av kvävekoncentrationen i urinlösningen har fördelen att det är lätt att ta ett representativt prov. Behovet av blandning är litet. Men försiktighet bör iaktas så att inte ammoniak avgår till luften under provuttag, provförvaring eller analys. Mätning av fosforkoncentrationen har fördelen att fosfor inte avgår till luften men nackdelen att fosfor faller ut, sedimenterar snabbt och lägger sig på botten. Representativa prov kräver mycket kraftig omrörning, samt att tanken noggrant rengörs så att inget fosforhaltigt slam finns på tankens botten vid mätningens början. Mätning av kalium har fördelarna att det både är lätt att få ett representativt prov och att det inte finns någon risk för avgång till luft. Nackdelarna med att analysera kaliumkoncentrationen är att våra mätningar antyder att schablonsiffran för kaliumutsöndring med urinen kan vara något låg, att kaliumintaget varierar mycket mellan olika personer beroende på deras diet och att kalium inte är en direkt miljöpåverkande parameter. Mätning av kaliummängder ger alltså inget direkt mått på ur mycket recipienten avlastas genom att urinen sorterats.

Utformning urinledningssystemet och provtagningsmetodiken ska vara sådan att ventilationen över urinen blir minimal, förutom den tryckutjämning som behövs vid påfyllning och tömning. Vi rekommenderar därför att inkommande urinledningar till tanken ska mynna ut nära botten. De måste dock utformas så att rören ej riskerar att sätta igen av sediment. Därför bör inkommande ledning mynna nära den plats varifrån tankinnehållet töms. Av underhållsskäl bör påfyllning och tömningen ske nära tankens manlucka.

Mätningarna tyder på att det i urinledningarna efter något år har bildats biofilm som är mycket effektiv på att omvandla urea till ammonium. Endast spår av nitrit eller nitrat kunde påvisas i urinlösningen. Kväveförlusten via denitrifikation från urinlösning under lagring är därmed försumbar.

Vad det gäller toaletternas användarvänlighet finns det utrymme till förbättringar. Det är viktigt att urinspolknappen är bra placerad och lätt att trycka in, samt att vattenstrålen spolar rent urinskålen. Rengöring av toaletten är krävande. Framför allt är det fekalier som fastnar på porslinet. Mätningarna visar att toalettens urinsorteringen skulle kunna bli bättre. Hög motivation behövdes för bra utsortering. En viktig förbättring vore om toaletten utformades så att män kunde stå och urinera.

REFERENSER

- Björklund, A., Dalemo, M., Nybrant, T., Oostra, H., Oscarsson, C. och Sonesson, U. 1997. Systemanalys av avfallshanteringen i Stockholm. Manus till AFR-rapport.
- Becker, W. 1992. Befolkningens kostvanor och näringsintag. Vår föda 44(8):349-362
- Burström, A., Jönsson, H. 1998. Dubbelspolade urinsorterade toaletter- driftserfarenheter och problemuppföljning. Rapport 229. Institutionen för lantbruksteknik. SLU
- Dalemo, M., Sonesson, U., Björklund, A., Mingarini, K., Frostell, B., Jönsson, H., Nybrant, T., Sundqvist, J.-O. & Thyselius, L. 1997. ORWARE - A simulation model for organic waste handling systems, Part 1: Model description. Resources, conservation and recycling 21: 17-37.
- Dalhammar, G. 1997. Behandling och koncentrerings av humanurin. Rapportmanus. KTH.
- Garrow, J.S. 1993. Composition of the body. In: Garrow JS, James WPT, eds. Human nutrition and dietetics, 9th ed. Churchill Livingstone, Edinburg. sid:13-23.
- Hanæus, Å. & Johansson, E. 1996. Urinsortering avloppssystem - Inventering, utvärdering och laboratorieförsök. Examensarbete 1996:176E, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik, Tekniska Högskolan i Luleå.
- Hellström, D. & Kärrman, E. 1995. Nitrogen and phosphorus in fresh and stored urine. I: Hellström, D. 1996. An investigation of components in wastewater nutrients management: natural sludge dewatering and storage of urine. Licentiate thesis, Division of Sanitary Engineering, Luleå university of technology.
- Hellström, D. & Kärrman, E. 1997. Exergy analysis and nutrient flows of various sewage systems. Water Science & Technology 35 (9):135-144. Luleå university of technology.
- Höglund, C., Stenström, T. A., Jönsson, H., Sundin, A. 1997. Evaluation of faecal contamination and microbial die-off in urine separating sewage systems. Conference paper at Water Quality International 1998, Nineteenth Biennial Conference of the International Association on Water Quality, Vancouver, BC Canada, June 21-26, 1998.
- Jönsson, H., Olsson, A., Stenström, T. A. & Dalhammar, G. 1996. Källsorterad humanurin i kretslopp - förstudie i tre delar. Rapport 1996 - 03, VA-Forsk.
- Jönsson, H. 1996. Vilken betydelse har avloppsprodukterna som växtnäring? Dokumentationen från Elmia Water 1996. Jönköping 23-26 april.
- Karlsson, Å. 1996. Behandling av humanurin för näringskretslopp. Examensarbete 1996:128E, Institutionen för samhällsbyggnadsteknik, Tekniska Högskolan i Luleå.
- Kirchmann, H. & Pettersson, S. 1995. Human urine - Chemical composition and fertilizer use efficiency. Fertilizer Research 40:149-154.
- Malmkvist, P.-A., Björkman, H., Stenberg, M., Andersson, A.-C., Tillman, A.-M. & Kärrman, E. 1995. Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund - Delrapport från ECOGUIDE-projektet. VA-Forsk Rapport nr 1995-03. Stockholm.
- NV. 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll? Rapport 4425, Naturvårdsverket.
- Nybrant, T., Jönsson, H., Frostell, B., Sundqvist, J.-O., Thyselius, L., Dalemo, M., Mingarini, K. & Sonesson, U. 1994. System analysis of organic waste, AFR Rapport 27, Avfallsforskningsrådet, Stockholm.
- Nybrant, T., Jönsson, H., Frostell, B., Sundqvist, J.-O., Thyselius, L., Dalemo, M., Mingarini, K., Sonesson, U. 1996a. Systems analysis of organic waste - the ORWARE model, case study part one. AFR-Report 109.

- Nybrant, T., Jönsson, H., Frostell, B., Sundqvist, J.-O., Thyselius, L., Dalemo, M., Mingarini, K., Sonesson, U. 1996b. Systems Analysis of organic waste. In: Hansen, J. A. (Ed). Management of urban biodegradable wastes - collection, occupational health, biological treatment, product quality criteria and end user demand. James & James (Science Publishers) Ltd., London, UK, for International Solid Waste Association, ISWA, Copenhagen, Denmark.
- Olsson, A. 1995. Källsorterad humanurin - förekomst och överlevnad av fekala mikroorganismer samt kemisk sammansättning. Rapport 208, Institutionen för lantbruksteknik, SLU.
- Rodhe, L. & Johansson, S. 1995. Urin - Spridningsteknik, ammoniakavgång och växtnäringsutnyttjande. Rapport Lantbruk & Industri nr 217, Jordbrukstekniska Institutet. Uppsala.
- SCB. 1995. Befolkningsstatistik del 3. Statistiska Centralbyrån.
- SFS 1985:840. Förordningen (1985:840) om vissa hälso- och miljöfarliga produkter m.m. Svensk författningssamling.
- SNFS 1994:2. Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket. Statens naturvårdsverks författningssamling.
- Sonesson, U., Dalemo, M., Mingarini, K. & Jönsson, H. 1997. ORWARE - A simulation model for organic waste handling systems, Part 2: Case study and simulation results. Resources, conservation and recycling (Accepted).
- Standard Methods. 1985. Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association.
- Stenberg, M.-L., Andersson, A.-C. & Kärrman, E. 1996. Miljökonsekvensbeskrivning tillämpad på alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Rapport 1996:1, Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.
- Tillman, A.-M., Lundström, H. & Svingby, M. 1996. Livscykelanalys av alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund - Delrapport från ECOGUIDE-projektet. Rapport 1996:1, Avdelningen för teknisk miljöplanering, Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.

PERSONLIGA MEDDELANDEN

- Brömster, Malin. Institutionen för biokemi och biokemisk teknologi, KTH. 1996
- Eksvärd, Jan. LRF. 1996
- Pettersson, Olle. SLU Kontakt. 1996