



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

**Resultat från år 2010  
och en sammanfattning av slamresultaten för åren 2004-2010**

Beställare: Naturvårdsverket

Kontrakt: 219 1013

Programområde: Miljögiftssamordning

Delprogram: Miljögifter i urban miljö

Utförare: Peter Haglund och Ulrika Olofsson; 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.....	30
Slam.....	30
METALLER.....	34
Utgående vatten.....	34
Slam.....	34
ORGANOTENNFÖRENINGAR.....	35
Utgående vatten.....	35
Slam.....	35
SILOXANER.....	38
Slam.....	38
NSAID´S.....	41
Utgående vatten.....	41
MYSKÄMNEN.....	41
Utgående vatten.....	41
Slam.....	41
ÖSTROGENA OCH ANDROGENA EFFEKTER.....	43
Utgående vatten.....	43
<b>REFERENSER</b> .....	<b>44</b>

## Sammanfattning

Förekomsten av organiska substanser i utgående vatten (fr.o.m. 2010) 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: myskämnerna, NSAID's, bisfenol A och nonyl- och oktylfenoler.

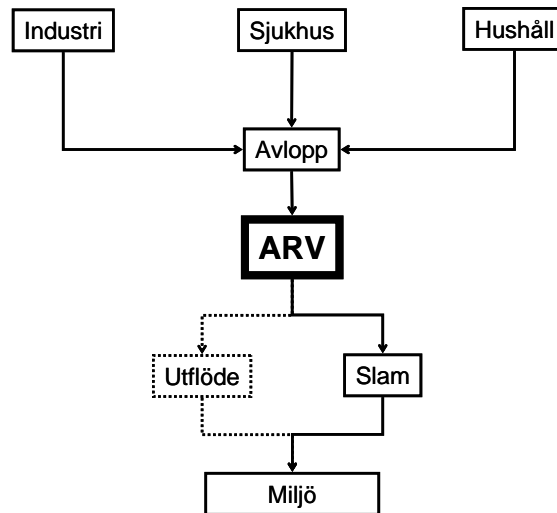
Graferna i denna rapport redovisar slamhalterna för perioden 2004-2010 och utgående vattenhalter för år 2010. Bollebygd reningsverk ingick inte i den nationella miljöövervakningen under 2004 och Floda reningsverk har fr.o.m. 2010 ersatts av Borlänge reningsverk och Bergkvara reningsverk.

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.

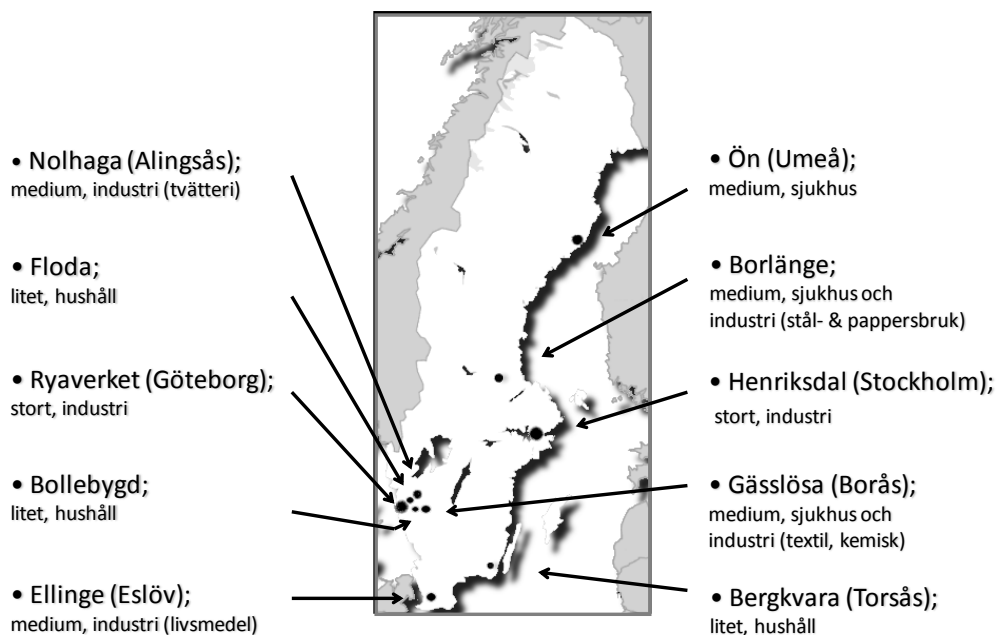


**Figur 1.** Förenklat flödesschema för kemikalier från samhället till miljön.  
ARV = Avloppsreningsverk.

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 2004-2009 [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 2010. 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 tvätterier och livsmedelsindustri anslutet. Certifierat enligt REVAQ (<http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/Certifiering/>), försöker förbättra slamkvaliteten 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, tvätterier och livsmedelsindustri anslutet. Certifierat enligt REVAQ, försöker förbättra slamkvaliteten 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, myskämnena, 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) uppmätta 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-Triklorbensenen	X				
	Pentaklorbensenen	X				
	Hexaklorbensenen	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 dietylftalat					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				
	Kvicksilver 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 detekterbar i två ARV (Ryaverket och Bergkvara).

### Slam

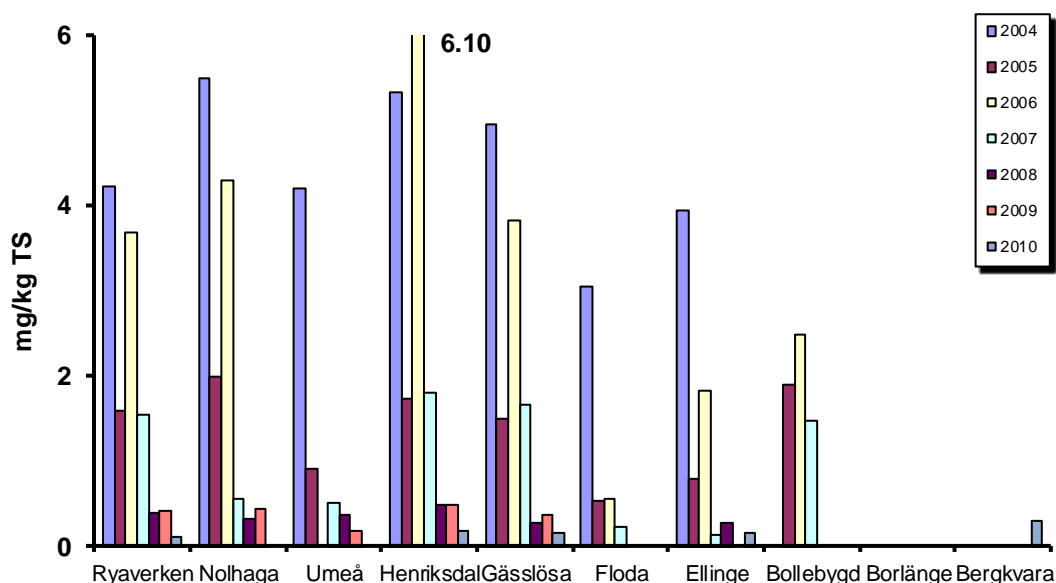
FQs norfloxacin och ciprofloxacin har tidigare (år 2004-2007) påvisats i alla ARV, men 2010 var endast ciprofloxacin detekterbar i alla reningsverken (vilket även gäller för år 2008 och 2009), se Tabell 5. Halter av norfloxacin och ciprofloxacin i avloppsreningsverksslam för år 2004-2010 redovisas i Figur 3 och 4.

**Tabell 4.** Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, fluorokinoloner (ng/L).

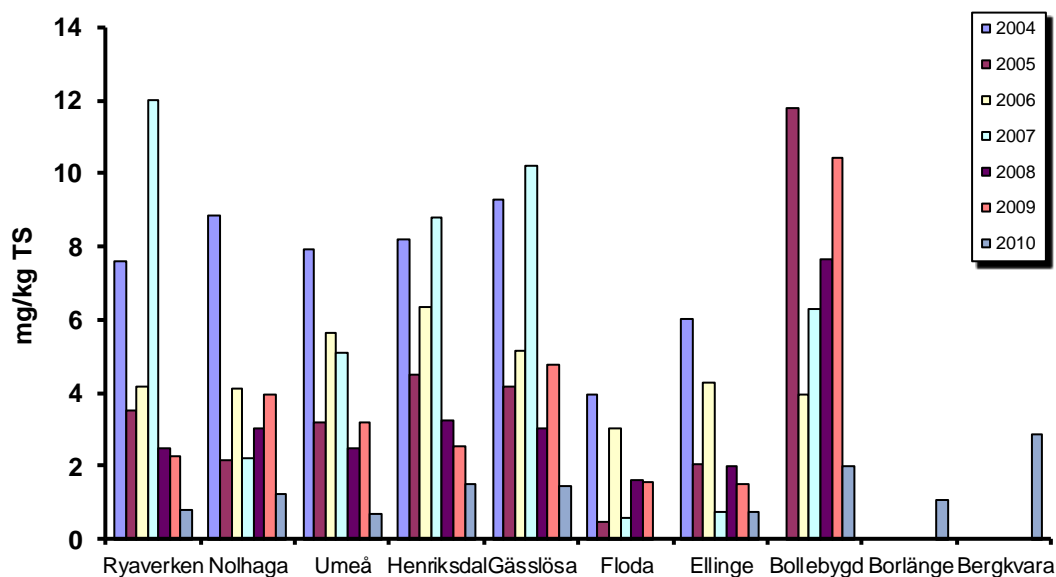
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Norfloxacin	<10	< 10	<10	<10	< 10	<10	<10	< 10	<10
Ofloxacin	<10	< 10	<10	<10	< 10	<10	<10	< 10	<10
Ciprofloxacin	18	< 10	<10	<10	< 10	<10	<10	< 10	11

**Tabell 5.** Resultat från 2010-års prover, slam, fluorokinoloner (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Norfloxacin	0,10	< 0,1	<0,1	0,17	0,14	0,15	<0,1	<0,1	0,28
Ofloxacin	<0,1	0,25	0,15	0,23	0,16	0,12	<0,1	<0,1	0,20
Ciprofloxacin	0,80	1,22	0,68	1,49	1,42	0,72	2,00	1,06	2,84



**Figur 3.** Halter av Norfloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 4. Halter av Ciprofloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

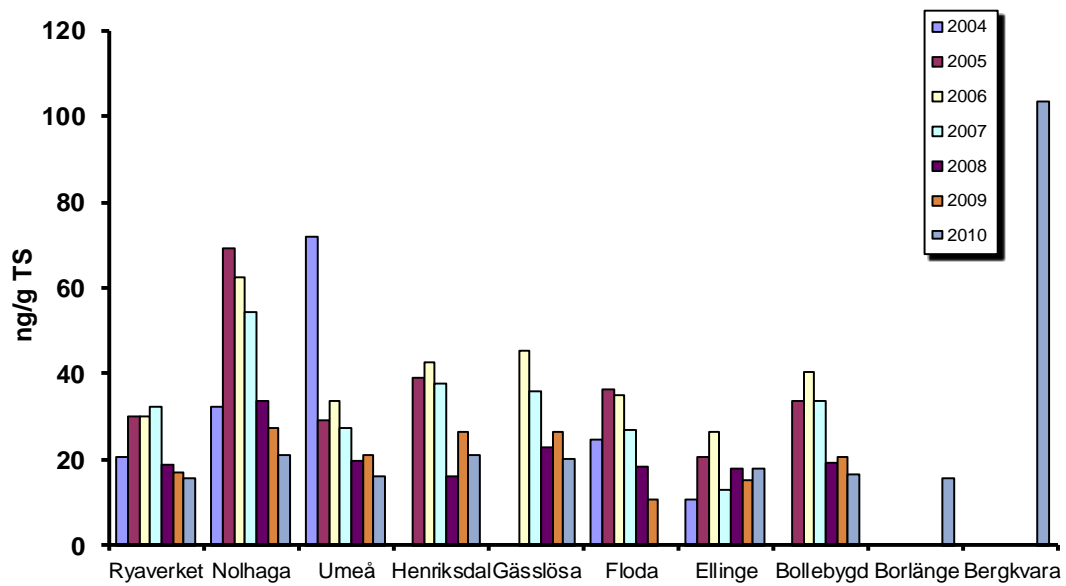
## Bromerade difenyletrar (PBDE)

### Slam

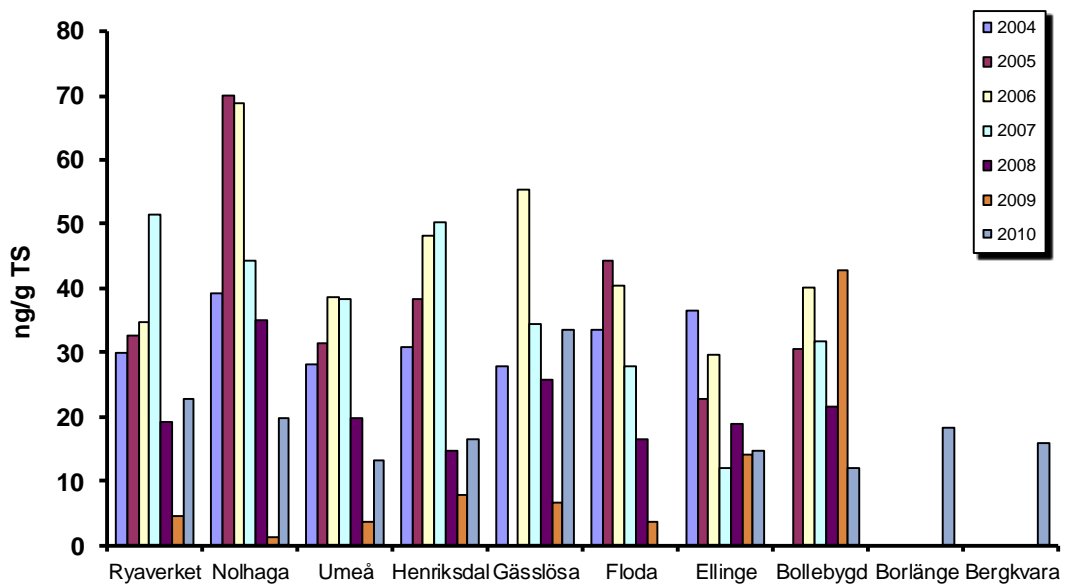
DecaBDE (#209) förekom, liksom tidigare år, i de högsta halterna i slam (uttryckt som ng per gram torrs substans, TS) från alla ARV, se Tabell 6. Halter av tetraBDE (#47), pentaBDE (#99) och decaBDE i avloppsreningsverks slam under åren 2004-2010 redovisas i Figur 5-7.

Tabell 6. Resultat från 2010-års prover, slam, PBDE (ng/g TS).

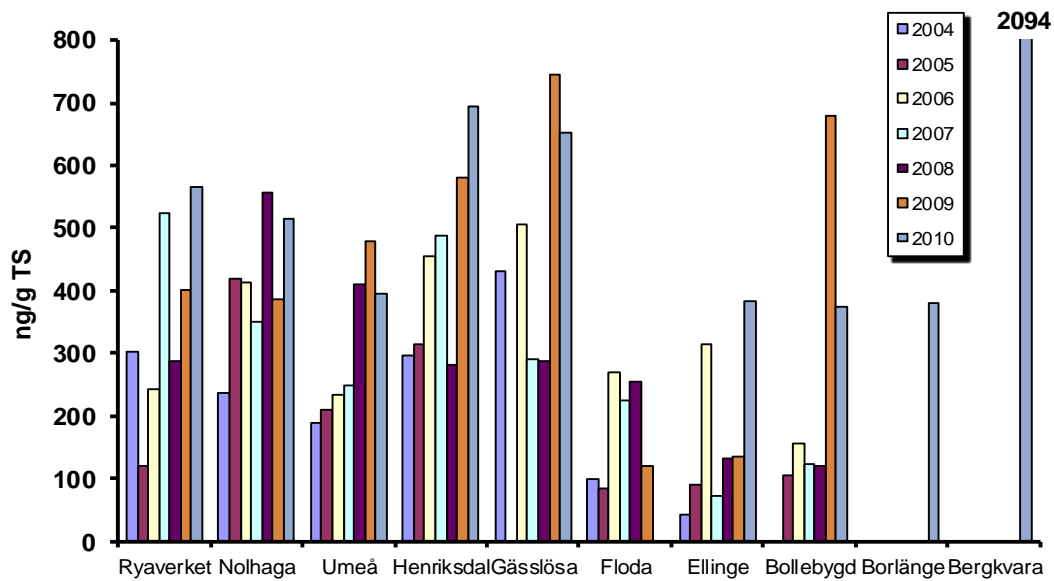
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
# 28	0,33	0,35	0,45	0,42	0,42	0,37	0,33	0,33	0,30
# 47	15	21	16	21	20	18	17	15	104
# 99	23	20	13	16	34	15	12	18	16
# 100	2,4	8,7	3,1	7,9	9,1	3,8	39	4,4	3,9
# 153	2,3	2,7	1,8	2,8	3,0	2,2	2,2	1,7	1,7
# 154	1,8	2,4	1,7	2,2	2,4	1,7	1,9	1,5	1,5
# 183	1,1	0,71	0,48	0,60	1,3	0,66	0,58	0,57	0,75
# 209	567	514	396	693	652	383	375	381	2094



Figur 5. Halter av TetraBDE (#47) i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.



Figur 6. Halter av PentaBDE (#99) i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.



Figur 7. Halter av DecaBDE (#209) i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.

## Klorparaffiner (PCA)

### Slam

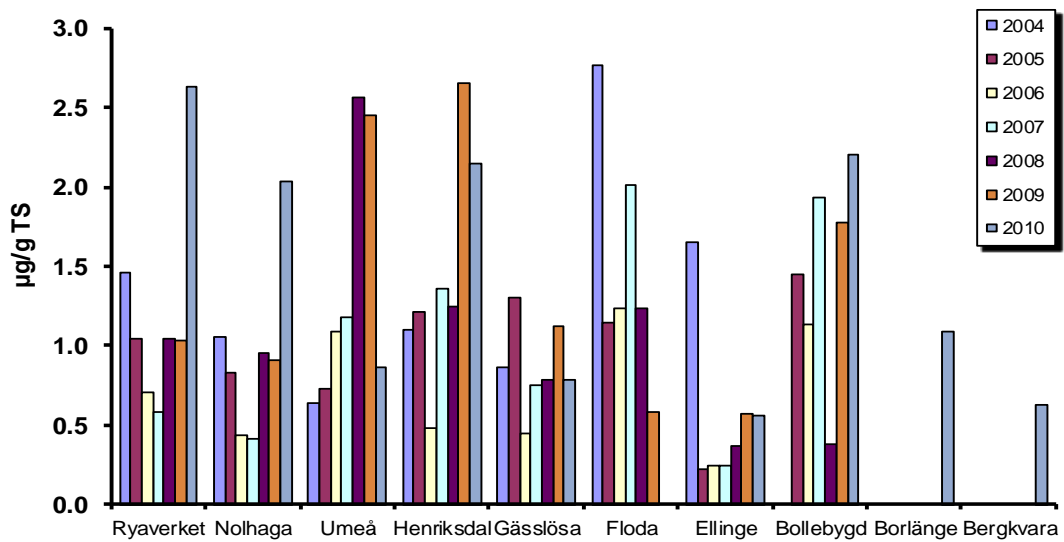
Tabell 7 redovisar halter av klorparaffiner (PCA) i avloppsreningsverksslam år 2010. Även detta år återfinns i slammet de långkedjade klorparaffinerna (LCCP) i högsta halter. Sammanfattning av PCA-halter för åren 2004-2010 kan ses i Figur 8-10.

Tabell 7. Resultat från 2010-års prover, slam, PCA ( $\mu\text{g/g TS}$ ).

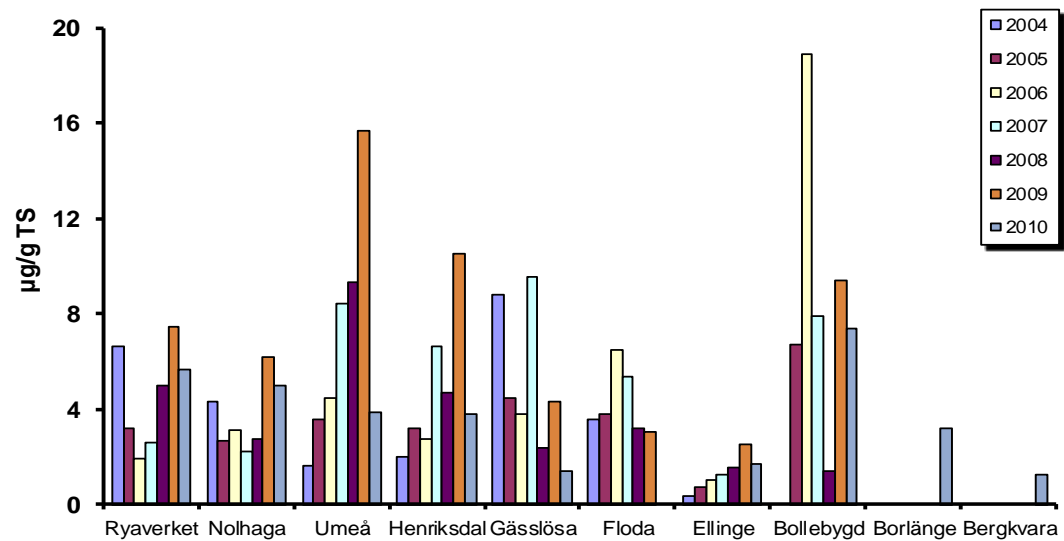
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
SCCP <sup>1</sup>	2,6	2,0	0,86	2,1	0,78	0,6	2,2	1,1	0,6
MCCP <sup>2</sup>	5,6	5,0	3,8	3,8	1,4	1,7	7,4	3,2	1,2
LCCP <sup>3</sup>	31	33	32	34	12	12	45	20	8,3

<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>.

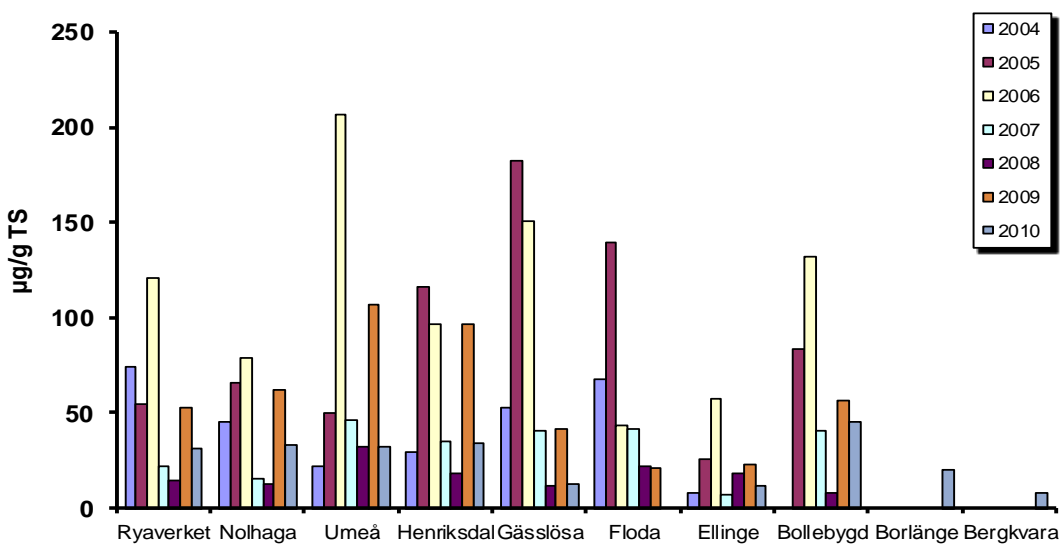
<sup>3</sup>LCCP: Long chain chlorinated paraffins, C<sub>18</sub>-C<sub>20</sub>.



Figur 8. SCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 9. MCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 10. LCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



## 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 2010. 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 2010 redovisas i Tabell 10. Figur 12 visar PFOS-halter i slammet 2004-2010, 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
PFHxS	Perfluorohexansulfonat
PFHpA	Perfluoroheptansyra
PFOA	Perfluoroktansyra
PFNA	Perfluornonansyra
PFOS	Perfluorooktansulfonat
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid
PFDA	Perfluordekansyra
PFUnA	Perfluorundekansyra
PFDS	Perfluordekansulfonat
PFDoA	Perfluordodekansyra
PFTTrDA	Perfluortridekansyra
PFTeDA	Perfluortetradekansyra
PFPeDA	Perfluorpentadekansyra
PFBS	Perfluorbutansulfonat

**Tabell 9.** Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, perfluorerade ämnen (ng/L).  
Nomenklatur se Tabell 8.

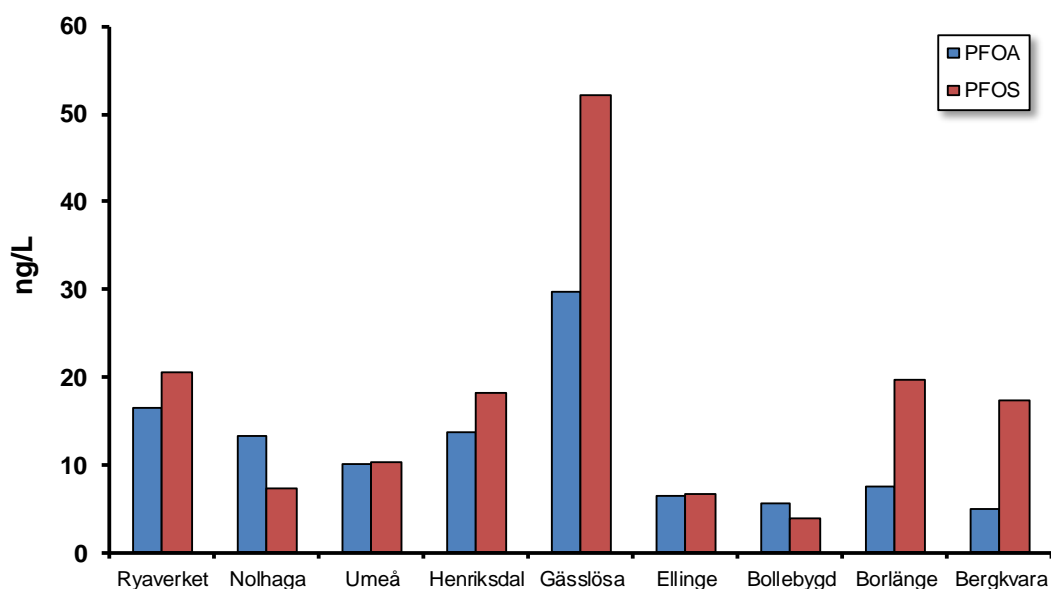
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
PFBA	5,21	2,84	7,26	6,03	10,2	6,81	10,4	8,88	8,28
PFPA	3,09	2,96	5,82	4,69	13,8	3,57	4,81	2,38	<1
PFHxA	7,40	5,62	9,35	7,83	21,5	3,90	6,01	6,38	3,92
PFHxS	4,31	1,63	2,95	4,34	7,53	1,96	1,30	4,06	10,3
PFHpA	5,00	4,41	5,21	4,58	17,2	2,88	1,66	3,74	1,33
PFOA	16,6	13,4	10,1	13,8	29,7	6,42	5,65	7,67	5,05
PFNA	2,64	1,27	0,95	2,22	7,58	1,04	0,68	1,98	0,56
PFOS	20,5	7,40	10,4	18,2	52,2	6,62	3,95	19,8	17,5
PFOSA <sup>1</sup>	0,14	0,09	0,37	0,19	0,49	0,12	0,12	0,17	0,29
PFDA	5,12	3,70	1,46	3,10	5,80	1,63	1,48	1,67	1,08
PFUnA	1,47	1,08	0,24	0,23	1,70	0,21	0,17	0,38	0,20
PFDS <sup>1</sup>	0,85	0,48	1,98	0,82	1,35	0,60	1,13	1,54	0,88
PFDoA <sup>1</sup>	4,17	0,54	0,20	0,38	0,15	<0,1	0,15	0,18	0,22
PFTTrDA	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm
PFTeDA	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm
PFPeDA	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm
PFBS	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq	nq

<sup>1</sup> Tveksam representativ mätning ty extrem låg vattenlöslighet.  
nm = not measured. nq = not quantifiable ty interferenser.

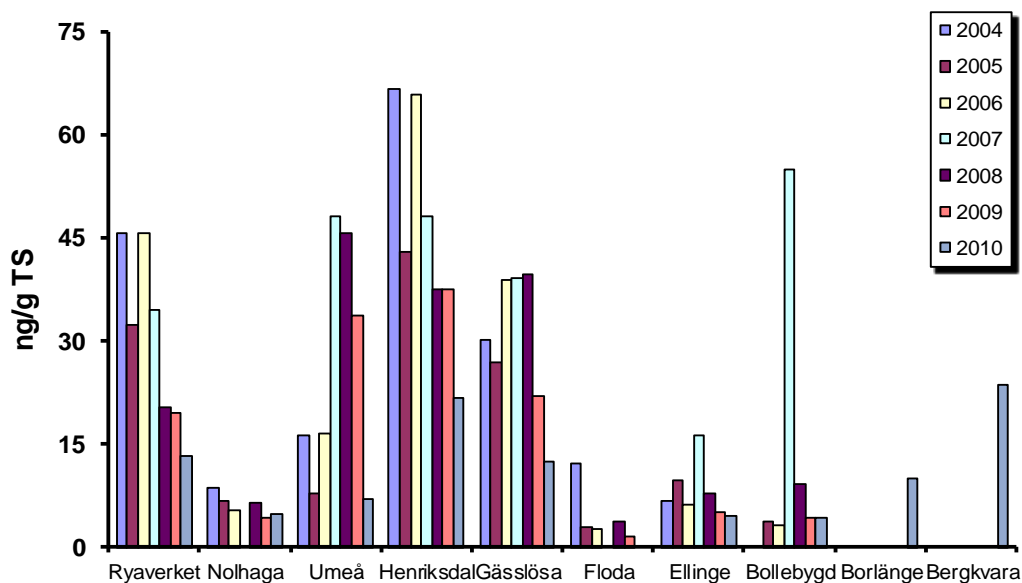
**Tabell 10.** Resultat från 2010-års prover, slam, perfluorerade ämnen (ng/g TS).  
Nomenklatur se Tabell 8.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
PFBA	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm
PFPA	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm	nm
PFHxA	0,73	0,59	0,57	1,43	3,90	0,27	0,39	0,53	0,45
PFHxS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFHpA	0,24	0,70	<0,2	0,39	2,13	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
PFOA	1,35	3,57	0,90	2,09	9,97	0,56	1,00	1,08	0,91
PFNA	0,27	0,63	0,22	0,87	3,43	0,35	0,14	0,37	0,28
PFOS	13,3	4,68	7,02	21,7	12,5	4,38	4,11	10,1	23,7
PFOSA	0,13	0,08	0,07	0,23	0,16	0,11	0,04	0,03	0,55
PFDA	1,04	2,26	0,77	5,60	20,3	1,55	0,83	0,88	1,88
PFUnA	0,85	1,15	0,45	1,92	15,7	0,84	0,33	0,60	0,53
PFDS	0,87	0,53	1,99	3,70	0,87	<0,4	<0,4	0,94	<0,4
PFDoA	1,16	1,02	0,69	3,12	2,14	1,13	0,46	0,75	0,89
PFTTrDA	0,27	0,19	0,12	0,33	1,01	0,14	0,06	0,13	0,10
PFTeDA	0,15	0,11	0,12	0,26	0,17	0,10	<0,05	0,09	<0,05
PFPeDA	0,06	0,02	0,05	0,11	0,08	0,04	<0,01	0,01	<0,01
PFBS	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3

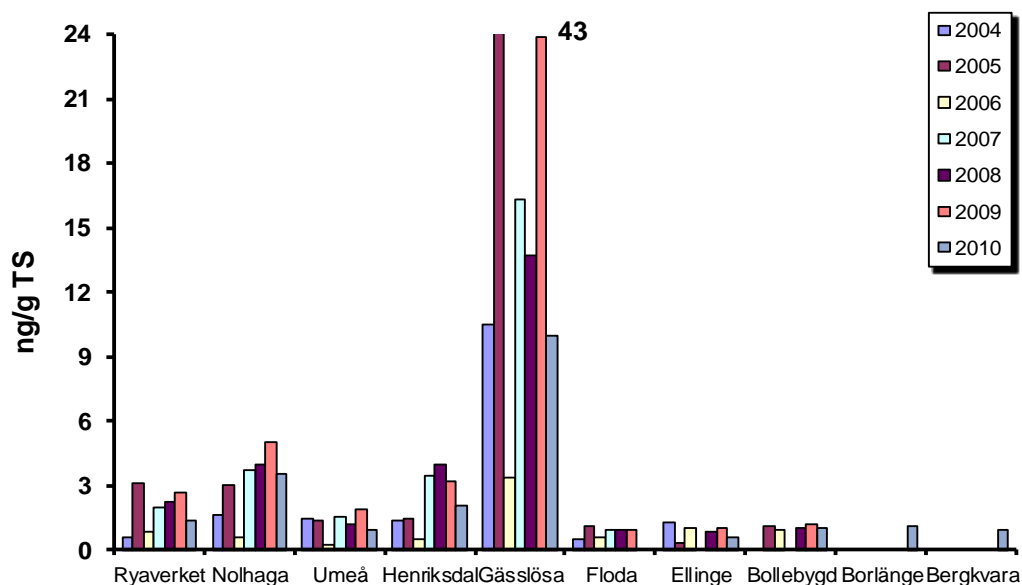
nm = not measured.



**Figur 11.** PFOA- och PFOS-halter i utgående vatten, ARV (2010).



Figur 12. PFOS-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 13. PFOA-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

## 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 2010, se Tabell 12.

## Slam

Tabell 13 redovisar 2010 års halter av OP i avloppsreningsverksslam. Hältjämförelse av tris(2-kloroisopropyl)fosfat (TCPP), trifenylfosfat (TPP) och 2-Etylhexyldifenylfosfat (EHDPP) mellan åren 2004 och 2010 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	Trifenylfosfat
EHDPP	2-Etylhexyldifenylfosfat
TEHP	Trietylhexylfosfat
TCP	Tricresylfosfat

**Tabell 12. Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, organofosfater (ng/L).**

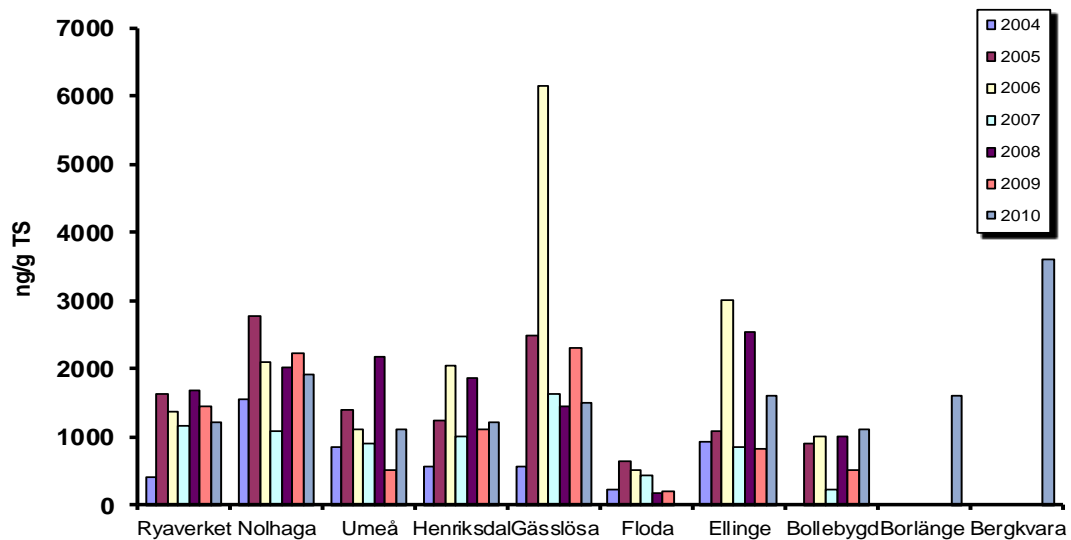
Nomenklatur se Tabell 11.

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
TBP	8,5	7,4	6,2	3,7	10	3,4	7,5	10	5,5
TCEP	11	23	11	23	1,5	17	27	4,5	26
TCPP	150	370	92	220	25	98	170	38	200
TDCPP	35	190	28	46	9,5	50	83	12	64
TBEP	12000	9900	13000	5400	2600	1400	19000	6700	3100
TPP	9,2	5,3	7,1	1,6	2,2	2,1	7,4	2,6	4,9
EHDPP	5,5	2,2	6,7	2,0	3,0	4,0	12	2,3	1,8
TEHP	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCP	0,62	1,06	0,78	0,52	0,68	0,69	0,58	0,27	1,3

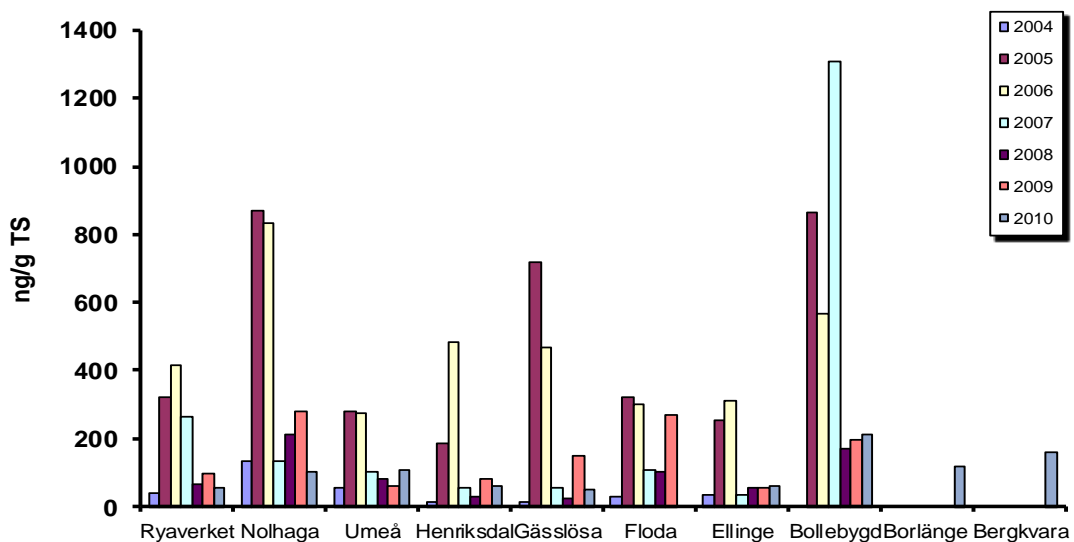
**Tabell 13. Resultat från 2010-års prover, slam, organofosfater (ng/g TS).**

Nomenklatur se Tabell 11.

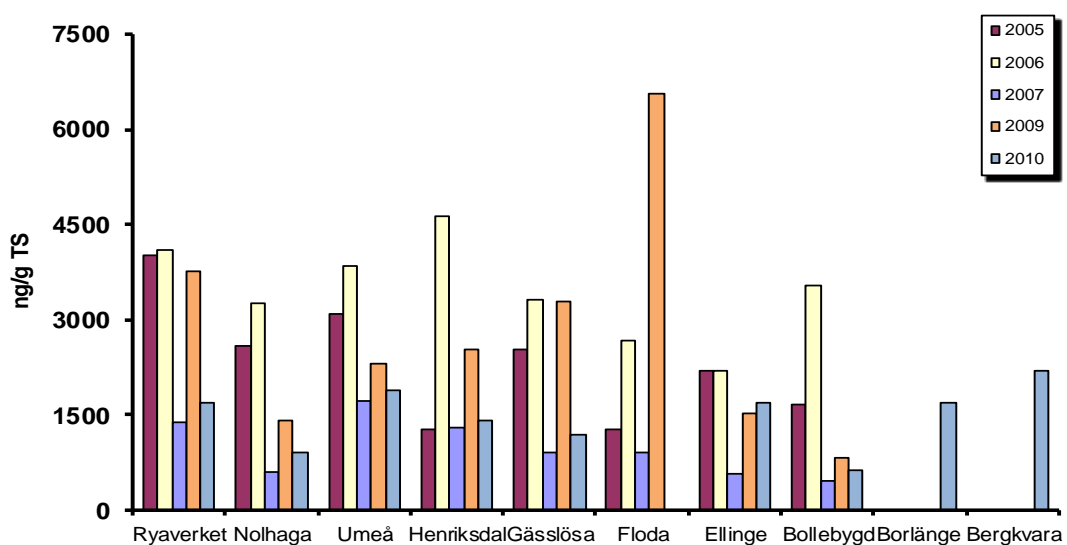
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
TBP	9,2	10	11	180	31	8	16	11	9,4
TCEP	7,9	20	8	8,7	13	16	18	15	30
TCPP	1200	1900	1100	1200	1500	1600	1100	1600	3600
TDCPP	110	370	220	100	110	180	230	110	190
TBEP	450	640	950	1100	400	250	560	1300	1600
TPP	57	100	110	59	49	59	210	120	160
EHDPP	1700	900	1900	1400	1200	1700	630	1700	2200
TEHP	28	22	26	45	21	24	23	34	55
TCP	83	103	165	97	72	164	119	137	123



Figur 14. Halter av TCPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 15. Halter av TPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 16. Halter av EHDPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

## 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*-decylftalat (DIDP), di-*iso*-nonylftalat (DINP) 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 2010 kunde DEHP, DIDP och DINP påvisas i alla ARV, se Tabell 15. Tidigare år (2004 och 2005) påvisades BHT i alla ARV, år 2006-2008 och 2010 var halterna under detektionsgränsen och år 2009 kunde BHT detekteras i tre ARV (Ryaverket, Umeå och Floda). Detektionsgränser BHT: 2006, 1 mg/kg TS; 2007, 0,1 mg/kg TS; 2008-2010, 5 mg/kg TS. Den totala slamhalten av ftalater (år 2004-2010) kan ses i Figur 20. Genomgående verkar slam från Umeå ARV innehålla mer DEHP och ofta även mer DINP. Dessa har liknande teknisk användning.

**Tabell 14.** Nomenklatur ftalater.

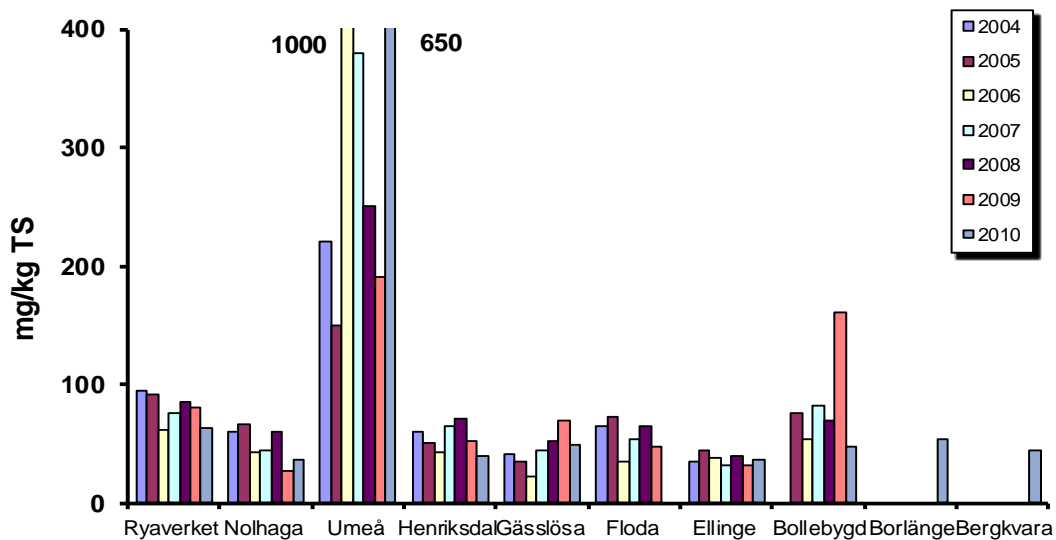
DMP	Dimetylftalat
DEP	Dietylftalat
DBP	Di- <i>n</i> -butylftalat
BBP	Butylbensylftalat
DEHP	Di-(2-etylhexyl)ftalat
DOP	Di- <i>n</i> -oktylftalat
DIDP	Di- <i>iso</i> -decylftalat
DINP	Di- <i>iso</i> -nonylftalat

**Tabell 15.** Resultat från 2010-års prover, slam, ftalater och BHT (mg/kg TS).

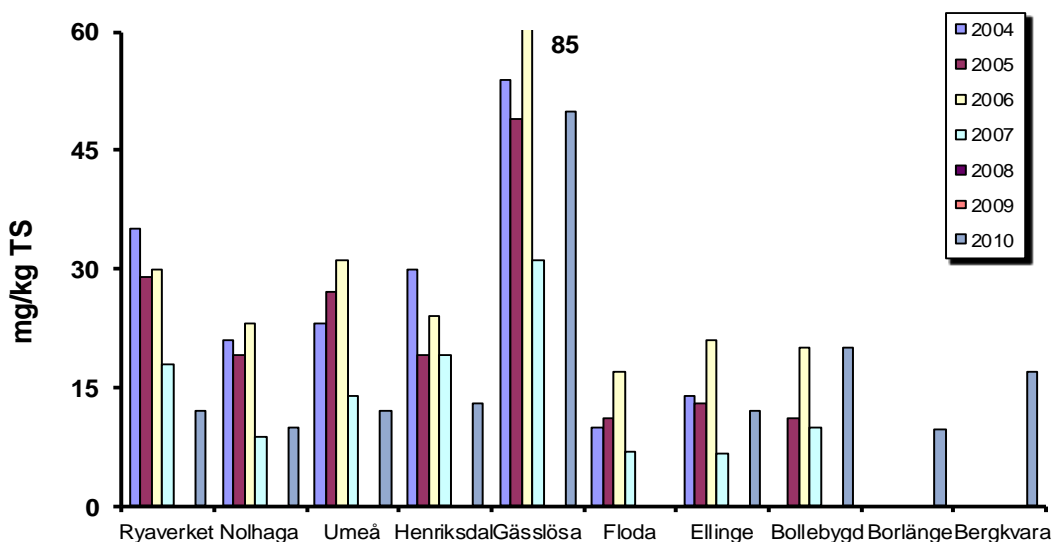
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
DMP <sup>1</sup>	<0,038	<0,041	<0,035	<0,044	<0,054	<0,059	<0,10	<0,027	<0,070
DEP <sup>1</sup>	<0,038	<0,041	<0,035	<0,044	<0,054	<0,059	<0,10	<0,027	<0,070
DBP <sup>1</sup>	<0,038	<0,041	0,069	<0,044	0,22	<0,059	<0,10	0,027	<0,070
BBP <sup>1</sup>	<0,038	0,081	0,35	<0,044	<0,054	<0,059	<0,10	0,16	<0,070
DEHP <sup>1</sup>	63	36	650	40	49	37	48	54	44
DOP	<0,038	<0,041	<0,035	<0,044	<0,054	<0,059	<0,10	<0,027	<0,070
DIDP <sup>1</sup>	12	9,9	12	13	50	12	20	9,7	17
DINP <sup>1</sup>	63	43	75	70	92	52	76	58	46
BHT <sup>2</sup>	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

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

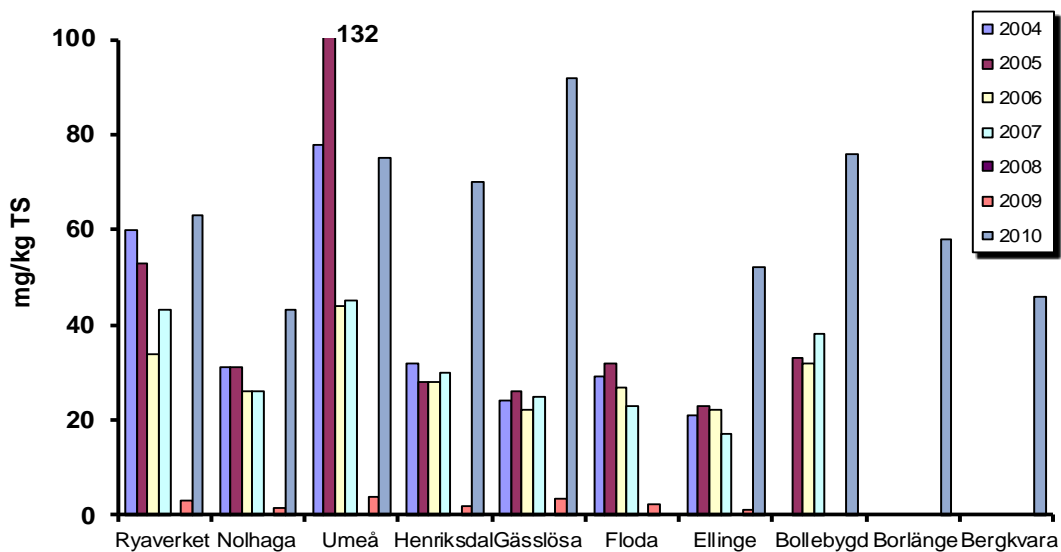
<sup>2</sup>BHT (butylhydroxytoluen) semi-kvantitativt analyserad, resultaten är uttryckt i benzylensoat-ekvivalenter.



Figur 17. DEHP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

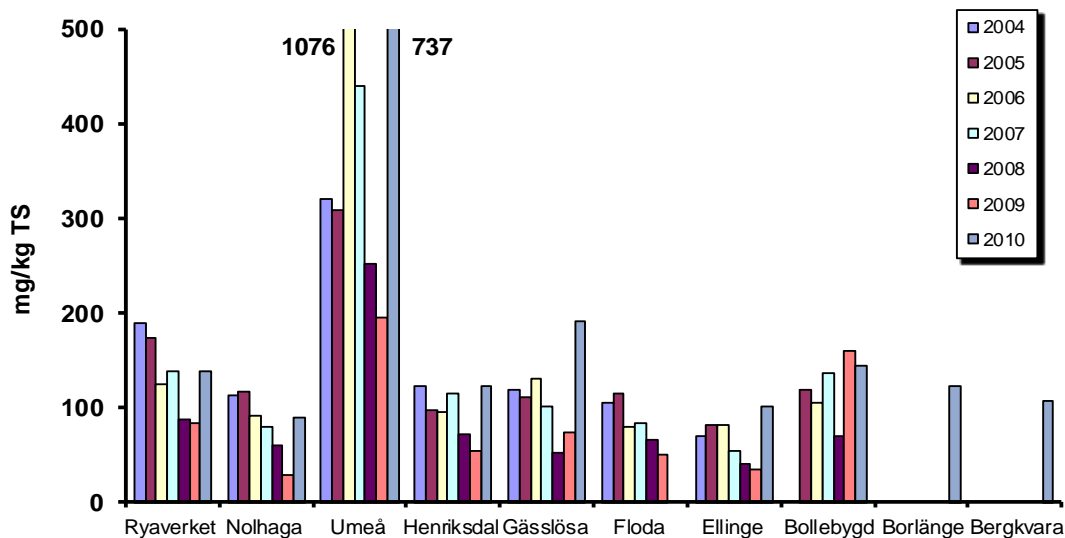


Figur 18. DIDP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 19. DINP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.





Figur 20. Totalhalt av ftalater i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

## Klorbensener

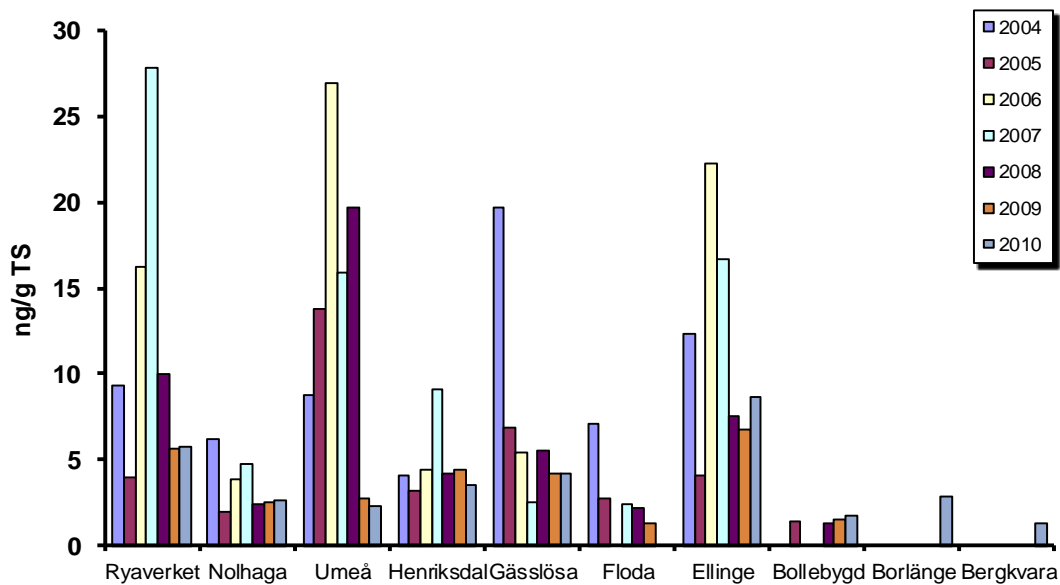
### Slam

Halter av klorbensener redovisas i Tabell 16 (2008-2010 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 2005-2010 (Figur 21).

Tabell 16. Resultat från 2010-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	2,1	1,0	0,7	1,7	2,1	1,7	0,5	0,9	0,4
1,4-diCB	24	9,4	3,2	18	18	7,5	2,1	4,3	2,4
1,2-diCB	7,8	9,1	6,4	10	53	6,7	4,1	5,5	3,1
1,3,5-triCB	2,7	2,5	0,5	0,9	1,9	0,6	0,3	1,0	0,1
1,2,4-triCB	5,0	5,0	3,7	6,4	13	11	1,8	3,4	1,6
1,2,3-triCB	0,4	0,4	0,3	0,6	1,8	1,3	0,3	0,3	0,2
1,2,3,5- + 1,2,4,5- tetraCB	1,0	0,4	0,4	0,3	1,9	0,6	0,2	0,3	0,1
1,2,3,4- tetraCB	1,0	0,5	0,2	0,3	1,1	0,7	0,2	0,2	0,2
PentaCB	1,8	1,2	0,9	1,0	1,5	1,8	0,7	0,8	0,7
HexaCB	5,7	2,6	2,3	3,6	4,2	8,7	1,8	2,8	1,3

CB = Klorbensenen.



**Figur 21.** HexaCB-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

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

### *Utgående vatten*

De flesta klorfenoler var under detektionsgränsen (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, men 2008, 2009 och 2010 såg det annorlunda ut och fler klorfenoler kunde detekteras, för år 2010 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 22 visar halter av triclosan i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.

**Tabell 17.** Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, klorfenoler ( $\mu\text{g/L}$ ) och 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan ( $\text{ng/L}$ ).

	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	0,02	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2,4+2,5-diCP	0,06	0,02	0,09	0,02	<0,01	<0,01	<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	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	<0,01	<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	271	353	<100	<100	<100	151	652	130
4-t-OP	<10	13	396	<10	46	18	20	42	10
Triclosan	3	1	6	5	7	2	13	21	6
Bisfenol A	355	43	568	37	202	77	421	61	129

CP = Klorfenol.

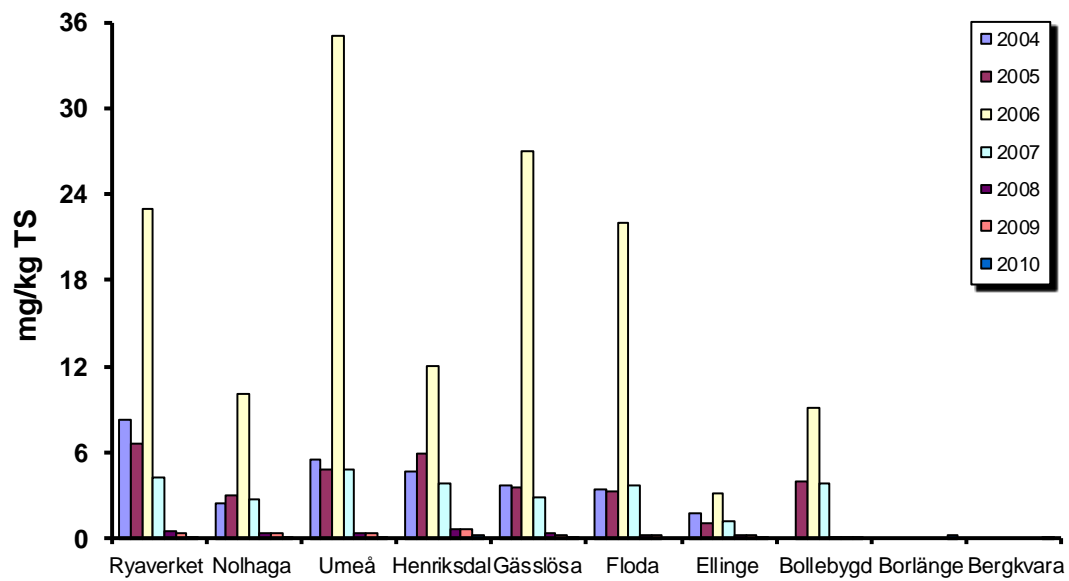
4-NP: 4-nonylfenol, 4-t-OP: 4-t-oktylfenol.

**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	0,023	0,023	0,011	0,022	0,04	0,036	<0,005	0,031	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	0,027	<0,005	<0,005	0,011	0,018	<0,005	<0,005	<0,005
3,4-diCP	0,0054	0,0081	0,014	0,022	0,0082	0,012	<0,005	0,0053	<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	0,0077	<0,005	<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	0,014	<0,005	0,019	<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	0,0061	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,017
4-NP	0,34	0,18	4,2	0,85	0,45	0,38	<0,10	0,16	<0,07
4-t-OP	15	8,8	14	8,2	11	9,9	3,1	8,9	2,5
Triclosan	0,12	0,098	0,089	0,17	0,09	0,12	0,047	0,24	0,065
Bisfenol A	1,2	0,41	0,43	0,57	0,45	0,42	0,09	0,24	0,08

CP = Klorfenol.

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



**Figur 22.** Triclosanhalter (år 2004-2010) i avloppsreningsverksslam.

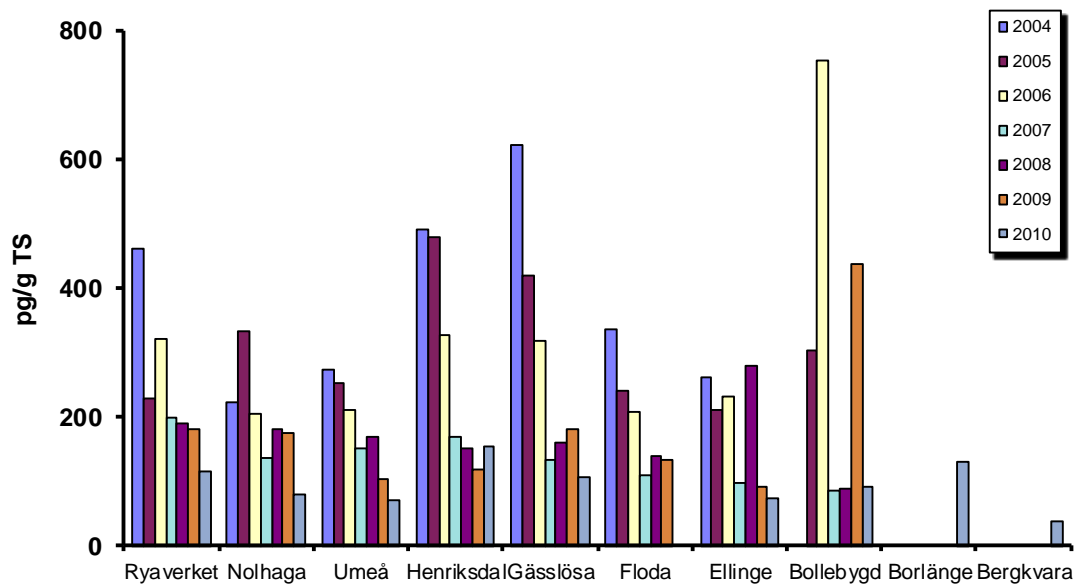
## Klorerade dibenso-*p*-dioxiner, dibensofuraner och bifenyler

### *Slam*

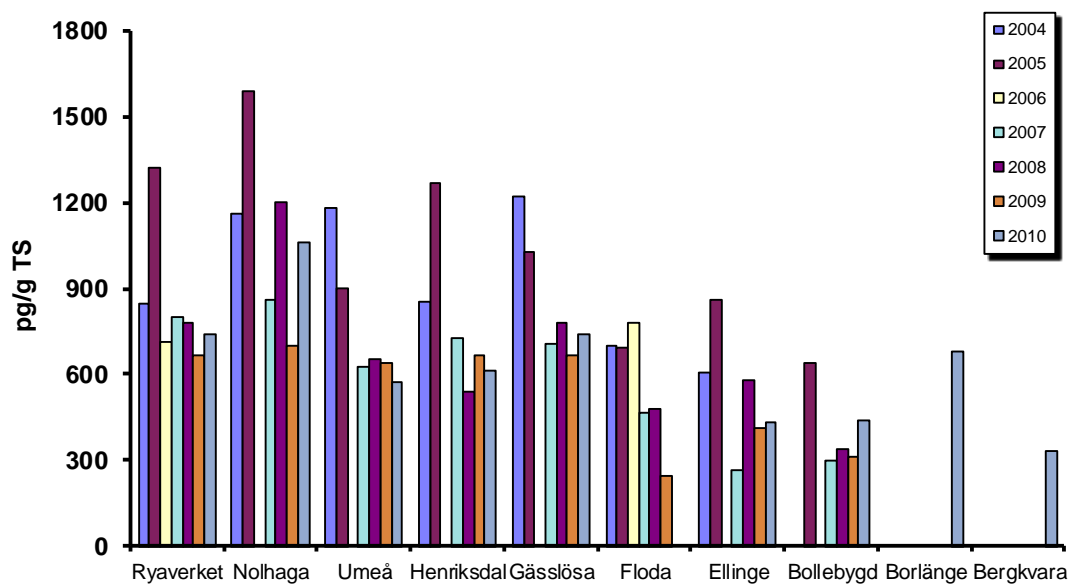
Oktaklordibenso-*p*-dioxiner och -furaner (OCDD/F) återfanns, liksom tidigare år, i de högsta halterna, Tabell 19, och haltvariationen mellan år 2004 och 2010 kan ses i Figur 23 och 24. En viss avvikande tidstrend kan skönjas för OCDD/F.

**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	0,3	0,4	0,0	0,9	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4
1,2,3,7,8- PeCDD	0,6	0,7	0,6	1,8	1,1	1,6	1,0	0,7	0,6
1,2,3,4,7,8- HxCDD	1,1	1,1	0,8	2,4	1,3	1,1	1,6	0,7	0,7
1,2,3,6,7,8- HxCDD	3,4	3,9	2,4	4,4	4,0	3,9	2,4	3,1	2,2
1,2,3,7,8,9- HxCDD	1,8	2,8	1,1	2,8	2,3	2,2	1,5	1,4	0,8
1,2,3,4,6,7,8- HpCDD	79	126	60	77	93	59	58	73	35
OCDD	739	1062	569	614	736	434	440	677	330
2,3,7,8-TCDF	2,7	2,0	1,4	4,0	1,9	2,6	1,8	1,7	1,1
1,2,3,7,8- PeCDF	1,6	0,8	0,6	3,6	1,4	1,7	0,9	1,0	0,7
2,3,4,7,8- PeCDF	2,7	1,8	1,5	5,9	2,5	2,6	1,3	2,0	1,5
1,2,3,4,7,8- HxCDF	2,3	1,8	1,7	6,1	2,9	3,0	1,3	2,0	1,3
1,2,3,6,7,8- HxCDF	2,7	1,5	1,0	4,6	2,9	3,0	1,2	1,8	1,2
2,3,4,6,7,8- HxCDF	3,2	2,0	1,7	4,6	4,2	2,8	2,1	3,0	1,3
1,2,3,7,8,9- HxCDF	1,4	1,1	1,0	2,6	2,3	2,0	1,3	0,9	1,4
1,2,3,4,6,7,8- HpCDF	38	28	28	46	34	28	25	61	14
1,2,3,4,7,8,9- HpCDF	2,2	1,2	1,0	3,0	2,7	2,6	1,8	1,6	0,8
OCDF	114	78	71	153	107	74	91	130	38



**Figur 23.** Halter av OCDF (år 2004-2010) i slam från avloppsreningsverken.

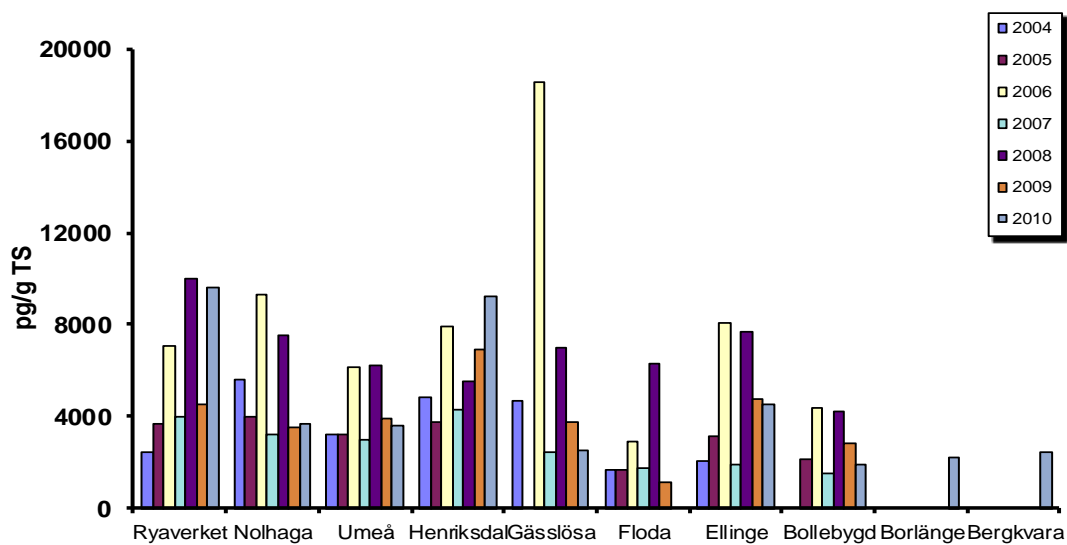


**Figur 24.** Halter av OCDD (år 2004-2010) i slam från avloppsreningsverken. OCDD ej kvantifierbar i slam från Nolhaga, Umeå, Henriksdal, Gässlösa, Ellinge och Bollebygd år 2006.

Slamhalter av WHO-PCB kan ses i Tabell 20. Figur 25-28 visar haltvariationen mellan åren 2004-2010 för PCB #118, 77, 126 och 169.

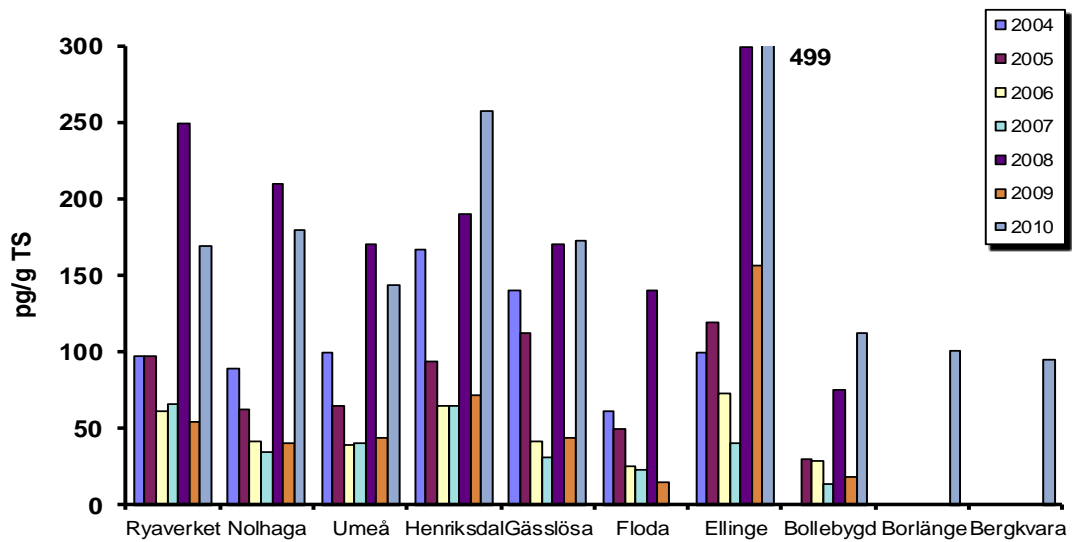
**Tabell 20.** Resultat från 2010-års prover, slam, PCB (pg/g TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
# 105	3341	1011	1186	3101	1136	1099	640	754	560
# 114	309	103	165	445	<2,7	153	<2,7	205	52
# 118	9608	3661	3602	9193	2547	4481	1896	2173	2423
# 123	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
# 156	2199	1373	1098	4193	1371	1357	601	990	953
# 157	642	310	308	848	401	334	139	224	165
# 167	1043	597	452	1864	544	459	76	127	308
# 189	170	151	92	575	137	156	56	108	125
# 77	170	180	144	258	172	499	113	100	94
# 81	9,7	7,8	5,7	18	9,0	7,8	5,8	5,9	6,1
# 126	27	39	16	44	27	35	14	26	16
# 169	3,4	5,2	2,5	7,7	4,2	4,8	3,0	3,5	2,8

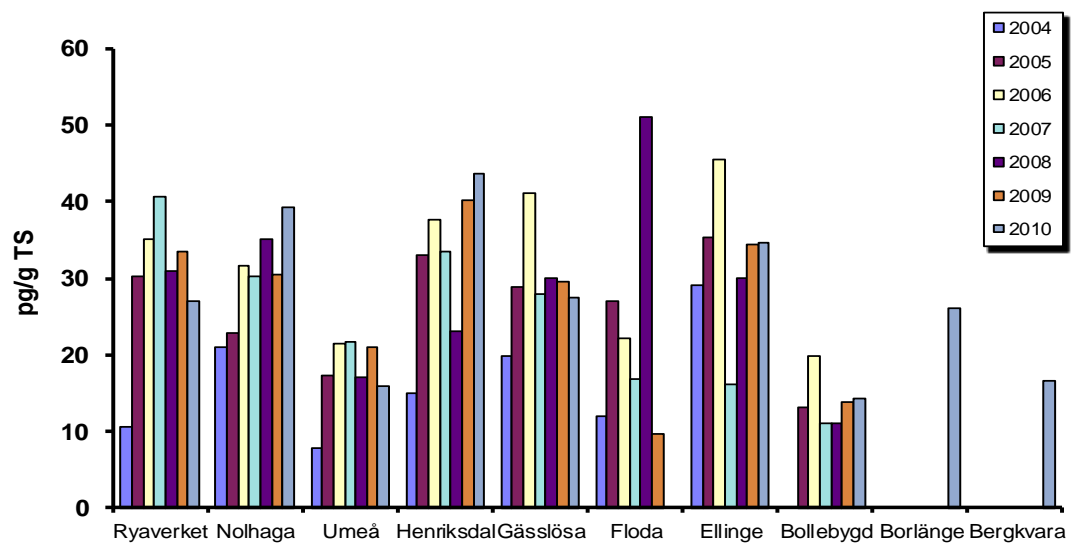


**Figur 25.** Halter av PCB #118 (år 2004-2010) i slam från avloppsreningsverken.

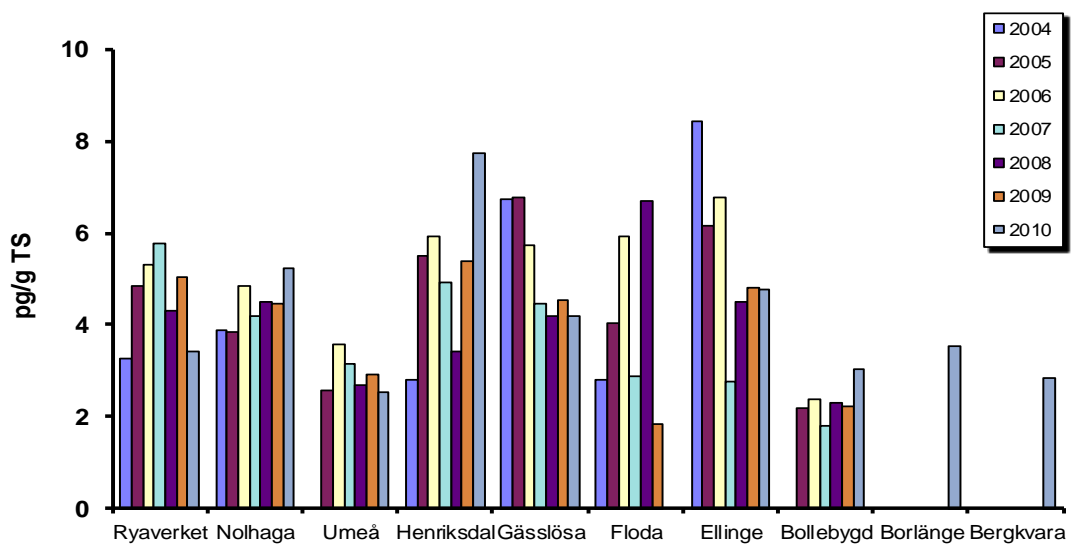




Figur 26. Halter av PCB #77 (år 2004-2010) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 27. Halter av PCB #126 (år 2004-2010) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 28. Halter av PCB #169 (år 2004-2010) 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 2010-års prover, utgående vatten, metaller ( $\mu\text{g/L}$ ).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Ca	28800	28100	36100	41000	32700	71600	20700	61600	68300
Fe	287	387	556	201	138	1220	80	396	52,5
K	16000	12900	48100	19000	13800	30500	17900	20000	19500
Mg	5880	4960	5300	7120	3820	6580	5190	8300	10600
Na	93300	42700	71800	59700	41600	58500	51700	42400	79200
Al	98,7	1160	<50	<50	621	<50	441	<50	328
As	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ba	4,89	12,2	9,11	4,04	22,4	13,3	6,15	20	21,1
Cd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Co	0,786	0,376	4,19	2,55	0,299	0,45	0,319	0,529	0,939
Cr	1,12	1,84	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9	<0,9
Cu	8,72	6,92	3,74	3,61	4	5,37	2,38	7,27	2,82
Hg	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Mn	42,6	55,5	168	63,5	132	52,4	109	127	188
Ni	3,79	2,55	11,9	6,22	1,62	1,79	1,61	2,14	5,01
Pb	<0,6	0,695	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Zn	14,8	41,3	15,1	24,3	13,9	29,3	10,6	19	4,53

**Tabell 22.** Resultat från 2010-års prover, slam, metaller (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
As	4,44	5,77	3,44	3,71	3,37	4,12	1,05	2,16	1,73
Cd	0,989	0,769	0,74	0,89	0,783	0,791	0,452	0,981	0,535
Co	8,43	2,77	8,23	6,63	3,6	2,69	1,33	3,35	2,73
Cr	26,2	52,9	16,9	17,9	23,7	20,7	6,02	20,4	24,6
Cu	424	264	115	358	274	437	105	366	280
Hg	0,659	0,57	0,497	1,17	1,66	0,461	0,498	0,454	1,15
Ni	22,8	10,7	23	21,7	11,8	14,8	4,97	10,9	9,72
Pb	34,6	23,8	13,1	20,9	19,7	79,2	7,81	24,6	11,1
V	25,7	38,1	12,5	19,2	11,4	18,6	5,45	32,1	7,42
Zn	751	544	558	573	575	526	296	667	469

**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) och dibutyltenn (5 ARV) var de enda organotennföreningarna (OTs) som var detekterbara i utgående vatten år 2010, Tabell 24 och Figur 29. Övriga OTs var under detektionsgränsen, 1 ng/L.

### *Slam*

Mono- och dibutyltenn påvisades i högre halter än tributyltenn och monooktyltenn i alla ARV, år 2010, se Tabell 25. De tre fenyltennföreningarna, tetrabutyltenn och tricyklohexyltenn förekom i halter under detektionsgränsen (3; 1; 1; 1; 1 µg/kg TS, respektive). Haltvariationer mellan åren 2004 och 2010 av de tre butyltennföreningarna kan ses i Figur 30-32.

**Tabell 24.** Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, organotennföreningar (ng/L).

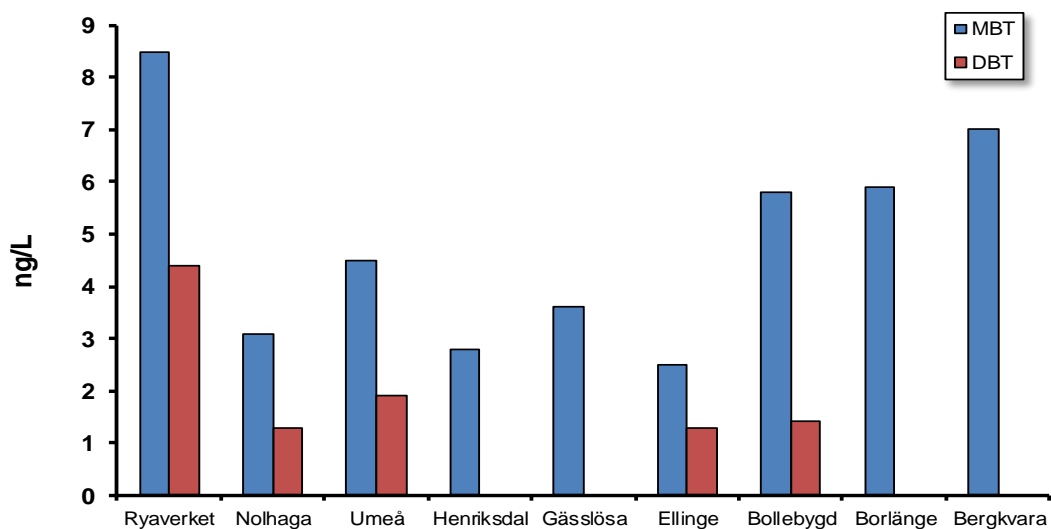
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
MonoBT	8,5	3,1	4,5	2,8	3,6	2,5	5,8	5,9	7
DiBT	4,4	1,3	1,9	<1,0	<1,0	1,3	1,4	<1,0	<1,0
TriBT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
TetraBT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
MonoOT	<1,0	<1,0	<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.

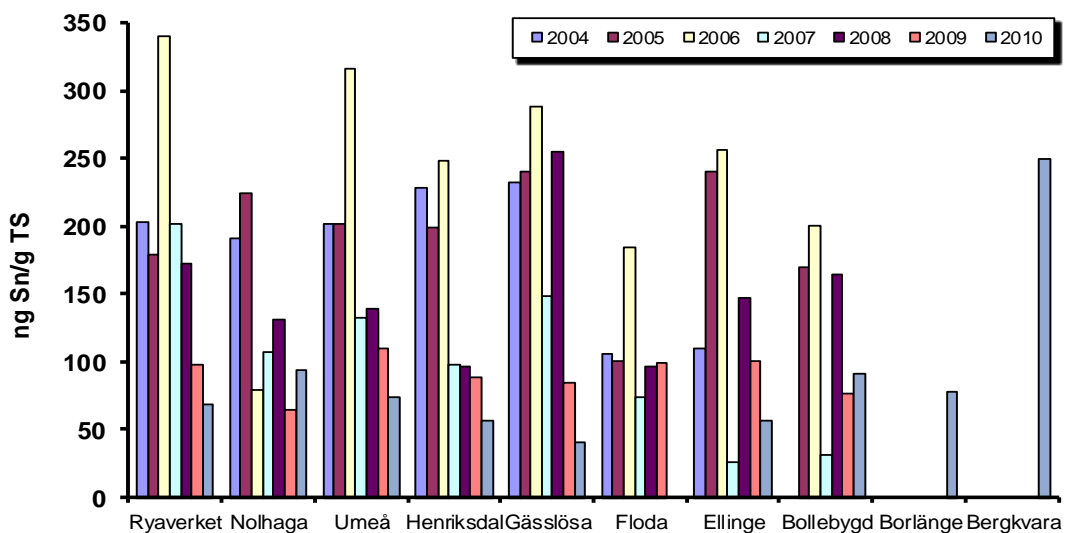
**Tabell 25.** Resultat från 2010-års prover, slam, organotennföreningar ( $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ ).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
MonoBT	69	94	74	57	40	56	91	78	250
DiBT	450	82	87	38	39	50	50	75	93
TriBT	7,1	4,2	4	4,6	3,4	2,2	5	5,5	4,3
TetraBT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
MonoOT	5,9	11	9,2	13	6,9	7,1	25	13	39
DiOT	3,1	5,5	2,3	9,6	2,8	1,7	8,5	5,3	6,9
TricykloHT	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
MonoPhT	<3,0	<3,0	<1,0	<5,0	<1,0	<1,0	<1,0	<3,0	<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

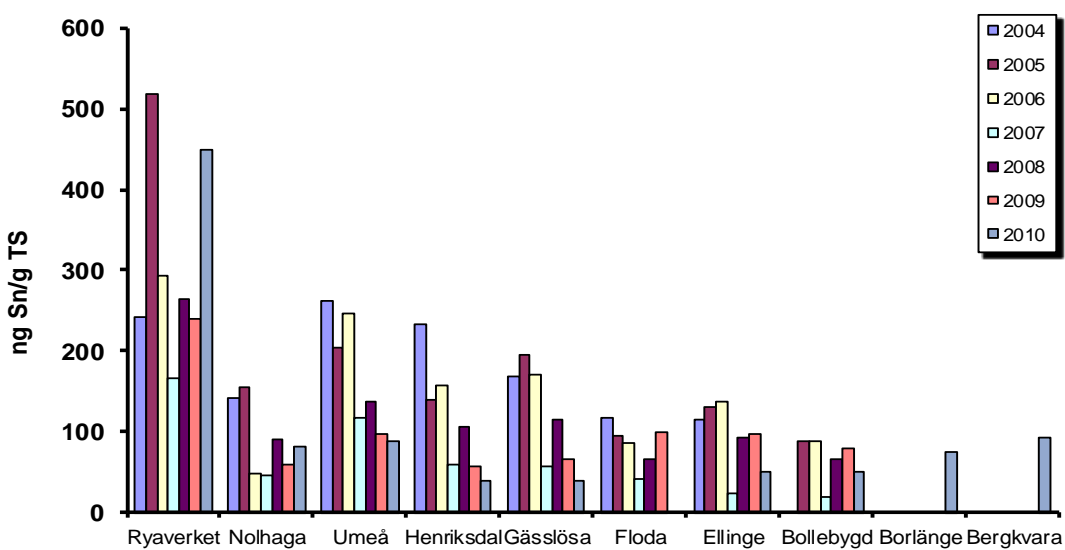
BT = Butyltenn, OT = oktyltenn, HT = Hexyltenn, PhT = Fenyltenn.



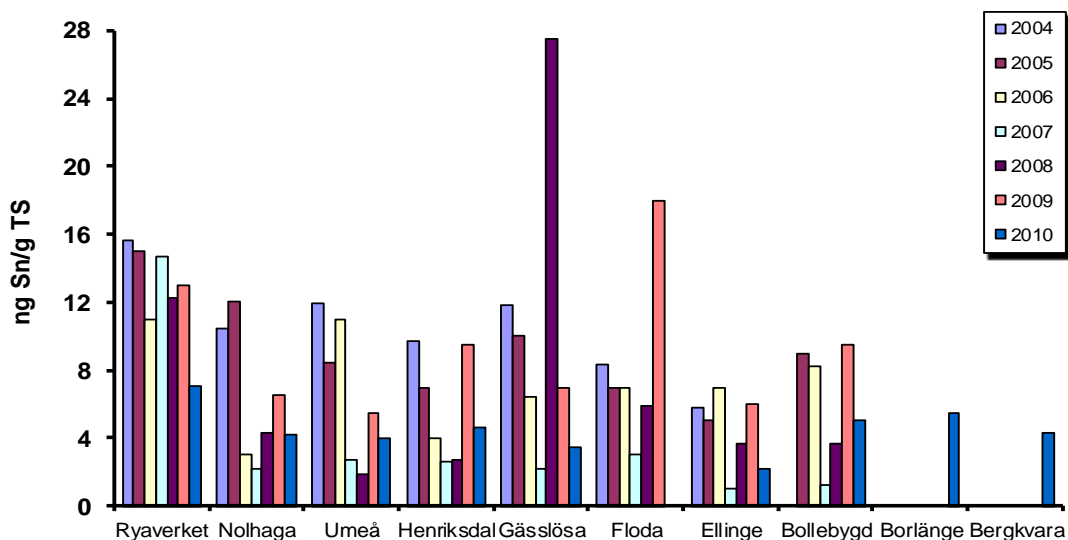
Figur 29. Mono- och dibutyltennhalter (MBT, DBT) i utgående vatten från ARV år 2010.



Figur 30. Monobutyltennhalter (MBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 31. Dibutyltennhalter (DBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.



Figur 32. Tributyltennhalter (TBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2010.

## Siloxaner

### Slam

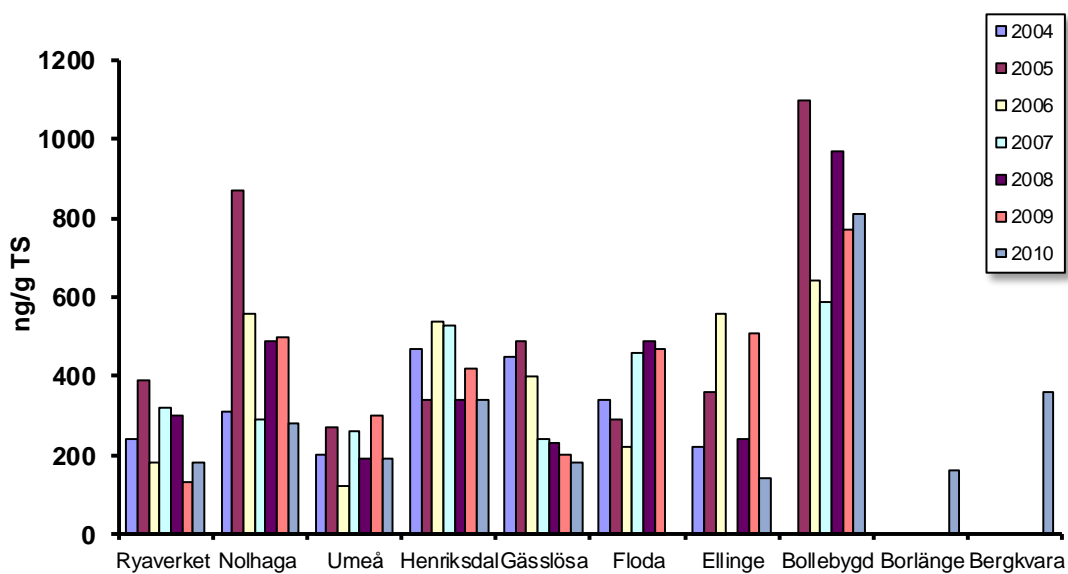
Tabell 26 sammanfattar nomenklaturen för siloxaner och Tabell 27 redovisar halter av siloxaner i avloppsreningsverksslam år 2010. Halterna av cykliska siloxaner (främst D5) var betydligt högre än halterna av linjära siloxaner. Siloxanhalter i avloppsslam, åren 2004-2010, redovisas i Figur 33-35.

Tabell 26. Nomenklatur siloxaner.

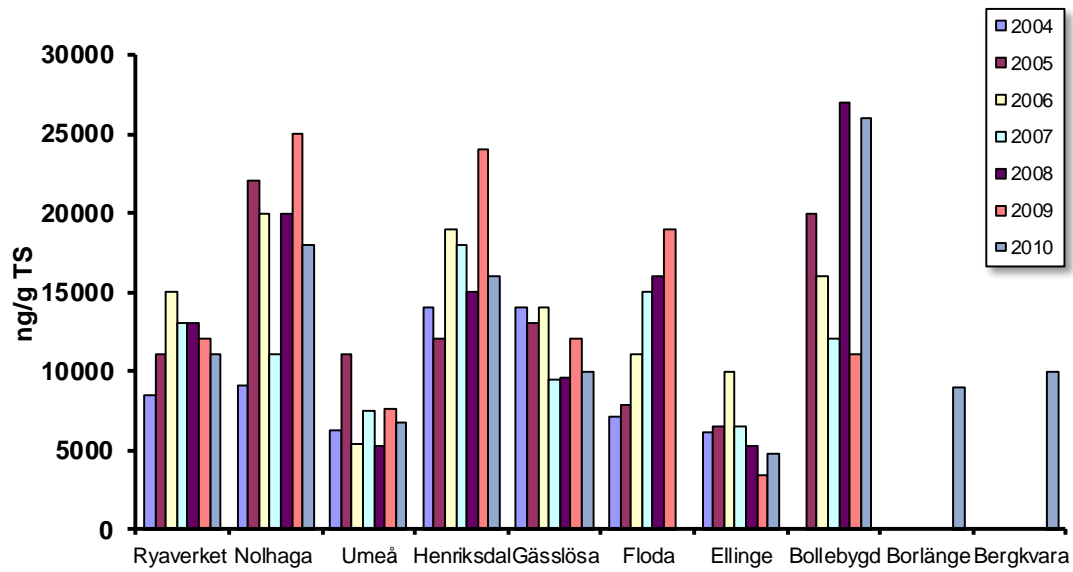
D4	Oktametylcyclohexasiloxan
D5	Dekametylcyklopentasiloxan
D6	Dodekametylcyklohexasiloxan
MM	Hexametyldisiloxan
MDM	Oktametyltrisiloxan
MD2M	Dekametyltetrasiloxan
MD3M	Dodekametylpentasiloxan

**Tabell 27.** Resultat från 2010-års prover, slam, siloxaner (ng/g TS).

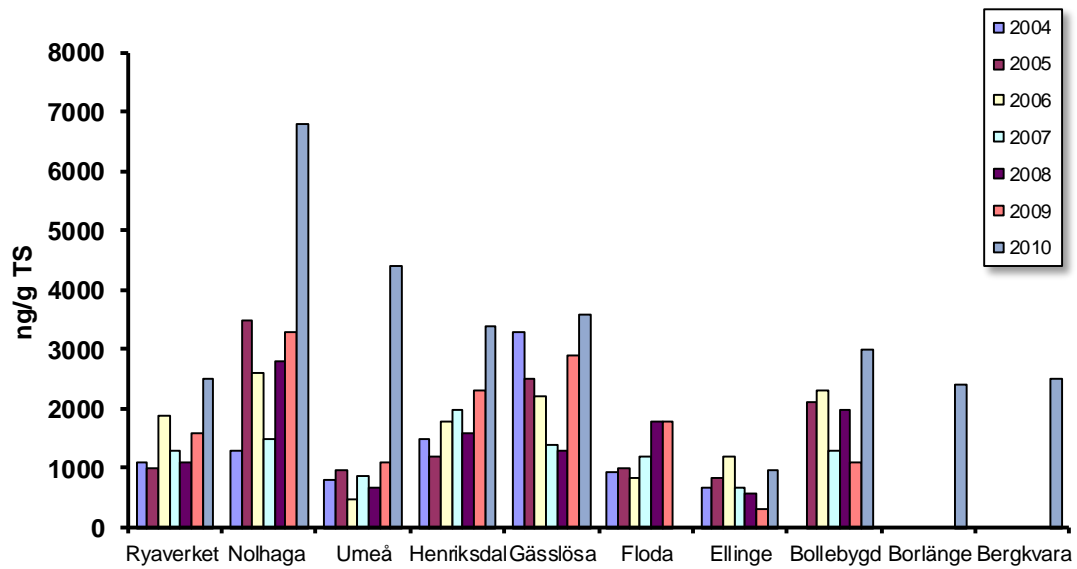
	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
D4	180	280	190	340	180	140	810	160	360
D5	11000	18000	6700	16000	10000	4800	26000	8900	10000
D6	2500	6800	4400	3400	3600	970	3000	2400	2500
MM	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,63	<0,3	0,43
MDM	17	45	7,6	23	14	12	53	14	42
MD2M	57	200	530	64	51	<19	91	36	49
MD3M	240	560	2600	230	210	43	300	670	170
Summa D4-D6	14000	25000	11000	20000	14000	5900	30000	11000	13000
Summa MM-MD3M	310	810	3100	320	280	60	450	720	260



**Figur 33.** Oktametylcyclotetrasiloxan (D4) i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.



Figur 34. Dekametylcyclopentasiloxan (D5) i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.



Figur 35. Dodekametylcyclohexasiloxan (D6) i avloppsreningsverksslam år 2004-2010.



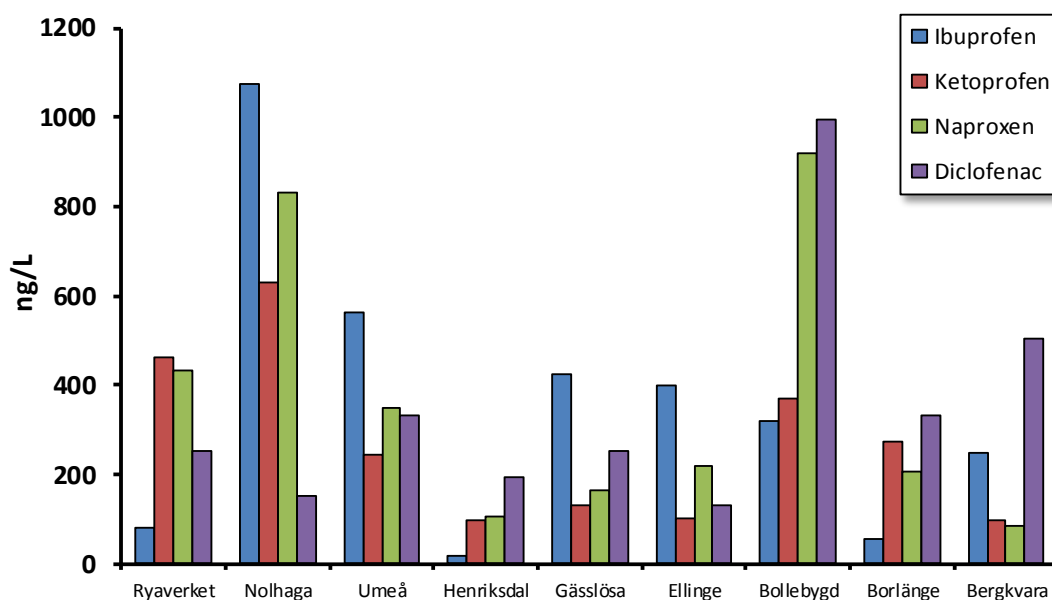
## NSAID's

### Utgående vatten

Tabell 28 och Figur 36 redovisar halter av NSAID's (ibuprofen, ketoprofen, naproxen och diclofenac).

**Tabell 28.** Resultat från 2010-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	78	1076	563	19	425	399	318	55	247
Ketoprofen	463	628	242	99	130	103	369	272	95
Naproxen	433	832	350	104	165	217	921	205	83
Diclofenac	253	153	332	192	251	129	994	333	506



**Figur 36.** NSAID's i utgående vatten från ARV, år 2010.

## Myskämnen

### Utgående vatten

Tabell 29 och Figur 37 redovisar halter av myskämnen, nitro (musk ketone och musk xylene) och polycykliska (galaxolide, HHCB, och tonalide, AHTN) i utgående vatten 2010, varav endast de polycykliska kunde detekteras i alla ARV. Nitromyskämnen har på senare tid blivit ersatta av de polycykliska, vilket förmodligen avspeglas i dessa resultat.

### Slam

Tabell 30 och Figur 38 redovisar halter av myskämnen i avloppsreningsverksslam 2010, med samma mönster som i utgående vatten (år 2010).

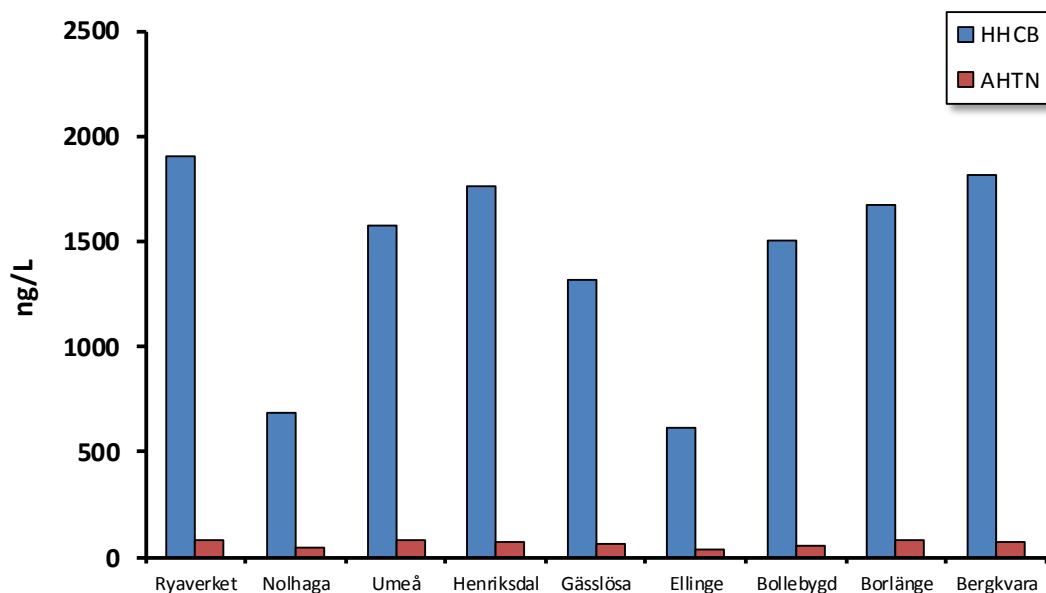
**Tabell 29.** Resultat från 2010-års prover, utgående vatten, myskämnen (ng/L).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Musk Ketone	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9
Musk Xylene	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Galoxolide (HHCB)	1900	700	1600	1800	1300	600	1500	1600	1800
Tonalide (AHTN)	84	45	77	72	63	36	52	79	73

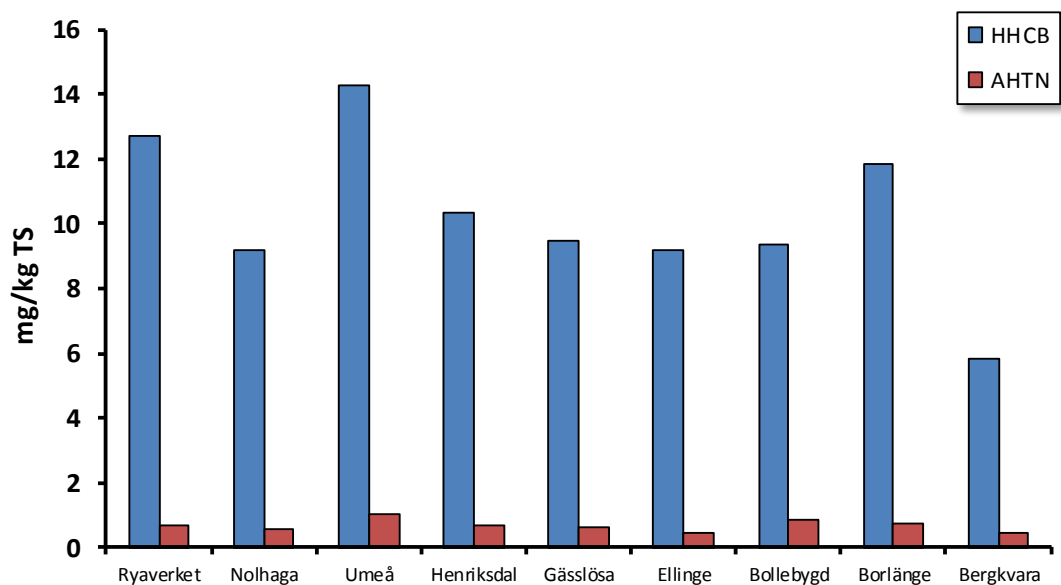
**Tabell 30.** Resultat från 2010-års prover, slam, myskämnen (mg/kg TS).

	Rya- verket	Nol- haga	Umeå	Henriks- dal	Gäss- lösa	Ellinge	Bolle- bygd	Bor- länge	Berg- kvara
Musk Ketone	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Musk Xylene	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Galoxolide (HHCB)	13	9,2	14	10	9,5	9,2	9,3	12	5,9
Tonalide (AHTN)	0,7	0,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,9	0,7	0,5

DL = 0,0002.



**Figur 37.** Galoxolide (HHCB) och tonalide (AHTN) i utgående vatten från ARV, år 2010.



Figur 38. HHCb och AHTN i avloppsreningsverksslam från ARV, år 2010.

## 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 0,23 och 11 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)	11	<0,1	<0,1	0,31	0,23	<0,2 <sup>1</sup>	6,5	<0,1	1,4
Androgen effekt (ng DHT/L)	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

<sup>1</sup> De högsta koncentrationerna i extrakten hade en hämmande effekt på jästcellerna därav den högre detektionsgränsen.

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.