



# **Miljöövervakning av utgående vatten & slam från svenska avloppsreningsverk**

**Resultat från år 2011  
och en sammanfattning av slamresultaten för åren 2004-2011**

Beställare: Naturvårdsverket

Kontrakt: 219 1013

Programområde: Miljögiftssamordning

Delprogram: Miljögifter i urban miljö

Utförare: Peter Haglund; Kemiska institutionen, Umeå universitet

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>3</b>
<b>BAKGRUND</b> .....	<b>3</b>
RENINGSVERKEN.....	4
Henriksdals reningsverk.....	6
Ryaverket.....	6
Öns reningsverk.....	6
Gässlösa reningsverk.....	7
Ellinge reningsverk.....	7
Nolhaga reningsverk.....	7
Borlänge reningsverk.....	8
Bergkvara reningsverk.....	8
Bollebygds reningsverk.....	8
FÖRENINGAR.....	8
PROVTAGNING OCH PROVBANKNING.....	10
Utgående vatten .....	10
Slam .....	10
ANALYS OCH KVALITETSSÄKRING.....	10
<b>RESULTAT</b> .....	<b>12</b>
ANTIBIOTIKA.....	12
Utgående vatten .....	12
Slam .....	12
BROMERADE DIFENYLETRAR (PBDE) .....	13
Slam .....	13
KLORPARAFFINER (PCA).....	15
Slam .....	15
FLUORERADE ÄMNEN .....	17
Utgående vatten .....	17
Slam .....	17
FOSFATESTRAR.....	20
Utgående vatten .....	20
Slam .....	21
FTALATER OCH BUTYLHYDROXYTOLUEN.....	23
Utgående vatten .....	23
Slam .....	23
KLORBENSENER.....	25
Slam .....	25
KLORFENOLER, NONYL- OCH OKTYLFENOLER, TRICLOSAN OCH BISFENOL A.....	26
Utgående vatten .....	26
Slam .....	26
KLORERADE DIBENSO-P-DIOXINER, DIBENSOFURANER OCH BIFENYLER.....	29
Slam .....	29
METALLER.....	33
Utgående vatten .....	33
Slam .....	33
ORGANOTENNFÖRENINGAR.....	34
Utgående vatten .....	34
Slam .....	34
SILOXANER .....	37
Slam .....	37
NSAID´S.....	39
Utgående vatten .....	39
MYSKÄMNEN.....	39
Utgående vatten .....	39
Slam .....	39
ÖSTROGENA OCH ANDROGENA EFFEKTER.....	41
Utgående vatten .....	41
<b>REFERENSER</b> .....	<b>41</b>

## Sammanfattning

Förekomsten av organiska substanser i utgående vatten (fr.o.m. 2011) och/eller slam från nio svenska avloppsreningsverk (ARV); Stockholm (Henriksdal), Göteborg (Ryaverket), Umeå (Ön), Borås (Gässlösa), Eslöv (Ellinge), Alingsås (Nolhaga), Bollebygd, Borlänge och Bergkvara (Torsås) har undersökts. Följande ämnen/ämnesgrupper har ingått i studien (fr.o.m. 2004): antibiotika (fluorokinoloner), bromerade difenyletrar, klorparaffiner, fluorerade ämnen, fosfatestrar, ftalater, butylhydroxytoluen, klorbensener, klorfenoler, triclosan, organotennföreningar, metylsiloxaner, metaller samt klorerade dibenso-*p*-dioxiner, dibensofuraner och bifenyler. Dessutom ingår även fr.o.m. 2010: myskämnena, NSAID's, bisfenol A och nonyl- och oktylfenoler.

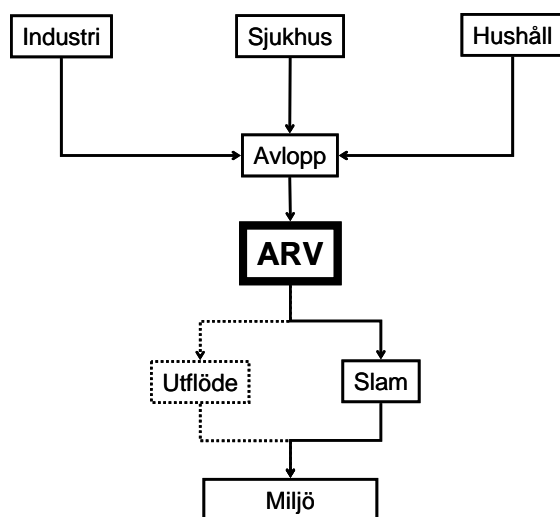
Graferna i denna rapport redovisar slamhalterna för perioden 2004-2011 och utgående vattenhalter för år 2011. Bollebygd reningsverk ingick inte i den nationella miljöövervakningen under 2004 och Floda reningsverk har fr.o.m. 2010 ersatts av Borlänge reningsverk och Bergkvara reningsverk.

Liksom tidigare år så är slamhalterna generellt lika såväl mellan reningsverk som över tid. Med andra ord är mellanårsvariationen generellt lika stor som variationen mellan olika reningsverk.

Det finns dock några avvikelser, halterna av antibiotikat norfloxacin i slam visar en minskande tidstrend. Minskningen kan möjligen förklaras av en minskad förskrivning under senare år (886000 dagliga doser år 2006, 633000 doser 2007, 372000 doser 2008, 190000 doser 2009, 137000 2010). Vidare innehåller slam från Umeå ARV mer di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP) och ofta även mer di-*iso*-nonylftalat (DINP) än övriga reningsverk. Dessa ämnen har liknande teknisk användning. Slutligen innehåller slam från Gässlösa ARV generellt flera fluorerade ämnen än övriga reningsverk och även högre halter av perfluoroktansyra (PFOA).

## Bakgrund

Ungefär en tredjedel (30 000) av de kemikalier som förekommer i teknosfären anses vara kemikalier som samhället använder varje dag. I detta kemikaliesamhälle utgör reningsverken en central länk mellan teknosfären och den yttre miljön. De flesta kemikalierna från samhället samlas upp i de kommunala reningsverken, vilket medför att avloppsreningsverk är en sekundär transportväg (via utgående vatten eller slam) för dessa substanser ut till miljön, se Figur 1. Under reningsprocessen ansamlas näringsämnen från avloppsvattnet i slammet som därför bör återföras till produktiv mark i ett kretsloppsanpassat samhälle. Dessvärre ansamlas också miljö- och hälsofarliga ämnen i slammet, vilket gör slam till en mycket relevant matris att analysera för att upptäcka nya miljöfarliga ämnen och för att fastlägga tidstrender för vissa prioriterade miljö- och hälsofarliga ämnen från samhället.

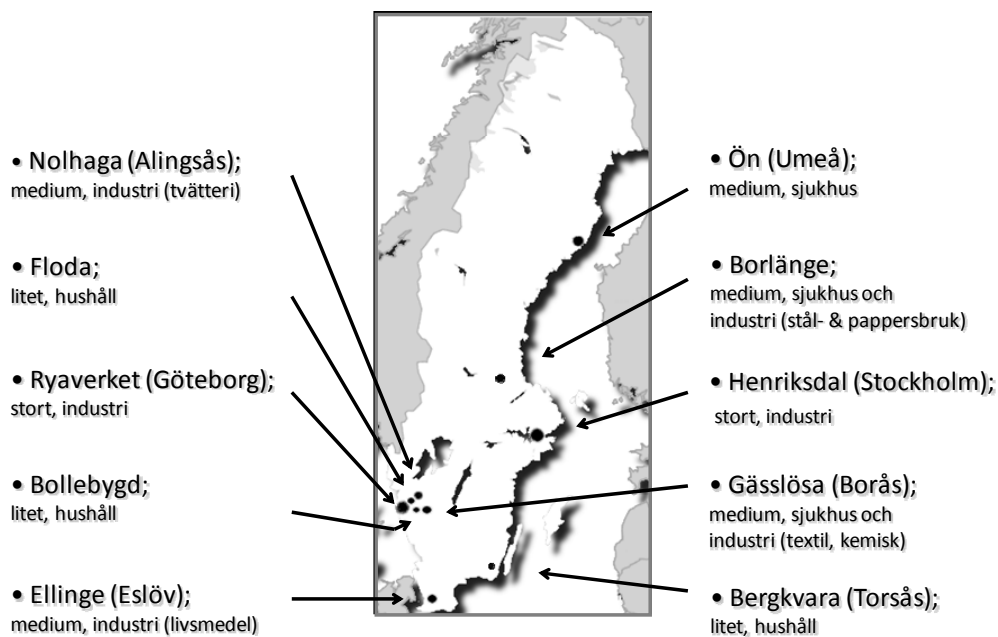


**Figur 1.** Förenklat flödesschema för kemikalier från samhället till miljön.  
ARV = Avloppsreningsverk.

Det övergripande syftet med denna årliga miljöövervakning är att kontrollera halterna av ett stort antal miljögifter i utgående vatten och slam i representativa svenska reningsverk. Halterna från denna årligen återkommande kvantifiering kan vid senare tillfälle utnyttjas för att fastlägga tidstrender, slamdata finns för år 2004-2011 [1-4].

## Reningsverken

Vid urvalet av de avloppsreningsverk som ingår i projektet togs särskild hänsyn till reningsverkens storlek, belastning, teknisk prestanda, förhållande mellan industri-, hushåll- och övrigt avlopp samt geografisk spridning. Detta resulterade i följande sju reningsverk (år 2004); Stockholm (Henriksdal), Göteborg (Ryaverket), Umeå (Ön), Borås (Gässlösa), Eslöv (Ellinge), Alingsås (Nolhaga) och Floda. Bollebygds reningsverk ingår fr.o.m. 2005 och Floda utgår fr.o.m. 2010, samt fr.o.m. 2010 ingår Borlänge och Bergkvara (Torsås) reningsverk, dvs. totalt ingår nio reningsverk i den nationella miljöövervakningen år 2011. Reningsverkens lokalisering, storlek och belastning kan ses i Figur 2. Information om bl.a. antalet anslutna kunder (även uttryckt som personekvivalenter, pe), volym inkommande vatten och mängd producerat slam för respektive reningsverk finns i Tabell 1.



**Figur 2.** Avloppsreningsverkens lokalisering, storlek och belastning.

**Tabell 1.** Information om reningsverken [5].

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Anslutna (kpers)	649	26	92	737	82	20	4,1	44	5,9
Anslutna (kpe)	640	27	129	656	73	74	3,7	25	2,5
Inkommande vatten (Mm <sup>3</sup> /år)	119	3,2	13	89	13	3,7	0,24	5,6	0,6
Dagvatten <sup>1</sup> (%)	57	24	20*	5*	50	28	21	35	46
Renings- process <sup>2</sup>	MCBD	MBCD	MCBD	MCBD	MBCD	MBCD	MBCS	MCBD	MBCS
Producerat slam (ton TS/år)	13300	690	2300	14400	2400	1100	78	1200	110
TS slam (%)	30	23	31	27	21	18	2,4	35	17
Uppehållstid (rötning)	15	17	18	19	25	30	--	15	--

<sup>1</sup> Ovidkommande vatten; \* Uppskattning enl. ARV-personal. <sup>2</sup> M: Mekanisk rening, C: Kemisk rening, B: Biologisk rening, D: Rötning (anaerobisk), S: Stabilisering (aerobisk).

### ***Henriksdals reningsverk***

Henriksdals reningsverk finns i Stockholm och är ett av de två största reningsverken i Sverige och har följande orter anslutna: Stockholm, Huddinge, Haninge, Nacka och Tyresö. Reningsverket processar ett blandat avlopp med inslag av industriavlopp och har två större sjukhus anslutna, samt har tvätteri och livsmedelsindustri anslutet. Certifierat enligt REVAQ (<http://www.svenskvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/Certifiering/>), försöker förbättra slamkvalitén så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

#### Reningsprocessen

Grovrensningar, sandfång, förluftning och tillsats av järnsulfat, försedimentering, bioreaktor (biologisk rening), eftersedimentering, efterfällning med järnsulfat och sandfilter. Slam tas ut i försedimenteringen, bioreaktorn och eftersedimenteringen, förtjockas och rötas (uppehållstiden i rötkammarna är ca 19 dygn). Polymertillsats sker efter rötning och slammet centrifugeras innan slutprodukten erhålls.

### ***Ryaverket***

I Göteborg finns Ryaverket som är ett av de två största reningsverken i Sverige och har följande orter anslutna: Göteborg, Ale, Härryda, Kungälv, Mölndal och Partille. Reningsverket processar ett blandat avlopp med inslag av industriavlopp, lakvatten och 5500 m<sup>3</sup> (5% TS) organisk material från storkök samt har ett större sjukhus, tvätteri och livsmedelsindustri anslutet. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvalitén så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

#### Reningsprocessen

Grovrensningar, försedimentering, tillsats av järnsulfat, aktivslambassänger (biologisk rening), eftersedimentering, hälften av vattnet leds här till biobäddarna för rening av kväve och recirkulation genom aktivslambassängerna. Slam tas ut i försedimenteringen och eftersedimenteringen, förtjockas och rötas (uppehållstiden i rötkammarna är ca 15 dygn). Polymertillsats sker vid Ryaverken och slammet antingen centrifugeras eller pressas för att avvattnas innan slutprodukt erhålls.

### ***Öns reningsverk***

Öns reningsverk är belägen i Umeå, en medelstor stad, som har ett stort sjukhus och ett stort universitet anslutet till reningsverket. Mycket liten andel industriellt avloppsvatten processas.

#### Reningsprocessen

Grovrensning, sandfång, tillsats av järnsulfat, luftningsbassänger, försedimentering, luftade bassänger med biologisk rening och slutsedimentering. Slammet tas ut i försedimenteringen och förtjockas (i förtjockaren tillkommer även externslam från kommunens övriga reningsverk, ca. 17% av den totala andelen producerat slam härrör från externslam). Därefter rötas slammet i rötkammaren, som har en uppehållstid på 18 dygn, följt av polymertillsats och centrifugering.

### ***Gässlösa reningsverk***

Gässlösa reningsverk behandlar avloppsvatten från Borås centralort och ett flertal samhällen samt från sjukhus och flera stora textilindustrier. Verket processar även avloppsvatten från plast- och kemisk industri. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

#### Reningsprocessen

Mekanisk rening med grovrensning, sandfång och flockning, biologisk rening med försedimentering, biobäddar och mellansedimentering, kemisk rening med flockning och slutsedimentering följt av klorkontaktbassäng. Primärslam från försedimenteringen och överskottsslam från mellansedimenteringen förtjockas innan rötningen som sker tillsammans med externslam från kommunens övriga reningsverk (ca. 15% av den totala andelen producerat slam härrör från externslam). Uppehållstiden i röt-kammaren är ca 25 dygn. Slutligen avvattnas slammet med hjälp av centrifugering.

### ***Ellinge reningsverk***

I Eslöv processar Ellinge reningsverk en mycket stor andel industriavlopp (64000 pe industri av totalt 74000 pe) som nästan uteslutande härrör från livsmedelsindustrin. Verket har även tvätterier anlutet. Följande orter är anslutna till reningsverket: Eslöv, Gullarp, Kungshult och Marieholm. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

#### Reningsprocessen

Rensgaller, sandfång, två försedimenteringsbassänger där den ena är till för kommunalt vatten och den andra för vatten från livsmedelsindustrin (primärslam till röt-kammare), biobäddar, aktivslamanläggning, fällning och sedimentering (sekundärslam till röt-kammare). Därefter rötas slammet (uppehållstid ca 30 dygn) och centrifugeras innan slutprodukt erhålls.

### ***Nolhaga reningsverk***

Nolhaga reningsverk är belägen i Alingsås och har industrianslutningar av varierande karaktär. Ett större tvätterier och en avfallsdeponi är också anslutna till reningsverket. Avloppsreningsverket i Nolhaga serverar Alingsås tätort och Västra Bodarna.

#### Reningsprocessen

Det inkommande vattnet passerar ett rens-galler, sandfång och förluftas innan det pH-justeras med svavelsyra före biobädden. Aluminiumsulfat tillsätts i första flockningsbassängen och vattnet leds sedan till eftersedimenteringsbassängen. Uttag av slam härur sker kontinuerligt innan det förtjockas och pumpas till röt-kammaren som har en uppehållstid på 17 dygn. Det rötade slammet förtjockas ännu en gång innan polymer tillsätts och slammet avvattnas före kompostering. Externslam från kommunens övriga reningsverk, privata slambrunnar och egen latrinstation tas emot och förs in tillsammans med inkommande vatten.

### ***Borlänge reningsverk***

Borlänge reningsverk är ett medelstort verk och har små industrier anslutna samt processar det sanitära vattnet från ett stålverk och ett pappersbruk, samt avloppsvatten från två relativt stora verksamheter som bägge producerar kosmetiska produkter och hygienprodukter. Avloppsreningsverket i Borlänge har även ett sjukhus anslutet.

#### Reningsprocessen

Reningsverket processar det inkommande vattnet mekaniskt, följt av kemiskt och biologiskt rening och slutligen rötas slammet (uppehållstid ca 15 dygn).

### ***Bergkvara reningsverk***

Bergkvara reningsverk i Torsås är ett litet reningsverk utan större industriell belastning, processar uteslutande hushållsavlopp.

#### Reningsprocessen

Det inkommande vattnet genomgår mekanisk, biologisk och kemisk rening och slammet stabiliseras aerobiskt.

### ***Bollebygds reningsverk***

Bollebygds reningsverk processar uteslutande hushållsavlopp från Bollebygds kommun. Verket är utan större industriell belastning, men fr.o.m. hösten 2009 renas även processvatten från färgindustrin.

#### Reningsprocessen

Det inkommande vattnet passerar först ett rensfilter, sedan sker biologisk rening med tillsats av Ekoflock 90 REV. Därefter mellansedimentering följt av flockningsbassäng med Ekoflock 90 och slutligen slutsedimentering. Slammet stabiliseras aerobiskt.

## **Föreningar**

De ämnen som ingår i detta projekt är bl.a. utvalda från EUs vattendirektivslista (WFD) och från den finska prioriteringslistan, se Tabell 2. Perfluoroalkylsubstanser, organofosfater, fluorokinoloner (antibiotika), butylhydroxytoluen, myskämnen, PCDD/F och WHO-PCB valdes utifrån resultat från Naturvårdsverkets screeningstudier. Slutligen ingår en del andra substanser som tillhör samma ämnesgrupp som de tidigare nämnda och som lätt kan bestämmas parallellt ("på köpet ämnen"), samt har östrogena och androgena effekter (biotester) uppmäts och kvantifieras i utgående vatten.



**Tabell 2. Sammanställning av föreningar och urvalskriterier.**

Grupp	Namn	WFD	OSPAR	Finsk prio	Screening	"På köpet"
<b>Fenoler</b>	Pentaklorfenol	X				
	Övriga klorfenoler				X	
	Butylhydroxytoluen				X	
	Triclosan				X	
	Bisfenol A	X <sup>1</sup>				
	Nonyl- och oktylfenol	X				
<b>Klorbensener</b>	124-Triklorbensen	X				
	Pentaklorbensen	X				
	Hexaklorbensen	X				
	Övriga di-, tri- och tetra-klorbensener					X
<b>Estrar</b>	Tris(2-butoxyethyl)fosfat				X	
	Tris(2-kloroetyl)fosfat				X	
	Tris(kloropropyl)fosfat				X	
	Tris(1,3-dikloro-2-propyl)fosfat				X	
	Trifenylfosfat				X	
	Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP)	X		X		
	Dimethyl- och dietylfталat					X
	Di- <i>n</i> -butyl- och butylbenzylftalat			X		
	Di- <i>n</i> -oktyl-, di- <i>iso</i> -nonyl-, di- <i>iso</i> -decylftalat					X
<b>Antibiotika</b>	Ofloxacin (fluorokinolon)				X	
	Norfloxacin (fluorokinolon)				X	
	Ciprofloxacin (fluorokinolon)				X	
<b>Dioxinlika ämnen</b>	WHO-PCB				X	
	PCDD/F				X	
<b>Övriga POP</b>	Polybromerade difenyletrar (PBDE)	X				
	Klorparaffiner (PCA)	X				
	Perfluoroämnen (PFAS)	X <sup>1</sup>			X	
	Metylsiloxaner		X			
<b>Metaller</b>	Bly och Pb-föreningar	X				
	Kadmium och Cd-föreningar	X				
	Kviksilver och Hg-föreningar	X				
	Nickel och nickelföreningar	X				
	Arsenik, kobolt, krom, koppar, vanadin, zink					X
<b>Metallorg.</b>	Tributyltennoxid	X				
	Mono-, di- och tetrabutyltenn					X
	Mono- och dioktyltenn					X
	Tricyklohexyltenn					X
	Mono-, di- och trifenyltenn					X
<b>Myrkämnerna</b>	Tonalide (AHTN), galoxolide (HHCB)				X	
	Myrk xylene, myrk keton ( <i>Metaboliter</i> )	X <sup>1</sup>	X <sup>2</sup>	X	(X)	
<b>NSAID's</b>	Ibuprofen, naproxen, ketoprofen, diclofenac				X	

<sup>1</sup> Bisfenol A, PFOS, myrk xylene: ämnen som inkluderades i översynen för ev. identifiering som prioriterade ämnen (Directive 2008/105/EC, bilaga 3). I skrivande stund är bara PFOS kvar som kandidat.

<sup>2</sup> Myrk xylene: OSPAR.

## Provtagning och provbankning

För att få så representativa prov som möjligt sker provtagningen varje år i oktober månad, under normala driftsförhållanden och efter en period med normala väderförhållanden. Proverna överförs till specialdiskade glasburkar och levereras omgående till Umeå universitet där de delas i portioner för de olika analyserna och för provbankning (slam). Proverna förvaras sedan i kyl/frys. Aktuella driftparametrar vid provtagningstillfället dokumenteras av provtagaren vid respektive reningsverk.

### ***Utgående vatten***

Ett (flödesproportionellt) veckoprov tas per reningsverk, dvs. 7 dygnsprov poolas till ett veckoprov.

### ***Slam***

Ett samlingsprov tas per reningsverk. Provtagningen sker en veckodag, dock inte en måndag för att representera normal belastning från industrier och andra verksamheter som eventuellt har reducerad verksamhet under helger. Provtagningen sker inom en timme efter avvattning.

Den större delen av proverna frystorkas, homogeniseras och delas i lämpliga delprover som skickas till Naturhistoriska riksmuseet för arkivering i deras provbank.

## Analys och kvalitetssäkring

Proverna är kemiskt analyserade enligt lämpligast metod (Tabell 3), specifik för varje ämne/ämnesgrupp, och utförda av: Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), ALS Scandinavia AB (Luleå), Institutionen för tillämpad miljövetenskap (ITM, Stockholm universitet), IVL Svenska Miljöinstitutet (Stockholm) och Kemiska institutionen (Umeå universitet).

Eftersom många av föroreningarna är relativt nya har det inte alltid gått att använda ackrediterade metoder. I Tabell 3 har det indikerats vilka analyser som genomförts med ackrediterade analysmetoder, metoder validerade genom interkalibreringar (IK), respektive internvaliderade egenutvecklade metoder (EM).

Vissa ämnen har inte analyserats i båda matriserna, utan bara de ämnen som man förväntas hitta i utgående vatten och/eller slam. Vilka ämnen som har analyserats i respektive matris kan ses i Tabell 3.

**Tabell 3.** Utförare av de olika typerna av analyser.

Föreningar	Analys- teknik	UmU	Eurofins	ALS	ITM	IVL	Mät- osäkerhet
Klorfenoler	GC-MS		Ack.				± 20%
Butylhydroxytoluene	GC-MS		EM				± 20%
Triclosan	GC-MS		Ack.				± 20%
Bisfenol A	LC-MSMS	IK					± 20%
Nonyl- och oktylfenol	GC-MS	IK					± 20%
Klorbensener <sup>1</sup>	GC-HRMS	EM					± 30%
Organofosfater	GC-HRMS	IK					± 30%
Ftalater <sup>1</sup>	GC-MS		Ack.				± 20%
Antibiotika (fluorokinoloner)	LC-MSMS	IK					± 20%
NSAID's <sup>2</sup>	LC-MSMS	IK					± 20%
WHO-PCB <sup>1</sup>	GC-HRMS	Ack.					± 29%
PCDD/F <sup>1</sup>	GC-HRMS	Ack.					± 29%
Polybromerade difenyletrar <sup>1</sup>	GC-HRMS	IK					± 30%
Klorparaffiner <sup>1</sup>	GC-MS	EM					± 30%
Fluorerade ämnen	LC-MSMS				IK		± 5-20%
Metaller	ICP-MS			Ack.			± 18-32%
Organotenn	ICP-MS	IK					± 6-40%
Metylsiloxaner <sup>1</sup>	ATD-GC-MS					IK	± 20%
Myskämmen	GC-HRMS	IK					± 20%
Biotester <sup>2</sup>						EM	

<sup>1</sup> Endast analyserade i slam. <sup>2</sup> Endast analyserade i H<sub>2</sub>O.

Ack. = ackrediterad analys; IK = metod validerad genom interkalibreringar; EM = egenutvecklad metod, validerad vid respektive laboratorium.

Respektive laboratorium sköter sin egen kvalitetssäkring som kontrollerar extraktions- och uppberedningsutbyte, laboratoriebakgrund (via blankar), instrumentstatus, etc. Inga avvikelser har rapporterats under året. En rundringning till samtliga utförare bekräftade att inga avvikelser förekommit.

# Resultat

## Antibiotika

### Utgående vatten

Tabell 4 redovisar koncentrationer av fluorokinolonerna (FQs) i utgående vatten. Ciprofloxacin var den enda FQ som var frekvent detekterad.

### Slam

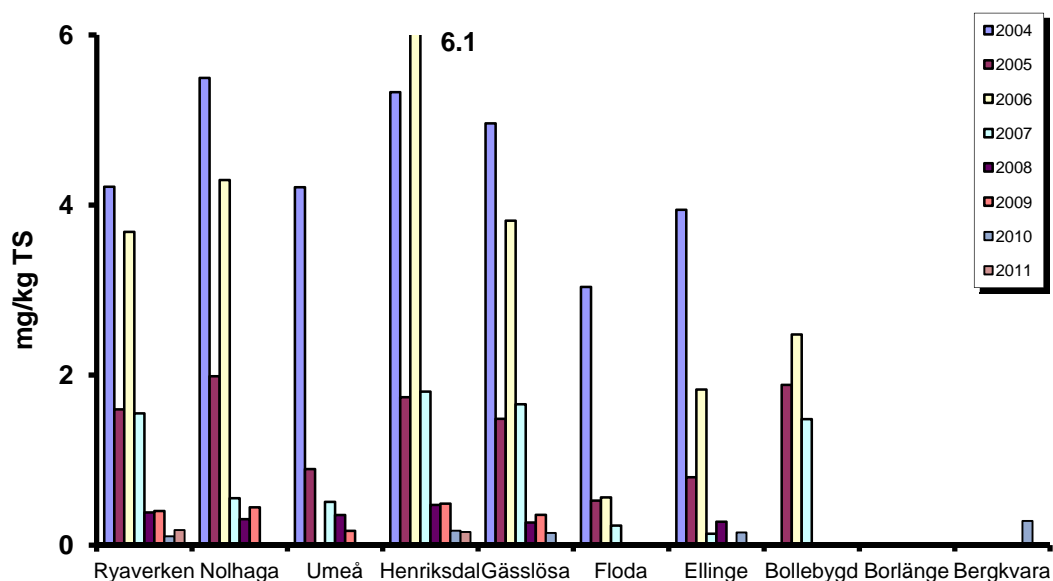
FQs norfloxacin och ciprofloxacin har tidigare (år 2004-2007) påvisats i alla ARV, men 2008 och framåt var endast ciprofloxacin detekterbar i alla reningsverken, se Tabell 5. Innevarande år detekterades norfloxacin och ofloxacin bara i vatten från de två stora reningsverken, Ryaverket och Henriksdahl. Halter av norfloxacin och ciprofloxacin i avloppsreningsverksslam för år 2004-2011 redovisas i Figur 3 och 4.

**Tabell 4.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, fluorokinoloner (ng/L).

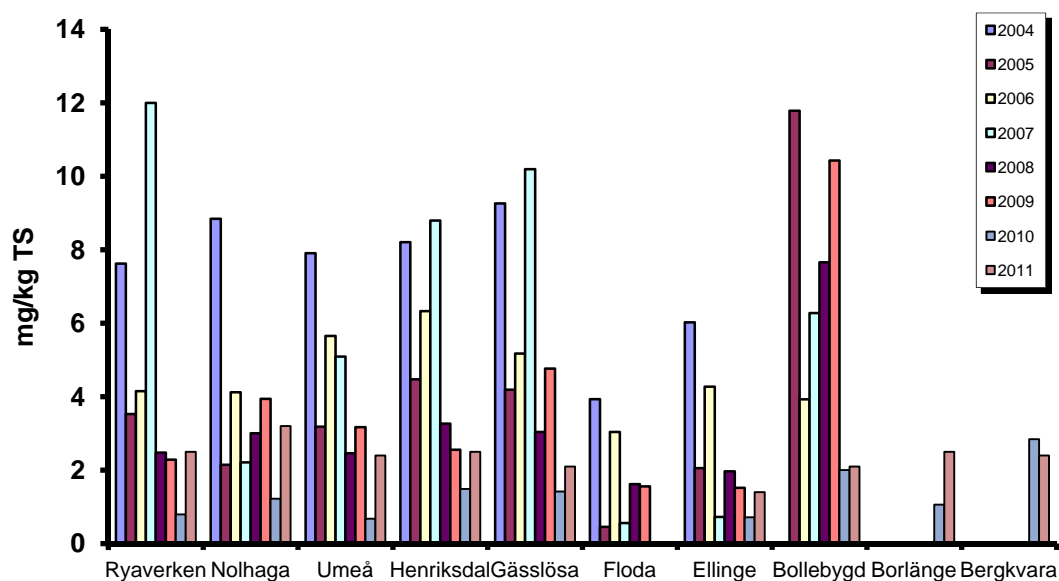
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Norfloxacin	<10	< 10	<10	<10	16	<10	<10	< 10	<10
Ofloxacin	<10	< 10	<10	<10	< 10	<10	<10	< 10	<10
Ciprofloxacin	17	11	24	11	< 10	<10	15	51	38

**Tabell 5.** Resultat från 2011-års prover, slam, fluorokinoloner (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Norfloxacin	0,18	<0,1	<0,1	0.16	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ofloxacin	0,21	<0,1	<0,1	0.34	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ciprofloxacin	2,5	3,2	2,4	2,5	2,1	1,4	2,1	2,5	2,4



**Figur 3.** Halter av Norfloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



**Figur 4.** Halter av Ciprofloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.

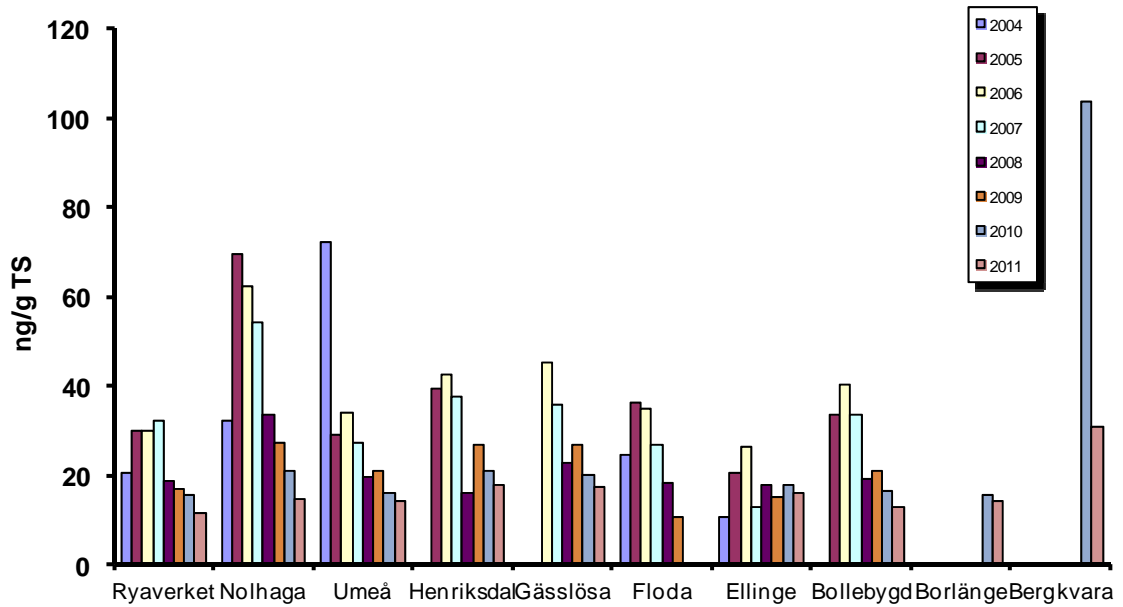
## Bromerade difenyletrar (PBDE)

### Slam

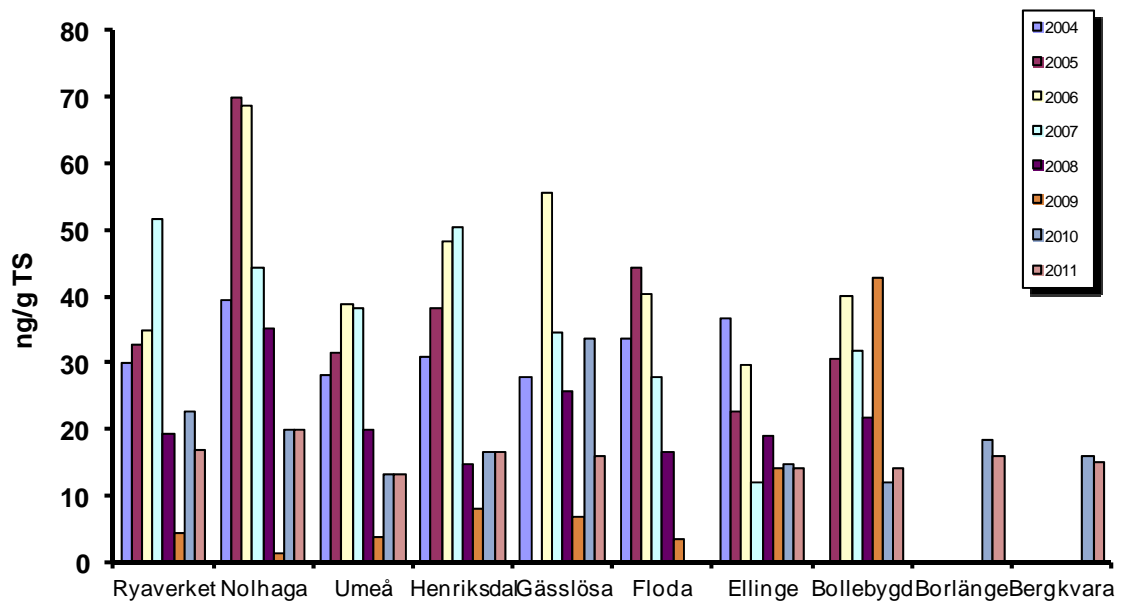
DecaBDE (#209) förekom, liksom tidigare år, i de högsta halterna i slam (uttryckt som ng per gram torrsubstans, TS) från alla ARV, se Tabell 6. Halter av tetraBDE (#47), pentaBDE (#99) och decaBDE i avloppsreningsverksslam under åren 2004-2011 redovisas i Figur 5-7.

**Tabell 6.** Resultat från 2011-års prover, slam, PBDE (ng/g TS).

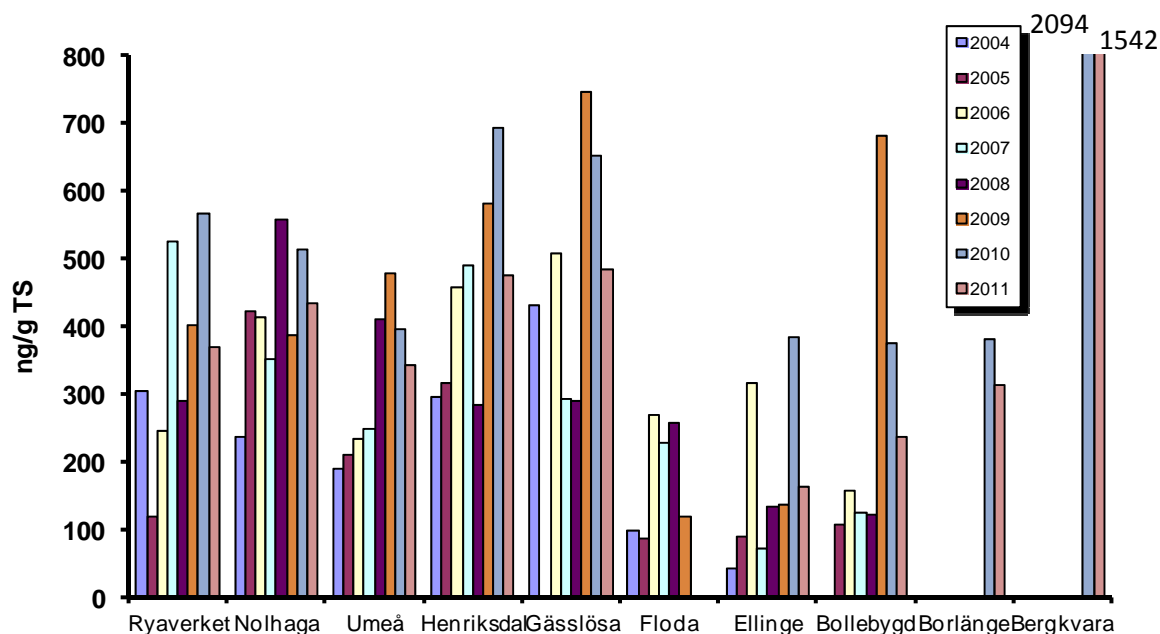
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
# 28	0,33	0,32	0,39	0,61	0,38	0,29	0,30	0,31	0,35
# 47	11	15	14	18	17	16	13	14	31
# 99	17	20	13	16	16	14	14	16	15
# 100	1,7	2,9	2,1	3,8	4,0	3,9	7,9	4,3	3,7
# 153	2,0	2,1	1,2	1,7	1,7	1,9	2,1	1,6	1,8
# 154	1,5	2,0	1,7	1,4	2,1	1,5	1,8	1,4	1,3
# 183	0,81	0,58	0,38	0,51	1,0	0,69	0,61	0,65	0,83
# 209	369	433	342	474	484	163	235	312	1542



Figur 5. Halter av TetraBDE (#47) i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.



Figur 6. Halter av PentaBDE (#99) i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.



Figur 7. Halter av DecaBDE (#209) i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.

## Klorparaffiner (PCA)

### Slam

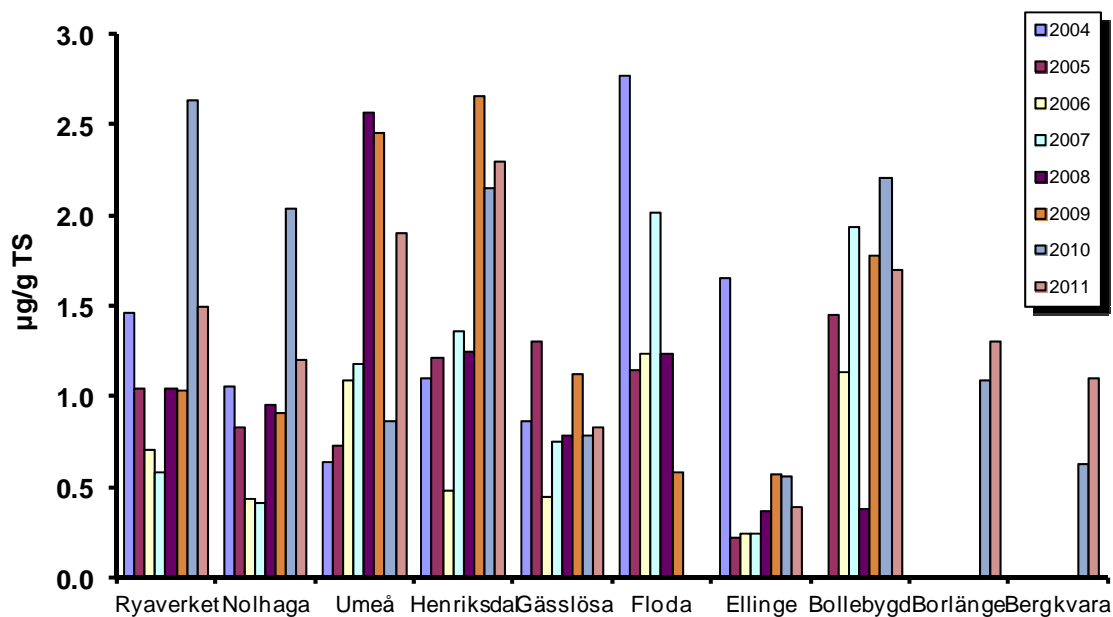
Tabell 7 redovisar halter av klorparaffiner (PCA) i avloppsreningsverksslam år 2011. Även detta år återfinns i slammet de långkedjade klorparaffinerna (LCCP) i högsta halter. Sammanfattning av PCA-halter för åren 2004-2011 kan ses i Figur 8-10.

Tabell 7. Resultat från 2011-års prover, slam, PCA ( $\mu\text{g/g TS}$ ).

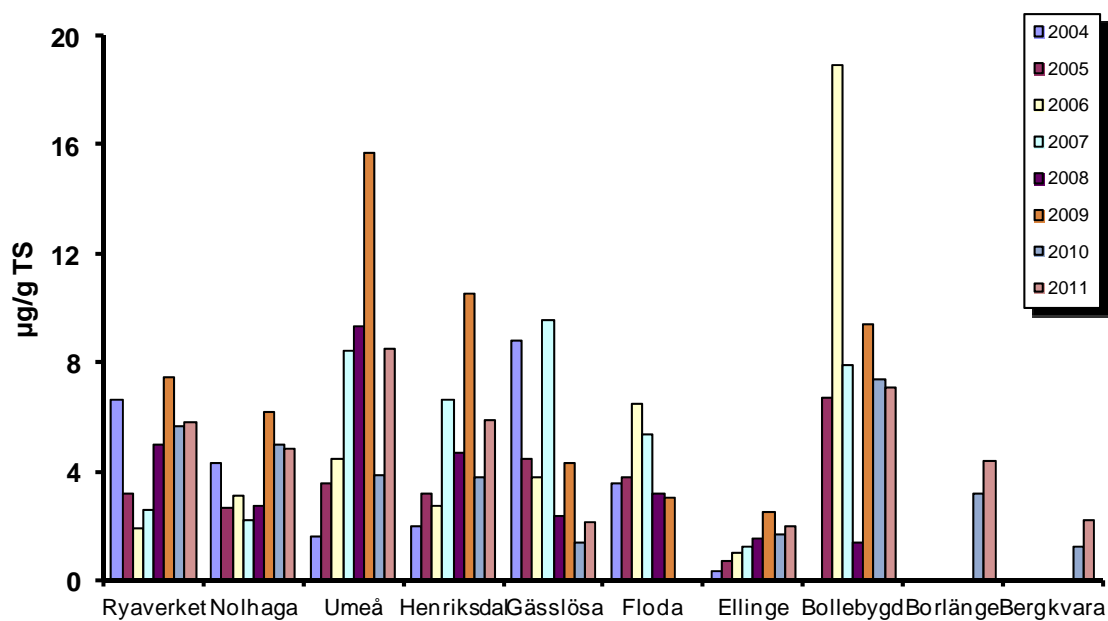
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
SCCP <sup>1</sup>	1,5	1,2	1,9	2,3	0,83	0,39	1,7	1,3	1,1
MCCP <sup>2</sup>	5,8	4,8	8,5	5,9	2,1	2,0	7,1	4,4	2,2
LCCP <sup>3</sup>	25	28	53	41	14	18	41	34	15

<sup>1</sup>SCCP: Short chain chlorinated paraffins, C<sub>10</sub>-C<sub>13</sub>. <sup>2</sup>MCCP: Medium chain chlorinated paraffins, C<sub>14</sub>-C<sub>17</sub>.

<sup>3</sup>LCCP: Long chain chlorinated paraffins, C<sub>18</sub>-C<sub>20</sub>.

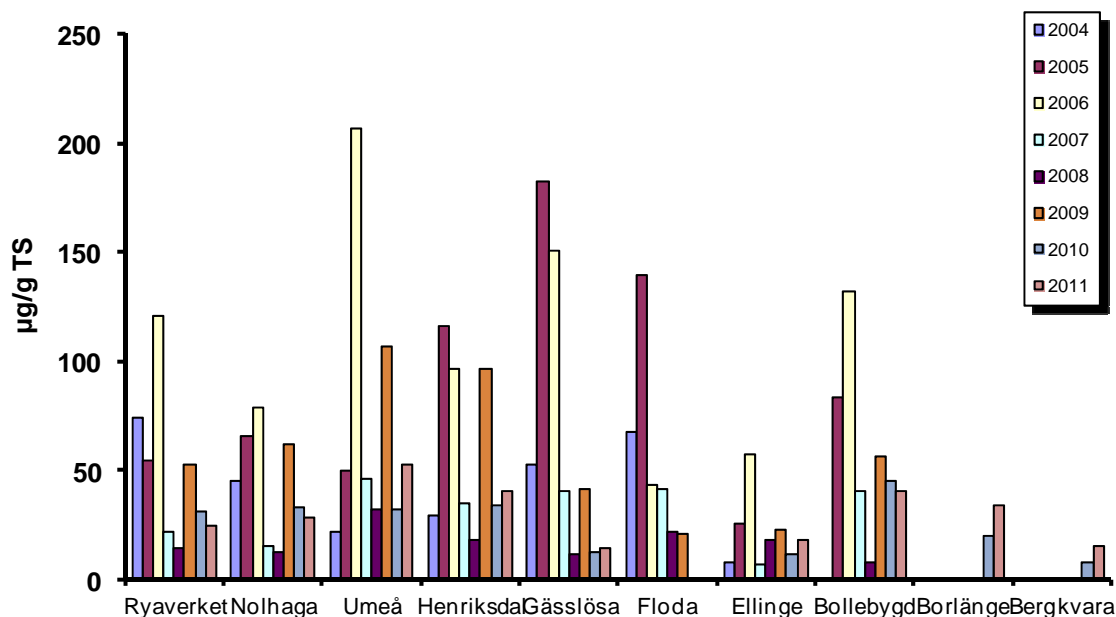


Figur 8. SCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 9. MCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.





Figur 10. LCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.

## Fluorerade ämnen

Fluorerade ämnenas nomenklatur kan ses i Tabell 8. Generellt så innehåller både utgående vatten och slam från Gässlösa ARV högre halter av fluorerade ämnen än övriga verk.

### Utgående vatten

Tabell 9 redovisar koncentrationer av fluorerade ämnen i utgående vatten år 2011. En jämförelse av PFOA- och PFOS-halter kan ses i Figur 11, i Gässlösa ARV påvisades de högsta halterna.

### Slam

Halter av fluorerade ämnen i avloppsreningsverksslam år 2011 redovisas i Tabell 10. Figur 12 visar PFOS-halter i slammet 2004-2011, med generellt oförändrade halter över tiden, med undantag för Bollebygd. Tidsvariationer av PFOA-halter inom verken kan ses i Figur 13. Slam från Gässlösa innehåller generellt mer fluorerade ämnen än övriga ARV.

Tabell 8. Nomenklatur perfluorerade ämnen.

PFBA	Perfluorobutansyra
PFPA	Perfluoropentansyra
PFHxA	Perfluorohexansyra
PFHpA	Perfluoroheptansyra
PFOA	Perfluoroktansyra
PFNA	Perfluornonansyra
PFDA	Perfluordekansyra
PFUnA	Perfluorundekansyra
PFDoA	Perfluordodekansyra
PFBS	Perfluorbutansulfonat
PFHxS	Perfluorohexansulfonat
PFOS	Perfluorooktansulfonat
PFDS	Perfluordekansulfonat
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid

**Tabell 9.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, perfluorerade ämnen (ng/L).  
Nomenklatur se Tabell 8.

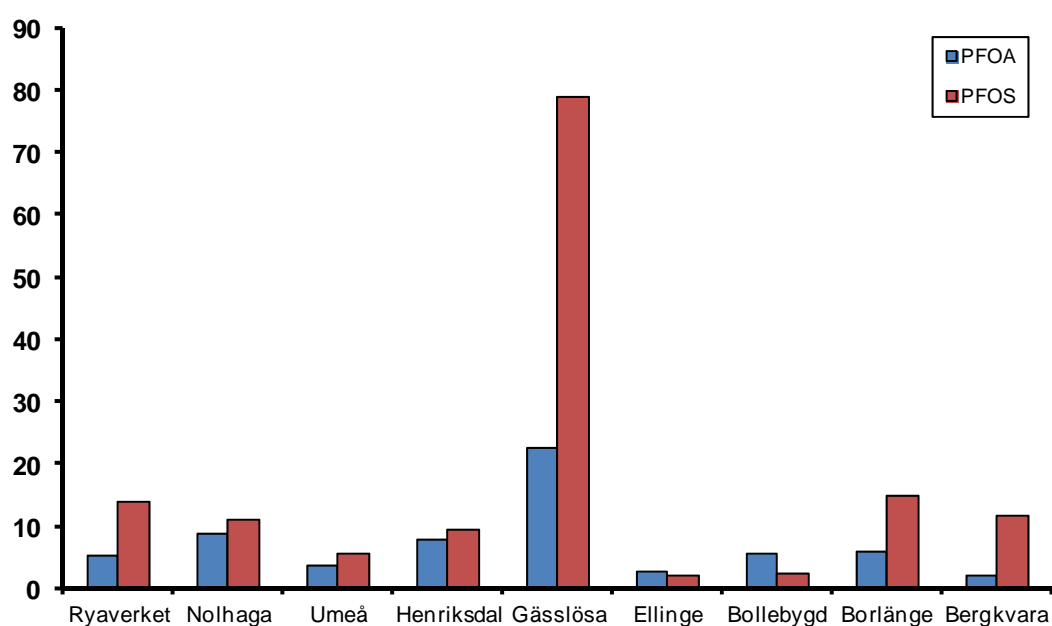
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
PFBA	5,19	4,91	<2	<2	8,82	6,48	<2	5,38	<2
PFPA	<2	<2	<2	4,56	11,8	4,22	3,56	<2	<2
PFHxA	5,41	8,78	3,61	7,75	22,4	2,72	5,67	5,82	2,22
PFHpA	2,94	3,70	1,21	2,62	12,5	1,53	1,50	1,64	1,01
PFOA	8,18	13,0	3,38	6,46	32,2	4,03	5,23	5,21	2,53
PFNA	1,55	1,87	0,808	0,878	6,78	0,778	<0,2	1,72	0,244
PFDA	0,570	4,84	1,03	1,59	7,13	0,224	0,657	0,857	0,561
PFUnA	<0,2	0,462	0,341	0,25	1,25	<0,2	<0,2	0,327	<0,2
PFDoDA	<0,2	<0,2	<0,2	0,221	0,214	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFBS	1,68	1,63	1,09	14,4	21,1	0,867	0,496	9,45	1,42
PFHxS	2,90	1,27	1,34	2,60	4,72	0,643	0,578	2,10	5,40
Lin-PFOS <sup>1</sup>	8,19	5,74	3,72	5,06	42,6	0,784	1,06	8,57	4,26
Br-PFOS <sup>1</sup>	5,75	5,43	1,92	4,47	36,2	1,19	1,38	6,43	7,26
Lin-PFDS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Br-PFDS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Lin-PFOSA	0,125	0,197	0,272	0,114	1,12	0,082	<0,05	0,146	<0,05
Br-PFOSA	0,119	0,066	0,169	0,092	0,694	0,088	<0,05	0,061	<0,05

<sup>1</sup> Lin = linjär, Br = grenad.

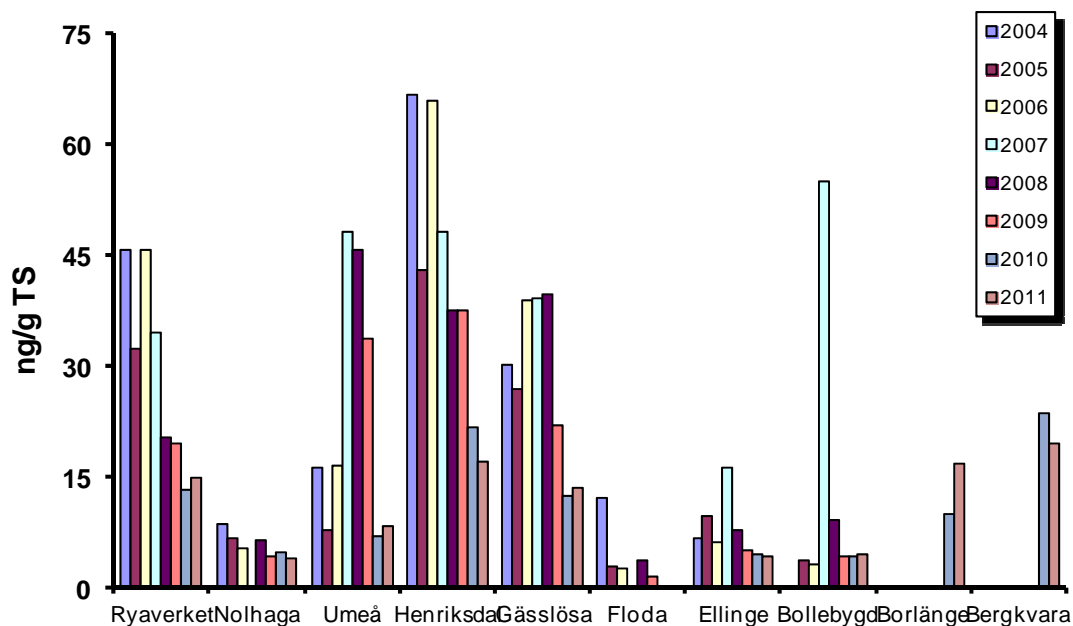
**Tabell 10.** Resultat från 2011-års prover, slam, perfluorerade ämnen (ng/g TS).  
Nomenklatur se Tabell 8.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
PFHxA	1.03	1.07	0.964	1.84	7.74	<0,3	1.08	0.862	<0,3
PFHpA	<0,2	0.69	<0,2	0.277	1.40	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFOA	2.08	10.5	1.42	3.31	17.2	0.497	2.04	1.73	0.737
PFNA	0.316	1.55	0.202	0.639	2.17	0.291	0.334	0.304	0.129
PFDA	0.850	7.40	0.862	4.14	12.1	1.06	1.90	0.858	0.705
PFUnDA	0.689	0.981	0.407	1.54	6.27	0.594	0.526	0.697	0.185
PFDoDA	0.758	1.03	0.732	2.37	1.71	0.756	0.443	0.708	0.275
PFTTrDA	0.385	0.311	0.346	0.598	2.51	0.262	0.189	0.363	n.q.
PFTeDA	0.365	0.522	0.504	1.05	0.532	0.26	0.104	0.416	n.q.
PFPeDA	0.067	0.077	0.087	0.114	0.211	0.073	<0,05	0.062	n.q.
PFBS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFHxS	0.224	<0,2	<0,2	0.253	0.235	<0,2	<0,2	0.362	0.348
lin-PFOS	13.0	3.00	7.09	14.8	11.2	3.07	3.72	14.9	16.1
br-PFOS	1.93	0.82	1.28	2.14	2.25	1.06	0.675	1.94	3.38
lin-PFDS	0.838	<0,3	1.05	2.18	0.393	0.349	<0,3	0.436	n.q.
br-PFDS	0.350	<0,2	0.478	0.959	0.206	<0,2	<0,2	0.381	n.q.
lin-FOSA	0.460	0.467	0.163	0.799	0.502	0.182	0.148	0.135	n.q.
br-FOSA	0.135	0.091	0.040	0.191	0.127	0.020	0.023	0.027	n.q.

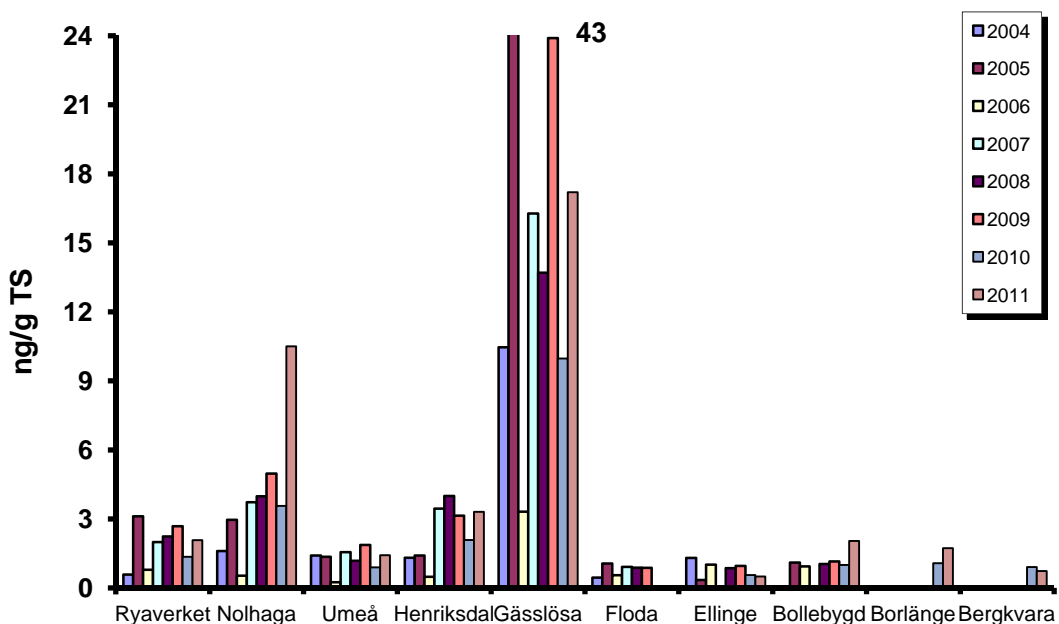
nq = ej kvantifierat (pga interferens).



**Figur 11.** PFOA- och PFOS-halter (ng/L) i utgående vatten, ARV (2011).



Figur 12. PFOS-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 13. PFOA-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.

## Fosfatestrar

Organofosfater (OP) används främst som additiv i en mängd olika produkter, bl.a i oljeprodukter och som flamskyddsmedel och mjukgörare i plaster [6]. Organofosfaternas nomenklatur se Tabell 11.

### Utgående vatten

Tris(2-butoxyetyl)fosfat (TBEP) förekom i betydligt högre halter än övriga OPs i utgående vatten år 2011, se Tabell 12.

## Slam

Tabell 13 redovisar 2011 års halter av OP i avloppsreningsverksslamm. Hältjämförelse av tris(2-kloroisopropyl)fosfat (TCPP), trifenyfosfat (TPP) och 2-Etylhexyldifenyfosfat (EHDPP) mellan åren 2004 och 2011 för respektive ARV kan ses i Figur 14-16.

**Tabell 11. Nomenklatur organofosfater.**

TBP	Tributylfosfat
TCEP	Tris(2-kloroetyl)fosfat
TCPP	Tris(2-kloroisopropyl)fosfat
TDCPP	Tris(1,3-dikloropropyl)fosfat
TBEP	Tris(2-butoxyetyl)fosfat
TPP	Trifenyfosfat
EHDPP	2-Etylhexyldifenyfosfat
TEHP	Trietylhexylfosfat
TCP	Tricresylfosfat

**Tabell 12. Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, organofosfater (ng/L).**

Nomenklatur se Tabell 11.

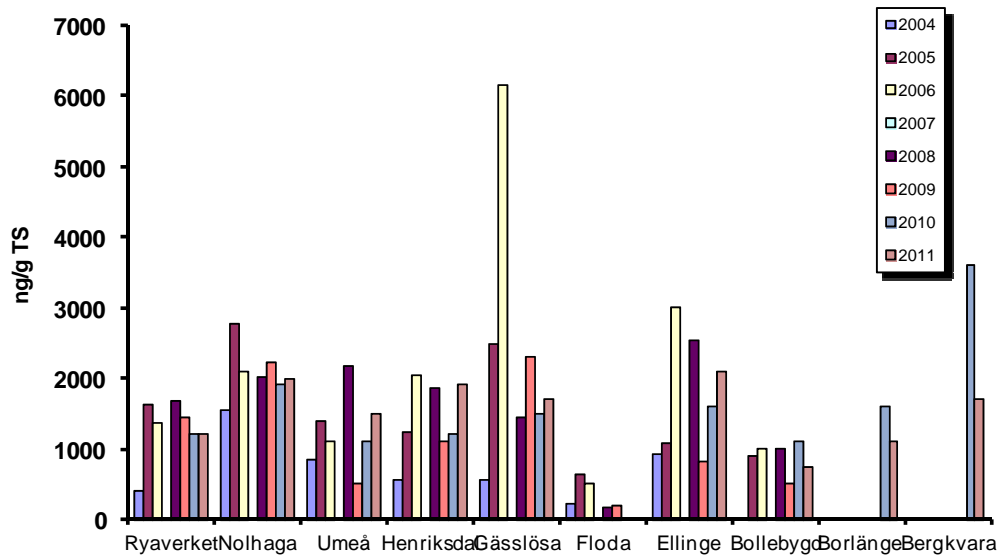
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
TBP	33	59	64	12	5.4	29	22	58	25
TCEP	57	47	470	89	63	60	1.3	120	43
TCPP	580	740	1200	620	380	480	20	690	390
TDCPP	79	190	670	47	52	78	2.0	64	63
TBEP	8700	11000	18000	9300	5700	3200	8900	7700	5800
TPP	6.1	11	2.1	5.0	5.7	8.2	2.6	8.4	5.0
EHDPP	3.9	3.2	23	1.5	1.4	2.8	1.3	1.4	1.2
TEHP	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
TCP	<0.5	2.8	<0.5	1.4	<0.5	1.3	2.2	<0.5	<0.5

**Tabell 13. Resultat från 2011-års prover, slam, organofosfater (ng/g TS).**

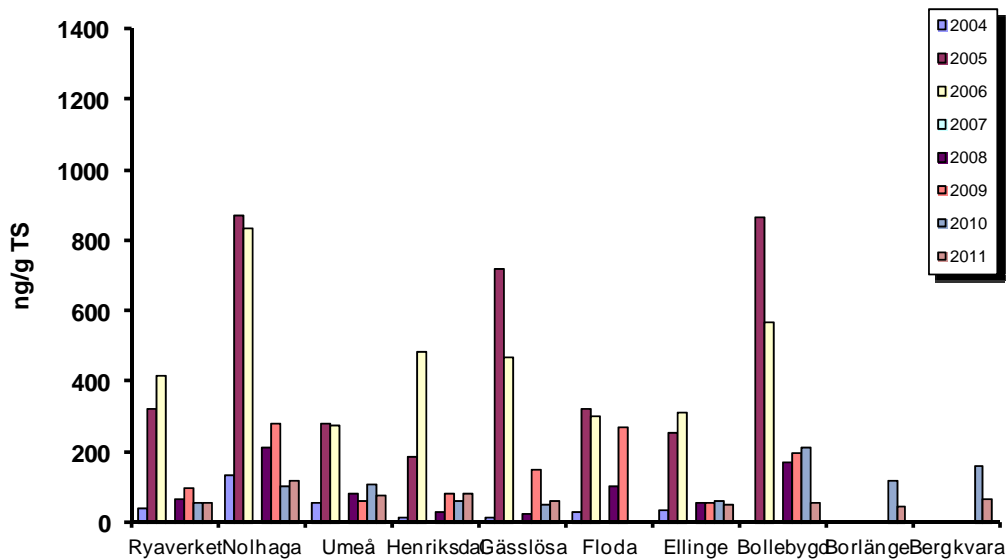
Nomenklatur se Tabell 11.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
TBP	8.3	21	9.2	290	13	11	19	12	7.3
TCEP	6.4	4	3.2	2.4	2.8	35	3.8	9.4	13
TCPP	1200	2000	1500	1900	1700	2100	740	1100	1700
TDCPP	64	470	190	130	70	150	170	89	120
TBEP	1000	800	1700	2800	600	200	1000	2100	1300
TPP	56	120	75	81	59	51	57	44	66
EHDPP	2400	1400	2900	1800	1500	750	780	1900	3200
TEHP	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.
TCP	140	190	330	160	140	120	160	210	130

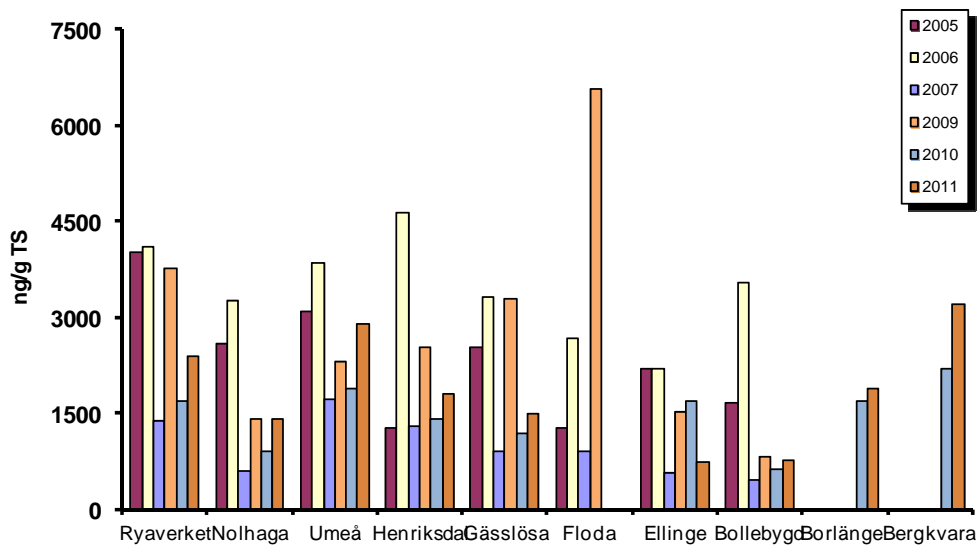
n.m., not measured.



Figur 14. Halter av TCPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 15. Halter av TPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 16. Halter av EHDPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.

## Ftalater och Butylhydroxytoluen

Ftalater är samlingsnamnet på en grupp kemiska ämnen som är baserade på ämnet ftalsyra och används bl.a. som mjukningsmedel i plast [7]. Nomenklatur för ftalaterna finns i Tabell 14.

### Utgående vatten

Ftalater har inte analyserats i utgående vatten, däremot så har butylhydroxytoluen (BHT) analyserats med halter under detektionsgränsen (5 mg/L).

### Slam

Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP), di-*iso*-nonylftalat (DINP), di-*iso*-decylftalat (DIDP) och di-*n*-butylftalat har tidigare påvisats i alla ARV, åren 2004-2007 (Figur 17-19), men år 2008 var det endast DEHP som detekterades i alla reningsverk och år 2009 även DINP (dock ej i Bollebygds ARV). År 2011 kunde DEHP och DINP påvisas i alla ARV, se Tabell 15.

Tidigare år (2004 och 2005) påvisades BHT i alla ARV, år 2006-2008 och 2010-2011 var halterna under detektionsgränsen och år 2009 kunde BHT detekteras i tre ARV (Ryaverket, Umeå och Floda).

Genomgående verkar slam från Umeå ARV innehålla mer DEHP och ofta även mer DINP. Dessa har liknande teknisk användning.

**Tabell 14.** Nomenklatur ftalater.

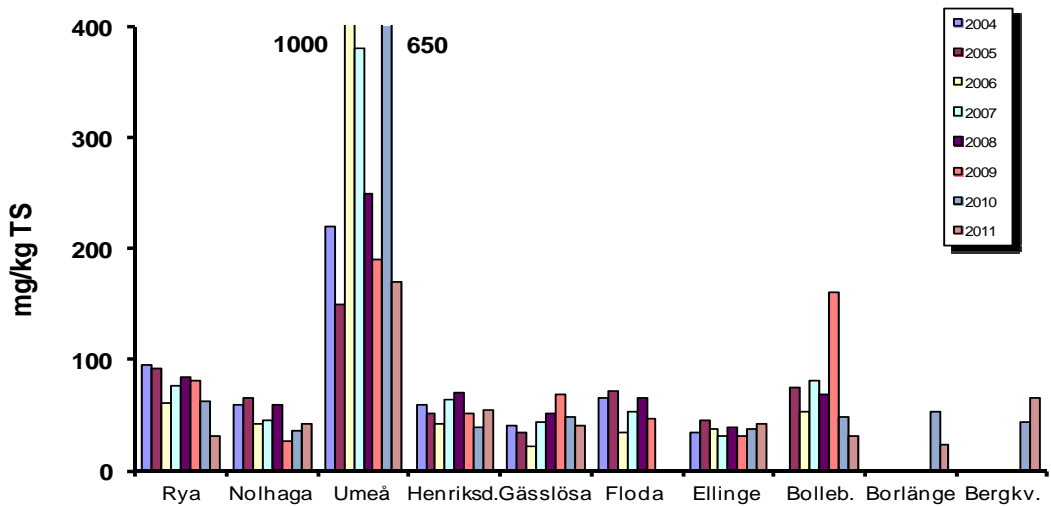
DMP	Dimetylftalat
DEP	Dietylftalat
DBP	Di- <i>n</i> -butylftalat
BBP	Butylbensylftalat
DEHP	Di-(2-etylhexyl)ftalat
DOP	Di- <i>n</i> -oktylftalat
DIDP	Di- <i>iso</i> -decylftalat
DINP	Di- <i>iso</i> -nonylftalat

**Tabell 15.** Resultat från 2011-års prover, slam, ftalater och BHT (mg/kg TS).

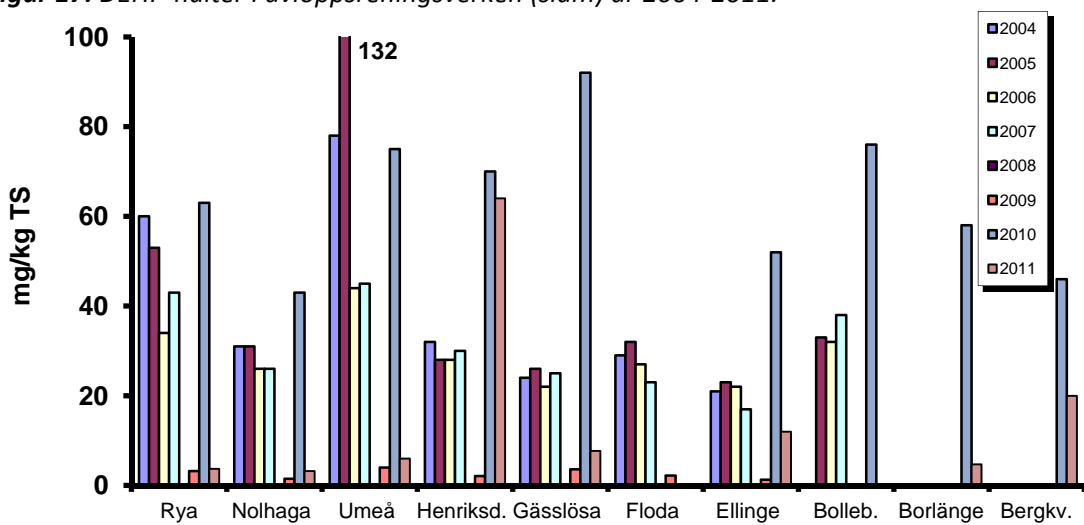
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
DMP <sup>1</sup>	< 0,037	< 0,042	< 0,033	< 0,041	< 0,044	< 0,069	< 0,074	< 0,029	< 0,057
DEP <sup>1</sup>	< 0,037	< 0,042	< 0,033	< 0,041	< 0,044	< 0,069	< 0,074	< 0,029	< 0,057
DBP <sup>1</sup>	< 0,037	< 0,042	< 0,033	< 0,041	< 0,044	< 0,069	< 0,074	< 0,029	< 0,057
BBP <sup>1</sup>	< 0,037	< 0,042	< 0,033	< 0,041	< 0,044	< 0,069	< 0,074	< 0,029	< 0,057
DEHP <sup>1</sup>	31	42	17	55	41	42	31	24	66
DOP	< 0,037	< 0,042	< 0,033	< 0,041	< 0,044	< 0,069	< 0,074	< 0,029	< 0,057
DINP <sup>1</sup>	3,7	3,2	6,0	64	7,7	12	< 0,74	4,7	20
DIDP <sup>1</sup>	< 0,37	< 0,42	< 0,33	< 0,41	4,1	< 0,69	< 0,74	< 0,29	< 0,57
BHT <sup>2</sup>	5,6	7,0	10	7,4	5,0	<5	<5	7,0	<5

<sup>1</sup>Detektionsgränsen varierar ty DEHP (Di-(2-etylhexyl)ftalat) styr detektionsgränsen (spädningsfaktorer).

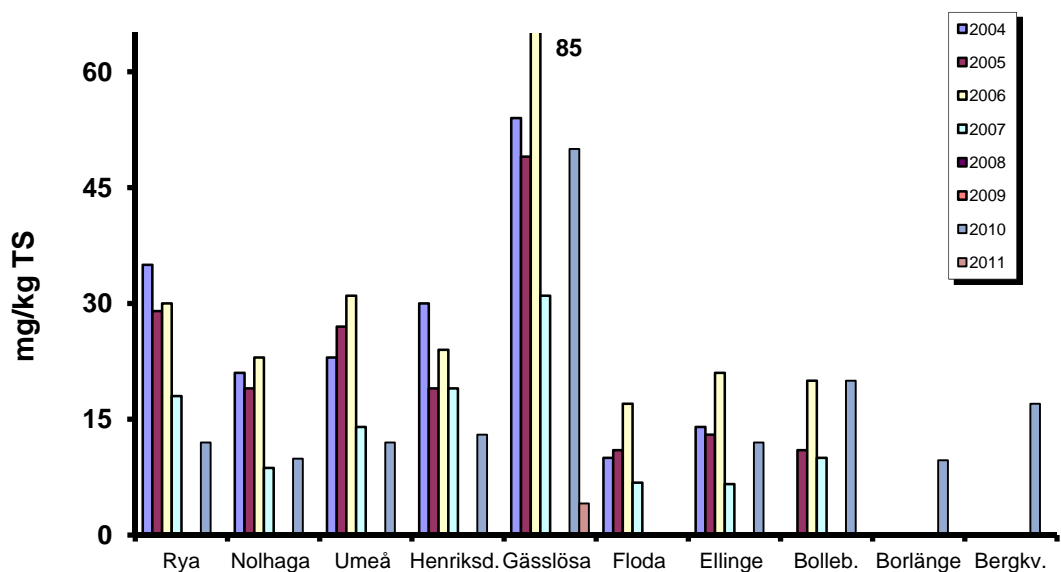
<sup>2</sup>BHT (butylhydroxytoluen) semi-kvantitativt analyserad, resultaten är uttryckt i benzylensoat-ekvivalenter.



Figur 17. DEHP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 18. DINP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 19. DIDP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



## Klorbensener

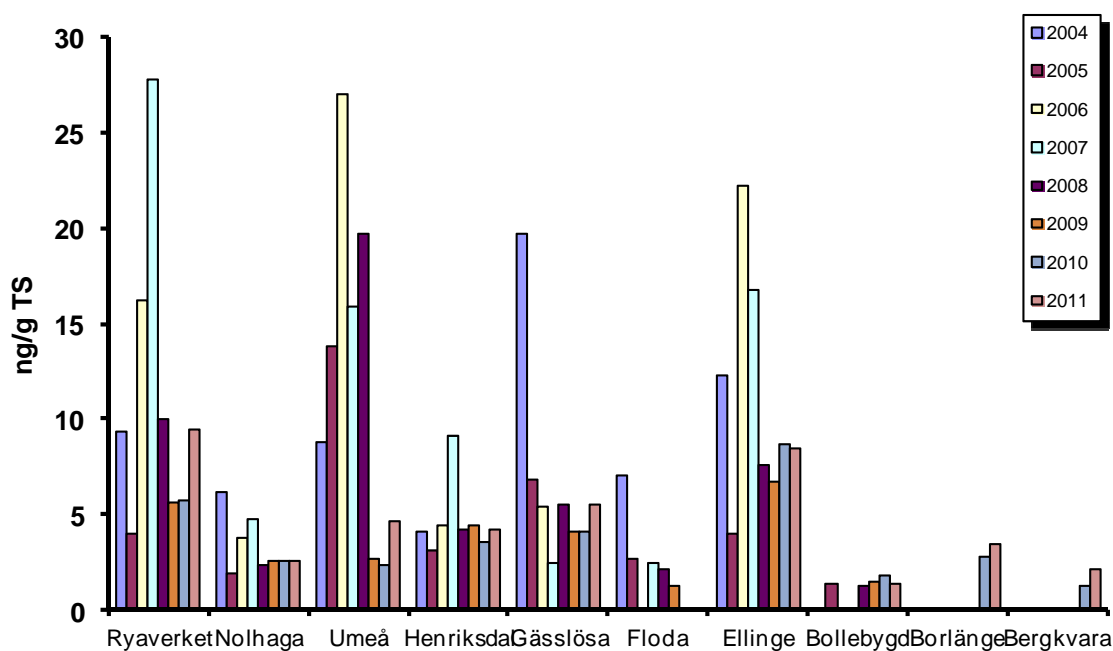
### Slam

Halter av klorbensener redovisas i Tabell 16 (2008-2011 års prover har analyserats med GC-HRMS jämfört med 2004-2007 års prover som analyserades med GC-LRMS). Halter av hexaklorbensenen skiljer sig inte nämnvärt mellan åren och generellt inte mellan ARV, dock kan man säga att Bollebygd har de lägsta uppmätta halterna genom åren 2005-2011 (Figur 20).

**Tabell 16.** Resultat från 2011-års prover, slam, klorbensener (ng/g TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
1,3-diCB	0,65	1,5	0,15	1,4	0,5	2,2	0,34	0,97	1,0
1,4-diCB	20	14	3,2	11	18	3,6	0,92	5,4	3,5
1,2-diCB	5,5	6,2	6,4	8,4	79	6,5	3,1	6,6	3,9
1,3,5-triCB	0,90	1,8	0,45	0,90	1,3	0,63	0,20	1,0	0,35
1,2,4-triCB	11	15	5,9	39	95	51	2,3	4,3	4,9
1,2,3-triCB	0,65	0,65	0,57	0,58	5,0	1,8	0,34	0,60	0,93
1235/1245- tetraCB	1,0	0,69	0,54	0,48	1,8	0,73	0,23	0,71	0,25
1,2,3,4- tetraCB	2,9	2,0	0,70	1,1	4,5	2,8	0,23	0,84	0,32
PentaCB	2,1	1,0	0,91	1,0	1,9	1,6	0,59	1,3	0,69
HexaCB	9,4	2,6	4,7	4,2	5,5	8,5	1,4	3,5	2,1

CB = Klorbensenen.



**Figur 20.** HexaCB-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.

## Klorfenoler, Nonyl- och oktylfenoler, Triclosan och Bisfenol A

### Utgående vatten

De flesta klorfenoler var under detektiongränsen (0,01 µg/L) i utgående vatten från ARV (eller strax överdetektionsgränsen), Tabell 17. Halter av nonyl- och oktylfenol, triclosan och bisfenol A i utgående vatten kan ses i Tabell 17.

### Slam

År 2007 återfanns inga klorfenoler i slammet, 2008-2010 kunde flera klorfenoler detekteras, och år 2011 detekterade främst 2,4-DiCP, se Tabell 18. Nonyl- och oktylfenol detekterades i nästan alla ARV (ej Bollebygd), Tabell 18. Halter av triclosan och bisfenol A i slammet kan ses i Tabell 18 och Figur 21 visar halter av triclosan i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.

**Tabell 17.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, klorfenoler (µg/L) och 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
2-monoCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3-monoCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4-monoCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
2,6-diCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4+2,5-diCP	0,023	<0,01	<0,01	0,024	<0,01	0,018	<0,01	<0,01	<0,01
2,3-diCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3,5-diCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3,4-diCP	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4,6-triCP	0,059	<0,01	<0,01	0,018	<0,01	0,024	0,01	0,017	<0,01
2,3,5-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4,5-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,6-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3,4,5-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,4-triCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,5,6- tetraCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,4,6- tetraCP	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,3,4,5- tetraCP	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PentaCP	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01
4-NP	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
4-t-OP	<10	<10	<10	207	17	<10	15	<10	<10
Triclosan	820	390	<100	340	380	<100	<100	<100	<100
Bisfenol A	800	200	1300	280	1300	140	830	98	570

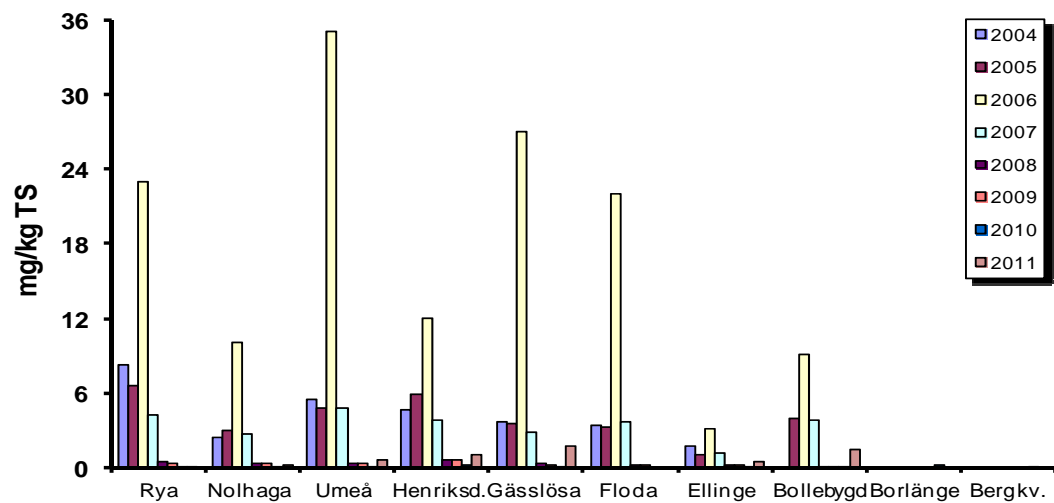
CP: Klorfenol. 4-NP: 4-nonylfenol, 4-t-OP: 4-t-oktylfenol.

**Tabell 18.** Resultat från 2010-års prover, slam, klorfenoler, 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
2-monoCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
3-monoCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
4-monoCP	<0,005	<0,005	<0,005	0,0093	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,6-diCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,017	<0,005	0,013
2,4+2,5-diCP	0,031	0,022	0,026	0,038	0,059	0,031	<0,041	0,044	0,023
2,3-diCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
3,5-diCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
3,4-diCP	<0,005	<0,005	<0,005	0,053	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,4,6-triCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,5-triCP	0,0074	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,4,5-triCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,6-triCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
3,4,5-triCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,016	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,4-triCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,5,6- tetraCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,4,6- tetraCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
2,3,4,5- tetraCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
PentaCP	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,079	<0,005	0,018	<0,005	0,012
4-NP	0,28	0,15	0,42	0,86	0,25	0,50	<0,10	0,18	<0,07
4-t-OP	13	7,1	9,9	11	6,5	15	4,2	7,8	1,7
Triclosan	0,066	0,24	0,56	1,1	1,7	0,51	1,5	1,2	1,2
Bisfenol A	0,71	0,054	0,95	0,50	1,2	0,054	0,059	1,0	<0,05

CP = Klorfenol.

4-NP: 4-nonylfenol, 4-t-OP: 4-t-oktylfenol.



Figur 21. Triclosanhalter (år 2004-2011) i avloppsreningsverks slam.

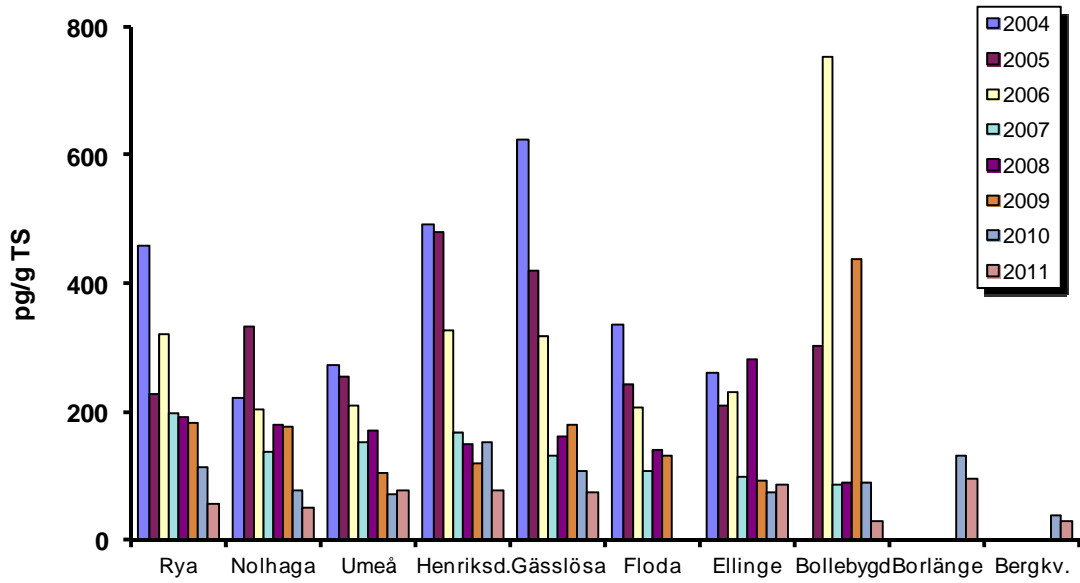
## Klorerade dibenso-*p*-dioxiner, dibensofuraner och bifenyler

### *Slam*

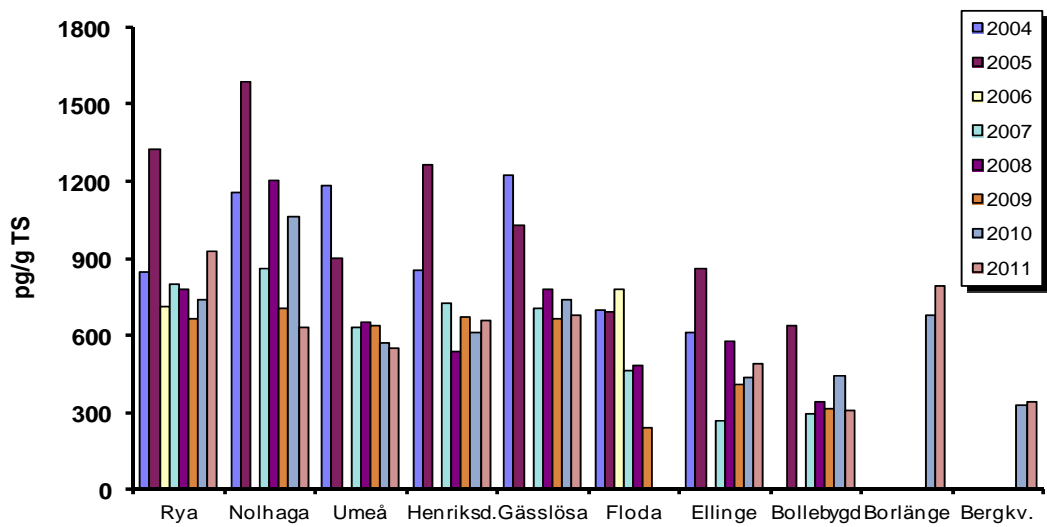
Oktaklordibenso-*p*-dioxiner och -furaner (OCDD/F) återfanns, liksom tidigare år, i de högsta halterna, Tabell 19, och haltvariationen mellan år 2004 och 2011 kan ses i Figur 22 och 23. En viss avvikande tidstrend kan skönjas för OCDD/F.

**Tabell 19.** Resultat från 2010-års prover, slam, PCDD/F (pg/g TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
2,3,7,8-TCDD	0,15	0,13	0,13	0,23	0,24	0,33	0,16	0,14	0,1
1,2,3,7,8- PeCDD	0,67	0,5	0,64	0,52	0,40	0,66	0,27	0,34	0,28
1,2,3,4,7,8- HxCDD	0,93	0,53	0,39	0,58	1,1	0,48	0,51	0,62	0,62
1,2,3,6,7,8- HxCDD	3,3	2,5	3,4	3,8	3,9	4,0	2,4	3,4	3,3
1,2,3,7,8,9- HxCDD	1,6	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	1,0	1,5	1,4
1,2,3,4,6,7,8- HpCDD	190	73	64	87	101	72	50	100	61
OCDD	930	630	550	660	680	490	310	790	340
2,3,7,8-TCDF	3,3	2,0	1,8	3,0	2,3	2,3	1,3	2,4	1,2
1,2,3,7,8- PeCDF	0,99	0,64	0,83	1,2	0,92	1,2	0,48	1,0	0,40
2,3,4,7,8- PeCDF	1,6	1,7	1,8	2,5	2,4	3,4	1,1	1,9	1,1
1,2,3,4,7,8- HxCDF	2,9	1,4	1,9	2,0	2,4	2,4	0,59	1,7	0,81
1,2,3,6,7,8- HxCDF	2,9	1,2	1,3	2,0	1,8	2,6	0,48	1,7	0,56
2,3,4,6,7,8- HxCDF	3,1	1,7	1,5	1,9	3,1	2,2	0,7	1,7	0,75
1,2,3,7,8,9- HxCDF	0,84	0,50	0,52	0,65	0,78	0,82	0,49	0,55	0,39
1,2,3,4,6,7,8- HpCDF	29	19	39	30	29	29	10	29	11
1,2,3,4,7,8,9- HpCDF	2,0	0,9	1,2	1,0	1,9	1,6	0,76	1,6	0,64
OCDF	55	51	76	78	74	87	28	96	28



**Figur 22.** Halter av OCDF (år 2004-2011) i slam från avloppsreningsverken.

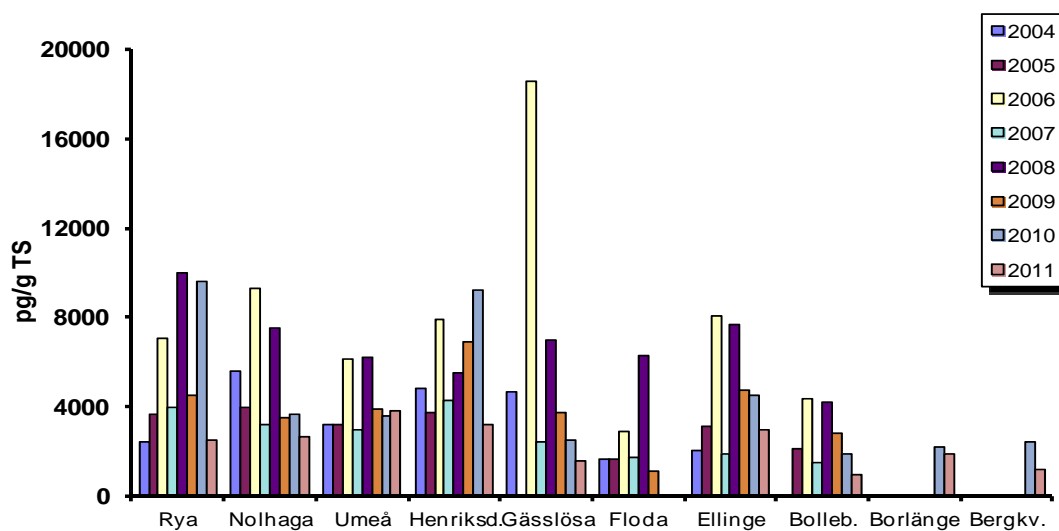


**Figur 23.** Halter av OCDD (år 2004-2011) i slam från avloppsreningsverken. OCDD ej kvantifierbar i slam från Nolhaga, Umeå, Henriksdal, Gässlösa, Ellinge och Bollebygd år 2006.

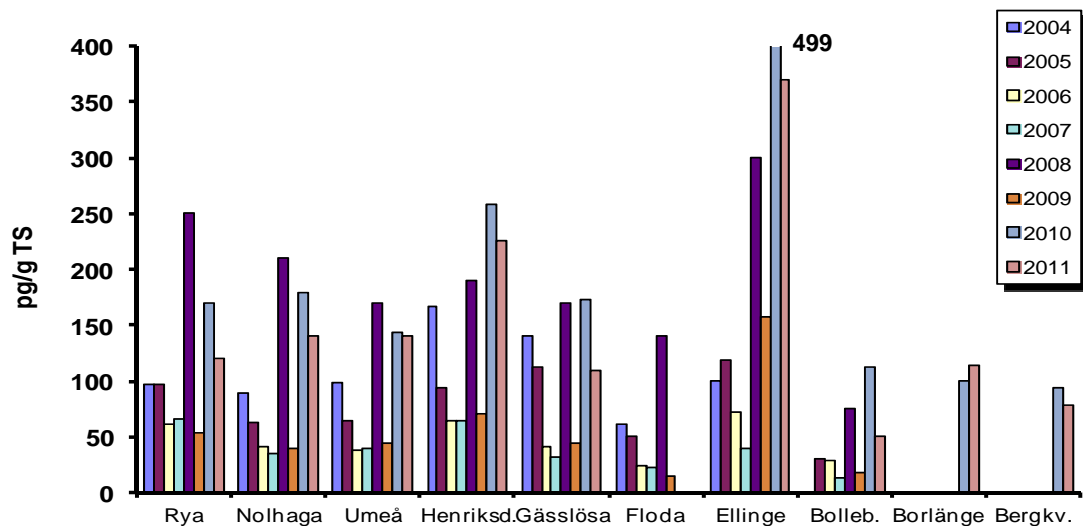
Slamhalter av WHO-PCB kan ses i Tabell 20. Figur 24-27 visar haltvariationen mellan åren 2004-2011 för PCB #118, 77, 126 och 169.

**Tabell 20.** Resultat från 2011-års prover, slam, PCB (pg/g TS).

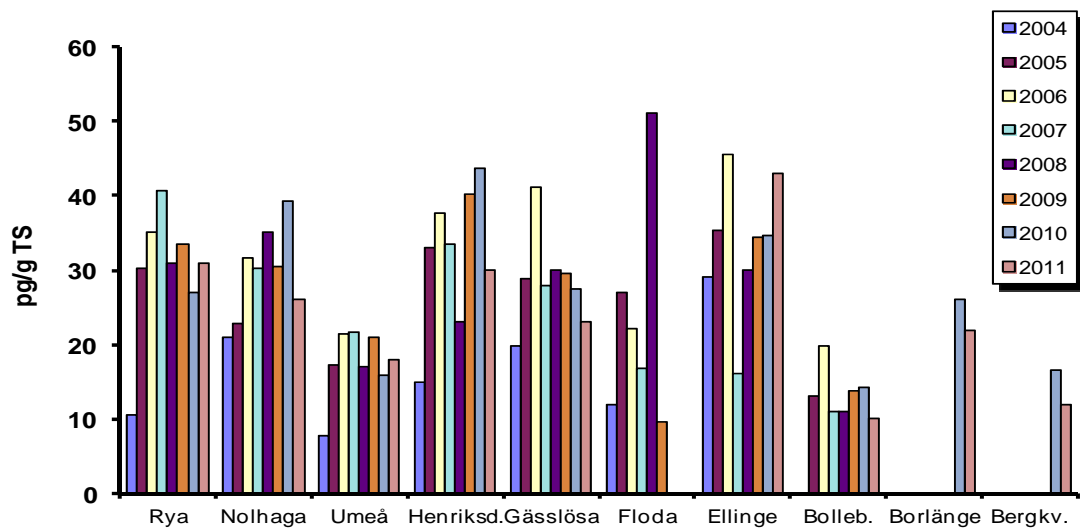
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
# 105	840	800	1400	1040	640	800	340	600	400
# 114	52	68	88	76	56	56	30	34	30
# 118	2500	2700	3800	3200	1600	3000	1000	1900	1200
# 123	48	40	76	60	36	44	18	32	20
# 156	1200	1000	1000	1000	960	1000	380	720	440
# 157	140	150	220	140	130	140	56	120	68
# 167	440	440	400	480	390	480	150	320	180
# 189	160	170	100	180	170	148	38	100	60
# 77	120	140	140	226	110	370	51	114	78
# 81	5.3	5.1	6.2	9.9	4.1	7.7	2.2	5	3.4
# 126	31	26	18	30	23	43	10	22	12
# 169	3.7	3.3	2.2	3.9	3.3	7.7	1.3	3	1.7



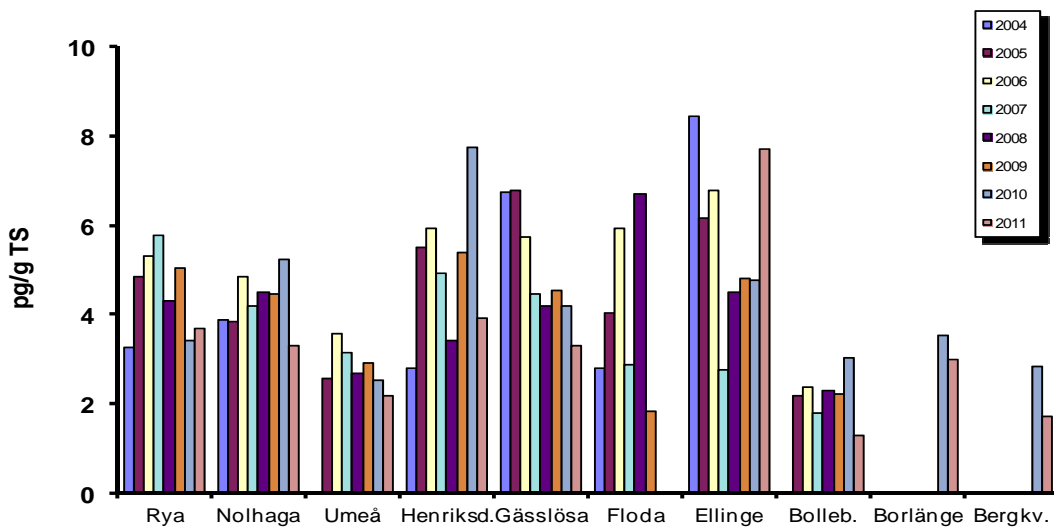
**Figur 24.** Halter av PCB #118 (år 2004-2011) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 25. Halter av PCB #77 (år 2004-2011) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 26. Halter av PCB #126 (år 2004-2011) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 27. Halter av PCB #169 (år 2004-2011) i slam från avloppsreningsverken.



## Metaller

### *Utgående vatten*

Metallerna Ca, Fe, K, Mg, och Na återfanns i betydligt högre halter ( $\times 10^3$ ) än övriga metaller i utgående vatten, Tabell 21. As, Hg och Pb var under respektive detektionsgräns, As, 1  $\mu\text{g/L}$ ; Hg, 0,02  $\mu\text{g/L}$ ; Pb, 0,6  $\mu\text{g/L}$  (undantag Pb i Nolhaga ARV, som detekterades strax över detektionsgränsen).

### *Slam*

Resultaten från grundämnesanalysen (metaller) kan ses i Tabell 22. Cu och Zn påvisades i högsta halter medan Cd och Hg förekom i lägsta halter i alla ARV, vilket även konstaterades tidigare år. Vid spridning av avloppsslam på åkermark får marken inte innehålla höga metallmängder och metallhalten i slammet måste vara lägre än de gränsvärden som framgår av Tabell 23 [8]. Detta år var metallhalterna i slammet under respektive gränsvärde.

**Tabell 21.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, metaller.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Ca (mg/L)	27,9	27,2	26,8	38,6	32,1	56	19,5	54,3	59,5
Fe (mg/L)	0,141	0,078	0,671	0,301	0,065	1,54	0,064	0,324	0,075
K (mg/L)	14,8	10,4	25,7	17,1	12,2	38,5	13,6	18,5	13,3
Mg (mg/L)	7,31	5,02	4,67	7,28	3,79	5,48	4,42	6,52	8,36
Na (mg/L)	92,7	34,5	57	63,3	40,1	52	41,6	43	53,6
Al ( $\mu\text{g/L}$ )	63,3	796	37,3	13,8	367	59,1	796	22,1	1070
As ( $\mu\text{g/L}$ )	0,903	<0,5	<0,5	<0,5	0,668	<0,5	0,548	<0,5	<0,5
Ba ( $\mu\text{g/L}$ )	5,86	14,8	5,0	3,2	20,3	10,8	10,9	12,8	30
Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co ( $\mu\text{g/L}$ )	0,606	0,244	4,54	2,09	0,279	0,597	<0,2	0,585	0,959
Cr ( $\mu\text{g/L}$ )	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	10,9	6,06	7,17	4,44	4,44	5,68	3,06	7,39	4,43
Hg ( $\mu\text{g/L}$ )	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	27,5	60,9	165	60,7	43,8	52	66,8	91,9	191
Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	3,75	1,99	12,2	5,34	1,39	1,98	1,18	2,21	4,58
Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,871	<0,5	<0,5	<0,5
Zn ( $\mu\text{g/L}$ )	12,3	21,5	14,2	32,9	16,9	27,9	11,6	22,8	5,71

**Tabell 22.** Resultat från 2011-års prover, slam, metaller (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
As	4,45	3,25	4,13	3,77	3,02	4,75	1,72	2,13	2,15
Cd	0,944	0,635	1,04	0,77	0,686	0,866	0,326	0,914	0,506
Co	7,27	3,87	8,98	6,9	2,67	5,09	2,27	2,98	2,68
Cr	25,3	28,1	21,3	21,8	25,7	43,3	16,1	16	29,1
Cu	399	259	119	345	274	271	88,5	358	224
Hg	0,771	0,503	0,493	0,707	0,686	0,303	0,181	0,413	0,378
Ni	21,4	16,3	27,5	24,8	13,3	23,6	11,4	10,9	10,2
Pb	36,8	17,7	14,8	21,4	18,5	18	5,43	23,7	7,78
V	29,8	20,9	14,4	18,8	9,73	31,9	9,12	41,4	9,24
Zn	649	447	525	517	572	398	246	596	355

**Tabell 23.** Gränsvärden för metaller i slam [8].

	Maximal metallhalt i slam, mg/kg TS
Cd	2
Cr	100
Cu	600
Hg	2,5
Ni	50
Pb	100
Zn	800

## Organotennföreningar

### *Utgående vatten*

Monobutyltenn (alla ARV) var den enda organotennföreningen (OT) som var detekterbar i utgående vatten år 2011, Tabell 24. Övriga OTs var under detektionsgränsen, 1 ng/L.

### *Slam*

Mono- och dibutyltenn påvisades i högre halter än tributyltenn och monooktyltenn i alla ARV, år 2011, se Tabell 25. De tre fenyltennföreningarna, tetrabutyltenn och tricyklohexyltenn förekom i halter under detektionsgränsen. Haltvariationer mellan åren 2004 och 2011 av de tre butyltennföreningarna kan ses i Figur 28-30.

**Tabell 24.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, organotennföreningar (ng/L).

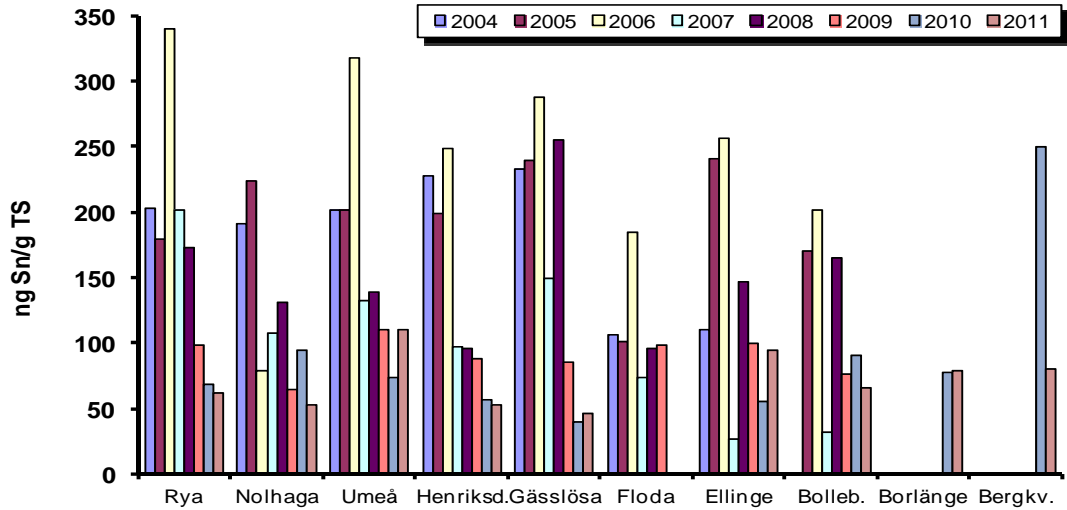
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
MonoBT	4,3	1,9	2,8	1,9	2,6	<1,0	<1,0	1,8	6,0
DiBT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
TriBT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
TetraBT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
MonoOT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
DiOT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
TricykloHT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
MonoPhT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
DiPhT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
TriPhT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

BT = Butyltenn, OT = oktyltenn, HT = Hexyltenn, PhT = Fenyltenn.

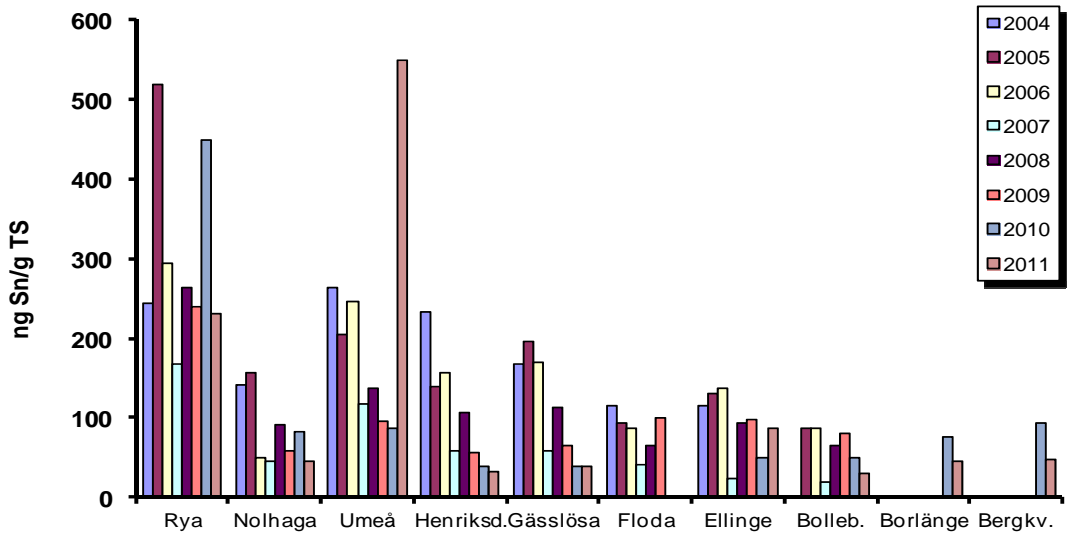
**Tabell 25.** Resultat från 2011-års prover, slam, organotennföreningar ( $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ ).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
MonoBT	62	53	110	53	46	95	66	79	80
DiBT	230	46	550	32	38	87	30	46	48
TriBT	16	4,0	9,2	3,9	2,6	2,8	5,6	2,2	1,6
TetraBT	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<4,0	<4,0	<4,0	<3,0	<4,0
MonoOT	7,4	7,3	8,5	9,4	5,9	16	18	11	16
DiOT	4,9	4,7	6,0	<4,0	<5,0	<5,0	5,6	<5,0	<5,0
TricykloHT	<4,0	<3,0	<5,0	<4,0	<5,0	<5,0	<4,0	<4,0	<4,0
MonoPhT	<4,0	<10	<4,0	<10	<4,0	<5,0	<4,0	<4,0	<4,0
DiPhT	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<5,0	<4,0	<4,0	<4,0
TriPhT	<4,0	<4,0	<5,0	<4,0	<4,0	<5,0	<4,0	<4,0	<4,0

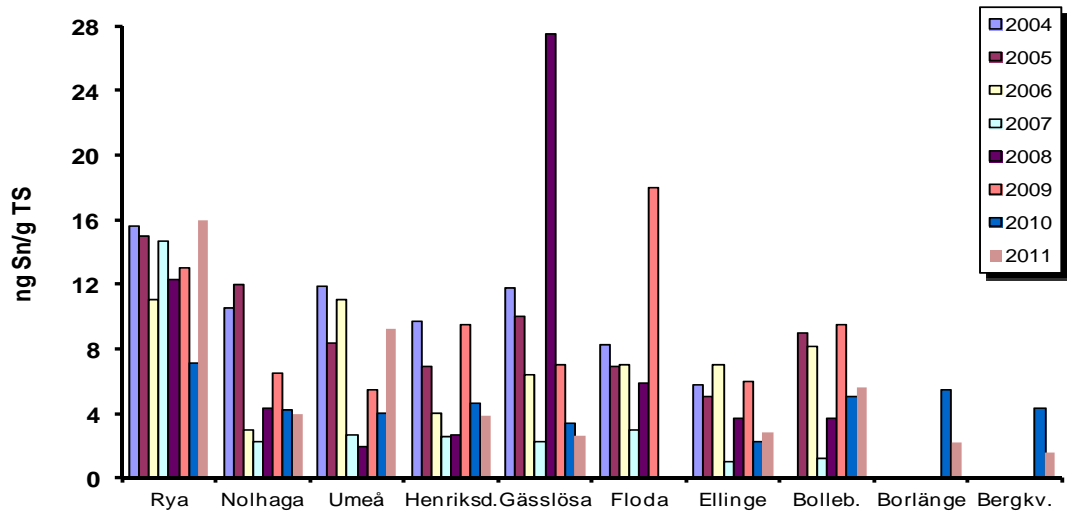
BT = Butyltenn, OT = oktyltenn, HT = Hexyltenn, PhT = Fenyltenn.



Figur 28. Monobutyltennhalter (MBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 29. Dibutyltennhalter (DBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.



Figur 30. Tributyltennhalter (TBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2011.

## Siloxaner

### *Slam*

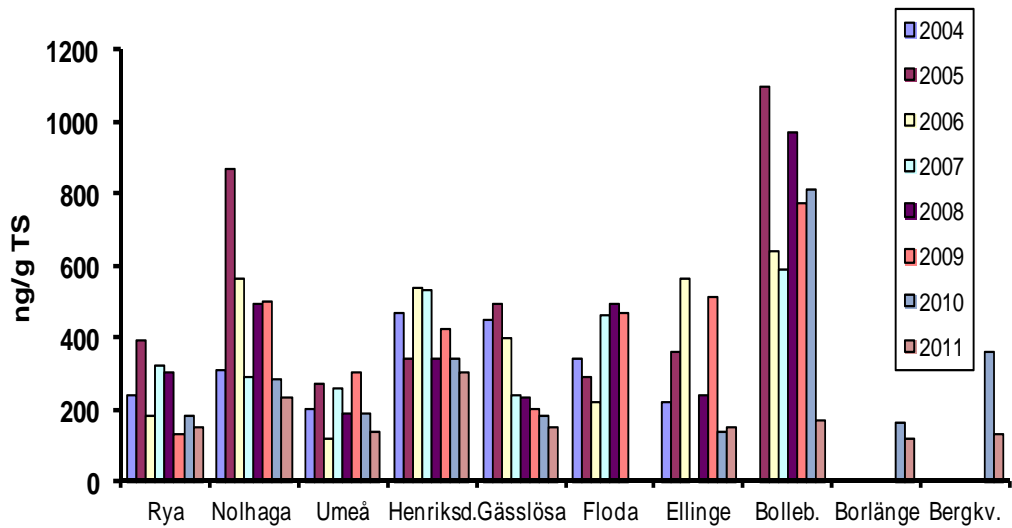
Tabell 26 sammanfattar nomenklaturen för siloxaner och Tabell 27 redovisar halter av siloxaner i avloppsreningsverksslam år 2011. Halterna av cykliska siloxaner (främst D5) var betydligt högre än halterna av linjära siloxaner. Siloxanhalter i avloppsslam, åren 2004-2011, redovisas i Figur 31-33. Det finns en avtagande tidstrend i halterna av cykliska siloxaner.

**Tabell 26.** Nomenklatur siloxaner.

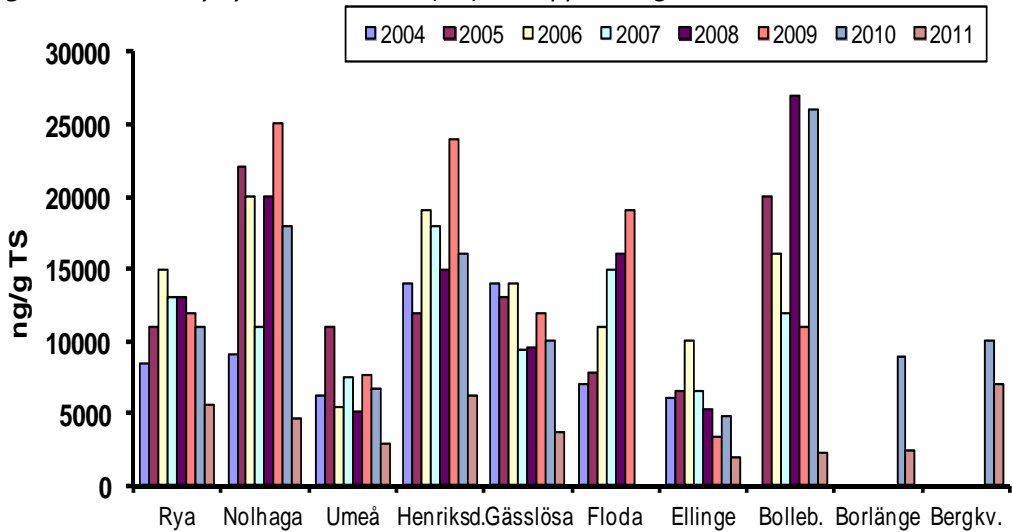
D4	Oktametylcyclohexasiloxan
D5	Dekametylcyklopentasiloxan
D6	Dodekametylcyklohexasiloxan
MM	Hexametyldisiloxan
MDM	Oktametyltrisiloxan
MD2M	Dekametyltetrasiloxan
MD3M	Dodekametylpentasiloxan

**Tabell 27.** Resultat från 2011-års prover, slam, siloxaner (ng/g TS).

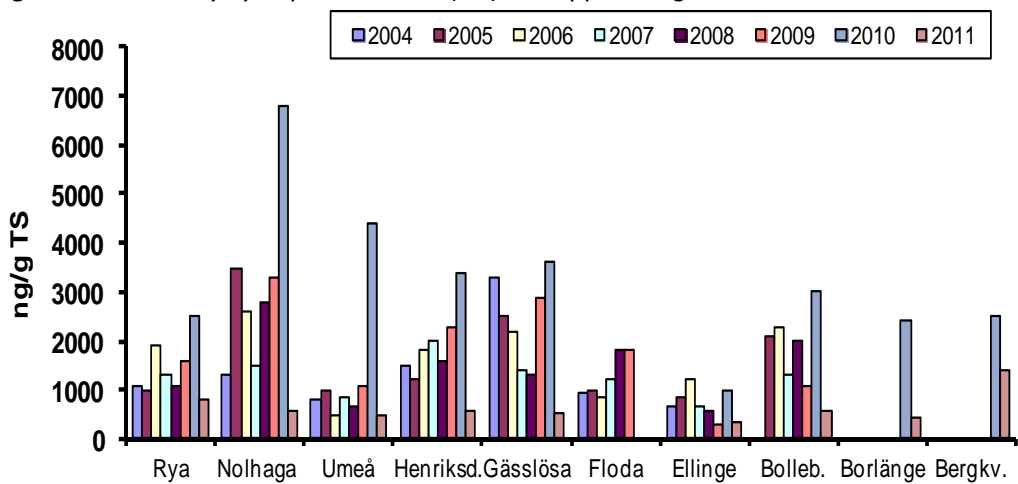
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
D4	150	230	140	300	150	150	170	120	130
D5	5600	4600	3000	6200	3700	1900	2300	2500	7000
D6	800	580	480	580	530	330	550	430	1400
MM	<0,1	0,5	0,8	0,1	0,9	<0,1	1,1	0,7	2,3
MDM	15	38	6,6	21	19	4,3	40	7,6	24
MD2M	45	55	22	43	37	11	43	14	37
MD3M	120	100	38	100	68	51	260	74	110
Summa D4-D6	6550	5410	3620	7080	4380	2380	3020	3050	8530
Summa MM-MD3M	180	193	60	164	124	62	343	88	171



Figur 31. Oktametylcyclotetrasiloxan (D4) i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.



Figur 32. Dekametylcyklopentasiloxan (D5) i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.



Figur 33. Dodekametylcyklohexasiloxan (D6) i avloppsreningsverksslam år 2004-2011.

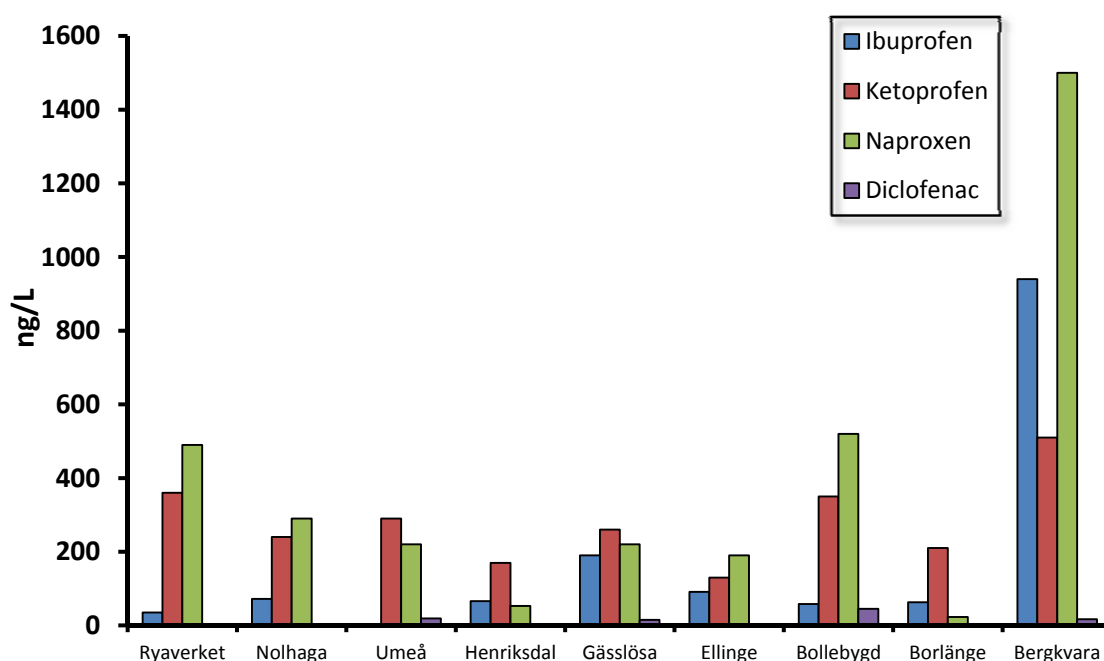
## NSAID's

### Utgående vatten

Tabell 28 och Figur 34 redovisar halter av NSAID's (ibuprofen, ketoprofen, naproxen och diclofenac). Halterna av Diclofenac är oväntat låga. Det kan inte uteslutas att detta ämne hinner brytas ned mikrobiellt under den tiden mellan provtagning och analys.

**Tabell 28.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, NSAID's (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Ibuprofen	35	72	<10	66	190	91	58	63	940
Ketoprofen	360	240	290	170	260	130	350	210	510
Naproxen	490	290	220	53	220	190	520	23	1500
Diclofenac	<10	<10	19	<10	15	<10	45	<10	17



**Figur 34.** NSAID's i utgående vatten från ARV, år 2011.

## Myaskämnen

### Utgående vatten

Tabell 29 redovisar halter av myaskämnen, nitro (musk ketone och musk xylene) och polycykliska (galaxolide, HHCB, och tonalide, AHTN) i utgående vatten 2011. Halterna av polycykliska musk var generellt mycket högre än halterna av nitromusk. Nitromuskämnen har på senare tid blivit ersatta av de polycykliska, vilket förmodligen avspeglas i dessa resultat.

### Slam

Tabell 30 och Figur 35 redovisar halter av myaskämnen i avloppsreningsverksslam 2011, med samma mönster som i utgående vatten (år 2011).

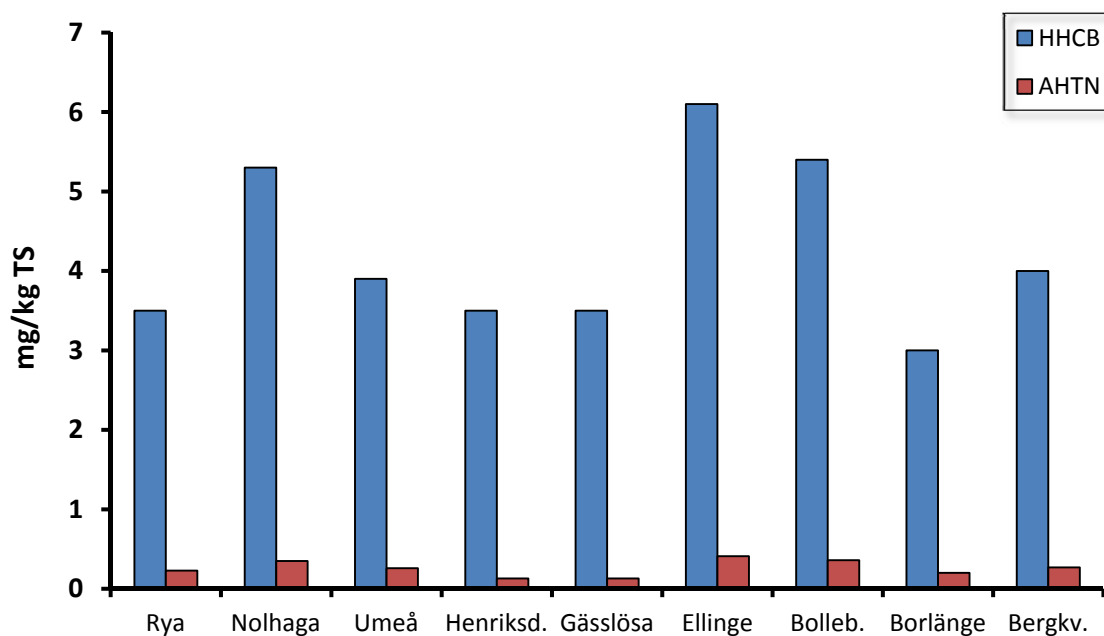
**Tabell 29.** Resultat från 2011-års prover, utgående vatten, myskämnen (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Musk Ketone	4.4	3.9	3.5	6.0	3.4	2.5	3.6	6.0	1.4
Musk Xylene	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Galoxolide (HHCB)	170	66	170	180	150	57	120	180	170
Tonalide (AHTN)	80	44	80	86	71	36	65	83	86

**Tabell 30.** Resultat från 2011-års prover, slam, myskämnen (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Musk Ketone	<DL	0,002	<DL	<DL	<DL	<DL	0,010	<DL	0,011
Musk Xylene	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,002
Galoxolide (HHCB)	3,5	5,3	3,9	3,5	3,5	6,1	5,4	3,0	4,0
Tonalide (AHTN)	0,23	0,35	0,26	0,23	0,23	0,41	0,36	0,20	0,27

DL = 0,001.



**Figur 35.** Galoxolide (HHCB) och tonalide (AHTN) i slam från ARV, år 2011.



## Östrogena och androgena effekter

### **Utgående vatten**

Östrogena effekter kunde uppmätas och kvantifieras i utgående vatten från Ryaverket, Henriksdal, Gässlösa, Bollebygd och Bergkvara (Tabell 31). Nivåerna varierade mellan 0,27 och 6,6 ng östradiolekvivalenter per liter.

**Tabell 31.** Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, biotester.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Östrogen effekt (ng E2/L)	2.3	0.14	0.27	0.73	1.0	<0.1	0.55	<0.1	6.6
Androgen effekt (ng DHT/L)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

E2 = östradiolenheter, DHT = dihydrotestosteronenheter.

## Referenser

1. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2004-2006 års provtagningar*, 2007.
2. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2007 års provtagning*, 2008.
3. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2008 års provtagning (inklusive en sammanställning av åren 2004-2008)*, 2010.
4. Naturvårdsverket, Sverige, *Miljöövervakning av slam, Redovisning av resultat från 2009 års provtagning (inklusive en sammanställning av åren 2004-2009)*, 2011.
5. Miljörapporter år 2009.
6. Naturvårdsverket, Sverige, *Organofosfater i svensk miljö*, 2005.
7. Kemikalieinspektionen, Sverige, 2006.
8. Jordbruksverket, Sverige, 2005.