

# Tungmetallhalter i slam från avloppsreningsverk



**En jämförande studie mellan enskilda reningsverk i Europa**

**Utförd av  
Elisabeth Ljung  
Miljö- och hälsoskyddsutbildningen  
Stockholms Universitet  
Vt 03**

## Sammanfattning

Rening av avloppsvatten är något som i ett historiskt perspektiv inte prioriterats. Än idag finns det, även i Europa, städer som inte behandlar sitt avloppsvatten. De länder som tillhör den Europeiska unionen har dock lagstadgade krav på sig att rena sitt avloppsvattnet.

Den här studien fokuserar på slamkvaliteten hos slam ifrån avloppsreningsverk med fokus på slammets tungmetallhalt (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn). Syftet är att visa utvecklingen över tid och ge en bild av slamkvaliteten idag. För att kunna göra det har kontakt etablerats med enskilda reningsverk i Europa. Varje enskilt avloppsreningsverk har bidragit med tungmetallhalten i slam för en så lång tid bakåt som möjligt. För att kunna analysera dessa värden inhämtades kunskap om europeisk och nationell lagstiftning, attityder hos enskilda intressenter i de deltagande länderna samt hos konsumenter. Detta med tanke på att slam används som gödselmedel på åkermark. Reningsverkens egen möjlighet att påverka sin omgivning (industrier, hushåll etc) genom krav, kontroller och information var även det av intresse. Tekniska fakta som val av processteknik, analysfrekvens och analysmetod har behövts för att bedöma validiteten hos tagna prover. Målet med projektet har varit att utvärdera det arbete som Stockholm Vatten lagt ned för att reducera halterna av tungmetaller i slam, huruvida det givit resultat i jämförelse med andra avloppsreningsverk i Europa.

Resultatet av jämförelsen mellan de olika reningsverken visar att Stockholm Vattens arbete lett till tydligast resultat när det gäller kadmium och kvicksilver. Ett intensivt arbete har lagts ned och källorna till dessa föroreningar har spårats, sökts upp och informerats. Dessutom tyder resultaten på att Stockholm Vatten lyckas behålla låga föroreningsnivåer när de väl uppnåtts.

De avloppsreningsverk som deltar i studien visar nedåtgående trender över tiden. Mycket beroende på att lagstiftning omöjliggjort fortsatt verksamhet för många äldre företag.

Huvudproblemet idag verkar vara punktutsläpp som ger tillfälliga koncentrationsökningar av föroreningar i slammet. Koncentrationsökningar som leder till att slammet inte kan användas på åker. Långsiktigt hårt arbete med att reducera utsläppen ifrån källan verkar vara det mest effektiva vid sidan av lagstiftning för att förbättra slammets kvalitet.

## Abstract

In historical view, sewage treatments have had low priority. Still some large cities even in Europe are without prior treatment before the sewage reaches its recipient. Most of the waste water plants in member countries of the European Union are submitted, by law, to treat their sewage.

This study focus on sludge originated from the sewage treatment and its quality with regard to heavy metal concentration (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn). The purpose is to show the development over time and give a picture over sludge quality of today. To be able to do this contact has been established with different individual sewage treatment plants in Europe. Each single plant contributed with their values over the heavy metal concentration in sludge for as long period as possible. To be able to analyse these values knowledge was acquired about European and national laws, attitudes of affected groups and consumers in the participating countries, this because sludge is used as a fertiliser on agriculture land. The treatment plants own ability to influence its surroundings (industries, household's etc), through demands controls and information was also of interest. Technical facts such as the process of treatment, frequency of analysis and method of analysis helped when estimating the validity of the samples taken from the sludge for analyse.

The result of the comparison between the different waste water treatment plants shows that the work Stockholm Water has laid down has given the most distinct result concerning cadmium and mercury. Laborious work has been done, the source of these pollutants has been tracked down, and visits had been paid to the responsible company for information exchange. The results also points out that Stockholm Water keeps low pollution grade when achieved.

The waste water treatment plants participating in this study shows downward trends over time. This is probably due to legislation making continued activity impossible for many older companies.

The main problem of today seems to be accidental releases leading to occasional raises in pollutant concentration in the sludge, rises in concentration making it impossible to use as fertilizer on agricultural land. Long-term laborious work reducing the discharge from the source seems to be the most effective way besides legislation to improve sludge quality.

## Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Syfte</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Mål</b>	<b>1</b>
<b>1.4 Metod</b>	<b>1</b>
<b>2 Slam, en orientring</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Lagar och attityder</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1 Lagkrav stadgade i Europeiska         kommissionens direktiv</b>	<b>3</b>
<b>2.1.2 Lagar och attityder inom nationerna</b>	<b>5</b>
2.2.2.1 Danmark	5
2.2.2.2 Finland	6
2.2.2.3 Frankrike	6
2.2.2.4 Nederländerna	8
2.2.2.5 Norge	9
2.2.2.6 Tyskland	10
2.2.2.7 Sverige	11
<b>3 De enskilda reningsverken</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Danmark</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Finland</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Frankrike</b>	<b>13</b>
<b>3.4 Nederländerna</b>	<b>14</b>
<b>3.5 Norge</b>	<b>14</b>
<b>3.6 Tyskland</b>	<b>15</b>
<b>3.7 Sverige</b>	<b>15</b>
<b>4. Metallerna</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Analysmetoder avseende tungmetaller</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Analys av data från de enskilda reningsverken</b>	<b>18</b>
4.2.1 Bly	19
4.2.2 Kadmium	22
4.2.3 Koppar	24
4.2.4 Krom	27
4.2.5 Kvicksilver	28
4.2.6 Nickel	31
4.2.7 Zink	33
<b>5. Diskussion</b>	<b>34</b>
<b>6. Slutsatser</b>	<b>35</b>
<b>7. Slutord</b>	<b>35</b>
<b>8. Referenser</b>	<b>36</b>

## **Bilagor**

**Bilaga 1 Processteknik**

**Bilaga 2 Processinformation**

**Bilaga 3 Källor till tungmetaller i slam**

Bilden på framsidan föreställer Lynette reningsverk i Köpenhamn och är hämtad från hemsidan, [www.lyn-is.dk/lynette/it5.50/webit/webit.nsf/web/HomeDK.html](http://www.lyn-is.dk/lynette/it5.50/webit/webit.nsf/web/HomeDK.html).

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

År 1974 kom allmänna råd och rekommendationer från Naturvårdsverket och därmed ställdes krav på halter av tungmetaller i slam (von Knorring m.fl.). Lag på högsta halt tungmetaller i slam kom 1993 genom "Förordningen (1985:840) om vissa hälso- och miljöfarliga produkter mm", gränsvärdena gällde slammets innehåll av Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni och Zn när slammet ska spridas på åker. Från 1974 och fram till idag har ett intensivt arbete bedrivits hos de svenska reningsverken, främst under senare år, för att reducera mängden tungmetaller i slam så att slammet ska kunna spridas på åkermark och gödsla våra grödor via sitt näringsinnehåll av bla organiskt material och fosfor. Kretsloppspropositionen 1992/93:180 och vidareutvecklingen av den genom fastställande av "Svenska miljömål" proposition 1997/98:145 visar regeringens klara intentioner att återföra slam uppkommet genom rening av avloppsvatten till jorden. Genom EU ställs liknande krav på de andra medlemsländerna i Europa. Men hur långt har man kommit, har arbetet givit resultat och hur har arbetet bedrivits? Det är frågor som inte beskrivits när de gäller enskilda reningsverk och hur förhåller sig Stockholm Vatten jämfört med andra reningsverk (deltagande reningsverk se bil 1).

## 1.2 Syfte

Syftet med studien har varit att via jämförelse med andra avloppsreningsverk utröna om Stockholm Vattens arbete har givit resultat och visa hur slamkvaliteten, med avseende på koncentrationen av tungmetaller i Stockholm Vattens reningsverks slam, förhåller sig till övriga reningsverks slam.

Enligt målformuleringen skulle information inhämtas även om den miljömärkning som de olika länderna använder sig av men då det inte fanns tid till att ta reda på de miljömärkta varornas andel av marknaden gjordes ingen analys av denna påverkan på slammets kvalitet

## 1.3 Mål

Målet med studien är att visa slamkvalitetens utveckling över tid och ge en bild av dagens slamkvalitet med avseende på tungmetallhalten hos några enskilda reningsverk i Europa. Studien kommer att leda fram till en jämförelse mellan Stockholm Vatten och övriga reningsverk för att se om det intensiva arbetet med att reducera metallhalterna främst genom information gett resultat.

## 1.4 Metod

Enskilda reningsverk i Europa har bidragit med uppgifter på koncentrationen av tungmetaller i sitt slam under så lång tid bakåt som möjligt och fram till år 2002. För att kunna analysera eventuella skillnader och likheter har fakta samlats in om nationella och europeiska lagar, attityder hos intressenter och befolkning samt inställning till slamspridning på åker.

Reningsverkets egen möjlighet att kunna påverka sin omgivning via krav, kontroller och information har också varit av intresse. Även tekniska fakta såsom reningsmetod, analysfrekvens, analysmetod och industriell påverkan (eventuella krav på rening) har inhämtats.

## 2. Slam, en orientering

Dagens samhälle lider av ett eskalerande avfallsproblem. Avfallsmängderna förväntas öka snarare än minska. Med avfall avses här slam uppkommet vid rening av avloppsvatten. Avloppsvatten består av vatten ifrån hushållsavlopp, avloppsvatten inkommande ifrån industrier och offentlig verksamhet samt dag- och dränvatten. Dagvatten är regnvatten som för med sig föroreningar från trafik och stad. Dränvatten är inläckande vatten till avloppsledningssystemet som infiltrerats genom jord och tagit med sig föroreningar ifrån allt som kan finnas nedgrävt i en stad. Slam klassas som organiskt material vilket innebär att det från den 1 januari år 2005 inte längre går att deponera (Direktivet för deponi av avfall 1999/31/EEC). De regler som finns idag gällande slam i direktiv 86/278/EEC kommer att ses över under 2003. Det innebär troligen att gränsvärdena för slam som ska spridas på åkermark kommer att sänkas och eventuellt innefatta all mark där slam sprids samt även beröra slam ifrån andra källor. Även krav på hygienisering av slam innan spridning kommer att införas (Working document on sludge 3<sup>RD</sup> draft). Slutsatsen av detta blir att deponering av slam inte längre är möjligt och att spridning på mark kommer att försvåras för många länder pga. de lägre gränsvärdena för spridning. Många länder ser då förbränning av slam som en utväg. Det organiska materialet förbränns och askan räknas inte längre som organiskt material och kan följaktligen deponeras. Det som brister i resonemanget är konsekvenserna av de olika alternativen. Slam innehåller föreningar värdefulla för jordbruket (organiskt material, kväve, fosfor, kalium, och till mindre del kalcium, svavel och magnesium) och föroreningar som vanligen består av tungmetaller, organiska föroreningar och patogener (Europeiska kommissionen, rapport 3). Oavsett spridningsmetod eller bortskaffningsmetod kommer föroreningarna koncentreras och ackumuleras i miljön. Frågan är var vi vill ha dem? Var gör de minst skada? Används slam som markfyllnadsmaterial finns en risk för spridning av föroreningar till grund- och ytvatten alternativt en påverkan på närliggande miljö. Används slam i parker finns där barn och djur som gärna smakar på jorden. Spridning på åker och skog ger liknande risker för påverkan som ovan och dessutom en risk för biomagnifiering av vissa ämnen då grödan äts. Vid förbränning återfinns tungmetallerna i askan, som går till deponi, och/eller i luft för senare atmosfärisk nedfall som torr- eller våtdeposition. Boller (Boller, M. 1997) ger förslag som antingen reducerar tungmetallkoncentrationen i slammet alternativt koncentrerar dem på mindre yta:

- skapa decentraliserade små vattencirkulationsflöden där lokala dricksvattenresurser återupptäcks och rening sker lokalt (det finns en tendens att vilja sprida lokalt producerat slam, se under attityder nedan).
- recirkulera använt vatten (minskat inflöde till reningsverk = mindre mängd slam).
- introducera mulltoaletter med återföring näringsämnen (tungmetaller i avföringen når inte reningsverket = renare slam, gödsel ifrån mulltoaletter kan spridas lokalt.).
- använd regnvattnet eller infiltrera det i markbäddar o dyl.

Många av dessa lösningar skulle vara svåra att införa i dagens samhälle. Det alternativ som skulle kunna accepteras i många länder är infiltration av regnvatten ifrån vägar, samhällen och industriområden. Trafiken bidrar i stor utsträckning till tungmetaller i inkommande avloppsvatten. Reduceras detta flöde minskar även halten av tungmetaller i slam. Ett flertal länder reviderar sina lagar för att främja denna lösning. I Schweiz t.ex. måste regnvatten ifrån tak och vägar infiltreras om det är tekniskt möjligt (Boller, M. 1997). I Sverige ska dagvattnet renas vid om- och nybyggnation av vägar som trafikeras av mer än 20 000 fordon per dag (Augustinsson, H. 2002)(gäller Stockholmsområdet). Fördelen med infiltration är att tungmetaller ifrån dagvattnet ackumuleras inom ett begränsat område och att dessa inte hamnar i reningsverk eller recipient. Kritisk koncentration kommer att uppnås inom 3 till 20

år i dessa jordar mot hundratals år på åker. Nackdelen blir då att infiltrationsjorden måste skötas och bytas.

Övriga förslag syftar till att reducera inflödet av tungmetallinnehållande flöden till reningsverket. Även om varje flöde bidrar till en mindre mängd föroreningar blir slutkoncentrationen i slammet hög eftersom slammet är ett koncentrat.

Anledningen till att tungmetallerna ackumuleras i slammet är att tungmetallerna befinner sig i löst form i inkommande dagvatten och reagerar spontant med solida ytor. Därmed kommer de att befinna sig i partikulär form i det inkommande råvattnet. Reaktiva ytor hos det kolloidala materialet ifrån hushållsavloppet eller biomassans extracellulära matrix i reningsverkets biosteg fångar upp partiklarna. Vilket även användande av kemikalier för fosforreduktion och efterföljande flockar gör. Det gör att tungmetallerna hamnar i slammet (Europeiska kommissionen, rapport 4). Minskar man inkommande mängd lösta tungmetaller genom att infiltrera dagvattnet separat, vilket innebär att man behöver använda separata ledningar för dagvatten och hushållsavlopp och dessutom göra punktinsatser för att minska tungmetallflödet ifrån källan, ökar man kvalitén på slammet och minskar därmed riskerna vid spridning på jord. Vilka riskerna är ges information om i kapitel 4, Metallerna.

Det som påverkar ett lands hantering av slammet är dels den allmänna synen på slam som en produkt hos allmänhet, bönder och livsmedelsindustri och dels den befintliga lagstiftningen inom nationen och EU. Statens önskan att styra hanteringen i en viss riktning kan göras med informationskampanjer, lagar och ekonomiska stöd. Kvaliteten på slammet är beroende av ovanstående, den reningsprocess reningsverket använder och den typ/mängd av industrier som är anslutna till det enskilda reningsverket. Annat av betydelse är vilka krav som ställs på de anslutna industrierna att själva rena sitt avloppsvatten och naturligtvis det enskilda reningsverkets ekonomi. Nedan anges situationen för de olika länderna som deltar i studien med en efterföljande presentation av de enskilda reningsverken och en analys av tungmetallernas koncentrationsvariationer hos de enskilda reningsverken.

## **2.1 Lagar och attityder som påverkar slamhanteringen**

Analys av lagar relaterade till slambehandling, bortskaffande och återanvändning visar att specifika lagkrav fokuserar på slambehandling i jordbruket både på nationell och på Europeisk nivå. Andra rutiner för bortförskaffande av slam regleras generellt under lagar rörande avfall och vattenvård. Det mest signifikanta resultatet av EU kommissionens genomgång (Europeiska kommissionen, rapport 2) var att nationella lagar som är en följd av implementeringen av direktiv 86/278/EEC, se nedan, ofta har mer långtgående bestämmelser än vad som krävs i direktivet. Nedan anges lagkrav tillämpliga när tätorts- eller industrislam ska återanvändas eller regleras.

### **2.1.1 Lagkrav stadgade i Europeiska kommissionens direktiv**

Europarådets direktiv 86/278/EEC ger rättsskydd för miljön och speciellt jorden när avloppsslam används i jordbruket. Direktivet anger

- Gränsvärden för jord där slam ska spridas.
- Gränsvärden för tungmetallhalt i slam som ska spridas (tabell 2).
- Analysfrekvens när slam ska spridas på åkermark (tabell 1).



Direktivet specificerar att "slam skall behandlas innan det används inom jordbruket". Definitionen på behandlat slam återfinns i artikel två som slam som har behandlats biologisk, kemisk eller med värme, långtidslagrats eller med någon annan metod behandlats på ett sådant sätt att fermentation och hälsorisker som kan uppstå vid dess användning signifikant reducerats. Men, användningen av obehandlat slam är möjligt, enligt samma direktiv om det injiceras eller arbetas ned i jorden. Danmark, Finland, Tyskland och Nederländerna förbjuder användning av obehandlat slam. I Finland måste slammet behandlas med rötning eller stabilisering med kalk innan det används inom jordbruket. I Danmark måste slammet stabiliseras och arbetas in i jorden inom 12 timmar efter anbringandet. I Frankrike och Sverige tillåts användningen av obehandlat slam i enlighet med direktivet. I Norge har man ställt högst krav och tillåter spridning av slam endast efter hygienisering (Steinar Nybruket, NORVAR) Artikel 7 i direktiv reglerar spridning av slam på betesmark och på mark där grönsaker och frukt ska odlas. Antingen är det förbjudet eller så är det satta tidsgränser innan odling får ske då slam spridits (Europeiska kommissionen, rapport 2).

Avfallsdirektivet 91/156/EEC en ändring av 75/442/EEC konfirmerar hierarkin i avfallshanteringen som finns i "Community strategy for waste management". Enligt denna hierarki prioriteras en förebyggande avfallsstrategi, sedan en reducering av avfallsmängden, återanvändning, återföring, energiutvinning och om inga alternativ finns deponering. Detta direktiv etablerar principer för användning och bortskaffande av avfall, avfallshanteringsplaner, processer för godkännande och kontroll (Europeiska kommissionen, rapport 2).

Direktiv 91/277/EEC, mer känt som direktivet för behandling av avloppsvatten i tätorter, syftar till att skydda miljön mot allvarlig skada till följd av utsläpp av avloppsvatten. Direktivet ger minsta möjliga behandlingsnivå för behandling av avloppsvatten som ska införas stegvis och vara uppfyllt 2005. Här ställs krav på avancerad behandling av avloppsvatten där kväve och fosfor ska reduceras innan utsläpp sker till känsliga områden. Känsliga områden definieras som områden speciellt känsliga för eutrofiering, ytvatten där avsikten är att avskilja dricksvatten, vatten med höga nitrathalter och annat vatten som kräver högre behandlingsstandard för att tillmötesgå andra direktivs krav. Direktivet stödjer användningen av slam, "slam som uppkommer vid rening av avloppsvatten skall återanvändas när så är lämpligt". Bortskaffningsrutiner ska minimera allvarliga effekter på miljön. Här förbjuds även dumpning av slam uppkommen vid rening av avloppsvatten till ytvatten och direktivet fastställer att från 31/12 1998 underkastas bortförskaffandet av slammet generella regler, registrering och fullmakt. Direktivet introducerar detaljerade kontrollkrav och kräver av medlemsländerna att de ska rapportera slamanvändningen vart annat år.

Om man väljer att förbränna sitt slam finns förbränningsdirektivet 2000/76/EEC som ger gränsvärden för utsläpp av föroreningar till luft p.g.a. avfallsförbränning. Vilket innebär att en omfattande rökgasrening krävs.

Den insamlade informationen tyder på att den styrande statsmakten i de enskilda länderna har ansvaret för att etablera lagkrav och utveckla policyn gällande slamhantering. Landets regionala och lokala myndigheter har ofta en kontrollfunktion eller tillsynsfunktion. Vissa länder har delegerat myndigheternas tillsynsskyldighet till andra organ och verk (Europeiska kommissionen, rapport 2).

## 2.1.2 Lagar och attityder inom nationerna.

### 2.1.2.1 Danmark

Institutionen med huvudansvaret för miljöfrågor i Danmark är Danska miljöministeriet som innehar den lagstiftande makten, miljöskyddsstyrelsen och industristyrelsen. Den regionala auktoriteten (14 län) och den lokala auktoriteten (275 kommuner) har huvudansvaret för att förverkliga miljölagarna. Den Danska industristyrelsen är kontrollorganet för slamkvaliteten när den sprids på åker. Danska Naturvårdsverket har ansvaret för att genomdriva ”slambeslutet”.

#### Lagar

Tre skrivna lagar ger reglerna för slam:

- LBK No. 590 av den 27.6.94 ,”Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse - Miljøloven”.
- BEK No 49 av den 20.1.2000, Bekendtgørelsen om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål”. Gäller både spridning av industriellt och kommunalt uppkommet slam
- BEK No 56 av den 24.1.2000, ”Bekendtgørelse om tilsyn med spildevadsslam mm til jordbrugsformål”. Är tillämplig på spridning av avfall ifrån industri- och kommunavfall (och slam).

BEK No 56 sätter gränsvärden för tungmetall koncentrationen i slammet. De danska gränsvärdena tillhör de strängaste i Europa. Notera att Dansk lagstiftning tillåter slamproducenten att välja mellan gränsvärden relaterade till TS eller fosfor. Detta val är berättigat p.g.a. av krav på fosfatreducering som varje reningsverk med en kapacitet över 5000 pe tvingas till (Europeiska kommissionen, rapport 2).

#### Attityder

Lagen 2000/49 ses som så strikt att riskerna med slamspridning reducerats till en acceptabel nivå. Effekten av det är att 62 % av slammet används i jordbruk och 21 % förbränns vilket är siffror som anses stabila. Men böndernas organisationer har fört fram en oro för att slamkvaliteten är svår att garantera utan kostnadskrävande kontrollanalyser. De vill hellre använda gödsel ifrån den egna gårdens djur som de har direkt kontroll över och som de därmed ser som mindre skadlig. Oftast är böndernas oro mer kopplad till risken att kundernas syn på deras produkters kvalitet ska påverkas av att de använder slam. Det innebär att oron mer rör kommersiella frågor än verkliga hälsorisker ifrån deras sida.

Livsmedelsindustrin anser att slammet bör användas som markfyllnadsmaterial eller i skogsbruk av ekonomiska och sanitära skäl. Slamanvändning förbjuds helt av vissa tillverkare då de satt upp regler som garanterar kvalitén hos deras produkter (förbud att använda slam på mark 4 år innan grönsaker odlas och 1.5 år innan sockerbetor odlas). Men det finns även livsmedelstillverkare som anser att slam kan vara en väldefinierad produkt med ett lågt innehåll av tungmetaller.

Det som är intressant är att lokala myndigheter i små städer stödjer slamanvändning på jordbruksmark medan större städer är mer tveksamma.

När det gäller allmänheten så oroar de sig för hälsoriskerna som rapporterats i pressen. Men då studier visat att slamanvändning inte innebär större risker än riskerna vid användning av konstgödsel verkar konsumenter stödja användningen av slam. Denna attityd kan vara en avspegling av den marknadsföring som danska staten gjort avseende slammets gödslande värde och principerna bakom återanvändning av avfall (Europeiska kommissionen, rapport 1).

### 2.1.2.2 Finland

Miljöministeriet definierar lagar och kontrollerar implementeringen av EU direktiv. Finska Miljöinstitutet forskar och utbildar, ger ut information gällande nya idéer och metoder samt bevakar all utveckling relaterad till avfallsfrågor. De deltar även i planering av ny lagstiftning och riktlinjer relaterade till avfall.

Regionala myndigheter guidar och bevakar implementeringen av lagar gällande avfall inom regionen. Lokala myndigheter organiserar insamling, återanvändning och bortförskaffande av hushållssopor och liknande avfall. De övervakar avfallsplanerna rent generellt och sätter upp lokala föreskrifter gällande sophantering (Europeiska kommissionen, rapport 2).

#### Lagar

Den lag som huvudsakligen berör användningen av slam på åkermark är "statsrådsbeslut" Nr. 282/1994 (Valtioneuvoston päätös puhdistamolitteiden käytöstä maanviljelyksessä, OJ 282 av den 14.4.1994). Detta beslut refererar till regler i vattenakten Nr 264/61 och hälsoskyddsakten Nr 469/65 vilka måste tas i beaktande när man tar hand om, transporterar och använder slam. Slam som gödselmedel regleras i gödselakten Nr 232/93.

Statrådsbeslutet är tillämplig på slam "som genererats i kommunala reningsverk, annat slam av jämförbar kvalitet och slamblandningar preparerade ifrån dessa" (Europeiska kommissionen, rapport 2).

Avloppsvattenbehandling och återvinning kräver tillstånd enligt miljöakten 86/2000. Denna akt kräver att deponier, förbränningsanläggningar, komposteringsföretag liksom alla avfallsbehandlingsföretag och företag som sysslar med återvinning ska ha en licens antingen av lokala myndigheter (<5000 ton/år) eller på länsnivå (>5000 ton/år). Spridning och användning av avloppsslam enligt statsrådsbeslut är undantaget ifrån kravet att ha ett tillstånd. Förutom gränsvärden för metaller i slam som ska spridas på åker finns även gränsvärden för högsta tillåtna koncentration av tungmetaller i slam som används som råmaterial i slamblandningar (Europeiska kommissionen, rapport 2).

#### Attityder

I Finland sprids 31 % av slammet i jordbruket. På våren 1990 ville den finska organisationen för jordbrukande bönder förbjuda all slamgödning. De finska myndigheterna svarade då med att komma med nya riktlinjer 1991 som reglerade slam användningen i jordbruket i ett försök att kunna garantera kvalitén på jordbruksprodukter. Bönderna lugnade ner sig och 1994 kom en ny lag gällande användningen av avloppsslam inom jordbruket (lag Nr. 282/1994) som specificerar gränsvärden för tungmetaller i slam. Detta har inte hjälpt och nu 2001 har bönderna förnyat sin ståndpunkt emot slam som gödsel vilket försvårar slamspridningen på åker. Man har istället i allt större utsträckning börjat använda komposterat slam som markfyllnadsmaterial. Även i Finland förknippas böndernas oro mer med den kvalitetsstämpel som finska jordbruksprodukter har än hälsorisker.

Konsumenterna är likgiltiga inför slam som gödsel i jordbruk och därmed är även livsmedelsindustrin det. Det finns dock några tillverkare som insisterar på kontrakt med böner där slam inte använts som gödselmedel (Europeiska kommissionen, rapport 1).

### 2.1.2.3 Frankrike

I Frankrike regleras miljöfrågor av regeringen. Det finns liksom i Sverige olika typer av lagtext. Lagar är regler som antas av franska nationalförsamlingen medan lagstadgande förordningar eller dekret är beslut tagna av regeringen men de kan ha samma dignitet som lagar.

Lokala myndigheter är ansvariga för att samla in, behandla, bortförskaffa kommunalt avfall inklusive slam. Lokala myndigheter samlar även in sopor ifrån små industrier medan större industrier ansvarar för sitt eget avfall, bevakade av Franska administrationen (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement).

#### Lagar

Journal Officiel 10.12.97 (Décret n. 97/1133 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées) reglerar användningen av slam inom jordbruket.

Journal Officiel 16.7.75 (Loi n. 75/633 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux), definierar slam som "det kvarvarande sedimentet ifrån behandling av avloppsvatten och ifrån det biologiska, fysikaliska och kemiska förbehandlingen av avloppsvatten".

Journal Officiel 14.7.92 (Loi n. 92/646 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement, försvårar deponi fram 2002, säger att endast avfall som inte kan återanvändas till en rimlig kostnad får deponeras.

Journal Officiel 31.1.98 (Arrêté fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n. 97/1133), ger gränsvärden för tungmetaller i slam om slam ska spridas på åker (Europeiska kommissionen, rapport 2).

#### Attityder

I Frankrike sprids 60 % av slammet på åker. Den ökande slamproduktionen och kostnaderna för förbränning gör att slamspridning på åkermark föredras. För att underlätta samordningsprojekt mellan slamproducenter, slambehandlare, slamåtervinnare och slamanvändare bildades "national kommittén för slam" av miljöministeriet och jordbruksministeriet 1998. Slamdebatten i Frankrike är för närvarande ganska het. Diskussionerna gäller bland annat införandet av ett försäkringssystem som täcker de risker som bönderna utsätts för genom att använda slam. Meningen är att slamproducenter ska skriva på försäkringskontrakt som de statliga myndigheterna garanterar. Även de som äger mark lägger sig i debatten och kräver att det i utkastet till slamöverenskommelsen ska stå att jordbrukarna måste införskaffa markägarens godkännande innan slam används. De flesta centralorganisationer för bönder har givit sitt stöd till slamanvändningen och till och med ansett att de gör samhället en tjänst när de återanvänder slammet. Men två större organisationer FNSEA och CNJA föreslog en bojkott 1999 då de ansåg att nuvarande lagstiftning inte preciserade riskerna. Experter tror att detta kan ha varit en politisk aktion under förhandlingar med staten att införa miljöskatter på jordbruksaktiviteter. I juni 2000 gick det så långt att man tillförde föroreningar till slammet vid ett avloppsreningsverk för att det skulle bli oanvändbart. För att jordbrukare ska bli positivt inställda till slam kräver de följande:

- Ett erkännande att bönderna faktiskt gör samhället en tjänst genom att återanvända slammet.
- Etablera ett försäkringssystem som täcker potentiella risker.
- En garanti att inga kommersiella konsekvenser kommer att uppstå p.g.a. av slamanvändningen.

Det bör nämnas att Franska staten är villiga att understödja slamspridning på åker men Franska institutet för kvalitetsmärkning av jordbruksprodukter som ligger under miljöministeriet är emot slamanvändning p.g.a. att man anser att det skadar imagen av hög kvalitet. Samtidigt erkänner man att slam som uppfyller lagkraven är i klass med djurgödsel eller konstgödsel.

Professionella organisationer för livsmedelsindustrin och matvaruhandlare är ålagda av staten att förhindra varje diskriminering mot produkter odlade på slamgödslad mark. Men matvaruhandlarna är svåra att övertyga då de anser att de har rätt att ta varje försiktighetssteg för att försäkra sig om födans säkerhet. De anser även att de har rätt att ha en marknadspolicy vars syfte är att identifiera produkter odlade på slamgödslad mark.

Reningsverken för avloppsvatten har etablerat ramverk för hur spridningen ska gå till i ett samarbete med franska miljöorganet ADEME och representanter ifrån jordbrukssamfundet APCA. Denna certifiering beräknas öka slammets kostnad med 10-15 %. En liknande certifiering kommer att utarbetas för slamproduktionen och slambehandlingen.

Nationella representanter för livsmedelsindustrin anser att användning av slam i jordbruket, om de franska reglerna följs, inte har någon mätbar effekt på matkvaliteten. Men även här finns det tillverkare som inte är positiva till slam på åker. Vissa matvarukedjor har slutit avtal med producenter att slam inte ska ha använts inom en 10-års period på jordar där de produkter som levereras till affären odlas.

Allmänheten har uttryckt en växande oro generellt för matkvaliteten. Konsumentorganisationen UFC-QUE Choisir, familles Rurales, UNAF stödjer slam användning om reglerna följs och allmänheten informeras.

1998 tillsattes en grupp för att undersöka möjligheterna att sprida slam inom skogsbruket av Jordbruks- och fiskministeriet. Detta ska ha resulterat i en "guide för experimentell spridning på skogsmark" år 2001. Motståndet mot denna typ av spridning är stor både hos allmänheten och hos skogsägarna (Europeiska kommissionen, rapport 1).

#### *2.1.2.4 Nederländerna*

Den Holländska regeringen är ansvarig för avfallshantering och policy. Organisationer som avfallsbehandlingsrådet (Afvaloverlegorgaan – AOO), Institutet för människors hälsa- och miljö (RIVM) och statistiska centralbyrån (CBS) bidrar alla till att registrera avfallsströmmarna i samhället. Slaminsamling och behandling är vanligen kontrollerad av regionala organisationer som sysslar med avfallshantering.

#### Lagar

Staatsblad No. 613 av den 3.12.91. Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen, är den nederländska miljöpolicyakten som kom 1993 och var en sammanställning av all tidigare miljölagstiftning. Av den kan man även utläsa regeringens policy gällande större miljöprojekt.

Dekret av 20.11.1991 som gäller kvalitén och spridning på jord av organiska gödslingsmedel ger gränsvärdena för slam som används inom jordbruket. De Nederländska lagarna gäller både industrislam och avloppsslam. Gränserna är så strikt satta att endast 4 % av slammet kan spridas på åker.

Jordbruksministeriet eller fiskeri- och natur styrelsen kan ge ytterligare regler kring slammets komposition (Europeiska kommissionen, rapport 2).

De strikta reglerna förklaras av det starka stödet för djurgödsel som ger 73 % av landets fosforgiva. Böndernas organisation anser att slammet har en högre koncentration av

tungmetaller än djurgödsel eller konstgödsel. Det enda sättet att bli av med slammet verkar vara förbränning (Europeiska kommissionen, rapport 1).

#### 2.1.2.5 Norge

Norska miljödepartementet ansvarar för miljöfrågor och lagstiftning avseende miljön i Norge. Då även matvaror berörs av slamspridning på åker så har både miljödepartementet och socialstyrelsen stiftat Norges slamlag. Den myndighet som svarar för tillsynen är kommunen om det rör slamspridning på åker eller grönområden och länen om det är fråga om deponi av slam.

#### Lagar

FOR 1995-01-02 nr 05: Forskrift om avloepsslamm. Sätter gränsvärden för slam som ska spridas på åker och på tungmetallhalt i jord. Talar även om var slam kan spridas.

I lagen står uttryckligen att man vill främja användandet av slam och att slam ska ses som en resurs. Syftet med lagen är att förebygga skador uppkomna av föroreningar i slam som kan skada hälsa och/eller förorsaka hygieniska problem. Norge tillhör inte EU men har ändå valt gå efter EU-direktiv när det gäller gränsvärden för tungmetallhalter i slam (NORVAR), likheten med de svenska gränsvärdena är stor, (tabell 2).

Liksom inom EU ställs krav på internkontroll. Likaså gäller att producenten av slam/leverantören är ansvarig för att en innehållsdeklaration medföljer slammet. Slamproducenten ska föra register över total mängd producerat slam, vilka mängder som sprits och slammets sammansättning (överensstämmer med artikel 10 i direktiv 86/278/EEC). Dessa uppgifter ska varje år lämnas in till kommunen där anläggningen finns. Även den kommun som är mottagare av slamret ska erhålla dessa uppgifter. Kommunen har en sådan position att de kan ställa villkor för slamspridning eller på transport av slam. Det är även kommunerna som ger tillstånd för slamspridning

Deponering av slam är inte förbjudet i Norge men slam får endast deponeras om gränsvärdena för spridning överstigs (FOR 1995-01-02 nr 05, NORVAR).

Unikt för Norge är kravet på hygienisering av slammet innan spridning. Kravet innebär att:

- Inga salmonella bakterier ska kunna påvisas.
- Inga parasitägg ska kunna påvisas.
- Innehållet av koliforma bakterier ska vara <2500/g TS.

Det finns ännu inga standardiserade metoder för hygienisering men i Norge har man en bred erfarenhet då man testat ett flertal metoder. Med tanke på EU's kommande krav på hygienisering kan kontakt med Norge rekommenderas, [www.norwar.no](http://www.norwar.no).

I Norge är man generellt sett positivt inställda till slamspridning. En anledning till detta kan vara kravet på hygienisering. Man arbetar för närvarande med något som kallas "faktabeskrivelser" som är ett samarbetsprojekt mellan myndigheter, leverantörer av säd (Cerealia) m.fl. Syftet med dessa "faktabeskrivelser" är att de ska användas ute i kommunerna och förhindra att felaktig information om slam sprids. De kommer att vara klara till hösten 2003 och kan återfinnas på [www.norwar.no](http://www.norwar.no).

Det finns inga principbeslut från livsmedelsindustrin om att inte ta emot slamgödslade produkter och konsumenternas engagemang i jordbrukets slamanvändning får betraktas som litet (Höök).

### 2.1.2.6 Tyskland

I Tyskland har den federala statsmakten ansvaret för ramlagar gällande miljöfrågor. Dessa överförs och implementeras på "Länder" nivå som kan besluta om mer detaljerade regler.

#### Lagar

Förordningen 15/4/1992 innefattar slam ifrån avloppsreningsverk i tätorter, liksom blandningar av slam. Endast avloppsvattenslam ifrån behandling av kommunalt, tätorts eller liknande avfall är tillåtet på åkermark. I denna förordning definieras även gränsvärden. Förutom EU's gränsvärden har man valt att sätta upp ett gränsvärde även för krom. Ordinance av den 15.4.1992 modifierad 6.05.1997 reglerar användningen i jordbruket (Europeiska kommissionen, rapport 2).

BGBI I av den 28.4.92 S. 912, Klärschlammverordnung. Reglerar slamspridning på åker. Düngemittelgesetz av den 15.11.77 och BGBI S. 42 av den 11.8.99, Düngemittelverordnung reglerar, reglerar kvaliteten och applikationen av gödsel. BGBI I S. 502 av den 17.3.98, Gesetz zum Schutz des Bodens ger regler för skydd av jorden.

#### Attityder

Under 1970- och 1980-talen utfördes tester på kadmium och dioxiner på slam som hade negativ effekt på slam användningen. Slamanvändningen inom jordbruket minskade till 40 % av totalproduktionen. De tyska myndigheterna införde då ett antal mätningar för att öka acceptansen för slamanvändning i jordbruk. En arbetsgrupp (Akzeptanz-AG) tillsattes 1996 av Tyska federala miljöministeriet. På deras initiativ publicerade tyska federala miljöskyddsbyrå (Umweltbundesamt) 1999 en summering av debatten i denna fråga och de lade fram ett antal förslag som syftade till att uppmuntra slamanvändningen i jordbruket. Punkter som ansågs viktiga var:

- Att etablera processer för godkännande speciellt på regional nivå så att alla berörda har samma mål.
- Modifiera lagar och förordningar så att slamanvändning uppmuntras. Till exempel genom att försäkra spårbarhet av slammet.
- Analysera vattenreningsprocessen i avloppsreningsverk med avseende på slamproduktionen och avloppsvattnets kvalitet.
- Förbättra allmänhetens syn på slam.

1999 gav de tyska myndigheterna mandat till en garantifond som etablerats redan 1990 av reningsverken om olyckor relaterade till slam skulle inträffa. Med detta hoppades man öka acceptansen för slam i jordbruk. Det verkar ha fungerat men det har även lett till ökade kostnader för denna användning eftersom avloppsreningsverken finansierar fonden. Bönderna har en positiv syn på slamanvändning och jordbruket eftersom det är ekonomiskt lönsamt. Det är faktiskt så att det, enligt Tysklands tekniska samfund för avloppsvatten (ATV), inte finns tillräckligt med slam som uppfyller de uppsatta kvalitetskriterierna för spridning på land för att möta böndernas efterfrågan. Samtidigt finns ett växande tryck på "Bundesrat" från flera "Länder" (som t.ex. Bayern) för att begränsa reglerna för slamspridning på åker. I denna instabila politiska miljö har oron ökat bland bönderna. Markägare verkar ha ändrat åsikt till och intar en mer positiv ställning till slamspridning då slammet ses som jordförbättrande och nuvarande lagar reducerar riskerna till en acceptabel nivå. Men de vill att slamproducenterna skall hållas ansvariga om problem uppstår.

Kyrkan äger stora landarealer och de har haft en negativ inställning till slam. Men denna inställning har förändrats på lokal nivå. Slamanvändning accepteras av kyrkan om slammet har en god kvalitet och kommer från regionen.

Livsmedelsindustrin verkar inte längre ha något emot slam om det är av god kvalitet och man kan inte längre finna produkter märkta med "slammfritt odlade" märken. Däremot verkar industribagerierna aktivt söka säd som odlats på slamfri jord.

Konsumentorganisationen verkar vara den enda organisationen som är officiellt emot slamspridning på åker. De (Arbeitsgemeinschaft der Verbraucherverbände) anser att risken är för hög och att nuvarande regelverk inte är tillräckligt för att försäkra folkhälsan, speciellt då man inte mäter organiska föroreningar. Den enda acceptabla lösningen är förbränning enligt denna organisation (Europeiska kommissionen, rapport 1).

#### 2.1.2.7 Sverige

Miljöfrågor på nationell nivå hanteras av miljödepartementet och naturvårdsverket som implementerar och genomdrivar lagarna. De har även ansvaret för vattenhanteringen i Sverige.

På regional nivå har 23 län ansvaret för att kontrollera vattenkvaliteten. Avloppsreningsverk som släpper ut avloppsvatten till recipient måste söka tillstånd till detta hos miljödomstolen. Ges tillstånd upprättas ett kontrollprogram, enligt miljöbalkens kapitel 5, av tillsynsmyndigheten. Ansvaret för tillsynen har länsstyrelsen om avloppsreningsverket har mer än 2000 PE anslutna eller kommunen om färre än eller 2000 PE är anslutna, (Förordning 1998:899). Tillsynsansvaret kan delegeras till kommunen vilket länsstyrelsen i Stockholm gjort. Det är även miljö- och hälsoskyddsförvaltningen i Stockholms kommun som upprättar kontrollprogrammet för Stockholm Vatten (miljörapporten 2002). En årlig miljörapport måste skrivas till tillsynsmyndighet varje år. Kontrollinstans för recipienten är länsstyrelsen. Unikt med Sverige är den frivilliga slamöverenskommelsen ifrån 1994. Inget annat europeiskt land har en frivillig slamöverenskommelse. En förlängning av den eller en vidareutveckling är REVAQ, ett samarbetsprojekt mellan kommunala avloppsreningsverk, livsmedelsindustrier, miljöorganisationer, konsumenter och handel. Målet med REVAQ är att producera ett slam med bättre kvalitet och som kan hanteras med förtroende av berörda parter ([www.envisys.se/revaq/](http://www.envisys.se/revaq/)).

#### Lagar

Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet. Anger vem som har tillsynsskyldighet SNFS (1994:2) ändrad (1998:4), kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket, påminner om Norges "Forskrift om avloppsslam". Ger gränsvärden, provtagningsmetod, analysmetod mm.

SNFS (1994:7), kungörelse med föreskrift om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse. Föreskriften gäller rening, utsläpp och kontroll av avloppsvatten från tätbebyggelse.

SFS 1998:808, Miljöbalken som är en sammanslagning av all tidigare svensk miljölagstiftning.

Rapport 4410 SNV, Slamöverenskommelsen. Är en frivillig överenskommelse mellan Lantbrukarnas riksförbund (LRF), branschorganisationen Svenskt Vatten, och Naturvårdsverket.

#### Attityder

Debatten angående slamanvändning var het i början på 1990-talet. Bönderna var fientligt inställda till regeringens policy att utöka spridningen av slam på åker då de ansåg att detta skulle påverka den svenska matens kvalitetsstämpel negativt. Kraven ifrån bönderna på ökad



kontroll vid källan uppmärksammades och ett frivilligt avtal slöts mellan Statens Naturvårdsverket, Lantbrukarnas riksförbund (LRF) och Svenskt Vatten.

Slamöverenskommelsen garanterar en viss kvalitet på det slam som skulle spridas på åker (följer lagkraven). Men, det viktigaste med den var att reningsverken åtog sig att kontinuerligt verka för en bättre slamkvalitet i samrådsgrupper och att kontrollen över var slammet spreds s.k. spårbarhet infördes (Hugmark). Trots detta arbete tyckte inte bönderna att de kontroller som var överenskomna i slamöverenskommelsen räckte och 1999 rekommenderade LRF sina medlemmar att sluta att använda slam på åker, främst skyllde man på rapporter om spår av bromerade flamskyddsmedel i slammet. Idag anser Lantbrukarnas riksförbund, LRF, att förbudet måste kvarstå av tre skäl:

- Kvaliteten på slammet anses dålig med avseende på föroreningshalten och det finns potentiella risker p.g.a. av patogener och metallkoncentrationer (Ag, Pt) som inte täcks av nuvarande regelverk.
- Brist på engagemang ifrån avloppsvattensreningsverk (enligt LRF) som inte kontrollerar slamkvaliteten tillräckligt.
- Bönderna har inget förtroende för de kontroller som görs på inkommande avloppsvatten.

LRF kommer att fortsätta att rekommendera sina bönder att inte sprida slam på åker tills man kommit tillrätta med dessa problem. Rekommendationen gäller inte industrislam eller slam som sprids på energigrödor. Dessutom är 20 % av bönderna inte anslutna till LRF och dessa använder fortfarande slam på sin åker. Projekt REVAQ (se även ovan)

([www.envisys.se/revaq/](http://www.envisys.se/revaq/)), kommer förhoppningsvis eliminera böndernas oro så att slam kan spridas på åker. De reningsverk som ingår i detta projekt måste uppfylla villkor uppdelade i två nivåer, ett basprogram och ett miljöprogram. Verksamheten får inte påverka gröda eller kundrelation inom livsmedelsindustrin negativt (Hugmark)

Livsmedelsindustrins inställning har blivit mer negativ under den senaste tio åren. I vissa fall har man insisterat på att de bönder som förser dem med råvaror undertecknar kontrakt där man garanterar att slam inte använts. Speciellt mjölkindustrin är negativ. Då de flesta bönder idag inte använder slam är inte denna fråga längre aktuell för livsmedelsindustrin.

Undersökningar visar att 60-70 % av allmänheten är positivt inställt till slam användning i jordbruket. Konsument- och naturskyddsföreningarna är däremot negativt inställda till slam användningen (Europeiska kommissionen, rapport 1).

### **3. De enskilda reningsverken**

Översiktsinformation om verkens reningsprocesser ges i bilaga 1. I bilaga 2 finns en sammanställning över reningsverkens storlek och använd fällningskemikalie. Storleken anges i m<sup>3</sup>/dygn och personekvivalenter, pe, som beräknas efter mängd BOD där total mängd BOD divideras med beräknad mängd per person, 70 mg.

#### **3.1. Danmark**

Danmark representeras i studien av det danska Lynettefaellesskabet I/S som äger två stycken reningsverk, Lynette och Damhusåen. Bägge reningsverken ligger i Köpenhamnsområdet och har utlopp i Öresund. Upptagningsområdet består av både hushåll och industrier.

Före 1996 var Damhusåen en mekanisk reningsanläggning till Lynette vilket innebär att endast primärslam avvattnades vid Damhusåen. Därefter fick även Damhusåen kväve och fosforrening och från detta år är Damhusåen jämförbar med de andra reningsverken där både primärslam och sekundärslam blandats och avvattnats. Under 1996 byggdes Lynette ut och fick både kväve- och fosforrening. Innan hade man renat inkommande avloppsvatten ifrån organiskt material.

Det är kommunen som ställer krav på anslutna industrier. Vilka krav som ställs beror av typ av industri och det är den Danska miljöstyrelsen som har utarbetat riktlinjer för anslutning till avlopps nätet. Kommunerna har den fortlöpande dialogen med anslutna verksamheter och det är inget som Lynettefaelleskapet är direkt involverat i.

Den ungefärliga fördelningen av inkommande avloppsvatten är: hushåll 40 %, industri 15 % och 45 % utgörs av dag- och dränvatten.

Idag förbränns allt slam på Lynette och askan deponeras på egen deponi. Slam som ska spridas på åker eller användas inom skogsbruket har krav på tungmetallhalt och organiskt ämnen. För annan spridning finns inga gränsvärden (Thirsing).

### **3.2 Finland**

Helsingfors Vatten äger avloppsreningsverket Viikinmäki. Reningsverkets utsläppspunkt ligger 8 km ifrån Helsingfors södra del i Finska gulfen nära ön Katajaluoto. Viikinmäki tar emot vatten ifrån Helsingfors, Sipoo, Kerava, Tuusula, Järvenpää och det mesta ifrån Vantaa. Den tekniska nämnden i Helsingfors godkänner verkets miljöpolicy och det är hit som miljörapporten ska sändas varje år. Vattendomstolen i västra Finland har gett tillstånd med villkor till Viikinmäki. Förutom externa krav har interna krav ställts som att minska påverkan på miljön. De industrier som är kopplade till reningsverket är ålagda att själva registrera kvaliteten på sitt avloppsvatten. Noggrannheten i dessa mätningar kontrolleras av Helsingfors vatten och närliggande kommuner. Helsingfors vatten tar även kontakt med industrier som överskrider gränsvärden och gör uppföljningar.

Slammet används i jordtillverkning på Metsäpirtti i Sipoo och under 19 år har 100 % av slammet recirkulerats. Slammet blandas med torv, kalk, träbark och biolite, därefter siktas det efter kundens önskemål (Helsingfors Vatten, sustainability report 2001),

[www.helsingvesi.fi/index.asp](http://www.helsingvesi.fi/index.asp), Fred, Lundström).

### **3.3 Frankrike**

I Paris tar avloppsreningsverket SIAAP hand om reningen av stadens avloppsvatten. SIAAP har fyra stycken reningsverk i sin verksamhet och de uppgifter som finns med i studien kommer ifrån "Seine Aval" i Achères som är deras äldsta reningsverk. Avloppsvatten ifrån 6 av parisarnas 8 miljoner stora befolkning leds till verket. Hela reningsprocessen sker utomhus i dagsläget men man har planer på att täcka slambehandlingen. Allt slam behandlas termiskt innan spridning och år 2002 spreds allt slam på åker. Det renade avloppsvattnet släpps ut i floden Seine.

Industrierna i Paris har krav på sig att rena sitt avloppsvatten. SIAAP har inte någon möjlighet att kontrollera att industrierna håller de krav som satts. Däremot sker ett samarbete med myndigheter som har den auktoriteten. Vid nyanslutning av en industri besöker SIAAP dem och ett avtal utarbetas. Avtalet ska vara fördelaktigt både för reningsverket och för industrin. SIAAP arbetar inte själva med någon form av utåtriktade informationskampanjer. Av inkommande avloppsvatten är 70 % från hushåll, 15 % från industri och 15 % är dagvatten. Slamproverna har tagits på slamkakor efter rötning, termisk behandling (200° C och 20 bars tryck) och avvattning med filterpress (Gousailles muntl, Schneider, [www.siaap.fr/site.php](http://www.siaap.fr/site.php)).

### 3.4 Nederländerna

Nederländerna representeras av "Dienst waterbeheer en Riolering" förkortas DWR. Organisationen har 13 avloppsreningsverk under sig. Det slam som uppkommer vid reningsprocessen behandlas centralt. Huvudorganisationen DWR har auktoritet att ge tillstånd till nyetablering av fler avloppsreningsverk. Även tillstånd för anslutning ges inom organisationen. Reglerna är sådana att vissa industrier måste behandla sitt eget avloppsvatten innan det leds till avloppsnätet andra inte. För det vatten som renas hos avloppsreningsverket betalas en avgift. Av ekonomiska skäl väljer då en del industrier idag att själva rena sitt avloppsvatten. Det innebär att reningsverken går med överkapacitet och tvingas rena mer svårbehandlat avloppsvatten (de sämsta kunderna blir kvar). Därför ligger fokus idag på förebyggande verksamhet. Exempel på industrier i området är industrier relaterade till hamn/hamnarbete, juicebehandling, kakaobehandling, tankrengöring, AKZO, GEP och Solvay.

Kunderna är något som får större och större betydelse och man har olika kampanjer, speciellt i valtider eftersom organisationens styrelse väljs av folket (oklart om DWR är en kommunal eller regional organisation). Förutom det använder man sig av annonser i lokaltidningar och dagar då man har "öppet hus" på avloppsreningsverken.

Av det inkommande vattnet är 70 % ifrån hushåll. Det slam som uppkommer i processen förbränns (Brandt).

### 3.5 Norge

I Oslo finns två avloppsreningsverk Bekkelaget som tar emot avloppsvatten ifrån östra Oslo och delar av Oppedgård och Nilledal och VEAS tar emot avloppsvatten ifrån västra Oslo och Asker och Baerum. Bägge bolagen är interkommunala bolag. När det gäller industrikontroll är det kommunen, länet eller de nationella miljömyndigheterna som har kontrollfunktion beroende på typ av industri. Det finns en tendens att ansvar delegeras ned till kommunerna vilket ökar arbetsbördan för de enskilda verken. Eftersom det rör sig om interkommunala bolag kommer industrikontrollfunktionen hamna på deras bord.

Av det slam som uppkommer i reningsprocessen sprids det mesta på åkermark, en mindre del på grönytor och resten körs till mellanlager. De enskilda kommunerna ansvarar för informationskampanjer med syfte att få ned föroreningshalterna i slam. Kampanjerna bedrivs i samarbete med reningsverken. Aktuell kampanj rör amalgam som leder till kvicksilvreföroreningar i slam. Ett arbete med faktabeskrivelser är klart hösten 2003. Faktabeskrivelserna kommer att skickas ut till kommunerna och syftet är ge en sammanfattning av vad avloppsslam är för att undvika missförstånd.

Det renade avloppsvattnet leds ut i Oslofjorden.

VEAS tillsätter kalk till sitt slam vilket ger en viss utspädning och därmed lägre koncentration av tungmetallhalter i slam. Av VEAS slam går 70 % till jordbruk, 1 % till grönytor och resten mellanlagras.

Bekkelaget, det andra reningsverket i Oslo, har haft problem med punktutsläpp av ämnen till reningsverket (årsmeldning, Haarr muntl, [www.veas.nu](http://www.veas.nu))

### 3.6 Tyskland

Tyskland representeras av Hamburg Stadtentwässerung i denna studie. Tyvärr kunde uppgifter inhämtas endast ifrån 1997 och framåt pga av ett datorhaveri hos Hamburger Stadtentwässerung (oklart om möjlighet att få fram tidigare data finns). Reningsverket överskrider det nationella gränsvärdet för spridning på åkermark, därför bränner verket allt sitt slam. Av det inkommande vattnet är 32 % dag- och dränvatten, en mindre del kommer från industri och resten är från hushåll. Anslutna industrier har krav på sig att rena sitt spillvatten och de utsätts för kontroll av myndigheter för att se om de uppfyller kraven. I Hamburg arbetar man inte med informationskampanjer riktade direkt till industrier och hushåll istället använder man sig av TV och annonskampanjer för att påverka. Även uppsökande verksamhet förekommer för att föra ut information (Thierbach).

### 3.7 Sverige

Följande fem avloppsreningsverk deltar i studien ifrån Sverige.

Göteborg: Gryaab med Ryaverket.

Malmö: Reningsverken i Klagshamn och Sjölunda

Stockholm: Reningsverken i Bromma och Henriksdal.

De är alla hamnstäder med utlopp i hav antingen Östersjön eller Nordsjön. Göteborg har den livligaste hamntrafiken. Avloppsreningsverken tar emot avloppsvatten ifrån större och mindre industrier samt hushåll och även dag- och dränvatten. Via dagvattnet kommer trafikförorenat vatten in och trafikbelastningen är störst i Stockholm. Av inkommande vatten kommer ungefär lika stora delar från hushåll och dagvatten. Industrin står endast för en mindre del av inflödande avloppsvatten. (Kiderud, muntl).

Reningsverken i Sverige arbetar aktivt med riktade kampanjer till industrier innefattande besök och utdelning av informationsmaterial. Annonskampanjer i tunnelbanan riktade till hushållen har bedrivits (Hugmark, muntl).

När det gäller återcirkuleringen av slam har reningsverken valt olika lösningar, se nedan.

#### *Slamanvändning*

Stockholm

Bromma: Econova tar hand om slammet som används för tillverkning av jordförbättringsmedel. Bromma reningsverk är med i projektet REVAQ och sprider för närvarande två månaders slamproduktion på åker (Hugmark, muntl).

Henriksdal: Ett dagbrott i Gällivare, Aitik gruvan, använder slam från Henriksdals reningsverk som marktäckningsmaterial. Även Henriksdals reningsverk deltar i projekt REVAQ och målet är att kunna spridas även slam härifrån på åker (Hugmark, muntl).

Göteborg

Gryaab: Slammet producerat i Ryaverket används som markbyggnadsmaterial i kommunen eller så komposteras det (Gryaab, miljörapport 2002).

Malmö

Klagshamn: slammet används för tillverkning av jord (Klagshamns avloppsreningsverk, miljörapport enligt miljöbalken 2002).

Sjölunda: slammet sprids på åker och grönytor. Det används även till framställning av jord och som material till markbyggnadsprojekt (Sjölundas avloppsreningsverk, miljörapport enligt miljöbalken 2002).

## 4. Metallerna

Till skillnad ifrån organiska kemikalier kan grundämnen inte brytas ned och försvinna utan kommer att ackumuleras på det ställe där de tillförs. Tungmetaller är grundämnen med, har det visat sig, en stark affinitet för det organiska materialet i slam (Europeiska kommissionen, rapport 3). De adsorptiva bindningskrafterna är starkast till de mindre partiklarna. Det här innebär att tungmetallerna följer med slamgivan ut till åkerjorden där koncentrationen ökar för var gång slam används (Europeiska kommissionen, rapport 4). Fokus ligger på bly, zink, koppar, kadmium, nickel, krom och kvicksilver. Oron för vilka effekter spridningen av dessa ämnen kan få rör främst tre områden.

- Tas tungmetallerna upp av växter och kan de i så fall ackumuleras i vävnader hos människor och djur som äter dessa växter?
- Kan tungmetallerna spridas till grund- och ytvatten?
- Hur påverkas de mikroorganismer som lever i jorden och som bryter ned det organiska materialet.

Ämnenas ackumulerbarhet varierar. Det man bör tänka på är att en del av tungmetallerna även är viktiga mikronäringsämnen för biotiskt liv. Hit hör koppar, krom, nickel och zink (Birgersson, B mfl. 1999). Vilket inte innebär att de skulle vara oskadliga. Skadligheten är ofta mer beroende av dosen än av ämnet i sig.

*Vad finnes som icke är gift? Allting är gift. Dosen allena gör att något icke är ett gift. Tag som exempel varje slags föda och varje slags dryck – om det intas i övermått, så är det ett gift, det bevisar följderna. Jag tillstår också att gift är gift.*

*Översättning av Paracelsus originaltext publicerad 1538.*

Vissa ämnen kan även substitueras. Finns zink i underskott tar växterna gärna upp kadmium istället. Tungmetallernas effekter varierar, kvicksilver är mer akuttoxiskt medan t.ex. bly ackumuleras i benvävnad. Rent generellt kan man säga att metallerna farlighet består i att deras joner binder till thiolgrupper (-SH) i proteiner som därmed förlorar sin funktion och livsviktiga processer i kroppen störs. (Bergman, Å. 2002).

Kan metallerna spridas till yt- och grundvatten? Läckage till grundvatten är inte troligt då tungmetaller har en mycket låg mobilitet i jord pga sin affinitet för lera och organiskt material. Ett lågt pH däremot löser ut metallerna och i en sur jord skulle läckage kunna ske till yt- och grundvatten. Men metallerna skulle även åter kunna våtdeponeras på jord. Andra faktorer som påverkar precipiteringen är temperatur, fuktighet och koncentrationen av andra ämnen. Kalcium, magnesium, fosfor och kväve tycks ha en antagonistisk verkan.

De metaller som lättast tas upp av växter verkar vara kadmium och zink. Om de hamnar i de ätbara delarna av växten verkar bero på växtart (Europeiska kommissionen, rapport 3). Ett intressant område är vindspredning av jordpartiklar som föroreningsväg för tungmetaller. Kuriosa i sammanhanget är att existerande studier visar att en stor del av kvicksilvret återfunna i de övre delarna av alfalfa odlad på jordar med hög koncentration av kvicksilver kom ifrån ånga ifrån jorden och inte via rottransport (Europeiska kommissionen, rapport 3), som mer hör ihop med kvicksilvrets ångtryck. Mikroorganismerna degraderar det organiska materialet och gör därmed näringsämnena tillgängliga för växter. Därför är mineralisering en viktig process för jordens fruktbarhet. Det

man har kunnat konstatera är att vid tungmetallhalter som varit lägre än de satta gränsvärden för jord, som finns uppsatta av EU, så har mikroorganismernas förmåga att bryta ned organiskt material påverkats. Man har även sett förändringar i artsammansättningen. Men enhetliga resultat är svåra att få då artrikedomen är mycket stor och det är svårt att säga något om jordens mikroorganismssamhälle innan slamgödsling. Det kan vara så att en art kan vara mer tolerant och ta över funktionerna hos en annan art utan att det behöver påverka nedbrytningshastigheten av det organiska materialet. Något att ha i åtanke är att jordar kan innehålla tungmetaller som härstammar ifrån berggrunden. Bakgrundsnivån kan därför vara ganska hög utan att det behöver bero på föroreningar. Även konstgödsel och dyngspridning tillför jorden metaller. Den atmosfäriska depositionen skall inte heller förglömmas (Europeiska kommissionen, rapport 4).

#### 4.1 Analysmetoder avseende tungmetaller

Medlemsstaterna har implementerat de krav på information om slammet som definieras i direktiv 86/278/EEC vilka är:

- Enligt artikel 6 ska slamproducenter förse användare med all den information som är begärd i Annex II.
- Enligt artikel 10 ska:
  - Medlemsländerna ska försäkra sig om att uppdaterade dokument som registrerar
    - a) Producerad slammängd och mängd använd i jordbruket.
    - b) Sammansättningen och egenskaperna hos slammet
    - c) Typ av behandling
    - d) Namn och adress på mottagare av slam och platsen där slammet ska användas.
    - e) Dokumenten ska vara tillgängliga för myndigheterna.

Norge som inte är ett EU-land följer kraven på dokumentering. Det innebär att alla länder som deltar i studien har krav på sig att analysera sammansättning och egenskaper hos slam.

Här ges en sammanställning över nationellt reglerad analysfrekvens, den standard varje land använder för att analysera sina prover och om provet som ska analyseras består av stickprov alternativt homogeniserat prov av fler delprover (tabell 1). Alla faktorer påverkar resultatet och olika metoder för analys är inte direkt jämförbara. Byte av analysmetod alternativt laboratorium som utför analyserna ger variation i koncentration tungmetaller. En högre analysfrekvens ger en bättre bild av slammets kvalitet över året och ju fler delprov/stickprov ett homogeniserat prov består av desto större är sannolikheten för ett representativt prov. Hamburger stadtenwässerung anger att man använt flödesproportionellt prov vid provtagning på vattnet och stickprov (random sample) vid provtagning på slam. Frågan som ställdes var om homogeniserat prov användes eller stickprov när slammet skulle analyseras. Troligen har Thierbach svarat hur provet tagits på substansen och att det inte anger om det tagna stickprovet/stickproven homogeniserats eller inte innan analys. Här skulle utförligare diskussioner ha behövts med alla länder. Den tidsbegränsade perioden som detta projekt utförts på har inte tillåtit detta. Att fakta ändå är med beror på den påverkan dessa faktorer har på analysresultatet. Jämförelsen nedan mellan reningsverken baseras på deltagande länders analyser av tungmetallerna i slam. Informationen har inhämtats ifrån kontaktpersonerna vid reningsverken samt när det gäller analysfrekvensen direktiv 86/278/EEC. Kolumnen analysfrekvens ger med vilken frekvens tungmetallhalten måste analyseras inom respektive land. De övriga två kolumnerna rör de enskilda reningsverken.

Tabell 1, Visar med vilken frekvens analyser utförts på tungmetallhalten i slam hos de olika reningsverken samt använd standard och om homogeniserat prov använts (direktiv 86/278/EEC, kontaktpersoner vid reningsverken).

	<b>Analysfrekvens</b>	<b>Vald standard</b>	<b>Homogeniserat/ stickprov</b>
Direktiv 86/278/EEC	Var sjätte månad		
Danmark <sup>a)</sup>	Var tredje månad	Pt är en dansk standard	Homogeniserade veckoprover
Finland <sup>a)</sup>	1-12 det första året	Finsk standard	Homogeniserat
	1-4 varje år därefter		
Frankrike <sup>b)</sup>	2-48 det första året	NF-IN 215667.1-3	Homogeniserade veckoprover
	2-24 varje år därefter		
Nederländerna	Ej känt	NEN (nederländs standard) eller CEN	Homogeniserat
Norge	Ej känt	Norsk standard	Homogeniserat
Tyskland <sup>c)</sup>	Var sjätte månad	DIN, tysk standard	Stickprov
Sverige <sup>a)</sup>	1-12 varje år	SS, svensk standard	Homogeniserade månadsprover

a) I Danmark, Finland, Frankrike och Sverige beror analysfrekvensen på avloppsreningsverkets storlek.

b) I Frankrike beräknas storleken på avloppsreningsverket vis antal ton producerat slam och detta avgör analysfrekvensen.

c) I Tyskland kan lokala myndigheter i vissa fall reducera analysfrekvensen till var annan månad.

Gällande uppgifterna om homogeniserade prov eller stickprov används så har inte uppgift inhämtats om hur många delprov som det homogeniserade samlingsprovet består av. Det är viktigt inte minst när det gäller kvicksilver som inte löser sig i slam eller vatten. Generellt blir noggrannheten större desto fler delprov som ingår i det homogeniserade provet.

Alla de reningsverk som deltar i studien analyserar enligt nationell standard förutom Nederländerna som använder CEN standard för vissa analyser. Enligt Anna-Britt Hulterström, på Stockholm Vattens laboratorium, pågår en process för att övergå till europeisk standard men det tar tid.

Värt att notera är att de nordiska länderna använder extraktionsmetoder baserade på salpetersyra (HNO<sub>3</sub>) vilket ger sämre extraktion än om kungsvatten används som är vanligt i övriga Europa (Europa kommissionens, rapport 2). Enligt Hulterström är extraktion med kungsvatten ganska nytt. Stockholm Vatten har dessutom medverkat i en validering av extraktionsmetoderna som ledde till att ingen skillnad kunde ses på slamprover men väl på sediment.

## 4.2 Analys av data från de enskilda reningsverken

Nedan följer analyser över reningsverkens tungmetallinnehåll i slam. Deltagande länders gränsvärden ses tabell 2. För en följsam text anges resultat och i direkt anslutning diskussion.

Tabell 2, Gränsvärden i mg/kg TS för slamspridning på åker enligt Europakommissionens rapport 2. Danmark har två gränsvärden ett för mg/kg TS och ett för mg/kg fosfor därav tabellens utseende.

Land	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Direktiv 86/278/EEC	20-40		1000-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000
Danmark							
Koncentration/TS	0,8	100	1000	0,8	30	120 <sup>a)</sup>	4000
Koncentration/Totalfosfor	100			200	2500	10000 <sup>a)</sup>	
Finland	1,5	300	600	1	100	100	1500
Frankrike	15 <sup>b)</sup>	1000	1000	10	200	800	3000
Nederländerna	1,25	75	75	0,75	30	100	300
Norge	2	100	650	3	50	80	800
Tyskland	10	900	800	8	200	900	2500
Sverige	2	100	600	2,5	50	100	800

a) För spridning på privata odlingar reduceras värdet till 60mg/kg TS eller 5000 mg/kg P

b) 10 mg/kg TS from 1/1 2004

Inget av de reningsverk som deltar i studien har tungmetallkoncentrationer som överskrider EU's gränsvärden. Faktum är att de flesta länders nationella lagar anger gränsvärden som ligger långt under EU's. Ett nytt slamdirektiv håller nu på att utarbetas och det förväntas innehålla krav på sänkta gränsvärden och krav på hygienisering av slam innan spridning (Working document on sludge 3<sup>RD</sup> draft).

Den processteknik man använder för att rena inkommande avloppsvatten skiljer sig på tre punkter (bil 1):

- Kvävereningen är utbyggd på några av anläggningarna.
- Sandfilter eller annat filter används av vissa efter eftersedimentationen.
- Val av fällningskemikalie varierar

Val av fällningskemikalie kan påverka koncentrationen av nickel, se nedan. I övrigt påverkar troligen inte skillnaderna i processteknik halten av tungmetaller.

Det förklaringsmodeller som presenteras baseras på de orsaker till förhöjda metaller som finns i bil 3.

De gränsvärden som anges under resultat och diskussion av analys avser gränsvärden för slam som ska spridas på åker.

Bakgrundsmaterial till diagrammen nedan finns hos Stockholm Vatten, avdelningen för industri- och samhälle. Kontaktperson är Peter Hugmark. Insamlade data kan även begäras ifrån Elisabeth Ljung för kontaktinformation se referenser.

#### 4.2.1 Bly

##### *Effekter på hälsa och natur*

Bly och föreningar av bly är i allmänhet giftiga (Birgersson, B. m.fl.1999). Bly frisätts vid sura betingelser (Bergman, Å. 2002). Det innebär att fåglar som sätter i sig blyhagel, blyränken eller blyhaltig jord frisätter bly då magsaftens pH ligger på ca 2. Blyet kan sedan transporteras via blodet och ansamlas först i lever, njurar och mjälte. Därefter sker en upplagring i skelettet

(Birgersson, B. m.fl. 1999). I skelettet skadas benmärgen (Heme-grupper bildas inte) och därmed bildningen av de röda blodkropparna. De vanligaste problemen som uppstår genom alltför hög blyexponering är kroniska effekter, bl.a. trötthet, sömnlöshet, försämrat minne,



blodbrist mm. (Europeiska kommissionen, rapport 3). Vanligast är att upptag sker via lungorna (Birgersson, B. m.fl. 1999).

Blyfosfat och blyacetat är blysalter som visat sig ge cancer hos försöksdjur (Birgersson, B mfl 1999).

Höga blyhalter i växtcellen stör bl.a. fotosyntesen och hämmar bildningen av ATP, klorofyll och andra livsviktiga ämnen. Främst är det finrotsbildningen som skadas av höga halter lösligt bly i marken eftersom bly främst ackumuleras i rotvävnad och endast små mängder transporteras vidare till skottet (Höök, K.1997). Det är på sura, blyhaltiga jordar som växter kan visa symptom på blyförgiftning.

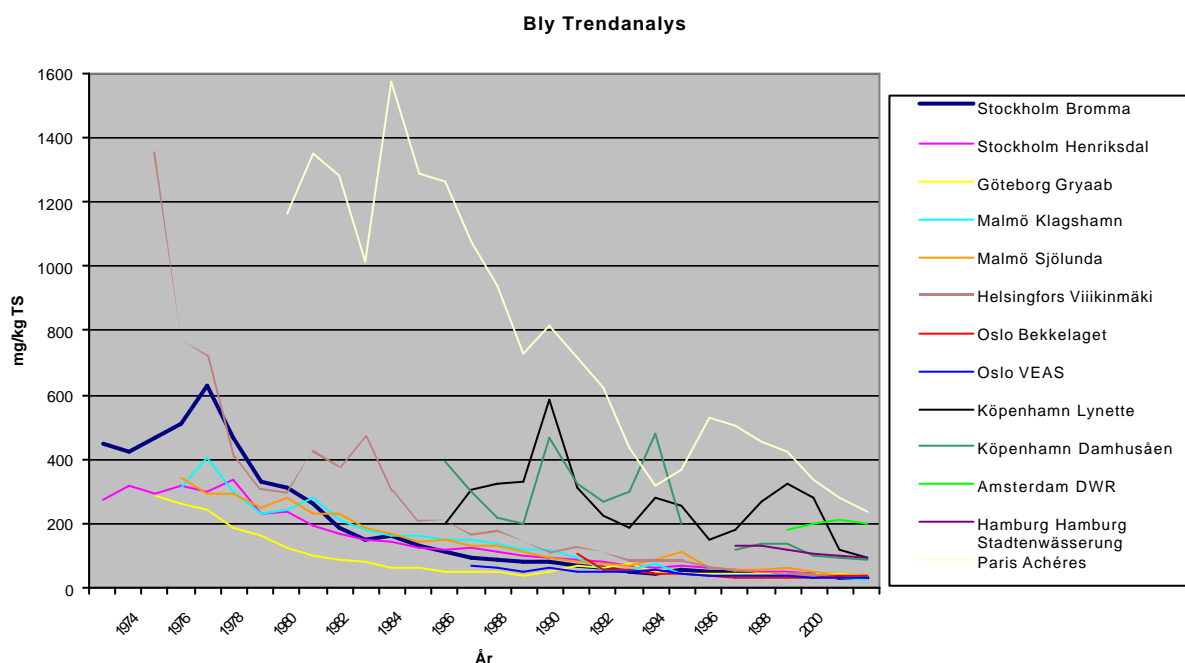
### Resultat och diskussion av analys

Gränsvärden för bly:

EU  
750-1200 mg/kg TS

Sverige  
100 mg/kg TS

Diagram 1



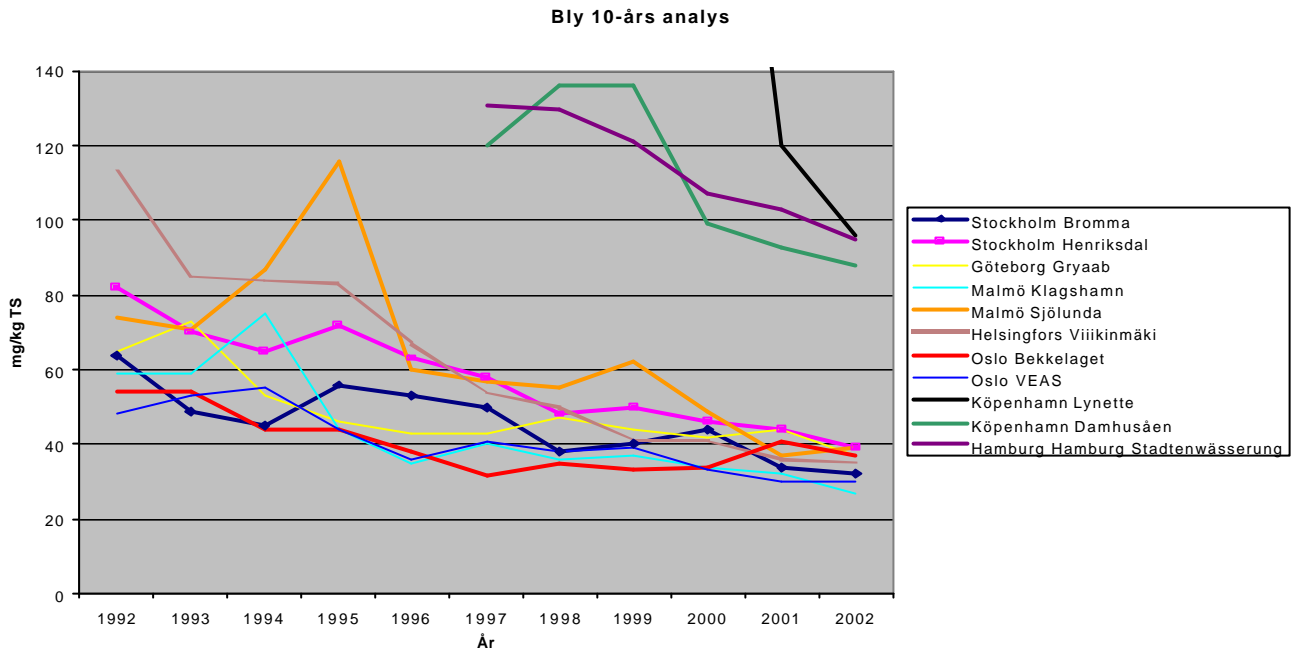
Avsikten med trendanalysen är att visa förändring över tid.

Mellan 1969 och 1987 minskade blyhalten i bensen avsevärt, ifrån 2 400 till 560 ton bly per år. År 1995 infördes förbud mot bly i motorbensin och då sjönk halten till mindre än 1 ton bly per år (Levlin, E. m.fl. 2001). Studerar man trendanalysen för bly kan man se en stadigt sjunkande trend förutom för Lynette och Damhusåen. Blyhalterna i slam borde ha minskat mer markant eftersom halten bly i dagvatten reducerats kraftigt. Men eftersom bly sedimenterar i ledningar, kan en fördröjningseffekt förväntas med en mer långsamt nedåtgående trend som följd (Europeiska kommissionen, rapport 4, Östergren muntl.). En annan effekt är att vid regnväder när trycket i ledningarna är större flugas mer bly in till reningsverket (Lagerkvist muntl.).

Syftet med den analys som sträcker sig över 10 år är att ge en klarare bild av dagsläget och att påvisa vilka reningsverk som haft problem samt analysera vad dessa kan bero på.

Diagram 2 visar att Sjölunda reningsverk hade en topp 1995. Den orsakades av en soptipp med förbränningsverksamhet. Kraven på luftrening skärptes vilket åtgärdades genom kalktillsats. Bly i luftföroreningarna bands till hydroxidjonerna i kalkslurryn (kalk vatten blandning) och följde med avloppsvattnet till reningsverket.

Diagram 2



De blev under en period helt avstängda och reningsverket i Sjölanda ställde krav på speciell reningsanläggning innan ny anslutning kunde ske (Runesson, muntl.).

Något som är intressant att notera är de tre klara grupperingarna som urskiljer sig i diagrammen, signifikanta skillnader med 5 gånger så höga värden i grupp ett jämfört grupp tre, se nedan.

- Grupp ett med Achères och DWR med två gånger halterna i grupp 2.
- Grupp två med Damhusåen, Hamburg och Lynette med två ggr så halterna i grupp 3.
- Grupp tre med resterande reningsverk ganska väl samlade med värden mellan 20-30 mg/kg TS vid utgången av år 2002.

Paris har kvar gamla blyledningar i vattendistributionssystemet (Gausailles, muntl.), om även Amsterdam har det är oklart. Det skulle kunna vara en förklaring till att reningsverken i dessa städer har förhöjda blyhalter. Är vattnet dessutom mjukt löses än mer bly ut (Europeiska kommissionen, rapport 4). Grupperingarna kan även förklaras av städernas/reningsverkens inbördes storleksordning (bil 2). De större reningsverken ligger i större städer med högre trafikintensitet, vilket resulterar i ett inkommande dagvatten med högre koncentration bly. Andra anledningar till förhöjda blyhalter är bilvårdsanläggningar med tvättvatten som inte recirkuleras (bil 2) och dagvatten ifrån industritomter och trafikplatser som inte infiltreras utan leds direkt till reningsverket (bil 2)

Av de sju tungmetallerna som undersökts är bly den som uppvisar störst skillnad mellan reningsverket med lägst halt och det med högst halt

DWR är det enda reningsverk som inte klarar de nationella gränsvärdena för bly om slam ska spridas på åker om man ser till värdena 2002, (data ej med).

Värt att notera är att Finländska miljöministeriet rapporterar att dricksvattenledningarna domineras av plast (85 % PVC och PEH). Inga blyrör används, avloppsledningarna är till 57 % av betong och till 41 % av plast (Europeiska kommissionen, rapport 4). Viikinmäki hör till den grupp som har lägst koncentration av bly i sitt slam. Inte heller Stockholm har nå gra ledningar av bly kvar (Rosengren, muntl.).

För att få ned halten ytterligare skulle man kunna byta ut blyledningar mot plast, öka eller införa recirkulation av tvättvatten ifrån bilvårdanläggningar, infiltrera vatten ifrån trafikplatser och öka andelen miljömärkta bilvårdsprodukter. Det står även en icke föraktfull mängd transformatorer belagda med blymönja ute i vår natur. Något som Vattenfall börjat titta på (Windell muntl.).

#### **4.2.2 Kadmium**

Sedan 1982 finns ett partiellt kadmiumförbud i Sverige (ingen uppgift har inhämtats om övriga europeiska länder har kadmiumförbud). Förbudet regleras av miljöbalkens förordning (1984:944) om förbud mm i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter. Förbudet gäller för användning av kadmium för ytbehandling, som stabilisatorer eller som färgämne. Kemikalieinspektionen har i sina föreskrifter till förordningen (KIFS 1998:8) medgivit en rad undantag (Levlin m.fl.).

##### *Effekter på hälsa och natur*

Kadmium har en tendens att anrikas i både växter och djur. Anrikningen i växter är pH-beroende, upptaget ökar med sjunkande pH (lågt pH löser ut kadmium i vattenfasen) och är relaterat till kadmiumets konkurrens med zink (Bergman, Å. 2002). Åkerjordens pH värde är därför essentiellt för hur mycket av slammets kadmium som ska nå oss via grödan. Av den mängd som tillförs via födan absorberas normalt bara 5-10 %. Men då den biologiska halveringstiden (den tid det tar för kroppen att halvera koncentrationen av kadmium) beräknas vara ca 30 år så kommer även en kontinuerlig tillförsel av små mängder att ackumuleras. Kadmium adsorberas effektivast via inandning, vilket innebär att rökare har högre halter av kadmium i kroppen. Anrikningen sker i njurarna. Förutom att en njurskada kan ge en utsöndring av proteiner via urinen kan den leda till en ökad utsöndring även av andra ämnen som är viktiga för kroppen t.ex. aminosyror, glykos, fosfat och kalcium. Svåra förgiftningar leder till rubbningar av kalcium- och fosfatomsättningen med en fortlöpande urkalkning och uppmjukning av skelettet som blir skört och lätt bryts sönder eller deformeras som följd. I Sverige är kadmium och kadmiumföreningar klassade som cancerframkallande (Birgersson, B. m.fl. 1999).

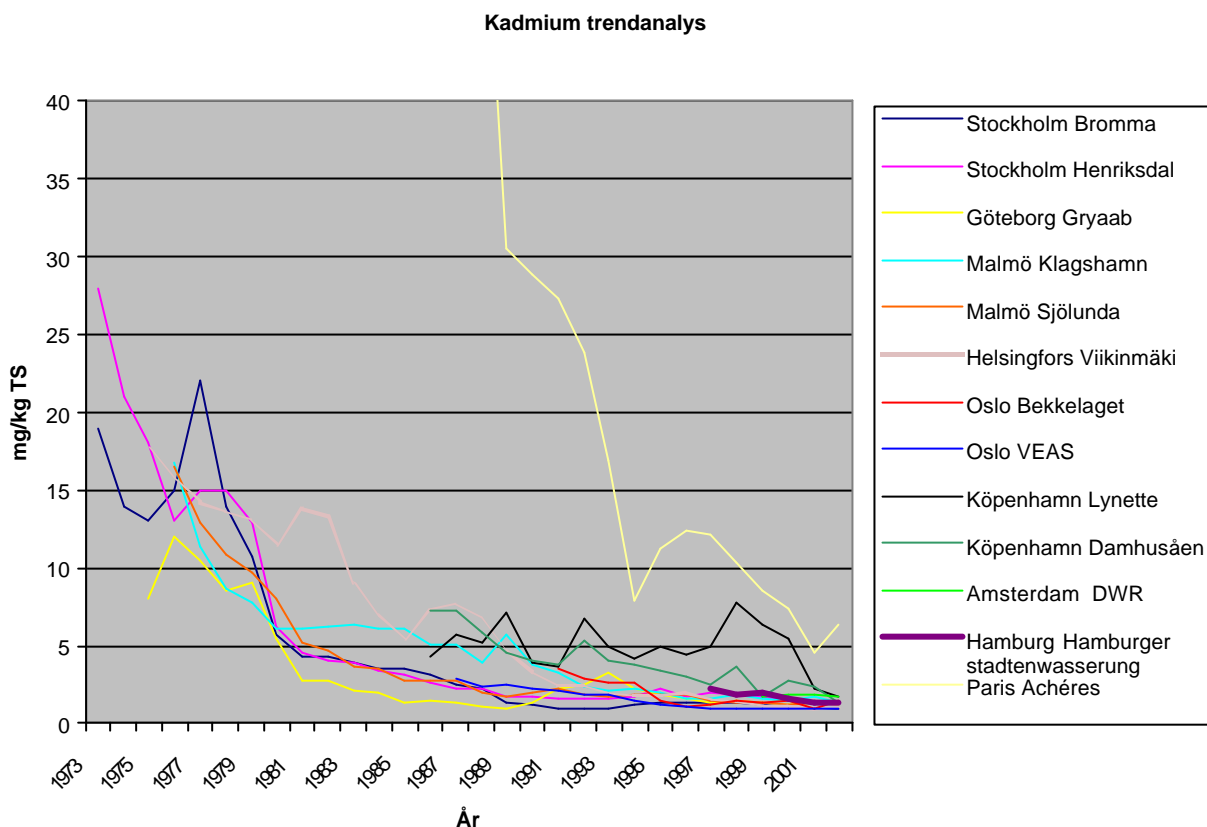
## Resultat och diskussion av analys

Gränsvärden för kadmium:

EU  
20-40 mg/kg

Sverige  
2 mg/kg TS

Diagram 3



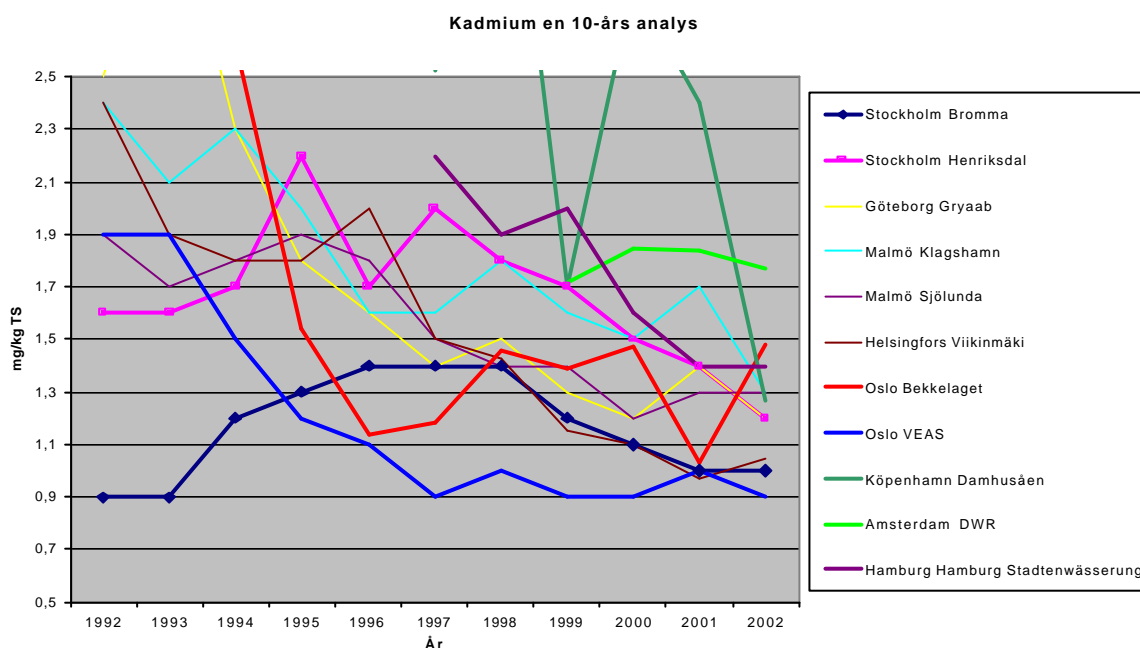
Trendanalysen visar dels att Achères har högre koncentrationer av kadmium i sitt slam än övriga reningsverk dels att Köpenhamns två reningsverk har värden som varierar mer än övriga reningsverk. Paris värden skulle kunna bero på högre grad av sopförbränning med avledning av vatten till reningsverket (bil 3) eller nyttjande av kadmiumrik fosfatmalm till gödselmedel och tvättmedel i området med inflöde till reningsverket (bil 3). Andelen bilvårdsanläggningar utan recirkulerat vatten kan vara högre i Paris (bil 3). Bromsbelägg innehåller kadmium och detta följer med tvättvattnet ut. Paris är ju även känt som en konstnärstad och kadmium finns i konstnärsfärger (Bergström, muntl). Eventuellt kan det även vara så att zink bryts i närheten, zink innehåller föroreningar av kadmium (bil 3), och ökar markens halt av kadmium via våt- och torrdeposition.

När det gäller Köpenhamns värden så är de genomgående varierande oavsett ämne. Vid kontakt har de inte haft någon tillfredställande förklaring till detta. Kadmium är ett ämne som liksom kvicksilver förekommer i låga koncentrationer. Vid analys av 0.5mg/kg TS är mätosäkerheten så hög som 25 %. Men då Köpenhamns värden generellt varierar oavsett ämne kan detta inte vara en förklaring. Själva anger de felanalys. Byte av analysmetod och/eller laboratorium kan ge variationer i värden (Johansson, muntl.) men inte heller det är en tillfredställande förklaring. Värt att notera är att de började med veckosamlingsprover först under 1997. Innan användes dygnsprover och det skulle eventuellt kunna förorsaka variationen i värdena. Diagrammen antyder stabilare värden efter 1997.

Som noterat ovan påverkas kadmium av pH och svängningar i pH ger variationer i mängd löst kadmium (Bergman, Å. 2002).

Diagram 4 visar data från en 10-års period. Bromma har nästan lyckats få ned sina värden till 1993 års nivå. Henriksdal har en sjunkande trend från 1997 fram till idag. Intensiva insatser har gjorts ifrån Stockholm Vattens sida för att få ned kadmiumhalterna. Besök hos affärer som säljer konstmaterial, konstnärsateljéer och gymnasieskolor har gjorts (Augustinsson, H. 2002). Vid besöken informerades om kadmium i färg, hantering av denna och att annat färgval kunde göras. Information och krav sändes även ut till större konstskolor, studieförbund och ateljéföreningar (Augustinsson, H. 2002). Ett arbete som verkar ha gett utdelning.

Diagram 4



Andra reningsverk som lyckas lika väl Viikinmäki och Ryaverken. VEAS uppvisar generellt låga värden men i tolkningen av detta ska man ha i åtanke att de tillsätter kalk till sitt slam, vilket är en utspädning. Kalken kan uppgå till så mycket som 40 % av TS (Hellström, muntl).

Klagshamn ett av reningsverken i Malmö har en topp 2001. Det visade sig att ett företag som slipade glasögonlinser använde hållare till dessa som bestod av kadmium. Detta kadmium hade kontaminerat avloppet ifrån fastigheten. Avloppet spolades rent och det tror man är en av förklaringarna till kadmiumtoppen. Eventuellt kan annan verksamhet ha bidragit. Samarbetet med Vellinge kommun fungerar inte alltid tillfredställande vilket gör att information ibland saknas (Runesson, muntl.).

Diagram 4 visar hur mätosäkerheten påverkar värdena då värdena varierar i högre grad än för övriga ämnen. Men, i jämförelse med övriga diagram kan man se att reningsverkens inbördes förhållande är konstant vilket ger validitet åt detta diagram.

Studeras värden för år 2002 kan man notera att DWR, Lynette och Damhusåen ligger över gränsvärdena för spridning av slammet på åker (data ej med).

### 4.2.3 Koppar

Koppar är den metall som dominerar Stockholms metallager med 120 000 ton inlagrat i koppartak, kopparrör, elektrisk utrustning mm. Koppar var även det ämne som ersatte asbests i bromsbelägg för 10-15 år sedan. Vilket har lett till att kopparhalterna fördubblats i Stockholms mark och längs vägarna har halten fyrfaldigats (Bergbäck, Bm.fl.2002).

#### *Effekter på hälsa och natur*

Koppar är ett livsnödigt mikronäringsämne för alla levande organismer och ingår i ett flertal enzymer. Kopparförgiftning hos kärlväxter kan ge upphov till klorofyllbrist, så kallade kloroser. Flertalet svampar är liksom många bakterier mycket känsliga för höga kopparhalter. Vid höga föroreningshalter kan den mikrobiella nedbrytningen av växt- och djurrester (förnan) i skogsjord nästan avstanna helt. Redan vid halter som är tre till fyra gånger bakgrundsivån störs nedbrytningshastigheten i det organiska materialet samt kväve- och fosformineraliseringen (Höök, K. 1997).

Koppar och koppar föreningar ger enbart upphov till akuta förgiftningar. Inga kroniska effekter finns beskrivna (Birgersson, B. m.fl. 1999). Koncentrationen av koppar i slam är direkt proportionell mot vattnets hårdhet. Desto hårdare vatten desto mer löst koppar (Europeiska kommissionen, rapport 3).

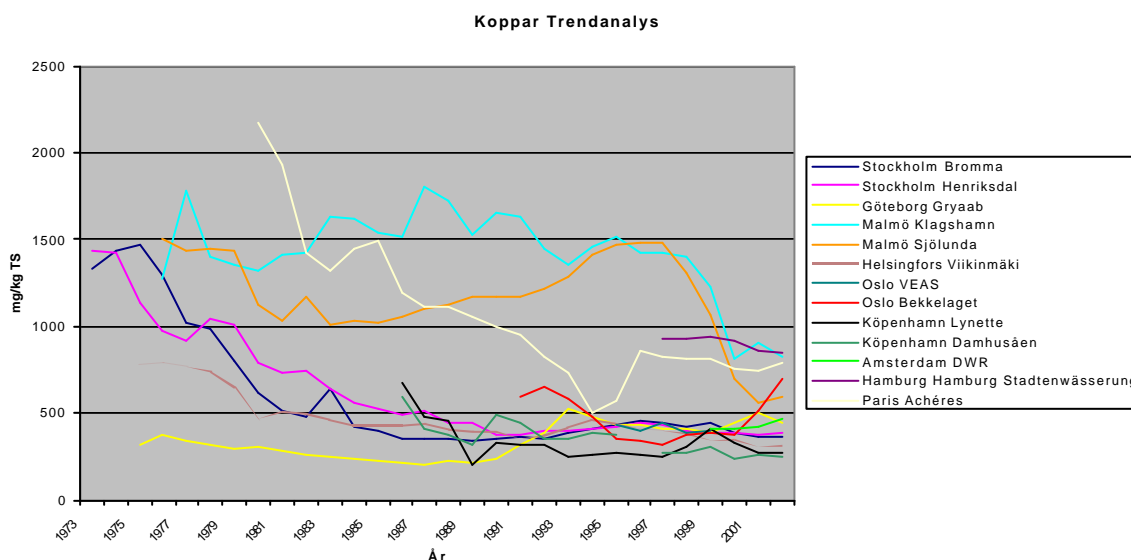
#### *Resultat och diskussion av analys*

Gränsvärden:

EU  
1000-1750 mg/kg TS

Sverige  
600 mg/kg TS

Diagram 5



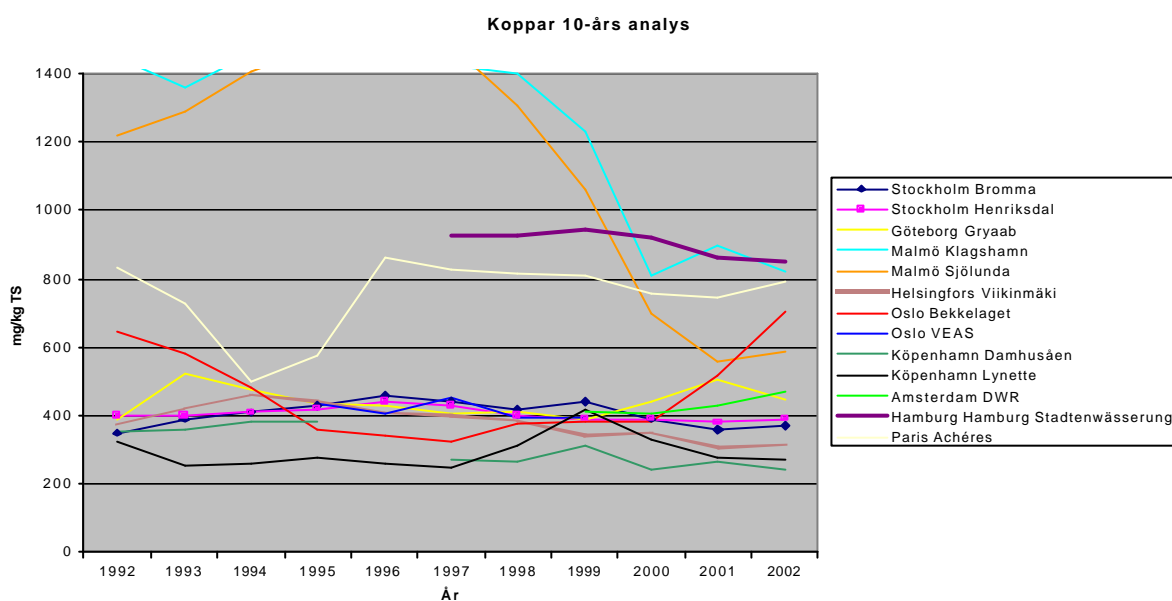
Trendanalysen visar att Malmö har problem med höga kopparhalter i sitt slam. Det som påverkar kopparhalterna i slammet är vattnets hårdhet, dvs. innehåll av magnesium- och kalciumjoner. Både för låga och för höga halter har en korroderande effekt på de kopparrör som finns i avloppsledningar. Man skulle kunna motverka denna effekt genom pH-justeringar vid dricksvattenreningen (Nordström, A. 2001), men det är oftast en dyrbar väg. Både

Klagshamn och Sjölunda har ändå valt denna metod och lyckats få ned sina halter med hjälp av just avhårdning av vattnet vid vattenverket i Vomb. Tyvärr har man inte lyckats få full effekt pga. brister i samarbetet med Vellinge kommun.

Achéres har enligt analyserna den högsta koncentrationen i slam av de flesta ämnen men inte av koppar. Anledningen kan vara att de inte har kopparrör i sina avloppsledningar.

10-årsanalysen visar att Damhusåen och Lynette är de reningsverk med lägsta koncentrationen av koppar under hela 10-års perioden förutom en topp 1999. Används inte kopparrör eller om mindre andel kopparkoppar och ytbehandlingsindustrier finns i området kan det vara en förklaring.

Diagram 6



Bekkelaget har en kraftig koncentrationsökning mellan 2001 och 2002 och det är känt att Bekkelaget haft problem med punktutsläpp (Haarr, muntl.). Totalt sett har de högre värden när det gäller koppar, kadmium och nickel.

Amsterdam, Bekkelaget, Klagshamn och Hamburg klarar inte nationellt uppsatta gränsvärden för slamspridning (data ej med). Sjölunda ligger mycket nära gränsvärdet. Vilket innebär att koppar är den metall som flest reningsverk har problem med.

Ovan nämndes att de ökande kopparhalterna i mark beror på att asbests bytts mot koppar i bromsbelägg (Bergbäck, B. 2002). En marginell ökning ses för Stockholm som skulle kunna bero på dessa ökande kopparhalter. Det mest troliga är att en fördröjd effekt är att vänta. Den uppåtstigande trenden kan skönjas för ett flertal reningsverk. Speciellt utmärkande är som tidigare nämnts, Bekkelaget som nästan fördubblat sina kopparhalter sedan år 2000. Vilket troligen inte beror på bromsbelägg (se ovan). Positivt är att svaveldioxidhalten i luft är minskande vilket innebär lägre korrosionshastighet av t.ex. kopparkoppar. Det händer fortfarande att Sydsverige får förhöjda halter av svaveldioxid som oxideras till svavelsyra som sänker pH i moln och nederbörd. (Jansson, R. m.fl.2002)

## 4.2.4 Krom

### Effekter på hälsa och miljö

Krom utgör ett livsnödvärdigt mikronäringsämne för vissa organismer, men vävnadshalterna är normalt mycket låga. Hos människan spelar krom en viss betydelse för nedbrytningen av glukos (insulinkänslighet), (Höök, K. 1997). Krom kan ge kontaktallergi och vid industrier som framställer kromater har lungcancer visat sig vara 20-30 ggr vanligare (Birgersson, B. m.fl. 1999).

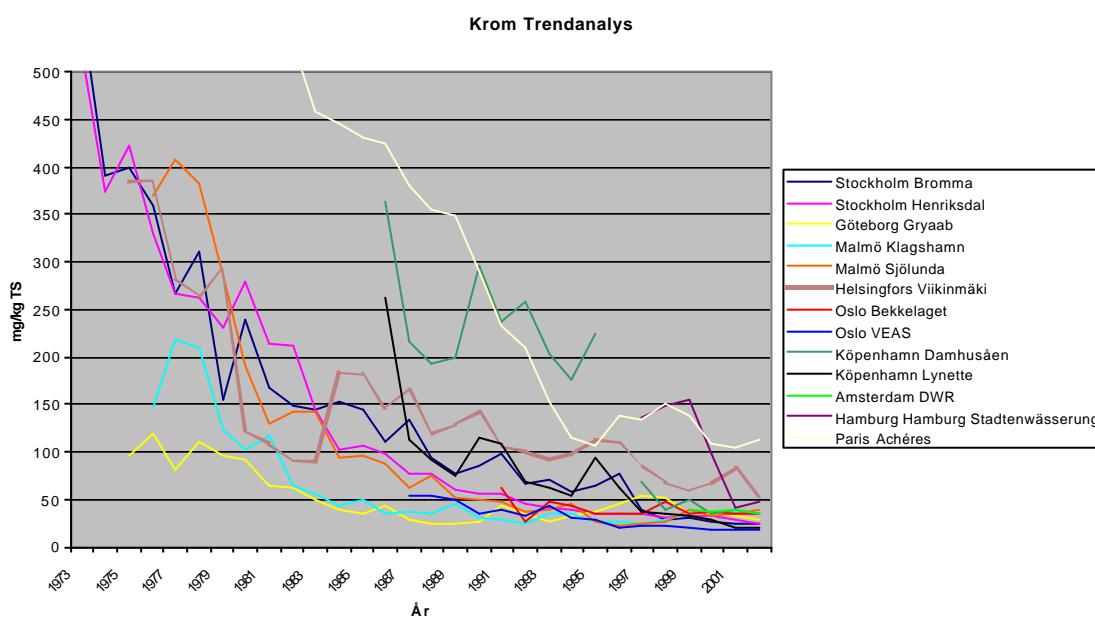
### Resultat och diskussion av analys

Gränsvärden

EU  
Finns ej

Sverige  
100 mg/kg TS

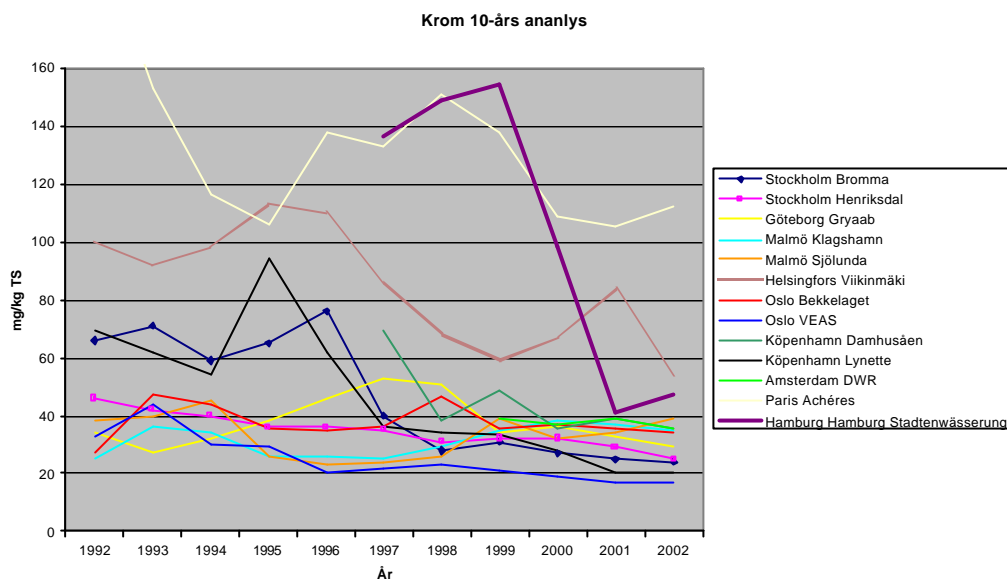
Diagram 7



Trendanalysen visar att många reningsverk har reducerat sina kromhalter kraftigt, undantaget Klagshamn och Ryaverken som haft lägre värden initialt. Finland bryter krom och har nästan 10 % av världsmarknaden vilket kan vara en förklaring på Finlands högre halter av krom. Huvudkällorna till krom i slam är annars metall-, kemi-, och läderindustrin (bil 2). Krom III är ett vanligt ämne vid garvning av läder. Textilindustrin i Finland släpper ut krom och andra metaller till reningsverken. Variationen är stor och beror på om cellulosablandningar eller polyester/polyesterblandningar används. Används det senare blir föroreningshalten större (bil 3), (Europeiska kommissionen, rapport 4).



Diagram 8



10-årsanalysen visar Finlands höga kromhalter i än högre grad. Vilket är värt att notera då Viikimäki oftast har låga halter tungmetaller i slammet. Inget av reningsverken överskrider de nationellt uppsatta gränsvärdena för slamspridning på åker under 2002.

#### 4.2.5 Kvicksilver

Under perioden 1705-1995 beräknas 200 ton kvicksilver ha nått Stockholm. Koncentrationen av ämnet i stadens parker beräknas vara 6 ggr högre än bakgrundsvärdena (Bergbäck, B. mfl 2002). Förbjudet mot att använda kvicksilver i vissa produkter (batterier, termometrar) har lett till en reduktion av kvicksilver i slam (Europeiska kommissionen, rapport 4). Effekterna av detta dröjer då gamla synder kommer ligga kvar länge i vår natur.

##### *Effekter på hälsa och miljö*

Alla utsläpp av metalliskt kvicksilver, kvicksilversalter och andra kvicksilverutsläpp omvandlas av mikroorganismer till metylkviksilver som är utomordentligt giftig. Denna jon har en mycket lång halveringstid och är kemiskt stabil vilket gör att föreningen lätt bioackumuleras. Kromosomskador och störningar i celledningen uppträder redan vid låga halter (Birgersson, B. mfl 1999). Kvicksilverföreningar ger upphov till ett brett register av toxiska effekter, vilka inkluderar akuta effekter och långtidseffekter på nervsystem, beteende allergi, fosterutveckling och genetiska effekter (Birgersson, B m.fl. 1999). Det är relativt ofarligt att svälja metalliskt kvicksilver beroende på att endast en ringa del (ca 0.01%) tas upp i mag-tarm kanalen Det är betydligt farligare att andas in ångorna. Intressant att notera är då att metallen avdunstar märkbart redan vid rumstemperatur och att absorptionen av metalliskt kvicksilver från lungorna är hög, ca 80 % (Birgersson, B. m.fl. 1999).

Om humusskiktet i svenska skogsjordar visar betydligt förhöjda halter har man experimentellt kunnat visa att viktiga mikrobiella processer störs, bl.a. nedbrytningen av cellulosa (Höök, K. 1997).

Sjöar svartlistas om fisken där innehåller mer än 1 mg metylkviksilver/kg kroppsvikt.

## Resultat och diskussion av analys

Gränsvärden

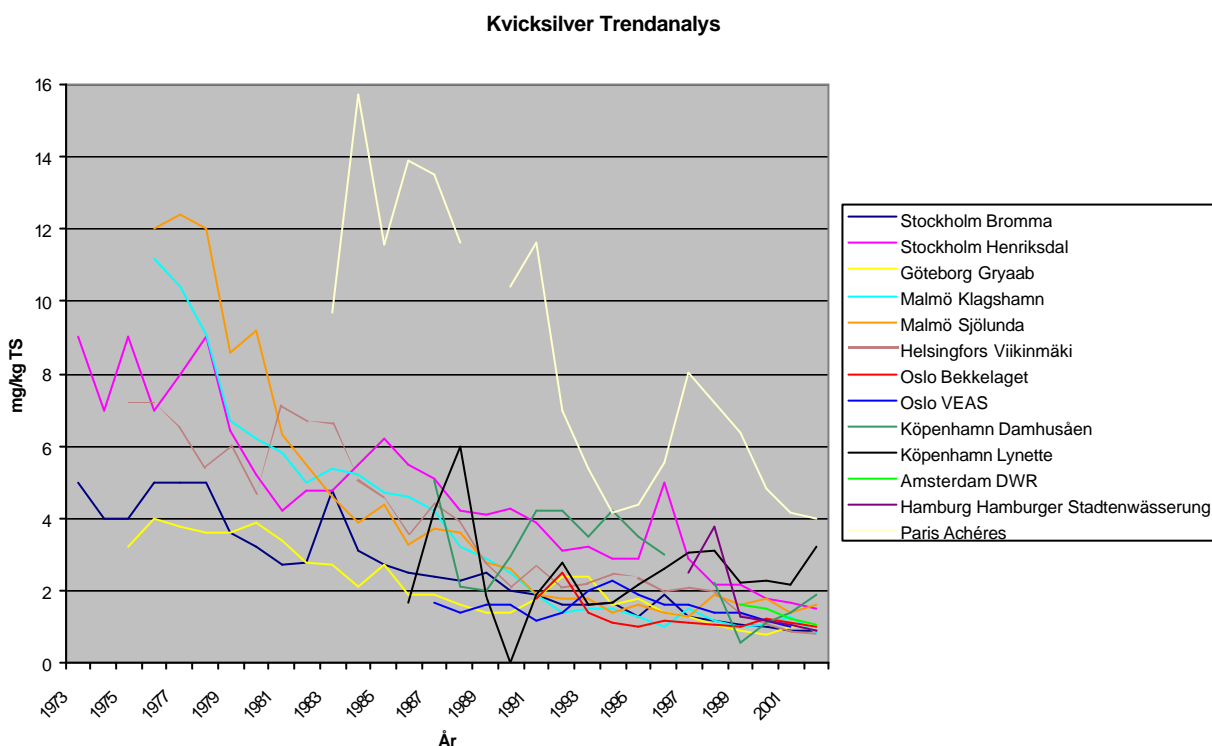
EU

Sverige

16-25 mg/kg TS

2.5 mg/kg TS

Diagram 9



Analysresultaten avseende kvicksilver är de som överlag oavsett reningsverk uppvisar störst variationer över tid. Det skulle kunna bero på att kvicksilver sällan förekommer i löst form i avloppsvattnet utan de förs framåt i avloppsnätet i form av större eller mindre partiklar som dessutom är tunga. Det gör att de förflyttas långsamt och längs botten på ledningar. När prov sedan tas på slam kommer analysresultatet variera beroende på icke homogen blandning av kvicksilver i slammet (Öster, muntl.). Att notera är de stabila värdena Stockholm Vatten har både gällande Bromma och gällande Henriksdal från 1997 till 2002. Här liksom vid analys av kadmium är det mycket låga halter som ska detekteras vilket även det leder till osäkerhet i analysvaren.

Paris har även när det gäller kvicksilver den högsta koncentrationen. I nordvästra Spanien och Portugal kan man återfinna höga halter av kvicksilver p.g.a. kloralkali industrin. Här framställs klor och natriumhydroxid. För att kunna reducera Na-joner används en kvicksilverelektrod (Zumdahl). Om sådan industri skulle finnas i Paris borde Achères värden vara högre. Men kvicksilver kan även spridas via luft så Paris kan påverkas beroende på avståndet. En mer jordnära förklaring är att antalet tandläkarpraktiker är större och med sämre

eller ingen amalgamseparation. I Stockholm var halterna av kvicksilver under sent 1980-tal i klass med Achères värden. Det ledde till att man inledde en undersökning med syfte att ta reda på varför. Kvicksilvret visade sig komma ifrån tandläkarpraktiker eftersom amalgam innehåller kvicksilver (Europeiska kommissionen, rapport 3). De amalgamseparatorer som användes var ineffektiva därför att personalen inte kunde sköta dem. Kvicksilver kom ut i avloppsrören (Johansson, muntl.).

Diagram 10

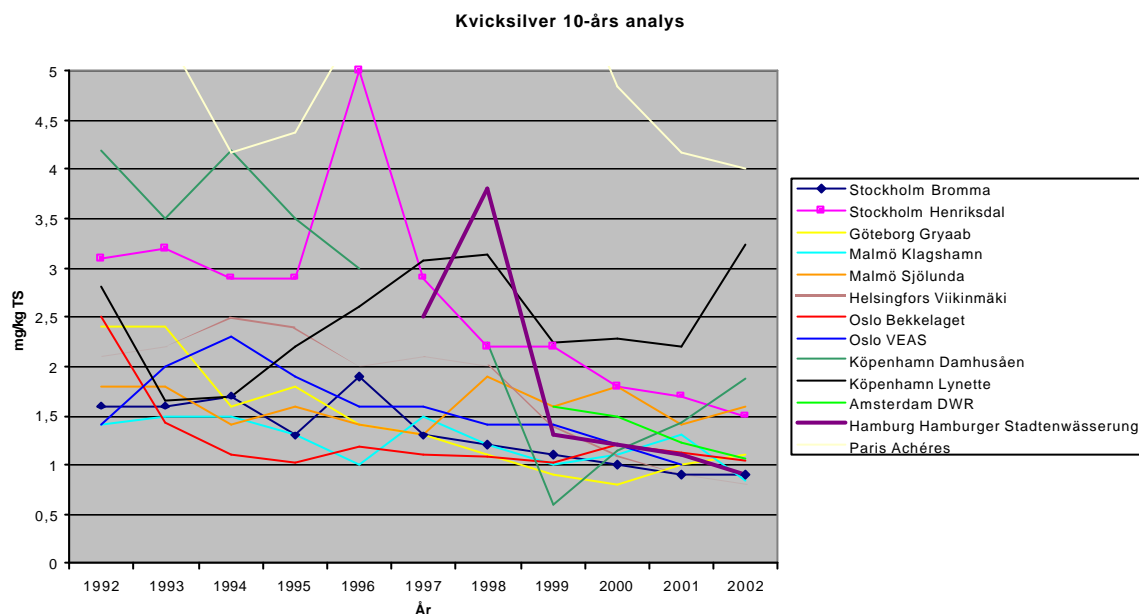


Diagram 10 visar att både Damhusåen och Lynette har stigande värden liksom Sjölunda i Malmö. Köpenhamns toppar påminner om Stockholms 1996 som förorsakades av ett punktutsläpp. Stopp i ledningsnätet hade uppstått pga amalgamiserat kvicksilver. Den slamsugningsbil som tillkallades sög upp en del och resten lossnade för att föras med avloppsvattnet till Henriksdal (Öster, muntl.) Liknande punktutsläpp kan ha skett i Köpenhamn.

Varken DWR eller Köpenhamns reningsverk klarar gränsvärdena för spridning av slam på åker år 2002.

Henriksdal uppvisar nästan dubbelt så höga värden som Viikinmäki vilket kan bero på gamla synder som ligger kvar i ledningarna. Den absolut största källan till kvicksilver idag är korrosion av det amalgam som finns i tandfyllningar (Johansson muntl.). Hur ser då läckaget av kvicksilver ut ifrån krematorier? Begravningsplatser?

Något annat att ha i åtanke är de mängder som finns kvar i äldre utrustning. I äldre transformatorer kan det finnas kilovis med kvicksilver (kvicksilverbrytare, gamla temperaturgivare) som ett exempel.

Spridning sker även via koleldning och sopförbränning.

#### 4.2.6 Nickel

Nickel är ett ämne som det nästan är omöjligt att undvika kontakt med eftersom det finns i en rad bruksföremål runt om oss, mynt, dörrhandtag, knappar, blytlås och verktyg (Birgersson, B. m.fl. 1999).

##### *Effekter på hälsa och natur*

Nickel ingår som en beståndsdel i enzymet ureas och utgör ett essentiellt mikronäringsämne för vissa högre organismer. Förgiftningssymptomen är oftast ospecifika både hos djur och hos människor. Hämmad cellsträckning och rotutveckling kännetecknar nickelförgiftning hos kärlväxter. Hos människan kan nickel konkurrera med andra metalljoner och spårelement i kroppen, t.ex. järn, koppar, zink och påverka deras absorption och omsättning (Höök, K. 1997).

Det är troligt att föreningarna nickelkarbonyl och nickelföreningar kan orsaka cancer hos människor (Birgersson, B. m.fl. 1999).

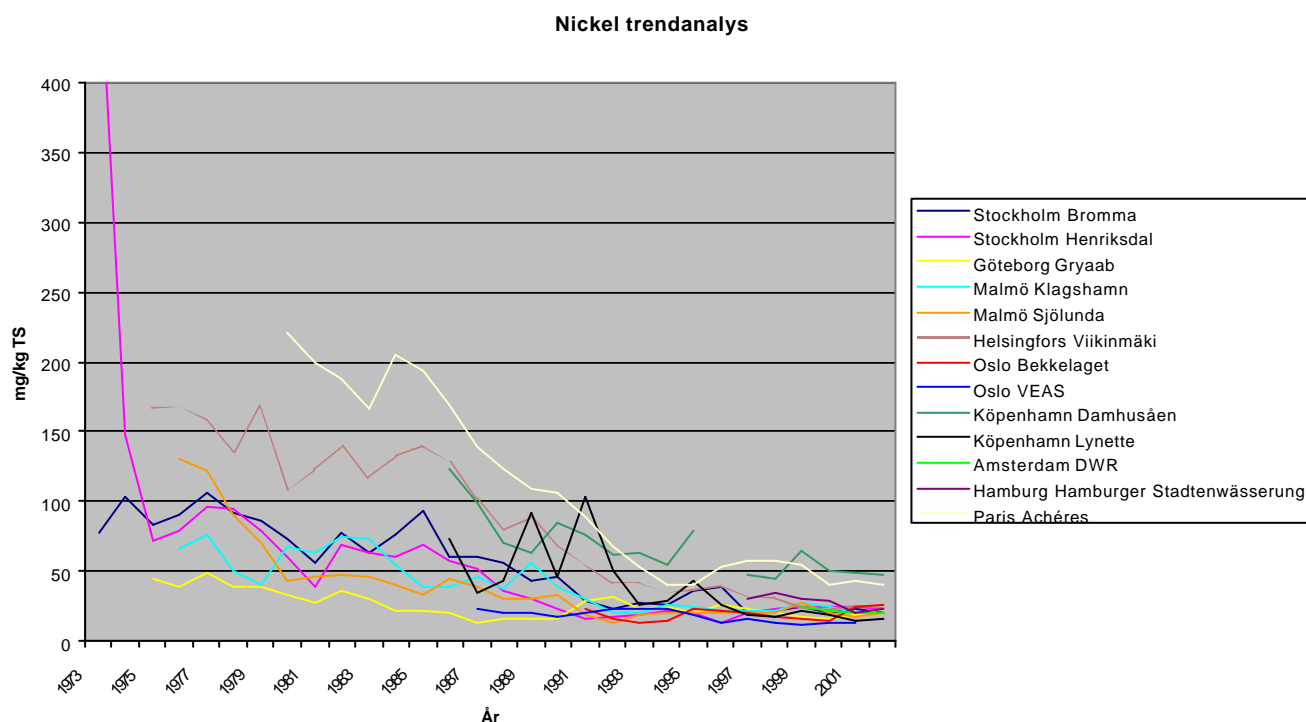
##### *Resultat och diskussion av analys*

Gränsvärden

EU  
300-400 mg/kg TS

Sverige  
50 mg/kg TS

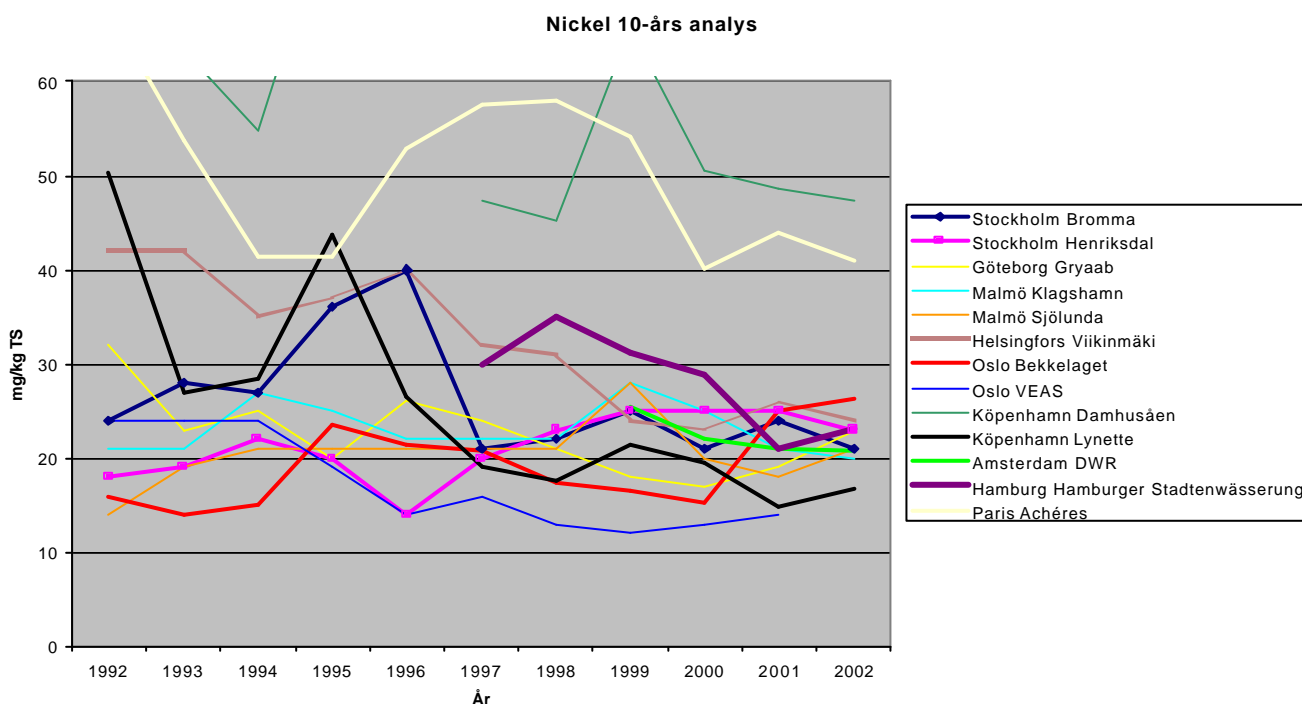
Diagram 11



Observera Henriksdals höga värden initialt och den dramatiska nedgången mellan år 1973 och 1975. Den kan bero på att många små industrier lades ned när strängare krav ställdes på dem via den framväxande miljölagstiftningen (Hugmark, muntl.). Paris har haft liknande utveckling av avveckling av små industrier pga. av att de var för gamla för att klara nya lagkrav (Gousailles, muntl.).

Studerar man tio- års analysen ligger Achères och Damhusåen på höga värden. Höga värden kan bero på närvaro av industri som framställer eller arbetar med rostfritt stål, ytbehandlingsindustri eller bilvårdsindustri. Något som faktiskt också kan påverka halterna är fällningskemikalien som används för att reducera fosfor. Enligt en rapport från ett slamsamråd i Olofströms kommun var bidraget ifrån fällningskemikalien ca 10 % av nickelhalten i slam från ett reningsverk (Jämsverken) (Levlin, E. mfl 2001). Det skulle ha varit intressant att jämföra halten nickel med ett reningsverk som använder enbart biologisk fosforreducering alternativt annan fällningskemikalie. Tyvärr finns inte något sådant reningsverk med (bil 2). Att notera är även den stora skillnaden mellan Damhusåen och Lynette. Damhusåen har fem gånger högre värden. Det är anmärkningsvärt då reningsverken ligger i samma kommun och använder samma fällningskemikalie (bil 3) Troligen har Damhusåen någon industri i sitt reningsområde som kan förklara skillnaden. Hamburg, Sjölunda, Lynette och Bekkelaget har stigande värden. Ingen förklaring kan ges.

Diagram 12



Alla reningsverk klarar av de nationellt satta gränsvärdena för slamspridning.

Nickel är det ämne som reningsverk är sämst på att rena ut 60 % passerar reningsverket. Det beror på nicklets löslighet i vatten (Europeiska kommissionen, rapport 4).

## 4.2.7 Zink

### Effekter på hälsa och miljö

Zink är liksom nickel livsnödvändigt för alla levande organismer p.g.a. av att det är en beståndsdel i flera enzymer och proteiner som deltar i ämnesomsättningen eller i regleringen av geners aktiviteter. Zinkjonen spelar en central roll i ungefär 300 enzymer. Zink ökar kroppen tålighet mot kadmium (kadmium konkurrerar med zink). I naturen har det visat sig att halter 3-4 gånger bakgrunds-nivån stör nedbrytnings-hastigheten i det organiska materialet samt kväve- och fosformineraliseringen (Höök, K. 1997)

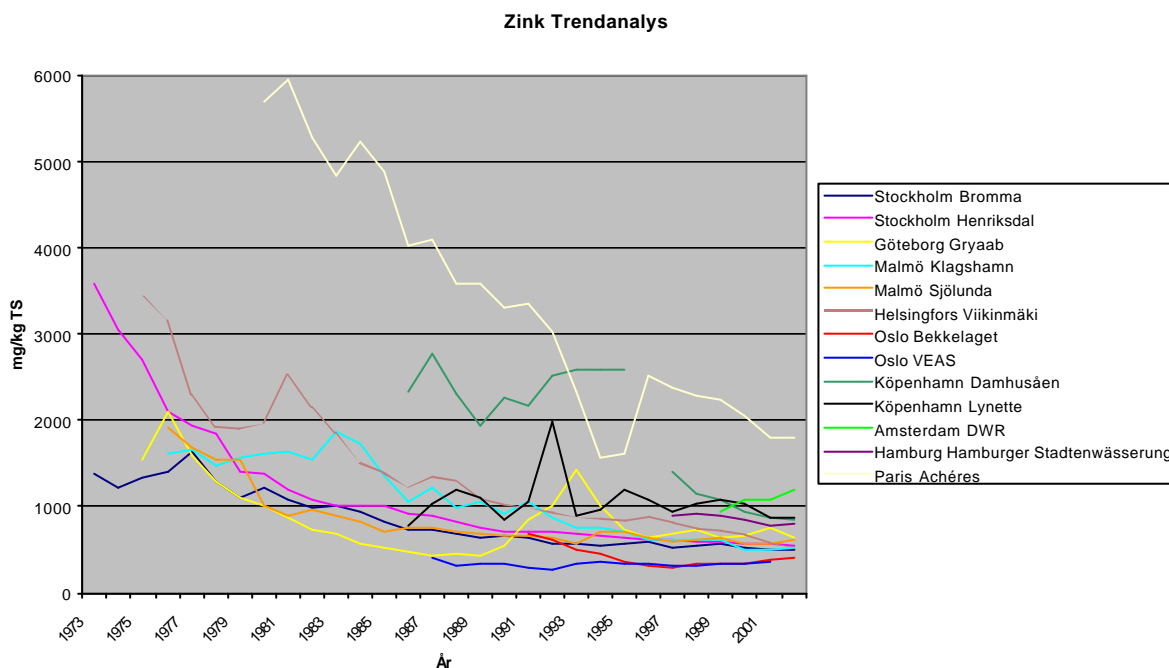
### Resultat och diskussion av analys

Gränsvärden

EU  
2500-4000mg/kg TS

Sverige  
800mg/kg TS

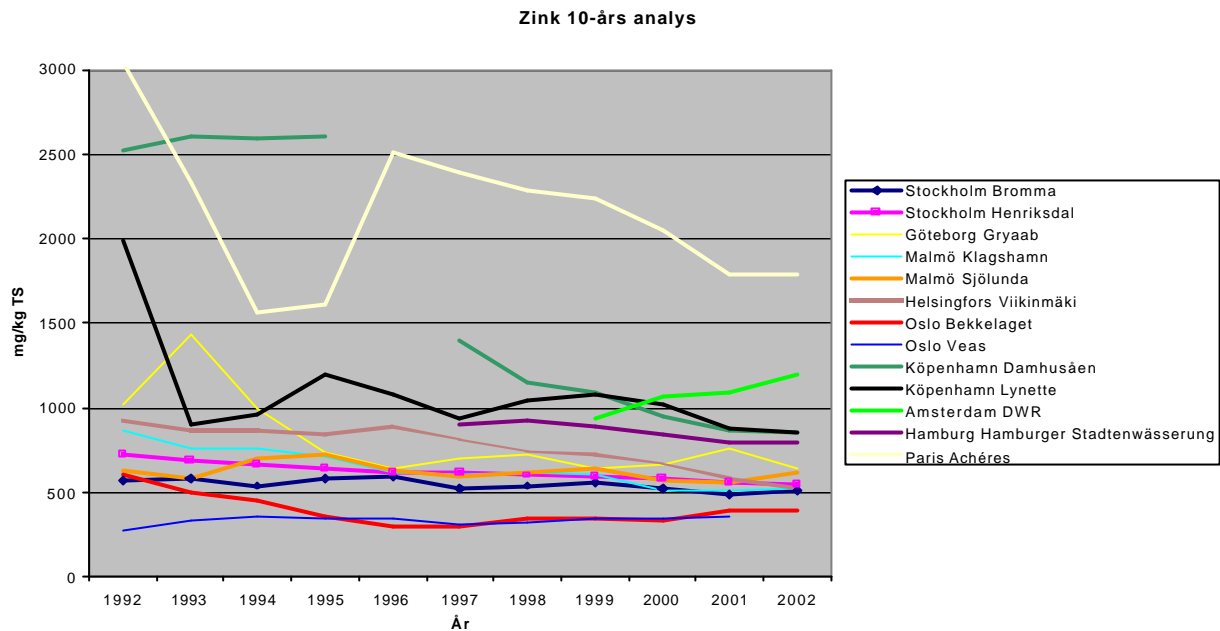
Diagram 13



Zink skiljer sig ifrån de övriga ämnena så till vida att koncentrationssänkningarna inte varit lika dramatiska för de flesta. De beror på att fokus inte har legat på att reducera koncentrationerna av zink i slam (Hugmark, muntl.). Achères är liksom i de andra fallen det reningsverk som lyckats med störst reducering av halterna.

Studerar man 10-års analysen visar den att Achères har endast 4-5 ggr högre värden än det reningsverk som innehar det lägsta zinkvärderna i sitt slam, Bekkelaget. Vilket är ovanligt liten skillnad jämfört med flertalet andra metaller.

Diagram 14



Stora zinkläckage kommer ifrån trafiken, framförallt däck, bromsar och asfalt (Bergbäck. B. 2002). Regnvatten tar även med sig zink ifrån tak och galvaniserade ytor (bil 3). Högt pH eroderar ut zink ur rören.

Industrier som arbetar med förzinkning och galvanisering bidrar med en del zink i sitt spillvatten (bil 3). En fransk undersökning av tungmetallhalter i avföring visar att halten zink är störst med 250 mg/kg följt av kadmium med 68 mg/kg (Europeiska kommissionen, rapport 4).

Alla verk klarar gränsvärdena satta för spridning av slam på åker. Något som är förvånande att notera är Danmarks högt satta gränsvärden för slamspridning (tabell 2).

## 5 Diskussion

Många är de faktorer som kan påverka koncentrationen av tungmetaller i slam. Flera av dessa faktorer har denna studie inte tagit hänsyn till. För att nämna några påverkar både avloppsvattnets uppehållstid i reningsverket och biomassans förhållande till mängden avloppsvatten den halt föroreningar som kommer att hamna i slam. Miljömärkta varor och deras andel av marknaden hade varit önskvärt att få med. Ju större andel av marknaden som de miljömärkta varorna har desto mindre mängd föroreningar kommer till reningsverket. Naturligtvis beroende på de krav som ställs på en vara som ska erhålla miljösymbolen, vilket kan variera. Ett fosfatfritt tvättmedel t.ex. leder till reducerade halter av inkommande kadmium. Förslag till fortsättning vore att ta hänsyn till fler påverkansfaktorer och inhämta uppgifter om miljömärkta varors andel av marknaden samt utöka studien med fler reningsverk för att befästa validiteten hos denna studie. Om fler reningsverk bekräftar de tendenser som denna studie visar på ökar trovärdigheten att slutsatserna är korrekta.

Några slutsatser av presenterade data över tungmetallhalten i slam kan göras. Studerar man Bromma reningsverk har de en låg föroreningsnivå av tungmetaller medan Henriksdals reningsverks föroreningsnivå ligger något högre. Reningsmetoderna skiljer sig enbart med avseende på när tillsats av fällningskemikalie sker (Bil 1) och kan inte förklara skillnaden. Henriksdals reningsverk är ungefär dubbelt så stort som Bromma. Det innebär att dubbla mängden avloppsvatten behandlas i Henriksdal. Eftersom det i större mängder avloppsvatten är svårare att åstadkomma en fullständig fällning då kemikalien och bildade flockar ska komma i kontakt med större mängd vatten försvåras reningen och det kan vara en del av förklaringen. Slam avspeglar ett samhälles aktiviteter. Inom det område som Henriksdals reningsverk renar avloppsvattnet finns industrier som påverkar slammets kvalitet negativt. Lakvatten från avfallsanläggningen i Sofielund, Huddinge bidrar till halten tungmetaller i slam (Augustinsson, H. 2002). Bromma behöver inte ta hand om något inkommande lakvatten.

Trendanalyserna visar en kraftig nedgång initialt. Nedgången beror till stor del på att många små industrier lade ned då den nya miljölagstiftningen kom (Gausailles, muntl., Hugmark, muntl.). Det bevisar den påverkan omgivande industrier har på slammets kvalitet och även effekten av lagstiftning. Den nya lagstiftning som vuxit fram under 1990-talet för att främja återföring av näringsämnen till jordbruk, främst fosfor, har sannolikt spelat en stor roll som pådrivningskraft för reningsverkens arbete.

Diagrammen visar att när Stockholm Vatten och Helsingfors Vatten fått ned föroreningshalterna i slam, bibehåller de dem på en låg nivå i större utsträckning än de andra reningsverken. Möjligen kan det bero på en mycket utåtriktad verksamhet hos de bägge verken. Det kan också vara så att reningsverken har en så bra kontroll på sin omgivning att inga större "överskningar" sker. Både Helsingfors Vatten och Stockholm Vatten har själva möjlighet att ta prover på avloppsvattnet i avloppsledningsnätet och söka felkällor. Bägge reningsverken bedriver uppsökande verksamhet för att påverka och informera sin omgivning. Möjligheter som ger kontroll.

Diagrammen över kadmium och kvicksilver visar en tydlig nedgång i halterna för framförallt Henriksdals reningsverk. Intensiva informationskampanjer har bedrivits för att informera företag och institutioner som har en sådan verksamhet som ger utsläpp av dessa ämnen. Eftersom ingen ny lagstiftning gällande dessa ämnen kan förklara denna nedgång blir slutsatsen att informationsverksamheten har givit resultat. Nedgången av kvicksilver skulle även delvis kunna förklaras av att mycket av det kvicksilver som legat i avloppsledningar är funnet och åtgärdat. Inga större mängder ligger längre kvar och småläcker in till reningsverket. Dagens föroreningar av kvicksilver skulle då komma från amalgamfyllningar och uppsökande verksamhet har bedrivits gentemot tandläkarpraktiker.

VEAS reningsverk har liksom Bromma låga föroreningshalter av tungmetaller i sitt slam. En bidragande orsak till detta är den kalktillsats som görs för att hygiensiera slammet via pH förändring. Kalktillsatsen är en utspädning av torrsubstanshalten och eftersom tungmetallerna mäts i mg/kg TS blir värdena reducerade vilket inte beror på minskad mängd förorening. För att undvika missförstånd och feltolkningar alternativt manipulering av halterna från reningsverkets sida kan man mäta halten av tungmetaller i mg/kg fosfor tex (Levlin, E. m.fl. 2002). Ett förslag som troligen kommer med det nya slamdirektivet (Working document on sludge 3<sup>RD</sup> draft).



För att öka trovärdigheten för slammets kvalitet visar litteraturstudien på ett behov av standardiserade metoder för att öka förtroendet för kvaliteten på slam. Följdeffekterna av standardiserade metoder för reningsmetod, analyser och slamspridning innebär en högre kostnad vilket måste ses som negativt. Samma effektskulle ett försäkringssystem som garanterar ersättning vid ekonomisk förlust som uppstått pga slamspridning ha. En annan väg, den svenska modellen, är att bilda grupper sammansatta av berörda parter och i en öppen dialog sätta villkoren för spridning. En öppenhet och en samarbetsvilja som ökar förtroendet för reningsverkens hantering av slam inför berörda parter, REVAQ.

## 6. Slutsatser

- Det finns ett behov av system som garanterar slammets kvalitet.
- Lagstiftning påverkar slammets kvalitet genom att påverka reningsverkets omgivning vilket ger effekt på slammets innehåll av föroreningar.
- Ett långsiktigt arbete med informationskampanjer ger resultat.
- En övergång till att mäta tungmetallhalter i kg/kg fosfor istället för mg/kg TS ger jämförbara koncentrationer och minskar risken för manipulation av slammet
- Reningsverkens egen möjlighet att kontrollera sin omgivning leder sannolikt till stabilare halter av föroreningar i slam.

## 7 Slutord

Jag vill till sist framföra mitt tack till de kontaktpersoner på de olika reningsverken som tålmodigt svarat på mina frågor och till Peter Hugmark på Stockholm Vatten som varit min handledare där. Jag har även haft förmånen att vid ett flertal tillfällen konsultera Bengt Hultman, KTH och Anders Lind, Svenskt Vatten vid personligt besök och via telefon. Gunnar Bråvander vid SCB förklarade för mig hur slamstatistiken förs och på vad i Sverige och Europa. Slutligen har Monika Ohlsson, KTH hjälpt mig med den skriftliga och vetenskapliga utformningen av detta arbete, stort tack.

## 8 Referenser

- Augustinsson, Hans. (2002). Hushållningasällskapet, Slamrevision 2001, Stockholm Vatten AB.
- Bergbäck, Bo., Johansson, Kjell. (2003). Metaller i stad och land. Naturvårdsverkets rapport 5184.
- Bergman, Åke. (2002). Grundläggande organisk miljö kemi. Häfte från institutionen för miljö kemi, Stockholms Universitet.
- Bergström, Agneta. (2003). Avdelningen för industri- och samhälle, Stockholm Vatten. Muntlig källa.
- Bernes, Claes. (1998). Organiska miljögifter. ISBN 91-620-1188-X.
- Birgersson, Bo., Sterner, Olov., Zimerson, Erik. (1999). Kemiska hälsorisker., Toxikologi i kemiskt perspektiv. ISBN 91-47-04515-9
- Boller, M. (1997). Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems. Wat,Sci.Tech. Vol 35, Nr 9 sid 77-87.
- Brandt, Ed. (2003). [Ed.brandt@dwr.de](mailto:Ed.brandt@dwr.de). Telefon +31 020 46 02 831
- Europeiska kommissionens rapport 1. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Sludge use acceptance, 75 sidor. Europeiska kommissionens hemsida, se nedan.
- Europeiska kommissionens rapport 2. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Regulatory report, 136 sidor. Europeiska kommissionens hemsida, se nedan.
- Europeiska kommissionens rapport 3. Disposal and recycling routes for sewage sludge. Scientific and technical sub-component report, 131 sidor. Europeiska kommissionens hemsida, se nedan
- Europeiska kommissionens rapport 4. Pollutants in urban waste water and sewage sludge. 232 sidor. Europeiska kommissionens hemsida, se nedan.
- Fred, Tommi. (2003). Helsingfors Vatten, [fred.tommi@hel.fi](mailto:fred.tommi@hel.fi).
- Gousailles, Michel. (2003). SIAAP. Station épuration, ville de Paris, siaap criter, 82 au kléber, 92 700 Colombes, France. Telefon 033 1 41 19 52 00.
- Haarr, Arne. (2003). VEAS. [Arne.haarr@veaswwtp.com](mailto:Arne.haarr@veaswwtp.com), Telefon +47 98 20 86 00
- Hellström, Bengt-Göran. Chef process, miljö- och utveckling, Stockholm Vatten. Muntlig källa.
- Hugmark, Peter. (2003). chef industri- och samhälle, Stockholm Vatten. Muntlig källa.
- Hugmark, Peter, (2001). Projekt öppen dörr-utvecklingsverksamhet vid Stockholm Vatten, växtnärsutnyttjande från avfall vid livsmedelskonsumtion. Miljö- och utvecklingsavdelningen, Stockholm Vatten.
- Hulterström, Anna Britt. (2003). Chef laboratoriet, Stockholm Vatten. Telefon 046 8 522 120 00 Muntlig källa.
- Höök, Karin. (1997). Hantering av avloppsslam och organiskt hushållsavfall i Europa. Utgiven av LRF.
- Jansson, Robert., Hansson, Hans Christen. (2002). Luftföroreningar, spridning, processer och kretslopp. Häfte från institutet för tillämpad miljöforskning, Stockholms Universitet
- Johansson, Peter. (2003)Avdelningen för industri- och samhälle, Stockholm Vatten. Telefon 046 8 522 120 00. Muntlig källa
- Kiderud, Britt. (2003). Avdelningen för industri- och samhälle, Stockholm Vatten. Telefon 046 8 522 120 00. Muntlig källa.
- Von Knorring, Helena., Enocksson, Egon. (2002). Aktionsplan för återföring av fosfor. SNV rapport 5214.
- Lagerqvist, Ragnar. (2003). Avdelningen för indistri- och samhälle, Stockholm Vatten. Telefon 046 8 522 120 00. Muntlig källa.
- Levlin, Erik. Hultman, Bengt. (2001). Slamkvalitet och trender för slamhantering. VA-

Forsk.Rapport 2001/05. NC 02/085 hos SNV.

Lundström, Yrjö. (2003). Helsingfors Vatten, Telefon +358 9 4734 34 25

Nordström, Anders. (2001). Vattenförsörjning för en hållbar samhällsutveckling. Rapport. Erhålls via institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms Universitet.

NORVAR, branschorganisation för norskt vatten. [www.norvar.no](http://www.norvar.no)

Nybruket, Steinar. (2003). NORVAR. Steinar.nybruket@norvar.no

Robinson, Peter. (2003). Gryaab, [peter.robisson@grvaab.se](mailto:peter.robisson@grvaab.se). Telefon 046 31 64 74 00

Runesson, Leif. (2003). Malmö reningsverk, [leif.runesson@malmoe.se](mailto:leif.runesson@malmoe.se). Telefon 046 40 34 16 00

Rosengren, Lars. (2003). Stockholm Vatten. Telefon 046 8 522 120 00 Muntlig källa.

Schneider, Francis. SIAAP, [francis.schneider@siaap.fr](mailto:francis.schneider@siaap.fr). Station épuration, ville de Paris, siaap criter, 82 au kléber, 92 700 Colombes, France. Telefon 033 1 41 19 52 00. Muntlig och skriftlig källa.

Slamöverenskommelsen, rapport 4410 SNF

Thierbach, Roland. (2003). Hamburg stadenwässerung, [Roland.thierbach@hhse.de](mailto:Roland.thierbach@hhse.de). Telefon +49 040 34 98 50 55.

Thirsing, Carsten. (2003). Lynettefaelleskabet I/S. [Ct@lyn-is.dk](mailto:Ct@lyn-is.dk), Telefon +45 32 57 32 32

Windell, Marianne. (2003). Miljöchef, Vattenfall. [Marianne.windell@vattenfall.com](mailto:Marianne.windell@vattenfall.com). Mobiltelefon 070 545 65 22. Muntlig källa

Working document on sludge 3<sup>RD</sup> draft. Brussels 27 april 2000.

Zumdahl, Steven. (1993). Chemistry. 1123 sidor.

Öster, Klas. (1999). Hur källan till kvicksilverutsläppet i Stockholms avloppsnät i mars 1996 spårades. Avdelningen för industri- och samhälle, Stockholm Vatten. Telefon 046 8 522 120 00 Även muntlig källa.

#### *Hemsidor*

DWR [www.dwr.nl/smartsite.dws?id=1524](http://www.dwr.nl/smartsite.dws?id=1524), 18.06.2003

Europeiska kommissionens hemsida (slam)  
<http://europa.eu.int/comm/environment/waste/sludge/index.htm>

GRYAAB [www.vaverket.goteborg.se](http://www.vaverket.goteborg.se), 18.06.2003

Hamburger stadenwässerung [www.hhse.de/index.php](http://www.hhse.de/index.php), 18.06.2003

Köpenhamns reningsverk [www.lyn-is.dk/lynette/itf5.50/webit/webit.nsf/web/HomeDK.html](http://www.lyn-is.dk/lynette/itf5.50/webit/webit.nsf/web/HomeDK.html), 18.06.2003

Malmö reningsverk [www.malmo.se/html/www/indexOrganisation.htm](http://www.malmo.se/html/www/indexOrganisation.htm), 18.06.2003

NORVAR [www.norvar.no](http://www.norvar.no), 18.06.2003

REVAQ [www.envsisys.se/revaq/](http://www.envsisys.se/revaq/), 18.06.2003

SIAAP [www.siaap.fr/site.php](http://www.siaap.fr/site.php), 18.06.2003

VEAS [www.veas.nu](http://www.veas.nu), 18.06.2003

Viikinmäki [www.helsinginvesi.fi/index.asp](http://www.helsinginvesi.fi/index.asp), 18.06.2003

#### *Lagtext*

Europa rådets direktiv 86/278/EEC för skydd av miljön, speciellt jord då slam används i jordbruket.

Europa rådets direktiv 91/156/EEC, avfallsdirektivet

Europa rådets direktiv 91/277/EEC för behandling av avloppsvatten i tätorter.

Europa rådets direktiv 2000/76/EEC, förbränningsdirektivet.

Förordning (1984:944) om förbud i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av vissa kemiska produkter.

## Danmark

LBK No. 590 av den 27.6.94 ,”Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse - Miljøloven”.

BEK No 49 av den 20.1.2000, Bekendtgørelsen om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål”.

BEK No 56 av den 24.1.2000, ”Bekendtgørelse om tilsyn med spildevadsslamm til jordbrugsformål”.

## Finland

Nr. 282/1994 (Valtioneuvoston päätös puhdistamolitteiden käytöstä maanviljelyksessä, OJ 282 av den 14.4.1994).

## Frankrike

Journal Officiel 10.12.97 (Décret n. 97/1133 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées)

Journal Officiel 16.7.75 (Loi n. 75/633 relative à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux),

Journal Officiel 14.7.92 (Loi n. 92/646 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Journal Officiel 31.1.98( Arrêté fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n. 97/1133).

## Nederländerna

Staatsblad No. 613 av den 3.12.91. Besluit kwaliteit en gebruik overige organische meststoffen.

## Norge

FOR 1995-01-02 nr 05: Forskrift om avloppsslamm.

## Tyskland

BGBI I av den 28.4.92 S. 912, Klärschlammverordnung.

Düngemittelgesetz av den 15.11.77 och BGBI S. 42 av den 11.8.99, Düngemittelverordnung

BGBI I S. 502 av den 17.3.98, Gesetz zum Schutz des Bodens

## Sverige

Förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet.

SNFS (1994:2) ändrad (1998:4), kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslamm används i jordbruket

SNFS (1994:7), kungörelse med föreskrift om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse.

SFS 1998:808, Miljöbalken. En sammanslagning av all tidigare svensk miljölagstiftning.

## Årsrapporter

Bekkelaget renseanlegg, årsrapport med nøckeltal 1995 och 2001,

Gryaab, miljörapport 2002

Helsingfors Vatten, sustainability report 2001  
Klagshamns avloppsreningsverk, miljörapport enligt miljöbalken för år 2002.  
Lynettefaelleskabet I/S, Groent regnskab 2001  
Sjölundas avloppsreningsverk, miljörapport enligt miljöbalken för år 2002.  
Stockholm Vatten, miljöredovisning och årsredovisning 2001  
VEAS årsmelding 1998

Elisabeth Ljung kan nås på mobil 070-98 135 98, alternativt via adress:  
Sandfjärdsgatan 124, 120 56 Årsta.

## Processteknik

Information till sammanställningen har hämtats från Internet sidor, reningsverkens kontaktpersoner och årsrapporter.

### Stockholm

#### Bromma

Anslutna personer: 286 000 pe

Medelflöde: 123 000 m<sup>3</sup>/dygn.

Fällningskemikalie: FeSO<sub>4</sub>

*Reningsmetod:* Tillsats av järnsulfat (10-12 g/m<sup>3</sup>)– grovrensgaller – sandfång – förluftning – försedimentering (primärslam) – biologisk behandling (anoxisk och oxisk (luftning)) – eftersedimentering (överskottsslam) – tillsats av järnsulfat ( 1-2 g/m<sup>3</sup>)– sandfilter – saltsjön.

*Slammet:* primärslam direkt till rötkanmmaren och överskottsslam till centrifug för avvattning innan rötkanmmaren. I rötkanmmaren produceras biogas som ansamlas i en gasklocka och används till gaspannor och fordonsbränsle. Till det färdigrötade slammet (1 mån) tillsätts polymer därefter centrifugeras slammet hamnar i slamsilos innan transport till slutdestination ( spridning på åkermark, kompostering, jordtillverkning).

#### Henriksdal

Anslutna personer: 690 000 pe.

Medelflöde: 241 000 m<sup>3</sup>/dygn.

Fällningskemikalie: FeSO<sub>4</sub>

*Skillnad reningsmetod:* Järnsulfatet tillsätts efter sandfånget i förluftningsbassängen.

*Slammet skillnad:* Primärslammet passerar ett galler och en slamsilo innan det når rötkanmmaren. Överskottsslammet delas upp i två delar en del passerar en förtjockare och en annan en centrifug innan det når rötkanmmaren. Efter rötkanmmaren och slamtanken behandlas slammet i en förtjockare innan polymer tillsätts och centrifugering sker. Slammet använd för att täcka en daggruva i Gällivare.

### Göteborg GRYAAB

#### Ryaverken

Anslutna personer: 560 000 pe.

Medelflöde: 327 000 m<sup>3</sup>/dygn (3.78m<sup>3</sup>/s)

Fällningskemikalie: FeSO<sub>4</sub>

*Reningsmetod:* Grovrensgaller – Försedimentering (primärslam)– aktivslambassänger (anox+aerob) – simultanfällning med järnsulfat i luftningsbassängerna (dosering 9,8 g Fe/m<sup>3</sup>)- eftersedimentering (överskottsslam) – en del återcirkuleras en del till utlopp – det återcirkulerade vattnet sprids över en biobädd med nitrifikationsbakterier (returslam), deoxygeneras och återförs till aktivslam bassängerna.

*Slammet:* Slammet passerar ett fingaller, hamnar i en förtjockare och sedan röt-kammaren. Det rötade slammet hamnar i en silo förs vidare och polymer tillsätts. Slammet avvattnas med centrifuger till 30% TS eller silbandspressar till 25% TS. En viss del av slammet används i jordbruk, kompostering, grönytor, förbränningsförsök. Den del som inte används hamnar i ett bergrum i Syrahåla.

## **Malmö**

Klagshamn

Anslutna: 90 000

Medelflöde: 23 800 m<sup>3</sup>/dygn.

Fällningskemikalie: FeCl<sub>3</sub>

*Reningsmetod:* Grovrensgaller – Sandfång (FeCl<sub>3</sub>tillsätts i början av sandfånget(kemwater pix 110)) – försedimentering – aktivslamanläggning tillsats av extern kolkälla)– eftersedimentering – behandling i KMT-reaktor (fastbäddsprocess) denitrifikation med tillsats av kolkälla – tillsats av FeCl<sub>3</sub> - filtrering för partikelavskiljning med tvåmediafilter.

*Slammet:* Slammet behandlas med förtjockare – röt-kammare – polymertillsats - centrifuger – slamlager. Klagshamn tillverkar själva jord av slammet efter de önskemål som användaren har.

Sjölunda

Anslutna: 310 000 pe.

Medelvattenflöde: 126 000 m<sup>3</sup>/dygn.

Fällningskemikalie: FeSO<sub>4</sub>

*Reningsmetod:* Grovrensgaller – sandfång – förluftning tillsats av järnsulfat – luftningsbassäng – sedimentering – biobädd, nitrifikation– KMT-reaktor, denitrifikation – flockning - flotation.

*Slammet:* Slammet behandlas med förtjockning – röt-kammare – centrifugering, polymer – lager. Slamjordstillverkning.

## **Norge**

Bekkelaget

Anslutna: 350 000 personer

Medelflöde: 102 186 m<sup>3</sup>/dygn

Fällningskemikalie: FeCl<sub>3</sub>, 38.3g/m<sup>3</sup>

Se VEAS för processinfo

VEAS

Anslutna 438 300 personer

Medelflöde: 266 000 m<sup>3</sup>/dygn

Fällningskemikalie: PAX-XL 65 en förpolymeriserad aluminiumprodukt

*Reningsmetod:* Grovrensgaller – fällningskemikalietillsats PAX-XL1 en förpolymeriserad aluminiumprodukt – luftat sandfång – polymertillsats – sedimentering – sil – nitrifikation och denitrifikation i separata bassänger – tank – utlopp.

*Slammet:* Slammet behandlas med galler – slamförtjockare – utjämningsstank – aerob och anaerob rötning i separata tankar – förtjockning – kalktillsats (ej Bekkelaget) – polymer – kombinerad filterpress och värmebehandling – till jordförbättring.

## **Danmark**

Lynettfaellesskabet I/S

Lynetten

Fällningskemikalie:  $\text{FeSO}_4$

Anslutna: 750 000 PE

Maxflöde: 996 000 m<sup>3</sup>/dygn

*Reningsmetod:* Grovrensgaller – luftat sandfång – (bioskrubber) – försedimentering – mellanpumpstation – - järnklorid-tillsats - aktivslamanläggning – fällning med järnklorid eller aluminiumsulfat - eftersedimentering – Öresund.

*Slammet:* allt slam går till förbränning.

Damhusåen

Fällningskemikalie:  $\text{FeSO}_4$

Anslutna: 350 000 pe

Maxflöde: 552 000 m<sup>3</sup>/dygn

Reningen som Lynetten

Slammet bränns på Lynetten

## **Finland**

Viikinmäki

Fällningskemikalie:  $\text{FeSO}_4$

Medelflöde: 270 000 m<sup>3</sup>/dygn.

Antal anslutna: 740 000 pe

*Reningsmetod:* Grovrensgaller – sandfång – försedimentering, järnsulfattillsats – förluftning, kalktillsats – försedimentering – aktivslamanläggning anox + aerob zon – eftersedimentering – utlopp-

*Slammet:* Slambehandling: förtjockning – rötning – mellanlager – avvattning.



## Amsterdam

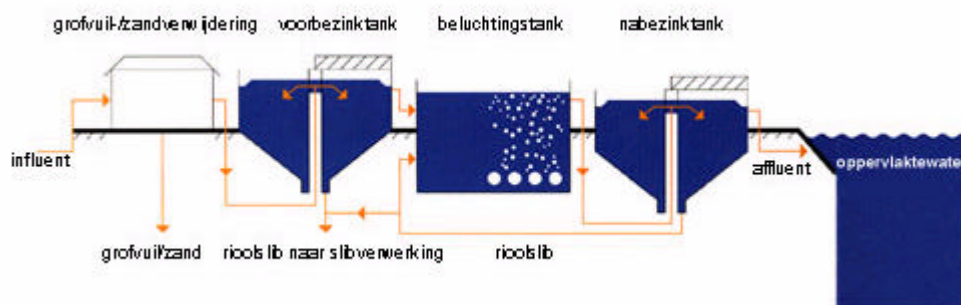
DWR

Fällningskemikalie: De använder  $\text{FeClSO}_4$  (små anläggningar),  $\text{FeSO}_4$  (stora anläggningar) och de provar biologiskt fosforreduktion. Vid problem med SVI används  $\text{AlCl}_3$ .

Anslutna: Slammet kommer från 13 anläggningar

Medelflöde: slammet kommer från 13 reningsanläggningar

*Reningsmetod:*



*Slammet:* Avvattning – rötning – avvattning/lagring – mekanisk avvattning – torkning – förbränning.

## Hamburg

Hamburg Stadtentwässerung

Anslutna: 2.1 milj pe

Medelflöde: 460 000 m<sup>3</sup>/dygn

Fällningskemikalie:  $\text{FeSO}_4$

*Reningsmetod:* en CAD fil som jag tyvärr inte lyckats tyda.

*Slammet:* Turbin – kondensering – förbränning.

## Paris

**SIAAP, Seine Aval i Achères.**

Anslutna: 6 miljoner personer

Medelflöde: 2 miljoner m<sup>3</sup>/dygn

Fällningskemikalie:  $\text{FeCl}_3$

*Reningsmetod:* grovrengaller – försedimentering – flotation – aktivslamanläggning – eftersedimentering – utlopp i Seine.

*Slammet:* rötning – termisk behandling – avvattning med filterpress.

## Processinformation

Tabell sammanställd av information från reningsverkens hemsidor, deras årsrapporter och kontakt med kontaktpersonerna för de olika verken.

Reningsverk	Personekvivalen- ter (pe)	Medelflöde M <sup>3</sup> /dygn	Fällnings- kemikalie	Slam- behandling
Stockholm, Bromma	286 000	123 000	FeSO <sub>4</sub>	Centrifugering
Stockholm, Henriksdal	690 000	241 000	FeSO <sub>4</sub>	Centrifugering
Göteborg, Gryaab	560 000	327 000		Centrifuger 30 % TS alt silbandspressar 25 % TS
Malmö, Klagshamn	90 000	23 800	FeCl <sub>3</sub>	Centrifugering
Malmö, Sjölunda	310 000	126 000	FeSO <sub>4</sub>	Centrifugering
Helsingfors, Viikinmäki	740 000	270 000	FeSO <sub>4</sub>	Avvattning, oklart hur
Oslo, Bekkelaget	350 000a	102 000		
Oslo, VEAS	438 300a	266 000	PAX-XL1, en förpolymeriserad aluminium- produkt	Filterpress, värmebehandlin- g och kalktillsats.
Köpenhamn, Damhusåen	350 000	552 000 maxflöde	Biologiskt, FeCl <sub>3</sub> alt AlCl <sub>3</sub> .	Centrifugering, TS 20-25 %
Köpenhamn, Lynette	750 000	996 000 maxflöde	Som Damhusåen	Som Damhusåen
Amsterdam, DWR	b	b	FeClSO <sub>4</sub> , små anläggningar. FeSO <sub>4</sub> , stora anläggningar samt utprovning av biologisk P- red.	Mekanisk avvattning
Hamburg, Hamburg Stadtewässerung	2.1 miljoner	460 000	FeSO <sub>4</sub>	Centrifugering, kondensering
Paris, Achères	6 miljoner a	2 000 000	FeCl <sub>3</sub>	Termisk behandling + avvattning med filterpress.

a) använder inte personekvivalenter utna räknar befolkningsmängd

b) slambehandlingen sker centralt. Inkommande slam ifrån 13 reningsverk.

Personekvivalenter: summa BOD<sub>7</sub> / 70 g BOD<sub>7</sub> per person och dygn.

## Källor till tungmetaller i slam

### Bly

- Tvättvatten ifrån bilvårdsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Dagvatten ifrån trafikplatser och industritomter, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Gamla blyledning i vattendistributionssystemet, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- I gamla färgpigment, (Europeiska kommissionen, rapport 4)
- I viss kosmetika, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- I kristallglas, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- I konservburkar, (Bergman, Å. 2002).
- Blyhagel, (Bergman, Å. 2002).
- Blysänken, (Bergman, Å. 2002).
- Blymönja (rostskyddsfärg), (Birgersson, Å. m.fl.).

### Kadmium

- Den största källan kommer ifrån matprodukter, tvättmedel, kroppsvårdsprodukter och regnvatten, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Spillvatten ifrån bilvårdsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Dagvatten ifrån vägar, parkeringsplatser, trafikplatser, industritomter och försvarsanläggningar, (Levlin, E. m.fl.2002).
- Hushåll (urin, avföring, korrosion av VVS-utrustning, hushållsapparater, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Konstnärsskolor, studieförbund och andra ställen där konstnärsfärger används, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Tvättvatten ifrån tvätterier som tvättar verkstadskläder, (Levlin, E m.fl. 2002).
- Spillvatten ifrån verkstadsindustrin och ytbehandlare, (Levlin, E m.fl. 2002).
- Spillvatten ifrån försvarsindustrin och dess underleverantörer (har dispens i Sverige) , (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Spillvatten ifrån rökgaskondensat och annat avloppsvatten ifrån förbränningsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Grundvatten ifrån brunnar i områden med kadmiumrik berggrund, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Laddningsbara batterier, Ni-Cd batterier, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Finns i legeringar och ackumulatörer, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- I naturen förekommer kadmium tillsammans med zink, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).

### Koppar

- Korrosion ifrån rör, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Träimpregnering, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Båtbottenfärg, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Finns i legeringar och elektriska ledningar, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).

### Krom

- Metall- kemi- och läderindustrin, (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- I Skandinavien används krom vid tryckimpregnering tillsammans med arsenikföreningar, fenol och kreosol, (Europeiska kommissionen, rapport 4).

- Textilindustrin speciellt om polyesterblandningar används (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Finns i legeringar, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- Förkromning för korrosionsskydd, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).

### **Kvicksilver**

- Hushåll (korrosion av amalgamfyllningar). Amalgamfyllningar är den helt dominerande källan till hushållens kvicksilverbidrag till slam, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Tandvårdsmottagningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Laboratorier och andra lokaler där man hanterat eller har hanterat kvicksilver (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Rökkondensat ifrån förbränningsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Används fortfarande i termometrar i vissa EU-länder (Europeiska kommissionen, rapport 4).
- Barometrar, manometrar, urladdningslampor, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- Elektriska brytare (i bl.a. transformatorer), (Bergman, Å. 2002).
- För guld och silverutvinning (Sydamerika, Asien och Afrika), (Bergman, Å. 2002).

### **Nickel**

- Spillvatten ifrån ytbehandlare, verkstadsindustrin och andra som bedriver förnickling eller arbetar med rostfritt stål, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Spillvatten ifrån bilvårdsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Nickel används som katalysator vid reduktionen av våt gas, t.ex. för att mätta omättade fettsyror vid margarinframställning, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- Finns i mynt, dörrhandtag, knappar, blixtlås och verktyg, (Birgersson, Å. m.fl. 1999)
- Nickeloxid, grönt pigment i färger, glas och glasyr, (Birgersson, Å. m.fl. 1999)

### **Zink**

- Förzinkning, skyddar järnföremål mot korrosion, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- Galvanisering och varmförzinkning, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- Zinkvitt ett pigment, (Birgersson, Å. m.fl. 1999).
- Spillvatten ifrån bilvårdsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Spillvatten ifrån ytbehandlings- och verkstadsindustrin, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Dag- tak- och dränvatten, (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Hushåll (urin, avföring, korrosion), (Levlin, E. m.fl. 2002).
- Spillvatten ifrån förbränningsanläggningar, (Levlin, E. m.fl. 2002).