

Vismut och volfram i slam – En utvärdering av förmodade och identifierade källor



Täckhammars slamlager

Foto: Marcus Frenzel



Rapport 10-SV653

Abstract

Every year about 70 000 tons of sewage sludge is produced at the two sewage treatment plants Bromma and Henriksdal. Besides important fertilizer (phosphorous) the sludge also contains metals, pesticides and other pollutants, which make it hard to spread it directly on the farmlands. To fulfill the national environmental goal: *“by 2015 at least 60% of the phosphorus compounds present in the wastewater shall be recovered for use on productive land, of which at least 50% should be returned to farm land”* the trade organization Svenskt Vatten has launched the project REVAQ with the intention to guarantee a safe sludge production and that the sludge fulfils the current requirements, e.g. limits for certain metals.

This work is the continuation on a previous diploma work, carried out in 2009, where some known and assumed sources to bismuth and tungsten in the sludge were pointed out together with some questions considered interesting for further study. Known sources of bismuth and tungsten were run-off water from roads, cosmetics and the precipitation chemical used for precipitation of phosphorus in the waste water.

A main part of the work was to investigate whether other wastewater treatment plants in Sweden have similar problems with enhanced levels of bismuth and tungsten. After contacting all REVAQ-certified plants it was apparent that increased levels of bismuth were common. During the past 10 years, the levels of bismuth have risen about three times, and the tungsten levels have more or less been unchanged.

Frozen samples of run-off water were analyzed in regard to bismuth and tungsten. The calculated emissions of tungsten from the traffic proved to correspond to the previous assumption, but neither traffic nor precipitation represent any main source of bismuth (<1%).

Cosmetics may contain bismuth in order to give glossiness by application. Different products and brands were analyzed in regard to bismuth. The variation of the content was large, from less than 1% to over 30%. However, a theoretical estimation of the bismuth contribution from the cosmetics could not be made.

The precipitation chemical is since 2009 analyzed four times per year, and its contribution to the metal levels is about 5% (tungsten) and less than 1% (bismuth). Totally, in 2009 141 kg bismuth and 288 kg tungsten was transported to Bromma and Henriksdal.

The work has been carried out as a diploma work for a Master's degree at the Department of Materials and Environmental Chemistry at Stockholm University (Arrhenius Laboratory, Stockholm University, S-106 91 Stockholm, SWEDEN) .

Sammanfattning

Varje år bildas ungefär 70 000 ton slam vid Bromma och Henriksdals avloppsreningsverk. Förutom viktig näring i form av fosfor innehåller slammet även metaller, bekämpningsmedel och andra föroreningar, vilket gör det svårt att sprida slammet direkt på åkrarna. För att kunna leva upp till delmiljömålet ”senast år 2015 skall minst 60% av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark” har branschorganisationen Svenskt Vatten sjösatt projektet REVAQ (Återvunnen växtnäring Certifierat slam) med intentionen att garantera en säker slamproduktion och att slammet uppfyller gällande krav på t.ex. gränsvärden för vissa metaller.

Arbetet är en fortsättning på ett tidigare examensarbete från 2009, vari några kända och förmodade källor till vismut och volfram i slammet pekades ut tillsammans med ett antal frågeställningar som ansågs vara av intresse för en djupare utredning. Källorna till vismut och volfram som konstaterades var dagvatten, fällningskemikalien (används för att fälla ut fosfor ur avloppsvatten) samt kosmetika.

En viktig del i undersökningen var att se om andra reningsverk i Sverige hade liknande problem med för höga vismut- och volframhalter i sitt slam. Alla REVAQ-certifierade verk kontaktades, och det visade sig fort att det var mycket vanligt med höga vismuthalter. Sammantaget kan man säga att det skett ungefär en tredubbling av halterna de senaste 10 åren. Halterna av volfram under samma tidsperiod har i stort sett inte ändrat sig alls.

Frysta dagvattenprover analyserades med avseende på vismut och volfram. De beräknade emissionerna av volfram från trafiken visade sig stämma väl överens med tidigare beräkningar, medan varken nederbörd eller trafik utgör några stora källor till vismut (<1 kg).

Kosmetika kan innehålla vismut och ger en sidenmatt lyster vid applicering. Olika produkter och märken analyserades med avseende på vismut, varvid det framkom att variationen i halterna var stor, mellan mindre än 1% till över 30%. En teoretisk beräkning av kosmetikans bidrag av vismut i slammet kunde dock ej göras.

Fällningskemikalien analyseras från och med 2009 fyra gånger per år, och dess bidrag till metallhalterna i slammet utgör ungefär 5% (volfram) och under 1% (vismut). Totalt inkom till Bromma och Henriksdal 2009 141 kg vismut och 288 kg volfram.

Arbetet har utförts som ett projektarbete för en magisterexamen vid Institutionen för material- och miljö kemi vid Stockholms Universitet (Arrheniuslaboratoriet, Stockholms Universitet, 106 91 Stockholm).

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte/mål.....	3
1.2	Källor/källdiskussion.....	3
2	Bakgrund.....	4
2.1	Källor till vismut och volfram.....	4
2.2	Reningsverken.....	5
2.3	Vismut.....	7
2.3.1	Toxicitet.....	8
2.4	Volfram.....	8
2.4.1	Toxicitet.....	9
3	Reningsverkens halter av vismut och volfram.....	10
3.1	Bakgrund.....	10
3.2	Sammanställning.....	11
3.2.1	Vismut.....	11
3.2.2	Volfram.....	12
3.2.3	Slutsats.....	14
3.2.4	Närstudie: vismut i slam från Bromma och Henriksdal.....	15
4	Undersökningar av vismut och volfram i spillvatten.....	16
4.1	Bakgrund.....	16
4.1.1	Jämförelse.....	16
4.1.2	Inloppstunnlar.....	17
4.1.3	Grannkommuner.....	18
4.1.4	Industriområden.....	18
4.1.5	Hushållspillvattenundersökningar.....	19
4.2	Resultat.....	22
4.2.1	Vismut.....	22
4.2.2	Volfram.....	25
4.3	Felkällor.....	27
5	Undersökta källor till vismut och volfram.....	28
5.1	Dagvatten.....	28
5.1.1	Prover.....	29
5.1.2	Felkällor.....	30
5.1.3	Dagvattnets bidrag av vismut och volfram.....	30
5.1.4	Slutsats.....	33
5.2	Kosmetika.....	34
5.2.1	Vismutoxyklorid – en källa till diskussioner.....	34
5.2.2	Gränsvärden och miljökrav.....	36
5.2.3	Konsumerad mängd kosmetika.....	37
5.2.4	Spridning.....	38
5.2.5	Kosmetikans bidrag av vismut i slammet.....	39
5.3	Fällningskemikalien.....	41
5.4	Vismut i varor.....	42

6	Diskussion.....	43
6.1	Andra reningsverk.....	43
6.2	Områdesinventeringar.....	43
6.3	Undersökta källor.....	43
6.3.1	Dagvatten.....	43
6.3.2	Kosmetika.....	44
6.3.3	Fällningskemikalien.....	44
6.4	Sammanställning av undersökta vismutkällor.....	44
7	Slutsatser.....	46
7.1	Vismut.....	46
7.2	Volfram.....	46
7.3	Inför framtiden.....	47
	Avslutningsord.....	47
	Referenser.....	48
	Publicerade källor.....	48
	Opublicerade källor.....	51
	Internetkällor.....	51
	Muntliga källor.....	52

Bilagor

Bilaga 1.	Sammanställning av reningsverkens rapporterade halter
Bilaga 2.	Informationsinhämtningsunderlag från reningsverken
Bilaga 3.	Provpunktens placering i Åkeshov
Bilaga 4.	Behandling av frysta dagvattenprover
Bilaga 5.	Hydrologisk budget 2005
Bilaga 6.	Hydrologisk budget 2007
Bilaga 7.	Benämningar vismutoxyklorid
Bilaga 8.	Inventeringsprotokoll kosmetikaprodukter
Bilaga 9.	Metodbeskrivning kosmetikaanalys
Bilaga 10.	Analysprotokoll kosmetika
Bilaga 11.	Analysprotokoll Eurofins AB

Figur- och tabellförteckning

Figur 1.	Schematisk bild av reningsprocessen. Figur tagen ur Stockholm Vatten, Miljörapport 2009.	6
Figur 2.	Upptagningsområde för Bromma och Henriksdal. Figur tagen ur Stockholm Vatten, Miljörapport 2009.	6
Figur 3.	Lokalisering av kontaktade reningsverk. Källa: Svenskt Vatten.	10
Figur 4 a.	Vismut i Borås, Bromma och Hagfors.	12
Figur 4 b.	Vismut i Henriksdal, Himmerfjärden och Jönköping.	12
Figur 4 c.	Vismut i Klagshamn, Käppala och Norrköping.	12
Figur 4 d.	Vismut i Göteborg och Sjölunda.	12
Figur 5 a.	Volfram i Borås, Bromma och Hagfors.	13
Figur 5 b.	Volfram i Henriksdal, Himmerfjärden och Jönköping.	13
Figur 5 c.	Volfram i Klagshamn, Käppala och Norrköping.	14
Figur 5 d.	Volfram i Göteborg och Sjölunda.	14
Figur 6.	Uppmätta vismuthalter i slam 1999-2009 vid Bromma och Henriksdals reningsverk. Källa: Stockholm Vatten.	15
Figur 7.	Henriksdals avloppsledningsnät. Figur tagen ur <i>Trångsunds industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2009</i> (Lindgren, 2010).	17
Figur 8.	Brommas avloppsledningsnät. Figuren gjord av Mattias Lindgren.	18
Figur 9.	Karta över områden där hushållspillvattenundersökningar har genomförts. Källa: Stockholm Vatten.	20
Figur 10.	Vismut/fosforkvot (mg/kg) i inloppstunnlarna. Källa: Stockholm Vatten AB, Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b c), WASTE och Gryaab (2008).	22
Figur 11.	Vismut/fosforkvot (mg/kg) i grannkommunernas anslutningspunkter. Källa: Johansson (2008 b, c, 2009 b, c).	23
Figur 12.	Vismut/fosforkvot (mg/kg) från industriområden. Källa: Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b).	23
Figur 13.	Vismut/fosforkvot (mg/kg) i hushållspillvattnet. Källa: Johansson (2008 a, 2009 a) och Gryaab (2008).	24

Figur 14.	Volfram/fosforkvot (mg/kg) i inloppstunnlarna. Källa: Stockholm Vatten AB, Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b, c) och WASTE.	25
Figur 15.	Volfram/fosforkvot (mg/kg) i grannkommunernas anslutningspunkter. Källa: Johansson (2008 b, c, 2009 b, c).	26
Figur 16.	Volfram/fosforkvot (mg/kg) från industriområdena. Källa: Andersson (2004 a) Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b).	26
Figur 17.	Volfram/fosforkvot (mg/kg) i hushållsspillvatten. Källa: Johansson (2007 a, 2008 a & 2009 a), Andersson (2005).	27
Figur 18.	Total mängd vismut in till Bromma och Henriksdal 2008-2009. Källa: Stockholm Vatten.	33
Figur 19.	Total mängd volfram in till Bromma och Henriksdal 2007-2009. Källa: Stockholm Vatten.	33
Figur 20.	SEM-bild av vismutoxyklorid. 1 µm = 1/1000 mm. Figur tagen från Zhang et al., 2008.	35
Figur 21.	Fördelning av torrsubstans mellan olika funktionsgrupper, volymprocent exklusive vatten. Figur tagen ur <i>Miljöpåverkan från läkemedel samt kosmetiska och hygieniska produkter</i> (Läkemedelsverket, 2004).	37
Figur 22.	Schematisk flödesbild för kosmetika och hygienprodukter. Figur tagen ur Regional- och miljöstatistik 2009:3, <i>Läkemedel samt kosmetika och hygienprodukter i Sverige, Metodutveckling för försäljningsstatistik och flödesstudier</i> (SCB, 2009).	38
Figur 23:	Total omsättning (import och inhemsk tillverkning) av några vismutföreningar. Vismut avläses på den högra skalan. Källa: sökverktyget KemI-stat, Kemikalieinspektionen.	42
Figur 24.	Källor till vismut år 2008. Totalt Bromma och Henriksdal.	44
Figur 25.	Källor till vismut år 2009. Totalt Bromma och Henriksdal.	44
Tabell 1.	Fällningskemikaliens högsta respektive lägsta uppmätta värde för vismut och volfram samt det möjliga bidraget till totalmängden av volfram och vismut i slam fördelat på Bromma respektive Henriksdals reningsverk. Tabell tagen ur Lindgren (2009).	4
Tabell 2.	Snabbfakta vismut. Källa: Internet, Nationalencyklopedin.	7
Tabell 3.	Snabbfakta volfram. Källa: Internet, Nationalencyklopedin.	9
Tabell 4.	Vismut i slam sedan 2000.	11

Tabell 5.	Volfram i slam sedan 2000.	13
Tabell 6.	Analysresultat vismut och volfram i dagvattnet. Källa: Eurofins AB	29
Tabell 7.	Beräkning av mängden volfram som emitteras till dagvattnet baserad på analyserade dagvattenprover och 2005 års hydrologiska budget.	31
Tabell 8.	Beräkning av mängd vismut emitterad av fordonstrafik och som hamnar i dagvattnet inom Stockholm Stad. Baserad på 1998 års fordonsstatistik från Gatu- och fastighetskontoret, hydrologisk budget för Stockholm, 2007 och med en emissionsfaktor på 0,061 µg/fordonskilometer (Sternbeck et al., 2001).	32
Tabell 9	Beräkning av mängden vismut som hamnar i dagvattnet via nederbörden baserat på analyserat nederbördsvatten och 2007 års hydrologiska budget.	33
Tabell 10	Snabbfakta vismutoxyklorid. Källa: SciFinder Substances och Zhang et al. (2008).	35
Tabell 11.	Försåld mängd kosmetika mellan åren 2002 och 2006. Källa: SCB (2009)	38
Tabell 12.	Analysresultaten för de undersökta kosmetikaproverna.	40
Tabell 13.	Förbrukning av fällningskemikalien och dess totala bidrag av vismut i Bromma och Henriksdal. Källa Stockholm Vatten, Miljörapport 2008 och 2009 samt Eurofins online.	41
Tabell 13.	Förbrukning av fällningskemikalien och dess totala bidrag av volfram i Bromma och Henriksdal. Källa Stockholm Vatten, Miljörapport 2008 och 2009 samt Eurofins online.	41

Ordförklaring

- F-AAS** Flam-AtomAbsorptionsSpektroskopi. Ett prov löses i t.ex. en syra och suges in i en flamma. Flamman belyses med ljus från en hålkatodlampa som består av samma ämne som man vill analysera. När strömmen slås på exciteras elektronerna i glödtråden, men de återgår direkt till grundstadiet. När detta sker utsänds ljus med exakta våglängder som är specifika för varje ämne. Dessa våglängder motsvarar alltså den energi som krävs för att kunna excitera atomerna i provet. När provet förs in i flammen tas alltså en del av ljuset från lampan upp och man får en *absorption* (andelen inkommande ljus är lägre än utgående). En enkel och robust teknik, men den lider av sämre detektionsgräns än t.ex. ICP-MS.
- ET-AAS** Bygger på samma teknik, men istället för en flamma används en liten grafitbägare där provet placeras och atomiseras genom att ström leds igenom bägaren. Ger lägre detektionsgräns än för FAAS.
- HG-AAS** Här bildas en hydrid av det ämne man vill analysera (i det här fallet skulle alltså BiH_3 ha bildats).
- ARV** Förkortning för avloppsreningsverk.
- BOD** Biological Oxygen Demand. Det är ett mått på hur mycket biologiskt nedbrytbar substans det finns i ett prov. Det är en analys som avgör hur snabbt organismer förbrukar syrgas i en given mängd vatten. Enheten är mg syrgas per liter över sju dagar ($\text{mg O}_2/\text{L}/7$ dygn).
- COD** Chemical Oxygen Demand. Är ett mått på den mängd syrgas som förbrukas vid fullständig kemisk nedbrytning av organiska ämnen i vatten. Uttrycks i enheten mg syre/L ($\text{mg O}_2/\text{L}$).
- Duplicerade ledningsnät** Med duplicerade ledningsnät menas att dagvattnet och spillvattnet leds i varsin avloppsledning utan att de blandas. Dagvattnet leds direkt ut till recipienten eller till en separat anläggning för lokalt omhändertagande av dagvatten. Motsatsen är kombinerade system där dagvattnet och spillvattnet blandas för att sedan tillsammans ledas till ett reningsverk.
- LC₅₀** Den *koncentration* vid vilken 50% av försöksdjuren dör i ett toxikologiskt test.
- LD₅₀** Den *dos* vid vilken 50% av försöksdjuren dör i ett toxikologiskt test.
- LOD** Limit Of Detection. Den lägsta koncentration som krävs för att man med säkerhet ska kunna detektera ett ämne (oftast definierat som tre gånger bakgrundsbruset).
- LOQ** Limit of Quantification. Den lägsta koncentration som krävs för att man med säkerhet ska kunna kvantifiera ett ämne (oftast definierat som 10 gånger bakgrundsbruset).

Nm³	Förkortning för normalkubikmeter. En normalkubikmeter motsvarar den mängd gas som upptar en volym av en kubikmeter vid ett tryck av en bar (normaltrycket vid havsytan).
NOAEL	No-observed-adverse-effect level. Den dos som kan intas utan att några negativa effekter uppstår på organismen (kallas även för tröskeldos).
Recipient	Mottagare av dagvatten eller renat spillvatten.
REVAQ	Återvunnen växtnäring Certifierat slam. Certifieringssystem för produktion av slam avsett för spridning på åkermark.
TOC	Är ett mått på det totala organiska kolinnehållet i ett prov.
TS	Förkortning för torrs substans. Generellt en beteckning för torkat slam eller substans.

1 Inledning

I april 1999 antog Riksdagen 15 nationella miljömål. I dessa miljömål beskrivs vilka egenskaper miljön måste ha för att man ska kunna se samhället som hållbart. Huvudsyftet med miljömålen är att kommande generationer ska ärva ett samhälle där de viktigaste miljöproblemen är lösta. Ett av dem är ”*God bebyggd miljö*”, där det bl.a. sägs att ”*byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas*” (Regeringskansliet, sammanfattning av proposition 2004/05:150). Slam räknas som avfall och behandlas därför i detta miljömål.

2005 delades de nationella miljömålen in i delmål för att öka konkretiseringen med miljöarbetet i samhället, samtidigt som ett 16:e miljömål antogs. För målet ”*god bebyggd miljö*” är ett av delmålen att

”*Senast år 2015 skall minst 60% av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark*” (Internet, Miljömålsportalen).

Eftersom slam från reningsverken är en bra fosforkälla är det önskvärt att försöka använda slammet som gödningsmedel inom jordbruket. Ett problem vid slamproduktionen är kvaliteten på det inkommande avloppsvattnet, och därigenom kvaliteten på slammet. Förekomsten av allehanda metaller, läkemedel, bekämpningsmedel etc. avspeglar den ökade användningen av kemikalier i dagens samhälle, där lejonparten av dem till slut hamnar i reningsverken, antingen i ren form eller som olika metaboliter. Dessutom finns det en utbredd skepsis inom vissa kretsar mot att använda och sprida slammet på åkrar avsedda för livsmedelsproduktion, vilket manifesterades i en debattartikel i Dagens Nyheter i april 2009, där ett 40-tal forskare, agronomer, miljövetare med flera varnade för att använda slammet som gödningsmedel med hänvisning till dess innehåll av bl.a. kadmium. Alternativet som fördes fram var förbränning av det torkade slammet för att sedan ta tillvara den begärliga fosfor ur askan (Jarlöv et al., 2009).

För att skapa en samsyn mellan jordbrukare, konsumenter och slamproducenter och kunna bemöta tveksamheten till slam användning på åkermark har de kommunala VA-bolagens branschorganisation Svenskt Vatten utformat ett certifieringssystem för avloppsslam, REVAQ. Intentionen är att garantera en säker slamproduktion och att slammet uppfyller gällande krav med avseende på gränsvärden, ge transparent information till deltagarna om hur slammet producerats och dess sammansättning och fungera som en drivkraft för fortsatt förbättring av slamkvaliteten.

Ett av de långsiktiga målen med REVAQ är att halterna av metall och andra oönskade organiska föreningar i matjord inte ska öka vid slamspridning i gödningsssyfte, dvs. en jämvikt ska råda mellan tillförsel och upptag av ett stort antal spårämnen. Dessa ämnen listas i Naturvårdsverkets rapport nr 5148, ”*Koncentrationer av 61 spårämnen i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, nederbörd samt i jord och gröda*” (Eriksson, 2001), vilken fungerar som en databank för genomsnittliga halter av metallerna i olika jordtyper, nederbörd och gödsel.

En av målsättningarna i REVAQ är att senast 2025 ska ackumuleringstakten för icke-essentiella spårämnen inte överstiga 0,2% per år, dvs. halterna av dessa metaller ska inte kunna fördubblas i jorden på mindre än 500 år vid maximal spridning av slam. Om något av spårämnena har en ackumuleringstakt på över 0,2% per år blir det en s.k. prioriterad metall som måste tas upp i en åtgärdsplanering (Svenskt Vatten, 2009). Enligt dessa regler blir både vismut och volfram prioriterade metaller för Henriksdals reningsverk och vismut är prioriterad för Bromma reningsverk.

Bromma reningsverk certifierades enligt REVAQ 2008 och Henriksdal certifierades 2009. Under år 2008 producerades knappt 70 000 ton slam, varav den största delen användes för återställning av markområden vid norrländska gruvor. Endast 5400 ton från Bromma lagrades i ett mellanlager innan spridning på åkermark under hösten 2009 (Stockholm Vatten, Miljörapport 2008).

I februari 2010 var 22 reningsverk certifierade inom REVAQ, och ytterligare ett 10-tal har ansökt om certifiering. Notabelt är att alla reningsverk ligger i mellersta eller södra Sverige, de två nordligaste ligger i Bollnäs kommun (Arbrå och Glössbo reningsverk). Anledningen till detta skulle kunna vara att andra reningsverk längre norrut inte har samma problematik som uppstår vid hög belastning (stort antal anslutna personekvivalenter) och därför har de heller inget intresse att bedriva certifieringsarbete (muntlig källa Zahrah Ekmark 2010-02-19).

1.1 Syfte/mål

Arbetet är en fortsättning på den magisteruppsats om vismut och volfram i slam som skrevs 2009 (Lindgren, 2009), där ett antal frågeställningar inför framtiden bragdes i dagen. Dessa handlade i stort om att försöka beräkna dagvattnets påverkan på metallhalterna i slammet och en djupare studie av förekomsten av vismut i kosmetika. Det finns också ett intresse av att kontrollera om det höga halterna av vismut och volfram i slammet är ett renodlat Stockholmsfenomen eller om andra städer också har uppdagat samma problematik.

För att uppnå detta har ett antal delmoment utförts:

- Dagvattnets bidragsdel av Bi/W-halterna (mängder) i slammet i Bromma och Henriksdal har beräknats utifrån analyserade prover.
- En jämförelse mellan alla REVAQ-an slutna reningsverks halter av Bi och W i slammet för att se eventuella trender.
- En sammanställning och utvärdering av halterna (koncentrationer) i vatten från industriområden, grannkommuner, tunnlar och hushållspillvatten utifrån tidigare undersökningar.
- En teoretisk beräkning av bidraget från smink till slammet utifrån inventering och analys av kosmetikaprodukter.
- Studera fällningskemikaliers bidrag till vismut och volfram i slammet.

1.2 Källor och källdiskussion

Examensarbetet har utförts som både en litteraturstudie och laborativt arbete. Sökningar av akademiska artiklar för vismutanalys i smink och annan toxikologisk information har skett i databaser tillgängliga via Stockholms Universitet, såsom SciFinder, ScienceDirect Elsevier, SCIRUS och SCOPUS. För bakgrundsfakta rörande metallerna har Nationalencyklopedin på nätet använts. Sökningarna har skett via Universitetets datorer, som ger tillgång till fullängdsartiklar. Insamlingen av information om produkter innehållande vismutoxyklorid skedde på fältet under några dagar (resultatet redovisat i bilaga 8). Även olika myndigheters och organisationers respektive hemsidor har använts för bakgrundsinformation.

När det gäller uppgifter om halter av vismut och volfram från andra reningsverk har källorna varit respektive verks REVAQ-kontaktperson samt i något fall miljörapporterna (uteslutande från år 2008). De flesta verk är redan certifierade, medan övriga arbetar för att få sitt slam certifierat under 2010 eller på några års sikt.

2 Bakgrund

Under våren 2009 utfördes ett examensarbete med en riskutvärdering av vismut och volfram i avloppsslammet. Arbetet, utformat som en litteraturstudie, beskrev ingående både vismut och volframs egenskaper, användningsområden, gränsvärden och toxicitet i miljön tillsammans med de bakgrundshalter som kan återfinnas i Sverige. Halterna av vismut och volfram i slammet vid Bromma och Henriksdal togs också upp till beaktande samt respektive metalls fördubblingstid i mark vid spridning med avloppsslammet. Kända och möjliga källor till metallerna diskuterades också (Lindgren, 2009). Eftersom detta arbete ska kunna läsas som en fristående fortsättning på Lindgrens studie kommer en kort bakgrund om metallerna även att tas upp här, men för mer djuplodande information hänvisas till Lindgren.

2.1 Källor till vismut och volfram

Totalt sett har tre källor till volfram i slammet kunnat identifieras; dubbar i bildäck (volframkarbid, WC eller W₂C) där metallen når reningsverken via dagvattnet, en industri i södra Stockholm som kontinuerligt släpper volfram till avloppet och fällningskemikalien Quickfloc.

En trolig källa till vismut är hushållsspillvatten, eftersom kurvorna för fördubblingstiden i de båda reningsverken är i stort sett parallella sedan 1999 och inga punktkällor av vismut kunde identifieras av Lindgren. Vismut förekommer i små mängder i bl.a. fyrverkerier och smörjfetter men metallen kan även härröra från luftföroreningar som uppstår vid förbränning av kol, olja, biobränsle och avfall. Vismut finns även i smink, där vismutoxyklorid (BiOCl) används som tillsats och för att ge en glittereffekt. Även fällningskemikalien skulle kunna innehålla vismut (Lindgren, 2009).

Fällningskemikalien, Quickfloc (järn(II)sulfat-heptahydrat), som används vid avloppsrening konstaterades vara den enda större beräkningsbara källan till metallerna i slammet. De analyser som gjorts av den visade på mycket varierande halter och Lindgren gjorde en teoretisk beräkning av dess bidrag till slammet (se tabell 1).

	Innehåll i mg/kg TS	Använd mängd år 2008 i ton TS	Tillförd mängd till slam i kg	Andel av slaminnehållet
Vismut Bromma reningsverk	<0,1 - 2,12	1912	<0,2 - 4	<1,2 - 25,1 %
Volfram Bromma reningsverk	<0,03 - 14	1912	<0,06 - 26,8	<0,1 - 47 %
Vismut Henriksdals reningsverk	<0,1 - 2,12	4690	<0,5 - 10	<0,7 - 14,9 %
Volfram Henriksdals reningsverk	<0,03 - 14	4690	<0,2 - 65,7	<0,1 - 28 %

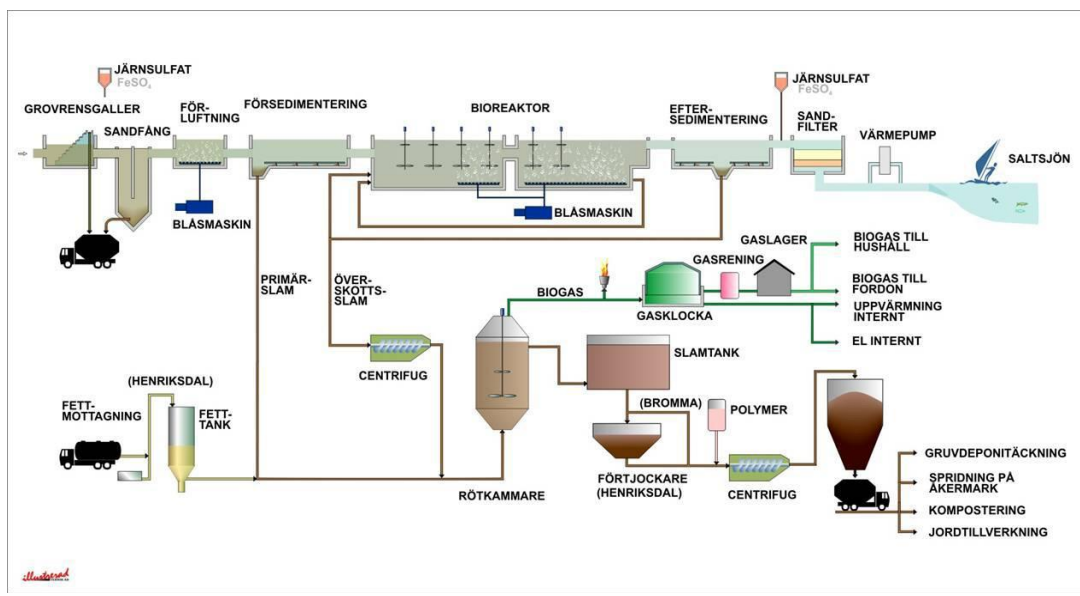
Tabell 1. Fällningskemikaliens högsta respektive lägsta uppmätta värde för vismut och volfram samt det möjliga bidraget till totalmängden av volfram och vismut i slam fördelat på Bromma respektive Henriksdals reningsverk. Tabell tagen ur Lindgren (2009).

2.2 Reningsverken

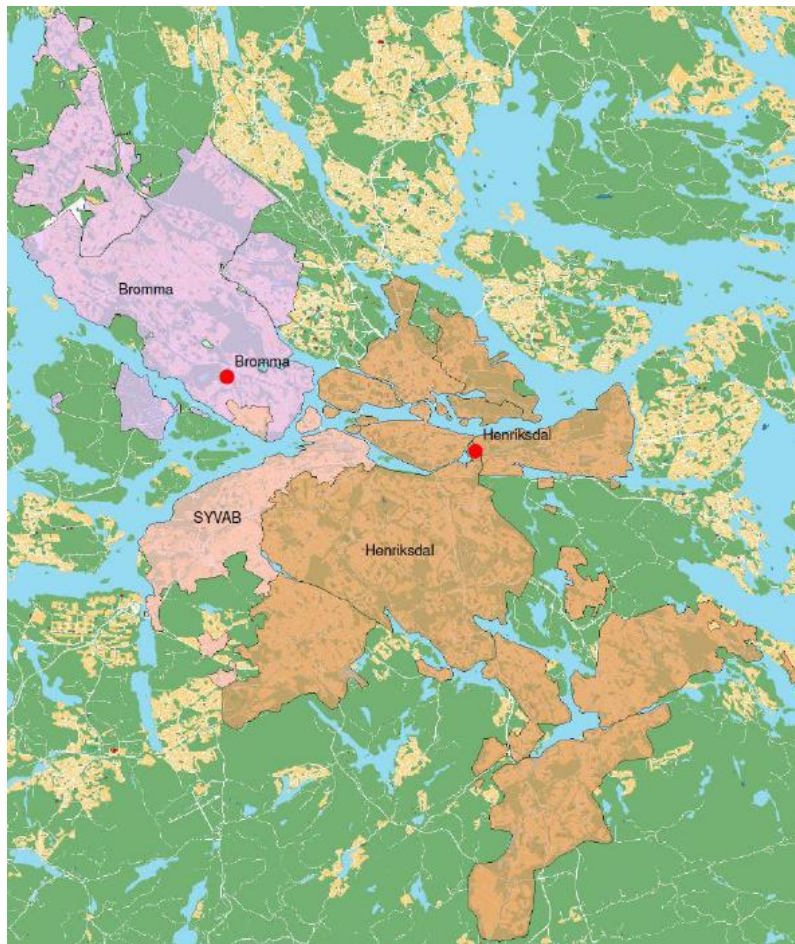
Dåvarande Åkeshovs reningsverk togs i drift 1934 och hade till uppgift att slamavskilja avloppsvattnet från 15 000 personer i stadsdelarna väster om Tranebergsbron. Till en början var reningen enklast tänkbara, man avskiljde slammet mekaniskt från det inkommande vattnet (Cronström, 1986). I flera olika etapper har sedan reningsverket byggts ut till att idag omfatta två anläggningar – Åkeshov och Nockeby (det gemensamma namnet är Bromma reningsverk) som tillsammans renar avloppsvattnet från Tranebergsbron i öster till Hässelby och Spånga i väster. Dessutom mottas avloppsvatten från Sundbyberg, Järfälla och små delar av Ekerö och Solna kommuner. Idag renas vattnet i tre steg – mekanisk, kemiskt och biologiskt – innan det släpps ut till recipienten, Saltsjön. 2009 mottog verket 43,7 miljoner m³ spillvatten från 303 446 anslutna (mantalsskrivna) personer, dagvatten och industrier. Ur detta bildades 2009 16 200 ton avvattnat slam (Stockholm Vatten, Miljörapport 2009).

Henriksdals reningsverk byggdes under åren 1935 till 1941 och hade till en början samma primitiva rening som i Åkeshov. Från början var det tänkt att verket skulle ligga precis vid Hammarbykanalens utlopp i Saltsjön, men efter protester från det närliggande Saltsjökvarn som hävdade att det malda mjölet skulle kunna ta skada av dunsterna från anläggningen eller i vart fall att allmänheten skulle kunna misstänka att så var fallet, fick man tänka om. Samtidigt konstaterades att den utsedda platsen var i minsta laget, och därför sprängdes reningsverket in i berget istället. Redan i början av 50-talet visade sig anläggningen vara för liten och byggdes ut första gången (Cronström, 1986). Idag har Henriksdal 736 597 anslutna personer som genererar 53 000 ton avvattnat slam ur 88,8 miljoner m³ inkommande vatten från hushåll, industrier och dagvatten. Upptagningsområdet sträcker sig från innerstaden ut i de södra förorterna och Tyresö, Nacka, Haninge och Huddinge kommuner. Reningen sker även här i tre steg innan det reade avloppsvattnet släpps ut i Saltsjön (Stockholm Vatten, Miljörapport 2009).

Slammet rötas för utvinning av metan som används för produktion av fordonsbränsle (biogas) för att sedan avvattnas innan bortforsling. Totalt producerade de två reningsverken 2009 14,6 miljoner Nm³ (normalkubikmeter, se ordförklaring) biogas (Stockholm Vatten, Miljörapport 2009).



Figur 1. Schematisk bild av reningsprocessen. Figur tagen ur Stockholm Vatten, Miljörapport 2009.



Figur 2. Upptagningsområde för Bromma och Henriksdal. Området märkt "SYVAB" lämnar sitt avloppsvatten till Himmerfjärdsverket i Grödinge. Figur tagen ur Stockholm Vatten, Miljörapport 2009.

2.3 Vismut

Vismut ligger precis bredvid bly i det periodiska systemet och räknas som en tungmetall. Vismut är ett tämligen sällsynt grundämne, då den totala mängden i jordskorpan har beräknats till ca 200 000 ton, varav ca 24% finns i Sydamerika. Vismut återfinns framför allt som oxid (Bi_2O_3) eller sulfid (Bi_2S_3) och utvinns oftast som en biprodukt vid brytning av koppar-, bly- och tennmalm. År 2007 uppgick världsproduktionen till ca 5300 ton (British Geological Survey, 2009). Halterna av vismut i marken kan variera kraftigt mellan olika geologiska bildningar. Kol har en medelhalt på ca 0,1 mg/kg och sandsten innehåller runt 3 mg/kg (Lindgren, 2009). I Sverige är den genomsnittliga halten i jord 0,16 mg/kg TS (Eriksson, 2001).

Priset på vismut har stigit under de senaste fem åren, vilket är en fingervisning om metallens ökade användning (muntlig info Peter Håkansson 2010-04-06).

Vismut är en spröd rödaktig metall med låg smält- och kokpunkt och har den intressanta egenskapen att den utvidgas ca 3% när den stelnar. Detta gör vismut mycket användbar i olika lågtemperatursmältande typer av legeringar där hög fyllnadsgrad vid gjutningar är önskvärt.

Under det senaste decenniet har vismut blivit ett intressant alternativ till bly, t.ex. i hagelammunition, blyfri lödning inom metallindustrin, gjutmetall för tennsoldater och i kosmetika, på grund av dess höga densitet och förväntade icke-toxicitet. Andra viktiga användningsområden är för medicinska ändamål där man utnyttjar metallens antiseptiska verkan. I slutet av 1800-talet började man behandla syfilis med vismutsalter istället för betydligt giftigare kvicksilver- och arsenikföreningar (Anwyl-Davies, 1927). I och med att penicillin blev lätt tillgängligt övergick man till att använda det istället, och nu används vismut framför allt som aktiv beståndsdel i medel mot orolig mage (Pepto-Bismol, De-Nol), bekämpning av *Helicobacter pylori*, bakterien som orsakar magsår samt vid viss cancerbehandling, där ^{213}Bi (halveringstid 45,8 minuter) administreras som ett stabilt komplex (Yang, Sun, 2007). Dock finns inga godkända vismutinnehållande läkemedel i Sverige (Internet, FASS). Mindre användningsområden för vismutföreningar är som tillsats i smörjfetter för industriellt bruk (Rohr, 2002) och som färgpigment. Vismut har ingen känd biologisk funktion.

Kemiskt tecken	Bi
Atomnummer	83
Molekylvikt	208,98 g mol ⁻¹
Smältpunkt	271,3° C
Kokpunkt	1560° C
Densitet	9747 kg m ⁻³ (20° C)

Tabell 2. Snabbfakta vismut. Källa: Internet, Nationalencyklopedin.

2.3.1 Toxicitet

Trots dess nära släktskap med bly synes vismut vara tämligen ogiftig. I en 28-dagars studie (Sano et al., 2005) på råtta för att bestämma den upprepade orala toxiciteten av metalliskt vismut kunde varken onormala kliniska tecken eller förändringar i kroppsvikt eller födokonsumtion observeras hos gruppen som fick den högsta dosen administrerad (1000 mg/kg kroppsvikt). NOAEL (se ordförklaring) sattes därför till 1000 mg/kg kroppsvikt för båda könen. Samtidigt utfördes en akut oral toxicitetsstudie som visade att LD₅₀ låg på över 2000 mg/kg kroppsvikt (Sano et al, 2005) för metalliskt vismut hos råtta. Toxiciteten kan dock variera kraftigt beroende på i vilken form som vismut administreras i. Metalliskt vismut har ett lågt upptag i mag-tarmkanalen, medan olika vismutsalter lättare tas upp vilket kan leda till vismutförgiftning hos människa vid stort intag av vismutinnehållande läkemedel. LD₅₀ för 10 vanligt förekommande organiska vismutföreningar har konstaterats vara mellan 13 och 182 mg/kg (Lindgren, 2009). Vismut utsöndras både via urinen och via avföringen, men det är oklart i vilket förhållande dem emellan (Dopp et al, 2004).

Symptom på vismutförgiftning är njurskador, cytotoxicitet¹ och encefalopatiska² effekter, t.ex. dåligt minne. Michalke et al. (2008) har visat att vismut (och andra metaller som t.ex. antimon, tellur och kvicksilver) kan omvandlas till metyl- och hydridderivat av tarmfloran hos människor. Dessa derivat är oftast betydligt giftigare än den rena metallen och kan ha effekt på människors hälsa.

2.4 Volfram

Volfram räknas också som ett sällsynt grundämne, även om de beräknade resurserna är mycket större än för vismut. Jordskorpan innehåller i medeltal ca 1 g volfram/ton. Volfram förekommer inte i ren form i naturen, utan ingår huvudsakligen i volframater tillsammans med syre i ett 20-tal olika mineral, varav scheelit (CaWO₄) och volframit (Fe,Mn(WO₄)) är de viktigaste. Kina, Kanada och Ryssland är de länder med de största fyndigheterna, men även Sverige har mindre fyndigheter som i dagsläget inte är brytvärda pga. metallpriset. Världsproduktionen av volfram uppgick till ca 90 000 ton år 2007, där Kina var helt dominerande (Lindgren, 2009).

I ren form är volfram en stålgrå metall som är mjuk och formbar, men den egenskapen försvinner redan vid mycket liten inblandning av syre eller kol, då det gör den spröd och hård. Volfram är inte särskilt reaktivt, vid rumstemperatur reagerar den endast långsamt med kungsvatten (blandning av salpetersyra och saltsyra) eller alkalier. Vid högre temperaturer kan den dock snabbt reagera med vattenånga, kväve, ammoniak, halogener och syre.

¹Cytotoxicitet innebär att ett ämne är giftigt för levande celler

²Encefalopatiska effekter innebär funktionsrubbnings i hjärnan, t.ex. minnesförlust

Metallens absolut främsta användningsområde är inom metallindustrin där den används för att tillverka hårdstål för verktyg, eftersom legeringen (volframkarbid, WC) behåller sin hårdhet även vid mycket höga temperaturer. Övriga användningsområden för metallen är t.ex. som glödtråd i lampor och elektronrör, i elektriska brytarkontakter och som värmeelement i ugnar då volfram har god elektrisk ledningsförmåga och högt ångtryck och smältpunkt. På senare tid har vissa volframföreningar börjat användas som färgpigment, flamskyddsmedel, korrosionsskydd, katalysatorer och i ammunition, ofta i legering med vismut och tenn. Volfram har en biologisk funktion i enzymer hos vissa anaeroba bakterier, t.ex. *Clostridium thermoaceticum*, som lever vid höga temperaturer (Internet, Nationalencyklopedin).

Kemiskt tecken	W
Atomnummer	74
Molekylvikt	183,8 g mol ⁻¹
Smältpunkt	3407° C
Kokpunkt	5657° C
Densitet	19 300 kg m ⁻³ (20° C)

Tabell 3. Snabbfakta volfram. Källa: Internet, Nationalencyklopedin.

2.4.1 Toxicitet

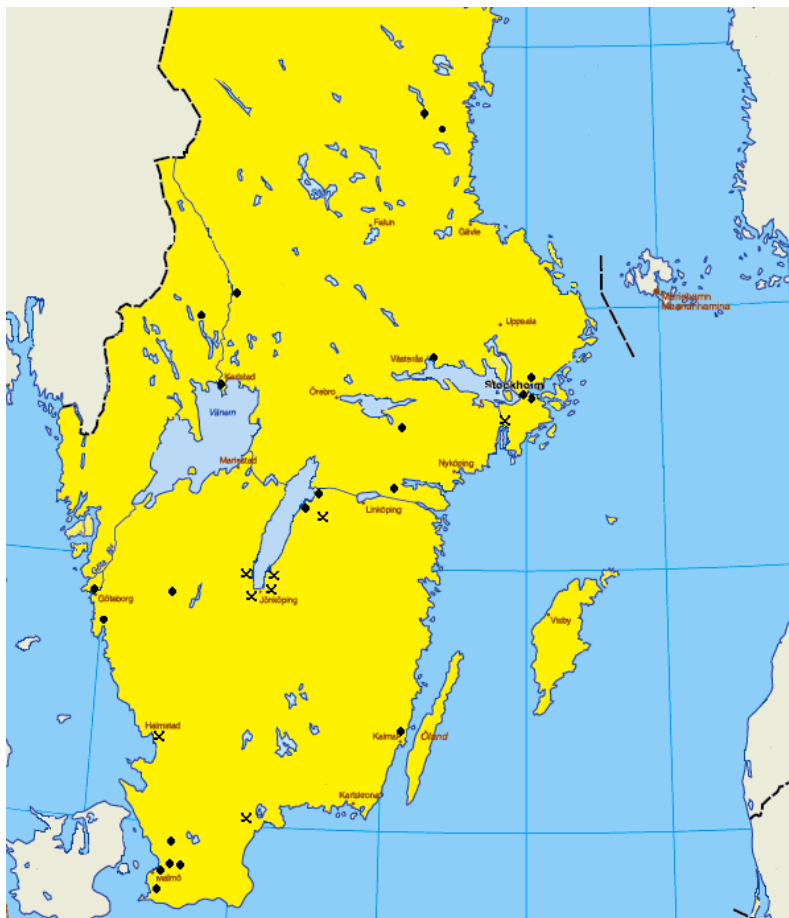
Arbetsmiljöverket har satt upp gränsvärden för volfram i luft, 1 mg W/m³ för totaldamm med lösliga föreningar respektive 5 mg W/m³ för totaldamm med svårösliga volframföreningar (AFS 2005:17). Att volfram har gränsvärden men inte vismut beror förmodligen på att volfram har använts i industriella sammanhang under lång tid, medan vismut huvudsakligen har använts som medicin vilket inte regleras i arbetsmiljölagen (Arbetsmiljöverket). Låga halter av volfram i jord anses kunna ge en viss positiv effekt på växter, men vid höga halter har negativa effekter i form av viktninskning och bioackumulering hos solrosor kunnat påvisas. Vid ett försök där kompostmaskar utsattes för natriumvolframat har LC₅₀ bestämts till 6250 mg W/kg jord, men reproduktionsstörningar uppkom redan vid 704 mg W/kg jord. Hönsfoder innehållande 1000 mg W/kg gav dödlig utgång hos kycklingar, medan kor klarade sig utan konsekvenser vid volframintag på 120 mg/kg kroppsvikt (Lindgren, 2009).

3 Reningsverkens halter av vismut och volfram

3.1 Bakgrund

En intressant aspekt av uppdraget var att undersöka om fenomenet med de senaste årens förhöjda vismuthalter i slammet på Bromma och Henriksdal (vid Henriksdal även den höga volframhalten) bara förekommer i Stockholm eller om det är en vida spridd företeelse. En viss felaktig bild går tyvärr inte att undvika då de undersökta reningsverken är ojämnt spridda över landet, med tyngdpunkten på större städer i de mer tätbefolkade södra och mellersta delarna av landet.

Då varken vismut eller volfram tillhör de metaller som är mest frekvent undersökta går det bara att få statistik från de reningsverk som antingen redan är REVAQ-certifierade eller som är inne i processen för att bli det. Övriga reningsverk och VA-bolag i Sverige kan eventuellt ha någon enstaka undersökning av metallerna, men detta har inte undersökts närmare. Totalt fanns det i början av 2010 22 reningsverk som redan var certifierade och åtta där certifieringsarbetet pågick (Internet, Svenskt Vatten AB). Under våren certifierades ytterligare tre stycken, varav två av dem saknade värden i dagsläget.



● REVAQ-certifierade reningsverk

✕ Reningsverk som är inne i certifieringsprocessen (februari 2010).

Figur 3. Lokalisering av kontaktade reningsverk. Källa: Svenskt Vatten.

3.2 Sammanställning

Av de 30 kontaktade reningsverken var det 29 som svarade och ett utgick ur undersökningen då deras REVAQ-arbete för tillfället ligger nere. Över lag är det dåligt med historiska värden för vismut och volfram, vilket gör att det blir svårt att se några trender. Däremot kan man jämföra dagens halter med de som rådde för 10 år sedan som återfinns i Erikssons rapport från 2001. Totalt rör det sig om 11 ARV som numera är REVAQ-certifierade och som har utfört nya analyser av vismut och volfram.

3.2.1 Vismut

Av de 30 kontaktade reningsverken är det bara sex stycken som någon gång sedan 2004 har haft så låga halter av vismut att det gett en fördubblingstakt över 500 år i jord vid spridning av slam. Övriga hade en fördubblingstid i storleksordningen 110-440 år. Några verk rapporterade väldigt höga halter, men dessa bedömdes härröra från mätfel vid analyserna. Se tabell 4 och fig 4a-4d.

Reningsverk	2000	2006	2007	2008	2009
Gässlösa (Borås)	0,42				14,1 ¹
Bromma (Stockholm)	1,57	2,02	4,87	3,78	5,6
Lappkärrverket (Hagfors)	0,38		1,3	1,32	1,1
Henriksdal (Stockholm)	1,43	2,38	7,87	4,6	7,1
Himmerfj. (SYVAB)	1,12		2,59		4,87
Simsholmen (Jönköping)	0,82			4,37	6,69
Klagshamn (Malmö)	0,94			5,34 ²	6,91 ⁷
Käppala (Lidingö)	1,25			4,6	6,54
Slottshagen (Norrköping)	0,67	3,7 ³		2,9	4,2
Ryaverket (Göteborg)	1,15		2,28 ⁴	2,45 ⁵	
Sjölundaverket (Malmö)	0,89			4,7 ¹	5,4 ⁷

Tabell 4. Vismut i slam sedan 2000. Halterna anges i mg/kg TS.

För Ryaverket finns inga nyare värden då deras mätningar gjordes inom ramen för en kampanj som inte har upprepats (muntlig info, Fredrik Davidsson).

¹Värdet är ett medel från tiden juli 2008 till juni 2009. Det höga värdet för vismut är mycket osäkert, tidigare mätning har gett 3,12 mg/kg TS (dock inget årsprov utan ett enstaka månadsprov). I fig 4a har 3,12 mg/kg TS tagits med.

²Värdet är ett medel från tiden augusti till december 2008.

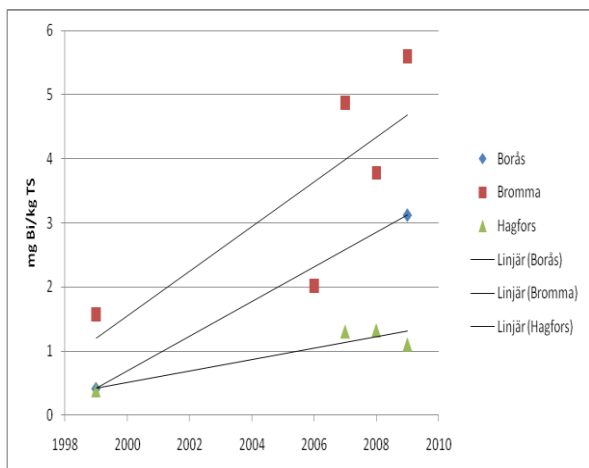
³Värdet är ett medel från tiden oktober 2006 till januari 2007

⁴Värdet är ett medel från två månadsmätningar, augusti och november 2007

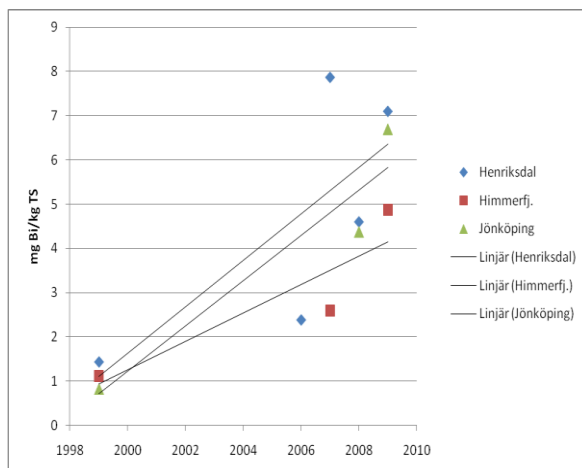
⁵Värdet är från en månadsmätning; februari 2008.

⁶Medelvärde av fyra kvartalsprov med stor inbördes variation.

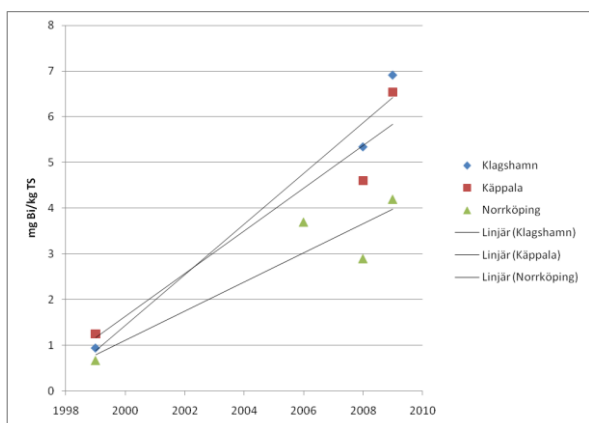
⁷ Medelvärde för perioden juni till december 2009.



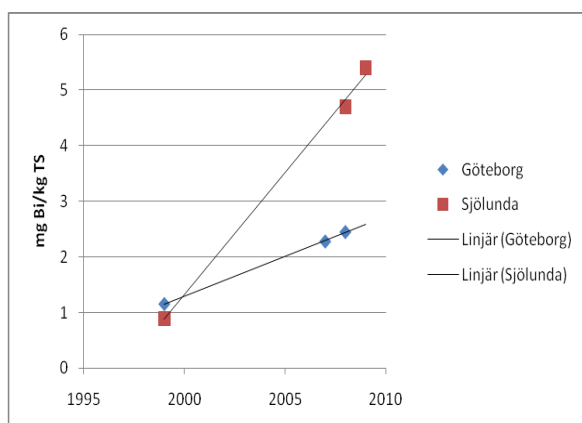
Figur 4 a. Vismut i Borås, Bromma och Hagfors.



Figur 4 b. Vismut i Henriksdal, Himmerfj. och Jönköping



Figur 4 c. Vismut i Klagshamn, Käppala och Norrköping



Figur 4 d. Vismut i Göteborg och Sjölunda

3.2.2 Volfram

Det var bara Henriksdal som hade för höga halter av volfram i sitt slam (fördubblingstid under 500 år), och hos övriga undersökta reningsverk låg fördubblingstiden mellan ungefär 570 och 3900 år.

Lindgren (2009) har visat att de inkommande höga volframhalterna till Henriksdal härrör från en industri i södra Stockholm. Industrin bedriver ett internt arbete för att minska volframutsläppen, vilket gör att de inkommande höga halterna troligen beror på att volframrikt material i avloppstunnlarna i och utanför industrin kontinuerligt läcker volfram som sedan hamnar i Henriksdal ("gamla synder"). Dock har halterna i Henriksdalsslammet minskat avsevärt de senaste 10 åren (se tabell 5 och fig 5 b). Se bilaga 1 för en sammanställning av alla rapporterade halter och fördubblingstider.

Reningsverk	2000	2006	2007	2008	2009
Gässlösa (Borås)	2,6				4,21 ¹
Bromma (Stockholm)	6,0	13,9	7,89	10,4	10,2 ⁶
Lappkärrverket (Hagfors)	3,1		2,7	2,64	2,77
Henriksdal (Stockholm)	37	15,9	22,7	16	14,5 ⁶
Himmerfj. (SYVAB)	4,8		6,62		4,85
Simsholmen (Jönköping)	5,8			4,1	4,83
Klagshamn (Malmö)	2,7			1,96 ²	2,24 ⁷
Käppala (Lidingö)	4,7			4,45	5,22
Slottshagen (Norrköping)	5,1	7,1 ³		8,2	5,9
Ryaverket (Göteborg)	4,2		5,0 ⁴	13,8 ⁵	
Sjölundaverket (Malmö)	4,0			4,56 ¹	4,19 ⁷

Tabell 5. Volfram i slam sedan 2000. Halterna anges i mg/kg TS.

För Ryaverket finns inga nyare värden då deras mätningar gjordes inom ramen för en kampanj som inte har upprepats (muntlig info, Fredrik Davidsson).

¹Värdet är ett medel från tiden juli 2008 till juni 2009.

²Värdet är ett medel från tiden augusti till december 2008.

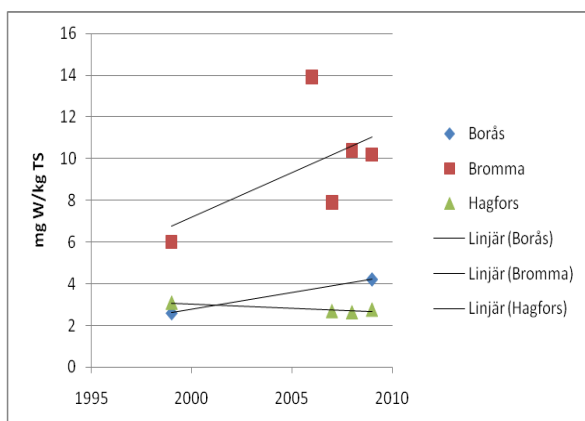
³Värdet är ett medel från tiden oktober 2006 till januari 2007

⁴Värdet är ett medel från två månadsmätningar, augusti och november 2007

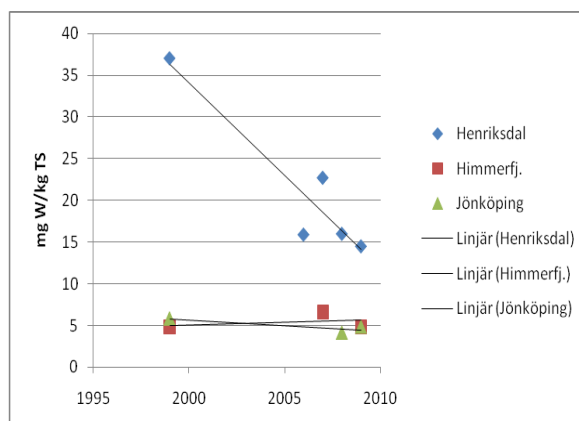
⁵Värdet är från en månadsmätning; februari 2008.

⁶Medelvärde av fyra kvartalsprov med stor inbördes variation.

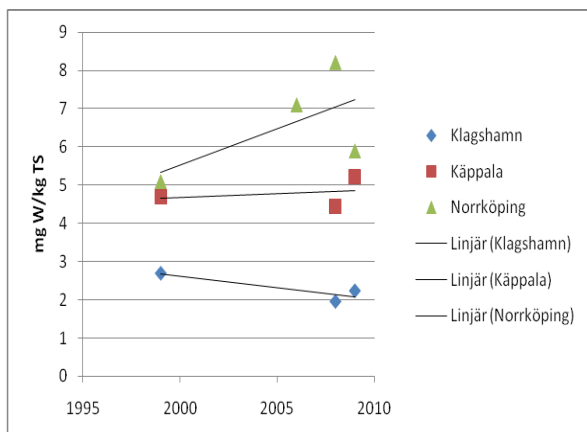
⁷Medelvärde för perioden juni till december 2009.



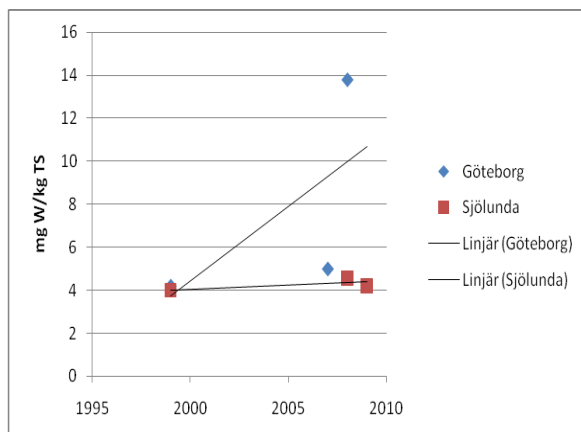
Figur 5 a. Volfram, Borås, Bromma och Hagfors



Figur 5 b. Volfram. Henriksdal, Himmerfj. och Jönköping



Figur 5 c. Volfram, Klagshamn, Käppala och Norrköping



Figur 5 d. Volfram, Göteborg och Sjölunda

3.2.3 Slutsats

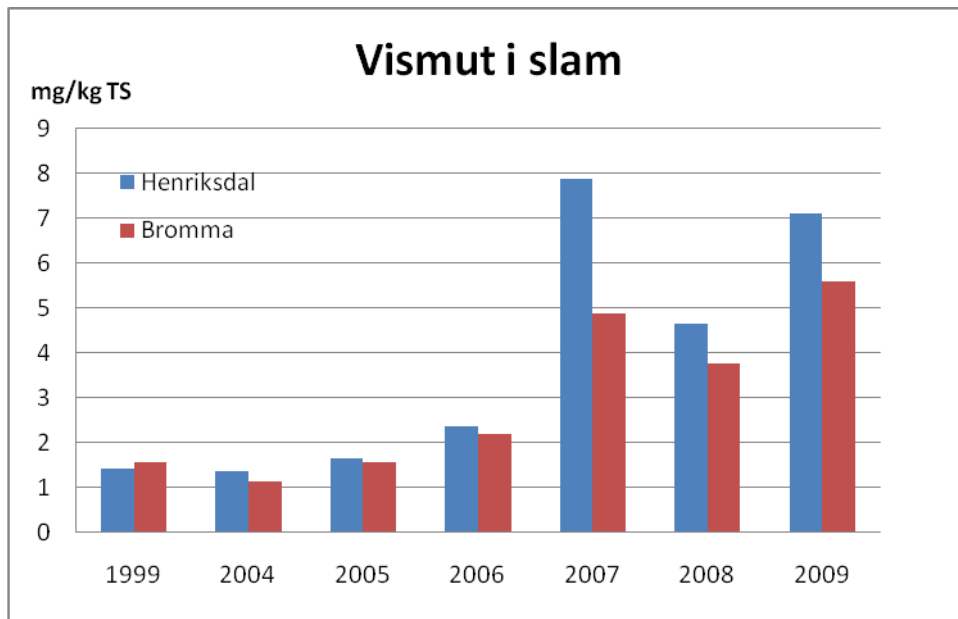
Det man direkt kan se är att halterna av volfram inte uppvisar någon tydlig trend bland de undersökta verken, medan halterna av vismut har genomgått minst en tredubbling på 10 år. Detta visar alltså att vismut är en i samhället spridd metall som på något sätt hamnar i avloppet och sedermera i slammet. Den ökande halten skulle kunna vara ett tecken på den ökade användningen som således avspeglar sig i slammet. Föreliggande undersökning visar alltså att det inte är ett storstadsfenomen med höga vismuthalter i slammet.

För volframs del kan man sluta sig till att den inte är lika spridd som vismut och att det inte heller är ett typiskt storstadsfenomen.

Generellt är resultaten av ganska osäker natur, då de flesta medelvärden härrör från korta mätperioder eller till och med enstaka mätningar, t.ex. är den rapporterade höga halten av volfram för Ryaverket från 2008 är mycket osäkert då det bygger på en enda mätning.

Övrig information som har inhämtats från respektive reningsverk har inte heller den kunnat ge någon fingervisning om vad som ligger bakom vismutspridningen (se bilaga 2).

3.2.4 Närstudie: vismut i slam från Bromma och Henriksdal



Figur 6. Uppmätta vismuthalter i slam 1999-2009 vid Bromma och Henriksdals reningsverk.
Källa: Stockholm Vatten.

Mellan åren 1999 och 2006 var halterna av vismut förhållandevis låga vid både Bromma och Henriksdal. Därför är den markanta ökningen för år 2007 svår att förklara. För att utröna om det eventuellt skulle kunna röra sig om ett analysfel skickades frysta slamprover från Bromma för åren 2004 och 2005 till Eurofins AB. De nya analyserna för Bromma visade att slammet 2004 innehöll 0,95 mg vismut per kg TS och 2005 1,7 mg vismut per kg TS (se bilaga 11), vilket bekräftar tidigare resultat från 2004 och 2005. Samma analysförfarande har använts under perioden. Vad som orsakat de kraftigt höjda halterna är i dagsläget okänt. För att man ska få en fördubblingstid över 500 år med nuvarande fosforhalt i slammet på ca 3,5% måste vismuthalten komma ner under 1,6 mg/kg TS.

4 Undersökningar av vismut och volfram i spillvatten

4.1 Bakgrund

Under arbetet inför REVAQ-certifieringen har Stockholm Vatten aktivt arbetat med att försöka minska tillförseln av oönskade ämnen i slammet. Ett av målen med arbetet har varit att provta ett antal industriområden och undersöka vilka ämnen som släpps ut från dem samt att jämföra spillvattenkvaliteten med inkommande vatten till reningsverken och spillvatten från grannkommuner och hushåll.

För att få kontroll på metallflödena från olika delar av upptagningsområdena in till reningsverken har Stockholm Vatten också initierat ett provtagningsprogram i inloppstunnlarna och vid dess förgreningar. På detta sätt kan man då få en bild av hur mycket och vilka metaller som kommer från någon specifik del av avloppsledningsnätet. Spillvattnet från industriområdena skiljer sig från hushållspillvatten, då förorenings- och fosforhalterna oftast är olika. Hushållspillvattnet består av två delar – svartvatten (fekalier, urin och toapapper) och s.k. BDT-vatten (Bad-, Disk- och Tvättvatten).

De tre stora inloppstunnlarna, Henriksdal, Sickla och Bromma provtas med avseende på bl.a. vismut och volfram 12 veckor per år. I de mindre inloppstunnlarna Farsta, Årsta, Järva, Riksby och Hässelby analyseras prov minst två veckor per år. Prover från grannkommunernas anslutningar, industriområden och hushållspillvatten analyseras också två veckor per år, alternerande både på hösten och på våren. Under veckan samlas ett prov ihop som sedan analyseras. Sedan juni 2008 ingår vismut i de ordinarie slamanalyserna som sker varje månad vid Bromma och Henriksdal, och volfram analyseras varje kvartal sedan 2006 (Miljörapport Stockholm Vatten 2006). När det gäller spillvatten från bostadsområden undersöks Skarpnäck och Backlura varje år.

4.1.1 Jämförelse

En förutsättning för att kunna göra en bra jämförelse mellan olika avloppsvatten med olika härkomst måste man normera halterna, eftersom vattnet kan vara olika koncentrerat eller utspätt ("tjocklek") med avseende på suspenderade partiklar, BOD, COD, TOC (se ordförklaring) samt fosfor- och kväveinnehåll. I det här arbetet kommer metall/fosfor-kvoter (uttryckt i mg Me/kg P) att användas för jämförelser mellan de olika områdena, eftersom det är den gängse metoden som de flesta använder sig av i dagens läge. Ju lägre kvoten är desto bättre är det.

4.1.2 Inloppstunnlar

Henriksdals ARV har två stora inloppstunnlar, HIN och SIN (Henriksdalsinloppet och Sicklainloppet). Via HIN kommer spillvatten från innerstaden och Nacka (via Nackainloppet, NIN). SIN tar emot spillvatten från de södra delarna av Stockholm via Sickla-Årstainloppet (SIÅ) och Farstainloppet (SIF). SIF har i sin tur förgreningar ut till Tyresö, Huddinge och Haninge kommuner (se fig 7).

Bromma ARV har bara en stor inloppstunnel, BIN, som har tre förgreningar norr- och västerut, Hässelby-, Järva- och Riksbytunneln (se fig 8).



Figur 7. Henriksdals avloppsledningsnät. Figur tagen ur *Trångsunds industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2009* (Lindgren, 2010).



Figur 8. Brommas avloppsledningsnät. Figuren gjord av Mattias Lindgren.

4.1.3 Grannkommuner

De grannkommuner vars anslutningspunkter till avloppsledningsnätet man har undersökt är Tyresö (Bollmora och Vassvägens pumpstationer), Haninge (Hagstigen pumpstation), Huddinge (Fagersjö och Forsens pumpstationer), Nacka, Järfälla och Sundbyberg. Se fig 7 och 8.

4.1.4 Industriområden

Vinsta (f.d Johannelunds industriområde) företagsområde inventerades under hösten 2002. I samband med detta togs prover på utgående vatten från området med avseende på volfram, men inte vismut. Området undersöktes också 1990, men varken vismut eller volfram undersöktes då (Andersson, 2003).

Ulvsunda industriområde är ett av Stockholms största arbetsområden och rymmer knappt 11 000 arbetsplatser (2002). På grund av områdets storlek delades inventeringen in i två delar, där den norra delen undersöktes på våren 2003 och den södra på hösten samma år. Avloppssystemet är till största delen duplicerat, men kombinerat system finns också (se ordförklaring). Både den norra och den södra delen lämnar sitt avloppsvatten till Riksbytunneln för vidare befördran till Bromma reningsverk (Andersson, 2004). Volfram

analyserades från båda delarna 2003, och sedan har en mätning på vismut från den norra delen gjorts 2007 (Johansson, 2007b).

Lunda industriområde är ett tämligen nybyggt område med många stora fastigheter, där den huvudsakliga sysselsättningen är grossistverksamhet och tillverkning. Dag- och spillvattensystemen är duplicerade och spillvattnet leds via Hässelbytunneln in till Bromma reningsverk. Området undersöktes redan 1979, men varken volfram eller vismut analyserades vid den tidpunkten. 2005 analyserades volfram, men inte vismut (Andersson, 2005).

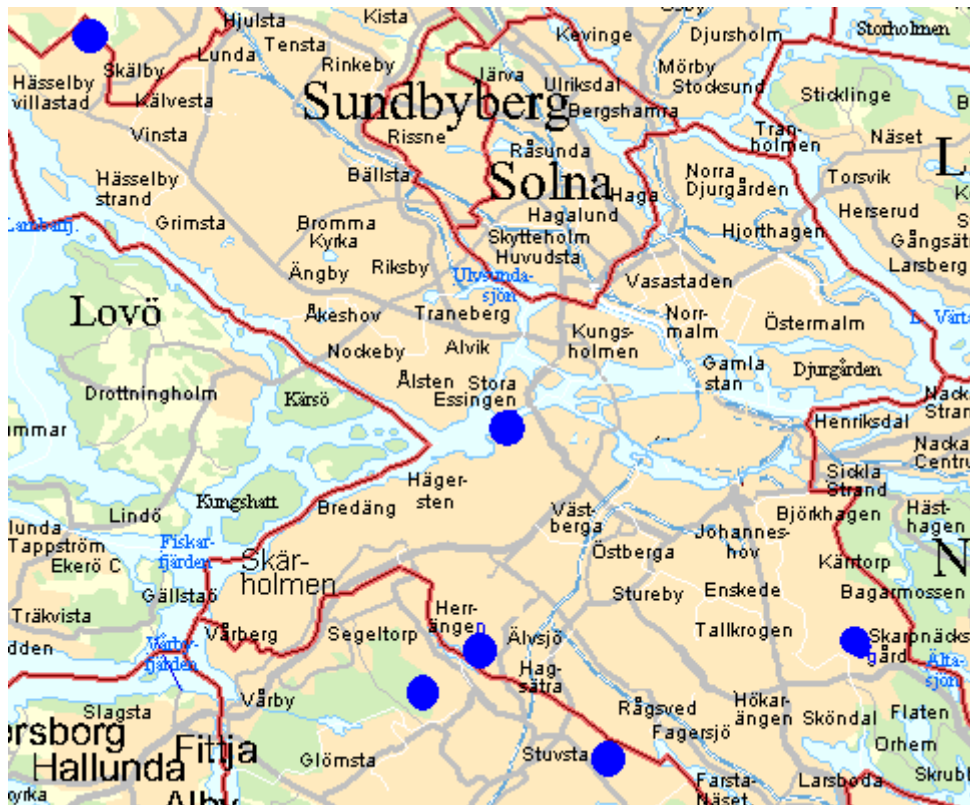
Vällingby industriområde består till största delen av något äldre bebyggelse från 50-talet. Området är ganska litet och rymmer ca 2800 arbetstillfällen. Avlopps nätet är duplicerat, och spillvattnet leds via Hässelbytunneln till Bromma reningsverk. Området inventerades under våren 2008 (Kotsch, 2009), men analys av volfram skedde under hösten 2007 (Johansson, 2007b).

Högdalens industriområde byggdes under andra halvan av 50-talet och här ligger ett 100-tal företag. De dominerande industrierna är Högdalens kraftvärmeverk, Vantörs återvinningsanläggning och annan avfallshanteringsverksamhet. Avloppsledningsnätet är duplicerat och spillvattnet leds till Henriksdal via Sickla-Farstainloppet. Provtagning/analys av vismut och volfram samt inventering skedde under hösten 2008 (Lilliesköld, 2010).

Trångsunds industriområde ligger mellan Trångsund och Skogås. Området är litet och innehåller ca 40 företag. Inom området är avlopps nätet duplicerat, och spillvattnet leds till Henriksdals reningsverk via Sickla-Farstainloppet. Provtagning/analys av vismut och volfram och inventering av området skedde under försommaren 2009. Inga tidigare provtagningar har genomförts (Lindgren, 2010).

4.1.5 Hushållspillvattenundersökningar

Vid kartläggningar av föroreningarnas härkomst är det viktigt att kunna genomföra mätningar så nära källan som möjligt utan att avloppsvatten från olika verksamheter blandas, eftersom industrispillvatten och hushållspillvatten skiljer sig åt ur föroreningshänseende. Därför har Stockholm Vatten under flera år genomfört hushållspillvattenundersökningar för att se halter med avseende på metaller, närsalter, syreförbrukande ämnen och olika alifatiska föroreningar. Längre provtagningar har endast genomförts i Skarpnäck (sedan 1995) och enstaka år har mätningar gjorts i Ekensberg (Liljeholmen), Lövdalen (Segeltorp), Herrängen (Älvsjö), Myrängen (Huddinge) och i Backlura (Hässelby).



Figur 9. Karta över områden där hushållsspillvattenundersökningar har genomförts. Källa: Stockholm Vatten.

I Skarpnäck startade provtagningen 1995 i och med att Stockholm Vatten kontaktades av Miljöligan, en organisation som hade till uppgift att bedriva förebyggande miljöarbete i stadsdelen. Syftet med samarbetet var att se om information till de boende gav minskade utsläpp av metaller och andra föroreningar till spillvattnet. Miljöligan lades ner 1999, men provtagningen fortsatte med två veckoprover per år fram till 2002 med undantag för 2001 då ingen provtagning skedde. Mellan åren 2003 och 2007 genomfördes två tvåveckors provtagningar, med undantag för 2006, då endast en tvåveckorsprovtagning gjordes. Från och med 2008 har man återgått till att enbart ha en tvåveckorsprovtagning per år. Befolkningen uppgår till ca 2000 personer samt en ICA-butik, en frisersalong och några mindre kontor. Avloppssystemet är duplicerat. Vismut har analyserats i Skarpnäck sedan 2009 och volfram har analyserat varje år sedan 2003 (Andersson, 2005 och Johansson, 2009a).

I Ekensberg (Gröndal) har provtagning skett under en period 2002 och under två perioder 2003. Uppskattningsvis bor ca 750 personer i området. Utöver detta finns ett daghem och en skola med ca 300 barn. Avloppssystemet är duplicerat. Volframanalyser finns bara för den första perioden under år 2003 (Andersson, 2005a).

Lövdalen (Segeltorp, Huddinge kommun) består enbart av villabebyggelse (59 st) och inga övriga verksamheter. Befolkningen har beräknats till ca 2,9 personer per hushåll, totalt ca 170 personer (Johansson, 2008a). Volframanalyser finns från åren 2007 och 2008.

Backlura (Hässelby) består av villa- och radhusbebyggelse med duplicerat ledningsnät. Befolkningen uppgår till ca 950 personer (Johansson, 2009a). Vismut och volfram har bara analyserats en gång under 2009.

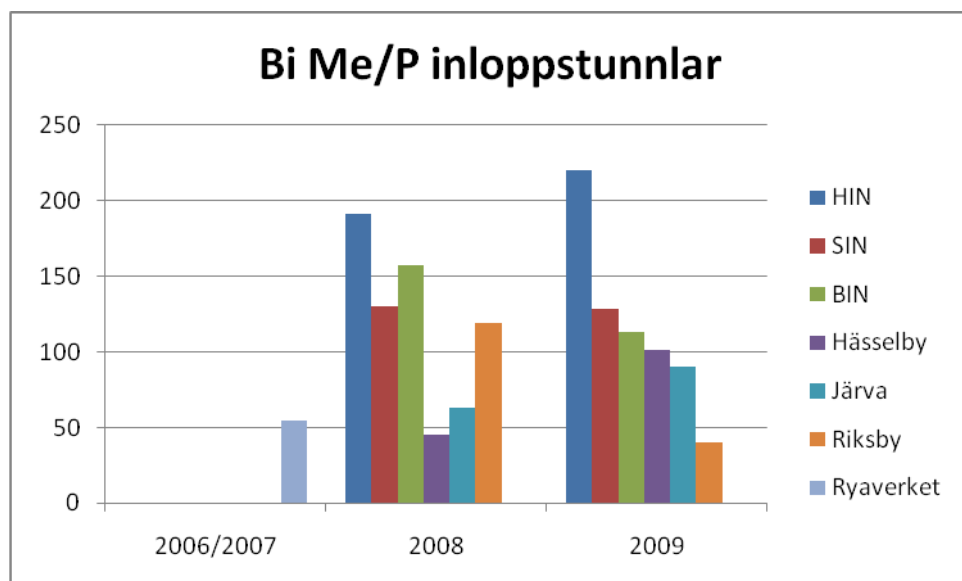
Herrängen (Stockholms kommun) och Myrängen (Stuvsta, Huddinge kommun) är två villaområden i södra Stockholm. Volfram har analyserats under 2004 och 2005 i Herrängen och under 2005 i Myrängen.

En liknande undersökning har genomförts i Göteborg i GRYAAB:s regi från maj 2006 till maj 2007 som en uppföljning av en tidigare undersökning från 1988. Provtagningen skedde flödesproportionellt vid fyra tillfällen (ett dygn vid varje tillfälle) spridda över året fördelat på två platser i Göteborg, Norumsgärde (Tuve) och Lyckhem (Askim). Norumsgärde påminner till viss del om Skarpnäck, då området består av ca 80% flerfamiljshus och resten radhus plus ett litet affärscentrum med en tandläkarmottagning, vårdcentral och spolplattor för bilar. Totalt bor det ca 2300 personer i området. Lyckhem består enbart av radhus och villor och har en befolkning på knappt 700 personer (Gryaab, 2008). Vismut men inte volfram ingick i den här undersökningen.

Den viktigaste slutsatsen som kunde dras ur Gryaabs undersökning var ett medelvärde på den dagliga emissionen per person av vismut till spillvattnet som bedömdes vara mycket mer rättvisande än det beräknade från Skarpnäck (Gryaab beräknade det dagliga utsläppet av vismut till 0,069 mg per invånare och dag, medan det beräknade värdet i Skarpnäck och Backlura låg på 0,38 mg per invånare och dag).

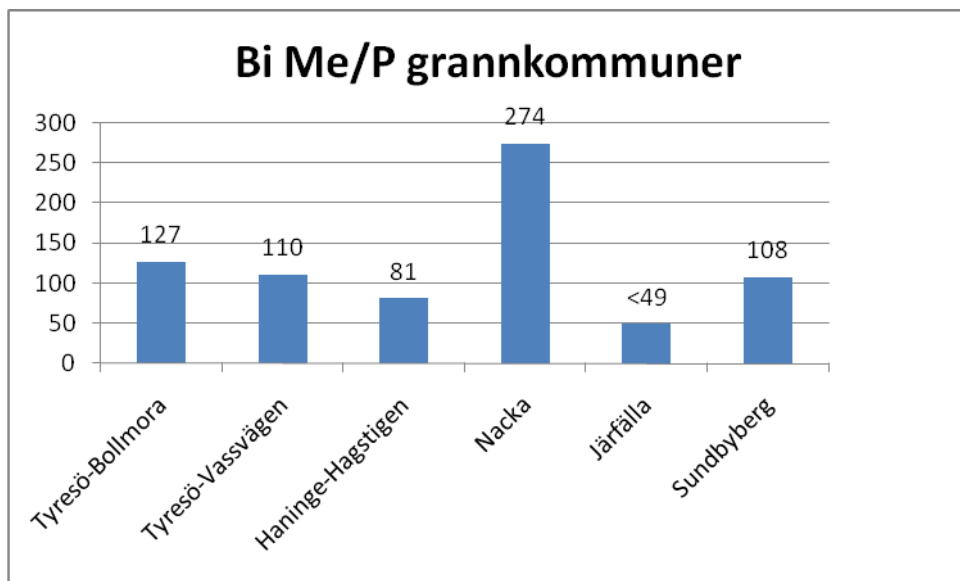
4.2 Resultat

4.2.1 Vismut



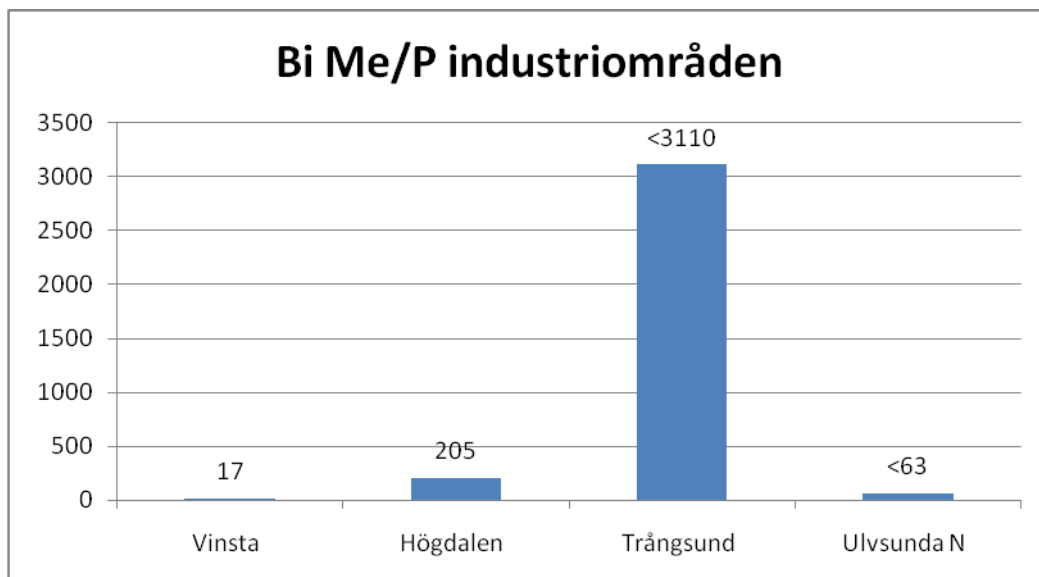
Figur 10. Vismut/fosforkvot (mg/kg) i inloppstunnlarna. HIN, SIN och BIN provtas 12 gånger per år, övriga två gånger per år. Se fig 7 och 8. Källa: Stockholm Vatten AB, Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b c), WASTE och Gryaab (2008).

Tunnel	Tidsperiod	Antal prov	Medel Bi ($\mu\text{g/L}$)
HIN	Jun 2008-dec 2009	19	1,3
SIN	Jun 2008-dec 2009	19	0,7
BIN	Jun 2008-dec 2009	19	0,4
Hässelby	2008-2009	4	0,3
Järva	2008-2009	4	0,4
Riksby	2008-2009	4	0,3
Ryaverket	2006-2007	4	0,2



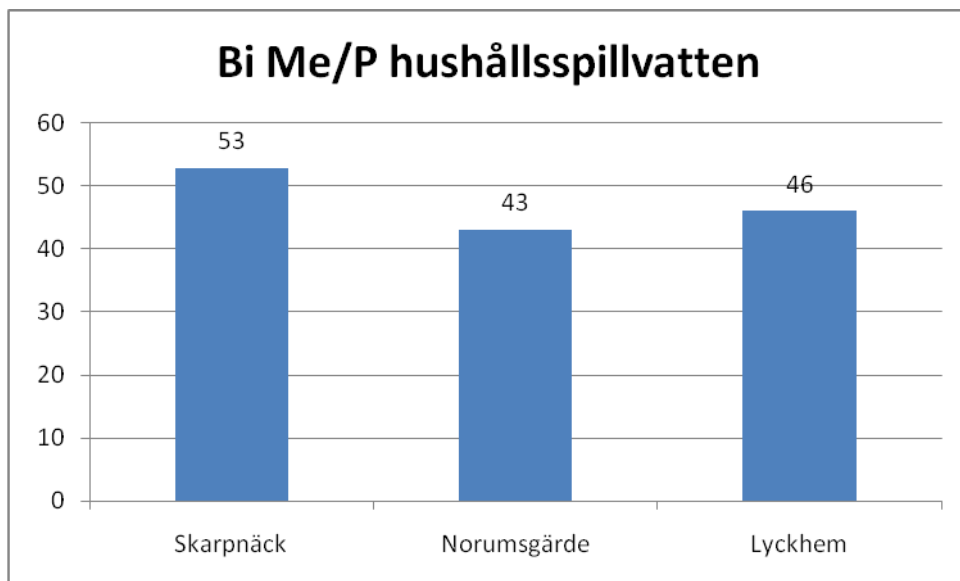
Figur 11. Vismut/fosforkvot (mg/kg) i grannkommunernas anslutningspunkter. Källa: Johansson (2008 b, c, 2009 b, c).

Område	Tidpunkt	Antal prov	Medel Bi ($\mu\text{g/L}$)	Övrigt
Tyresö-Bollmora	2008-2009	3	0,9	Två prover utgick pga för dålig noggrannhet
Tyresö-Vassvägen	2008-2009	2	0,6	Två prover utgick pga för dålig noggrannhet
Haninge-Hagstigen	2008-2009	2	0,6	Två prover utgick pga för dålig noggrannhet
Nacka	2009	1	2	Två prover utgick pga för dålig noggrannhet
Järfälla	2008-2009	4	<0,3	
Sundbyberg	2008-2009	4	0,6	



Figur 12. Vismut/fosforkvot (mg/kg) från industriområden. Källa: Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b).

Område	Tidpunkt	Antal prov	Medel Bi ($\mu\text{g/L}$)
Vinsta	2008	2	<0,1
Högdalen	2008	2	0,4
Trångsund	2009	2	<5,8
Ulvsunda N	2009	2	<0,1



Figur 13. Vismut/fosforkvot (mg/kg) i hushållsspillvattnet. Källa: Johansson (2008 a, 2009 a) och Gryaab (2008).

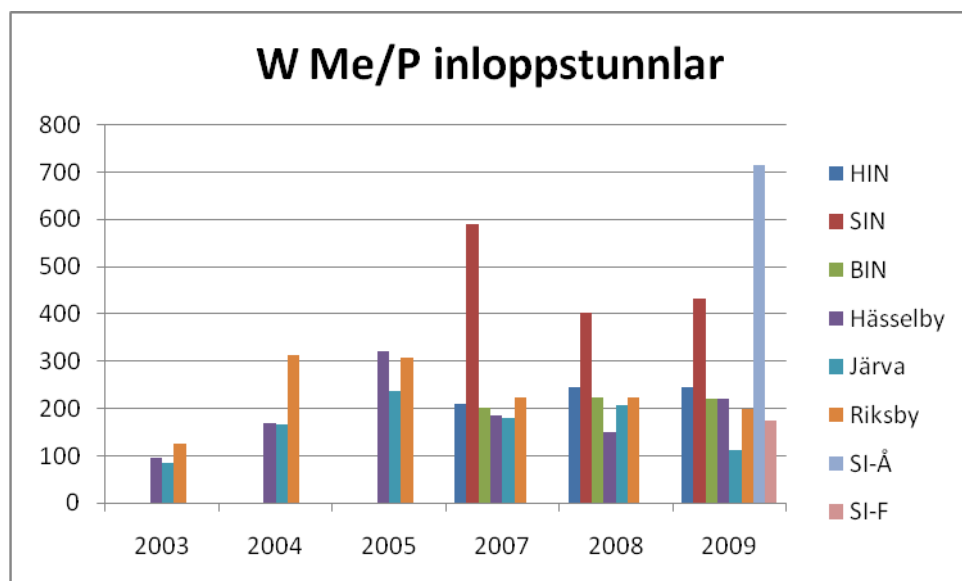
Område	Tidpunkt	Antal prov	Medel Bi ($\mu\text{g/L}$)
Skarpnäck	2009	2	2,8
Norumsgärde	2006-2007	4	0,3
Lyckhem	2006-2007	4	0,3

Vismut verkar ha en mer diffus spridning än volfram. Dock kan man se att mest vismut kommer in via Henriksdalsinloppet (HIN) (se fig 10), vilket leder vatten från innerstaden till Henriksdal. Orsaken i dagsläget är okänd.

Noggrannheten i analysen från Backlura var för dålig, den höga vismut/fosforkvoten bedömdes vara alldeles för stor (<833), då analysväret endast har angetts med halten $<5 \mu\text{g/L}$ (Johansson, 2009 a). Backlura utgick därför ur grafiken i fig 13. Halten i Skarpnäcks vatten är också hög, men samtidigt rapporterades fosforhalten under mätperioden (två veckor) till 46 resp. 60 mg/L. Medelvärdet för fosforhalten i Skarpnäck är 16 mg/L under åren 1995 till 2008 (Johansson, 2008 a), men metall/fosfor-kvoten stämmer ändå bra överens med kvoterna från Lyckhem och Norumsgärde.

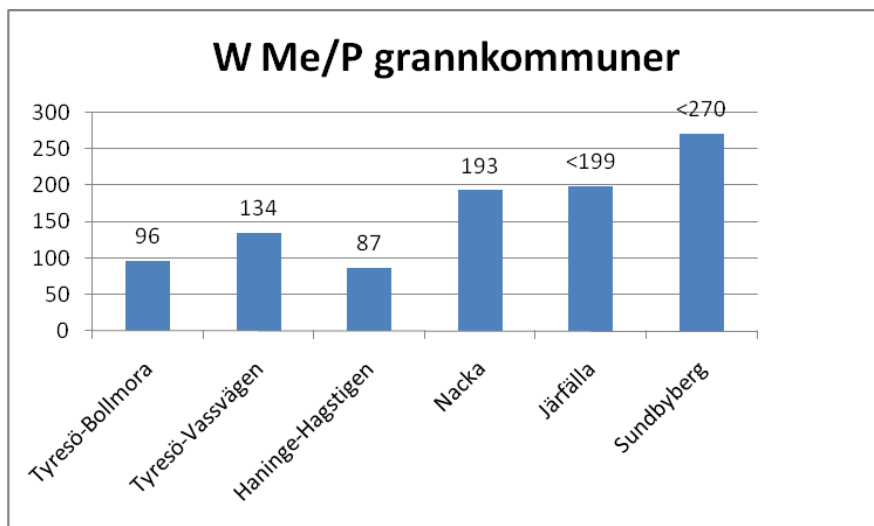
Det höga värdet för vismut i Trångsunds industriområde är av osäkerhetskaraktär, då det bara bygger på en analys och det inte finns någon klar källa till metallen i industriområdet.

4.2.2 Volfram



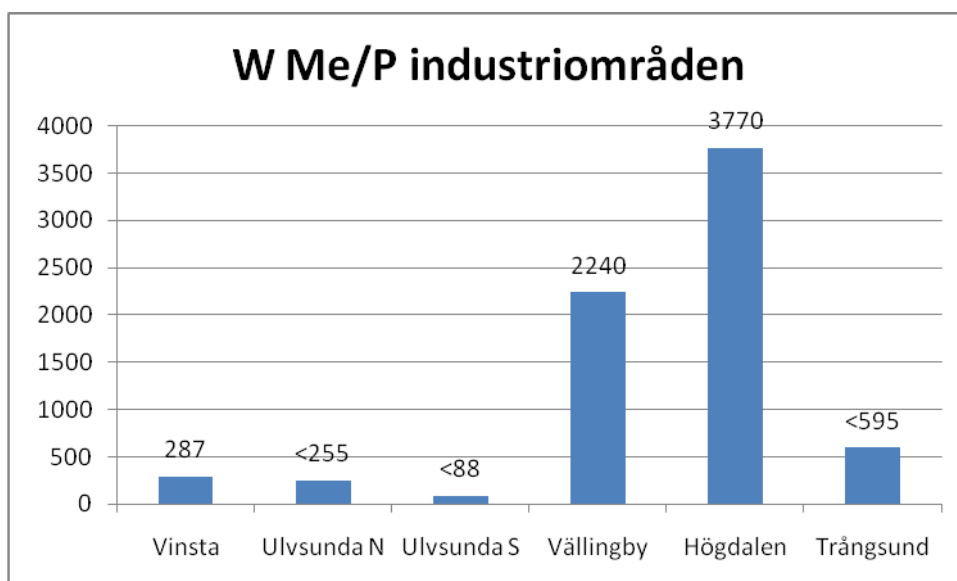
Figur 14. Volfram/fosforkvot (mg/kg) i inloppstunnlarna. HIN, SIN och BIN provtas 12 gånger per år, övriga två gånger per år. Se fig 7 och 8. Källa: Stockholm Vatten AB, Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b c) och WASTE.

Tunnel	Tidsperiod	Antal prov	Medel W ($\mu\text{g/L}$)	Övrigt
HIN	2007-2009	35	1,6	
SIN	2007-2009	35	3,2	
BIN	2007-2009	35	0,7	
SI-Å	2009	3	3,2	
SI-F	2009	3	<0,9	
Hässelby	2003-2009	16	0,6	Ej 2006
Järva	2003-2009	16	0,7	Ej 2006
Riksby	2003-2009	16	0,7	Ej 2006



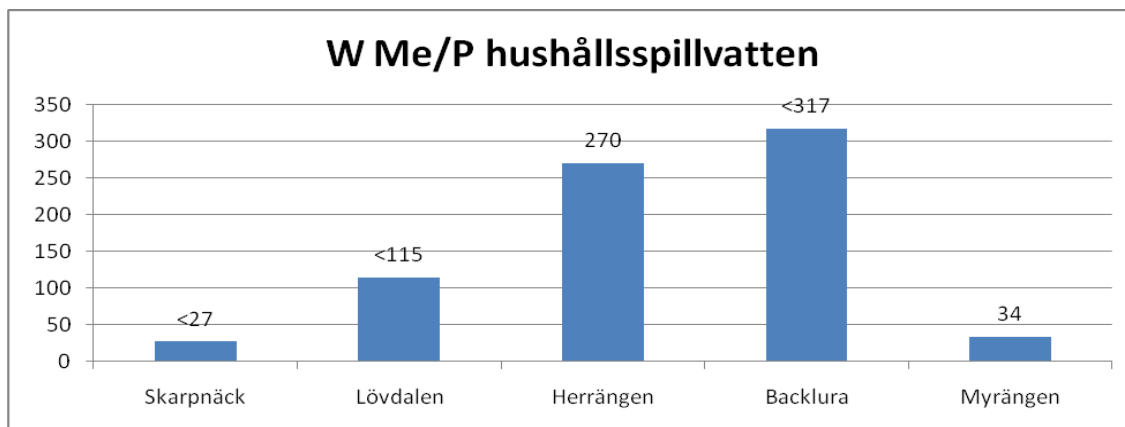
Figur 15. Volfram/fosforkvot (mg/kg) i grannkommunernas anslutningspunkter. Källa: Johansson (2008 b, c, 2009 b, c).

Område	Tidpunkt	Antal prov	Medel W ($\mu\text{g/L}$)
Tyresö-Bollmora	2008-2009	4	0,8
Tyresö-Vassvägen	2008-2009	4	0,8
Haninge-Hagstigen	2005, 2008-2009	6	0,6
Nacka		3	1,3
Järfälla	2003, 2005, 2007-09	15	<0,8
Sundbyberg	2003, 2005, 2007-09	13	<1,3



Figur 16. Volfram/fosforkvot (mg/kg) från industriområdena. Källa: Andersson (2004 a) Johansson (2007 b, 2008 b c, 2009 b).

Område	Tidpunkt	Antal prov	Medel W ($\mu\text{g/L}$)
Vinsta	2008	2	1,7
Ulvsunda N	2003, 2007	6	<1,6
Ulvsunda S	2003	2	<0,5
Vällingby	2007	2	2,4
Högdalen	2008	2	7,4
Trångsund	2009	2	<1,1



Figur 17. Volfram/fosforkvot (mg/kg) i hushållspillvatten. Källa: Johansson (2007 a, 2008 a & 2009 a), Andersson (2005).

Område	Tidpunkt	Antal prov	Medel W (µg/L)
Skarpnäck	2003-2009	19	<0,5
Lövdalen	2007-2008	4	<0,5
Herrängen	2004-2005	6	1,5
Backlura	2009	2	<1,9
Myrängen	2005	1	0,3

Volfram är en utpräglad industrimetall vilket märks på Me/P-kvoterna. Dock är skillnaderna mellan de olika industriområdena stor och Vällingby, Högdalen och i viss mån Trångsund utmärker sig med höga Me/P-kvoter. För inloppstunnlarnas del kommer det in mer volfram till Henriksdal via Sicklainloppet och Årstattunneln (SIN och SI-Å) än andra. Detta bedöms härröra från den industri i södra Stockholm som använder volfram i sin produktion och/eller avlagringar i ledningsnätet inom eller utanför företaget. Utredningsarbete pågår för närvarande hos dem för att ytterligare minska utsläppen.

Det höga volframinnehållet i vattnet från Vällingby och Högdalens industriområden är i dagsläget okända, men för Högdalens del kan det röra sig om utsläpp från flera mindre metallindustrier, t.ex. smidesverkstäder, avfallshanteringsanläggningar, bil- och däckverkstäder m.m.

4.3 Felkällor

Vid provtagning nära kunden (långt ut i systemet) uppstår det ibland problem med vattnets homogenitet. Ofta är flödet för lågt för att man ska få ett representativt prov då det inte förekommer någon turbulens i vattenmängden. Fekalier och papper är oftast inte finfördelade i provpunkten och upplagring i ledningarna kan leda till mindre mängd material i provpunkten och att äldre avlagringar av en eller annan orsak släpper och transporteras till den utsedda provpunkten. Vatteninträngningar i ledningarna kan också leda till att jämförelser mellan olika områden blir missvisande, då vattnet har olika "tjocklek" (Johansson, 2008 a). Dessutom har de flesta av analyserna utförts med ej ackrediterade analysmetoder.

5 Undersökta källor till vismut och volfram

5.1 Dagvatten

Idag saknas det en tydlig definition av vad dagvatten egentligen betyder, och man har därför i Stockholms stad gjort en egen tolkning av begreppet: ”Dagvatten är ytavrinnande regn-, spol- och smältvatten som rinner på hårdgjorda ytor eller på genomsläpplig mark via diken eller ledningar till recipienter eller reningsverk”.

Dagvattnets innehåll av föroreningar är ett växande problem i Sveriges storstäder.

Föroreningarna består av aromatiska föreningar (PAH:er och PCB), olja, tungmetaller, näringsämnen, bakterier, upprivna partiklar m.m. Trafiken är den stora källan till de flesta föroreningarna (metaller, PAH:er och oljor), men även oskyddade koppartak och förzinkade stålkonstruktioner läcker farliga ämnen (framför allt metaller) till dagvattnet. Riskerna med spridning till vattendrag är uppenbara, och därför är det önskvärt att man försöker ta hand om dagvattnet lokalt. I Stockholms stads dagvattenstrategi anges hur staden ska agera med det övergripande målet att dagvattnet inte ska försämra miljön. I första hand ska källorna angripas med hjälp av information, men även via detaljplaner och bygglov. I andra hand ska dagvattnet hanteras eller separeras så att recipienterna eller marken kan tillföras så pass mycket vatten utan att belastningen av föroreningarna når kritiska nivåer. I tredje hand ska det förorenade dagvattnet ledas till mindre känsliga recipienter, renas lokalt eller ledas vidare till reningsverk (Stockholm stad, Dagvattenstrategi). Den sista punkten är problematisk eftersom man samtidigt har krav på sig att slammet inte får vara så pass förorenat att det inte kan spridas på jordbruksmark, vilket har lett till att man gjort flera försök med lokal dagvattenrening. Dagvatten från innerstaden går huvudsakligen till reningsverken, medan dagvattnet i ytterområdena i större utsträckning leds till recipienten, eftersom detta vatten ofta har en lägre föroreningsgrad.

Både vismut och volfram är tämligen ”nya” metaller i miljökemiskt sammanhang, dvs. man har inte analyserat dem i någon större utsträckning tidigare. Då analysunderlaget ibland är ofullständigt blir det självfallet svårt att se några trender över tiden. Eftersom de flesta reningsverk har höjda halter av vismut i sitt slam skulle detta kunna tyda på att nederbörden spelar en icke oväsentlig roll för dess förekomst, och detta förhållande skulle i så fall återspeglas i dagvattnet beroende på om man har ett kombinerat eller duplicerat ledningssystem.

Under åren 1992 till 2000 genomfördes 18 dagvattenutredningar i Stockholm inför utarbetandet av den nya dagvattenstrategin som antogs i oktober 2002. Ingen av dessa undersökningar studerade vismut eller volfram i dagvattnet (Ekvall & Strand, 2001).

I Stockholm har man under de senaste 15 åren byggt ett antal anläggningar för lokal rening av dagvattnet. I detta arbete behandlas tre av dem, SORBUS, Ryska Smällen och Tegelbruket, eftersom det fanns sparade dagvattenprover från dessa, som skickades iväg för analys.

Ryska Smällen och SORBUS tar emot förorenat dagvatten från Johanneshovsbron respektive Essingeleden. Båda broarna är kraftigt trafikerade under i stort sett hela året, Johanneshovsbron trafikerar av ca 71 000 fordon/dygn (Aldheimer 2004), och Essingeleden frekventeras av ca 140 000 fordon/dygn (Aldheimer 2006). Tegelbruket ligger på en lokalgata på Kungsholmen och trafikerar av omkring 500 fordon/dygn (Wilmin 2004).

5.1.1 Prover

Inom ramen för detta examensarbete var det inte möjligt att initiera en genomgripande provtagning i de dagvattenmagasin som finns i Stockholm. Därför användes nedfrysta prover som tagits i samband med tidigare utvärderingar av avsättningsmagasinet Ryska smällen (hösten 2000), perkolationsmagasinet Tegelbruket (hösten 2000) och reningsanläggningen SORBUS (våren 2005). Samtliga provtagningar vid anläggningarna har varit flödesproportionella, dvs. en flödesmätare styr en provtagare att ta en bestämd volym vatten för varje flödesmängd som passerar mätaren. Dessa prover har sedan förvarats i en frysbox hos Stockholm Vatten på Torsgatan 26.

Provpunkt	Datum	Halt Bi (mg/L)	Halt W (mg/L)
Ryska Smällen IN	2000-10-03	<0,0001	0,0057
Ryska Smällen IN	2000-10-09	<0,0001	0,0057
Ryska Smällen UT	2000-10-03	<0,0001	0,0037
Ryska Smällen UT	2000-10-09	<0,0001	0,0034
Tegelbruket väg	Okt-nov 2000	<0,0001	<0,001
Tegelbruket tak	Nov-dec 2000	<0,0001	0,0023
Tegelbruket samlingsprov	17/11-19/12 2000	<0,0001	0,0040
SORBUS inlopp damm	15/3 2005	<0,0001	0,062
Åkeshov, ridhuset	22/3 2010	<0,0001	-

Tabell 6. Analysresultat vismut och volfram i dagvattnet (se bilaga 11). Källa: Eurofins AB

Anledningen till undersökningarna av de tre anläggningarna har i samtliga fall varit att man velat undersöka deras reningsförmåga och funktionalitet under verkliga förhållanden. Därför har man siktat in sig på mer välkända metaller såsom bly, kadmium, koppar, krom och zink. Vismut har inte undersökts alls, medan volfram analyserades i SORBUS-undersökningen under vintern och våren 2005. Halterna löst volfram i dagvattnet varierade ganska mycket under mätperioden, mellan 15 och 100 µg/L. Det rapporterade värdet den 15 mars var 83 µg/L (0,083 mg/L).

Ett jämförande nederbördsprov på snö togs också för att eventuellt kunna räkna bort nederbördens påverkan av framför allt vismut i dagvattenproverna (se bilaga 11). Provet togs i Åkeshov mitt på dagen den 22 mars 2010 på position N 59° 20,311' E 17° 55,422' (WGS 84). För provpunktens placering, se bilaga 3. Analysen visade på ett innehåll av <0,1 µg vismut/L. Detta värde kan sedan jämföras med det värde som Eriksson (2001) rapporterade i nederbördsvatten från Gårdsjön i närheten av Stenungsund (0,0030 µg/L), medan Lindgren (2009) uppger att vismuthalten i regnvatten oftast ligger lägre än 0,020 µg/L.

För provberedning av dagvattenproverna, se bilaga 4.

Proverna analyserades av Eurofins AB i Lidköping enligt standardmetoden SS 028150-2. Mätosäkerheten angavs vid alla metallanalyser till ±20%.

5.1.2 Felkällor

Det är okänt hur provtagningen har gått till och om eventuell konservering har skett i samband med detta. Det är också okänt hur proverna har förvarats från provtagningstillfället till upptiningen. Troligen är risken ganska liten att dessa felkällor inverkar menligt på resultatet, då både vismut och volfram är ganska sällsynta metaller som inte förekommer vida spridd i naturen eller på vanliga arbetsplatser. Val av analysmetod kan också påverka resultatet. Den s.k ”first-flush”-effekten kan också göra sig påmind vid statistiska analyser av materialet, då ett kraftigt regn efter en längre period med torra sköljer ur systemet, vilket gör att metallhalterna i inkommande vatten kan stiga avsevärt för att sedan sjunka tillbaka till de låga värden som rådde innan regnet kom.

5.1.3 Dagvattnets bidrag av vismut och volfram

Både vismut och volfram räknas som tungmetaller då deras densitet uppgår till över 5 g/cm³ och undersökningar visar att dessa element till största delen är partikelbundna och sedimenterar istället för att fortsätta vara lösta i vattnet eller tas upp av mikroorganismer. Uppsplitna stenpartiklar från vägbanan har visat sig ha en stor förmåga att binda till sig metalljoner och på så sätt öka borttransporteringen av dem till dagvattnet (Klint, 2001). Emission av metaller från trafiken beror på flera faktorer, bl.a. hastighet och körmönster (Sternbeck et al., 2001).

Lindgren (2009) har gjort en beräkning av att trafikens emission av volfram till dagvattnet utgör drygt 37 kg per år. Beräkningen bygger på 1998 års fordonsstatistik från Gatu- och fastighetskontoret och Klints undersökning från 2001. Emissionsfaktorn för volfram bedöms vara 15 µg/fordonskilometer (Johansson et al., 2008). För SORBUS-provet är det intressant, då provtagningsdatumet infallit under mitten av mars, då dubbdäck har använts i större

omfattning. Sternbeck et al. (2001) drog slutsatsen att vismut också möjligen skulle kunna härröra från trafiken, med en emissionsfaktor på 0,061 µg/fordonskilometer.

Eftersom dubbdäck används vintertid måste detta kompenseras för i beräkningarna.

Antagandet här är att dubbdäck har använts under fem månader, mellan november och mars, (egen uppskattning), vilket gör att dagvattnet delas upp i ett ”sommardagvatten” och ett ”vinterdagvatten” med olika koncentration av volfram. Proverna från Ryska Smällen (oktober 2000) har också visat sig innehålla volfram, eventuellt beroende på kvarvarande metallrester efter vintern. I beräkningarna har ”sommardagvattnet” antagits innehålla 0,0057 mg/L och ”vinterdagvattnet” 0,062 mg/L (se bilaga 11). Vidare har det antagits att flödet av dagvatten har varit jämnt fördelat över året. Vattnet från Loudden har överförs till Henriksdal. Utifrån dessa parametrar beräknas 23 kg volfram emitteras till dagvattnet, varav ungefär 8 kg hamnar i reningsverken (se tabell 7).

Mottagare	Vinter (mg/L)	Sommar (mg/L)	Trafikdagv. IN (m ³)	Vinter IN (m ³)	Sommar IN (m ³)	Mängd W IN (kg)
Henriksdal	0,062	0,0057	240 000	100 000	140 000	7
Bromma	0,062	0,0057	40 000	16 667	23 333	1
Recipient	0,062	0,0057	520 000	216 667	303 333	15
			SUMMA:	333 333	466 667	23

Tabell 7. Beräkning av mängden volfram som emitteras av trafiken till dagvattnet baserad på analyserade dagvattenprover och 2005 års hydrologiska budget (bilaga 5).

Lindgren (2009) beräknade den totala emissionen av volfram från dagvattnet till resp. reningsverk till 10,3 kg (Henriksdal) och 2,1 kg (Bromma). Vid en jämförelse med den nya beräkningen, får man anse att siffran stämmer ganska bra med de värden som Lindgren rapporterat (Lindgren, 2009). 2009 inkom till Henriksdal 234 kg volfram och till Bromma 54 kg (se fig 19). I ovanstående beräkning utgör alltså trafikens volframbidrag 3% för Henriksdal och ca 2% för Bromma.

Trafikens jämförelsevis låga emissionsfaktor för vismut, 0,061 µg/fordonskilometer (Sternbeck et al., 2001), gör att trafiken inte är någon stor vismutkälla. Det är dock intressant att göra en beräkning enligt samma princip som Lindgren (2009) har gjort för volfram. I en tidigare undersökning (Klint, 2001) har vägnätets längd delats upp i fyra olika belastningskategorier; lokalgator <8 000 fordon/dygn, vägar med mellan 8 000-15 000 fordon/dygn, vägar med mellan 15 000-30 000 fordon/dygn och trafikleder >30 000 fordon/dygn. Vid lokalgatorna har föroreningsmängden bedömts hamna i dagvattnet till 80% då de till största delen bedöms ha hus runt sig och är därmed skyddade från vind i större utsträckning. Från övriga vägar hamnar 40% av föroreningarna i dagvattnet (Klint, 2001).

Väg	Längd (km)	Fordon/dygn	Total emission Bi, kg/år	Emission av Bi från trafik till dagvatten kg/år
< 8 000 f/d	1 277	3 200	0,09	0,07
8 000 - 15 000 f/d	115	12 000	0,03	0,01
15 000 - 30 000 f/d	76	20 500	0,03	0,01
> 30 000 f/d	62	60 000	0,08	0,03
E18.20	1,2	46 000	0,00	0,00
E18.20	1,8	36 000	0,00	0,00
E18.20	4,1	80 000	0,01	0,00
E4	2,1	94 000	0,00	0,00
E4	2,5	102 000	0,01	0,00
E4	2,1	91 000	0,00	0,00
Essingeleden	2,1	101 000	0,00	0,00
Essingeleden	1,5	73 000	0,00	0,00
Essingeleden	1	62 000	0,00	0,00
Essingeleden	1,4	88 000	0,00	0,00
E18	0,4	49 000	0,00	0,00
E18	3,5	38 000	0,00	0,00
E18	0,9	39 000	0,00	0,00
229/260	1,5	32 000	0,00	0,00
229/260	4,4	27 000	0,00	0,00
229/260	0,8	16 000	0,00	0,00
229/260	1,7	11 000	0,00	0,00
73	1,1	52 000	0,00	0,00
73	0,9	45 000	0,00	0,00
73	1,8	36 000	0,00	0,00
SUMMA:			0,29	0,15

Tabell 8. Beräkning av mängd vismut emitterad av fordonstrafik och som hamnar i dagvattnet inom Stockholm Stad. Baserad på 1998 års fordonsstatistik från Gatu- och fastighetskontoret, hydrologisk budget för Stockholm, 2007 (se bilaga 6) och med en emissionsfaktor på 0,061 µg/fordonskilometer (Sternbeck et al., 2001). Siffrorna är avrundade till två decimaler, vilket gör att summorna inte verkar stämma riktigt.

Som synes bedöms inte trafiken vara någon stor källa till vismut då den totala emissionen från trafiken uppgår till knappa 300 g per år (tabell 8), varav ca 150 g hamnar i dagvattnet. Även om trafiken i staden har ökat under de senaste 12 åren kommer bidraget fortfarande vara litet. Trafikens bidrag av vismut utreds inte vidare och lämnas därhän i fortsättningen.

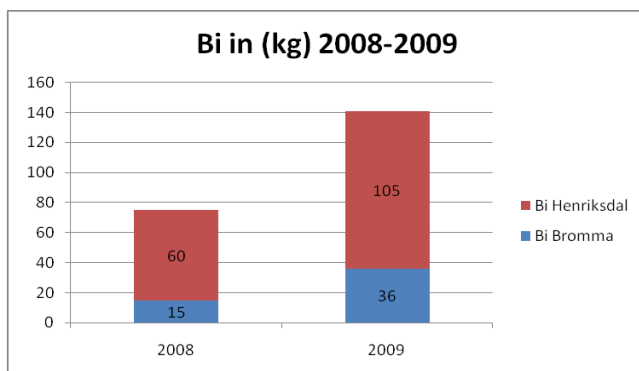
Vismut i dagvattnet kan också härröra från nederbörd. Vid beräkning av nedfall av vismut via nederbörden adderas trafikdagvattnet och det vanliga dagvattnet.

Mottagare	Halt dagvatten (mg/L)	Dagvatten IN (m ³)	Trafikdagv. IN (m ³)	Mängd Bi IN (kg)
Henriksdal	<0,0001	3 740 000	220 000	<0,40
Bromma	<0,0001	980 000	40 000	<0,09
Recipient	<0,0001	5 890 000	470 000	<0,64
SUMMA:		10 610 000	730 000	<1,13

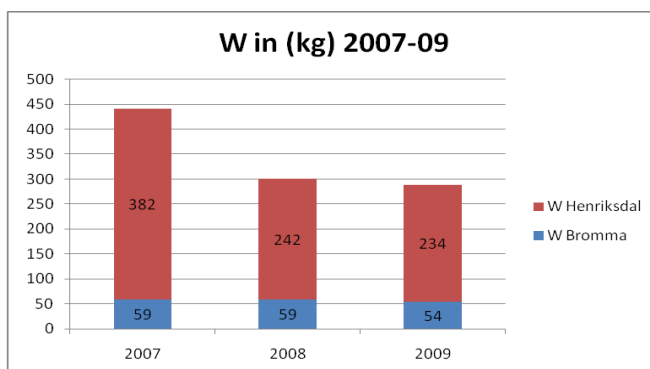
Tabell 9. Beräkning av mängden vismut som hamnar i dagvattnet via nederbörden baserat på analyserat nederbördsvatten och 2007 års hydrologiska budget (bilaga 6). Dräneringsvatten (dränvatten) räknas inte med, eftersom det saknas analyser av vismut och volfram på detta.

5.1.4 Slutsats

Maximalt tillförs alltså mindre än 0,4 kg vismut till Henriksdal och mindre än 90 g till Bromma via dagvattnet. 2009 inkom 105 kg vismut till Henriksdal och 36 kg till Bromma. Alltså utgör nederbörden som mest i storleksordningen 2,5-4‰ av den totala mängden vismut i slammet.



Figur 18. Total mängd vismut in till Bromma och Henriksdal 2008-2009. Källa: Stockholm Vatten.



Figur 19. Total mängd volfram in till Bromma och Henriksdal 2007-2009. Källa: Stockholm Vatten.

5.2 Kosmetika

Kosmetika i olika former har använts i tusentals år av människan. Redan de gamla egyptierna använde sig av ett flertal olika metalloxider och andra färgämnen för att tillverka olikfärgad kosmetika, varav blyvitt torde vara mest känd. Under 1500-talet började vismut användas för kosmetiska ändamål. År 1930 konsumerades 90% av all vismut som läkemedel eller i kosmetika, men den andelen har minskat i och med att man börjat använda vismut i stor skala i andra sammanhang istället. Idag används vismutoxyklorid i kosmetika för att ge en pärlmorskimrande effekt i nagellack och läppstift (Internet, Nationalencyklopedin).

BiOCl produceras genom att BiCl_3 upphettas i luft (Internet, Nationalencyklopedin) och är ett vitt pulver vid rumstemperatur. Det är olösligt i vatten, men löser sig lätt i koncentrerad salpetersyra. LD_{50} för vismutoxyklorid (oralt intag, rått) ligger på 22 g/kg (Ghosh et al. 2004).

Det finns få övriga användningsområden för vismutoxyklorid, men på senare år har intresset växt för att använda vismutoxyklorid som förkatalysator inom organisk syntes (Ghosh et al. 2004) då man slipper använda den hygroskopiska föreningen BiCl_3 . Vismutoxyklorid har också visat sig vara en bra fotokatalysator (Wang et al. 2008), där en applikation skulle kunna vara nedbrytning av organiska miljöföroreningar (Zhang et al., 2008).

5.2.1 Vismutoxyklorid – en källa till diskussioner

Mineralsmink har under de senaste åren saluförts som ett naturligt alternativ till vanligt smink och ska enligt producenterna bara innehålla ”naturliga ämnen” utan tillsatser av talk, kemikalier, parfym, olja, silikon och konserveringsmedel (Bogyo 2007).

Men i och med att förbrukningen av mineralsmink ökat har det samtidigt blossat upp en het debatt angående kosmetikans innehåll, eventuella toxicitet och biverkningar. I det sammanhanget har även vismutoxyklorid hamnat i korselden, trots att de kända biverkningarna är få vid användandet och att dess giftighet anses som ringa. Lindgren (2009) skriver att det har inkommit fler och fler samtal under de senaste åren till Läkemedelsverket angående just vismut i smink. Dock är det känt att vismutoxyklorid kan ge lindriga former av kontaktallergi med klåda som följd (Draeos, 2001, Adams et al, 1985).

Okunskapen har lett till att det uppstått en mängd missuppfattningar om bland annat vismut i smink. På en hemsida kan man läsa ”*Bismuth är inte ett mineral utan en tungmetall som bland annat används till att framställa arsenik, med andra ord inget vi tycker hör hemma i skönhetsprodukter överhuvudtaget. Bismuth är otroligt billigt och det är anledningen till våra ledande konkurrenter använder bismuth i sina produkter*” (Internet, Makeupcosmetics).

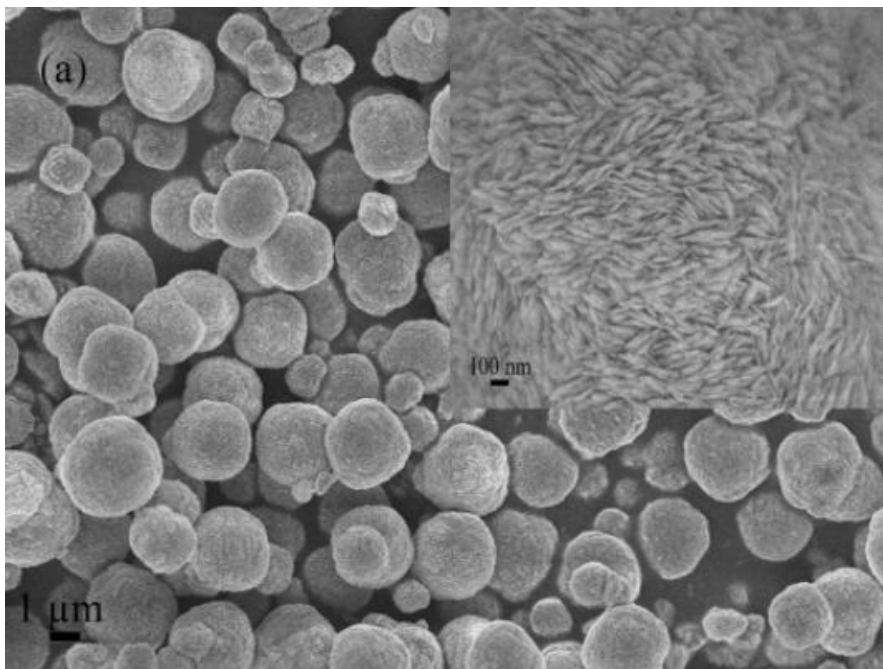
Det är korrekt att vismut är en tungmetall i sin grundform, men den används inte för att framställa arsenik, utan är en biprodukt vid utvinning av andra metaller ur jordskorpan. Vismutoxyklorid är en oorganisk förening (BiOCl), men inte naturligt förekommande i naturen, vilket gör att den inte kan klassas som ett mineral. Det finns också några

kosmetikproducenter som har lanserat vismutfria märken, t.ex. HH Mineral Cosmetics och TIKEI (Internet, HH Mineral Cosmetics, TIKEI).

Fördelar med mineralsmink som förs fram i debatten är bland annat att det inte täpper igen porerna, täcker bra, ser naturligt ut på huden, oorganiskt (bakterietillväxten hämmas) och att allergirisken är liten (Internet, LipGloss Bitch). Mineraler uppges också vara bra för hyn och vårda den samt ge en naturlig solskyddsfaktor (Internet, Makeupcosmetics). Vismutoxyklorid är känd under ett flertal olika handelsnamn och beteckningar (se bilaga 7).

CAS nr	7787-59-9
Molekylformel	BiOCl
Molekylvikt	260,43 g mol ⁻¹
Smältpunkt	>600°C (sönderfaller)
Densitet	7,7 g cm ⁻³
Bandgap	3,22 eV

Tabell 10. Snabbfakta vismutoxyklorid. Källa: SciFinder Substances och Zhang et al. (2008).



Figur 20. SEM-bild av vismutoxyklorid. 1 µm = 1/1000 mm, 1 nm = 1/1000 µm. Figur tagen från Zhang et al., 2008.

5.2.2 Gränsvärden och miljökrav

Eftersom kosmetika faller under Läkemedelsverkets ansvar behöver producenterna inte uppge hur mycket av ett ämne som en produkt innehåller. Hade det däremot varit Kemikalieinspektionen som varit ansvariga skulle mängden behöva skrivas ut på förpackningen. Detta är en svaghet i dagens lagstiftning.

Det finns inget gränsvärde för vismutoxyklorid i kosmetiska produkter. Däremot måste man ha en fullständig innehållsförteckning över alla ingredienser som är medvetet tillsatta. Ingredienserna ska anges i fallande ordning med huvudingrediensen först. Ämnen med halter understigande 1% behöver ej anges i ordning i innehållsförteckningen. Spårämnen och föroreningar behöver inte anges, men eftersom vismut förekommer i samband med andra metaller i jordskorpan är det troligt att det kan förekomma som föroreningar i kosmetika (muntlig info Gunnar Guzikowski 2010-02-15).

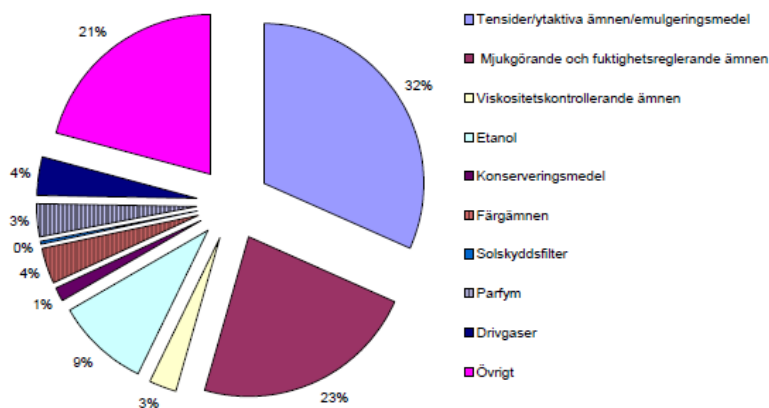
Det finns heller inga miljökrav på kosmetika i dagens läge, men det kommer troligen bli en ändring på det i och med att fler företag blir intresserade av att kunna miljömärka sina produkter. Miljömärkning Sverige AB har under 2008 påbörjat ett långsiktigt arbete med att svanenmärka andra typer av kosmetika än tvål och schampo, som har kunnat bli svanenmärkta sedan länge. Ett av kraven kommer då bli att svanenmärkta produkter inte får innehålla vismut eller något av de prioriterade ämnen som tas upp i ramdirektivet för vatten (muntlig information Ulf Eriksson 2010-02-17, SIS Miljömärkning AB, Årsrapport 2008).

Tillsynsmyndighet för kosmetiska produkter är Läkemedelsverket. Dock sker ingen förhandsgranskning av nya produkter, utan det åligger importör och tillverkare att garantera att produkterna inte skadar miljön eller konsumenterna. Dock måste alla produkter som används yrkesmässigt eller säljs till slutkonsument i Sverige registreras i Läkemedelsverkets register. Läkemedelsverket utövar tillsammans med landets kommuner tillsyn av efterlevnaden av regelverket (Internet, Läkemedelsverket). Under 2009 skedde tillsyn hos 281 verksamhetsutövare (Läkemedelsverkets årsredovisning, 2009). Inom EU är det kosmetikdirektivet som begränsar användningen av vissa ämnen för att skydda folkhälsan och miljön (76/768/EEG).

Med registreringskravet följer ingen skyldighet för producenterna/säljarna av en produkt att rapportera mängden av varje ingående kemikalie. Medlemmarna i KTF (Kemisk-tekniska leverantörsförbundet) behöver inte heller uppge hur många vismutinnehållande produkter som konsumeras i Sverige (muntlig kontakt Peter Jansson, 2010-02-15).

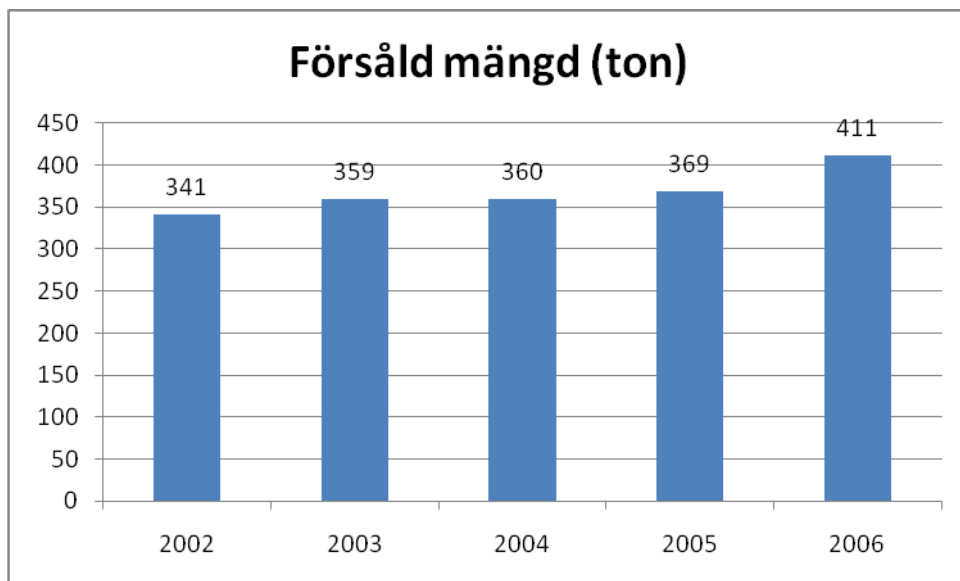
5.2.3 Konsumerad mängd kosmetika

Läkemedelsverket har gjort en grov uppskattning av mängden förbrukad kosmetika till ca 340 ton år 2002. Beräkningen är dock behäftad med stora osäkerheter då undersökningen byggde på information från KTF:s och IHH:s (branschföreningen för Industriell och Institutionell Hygien) medlemmar utifrån deras marknadsandelar, dataunderlaget hade olika noggrannhet och produktgruppen make-up inte kunde förses med en typformulering (typformuleringen anger sammansättningen av en produkt uppdelat på ett antal ämnesgrupper). Make-up produkter är så pass olika sinsemellan att det är mycket svårt att ange en representativ typformulering utifrån en ”medelprodukt”. Vismutoxyklorid är ingen stor ingrediens, och därför har den hamnat i funktionsgruppen ”övrigt”, vilken utgör hela 21% av torrsubstansen i kosmetiska och hygieniska produkter (Läkemedelsverket, 2004).



Figur 21. Fördelning av torrsubstans mellan olika funktionsgrupper, volymprocent exklusive vatten. Figur tagen ur *Miljöpåverkan från läkemedel samt kosmetika och hygieniska produkter* (Läkemedelsverket, 2004).

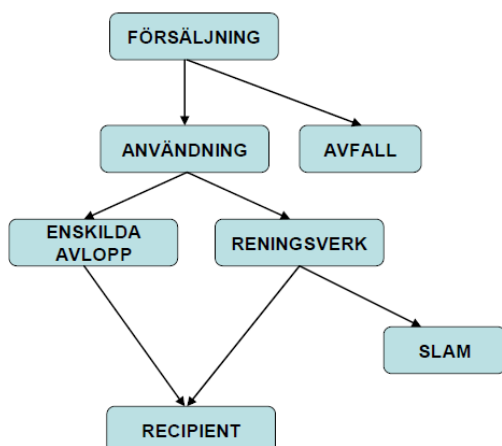
SCB har också försökt göra en uppskattning av flödet av kosmetika i samhället, men de konstaterar att den internationella kodstrukturen som används inom den internationella handeln (The Harmonized Commodity Description and Coding System) är gammalmodig och måste ändras för att man ska få tydlig statistik på varuflödet. De har utgått från KTF:s försäljningsstatistik och beräknat att konsumtionen av produktgruppen ”make-up” 2006 hade ökat till 411 ton (SCB, 2009). Införsel och försäljning av taxfree-varor är inte medtagen i någon försäljningsstatistik.



Tabell 11. Försåld mängd kosmetika mellan åren 2002 och 2006. Källa: SCB, 2009.

5.2.4 Spridning

Det är alltså svårt att få en samlad bild av hur många produkter som finns på marknaden som innehåller vismut eller vismutoxyklorid.



Figur 22. Schematisk flödesbild för kosmetika och hygienprodukter. Figur tagen ur Regional- och miljöstatistik 2009:3, *Läkemedel samt kosmetika och hygienprodukter i Sverige, Metodutveckling för försäljningsstatistik och flödesstudier* (SCB, 2009).

För att få en uppfattning om hur marknaden ser ut och vilka produkter som innehåller vismut utfördes en mindre studie under februari och mars 2010 på flera kosmetikaavdelningar i större varuhus i Stockholm och i mindre butiker med kosmetikainriktning. Det visade sig ganska fort att det var ett ganska smalt segment med produkter som innehåller vismutoxyklorid, nämligen vissa foundations, ögonskuggor, concealers, rouge och läppglans. Samtidigt klargjordes att den initialt förväntade glittereffekten hos vismutoxyklorid var något

missvisande. Det handlar snarare om att vismutoxykloriden ger en sidenmatt lyster åt huden vid applicering.

Det var däremot ganska vanligt att produkterna hade märkningen ”[+/-] (may contain bismuth oxychloride”. Exempel på detta är kajal, läpp- och ögonbrynspennor, ögonskuggor, nagellack, foundations, rouge, läppglans, läppstift, bronzer och primer. En fullständig förteckning över de inventerade produkterna återfinns i bilaga 8.

5.2.5 Kosmetikans bidrag av vismut i slammet

En beräkning av kosmetikans bidrag till den vismut som senare kan återfinnas i avloppsslammet kan tyvärr inte göras baserat på de fakta som framkommit under arbetets gång, beroende på flera faktorer. Den allvarligaste är att det inte finns någon tillförlitlig statistik på den mängd som säljs per år och hur stor andel av produkterna som innehåller vismut. Försäljningsstatistik för de specifika märkena har inte heller gått att få fram. En annan viktig faktor är att någon ordentlig inventering inte gjordes på hela den svenska marknaden inom ramen för det här arbetet. Det råder också tveksamheter runt hur stor del av den totala mängden kosmetika som slängs utan att användas (se fig 22). Däremot räknar man med att vid normal användning tillförs nästintill 100% av kosmetikprodukterna avloppet (Andersson & Sörme, 2007).

Kosmetikprodukternas vismutinnehåll var den enda parameter som kunde tas fram relativt enkelt. Halterna av vismut varierar dock kraftigt mellan olika märken och produkter, vilket gör att det är svårt att ta fram ett ”medelsmink” som är representativt ur ett vismutperspektiv (se tabell 12). Det visade sig också vid analysen att vissa av produkterna märkta ”may contain bismuth oxychloride” innehöll vismut i ganska höga halter, medan det i andra inte gick att detektera (se bilaga 9 och 10). Det fanns också en produkt som tydligt angav vismutoxyklorid högt upp i innehållsförteckningen, men vid analysen visade det sig att halten låg under LOD, vilket också gör det svårt att göra sig en uppfattning om ett medelvärde.

Troligen utgör dock inte kosmetikan en stor källa till vismut.

Prov	Produkt	Märke	Innehåll enl analys	[Bi] (mg/g)	Stdavvikelse
1	Läppglans <i>Pearly shine</i>	Nivea	Ja, <LOQ	0,3	0,01
2	Foundation <i>Mineral compact powder "light opal"</i>	IsaDora	Ja	14	0,13
3	Nagellack <i>Wonder nail, "smashy cerise"</i>	IsaDora	<LOD	-	-
4	Läppstift <i>"Peachy cream"</i>	Make up store	<LOD	-	-
5	Glitter <i>"Hologram"</i>	Make up store	Nej (<LOD)	-	-
6	High tech lighter <i>"Jupiter"</i>	Make up store	Ja	16	0,74
7	Läppglans <i>Brilliant lip shine "sea coral"</i>	IsaDora	<LOD	-	-
8	Läppglans <i>"Cerise candy shiny cherry"</i>	Maybelline	<LOD	-	-
9	Foundation <i>"Go natural"</i>	FACE STOCKHOLM	<LOD	-	-
10	High tech lighter <i>"Big bang"</i>	Make up store	Ja	15	0,36
11	Rouge <i>"Golden Gate"</i>	bareMinerals	Ja	87	4,6
12	Concealer <i>"Summer bisque"</i>	bareMinerals	Ja	57	0,11
13	Veil <i>"Clear radiance"</i>	bareMinerals	Ja	320	17
14	Läppenna <i>"Anna K"</i>	FACE STOCKHOLM	<LOD	-	-
15	Kajal <i>"Kiki"</i>	FACE STOCKHOLM	<LOD	-	-
16	Ögonskugga <i>Cyber shadow "metallic wave"</i>	Make up store	<LOD	-	-
17	Ögonskugga <i>Microshadow "deep blue"</i>	Make up store	<LOD	-	-

Tabell 12. Analysresultaten för de undersökta kosmetikaproverna.

Analysen av produkterna utfördes med FAAS, vilket är en enkel men tämligen säker metod för metallhaltbestämning i vattenlösningar. För en fullständig beskrivning av metoden se bilaga 9. LOD (se ordförklaring) bestämdes till 1,2 mg vismut/L.

5.3 Fällningskemikalien

Fällningskemikalien Quickfloc (järn(II)sulfat-heptahydrat) köps från Norge och är en biprodukt vid framställning av titandioxid. Den tillsätts avloppsvattnet direkt efter grovreningen (se fig 1) för att fälla ut fosfor. Lindgren (2009) visade att fällningskemikalien kunde vara en gemensam källa till vismut och volfram, men resultatet var allt annat än tydligt. Därför började man analysera fällningskemikalien regelbundet under 2009. Fortsättningsvis kommer Quickfloc att analyseras en gång per kvartal (muntlig info, Ragnar Lagerkvist, 2010-05-20).

Vismut	Bromma (ton)	Henriksdal (ton)	Summa (ton)	Halt Bi Quickfloc (mg/kg)	Bi till slammet (kg)
2008	3 230	7 923	11 153	0,08	0,9
2009	2 959	7 956	10 915	0,08	0,9

Tabell 13. Förbrukning av fällningskemikalien och dess totala bidrag av vismut i Bromma och Henriksdal. Källa Stockholm Vatten, Miljörapport 2008 och 2009 samt Eurofins online.

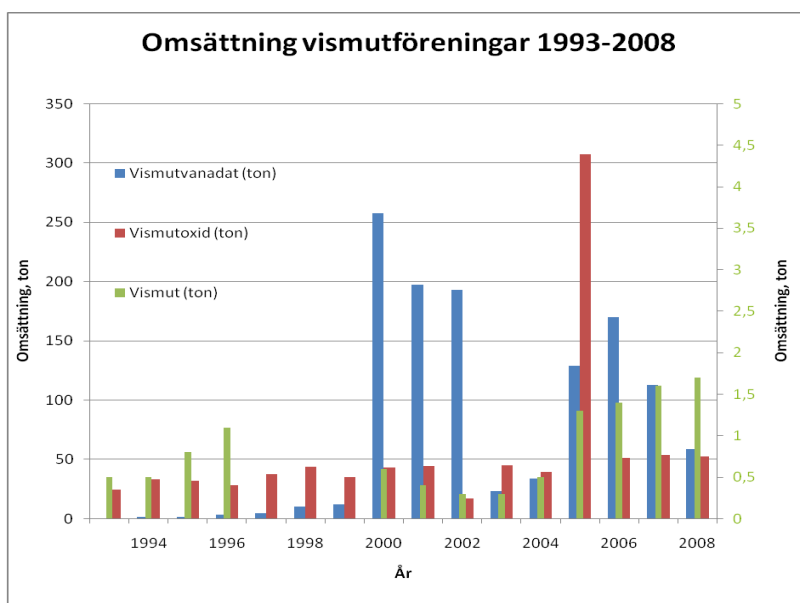
Volfram	Bromma (ton)	Henriksdal (ton)	Summa (ton)	Halt W Quickfloc (mg/kg)	W till slammet (kg)
2008	3 230	7 923	11 153	1,4	16
2009	2 959	7 956	10 915	1,4	15

Tabell 14. Förbrukning av fällningskemikalien och dess totala bidrag av volfram i Bromma och Henriksdal. Källa Stockholm Vatten, Miljörapport 2008 och 2009 samt Eurofins online.

Halterna är ett medelvärde av rådata från sammanlagt sju analyser av Quickfloc som Eurofins AB har utfört under 2008 till 2010. Det är ingen ackrediterad analys, och är därför ett osäkert värde. Det kan dock tjäna som riktvärde och är bättre än de ”mindre än”-värden som anges i de ordinarie analysrapporterna från Eurofins. Värdena i tab 13 och 14 ska sedan jämföras med de totala mängderna vismut och volfram som kommer in till Bromma och Henriksdal (fig 18 och 19). Det man ser då är att fällningskemikaliens bidrag av volfram endast utgör ungefär 5% av den totala inkommande mängden. För vismut är det ännu mindre, här rör sig fällningskemikaliens bidrag om <1% av den totala mängden. En skillnad är dock att Lindgren angav sina analyssvar i mg/kg TS och värdena ovan är i mg/kg (våtvikt), men i sak förändras inget ändå.

5.4 Vismut i varor

Vid sökningar i Kemikalieinspektionens Produktregister via sökverktyg KemI-stat och i Varuguiden kan man snabbt fastställa att över lag har användningen av vismutföreningar ökat sedan början av 1990-talet (se fig 23). Här presenteras data antingen som antal produkter eller kvantitet i form av den totala omsättningen (import och inhemsk tillverkning). Publicering av data sker i enlighet med Sekretesslagen, vilket gör att om ett ämne rapporteras av färre än tre användare ges ingen information om totalmängder. Detta faktum gör att det saknas statistik för flera vismutföreningar då det är för få producenter eller importörer som har inrapporterat till registret. Vismut, vismutvanadat och vismutoxid finns presenterade med totalmängd i produktregistret, medan vismutoxyklorid inte gör det (Internet, Kemikalieinspektionen).



Figur 23: Total omsättning (import och inhemsk tillverkning) av några vismutföreningar. Vismut avläses på den högra skalan. Källa: sökverktyget KemI-stat, Kemikalieinspektionen.

Varuguiden är ett nytt projekt som sätts under våren 2010. Det är en databas med ambitionen att försöka systematisera produkter och visa vilka varor och material som används i Sverige. Det är omöjligt att redogöra för innehållet i alla produkter på marknaden, men här har man försökt samla all generell information om varorna och deras sammansättning. I nuläget är Varuguiden under uppbyggnad och kommer allteftersom att fyllas på med mer information. Fördelen med Varuguiden är att man på ett överskådligt sätt kan söka efter ett ämne och se i vilka material och produktgrupper det finns och ungefärliga halter. Vid sökning på "vismutvanadat" anges t.ex. tre material där det kan ingå, akrylnitril-butadien-styren (ABS-plast), polyamid (PA, nylon) och polyeten (PE-plast). Halterna anges till 0-5% (Internet, Kemikalieinspektionen).

6 Diskussion

6.1 Andra reningsverk

Alla de kontaktade reningsverken har under de senaste åren fått högre halter av vismut i sitt slam. Totalt sett rör det sig ungefär om en tredubbling på 10 år. Undersökningen har visat att det är en spridd metall som återfinns i hela Sverige. Det är i dagsläget okänt vad som har gett denna ökning, men otvetydigt har vismutanvändningen ökat i och med att man ersatt vismut med bly. De ansvariga på reningsverken utfrågades också om eventuella industrier, stora vägar, hur stor del av det inkommande vattnet som är dagvatten och om de tar emot externt slam och/eller organiskt material. Dock har den informationen inte kunnat ge några ytterligare ledtrådar om punktkällor av vismut. Den markanta ökningen av vismuthalterna i slammet vid Bromma och Henriksdal mellan åren 2005 och 2007 är också något av ett mysterium, men det är uppenbart att det är något som har hänt under 2006 och 2007, som ökat utsläppen av vismut till avloppet. Slutsatsen blir alltså att det inte rör sig om ett renodlat storstadsfenomen.

När det gäller volfram är halterna mer eller mindre stabila och bedöms inte som intressant i det här arbetet, då Henriksdals höga värden med all sannolikhet kommer från industrin i södra Stockholm.

6.2 Områdesinventeringar

Sammanställningen av områdesinventeringarna har avslöjat att vismut är jämnt spritt i grannkommunerna, från bostadsområden och industrier, med undantag för Trångsunds industriområde. HIN har en större andel vismut i sitt inkommande vatten, vilket tyder på att det finns en vismutkälla i innerstaden (fig 10).

Volfram är en utpräglad industrimetall och återfinns i höga halter från vissa industriområden. För inloppstunnlarnas del visar fig 14 tydligt att Sickla-Årstainloppet (SI-Å) har betydligt högre halter jämfört med övriga inloppstunnlar.

6.3 Undersökta källor

6.3.1 Dagvatten

Den uppskattade mängden volfram som inkommer till reningsverken överensstämmer i stort med den beräkning som Lindgren (2009) har gjort i sitt arbete. Dagvattnets beräknade bidrag av vismut härrör från trafik och nederbörd, men de två tillsammans utgör ingen stor källa alls (<1%).

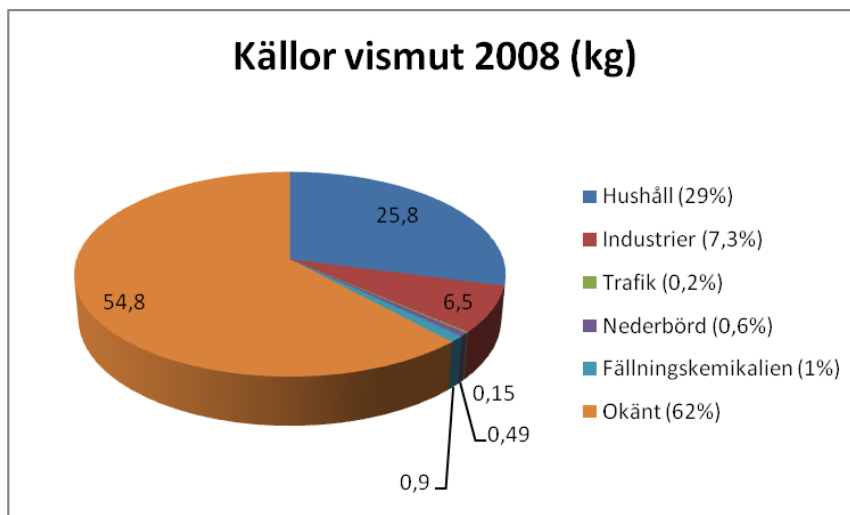
6.3.2 Kosmetika

I det här arbetet konstateras att kosmetika innehåller vismut i olika mängder. Det som gör det svårt att beräkna hur mycket som hamnar i slammet är att förbrukningen bygger på osäkra uppgifter och att halterna varierar kraftigt, vilket gör det svårt att ange ett statistiskt säkert medelvärde för kosmetikan som helhet.

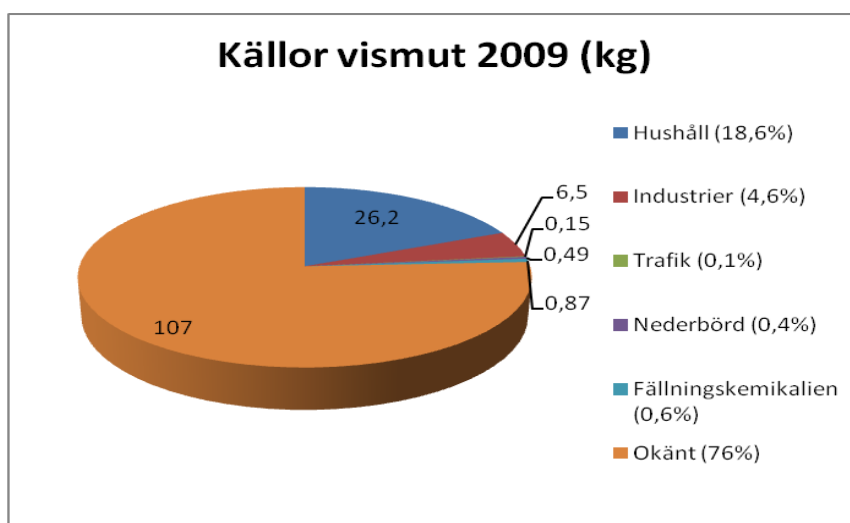
6.3.3 Fällningskemikalien

I och med de utökade analyserna av fällningskemikalien Quickfloc har dess bidrag av vismut och volfram kunnat beräknas tämligen väl. Bidraget av volfram är lite drygt 5% av den totala mängden in, och Quickflocs vismutbidrag utgör i storleksordningen <1% av den totala mängden (se fig 24 och 25).

6.4 Sammanställning av undersökta vismutkällor



Figur 24. Källor till vismut år 2008. Totalt Bromma och Henriksdal.



Figur 25. Källor till vismut år 2009. Totalt Bromma och Henriksdal.

Hushållens bidrag har beräknats utifrån Gryaabs medelvärde för vismut (0,069 mg/person och dag) multiplicerat med antalet mantalsskrivna individer som är anslutna till Bromma och Henriksdal ARV. Industriområdena andel har beräknats utifrån ett medelvärde av alla rapporterade halter multiplicerat med den sålda kvantiteten vatten till industriområdena 2008 (4 080 842 m³). Det finns inga flödesuppgifter för utgående spillvatten, men det antas att såld kvantitet vatten är lika stor som den mängd spillvatten man får tillbaka.

Den största delen av inkommande vismut härrör fortfarande från okända källor. Kosmetikans bidrag torde till stor del vara inräknat i hushållens emissioner, men i vilken omfattning är i dagsläget okänt.

Under arbetets gång har inga direkta källor till vismut kunnat konstateras, utan spridningen verkar ske diffust, vilket försvårar kartläggningen och planeringen av eventuella åtgärder.

7 Slutsatser

7.1 Vismut

Halterna av vismut i slammet har ökat ungefär tre gånger under de senaste 10 åren bland 11 av de undersökta reningsverken samtidigt som de beräkningsbara källorna trafik, nederbörd och fällningskemikalie visade sig vara ytterligt små (var för sig <1%). Kosmetika visade sig kunna vara en källa till vismut i slammet, men dess omfattning går inte att beräkna och den står idag för en okänd andel av den inkommande mängden vismut.

Vid en blick på inloppstunnlarna ser man att HIN har en större andel inkommande vismut än SIN och BIN, grannkommunernas Me/P-kvot är större än hushållens och Trångsund avger mer vismut än övriga industriområden. Orsakerna till dessa observationer är i dagsläget inte kända. Trots allt detta härrör den största delen av den inkommande vismuten fortfarande från okända källor.

Allt sammantaget gör att vismut är en metall med diffus spridning, vilket försvårar vidare åtgärder för att stoppa fortsatt spridning och utsläpp i framtiden.

7.2 Volfram

Inget annat av de undersökta reningsverken än Henriksdal hade för höga halter av volfram i sitt slam. ME/P-kvoterna i inloppstunnlarna till Henriksdal talar också om att en stor del av volframmängden kommer in via Årstatunneln och därmed från den industri som påvisats av Lindgren (2009).

Volfram återfanns också i dagvattnet från de dagvattenanläggningar som undersökts. Lindgrens beräkningar om mängden volfram som emitteras till dagvattnet kunde verifieras. Dagvattnets bidrag utgör i storleksordningen 2-3% av den totala mängden volfram som kommer in till Bromma och Henriksdal.

Fällningskemikalien, som också utpekats som en källa, visade sig bidra med ungefär 5% av den totala mängden volfram.

7.3 Inför framtiden

Det i dagens läge osäkert om vidare studier av vismut och volfram kommer att bedrivas, då ämnenas toxicitet är sådan att de uppmätta halterna inte bedöms utgöra någon fara för människan. Detta är en fråga som har lyfts upp till Svenskt Vatten av Stockholm Vatten AB under våren 2010. Om man ändå väljer att gå vidare och studera källorna till vismut i Sverige är det intressant att försöka göra en större substansflödesanalys vismut i samhället. Det skulle också vara intressant att se hur spridningen av vismut ser ut på kontinenten.

Man bör också följa upp de höga halterna av vismut från Trångsunds industriområde med nya mätningar, studera HIN och Nacka då de har ett större inflöde av vismut än andra tunnlar och grannkommuner. Det vore också bra att göra fler analyser på dagvattnet och nederbörden. Nederbördsmätningarna skulle om möjligt kompletteras med sedimentprovtagningar i sjöar för att få fram historiska värden.

Vismut och volfram i lakvatten kan också vara ett intressant område att titta närmare på.

Avslutningsord

Jag vill tacka mina handledare Ulrika Österberg, Stockholm Vatten, och Lars Eriksson, Institutionen för material- och miljö kemi, för all hjälp och synpunkter under arbetets gång. Jag vill också rikta ett varmt tack till alla REVAQ-ansvariga som jag varit i kontakt med på respektive reningsverk och personalen på Eurofins Environment AB för era tålmodiga och snabba svar. Utan er hade arbetet varit betydligt svårare! Ett särskilt tack till Ragnar Lagerkvist och Anders Pålsson, som hjälpt mig att ta fram metallhalter och andra intressanta värden ur Stockholm Vattens gömmor.

Slutligen vill jag också nämna Susanna Svedberger som gav mig värdefull kunskap om kosmetika i allmänhet och läppglans i synnerhet och hjälpte mig vid inventeringen av kosmetikan.

Stockholm juni 2010

Marcus Frenzel

Referenser:

Publicerade källor:

- Adams, R. M. & Maibach, H. I. (1985), *A five-year study of cosmetic reactions*, Journal of the American Academy of Dermatology, 13, 1062-1069.
- Aldheimer, G. (2004), *Dagvatten avsättningsmagasin Ryska Smällen*, Rapport nr 11, Stockholm Vatten.
- Aldheimer, G. (2006), *SORBUS reningsanläggning för dagvatten*, Rapport nr 12, Stockholm Vatten.
- Andersson, Å. (2003), *Vinsta företagsområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalité år 2002*, R nr 7-2002, Stockholm Vatten.
- Andersson, Å. (2004 a), *Ullsunda industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalité år 2003*, R nr 1-2004, Stockholm Vatten.
- Andersson, Å. (2004 b), *Bromstens industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2004*, R nr 35-2004, Stockholm Vatten.
- Andersson, Å. (2005 a), *Provtagning av spillvatten, Skarpnäck. Sammanställning av mätdata 1995-2004*, Rapport MI-0501, Stockholm Vatten.
- Andersson, Å. (2005 b), *Lunda industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2005*, R nr 15-2005, Stockholm Vatten.
- Andersson, Å. & Sörme, L. (2007), *Substansflödesanalys av alkylfenoler och alkylfenol-etoxilater i Stockholms stad 2004*, ISSN 1653-9168, Stockholm Stad.
- Al-Saleh, I., Al-Enazi, S. & Shinwari, N. (2009), *Assessment of lead in cosmetic products*, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 54, 105-113.
- Anwyl-Davies, T (1927), *Bismuth in the treatment of syphilis*, The Lancet, 15 jan, 148-152
- Arbetsmiljöverkets författningssamling 2005:17, *Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar*
- Bogyo, S. (2007), *Mineralsmink inte alltid fullständigt naturligt*, Dagens Nyheter, tester, 2007-11-09.
- British Geological Survey (2009), *World Mineral production 2003-07*.
- Cronström, A. (1986), *Vattenförsörjning och avlopp*, ISBN 91-38-90775-5, Stockholm Stad.
- Das, A. K., Chakraborty, M., Cervera, M. L. & de la Guardia, M. (2006), *Analytical techniques for the determination of bismuth in solid environmental samples*, Trends in analytical chemistry, Vol. 25, No. 6, 599-608
- Dopp, E., Hartmann, L. M., Florea, A.-M., Rettenmeier, A. W. & Hirner, A. V. (2004), *Environmental distribution, analysis, and toxicity of organometal(loid) compounds*, Critical Reviews in Toxicology, 34:3, 301-333
- Draelos, Z. D. (2001), *Special considerations in eye cosmetics*, Clinics in Dermatology, 19, 424-430.

- Ekvall, J. & Strand, M. (2001), *Dagvattenundersökningar i Stockholm 1992-2000*, Rapport nr 3, Stockholm Vatten.
- Eriksson, J. (2001), *Koncentrationer av 61 spårämnen i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, nederbörd samt i jord och gröda*, Naturvårdsverket rapport nr 5148.
- EU:s direktiv 76/768/EEG
- Ghosh, R., Chakraborty, A. & Maiti, S., (2004), *Highly stereoselective synthesis of peracylated α -aldopyranosyl chlorides from aldopyranose peracetates and thionyl chloride catalyzed by BiCl_3 generated in situ from the procatalyst BiOCl* , Tetrahedron Letters, 45, 9631-9634.
- Gryaab AB (2008), *Provtagning i referensområden 2006/2007, Hushållspillvatten Del 1*, Gryaab rapport 2008:6.
- Jansson, E. (2003), *VEKLIP delrapport till LIP-kansliet*, Rapport nr 1, Stockholm Vatten.
- Jarlöv L, Bertilsson G, Billing V, Bothmer H, Ebbersten S, Delin G, Falck H, Granstedt A, Green A, Günther F, Hagner M, Hagström B, Hambraeus B, Hansson H, Hardell L, Helmfrid H, Holmstrand O, Hultén P, Hylander L, Jiremark A, Kjellberg O, Lindström C, Lindgren G, Mortensen R, Munters A, Olszon E, Owe C, Petersson G, Rang B, Sahlberg P-Å, Sahlström K, Selin-Lindgren E, Thermaenius B, Torpe M, Wennberg N, Tornérhielm B, Karlsson Å, Lanestrand R, Kindembe B & Ingerstam B (2009), *Avloppsslam en cancerfara som förgiftar våra åkrar*, Dagens Nyheter Debatt, 2009-04-19.
- Johansson, C., Norman, M. & Burman, L. (2009), *Road traffic emission factors for heavy metals*, Atmospheric Environment, 43, 4681-4688.
- Klint, M (2001), *Vägmaterialets bidrag till dagvattenföroreningarna inom Stockholm stad*, examensarbete vid institutionen för geologi och geokemi, Stockholms Universitet.
- Lavilla, I., Cabaleiro, N., Costas, M., de la Calle, I. & Bendicho, C. (2009), *Ultrasound-assisted emulsification of cosmetic samples prior to elemental analysis by different atomic spectrometric techniques*, Talanta, 80, 109-116.
- Lindgren, M. (2009), *Vismut och volfram i slam. En riskutvärdering av vismut och volframs miljö- och hälsoeffekter vid slamspridning med slam från Bromma och Henriksdals reningsverk*. Examensarbete på magisterprogrammet i miljö- och hälsoskydd, Stockholms Universitet.
- Läkemedelsverket (2004), *Miljöpåverkan från läkemedel samt kosmetika och hygieniska produkter*.
- Läkemedelsverkets årsredovisning 2009

- Michalke, K., Schmidt, A., Huber, B., Meyer, J., Sulkowski, M., Hirner, A. V., Boertz, J., Mosel, F., Dammann, P., Hilken, G., Hedrich, H. J., Dorsch, M., Rettenmeier, A. W. & Hensel, R. (2008), *Role of intestinal microbiota in transformation of bismuth and other metals and metalloids into volatile methyl and hydride derivatives in humans and mice*, Applied and environmental microbiology, vol. 74, No. 10, 3069-3075.
- Regeringskansliet, *Svenska miljömål – ett gemensamt uppdrag*. Sammanfattning av regeringens proposition 2004/05:150
- Rohr, O. (2002), *Bismuth – the new ecologically green metal for modern lubricating engineering*, Industrial lubrication and tribology, 54, 153-164.
- Şahan, S., Saçmacı, Ş., Şahin, U., Ülgen, A. & Kartal, Ş. (2010), *An on-line preconcentration/separation system for the determination of bismuth in environmental samples by FAAS*, Talanta, 80, 2127-2131.
- Sano, Y., Satoh, H., Chiba, M., Okamoto, M., Serizawa, K., Nakashima, H. & Omae, K. (2005), *Oral toxicity of Bismuth in Rat: Single and 28-Day Repeated Administration Studies*, Journal of Occupational Health, 47, 293-298.
- SCB, Bakgrundsfakta, Regional- och miljöstatistik 2009:3, *Läkemedel samt kosmetika och hygienprodukter i Sverige, Metodutveckling för försäljningsstatistik och flödesstudier*.
- Shemirani, F., Baghdadi, M., Ramezani, M. & Reza Jamali, M. (2005), *Determination of ultra trace amounts of bismuth in biological and water samples by electrothermal atomic absorption spectrometry (ET-AAS) after cloud point extraction*, Analytica Chimica Acta, 534, 163-169.
- SIS Miljömärkning AB, Årsrapport 2008.
- Sternbeck, J., Sjödin, Å. & Andréasson, K. (2001), *Spridning av metaller från vägtrafik*, Rapport nr 1431, IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Stockholm Stad (antagen den 7/10 2002, uppdaterad i april 2005) *Dagvattenstrategi för Stockholms Stad*.
- Stockholm Vatten, *Miljörapport 2006*.
- Stockholm Vatten, *Miljörapport 2008*.
- Stockholm Vatten, *Miljörapport 2009*.
- Stockholm Vatten (2001), *Dagvatten Norra Länkens avsättningsmagasin*, Rapport nr 14.
- Svenskt Vatten, *REVAQ, Syfte, organisation och avgifter* (2009-11-25).
- Svenskt Vatten, *REVAQ, Regler för certifieringssystemet REVAQ Återvunnen växtnäring Certifierat slam*, utgåva 1.3 (2010-01-01).
- Wang, C., Shao, C., Liu, Y. & Zhang, L., (2008), *Photocatalytic properties BiOCl and Bi₂O₃ nanofibers prepared by electrospinning*, Scripta Materialia, 59, 332-335.
- Wilmin, E. (2004), *Kvarteret Tegelbruket Lokalt omhändertagande av dagvatten i perkolationsmagasin*, Rapport nr 10, Stockholm Vatten.

- Yadollah, Y., Chalooosi, M. & Ebrahimzadeh, H. (2002), *Solid phase extraction and graphite furnace atomic absorption spectrometric determination of ultra trace amounts of bismuth in water samples*, Talanta, 56, 797-803.
- Yang, N., Sun, H. (2007), *Biocoordinationchemistry of bismuth: recent advances*, Coordination chemistry reviews, 251, 2354-2366.
- Zhang, X., Ai, Z., Jia, F. & Zhang, L. (2008), *Generalized one-pot synthesis, characterization and photocatalytic activity of hierarchical BiOX (X = Cl, Br, I) nanoplate microspheres*, Journal of Physical Chemistry C, 112, 747-753.
- Öman, C., Malmberg, M. & Wolf-Watz, C. (2000), *Handbok för lakvattenbedömning Metodik för karakterisering av lakvatten från avfallsupplag*, Rapport nr 1354, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Opublicerade källor:

- Johansson, P. a (2007 a), *Provtagning av hushållspillvatten. 2007 Skarpnäck och Lövdalen*, PJ Provtagning & Miljökonsult
- Johansson, P. (2008 a), *Provtagning av hushållspillvatten. 2008 Skarpnäck och Lövdalen*, PJ Provtagning & Miljökonsult
- Johansson, P. (2009 a), *Provtagning av hushållspillvatten. 2009 Skarpnäck och Backlura*, mProv konsult.
- Johansson, P. (2007 b), *Metaller till Bromma reningsverk*, PJ Provtagning & Miljökonsult
- Johansson, P. (2008 b), *Metaller till Henriksdals reningsverk aug/sep 2008*, PJ Provtagning & Miljökonsult
- Johansson, P. (2008 c), *Metaller till Bromma reningsverk, maj 2008*, PJ Provtagning & Miljökonsult
- Johansson, P. (2009 b), *Metaller till Henriksdals reningsverk, maj/jun 2009*, mProv konsult
- Johansson, P. (2009 c), *Metaller till Bromma reningsverk, aug/sep 2009*, mProv konsult
- Kotsch, M. (2009), *Vällingby industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2008*, opublicerad rapport från Stockholm Vatten.
- Lilliesköld, E. (2010), *Högdalens industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2008*, opublicerad rapport från Stockholm Vatten.
- Lindgren, M. (2010), *Trångsunds industriområde Inventering av industriella verksamheter samt mätning av spillvattenkvalitet år 2009*, opublicerad rapport från Stockholm Vatten.

Internetkällor

- Nationalencyklopedin www.ne.se, besökt 2010-04-09
- Makeupcosmetics www.makeupcosmetics.se, besökt 2010-05-03
- LipGloss Bitch <http://www.lipglossbitch.se/2009/02/mineral-makeup/>, besökt 2010-05-03
- Läkemedelsverket www.lakemedelsverket.se, besökt 2010-02-18

Svenskt Vatten www.svensktvatten.se, besökt 2010-05-04
Kemikalieinspektionen www.kemi.se, besökt 2010-05-05
Miljömålsportalen www.miljomal.se, besökt 2010-05-18
FASS, www.fass.se, besökt 2010-05-18
HH Mineral Cosmetics www.hh-mineralmakeup.se, besökt 2010-06-04
TiKEi www.tikei.se, besökt 2010-06-04

Muntliga källor

Zahrah Ekmark, projektansvarig REVAQ, Svenskt Vatten
Ulf Eriksson, kosmetikaansvarig Miljömärkning Sverige AB
Gunnar Guzikowski, kosmetikaansvarig Läkemedelsverket
Peter Håkansson, VD Edstraco AB
Peter Jansson, ansvarig för tekniska och lagstiftningsfrågor, KTF
Kerstin Mårtensson, Eurofins Environment Sweden AB
Helen Larsson Skalberg, Bollnäs och Glösslösa ARV (Helsingevatten AB)
helen.larssonskalberg@helsingevatten.se
Karina Mc Conell, Gässlösa ARV (Borås) karina.mc.conell@boras.se
Katarina Hansson, Ellinge ARV (Eslöv) katarina.hansson@eslov.se
Fredrik Davidsson, Ryaverket (Göteborg), fredrik.davidsson@gryaab.se
Malin Andersson, Hagfors kommun, malin.a.andersson@hagfors.se
Marie Gunnarsson, Halmstad, marie.gunnarsson@halmstad.se
Charlotta Raudberget, Simsholmen, Huskvarna, Gränna och Bankeryds ARV (Jönköping),
charlotta.raudberget@jonkoping.se
Eva Vinrot, Kalmar ARV (Kalmar Vatten AB), eva.vinrot@kvab.kalmar.se
Åsa Andersson, Sjöstads ARV (Karlstad), asa.andersson2@karlstad.se
Margareta Lundin, Hammargårds ARV (Kungsbacka), margareta.lundin@kungsbacka.se
Susann Wennmalm, Käppala ARV (Lidingö), susann.wennmalm@kappala.se
Camilla Bernström, Karshult och Vadstena ARV (Motala), camilla.bernstrom@motala.se
Christina Rydh, Slottshagens ARV (Norrköping), christina.rydh@norrkopingvatten.se
Ragnar Lagerkvist, Bromma och Henriksdal ARV (Stockholm),
ragnar.lagerkvist@stockholmvatten.se
Gun-Britt Olsson, Sunne kommun, gun-britt.olsson@sunne.se
Karri Jokinen, Himmerfjärdsverket (Grödinge), karri.jokinen@syvab.se
Marie Norén, Rosenholms ARV (Katrineholm), marie.noren@sormlandvatten.se
Agneta Leander, Södra Sandby, Klagshamn, Sjölunda och Källby ARV (Malmö),
agneta.leander@vasyd.se
Marcus Larsson, Kristianstad kommun, marcus.w.larsson@kristianstad.se
Jenny Persson, Mjölkkulla ARV (Mjölby), jenny.persson@mjolby.se

Bilaga 1. Sammanställning av reningsverkens rapporterade halter

Reningsverk	Period	Ämne	Halt (mg/kg TS)	Norm (mg Me/kg P)	Fördubbl.tid (år)	Anm
Arbrå	Maj 06 - jan 07	Bi	1,22	44	502	
Helsingevatten		W	2,6	95	1971	
		P	27487			
	Okt 07 - dec 07	Bi	1,71	85	269	Egen räkning
		W	1,54	76	2426	Egen räkning
		P	20233			
Glössbo	2006 - 2007	Bi	0,432	224	513	
Helsingevatten		W	0,802	416	2313	
		P	1927			
Ryaverket	Aug 2007	Bi	1,97	86	265	Egen räkning
Gryaab		W	5,63	245	754	Egen räkning
		P	23000			
	Nov 2007	Bi	2,58	89	255	Egen räkning
		W	4,37	151	1225	Egen räkning
		P	29000			
	Feb 2008	Bi	2,45	102	246	
		W	13,8	575	589	
		P	24000			
Ellinge	2002	W	3,4	117	1575	Månadsprover Bi
Eslövs kommun	2003	W	2,5	83	2201	tas from jan 2010
	2004	W	2,3	86	2168	
	2005	W	2,9	104	1777	
	2006	W	3	102	1797	
	2007	W	4,3	181	1013	
	2008	W	5	182	1012	
	2009	W	5,4	227	752	
Gässlösa	Jul 08 - jun 09	Bi	14,1	430	53	Analysfel? Tidigare mätning
Borås kommun		W	4,21	128	1439	3,12 m fördubbl.tid 239 år
		P	32800			(månadsprov)
Vadstena	2007	Bi	2,17	72	314	
Motala kommun		W	8,9	297	622	
		P	30000			
	2008	Bi	2,68	103	237	
		W	8,34	321	620	
		P	26000			
Karshult	2007	Bi	1,28	41	533	
Motala kommun		W	2,98	96	1859	
		P	31000			
	2008	Bi	2,15	72	317	
		W	3,91	130	1417	
		P	30000			
Kalmar	Okt 2008	Bi	2,62	66	343	
Kalmar Vatten AB		W	14	354	521	
		P	39500			
	Kv 1 2009	Bi	3,36	81	282	
		W	5,41	130	1423	
		P	41700			
Simsholmen	2008	Bi	4,37	133	171	
Jönköpings k:n		W	4,1	125	1482	
		P	32900			

	2009	Bi	6,69	208	112
		W	4,83	150	1258
		P	32100		
Huskvarna	2008	Bi	2,49	73	312
Jönköpings k:n		W	4,79	140	1318
		P	34200		
	2009	Bi	3,58	115	217
		W	4,64	149	1361
		P	31200		
Gränna	2008	Bi	1,24	57	396
Jönköpings k:n		W	1,33	32	2999
		P	21600		
	2009	Bi	1,95	97	252
		W	1,89	94	2110
		P	20100		
Bankeryd	2008	Bi	1,74	73	312
Jönköpings :n		W	1,33	56	3318
		P	23900		
	2009	Bi	2,67	134	203
		W	1,13	57	3906
		P	19900		
Sjöstadsverket	Nov 2007	Bi	3,2	132	209
Karlstads k:n		W	6	247	905
		P	24300		
	Juni 08 - maj 09	Bi	5,82	163	123
		W	4,21	118	1379
		P	35700		
Bromma	1999	Bi	1,57	51	449 Egen räkning
Stockholm Vatten		W	6	194	954 Egen räkning
		P	31000		
	2004	Bi	1,13	29	787 Egen räkning
		W	7,88	202	914 Egen räkning
		P	39000		
	2005	Bi	1,56	41	554 Egen räkning
		W	16	421	439 Egen räkning
		P	38000		
	2006	Bi	2,02	56	405 Egen räkning
		W	13,9	386	478 Egen räkning
		P	36000		
	2007	Bi	4,87	125	182 Egen räkning
		W	7,89	202	915 Egen räkning
		P	39000		
	2008	Bi	3,78	105	216 Egen räkning
		W	10,4	289	639 Egen räkning
		P	36000		
	2009	Bi	5,6	165	138 Egen räkning
		W	10,2	300	616 Egen räkning
		P	34000		
Henriksdal	1999	Bi	1,43	45	509 Egen räkning
Stockholm Vatten		W	37	1156	160 Egen räkning
		P	32000		
	2004	Bi	1,38	35	659 Egen räkning
		W	14,4	360	513 Egen räkning
		P	40000		

		2005 Bi	1,65	42	537 Egen räkning
		W	19	487	379 Egen räkning
		P	39000		
		2006 Bi	2,38	61	372 Egen räkning
		W	15,9	408	453 Egen räkning
		P	39000		
		2007 Bi	7,87	207	110 Egen räkning
		W	22,7	597	309 Egen räkning
		P	38000		
		2008 Bi	4,6	124	183 Egen räkning
		W	16	432	427 Egen räkning
		P	37000		
		2009 Bi	7,1	203	112 Egen räkning
		W	14,5	414	446 Egen räkning
		P	35000		
Lappkärrverket					
Hagfors kommun		2007 Bi	1,3	63	358 Egen räkning
		W	2,77	132	1402 Egen räkning
		P	20500		
		2008 Bi	1,32	69	415
		W	2,64	139	1686
		P	19000		
		2009 Bi	1,1	63	362 Egen räkning
		W	2,77	158	1167 Egen räkning
		P	17500		
Hamnargård	Maj 08 - apr 09	Bi	2	143	159
Kungsbacka k:n		W	3	143	1293
		P	14000		
Kristianstad		2008 Bi	3,1	85	267
		W	1,93	53	3483
		P	36400		
Himmerfjärden		2000 Bi	1,12	30	751
SYVAB		W	4,8	130	1423
		P	37000		
		2007 Bi	2,59	84	272
		W	6,62	214	865
		P	31000		
		2009 Bi	4,87	174	131
		W	4,85	173	1066
		P	28000		
Sunne		2009 Bi	2,37	125	182
		W	3,63	191	967
		P	19000		
Västra stranden		2009 Bi	5,57	135	169
Halmstad k:n		W	4,84	117	1580
		P	41400		
Slottshagen	Okt 06 - jan 07	Bi	3,7	148	169
Norrköpings Vatten		W	7,1	284	715
		P	25000		
		2008 Bi	2,9	107	213
		W	8,2	304	612
		P	27000		
		2009 Bi	4,2	168	135
		W	5,9	236	782

		P	25000		
Käppalaverket	2008	Bi	4,6	103	173
Käppalaförbundet		W	4,45	100	1657
		P	44600		
	2009	Bi	6,54	150	152 Egen räkning
		W	5,22	119	1546 Egen räkning
		P	43700		
Mjölkkulla	2008	Bi	1,28	91	249
Mjölby kommun		W	20	1429	259 Stora variationer - analysfel?
		P	14000		
Gudhem	2008	Bi	1,53	52	438
Mjölby kommun		W	20	678	545 Stora variationer - analysfel?
		P	29500		
Rosenholm	2008	Bi	0,71	24	928 Egen räkning
Sörmland Vatten & Avfall AB		W	4,65	160	1295
		P	29000		
Sjölunda	Jun 2008	Bi	4,34		157
VA SYD		W	5,76		962
		P			
	Jul 2008	Bi	3,89		152
		W	7,7		624
		P			
	Aug-dec 08	Bi	4,7	147	147 P är ett årsmedelvärde
		W	4,56	143	1231
		P	32000		
	Jan-jun 09	Bi	22,4	896	25 Troligen analysfel.
		W	9,07	363	509 P är ett halvårsmedel
		P	25000		
	Jul-dec 09	Bi	5,4	150	164
		W	4,19	117	1713
		P	36000		
Klagshamn	Jun 2008	Bi	4,6		163
VA SYD		W	2,93		2080
		P			
	Jul 2008	Bi	3,86		171
		W	3,52		1521
		P			
	Aug-dec 08	Bi	5,34	148	141 P är ett årsmedelvärde
		W	1,96	54	3128
		P	36000		
	Jan-jun 09	Bi	27,4	884	26 Troligen analysfel
		W	4,27	138	1341 P är ett halvårsmedel
		P	31000		
	Jul-dec 09	Bi	6,91	182	152 P är ett halvårsmedel
		W	2,24	59	2808
		P	38000		
Källby	Jun 2008	Bi	3,65		212
VA SYD		W	5,16		1217
		P			
	Jul 2008	Bi	3,89		158
		W	5,03		991
		P			

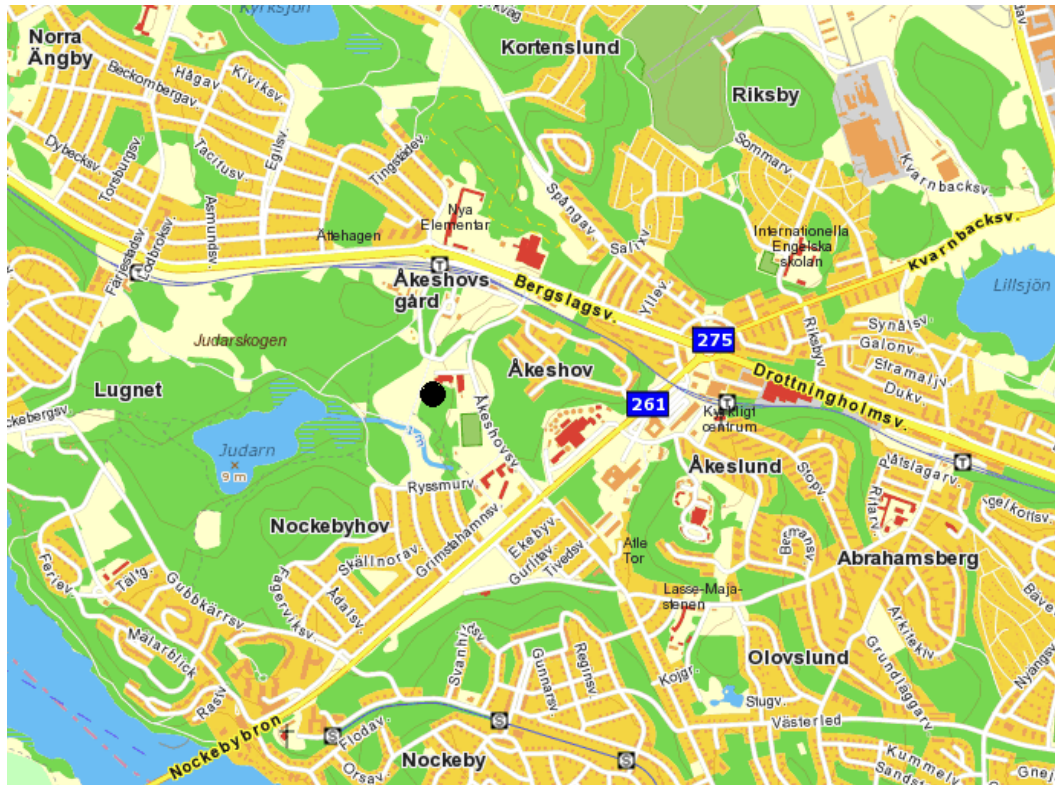
	Aug-dec 08	Bi	4,21	115	186 P är ett årsmedelvärde
		W	3,39	93	1874
		P	36530		
	Jan-jun 09	Bi	20,4	729	31 Troligen analysfel
		W	6,76	241	765 P är ett halvårsmedel
		P	28000		
	Jul-dec 09	Bi	5,49	172	167 P är ett halvårsmedel
		W	3,43	107	2172
		P	32000		
Södra Sandby	Jan-jun 08	Bi	2,26	58	382 P är ett helårsmedel
VA SYD		W	2,59	66	2709
		P	39000		
	Jul-dec 08	Bi	2,76	71	326 P är ett helårsmedel
		W	1,89	48	3908
		P	39000		
	Jan-jun 09	Bi	16	593	38 Troligen analysfel
		W	2,65	98	1881 P är ett halvårsmedel
		P	27000		
	Jul-dec 09	Bi	4,58	143	200 P är ett halvårsmedel
		W	2,05	64	3634
		P	32000		

Bilaga 2

Frågor till reningsverken:

- Halter av vismut och volfram sedan REVAQ-arbetet startade
- Fosforhalten för samma period (för normering mg Me/kg P)
- Är fördubblingstiden beräknad på en fosforgiva på 22 kg/ha och år och en spridning av 0,7 ton TS per ha och år?
- Tar ni emot externt organiskt material (EOM)? I så fall – hur mycket och av vilket slag?
- Hur många personekvivalenter är kopplade till resp. verk?
- Tyngre industrier, stora vägar etc. som kan vara av betydelse?
- Dagvatten kopplat till reningsverket? Ungefär hur många procent?
- Övriga specifika frågor rörande varje enskilt verk.

Bilaga 3



Provpunktens placering i Åkeshov. Källa: www.eniro.se

Bilaga 4

Proverna i glasflaskorna tinades under rinnande kallt vatten i ca två timmar för att minska risken för att flaskorna skulle gå sönder, sedan fick de tina i rumstemperatur. Plastdunkarna tinades upp utan annan påverkan utifrån än den något höga temperaturen i utrymmet (26-27°C) med start kl 0830 den 8 april 2010. På grund av platsbrist i utrymmet fick hälften av proverna stå på en diskbänk och resten i en duschkabin och därför hade dessa inte tinat helt på morgonen dagen efter. Efter 25,5 timmar fick de byta plats för att påskynda upptiningsprocessen.

Proven skakades kraftigt för att homogenisera dem ordentligt och hälldes över på 50 mL plaströr avsedda för metallanalys (tillhandahållna av Eurofins Environment Sweden AB, Stockholm). Proverna märkta ”Tegelbruket tak” och ”Tegelbruket väg” sammanfördes till varsitt samlingsprov eftersom de inte förväntades innehålla några större mängder metaller pga låg trafikintensitet på Grubbensringen. De två SORBUS-proverna sammanfördes också till ett samlingsprov. Vid överförandet till provrören undveks vidare kontaminering av proverna genom att följa råden i *Handbok för lakvattenbedömning* (Öman et al., 2000). Ingen ytterligare behandling krävdes, förutom nedkylning i kylskåp, eftersom proverna konserveras på laboratoriet vid ankomst (muntlig information, Kerstin Mårtensson 2010-04-09).

Bilaga 6. Hydrologisk budget för Stockholm, 2007

Källa: Stockholm vatten AB, 2007

Hydrologisk budget för Stockholm, 2007

501 mm regn 390 mm rinner av från hårda ytor och 220 mm från mjuka)

Flöden till reningsverk, miljoner m ³ / år	A R E O R , h a					A R E O R , h a				
	Bromma	Loudden	Henriksdal	Eolshäll	Summa	Bromma	Loudden	Henriksdal	Eolshäll	Summa
Grannkommuner, avloppsvatten	11,20	0,00	22,90	0,00	34,10					
Stockholm: spillv	15,60	0,00	50,00	6,40	72,00					
Egen förbrukning	1,30	0,00	2,70	0,90	4,90					
Renvatten, inläckn	3,20	0,47	5,12	1,07	9,86					
Dagvatten trafik	0,04	0,02	0,20	0,00	0,25	10	5	50	0	65
Dagvatten övrigt	0,98	0,23	3,51	0,39	5,11	250	60	900	100	1310
Dränv. kombinerat	2,20	0,22	4,62	0,66	7,70	1000	100	2100	300	3500
Övrig inläckning till spillvatten	8,61	-0,94	-2,47	2,69	7,89					
Bräddat på nätet, till recipient	0,02	0,01	0,18	0,01	0,22					
Uppmätt i reningsverk	43,10	0,00	86,40	12,10	141,60	1260	165	3050	400	4875
Läck och drän, Stockholm	14,01	-0,24	7,28	4,42	25,46					

Hydrologisk budget, milj m³/år

Vattenförbrukning

Rävatten	144,24		
Vattenv. skötsel	11,54		
Inpumpat vatten	132,70	A	
Till övriga grannkommuner	34,30	B	Huddinge separat !! 7,2
Sålt vatten i Sthlm	73,80	C	
Skötsel nät	4,90	D	
Utläckt vatten	19,70	E	

Spillvattensystem

Spillv+egen förbr., Stockholm	78,70	Ö	
Från grannkommun	34,20	L	Huddinge separat !! 9,5
Dagv till reningsverk	5,36	Q	
Dränvatten, kombinerat	7,70	S	
Dränvatten, dupl+grön	0,00		
Bräddning på nät	0,22	J	
Till / från magasin	0,28	I	
Renv.läckage 50%	9,85	F	
Övr inläckn, netto	6,01	U	

Summa läck o dränvatten

23,56		
Till SYVAB	12,10	K
Till Stlms ren.verk	129,50	M

Dagvattensystem

Renv.läckage 50%	9,85	G
Dagvatten till recipient	6,36	R
Totalt bildat "Dränvatten"	26,90	T+U
Avgår övr. inläckn. till spillv.	-6,01	U
Dränvatten till recipient	20,89	T

Flöden till recipienter från Stockholm, miljoner m ³										
Dagvatten trafik	0,09	0,00	0,31	0,06	0,47	30	0	100	20	150
Dagvatten duplikat	1,95	0,23	2,93	0,78	5,89	500	60	750	200	1510
Dränvatten duplikat (bebyggt omr.)	5,06	0,20	3,96	1,21	10,43	2300	90	1800	550	4740
Dränvatten grönområde (gräsytor)	5,83	0,74	8,47	1,43	16,47	2650	335	3850	650	7485
Utläckande renvatten	3,20	0,47	5,12	1,07	9,86					
Övrig inläckning till spillvatten	-8,61	0,94	2,47	-2,69	-7,89					
Summa dagvattensystem	7,52	2,58	23,25	1,86	35,22	5480	485	6500	1420	13885
					Summa markareal	6740	650	9550	1820	18760

Nederbörd	Regn	Till recipient					Till reningsverk				
		Trafik	Övr dagv	Bebyggt	Grönomr	inl t spill	Trafik	Övr dagv	komb	Avrinning	Avdunstning
Avrinning, 1000m ³ /år	93,99	0,47	5,89	10,43	16,47	7,89	0,25	5,11	7,70	46,31	47,67
Motsv. regn, mm/år	501										254

16 V

Bilaga 7. Namn på vismutoxyklorid (CAS 7787-59-9)

Källa: Scifinder Substances

Bismuth chloride (BiOCl) (6Cl)
Bismuth chloride oxide (BiOCl) (8Cl)
Basic bismuth chloride
Bi-Flair 66a; Bi-Flair 84;
Bi-Run;
Biju;
Biron; Biron B 50; Biron ESQ; Biron Fines; Biron LF 2000; Biron Liquid Silver;
Biron MTU; Biron Silver CO;
Bismuth chloride oxide; Bismuth chloride oxide (BiClO);
Bismuth monochloride monoxide; Bismuth oxide chloride (BiOCl);
Bismuth oxychloride;
Bismuth subchloride;
Bismuthyl chloride;
Bital;
Blanc de Perle;
Blanc d'Espagne;
C.I. 77163;
C.I. Pigment White 14;
C.I. Pigment White 31;
Chlorbismol;
Chlorooxobismuth;
Chlorooxobismuthine;
Chromalite Black;
Cosmetic Bismuth;
Flake White; Mearlite;
Mearlite GBU; Mearlite LBU; Mearlite Pearlescent EP 91143; Mearlite Radiant Pearl
SUQ; Mearlite UltraFine OFS; Mearlite Ultrabright USD;
Nailsyn Sterling 60;
PL 6-53D;
Pearl Powder Mixture FCT 1251D; Pearl Powder Mixture FCT 125A; Pearl Powder
Mixture FCT 138A;
Pearl White;
Pearl-Glo; Pearl-Glo CO; Pearl-Glo MO; Pearl-Glo UVR;
Pigment White 14;
Rona Biron Silver;
STL;
Spanish White;
UFI

Bilaga 8. Inventeringsprotokoll kosmetikaprodukt

Märke/namn	Produkt	Innehåller vismut/spår av vismut?	Övrigt
Maxfactor	Läppenna Lipliner Pencil	[+/-] CI 77163	Tillv i Tyskland
Maxfactor	Color perfection shimers	[+/-] Bismuth oxychloride	Hittas ej
Maxfactor	Ögonbrynsenna Eyebrow pencil	[+/-] CI 77163	Hittas ej
Maxfactor	Ögonskugga Earth spirits eye shadow	[+/-] CI 77163	Tillv på Irland
Maxfactor	Nagellack Nailfinity	[+/-] CI 77163	Tillv i Frankrike

IsaDora	Foundation Mineral foundation powder	CI 77163/Bismuth oxychloride	IsaDoras produkter är ej testade på djur
IsaDora	Foundation Mineral compact powder	[+/-] CI 77163	Tillv i Sverige
IsaDora	Rouge Mineral blush powder	[+/-] CI 77163	Tillv i Sverige
IsaDora	Ögonskugga Mineral eye shadow	[+/-] CI 77163	Tillv i Sverige
IsaDora	Nagellack Wonder nail French manicure	[+/-] CI 77163	Tillv i Sverige
IsaDora	Läppglans Brilliant Lip Shine	[+/-] CI 77163/Bismuth oxychloride	Tillv i Sverige

Maybelline	Foundation Pure mineral foundation	[+/-]CI 77163/Bismuth oxychloride	Tillv i Italien
Maybelline	Läppglans Shiny licious fruit gloss	[+/-]CI 77163/Bismuth oxychloride	Tillv i Frankrike
Maybelline	Rouge Expert wear blush	[+/-]CI 77163/Bismuth oxychloride	

Lumene	Foundation Mineral powder foundation	[+/-] bismuth oxychloride	
--------	---	---------------------------	--

Make Up Factory	Läppstift Lip Color	[+/-]CI 77163/Bismuth oxychloride	
Make Up Factory	Läppenna Lip Styler	[+/-]CI 77163/Bismuth oxychloride	
Make Up Factory	Puder Mineral compact powder	[+/-]CI 77163/Bismuth oxychloride	

Nivea	Foundation Skin Like second skin finish	[+/-]CI 77163	Hittas ej
Nivea	Rouge Stay realblush Two tone longlasting blush	[+/-]CI 77163	
Nivea	Rouge Blush by Chantal Thomas Paris	[+/-]CI 77163	
Nivea	Ögonenna Stay on eye Pencil	[+/-]CI 77163	
Nivea	Läppstift Color Passion	[+/-]CI 77163	
Nivea	Läppstift Extreme resist	[+/-]CI 77163	Hittas ej
Nivea	Nagellack Calcium Power	[+/-]CI 77163	
Nivea	Nagellack Manicure Naturals Precision White	[+/-]CI 77163	Hittas ej
Nivea	Nagellack Manicure Naturals French Rose	[+/-]CI 77163	Hittas ej
Nivea	Nagellack Colour Mini	[+/-]CI 77163	
Nivea	Läppbalsam Lip Care	[+/-]CI 77163	

Too Faced	Primer Primed & Poreless	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Ögonskugga Lockdown	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Primer Shadow insurance	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Bronzer Pure bronze	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Bronzer Sunbunny	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Ögonskugga Eye shadow	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Läppbalsam Beauty balm	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Too Faced	Rouge	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	

Make up store	Nagellack Nail polish skimmer/glossy/matt Många olika nyanser	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	Tillv i EU
Make up store	Foundation Wonder powder	Bismuth oxychloride (CI 77163)	Tillv i Kanada
Make up store	Ögonskugga High tech lighter	10 av dem [+/-] och 8 innehåller Bi	Tillv i Kanada
Make up store	Rouge Blush/wonder blush	Blush: [+/-] Wonder blush: Bismuth oxychloride	
Make up store	Läppstift Sheer/creme/sparkling/matt	[+/-]Bismuth oxychloride (CI 77163)	
Make up store	Ögonskugga Micro shadow/Cyber shadow	Några av dem innehåller inte Bi, resten [+/-]	

I.D bareMinerals	Foundation SPF 15 (SPF = Sun Protection Factor)	Bismuth oxychloride	Tillv i USA
I.D bareMinerals	Foundation All over face color	[+/-]Bismuth oxychloride	Tillv i USA
I.D bareMinerals	Concealer	Bismuth oxychloride	Tillv i USA
I.D bareMinerals	Rouge	[+/-]Bismuth oxychloride	Tillv i USA
I.D bareMinerals	Radiance	Bismuth oxychloride	Tillv i USA

Bilaga 9. Metodbeskrivning kosmetikaanalys

Bakgrund

Analys av vismut är viktigt i flera sammanhang, t.ex. inom miljökemiorrådet, kosmetikindustrin, medicin-, elektronik- och metallindustrin. Samtidigt som användningen av vismut ökar är det också viktigt att ta fram nya enkla och billiga analysmetoder för vismut i olika miljöprov (Sahan et al., 2009). Det finns en mängd tillgängliga artiklar om analysmetoder för vismut i olika typer av matriser exempelvis i fisk, vatten, sediment, mineraler, luftburna partiklar och jord (Das et al, 2006, Yadolla et al, 2001, Shemirani et al, 2004). Några använder FAAS, men den övervägande delen har nyttjat andra joniseringsmetoder än flamma, t.ex. ET-AAS och HG-AAS eller en kombination av båda. Även ICP-MS har använts för dessa prover (Das et al, 2006).

När det gäller kosmetika gick det inte att hitta några metoder som specifikt beskriver analys av vismut, men däremot finns det en hel del metodbeskrivningar för analys av andra grundämnen (ffa tungmetaller) i litteraturen (Lavilla et al, 2009). De flesta metoder beskriver analys med ICP-MS, vilket jag inte hade tillgång till under det här arbetet. Då jag använde en AAS (se ordförklaring) för att utveckla min metod begränsades litteraturen avsevärt och därför byggde jag min metod utifrån analys av bly i läppstift (Al-Saleh et al, 2009).

Analyserna av kosmetikaproverna utfördes med FAAS, eftersom det är en enkel och robust metod som ger bra resultat.

Den metod jag utgick från gäller egentligen blyanalys i läppstift, men eftersom vismut och bly är så pass närbesläktade torde upparbetningen fungera även för mina vismutanalyser i kosmetika. Den ursprungliga metoden bestod i att 0,2 g prov placerades i en teflonbägare och 4 mL konc. salpetersyra tillsattes. Bägaren fick stå i rumstemperatur under fyra timmar och lämnades sedan över natten i 85°C. Dagen efter tilläts lösningen svalna och 1 mL 30% väteperoxid tillsattes. Lösningen värmdes till 85°C under ytterligare en timme innan supernatanten överfördes till polypropylenrör och späddes till 10 mL med avjonat vatten (Al-Saleh et al, 2009).

Kemikalier/materiel

Konc. salpetersyra (HNO₃) från Sigma-Aldrich (Steinheim, Tyskland), konc. saltsyra (HCl) från VWR International (Briare, Frankrike), konc. väteperoxid (H₂O₂) och vismutoxid (Bi₂O₃) från Merck (Darmstadt, Tyskland), polypropylenrör ("Falconrör") 50 mL från Becton Dickinson (USA), polypropylenrör 12 mL från Sarstedt (Nümbrecht, Tyskland), filterpapper kvalitet 00H från Munktell (Grycksbo, Sverige).

Prov	Produkt	Märke	Innehåll Bi?	Vikt/volym	Tillverkning
1	Läppglans <i>Pearly shine</i>	Nivea	Ja	4,8 g	Tyskland
2	Foundation <i>Mineral compact powder "light opal"</i>	IsaDora	[+/-] ¹	10 g	Sverige
3	Nagellack <i>Wonder nail, "smashy cerise"</i>	IsaDora	[+/-]	6 mL	Sverige
4	Läppstift <i>"Peachy cream"</i>	Make up store	[+/-]	2,5 g	Kanada
5	Glitter <i>"Hologram"</i>	Make up store	-	2 g	EU
6	High tech lighter <i>"Jupiter"</i> ²	Make up store	Ja	15 g	Kanada
7	Läppglans <i>Brilliant lip shine "sea coral"</i>	IsaDora	[+/-]	6 mL	Sverige
8	Läppglans <i>"Cerise candy shiny cherry"</i>	Maybelline	[+/-]	14 mL	Frankrike
9	Foundation <i>"Go natural"</i>	FACE STOCKHOLM	Ja	9 g	USA
10	High tech lighter <i>"Big bang"</i> ²	Make up store	Ja	15 g	Kanada
11	Rouge <i>"Golden Gate"</i>	bareMinerals	[+/-]	0,85 g	USA
12	Concealer <i>"Summer bisque"</i> ³	bareMinerals	Ja	2,5 g	USA
13	Veil <i>"Clear radiance"</i> ⁴	bareMinerals	Ja	0,85 g	USA
14	Läppenna <i>"Anna K"</i>	FACE STOCKHOLM	[+/-]	1,14 g	Tyskland
15	Kajal <i>"Kiki"</i>	FACE STOCKHOLM	[+/-]	1,14	Tyskland
16	Ögonskugga <i>Cyber shadow "metallic wave"</i>	Make up store	[+/-]	2 g	Kanada
17	Ögonskugga <i>Microshadow "deep blue"</i>	Make up store	[+/-]	3,5 g	Kanada

¹ [+/-] betyder "may contain".

² High tech lighter är en färgad kräm som kan användas i hela ansiktet, inte bara som ögonskugga.

³ Concealer är ett pulver bestående av färgade mineraler och används för att dölja påsar under ögonen.

⁴ En veil ger lyster åt huden, används för att framhäva partier i ansiktet, tex kindbenen.

Instrumentering

Maskin:	Philips PU 9100
Ström:	5 mA, lampan tändes minst 30 minuter innan analysen startade
Damping:	1.0 s (integrationstid)
Flamlängd:	10 cm
Våglängd:	222,9 nm
Bandbredd:	0.2 nm

Utförande

Min modifierade metod såg ut så här:

0,1 – 0,2 g av varje produkt vägdes in i en 50 mL E-kolv. 10 mL konc salpetersyra tillsattes och lösningen fick koka på svag värme i 60 minuter. För att öka oxidationen i lösningen tillsattes ca 1,5 mL (en pasteurpipett) väteperoxid droppvis innan kolven togs av plattan och fick svalna. Lösningen filtrerades ner i ett 50 mL Falcon-rör och både bägaren och filtret sköljdes ur med ca 1,5 mL salpetersyra som också filtrerades ner i röret. Filterpappret sköljdes sedan ur med en pasteurpipett salpetersyra för att få med så mycket som möjligt. Därefter späddes lösningen till lämplig koncentration med avjonat vatten.

För att tillverka en stamlösning vägdes 1,1148 g Bi_2O_3 (M_w 465,96 g/mol) in och löstes i 10 mL salpetersyra. Denna lösning späddes till 1000 mL. Från denna stamlösning tillverkades ett antal standardlösningar med koncentrationer om 1, 10, 30, 50, 75 och 100 mg/L.

Urspr [C] (mg/L)	Uttagen volym (mL)	Spädfaktor	Ny volym (mL)	Ny [C] (mg/L)
1000	10	10	100	100
1000	75	13,333	1000	75
1000	50	20	1000	50
1000	30	33,333	1000	30
1000	10	100	1000	10
10	10	10	100	1

Kalibreringskurvan fanns vara linjär upp till en koncentration på 100 mg/L (absorbansen 1). Då kurvan tvingats passera origo hade kalibreringskurvan ekvationen $\text{ABS} = 0,0097 \cdot [\text{C}]$. Bruset bestämdes till absorbansen 0,004 ($\pm 0,002$) vid körning med destillerat vatten. LOD (se ordförklaring) beräknas normalt som 3 gånger bruset, vilket ger en LOD på abs 0,012 (motsvarande 1,2 mg/L). LOQ beräknas som 10 gånger bruset, vilket ger en LOQ på abs 0,04 (motsvarande 4,1 mg/L).

Alla glasvaror syradiskades innan användning; de fick ligga minst en timme i 2 M HCl och sköljdes sedan ordentligt i avjonat vatten och tilläts torka i ugn (85°C).

I första omgången analyserades Prov 1-8 förutsättningslöst. Det visade sig då att i de prover där det angavs att produkten ”may contain bismuth oxychloride” kunde jag inte detektera vismut förutom i prov nummer 2. I de produkter som tydligt angav vismutoxyklorid som en ingrediens gick det däremot alldeles utmärkt att detektera och kvantifiera vismut. Det bestämdes då i samråd med Stockholm Vatten att inrikta analyserna på produkter som verkligen innehåller vismut samtidigt som det var önskvärt att utöka antalet märken och produktgrupper. Återigen blev det en avvägning då tiden inte skulle räcka till för en ordentlig utvärdering av hela marknaden. Prov 9-17 införskaffades och dessa kördes tillsammans med prov 1,2 och 6 för en kvantitativ analys.

Resultat

Prov	Produkt	Märke	Innehåll enl analys	[Bi] (mg/g)	Stdavvikelse
1	Läppglans <i>Pearly shine</i>	Nivea	Ja, <LOQ	0,3	0,01
2	Foundation <i>Mineral compact powder "light opal"</i>	IsaDora	Ja	14	0,13
3	Nagellack <i>Wonder nail, "smashy cerise"</i>	IsaDora	<LOD	-	-
4	Läppstift <i>"Peachy cream"</i>	Make up store	<LOD	-	-
5	Glitter <i>"Hologram"</i>	Make up store	Nej (<LOD)	-	-
6	High tech lighter <i>"Jupiter"</i>	Make up store	Ja	16	0,74
7	Läppglans <i>Brilliant lip shine "sea coral"</i>	IsaDora	<LOD	-	-
8	Läppglans <i>"Cerise candy shiny cherry"</i>	Maybelline	<LOD	-	-
9	Foundation <i>"Go natural"</i>	FACE STOCKHOLM	<LOD	-	-
10	High tech lighter <i>"Big bang"</i>	Make up store	Ja	15	0,36
11	Rouge <i>"Golden Gate"</i>	bareMinerals	Ja	87	4,6
12	Concealer <i>"Summer bisque"</i>	bareMinerals	Ja	57	0,11
13	Veil <i>"Clear radiance"</i>	bareMinerals	Ja	320	17
14	Läppenna <i>"Anna K"</i>	FACE STOCKHOLM	<LOD	-	-
15	Kajal <i>"Kiki"</i>	FACE STOCKHOLM	<LOD	-	-
16	Ögonskugga <i>Cyber shadow "metallic wave"</i>	Make up store	<LOD	-	-
17	Ögonskugga <i>Microshadow "deep blue"</i>	Make up store	<LOD	-	-

Som synes varierar innehållet av vismut betydligt mellan olika märken och produkter. Det är alltså svårt att dra några generella slutsatser angående någon ”medelhalt” utifrån analyserna, eftersom det på vissa produkter anges att de kan innehålla vismut och inte gör det i detekterbara mängder och i något fall tvärtom.

Bilaga 10. Analysprotokoll

Prov	Vikt (g)	Volym (mL)	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Abs 4	Abs medel	[C] (mg/g)	Övrigt
Std 1			0,009	0,012	0,01	0,009	0,01	1,03	
Std 10			0,105	0,107	0,104	0,106	0,1055	10,88	
Std 30			0,313	0,31	0,31	0,311	0,311	32,06	
Std 50			0,51	0,512	0,506	0,503	0,50775	52,35	
Std 75			0,72	0,725	0,718	0,719	0,7205	74,28	
Std 100			0,97	0,96	0,945	0,955	0,9575	98,71	
Blank 1		40	0,003	0,006	0,004	0	0,00325		
Blank 2		40	0,005	0,004	0,001	0,001	0,00275		
Blank 3		40	0,005	0,001	0,002	0,004	0,003		
Blank 4		40	0,006	0,002	0,003	0,003	0,0035		

1:A	0,2146	10	0,08	0,076			0,078	0,3158876	
1:B	0,1978	10	0,068	0,074			0,071	0,3054654	
1:C	0,2186	10	0,083	0,081			0,082	0,3293687	
1:D	0,2526	10	0,09	0,086			0,088	0,3100388	
Tot								0,32	

2:A	0,1033	40	0,35	0,348	0,352	0,356	0,3515	13,772864	
2:B	0,1015	40	0,354	0,352	0,351	0,353	0,3525	14,058595	
2:C	0,103	40	0,35	0,352	0,354	0,351	0,35175	13,823199	
2:D	0,1014	40	0,346	0,35	0,351	0,348	0,34875	13,916745	
Tot								13,89	

6:A	0,1243	40	0,45	0,452	0,454	0,454	0,4525	14,867257	
6:B	0,1414	40	0,577	0,57	0,573	0,57	0,5725	16,642597	
6:C	0,1465	40	0,565	0,57	0,56	0,558	0,56325	15,797377	
6:D	0,1298	40	0,49	0,492	0,49	0,493	0,49125	15,494283	
Tot								15,70	

9:A	0,1005	40	0,001	0,003			0,002	<LOD	
9:B	0,1004	40	0,004	0,003			0,0035	<LOD	
9:C	0,1065	40	0,005	0,005			0,005	<LOD	
9:D	0,1004	45	0,002	0,005			0,0035	<LOD	

10:A	0,1157	40	0,433	0,423	0,431	0,43	0,42925	15,126234	
10:B	0,1399	40	0,51	0,503	0,5	0,504	0,50425	14,766939	
10:C	0,1449	40	0,508	0,511	0,52	0,518	0,51425	14,547964	
10:D	0,1258	40	0,44	0,442	0,443	0,436	0,44025	14,279977	
Tot								14,68	

11:A	0,1085	150	0,61	0,598	0,605	0,61	0,60575	86,17269	Spädd *10
11:B	0,1047	150	0,63	0,635	0,634	0,64	0,63475	93,673654	Spädd *10
11:C	0,1062	150	0,596	0,602	0,604	0,595	0,59925	87,072554	Spädd *10
11:D	0,1012	150	0,546	0,542	0,545	0,544	0,54425	82,793322	Spädd *10
Tot								87,43	

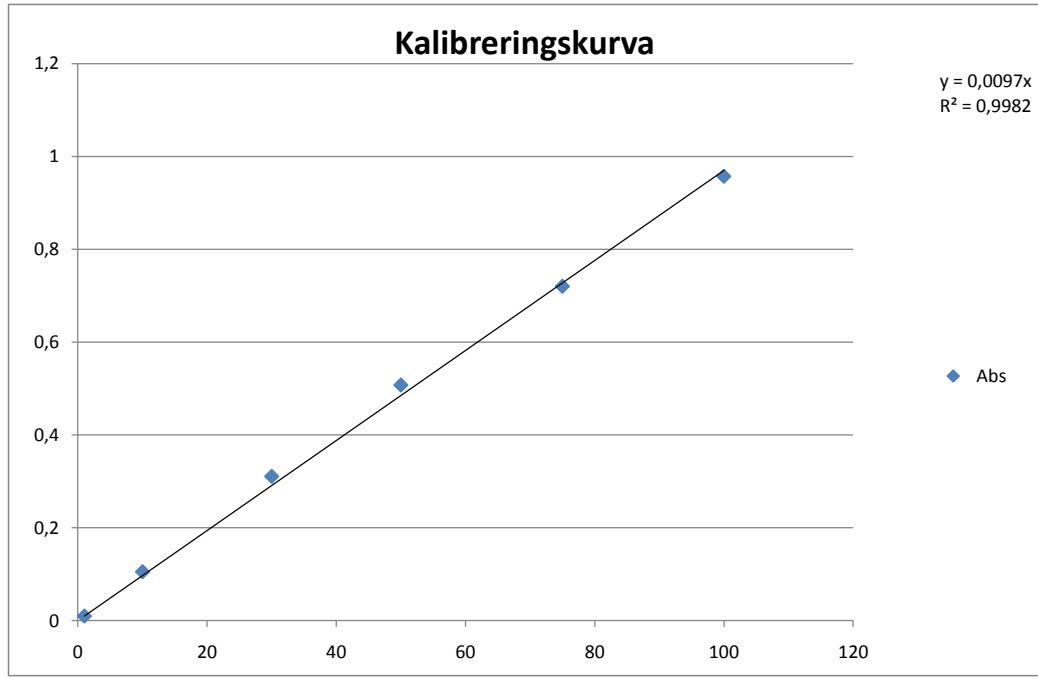
12:A	0,1006	160	0,358	0,356	0,352	0,35	0,354	56,988595	Spädd *4
12:B	0,11	160	0,388	0,382	0,385	0,384	0,38475	56,826794	Spädd *4
12:C	0,1033	40	1,14	1,14	1,15	1,13	1,14	45,912264	Ej spädd
12:D	0,1124	40	1,21	1,23	1,22	1,22	1,22	45,191984	Ej spädd
Tot								56,91	C och D ej medtagna

13:A	0,1073	400	0,766	0,76	0,758	0,762	0,7615	293,48114	Spädd *10
13:B	0,1049	400	0,81	0,796	0,785	0,8	0,79775	314,74587	Spädd *10
13:C	0,1053	400	0,83	0,843	0,845	0,84	0,8395	330,24441	Spädd *10
13:D	0,1069	400	0,85	0,85	0,84	0,852	0,848	328,6495	Spädd *10
Tot								316,78	

14:A	0,21	10	0,012	0,01			0,011	<LOD	
14:B	0,2166	10	0,009	0,008			0,0085	<LOD	

15:A	0,2087	10	0,009	0,011			0,01	<LOD	
15:B	0,2195	10	0,013	0,012			0,0125	<LOQ	
16:A	0,2022	20	0,006	0,005			0,0055	<LOD	
16:B	0,2031	20	0,001	0,007			0,004	<LOD	
16:C	0,2213	20	0,008	0,007			0,0075	<LOD	
16:D	0,206	20	0,003	0,008			0,0055	<LOD	

17:A	0,2125	15	0,003	0,005			0,004	<LOD	
17:B	0,2267	15	0,006	0,002			0,004	<LOD	
17:C	0,2122	15	0,005	0,004			0,0045	<LOD	
17:D	0,2294	15	0,003	0,008			0,0055	<LOD	



Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011313-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653071		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-13
Ankomsttemperatur	7 °C	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Ryska Smällen IN 00-10-03		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
* Vismut Bi (uppslutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
* Wolfram W (uppslutet)	0.0057	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011314-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653071		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-13
Ankomsttemperatur	7 °C	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Ryska Smällen IN 00-10-09		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
* Vismut Bi (uppslutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
* Wolfram W (uppslutet)	0.0057	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011740-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653868		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-14
Ankomsttemperatur	13 °C	Provet ankom	2010-04-14
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Ryska Smällen UT 00-10-03		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
* Vismut Bi (upplutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
* Wolfram W (upplutet)	0.0037	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011741-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653868		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-14
Ankomsttemperatur	13 °C	Provet ankom	2010-04-14
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Ryska Smällen UT 00-10-09		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
* Vismut Bi (upplutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
* Wolfram W (upplutet)	0.0034	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011312-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653071		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-13
Ankomsttemperatur	7 °C	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Tegelbruket tak nov - dec -00		

	Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
*	Vismut Bi (upplutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
*	Wolfram W (upplutet)	0.0023	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011311-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653071		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-13
Ankomsttemperatur	7 °C	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Tegelbruket väg okt-nov -00		

	Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
*	Vismut Bi (uppslutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
*	Wolfram W (uppslutet)	<0.001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011316-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653071		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-13
Ankomsttemperatur	7 °C	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	Tegelbruket samlingsprov 17/11-19/12		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
* Vismut Bi (uppslutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
* Wolfram W (uppslutet)	0.0040	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport

Stockholm Vatten VA AB
att: Marcus Frenzel
Drottningholmsv. 490
168 39 Bromma

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Journalnr	V011315-10	Sida 1 (1)	
Kundnr	8909666-1653071		
Provtyp	Övrigt vatten		
Uppdragsmärkning	1323		
Provtagare/referens	Marcus Frenzel	Provtagningsdatum	2010-04-13
Ankomsttemperatur	7 °C	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-05-11
Provets märkning	SORBUS inlopp damm 05-03-15		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Ref/instr.	Ort
* Vismut Bi (uppslutet)	<0.0001	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE
* Wolfram W (uppslutet)	0.062	mg/l	± 20 % B	ICP-MS	LE

Ersätter tidigare utskickat protokoll med samma journalnummer.
ändrad rapporteringsgräns

Ulla Eriksson. Rapportansvarig kemist
må-to 010-4908188 (allm.frågor kundsupport 010-4908170)
Denna rapport är en osignerad rapportkopia

Analysrapport



Stockholm Vatten VA AB
Ragnar Lagerkvist
106 36 Stockholm

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Sida 1 (1)

Journalnr	SA000825-10				
Kundnr	8909666-1652647				
Provtyp	Slam Stockholm				
Vattentyp	År2004	Provet ankom	2010-04-13		
		Analysrapport klar	2010-04-23		
Provets märkning	Bromma avvattnat slam 2004				

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref	Ort
Vismut Bi	0.95	mg/kg	± 20 %	ICP-MS	LE

Kerstin Mårtensson
Rapportansvarig

Förklaring till förkortningar och *, se omstående sida.

Eurofins Environment Sweden AB, Box 737, 531 17, Lidköping, Sweden Tel: + 46 (0)10 490 8100, Web: www.eurofins.se

Analysrapport



Stockholm Vatten VA AB
Ragnar Lagerkvist
106 36 Stockholm

Rapport utfärdad av
ackrediterat laboratorium

Report issued by
Accredited Laboratory



Sida 1 (1)

Journalnr	SA000826-10		
Kundnr	8909666-1652647		
Provtyp	Slam Stockholm		
Vattentyp	År2005	Provet ankom	2010-04-13
		Analysrapport klar	2010-04-23
Provets märkning	Bromma avvattnat slam 2005		

Analysnamn	Resultat	Enhet	Mäto.	Metod/ref	Ort
Vismut Bi	1.7	mg/kg	± 20 %	ICP-MS	LE

Kerstin Mårtensson

Rapportansvarig

Analysrapport

Stockholm

Stockholm Vatten VA AB

att: Marcus Frenzel

Drottningholmsv. 490

168 39 Bromma

Uppdragsnummer	8909666-1666263	Proverna ankom	2010-05-11	Sida 1 (1)
Kundnr	8909666	Analysrapport klar	2010-05-21	
Provtyp	Avloppsvatten Stockholm			
Uppdragets märkning	1323 (Bi med låg det.gräns)			

Journalnr	Provpunkt/ Märkning	Vismut µg/L
SV000514-10	Åkeshov Ridhuset (snö)	< 0.1
Mätosäkerhet		± 20%
Metod/ref		ICP-MS
Ort		LE

Kopiermottagare

Markus Frenzel

Ulrika Österberg

Förklaring till förkortningar och *, se omstående sida.