



Miljöövervakning av utgående vatten & slam från svenska avloppsreningsverk

Resultat från år 2014
och en sammanfattning av slamresultaten för åren 2004-2014

Beställare: Naturvårdsverket
Kontrakt: 219-13-004
Programområde: Miljögiftssamordning
Delprogram: Miljögifter i urban miljö
Utförare: Peter Haglund; Kemiska institutionen, Umeå universitet



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| SAMMANFATTNING | 3 |
| BAKGRUND | 3 |
| 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 |
| RESULTAT | 12 |
| ANTIBIOTIKA..... | 12 |
| Utgående vatten | 12 |
| Slam | 12 |
| BROMERADE DIFENYLETRAR (PBDE)..... | 13 |
| Slam | 13 |
| KLORPARAFFINER (PCA)..... | 15 |
| Slam | 15 |
| FLUORERADE ÄMNEN | 16 |
| Utgående vatten | 16 |
| Slam | 16 |
| FOSFATESTRAR..... | 19 |
| Utgående vatten | 19 |
| Slam | 19 |
| FTALATER OCH BUTYLHYDROXYTOLUEN..... | 21 |
| Utgående vatten | 21 |
| Slam | 21 |
| KLORBENSENER..... | 23 |
| Slam | 23 |
| KLORFENOLER, NONYL- OCH OKTYLFENOLER, TRICLOSAN OCH BISFENOL A..... | 24 |
| Utgående vatten | 24 |
| Slam | 24 |
| KLORERADE DIBENSO-P-DIOXINER, DIBENSO-FURANER OCH BIFENYLER..... | 26 |
| Slam | 26 |
| METALLER..... | 29 |
| Utgående vatten | 29 |
| Slam | 29 |
| ORGANOTENNFÖRENINGAR..... | 30 |
| Utgående vatten | 31 |
| Slam | 31 |
| SILOXANER | 33 |
| Slam | 33 |
| NSAID' s..... | 35 |
| Utgående vatten | 35 |
| MYSKÄMNEN..... | 35 |
| Utgående vatten | 35 |
| Slam | 35 |
| ÖSTROGENA OCH ANDROGENA EFFEKTER..... | 36 |
| Utgående vatten | 36 |
| REFERENSER | 37 |

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: myskämnen, NSAID´s, bisfenol A och nonyl- och oktylfenoler.

Graferna i denna rapport redovisar slamhalterna för perioden 2004-2014 och utgående vattenhalter för år 2014. 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. Slam från Gässlösa ARV har generellt flera fluorerade ämnen än övriga reningsverk samt högre halter av perfluoroktansyra (PFOA) och Di-*iso*-decylftalat (DIDP).

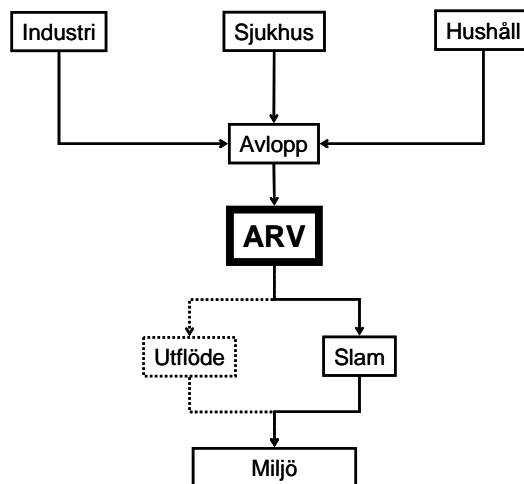
En nyligen genomförd tidstrendanalys (Olofsson, Bignert & Haglund, 2012) visade på signifikant minskande halter över tid (2004-2010) för kobolt, antibiotikat norfloxacin, triklosan, mono- och dibutyltenn, fluorkemikalien PFOSA, 1,2,4-triklorbensen, flamskyddskemikalierna PBDE-154 och PBDE-183 samt högklorerade dioxiner och furaner (heptaCDD, OCDD, 1,2,3,4,6,7,8-hepta-CDF och OCDF). Samma studie fann signifikant ökande trender för linjära metylsiloxaner (MDM, MD2M och MD3M), 1,4-diklorbensen och flamskyddskemikalien deca-BDE. Det fanns även indikationer på minskande trender för antibiotikat ciprofloxacin, PBDE-99, fluorämnet PFDODA, 2,3,7,8-tetraklordibensofuran (TCDF) och klorparaffiner (MCCP) samt ökande trender för två organofosfater (TDCPP och TBEP).

Sentida data för 2011-2014 visar på fortsatt minskande trender för samtliga ämnen med statistiskt signifikanta tidstrender, förutom för triclosan och OCDD för vilka haltminskningen planat ut. Det finns även tydliga tecken på minskande halter av två antibiotika (ciprofloxacin och ofloxacin), två flamskyddskemikalier (PBDE-47 och PBDE-99), en mjukgörare (DEHP), en klorbensen (HCB) och en klorparaffin (LCCP).

Halterna av linjära metylsiloxaner fortsätter att öka. Det gör också halterna av två organofosfater (TDCPP och TDCPP). Dessa ersätter i många tekniska applikationer PBDE (vilka minskar i halt). Däremot verkar halterna av några av de ämnen som tidigare visat ökande trender plana ut eller till och med vänt nedåt. Det senare verkar även gälla för 1,4-diklorbensen, deca-BDE och flera dioxin-lika PCB (ex. PCB118, PCB126 och PCB169).

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.

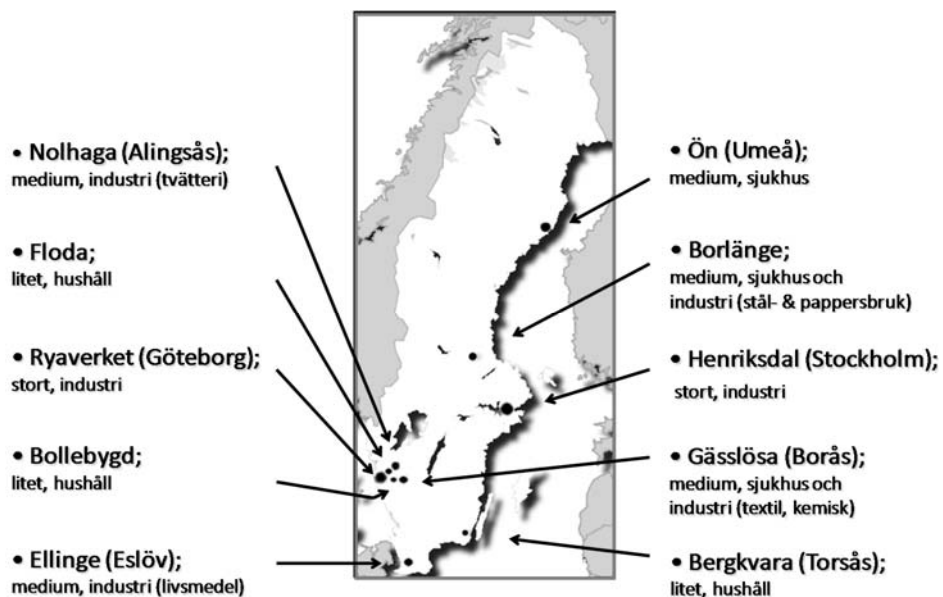


Figur 1. Förenklat flödesschema för kemikalier från samhället till miljön,
ARV = Avloppsreningsverk.

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 2004-2014 [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 fr.o.m. 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 ³ /år) | 119 | 3,2 | 13 | 89 | 13 | 3,7 | 0,24 | 5,6 | 0,6 |
| Dagvatten ¹ (%) | 57 | 24 | 20* | 5* | 50 | 28 | 21 | 35 | 46 |
| Renings- process ² | 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 | -- |

¹ Ovidkommande vatten; ^{*} Uppskattning enl. ARV-personal. ² 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.svenskvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/Certifiering/>), försöker förbättra slamkvaliteten så att slammet ska kunna utnyttjas till att spridas på åkrar.

Reningsprocessen

Grovrensning, 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 m³ (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

Grovrensning, 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 förlufts 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) uppmätta och kvantifieras i utgående vatten.

Tabell 2. Sammanställning av föreningar och urvalskriterier.

| Grupp | Namn | WFD | OSPAR | Finsk Screening prio | "På köpet" |
|----------------------------|---|----------------|----------------|----------------------|------------|
| Fenoler | Pentaklorfenol | X | | | |
| | Övriga klorfenoler | | | | X |
| | Butylhydroxytoluen | | | | X |
| | Triclosan | | | | X |
| | Bisfenol A | | | | |
| | Nonyl- och oktylfenol | X | | | |
| Klorbensener | 124-Triklorbensen | X | | | |
| | Pentaklorbensen | X | | | |
| | Hexaklorbensen | X | | | |
| | Övriga di-, tri- och tetra-klorbensener | | | | X |
| Fosfatestrar | Tris(2-butoxyethyl)fosfat | | | | X |
| | Tris(2-kloroetyl)fosfat | | | | X |
| | Tris(kloropropyl)fosfat | | | | X |
| | Tris(1,3-dikloro-2-propyl)fosfat | | | | X |
| | Trifenylfosfat | | | | X |
| Ftalater | 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 |
| Antibiotika | Ofloxacin (fluorokinolon) | | | | X |
| | Norfloxacin (fluorokinolon) | | | | X |
| | Ciprofloxacin (fluorokinolon) | | | | X |
| Dioxinlika ämnen | WHO-PCB | | | | X |
| | PCDD/F | | | | X |
| Övriga POP | Polybromerade difenyletrar (PBDE) | X | | | |
| | Klorparaffiner (PCA) | X | | | |
| | Perfluoroämnen (PFAS) | X ¹ | | | X |
| | Metylsiloxaner | | X | | |
| Metaller | 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 | | | | |
| Metallorg. | Tributyltennoxid | X | | | |
| | Mono-, di- och tetrabutyltenn | | | | X |
| | Mono- och dioktyltenn | | | | X |
| | Tricyklohexyltenn | | | | X |
| | Mono-, di- och trifenyltenn | | | | X |
| Myrkämnerna | Tonalide (AHTN), galoxolide (HHCB) | | | | X |
| | Myrk xylen, myrk keton | | X ² | X | |
| NSAID's³ | Ibuprofen, naproxen, ketoprofen, diclofenac | | | | X |

¹ PFOS (2013/39/EU)

² Myrk xylene: OSPAR. ³ Non steroidal anti-inflammatory drugs

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 ¹ | GC-HRMS | EM | | | | | ± 30% |
| Organofosfater | GC-HRMS | IK | | | | | ± 30% |
| Ftalater ¹ | GC-MS | | Ack. | | | | ± 20% |
| Antibiotika (fluorokinoloner) | LC-MSMS | IK | | | | | ± 20% |
| NSAID's ² | LC-MSMS | IK | | | | | ± 20% |
| WHO-PCB ¹ | GC-HRMS | Ack. | | | | | ± 29% |
| PCDD/F ¹ | GC-HRMS | Ack. | | | | | ± 29% |
| Polybromerade difenyletrar ¹ | GC-HRMS | IK | | | | | ± 30% |
| Klorparaffiner ¹ | GC-MS | EM | | | | | ± 30% |
| Fluorerade ämnen | LC-MSMS | | | | IK | | ± 5-20% |
| Metaller | ICP-MS | | | Ack. | | | ± 18-32% |
| Organotenn | ICP-MS | IK | | | | | ± 6-40% |
| Metylsiloxaner ¹ | ATD-GC-MS | | | | | IK | ± 20% |
| Myskämnen | GC-HRMS | IK | | | | | ± 20% |
| Biotester ² | | | | | | EM | |

¹ Endast analyserade i slam. ² Endast analyserade i H₂O.

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 detekterad och bara i tre prover.

Slam

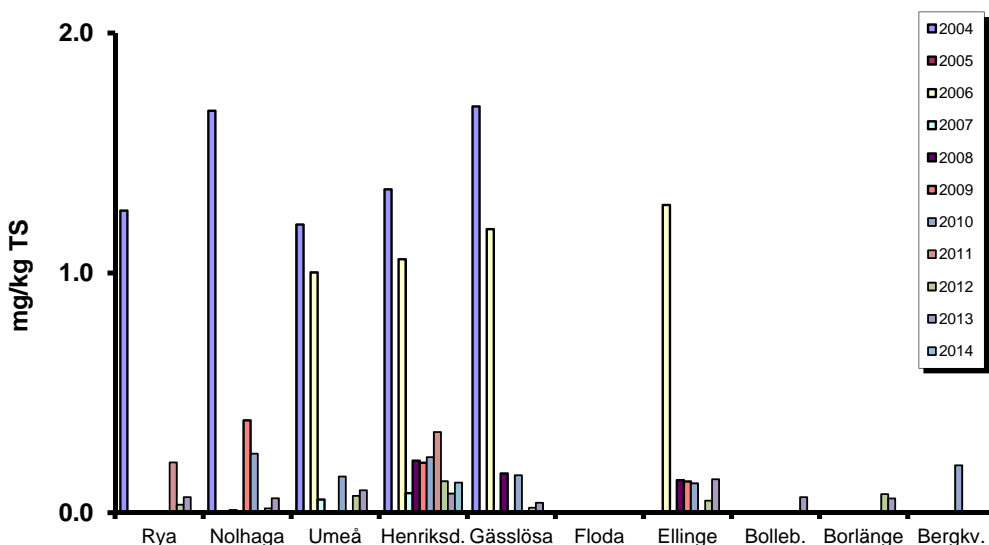
FQs norfloxacin och ciprofloxacin har tidigare (år 2004-2007) påvisats i alla ARV, men 2008 och framåt var endast ciprofloxacin detekterbar i alla reningsverken. Under 2014 detekterades norfloxacin inte vid något reningsverk och ofloxacin bara vid ett reningsverk. Halter av ofloxacin och ciprofloxacin i reningsverks slam från år 2004-2014 redovisas i Figur 3 och 4.

Tabell 4. Resultat från 2014 års prover, utgående vatten, fluorokinoloner ($\mu\text{g/L}$).

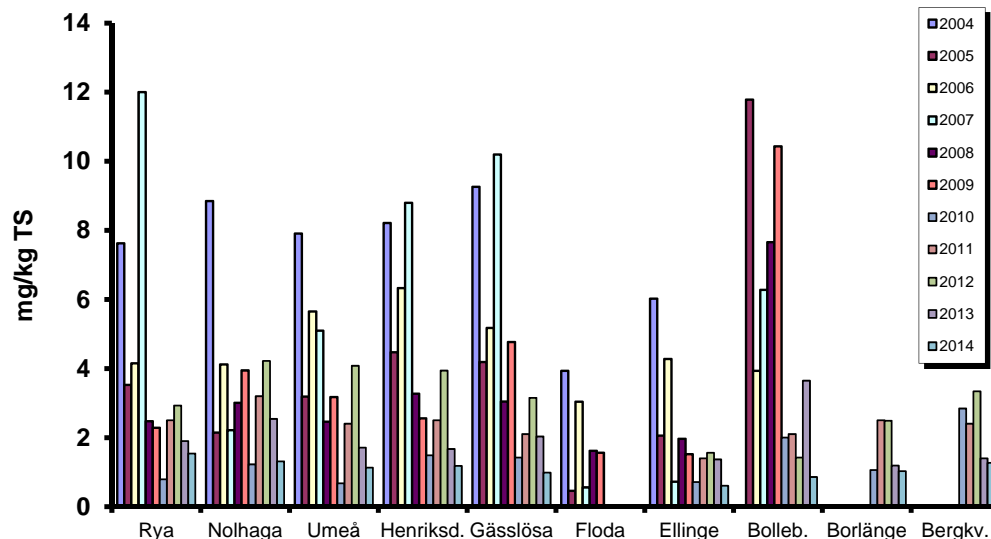
| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|---------------|----------------|--------------|-------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| Norfloxacin | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ofloxacin | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ciprofloxacin | <0,01 | 0,19 | <0,01 | 0,21 | <0,01 | 0,13 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |

Tabell 5. Resultat från 2014 års prover, slam, fluorokinoloner (mg/kg TS).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|---------------|----------------|--------------|-------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| Norfloxacin | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ofloxacin | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ciprofloxacin | 1,54 | 1,31 | 1,13 | 1,18 | 0,99 | 0,61 | 0,86 | 1,03 | 1,27 |



Figur 3. Halter av Ofloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 4. Halter av Ciprofloxacin i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.

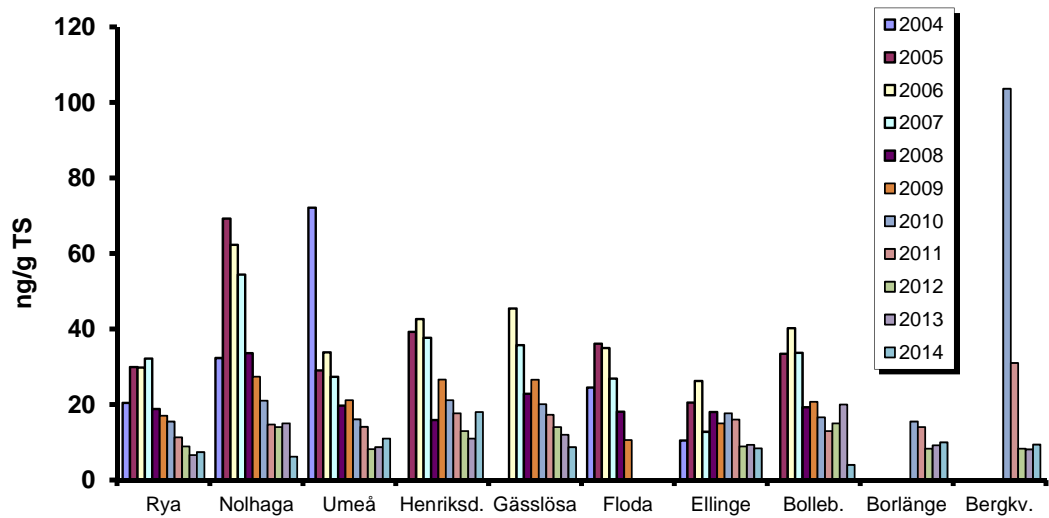
Bromerade difenyletrar (PBDE)

Slam

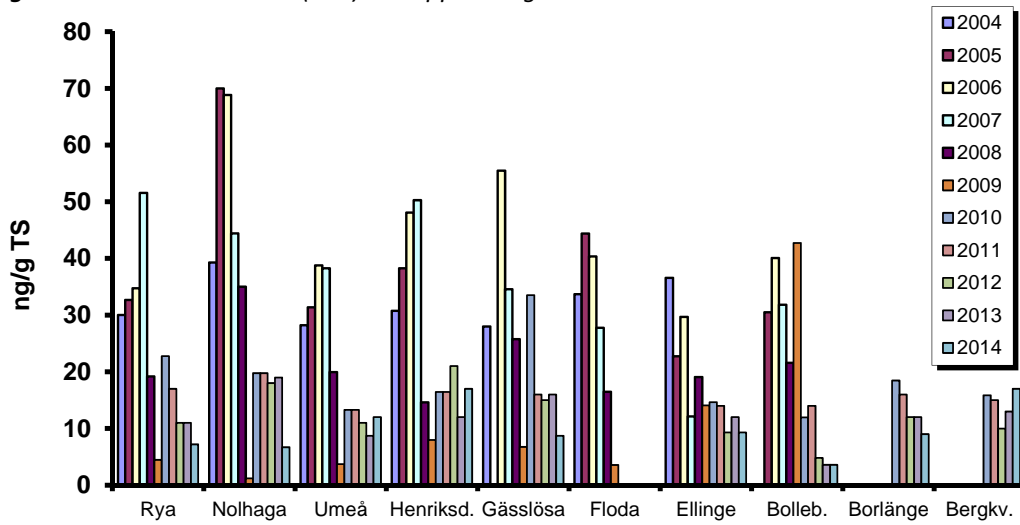
DecaBDE (#209) förekom, liksom tidigare år, i de högsta halterna i slam (uttryckt som ng per gram torrs substans, TS) från alla ARV, se Tabell 6. Halter av tetraBDE (#47), pentaBDE (#99) och decaBDE i avloppsreningsverks slam under åren 2004-2014 redovisas i Figur 5-7. Proverna från Bergkvara har utmärkt sig tidigare med relativt höga halter av tetraBDE (#47) och decaBDE, men var under 2013 och 2014 jämförbara med övriga reningsverk.

Tabell 6. Resultat från 2014 års prover, slam, PBDE ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$).

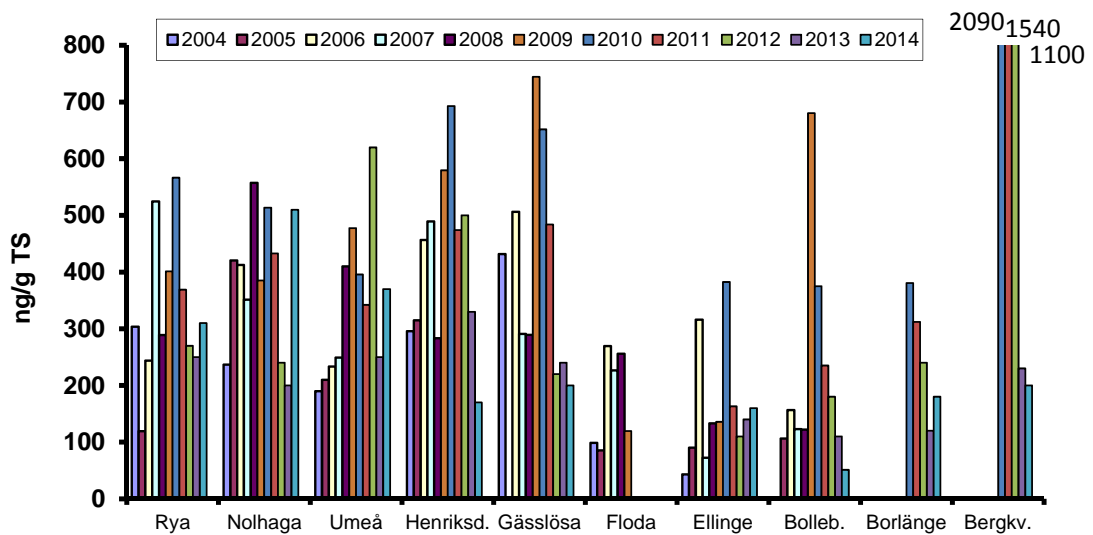
| | Rya- verket | Nolvå- haga | Umeå | Henriks- dal | Gässlösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-------|----------------|----------------|------|-----------------|----------|---------|----------------|---------------|----------------|
| # 28 | 0,13 | 0,09 | 0,18 | 0,27 | 0,13 | 0,12 | 0,07 | 0,15 | 0,12 |
| # 47 | 7,4 | 6,2 | 11 | 18 | 8,7 | 8,4 | 4,0 | 10 | 9,4 |
| # 99 | 7,2 | 6,7 | 12 | 17 | 8,7 | 9,3 | 3,6 | 9,0 | 17 |
| # 100 | 1,3 | 1,4 | 1,7 | 3,0 | 1,7 | 1,7 | 0,60 | 1,4 | 1,3 |
| # 153 | 1,0 | 0,72 | 1,5 | 2,2 | 1,1 | 1,0 | 0,50 | 1,3 | 1,4 |
| # 154 | 0,67 | 0,62 | 0,93 | 1,6 | 0,78 | 0,77 | 0,30 | 0,76 | 0,79 |
| # 183 | 0,48 | 0,30 | 0,50 | 0,80 | 0,36 | 0,29 | 0,19 | 0,44 | 0,33 |
| # 209 | 310 | 510 | 370 | 170 | 200 | 160 | 51 | 180 | 200 |



Figur 5. Halter av TetraBDE (#47) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.



Figur 6. Halter av PentaBDE (#99) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.



Figur 7. Halter av DecaBDE (#209) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.

Klorparaffiner (PCA)

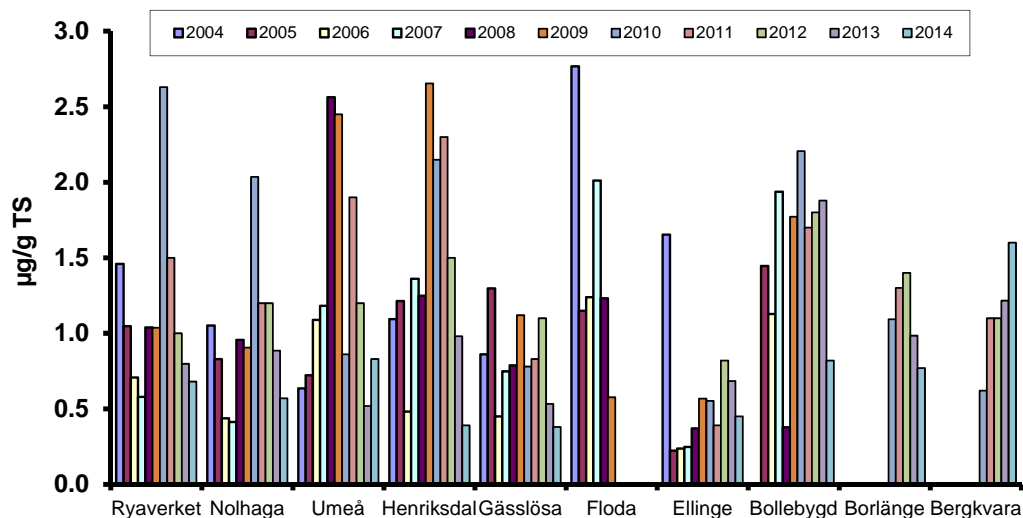
Slam

Tabell 7 redovisar halter av klorparaffiner (PCA) i avloppsreningsverksslam år 2014. Även detta år återfinns i slammet de långkedjade klorparaffinerna (LCCP) i högst koncentration, men halterna är på väg att minska. Sammanfattning av PCA-halter för åren 2004-2014 kan ses i Figur 8-10.

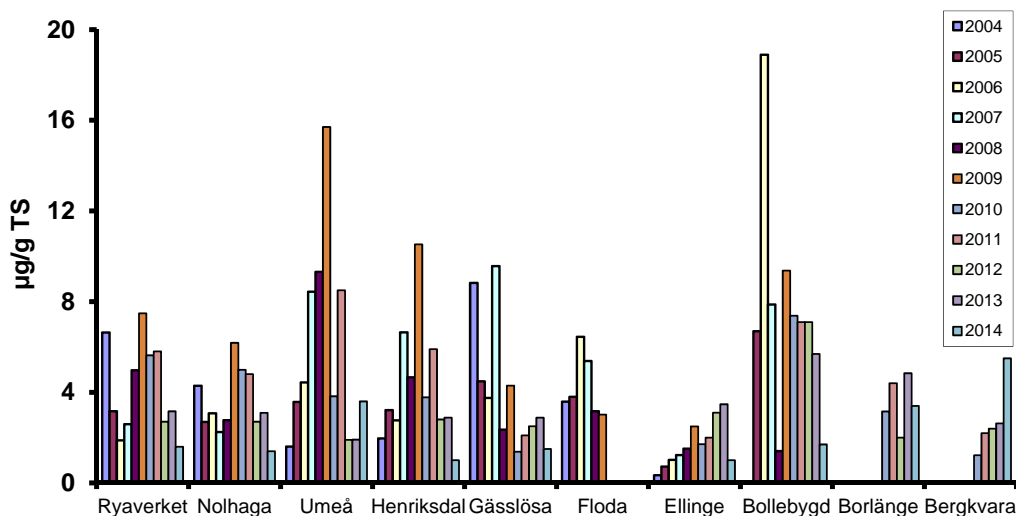
Tabell 7. Resultat från 2014 analyser av klorparaffiner (CP) (mg/kg TS).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-------------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| SCCP ¹ | 0,68 | 0,57 | 0,83 | 0,39 | 0,38 | 0,45 | 0,82 | 0,77 | 1,6 |
| MCCP ² | 1,6 | 1,4 | 3,6 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,7 | 3,4 | 5,5 |
| LCCP ³ | 3,6 | 3,4 | 5,2 | 2,8 | 3,6 | 3,2 | 4,9 | 14 | 9,0 |

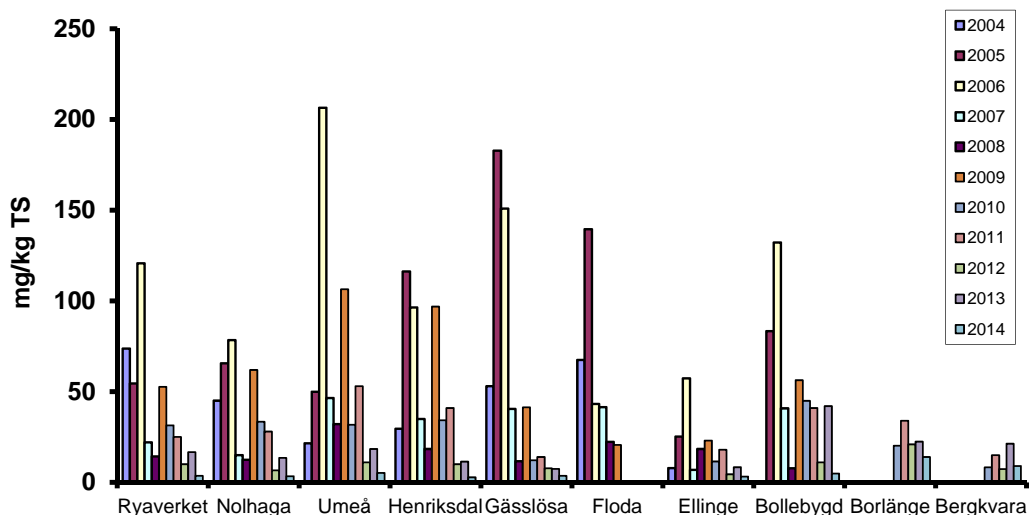
¹SCCP: Short chain CP, C₁₀-C₁₃. ²MCCP: Medium chain CP, C₁₄-C₁₇. ³LCCP: Long chain CP, C₁₈-C₂₀.



Figur 8. SCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 9. MCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 10. LCCP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.

Fluorerade ämnen

De 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 2014. En jämförelse av PFOA- och PFOS-halter kan ses i Figur 11.

Slam

Halter av fluorerade ämnen i avloppsreningsverksslam år 2014 redovisas i Tabell 10. Figur 12 visar PFOS-halter i slammet 2004-2014, med generellt minskning halter över tiden. Variationer av PFOA-halter under 2004-2014 kan ses i Figur 13. Bilden är här mer komplex. 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 |

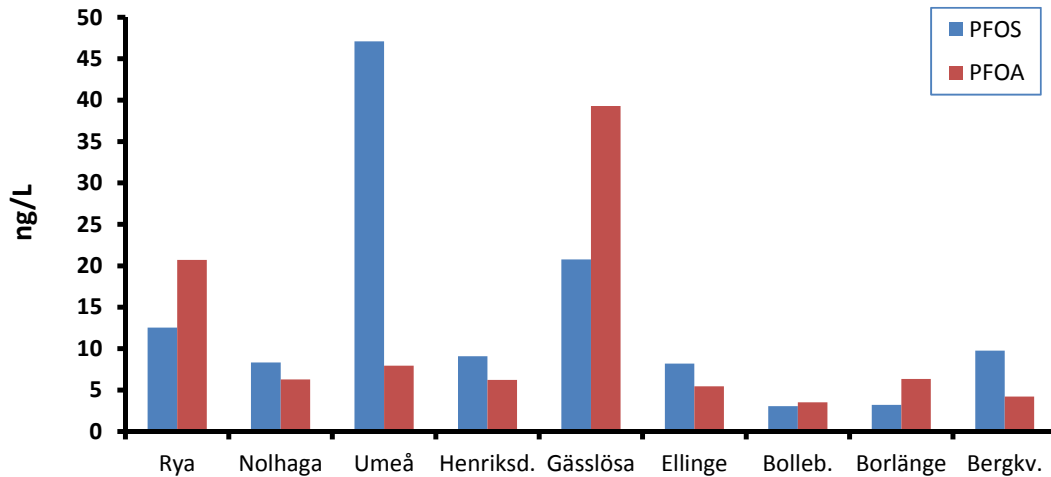
Tabell 9. Resultat från 2014-års prover, utgående vatten (ng/L). Nomenklatur se Tabell 8.

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-----------------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| PFBA | 28,5 | 40,9 | 55,0 | 18,8 | 30,8 | 52,9 | 16,4 | 43,3 | 35,8 |
| PFPA | <1,8 | 3,11 | 3,41 | 5,00 | 23,9 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | <1,8 |
| PFHxA | 19,4 | 10,4 | 17,8 | 21,6 | 41,3 | 41,7 | 16,9 | 15,7 | 4,01 |
| PFHpA | 3,84 | 1,54 | 3,38 | 2,33 | 15,7 | 1,99 | 2,15 | 1,17 | 1,02 |
| PFOA | 20,7 | 6,27 | 7,93 | 6,23 | 39,3 | 5,45 | 3,52 | 6,34 | 4,2 |
| PFNA | 2,80 | 1,42 | 1,18 | 1,98 | 5,35 | 1,58 | 1,10 | 1,01 | <0,75 |
| PFDA | 5,31 | 1,14 | 1,12 | 1,99 | 5,50 | 1,96 | 1,38 | 0,917 | <1 |
| PFUnA | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| PFDoDA | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| PFBS | 2,15 | 2,41 | 4,14 | 6,92 | 5,05 | 2,32 | 1,13 | 0,556 | 1,73 |
| PFHxS | 2,08 | 1,86 | 4,78 | 2,80 | 6,06 | 2,18 | 0,967 | 0,913 | 6,24 |
| Lin-PFOS ¹ | 7,83 | 5,24 | 28,8 | 6,59 | 11,3 | 4,37 | 1,95 | 1,43 | 4,68 |
| Br-PFOS ¹ | 4,70 | 3,10 | 18,3 | 2,48 | 9,47 | 3,81 | 1,09 | 1,77 | 5,07 |
| 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 | 0,27 | 0,11 | 0,18 | 0,11 | 0,24 | 0,23 | 0,16 | 0,35 | 0,06 |
| Br-PFOSA | 0,17 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,07 | 0,13 | 0,25 | 0,04 | 0,01 |

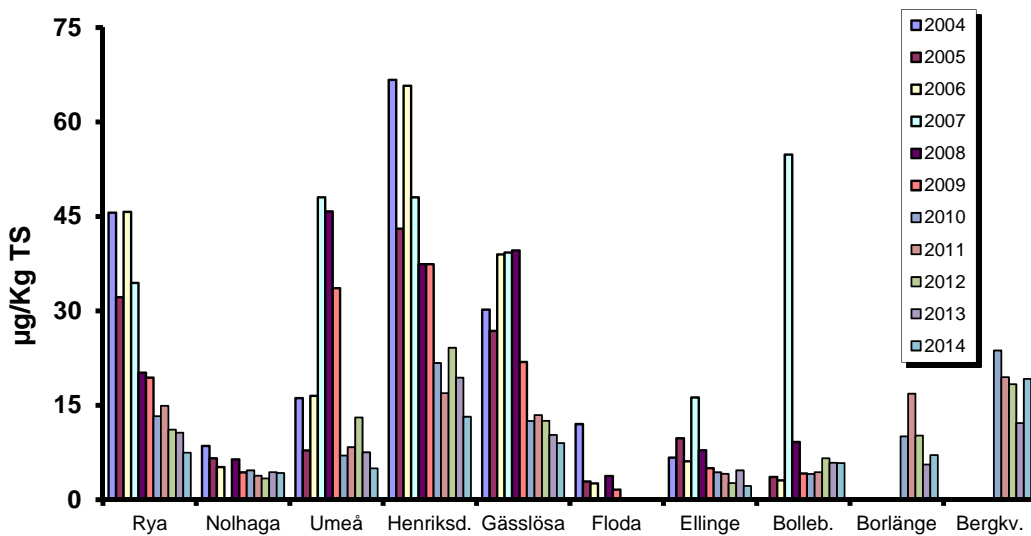
¹ Lin = linjär, Br = grenad.**Tabell 10. Resultat från 2014-års prover, slam, perfluorerade ämnen (µg/kg TS).**

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|----------|----------------|--------------|-------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| PFHxA | 2,26 | 3,15 | 2,93 | 4,26 | 13,27 | 1,44 | 4,15 | 9,06 | <0,01 |
| PFHpA | <0,01 | 0,54 | <0,01 | <0,01 | 0,68 | <0,01 | <0,01 | 0,13 | <0,01 |
| PFOA | 1,57 | 2,63 | 0,87 | 2,04 | 3,96 | 0,48 | 1,28 | 1,60 | 0,67 |
| PFNA | 0,30 | 0,42 | 0,27 | 0,75 | 1,07 | 0,19 | <0,01 | 0,38 | 0,01 |
| PFDA | 1,53 | 1,82 | 1,00 | 3,92 | 6,53 | 1,02 | 3,15 | 1,62 | 1,14 |
| PFUnDA | 1,10 | 0,79 | 0,56 | 1,53 | 2,88 | 0,53 | 0,56 | 0,81 | 0,38 |
| PFDoDA | 1,44 | 1,18 | 0,87 | 2,26 | 1,21 | 0,47 | 0,52 | 0,87 | 0,78 |
| PFTTrDA | 0,25 | 0,17 | 0,16 | 0,31 | 0,63 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,02 |
| PFTeDA | 0,38 | 0,27 | 0,30 | 0,54 | 0,26 | 0,18 | 0,07 | 0,21 | 0,17 |
| PFPeDA | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 | <0,15 |
| PFBS | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | <0,01 | <0,01 |
| PFHxS | <0,06 | 4,69 | 0,58 | 3,81 | 4,40 | 5,61 | 1,12 | 0,48 | 0,47 |
| lin-PFOS | 6,87 | 3,35 | 4,48 | 12,29 | 8,29 | 2,16 | 5,29 | 6,54 | 16,51 |
| br-PFOS | 0,60 | 0,90 | 0,52 | 0,90 | 0,73 | 0,04 | 0,55 | 0,55 | 2,68 |
| lin-PFDS | 0,87 | 0,15 | 1,56 | 1,90 | 0,32 | 0,57 | <0,01 | 0,98 | 0,04 |
| br-PFDS | 0,27 | 0,03 | 0,47 | 1,04 | 0,12 | 0,07 | <0,01 | 0,10 | 0,02 |
| lin-FOSA | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,01 | <0,006 | 0,01 |
| br-FOSA | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 |

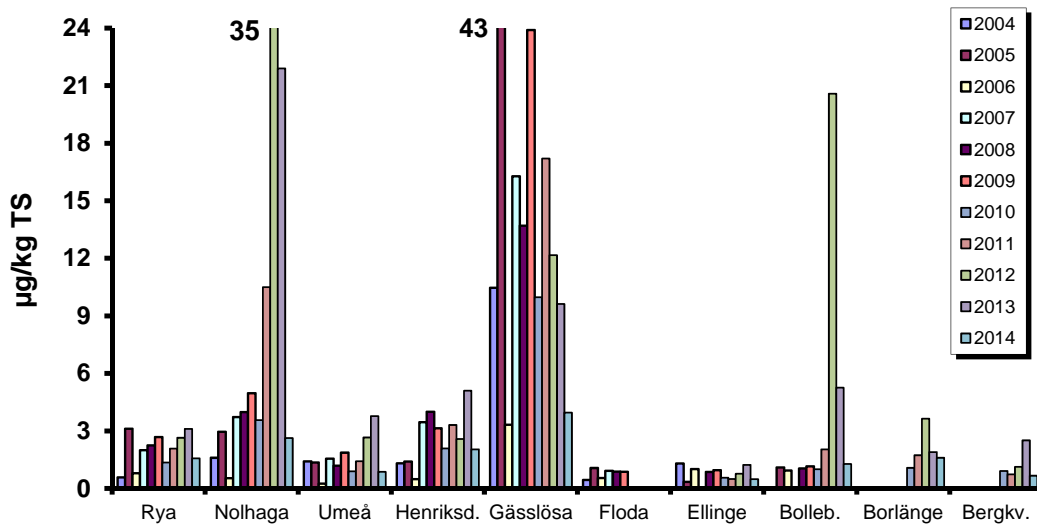
nq = ej kvantifierat (pga interferens).



Figur 11. PFOA- och PFOS-halter (ng/L) i utgående vatten, ARV (2014).



Figur 12. PFOS-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 13. PFOA-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.

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) och tris(2-kloroisopropyl)fosfat (TCPP) förekom i högre halter än övriga OPs i utgående vatten år 2014, se Tabell 12.

Slam

Tabell 13 redovisar halter av OP i avloppsreningsverksslam från 2014. Haltjämförelse av tris(2-kloroisopropyl)fosfat (TCPP), tris(1,3-dikloropropyl)fosfat (TDCPP), trifenyfosfat (TPP) och tris(2-butoxyetyl)fosfat (TBEP) mellan åren 2004 och 2014 visas i Figur 14-17. Halterna av de klorerade fosfaterna TCPP och TDCPP ökar med tid. TPP har ökat under perioden 2007-2014.

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 |

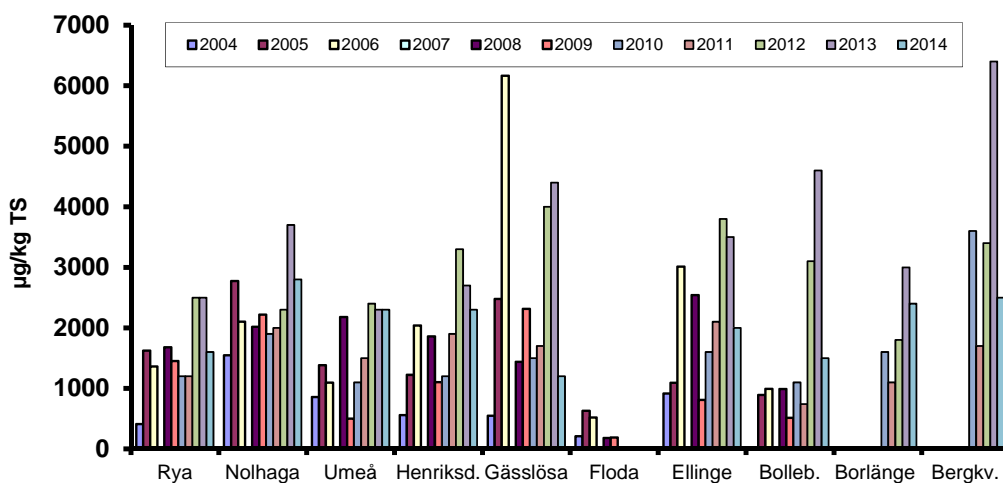
Tabell 12. Resultat från 2014 års prover, utgående vatten (ng/L). Nomenklatur se Tabell 13.

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| TBP | 35 | 83 | 97 | 200 | 6,7 | 16 | 47 | 82 | 31 |
| TCEP | 150 | 200 | 160 | 88 | 170 | 111 | 180 | 150 | 72 |
| TCPP | 1100 | 3200 | 1100 | 560 | 1100 | 1300 | 1700 | 1400 | 560 |
| TDCPP | 200 | 980 | 230 | 92 | 230 | 250 | 340 | 220 | 110 |
| TBEP | 3400 | 2900 | 2800 | 880 | 460 | 260 | 5500 | 690 | 2400 |
| TPP | 25 | 9,1 | 47 | 7,1 | 15 | 12 | 43 | 35 | 19 |
| EHDPP | 2,2 | 2,9 | 4,5 | 1,2 | 3,1 | 0,68 | 1,8 | 3,0 | 0,91 |
| TEHP | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| TCP | 2,9 | 2,0 | 3,0 | 0,69 | 3,1 | 0,42 | 1,4 | 2,6 | 1,5 |

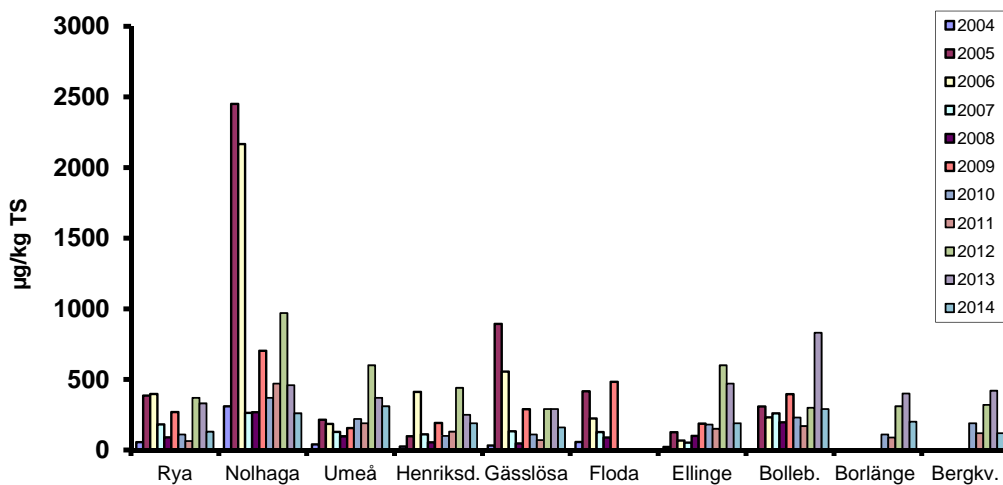
Tabell 13. Resultat från 2014 års prover, slam, organofosfater (µg/kg TS).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| TBP | 27 | 61 | 27 | 1200 | 27 | 25 | 21 | 23 | 13 |
| TCEP | 11 | 51 | 15 | 27 | 16 | 24 | 49 | 17 | 12 |
| TCPP | 1600 | 2800 | 2300 | 2300 | 1200 | 2000 | 1500 | 2400 | 2500 |
| TDCPP | 130 | 260 | 310 | 190 | 160 | 190 | 290 | 200 | 120 |
| TBEP | 400 | 300 | 720 | 1300 | 560 | 120 | 610 | 1200 | 1900 |
| TPP | 120 | 120 | 160 | 190 | 150 | 150 | 270 | 240 | 260 |
| EHDPP | 1400 | 680 | 2100 | 1800 | 1700 | 930 | 950 | 1700 | 940 |
| TEHP | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. | n.m. |
| TCP | 150 | 160 | 600 | 340 | 340 | 170 | 270 | 500 | 280 |

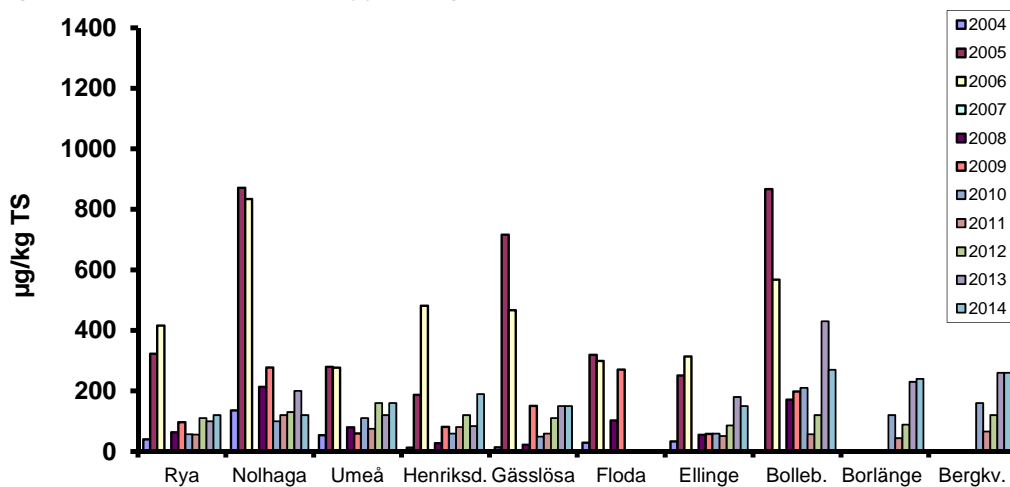
n.m., not measured.



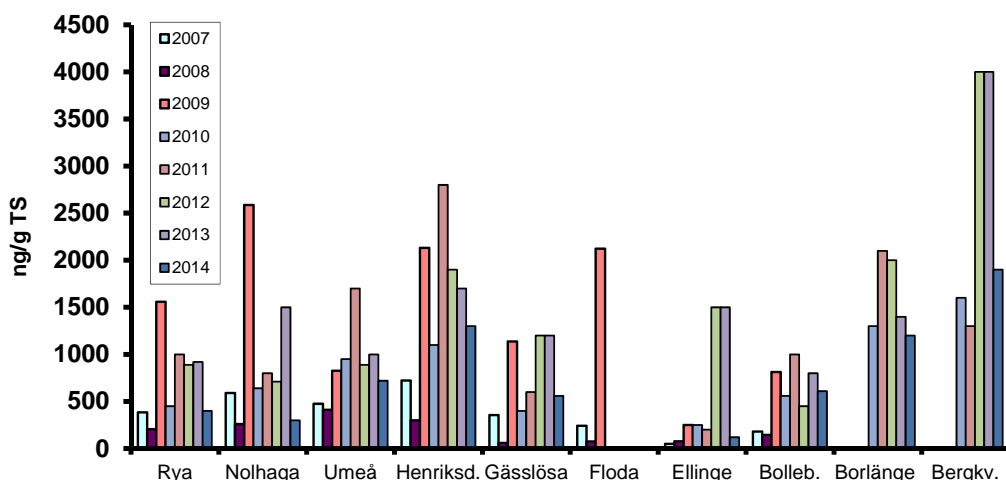
Figur 14. Halter av TCPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 15. Halter av TDCPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 16. Halter av TPP i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 17. Halter av TBEP i avloppsreningsverken (slam) år 2007-2014.

Ftalater och Butylhydroxytoluen

Utgående vatten

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

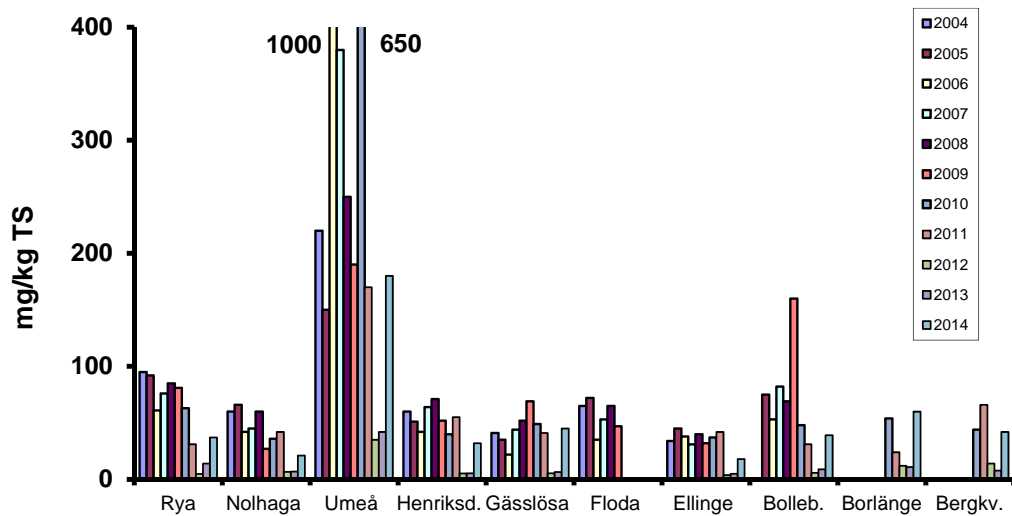
Slam

Di-(2-etylhexyl)ftalat (DEHP), di-*iso*-nonylftalat (DINP), di-*iso*-decylftalat (DIDP) och di-*n*-butylftalat påvisades i alla ARV år 2014, medans halterna av övriga ftalater var under eller nära detektionsgränsen, se Tabell 14. Halterna av DEHP har genomgående minskat, Figur 18. Halterna av DINP har också minskat men inte lika mycket, Figur 19-20. Tidigare har slam från Umeå ARV innehåller mer DEHP och slam från Gässlösa ARV mer DIDP än övriga ARV. Möjligen kan en generell ökning av DIDP skönjas under senare år, som i så fall skulle kunna härledas till den substitution som skett av DEHP med DINP och DIDP.

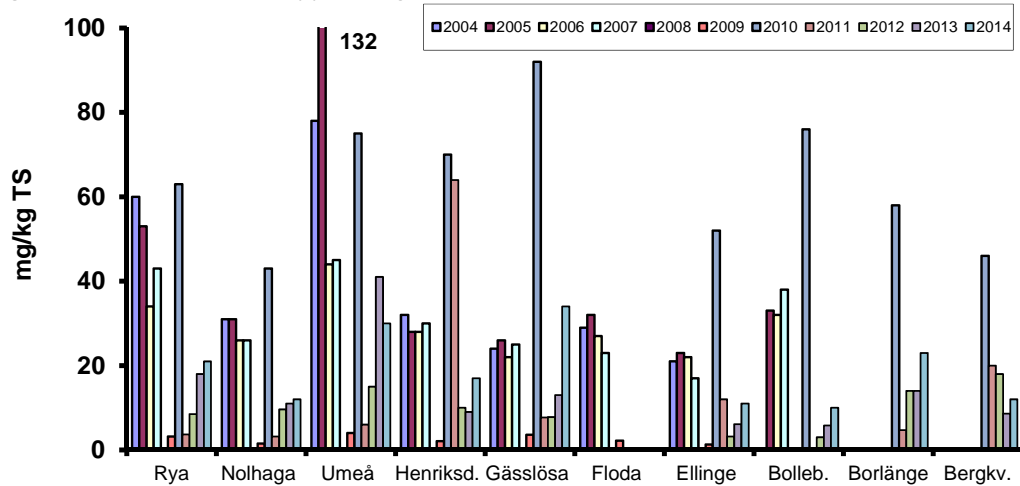
Tidigare år (2004 och 2005) påvisades BHT i alla ARV, men på senare år har den detekterats mindre frekvent. År 2014 detekterades den i 7 av 9 slam i halter (0,53 – 2,6 mg/kg) nära detektionsgränsen (0,50 mg/kg).

Tabell 14. Resultat från 2014 års prover, slam, ftalater och BHT (mg/kg TS).

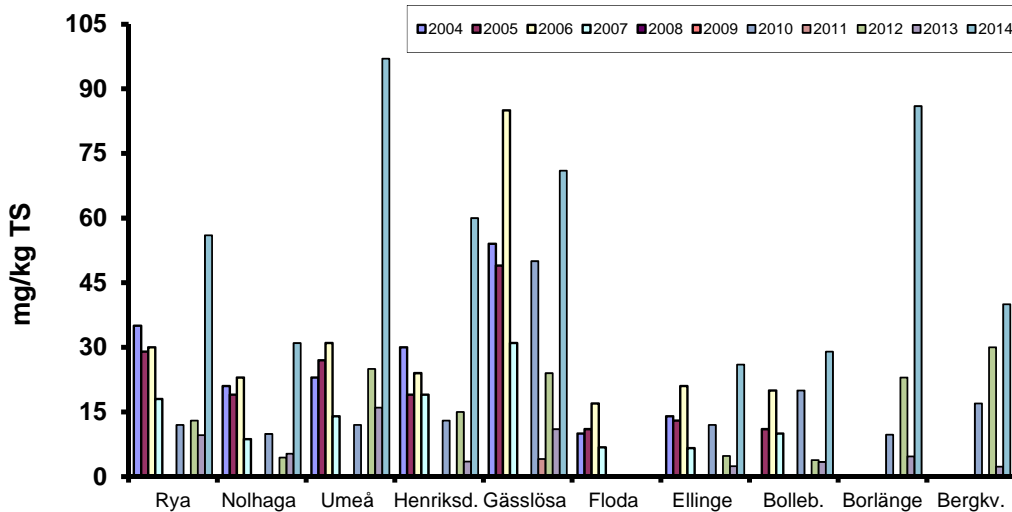
| | Förk. | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-----------------------------|-------|----------------|--------------|-------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| Dimetylftalat | DMP | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Dietylftalat | DEP | 0,01 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,02 |
| Di- <i>n</i> -butylftalat | DBP | 0,02 | 0,21 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | <0,01 | 0,05 | 0,09 |
| Butylbensylftalat | BBP | <0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,04 | 0,12 | 0,19 | <0,1 | 0,18 | 0,10 |
| Di-(2-etylhexyl)ftalat | DEHP | 37 | 21 | 180 | 32 | 45 | 18 | 39 | 60 | 42 |
| Di- <i>n</i> -oktylftalat | DOP | <0,05 | <1,5 | <1,2 | <0,7 | <1,0 | <0,6 | <0,6 | <1,0 | <0,6 |
| Di- <i>iso</i> -decylftalat | DIDP | 56 | 31 | 97 | 60 | 71 | 26 | 29 | 86 | 40 |
| Di- <i>iso</i> -nonylftalat | DINP | 21 | 12 | 30 | 17 | 34 | 11 | 10 | 23 | 12 |
| Dimetylftalat | DMP | 0,01 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,02 |



Figur 18. DEHP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 19. DINP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 20. DIDP-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.

Klorbensener

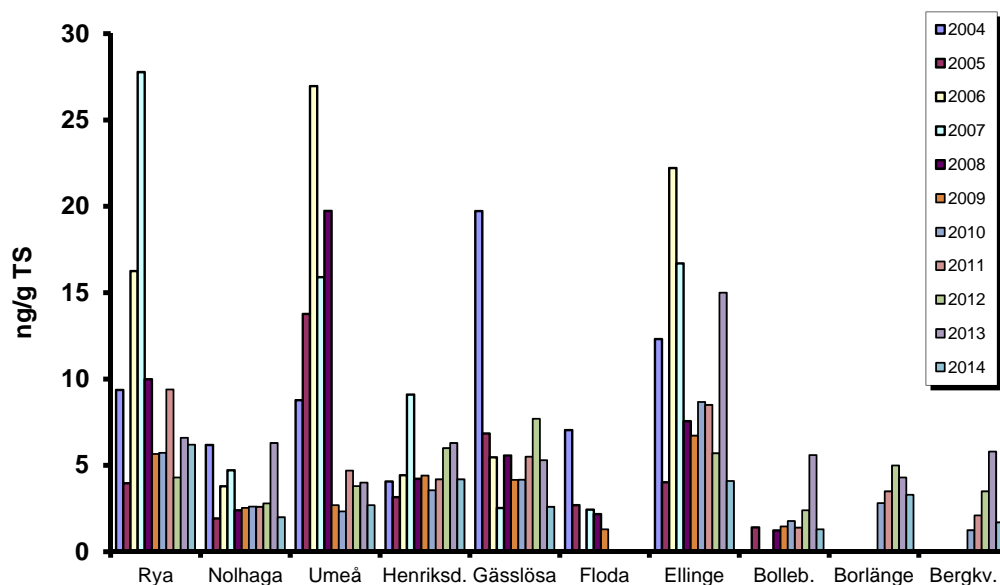
Slam

Halter av klorbensener redovisas i Tabell 15. Halter av hexaklorbensenen skiljer sig under senare år inte nämnvärt mellan ARV (Figur 21). Mellanårsvariationen är dock stor för vissa reningsverk, ex. Ryaverket, Umeå och Ellinge.

Tabell 15. Resultat från 2014 års prover, slam, klorbensener ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-----------------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| 1,3-diCB | 0,95 | 1,4 | 0,19 | 0,51 | 0,65 | 1,4 | 0,33 | 0,76 | 0,77 |
| 1,4-diCB | 3,5 | 7,6 | 2,1 | 4,5 | 5,5 | 3,2 | 0,60 | 2,0 | 1,3 |
| 1,2-diCB | 7,0 | 10 | 2,9 | 3,6 | 7,7 | 3,7 | 1,4 | 4,3 | 7,2 |
| 1,3,5-triCB | 0,30 | 0,28 | 0,11 | 0,23 | 0,67 | 0,20 | 0,06 | 0,25 | 0,08 |
| 1,2,4-triCB | 1,9 | 2,7 | 1,3 | 1,1 | 2,5 | 8,4 | 0,70 | 1,3 | 0,88 |
| 1,2,3-triCB | 0,49 | 0,65 | 0,36 | 0,26 | 0,31 | 3,0 | 0,13 | 0,31 | 0,25 |
| 1235/1245- tetraCB | 0,62 | 0,31 | 0,19 | 0,21 | 0,52 | 0,64 | 0,09 | 0,24 | 0,12 |
| 1,2,3,4- tetraCB | 1,62 | 0,56 | 0,18 | 0,17 | 0,23 | 0,97 | 0,05 | 0,26 | 0,14 |
| PentaCB | 1,5 | 0,67 | 0,93 | 0,88 | 0,88 | 1,3 | 0,40 | 1,1 | 1,1 |
| HexaCB | 6,2 | 2,0 | 2,7 | 4,2 | 2,6 | 4,1 | 1,3 | 3,3 | 1,7 |

CB = Klorbensener.



Figur 21. HexaCB-halter i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.

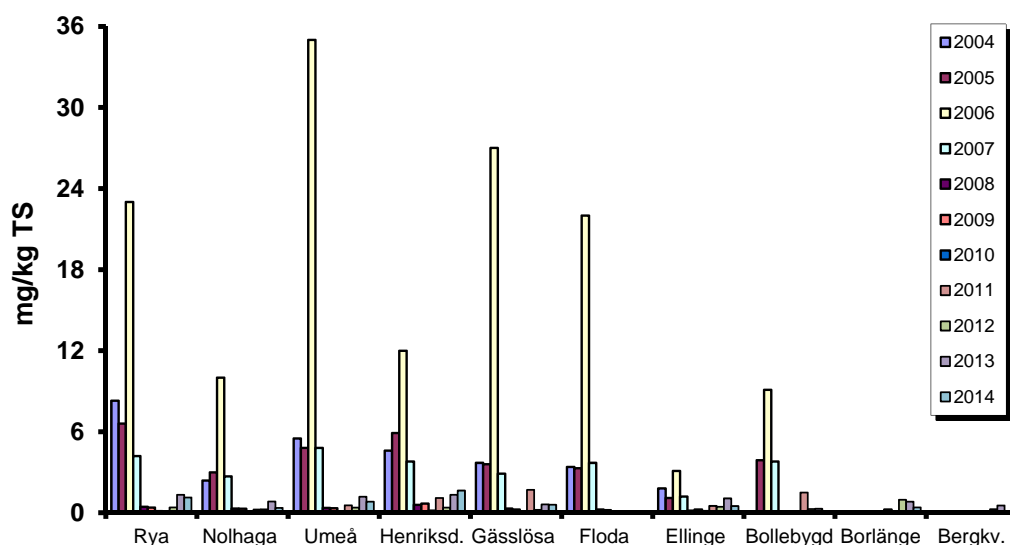
Klorfenoler, Nonyl- och oktylfenoler, Triclosan och Bisfenol A

Utgående vatten

De flesta klorfenoler, oktylfenol och triclosan var ofta under eller nära detektionsgränsen (0,01 µg/L) i utgående vatten från ARV, Tabell 16. Även nonylfenol var nära detektionsgräns i många prov (0,1 µg/L) men kunde detekteras i sju av nio vattenprover (0,12 – 0,27 µg/L). Vatten från Nolhaga avvek från övriga prover med höga halter av både oktylfenol (0,33 µg/L) och nonylfenol (0,27 µg/L). Bisfenol A detekterades sex av de nio proverna (0,65 – 0,18 µg/L).

Slam

År 2014 detekterades inte Bisfenol A i slammet (<0,05 µg/kg TS) och heller inga klorfenoler (0,05 mg/kg TS). Nonyl- och oktylfenol samt triclosan detekterades i alla ARV, Tabell 17. Figur 22 visar halter av triclosan i slam från år 2004-2014.



Figur 22. Triclosanhalter (år 2004-2014) i avloppsreningsverksslam.

Tabell 16. Klorfenoler, 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan i vatten från 2014 ($\mu\text{g/L}$).

| | 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 | 0.013 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0.023 | < 0,01 |
| 2,6-diCP | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | 0.042 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 2,4+2,5-diCP | < 0,01 | < 0,01 | 0.014 | < 0,01 | < 0,01 | 0.019 | < 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 | < 0,01 | < 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 | 0.053 | < 0,01 | 0,013 | < 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 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| 2,3,5,6-TeCP | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 2,3,4,6- TeCP | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| 2,3,4,5- TeCP | < 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 | 0,014 | < 0,01 |
| 4-NP | <0,10 | 0,27 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | <0,10 | 0,12 | 0,17 | 0,16 |
| 4-t-OP | <0,01 | 0,33 | 0,014 | 0,020 | <0,01 | <0,01 | 0,012 | <0,01 | <0,01 |
| Triclosan | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Bisfenol A | 0,12 | 0,065 | <0,05 | 0,18 | 0,077 | 0,15 | <0,05 | 0,14 | <0,05 |

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

Tabell 17. Klorfenoler, 4-NP, 4-t-OP, bisfenol A och triclosan i slam från 2014 (mg/kg TS).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|---------------|----------------|--------------|--------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| 2-monoCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 3-monoCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 4-monoCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,6-diCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,4+2,5-diCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3-diCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 3,5-diCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 3,4-diCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,4,6-triCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3,5-triCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,4,5-triCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3,6-triCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 3,4,5-triCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3,4-triCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3,5,6- TeCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3,4,6- TeCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| 2,3,4,5- TeCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| PentaCP | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,006 |
| 4-NP | 10 | 4,6 | 9,1 | 7,9 | 8,8 | 7,7 | 1,2 | 14 | 0,90 |
| 4-t-OP | 0,44 | 0,42 | 0,38 | 0,51 | 0,26 | 0,36 | 0,024 | 0,28 | 0,018 |
| Triclosan | 1,14 | 0,36 | 0,83 | 1,65 | 0,60 | 0,50 | <0,05 | 0,40 | <0,05 |
| Bisfenol A | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |

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

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

Slam

Oktaklordibenso-*p*-dioxiner och -furaner (OCDD/F) återfanns, liksom tidigare år, i de högsta halterna, Tabell 18, och haltvariationen mellan år 2004 och 2014 kan ses i Figur 23 och 24. En minskande tidstrend kan ses för OCDF.

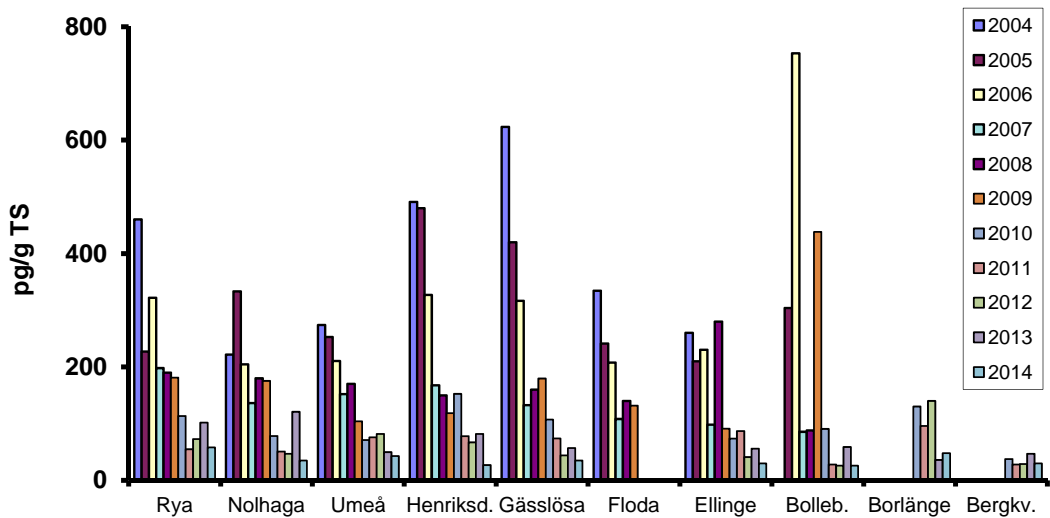
Slamhalter av WHO-PCB kan ses i Tabell 19. Figur 25-28 visar haltvariationen mellan åren 2004-2014 för PCB #118, 77, 126 och 169. Halterna av PCB118 verkar minsta med tiden.

Tabell 18. Resultat från 2014 års prover, slam, PCDD/F (ng/kg TS).

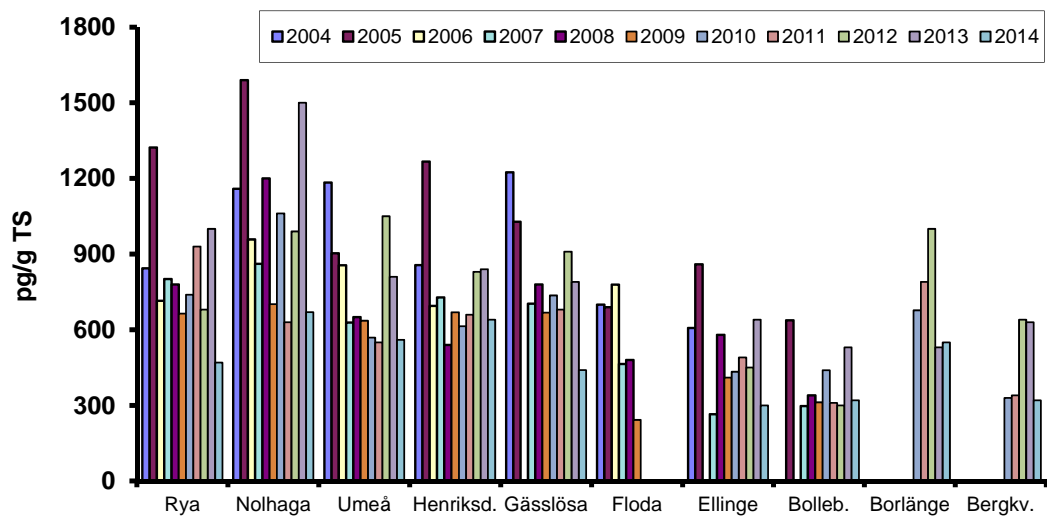
| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|---------------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| 2,3,7,8-TCDD | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| 1,2,3,7,8-PeCDD | 0,21 | 0,19 | 0,27 | 0,06 | <0,2 | 0,22 | <0,2 | <0,2 | <0,2 |
| 1,2,3,4,7,8-HxCDD | 0,22 | 0,14 | 0,12 | 0,35 | 0,21 | 0,20 | 0,09 | 0,31 | 0,10 |
| 1,2,3,6,7,8-HxCDD | 1,3 | 0,93 | 1,4 | 2,4 | 1,5 | 1,2 | 0,84 | 1,7 | 0,47 |
| 1,2,3,7,8,9-HxCDD | 0,69 | 0,51 | 0,87 | 1,4 | 0,79 | 0,59 | 0,19 | 1,1 | 0,20 |
| 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD | 24 | 29 | 31 | 58 | 30 | 18 | 17 | 33 | 15 |
| OCDD | 470 | 670 | 560 | 640 | 440 | 300 | 320 | 550 | 320 |
| 2,3,7,8-TCDF | 3,6 | 1,8 | 3,7 | 4,7 | 3,2 | 2,2 | 1,5 | 3,1 | 1,5 |
| 1,2,3,7,8-PeCDF | 0,47 | 0,10 | 0,25 | 0,21 | 0,27 | 0,24 | 0,14 | 0,44 | 0,10 |
| 2,3,4,7,8-PeCDF | 1,2 | 0,43 | 0,68 | 1,0 | 0,84 | 0,51 | 0,24 | 0,75 | 0,27 |
| 1,2,3,4,7,8-HxCDF | 1,1 | 0,45 | 0,78 | 0,82 | 1,1 | 0,83 | 0,19 | 1,3 | 0,50 |
| 1,2,3,6,7,8-HxCDF | 0,91 | 0,35 | 0,54 | 0,69 | 1,0 | 0,65 | 0,18 | 1,0 | 0,40 |
| 2,3,4,6,7,8-HxCDF | 1,3 | 0,59 | 0,62 | 0,78 | 1,8 | 0,65 | 0,39 | 1,5 | 0,25 |
| 1,2,3,7,8,9-HxCDF | 0,41 | 0,18 | 0,27 | 0,29 | 0,50 | 0,32 | 0,25 | 0,40 | 0,14 |
| 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF | 11 | 6,7 | 11 | 8,4 | 8,4 | 6,7 | 3,4 | 12 | 7,2 |
| 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF | 0,69 | 0,67 | 0,58 | 0,42 | 0,96 | 0,43 | 0,39 | 0,84 | 0,35 |
| OCDF | 58 | 35 | 43 | 27 | 35 | 30 | 26 | 48 | 30 |

Tabell 19. Resultat från 2014 års prover, slam, PCB (ng/kg TS).

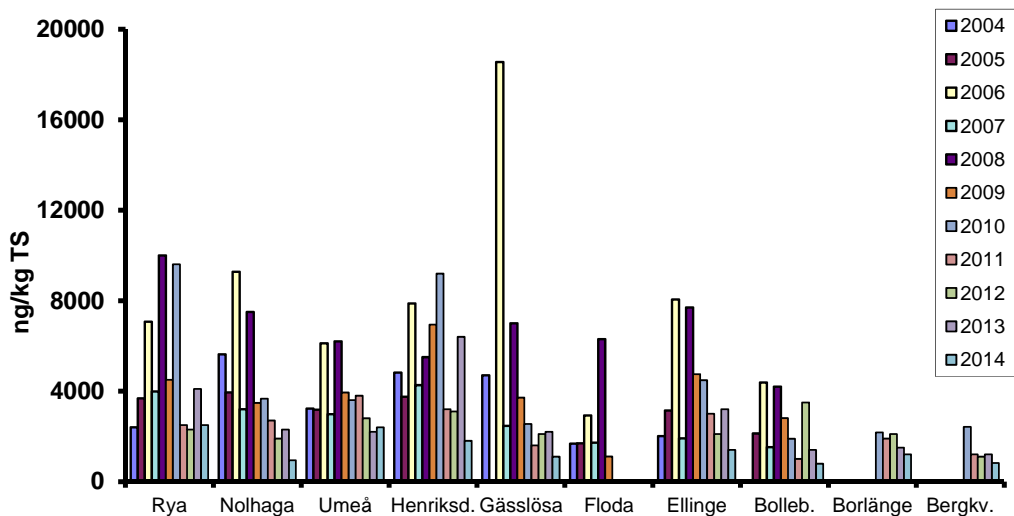
| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| # 105 | 1300 | 460 | 1200 | 910 | 480 | 620 | 370 | 540 | 350 |
| # 114 | 150 | 47 | 120 | 94 | 58 | 69 | 31 | 61 | 40 |
| # 118 | 2500 | 940 | 2400 | 1800 | 1100 | 1400 | 790 | 1200 | 820 |
| # 123 | <10 | 23 | 37 | 26 | 19 | 24 | <10 | 22 | 12 |
| # 156 | 910 | 470 | 870 | 770 | 500 | 640 | 360 | 600 | 430 |
| # 157 | 150 | 79 | 150 | 130 | 76 | 100 | 57 | 92 | 65 |
| # 167 | 580 | 280 | 430 | 510 | 270 | 400 | 180 | 380 | 240 |
| # 189 | 120 | 71 | 96 | 120 | 70 | 94 | 50 | 88 | 66 |
| # 77 | 140 | 140 | 120 | 220 | 90 | 380 | 84 | 100 | 65 |
| # 81 | 4,4 | 4,0 | 4,3 | 7,3 | 2,4 | 4,0 | 2,8 | 3,7 | 2,5 |
| # 126 | 23 | 25 | 20 | 31 | 20 | 35 | 11 | 26 | 7,0 |
| # 169 | 3,0 | 2,9 | 2,1 | 3,5 | 2,7 | 3,8 | 2,5 | 4,0 | 1,8 |



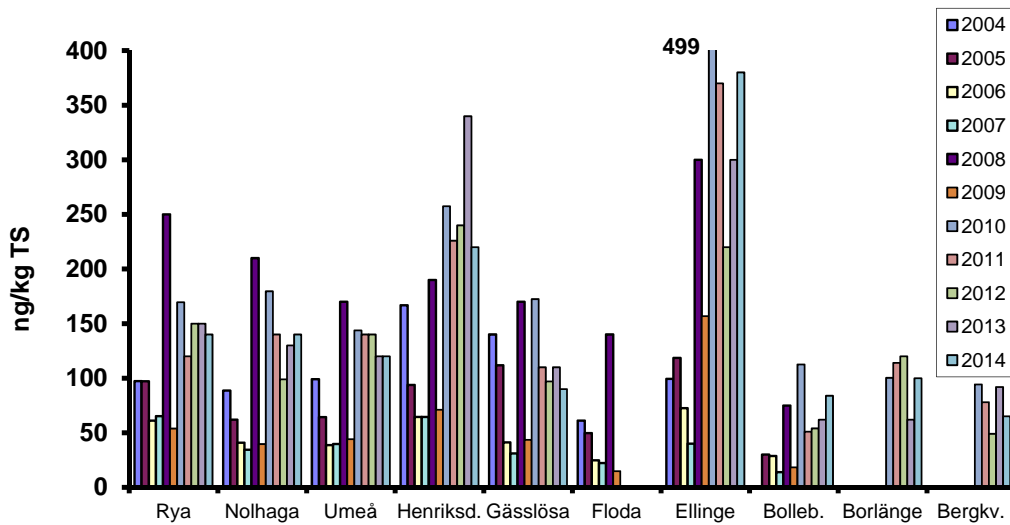
Figur 23. Halter av OCDF (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.



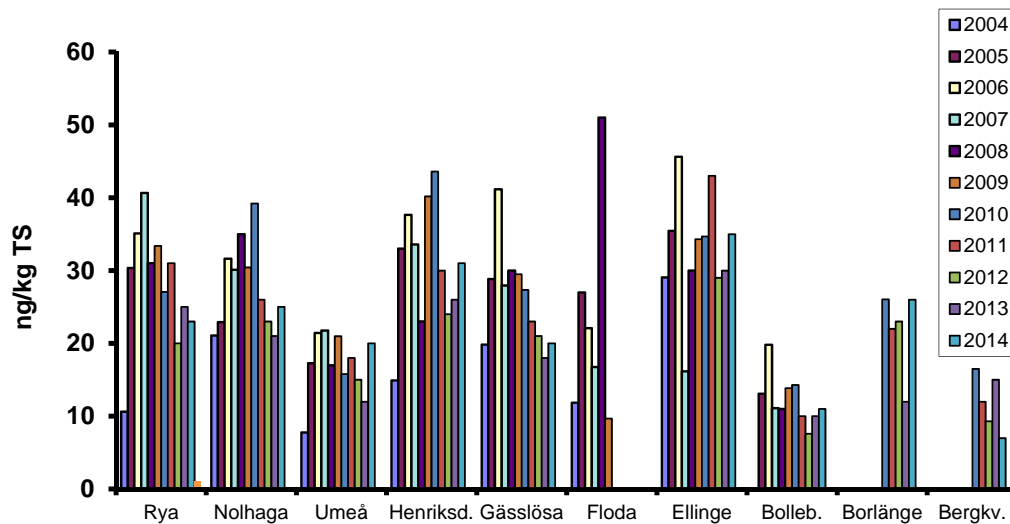
Figur 24. Halter av OCDD (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.



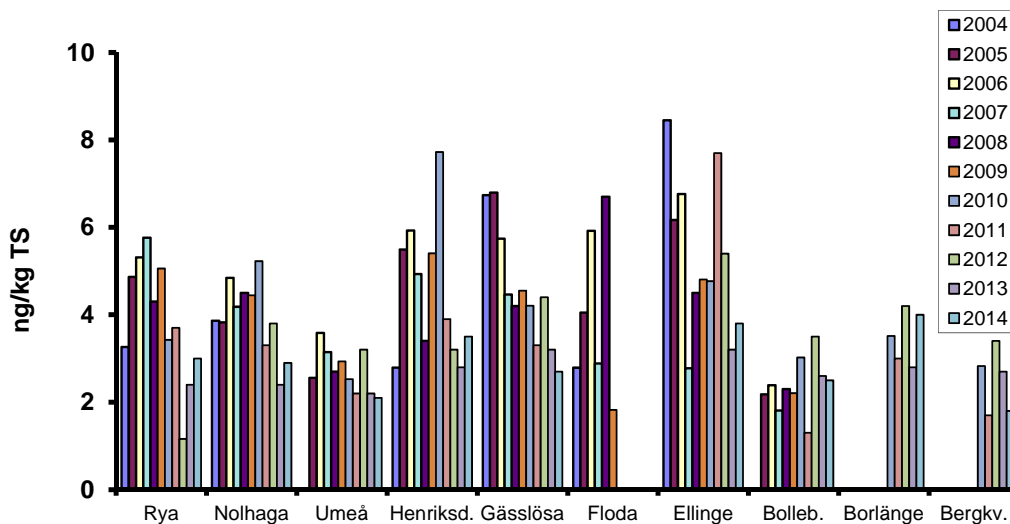
Figur 25. Halter av PCB #118 (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 26. Halter av PCB #77 (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 27. Halter av PCB #126 (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 28. Halter av PCB #169 (år 2004-2014) 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 20. Cr var under detektionsgränsen (0,9 $\mu\text{g/L}$) i alla prover och Hg var under detektionsgränsen (0,02 $\mu\text{g/L}$) i alla utan två ARV 2014 (Ryaverket och Bergkvara).

Slam

Resultaten från grundämnesanalysen (metaller) kan ses i Tabell 21. Cu och Zn påvisades i högsta halter medan Cd och Hg förekom i lägsta halter. Vid spridning av avlopps slam på åkermark måste halterna i slammet vara under gränsvärdena i Tabell 22 [8]. År 2014 överskreds inget gränsvärde. Över de senaste 10 åren verkar kvicksilverhalterna vara relativt konstanta, med undantag för data för samtliga data 2013 (orsak okänd) och ett värde 2008 (Gässlösa), Figur 29. Halterna av Cd minskar över tid, Figur 30.

Tabell 20. Resultat från 2014-års prover, utgående vatten, metaller.

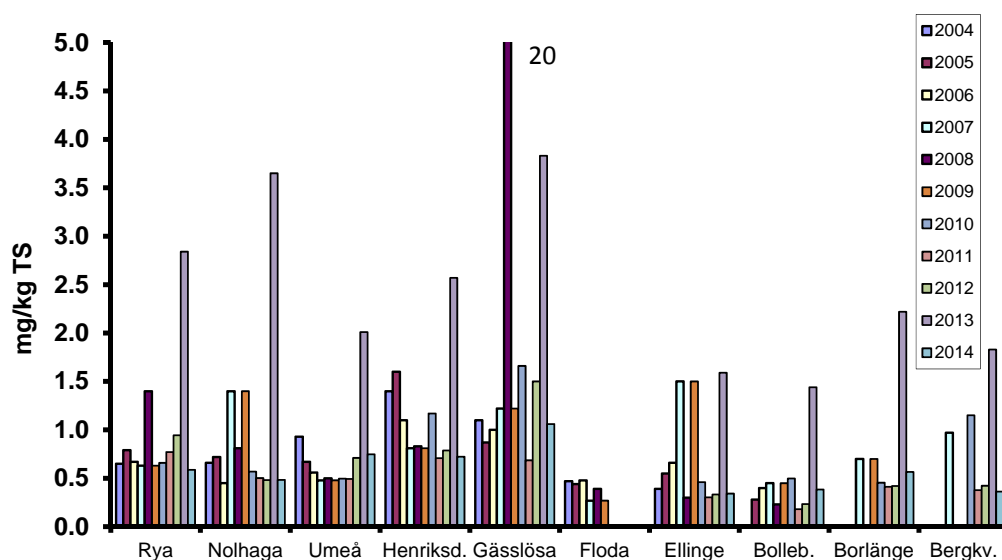
| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|------------------------|----------------|--------------|-------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| Ca (mg/L) | 27,9 | 20,9 | 29,2 | 36,9 | 34,9 | 49,9 | 24,6 | 56,1 | 43,9 |
| Fe (mg/L) | 0,387 | 0,0948 | 0,446 | 0,32 | 0,0322 | 0,727 | 0,0665 | 0,514 | 0,13 |
| K (mg/L) | 17,3 | 16,1 | 40,1 | 19,2 | 17,9 | 49,9 | 17,9 | 20,9 | 12,2 |
| Mg (mg/L) | 7,77 | 4,81 | 5,44 | 7,26 | 4,39 | 5,70 | 5,52 | 5,76 | 7,31 |
| Na (mg/L) | 122 | 82 | 82,3 | 72,6 | 68,9 | 116 | 63,1 | 57,4 | 47,3 |
| Al ($\mu\text{g/L}$) | 25,6 | 1370 | 16,9 | 10,1 | 466 | <10 | 453 | 20,7 | 393 |
| As ($\mu\text{g/L}$) | 1,47 | <0,5 | <0,7 | <0,5 | 0,566 | <0,8 | <0,5 | <0,5 | 0,579 |
| Ba ($\mu\text{g/L}$) | 3,99 | 14,0 | 4,96 | 2,22 | 12,0 | 3,46 | 6,13 | 13,2 | 39,5 |
| Cd ($\mu\text{g/L}$) | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,212 |
| Co ($\mu\text{g/L}$) | 0,873 | 0,357 | 3,98 | 3,13 | 0,448 | 1,28 | 0,256 | 0,799 | 0,57 |
| Cr ($\mu\text{g/L}$) | <0,9 | <0,9 | <0,9 | <0,9 | <0,9 | <0,9 | <0,9 | <0,9 | <0,9 |
| Cu ($\mu\text{g/L}$) | 18,2 | 11,1 | 6,53 | 7,84 | 8,52 | 6,95 | 8,44 | 11,4 | 6,29 |
| Hg ($\mu\text{g/L}$) | 0,020 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,032 |
| Mn ($\mu\text{g/L}$) | 43,2 | 52,4 | 174 | 55,3 | 25,6 | 68,9 | 26,7 | 79,6 | 186 |
| Mo ($\mu\text{g/L}$) | 0,847 | 0,64 | 0,579 | 1,24 | 1,00 | <0,5 | <0,5 | 2,64 | <0,5 |
| Ni ($\mu\text{g/L}$) | 4,04 | 3,03 | 11,9 | 6,57 | 1,89 | 3,41 | 2,05 | 2,64 | 2,86 |
| Pb ($\mu\text{g/L}$) | 0,566 | <0,5 | 0,685 | <0,5 | <0,5 | 0,581 | 0,634 | 0,722 | <0,5 |
| V ($\mu\text{g/L}$) | <0,2 | 0,35 | <0,2 | 0,203 | <0,2 | 0,255 | <0,2 | 0,71 | 0,229 |
| Zn ($\mu\text{g/L}$) | 9,67 | 37,6 | 14,2 | 20,9 | 18,4 | 35,1 | 40,4 | 16,9 | 6,11 |

Tabell 21. Resultat från 2014-års prover, slam, metaller (mg/kg TS).

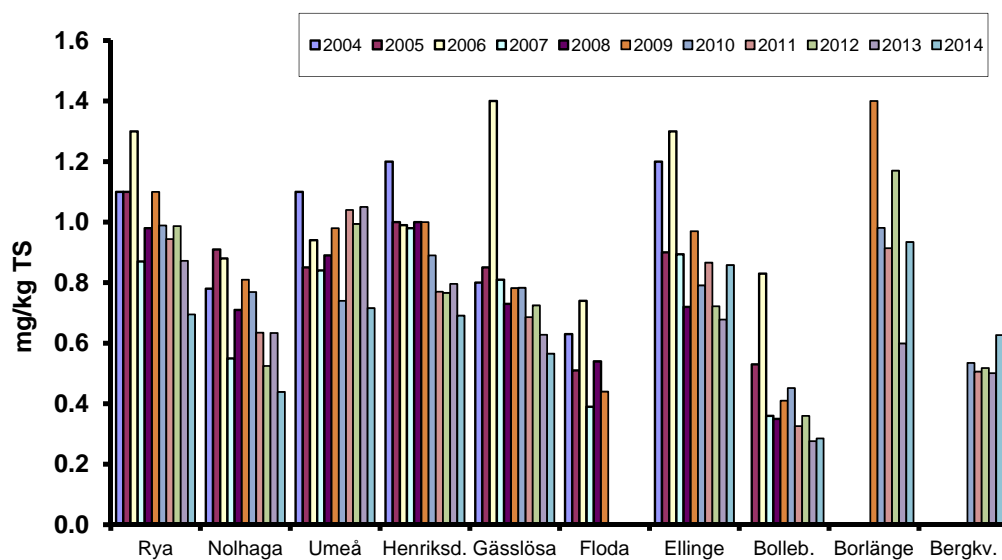
| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|----|----------------|--------------|-------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| As | 3,44 | 3,10 | 3,11 | 3,31 | 2,36 | 3,99 | 2,67 | 2,15 | 2,58 |
| Cd | 0,695 | 0,439 | 0,716 | 0,691 | 0,565 | 0,858 | 0,285 | 0,934 | 0,627 |
| Co | 6,12 | 3,78 | 7,86 | 5,94 | 3,57 | 2,90 | 3,42 | 3,11 | 2,89 |
| Cr | 21,2 | 23,6 | 18,1 | 21,0 | 25,1 | 26,5 | 33,8 | 19,0 | 20,5 |
| Cu | 377 | 200 | 129 | 353 | 247 | 327 | 125 | 395 | 272 |
| Hg | 0,588 | 0,484 | 0,748 | 0,724 | 1,06 | 0,342 | 0,385 | 0,566 | 0,363 |
| Ni | 16,7 | 14,5 | 26,0 | 21,5 | 12,9 | 16,0 | 22,3 | 11,7 | 12,2 |
| Pb | 24,1 | 16,8 | 12,8 | 21,4 | 15,3 | 16,2 | 4,22 | 22,3 | 9,49 |
| V | 18,3 | 13,5 | 11,5 | 17,9 | 9,51 | 19,4 | 7,15 | 29,5 | 6,50 |
| Zn | 556 | 402 | 518 | 506 | 442 | 466 | 188 | 623 | 386 |

Tabell 22. 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 |



Figur 29. Halter av kvicksilver (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.



Figur 30. Halter av kadmium (år 2004-2014) i slam från avloppsreningsverken.

Organotennföreningar

Utgående vatten

Monobutyltenn (alla ARV) var den enda organotennföreningen (OT) som var detekterbar i alla utgående vatten år 2014, Tabell 23. Högst halt uppmättes i vatten från Gässlösa reningsverk (6,4 ng/L). Detta vatten innehöll även monooktyltenn (7,9 ng/L) och dioktyltenn (1,9 ng/L). Övriga OTs var under detektionsgränsen i alla prover, 1 ng/L.

Slam

Mono- och dibutyltenn samt mono- och dioktyltenn påvisades i högre halter än övriga OT i de flesta ARV, år 2014, se Tabell 24. De tre fenyltennföreningarna, tetrabutyltenn och tricyklohexyltenn förekom i halter under detektionsgränsen. Haltvariationer mellan åren 2004 och 2014 av de tre butyltennföreningarna kan ses i Figur 31-33. Dibutyltenn visar en nedåtgående trend.

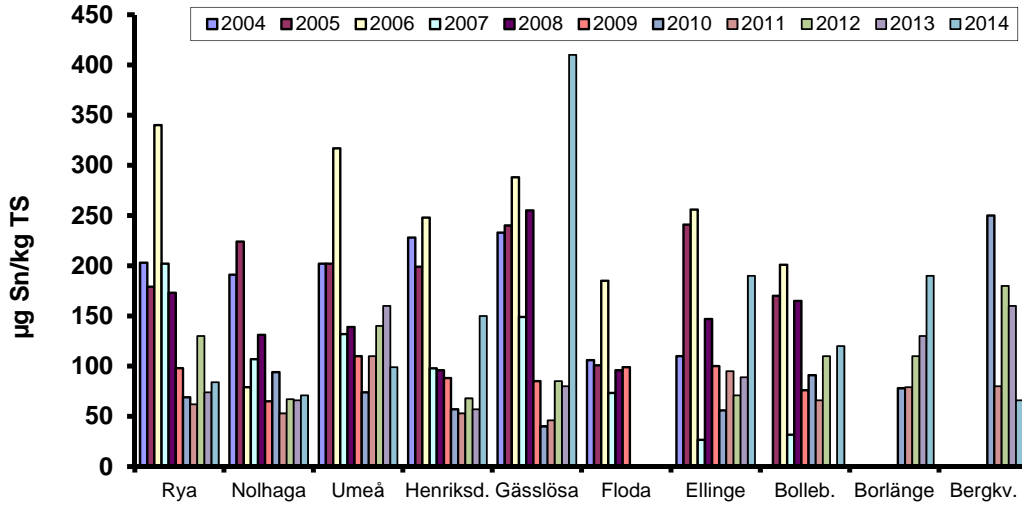
Tabell 23. Resultat från 2014 års prover, utgående vatten, organotennföreningar (ng/L).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| MonoBT | 2,3 | 3,4 | 1,3 | <1,0 | 6,4 | 1,2 | 1,9 | 1,4 | 1,7 |
| 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 | 7,9 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| DiOT | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 1,9 | <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 |

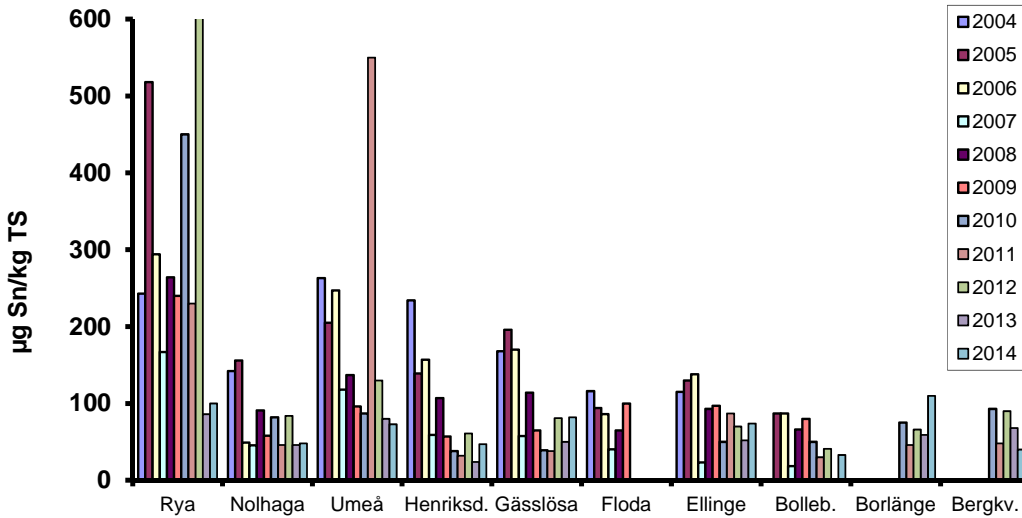
Tabell 24. Resultat från 2014 års prover, slam, organotennföreningar (µg/kg TS).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| MonoBT | 84 | 71 | 99 | 150 | 410 | 190 | 120 | 190 | 66 |
| DiBT | 100 | 48 | 73 | 47 | 82 | 74 | 33 | 110 | 40 |
| TriBT | 7,2 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | 6,4 | 7,1 | 6,0 | 6,5 |
| TetraBT | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 |
| MonoOT | 17 | 13 | 17 | 29 | 29 | 40 | 25 | 53 | 21 |
| DiOT | <10 | <10 | 9,1 | 11 | 16 | 15 | 7,7 | 18 | 11 |
| TricykloHT | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 |
| MonoPhT | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 |
| DiPhT | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 |
| TriPhT | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 | <6,0 |

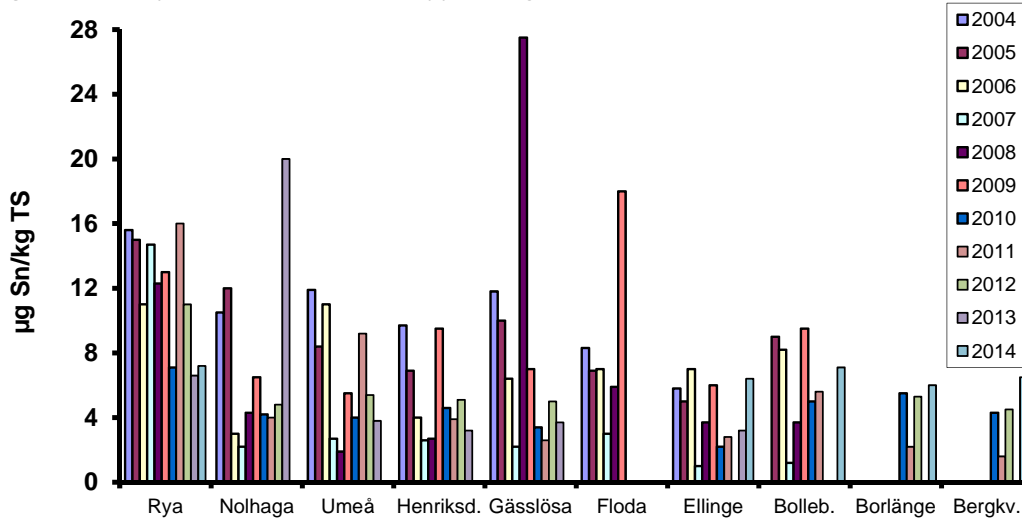
BT = Butyltenn, OT = oktyltenn, HT = Hexyltenn, PhT = Fenyltenn.



Figur 31. Monobutyltennhalter (MBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 32. Dibutyltennhalter (DBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.



Figur 33. Tributyltennhalter (TBT) i avloppsreningsverken (slam) år 2004-2014.

Siloxaner

Slam

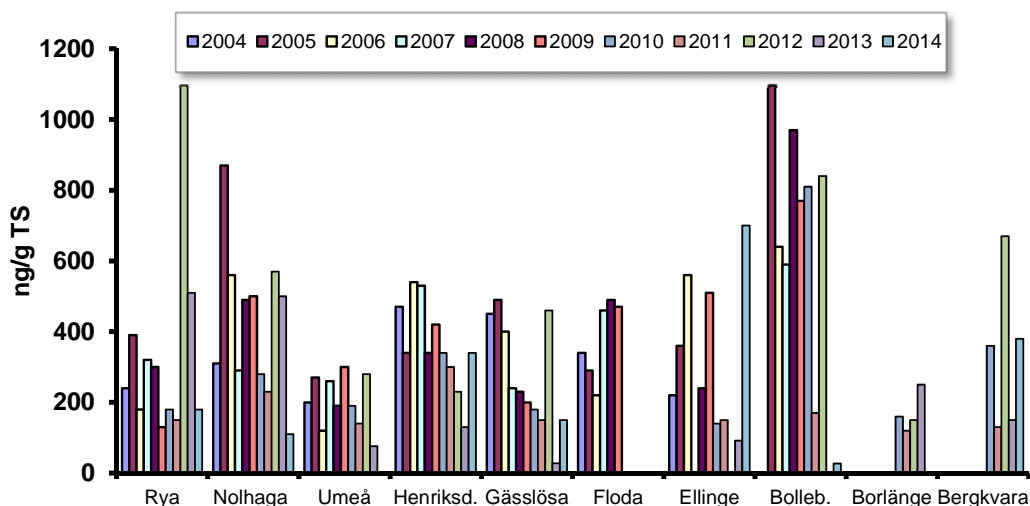
Tabell 25 sammanfattar nomenklaturen för siloxaner och Tabell 26 redovisar halter av siloxaner i avloppsreningsverksslam år 2014. Halterna av cykliska metylsiloxaner (främst D5) var betydligt högre än halterna av linjära siloxaner. Halter i avloppsslam, åren 2004-2014, redovisas i Figur 34-36. De är relativt konstanta eller svagt avtagande. Halterna av linjära metylsiloxaner var lägre, men halterna ökar med tid. Figur 37 visar tidstrenden för MD3M.

Tabell 25. Nomenklatur siloxaner.

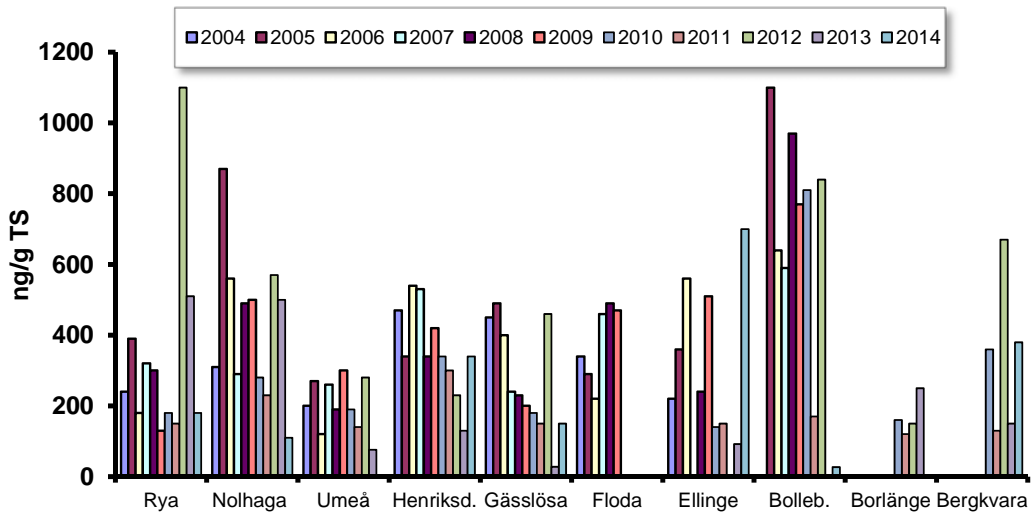
| | |
|------|-----------------------------|
| D4 | Oktametylcyclohexasiloxan |
| D5 | Dekametylcyclopentasiloxan |
| D6 | Dodekametylcyclohexasiloxan |
| MM | Hexametyldisiloxan |
| MDM | Oktametyltrisiloxan |
| MD2M | Dekametyltetrasiloxan |
| MD3M | Dodekametylpentasiloxan |

Tabell 26. Resultat från 2014-års prover, slam, siloxaner (ng/g TS).

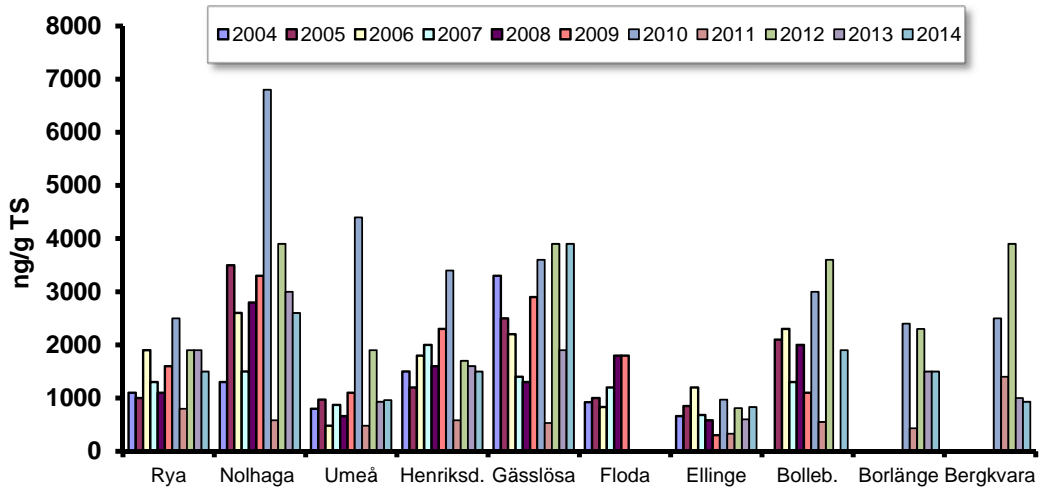
| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|---------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| D4 | 180 | 110 | <24 | 340 | 150 | 700 | 27 | <24 | 380 |
| D5 | 8300 | 8600 | 5200 | 8700 | 14000 | 3800 | 6200 | 10000 | 5900 |
| D6 | 1500 | 2600 | 960 | 1500 | 3900 | 830 | 1900 | 1500 | 930 |
| MM | 2,3 | 2,1 | 1,0 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | 0,84 | 1,1 | 1,0 |
| MDM | 44 | 48 | 18 | 36 | 14 | 6,6 | 82 | 19 | 230 |
| MD2M | 81 | 130 | 41 | 69 | 93 | 22 | 160 | 52 | 39 |
| MD3M | 220 | 480 | 130 | 170 | 480 | 85 | 320 | 270 | 160 |
| Summa | | | | | | | | | |
| D4-D6 | 10000 | 11000 | 6100 | 11000 | 18000 | 5300 | 8100 | 12000 | 7200 |
| Summa | | | | | | | | | |
| MM-MD3M | 350 | 660 | 190 | 270 | 580 | 110 | 560 | 340 | 430 |



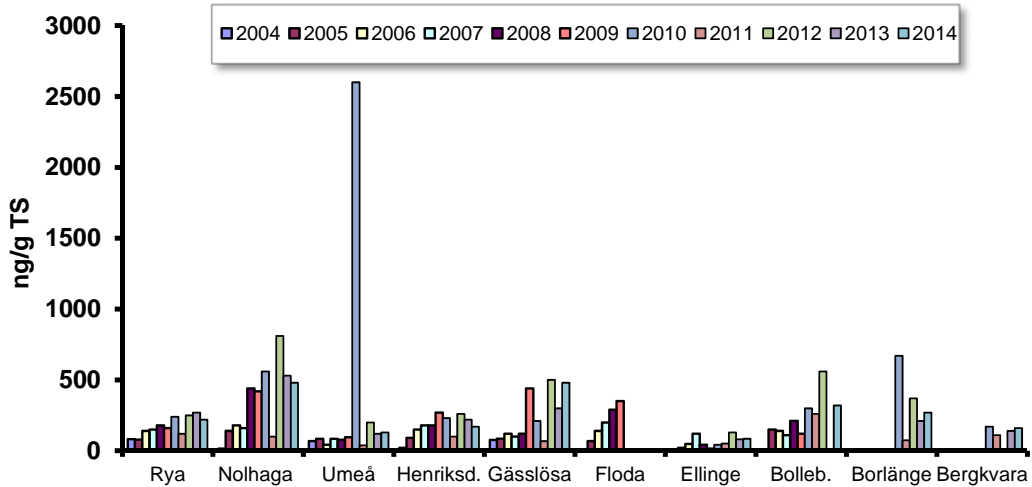
Figur 34. Oktametylcyclohexasiloxan (D4) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.



Figur 35. Dekametylcyklopentasiloxan (D5) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.



Figur 36. Dodekametylcyklohexasiloxan (D6) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.



Figur 39. Dodekametylpentasiloxan (MD3M) i avloppsreningsverksslam år 2004-2014.

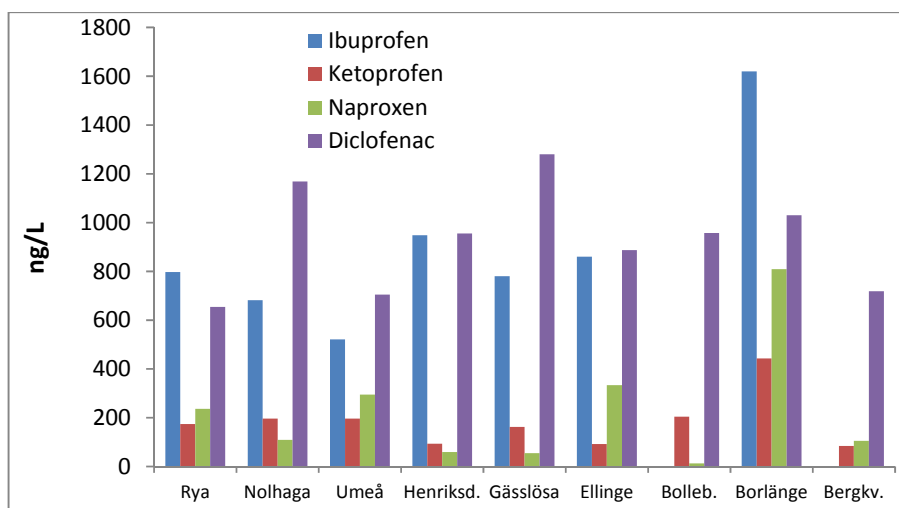
NSAID's (Non steroidal anti-inflammatory drugs)

Utgående vatten

Tabell 27 och Figur 38 redovisar halter av NSAID's (ibuprofen, ketoprofen, naproxen och diclofenac) i vatten från år 2014. Halterna av Ibuprofen, Ketoprofen och Naproxen varierat mycket mellan reningsverk, medans de är relativt konstanta för Diclofenac.

Tabell 27. Resultat från 2014 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 | 797 | 682 | 521 | 948 | 780 | 860 | <10 | 1620 | <10 |
| Ketoprofen | 174 | 196 | 196 | 93 | 162 | 92 | 204 | 443 | 84 |
| Naproxen | 236 | 109 | 295 | 59 | 55 | 333 | 13 | 809 | 105 |
| Diclofenac | 654 | 1170 | 705 | 955 | 1280 | 887 | 957 | 1030 | 718 |



Figur 38. NSAID's i utgående vatten från ARV, år 2014.

Myskämmen

Utgående vatten

Tabell 28 och Figur 39 redovisar halter av myskämmen, nitro (musk ketone och musk xylene) och polycykliska (galoxolide, HHCB, och tonalide, AHTN) i utgående vatten 2014. Halterna av polycykliska musk var generellt mycket högre än halterna av nitromusk. Nitromyskämmena har på senare tid blivit ersatta av de polycykliska, vilket förmodligen avspeglas i dessa resultat.

Slam

Tabell 29 redovisar halter av myskämmen i avloppsreningsverksslam 2014. Även här dominerar polycykliska musk över nitromusk.

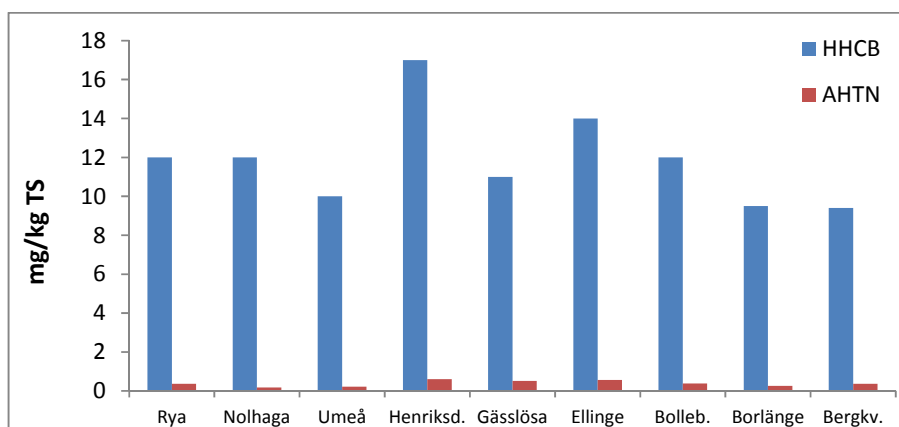
Tabell 28. Resultat från 2014 års prover, utgående vatten, myskämnen (ng/L).

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|----------------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| Musk Ketone | 3.3 | 3.7 | 4.3 | 4.6 | 6.2 | 2.8 | 3.1 | 13 | 1.7 |
| Musk Xylene | 3.2 | 3.2 | 11 | 1.9 | 4.1 | 9.5 | 0.83 | <0.2 | <0.2 |
| Galoxolide (HHCB) | 140 | 51 | 180 | 240 | 170 | 44 | 180 | 260 | 64 |
| Tonalide (AHTN) | 15 | 5.5 | 17 | 16 | 18 | 9.3 | 16 | 20 | 7.8 |

Tabell 29. Resultat från 2014 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 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,001 | <DL | 0,031 | 0,004 | 0,018 |
| Musk Xylene | 0,004 | 0,003 | <DL | 0,010 | <DL | <DL | <DL | 0,005 | 0,009 |
| Galoxolide (HHCB) | 12 | 12 | 10 | 17 | 11 | 14 | 12 | 9,5 | 9,4 |
| Tonalide (AHTN) | 0,37 | 0,18 | 0,22 | 0,61 | 0,51 | 0,57 | 0,38 | 0,26 | 0,37 |

DL = 0,001



Figur 39. Galoxolide (HHCB) och tonalide (AHTN) i slam från ARV, år 2014.

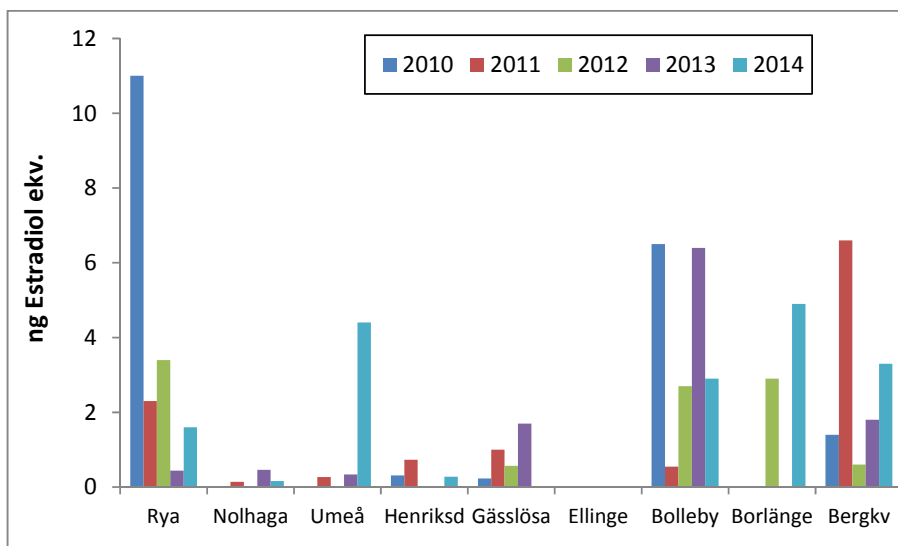
Östrogena och androgena effekter

Utgående vatten

Östrogena effekter kunde uppmätas och kvantifieras i utgående vatten under 2014 (Tabell 30). Inga östrogena effekter kunde uppmätas i vatten från Gässlösa och Ellinge. Nivåerna varierar kraftigt mellan ARV och mellan år, Figur 40.

Tabell 30. Resultat från 2014-års prover, utgående vatten, biotester, (ng östradiolenheter/L)

| | Rya- verket | Nol- haga | Umeå | Henriks- dal | Gäss- lösa | Ellinge | Bolle- bygd | Bor- länge | Berg- kvara |
|-----------------|----------------|--------------|------|-----------------|---------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| Östrogen effekt | 1,6 | 0,16 | 4,4 | 0.28 | < 0,1 | <1,3 | 2,9 | 4,9 | 3,3 |



Figur 40. Estrogen effekt (ng estradiolekvivalenter) i vatten från ARV, år 2010-2014.

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. Svensk författningssamling. Förordning 1998:944.
9. Ulrika Olofsson, Anders Bignert, Peter Haglund, Time-trends of metals and organic contaminants in sewage sludge, *Water Research* 46:4841-4851, 2012).