

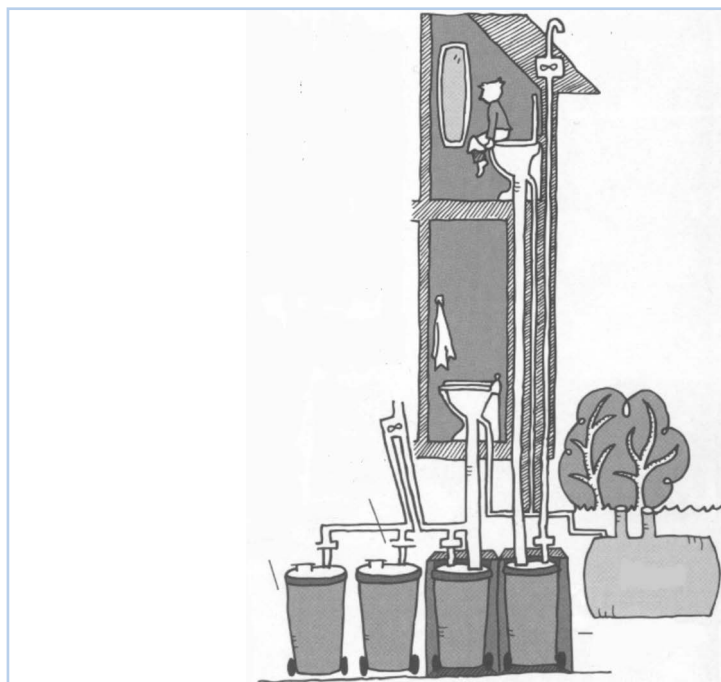
Sammanställning och flöden på **BDT-vatten, urin, fekalier** och fast organiskt avfall i **Gebers**

Helena Almqvist

Åsa Andersson

Annika Jensen

Håkan Jönsson



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SV-Utveckling) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet.

SV-Utveckling (fd VA-Forsk) initierades gemensamt av Svenska Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

SV-Utveckling styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anders Lago, ordförande	Södertälje
Olof Bergstedt	Göteborgs VA-verk
Roger Bergström	Svenskt Vatten AB
Daniel Hellström	Stockholm Vatten AB
Stefan Marklund	Luleå
Mikael Medelberg	Roslagsvatten AB
Anders Moritz	Linköping
Peter Stahre	VA-verket Malmö
Jan Söderström	Sv Kommunförbundet
Göran Tägtström	Borlänge
Agneta Åkerberg	Falkenberg
Steinar Nybruket, adjungerad	NORVAR, Norge
Peter Balmér, sekreterare	Svenskt Vatten AB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Sammansättning och flöden på BDT-vatten, urin, fekalier och fast organiskt avfall i Gebers
Title of the report:	Composition and flows of greywater, urine, faeces and solid organic waste at Gebers
Rapportens beteckning Nr i serien:	2007-05
Författare:	Helena Almqvist (Luleå tekniska universitet), Åsa Andersson, Annika Jensen, Håkan Jönsson (SLU Sveriges Lantbruksuniversitet)
Projektnr:	21-116
Projektets namn:	Substansflödesanalys (SFA) – riskämnen och näringsämnen i BDT-vatten, fekalier, urin och komposterbart avfall
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling (f.d. VA-Forsk)
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	85 A4
Sökord:	BDT-vatten, urin, fekalier, komposterbart avfall, sammansättning, flöden, föroreningar, näringsämnen, källsortering, tungmetaller, kväve, fosfor
Keywords:	Greywater, urine, faeces, compostable waste, composition, flows, pollutants, nutrients, source separation, heavy metals, nitrogen, phosphorus
Sammandrag:	Rapporten redovisar resultaten från 3 veckors mätningar av sammansättning och flöde på BDT-vatten, urin, fekalier och komposterbart avfall från ett område med 81 boende. Resultaten jämförs med andra mätningar och med schablon.
Abstract:	The report gives the results from 3 weeks of measurements of the composition and flows of greywater, urine, faeces and compostable waste from an area with 81 residents. The results are compared with literature and default values.
Målgrupper:	Forskare, kommunala tjänstemän, konsulter, miljömyndigheter
Omslagsbild:	Avloppssystemet i Gebers. Illustration: Jeanette Milde
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som pdf-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2007
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Mätningen i Gebers ingick som ett projekt i modellstaden *Urbana enklaven* i MISTRA-programmet *Urban Water*. Projektet finansierade av MISTRA, via *Urban Water*, VA-Forsk och Stockholm Vatten AB.

Bakgrunden till projektet var *Urban Waters* fråga ”Har dagens VA-system sådana grundläggande brister att vi måste byta till andra system?” För att kunna besvara frågan behövde olika källsorterande VA-system modelleras och simuleras och för detta behövdes kunskap om sammansättning och flöde på avloppsfraktionerna BDT-vatten, urin, fekalier och på fast komposterbart avfall.

Bostadsrättsföreningen Gebers i Stockholm var perfekt för mätningen. Avloppssystemet har en mycket hög grad av källsortering, vilket gör det möjligt att mäta varje fraktion för sig. Toalettssystemet källsorterar urinen och fekalier och de senare hanteras torrt. BDT-vattnet är därför ett ”rent” BDT-vatten, utan inblandning av klosettwater. Slutligen källsorteras och komposteras det fasta organiska avfallet.

Vi vill rikta ett stort och varmt **TACK** till de boende i Gebers för deras stora hjälp under projektet! Vi vill speciellt tacka projektets kontaktperson i Gebers, Nicholas Hort, för hans stora tillgänglighet och engagemang.

Helena Palmquist (numera Almqvist, LTU) har givit ett starkt och uppskattat stöd i ledningen och genomförandet av projektet. I projektets styrgrupp ingick även Cajsa Wahlberg, Agneta Bergström, Daniel Hellström (samtliga tre från Stockholm Vatten AB), Magnus Johansson (Umeå Universitet) och Nicklas Paxéus (GRYAAB).

Mätningens praktiska moment samt huvuddelen av bearbetning och analys genomfördes av Åsa Andersson och Annika Jensen med starkt stöd från Helena Almqvist (tidigare Palmquist, LTU). Vi tackar Klas Öster och Peter Johansson (båda Stockholm Vatten AB) för värdefull hjälp med mätningen av BDT-vattnet.

Denna rapport bygger i stor utsträckning på material i Andersson & Jensen (2002) *Flöden och sammansättning på BDT-vatten, urin, fekalier och fast organiskt avfall i Gebers*, vilket bearbetats, redigerats och kompletterats av författarna till denna rapport.

Projektet genomfördes med förhoppning att det skulle ge data som skulle förbättra framtida förslag till schablon- och dimensioneringsvärden. Hittills har två sådana förslag, som till stor del bygger på mätningen, publicerats, nämligen:

- Vinnerås B., Palmquist H., Balmer, P. & Jönsson H. 2006. The composition of household wastewater and biodegradable solid waste – proposal for new norms for the flow of nutrients and heavy metals. *Urban Water*, 3(1): 3–11.
- Jönsson H., Baky A., Jeppsson U., Hellström D. & Kärrman E. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and bio-waste – for utilisation in the URWARE model. Report 2005:6, *Urban Water*, Chalmers. Sweden. Download: www.urbanwater.org

Till samtliga som bidragit till projektets genomförande riktas ett varmt TACK!

Håkan Jönsson

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	7
Summary	8
1 Inledning	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
1.3 Avgränsningar	10
1.4 Definitioner	10
2 Litteraturgenomgång	11
2.1 BDT-vatten	11
2.1.1 Flöden och sammansättning	11
2.1.2 Tidigare forskning inom området BDT-vatten	13
2.2 Urin och fekalier	15
2.2.1 Flöden och sammansättning	15
2.2.2 Tidigare forskning inom området urin och fekalier	16
2.3 Fast organiskt avfall	18
2.3.1 Flöde och sammansättning	18
2.3.2 Tidigare forskning inom området fast organiskt avfall	18
2.4 Vad finns i avloppsvattnet?	18
2.4.1 Vanliga VA-parametrar	19
2.4.2 Metaller och andra grundämnen	19
2.4.3 Organiska föreningar	24
3 Material och metoder	27
3.1 Gebers – en beskrivning av provtagningsplatsen	27
3.2 Hemvaroundersökningen	29
3.3 BDT-vatten	29
3.4 Urin	31
3.5 Fekalier	32
3.6 Fast organiskt avfall	33
3.7 Inventering	34
3.8 Kemiska analyser	35
4 Resultat och diskussion	36
4.1 Hemvaroenkäten	36
4.2 Inventeringen	38
4.3 BDT-vatten	38
4.3.1 Mängd	38
4.3.2 Sammansättning	39
4.4 Spolvatten	50
4.4.1 Spolfrekvens	50

4.4.2	Beräkning av spolvattenvolym	50
4.4.3	Spolvattenförbrukning	50
4.5	Urinblandningen	51
4.5.1	Flöde av urin	51
4.5.2	Urinblandningens sammansättning.	52
4.6	Fekalieblandningen	57
4.6.1	Toalettpapper	57
4.6.2	Mängd fekalieblandning	57
4.6.3	Fekalieblandningens sammansättning	59
4.6.4	Fördelningen mellan avloppsfraktionerna i Gebers	64
4.6.5	Synpunkter på systemet med torr fekaliehantering	66
4.7	Fast organiskt avfall.	67
4.7.1	Mängd fast organiskt avfall.	67
4.7.2	Det fasta organiska avfallets sammansättning	67
5	Slutdiskussion	71
5.1	Sammansättning av det totala avloppsflödet	71
5.2	Tolkning av resultaten	75
6	Slutsatser	76
	Referenser	77
	Bilaga A: Kranvattenanalys.	84

Sammanfattning

Syftet med studien var att undersöka sammansättning och flöde på de olika avloppsfraktionerna från hushåll: bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten), urin, fekalier och fast organiskt avfall. Detta gjordes genom att flöde och sammansättning av de fyra fraktionerna mättes från 32 lägenheter med totalt 81 boende i det ekologiska kollektivhuset Gebers i Skarpnäck, Stockholm, under tre enveckorsperioder.

Provtagning av BDT-vatten skedde kontinuerligt och den uttagna provmängden samlades varje vecka till ett veckoprov. Urin, fekalier och fast organiskt avfall samlades separat och samlingsprov togs varje vecka. Samtliga fraktioner analyserades med avseende på pH, torrs substans, glödningsrest, COD, BOD₇, TOC, ammonium, nitrat, nitrit, Kjeldalkväve, totalfosfor samt grundämnena K, Ca, Fe, Mg, Na, S, Ag, Al, B, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Se, Sn, Sr, Te, W och Zn. För urin och BDT-vatten mättes också konduktivitet, suspenderad substans och fosfatfosfor. BDT-vattnet analyserades dessutom med avseende på olika PAH, PCB, ftalater, nonylfenoler och nonylfenoletoxylater, oktylfenoler och oktylfenoletoxylater, tennorganiska föreningar och bromerade flamskyddsmedel, samt triklosan och LAS. Sammanlagt undersöktes 80 utvalda organiska föreningar i BDT-vattnet.

För att få en god bakgrund till de uppkomna flödena kartlades de boende med en enkätundersökning. Med enkätens hjälp kunde också toalettpappersförbrukningen beräknas. I 26 av de 32 medverkande hushållen mättes spolningsfrekvensen för toaletterna med hjälp av elektroniska räknare. Ammoniäkförlusten mättes från uppsamlingskärnen för fekalier från 10 av de 32 fekalietunnorna. En inventering gjordes av vilka hushållskemikalier som fanns i hemmen. Tvättmedel, sköljmedel och blekmedel inventerades dessutom med avseende på förbrukade mängder.

I rapporten presenteras resultaten av provtagningarna både som koncentrationer i gram per liter och omräknat till massflöden – flöden per person och dygn (pd). BDT-vattnet utgjorde det största massflödet, 110 l/pd, och innehöll också den största mängden syreförbrukande ämnen. Drygt 70 % av kvävet återfanns i urinblandningen, vars flöde uppgick till 1,39 l/pd. Resten av kvävet fördelades ungefär lika mellan de övriga tre fraktionerna. En tredjedel av all fosfor återfanns i fekalieblandningen, vars flöde uppgick till 197 g/pd. Ytterligare en tredjedel återfanns i urinblandningen och resten fanns i BDT-vattnet (28 %) och i det fasta organiska avfallet (7 %). Flödet av fast organiskt avfall uppmättes till 182 g/pd. Hälften av allt kalium återfanns i urinblandningen. Mest krom återfanns i det fasta organiska avfallet. Fekalieblandningen innehöll de största mängderna av silver, kadmium, kvicksilver och zink. BDT-vattnet innehöll de största mängderna av kalcium, koppar, magnesium, järn, natrium, nickel, svavel och bly. Av de organiska ämnen som undersöktes i BDT-vattnet kunde 44 av 89 stycken detekteras.

Summary

The main purpose of the project was to investigate the composition and flow of the different fractions of household wastewater, greywater, urine, faeces, and of solid biodegradable waste. The flows and compositions of these four fractions from 32 apartments with 79 inhabitants in the ecological co-operative building Gebers in Skarpnäck, Stockholm, were measured during 21 days, three one-week periods.

The sampling of the greywater was done flow-proportionally and the collected samples were mixed at the end of each period. Urine, faeces and solid biodegradable waste were collected separately, and at the end of each period mixed and sampled. All fractions were analysed for pH, TS, ash, COD, BOD₇, TOC, ammonia, nitrate, nitrite, Kjeldal nitrogen, total phosphorus and the elements K, Ca, Fe, Mg, Na, S, Ag, Al, B, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Se, Sn, Sr, Te, W and Zn. For urine and greywater, conductivity, suspended solids and phosphate were also measured. The greywater was additionally analysed for the following organic compounds; PAH, PCB, phthalates, alkylphenol etoxilates, organotin compounds, brominated flame-retardants and LAS. In total, 80 selected organic compounds were analysed in the greywater.

As background information, the participating tenants were mapped with respect to number, distribution between adults and children, time spent at home each day, habits, etc. by use of a questionnaire. From the investigation, the total amount of toilet paper consumed was calculated. In 26 of the 32 participating households the toilet-flushing frequency was measured by electronic counters. The ammonia emission from some faeces collecting-bins was measured once. An investigation of the household chemicals used in the participating households was also made.

The results are presented both as concentrations, in grams per litre, for each fraction, and as emitted amount per person and twenty-four hours (pd). The greywater was the greatest flow, 110 l/pd, and also contained the largest amount of oxygen consuming substances. More than 70 % of all nitrogen was found in the urine mixture, the flow of which amounted to 1.39 l/pd. The rest of the nitrogen was divided equally between the remaining three fractions. One third of all phosphorus was found in the faeces, the flow of which amounted to 197 g/pd. Additionally, one third of the phosphorus was found in the urine mixture and the rest was found in the greywater (28 %) and in the solid biodegradable waste (7 %). The flow of solid biodegradable waste was 182 g/pd. Half of the potassium was found in the urine mixture. Most chrome was found in the solid biodegradable waste. The faeces contained the largest amounts of silver, cadmium, mercury and zinc. The greywater contained the greatest amounts of calcium, copper, iron, magnesium, sodium, nickel, sulphur and lead. In total, 44 of the investigated 89 organic compounds were detected.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

De första svenska vatten- och avloppssystemen (VA-systemen) utvecklades i slutet av 1800-talet för att förbättra hälsa och hygien hos en snabbt växande stadsbefolkning. Diken kulverterades och kloaker byggdes där avloppsvattnet transporterades ut från städerna till närliggande vattendrag och sjöar. När kloaksystemen allt eftersom byggdes ut vållade den ökade tillförseln av näringsrikt avloppsvatten till sjöar och vattendrag i städernas omgivning så småningom problem med övergödning och ökande föroreningar. För att komma till rätta med problemen började reningsverk byggas runt om i landet i mitten av 1900-talet (Svenska kommunförbundet 1996). Därefter har en successiv utbyggnad skett av avloppsreningsverken, med kulmen under 1960- och 1970-talen. För att klara kraven i miljöskyddslagen, som tillkom 1967, utvecklades de olika reningsstegen mekanisk, biologisk och kemisk rening, som de flesta av dagens konventionella reningsverk är utrustade med (Svenska kommunförbundet 1996).

Säkraste sättet att undvika övergödning är att låta avloppets växtnäring gå i kretslopp, att ta till vara och återföra växtnäringen till produktiv mark. Det konventionella avloppssystemet hushållar dåligt med växtnäringsämnen. I dagens avloppssystem blandas nyttiga och skadliga ämnen, vilket medför att det näringsrika slammet från reningsverken inte håller tillräckligt hög kvalitet och säkerhet för att accepteras av lantbrukarna som växtnäring. Slammet hamnar istället i stor utsträckning på deponi eller används i andra tekniska applikationer. Om kretsloppet medför att vissa negativa miljöeffekter ökar eller att vi känner oss otrygga och inte har kontroll över situationen motverkas grundtankarna med kretslopp. Det är med andra ord viktigt att lära oss mer om samhällets ämnesomsättning och hur denna påverkar våra VA-system. I framtiden kan de nuvarande avloppssystemen komma att behöva bytas ut mot andra

system, alternativt att de befintliga utvecklas i en mer hållbar riktning. Dessvärre är kunskapen om alternativa VA-system och innehållet i olika avloppsfraktioner liten eftersom det mesta av forskningen på VA-området hittills har bedrivits kring det konventionella systemet.

För att kunna bedöma och jämföra olika förslag på alternativa avloppslösningar behövs bland annat kunskap om vad avloppsvattnet innehåller samt i vilka koncentrationer näringsämnen, tungmetaller och andra riskämnen återfinns i dess olika ursprungsfraktioner; urin, fekalier, bad-, disk- och tvättvatten (BDT-vatten) och fast organiskt avfall. Det fasta organiska avfallet skulle kunna ingå i det samlade avloppsvattnet om t.ex. köksavfallskvarnar användes, varför kunskap behövs även om denna fraktion.

Det har tidigare gjorts ett fåtal undersökningar att kartlägga innehållet i det svenska avloppsvattnet från hushåll, bland annat i en undersökning från mitten av 1960-talet (Olsson 1967), som följdes upp i mitten av 1970-talet (Karlgrén m.fl. 1977). Under 1990-talet sammanställde Naturvårdsverket befintliga litteraturuppgifter på området i en rapport och presenterade i densamma schablonvärden som kan anses tillämpliga för svenska förhållanden (NV 1995). Schablonvärdena grundar sig till viss del på mätningar av BDT-vatten utförda i ekoby Tuggelite under en veckas tid. Andra undersökningar har genomförts i bland annat Ekoporten (Weglin & Vinnerås 2000) och i Vibyåsen (Palmquist 2001). Varken i Ekoporten eller i Vibyåsen genomfördes några mätningar på ”rena” fekalier. I Vibyåsen undersöktes ett stort antal organiska ämnen, men mätningarna var inte kontinuerliga över dygnet och ingen uppföljning av de boendes hemvaro under mätperioden genomfördes. I Ekoporten undersöktes inga organiska ämnen.

Mycket har förändrats i de svenska hushållens levnadsvanor och kemikalieanvändning sedan de tidigare undersökningarna på 60- och 70-talen gjorts. Det finns därför stort behov av att jämföra Naturvårdsverkets schablonvärden (NV 1995), (Tabell 1-1) med nya mätvärden för de olika avloppsfraktionernas flöde och innehåll av olika ämnen eftersom dessa förändras med tiden p.g.a. ständiga förändringar i konsumtionsmönster och livsstil. Det är en fördel om sådana mätningar genomförs på samtliga fraktioner samtidigt för att få massbalanserna att gå ihop.

Tabell 1-1. De nuvarande svenska schablonvärdena för specifika närings- och föroreningsmängder från hushåll (g/pd) (NV 1995).

Parameter	BDT-vatten ^a g/pd	Urin g/pd	WC g/pd	Fekalier g/pd	Totalt g/pd
Torrsubstans	80	60	95	35	175
Suspenderad substans	16	–	27	–	43
BOD ₇	28	–	20	–	48
Totalfosfor	0,6 ^b	1,0	1,5	0,5	2,1
Totalkväve	1,0	11	12,5	1,5	13,5
Kalium	0,5	2,5	3,5	1,0	4,0
Bly	$<3 \cdot 10^{-3}$	$<2 \cdot 10^{-6}$	–	$20 \cdot 10^{-6}$	$<3 \cdot 10^{-3}$
Kadmium	$<0,6 \cdot 10^{-3}$	$<1 \cdot 10^{-6}$	–	$10 \cdot 10^{-6}$	$<0,6 \cdot 10^{-3}$
Koppar	$<6 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	–	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$<7,2 \cdot 10^{-3}$
Krom	$<5 \cdot 10^{-3}$	$10 \cdot 10^{-6}$	–	$20 \cdot 10^{-6}$	$<5 \cdot 10^{-3}$
Kvicksilver	$<0,06 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-6}$ ^c	–	$63 \cdot 10^{-6}$ ^c	$<0,07 \cdot 10^{-3}$
Nickel	$<3 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-6}$	–	$74 \cdot 10^{-6}$	$<3,1 \cdot 10^{-3}$
Zink	$<50 \cdot 10^{-3}$	$45 \cdot 10^{-6}$	–	$10,8 \cdot 10^{-3}$	$<61 \cdot 10^{-3}$
Silver	$<0,3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-6}$	–	$0,28 \cdot 10^{-6}$	$<0,3 \cdot 10^{-6}$
Flöde (l/pd)	150	1,0	50	0,1	200

^{a)} Metallhalten i BDT-vatten avser tillförseln exklusive metallhalten i dricksvattnet.

^{b)} Avser en medelanvändning av fosforinnehållande tvätt- och övriga rengöringsmedel, 0,15 g/pd när tvätt och rengöringsmedel inte innehåller någon fosfor.

^{c)} Avser amalgambelastade personer.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete var att mäta flöden och sammansättning på avloppsfraktionerna urin, fekalier, BDT-vatten och fast organiskt avfall från hushåll. Fokus lades på avloppsfraktionernas halter av näringsämnen, 29 olika grundämnen (främst metaller) och 81 olika organiska substanser. Målet var att bidra med underlag för att kunna uppdatera de befintliga schablonvärdena (Tabell 1-1) för flöden av näring och andra ämnen i olika avloppsfraktioner och i komposterbart avfall från hushåll.

fekalier och BDT-vatten ingick i mätningen, men endast den komposterbara (organiska) delen av det fasta avfallet. Den komposterbara delen av det fasta organiska avfallet ingick i studien eftersom denna fraktion, vid ett eventuellt användande av köksavfallskvarn, kommer att ingå i det samlade avloppsvattnet.

Urvalet av substanser som ingick i studien gjordes av en projektgrupp bestående av: Håkan Jönsson (SLU), Helena Palmquist (LTU), Cajsa Wahlberg (Stockholm Vatten AB), Agneta Bergström (Stockholm Vatten AB), Daniel Hellström (Stockholm Vatten AB), Magnus Johansson (Umeå Universitet) och Nicklas Paxéus (GRYAAB).

1.3 Avgränsningar

Av ekonomiska skäl studerades endast vissa av ämnena i den eller de fraktioner där flödet antogs vara störst och således möjlig att detektera. Samtliga avloppsfraktioner från hushållet, det vill säga urin,

1.4 Definitioner

KL-vatten, svartvatten: Står för klosettwater. Avser avlopp från vattentoiletter.

BDT-vatten, gråvatten: Står för Bad-, Disk- och

Tvättvatten. Betecknar det vatten som används i ett vanligt hushåll för disk, tvätt, dusch etc. Klosett-vatten ingår inte.

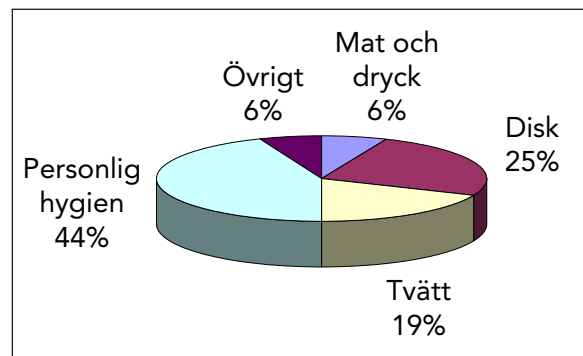
Hushållspillvatten: Spillvatten som kommer från kök, badrum, tvättstugor och klosetter/toaletter i bostadshus; BDT-vatten + KL-vatten.

Hemvarotimmar: Det antal timmar som en person vistas i eller omkring hemmet.

bd: Boende och dygn (boendedygn). Motsvarar det faktiska antalet hemvarotimmar per boende och dygn; i Gebers en person som vistas i hemmet ungefär 63 % av dygnet.

pd: Person och dygn (persondygn). Motsvarar en person som vistas i hemmet 100 % av dygnet; omräknat från det totala antalet timmar tillbringade i hemmet under en viss period dividerat med 24.

konventionellt toalettssystem används. Den genomsnittliga användningen per hushåll fördelat på olika aktiviteter är enligt VAV (2001): 30 liter för tvätt, 40 liter för disk, 70 liter för personlig hygien, 10 liter för mat och dryck och 10 liter per person och dygn för övrig användning (Figur 2-1).



Figur 2-1. Fördelning av BDT-vattenanvändningen per person (VAV 2001).

2 Litteraturgenomgång

2.1 BDT-vatten

2.1.1 Flöden och sammansättning

I svenska hushåll förbrukas cirka 150 liter BDT-vatten per person och dygn enligt gällande schablonvärden (NV 1995), vilket överensstämmer väl med statistik från VAV (VAV 2001). I senare svenska undersökningar har BDT-vattenflödet uppmätts till 104 och 108 liter per boende och dygn i Ekoporten (Weglin & Vinnerås 2000) respektive i Tuggelite (NV 1995). I en enkätundersökning från år 2000 där ett tiotal hushåll medverkande uppges BDT-vattenförbrukningen vara knappa 90 liter BDT-vatten per person och dygn (Elfström Broo m.fl. 2000). En låg BDT-vattenförbrukning, endast 66,4 liter per person och dygn, har också uppmätts i Vibyåsen (Palmquist 2001).

BDT-fraktionen står för ungefär 75 % av det totala flödet av hushållspillvatten i de fall då ett

Ämnena i BDT-vattnet kommer från kemiska produkter som används i hushållet, till exempel tvättmedel, tvål, parfym, konserveringsmedel och färger, men också från mat och dryck. Köksvattnet innehåller mycket lipider (fetter och oljor) och matpartiklar, och tvättvatten innehåller stora mängder tvättmedel, partiklar och fibrer (Eriksson m.fl. 2000).

Koncentrationerna av närsalterna kväve och fosfor i BDT-vatten är ofta tämligen låga i jämförelse med blandat spillvatten. Den näring som finns antas komma från matrester vid diskning, smuts på tvätt, hudrester med mera från bad och dusch samt från tvätt- och rengöringsmedel. Mängden fosfor i BDT-vattnet beror på hur mycket fosforhaltigt tvättmedel och diskmedel som används (NV 1995). Kalium i BDT-vattnet kommer bland annat från dricksvatten, kaliumberikat bordssalt, olika rengöringsmedel och flytande tvättmedel. Upp till 12 % av det kväve och kalium som finns i blandat spillvatten härstammar från BDT-vatten, liksom cirka 25–30 % av fosforinnehållet (NV 1995). De svenska schablonvärdena för näring i BDT-vatten finns i Tabell 1-1 och uppgifter om näringsinnehåll i BDT-vatten från tidigare undersökningar finns i Tabell 2-1.

BDT-vattnet är den fraktion av hushållspillvattnet som innehåller den största mängden metaller. Metallerna kommer från damm, utlakning från metallinnehållande material som bestick, kastruller, metallknappar, blixtlås, textilfärger, tandamalgalam, ledningar, maskiner med mera (NV 1995).

Tabell 2-1. Vid tidigare studier uppmätta flöden av näringsämnen och andra parametrar i BDT-vatten.

Referens	Flöde l/pd	TS g/pd	BOD g/pd	Kond. mS/m	SS g/pd	Kväve g/pd	Fosfor g/pd
Bromsten (Olsson 1967)	121,5	75–80	25 ^a	167,3	17–18	1,1	2,2
Bromsten (Karlgrén m.fl. 1977)	–	–	28,3 ^a	–	–	0,72	0,29
Tuggelite (NV 1995)	108	80	17,7 ^b	–	9,1	0,82	0,36
Vibyåsen (Palmquist 2001)	66,4	41,5	27,7 ^b	–	–	0,64	0,50
Ekoporten (Weglin & Vinnerås 2000)	104	59,1	7,7 ^b	546	–	1,68	0,45

^a) BOD₅.

^b) BOD₇.

Metallerna finns också i fosforbaserade tvättmedel och byggmaterial (Vinnerås 2001). De svenska schablonvärdena för tungmetaller i BDT-vatten finns i Tabell 1-1, och uppgifter om metallhalter från andra undersökningar som gjorts finns i Tabell 2-2.

Olika organiska föreningar som kan förekomma i BDT-vattnet har börjat uppmärksammas först på senare år. De förekommer vanligtvis i mycket låga halter och är därför svåra att detektera. Många av

ämnena är skadliga för människor och ekosystem och finns i flera av våra vanligaste hushållsprodukter, som till exempel diskmedel, färger, lim, livsmedel, tapeter, möbelklädselar med mera (Bernes 1998). I Danmark har studier av innehållsdeklarationer på olika typer av vanliga danska hushållsprodukter visat att åtminstone 900 olika organiska föreningar förmodligen förekommer i våra avloppsvatten (Eriksson m.fl. 2002).

Tabell 2-2. Vid tidigare studier uppmätta halter av vissa grundämnen i BDT-vatten (inklusive bidrag från kranvatten).

Grundämne (element)		Bromsten Karlgrén m.fl. 1977		Tuggelite NV 1995	Vibyåsen Palmquist 2001	Ekoporten W & V ^a 2000
		Bad mg/l	Kök mg/l	BDT-vatten mg/l	BDT-vatten mg/l	BDT-vatten mg/l
Silver	Ag	<0,002	<0,002	<0,002	<0,00055	–
Aluminium	Al	0,1	0,3	3,2	2,4	–
Arsenik	As	–	–	<0,038	<0,000990	–
Bor	B	–	–	–	–	0,829
Barium	Ba	–	–	0,051	0,018	–
Vismut	Bi	–	–	–	0,00033	–
Kalcium	Ca	20	15	35	33,8	34,4
Kadmium	Cd	<0,02	<0,02	<0,038	0,00010	0,00030
Kobolt	Co	<0,005	<0,005	<0,012	0,00136	–
Krom	Cr	<0,005	<0,005	0,036	0,0037	0,00938
Koppar	Cu	0,06	0,04	0,104	0,0618	0,111
Järn	Fe	0,3	0,3	1,86	0,36	0,634
Kviksilver	Hg	–	–	0,00029	<0,00002	<0,0001
Kalium	K	–	–	11,6	8,10	39,8
Magnesium	Mg	4	4	9,7	5,74	4,27
Mangan	Mn	0,01	0,02	0,09	0,0121	–
Molybden	Mo	<0,01	<0,01	–	–	–
Natrium	Na	–	–	65	77,63	58,4
Nickel	Ni	0,008	<0,005	<0,025	0,011	0,00798
Bly	Pb	0,01	0,01	<0,063	0,00252	0,0135

forts. Tabell 2-2. Vid tidigare studier uppmätta halter av vissa grundämnen i BDT-vatten (inklusive bidrag från kranvatten).

Platina	Pt	–	–	–	<0,000033	–
Svavel	S	–	–	18,9	23,68	–
Antimon	Sb	<0,2	<0,2	–	0,00044	–
Kisel	Si	3	3	–	–	–
Tenn	Sn	<0,02	<0,02	–	0,00240	–
Tellur	Te	–	–	–	<0,00055	–
Titan	Ti	0,05	3	–	–	–
Vanadium	V	<0,005	<0,2	–	–	–
Zink	Zn	<0,2	<0,2	0,58	0,0644	0,126

a) Weglin och Vinnerås (2000).

2.1.2 Tidigare forskning inom området BDT-vatten

Endast ett fåtal undersökningar av hushållens BDT-vatten har tidigare gjorts. Då har förutom flöde främst klassiska avloppsp parametrar som pH, konduktivitet, torrsubstans (TS), närsalter (kväve, fosfor, kalium), suspenderad substans (SS), biokemiskt syreförbrukande ämnen (BOD), kemiskt syreförbrukande ämnen (COD), mikroorganismer och metaller undersökts (Olsson 1967; Karlgren m.fl. 1977; NV 1995; Eriksson m.fl. 2002). På senare tid har många nya ämnen uppmärksamats och det finns ett behov av att ta reda på vilka ämnen som egentligen finns i de olika avloppsfraktionerna samt i vilka halter de förekommer.

Statens institut för byggforskning gav 1967 ut "Hushållsspillvattnet – sammansättning och egenskaper" (Olsson 1967). Rapporten behandlar mängder och sammansättning av avloppsvatten från klosetter samt bad-, disk- och tvättvatten och grundar sig på uppgifter från omfattande provtagningar under 12 veckor i ett hyreshus i kvarteret Fredrik Bromsten i Stockholm 1965. Ett stort antal prover togs på avloppsvatten från kök och badrum samt kombinationen kök och badrum. Proverna analyserades kontinuerligt. På vatten från tvättstugan togs stickprov. Som bakgrund kartlades hyresgästerna med avseende på antal, fördelning på ålder och kön, levnadsvanor etc. Rapporten omfattar flöde, pH, konduktivitet, SS, TS, glöddrest, glödförlust, kväve, fosfor, COD, BOD₅ och bakterier. Innan rapporten sammanställdes saknades kända litteraturvärden för föroreningar i färskt avloppsvatten från hushåll. Tidigare hade data främst baserats på föroreningar i

kommunalt avloppsvatten, uppmätta i reningsanläggningar och uppgifter på föroreningar i KL-vatten, oftast beräknande från medicinska värden (Olsson 1967).

I "Hushållsspillvattnet sammansättning och egenskaper" (Karlgrén m.fl. 1977) gjordes ett försök att komplettera Olssons undersökning från -67. Huvudintresset hade lagts på avlopp från kök och badrum och mätningarna utfördes på samma objekt som tidigare under två veckoperioder 1975–76. Rapporten omfattar flödet av avloppsvatten från kök och badrum, analyser av BOD, COD, pH, konduktivitet, fosfor, kväve och metaller (Ag, Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Si, Sn, Ti, V, Zn) samt bakteriologiska undersökningar.

Naturvårdsverket tog 1995 fram nya schablonvärden för dagens förhållande beträffande närings- och föroreningsinnehåll (metaller och bakterier) i BDT-vatten (Tabell 1-1). De nya värdena som presenterades i rapporten "Vad innehåller avlopp från hushåll?" (NV 1995) grundar sig dels på en litteratugenomgång och dels på resultat från en fältundersökning av BDT-vattnets sammansättning i ekoby Tuggelite, på ett daghem i Tuggelite samt vid ett personalkök och ett skolkök. I rapporten togs också ett "nollvärde" fram för kväve, fosfor, COD och SS i BDT-vatten, det vill säga den föroreningsbelastning som alstras av en person under ett dygn, borträknat tillförda kemikalier.

På senare år har det tillkommit ett antal nya undersökningar som presenterar data för avloppsvattnets olika fraktioner. Under 1999 utförde Johanna Weglin tillsammans med Björn Vinnerås, SLU, en undersökning av olika avloppsfraktioners flöde och sammansättning i flerfamiljshuset Ekoporten i Norrköping (Weglin & Vinnerås 2000). Där var BDT-vatten en

av de avloppsfraktioner som undersöktes med avseende på vanliga avloppsparametrar, näringsämnen och metaller. Rapporten från Ekoporten innehåller författarnas egna förslag på nya schablonvärden för mängder, näringsämnen och metaller i BDT-vatten.

Förutom näringsämnen, grundämnen och metaller innehåller BDT-vatten från hushåll också ett stort antal andra ämnen varav vissa kan antas vara riskämnen. Om halterna i olika typer av avloppsvatten av dessa ämnen, t.ex. bromerade flamskyddsmedel, tennorganiska ämnen, nonylfenol m.fl. finns inte många uppgifter i litteraturen. För att öka kunskapen om vilka av avloppsvattnets föroreningar som kommer från hushållsspillvattnet utfördes 2001 en studie i bostadsområdet Vibyåsen i Sollentuna. Förutom de vanliga avloppsparametrarna och metallanalyserna utfördes en undersökning av organiska ämnen och andra riskämnen i gråvatten och svartvatten. Av 105 utvalda substanser hittades 71 i det BDT-vatten som undersöktes (Palmquist 2001).

I många delar av världen råder vattenbrist vilket har lett till ett intresse för att återanvända BDT-vatten i olika applikationer. Bland annat rapporterade Burrows m.fl. (1991) från den amerikanska armén om innehållet i duschspillvatten med avseende på pH, hårdhet, alkalinitet, turbiditet och TOC. I Australien har i flera omgångar olika fraktioner av BDT-vatten undersökts. Bland annat har både Wilkie m.fl. (1996) och Christova-Boal m.fl. (1996) undersökt koncentrationerna av näringsämnen, grundämnen och metaller i avloppsvatten respektive spillvatten från badrum och tvättstugor i Melbourne. Wilkie mätte dessutom koncentrationen av 7 olika ftalater i avloppsvatten. I Korea har pH, suspenderad substans samt innehållet av näringsämnen i spillvatten från kök, badrum och tvättstuga i en kontorsbyggnad undersökts av Shin m.fl. (1998).

Från undersökningar av BDT-vattnets sammansättning gjorda i Europa finns bland annat uppgifter från Storbritannien om flöde och innehåll av näringsämnen i spillvatten från badkar, handfat, dusch, köksvask och tvättmaskin (Almeida m.fl. 1999) samt uppgifter om innehåll av olika näringsämnen i

blandat BDT-vattnet (Jefferson m.fl. 1999). Samma år kom en undersökning av innehållet av näringsämnen i spillvatten från dusch, dusch och bad samt dusch, bad och tvättmaskin i Berlin, Tyskland ut (Nolde 1999).

I en nyligen publicerad dansk artikel har ett stort antal uppgifter från olika källor världen över sammanställts (Eriksson m.fl. 2002). Författarna har genomfört en omfattande litteraturstudie av BDT-vatten och redovisar i artikeln uppgifter på innehållet av näringsämnen, grundämnen och tungmetaller samt värden på vanliga avloppsparametrar i spillvatten från badrum, tvättstugor och kök samt blandat BDT-vatten. En av de slutsatser som dras i artikeln är att den nuvarande kunskapen om BDT-vattnets sammansättning är begränsad. Den litteratur som finns tillgänglig visar att fokus hittills har varit på innehållet av främst COD, BOD, näringsämnen och vissa mikroorganismer. Några av studierna i artikeln har inkluderat mätningar av tungmetaller, men uppgifter om organiska ämnens förekomst och halter saknas helt. På grund av den bristande kunskapen anser författarna att det finns ett stort behov av att snabbt ta fram mer information om innehållet i BDT-vatten, särskilt med avseende på organiska ämnen. Därför är uppgifterna från Gebers särskilt intressanta eftersom de visar aktuella uppmätta mängder för ett stort antal organiska föreningar och tungmetaller i BDT-vatten, förutom för de vanliga avloppsparametrarna.

Även om kunskapen om halter av organiska ämnen i BDT-vatten är bristfällig så har deras förekomst i blandat hushållsspillvatten tidigare undersökts i inkommande vatten till och utgående vatten från kommunala reningsverk se Tabell 2-3 (Paxéus 1999) samt i dricksvatten (Bergstedt 1999). I Danmark har flera försök gjorts att kartlägga förekomsten av organiska ämnen i gråvatten genom omfattande inventeringar av hushållskemikalier (Auffarth 1999; Eriksson m.fl. 2000; Auffarth m.fl. 2001). Ett antal utvalda organiska föreningar och metaller har tillsammans med de vanliga avloppsparametrarna också undersökts i hushållsspillvatten av Andersson (1978) och Hugmark och Jonsson (1990).

Tabell 2-3. Antal detekterade av 263 undersökta organiska föreningar och deras respektive koncentration i inkommande avloppsvatten till ett antal svenska reningsverk (RV) (Paxéus 1999).

Koncentrationsnivå µg/l	Antal föreningar i inkommande avloppsvatten till:		
	Små RV ^a	Medelstora RV ^b	Stora RV ^c
>100	3–4	3–6	6–8
50–100	1	1–2	3–5
10–50	10–12	17	22–26
1–10	51–69	61–64	71–84
0,1–1	73	59–77	62–64

^{a)} Ölmanäs reningsverk, Kungsbacka och Donsö reningsverk, Göteborg.

^{b)} Lerums reningsverk, Lerum och Skansverket, Uddevalla.

^{c)} Henriksdal, Stockholm och Ryaverket, Göteborg.

2.2 Urin och fekalier

2.2.1 Flöden och sammansättning

Den utsöndrade mängden urin varierar från person till person och beror bland annat på intag av föda och dryck och i viss mån även av metabolismen. Urinflöden som uppmätts i olika undersökningar ligger mellan 1,0 och 1,7 liter per person och dygn (NV 1995; Vinnerås 1998; Jönsson m.fl. 1998; Lindgren 1999; Weglin & Vinnerås 2000). Från urinsortering toaletter varierar mängden uppsamlad urinflöden, det vill säga urin och spolvatten, från 1 till drygt 3 liter per person och dygn. Urin utgör mindre än 1 % av hushållsspillvattnets totala flöde men innehåller omkring 80 % av kvävet, 50 % av fosfor och 60 % av kaliumet. Enligt Naturvårdsverkets schablonvärden (NV 1995) utsöndras 1,0 liter per person och dygn och utsöndringen av näringsämnen i urinen uppgår till cirka 11 gram kväve, 1 gram fosfor och 2,5 gram kalium per person och dygn.

Kvävet i urinen utsöndras till cirka 80 % som urea, resten huvudsakligen som ammonium/ammoniak och kreatinin. I ledningssystemet finns i regel god tillgång till enzymet ureas, varför urea snabbt bryts ned till ammonium och koldioxid (Jönsson m.fl. 2000). Fosfor förekommer i färsk urin till största delen som ortofosfat (PO_4^{3-}). Fosfat kan bilda svårslösliga föreningar framförallt med järn-, magnesium-, och kalciumjoner i urinflöden, men även med ammoniumkväve. Kalium återfinns i urinen främst som fria joner och svavel som sulfatjoner (Vinnerås 2001). Innehållet av övriga metaller i urinen är lågt. Av de konsumerade eller inhaleda mängderna metall

utsöndras endast cirka 5–15 % med urinen medan huvuddelen utsöndras med fekalerna. Ungefär 80 % av inandade metaller tas upp och av dessa utsöndras hälften med urinen, vilket betyder att cirka 40 % av de inandade metallerna utsöndras med urinen (Vinnerås 2001).

Fekalierna är den till vikten minsta av avloppsfractionerna från hushåll men är den fraktion som näst urinen innehåller mest växtnäringssämnen. Enligt dagens schablonvärden utsöndras ungefär 0,1 liter fekalier per person och dygn och utsöndringen av näringsämnen uppgår till cirka 1,5 g kväve, 0,5 g fosfor och 1,0 gram kalium per person och dygn (NV 1995). Mängden utsöndrade fekalier och deras sammansättning varierar mellan olika personer beroende på bland annat ålder och kosthåll. Kött och annan mat med lite fibrer ger mindre volym fekalier än mat med högt innehåll av fibrer (Vinnerås 2001). Av näringen i maten som konsumeras utsöndras cirka 10–20 % av kvävet, 20–50 % av fosfor och 10–20 % av kaliumet med fekalerna (Vinnerås 2001).

Kvävet i fekalerna är till ungefär 17 % bundet i bakterier och 10 % finns i form av ammoniak, som är en nedbrytningsprodukt av urea, aminosyror och peptider. Resten finns i olika organiska föreningar som urinsyra, peptider och enzymer. Hälften av kvävet är vattenlösligt. Fosfor är till största delen utfälld som kalciumfosfat men finns även bundet i organiska föreningar. Endast en liten del av fosfor finns som lösta joner. Kalium däremot återfinns främst som lösta joner (Vinnerås 2001).

De tungmetaller som intagits med maten passerar huvudsakligen genom tarmsystemet utan att absorberas och hamnar därmed i fekalerna (NV 1995).

Utsöndringen av kvicksilver med urin och fekalier är starkt relaterad till förekomsten av amalgamlagningar i tänderna. En studie av utsöndringen av kvicksilver i förhållande till antalet amalgamlagningar visar på en utsöndring av cirka 2,5 µg per person och dygn (medianvärde) för personer med amalgamlagningar och oftast mindre än 1 µg/pd för amalgamfria personer. Den största delen av det kvicksilver som intas med födan återfinns i fekalierna. Hos personer med amalgamlagningar är dessa den helt dominerande källan till kvicksilver i fekalierna. Fekalierna från en genomsnittligt amalgambelastad person innehåller omkring 63 µg kvicksilver per dygn (Skare & Engquist 1992).

2.2.2 Tidigare forskning inom området urin och fekalier

I mitten av 1960-talet gav Statens institut för byggforskning ut en rapport (Olsson 1967) där sammansättningen hos avloppsvatten från hushåll i storstadsmiljö studerades. Mätningarna utfördes under en 12-veckorsperiod vintern 1965 i kvarteret Fredrik Bromsten i Stockholm. Avloppssystemet var uppdelat på gråvatten och svartvatten. Eftersom ett flertal tidigare undersökningar från 1920- till 1960-talen gjorts på svartvatten lades tyngdpunkten i mätningarna på innehållet av olika ämnen i gråvattnet. På svartvattnet togs endast slumpmässiga veckostickprov, vilket resulterade i osäkra analysresultat.

Framtagandet av nya schablonvärden för mängderna av näringsämnen och metaller i urin och fekalier finns redovisade i Naturvårdsverkets rapport nr 4425 "Vad innehåller avlopp från hushåll?" (NV 1995). Uppgifterna baseras, förutom på tidigare studier, även på uppgifter om näringsintaget med födan i Sverige. I en del av rapporten utförde Kajsa Sundberg m.fl. en litteraturstudie där tidigare undersökningars resultat beträffande mängder och sammansättning på urin, fekalier och BDT-vatten sammanställdes. De flesta publikationer som ligger till grund för bestämningen av schablonvärdena är äldre, från 1920- till 1960-talen och baseras i många fall på mätningar från ett litet urval av människor och under kortare perioder (NV 1995).

Tre undersökningar där urin och fekalier insamlats, utan inblandning av spolvatten, har gjorts i Sverige. Den ena undersökningen är från 1965

och utfördes av Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen i Stockholm. Under nio konsekutiva dygn samlades hela dygnmängden urin och fekalier från 10 kvinnliga sjuksköterskeelever (Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen 1966). I den andra undersökningen, som baserades på 27 män i åldern 24–50 år samlades bara fekalier in (Bruaux m.fl. 1985). Utifrån dessa två studier, ett antal utländska undersökningar och den av genomsnittssvensken konsumerade mängden växt-näringsämnen 1992 (Becker & Robertsson 1994) redovisar Naturvårdsverket (NV 1995) svenska schablonvärdena för utsöndrade mängder urin och fekalier samt också innehåll av näringsämnen och föroreningar i dessa fraktioner.

De värden som används som schablonvärden för svartvatten är baserade på mätningar som utfördes kontinuerligt under åtta års tid i Bälinge i Uppsala kommun. Fram till 1992 hade nämligen Bälinge ett avloppssystem som källsorterade svartvatten från gråvatten och under mätperioden var omkring 2300 personer anslutna till avloppssystemet (NV 1995).

Hellström och Kärrman (1996) studerade utsöndringen av urin, dess innehåll av kväve och fosfor samt utsöndringens variation över dygnet hos 30 personer i åldrarna 23 till 62 år. Den uppsamlade volymen urin var 1,5 l/pd och innehållet av kväve var 13 g/pd och av fosfor 1,0 g/pd. Uppsamlingen av urin skedde endast under ett dygn.

En inventering av befintliga bostadsområden, eko-byar och hyresfastigheter med urinsortering år 1996 utfördes av Hanaeus och Johansson (1996). De senaste åren har sorterande system installerats i flera andra områden och ytterligare undersökningar har utförts.

Både Vinnerås (1998) och Jönsson m.fl. (1998) har undersökt mängden uppsamlad urin och dess sammansättning i bostadsområden där dubbelspolande urinsortering installerats. Mängden av den utsöndrade urinen som samlas upp är till stor del beroende av användarnas attityd och motivation till att urinen sorteras rätt i toaletten. Jönsson m.fl. (1998) utförde mätningar i två olika bostadsområden, där toaletterna var av modell Dubbletten från BB Innovation & Co AB. Den ena undersökningen utfördes i ekobyen Understenshöjden där urin från 44 lägenheter samlades in under två 14-dagarsperioder. Den andra utfördes i vanliga hyreshus i området Palsternackan där 18 lägenheter ingick i mätningarna som även där pågick under två 14-dagarsperioder. Båda områdena ligger i Stockholm. I Understenshöjden uppsamlades med urinen 4,9 gram kväve,

0,42 gram fosfor och 1,34 gram kalium per person och dygn. Efter justering för de boendes hemvaro och andelen barn utgjorde detta 78 %, 74 % respektive 95 % av de mängder som teoretiskt borde vara möjliga att samla upp enligt beräkning utifrån Naturvårdsverkets schablonvärden. Motsvarande värden i Palsternackan var 4,2 gram kväve, 0,40 gram fosfor och 1,14 gram kalium vilket utgjorde 59 %, 61 % respektive 70 % av Naturvårdsverkets schablonvärden. Det visade sig att mer urin per person uppsamlades i Understenshöjden och mängden spolvatten som användes vid spolning var mindre än i Palsternackan. Detta visar på vikten av motivation och förståelse hos användarna av källsorterande toaletter för att urinsortering ska fungera så bra som möjligt.

Vid en undersökning utförd av Vinnerås (1998) samlades urin från bostadsområdet Hushagen i Borlänge. I studien ingick åtta enrumslägenheter, vilka var försedda med VM-Ekologens (nu Wostman Ecology) urinsorterande toalett av modell DS. Urinen samlades under sex veckor och analyserades med avseende på mängd, näringsämnen och metaller. Av de mängder som teoretiskt skulle vara möjliga att samla upp enligt Naturvårdsverkets schablonvärden samlades 65 % kväve, 45 % fosfor och 60 % kalium upp i Hushagen. Det låga fosforvärdet visade sig bero på förlust av fosfor i mätutrustningen.

Ytterligare två undersökningar har gjorts på urinsorterande avloppssystem där toaletter av modell Dubbletten används. I ett hyreshus i Hallsberg undersöktes dels rensning av stopp i urinledningen och dels kvaliteten på urinen från de 30 lägenheterna, som samlades in under åtta dygn (Lindgren 1999). Mängden uppsamlad urinblandning var relativt låg och även halterna av näringsämnen i urinen var låga. Endast 46 %, 41 % och 49 % av förväntade mängder enligt schablonen återfanns i urinen. Innehållet av tungmetaller var inte heller högt, med undantag för koppar. Orsaken till de höga kopparhalterna var sannolikt att urinvattenläsen i de urinsorterande toaletterna var tillverkat av koppar (Lindgren 1999).

De största mängderna näringsämnen i avlopp finns som tidigare nämnts i urinen. Näst denna återfinns den mesta av näringen i fekalerna. Om det ska bli möjligt att på ett optimalt sätt omhänderta och recirkulera även denna fraktion i kretsloppet måste kunskapen om innehållet av olika ämnen i fekalerna förbättras. Det finns olika system för utsortering av fekalier från övrigt avloppsvatten. I det

ekologiska boendet Ekoporten i Norrköping, där toaletterna var av modellen Dubbletten, separerades fekalerna från fekaliespolvattnet i två parallellkopplade Aquatron® spolvattenseparatorer. Mängder och sammansättning hos urin, fekalier, fast organiskt avfall och BDT-vatten i Ekoporten undersöktes av Vinnerås och Weglin (2000). Uppsamlingen utfördes under 35 konsekutiva dygn på 18 lägenheter med totalt 35 boende. Flödena relaterades även till de 35 boendes hemvaro. I rapporten föreslogs en förändring av de nuvarande schablonvärdena för flöde, näringsämnen och metaller hos urin, fekalier, BDT-vatten och fast organiskt avfall från svenska hushåll. Bland annat föreslogs schablonvärdet för urinflödet ökas till 1,5 l/pd och TS-flödet av fekalier minskas till 49 g/pd, varav 19 g/pd papper.

Palmquist (2001) har i en undersökning studerat innehållet av näringsämnen, organiskt material och indikatorämnen för organiska och oorganiska miljögifter i grävatten och svartvatten. Insamlingen utfördes i bostadsområdet Vibyåsen i Sollentuna utanför Stockholm där toaletterna är av snålspolande modell och avloppssystemet källsorterar grävatten från svartvatten. Svartvattnet kom från 44 hushåll med totalt 141 boende. Det dagliga flödet av svartvatten varierade från dag till dag och uppmättes i genomsnitt till 28,5 liter per person. Med denna volym svartvatten insamlades 4,56 g kväve och 1,53 g fosfor per person och dygn. Flödet av koppar och kadmium var 3,58 mg/pd respektive 0,011 mg/pd.

Jämförelser mellan olika hanteringssystem för avlopp och organiskt avfall från hushåll har utförts av både Kärrman m.fl. (1999) och Wrisberg m.fl. (2001). I den danska rapporten av Wrisberg m.fl. undersöktes och utvärderades 14 olika hanteringssystem för avlopp i bostadsområden i städer. Urin insamlades även från toaletter i fyra olika hustyper och analyserades med avseende på mikrobiella parametrar, näringsämnen, tungmetaller och miljöskadliga ämnen. Innehållet av kväve, fosfor och kalium i urinen förhöll sig till varandra i proportionerna 18:1: 4. Halten kadmium uppmättes till 0,57 mg/kg P och halten kvicksilver var 3,34 mg/kg P.

Ingen litteratur hittades för bidraget av metaller från toalettappret till fekalieblandningen. Mängden papper har dock mätts (Vinnerås 2001) till 8,5 kg per person och år. Detta motsvarar 23,2 gram per person och dygn.

2.3 Fast organiskt avfall

2.3.1 Flöde och sammansättning

Det har det blivit allt vanligare att hushållen källsorterar sitt avfall (RVF, [www](http://www.rvf.se)). Deponering av organiskt avfall medför bildning av lakvatten som innehåller näringsämnen och föroreningar vilket bidrar till att närliggande vattendrag övergöds. Det kan också ses om ett slöseri att inte ta vara på den växtnäring som finns i det organiska materialet och återföra den till jordbruket. Deponering av organiskt material leder till stor bildning av metan, som kraftigt bidrar till växthuseffekten (Beck-Friis m.fl. 2000). Det är därför från och med år 2005 förbjudet att lägga organiskt avfall på deponi (SFS 2001).

Av mängden mat in i hushållet blir cirka 10 % matavfall (NV 1995), som förutom matrester och skal från t.ex. frukt och grönsaker även består av äggskal, mindre kött- och fiskben, inälvrester, hushållspapper, te och kaffesump inklusive filter, m.

Mängden fast organiskt avfall per person och dygn ligger på omkring 0,22 kg (Vinnerås & Weglin 2000; Kärrman m.fl. 1999) och flödet av kväve, fosfor och kalium är mindre än i både urin och fekalier. Flödet av tungmetaller är dock oftast högre, vilket har sin förklaring i att ytorna på frukt och grönsaker utsätts för exponering av tungmetaller från atmosfäriskt nedfall och vid besprutning.

2.3.2 Tidigare forskning inom området fast organiskt avfall

En sammanställning av data beträffande mängd och sammansättning på fast organiskt avfall från hushåll saknas i dagsläget. Kärrman m.fl. (1999) har i en simulering för jämförelse mellan olika hanteringssystem för avlopp och organiskt avfall använt sig av data från bl.a. Bjuggren m.fl. (1998), Eklind m.fl. (1997) och från en sammanställning av Sonesson och Jönsson (1996). Medelvärdet av mängden organiskt hushållsavfall i undersökningarna av Bjuggren m.fl. (1998) och Sonesson och Jönsson (1996) är 80 kilogram per person och år, vilket motsvarar 0,219 kilogram per person och dygn.

I undersökningen av Eklind m.fl. (1997) studerades innehållet av näringsämnen och metaller i källsorterat fast organiskt avfall som insamlats från hushåll under en vecka. Halterna av kväve, fosfor och kalium var 21,7, 4,1 respektive 8,0 gram per kg TS. Innehållet av organiskt kol var 36,8 % av TS och C/N-halten i det analyserade materialet var 16,9.

Kompostmaterialet innehåller förutom föroreningar av metaller och organiska föreningar även "visuella" föroreningar i form av plast, gummi, glas, keramik, textil och trä. In en undersökning av föroreningarna i det fasta organiska avfallet stod plast och gummi för ca 78 % av våtvikten och metaller för 12 % (Eklind m.fl. 1997). Vid jämförelse av innehållet av metaller i olika tidigare undersökningar framgår det att ju mer välsorterat avfallet är, desto lägre är metallhalten i avfallet. Det är därför av stor betydelse att informationen till hushållen angående källsortering är tydlig och motiverande. Halterna av vissa metaller uppvisade stora variationer mellan de olika proverna, vilket tyder på förekomst av punktföroreningar i det insamlade materialet. För att få representativa analysresultat av ett så inhomogent material som det fasta organiska avfallet krävs många upprepade prover (Eklind m.fl. 1997).

I den studie av flöden och sammansättning av urin och fekalier som utfördes i Ekoporten i Norrköping undersöktes även det fasta organiska hushållsavfallet (Vinnerås & Weglin 2000). Avfall från totalt 35 boende insamlades under 35 dygn. I genomsnitt insamlades 0,226 kg material per person och dygn. Mängden kväve var 1,55 gram, fosfor 0,25 gram och kalium 0,54 gram per boende och dygn. Metallhalten i avfallet var låg jämfört med vad som anges av bl.a. Kärrman m.fl. (1999) och de metaller som förekom i hög koncentration relativt tidigare undersökningar var bly, krom och kadmium.

2.4 Vad finns i avloppsvattnet?

Avloppsvattnet innehåller ett stort antal olika substanser, varav några kan ses som resurser medan andra är oönskade föroreningar. Fosfor anses vara den största tillgången i avloppsvattnet och därför önskvärd att ta tillvara, liksom organiskt material och andra näringsämnen (NV 1993). En förutsättning

för att avloppsslammet skall gå att recirkulera är att innehållet av metaller i slammet understiger de riktvärden som naturvårdsverket ställt upp, och att det inte innehåller höga halter av stabila organiska föreningar. Höga halter av metaller och stabila organiska föreningar i avloppsvattnet kan ge skadeverkningar på längre sikt genom påverkan på det naturliga växt- och djurlivet i recipienten och dess omgivning.

2.4.1 Vanliga VA-parametrar

Det finns ett antal klassiska parametrar som används för att beskriva sammansättningen av ett avloppsvatten.

pH-värdet är ett mått på koncentrationen av vätejoner i en lösning och anger om lösningen är sur eller basisk. Det ger en bra indikation på vilka kemiska och biologiska reaktioner som kan äga rum i vattnet. Det kan till exempel visa om det finns risk för bakterietillväxt eller utfällningar i vattnet.

Konduktivitet är ett mått på mängden lösta joner i vattnet, det vill säga vattnets ledningsförmåga (S/m).

SS (suspenderad substans) är ett mått på mängden organiska och oorganiska fasta partiklar som kan sedimentera. Partiklarna i den här fraktionen kallas också suspenderade ämnen eller partikulärt material och har en diameter större än 0,45 mikrometer. Partiklar med en diameter mindre än 0,45 mikrometer ingår i fraktionen lösta ämnen.

TS (torrsubstans) beskriver den totala, icke flyktiga massan i ett prov, det vill säga summan av fasta och lösta ämnen i vattnet.

GR (glödningsrest) är ett mått på det totala innehållet av oorganiskt material i provet.

BOD (biokemisk syreförbrukning) är ett mått på vattnets innehåll av biologiskt nedbrytbara organiska ämnen. Det som mäts är syreförbrukningen när de organiska ämnena i vattnet bryts ner (oxideras) av mikroorganismer under en viss tid, vanligen fem (BOD_5) eller sju (BOD_7) dagar.

COD (kemisk syreförbrukning) anger den del av vattnets föroreningsinnehåll som kan oxideras med ett bestämt kemiskt oxidationsmedel. Det som mäts är syreförbrukningen när organiska och oorganiska ämnen oxideras. Förbrukningen av oxidationsmedel

är ett mått på innehållet av organiskt material och räknas om till den mängd syre som behövs för oxidationen.

TOC (totalt organiskt kol) är ett mått på halten organiskt material. Bestäms genom att mäta mängden bildad koldioxid vid förbränning av torrsubstansen.

N-tot (totalkväve) är en samlingsparameter för olika kväveföreningar och utgör summan av

- **Kj-N** (Kjeldahl-kväve) som är ett mått på avloppsvattnets innehåll av organiskt bundet kväve och **NH₄-N** (ammoniumkväve)
- **NO₂-N** (nitritkväve)
- **NO₃-N** (nitratkväve)

Nitrit och nitrat förekommer normalt inte i obehandlat avloppsvatten men kan bildas genom nitrifikation i aerob miljö. Av den totala mängden kväve i obehandlat avloppsvatten finns normalt cirka $\frac{3}{4}$ i löst form, huvudsakligen i form av ammonium (Svenska Kommunförbundet 1996).

P-tot (totalfosfor) anger vattnets totala innehåll av fosfor. Fosfor förekommer i avloppsvatten som organiskt bunden fosfor, eller oorganisk fosfor i form av ortofosfat (PO_4^{3-}) eller polyfosfat (kedja av ortofosfat). I avloppsvattnet sönderdelas polyfosfat stegvis till den mer stabila formen ortofosfat. Av den totala mängden fosfor i obehandlat avloppsvatten utgörs ungefär hälften av löst fosfor (huvudsakligen ortofosfat).

PO₄-P (fosfatfosfor) är den del av avloppsvattnets fosforinnehåll som föreligger som ortofosfat i löst form (Svenska Kommunförbundet 1996).

2.4.2 Metaller och andra grundämnen

Metallerna, liksom de andra grundämnena, förekommer naturligt överallt i vår miljö. En del av dem är nödvändiga för växter och djurs levnadsprocesser. Till exempel vet man att kobolt, koppar och zink är inblandade i en rad biokemiska processer, och undersökningar har visat att även nickel och krom behövs för vissa livsprocesser (Hugmark & Jonsson 1990). Däremot har tungmetallerna bly, kadmium, kvicksilver och silver ingen känd roll i livsprocesserna (Stockholm vatten AB m.fl. 2000). Om gödningsmedel med för högt metallinnehåll används vid odling kan metaller ackumuleras i marken och när

metallhalten överstiger en viss nivå i marken kan giftverkan på bakterier, växter och djurs ämnesomsättning inträffa. Likaså inträffar bristsymptom när halterna av de essentiella (livsnödvändiga) ämnena understiger vissa nivåer. I Tabell 2-4 redovisas förekommande halter av de för den här studien utvalda metallerna i havsvatten, avloppsslam, matjord och höstvetete.

Makronäringsämnen

Makronäringsämnena är grundämnena som är essentiella för både djur och växter, och som behövs i en större mängd än spårämnena. De utgörs av kalcium, kalium, magnesium, kväve, fosfor och svavel (NE 1994).

Kalcium (*Ca*) är ett mycket vanligt element (4–5 %) i jordskorpan (Dellien 1996) och det dominerande

Tabell 2-4. Halter av olika element i vatten (Dellien 1996), samt i avloppsslam, matjord och höstvetete (Eriksson 2001).

Grundämne (element)		Havsvatten ^a µg/l	Avloppsslam mg/kg TS	Matjord mg/kg TS	Höstvetete mg/kg TS
Kalcium	Ca	–	28 000	14 000	–
Kalium	K	380 000	4 400	27 000	–
Magnesium	Mg	0,12 %	3 400	7 400	–
Kväve	N	–	–	–	–
Fosfor	P	1,5	27 000	1 100	–
Svavel	S	870 000	9 000	400	–
Silver	Ag	<0,3	7,4	0,11	<0,0005
Aluminium	Al	–	40 000	66 000	–
Bor	B	4 500	61	5,1	0,69
Vismut	Bi	–	0,73	0,16	0,0003
Kadmium	Cd	0,001	1,4	0,17	0,032
Kobolt	Co	<0,2 ^b	6,2	7,1	0,0045
Krom	Cr	0,2	33	22	0,010
Koppar	Cu	0,08	390	17	4,3
Järn	Fe	0,1	49 000	33 000	–
Kvicksilver	Hg	0,0005	1,1	0,043	<0,01
Mangan	Mn	0,1	280	411	25
Molybden	Mo	0,01	6,7	0,58	1,0
Natrium	Na	1,0–1,1 %	3 500	15 000	–
Nickel	Ni	0,5	20	13	0,16
Bly	Pb	0,4 ^b	33	18	0,0068
Palladium	Pd	–	0,16	0,04	<0,001
Platina	Pt	–	<0,04	<0,04	0,0002
Rodium	Rh	–	0,04	<0,04	<0,001
Antimon	Sb	0,3	2,4	0,25	0,0005
Selen	Se	–	1,3	0,23	0,014
Tenn	Sn	0,002	22	1,8	0,076
Strontium	Sr	–	170	163	2,5
Tellur	Te	–	0,16	<0,08	<0,001
Volfram	W	–	7,9	1,3	0,006
Zink	Zn	0,05	550	65	25

^{a)} Ytvatten, Atlanten.

^{b)} Sötvatten, Sverige.

mineralämnet i den mänskliga kroppen (1–2 % av kroppsvikten). Det rekommenderade dagliga intaget (RDI) av kalcium är cirka 800 milligram och ungefär 75 % av detta fås via mjölk och mjölkprodukter, men även bladgrönsaker (framförallt kål) är en viktig kalciumkälla. Också dricksvatten innehåller stora mängder kalcium (NE 1994).

Kalium (*K*) har liksom kalcium inga större negativa miljöeffekter. Det är det sjunde vanligaste ämnet i jordskorpan och hydrosfären och fyller många viktiga funktioner i den mänskliga kroppen (NE 1994). Viktiga källor till kalium i kosten är grönsaker och rotfrukter, och särskilt baljväxter innehåller mycket kalium (Livsmedelsverket 1996). Kalium ingår i form av kaliumklorid (KCl) i olika mineralsalt (KF provkök 1991). I till exempel det vanliga mineralsaltet Seltin utgör kaliumkloriden cirka 30 % av innehållet. Även flytande tvättmedel och vissa rengöringsmedel kan innehålla kalium (Weglin & Vinnerås 2000). Kalium ingår också i form av kaliumklorid eller kaliumsulfat (K_2SO_4) i många handelsgödselmedel (Dellien 1996).

Magnesium (*Mg*) är inte heller något kritiskt element ur miljösynpunkt. Magnesium är ett av det kvantitativt viktigaste näringsämnena för djur och växter. Människokroppen innehåller totalt 20–30 gram magnesium, varav hälften finns i skelettet (NE 1994). RDI av magnesium är 300–350 milligram. De viktigaste källorna till magnesium i kosten är grönsaker, baljväxter, fisk, skaldjur, kött och spannmål (NE 1994). Magnesiumsulfat ingår liksom kaliumklorid i mineralsalt (t.ex. Seltin), fastän i mindre mängder (10 %). Ett stort användningsområde för magnesium är i olika lättmetallegeringar (Dellien 1996).

Kväve (*N*) är ett nödvändigt grundämne för allt liv och omsätts ständigt i ett globalt kretslopp mellan atmosfären och biosfären. Torr luft innehåller cirka 78 % kväve. Genom kvävefixering av kvävebindande bakterier omvandlas luftens kväve till kväveföreningarna nitrat och ammoniak som växterna kan utnyttja. Kväve är det växtnäringsämne som de allra flesta växter innehåller mest av och också behöver ta upp i störst mängd (Jordbruksverket 1999). Människokroppen innehåller cirka 3 % kväve som återfinns i proteiner och nukleinsyror (NE 1994).

Fosfor (*P*) förekommer inte i fri form i naturen utan finns i huvudsak bundet till syre som fosfat (NE 1994). I levande organismers ingår fosfaterna i

arvsmassan och i skelettet samt i ämnen som reglerar energiomsättningen. En vuxen människa omsätter dagligen cirka 1,5 gram fosfor som till 2/3 utsöndras via urin och 1/3 via fekalier. Fosfor i avloppsvatten kommer förutom från exkrementerna också från tvättmedel där det tillsatts i form av fosfater för att mjukgöra vattnet och förbättra tvättförmågan. Fosfater kan, om de släpps ut i för stora mängder till recipienten, orsaka övergödning med kraftig alg tillväxt, syrebrist och fiskdöd som följd. Fosfater har låg giftighet, men de flesta organiska fosforföreningar är mycket giftiga (Dellien 1996).

Svavel (*S*) är det 16:e vanligaste ämnet i jordskorpan och finns i levande organismer bland annat i form av aminosyror och proteiner (NE 1994). Växterna tar upp svavel i form av sulfat. Svavelbrist är sällsynt eftersom den mesta mineralgödseln innehåller svavel. Svavelhaltiga aminosyror i födan, t.ex. mjölk, kött, ägg, bröd, bönor, vete och jordnötter innehåller 1–8 % svavel. Fossila bränslen kan innehålla avsevärda mängder svavel. Förbränning av kol och olja gör att t.ex. svaveldioxid frigörs. När de sprids ut i miljön orsakar de förurning.

Spårämnen och metaller

Spårämnen, eller mikronäringsämnen och mikro-mineralämnen som det heter för växter respektive djur, är ämnen som är essentiella för organismens fortlevnad men som inte behövs i lika stor utsträckning som makronäringsämnena. Växter måste få tillgång till små doser av järn (Fe), bor (B), klor (Cl), koppar (Cu), mangan (Mn), molybden (Mo) och zink (Zn) och ibland också brom (Br), jod (I), kisel (Si), kobolt (Co), natrium (Na), nickel (Ni), selen (Se) och vanadin (V) för att kunna genomföra sin livscykel. För djur och människor är fluor (F), krom (Cr), I, Fe, Cu, Mn, Mo, Se och Zn och ibland Co livsnödvändiga. Andra metaller fyller ingen hittills känd biologisk funktion utan kan snarare vid stor exponering skada levande organismer (NE 1994).

Silver (*Ag*) är livsnödvändigt varken för djur eller för växter. Silver och dess föreningar är giftigt för vattenlevande organismer och varmblodiga djur, samt kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön (Dellien 1996). Dess största användningsområde är som ljuskänslig komponent i fotografisk film, i kemisk analysverksamhet och i viss utsträckning i

medicinska preparat, men det används också i elektronisk utrustning, batterier och smycken (Dellien 1996). Endast små mängder silver kommer från hushållsspillvatten (<10 % av den totala silverbelastningen i reningsverk) (Hugmark & Jonsson 1990). Andra källor kan vara tandamalgam och fotokemikalier. Silverklorid används också som bakteriedödande medel i vissa produkter (Stockholm Vatten 2000).

Aluminium (*Al*) är den vanligaste metallen, och näst kisel och syre det vanligaste grundämnet i jordskorpan. Drygt 8 % av jordskorpan massa utgörs av aluminium och dess föreningar (NE 1994). Aluminium är möjligen ett nödvändigt ämne för växter, men skadligt i för höga halter, särskilt för vattenlevande organismer. Aluminiums negativa miljöeffekt beror på att dess föreningar kan lösas upp i försurade vatten. När pH sjunker i ett vattendrag löses aluminium upp, men vid nära neutralt pH kan aluminium åter falla ut och då bildas svårslösliga hydroxider. Utfällningen kan ske på biologiska ytor, t.ex. på små vattenorganismer eller fiskgälar, och kan skada eller döda organismen. Aluminium har stor teknisk användning inom metallindustrin, där den används antingen ren eller i legeringar (Dellien 1996).

Bor (*B*) är ett livsnödvändigt ämne för växter. Det är en relativt sällsynt icke-metall. I jordskorpan är koncentrationen cirka 9 gram per ton, och halten i människokroppen är ungefär 1 milligram per kilo (NE 1994). Människans dagliga upptag av bor är 10–20 milligram, huvudsakligen via frukt och grönsaker. Borföreningar används i laboratorieglas ("Pyrex"), i desinfektionsmedel, flamskyddsmedel och i speciallegeringar (Dellien 1996). Det största användningsområdet i Sverige för bor är i tvättmedel, där natriumperborat används som blekmedel. Avloppsvatten brukar innehålla cirka 1 milligram bor per liter. Bor binds obetydligt till slam, utan passerar reningsverket ut till recipienten (Dellien 1996).

Vismut (*Bi*) har ingen nu känd biologisk funktion och förekommer i mycket små mängder i naturen (NE 1994). Toxiciteten varierar för metallen och dess olika föreningar. Vismut användes tidigare mycket inom läkemedelsbranschen och kosmetikaindustrin, men numera används den mest i legeringar, särskilt i sprinklersystem (NE 1994).

Kadmium (*Cd*) är en giftig metall som tas upp av människor och djur via födan. Särskilt spannmålsprodukter och grönsaker innehåller mycket kadmium

(Andersson 2002). I människor och djur ansamlas kadmiumet i lever och njurar (50 %) och utsöndras mycket långsamt från kroppen med urinen (NE 1994). Rökning är en mycket viktig källa till kadmium i kroppen hos rökare. Beroende på i vilken form ämnet förekommer är giftigheten medelhög till mycket hög för vattenlevande organismer. Nästan hälften av det kadmium som når reningsverken kommer från hushållen (Hugmark & Jonsson, 1990). Av detta kommer uppskattningsvis 10–15 % från maten. Resten kommer från andra källor som i dagsläget är dåligt undersökta (Stockholm Vatten 2000). Kadmium anrikas från vattenfas till slamfas i reningsverken och mer än 70 % av inkommande kadmium hamnar i slammet (Dellien 1996). I Sverige strävar vi nu efter att fasa ut användningen av kadmium (Regeringen 2005).

Kobolt (*Co*) är livsnödvändigt för djur, möjligen också för växter (Dellien 1996). Kobolt ingår i vitamin B₁₂, cyanokobalamin, som är särskilt viktig för idisslare. Kobolt har en stor teknisk användning i legeringar, och används också i pigment, katalysatorer och kemiska material. Kobolt klassas enligt kemikalieinspektionens riskklassificering som mycket giftig för vattenorganismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön (Dellien 1996).

Krom (*Cr*) är i låga halter essentiellt för människor och troligtvis också djur, men giftigt vid höga halter (Dellien 1996). I starkt kromförorenade jordar har störningar på mikrobiella processer observerats. Fiskar och andra vattenlevande organismer som levt i vatten med förhöjda kromhalter har uppvisat skador på gälar och inre organ (NE 1994). Krom används i legeringar, och olika kromföreningar används i rötskyddsmedel, färgpigment, vid ytbehandling och garvning. I reningsverken anrikas krom från vattenfasen till sediment och ungefär 70 % hamnar i slammet (Dellien 1996).

Koppar (*Cu*) i lagom dos är ett livsnödvändigt ämne för både djur och växter. Kopparbrist kan ge svåra störningar på foster och unga individer, men ett för högt intag leder till förgiftning, särskilt för vattenlevande organismer (Dellien 1996). Metallen används bland annat i elektrisk utrustning, i vattenledningsrör och i legeringar (mässing, brons, nysilver). Kopparföreningar ingår i färgämnen och bekämpningsmedel och som flotationsmedel i pappersmassaindustrin. Koppar i avloppsvatten kommer i stor utsträckning från tappvattensystemen (varmvattenberedare och

kopparrör) (Stockholm Vatten AB m.fl. 2000). Av inkommande koppar till reningsverken hamnar 80–95 % i slammet.

Järn (*Fe*) är ett livsnödvändigt ämne för både djur och växter. Järn utgör ungefär 6 % av jordskorpan och är näst aluminium den vanligaste metallen (NE 1994). Järn är det 4:e vanligaste grundämnet men trots det svårtillgängligt för växter och djur, beroende på att järn i naturen förekommer i svårslösliga föreningar. En vuxen person behöver 10–20 milligram järn per dygn. Normal svensk kost innehåller 5–6 milligram järn per 1000 kcal. Järn finns i mjöl, bröd, kött och köttprodukter, bruna bönor och spenat. Järn har en mycket stor användning inom många områden, t.ex. ledningar (drygt 50 % av de kommunala svenska vattenledningarna består av gjutjärn (VAV 2001)), konsumtionsprodukter, färger (Falu rödfärg) med mera (NE 1994).

Kvicksilver (*Hg*) är essentiellt varken för djur eller för växter (Dellien 1996). Kvicksilver ackumuleras i fisk och andra vattenlevande organismer. De direkta effekterna är inga eller obetydliga, men kvicksilvret anrikas i näringskedjorna och överst i dessa blir halterna toxiska. Kvicksilver anrikas till >95 % från vatten till slamfas i reningsverk och klassas enligt KemI:s riskklassificering som mycket giftig för vattenorganismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön. Metallen används i tryckmätare, termometrar, elektriska brytare och reläer. Lysrör och lågenergilampor innehåller ett tiotal milligram kvicksilver per styck. Organiska föreningar med kvicksilver har tidigare använts som svampbekämpningsmedel inom pappersindustrin och som betning av utsäde. Tandamalgam innehåller 40–50 % kvicksilver, och olika kvicksilverföreningar har också en viss medicinsk användning (Dellien 1996). I Sverige strävar vi nu efter att fasa ut användningen av kvicksilver (Regeringen 2005).

Mangan (*Mn*) och **Molybden** (*Mo*) är båda livsnödvändiga för växter och djur (Dellien 1996). Mangan är den minst giftiga av de essentiella spårmetallerna och liksom för molybden är den huvudsakliga industriella användningen i olika legeringar. Molybden används också som katalysator inom petrokemisk industri. I för stora doser har molybden toxiska effekter på djur (Dellien 1996).

Natrium (*Na*) är essentiellt för människor och djur men bara en del växter (Dellien 1996). Det är det

6:e vanligaste elementet i jordskorpan och förekommer mest i fältspater (NE 1994). Natriumjoner har lösts ur mineralen av vatten och förts till haven, vars nuvarande salthalt är 2,7 %. En vuxen människa innehåller cirka 95 gram natrium, och RDI för natrium är ungefär 3 gram. Natrium avges från kroppen i huvudsak med urinen. Det viktigaste användningsområdet för metallen var tidigare framställning av oktantalshöjande bensintillsatser. Natrium används också som reduktionsmedel vid metallframställning (NE 1994).

Nickel (*Ni*) är ett essentiellt ämne för djur. Det finns i låga halter i jordskorpan. Nickel i för höga halter är giftigt. Toxiciteten varierar från giftig till mycket giftig för vattenlevande organismer beroende på vilken nickelförening det rör sig om (Stockholm Vatten AB m.fl. 2000). Nickel upptas lätt av växter, som förväxlar metallen med zink, och skador har observerats (NE 1994). Nickel används för framställning av rostfritt stål, som ytbehandlingsmetall, i batterier och är en viktig beståndsdel i superlegeringar, d.v.s. legeringar som motstår korrosion och mekanisk påfrestning vid extrema temperaturer. Av den totala nickelförbrukningen används ungefär 25 % för framställning av konsumtionsprodukter som t.ex. diskbänkar, möbler, cyklar, m.m. Ytterligare en fjärdedel används för maskindetaljer och ytbehandling inom bil- och verkstadsindustrin och lika mycket används i kemisk- och petrokemisk industri, processindustrin och i kraftverk (NE 1994).

Bly (*Pb*) är inget livsnödvändigt ämne, utan giftigt och skadligt för både djur och växter (Dellien 1996). Bly som grundämne används i ackumulatorbatterier och för mantling av kablar och i ammunition. Oorganiska föreningar, till exempel blymönja och kromgult (som innehåller blykromat) används som pigment i rostskyddande färg. Organiska blyföreningar användes tidigare som oktantalshöjande tillsats i bensin. Blyföreningar används också i plastvaror som UV-stabilisator och i kristallglas (Dellien 1996). I Sverige strävar vi nu efter att fasa ut användningen av bly (Regeringen 2005).

Palladium (*Pd*) och **Platina** (*Pt*) är ädelmetaller och varken livsnödvändiga för djur eller växter (NE 1994). De naturligt förekommande halterna av både palladium och platina är låga i miljön. Palladium används främst i elektroniska komponenter, dentallegeringar och katalysatorer för bilar. Platina används också i katalysatorer till bilar och i elektroniska

komponenter, men främst till juvelerararbeten och klockor. Under de senaste 10–20 åren har användningen av de båda metallerna ökat markant till följd av elektronikbranschens expansion (Pd) och en ökad användning av katalysatorer (Pt och Pd). På sikt kan det komma att medföra en förändring i ämnenas utbredning i miljön (Palmquist & Viklander 2002).

Rodium (*Rh*) är ett av de ovanligaste grundämnena i naturen och har varken någon känd biologisk roll eller giftverkan (NE 1994).

Antimon (*Sb*) är varken livsnödvändigt för djur eller växter (Dellien 1996). Metallen och dess föreningar är toxiska och förekommer i låga halter i miljön. Antimon har sin största användning som legeringsmetall, mest tillsammans med bly, tenn och koppar och används också i form av antimonoxid i flamskyddsmedel (Dellien 1996).

Selen (*Se*) är livsnödvändigt för djur men inte för växter (Dellien 1996). I Sverige är halten av selen låg i marken, vilket leder till ett lågt innehåll av selen i svenska grödor. Därför ger man ofta selentillskott till växande djur. I för stora doser har selen giftverkan mot djur. Selen finns i fisk, skaldjur, inälvsmat, nötter och i spannmål med högre halter i importerad (NE 1994). Selen används i fotoelektriska celler och annan elektronisk utrustning, samt i fotokopieringsutrustning (Dellien 1996).

Tenn (*Sn*) är ett livsnödvändigt ämne för däggdjur. Det används som korrosionsskydd på järnplåt samt som legeringsmetall med koppar och bly (Dellien 1996). Tenn kan ingå i olika organiska föreningar och är då mycket toxiskt.

Strontium (*Sr*) har en något högre medelhalt än svavel i jordskorpan (NE 1994). Strontium används i fyrverkeripjäser men huvudanvändningsområdet är som tillsatsmedel vid tillverkning av glas till bildrör för färg-TV (NE 1994).

Tellur (*Te*) saknar känd biologisk funktion (NE 1994). Den förekommer liksom Pd, Pt, Sb, Bi och Ag i låga halter i miljön, men halterna ökar på grund av ökade antropogena emissioner. Tellurföreningar som är lösliga och flyktiga är giftiga. Tellur och dess föreningar har stor användning i stål och metallindustrin och används också som vulkmedel i gummiindustrin och i fotoelektriska material. Föreningarna används vid glastillverkning, som smörjmedel och i katalysatorer (NE 1994).

Volfram (*W*) räknas in bland bioelementen, det vill säga grundämnena med en biologisk positiv funktion (NE 1994). Den används i glödtråd i glödlampor, i tändstift och i värmeelement i elektriska ugnar. Volframföreningar används i pigment, katalysatorer och som flamdämpande medel.

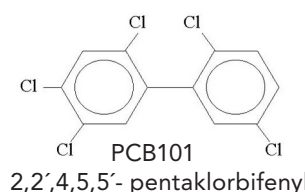
Zink (*Zn*) är essentiellt för såväl djur som växter, men vid för höga halter kan zink ha giftverkan på såväl vattenlevande organismer som växter (Stockholm Vatten 2000). Zink har stor användning som korrosionsskydd och legeringsmetall, finns i pigment och används vid vulkanisering.

2.4.3 Organiska föreningar

Organiska miljöföroreningar är ämnen som – med eller utan avsikt – fått en omfattande spridning i miljön och där orsakat skador på människor, djur och natur. Vissa av ämnena skadar levande organismer redan vid låga halter, särskilt om de får verka under en längre tid (Bernes 1998). Det innebär att föreningar som är stabila och därmed långlivade har särskilt stora förutsättningar att verka som miljögifter eftersom deras effekter blir långvariga och de hinner spridas över stora områden innan de bryts ned. De organiska föreningarna lagras upp i levande organismer, så kallad bioackumulation, och koncentreras i näringskedjorna, så kallad biomagnifikation, för att till slut hamna i våra livsmedel. Detta gäller särskilt för organiska ämnen med hög fettlöslighet som har särskilt lätt att bioackumuleras. Halogenering (d.v.s. om väteatomer ersätts med klor, brom eller andra halogener) av organiska ämnen brukar leda till ökad stabilitet och fettlöslighet och därmed ökad giftighet. Således utgörs merparten av de långlivade organiska föreningar som identifierats i naturen av klorerade eller bromerade kolväteföreningar (Bernes 1998).

Polyklorerade bifenyler (PCB)

Polyklorerade bifenyler är organiska föreningar som framställs genom klorering av bifenyl (det vill säga väteatomerna



i bifenylmolekyler ersätts helt eller delvis av kloratomer). Totalt finns det 209 sådana föreningar som skiljer sig åt genom antalet kloratomer och deras plats på molekylen (SLV, [www](http://www.slv.se)). PCB har låg brännbarhet och låg ledningsförmåga vilket har gjort dem mycket använda som isolatorvätskor i transformatorer och kondensatorer, som mjukgörare i plaster och som tillsatsmedel i hydrauloljor, smörjoljor, färg, fogmassor och självkopierande papper (NE 1994).

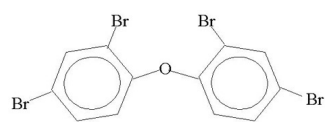
I mitten av 60-talet uppmärksammades PCB som ett miljögift. Föreningarna är svårnedbrytbara och förekommer idag allmänt såväl i luft, vatten, jord, sediment som i växter och djur. De är långlivade i miljön och ansamlas genom sin fettlöslighet i fettvävnaden hos djur och anrikas uppåt i näringskedjorna. De är giftiga för vattenlevande organismer och ger fortplantningsstörningar hos fiskar och marina däggdjur (säl) (NE 1994).

PCB kan delas in i tre grupper beroende på var i molekylen kloratomerna sitter. Den ena gruppen har dioxinliknande effekter och är mycket giftiga. De som tillhör den andra gruppen är giftiga på grund av att deras nedbrytningsprodukter påverkar fysiologiska processer på olika sätt. Och sen finns det en tredje grupp som intar ett mellanläge (SLV, [www](http://www.slv.se)). Halterna PCB sjunker i miljön. I Sverige är nyanvändning av PCB förbjuden sedan 1978, och sedan 1995 råder ett totalförbud (Dellien 1996).

Med hjälp av TEF-värden (Toxisk Ekvivalens-Faktor) kan dioxinlika ämnen som PCB:er riskvärderas. Ett TEF-värde är en sammanvägning av hur toxiskt ett ämne är i förhållande till TCDD (en av de allra giftigaste dioxinerna) (Bernes 1998). De kritiska effekterna av PCB har identifierats som cancer, immunotoxicitet och beteendeeffekter (NE 1994).

Bromerade flamskyddsmedel

Bromerade flamskyddsmedel är en grupp ämnen som framställs genom att en eller flera väteatomer i mole-



PBDE 47

2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter

külen ersätts med bromatomer. Genom till exempel bromering av bifenyl och difenyleter fås polybromerade bifenyl (PBB) och polybromerade difenyletrar (PBDE). PBB har samma uppbyggnad

som PCB bortsett från att brom istället för klor har fått ersätta bifenylmolekylernas väteatomer, och uppträder på ungefär samma sätt i naturmiljön (Bernes 1998). PBDE står för ungefär en tredjedel av världsproduktionen av bromerade flamskyddsmedel, tetrabrombisfenol A (TBBP-A) och dess derivat för ytterligare en tredjedel och övriga bromerade flamskyddsmedel, inkluderande PBB och hexabromcyklododekan (HCBd) står för den sista tredjedelen (Darnerud 1998).

Flamskyddsmedlen används i bland annat plast, gummi och textilier för att förhindra bränder. De finns också i kretskort, höljen till datorer och annan elektronisk utrustning. När materialen utsätts för höga temperaturer eller bryts sönder, t.ex. i en återvinningsanläggning avges de bromerade flamskyddsmedlen till omgivningen. Många av dem är stabila och långlivade och bryts därför inte ner, utan anrikas i naturen, i djur och växter. I Sverige är halterna i landlevande däggdjur och fåglar låga, men högre i djur från vattenmiljöer. Mätbara halter av PBDE har också hittats i human bröstmjölk (Darnerud 1998).

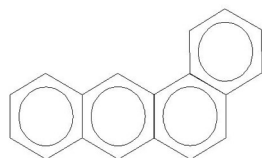
Tennorganiska föreningar

Olika föreningar av tenn med en eller flera alkyl- eller arylgrupper samt en hydroxid, halogenid, merkaptid eller karboxylat kallas med ett gemensamt namn tennorganiska ämnen. De används huvudsakligen för stabilisering av PVC-plast, men även i bottenfärger på båtar, lacker och som desinfektionsmedel. Föreningarna bioackumuleras i både mark- och vattenmiljö där de långsamt förgiftar både land- och vattenlevande organismer (Dellien 1996).

I Sverige finns numera ett förbud mot tennorganiska ämnen i båtbottnfärg, vilket har gjort att halterna av bland annat tributyltennoxid (TBT) i sjöar och hav har minskat. TBT är en av de mest giftiga tennföreningarna och är mest giftig mot svamp, alger, snäckor och fisk. Andra tennorganiska ämnen med trialkyl- eller triarylgrupper är också mycket giftiga, främst mot insekter (trimetyler), vissa bakterier (tripropyler) och en del däggdjur (trietyler) (Dellien 1996).

Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)

Polycykliska aromatiska kolväten är ett samlingsnamn för ett antal aromatiska kolväten uppbyggda av tre eller flera kondenserade bensenringar. De bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material och uppstår som oavsiktliga biprodukter vid tillverknings- eller förbränningsprocesser (Bernes 1998). Några få PAH framställs industriellt ur koltjära och används som utgångsämne för framställning av färgämnen, plast och pesticider (ATSDR, www).



benz(a)antracen (PAH)

Den största tillförseln av PAH till naturen sker vid vulkanutbrott, skogsbränder, förbränning av fossila bränslen och avfall samt utsläpp av bilavgaser. Föreningarna är inte flyktiga, men kan spridas över stora områden med sotpartiklar. De binds starkt till jordpartiklar och har låg rörlighet i mark, men en del PAH kan röra sig genom marken och förgifta grundvattnet. I mark kan PAH oxideras genom reaktioner med solljus och ozon men också mikroorganismer kan bryta ned PAH. Eftersom vattenlösligheten för PAH är låg (minskar med ökande antal bensenringar) och fettlösligheten hög (ökar med ökande antal bensenringar) så ackumuleras PAH i växter och djur. Den akuta giftigheten är ofta låg men många PAH, till exempel bens(a)pyren, är cancerframkallande (Dellien 1996).

Tensider

Tensider är ämnen som sänker ytspänningen för t.ex. vatten. De består av en hydrofob (vattenavvisande) och en hydrofil (vattenlöslig) del. Den hydrofoba delen består vanligtvis av kolvätekedjor och den hydrofila delen kan vara elektriskt laddad (anjonisk, katjonisk eller amfotär) eller oladdad (nonjonisk). Tensiderna verkar rengörande och ingår i tvätt- och rengöringsmedel men också i många andra kemiska produkter. Vanligast förekommande är de i flytande fosfatfria tvättmedel (NE 1994).

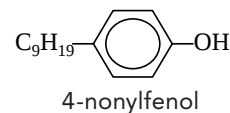
Linjära alkylbensensulfonater (LAS)

Linjära alkylbensensulfonater, eller LAS, är exempel på en anjonisk tensid. Den hydrofoba delen i LAS består av en 10 till 14 kolatomer lång rak kedja på

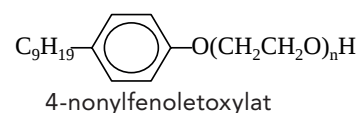
vilken en hydrofil bensensulfonatgrupp är fästad. Med sina utmärkta rengöringsegenskaper hade LAS tidigare en stor användning i Sverige (5700 ton 1990), men sedan 1994–1995, då tvättmedelstillverkare tog bort LAS från tvättmedel avsedda för den svenska hushållsmarknaden för att tillfredsställa miljömärkningskraven, har utsläpp av LAS till kommunala reningsverk minskat drastiskt (Paxeús, 1999). LAS bildar svårslösliga fällningar med kalcium och magnesium, och förekommer därför i inkommande vatten till reningsverk både löst i vatten (<2 µg/l), utfällt med kalcium eller bundet till fasta partiklar i vattnet. LAS är giftigt för vattenorganismer och kan orsaka skadliga långtidseffekter i vattenmiljön (Dellien 1996).

Nonylfenol och nonylfenoletoxylater (NFE)

Nonylfenoler är uppbyggda av en fenolring kopplad till en grenad kolvätekedja med nio kolatomer och innehåller varken klor,



4-nonylfenol



4-nonylfenoletoxylat

brom eller andra halogener. Genom att reagera nonylfenol med etylenoxid erhålls etoxylerade nonylfenoler. Ett annat namn på produkten är alkylfenoletoxylater (AFE). Nonylfenoletoxylaterna är ett exempel på en s.k. nonjonisk (oladdad) tensid. De används i industriella rengöringsmedel, tvättmedel, handdiskmedel samt allrengöringsmedel. När etoxylaterna bryts ned återskapas nonylfenolerna och återfinns i avloppsvatten och reningsverksslam. Nedbrytningsprodukterna för nonylfenoletoxylat och nonylfenol är stabila och giftiga och ackumuleras i växter och djur (Dellien 1996). Ämnena har också vissa likheter med könshormoner i sin kemiska byggnad och kan störa könsfunktionerna hos levande organismer (Bernes 1998).

Ftalater

Ftalater är en annan grupp av icke halogenerade ämnen som består av salter eller estrar av ftalsyra. Vanligast förekommande är dietylhexyl-, dibutyl- och dioktylftalaterna. De används som mjukgörare i plaster, men förekommer även i lim, lacker, kosmetika

och industrioljor (Dellien 1996). I PVC-plast kan upp till halva vikten utgöras av ftalater, som är löst bundna och successivt frigörs (NE 1994). I vår yttre miljö finns ftalater utspridda nästan överallt. De återfinns i luft, mark, vatten, sediment samt i levande organismer och adsorberas starkt till organiskt material i jord och slam. Dibutylftalat är giftigt för gröna växter genom indirekt påverkan på klorofyllproduktionen. Den akuta giftigheten är låg för ftalater, men ångorna kan verka irriterande på ögon och luftvägar (Dellien 1996). I djurförsök har ftalater visat sig skada både fortplantningsförmågan och tillväxten (NE 1994). Dessutom kan de orsaka cancer (SNF, [www](http://www.snf.se)).

Triklosan

Triklosan är en klorfenol med antibakteriella egenskaper. Dess vanligaste användningsområde är som tillsats i tandkräm för att förhindra tandköttssinflammation och tandlossning, men triklosan används också som bakteriedödande medel i olika hygienprodukter (tvålar, deodoranter, fotspray m.fl.), i skärbrädor och även i vissa sportkläder. Triklosan är en predioxin, vilket innebär att den kan bilda giftiga dioxiner vid förbränning (Sveriges Natur 2000).

Ute i sjöar och vattendrag lagras det sedan upp i vattenlevande organismer och fisk. De långsiktiga miljöriskerna med triklosan är ännu okända, men man vet att triklosan är allergiframkallande och ämnet har nyligen påträffats i bröstmjölk hos ammande kvinnor. Det befaras också att omfattande användning av triklosan kan göra bakterier motståndskraftiga mot antibiotika (Sveriges Natur 2000).

3 Material och metoder

Provtagningarna i Gebers genomfördes under tre veckor hösten 2001, med start den 5:e oktober. Provtagningarna varade totalt 21 dagar och delades upp i tre perioder om vardera 7 dagar. Under varje provtagningsperiod:

- skedde uppsamling och mätning av mängd urin, fekalier, BDT-vatten samt fast komposterbart avfall,
- togs prov ut på de olika fraktionerna och förvarades tills vidare i väntan på att senare skickas till labb för analys,
- delades protokoll ut för att kartlägga hur mycket de boende varit hemma under perioden, och hur mycket toalettpapper de använt,
- mättes spolningsfrekvensen (antal spolningar samt spolningarnas varaktighet) för toaletter i vissa hushåll med hjälp av spolräknare.

I samband med provtagningarna genomfördes en inventering av de boendes hushållskemikalier. Vid ett tillfälle gjordes också mätningar av ammoniakavgången från ett antal fekalietunnor.

Under hela provtagningsperioden bodde totalt 81 personer (inklusive 2 personer från oss som skötte mätningen) i Gebers, uppdelat på 54 vuxna och 27 barn (under 13 år), varav 4 blöjbarn. Vid beräkning av specifika flöden uteslöts blöjbarnen, varför dessa gjordes för 54 vuxna och 23 barn, totalt 77 personer.

3.1 Gebers – en beskrivning av provtagningsplatsen

Det ombyggda konvalescenthemmet Gebers (Figur 3-1, nedan) ligger avskilt på en sjötomt vid Drevviken utanför Skarpnäck i Stockholm. Huvudbyggnaden är från 1936 och har två plan, källare samt vind. Planformen liknar en stämgaffel med två parallella flyglar (östra och västra) och en förbindande mittlänga i öst-västlig riktning. Dessa omsluter på tre sidor en öppen gård. Från mitten av mittlängans norra sida går en flygel ut mot norr, stämgaffelns handtag, och på tomten finns också ett mindre enplanshus, "det blå huset".

Under 1990-talets senare del byggdes det gamla konvalescenthemmet om av föreningen EKBO (Ekologiskt Kollektiv Boende i Orhem) till ett ekologiskt kollektivhus med 32 lägenheter. Förutom de 32 lägenheterna finns också en del gemensamma utrymmen. I källaren finns tvättstuga, snickarverkstad, utrymme för pub, lekrum, målarrum, bastu med dusch och tre vattenklosetter som alla kan utnyttjas.

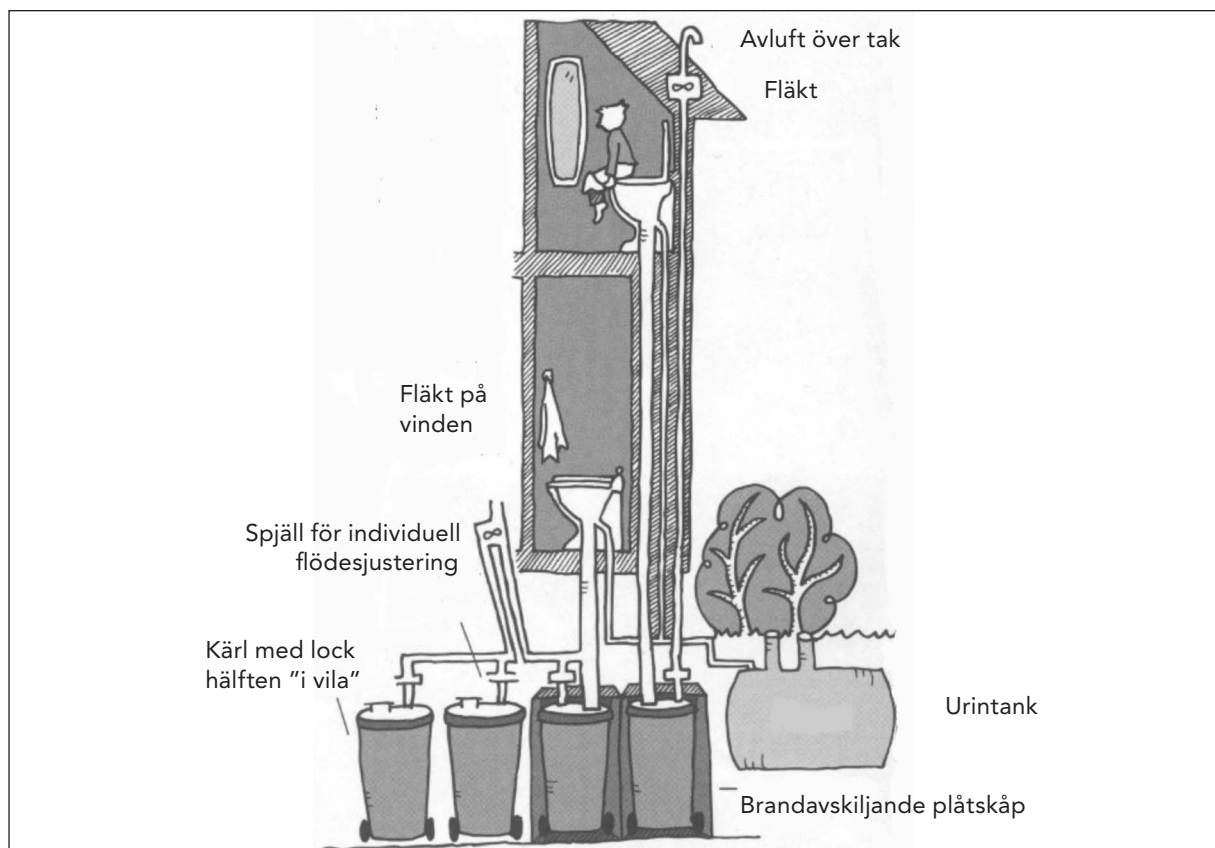


Figur 3-1. Gebers, Stockholm. I planskissen till höger är placeringen av de båda provtagningspunkterna Bastun och Flygeln markerade. (Foto: Klas Öster).

I husets mittlänga finns ett storkök med tillhörande matsal som utnyttjas för gemensamma middagar fyra dagar i veckan.

Det som gör att just Gebers lämpar sig så väl för den här typen av mätningar är att det har ett för Sverige unikt avloppssystem. Avloppssystemet har en hög grad av källsortering eftersom det är urinsorterande med torr fekaliehantering. Alla lägenheter i huvudbyggnaden har torrtoaletter med urinsortering. Från varje toalettstol, utom en, leder ett rakt nedfallsrör till ett uppsamlingskärl för fekalerna i källarvåningen. I en av toaletterna finns fekalernas uppsamlingskärl istället i toalettstolens nedre del.

Nedfallsröret består av spirorör med en diameter på 200 millimeter. Fekaliekärlen är vanliga sopkärl av plast och rymmer 140 liter. På grund av brandrisken står kärlen var för sig i helt täta plåtskåp som i sin tur är lufttätt anslutna till nedfallsrören. I kärlen skapas undertryck med hjälp av fläktventilation och på så sätt torkas i viss mån fekalerna. Urinen leds från toaletterna till urintankar av plast, placerade i kryptergrunden i östra och västra flygeln samt i pannrummet i mitten av norra flygeln (Figur 3-2). Bad-, disk- och tvättvatten leds genom avloppsledningar till Stockholms allmänna avloppsnät (HSB Stockholm).



Figur 3-2. Det torra toalettssystemet i Gebers (Illustration: Jeanette Milde).

På gården finns två uppsamlingsställen för komposterbart hushållsavfall från de enskilda lägenheterna och det gemensamma storköket. Vid vart och ett av dessa uppsamlingsställen finns en kompostbehållare med tre fack. Där finns också tillgång till strömedel för komposten.

Förutom de trettio två fullt utrustade lägenheterna finns också två. Uthyrningsrummen saknar badrum och har följaktligen varken toalett, handfat eller dusch. I det ena uthyrningsrummet finns dock kökmöjligheter och vask med avlopp. Under tiden för provtagningsperioden bodde, förutom vi som skötte provtagningen (i genomsnitt två personer), två vuxna och två barn inneboende i någon av lägenheterna. De som bor i uthyrningslägenheterna och inackorderingsrummen utnyttjar i vanliga fall det gemensamma storköket för matlagning och använder dusch och wc i källaren. Under provtagningsperioden stängdes vattentoaletterna i källaren av och istället fick de boende tillgång till en extra torrtoalett i en för tillfället tom lägenhet och en kemtoalett av typen husvagnstoalett placerad i källaren. Bland de trettio två lägenheterna ingår två lägenheter i det blå huset. Dessa är inte anslutna till det gemensamma urinsamlingsystemet och eftersom de saknar källare så har den ena lägenheten en s.k. WM-brunn och den andra lägenheten en mulltoa istället för det vanliga toalettssystemet med nedfallsrör. Därför ingår inte lägenheterna i det blå huset i undersökningen vad gäller insamlad urin och fekalier, men det ingår med insamlat komposterbart avfall. Det blå huset ingår också med tvättvatten i mätningen eftersom de som bor där utnyttjar samma tvättstuga som de övriga boende, men deras bad- och diskvatten ingår inte.

3.2 Hemvarundersökningen

I början av varje provtagningsperiod delades ett hemvaroprotokoll ut till de boende där de ombads att fylla i sin hemvaro löpande dygn för dygn. De boende ombads att redovisa all tid som de tillbringade "hemma" (d.v.s. i närområdet) samt deras eventuella gäster. Förutom att redovisa sin hemvaro ombads de boende även att ange i hemvaroenkäten om de var tobaksanvändare och/eller vegetarianer,

samt ange hur mycket amalgamlagningar (inga/någon/många) de hade. Dessa uppgifter antogs ha betydelse för flöde och sammansättning av de olika avloppsfractionerna. De boende fick även svara på om de under provtagningsperioden använt antibiotika, tagit något preparat innehållande östrogen eller något annat receptbelagt läkemedel. Till sist fick de även uppge om de använt målarfärger och/eller andra hobbykemikalier under mätperioden, och i så fall vilka.

3.3 BDT-vatten

Provtagning av BDT-vattnet skedde på två punkter i fastighetens avloppssystem. De utvalda provtagningspunkterna döptes till Bastun och Flygeln efter sina geografiska lägen vid husets bastu respektive i kryppgrunden under den östra flygeln (Figur 3-1). Det utgående flödet inkluderar både BDT-vattnet och klosettvalet från de tre toaletterna som finns i källaren i huset. För att undvika inblandning av KL-vatten i BDT-fraktionen stängdes därför toaletterna av under provtagningsperioden. För att bestämma det utgående flödet användes kalibrerade teflonskibord med sidokontraktion, 150 millimeter längd i 225 millimeter stålrör (Bastun) och 100 millimeter längd i 150 millimeter stålrör (Flygeln), ekolod och flödesmätare (Swedmeter LFT3000) som placerades vid varje provtagningsplats (Figur 3-3, nedan). Den totala mängden inkommande vatten kunde avläsas från den befintliga mätaren för ingående vatten.

Genom provpunkten Flygeln passerade BDT-vatten från större delen av alla lägenheter i östra flygeln. Genom provpunkten Bastun passerade vatten från de övriga lägenheterna i huvudbyggnaden samt vatten från tvättstugan, kollektivköket och andra gemensamhetsutrymmen (bastu, vattenklosetter m.m.). Det visade sig att avloppen från ett litet antal lägenheter helt eller delvis gick utanför någon av de båda mätpunkterna eftersom deras avloppsledningar mynnade ut nedanför provtagningsplatserna. För fem av dessa lägenheter gick både köks- och badrumsavlopp på stamledningen nedströms någon av provtagningspunkterna, vilket medförde att spillvattnet från deras kök och badrum inte kom med i vår provtagning. De tio personer som bodde

i dessa lägenheter bidrog alltså bara till den totala BDT-vattenmängden med vatten från tvättstugan, förutom spillvatten från det gemensamma köket. För två andra lägenheter mynnade badrumsavloppen ut på stamledningen nedanför provtagningsplatsen, vilket fick till följd att de sju personer som bodde i dessa lägenheter bidrog till den totala BDT-vattenmängden med spillvatten från köket och tvättstugan,

men inte från badrummet. Det totala antalet boende som bidrog till den uppmätta BDT-vattenmängden med avseende på de olika fraktionerna bad-, disk- och tvättvatten visas i Tabell 3-1.

Med en automatisk vakuumprovtagare i specialutförande (Swedmeter WS3000) togs flödesproportionella vattenmängder ut från BDT-vattenflödet (Figurerna 3-3 och 3-4). Vid båda provpunkterna



3-3a)

3-3b)

3-3c)

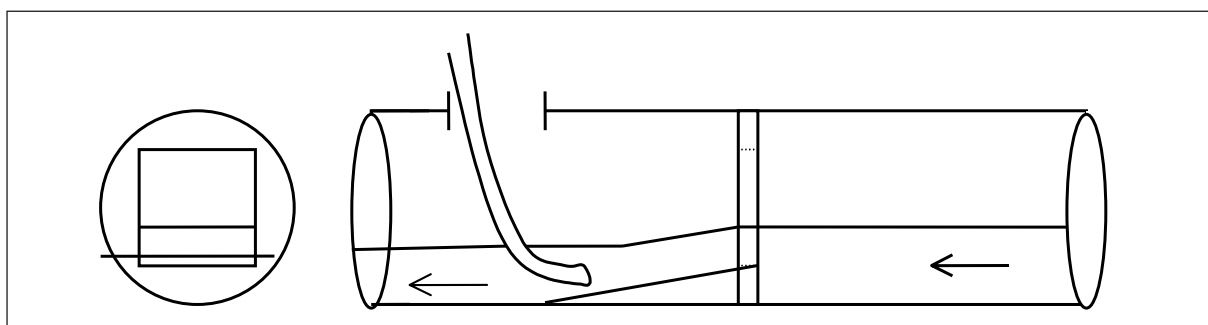
Figur 3-3a. Provtagningsslangen (vit) går ner i avloppsröret. "Lampan" ovanför är ekolodet som mäter vattnets höjd över skibordets tröskel. Figur 3-3b. Skibordet på plats i avloppsröret. Den raka, vita linjen tvärs genom skibordets fyrkantiga hål är bara ett stöd (vinklat nedåt, bakåt) för att få skibordet att stå vinkelrätt. Figur 3-3c. Från ovan: provtagare, flödesmätare (styrs av ekolodet) och kylskåpet där provflaskan förvarades under provtagningen (Foto: Klas Öster).

Tabell 3-1. Antal boende som bidrog till de olika fraktionerna av BDT-vatten med spillvatten från badrum, kök och tvättstuga.

Boende	Badrum, kök och tvätt	Kök och tvätt, ej badrum	Endast tvätt	Totalt
Vuxna	40 ^a	5	9	54
Barn	24 ^b	2	1	27 ^b
Sammanlagt	64 ^b	7	10	81 ^b

^{a)} Inkl. de två personer i genomsnitt som utförde mätningarna.

^{b)} Varav 4 blöjbarn.



Figur 3-4. Principskiss över hur provtagningen nere i avloppsröret gick till. Till vänster: Tvärsnitt av avloppsrör med skibord. Till höger: Samma avloppsrör med skibord i genomskärning sett från sidan. "Elefantsnabeln" som sticker ner i röret ovanifrån föreställer provtagningsslangen. Precis under dess mynning befinner sig ett stödben till skibordet.

togs proven ut nedströms skiborden, nära avloppsrörets botten, precis efter överfallet från skibordet (Figur 3-4). För var 100:de liter vatten som rann förbi Bastun och Flygeln togs ett prov på 160 milliliter, utom under den första veckan då provmängden som togs vid bastun var 70 milliliter. Vattnet samlades upp i 10-liters glasflaskor stående i kylskåp vid provtagningsplatserna. Glasflaskorna vägdes och tömdes manuellt en gång per dygn och innehållet hälldes då över till en större glasflaska om 20 liter där vattnet från de båda provtagningspunkterna blandades samman. I samband med detta lästes också det utgående flödet av på flödesmätaren. Provmängderna från de båda provtagningsplatserna blandades flödesproportionellt. Efter omskakning togs ett stort antal prov av BDT-vattnet ut. En liten del av vattnet filtrerades genom ett 45 mikrometerfilter för BOD₇- och COD-analyser. För att få rätt provmängder användes en våg (Mettler PM4800 DeltaRange) och pipett.

Proverna förvarades i frysar och kylskåp. För prover som analyserades med avseende på olika organiska ämnen användes glasflaskor och för metallanalyserna användes syradiskade plastkärl. Varje dag mättes också pH (pH-meter: WTW pH 330/SET med elektrod WTW SenTix 41) och konduktivitet (konduktivitetmätare: CIBA CORNING Check Mate 90). Varje dag togs också prover på BDT-vattnet ut och frystes in för att ha i reserv för eventuella tillkommande framtida analyser.

Från varje period skickades dubbelprover för analys av TS, BOD₇, COD, TOC, kväve och fosfor. Två prov från varje period analyserades också för grundämnen, förutom period tre då det analyserades tre prov. SS-proverna var tre stycken per period under period 1 och 2, och två stycken under period tre. pH och konduktivitet mättes en gång om dagen, vilket medförde sju värden varje period (Andersson & Jensen 2002). För de organiska ämnena PCB och PAH analyserades ett prov från period 2 och ett från period 3. Så var även fallet för de tennorganiska ämnena. Ftalater analyserades av tre olika laboratorier som alla analyserade ett prov för varje period, utom ett laboratorium, som inte analyserade något prov från period 1. Ett prov från varje period analyserades också för nonylfenol, nonylfenoletoxylater, oktylfenol, oktylfenoletoxylater och bromerade flamskyddsmedel. Endast prov från period två och period tre analyserades med avseende på LAS. För en fullständig förteckning över vilka provmängder som togs

ut de olika provtagningsperioderna, se Andersson och Jensen (2002).

3.4 Urin

Urinen från de 29 lägenheterna i huvudbyggnaden leds i vanliga fall till tre tankar där den samlas upp (Figur 3-5). Under mätperioden leddes urinblandningen istället via rör av polyetenplast (Ø 50 mm) ned i 25-liters plastdunkar. Totalt användes ca sex meter rör vid uppsamlingen av urinen.



Figur 3-5. Urintanken i krypgrunden i västra flygeln (Foto: A. Jensen).

Två gånger per dygn byttes de tre plastdunkarna ut mot tomma dunkar och varje morgon vägdes de sex dunkarna innan de tömdes i en större tank om 1 m³. Före och efter varje mätperiod rengjordes tanken med kranvatten, insidor, väggar och botten skrapades dessutom ren med en gummiskrapa. Efter varje mätperiod blandades urinen väl i tanken med hjälp av en pump för uttag av representativa prover (Figur 3-6, nedan). Urinen tappades ut i botten av tanken och ner i en hink i vilken pumpen placerats. Sedan pumpades urinen upp och in i tanken igen. Pumpningen pågick ca 10 minuter innan proven togs ut. För att undvika kväveförluster från ammoniakemissioner täcktes alla kärl med plast under själva omblandningen.

Ur den homogeniserade urinblandningen togs prov ut för analys. För prover som skulle analyseras med avseende på antibiotika användes glasflaskor och för övriga analyser plastflaskor av polyetenplast.



Figur 3-6. Uppsamlingsstankens insidor skrapas med gummiskrapa och urinblandningen omblandas med hjälp av en pump (Foto: Å. Andersson).

För att minimera risken för förorening av urinblandningen, bland annat via eventuella metallinnehållande dammpartiklar i flaskorna, användes flaskor som var syradiskade med HCl till elementanalyserna. Vilka analyser som utfördes och vilka analysmetoder som tillämpades redovisas i Tabell 3-4. Eftersom BOD och COD skulle analyseras på både ofiltrerat och filtrerat urin filtrerades dessutom en liten mängd urin genom ett 45 mikrometer filter. Samtliga prover utom proverna för analys av suspenderad substans (SS) frystes in i väntan på analys. SS-proverna skickades ofrysta direkt till Stockholm Vatten för analys. På plats efter omblandningen mättes konduktivitet (mätare: CIBA CORNING Check Mate 90) och pH (mätare: WTW pH 330/SET med elektrod WTW SenTix 41). Reservprover togs även ut för att säkerställa eventuellt framtida behov av ytterligare analyser.

För att kunna beräkna mängden vatten som användes för att spola urinskålen monterades givare för spolräknare fast på spolknappen på 26 toaletter. Givaren placerades ovanpå spolknappen och var därför aktiverad hela tiden som spolknappen var nedtryckt. Räknarna registrerade antalet spolningar samt den ackumulerade spolningstiden. För att undvika att flera spolningar registrerades efter genomförd urinering registrerades spolningar som genomfördes under en och samma minut endast som en spolning, tiden för spolningarna registrerades dock

oavsett antalet genomförda spolningar under en och samma minut. Till de 26 hushåll som fått spolräknare installerade delades enkäter ut (Andersson & Jensen 2002), där lägenhetsinnehavarna ombads fylla i datum och tidpunkt då de läste av sin spolräknare. Enkäterna delades ut strax före varje ny mätperiod samt efter sista perioden.

På 14 av toaletterna mättes spolflödet manuellt, med tre upprepningar per toalett. På grund av att många av de boende inte var hemma under dagarna då vi hade tid att mäta spolvattenflödet kunde vi inte mäta på samtliga toaletter.

För att så exakt som möjligt kunna veta hur utspädd urinblandningen var ombads de boende att uppskatta hur mycket extra vatten de tillfört toaletten vid t.ex. rengöring under mätperioden.

För att kunna undersöka hur spolvattnets sammansättning inverkar på sammansättningen av urinblandningen togs prover på inkommande kallt ledningsvatten. Prover togs under andra och tredje perioden. Dessa frystes ned och analyserades sedan med avseende på olika element. Beräkning av den totala utspädningen av urinblandningen med spolvatten gjordes genom att först beräkna mängden spolvatten från varje toalett. Spolvattenflödet från varje toalett beräknades utifrån den spoltid som registrerats med spolräknarna och spolvattenflöden som mättes manuellt. För de toaletter där räknare inte installerades eller där spolvattenflödet inte mättes antogs vid beräkningarna medelvärden av uppmätta spoltider och flöden (förklaras utförligare under rubriken Spolvatten under Resultat och diskussion).

3.5 Fekalier

De boende ombads att under mätperioderna lägga allt toalettpapper i toaletten. Detta för att få en så fullständig bild av de fekalie- och pappersmängder som normalt hamnar i toaletten som möjligt. För att lättare kunna analysera fekaliefraktionens pappersinnehåll delades en känd mängd toalettpapper ut till de boende som uppmanades att endast använda detta papper. För att minimera tillförseln av tungmetaller från toalettpappret till fekalier valdes papper som var tillverkat av 100 % nya fibrer. På de hemvaroenkäter som delades ut inför varje mätperiod

fick de boende sedan ange hur mycket toalettpapper de hade kvar vid varje mätperiods slut. De ombads ange antalet hela, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ eller $\frac{1}{4}$ rullar de hade kvar. Två pappersprover om ca 15 g, ett på varje papperssort som delades ut, skickades för analys av olika element.

Fekalier inklusive toalettpapper samlades upp i varje toalets fekalietunna (Figur 3-7).



Figur 3-7. Plåtskåp med uppsamlingskärl för fekalier i krypgunden (Foto: A. Jensen).

Innan mätningarna började, tömdes samtliga fekalietunnor på sitt innehåll och en sopsäck med känd vikt placerades i var och en av tunnorna. Vid varje mätperiods slut tömdes sopsäckarnas innehåll i en 400-liters plasttunna. De säckar som var extra blöta (3–4 stycken per mätperiod) eller som det varflugor i byttes ut. De tömda sopsäckarna vägdes på nytt och mängden fekalier som gått förlorade, d.v.s. som det inte gick att få ut ur säckarna beräknades. I 400-liters-tunnan blandades fekalierna väl med avjoniserat vatten med en brukblandare för att få en så homogen blandning som möjligt. Prover för analys togs ut, frystes in i plastkärl och skickades sedan för analys. Analyser och analysmetoder framgår av Tabell 3-4. Extra prover togs ut och frystes för att ha som reserv för framtida analyser.

Under insamlingen av fekalier avgick ammoniak och för att få ett mått på hur mycket som kunde ha avgått mättes mängden ammoniak som avgick från 10 fekalietunnor. Ammoniakavgången i ventilationsrören från fekalieskåpen mättes med hjälp av Drägerutrustning och tryckfallsmätare. De Dräger-rör som

användes hade en känslighet på 0,25–3 ppm och 2–30 ppm NH_3 . Standardavvikelsen för mätningarna uppgavs av fabrikanten vara ± 10 –15 %. Vid mätning av tryckfall i ventilationsrör från fekalieskåp användes en tryckfallsmätare av modell P100 UL (Digitron Instrumentation).

3.6 Fast organiskt avfall

De boende ombads lägga sitt organiska avfall i speciella lådor som vi tillhandahöll och placerade vid varje komposteringsplats. Lådorna tömdes 2–3 gånger per vecka. Vid varje tömning lades materialet efter vägning på en presenning där det blandades och fördelades i en cirkel. Cirkeln delades upp i lika stora åttondelar varefter två motstående åttondelar togs ut och frystes in (Figur 3-8). Det frysta avfallet hackades manuellt sönder till mindre bitar med en yxa och maldes sedan med en kvarn (Palmia, 200 mm, 18 kW) försedd med en hålskiva med 14 mm hål och två uppsättningar av femarmade förskärare och trearmade knivblad. De malda massorna blandades därefter i en cementblandare av frifallstyp till en homogen massa. Proverna togs ut och frystes in på nytt i plastkärl varefter de skickades för analys. I Tabell 3-4 redovisas analyser och analysmetoder. Även för det fasta organiska avfallet togs ett antal reservprover ut.



Figur 3-8. Uppdelning av det fasta organiska avfallet i åttondelar av en cirkel vid uttagandet av representativa delprover (Foto: A. Jensen).

3.7 Inventering

De hushållskemikalier som används i hemmet påverkar innehåll och sammansättning av framförallt BDT-vattnet. Därför utfördes en inventering av vissa nyckelkemikalier samtidigt med mätningarna (Tabell 3-2). En inventeringsenkät över de vanligast förekommande hushållskemikalierna delades ut till de boende (Andersson & Jensen 2002). Där ombads de att fylla i namn, förpackningsstorlek och produkt-nummer på de produkter som de hade hemma, samt för vissa produkter (t.ex. tvättmedel) även fylla i förbrukningsvanor.

Tabell 3-2. Inventerade hushållskemikalier.

Hushållskemikalie		
tvättmedel	köks- och bad-rumsrengöring	handtvål
sköljmedel		duschtvål
blekmedel/ bleksalt	toalett-rengöring	schampo
handdisk-medel	rengöring (extra)	balsam
maskindisk-medel	tandkräm	hårgelé
golvrengöring	munskölj	hårfärg/toning/ blekmedel

Tabell 3-3. Analyserade parametrar i urinblandningen, fekalerna, BDT-vattnet och det fasta organiska avfallet.

Parameter	Urin	Fekalier	BDT-vatten	Fast organiskt avfall
pH	x	x	x	x
Konduktivitet (ledningsförmåga)	x	–	x	–
TS (torrsubstanshalt)	x	x	x	x
GR (glödgningsrest)	x	x	x	x
SS (suspenderad substans)	x	–	x	–
COD (kemiskt syreförbrukande ämnen)	x	x	x	x
BOD (biokemiskt syreförbrukande ämnen)	x	x	x	x
TOC (totalt organiskt kol)	x	x	x	x
N-tot (totalkväve)	x	x	x	x
NH ₄ -N (ammoniumkväve)	x	x	x	x
NO ₂ -N (nitritkväve)	x	x	x	x
NO ₃ -N (nitratkväve)	x	x	x	x
N-Kj (Kjeldalkväve)	x	x	x	x
P-tot (totalfosfor)	x	x	x	x
PO ₄ -P (fosfatfosfor)	x	–	x	–
Metaller/grundämnen ^a	x	x	x	x
PAH	–	–	x	–
PCB	–	–	x	–
Ftalater	–	–	x	–
Nonylfenol och nonylfenoletoxylater	–	–	x	–
Oktylfenol och oktylfenoletoxylater	–	–	x	–
Tennorganiska ämnen	–	–	x	–
Bromerade flamskyddsmedel	–	–	x	–
LAS	–	–	x	–
Trikloran	x	–	x	–
Antibiotika (fenoximetyl penicillin, PcV)	x	–	–	–

^{a)} De grundämnen, förutom N och P, som analyserades var K, Ca, Fe, Mg, Na, S, Ag, Al, B, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, Se, Sn, Sr, Te, W och Zn.

3.8 Kemiska analyser

De parametrar som analyserades i urinblandningen, fekalerna, BDT-vattnet respektive det fasta kompost-erbara avfallet presenteras i Tabell 3-3, ovan.

Analysen av de vanliga avloppsparametrarna utfördes av AnalyCen AB, SS-proverna analyserades av vattenvårdsavdelningen på Stockholm Vatten AB och TS-bestämning samt grundämnes- och metallanalyser utfördes av SGAB Analytica i

Luleå. Konduktivitet och pH mättes direkt på platsen för urin och BDT-vatten (se avsnittet material och metoder), medan pH för fekalier och kompost mättes av AnalyCen AB. Analyserna utfördes enligt respektive laboratoriums tillvägagångssätt. De analysmetoder som använts för analys av de utvalda parametrarna presenteras tillsammans med det aktuella laboratoriet i Tabell 3-4.

I Tabell 3-5 presenteras de uppslutningsmetoder som använts vid analys av metaller/grundämnen.

Tabell 3-4. Analysmetod samt laboratorium för de analyserade parametrarna i BDT-vatten, urin, fekalier och fast organiskt avfall.

Parameter	Analysmetod	Laboratorium
pH ^a	ISO 10390, SS-EN 12176	AnalyCen AB
TS	SS 028113	AnalyCen AB
TS ^a	SS 028113-1	SGAB Analytica
Glödrest	SS 028112-3	AnalyCen AB
SS	SS-EN ISO 872-1	Stockholm Vatten AB
BOD ₇	SS 028143-2	AnalyCen AB
COD	SS 028142	AnalyCen AB
TOC	SS-EN 1484	AnalyCen AB
Kj-N	ISO 5663	AnalyCen AB
NH ₄ -N	KLK 65-1 ^b , ISO 5663 ^a	AnalyCen AB
NO ₂ -N	SS 028133	AnalyCen AB
NO ₃ -N	SS 028132	AnalyCen AB
PO ₄ -P ^b	SS 028126	AnalyCen AB
P-tot ^b	SS 028127-2	AnalyCen AB
Metaller/grundämnen	SS 028150	SGAB Analytica

^a) Fekalier o fast organiskt avfall.

^b) BDT-vatten o urin.

Tabell 3-5. Uppslutningsmetod för de olika grundämnena.

Parameter	Uppslutning
Al, B, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sr och Zn	• BDT-vatten och urin – HNO₃ i mikrovågsugn • Fekalier och fast organiskt avfall – HNO₃+H₂O₂ i mikrovågsugn
Ag, Pd, Pt, Rh, Sb, Sn och Te	• BDT – vatten och urin – HCl i mikrovågsugn • Fekalier och fast organiskt avfall – kungsvatten, HCl/HNO₃ (3:1), i mikrovågsugn
Se	• BDT – vatten – HNO₃ i mikrovågsugn* • Urin – koncentrerad HCl i autoklav, • Fekalier och fast organiskt avfall – kungsvatten, HCl/HNO₃ (3:1) i mikrovågsugn
W	• BDT-vatten och urin – HNO₃ i mikrovågsugn* • Fekalier och fast organiskt avfall – kungsvatten, HCl/HNO₃ (3:1) i mikrovågsugn

* Ej ackrediterad analys.

Tabell 3-6. Analyserade organiska substanser samt analysmetod.

Parameter	Antal	Analysmetod	Upparbetning	Laboratorium
PAH	16	GC-MS	extraktion med diklormetan	ALcontrol AB
PCB	14	GC-MS	extraktion med diklormetan	ALcontrol AB
Ftalater	1	GC-MS	extraktion med diklormetan	ALcontrol AB
Ftalater	7	GC-MS	extraktion med hexan/iso-oktan	GRYAAB
Ftalater	10	GC-ECD	extraktion med diklormetan	SGAB Analytica
Nonylfenol/-etoxylater	11	GC-MS/TIC	extraktion med aceton/hexan	SGAB Analytica
Oktylfenol/-etoxylater	9	GC-MS/TIC	extraktion med aceton/hexan	SGAB Analytica
Bromerade flamskyddsmedel	13	GC-MS	extraktion med toluen	SGAB Analytica
Tennorganiska ämnen	6	GC-ICP-MS	etylering och extraktion med hexan	Umeå Universitet
LAS	1			AnalyCen AB
Triklosan	1	GC-MS		ITM, Stockholms universitet
Antibiotika (fenoximetyl penicillin, PcV)	1	HPLC/UV*	Analyserades endast i urin	Miljö kemi, Umeå universitet
Antal substanser	90			

* High Performance Liquid Chromatography med UV-detektor, se Johansson m.fl. (2003).

Analyserna av de olika organiska ämnena i BDT-vattnet utfördes av ett antal olika laboratorier och preciseras närmare i Tabell 3-6.

4 Resultat och diskussion

4.1 Hemvaroenkäten

Sammanlagt bodde 81 personer uppdelade på 54 vuxna (inkl. vi två som mätte) och 27 barn, varav 4 blöjbarn, i 34 hushåll i Gebers under tiden för provtagningarna. Några av barnen var halvtidsboende. Blöjbarnen har uteslutits i beräkningarna, om inget annat anges, vilket medför att totalt 77 personer (inkl. vi två som mätte) uppdelade på 54 vuxna och 23 barn deltog i undersökningarna.

Samtliga av de boende redovisade sin hemvaro på något sätt under alla tre mätperioderna. Beräkningarna av antalet hemvarotimmar grundar sig på ifyllt

hemvaro av alla boende i Gebers samt deras gästers redovisade hemvarotimmar.

Hemvaron räknades ut dels för alla boende i Gebers, på vilket beräkningarna för BDT-vatten och kompost grundar sig, och dels för Gebers exklusive blå huset, på vilket beräkningarna för urin och fekalier grundar sig. De boende var i medeltal hemma 15,1 timmar per person och dygn respektive 15,3 timmar per person och dygn exklusive blå huset, under alla tre mätperioderna. Detta motsvarar 62,9 % respektive 64,0 % av dygnet (Tabell 4-1).

Den uppmätta hemvaron låg inom samma storleksordning som vid tidigare mätningar i Understenshöjden, Palsternackan (Jönsson m.fl. 1998), Hushagen (Vinnerås 1998) och Ekoporten (Weglin & Vinnerås 2000). I Understenshöjden, en ekoby i Stockholm, var hemvaron 58 % av dygnet, i Palsternackan, ett hyreshusområde i Stockholm, 66 %, i Hushagen, ett hyreshus i Borlänge, 69 % och i Ekoporten, ett miljöanpassat flerfamiljshus i Norrköping, var hemvaron 58 % av dygnet.

Under period ett var den sammanlagda hemvaron (vuxna + barn) 8262 timmar, under period två 7876 timmar och period tre 8039 timmar. Procentuellt sett stod de vuxna, som utgjorde 70,1 % av de boende, för cirka 70 % av den totala hemvaron varje mätperiod.

Tabell 4-1. Genomsnittlig redovisad hemvaro i timmar per person och dygn samt procentandel för de olika kategorierna under period 1, 2 och 3 (inkl. gäster).

Period	Hela Gebers (BDT-vatten och kompost)		Gebers exkl. blå huset (Urin och fekalier)	
	tim/pd	% av dygnet	tim/pd	% av dygnet
Period 1	15,7	65,6	15,8	66,0
Period 2	14,6	60,9	14,9	62,3
Period 3	14,9	62,1	15,3	63,6
Medel	15,1±0,6	62,9±2,4	15,3±0,5	64,0±1,9

Lite drygt en femtedel av de vuxna var tobaksanvändare och deras hemvaro utgjorde cirka 15 % av den totala hemvaron (Tabell 4-2). Ungefär en fjärdedel av de boende (vuxna + barn) i Gebers visade sig vara vegetarianer. Vegetarianerna stod också för ungefär en fjärdedel av hemvaron. Nästan hälften av de boende (främst barnen) saknade amalgamlagningar, en fjärdedel hade någon lagning och den resterande fjärdedelen utgjordes av personer med många amalgamlagningar.

I Understenshöjden utgjorde tobaksanvändarna 7,5 % av de boende i området (Jönsson m.fl. 1998), vilket kan jämföras med 17 % för Gebers. I Palsternackan utgjorde tobaksanvändarna cirka 16 % av de boende (Jönsson m.fl. 1998). Vegetarianer utgjorde 8 % av de boende i Understenshöjden (Jönsson m.fl. 1998), och i Palsternackan och Ekoporten saknades de helt (Weglin & Vinnerås 2000). Vid mätningarna i Ekoporten uppgav 60 % av de boende att de hade amalgamlagningar, jämfört med 55 % i Gebers.

Tio hushåll uppgav att de använt hobbykemikalier under tiden för mätningarna och enstaka hushåll att de använt målarfärg, kopparputs etc. se Tabell 4-3.

Tabell 4-2. Andel tobaksanvändare, vegetarianer och personer med inga/någon/många amalgamlagningar samt deras respektive hemvaro.

Kategori	Antal	Andel av de boende %	Andel av hemvaro ^a %
Tobaksanvändare	13	16,9	14,9
Vegetarianer vuxna	16	20,8	28,6
Vegetarianer barn	3	3,9	15,5
Vegetarianer vuxna + barn	19	24,7	24,8
Amalgamlagningar inga	36	46,8	42,8
Amalgamlagningar någon	21	26,0	26,8
Amalgamlagningar många	21	27,3	25,2

^{a)} Hemvaron inkluderar gästernas hemvarotimmar fastän de inte fyllt i om de är vegetarianer, rökare eller har amalgamlagningar.

Tabell 4-3. Användningen av kemikalier under tiden för mätningarna. Siffran inom parantes anger antal hushåll som använt kemikalien varje period.

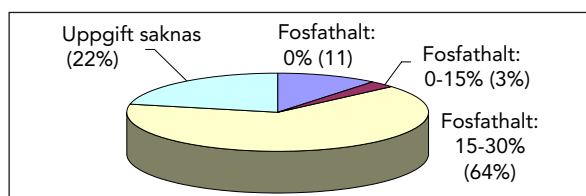
Period 1	Period 2	Period 3
kopparputs (1)	heminredningsfärg (1)	kopparputs (1)
lösningsmedel (1)	konstnärsfärg (1)	sågat kopparrör i vasken (1)
heminredningsfärg (1)	lösningsmedel (1)	lösningsmedel (1)
utrustning för takmålning och tapetsering (1)	fotokemikalier (1) textilfärg (1)	tapetklister (1) T-röd (1)
vattenfärg (1)	hårfärg/-blekning (1)	bensin (1)
nagellacksborttagningsmedel (utan acetone) (1)	nagellacksborttagningsmedel (utan acetone) (1)	nagellacksborttagningsmedel (utan acetone) (1)
	impregneringsmedel (1)	vattenfärg (1)

4.2 Inventeringen

Av de 34 hushåll som deltog i undersökningen svarade 27 (80 %) på den utskickade inventeringsenkäten. I de fall då ofullständiga uppgifter lämnats har dessa kompletterats så långt som det varit möjligt (gäller produktnamn, förpackningsstorlek, producent och produktnummer).

I Andersson och Jensen (2002) redovisas antalet inventerade hushållskemikalier per hushåll. De olika hushållen har redovisat från 5 till 15 olika produkter, med ett medeltal på 10 produkter per hushåll. Av de inventerade hushållen håller sig ungefär hälften med två tvättmedel, ett för vittvätt och ett för kulör-tvätt. Några få använder extra sköljmedel och/eller blekmedel. Två hushåll har uppgett att de har egen diskmaskin i lägenheten och använder maskindisk-medel.

I Andersson och Jensen (2002) redovisas även de deltagande hushållens normala tvättmedels-, skölj-medels- och blekmedelsförbrukning samt uppgifter om produkternas namn, förpackningsstorlek, producent och produktnummer. De flesta tvättmedlen som användes var miljömärkta men uppgavs på förpackningen ha en fosfathalt på 15–35 %. Ett fåtal av hushållen använde helt fosfatfria tvättmedel, medan det stora flertalet tvättade med olika tvättmedel innehållande fosfat (Figur 4-1).



Figur 4-1. Användningen av fosfathaltiga tvättmedel i Gebers.

I medeltal tvättade varje hushåll 2,6 maskiner tvätt per vecka. Av antalet tvättar var 88 % kulörtvätt och 12 % vittvätt. Varje hushåll använde i genomsnitt 1 dl tvättmedel (pulverform) per tvätt. Det innebär, med tvättmedlens fosfatinnehåll enligt Andersson och Jensen (2002), en användning av ungefär 720–1460 gram fosfat, eller 240–480 gram fosfor, per vecka för hela Gebers. Detta innebär en fosfatanvändning på 1,3–2,7 gram per person och dygn, eller en fosforanvändning på 0,43–0,89 gram per person och dygn.

Enligt Kemikalieinspektionen var tvättmedelsanvändningen i Sverige 45 000 ton eller 5,8 kilo

per person och år 1992 (Karlström & Svensson 1995). Det innebär att svenska folket enbart genom sin tvättmedelsanvändning använder i genomsnitt 0,34 gram fosfor per person och dygn (NV 1995). Detta är ungefär hälften så mycket fosfor som det beräknade värdet för Gebers. I ekobyn Tuggelite beräknades ur årsförbrukningen av hushållskemikalier den tillförda fosformängden till 0,42 gram per person och dygn (NV 1995). Det höga värdet för Gebers skulle kunna bero på den stora andelen barn, 28,5 %, jämfört med genomsnittet i Sverige, 15,6 %. Små barn åstadkommer mycket smutstvätt och därigenom ett ökat tvättande med ökad fosforanvändning som följd.

4.3 BDT-vatten

4.3.1 Mängd

Mängden BDT-vatten per person och dygn är beräknad från mängden inkommande vatten till huset eftersom husets fasta vattenmätare ansågs vara mer tillförlitlig än de mobila flödesmätarna (Andersson & Jensen 2002).

Beräkningarna baserades på 434 boendedygn under period ett, för period två var motsvarande antal boendedygn 537 och för period tre 539.

Under period ett använde de boende i Gebers tillsammans 52,47 m³ vatten. En del av detta, 122,4 liter, var spolvatten till toaletterna och hamnade i någon av urintankarna och uppskattningsvis cirka 600 liter vatten användes av oss vid något av tappställena utanför huset för sköljning av mätutrustning. Resten, 51,75 m³, uppskattas således ha använts som BDT-vatten i hushållen. Uträknat per boende och dygn var förbrukningen period ett 119 liter. Under period två togs det in 56,58 m³ renvatten, vilket efter avdrag för toalettspolvatten och externt vatten gav en dygnsförbrukning på 104 liter BDT-vatten per person. För period tre var motsvarande siffror 59,08 m³ respektive 108 liter per person och dygn (Tabell 4-4).

Den uppmätta medelproduktionen av BDT-vatten på 110 liter per boende och dygn är något lägre än Naturvårdsverkets schablonvärde från 1995 (150 liter per person och dygn). Senare undersökningar har

Tabell 4-4. Förbrukad mängd vatten samt producerad mängd BDT-vatten per boende och dygn.

Tid	Förbrukad vattenmängd m ³	Spol- + tappvatten m ³	Antal dygn st	BDT-vatten l/bd
Period 1	52,47	0,722	5,8	119
Period 2	56,58	0,727	7,0	104
Period 3	59,08	0,730	7,0	108
Medelvärde				110

emellertid visat på ännu lägre värden. I mätningarna i Tuggelite (NV 1995) och Ekoporten (Weglin och Vinnerås 2000) uppmättes mängden BDT-vatten per person och dygn till 108 respektive 104 liter. I Vibyåsen (Palmquist 2001) var BDT-vattenmängden per person och dygn cirka 70 liter.

4.3.2 Sammansättning

Under den första halvan av period ett skedde en felaktig avläsning av flödet vid provpunkt flygeln. Det ledde till att vattnet från de båda provpunkterna inte blandades proportionellt. Den provmängd som togs ut från flygeln under tiden 5:e till 9:e oktober var bara en tiondel av vad den borde varit. Efter den 9:e oktober rättades felet till och BDT-vattnet från de båda provpunkterna blandades därefter flödesproportionellt fram till mätningarnas slut. Vid två tillfällen (måndag 15 oktober, period 2 och måndag 22 oktober, period 3), hade provtagningskärlet vid bastun svämmat över, troligen till följd av att många passat på att tvätta under helgen. Då togs det vatten som fanns i provtagningskärlet till vara och användes till provuttagningen.

Det beräknade flödet av olika substanser i BDT-vattnet per person och dygn beräknades utifrån en hemvaro som utgjorde ungefär 2/3 av dygnet. Det vill säga att det uppmätta flödet av näringsämnen, grundämnen, metaller och organiska ämnen i BDT-vatten från Gebers endast visar de mängder en person ger ifrån sig under de 63 % av dygnet då personen vistas i hemmet. Vad personen ger ifrån sig den resterande delen av dygnet har ej tagits med i den här undersökningen. Detsamma gäller för de resultat som presenteras här från undersökningarna i Tuggelite, Ekoporten och Vibyåsen.

Som en följd av att några av lägenheternas köks- och badrumsavlopp gick på stamledningen nedströms någon av de båda provtagningsplatserna bestämdes

sammansättningen av BDT-vattnet utifrån en blandning av 60 personers badrumsavlopp, 67 personers köksavlopp och 77 personers tvättstugeavlopp. Detta vatten analyserades. När sedan halterna av de olika ämnena har räknats om till gram per boende och dygn har beräkningarna utgått från att samtliga 77 personer som bor i Gebers bidragit med såväl bad- som disk- och tvättvatten eftersom uppgifterna på BDT-vattenförbrukningen per person och dygn grundar sig på 77 personers vattenförbrukning (det vill säga 119 liter per boende och dygn period ett, 104 liter per boende och dygn period två och 108 liter per boende och dygn period tre).

För varje period har ett medelvärde uttryckt i gram per liter beräknats utifrån analys svaren för de utvalda parametrarna. Dessa medelvärden har sedan slagits samman till ett totalt medelvärde med standardavvikelse för hela treveckorsperioden (Tabell 4-5 och Tabell 4-8, nedan). Även flödet av de utvalda parametrarna har beräknats, i gram per boende och dygn, och resultaten presenteras i Tabell 4-6 och Tabell 4-9, nedan.

Halterna av nitrit visade sig vara så låga att alla prov under alla tre perioderna hamnade under detektionsgränsen med den använda analysmetoden. Så var även fallet för metallerna vismut, palladium och rodium. Även kvicksilverhalten var i hälften av proven för låg för att kunna detekteras.

För att kunna jämföra BDT-vattnets bidrag av näringsämnen och metaller per person och dygn med de gällande svenska schablonvärdena (Tabell 4-7) drogs tillförseln från kranvattnet (Bilaga A, Tabell A-1) bort. Observera att de svenska schablonvärdena avser hela dygnsproduktionen (inklusive vad man producerar på jobb, skola m.m.) medan Gebersvärdena bara avser vad man producerar i hemmet, det vill säga drygt 60 % av dygnet.

Mängden TS, det vill säga mängden fasta och lösta ämnen i BDT-vattnet, per boende och dygn var tämligen konstant under hela mätperioden men uppgick bara till hälften av det svenska schablonvärdet (Tabell

4-7). Ungefär en fjärdedel av TS utgjordes av suspenderade ämnen (SS) och resterande tre fjärdedelar var lösta ämnen (salter). Mängden suspenderad substans uppgick till 62 % av schablonvärdet. Glödgnings-

resten var i genomsnitt 106 mg/kg TS, vilket innebär att 0,011 % av TS utgjordes av oorganiska ämnen. Resten, så gott som hela TS-mängden, utgjordes alltså av organiskt material (Tabell 4-5).

Tabell 4-5. BDT-vattnets sammansättning av de undersökta parametrarna (inklusive bidraget från dricksvattnet) under period 1 till 3 samt medelvärde med standardavvikelse.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medelvärde	Std-avvikelse
pH		6,71	6,80	6,51	6,67	0,15
Kond.	µS/cm	480	467	437	461	22
TS	%	0,035	0,035	0,040	0,037	0,003
GR	mg/kgTS	80	107	130	106	25
SS	mg/l	86	89	100	92	7
BOD ₇	mg/l	275	155	150	193	71
BOD _{7filtr}	mg/l	–	104	65	85	28
COD	mg/l	465	470	335	430	65
COD _{filtr}	mg/l	–	185	200	193	11
TOC	mg/l	105	76	69	83	19
Kj-N	mg/l	14,5	11,5	12,7	12,9	1,5
NH ₄ -N	mg/l	1,78	3,5	0,13	1,8	1,7
NO ₂ -N	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	–
NO ₃ -N	mg/l	0,073	0,031	0,045	0,050	0,022
N-tot ^a	mg/l	14,5	11,5	12,7	12,9	1,5
PO ₄ -P	mg/l	4,5	4,3	4,2	4,3	0,2
P-tot	mg/l	5,0	5,4	4,8	5,1	0,3
K	mg/l	7,81	8,44	9,75	8,66	0,99
Ca	mg/l	25,2	25,8	26,1	25,7	0,5
Fe	mg/l	1,74	2,09	2,21	2,01	0,24
Mg	mg/l	4,40	4,60	4,51	4,50	0,10
Na	mg/l	45,0	47,9	47,0	46,6	1,5
S	mg/l	14,6	14,3	14,2	14,3	0,2
Ag	µg/l	0,268	0,270	0,257	0,265	0,007
Al	µg/l	844	694	949	829	128
B	µg/l	59,8	52,4	36,9	49,7	11,7
Bi	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	–
Cd	µg/l	0,179	0,130	0,104	0,137	0,038
Co	µg/l	0,400	0,400	0,384	0,394	0,009
Cr	µg/l	2,81	4,89	3,62	3,77	1,05
Cu	µg/l	59,3	57,5	60,0	58,9	1,3
Hg	µg/l	0,0243	0,023	0,034	0,027	0,006
Mn	µg/l	36,0	32,5	30,0	33,0	3,0
Mo	µg/l	1,07	1,13	1,11	1,10	0,03
Ni	µg/l	5,28	6,15	6,47	5,96	0,62
Pb	µg/l	2,23	1,90	2,40	2,17	0,26
Pd	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	–
Pt	µg/l	0,012	0,016	0,015	0,014	0,002
Rh	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	–
Sb	µg/l	0,176	0,218	0,172	0,189	0,025
Se	µg/l	0,189	0,168	0,176	0,177	0,011
Sn	µg/l	1,40	2,00	1,57	1,65	0,31
Sr	µg/l	58,2	62,1	60,7	60,3	2,0
Te	µg/l	0,021	0,021	0,016	0,019	0,003
W	µg/l	0,078	0,081	0,080	0,079	0,002
Zn	µg/l	68,5	58,3	62,5	63,1	5,1

^{a)} beräknat värde (N_{tot}=Kj-N+NO₂-N+NO₃-N).

Tabell 4-6. BDT-vattnets flöde av de undersökta parametrarna (inklusive bidraget från dricksvattnet) per boende och dygn i Gebers jämfört med flöden i tidigare studier.

Para- meter	Enhet	Bromsten bad kök		Tuggelite	Ekoporten	Vibyåsen	Gebers Medel	Stdav
pH		7,3	6,6	–	6,48	7,49	6,67	0,15
Kond.	µS/cm	344	426	–	546	–	461	22
TS	g/bd	–	–	80	59,1	41,5	40	4
GR	g/bd	–	–	–	–	–	0,004	0,001
SS	g/bd	–	–	9,1	–	–	10	1
BOD ₇	g/bd	7	23	17,7	7,71	27,7	21	10
BOD _{7filit}	g/bd	–	–	–	–	–	9	3
COD	g/bd	8	25	33,5	6,71	39,0	48	8
COD _{filit}	g/bd	–	–	–	–	–	20	2
TOC	g/bd	–	–	–	–	–	9	3
Kj-N	g/bd	0,14	0,45	–	–	–	1,4	0
NH ₄ -N	g/bd	–	–	0,07	<0,02	–	0,19	0,17
NO ₂ -N	g/bd	–	–	–	<0,02	–	<0,001	–
NO ₃ -N	g/bd	–	–	–	<0,02	–	0,006	0,003
N-tot	g/bd	–	–	0,82	1,7	0,64	1,4	0,3
PO ₄ -P	g/bd	–	–	–	–	–	0,48	0,05
P-tot	g/bd	0,10	0,05	0,36	0,44	0,50	0,6	0,1
K	g/bd	–	–	1,25	4,14	0,54	0,95	0,09
Ca	g/bd	1,32	0,705	3,78	3,58	2,2	2,83	0,16
Fe	g/bd	0,0198	0,0141	0,20	0,07	0,024	0,2	0
Mg	g/bd	0,264	0,188	1,04	0,44	0,38	0,50	0,02
Na	g/bd	–	–	7,02	6,07	5,2	5,1	0,2
S	g/bd	–	–	–	1,97	1,6	1,6	0,1
Ag	mg/bd	<0,132	<0,094	<0,216	–	0,008	0,029	0,002
Al	mg/bd	6,6	14,1	345,6	–	162,2	92	17
B	mg/bd	–	–	–	86,2	–	5,49	1,6
Bi	mg/bd	–	–	–	–	0,022	<0,005	–
Cd	mg/bd	<1,32	<0,94	<4,1	0,031	0,006	0,015	0,005
Co	mg/bd	<0,33	<0,235	<1,3	–	0,09	0,044	0,003
Cr	mg/bd	<0,33	<0,235	3,89	0,98	0,25	0,41	0,09
Cu	mg/bd	3,96	1,88	11,2	11,5	4,1	6,5	0,6
Hg	mg/bd	–	–	0,031	<0,0104	0,001	0,0030	0,608
Mn	mg/bd	0,66	0,94	9,7	–	0,8	3,6	0,6
Mo	mg/bd	<0,66	<0,47	–	–	–	0,12	0,01
Ni	mg/bd	0,528	<0,235	<2,7	0,83	0,73	0,66	0,04
Pb	mg/bd	0,66	0,47	<6,8	1,40	0,17	0,24	0,04
Pd	mg/bd	–	–	–	–	–	<0,002	–
Pt	mg/bd	–	–	–	–	0,0022	0,0016	0,121
Rh	mg/bd	–	–	–	–	–	<0,001	–
Sb	mg/bd	<13,2	<9,4	–	–	0,029	0,021	0,002
Se	mg/bd	–	–	–	–	–	0,020	0,003
Sn	mg/bd	<1,32	<0,94	–	–	0,16	0,18	0,02
Sr	mg/bd	–	–	–	–	–	6,7	0,3
Te	mg/bd	–	–	–	–	<0,0365	0,0021	0,37
W	mg/bd	–	–	–	–	–	0,009	0
Zn	mg/bd	<13,2	<9,4	2,8	13,1	4,3	7,0	1,1

Tabell 4-7. BDT-vattnets sammansättning av några utvalda ämnen (exklusive bidraget från dricksvattnet) uträknat per person och dygn jämfört med schablonvärden (NV 1995).

Parameter	Enhet	Gebers	Schablon (NV 1995)	Andel av schablon (%)
TS	g/pd	40	80	50
SS	g/pd	10	16	62
BOD ₇	g/pd	21	28	75
N-tot	g/pd	1,4	1,0	140
P	g/pd	0,6	0,30	200
K	g/pd	0,70	0,5	140
Ag	mg/pd	<0,029	0,3	<10
Pb	mg/pd	0,09	<3,0	>3
Cu	mg/pd	-4,0	<6,0	-
Cr	mg/pd	0,40	<5,0	>8
Ni	mg/pd	0,24	<3,0	>8
Zn	mg/pd	2,9	<50	>6
Cd	µg/pd	14	<600	>2
Hg	µg/pd	3	<60	>5

Halterna av COD_{Cr} och BOD₇ mättes både på ofiltrerat och filtrerat (45µm-filter) BDT-vatten. De filtrerade proverna innehöll ungefär hälften så mycket COD och BOD som de ofiltrerade. Mängden BOD₇ i BDT-vattnet uppgick till 75 % av schablonvärdet. Både halterna av BOD₇ och COD_{Cr} ligger på en nivå jämförbar med förväntade värden på inkommande avloppsvatten till reningsverk (Stockholm Vatten 2000) och stämmer väl överens med uppmätta värden från ett flertal tidigare undersökningar (Christova-Boal m.fl. 1996; Wilkie m.fl. 1996; Almeida m.fl. 1999; Nolde 1999; Eriksson m.fl. 2002). Halten av totalt organiskt kol (TOC) uppgick i medeltal till 83 mg/l, vilket ligger inom i tidigare undersökningar uppmätta intervall för TOC (Eriksson m.fl. 2002).

Det uppmätta kvävet utgjordes till största delen av organiskt bundet kväve, i form av matrester i köksspillvattnet, hudrester, etc. Resten utgjordes av ammoniumkväve (cirka 15 %) och nitratkväve (cirka 0,4 %). Halten nitritkväve var för låg för att kunna detekteras med den använda analysmetoden. Den uppmätta kvävemängden per boende och dygn i Gebers var något högre än motsvarande schablonvärde. I Vibyåsen och Tuggelite uppmättes något lägre halter av totalkväve än i Gebers (Tabell 4-6). I Tuggelite utgjorde ammoniumkvävet cirka 10 % av den uppmätta kvävemängden. I Ekoporten var den uppmätta kvävemängden högre än i Gebers och ammoniumkvävet utgjorde mindre än 2 %. Resultat

från andra undersökningar visar på mycket varierande kvävekoncentrationer och flöden (Christova-Boal m.fl. 1996; Wilkie m.fl. 1996; Shin m.fl. 1998; Nolde 1999; Jeffersson m.fl. 1999; Eriksson m.fl. 2002).

Flödet av fosfor per boende och dygn var dubbelt så stort som motsvarande schablonvärde (Tabell 4-7), och utgjordes till 80 % av fosfatfosfor. Höga flöden av fosfor har också uppmätts i Ekoporten och Vibyåsen (Tabell 4-6), liksom i andra undersökningar av gråvatten (Jefferson m.fl. 1999; Eriksson m.fl. 2002). De höga fosforhalterna i Gebers beror antagligen på att många använder tvättmedel som innehåller fosfor. För varje deciliter tvättmedel med en fosfathalt på 15–30 % som används tillförs BDT-vattnet nästan 6 gram fosfor.

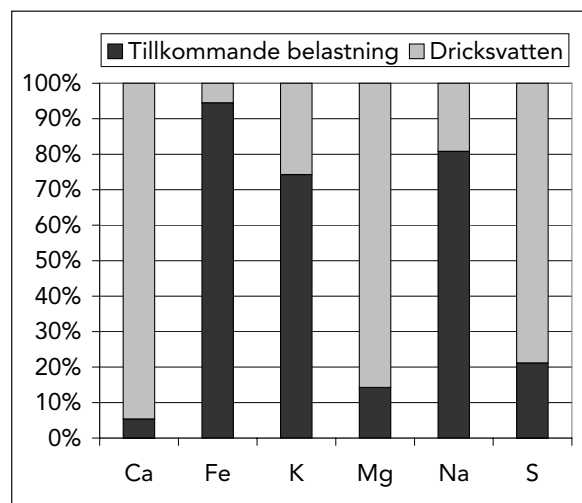
Det uppmätta kaliumflödet per boende och dygn var nästan en och en halv gång så stor som schablonvärdet efter att bidraget från kranvattnet räknats bort (Tabell 4-7). Lika stora kaliummängder har även uppmätts i Tuggelite, Ekoporten och Vibyåsen (Tabell 4-6). Många proteinrika vegetariska livsmedel (linser, kikärter, sojaböner, m.m.) innehåller mycket kalium, och eftersom en fjärdedel av de boende var vegetarianer lagades mycket vegetarisk kost i storköket och antagligen också i de egna lägenheterna. Kalium skulle också kunna lakas ut från till exempel potatis vid kokningen. Detta skulle kunna förklara en del av de höga kaliumvärdena.

Andra kaliumkällor skulle kunna vara användande i matlagningen av mineralsalt, där kaliummängden uppgår till 13 gram per 100 gram salt (Livsmedelsverket 1996), och av olika rengöringsmedel som innehåller kalium (t.ex. flytande tvättmedel, såpa).

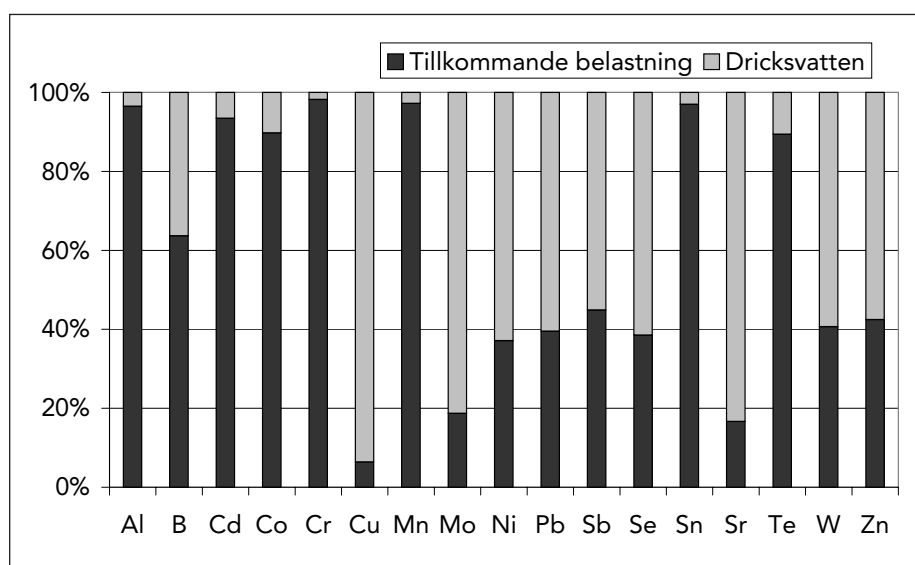
Kalciumhalten, liksom järn-, magnesium-, natrium- och svavelhalterna var konstanta över hela mätperioden (Tabell 4-5) och avvek inte nämnvärt från tidigare undersökningar (Tabell 4-6). Mängden järn var dock något högre än vid de andra svenska undersökningarna. Bara i Tuggelite har lika stora mängder järn mätts upp. Gebers har, till skillnad från Ekoporten och Viabyåsen gamla avloppsledningar av gjutjärn. En förklaring till de lite högre järnhaltarna i Gebers skulle alltså kunna vara att de gamla avloppsledningarna i källaren korroderar och avger järn till BDT-vattnet. Nya avloppsvattenledningar görs idag för det mesta av polyetenplast (VAV 2001).

Större delen av de uppmätta kalcium- och magnesiumflödena (cirka 90 %) visade sig vid beräkningar komma från kranvattnet liksom cirka 5 % av järnhalten, 20 % av natriumhalten och 80 % av svavelhalten (Figur 4-2). En fjärdedel av allt kalium i BDT-vattnet härstammade från kranvattnet. Kopparhalten i BDT-vattnet uppmättes till 0,059 mg/l i genomsnitt, vilket var lägre än både i Tuggelite och Ekoporten (Tabell 4-6) och uppgick till drygt hälften av den i kranvattnet uppmätta kopparhalten, 0,095 mg/l. Riktvärdet för koppar i dricksvatten är 0,050 mg/l. Gränsvärdet för koppar, det vill säga maxvärdet för att vattnet skall bedömas som tjänligt enligt gällande dricksvattenkungörelse, vid tappställe efter spolning är 0,200 mg/l och för tappställe utan

spolning 1,000 mg/l. Om inte kopparhalten i dricksvattnet dras av uppgår mängden koppar i BDT-vattnet till 6,5 mg per boende och dygn, vilket bara är något mer än motsvarande svenska schablonvärde. Används istället Stockholm Vatten AB:s värden på kopparhalten i dricksvatten (Bilaga A, Tabell A-2), 8 µg/l, uppgår mängden tillförd koppar till 5,6 mg per boende och dygn, vilket ligger inom schablonvärdets angivna intervall. Den uppmätta höga kopparhalten i det analyserade dricksvattnet kan bero på gamla korroderande vattenledningar av koppar i källaren, där dricksvattenproven togs ut. Knappt ett år efter mätningen togs nya dricksvattenprov ut från kranar uppe i flyglarna. Kopparhalten i dessa var 0,055 mg/l, alltså mycket nära halten i BDT-vattnet (Figur 4-3).



Figur 4-2. Det procentuella bidraget till BDT-vattnet av kalcium, järn, kalium, magnesium, natrium och svavel från dricksvattnet och från tillkommande belastning.



Figur 4-3. Det procentuella bidraget till BDT-vattnet av metaller från dricksvattnet.

Mindre än 18 % av den uppmätta silverhalten härstammade från kranvattnet. Ungefär 3 % av den uppmätta aluminiumhalten härstammade från dricksvattnet (Figur 4-3). Resten härstammar troligtvis från utlakning av olika metallytor.

Borhalten i BDT-vattnet härstammade till 36 % från dricksvattnet (Figur 4-3). Mängden uppgick till 5,49 mg per boende och dygn, vilket är cirka en sextondel av vad som tidigare uppmäts i Ekoporten (Tabell 4-6). Halten av vismut var varken detekterbar i BDT-vattnet eller i dricksvattnet (Tabell 4-5).

Mängden kadmium per boende och dygn utgjorde ca. 2 % av NV:s schablonvärde (Tabell 4-7). Lika låga kadmiumflöden har uppmäts i både Ekoporten och Vibyåsen (Tabell 4-6). Jämfört med de uppmätta kadmiumflödena från 1977 var de som mätts i Gebers, Ekoporten och Vibyåsen betydligt lägre. Kadmiumflödena i samhället har minskat kraftigt sedan 1975 till följd av ett generellt minskat tungmetallflöde i samhället. I Henriksdals reningsverk i Stockholm har man sett en minskning av kadmium i inkommande avloppsvatten från 3 µg/l 1975 till 0,4 1996 (Bergbäck 1998).

Flödena av krom och nickel per boende och dygn utgjorde båda cirka 8 % av respektive schablonvärde (Tabell 4-7). Ungefär 2 % av kromflödet utgjordes av krom från dricksvattnet (Figur 4-3) och för nickel var motsvarande siffra 63 % (Figur 4-3). Flödet av kobolt per boende och dygn i Gebers uppgick till 0,044 mg. Detta är lägre än vad som uppmäts vid tidigare undersökningar (Tabell 4-6). Cirka 10 % av koboltflödet i BDT-vattnet härstammade från dricksvattnet (Figur 4-3). Källor till både krom, nickel och kobolt skulle kunna vara utlakning från metallytor (t.ex. diskbänkar, köksföremål, ledningar och kranar).

Kvicksilverflödet per boende och dygn uppgick till 0,003 mg. Det motsvarar cirka 5 % av NV:s schablonvärde (Tabell 4-7). Mindre än 7 % av kvicksilvret beräknas komma från kranvattnet. En del av kvicksilvret i BDT-vattnet kommer förmodligen från tandamalgam som innehåller 40–50 % kvicksilver (Dellien 1996). Av de boende i Gebers har fler än hälften, 54 %, uppgett att de har några eller många amalgamlagningar.

Cirka 80 % av allt molybden beräknas komma från kranvattnet men endast 3 % av manganet (Figur 4-3). Det uppmätta manganflödet i BDT-vattnet var drygt fyra gånger så stort som det som uppmäts i Vibyåsen, men endast en tredjedel så stort som i

Tuggelite (Tabell 4-6). Värden att jämföra med från tidigare undersökningar på BDT-vatten saknas för molybden.

Blyflödet uppgick till 0,24 mg per boende och dygn, vilket ungefär motsvarar vad som uppmäts vid tidigare undersökningar (Tabell 4-6). Ungefär 60 % av blyet i BDT-vattnet beräknas komma från kranvattnet (Figur 4-3). Dricksvattenprov från flyglarna 2002 visade dock på betydligt lägre halter av bly, och därmed betydligt mindre bidrag från dricksvattnet. Dessa prover uppslöt dock inte före analys.

Halterna av palladium och rodium låg under detektionsnivån medan flödet av platina per boende och dygn var 0,0016 mg (Tabell 4-6).

Det uppmätta flödet av antimon per boende och dygn uppgick till 0,021 mg, (Tabell 4-6). Av detta kom 55 % från kranvattnet (Figur 4-3). Lika stora flöden av antimon har uppmäts i Vibyåsen (Tabell 4-6). Flödet av selen uppgick till 0,020 mg per boende och dygn varav drygt 60 % beräknades komma från dricksvattnet (Figur 4-3).

Flödet av tenn per boende och dygn uppgick till 0,18 mg, varav 3 % utgjorde bidrag från dricksvattnet (Figur 4-3). Flödet av strontium per boende och dygn uppgick till 6,7 mg. Det motsvarar en något högre halt av strontium (60,3 µg/l) än koppar (58,9 µg/l) i BDT-vattnet (Tabell 4-5). Av alla spårämnen visade sig strontium vara det femte vanligast förekommande.

Det uppmätta flödet av tellur per boende och dygn uppgick till 0,0021 mg, varav knappt 11 % härstammade från dricksvattnet. Närmare 60 % av volfram- och zinkhalten härstammade från dricksvattnet (Figur 4-3). Används istället Stockholm Vatten AB:s värden på zinkhalten i dricksvatten (Bilaga A, Tabell A-2), 7 µg/l, utgör zinkbidraget från dricksvattnet 11 %. Detta stämmer bra med dricksvattenproven som togs i flyglarna 2002. Deras zinkhalt var 5 µg/l. Flödet av volfram per boende och dygn uppgick till 0,009 mg och av zink till 7 mg (Tabell 4-6). Av spårämnesmetallerna visade sig zink vara den fjärde vanligast förekommande i BDT-vatten, näst natrium, järn och aluminium.

Av de 16 PAH:er som mättes förekom sju stycken i halter över 0,01 µg/l, vilket var detektionsgränsen. De detekterbara PAH:erna var naftalen, acenftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen och fluoranten. De uppmätta halterna redovisas i Tabell 4-8. Av de 14 PCB:er som mättes förekom fem stycken i halter över respektive detektionsgräns. Resterande

nio PCB:er gick ej att detektera med den använda analysmetoden. De detekterbara PCB kongener var

PCB #105, PCB #118, PCB #156, PCB #157 och PCB #167 (Tabell 4-8).

Tabell 4-8. BDT-vattnets sammansättning av de undersökta organiska substanserna under period 1 till 3, som medelvärde med standardavvikelse.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
PAH						
Naftalen	µg/l	–	0,042	0,029	0,036	0,009
Acenftylen	µg/l	–	2,2 ^a	0,15	0,15	–
Acenaften	µg/l	–	0,018	0,072	0,045	0,038
Fluoren	µg/l	–	0,048	0,065	0,057	0,012
Fenantren	µg/l	–	0,12	0,1	0,11	0,01
Antracen	µg/l	–	0,041	0,023	0,032	0,013
Fluoranten	µg/l	–	0,033	0,035	0,034	0,001
Pyren	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Benso(a)antracen	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Krysen/Trifenylen	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Benso(b)fluoranten	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Benso(k)fluoranten	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Benso(a)pyren	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Ideno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Benso(g,h,i)perylen	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Dibenso(a,h)antracen	µg/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
PCB						
2,4,4'-triCB, #28	ng/l	–	<1	<1	<1	–
2,2',5,5'-TeCB, #52	ng/l	–	<1	<1	<1	–
2,2',4,5,5'-PeCB, #101	ng/l	–	<1	<1	<1	–
2,2',3,4,4',5'-HxCB, #138	ng/l	–	<1	<1	<1	–
2,2',4,4',5,5'-HxCB, #153	ng/l	–	<1	<1	<1	–
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB, #180	ng/l	–	<1	<1	<1	–
Summa PCB enl. DIN 51 527	ng/l	–	<6	<6	<6	–
3,3',4,4'-TeCB, #77	ng/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
2,3,3',4,4'-PeCB, #105	ng/l	–	0,022	0,029	0,026	0,005
2,3,3',4,4',5-PeCB, #118	ng/l	–	0,073	0,12	0,097	0,033
3,3',4,4',5-PeCB, #126	ng/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
2,3,3',4,4',5-HxCB, #156	ng/l	–	0,019	0,032	0,026	0,009
2,3,3',4,4',5'-HxCB, #157	ng/l	–	0,022	0,026	0,024	0,003
2,3,3',4,4',5,5'-HxCB, #167	ng/l	–	0,011	0,015	0,013	0,003
3,3',4,4',5,5'-HxCB, #169	ng/l	–	<0,01	<0,01	<0,01	–
Ftalat (ALcontrol AB)						
Di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP)	µg/l	–	8,1 ^b	9,1 ^b	8,6	0,7
Ftalater (GRYAAB)						
Di-metyl-ftalat (DMP)	µg/l	0,3	0,2	0,4	0,3	0,1
Di-etyl-ftalat (DEP)	µg/l	16,5	14,6	16,7	15,9	1,2
Di-butyl-ftalat (DBP)	µg/l	13,9	10,5	11,6	12,0	1,7
Di-iso-butyl-ftalat (DIBP)	µg/l	7,6	4,8	4,7	5,7	1,6
Butyl-benzyl-ftalat (BBP)	µg/l	11,4	10,0	6,7	9,4	2,4
Di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP)	µg/l	107,3	74,9	64,6	82,3	22,3
Di-oktyl-ftalat (DOP)	µg/l	2,3	2,6	0,6	1,8	1,1

^{a)} Anm. störning (enligt det laboratorium som genomförde analysen).

^{b)} Ej ackrediterad metod.

forts. Tabell 4-8. BDT-vattnets sammansättning av de organiska substanserna under period 1 till 3, som medelvärde med standardavvikelse.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
Ftalater (SGAB)						
Di-metyl-ftalat (DMP)	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	–
Di-etyl-ftalat (DEP)	µg/l	9,4	8,0	7,2	8,2	1,1
Di-n-butyl-ftalat (DBP)	µg/l	6,2	4,4	5,0	5,2	0,9
Di-iso-butyl-ftalat (DIBP)	µg/l	6,0	3,4	4,0	4,5	1,4
Butyl-benzyl-ftalat (BBP)	µg/l	3,3	1,4	2,9	2,5	1,0
Di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP)	µg/l	20,0	7,5	18,0	15,2	6,7
Di-n-oktyl-ftalat (DOP)	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	–
Di-cyklohexyl-ftalat	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	–
Di-n-propyl-ftalat	µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1	–
Di-pentyl-ftalat	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	–
Nonylfenol och nonylfenoletoxylater						
4-NF-decaetoxylat	µg/l	<0,50	<0,5	<0,50	<0,5	–
4-NF-dietoxylat	µg/l	<0,05	5,0	<0,05	<5,0	–
4-NF-heptaetoxylat	µg/l	<0,50	5,2	<0,50	<5,2	–
4-NF-hexaetoxylat	µg/l	<0,40	9,0	<0,40	<9,0	–
4-NF-monoetoxylat	µg/l	<0,05	3,7	<0,05	<3,7	–
4-NF-nonaetoxylat	µg/l	<0,50	<0,5	<0,50	<0,5	–
4-NF-oktaetoxylat	µg/l	<0,50	3,3	<0,50	<3,3	–
4-NF-pentaetoxylat	µg/l	<0,40	6,5	<0,40	<6,5	–
4-NF-tetraetoxylat	µg/l	<0,25	2,3	<0,25	<2,3	–
4-NF-trietoxylat	µg/l	<0,25	3,3	<0,25	<3,3	–
4-nonylfenol	µg/l	0,63	1,1	0,56	0,8	0,3
Oktylfenol och oktylfenoletoxylater						
4-OF-dietoxylat	µg/l	<0,005	0,11	<0,005	0,1	–
4-OF-heptaetoxylat	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
4-OF-hexaetoxylat	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
4-OF-monoetoxylat	µg/l	0,38	0,13	0,28	0,26	0,1
4-OF-oktaetoxylat	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
4-OF-pentaetoxylat	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
4-OF-tetraetoxylat	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
4-OF-trietoxylat	µg/l	<0,005	0,07	<0,005	0,07	–
4-oktylfenol	µg/l	0,15	0,07	0,07	0,10	0,05
Tennorganiska ämnen						
Monobutyltenn (MBT)	ng/l	–	58,9	89,8	74,4	21,8
Dibutyltenn (DBT)	ng/l	–	7,9	28,2	18,1	14,4
Tributyltenn (TBT)	ng/l	–	2,1	6,4	4,3	3,0
Monofenyltenn (MPhT)	ng/l	–	<1,0	<1,0	<1,0	–
Difenyltenn (DPhT)	ng/l	–	<1,0	<1,0	<1,0	–
Trifenyltenn (TPhT)	ng/l	–	<1,0	<1,0	<1,0	–

forts. Tabell 4-8. BDT-vattnets sammansättning av de undersökta organiska substanserna under period 1 till 3, som medelvärde med standardavvikelse.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
Bromerade flamskyddsmedel						
dekabrombifenyl	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	–
dekabromdifenyleter	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	–
heptabrombifenyleter	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	–
hexabromcyklododekan	µg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	–
hexabromdifenyleter	µg/l	0,0016	<0,001	<0,001	0,0016	–
nonabromdifenyleter	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
oktabromdifenyleter	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	–
pentabromdifenyleter	µg/l	0,018	0,0095	0,0048	0,0108	0,0067
pentabromdifenyleter 100	µg/l	0,0027	0,0017	<0,001	0,0022	0,0007
pentabromdifenyleter 99	µg/l	0,015	0,0078	0,0039	0,0089	0,0056
tetrabrombisfenol-A	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
tetrabromdifenyleter	µg/l	0,014	0,0074	0,0048	0,0087	0,0047
tetrabromdifenyleter 47	µg/l	0,014	0,0074	0,0048	0,0087	0,0047
LAS	mg/l	–	2,2	1,6	1,9	0,4
Triklosan	µg/l	–	0,075	0,3	0,19	–

Tre oberoende laboratorier mätte halten av ftalater i BDT-vattnet. Ett av laboratorierna, ALcontrol AB, mätte endast di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP). GRYAAB mätte förutom DEHP också sex andra ftalater varav alla förekom i detekterbara halter. SGAB mätte halterna av tio olika ftalater, varav sju var samma som de som mättes av GRYAAB. Fem av de tio uppmätta ftalaterna förekom i detekterbara halter. De återstående fem ämnena förekom i halter lägre än detektionsgränsen på 0,5 µg/l respektive 1,0 µg/l. Den lägsta medelhalten uppmättes av GRYAAB för di-metyl-ftalat (DMP) och uppgick till 0,3 µg/l. Den högsta medelhalten uppmättes också av GRYAAB för di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP) och uppgick till 82,3 µg/l. De uppmätta halterna för samtliga ftalater kan ses i Tabell 4-8. De av SGAB uppmätta halterna av ftalater var genomgående lägre än de som mättes upp av GRYAAB. Till exempel var halten av DEHP en femtedel av den som mättes upp av GRYAAB, och den av ALcontrol AB uppmätta halten av DEHP bara en tiondel. Det kan bero på att ftalatprovet som skickades till ALcontrol förvarades i specialdiskade glasflaskor där allt organiskt material hade bränts bort i muffelugn för att de skulle bli så föroreningsfria som möjligt, medan ftalatproven som skickades till GRYAAB och SGAB förvarades i vanliga 2,5-liters glasflaskor som inte

genomgått någon förbehandling. De vanliga glasflaskorna kom direkt från fabriken innan de fylldes av BDT-vattnet och skulle kunna innehålla låga halter av någon form av industrivattmedel som kan ha förorenat provet.

Av de sex tennorganiska föreningar som mättes förekom tre i halter över detektionsgränsen på 1,0 ng/l (Tabell 4-8). Dessa tre var monobutyltenn, dibutyltenn och tributyltenn, vars halter uppgick till 74,4 ng/l, 18,1 ng/l respektive 4,3 ng/l.

Halterna av 13 olika bromerade flamskyddsmedel mättes i BDT-vattnet. Av dessa återfanns sex stycken i halter över respektive detektionsgräns (Tabell 4-8). Den högsta medelhalten uppmättes för pentabromdifenyleter och uppgick till 0,0108 µg/l. De andra detekterbara föreningarna förekom i halter från 0,0016–0,0089 µg/l. Detektionsgränserna för de övriga sju föreningarna låg mellan 0,002 µg/l och 0,01 µg/l.

Koncentrationen av LAS uppmättes till 2,2 mg/l under period två och 1,6 mg/l under period tre. Inget prov togs ut från period ett.

Av de 89 utvalda organiska föreningarna återfanns ungefär hälften, 44 stycken, i detekterbara halter i det undersökta BDT-vattnet.

I Tabell 4-9 (nedan) redovisas de uppmätta mängderna av de organiska substanserna uträknat

per boende och dygn. Där jämförs också de uppmätta mängderna med motsvarande resultat från tidigare undersökningar i Vibyåsen (Palmquist 2001)

samt uppmätta halter av olika organiska ämnen i sex olika svenska reningsverk (Paxéus 1999).

Tabell 4-9. BDT-vattnets innehåll av de undersökta organiska substanserna per boende och dygn i Gebers jämfört med halter uppmätta vid tidigare studier.

Parameter	Enhet	Reningsverk ^a	Vibyåsen	Gebers Medelvärde	Stdav.
PAH					
Naftalen	µg/bd	34–368	<3,32	3,752	0,867
Acenftylen	µg/bd	<34–130	<9,96	16,24	–
Acenaften	µg/bd	<36	17,26	4,833	4,189
Fluoren	µg/bd	<65	<6,64	6,013	1,448
Fenantren	µg/bd	<36–173	2,66	11,65	1,16
Antracen	µg/bd	34–276	<3,98	3,376	1,253
Fluoranten	µg/bd	<34–138	1,99	3,609	0,254
Pyren	µg/bd	34–256	3,0	<1,0	–
Benso(a)antracen	µg/bd	<51–69	<0,66	<1,0	–
Krysen/Trifenylen	µg/bd	<34–46	1,0	<1,0	–
Benso(b)fluoranten	µg/bd	0–138	<1,33	<1,0	–
Benso(k)fluoranten	µg/bd	0–138	0,66	<1,0	–
Benso(a)pyren	µg/bd	0–380	2,0	<1,0	–
Ideno(1,2,3-cd)pyren	µg/bd	–	<5,98	<1,0	–
Benso(g,h,i)perylen	µg/bd	–	2,66	<1,0	–
Dibenso(a,h)antracen	µg/bd	–	<0,66	<1,0	–
PCB					
2,4,4'-triCB, #28	ng/bd	–	<1328	<106	–
2,2',5,5'-TeCB, #52	ng/bd	–	<1328	<106	–
2,2',4,5,5'-PeCB, #101	ng/bd	–	<1328	<106	–
2,2',3,4,4',5'-HxCB, #138	ng/bd	–	<1328	<106	–
2,2',4,4',5,5'-HxCB, #153	ng/bd	–	<1328	<106	–
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB, #180	ng/bd	–	<1328	<106	–
Summa PCB enl. DIN 51 527	ng/bd	–	<4648	<637	–
3,3',4,4'-TeCB, #77	ng/bd	–	–	<1,06	–
2,3,3',4,4'-PeCB, #105	ng/bd	–	–	2,713	0,603
2,3',4,4',5-PeCB, #118	ng/bd	–	–	10,289	3,821
3,3',4,4',5-PeCB, #126	ng/bd	–	–	<1,06	–
2,3,3',4,4',5-HxCB, #156	ng/bd	–	–	2,719	1,053
2,3,3',4,4',5'-HxCB, #157	ng/bd	–	–	2,551	0,373
2,3',4,4',5,5'-HxCB, #167	ng/bd	–	–	1,384	0,340
3,3',4,4',5,5'-HxCB, #169	ng/bd	–	–	<1,06	–
Ftalat (ALcontrol AB)					
Di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP)	mg/bd	2,7–32,7	3,82	0,914	0,101
Ftalater (GRYAAB)					
Di-metyl-ftalat (DMP)	mg/bd	0,046–0,7	<0,128	0,03	0,01
Di-etyl-ftalat (DEP)	mg/bd	2,4–10,8	1,41	1,8	0,2
Di-butyl-ftalat (DBP)	mg/bd	0,3–2,9	0,45	1,3	0,3
Di-iso-butyl-ftalat (DIBP)	mg/bd	–	0,49	0,6	0,2
Butyl-benzyl-ftalat (BBP)	mg/bd	1,5–26,8	0,46	1,0	0,3
Di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP)	mg/bd	2,7–32,7	3,82	9,2	3,1
Di-oktyl-ftalat (DOP)	mg/bd	0,1–7,7	<0,128	0,2	0,1

^{a)} Resultat från analyser av inkommande avloppsvatten från sex svenska kommunala reningsverk, avser BDT-vatten+ KI-vatten+dagvatten+vatten från andra anslutna verksamheter (t.ex. industrier), (Paxéus 1999).

forts. Tabell 4-9. BDT-vattnets innehåll av de undersökta organiska substanserna per boende och dygn i Gebers jämfört med halter uppmätta vid tidigare studier.

Parameter	Enhet	Reningsverk ^a	Vibyåsen	Gebers Medel	Stdav
Ftalater (SGAB)					
Di-metyl-ftalat (DMP)	mg/bd	0,046–0,7	<0,128	<0,06	–
Di-etyl-ftalat (DEP)	mg/bd	2,4–10,8	1,41	0,9	0,2
Di-n-butyl-ftalat (DBP)	mg/bd	0,3–2,9	0,45	0,6	0,1
Di-iso-butyl-ftalat (DIBP)	mg/bd	–	0,49	0,5	0,2
Butyl-benzyl-ftalat (BBP)	mg/bd	1,5–26,8	0,46	0,3	0,1
Di-(etyl-hexyl)-ftalat (DEHP)	mg/bd	2,7–32,7	3,82	1,7	0,8
Di-n-oktyl-ftalat (DOP)	mg/bd	0,1–7,7	<0,128	<0,06	–
Di-cyklohexyl-ftalat	mg/bd	–	<0,0664	<0,06	–
Di-n-propyl-ftalat	mg/bd	–	<0,128	<0,1	–
Di-pentyl-ftalat	mg/bd	–	<0,128	<0,06	–
Nonylfenol och nonylfenoletoxylater					
4-NF-decaetoxylat	mg/bd	–	–	<0,06	–
4-NF-dietoxylat	mg/bd	0,2–5,7	0,583	<0,5	–
4-NF-heptaetoxylat	mg/bd	–	0,900	<0,5	–
4-NF-hexaetoxylat	mg/bd	–	1,869	<0,9	–
4-NF-monoetoxylat	mg/bd	0,8–6,9	0,284	<0,4	–
4-NF-nonaetoxylat	mg/bd	–	<0,007	<0,06	–
4-NF-oktaetoxylat	mg/bd	–	1,58	<0,3	–
4-NF-pentaetoxylat	mg/bd	–	1,977	<0,7	–
4-NF-tetraetoxylat	mg/bd	–	2,724	<0,2	–
4-NF-trietoxylat	mg/bd	–	1,502	<0,3	–
4-nonylfenol	mg/bd	0,2–12,8	0,252	0,08	0,03
Oktylfenol och oktylfenoletoxylater					
4-OF-dietoxylat	mg/bd	0,03–0,5	0,028	0,0114	–
4-OF-heptaetoxylat	mg/bd	–	0,018	<0,0006	–
4-OF-hexaetoxylat	mg/bd	–	0,032	<0,0006	–
4-OF-monoetoxylat	mg/bd	0,03–0,9	0,008	0,0297	0,0159
4-OF-oktaetoxylat	mg/bd	–	0,008	<0,0006	–
4-OF-pentaetoxylat	mg/bd	–	0,078	<0,0006	–
4-OF-tetraetoxylat	mg/bd	–	0,084	<0,0006	–
4-OF-trietoxylat	mg/bd	–	0,108	0,0073	–
4-oktylfenol	mg/bd	0,1–0,4	0,007	0,0109	0,0060
Tennorganiska ämnen					
Monobutyltenn (MBT)	µg/bd	–	47,18	8	3
Dibutyltenn (DBT)	µg/bd	–	107,97	2	2
Tributyltenn (TBT)	µg/bd	–	16,47	0,5	0,3
Monofenyltenn (MPHT)	µg/bd	–	<0,128	<0,1	–
Difenyltenn (DPHT)	µg/bd	–	<0,128	<0,1	–
Trifenyltenn (TPHT)	µg/bd	–	0,37	<0,1	–

^{a)} Resultat från analyser av inkommande avloppsvatten från sex svenska kommunala reningsverk, avser BDT-vatten+ KI-vatten+dagvatten+vatten från andra anslutna verksamheter (t.ex. industrier), (Paxéus 1999).

forts. Tabell 4-9. BDT-vattnets innehåll av de undersökta organiska substanserna per boende och dygn i Gebers jämfört med halter uppmätta vid tidigare studier.

Parameter	Enhet	Reningsverk ^a	Vibyåsen	Gebers Medel	Stdav
Bromerade flamskyddsmedel					
dekabrombifenyl	µg/bd	–	<0,7	<1	–
dekabromdifenyleter	µg/bd	–	<0,7	<1	–
heptabrombifenyleter	µg/bd	–	<0,1	<0,2	–
hexabromcyklododekan	µg/bd	–	<0,07	<0,1	–
hexabromdifenyleter	µg/bd	–	0,24	0,2	–
nonabromdifenyleter	µg/bd	–	<0,1	<0,6	–
oktabromdifenyleter	µg/bd	–	<0,1	<0,2	–
pentabromdifenyleter	µg/bd	–	21,9	1,2	0,8
pentabromdifenyleter 100	µg/bd	–	3,3	0,2	0,1
pentabromdifenyleter 99	µg/bd	–	17,6	1,0	0,7
tetrabrombisfenol-A	µg/bd	–	<0,07	<0,6	–
tetrabromdifenyleter	µg/bd	–	8,4	1,0	0,6
tetrabromdifenyleter 47	µg/bd	–	7,4	1,0	0,6
LAS	mg/bd	<1,3	–	201	39

^{a)} Resultat från analyser av inkommande avloppsvatten från sex svenska kommunala reningsverk, avser BDT-vatten+ Kl-vatten+dagvatten+vatten från andra anslutna verksamheter (t.ex. industrier), (Paxéus 1999).

4.4 Spolvatten

I Tabell 4-10 redovisas alla uppmätta och beräknade parametrar angående spolvatten. Spolvattenflödet mättes på 14 toaletter. Det var svårt att hinna med att mäta på fler toaletter på grund av att de boende inte var hemma under dagarna, då vi hade tid att mäta. För de toaletter där spolvattenflödet uppmättes varierade medelflöden mellan 17,4 ml/s och 56,5 ml/s, medelvärde var 30,8 ml/s.

4.4.1 Spolfrekvens

Urinskålen spolades i genomsnitt 3,4 per boende (Tabell 4-10). Uppräknat till hela persondygn motsvarade detta 5,4 spolningar per person och dygn. Spolningsfrekvensen i Gebers var lägre än vad som observerats i tidigare undersökningar. Antalet urin-spolningar i hemmet var i Ekoporten 4,6, i Understenshöjden 3,7 och i Palsternackan 4,1 gånger per person och dygn. En förklaring till att spolningsfrekvensen var lägre i Gebers kan vara att alla inte spolrar efter varje besök. För att undvika stopp i urinledningen spolrar några istället en längre stund med

exempelvis duschslangen ner mot urinskålens utlopp, med ett antal veckors mellanrum (Hort, muntligt).

4.4.2 Beräkning av spolvattenvolym

Den totala spolvattenvolymen från lägenheterna beräknades genom att först, för varje lägenhet, beräkna spoltiden per hemvarotimme. Slutligen summerades spolvattenvolymer från alla toaletterna och medelvärden för alla boende beräknades utifrån totala spolvattenmängden och totala antalet hemvarotimmar.

4.4.3 Spolvattenförbrukning

Den genomsnittliga spoltiden uppgick till $2,7 \pm 2,0$ sekunder per spolning och spolvattenförbrukningen var i medeltal $77,0 \pm 71,4$ ml per spolning. Spolvattenmängden varierade mycket från lägenhet till lägenhet beroende på spolreglats inställning. Som minst användes i snitt 16 ml och som mest 290 ml vatten per spolning.

Spolvattenförbrukningen under den del av dygnet de boende var hemma beräknades till 0,21 liter per

Tabell 4-10. Genomsnittliga volymer vatten som tillförts urintankarna under mätperioderna. För de uppmätta parametrarna spolflöde, spoltid och spolvattenvolym per spolning anges medelvärde över alla tre perioderna samt standardavvikelsen.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel
Hemvaro	tim/dygn	15,8	14,9	15,3	15,4
Spolvatten, exkl. kemtoan	l	111,4	112,3	110,0	111,3
Extra vattentillförsel	l	8,3	8,3	13,6	10,0
Spolvatten+extra tillfört vatten	l/bd	0,23	0,24	0,24	0,24
Spolvatten+extra tillfört vatten ^a	l/pd	0,35	0,38	0,38	0,37
Antal spolningar	st/bd				3,45 ^b
Antal spolningar ^a	st/pd				5,40 ^b
Spolflöde	ml/s				30,8±12,5 ^b
Spoltid per spolning	s/st				2,7±2,0 ^b
Spolvattenvolym per spolning	ml/st				77,1±71,4 ^b

^a) Räknat på 100 % hemvaro.

^b) Beräknat på genomsnitt över alla tre perioderna.

boende och dygn, vilket motsvarar 0,34 liter per person och 24 timmar. Om den extra tillförseln av vatten till urinsålen via flaskor och koppar medräknas blev motsvarande volymer 0,24 och 0,37 liter (Tabell 4-10).

Vattenförbrukningen för urinspolning är ungefär hälften av vad som uppmäts i både Understenshöjden och Palsternackan, där mängden spolvatten till urinsålen var 0,65 liter per person och 24 timmar. Dessa områden var utrustade med toaletten Dubbletten.

Mätningarna visar att toalettssystemet i Gebers ger en vattenbesparing på 99,3 % jämfört med en konventionell 6-liters toalett som beräknas förbruka 50 liter vatten per person och 24-timmar (NV 1995).

Den uppsamlade urinblandningen innehöll 121 liter vatten. Av det tillförda vattnet härstammade drygt 90 % från spolningen av urinsålen. Resten var vatten som hällts i urinsålen vid exempelvis rengöring eller för att avlägsna stopp i urinledningen (Tabell 4-10). Omkring en femtedel av hushållen uppgav att de åtminstone vid ett tillfälle under studiens gång tillfört extra vatten till urinsålen. På grund av stopp i urinledningen under sista perioden höll de boende i ett av hushållen två liter vatten med kaustiksoda i urinsålen. Vatten med tillsatt av såpa hölls i urinsålen i tre av hushållen. Varje period gjorde ett hushåll detta. De mängder rent vatten som vid några tillfällen hölls i urinsålen varierade, som minst tillfördes en halv deciliter vatten och som mest tre liter.

4.5 Urinblandningen

4.5.1 Flöde av urin

Urin samlades in från 73 personer som tillsammans var hemma 8135, 7639 respektive 7802 timmar under de tre perioderna. I detta är alla gäster inkluderade. Vid beräkning av mängden urin per person gjordes ingen skillnad på barn och vuxna, men barn upp till 13 år anses generellt konsumera och utsöndra cirka 90 % av vad en vuxen person gör (Jönsson m.fl. 1998). Blöjbarnen räknades överhuvudtaget inte med. Andelen barn, d.v.s. personer under 13 år, var i Gebers 28,5 % vilket är mer än genomsnittet i Sverige, där 15,6 % av befolkningen är barn (SCB, www). Om andelen barn i Gebers varit lika stor som genomsnittligt i Sverige skulle den uppsamlade volymen urin blivit 0,90 l/pd istället för som i denna studie, 0,89 (Tabell 4-11, nedan). Detta betyder alltså en ökning av den uppsamlade volymen med ungefär 1 %. På grund av att skillnaden i uppsamlade mängder näringsämnen och metaller således också bara skulle vara ungefär 1 % har ingen korrektion för andelen barn gjorts vid beräkning av ämnesflödena med urin.

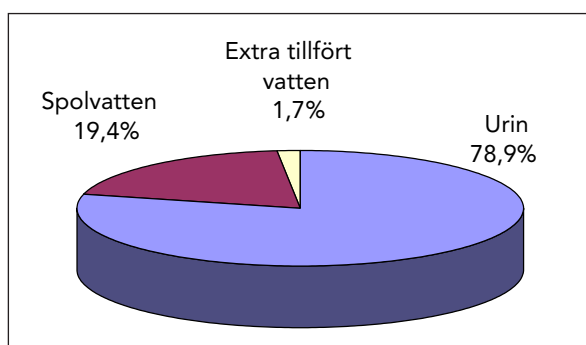
I genomsnitt samlades 1,13 liter urinblandning upp per boende och dygn eller 1,77 liter per person och dygn om man beräknar för dygnets 24 timmar (Tabell 4-11). Efter borträkning av tillfört vatten är mängden ren urin 0,89 liter per boende och dygn

Tabell 4-11. Uppsamlad volym urinblandning och volym utsöndrad urin. Volymerna per person och dygn anges både för den del av dygnet de boende varit hemma och beräknad för en hemvaro på 100 %.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel
Hemvaro	tim/dygn	15,8	14,9	15,3	15,4
Uppsamlad urinblandning	l	606,6	551,1	566,8	574,8
Spolvatten+extra tillfört vatten	l	119,7	120,6	123,6	121,3
Uppsamlad urin	l	486,9	430,5	443,2	453,5
Uppsamlad urinblandning ^a	l/bd	1,190	1,087	1,118	1,131
Uppsamlad urinblandning ^a , 24-h dygn	l/pd	1,802	1,745	1,757	1,769
Uppsamlad urin ^a	l/bd	0,955	0,849	0,874	0,893
Uppsamlad urin ^a , 24-h dygn	l/pd	1,446	1,363	1,374	1,394

^a) Inklusive urinen i kemtoaletten.

och här är även urinen som hamnade i kemtoaletten inräknad. Detta motsvarar 1,39 liter per person och 24 timmar. Urinblandningen i Gebers var i jämförelse med många andra studier koncentrerad, andelen vatten var endast 21 % (Figur 4-4).



Figur 4-4. Den uppsamlade urinblandningens innehåll av spolvatten och vatten som tillförts vid exempelvis rengöring av urinskålen eller vid rensning av stopp.

I Palsternackan bestod urinblandningen till 33 % av vatten och i Hushagen och Ekoporten var det så mycket som 55 % och 54 % (Tabell 4-12). I Understenshöjden, som är en ekoby och kan tänkas ha mer engagerade invånare, var andelen spolvatten 26 %. Den uppsamlade mängden urin på 1,39 liter

per person och 24 timmar stämmer väl överens med majoriteten av övriga undersökningar (Tabell 4-12). I Ekoporten uppsamlades en mindre volym urin, dock lika mycket som dagens schablonvärde, d.v.s. 1,0 l/pd, men i den studien uppskattades att ca 32 % av urinen sorterades fel och blandades med fekalerna. Denna mätning stämmer därför väl överens med de i Gebers uppsamlade 1,39 literarna urin per person och dygn (24 timmar). Detta motsvarar 139 % av förväntad volym enligt Naturvårdsverkets schablonvärde (NV 1995).

4.5.2 Urinblandningens sammansättning

Halterna, medelvärden och standardavvikelser av olika ämnen i urinblandningen framgår av Tabell 4-13. Elementanalyserna och analyserna av suspenderad substans utfördes bara på ett prov per period men för övriga parametrar ges för varje period medelvärdet av två prov. Analysvärdet för bly var betydligt högre första perioden än andra och tredje perioderna. Sista perioden var analysvärdet på aluminium och mangan under detektionsnivån, vilken var avsevärt

Tabell 4-12. Uppsamlade volymer urin i några olika undersökningar. A=Naturvårdsverkets schablon (NV 1995), B=Hellström och Kärrman (1996), C=Hushagen, Vinnerås (1998), D=Understenshöjden, Jönsson m.fl. (1998), E=Palsternackan, Jönsson m.fl. (1998), F=Miljöhuset, Lindgren (1999), G=Ekoporten, Vinnerås och Weglin (2000). Samtliga volymer är beräknade för 100 % hemvaro.

Parameter	Enhet	Gebers	A	B	C	D	E	F	G
Uppsamlad urinblandning	l/pd	1,77	–	–	3,26	2,31	1,96	1,81	2,26
Uppsamlad urin	l/pd	1,39	1,0	1,5	1,47	1,72	1,31	–	1,03 ^a
Vatten till urinspolning	l/pd	0,37	–	–	1,79	0,59	0,65	–	1,22

^a) I denna undersökning beräknades att 32 % av urinen sorterades fel. Om dessa tas hänsyn till blir volymen 1,5 l/pd.

Tabell 4-13 Uppmätta halter av olika ämnen i urinblandningen. För de metaller där bidraget från spolvattnet var mer än 10 % av totala halten anges halterna efter borträknandet av bidraget från spolvattnet inom parentes.

Ämne	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
pH		9,2	9,2	9,1	9,2	0,03
Konduktivitet	mS/cm	–	29,5	25,3	27,4	3,0
TS	g/l	10,7	10,7	11,1	10,8	0,2
Glödningsrest	g/l	6,6	6,8	7,1	6,818	0,21
SS	g/l	0,37	0,36	0,49	0,41	0,07
BOD ₇	g/l	2,9	2,9	2,8	2,8	0,08
BOD ₇ , filtrerat	g/l	–	2,8	2,6	2,7	0,2
COD	g/l	6,0	5,6	5,8	5,8	0,2
COD, filtrerat	g/l	–	5,7	5,7	5,7	0,04
TOC	g/l	2,00	1,95	1,90	1,95	0,05
NH ₄ -N	g/l	4,6	4,7	5,2	4,8	0,3
NO ₂ -N	mg/l	0,20	0,19	0,25	0,21	0,031
NO ₃ -N	mg/l	<0,02	<0,02	0,05	<0,03	0,02
Tot-N	mg/l	6195	5720	5830	5915	249
PO ₄ -P	mg/l	295	325	330	317	17
Tot-P ^a	mg/l	365	410	390	388	23
P ^b	mg/l	368	406	402	392	21
K	mg/l	1240	1290	1280	1270	26
Ca	mg/l	38,0	38,8	43,4	40,1 (34,9)	2,9
Fe	mg/l	0,05	0,03	0,03	0,04 (0,01)	0,01
Mg	mg/l	24,5	21,8	25,8	24,0	2,0
Na	mg/l	1600	1670	1690	1653	47
S	mg/l	351	361	365	359	7
Ag	µg/l	0,04	0,03	0,02	0,03	0,01
Al	µg/l	27,4	25,0	<2,000 ^c	26,2 (20,1)	
B	µg/l	977	960	969	969	8,5
Bi	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	–
Cd	µg/l	0,17	0,11	0,09	0,12	0,04
Co	µg/l	0,22	0,24	0,29	0,25	0,04
Cr	µg/l	0,22	0,33	0,22	0,26	0,06
Cu	µg/l	29,8	24,6	25,4	26,6 (6,5)	2,8
Hg	µg/l	0,22	0,28	0,26	0,25	0,03
Mn	µg/l	1,0	2,0	<0,30 ^c	1,5 (1,31)	
Mo	µg/l	45,5	45,0	42,8	44,4	1,4
Ni	µg/l	6,7	6,6	6,0	6,4 (5,6)	0,4
Pb	µg/l	(38,3) ^c	7,9	5,2	6,5	–
Pd	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	–
Pt	µg/l	<0,001	0,007	<0,001	<0,003	0,003
Rh	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	–
Sb	µg/l	0,14	0,23	0,15	0,17 (0,15)	0,05
Se	µg/l	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	–
Sn	µg/l	0,88	1,07	0,80	0,92	0,14
Sr	µg/l	43,1	41,4	43,5	42,7 (32,0)	1,11
Te	µg/l	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
W	µg/l	0,11	0,09	0,10	0,10 (0,09)	0,01
Zn	µg/l	182	155	159	165	14

^{a)} Analyserat av AnalyCen AB. ^{b)} Analyserat av SGAB Analytica. ^{c)} Extremvärde som utesluts med Dixons test (Dunn & Clark 1974) signifikantnivån 95 %. Ingår inte i beräkningarna.

Tabell 4-14. Flöden av närings- och spårämnen i uppsamlad urinblandning för Gebers samt för några tidigare undersökningar. A=Naturvårdsverkets schablon (NV 1995), B=Hushagen, Vinnerås (1998), C=Understenshöjden, Jönsson m.fl. (1998), D=Palsternackan, Jönsson m.fl. (1998), E=Miljöhuset, Lindgren (1999), F=Ekoporten, Vinnerås och Weglin (2000). Samtliga flöden är beräknade för 100 % hemvaro.

Parameter	Enhet	Gebers	A ^a	B	C	D	E	F ^b
Hemvaro	tim/dygn	15,4	24	16,5	13,9	15,9	16,0	13,9
pH		9,2	–	9,0	9,1	9,2	9,0	8,9
Konduktivitet	mS/cm	27,4	–	1474	2537	2406	–	17,7
TS	g/pd	19,1 ^e	60	11,2	19,2	16,8		48
SS	g/pd	0,72	–	–	–	–	–	–
Glödgningsrest	g/pd	12,05	–	–	–	–	–	–
BOD ₇	g/pd	5,01	1,70 ^d	5,5	4,82	3,55	–	3,26
BOD ₇ , filtrerat	g/pd	4,68	–	–	–	–	–	–
COD	g/pd	10,2	–	–	–	–	–	–
COD, filtrerat	g/pd	9,94	–	–	–	–	–	–
TOC	g/pd	3,45	–	–	–	–	–	–
TOC, filtrerat	g/pd	–	–	–	–	–	–	–
NH ₄ -N	g/pd	8,51	–	7,0	8,41	6,56	–	–
NH ₄ -N,filtrerat	g/pd	–	–	–			–	–
NO ₂ -,NO ₃ -N	g/pd	<0,00042	–	<0,00033	–	–	–	–
Tot-N	g/pd	10,5	11	7,7	8,97	6,62	5,1	5,01
PO ₄ -P	g/pd	0,56	–	–	–	–	–	–
P	g/pd	0,69 ^f	1,0	0,47	0,77	0,62	0,41	0,634
K	g/pd	2,25	2,5	1,6	2,47	1,78	1,23	2,21
Ca	mg/pd	70,8	–	98,6	43,9	45,2	–	–
Fe	mg/pd	0,062	–	0,15	0,94	0,80	0,24	–
Mg	mg/pd	42,5	–	22,9	26,7	14,0	26,0	–
Na	mg/pd	2922,2	–	1992,0	3003,5	2619,7	–	–
S	mg/pd	634,6	–	572,1	817,3	651,0	–	–
Ag	µg/pd	0,053	2	–	–	–	–	–
Al	µg/pd	46,5 ^f	–	–	–	–	–	–
B	µg/pd	1712,8	–	800	1500	1066	–	–
Bi	µg/pd	<0,088		–	–	–	–	–
Cd	µg/pd	0,22	<1	<2,5	<1,9	<2,5	<1,2	1,3
Co	µg/pd	0,44	–	<8,1	<9,8	<5,0	–	–
Cr	µg/pd	0,45	10	<20	48	40	<13	28,3
Cu	µg/pd	47,1	100	<810	5990 ^c	6020 ^c	<9150 ^c	4075 ^c
Hg	µg/pd	0,44	3	<3,3	1,1	<0,69	<0,75	0,82
Mn	µg/pd	2,63 ^f	–	<13	86	<90	–	–
Mo	µg/pd	78,6	–	50	87	50	–	–
Ni	µg/pd	11,4	7	<21	150	<46	<5,9	89,6
Pb	µg/pd	11,5 ^f	<2	<37	<25	<56	<38	41,8
Pd	µg/pd	<0,035	–	–	–	–	–	–
Pt	µg/pd	<0,005	–	–	–	–	–	–
Rh	µg/pd	<0,018	–	–	–	–	–	–
Sb	µg/pd	0,31	–	–	–	–	–	–
Se	µg/pd	<35,4	–	–	–	–	–	–
Sn	µg/pd	1,62	–	–	–	–	–	–
Sr	µg/pd	75,4	–	–	–	–	–	–
Te	µg/pd	<0,035	–	–	–	–	–	–
W	µg/pd	0,175	–	–	–	–	–	–
Zn	µg/pd	292,6	45	510	490	1070	–	404

forts. Tabell 4-14.

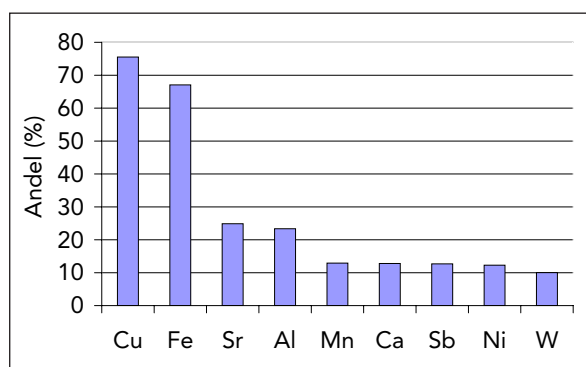
- a) Gäller ren urin. Värdena som uppmätts i de övriga undersökningarna är i de uppsamlade urinblandningarna.
 b) Inkluderar ej ämnesflödena med de 32 % av urinen som beräknades sorterats fel.
 c) Någon del av urinledningssystemet består av kopparrör. ^{d)} Referens: Kärrman m.fl. 1999.
 e) Medelvärde av analyser från AnalyCen AB och SGAB Analytica.
 f) Medelvärde från två perioder. Extremvärde från en period har uteslutits.

mycket lägre än övriga perioders värden. Efter kontroll av extremvärden med Dixons test (Dunn & Clark 1974), 95 % signifikansnivå, ansågs dessa värden utgöra icke representativa prov, extremvärden, och uteslöts därför vid beräkningarna.

De analyser som varje period låg under respektive detektionsgräns var vismut (Bi), palladium (Pd), platina (Pt), rodium (Rh), selen (Se) och tellur (Te). Nitrat (NO_3^-) låg under detektionsnivån första och andra perioden.

Spolvattnets inverkan på innehållet av metaller i urinblandningen grundas på analyser av kranvatten från andra perioden (Bilaga A, Tabell A-1). Det är framförallt järn och koppar som visade sig till en betydande del ha sitt ursprung i spolvattnet (Figur 4-5). Kopparhalten i kranvattenproverna var dock orimligt höga. Därför användes istället Stockholm Vatten AB:s värden på koppar i dricksvatten (Bilaga A, Tabell A-2) för beräkningarna. Med dessa värden utgjorde kopparbidraget från dricksvattnet ungefär 7 % av den totala kopparhalten i urinblandningen. Om mer än 10 % av urinblandningens totala metallinnehåll beräknades härröra från kranvattnet räknades spolvattenbidraget bort från metallmängden i urinblandningen. De omräknade värdena anges inom parantes i Tabell 4-13.

Flödet av olika ämnen via urinen per person och dygn för de tre perioderna redovisas i Andersson och Jensen (2002). Medelvärdet jämförs i Tabell 4-14 (nedan) med Naturvårdsverkets schablonvärden (NV 1995) samt med ett antal andra undersökningar.



Figur 4-5. Andel i % av metallinnehållet i urinblandningen som har sitt ursprung i spolvattnet, för de metaller där andelen översteg 10 %.

Den kemiska syreförbrukningen (COD) var för både filtrerat och ofiltrerat urin så gott som dubbelt så hög som BOD_7 (Tabell 4-14). Mängderna av BOD_7 och COD var för de filtrerade proverna 93 % respektive 97 % av halterna i de ofiltrerade proverna, vilket betyder att innehållet av organiskt i urinen främst finns som lösta ämnen. BOD_7 -mängden var tre gånger så stor i Gebers som gällande schablon (NV 1995). Även övriga mätningar var väsentligt över gällande schablon.

Totalt uppsamlades 10,4 gram kväve per person och dygn med urinen och kvoten mellan ammonium- och totalkväve var 0,81. Halten av nitrit och nitrat var obetydlig och beträffande nitrat låg inget av analysproven över detektionsgränsen.

Flödet av totalkväve i Gebers var något lägre men nära schablonvärdet som är 11 gram per person och dygn (NV 1995). Jämfört med tidigare undersökningar var dock flödet högre och kvoten mellan ammonium- och totalkväve lägre. I de tidigare undersökningarna var kvoten mellan 90 % och 99 % (Vinnerås 1998; Jönsson m.fl. 1998; Vinnerås & Weglin 2000). En trolig orsak till skillnaderna är de korta urinledningarna och frånvaron av urin-vattenlås i fastigheten Gebers. Omvandlingen från urea till ammonium har visats ske snabbt i urin-vattenlås (Jönsson m.fl. 2000). En annan möjlig orsak till det låga ammoniumflödet i Gebers är att ammonium har försvunnit under provhanteringen, dels under insamlandet av urinblandningen och dels då proverna frystes in och sedan tinades igen innan analys.

Flödet av fosfor i urinen uppgick till 0,68 gram per person och dygn, vilket är 68 % av schablonen. Av det totala fosforflödet utgjorde fosfatfosfor 81 %, vilket var lägre än förväntat. Normalt består fosfor i urinen till 95–100 % av fosfatfosfor (Jönsson m.fl. 2000). Det låga flödet av fosfat kan tolkas som att en stor del av fosfatet bildat komplex och fällts ut någonstans under insamlingen av urinen.

Den genomsnittliga kväve-fosforkvoten var 15,2. Första perioden var kvoten 16,9 vilket är högre än båda efterföljande perioderna. Kvoten den tredje perioden som var 14,7 var något högre än den andra

perioden då kvoten var 14,0. Jämfört med andra undersökningar var kvoten högre i Gebers, och även jämfört med Naturvårdsverkets schablon (NV 1995) där kvoten är 11. Även detta tyder på en förlust av fosfor och som kan ha skett vid insamlingen av urin. En tänkbar möjlighet är att fosfor fällt ut på uppsamlingsdunkarnas insidor, en annan är att fosfor ansamlades som slam i de ca sex meter nya urinledningar som installerades för mätningarna. Det faktum att kvoten var högre första perioden stödjer antagandet om att fosfor fällt ut på uppsamlingsutrustningen, som sedan till en viss del kan ha mätts på fosfor.

Mängden kalium, 2,25 gram per person och dygn, är 90 % av schablonvärdet och ligger bland de högre uppmätta jämfört med andra svenska studier (Tabell 4-14). Detta kan tänkas bero på den stora andelen vegetarianer, eftersom grönsaker innehåller högre halter av kalium än animalier (Jönsson m.fl. 1998). Tabell 4-15 anger det genomsnittliga flödet för några av de studerade ämnena (per person och dygn) efter det att bidraget från spolvattnet har räknats bort.

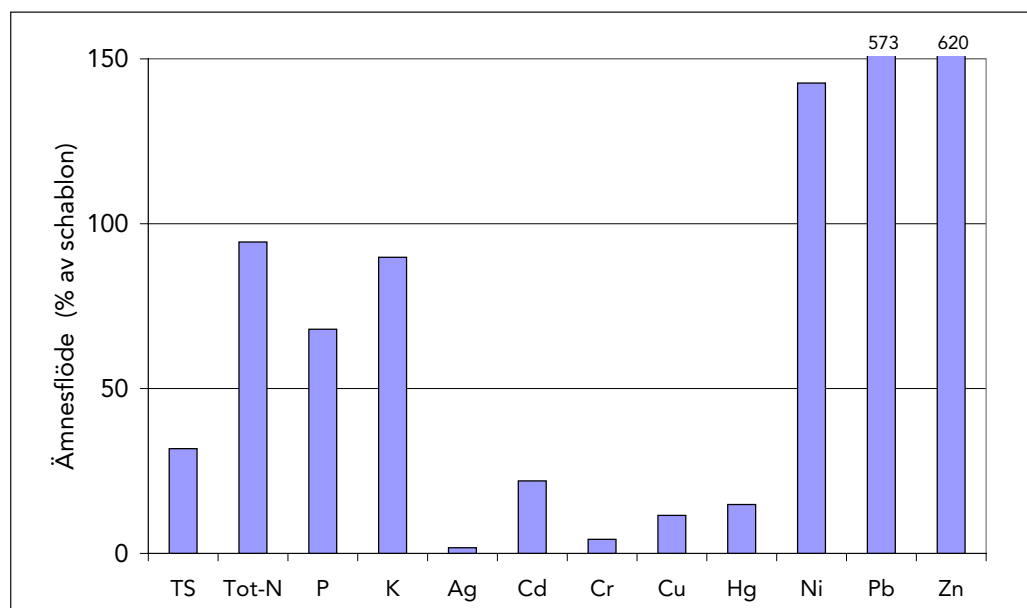
Eftersom urinledningarna i Gebers inte var gjorda av kopparrör, vilket var fallet i de flesta andra studier, bör det uppmätta värdet här stämma bättre med det verkliga flödet av koppar i urin. Även kvicksilverhalten, 0,44 µg/pd, var lägre än både NV:s schablonvärde och de halter som tidigare uppmäts hos amalgambelastade personer (Skare & Engquist 1992). Kvicksilvret i urinen har normalt till största delen sitt ursprung från amalgamlagningar i tänderna men

Tabell 4-15. Genomsnittligt flöde av några ämnen per person och dygn med den uppsamlade urinblandningen, efter att bidraget från spolvattnet dragits bort, i förhållande till förväntade värden enligt Naturvårdsverkets schablonvärden (NV 1995).

Parameter	Enhet	Gebers	Schablon	% av schablon
TS	g/pd	19,1	60	32
BOD ₇	g/pd	4,97	1,7	255
Tot-N	g/pd	10,39	11	95
P	g/pd	0,69	1	69
K	g/pd	2,25	2,5	90
Ag	µg/pd	0,03	2,0	2
Cd	µg/pd	0,215	<1	22
Cr	µg/pd	0,43	10	4
Cu	µg/pd	11,5	100	12
Hg	µg/pd	0,45	3	15
Ni	µg/pd	9,99	7	143
Pb	µg/pd	11,45	<2	573
Zn	µg/pd	278,9	45	620

idag är det ovanligt att tänder lagas med amalgam. Av 60.000 lagningar på barn år 2001 var det endast i 13 fall som amalgam användes som fyllningsmaterial (Wigren, muntligt).

I de flesta andra urinundersökningar har kvicksilverhalten legat under detektionsgränsen, utom i Understenshöjden (Jönsson m.fl. 1998) där Hg-halten var något högre än i Gebers. En förklaring till kvicksilvernivån i urinen från Gebers kan vara



Figur 4-6. Ämnesflöden i den uppsamlade urinen, efter att bidraget från spolvattnet räknats bort, i förhållande till dagens schablonvärden (NV 1995).

åldersstrukturen på de boende. I Understenshöjden var det endast 10 % av invånarna som var under 13 år medan det i Gebers var 28,5 %. Andelen barn i Gebers är förhållandevis hög jämfört med resten av Sverige, och eftersom barnen oftast inte har lika många amalgamlagningar som vuxna personer, kan detta vara en bidragande faktor till den låga kvicksilverhalten i urinen från Gebers. Av de boende i Gebers var det ca 47 % som inte hade en enda amalgamlagning, omkring 26 % hade uppgett att de hade någon och 27 % sade sig ha många amalgamlagningar (Tabell 4-2).

Kadmiumflödet i urinen från Gebers var 0,22 µg/pd, vilket är cirka en fjärdedel av schablonvärdet. Av de undersökningar som jämförelse gjorts med, utom Ekoporten, har kadmiumhalterna legat under detektionsnivån i urinblandningen. I Ekoporten var det uppmätta kadmiumflödet ungefär sex gånger större än i Gebers.

4.6 Fekalieblandningen

Beräkning av mängder per person och 24 timmar respektive för tid tillbringad hemma utfördes på samma sätt som för urinen, se kapitlet "Flöde av urin".

4.6.1 Toalettpapper

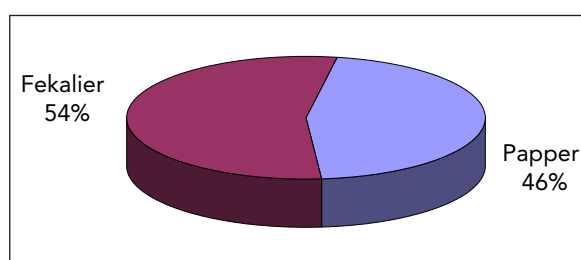
Under första perioden delades endast toalettpapper av märket Lambi ut men på grund av svårigheter att få tag på denna sort delades senare även papper av märket Leni ut.

I genomsnitt förbrukades 0,82 rullar toalettpapper per boende och vecka (Tabell 4-16). Toalettpappersåtgången per person och 24 timmar uppgick 24 gram (Tabell 4-16). I genomsnitt förbrukades 1,3 rullar per

person och vecka. Med en TS-halt hos papperet på 95,8 % motsvarar detta en årlig förbrukning på 8,4 kg TS per person och dygn.

Förbrukningen av papper i Gebers stämmer väl överens med en tidigare undersökning, där i genomsnitt 8,5 kg toalettpapper användes per person och år (Vinnerås 2001).

Fekalie- och toalettpappersblandningen bestod till 11 % av våtvikten av papper och eftersom de boende innan studiens start uppmanats att slänga allt papper i toaletten, bör denna mängd papper stämma väl överens med den faktiska pappersförbrukningen. Andelen toalettpapper av den totala fekalieblandningen var 46 %, räknat på torr bas (Figur 4-7).



Figur 4-7. Fördelningen mellan uppsamlad mängd toalettpapper och fekalier, räknat på torr bas.

4.6.2 Mängd fekalieblandning

Vid uppsamlingen av fekalier fastnade en del fekalier på insidan av de plastsäckar som uppsamlingen skedde i. Av den totalt insamlade mängden fekalieblandning utgjorde detta ca 2,5 %. Trots "spillet" vid insamlingen var uppsamlingsgraden hög, omkring dubbelt så stor mängd i våtvikt jämfört med schablonvärdet (NV 1995) och ca 29 % större mängd torrs substans insamlades (Tabell 4-18, nedan). Vid andra efterföljande studier av fekalier borde man skölja av påsarnas insidor för att med säkerhet få med alla fekalier, speciellt med tanke på att det var de fekalier som hade högre TS-halt som lättare fastnade.

Tabell 4-16. Förbrukad mängd toalettpapper per person och dygn. Antalet rullar anges per boende och vecka och inom parantes per person och vecka vid 100 % hemvaro.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel
Antal rullar	st/boende, vecka	0,91 (1,38)	0,77 (1,24)	0,79 (1,24)	0,82 (1,29)
Mängd	g/pd	26,0	21,6	25,4	24,3

Tabell 4-17. Mängd uppsamlad fekalieblandning (fekalier och papper), andelen fekalier respektive papper samt tillsatt mängd avjoniserat vatten i den fekalieblandning varur analysprover togs.

Fraktion	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medelvärde
Fekalieblandning	kg	82,030	60,680	71,420	72,043
Fekalier	kg	75,274	53,872	63,223	64,122
Papper	kg	8,756	6,808	8,197	7,921
Avjoniserat vatten	kg	79,440	65,190	79,600	74,743

Tabell 4-18. Utsöndrad mängd fekalier och förbrukad mängd toalettpapper. Mängderna anges både per boende och del av dygnet de var hemma och per person och 24 timmar. Även bidraget från kemtoaletten är medräknat.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel
Hemvaro	tim	15,8	14,9	15,3	15,3
Fekalieblandning	kg	84,6	61,2	72,0	72,6
Fekalier	kg	75,8	54,4	63,7	64,6
Toalettpapper	kg	8,8	6,9	8,3	8,0
TS fekalieblandn., under tiden i hemmet	g/bd	34,0	30,2	33,0	32,4
TS fekalieblandn., 24-timmar	g/pd	51,7	48,6	52,5	50,9
Fekalier, under tiden i hemmet	g/bd	147,5	106,4	124,7	126,2
Fekalier, 24-timmar	g/pd	223,5	170,8	196,0	196,7
Toapapper, under tiden i hemmet	g/bd	17,2	13,4	16,2	15,6
Toapapper, 24-timmar	g/pd	26,0	21,6	25,4	24,3

Mängden fekalieblandning som samlades in (Tabell 4-17, ovan) var inte lika stor som de verkligt utsöndrade mängderna. Detta beror på att tömningen av två fekalietunnor missades efter andra periodens slut. En uppskattning av hur mycket som hamnat fel, d.v.s. hur mycket som uppsamlats efter period tre istället för efter period två när det borde samlats in, gjordes. Denna korrigering grundades på den genomsnittliga utsöndringsmängden per timme hos övriga Gebersbor och uppgifter om antalet timmar de berörda lägenhetsinnehavarna varit hemma den aktuella perioden.

De fekalier som fastnade på fekaliesäckarnas insidor vid tömning räknades, liksom fekalierna i kemtoaletten, med i de utsöndrade mängderna med kom inte med i analysmängderna. De uppsamlade mängderna fekalieblandning, deras innehåll av fekalier respektive papper samt volymen avjoniserat vatten som tillsattes blandningen för att underlätta omblandningen redovisas i Tabell 4-17.

Sett till dygnets 24 timmar var flödet av fekalieblandningen 221 gram per person och dygn. Mängden utsöndrade fekalier var, efter att mängden papper räknats bort, i genomsnitt 197 g per person

och dygn, eller 126 g per boende om man endast ser till den del av dygnet de var hemma (Tabell 4-18).

Vid tömningen av säckarna i fekalietunnorna konstaterades att det var några säckar (3–4 stycken) som var blötare än andra. En förklaring till detta kan vara att vatten från urinspolningen hamnat i den bakre skålen, eller att vatten vid rengöring runnit över kanten. Urin kan även ha hamnat i fekaliefraktionen. Detta skulle betyda att verkliga mängden fekalieblandning förmodligen var något lägre än den uppvägd mängden. Exempelvis om 4 % (0,7 dl) av det totala urinflödet hamnat fel skulle detta medföra att våtvikten för fekalierna ökade med omkring en tredjedel.

TS-halterna i de prover som skickades för analys var i genomsnitt 11,2 %, men då hade en stor volym avjoniserat vatten tillsatts för att underlätta omblandningen (Tabell 4-19, nedan). Andelen tillsatt vatten var i genomsnitt 51,7 % av fekalieblandningen, vilket ger en verklig TS-halt i uppsamlad fekalieblandning på omkring 23,2 % (Tabell 4-21, nedan). De insamlade mängderna torrsubstans, inklusive toalettpapper, varierade från 30,1 gram under andra perioden till 34,0 gram per boende och dygn

som mest under period ett, vilket i genomsnitt motsvarar 32,6 gram per boende och dygn, eller 50,9 gram räknat på 24 timmar. Efter borträknande av torrsubstansen papper (TS-halt 95,8 %) på ca 46 % (24,3 g/pd) av fekalieblandningen, blir TS-halten på enbart fekalier ca 12 % (27,4 g/pd). Detta är endast en tredjedel av den TS-halt på 35 % (35 g/pd) som Naturvårdsverket (NV 1995) anger. Den låga TS-halten kan bero på att vatten och urin hamnat fel, och några säckar var, som tidigare nämnts, blöta.

Den TS-halt som angivits i ett par tidigare undersökningar (Vinnerås & Jönsson 2002 och Vinnerås m.fl. 2002) är 23 % och då ingår papper i fekalieblandningen. Denna grundar sig på undersökningar av fekalier som samlats in från 100–120 värnpliktiga män, och där fekalierna frusits ned direkt.

TS-flödet av fekalier i Gebers stämmer väl överens med vad som förväntas enligt Lentner m.fl. (1981) där ett torrsubstansflöde på mellan 16,2 och 21,1 kg fekalier inklusive papper per person och år anges, d.v.s. mellan 44,4 och 57,8 gram per person och dygn.

4.6.3 Fekalieblandningens sammansättning

I sammanställningen av analysresultaten för fekalieblandningen redovisas medelvärden från flera analysprov (Tabell 4-19). Kväveanalyserna är medelvärden av fyra prov per period och övriga av två. De enda analyserna på fekalieblandningen som låg under detektionsgränsen var palladium (Pd), rodium (Rh) och tellur (Te).

Glödgningsresten var 12,8 % av torrsubstansen (Tabell 4-19) vilket betyder att fekalieblandningens torrsubstans bestod till 87,2 % av organiska ämnen.

Fekalieblandningen innehöll ca 40 gram kväve, 13 gram fosfor och 15 gram kalium per kilo TS (Tabell 4-19). Kvävet bestod till en tredjedel av ammoniumkväve.

De uppmätta halterna av BOD₇ och COD var orimligt låga i förhållande halterna av organisk substans och TOC, varför värdena inte ges i tabellen. Orsaken till de orimliga värdena var troligen på att mätmetoderna för BOD₇ och COD är utformade för flytande och relativt utspädda prov, medan fekalieproven hade en grötlik konsistens.

De metaller som förekom i högst halter i fekalieblandningen var förutom näringsämnen även kalcium, aluminium och zink. Halten av kalcium var 18,8 gram per kilo torrsubstans vilket är mer än både fosfor och kalium.

Även mangan-, strontium- och kopparhalterna, som alla låg på över 30 mg/kg TS var markant högre än övriga metaller (Tabell 4-19).

Av Tabell 4-20 (nedan) framgår hur mycket av de olika ämnena som insamlades, per boende och under tiden som tillbringades i hemmet, för de olika perioderna. För majoriteten av ämnena var de uppsamlade mängderna lägre andra perioden, vilket stämmer med den lägre uppsamlingen av fekalier per person och dygn andra perioden. De genomsnittliga flödena av olika ämnen i fekalieblandningen per person och 24 timmar redovisas i Tabell 4-21. Flödenas ursprung från fekalier och toalettpappret beräknades också (Tabell 4-21).

Jämfört med urinen föreligger en liten del av kvävet i fekalier som ammoniumkväve, ca 33 % av det totala kvävet. Detta är dock mer än förväntat, enligt Vinnerås (2001) brukar ammoniumkväve endast utgöra ca 10 % av den totala kvävemängden i färsk fekalier. Felsorterad urin i fekalieblandningen skulle kunna förklara en del av det högre ammoniumflödet. Den högre halten i Gebers kan även tyda på att en del organiskt kväve brutits ned till ammoniumkväve. Kväve-fosforkvoten är 2,8, vilket är något lägre än schablonvärdet, som är 3,0 (NV 1995).

Natrium var den metall med störst bidrag från toalettpappret, av 260 mg Na/pd i fekalieblandningen kom 56 mg, 22 %, från toalettpappret. För Mg var motsvarande siffra 10 % och för Ca 3 %. Bidraget till fekalieblandningen från toalettpapper av övriga metaller var annars mycket litet (Tabell 4-21 och Figur 4-8, nedan).

De metaller som förekom i störst mängder samt de som till störst del har sitt ursprung i toalettpappret framgår av Figur 4-8.

Flödena av olika ämnen i fekalieblandningen jämförs i Tabell 4-22 (nedan) med dagens schablonvärden (NV 1995). Vid jämförelse mellan schablonvärdena, där mängderna avser ”rena” fekalier utan inblandning av toalettpapper, och värdena i denna rapport exkluderades bidraget från papperet i fekalieblandningen i Gebers. En jämförelse gjordes även med Vinnerås och Weglin (2000) (Tabell 4-22). Den procentuella skillnaden mellan Gebers värden och schablonvärdena visas grafiskt i Figur 4-9, nedan.

Tabell 4-19. Halter av olika ämnen i den uppsamlade fekalieblandningen samt medelvärde och standardavvikelse för de tre perioderna.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
pH		7,60	7,55	7,65	7,60	0,05
TS ^a	%	21,50	25,05	23,84	23,48	1,78
TS ^b	%	19,87	25,47	23,59	22,98	2,85
Glödg. rest	% av TS	12,40	12,55	13,40	12,78	0,54
BOD ₇ ^c	% av TS					
COD ^c	% av TS					
TOC	% av TS	46,40	48,40	48,20	47,67	1,10
NH ₄ -N	%	0,132	0,154	0,134	0,140	0,012
NH ₄ -N	% av TS	1,325	1,300	1,200	1,275	0,066
NO ₂ -N	mg/100g TS	0,684	0,548	0,611	0,614	0,064
NO ₃ -N	mg/100g TS	12,40	14,70	11,20	12,77	2,59
N-tot	%	0,403	0,483	0,425	0,437	0,041
N-tot	% av TS	4,025	4,000	3,850	3,958	0,095
P	g/kg TS	13,35	13,10	13,57	13,34	0,23
K	g/kg TS	14,85	14,50	15,00	14,78	0,26
Ca	g/kg TS	18,70	18,80	18,80	18,77	0,06
Fe	g/kg TS	0,678	0,696	1,227	0,867	0,312
Mg	g/kg TS	5,060	4,755	5,403	5,072	0,324
Na	g/kg TS	4,845	5,180	5,076	5,033	0,171
S	g/kg TS	4,250	4,140	4,116	4,168	0,071
Ag	mg/kg TS	0,248	0,628	1,038	0,638	0,395
Al	mg/kg TS	1225,0	1575,0	2010,0	1603,3	393,27
B	mg/kg TS	7,785	8,525	7,063	7,791	0,731
Bi	mg/kg TS	0,010	0,017	0,014	0,014	0,004
Cd	mg/kg TS	0,322	0,290	0,299	0,303	0,016
Co	mg/kg TS	0,515	0,525	0,515	0,518	0,005
Cr	mg/kg TS	3,155	2,760	1,927	2,614	0,627
Cu	mg/kg TS	31,85	36,00	33,33	33,73	2,10
Hg	mg/kg TS	0,200	0,184	0,138	0,174	0,032
Mn	mg/kg TS	96,55	101,55	102,57	100,22	3,22
Mo	mg/kg TS	2,195	2,255	2,263	2,238	0,037
Ni	mg/kg TS	4,720	4,315	4,120	4,385	0,306
Pb	mg/kg TS	0,843	0,686	0,633	0,721	0,109
Pd	mg/kg TS	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020	–
Pt	mg/kg TS	0,003	0,002	0,005	0,003	0,002
Rh	mg/kg TS	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	–
Sb	mg/kg TS	0,062	0,059	0,059	0,060	0,002
Se	mg/kg TS	0,624	0,599	0,571	0,598	0,026
Sn	mg/kg TS	14,35	22,25	11,47	16,02	5,58
Sr	mg/kg TS	34,85	31,45	34,57	33,62	1,89
Te	mg/kg TS	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	–
W	mg/kg TS	0,053	0,081	0,052	0,062	0,017
Zn	mg/kg TS	971,0	1040,0	698,7	903,2	180,5

^{a)} Analyserats av SGAB Analytica, efter korrektion för tillfört vatten.

^{b)} Analyserats av AnalyCen AB, Lidköping, efter korrektion för tillfört vatten.

^{c)} Analyserna av BOD₇ och COD gav orimligt låga värden, varför de inte ges i tabellen. Orsaken var troligen att mätmetoden är avsedd för avloppsvatten och inte fungerade för de grötlika fekalieproven.

Tabell 4-20. Flöden av olika ämnen med fekalieblandningen, per boende och dygn.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
Hemvario	tim/dygn	15,8	14,9	15,3	15,3	–
pH		7,60	7,55	7,65	7,60	0,05
TS ^a	g/bd	34,02	30,16	33,46	32,55	2,08
Glödg.rest	g/bd	4,048	3,818	4,461	4,109	0,326
BOD ₇ ^b	g/bd					
COD ^b	g/bd					
TOC	g/bd	15,15	14,72	16,05	15,30	0,68
NH ₄ -N	g/bd	0,474	0,381	0,397	0,417	0,049
NO ₂ -N	g/bd	0,00022	0,00013	0,00017	0,00018	0,00005
NO ₃ -N	g/bd	0,00406	0,00350	0,00313	0,00356	0,00047
N-tot	g/bd	1,288	1,184	1,270	1,247	0,056
P	g/bd	0,472	0,391	0,456	0,440	0,002
K	g/bd	0,525	0,434	0,505	0,488	0,048
Ca	g/bd	0,662	0,563	0,032	0,619	0,051
Fe	g/bd	0,024	0,021	0,041	0,029	0,011
Mg	g/bd	0,179	0,142	0,182	0,168	0,022
Na	g/bd	0,171	0,155	0,171	0,166	0,009
S	g/bd	0,150	0,124	0,138	0,138	0,013
Ag	µg/bd	8,776	18,782	34,914	20,824	13,188
Al	mg/bd	43,35	47,10	67,61	52,69	13,06
B	µg/bd	275,5	255,0	237,6	256,0	19,0
Bi	µg/bd	0,345	0,504	0,470	0,440	0,084
Cd	µg/bd	11,38	8,66	10,07	10,04	1,36
Co	µg/bd	18,23	15,69	17,33	17,08	1,29
Cr	µg/bd	111,65	82,54	64,81	86,33	23,65
Cu	µg/bd	1127,1	1076,7	1121,2	1108,3	27,6
Hg	µg/bd	7,078	5,503	4,642	5,741	1,235
Mn	µg/bd	3416,8	3037,1	3449,9	3301,3	229,4
Mo	µg/bd	77,68	67,44	76,13	73,75	5,52
Ni	µg/bd	167,03	129,05	138,58	144,89	19,76
Pb	µg/bd	29,83	20,50	21,29	23,88	5,17
Pd	µg/bd	<0,708	<0,598	<0,673	<0,660	0,056
Pt	µg/bd	0,097	0,046	0,161	0,102	0,058
Rh	µg/bd	<0,071	<0,060	<0,067	<0,066	0,006
Sb	µg/bd	2,201	1,753	1,998	1,984	0,225
Se	µg/bd	22,07	17,91	19,21	19,73	2,12
Sn	µg/bd	507,8	665,4	385,8	519,7	140,2
Sr	µg/bd	1233,3	940,6	1162,7	1112,2	152,8
Te	µg/bd	<0,177	<0,150	<0,168	<0,165	0,014
W	µg/bd	1,874	2,428	1,742	2,015	0,364
Zn	mg/bd	34,36	31,10	23,50	29,66	5,57

^{a)} Medelvärde av analyserna från SGAB Analytica och AnalyCen AB.

^{b)} Analyserna av BOD₇ och COD gav orimligt låga värden, varför de inte ges i tabellen. Orsaken var troligen att mätmetoden är avsedd för avloppsvatten och inte fungerade för de grötlika fekalieproven.

Tabell 4-21. Genomsnittliga flöden av olika ämnen i fekalieblandningen och källfördelning av dessa mellan den "rena" fekaliefractionen och toalettpapperet. Samtliga mängder är beräknade per person och 24 timmar. För pappret analyserades inte Glödgningsrest, BOD₇, COD, TOC och kväve.

Analys	Enhet	Fekalieblandning	Fekalier	Papper
pH		7,6	–	–
TS	g/pd	50,9	27,4	23,4
Glödgningsrest	g/pd	6,43	–	–
BOD ₇ ^a	g/pd	–	–	–
COD ^a	g/pd	–	–	–
TOC	g/pd	24,0	–	–
NH ₄ -N	g/pd	0,652	–	–
NO ₂ -N	g/pd	0,273	–	–
NO ₃ -N	g/pd	5,57	–	–
Tot-N(Kjeldahl)	g/pd	1,95	–	–
P	mg/pd	688,2	687,8	0,325
K	mg/pd	762,7	760,4	<2,34
Ca	mg/pd	967,6	940,4	27,23
Fe	mg/pd	44,9	44,2	0,751
Mg	mg/pd	262,1	235,5	26,58
Na	mg/pd	259,3	203,5	55,78
S	mg/pd	215,0	210,6	4,38
Ag	mg/pd	0,033	0,033	<0,0002
Al	mg/pd	82,6	82,2	0,407
B	mg/pd	0,401	0,377	<0,023
Bi	mg/pd	0,00069	0,00064	<0,0000
Cd	mg/pd	0,0157	0,0156	<0,0001
Co	mg/pd	0,0267	0,0265	0,0002
Cr	mg/pd	0,135	0,129	0,0058
Cu	mg/pd	1,74	1,72	0,016
Hg	mg/pd	0,009	0,009	<0,0002
Mn	mg/pd	5,16	5,07	0,088
Mo	mg/pd	0,115	0,115	0,0004
Ni	mg/pd	0,226	0,223	0,003
Pb	mg/pd	0,037	0,035	0,002
Pd	mg/pd	<0,001	<0,0006	<0,0005
Pt	mg/pd	0,0002	0,0001	<0,0000
Rh	mg/pd	<0,0001	<0,00006	<0,0000
Sb	mg/pd	0,003	0,003	<0,0001
Se	mg/pd	0,031	0,021	<0,009
Sn	mg/pd	0,816	0,806	0,0098
Sr	mg/pd	1,74	1,64	0,093
Te	mg/pd	<0,0003	<0,0001	<0,0001
W	mg/pd	0,003	0,0006	<0,003
Zn	mg/pd	46,4	46,3	<0,041

^{a)} Analyserna av BOD₇ och COD gav orimligt låga värden, varför de inte ges i tabellen. Orsaken var troligen att mätmetoden är avsedd för avloppsvatten och inte fungerade för de grötlika fekalieproven.

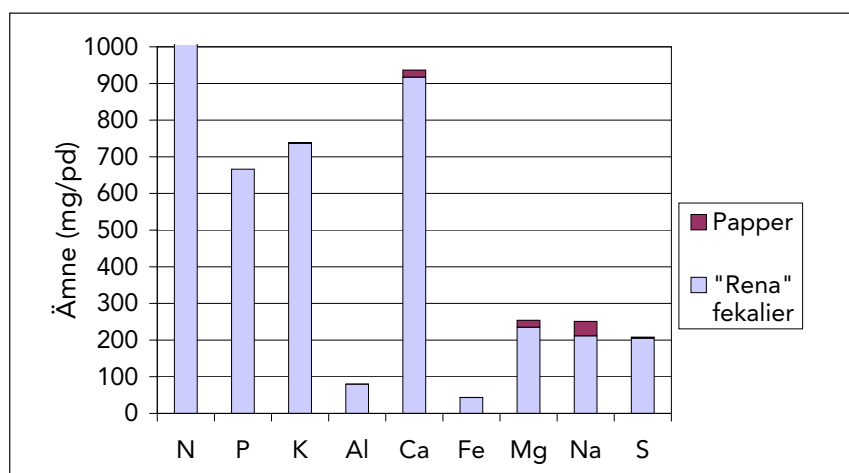
Tabell 4-22. Uppsamlade mängder och flöden av några näringsämnen och föroreningar i fekalieblandningen i denna undersökning jämfört med schablonvärdena från NV (1995) och uppmätta flöden i Vinnerås och Weglin (2000). För Gebers anges även flöden i enbart fekalier, efter borträknande av pappersfraktionen.

Parameter	Enhet	Fekalieblandn. Gebers	Fekalier Gebers	Schablon NV 1995	Enbart fekalier, av schablon (%)	Vinnerås och Weglin 2000a
Flöde	kg/pd	0,221	0,197	0,1	196	6,2 ^b
TS	g/pd	50,91	27,4	35	78	35
BOD ₇	g/pd	– ^c	– ^c	20 ^c		–
Tot-N	g/pd	1,952	1,952	1,5	130	1,76
Tot-P	g/pd	0,688	0,688	0,5	138	0,6
Tot-K	g/pd	0,762	0,760	1,0	76	1,5
Ag	mg/pd	0,033	0,033	0,00028	11786	–
Cd	mg/pd	0,0157	0,0156	0,010	157	0,015
Cu	mg/pd	1,735	1,719	1,10	156	2,9
Cr	mg/pd	0,135	0,129	0,02	645	0,15
Hg	mg/pd	0,0089	0,0087	0,063	14	<0,0068
Ni	mg/pd	0,226	0,223	0,074	301	0,19
Pb	mg/pd	0,037	0,035	0,020	175	1,2
Zn	mg/pd	46,386	46,345	10,8	429	13

a) Ca 32 % av urinen beräknas ha följt med fekalerna, här anges flödena utan korrektion för detta.

b) Separerade fekalier (SF), 13 % av spolvattnet följde med SF, detta motsvarar i denna mätning ca 3 l/pd.

c) Analyserna av BOD₇ och COD gav orimligt låga värden, varför de inte ges för Gebers. Schablonvärdet gäller för urin och fekalier tillsammans.

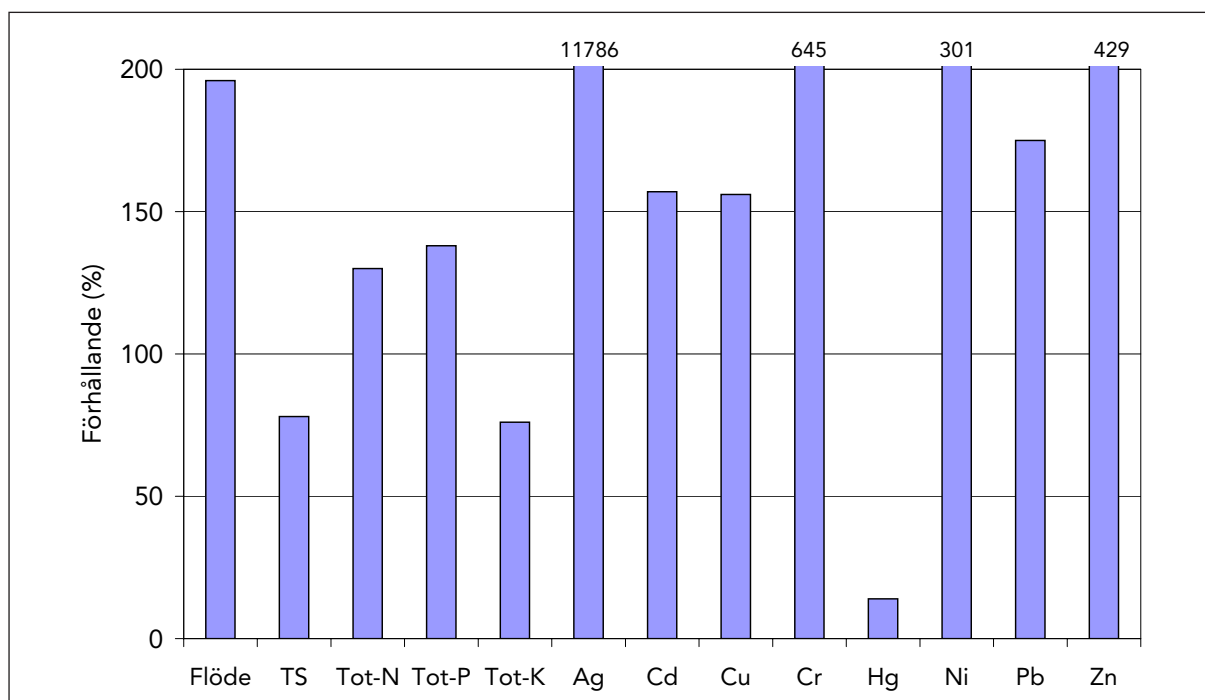


Figur 4-8. Källfördelning av uppsamlad mängd näringsämnen och de vanligaste metallerna mellan fekalieblandningens pappers- respektive fekaliefraktion, per person och 24 timmar.

De uppsamlade flödena kväve, fosfor och kalium var i genomsnitt 130 %, 138 % respektive 76 % av schablonvärdet (NV 1995). Flödena av kväve och fosfor var större än i Ekoporten medan kaliumflödet var dubbelt så stort i Ekoporten som i Gebers (Tabell 4-22).

Flödena av de flesta metaller är något högre mängd i Gebers än schablonvärdet. Silverflödet är mer än hundra gånger högre. För krom är flödet så mycket som sex gånger så hög och för nickel och zink är

flödena 300 % och 429 % av schablonen (NV 1995). En trolig orsak till de höga flödena av zink i fekalieblandningen är de förzinkade spirorör, som fekalerna föll genom från toaletten till uppsamlingskärlet. Den metall som redovisas i Naturvårdsverkets rapport och vars flöde i fekalerna är högre än i Gebers är kvicksilver. Kadmium, koppar- och blyflödena i Gebers är 157 %, 156 % och 175 % av schablonvärdet, (Tabell 4-22 och Figur 4-9, nedan).



Figur 4-9. Den uppsamlade fekaliefractionens flöden av olika ämnen, efter att toalettpappret räknats bort, i förhållande till dagens schablonvärde (NV 1995).

4.6.4 Fördelningen mellan avloppsfraktionerna i Gebers

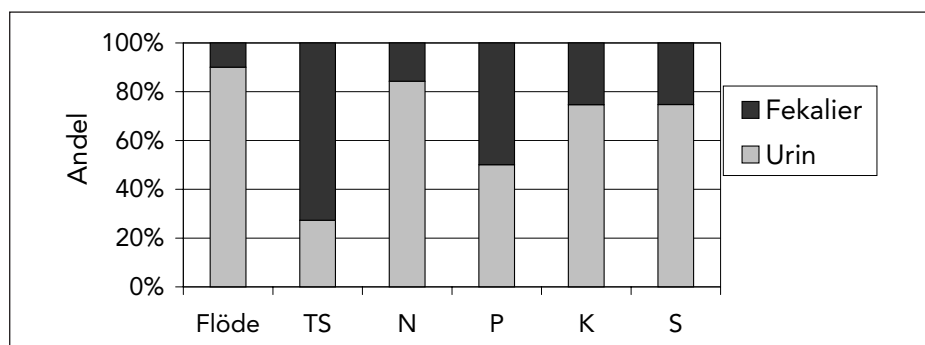
Fördelningen av flödena mellan avloppsfraktionerna visas i Figur 4-10. Av de totalt utsöndrade flödena kväve per person och dygn med urin och fekalier hade 84 % sitt ursprung i urinen. För fosfor var motsvarande siffra 50 % och för kalium 75 %.

Fördelningen av flödet av metaller mellan urin- och fekalieblandningarna framgår av Figur 4-11. Flödet av natrium i urinen var 90 % av det totala flödet och av fekalieblandningens 10 % hade ca 21 % sitt ursprung i toalettpappret. För svavel var andelen i urinen 75 %. Andelarna av magnesium och bly i urinen var 14 % respektive 24 %. Övriga metaller utsöndrades dock till mer än 93 % med fekalierna.

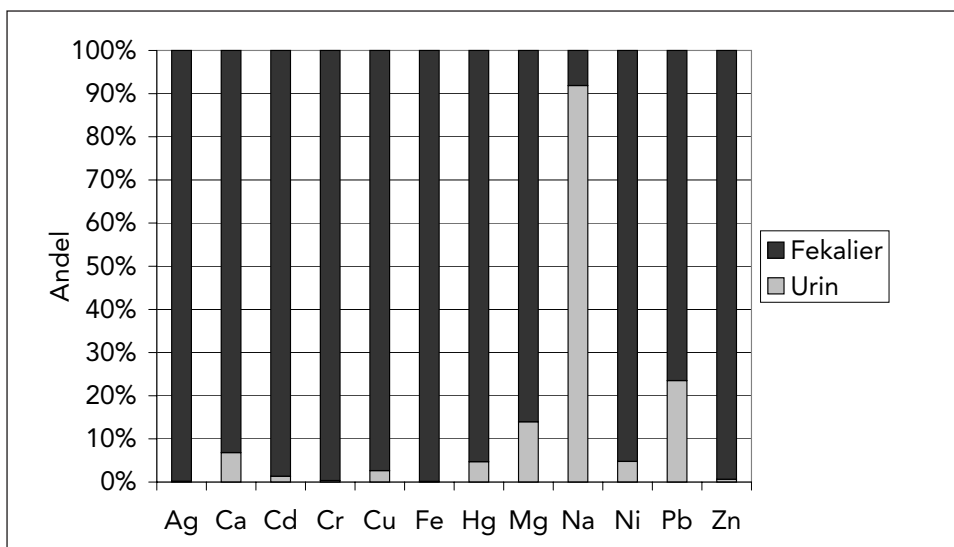
Hela urinledningssystemet består av plast och i vissa PVC-plaster kan det finnas tillsats av bly som stabilisator, vilken i sådana fall skulle kunna förklara det höga flödet av bly i urinen.

Mer än 95 % av kvicksilvret utsöndrades med fekalierna. Detta stämmer med vad som kunde förväntas enligt Skare och Engquist (1992), där undersökningen visade att omkring 20 gånger så mycket kvicksilver utsöndras med fekalierna som med urinen. Flödet av kvicksilver var dock lägre än nyss nämnda studie och även lägre än schablonvärdet (NV 1995), vilket skulle kunna förklaras med att den stora andelen barn i Gebers har färre antal amalgamlagningar.

Mängderna kväve, fosfor och kalium i uppsamlad urinblandning och fekalieblandning sammanslogs



Figur 4-10. Fördelningen av flöde, TS och näringsämnena kväve, fosfor, kalium och svavel mellan urin- respektive fekalieblandningarna.



Figur 4-11. Fördelningen av några grundämnen mellan urin- och fekalieblandningen.

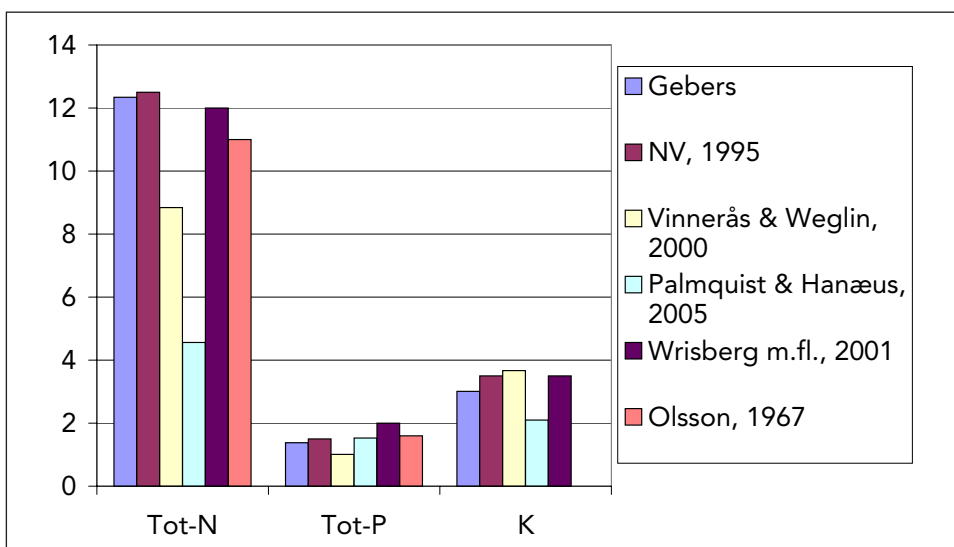
för att vara jämförbara med tidigare undersökningar av KL-vatten (Tabell 4-23).

Urin- och fekaliefraktionernas innehåll av näringsämnen sammanslogs även i undersökningen av Vinnerås och Weglin (2000). I undersökningarna av Palmquist och Hanæus (2005), Wrisberg m.fl. (2001) och Olsson (1967) anges flödena för KL-vatten.

Flödet av kväve i Gebers var 12,3 gram per person och dygn och av detta hade 84 % sitt ursprung i urinen. Enligt schablonen (NV 1995) utsöndras 88 % av kvävet med urinen. Den totalt uppsamlade mängden är i det närmaste lika stort som schablonvärdet (NV 1995) och högre än i de andra undersökningarna (Tabell 4-23 och Figur 4-12).

Tabell 4-23. Flödet av näringsämnen i KL-vatten för några olika undersökningar. Flödena i denna undersökning och i den av Vinnerås och Weglin (2000) är summeringar av flödena i urin- respektive fekalieblandningarna.

Parameter	Enhet	Gebers	NV 1995	Vinnerås och Weglin 2000	Palmquist och Hanæus 2005	Wrisberg m.fl. 2001	Olsson 1967
Tot-N	g/pd	12,34	12,5	8,84	4,56	12	11
Tot-P	g/pd	1,38	1,5	1,01	1,53	2	1,6
K	g/pd	3,01	3,5	3,67	2,1	3,5	–



Figur 4-12. Flöden av näringsämnena kväve, fosfor och kalium i urin- och fekaliefraktionerna för några olika undersökningar.

Det totala fosforflödet i urin- och fekaliefractionerna i Gebers var 1,4 gram per person och dygn vilket är 92 % av schablonen (NV 1995) (Tabell 4-23 och Figur 4-12). De uppsamlade mängderna fosfor från de övriga undersökningarna varierade från 1 till 2 g/pd. Fördelningen av fosfor mellan urin och fekalier var 50:50.

Mängden kalium i toalettfraktionerna var 2,3 gram per person och dygn, varav 75 % kom från urinen. Det totala kaliumflödet var 86 % av schablonen (NV 1995) (Tabell 4-23 och Figur 4-12). Flödet av kalium i urinen var högre än i tidigare undersökningar (Tabell 4-23) vilket skulle kunna ha sin förklaring i den större andelen vegetarianer i Gebers. Jämfört med undersökningarna av Vinnerås och Weglin (2000) och Wrisberg m.fl. (2001) på mängden kalium i urin- och fekaliefractionen respektive i KL-vatten var dock flödet något lägre i Gebers.

Flödet av metaller i den totala toalettfraktionen i förhållande till de sammanräknade schablonvärdena för urin och fekalier framgår av Tabell 4-24 och Figur 4-13.

För de metaller som jämförelse gjordes med var alla flöden i Gebers, utom kvicksilver, högre än schablonvärdena (NV 1995). Silverflödet var mycket högre, vilket beror på det högre flödet i fekalierna. Flödena av krom och zink i Gebers var mer än fyra gånger så höga som schablonvärdena. Kromflödet i fekalierna var mer än sex gånger schablonen medan urin endast innehöll 4 % av urinens schablonvärde. I stort sett allt zink kom från fekalierna och flödet i fekalierna var som tidigare nämnts drygt fyra gånger så högt som schablonvärdet. Flera av legeringsmetallerna, och speciellt zinken, hade troligen sitt

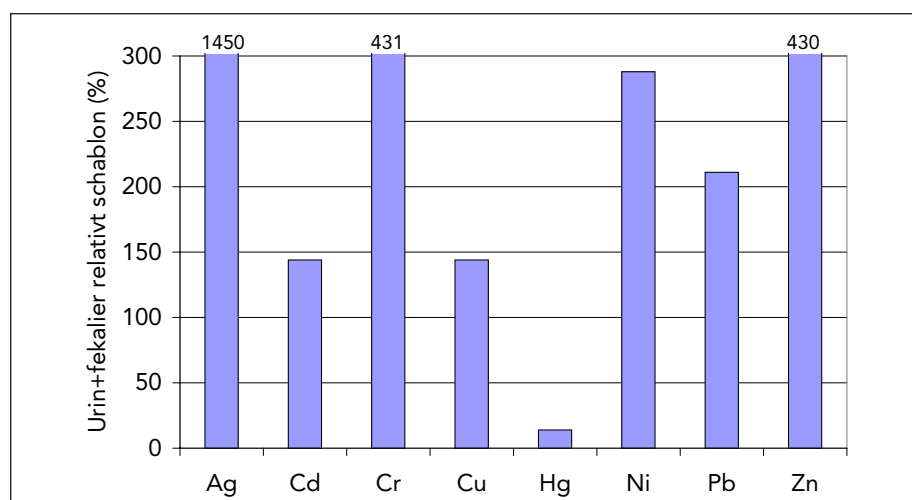
Tabell 4-24. Genomsnittligt flöde av metaller med urin och fekalier per person och dygn, jämfört med schablonvärdena (NV 1995). I urinfraktionen har bidraget från spolvattnet räknats bort och i fekaliefractionen är inte bidraget från toalettpappret medräknat.

Para- meter	Enhet	Gebers	Schablon	% av schablon
Ag	µg/pd	33	2,3	1450
Cd	µg/pd	16	11	144
Cr	µg/pd	129	30	431
Cu	µg/pd	1731	1200	144
Hg	µg/pd	9,2	66	14
Ni	µg/pd	233	81	288
Pb	µg/pd	46	22	211
Zn	µg/pd	46624	10845	430

ursprung i fekaliernas nedfallsrör. Detta utgjordes av ett förzinkat spirorör, som i flera fall var svårt rostangripet från insidan, vilket innebär att korrosionsprodukter frigjorts och hamnat i fekalierna.

4.6.5 Synpunkter på systemet med torr fekaliehantering

Vid den första tömningen av fekalietunnorna upptäcktes ett samband mellan inblandningen av toalettpapper, eller annat uttorkande material såsom t.ex. sågspån, i fekalierna och problem med flugor och lukt. Problemen var större i de tunnor som enbart innehöll fekalier och inget upptorkande material. Exempel på material som några av användarna tillsatte var sågspån, torr strö, granbarksflis, aska från



Figur 4-13. Flöden av några metaller i urin- och fekalier, i förhållande till dagens schablonvärde (NV 1995).

husets pelletspanna och trädgårdskalk. Tillsatsen av dessa material under mätperioden var dock mycket liten, varför bidraget från dessa material till den insamlade torrsubstansen och till ämnesflödena beräknades vara liten. Något annat som var av betydelse för att minska risken för lukt- och flugproblem var att se till att listen runt dörren till fekalieskåpet var tät. Detta för att ventilationen skulle fungera som tänkt. I några av fekalieskåpen hade de ursprungliga 140-liters tunnorna bytts ut mot mindre kärl som tömdes oftare. De som hade plastsäckar i tunnorna och dessutom bytte relativt ofta upplevde mindre lukt- och flugproblem, och de var betydligt enklare att bära ut p.g.a. lägre vikt.

4.7 Fast organiskt avfall

4.7.1 Mängd fast organiskt avfall

Från alla hushåll i Gebers samlades fast organiskt hushållsavfall in. De 77 personerna som avfallet samlades från var tillsammans hemma 8262, 7876 respektive 8039 timmar de tre perioderna och i detta är alla gäster inkluderade.

De insamlade mängderna framgår av Tabell 4-25 och dessa antas vara oberoende av hemvaron. Mängden fast organiskt avfall som samlades var störst under första perioden då 200,6 gram per boende och dygn insamlades. Under andra perioden samlades 153,6 gram per boende och dygn, vilket var minst av de tre perioderna. I genomsnitt var mängden fast organiskt avfall 182,3 gram per boende och dygn.

I Ekoporten var den uppsamlade mängden fast organiskt avfall 0,23 kg per person och dygn (Vinnerås & Weglin 2000) och Kärrman m.fl. (1999) anger mängden 0,22 kg per person och dygn. Den något lägre mängden i Gebers skulle kunna

förklaras med att mängden överbliven mat som slängdes var mycket liten. Fyra dagar per vecka lagades middagsmaten i matlag där många av de boende åt gemensamt, och eventuella rester såldes för en billig penning inom kollektivet.

4.7.2 Det fasta organiska avfallets sammansättning

Vid insamlingen av det fasta organiska avfallet var det omkring 10–15 grader varmt ute och materialet var inte speciellt kladdigt och såg inte ut att ha nedbrutits i någon större omfattning under de 2–4 dagar det legat ute innan insamlingen. Innehållet av synliga föroreningar i det fasta organiska avfallet var i det närmaste obefintlig. Vissa större delar, såsom t.ex. hela fiskhuvuden, frukter och salladshuvuden gjorde att den uttagna mängden inte alltid blev helt representativ för den uppsamlade mängden.

Varje period togs två prover ut för ämnesanalys, utom period tre då antalet prover var tre. För flera av de analyserade parametrarna, speciellt för några av metallerna, varierade halterna mellan de tre perioderna mycket (Tabell 4-26, nedan). Skillnaderna i halter mellan de olika analyserna varierade mycket mer mellan perioderna än inom respektive period. Detta tyder på att de stora variationerna beror på skillnader i sammansättningen av det avfall som slängdes på komposten eller på det initiala uttaget av prov. De metallhalter som låg under detektionsnivån i samtliga analyser var palladium, platina, rodium, selen och tellur. Uppsamlade mängderna av de uppmätta parametrarna per boende och dygn redovisas i Tabell 4-27, nedan.

Flödet av några parametrar i det fasta organiska avfallet i Gebers jämförs med schablonvärdena enligt Kärrman m.fl. (1999) och med Vinnerås och Weglin (2000) i Tabell 4-28, nedan. Andelen av schablonen som samlats upp framgår av Figur 4-14, nedan.

Det fasta organiska avfallet bestod till största delen, 89 % av organiskt material. Av mängden

Tabell 4-25. Insamlad mängd fast organiskt avfall.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel
Uppsamlad mängd	kg	69,0	50,4	64,6	61,3
Boendedygn	bd	344,3	328,2	335,0	335,8
Uppsamlad mängd	g/bd	200,6	153,6	192,7	182,3

Tabell 4-26. Mängd näringsämnen och övriga grundämnen i det fasta organiska avfallet samt medelvärde och standardavvikelsen för de tre perioderna.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
pH		5,6	5,8	5,2	5,5	0,3
TS ^a	%	29,25	26,30	22,25	25,93	3,51
TS ^b	%	23,00	26,50	21,73	23,74	2,47
Glödg. rest	% av TS ^a	9,65	17,15	6,85	11,22	5,33
BOD ₇ ^d	% av TS	— ^d	— ^d	— ^d	— ^d	— ^d
COD ^d	% av TS	— ^d	— ^d	— ^d	— ^d	— ^d
TOC	% av TS	50,55	47,50	52,650	50,233	2,59
NH ₄ -N	%	0,066	0,082	0,070	0,073	0,008
NH ₄ -N	% av TS	0,233	0,310	0,313	0,285	0,045
NO ₂ -N	mg/kg TS	0,036	0,040	0,038	0,038	0,007
NO ₃ -N	mg/kg TS	5,850	4,950	2,300	4,367	2,004
N-tot ^d	%	0,470	0,600	0,455	0,508	0,080
N-tot ^d	% av TS ^a	1,650	2,250	2,050	1,983	0,306
P	mg/kg TS	3260	3800	3810	3623	315
K	mg/kg TS	13000	9485	12100	11528	1826
Ca	mg/kg TS	21400	29750	12100	21083	8829
Fe	mg/kg TS	2030	3245	469	1915	1392
Mg	mg/kg TS	1630	2085	1340	1685	376
Na	mg/kg TS	3570	4620	3970	4053	530
S	mg/kg TS	2050	2080	2150	2093	51
Ag	mg/kg TS	0,0348	0,0130	0,0183	0,0220	0,0113
Al	mg/kg TS	2200	5730	585	2838	2631
B	mg/kg TS	13,10	9,34	9,35	10,60	2,17
Bi	mg/kg TS	0,0186	0,0253	0,0057	0,0165	0,0100
Cd	mg/kg TS	0,1945	0,2120	0,0667	0,1577	0,0793
Co	mg/kg TS	0,4840	1,1100	0,1453	0,5798	0,4894
Cr	mg/kg TS	5,320	27,950	2,733	12,001	13,873
Cu	mg/kg TS	12,20	10,45	8,20	10,28	2,00
Hg	mg/kg TS	0,0132	0,0214	0,0117	0,0154	0,0052
Mn	mg/kg TS	65,65	86,20	38,23	63,36	24,07
Mo	mg/kg TS	0,7260	0,7305	1,0343	0,8303	0,1767
Ni	mg/kg TS	3,545	11,230	2,737	5,837	4,688
Pb	mg/kg TS	2,185	5,120	0,500	2,602	2,338
Pd	mg/kg TS	<0,0200	<0,0200	<0,0200	<0,0200	—
Pt	mg/kg TS	<0,0010	<0,0016	<0,0010	<0,0012	0,0003
Rh	mg/kg TS	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	—
Sb	mg/kg TS	0,0532	0,0643	0,0162	0,0446	0,0252
Se	mg/kg TS	<0,4000	<0,4000	<0,4000	<0,4000	—
Sn	mg/kg TS	2,965	0,816	0,222	1,334	1,443
Sr	mg/kg TS	46,05	50,25	23,57	39,96	14,35
W	mg/kg TS	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0000
Te	mg/kg TS	<0,0779	<0,1750	<0,0264	<0,0931	0,0755
Zn	mg/kg TS	36,40	60,10	34,00	43,50	14,43

^{a)} Analyserats av Analycen AB.

^{b)} Analyserats av SGAB Analytica, Luleå. Användes för att beräkna metallhalterna då de analyserade metallerna.

^{c)} Analyserna av BOD₇ och COD gav orimligt låga värden, varför de inte ges. Orsaken var troligen att mätmetoden är avsedd för avloppsvatten och inte fungerade för de grötlika avfallsproven.

^{d)} Kjeldahl-kväve.

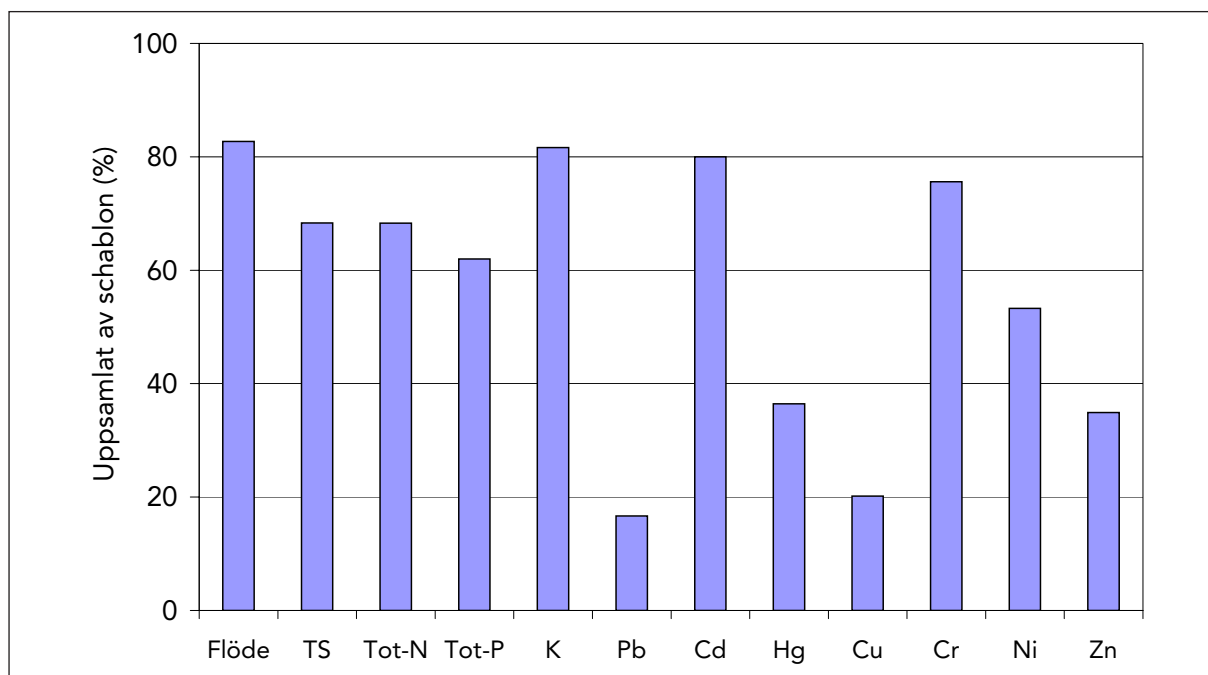
Tabell 4-27. Mängd av olika ämnen i det fasta organiska avfallet per boende och dygn samt medelvärde och standardavvikelse för de tre perioderna.

Parameter	Enhet	Period 1	Period 2	Period 3	Medel	Stdav
pH		5,6	5,8	5,2	5,5	0,3
TS _{medel}	g/bd	52,4	40,6	42,4	45,1	6,4
Glödgningsrest	g/bd	5,66	6,93	2,94	5,18	2,04
BOD ₇	g/bd	3,61	1,80	3,24	2,88	0,96
COD	g/bd	9,18	4,36	10,55	8,03	3,25
TOC	g/bd	29,6	19,19	22,6	23,8	5,34
NH ₄ -N _{medel}	g/bd	0,135	0,123	0,134	0,131	0,005
NO ₂ -N	g/bd	0,021	0,018	0,021	0,020	0,002
NO ₃ -N	g/bd	3,43	2,22	1,30	2,32	1,07
Tot-N _{medel}	g/bd	0,955	0,831	0,878	0,888	0,062
P	g/bd	0,150	0,155	0,160	0,155	0,005
K	g/bd	0,600	0,386	0,507	0,498	0,107
Ca	g/bd	0,987	1,21	0,507	0,902	0,360
Fe	g/bd	0,094	0,132	0,020	0,082	0,057
Mg	g/bd	0,752	0,085	0,056	0,072	0,015
Na	g/bd	0,165	0,188	0,166	0,173	0,013
S	g/bd	0,095	0,085	0,090	0,090	0,005
Ag	µg/bd	1,603	0,529	0,768	0,967	0,564
Al	mg/bd	102	233	25	120	106
B	µg/bd	604	380	392	459	126
Bi	µg/bd	0,86	1,03	0,24	0,71	0,42
Cd	µg/bd	8,97	8,63	2,79	6,80	3,47
Co	µg/bd	22,3	45,2	6,09	24,5	19,6
Cr	µg/bd	245	1138	115	499	557
Cu	µg/bd	563	425	344	444	111
Hg	µg/bd	0,607	0,871	0,490	0,656	0,195
Mn	µg/bd	3028	3508	1601	2713	992
Mo	µg/bd	33,5	29,7	43,3	35,5	7,02
Ni	µg/bd	164	457	115	245	185
Pb	µg/bd	101	208	21	110	94
Pd	µg/bd	<0,923	<0,814	<0,838	<0,858	–
Pt	µg/bd	<0,046	<0,063	<0,042	<0,050	–
Rh	µg/bd	<0,092	<0,081	<0,084	<0,086	–
Sb	µg/bd	2,45	2,62	0,68	1,92	1,07
Se	µg/bd	<18,45	<16,28	<16,75	<17,16	–
Sn	µg/bd	137	33,2	9,31	59,8	67,8
Sr	µg/bd	2125	2045	987	1719	635
Te	µg/bd	<0,231	<0,203	<0,209	<0,215	–
W	µg/bd	3,59	7,12	1,11	3,94	3,02
Zn	mg/bd	1679	2446	1424	1850	532

c) Analyserna av BOD₇ och COD gav orimligt låga värden, varför de inte ges. Orsaken var troligen att mätmetoden är avsedd för avloppsvatten och inte fungerade för de grötliska avfallsproven.

Tabell 4-28. Flödet av några parametrar i fast organiskt avfall i Gebers jämfört med schablonvärden enligt Kärman m.fl. (1999) och en undersökning av Vinnerås och Weglin (2000).

Parameter	Enhet	Gebers	Schablon Kärman m.fl. 1999	Av schablon (%)	Vinnerås och Weglin 2000
Flöde	kg/bd	0,182	0,22	83	0,226
TS	g/bd	45,1	66	68	58,9
Tot-N	g/bd	0,89	1,3	68	1,55
Tot-P	g/bd	0,16	0,25	62	0,25
K	g/bd	0,50	0,61	82	0,54
Pb	mg/bd	0,11	0,66	17	0,56
Cd	mg/bd	0,0068	0,0085	80	0,0075
Hg	mg/bd	0,00066	0,0018	36	<0,00057
Cu	mg/bd	0,44	2,2	20	0,84
Cr	mg/bd	0,50	0,66	76	0,72
Ni	mg/bd	0,25	0,46	53	0,092
Zn	mg/bd	1,85	5,3	35	1,81



Figur 4-14. Uppsamlade mängder i fast organiskt avfall jämfört med schablonvärden enligt Kärman m.fl. (1999).

torrsubstans utgjorde kväve 2 %, vilket är 0,9 gram per boende och dygn. Detta stämmer mycket väl med vad som uppges i litteraturgenomgången av Sonesson och Jönsson (1996) där kvävehalten anges till 2,0 % av torrsubstansen. Den totala mängden kväve i Gebers var 68 % av schablonvärdet enligt Kärman m.fl. (1999) (Tabell 4-28 och Figur 4-14). Största delen av kvävet, 84 %, bestod av organiskt kväve. Andelen ammoniumkväve var 15 % och andelen nitratkväve 1 % av den totala kvävemängden. Den förhållandevis höga halten ammoniumkväve

tyder på att en del av det organiska kvävet börjat brytas ned. Nedbrytningen har förutom i uppsamlingskärlen troligen även skett då materialet tinades för att malas och när det efter återinfrysningen efter malningen tinade på nytt på väg till labbet.

Fosforhalten i kompostmaterialet i Gebers var 0,36 % av TS. Även detta är ungefär samma som i Sonesson och Jönsson (1996), som anger halten 0,38 % av TS.

Uppmätt halt kalium var i Gebers var 1,15 % av TS, det vill säga 0,5 gram per boende och dygn.

Detta är högre än vad uppges i Sonesson och Jönsson (1996), där andelen kalium av totala TS-mängden var 0,93 %, men det är lägre än schablonvärdet (Tabell 4-28 och Figur 4-14).

Samtliga uppsamlade mängder av näringsämnen var lägre än schablonvärdena men det som var högst i förhållande till schablonen var kalium. Kaliummängden var ungefär lika stor som i undersökningen av Vinnerås och Weglin (2000) där 0,54 gram per boende och dygn uppsamlades. En trolig orsak till de höga kaliumhalterna är den stora andelen vegetarianer i Gebers. Detta eftersom grönsaker och rotfrukter, vars skal m.m. så småningom hamnar i komposten, innehåller mycket kalium.

Flödet av kadmium och krom var nästan 80 % av schablonvärdena. Flödena av zink, kvicksilver och nickel var från 35 % till 53 % av schablonen. Innehållet av bly och koppar var mycket lägre i Gebers än schablonvärdena enligt Kärrman m.fl. (1999).

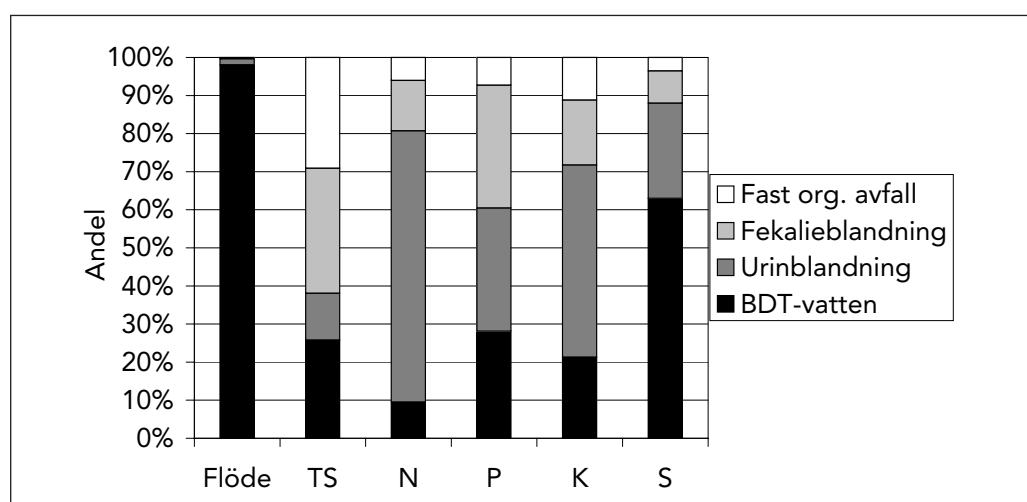
Förutom för nickel och zink var metallflödena lägre i Gebers än i undersökningen av Vinnerås och Weglin (2000) (Tabell 4-28). En orsak till att alla metallflödena dessutom är lägre än schablonvärdena är att det i Gebers insamlade fasta organiska avfallet var en väl sorterad fraktion med en mycket liten inblandning av föroreningar som innehåller metaller.

5 Slutdiskussion

5.1 Sammansättning av det totala avloppsflödet

För att jämföra det uppmätta flödet samt innehållet av näringsämnen och metaller i BDT-vattnet (inklusive bidraget från dricksvattnet), urinblandningen, fekalieblandningen och det fasta organiska avfallet beräknades fraktionernas andelar av de totalt uppsamlade mängderna. Resultaten redovisas i Tabell 5-1 (nedan) samt i Figur 5-1 och Figur 5-3 (nedan).

Av det totala avloppsflödet stod BDT-vattnet för den största andelen, 98 % eller 110 liter per person och dygn. Flödet av urinblandning var 1,77 liter per person och dygn, vilket utgjorde 1,6 % av det totala avloppsflödet. Fekalieblandningen uppgick till 197 gram per person och dygn, vilket utgjorde 0,2 % av det totala avloppsflödet och det fasta organiska avfallet uppgick till 182 gram per person och dygn, det vill säga 0,2 % av det totala avloppsflödet (Figur 5-1). Av Figur 5-1 framgår också att BDT-vattnet bidrog med cirka en fjärdedel av den totala TS-mängden per person och dygn. Urinblandningen bidrog med ungefär en tiondel, fekalieblandningen en tredjedel och det fasta organiska avfallet med knappt en tredjedel. Den största delen av näringsämnena kväve, fosfor och kalium återfanns i urinen. Drygt 70 % av kvävemängden, 32 % av fosfor och 50 % av kaliumet samlades upp via urinblandningen.



Figur 5-1. Procentuell fördelning av flöden och näringsämnen i de olika avloppsfractionerna BDT-vatten, urinblandning, fekalieblandning och fast organiskt avfall.

Tabell 5-1. Uppsamlade mängder samt innehåll av näringsämnen och metaller per person och dygn i BDT-vattnet, urinblandningen, fekalieblandningen och det fasta organiska avfallet.

Parameter	Enhet	BDT-vatten	Urinblandning	Fekalieblandning	Fast organiskt avfall	Totalt
Flöde	kg/pd	110	1,77	0,221*	0,18	112,1
TS	g/pd	40	19,1	50,9	45,1	155,1
BOD7	g/pd	21	5,0	3,35	2,88	32,24
COD	g/pd	48	10,2	4,31	6,8	69,3
N	g/pd	1,4	10,5	1,95	0,89	14,7
P	g/pd	0,6	0,69	0,69	0,16	2,1
K	g/pd	0,95	2,25	0,76	0,50	4,5
Ag	mg/pd	0,029	0,00005	0,0328	0,00097	0,063
Ca	mg/pd	2830	70,8	967,6	901,6	4770
Cd	mg/pd	0,015	0,00022	0,0157	0,0068	0,038
Cr	mg/pd	0,41	0,00045	0,140	0,50	1,04
Cu	mg/pd	6,5	0,047	1,74	0,44	8,73
Fe	mg/pd	200	0,062	44,9	81,8	326,8
Hg	mg/pd	0,003	0,00044	0,009	0,00066	0,0131
Mg	mg/pd	500	42,5	262,1	72,1	876,6
Na	mg/pd	5100	2922,2	259,3	173,0	8454,5
Ni	mg/pd	0,66	0,0114	0,23	0,25	1,14
Pb	mg/pd	0,24	0,0115	0,037	0,11	0,399
S	mg/pd	1600	634,6	215,0	89,8	2539,4
Zn	mg/pd	7	0,29	46,4	1,85	55,5

* Rättelse gjord 19 okt. 2007: 0,20 ändrat till 0,221.

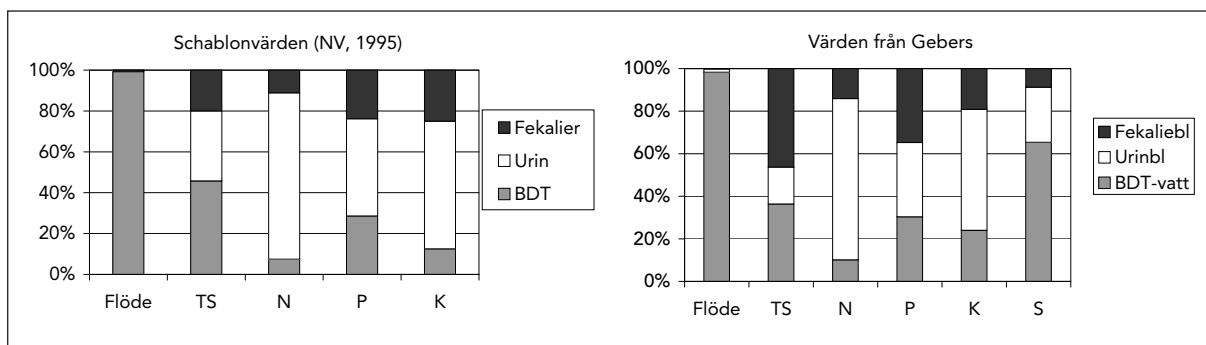
Fekalieblandningen och BDT-vattnet innehöll ungefär lika mycket av näringsämnena, medan det organiska avfallet innehöll en något mindre mängd. I fekalieblandningen hamnade 13 %, 32 % respektive 17 % av kväve, fosfor och kalium, medan motsvarande procentsatser för BDT-vattnet var 10 %, 28 % respektive 21 %. I det fasta organiska avfallet återfanns 6 %, 7 % respektive 11 % av kväve, fosfor och kalium.

Fördelningen av flöde, torrs substans, kväve, fosfor och kalium mellan de olika fraktionerna urin, fekalier och BDT-vatten i Gebers skiljde sig inte så mycket från Naturvårdsverkets schablonvärden (Figur 5-2). Proportionellt sett var TS-mängden i urinblandningen från Gebers mindre än schablonvärdet medan TS-mängden i fekalieblandningen var större. Värdena på de olika parametrarna från Gebers kommer dock från urinblandning, d.v.s. urin uppblandat med en mindre mängd spolvatten, och fekalieblandning, d.v.s. fekalier, papper och vatten. Värdena i schablonen avser däremot ren urin och rena fekalier. Förhållandet mellan de olika fraktionerna

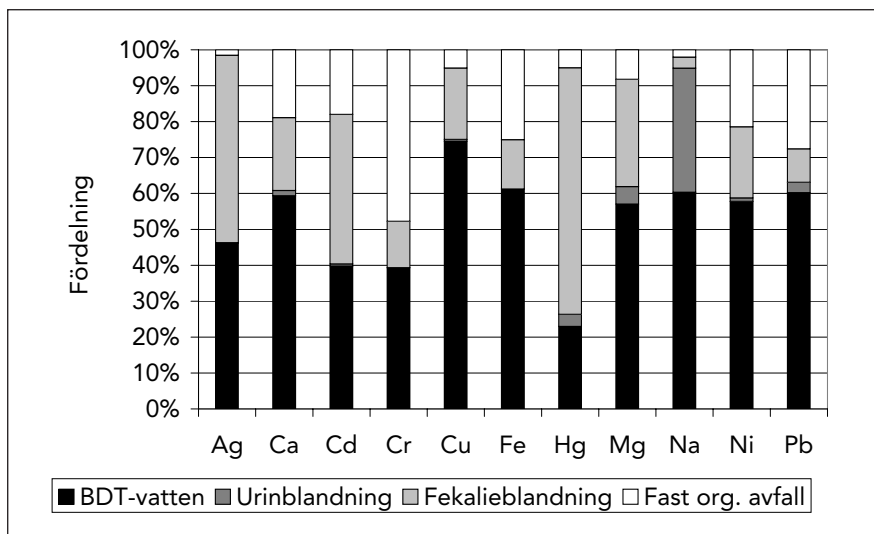
med avseende på kväveinnehåll ser ungefär likadant ut för både Gebers och schablonen. Det fanns däremot en liten skillnad hos Gebers jämfört med schablonvärdena med avseende på fosfor- och kväveinnehållet i de olika fraktionerna. Innehållet av fosfor i BDT-vatten utgjorde en ungefär lika stor andel hos båda (ca 1/3), men i Gebers innehöll urinblandningen och fekalieblandningen ungefär lika mycket fosfor (ca 1/3 vardera) medan det i schablonen var urinen som innehöll nästan hälften av allt fosfor. I schablonen innehöll urin också större mängder kalium än vad urinblandningen i Gebers gjorde. I Gebers återfanns mer kalium i BDT-fraktionen.

Fast komposterbart avfall har utelämnats från denna jämförelse eftersom officiella schablonvärden för fast komposterbart hushållsavfall saknas.

De flesta av metallerna och grundämnena återfanns i störst mängder i BDT-fraktionen (Figur 5-3). BDT-vattnet innehöll högst halter av kalcium, koppar, järn, magnesium, natrium, nickel, bly och svavel, vilka utgjorde 57–75 % av det totala flödet av metaller och grundämnen från de olika avloppsfraktionerna.



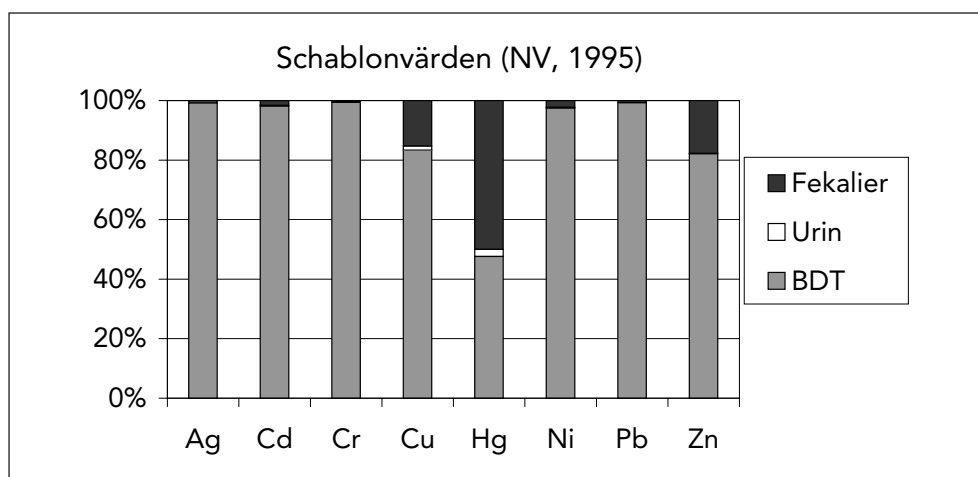
Figur 5-2. Procentuell fördelning av flöden, föroreningar och näringsämnen i fekalieblandning, urinblandning och BDT-vatten i Gebers jämfört med schablonvärden.



Figur 5-3. Procentuell fördelning av olika metaller i de olika avloppsfraktionerna BDT-vatten, urin, fekalieblandning och fast organiskt avfall.

I fekalieblandningen var dock mängderna av silver, kvicksilver och zink högre, 52 %, 69 % respektive 84 % av det totala metallflödet (Figur 5-3). Mängden kadmium var lika stor i fekalieblandningen som i BDT-vattnet (cirka 40 %). De andra metallerna som återfanns i fekalieblandningen stod för 9–30 % av det totala metallflödet. I urinblandningen var halterna av metaller och grundämnen genomgående låga, med undantag för natrium och svavel som utgjorde 35 % respektive 25 % av det totala flödet i avloppsfraktionerna. De övriga metallerna från urinblandningen utgjorde 0,02–4,8 % av det totala metallflödet. Det fasta organiska avfallet innehöll störst mängd krom, 48 %, av de fyra avloppsfraktionerna. Innehållet av kalcium och nickel i det organiska avfallet var lika stort som i fekalieblandningen. Kadmium, järn och bly förekom i större mängder i det fasta organiska avfallet än i fekalieblandningen, 18 %, 25 % respektive 28 %. De övriga metallerna i det fasta komposterbara avfallet förekom i halter från 1,5–8,2 % (Figur 5-3).

Fördelningen av metallerna bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, zink och silver mellan de olika fraktionerna fekalier, urin och BDT-vatten i Gebers skiljde sig till viss del från Naturvårdsverkets schablonvärden (Figur 5-4, nedan). I figuren syns att en mycket större andel metaller förekommer i fekalieblandningen i Gebers än i Naturvårdsverkets schablonvärden. Det kan delvis förklaras med att schablonvärdena för metallmängderna i BDT-vatten är angivna som mindre-än-värden, medan de för metallmängderna i fekalier är angivna exakt, vilket får andelen metaller i BDT-vattnet att framstå som mycket större än vad den borde vara. De likheter som ändå finns mellan värdena från Gebers jämfört med schablonvärdena är att framförallt kvicksilver förekommer i stora mängder i fekalier. Även för koppar stämmer schablonvärdena relativt väl med värdena från Gebers. I Gebers förekom kadmium, zink och silver till största delen i fekalieblandningen, vilket de inte gör i schablonvärdena. De stora andelarna av zink och kadmium i fekaliefractionen beror



Figur 5-4. Procentuell fördelning av metallerna bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel, zink och silver i fekalier, urin och BDT-vatten i Gebers jämfört med schablonvärden (ej silver).

troligen på den starka korrosionen i flera av de förzinkade nedfallsrören. Detta är uppenbart för zinken. Det gäller troligen också kadmiumet eftersom kadmium är en mycket vanlig förorening i zinkmalm och även om man vid produktion av zink strävar efter att framställa den ren, så är det svårt att helt få bort kadmiumet, eftersom kadmium och zink har liknande egenskaper. En del av zinken i fekalieblandningen kan också bero på ett bidrag från dricksvattnet, eftersom detta innehöll mycket zink. Silvret i fekalieblandningen kan bl.a. komma från silverbestick och tandamalgam.

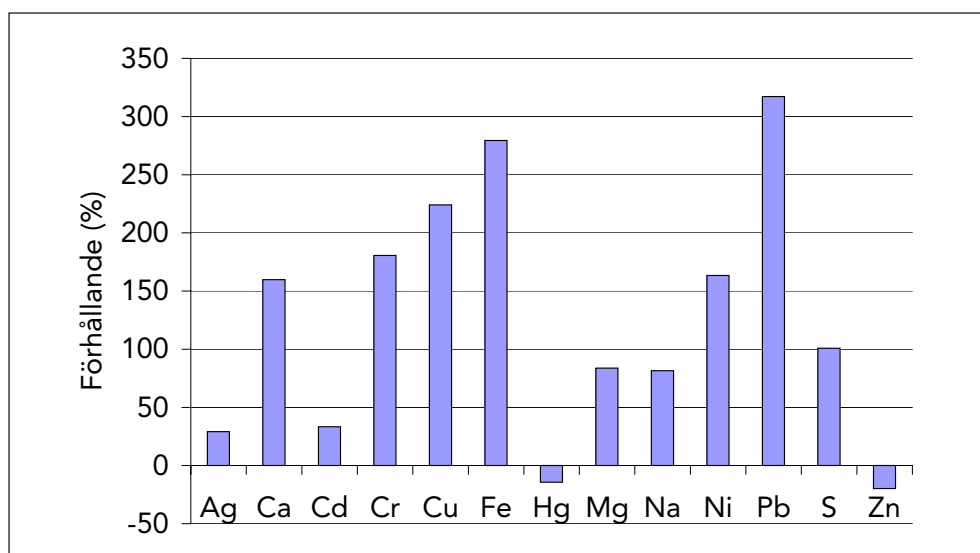
Flödet av metaller i förhållande till fosforflödet vid sammanräkning av avloppsfraktionerna redovisas i Tabell 5-2. Dels sammanräknades flödena från urin- och fekalieblandningarna och dels från dessa

toalettavfall tillsammans med BDT-vattnet.

Av den procentuella skillnaden mellan de två blandningarna (Figur 5-5) framgår att om BDT-vattnet tas med ökar innehållet av metaller per fosforflöde för alla metaller utom kvicksilver och zink. För kalcium, krom, koppar, järn, nickel och bly betyder det en ökning av metallhalten per kg fosfor med 160 % som minst och över 300 % som mest. För övriga metaller blir ökningen 30–100 %. Att det minskar för kvicksilver beror på att det största kvicksilverflödet var med fekalerna på grund av slitage från tandamalgam. Att det minskar för zink beror på det stora zinkflödet med fekalerna som mättes upp och som troligen berodde på korrosion i fekalernas nedfallsrör.

Tabell 5-2. Metallflöde per kg fosfor för urin och fekalier samt för urin, fekalier och BDT-vatten. Den procentuella skillnaden mellan metallinnehållet per kg fosfor i urin+fekalier jämfört med i urin+fekalier+BDT anges också.

Parameter	Enhet	Urin+fekalier	Urin+fekalier+BDT	Skillnaden i %
Ag	mg/kg P	0,024	0,031	29
Ca	mg/kg P	752	1954	160
Cd	mg/kg P	0,012	0,016	33
Cr	mg/kg P	0,098	0,275	181
Cu	mg/kg P	1,29	4,18	224
Fe	mg/kg P	32,6	123,7	279
Hg	mg/kg P	0,007	0,006	-14
Mg	mg/kg P	221	406	84
Na	mg/kg P	2305	4183	81
Ni	mg/kg P	0,172	0,453	163
Pb	mg/kg P	0,035	0,146	317
S	mg/kg P	616	1237	101
Zn	mg/kg P	33,8	27,1	-20



Figur 5-5. Procentuell skillnad i metallflöde per kg fosfor, mellan urin- och fekalieblandningen samt BDT-vattnet jämfört med urin- och fekalieblandningen enbart.

5.2 Tolkning av resultaten

Termen boendedygn uppfanns för att skilja mellan de persondygn som användes vid beräkningar av den totala urin-, fekalie- och kompostmängden med innehåll per person och dygn (vid 100 % hemvaro, d.v.s. ett persondygn) och de som användes vid beräkningar av mängd och innehåll i BDT-vatten, där personen bara i genomsnitt var hemma 63 % av dygnet (d.v.s. ett boendedygn). I andra rapporter används däremot termen persondygn även till beräkningar av BDT-vatten fastän det bara avser den tid på dygnet som de boende har varit hemma. Det BDT-vatten som de boende kan tänkas förbruka på t.ex. arbetsplatsen har inte tagits med i den här studien.

Genomgående i hela rapporten anges mycket precisa siffrvärden på t.ex. hemvarostatistik eller koncentrationer av olika ämnen. De beräkningar som är gjorda i rapporten grundar sig på dessa värden fastän verkligheten kanske egentligen är mycket mer oprecis. Det kanske hade varit mer rätt att redovisa de erhållna resultaten som ett intervall, d.v.s. hemvaron skulle kanske redovisats som ungefär 14–16 tim/pd, istället för ett exakt värde på 15,1 tim/pd som det står i rapporten. Men eftersom det var lättast att göra beräkningarna med exakta värden istället för intervall valde vi att redovisa sifferuppgifterna på detta sätt. Vi valde också denna redovisningsform för att den underlättar för fortsatt tolkning och analys av våra data. Man bör dock vara medveten om att

verkligheten inte är så exakt som den kanske verkar, bara för att de uppmätta värdena angetts så exakt.

Däremot kan de uppmätta värdena anses tillförlitliga, eftersom spridningen hos mätvärdena var liten. Till exempel hade tre fjärdedelar av de på BDT-vattnet analyserade kemiska parametrarna en standardavvikelse som avvek mindre än 20 % från medelvärdet.

Inventeringen som genomfördes i samband med undersökningarna var ett försök att koppla samman användandet av vissa hushållsprodukter med de funna koncentrationerna av vissa ämnen i de olika avloppsfraktionerna. Undersökningar av den här typen är svåra att genomföra och mycket tidskrävande. Tidsbrist gjorde att inventeringen inte genomfördes fullt ut, t.ex. vägdes inte de olika hushållskemikalierna före och efter mätperioden, och ingen lista på förekommande organiska substanser sammanställdes utifrån de utvalda kemikaliernas innehållsdeklarationer. Antalet undersökta ämnen i BDT-vattnet var för litet samtidigt som utbudet av hushållskemikalier i lägenheterna var stort. Detta gjorde det svårt att dra några slutsatser om något eventuellt samband mellan de inventerade hushållskemikalierna och innehållet i det undersökta BDT-vattnet. Resultatet från inventeringen finns i alla fall med i rapporten så att eventuella framtida intressenter ska kunna gå tillbaka och kanske kunna göra nånting med det. Det fullständiga materialet från inventeringen finns för sådana tillgängligt på institutionen för biometri och teknik, SLU (Jönsson).

6 Slutsatser

Denna undersökning av flöden och sammansättning på avloppsfraktioner från hushållen i Gebers visade att flödet av BDT-vatten uppgick till 110 liter per person och dygn, flödet av urin till 1,39 liter per person och dygn, flödet av fekalier till 197 gram per person och dygn och flödet av fast organiskt avfall till 182 gram per person och dygn. Analyser gjordes med avseende på ett stort antal olika kemiska parametrar och sammansättningen på de olika avloppsfraktionerna redovisas i tabellerna Tabell 4-5, Tabell 4-13, Tabell 4-19 och Tabell 4-26.

Beräkningar av fördelningen av flöden, föroreningar och näringsämnen mellan de olika avloppsfraktionerna (Figur 5-1 och Figur 5-3) visade att:

- Det mesta av kvävet samt hälften av allt kalium återfanns i urinblandningen.
- En tredjedel av all fosfor återfanns i urinblandningen, en tredjedel i fekalieblandningen och resten fanns i BDT-vattnet (28 %) och i det fasta organiska avfallet (7 %).
- Av metallerna återfanns mest krom i det fasta organiska avfallet. Fekalieblandningen, som var förorenad av korrosionsprodukter från nedfallsröret, innehöll de största mängderna av silver, kadmium, kvicksilver och zink. BDT-vattnet innehöll de största mängderna av koppar, järn, nickel, och bly.

När värdena från Gebers jämfördes med Naturvårdsverkets schablonvärden (Tabell 1-1) visade sig de största skillnaderna i fördelningen av TS och fosfor mellan de olika fraktionerna urin, fekalier och BDT-vatten (Figur 5-2). Anmärkningsvärt var att TS-halten i fekalier i Gebers endast uppmättes till ungefär en tredjedel av motsvarande schablonvärde. Vår förhoppning är att mätningarna i Gebers skall kunna bidra med underlag till en uppdatering av de nuvarande svenska schablonvärdena.

Flödet av metaller i BDT-vatten, urin och fekalier från hushåll beror troligtvis till en viss del på vattenledningarnas materialsammansättning och dricksvattenkvaliteten, men även på brukarnas användning av varor och produkter som emitterar dessa metaller.

Mätningarna visar att om urin och fekalier samlas upp separat, som i Gebers, blir flödet av metaller per fosforenhet i urin+fekalier mindre jämfört med flödet av metaller per fosforenhet i urin+fekalier+BDT-vatten om de samlas upp tillsammans med BDT-vattnet som i ett konventionellt avloppssystem. Till exempel ökar mängden bly per kilo fosfor med mer än 300 % om urin+fekalier+BDT-vatten samlas in tillsammans jämfört med om urin+fekalier samlas in separat.

Av de 81 utvalda organiska ämnen som analyserades i det undersökta BDT-vattnet detekterades 44. Det var dock svårt att dra några slutsatser om varifrån de olika ämnena kom, och liksom för metaller krävs det mer ingående undersökningar, t.ex. koppling av organiska ämnen/metaller till användning av hushållskemikalier och andra produkter, för att ta reda på vilka möjliga källor som fanns.

Mätningen genomfördes med förhoppningen att det skulle ge data som skulle förbättra framtida schablon- och dimensioneringsvärden. Hittills har två sådana förslag, som till stor del bygger på denna mätning, publicerats, nämligen:

- Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmér, P., Weglin, J., Jensen, A., Andersson, Å. och Jönsson, H. 2006. The characteristics of household wastewater and biodegradable waste – a proposal for new Swedish norms. Urban Water, **3**(1): 3–11 och
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D. och Kärrman, E. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and bio-waste – for utilisation in the URWARE model. Report 2005:6, Urban Water, Chalmers. Sweden. Download: www.urbanwater.org

Referenser

Publicerade referenser

Andersson, L. 1978. Föroreningar i avloppsvatten från hushåll. Statens naturvårdsverk, PM 1103. Stockholm.

Andersson, M. 2002. Kvinnor har högre kadmiumhalt. UNT 6 Mars 2002. Uppsala.

Andersson, Å. & Jensen, A. 2002. Flöden och sammansättning på BDT-vatten, urin, fekalier och fast organiskt avfall i Gebers. Institutionsmeddelande 2002:05, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Almeida, M.C., Butler, D. & Friedler, E. 1999. At-source domestic wastewater quality. Urban Water, **1**: 49–55.

Auffarth, K.P.S. 1999. Organiske stoffer i gråt spildevand – et litteraturstudie. Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet. Lyngby, Danmark.

Auffarth, K.P.S., Eriksson, E., Smith, M., Eilersen, A.M., Henze, M., Mikkelsen, P.S. & Ledin, A. 2001. Undersøgelse af lokal håndtering af gråt spildevand – afrapportering af inventeringsdelen. Miljø og Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. Lyngby, Danmark.

Beck-Friis, B., Pell, M., Sonesson, U., Jönsson, H. & Kirchmann, H. 2000. Formation and emissions of N₂O and CH₄ from compost heaps of organic household waste. Environmental Monitoring and Assessment. **62**(3):317–331.

Becker, W. & Robertsson, A.-K. 1994. Livsmedelsverket, Den svenska kostens näringsinnehåll 1980–92. Vår Föda, Nr 7: 374–385. Statens livsmedelsverk. Uppsala.

Bergbäck, B. 1998. Metaller i Stockholm – kunskapssammanställning av metallflöden via olika verksamheter i Stockholm. Rapport 4952, Naturvårdsverket. Stockholm.

Bergstedt, O., Paxéus, N. & Rydberg, H. 1999. Miljöföroreningar i dricksvatten. VA-Forsk Rapport 1999-02, VAV. Stockholm.

Bernes, C. 1998. Organiska miljögifter – ett svenskt perspektiv på ett internationellt problem. Monitor 16, Naturvårdsverkets förlag. Stockholm.

Bjuggren, C., Björklund, A., Dalermo, M., Nybrant, T., Oostra, H. & Sonesson, U. 1998. Systemanalys av organiskt avfall i Stockholm. AFR-rapport 215, Naturvårdsverket. Stockholm.

Bruaux, P. & Svartengren, M. (Red). 1985. Assessment of human exposure to lead; comparison between Belgium, Malta, Mexico and Sweden. Karolinska Institutet. Stockholm.

Burrows, W.D., Schmidt, M.O., Carnevale, R.M. & Schaub, S.A. 1991. Nonpotable reuse: development of health criteria and technologies for shower water recycle. *Water Science Technology*, **24** (9):81–88.

Christova-Boal, D., Eden, R.E. & McFarlane, S. 1996. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. *Desalination*, **106**:391–397.

Darnerud, P-O. 1998. Bromerade flamskyddsmedel – de finns överallt i miljön och halterna stiger. *Vår föda*. Nr 3-98.

Dellien, I. 1996. Kemikaliers effekter i VA-sammanhang – en datasammanställning. VA-Forsk Rapport 9, VAV. Stockholm.

Dunn, O.J. & Clark, V.A. 1974. *Applied statistics – analysis of variance and regression*. John Wiley & Sons Inc. USA.

Eklind, Y., Beck-Friis, B., Bengtsson, S., Ejlertsson, J., Mathisen, B., Nordkvist, E., Sonesson, U., Kirchmann, H., Torstensson, L. & Svensson, B.H. 1997. Chemical characterization of source separated organic household wastes. *Swedish Journal of Agricultural Research*, **27**: 167–178.

Elfström Broo, A., Berghult, B. & Hedberg, T. 2000. *Dricksvatten och korrosion – en handbok för vattenverken*. VA-Forsk Rapport 12, VAV. Stockholm.

Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. & Ledin, A. 2002. Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, **4**:85–104.

Eriksson, E., Henze, M. & Ledin, A. 2000. Characteristics of grey wastewater – a literature survey. Institut for Miljöteknologi, Danmarks Tekniske Universitet. Lyngby, Danmark.

Eriksson, J. 2001. Concentrations of 61 trace elements in sewage sludge, farmyard manure, mineral fertiliser, precipitation and in oil and crops. Naturvårdsverket, Rapport 5159. Stockholm.

Hanaeus, Å. & Johansson, E. 1996. Urinsorterade avloppssystem: inventering, utvärdering och laboratorieförsök. Examensarbete 1996:176, Civilingenjörsprogrammet, Luleå Tekniska Högskola. Luleå.

Hellström, D. & Kärrman, E. 1996. Nitrogen and phosphorus in fresh and stored urine. Proceedings from the 2nd International Conference on Ecological Engineering for Wastewater Treatment, September 18–22 1995. Waedenswil: Environmental Research Forum Sid: 221–226.

HSB Stockholm, Gebers – ett återanvänt hus. Informationsblad.

Hugmark, P. & Jonsson, U. 1990. Avloppsvatten från hushåll. Stockholm Vatten AB.

Jefferson, B., Laine, S., Parsons, T., Stephenson, S. & Judd, S. 1999. Technologies for domestic wastewater recycling. *Urban Water*, 1:285–292.

Johansson, M., Lindberg, R., Wennberg, P. & Tysklind, M. 2003. Screening av antibiotika i avloppsvatten, slam och fisk under 2002/2003. Stockholm: Naturvårdsverket. Download: <www.naturvardsverket.se/dokument/mo/modok/export/antibiotika.pdf>

Jordbruksverket (1999). Riktlinjer för gödsling och kalkning 2000. Rapport 1999:26, Jordbruksverket. Jönköping.

Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D. & Kärrman, E. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and bio-waste – for utilisation in the URWARE model. Report 2005:6, Urban Water, Chalmers. Sweden. Download: www.urbanwater.org

Jönsson, H., Burström, A. & Svensson, J. 1998. Mätning på två urinsorterande avloppssystem – urinlösning toalettanvändning och hemvaro i en ekoby och i ett hyreshusområde. Rapport 228, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T.A., Dalhammar, G. & Kirchmann, H. 2000. Källsorterad humanurin i kretslopp. VA-Forsk Rapport 2000-01, VAV. Stockholm.

Karlgrén, L., Ljungström, K., Olsson, E. & Tullander, V. 1977. Hushållsspillvattnet – sammansättning och egenskaper. Statens institut för byggforskning, Meddelande/bulletin M77:16. Stockholm.

Karlström, U. & Svensson, S. 1995. Miljökriterier för tvättmedel. Svenska Naturskyddsföreningen. Göteborg.

KF provkök. 1991. Vår kokbok. Sextonde upplagan. Rabén och Sjögren. Stockholm.

Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen. 1966. Undersökning av faeces och urin beträffande biokemisk syreförbrukning samt totalhalt kväve och fosfor. Kungl Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsens Publikationsserie Vatten och Avlopp, Pu 8.6. Stockholm.

Kärrman, E., Jönsson, H., Gruvberger, C., Dalemo, M. & Sonesson, U. 1999. Miljösystemanalys av hushållens avlopp och organiska avfall – syntes av hanteringssystem undersökta inom FoU-programmet "Organiskt avfall som växtnärringsresurs". VA-Forsk Rapport 1999-15. VAV. Stockholm.

Lentner, C., Lentner, C. & Wink, A. 1981. Units of measurement, body fluids, composition of the body, nutrition. Geigy Scientific tables. Ciba-Geigy. Basle.

Lindgren, M. 1999. Urinsorterande toaletter – rensning av stopp samt uppsamling och attityder. Institutionsmeddelande 99:05, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Livsmedelsverket. 1996. Livsmedelstabell – mineralämnen och spårelement. Statens livsmedelsverk. Uppsala.

NE. 1994. Nationalencyklopedien. Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs.

Nolde, E. 1999. Greywater reuse system for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experience in Berlin. *Urban Water*, **1**:275–284.

NV. 1993. Vatten, avlopp och miljö. Naturvårdsverket, Rapport 4207. Stockholm.

NV. 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll?. Naturvårdsverket, Rapport 4425. Stockholm.

Olsson, E. 1967. Hushållspillvattnet – sammansättning och egenskaper. Statens institut för byggnadsforskning, Arbetshandling 1:1967, P 106 E.

Palmquist, H. 2001. Hazardous substances in wastewater systems – a delicate issue for wastewater management. Licentiate Thesis, LIC 01/65, Avdelningen för VA-teknik, Luleå tekniska universitet. Luleå.

Palmquist, H. & Hanæus, J. 2005. Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. *Science of the Total Environment* **348**(1-3):151–63.

Palmquist, H. & Viklander, M. 2002. Kartläggning av ovanliga metaller i olika delar av avloppsflöden. Avdelningen för VA-teknik, Luleå Tekniska Universitet, Luleå.

Paxéus, N. 1999. Organiska för(or)eningar i avloppsvatten från kommunala reningsverk. VA-Forsk Rapport 1999-12, VAV. Stockholm.

Regeringen. 2005. Svenska miljömål – ett gemensamt uppdrag. Regeringens proposition 2004/05-150.

SFS. 2001. Förbud mot deponi av organiskt avfall. Svensk Författningssamling 2001:512 9, 10 §§.

Shin, H-S., Lee, S-M., Seo, I-S., Kim, G-O., Lim, K-H. & Song, J-S. 1998. Pilot-scale SBR and MF operation for the removal of organic and nitrogen compounds from greywater. *Water Science Technology*, **38** (6):79–88.

Skare, I. & Engquist, A. 1992. Amalgamfyllningar en beaktansvärd källa till tungmetall exponering. *Läkartidningen* nr 15, volym 89. Stockholm.

Sonesson, U. & Jönsson, H. 1996. Urban biodegradable waste – amount and composition, Rapport 201, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Stockholm Vatten AB, Käppalaförbundet, SYVAB. 2000. Utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet, råd och regler. Stockholm.

Stockholm Vatten. 2000. Miljöredovisning och årsredovisning 2000. Stockholm.

Sveriges Natur. 2000. Sudda, sudda bort en ful bacill. Nr 2-00.

Svenska Kommunförbundet. 1996. Introduktion till avloppstekniken. Lärobok. Svenska kommunförbundet och VAV, Stockholm.

VAV. 2001. Fakta om vatten och avlopp. Informationsblad. VAV, Stockholm.

Weglin, J. & Vinnerås, B. 2000. Avloppsvatten och fast organiskt avfall i hyreshuset Ekoporten – sammansättning och flöde. Rapport 242, Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Wilkie, P.J., Hatzimihalis, G., Koutoufides, P. & Connor, M.A. 1996. The contribution of domestic sources to levels of key organic and inorganic pollutants in sewage: the case of Melbourne, Australia. *Water Science Technology*, **34** (3–4):63–70.

Vinnerås, B. 1998. Källsorterad humanurin – skiktning och sedimentering samt uppsamlad mängd och sammansättning. Institutionsmeddelande 98:05, Institutionen för lantbruksteknik, SLU. Uppsala.

Vinnerås, B. 2001. Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and wastewater. Licentiate Thesis, Rapport 244, Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Vinnerås, B., Björklund, A. & Jönsson, H. 2002. Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method – Laboratory-scale and Pilot-scale studies. Accepted by *bioresource Technology*. Uppsala.

Vinnerås, B. & Jönsson, H. 2002. Faecal separation for nutrient management – evaluation of different separation techniques. *Urban Water* **4**(4): 321–329.

Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmér, P., Weglin, J., Jensen, A., Andersson, Å. & Jönsson, H. 2006. The characteristics of household wastewater and biodegradable waste – a proposal for new Swedish norms. *Urban Water*, **3**(1): 3-11.

Wrisberg, S., Eilersen A. M., Nielsen, S. B., Clemmesen, K., Henze, M. & Magid, J. 2001. Vurdering af muligheder og begrænsninger for recirkulering af næringsstoffer fra husholdninger fra by til land. Miljöprojekt/Aktionsplanen for økologisk omstilling og spildevandrensning. Miljøstyrelsen. Danmark.

Internetreferenser

Utskrifter av dessa finns tillgängliga hos författaren.

Andersson, A., Jansson, A., Kuusk, A-K. 2002-02-28 "Bekämpningsmedelsrester i vegetabiliska livsmedel – kvartalsrapport 4/2001".
<http://www.slv.se/Download/Document/approvedDocs/kvartal4-html.htm>,
besökt 2001-03-06

ATSDR 2001-06-11. "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons",
<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts69.html>, besökt 2001-11-30.

Carlsson, H. "Exponeringsmätning av organiska trifosfater med aktiv provtagning",
<http://www.anchem.su/amk/projekt/proj6.html>, besökt 2001-12-07.

Eriksson, B-G. 2001-05-18. "Bekämpningsmedel i livsmedel",
<http://www.slv.se/Download/Document/approvedDocs/TOPEsticider1.html>,
besökt 2002-01-29.

KemI 2002-02-14. "Bekämpningsmedelsregistret", <http://www.kemi.se/default.cfm?page=bkmregoff/default.cfm>, besökt 2002-02-14.

KemI 2002-02-18. "Klassificering och märkning – Riskfraser t.o.m. 29 juli 2002",
http://www.kemi.se/default.cfm?page=klass_mark/default.htm, besökt 2001-02-25.

NV. 2001-10-23. Jordbrukets växtnäringsförluster. Naturvårdsverket.
<http://www.environ.se/dokument/natresur/urlaka/vaxtnar.html>. Besökt datum:
2002-04-29.

RVF. Svensk avfallshantering. Svenska renhållningsverksföreningen.
<http://www.rvf.se/avfallshantering/01/rub0.html>. Besökt datum: 2002-04-29.

SNF. 2001-11-28. "Kemikaliesamhället",
<http://www.snf.se/verksamhet/kemikalier/faq.cfm>, besökt 2001-11-30.

SLV. 2000-05-02. "Organiska miljöföroreningar",
<http://www.slv.se/HeadMenu/livsmedelsverket.asp>, besökt 2001-12-07.

SCB. 2002-02-19. Sveriges befolkning 31 december 2001 efter ålder och kön. Statistiska centralbyrån.
<http://www.scb.se/befovalfard/befolkning/befstor/befarlig/befarlig31tab.asp>.
Besökt datum: 2002-04-29.

SCB. 2002-02-28. "Befolkningsstatistik i sammandrag 1960–2001",
<http://www.scb.se/befovalfard/befolkning/befstor/befarlig/befarligsamdrag.asp>,
besökt 2002-04-09.

Personliga meddelanden

Hort, Nicholas. Kontaktperson, Gebers, 08-605 59 59, nicholas.hort@ostermalm.stockholm.se. 2002-04-27.

Jönsson, H. 2002. Docent i miljöteknik, Institutionen för lantbruksteknik, SLU.
018-67 18 86. 2002-05-05.

Wigren, Lage. Tandvårdschef, Folktandvården i Umeå, 090-785 71 70. 2002-04-19.

Bilaga A: Kranvattenanalys

Tabell A-1. Sammanställning av fyra kranvattenanalyser från Gebers, dels två analyser som togs ut i källaren under mätningen 2001 och som beräkningar och diagram i huvudtexten refererar till och dels två analyser som togs från kranar i flyglarna ett år senare, hösten 2002, efter att huvuddelen av denna rapport skrivits.

Parameter	Enhet	Källaren 2001		Flyglarna 2002	
		Medelvärde	Stdav	Medelvärde	Stdav
Ca	mg/l	24,3	0,1	22,6	0,5
Fe	mg/l	0,1106	0,0233	0,0175	0,0036
K	mg/l	2,23	0,02	2,12	0,01
Mg	mg/l	3,86	0,04	3,5	0,0
Na	mg/l	8,95	0,04	8,33	0,02
S	mg/l	11,3	0,1	12,0	0,0
Ag	µg/l	<0,05	-	<0,05	-
Al	µg/l	29,0	0,6	23,2	5,4
B	µg/l	18,1	0,6	13,7	1,7
Bi	µg/l	<0,005	-	0,008	0,004
Cd	µg/l	0,0090	0,0054	0,0063	0,0012
Co	µg/l	0,0405	0,0013	0,056	0,0016
Cr	µg/l	0,0669	0,0062	0,1830	0,0467
Cu	µg/l	95,2	9,6	55,15	13,2
Hg	µg/l	<0,002	-	<0,002	-
Mn	µg/l	0,917	0,896	0,509	0,003
Mo	µg/l	0,895	0,010	1,53	0,396
Ni	µg/l	3,75	1,70	2,60	0,02
Pb	µg/l	1,315	1,281	0,156	0,095
Pd	µg/l	<0,002	-	0,012	0,006
Pt	µg/l	<0,0005	-	<0,001	-
Rh	µg/l	<0,002	-	0,027	0,012
Sb	µg/l	0,104	0,004	0,346	0,054
Se	µg/l	0,109	0,005	0,039	0,005
Sn	µg/l	<0,05	-	0,829	0,779
Sr	µg/l	50,3	0,5	48,1	0,4
Te	µg/l	<0,002	-	<0,05	-
W	2,37	0,34	0,001	0,0583	0,000
Zn	µg/l	36,3	32,7	4,7	1,3
P	µg/l	2,63	0,54	2,37	0,34

Tabell A-2. Tungmetallhalter i dricksvattennätet i Stockholm år 2000. 25 prov har tagits ut hos konsumenter för analys av metaller. Proven är tagna efter spolning 5 min.

Metall	Enhet	Medel	Min	Max	SLV:s gränsvärde ^a
Pb	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	10
Cd	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	1
Co	µg/l	<1	<1	<1	-
Cr	µg/l	<1	<1	<1	50
Cu	µg/l	8	1	33	200
Hg	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	1
Mn	µg/l	<1	<1	<1	50
Zn	µg/l	7	<2	32	300

^{a)} Gränsvärdet avser vatten efter spolning tjänligt helt utan anm. enl. dricksvattenkungörelsen SLV FS 1993:35.



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se