



rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Screening av hexaklorbutadien (HCBD) i miljön

Slutrapport

Lennart Kaj Anna Palm

B1543

Februari 2004



Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel/Project title Screening av hexaklorbutadien (HCBD) i miljön Anslagsgivare för projektet/ Naturvårdsverket, Miljöövervakningen
Telefonnr/Telephone 08-598 563 00	
Rapportförfattare/author Lennart Kaj Anna Palm	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Screening av hexaklorbutadien (HCBD) i miljön	
Sammanfattning/Summary <p>För att få kunskap om i vilken omfattning hexaklorbutadien (HCBD) förekommer i svensk miljö har IVL Svenska Miljöinstitutet AB på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört en screening. Mätningar har utförts i omgivningsluft, atmosfärisk deposition, reningsverksslam, sediment och blåmusslor vid bakgrundlokaler och på platser med tänkbart förhöjda halter. HCBD återfanns i samtliga luftprov i halter av samma storleksordning (median 0,16 ng/m³) och i atmosfärisk deposition men inte i de övriga matriserna.</p> <p>Som ett tilläggsuppdrag har de prover som valts ut och analyserats på HCBD även analyserats på klorbensener. Klorbensener, främst 1,4-diklorbensenen, återfanns i samtliga luftprov (maximal halt 11 ng/m³) och i kommunalt reningsverksslam och sediment från Stockholm.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords hexaklorbutadien, HCBD, screening	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report B1543	
Rapporten beställs via /The report can be ordered via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax: 08-598 563 90 eller via IVL, Box 210 60, 100 31 Stockholm.	

Sammanfattning

För att få kunskap om i vilken omfattning hexaklorbutadien (HCBD) förekommer i svensk miljö har IVL Svenska Miljöinstitutet AB på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört en screening. Mätningar har utförts i omgivningsluft, atmosfärisk deposition, reningsverksslam, sediment och blåmusslor vid bakgrundslokaler och på platser med tänkbart förhöjda halter. HCBD återfanns i samtliga luftprov i halter av samma storleksordning (median 0,16 ng/m³) och i atmosfärisk deposition men inte i de övriga matriserna.

Som ett tilläggsuppdrag har de prover som valts ut och analyserats på HCBD även analyserats på klorbensener. Klorbensener, främst 1,4-diklorbensen, återfanns i samtliga luftprov (maximal halt 11 ng/m³) och i kommunalt reningsverksslam och sediment från Stockholm.

Summary

A limited number of samples from the Swedish environment has been screened for hexachlorobutadiene (HCBD). HCBD was detected in all analyzed air samples (median 0,16 ng/m³) and in atmospheric deposition, but not in sewage sludge, sediment or common mussel.

The samples were also analyzed for chlorobenzenes. Chlorobenzenes (primary 1,4-dichlorobenzene) were detected in all air samples (maximum concentration 11 ng/m³) and in municipal sewage sludge and sediment from Stockholm.

Innehållsförteckning

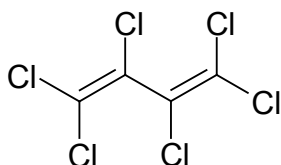
1	Inledning.....	3
2	Bakgrund.....	3
2.1	Användning och produktion	3
2.2	Förekomst i miljön.....	4
2.3	Persistens, bioackumulation samt toxicitet.....	6
2.4	Fugacitetsmodellering	6
2.5	Förekomst av klorbensener.....	7
3	Metodik	7
3.1	Provtagningsstrategi	7
3.2	Provtagning.....	9
3.3	Analys.....	9
4	Resultat.....	10
4.1	HCBD	10
4.2	Klorbensener.....	11
5	Tack.....	11
6	Referenser.....	12
	Appendix 1. Koncentration av HCBD och klorbensener i samtliga prov.	13

1 Inledning

Hexaklorbutadien (HCBD) finns upptaget på EUs vattendirektivs lista över prioriterade ämnen. För att få kunskap om i vilken omfattning ämnet förekommer i svensk miljö har IVL Svenska Miljöinstitutet AB på uppdrag av Naturvårdsverket genomfört en screening. Som ett tilläggsuppdrag har de prover som valts ut och analyserats på HCBD även analyserats på klorbensener.

2 Bakgrund

Hexaklorbutadien (HCBD), CAS-nr 87-68-3, har summaformel C_4Cl_6 och molekylstruktur enligt figur 1. Synonyma namn är perklorbutadien och 1,1,2,3,4,4-hexaklor-1,3-butadien.



Figur 1. Molekylstruktur för HCBD

2.1 Användning och produktion

HCBD har funnit användning inom en rad industriella områden: som lösningsmedel, hydraulvätska, som intermediär vid gummitillverkning, vid klorproduktion samt som fungicid i vindruveodlingar.

Produktion för kommersiellt bruk har rapporterats förekomma i Tyskland samt i USA, men lär ha upphört på 70-talet. Den huvudsakliga bildningen idag (och tidigare) sker vid produktion av andra klorerade ämnen, t ex tri- och tetrakloreten samt koltetraklorid (ATSDR 1994). Då uppkommer en restprodukt innehållande HCBD (30-80%) och ett stort antal andra klorerade ämnen (Botta, D et al 1996). HCBD har utvunnits ur denna restprodukt, men den har också deponerats, förbränts och injekterats underjordiskt. I början på 80-talet uppskattades den globala produktionen av HCBD till ca 10 000 ton (WHO, 1994).

Det är oklart huruvida industriell användning förekommit i Sverige, men inget officiellt förbud föreligger.

Miljö kvalitetsnormer eller gränsvärden för förekomst i svensk miljö saknas. Däremot föreskriver Naturvårdsverket ett maximalt utsläpp om 1.5 g HCBD/ton total produktionskapacitet per månad, respektive 3 g HCBD/ton total produktionskapacitet per dygn från industrier som tillverkar perkloretylen och koltetraklorid genom klorering. (SNFS; 1995:7).

HCBD förekommer som prioriterad substans inom EU:s vattendirektiv på grund av dess toxiska egenskaper och höga potential för bioackumulering

2.2 Förekomst i miljön

Resultat från studier avseende förekomsten av HCBD i olika matriser i miljön presenteras i Tabell 1. Relativt omfattande mätningar har gjorts avseende förekomsten av HCBD i den nordamerikanska miljön. Huvuddelen av undersökningarna är dock ganska gamla, mellan 20 och 30 år. I Europa är förekomsten av mätdata betydligt sämre. HCBD har detekterats i samtliga miljömatriser, vid bakgrundsstationer såväl som invid typiska punktkällor. I luft har koncentrationer upp till 460 µg/m³ uppmätts, i ytvatten upp till 240 µg/L (se Tabell 1). De högsta halterna har uppmätts i anslutning till industrianläggningar i USA.

Tabell 1. Sammanställning av uppmätta koncentrationer av hexaklorbutadien i miljön.

Matris	Lokal	Tidpunkt	Koncentration	Kommentar	Referens
Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	USA, industriområden	1975	ej detekterad - 460	9 olika kemiska industriområden	WHO, 1994
	USA, urbana prover	1970-87	medel: 0.42 median: 0.04 75-percentil: 0.07	72 prover totalt	USEPA, 1998
	Atlanten	1982-85	0.0020 ± 0.0006	18 lokaler, bl a fartyg, bergstoppar	Class, Ballschmider 1987
	Hela Kanada	1989-1997	<0.1 – 4	Detekterat i 153 av 9231 prover	Environment Canada, 2000
Dricksvatten ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Ontario, Kanada	1991-1995	<0.001-0.006	Detekterat i 5 av 2994 prover	Environment Canada, 2000
	USA, 33 stater	1977-81	<0,1		USEPA 1998
Ytvatten ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Niagaraflo den, Kanada	1981-1983	0.00027-0.0032	104 prover totalt	WHO, 1994
	Nederländerna, olika floder	1972-73	0.05-0.13	5 prover	WHO, 1994
	Nederländerna, Rhenfloden	1976-78	1-2		WHO, 1994
	USA, industriområden	1975	ej detekterad - 240	9 olika industriområden	WHO, 1994
	Tyskland, Rhenfloden	1984-1985	0.01-0.02		WHO, 1994
	Tyskland, Elbefloden	1984-1985	0.01-0.15		WHO, 1994
	Tyskland, Lippefloden	1980-1981	0.04-0.2		WHO, 1994
	St Clair-floden, Ontario, Kanada	1984, 1994	1.3, 0.0027		Environment Canada, 2000
Sediment ($\mu\text{g}/\text{g}$ TS)	St Clair-floden, Ontario, Kanada	Innan 1986	0.0001-430	Detekterat i 59 av 65 prover	Environment Canada, 2000
	St Clair-floden, Ontario, Kanada	90-talet, olika tillfällen	<0.001-310	5-15 cm djup, detekterat i 148 av 153 prover	Environment Canada, 2000
	St Clair-floden, Ontario, Kanada	90-talet, olika tillfällen	<0.001-243	0-5 cm djup, detekterat i 37 av 39 prover	Environment Canada, 2000
Mark ($\mu\text{g}/\text{g}$ TS)	Kanada	Tidigt 90-tal	<0.05	24 prover av jordbruksmark över landet, 6 prover med hård pesticidbelastning	Environment Canada, 2000
Biota ng/g	Regnbåge, Ontariosjön, Kanada	1981	0.06-0.3		Environment Canada, 2000
	Musslor, St Clair-floden, Ontario, Kanada	1985	Maximalt 36	Tre veckors exponering i industriellt område	Environment Canada, 2000

2.3 Persistens, bioackumulation samt toxicitet

Halveringstiden i luft har genom jämförelser med egenskaper för liknande föreningar uppskattats till mellan 60 dagar (ATSDR 1994) och 3 år (Howard et al 1991). En annan beräkning, där uppmätta halter ingår, anger en troposfärisk halveringstid för norra halvklotet på 2,3 år (Class och Ballschmiter 1987).

Biokoncentrationsfaktorn (BCF) för sandskädda (*Limanda limanda*) var 700 och 10 000 för muskel respektive lever. För blåmussla (*Mytilus edulis*) anges BCF till maximalt 2 000 (Pearson och McConnell 1975 enl. Environment Canada 2000). HCBD metaboliseras lätt och biomagnifieras därför inte i näringskedjor (WHO 1994).

I ett fältförsök med radioaktivt märkt HCBD kunde ingen ackumulation konstateras i rötter, blad eller stjälk av potatis och morotsplantor (Fragidakis et al 1979 enl. Environment Canada 2000).

Det har visats i ett stort antal studier att HCBD har toxiska egenskaper. Exempel på effekter som har observerats i gnagare är njurskador och i viss utsträckning leverskador. Fosterskador såsom minskad födelsevikt och försenad hjärtutveckling har observerats hos råttor, där mödrarna exponerats för HCBD i koncentrationer som var toxiska även för de sistnämnda. Även cancerogena effekter har observerats. Hos råttor som fick 20 mg HCBD per kg kroppsvikt och dag under två år utvecklade 19% cancer i njurarna (renala tubulära neoplasmer) (OEHHA 2000). WHO (1994) uppger ett NOAEL-värde (no observed adverse effect level) på 0.2 mg/kg kroppsvikt per dag för gnagare, vilket genom extrapolering beräknats till 0.03-0.05 mg/kg kroppsvikt för människa. Samma källa ger för akvatisk miljö en "Environmental Concern Level" på 0,1 µg/l.

2.4 Fugacitetsmodellering

HCBD föreligger vid normala temperaturer som en färglös vätska. Molvikten är 260.76 g/mol, vattenlösligheten 3.2 mg/L vid 25°C, log K_{OW} 4.9 och ångtrycket 20 Pa vid 20°C (Environment Canada, 2000).

Fugacitetsmodellering av HCBDs fördelning mellan olika faser i en teoretisk standardmiljö har visat att ämnet tenderar att stanna i den matris där det släpps ut, dvs sker utsläpp till luft, är det sannolikt att ämnet återfinns i luft osv. Undantag utgörs av vatten, där det finns potential för vidaretransport till andra matriser (Environment Canada, 2000). Transport från t ex mark är dock också möjlig, och är till stor del beroende på typ av mark. Avgång från mark till luft har rapporterats vara högre från lätta jordar än från tyngre jordar (WHO, 1994).

2.5 Förekomst av klorbensener

I en studie genomförd av länsstyrelsen i Västra Götaland (Svensson 2002) har slam från 19 kommunala avloppsreningsverk i länet analyserats på bl a klorbensener. Halter för enskilda klorbensener var i samtliga fall under detektionsgränsen (50 µg/kg TS).

I en studie av sediment i Stenungsundsområdet (Brorström-Lundén och Granmo 1995) omfattande 10 stationer uppmättes hexaklorbensenen i halter mellan 4,1 och 60 µg/kg TS. Övriga enskilda klorbensener detekterades i halter mellan <0,3 och 6,8 µg/kg TS. De högsta halterna uppmättes vid en station mycket nära utsläppskällan.

I övrigt hänvisas till en nyligen gjord litteratursammanställning över i första hand tri- och pentaklorbensenen (Esbjörnsson 2002).

3 Metodik

3.1 Provtagningsstrategi

Mätning av bakgrundshalter i luft har gjorts vid två platser: Rörvik vid svenska västkusten och Pallas i norra Finland. Från Rörvik har även ett depositionsprov analyserats. Stationerna ingår i det nationella miljöövervakningsnätet för luft. Resultaten från dessa stationer ger också en indikation på om långdistanstransport förekommer.

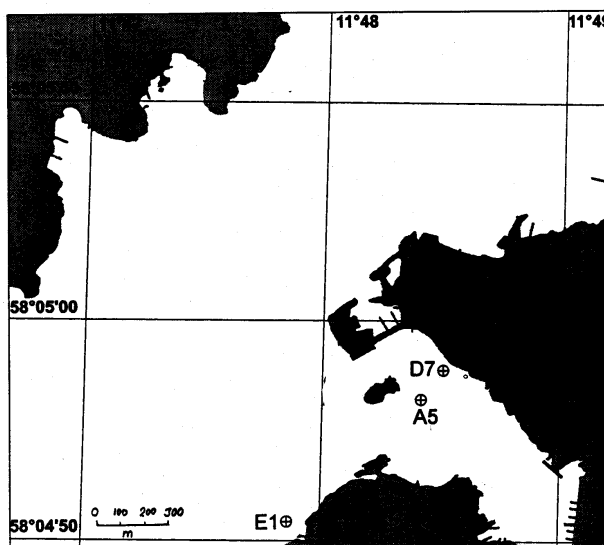
HCBD kan bildas som biprodukt vid syntes av klorerade organiska föreningar (se ovan). Som representant för ett område där sådan syntes och annan kemisk produktion förekommer har Stenungsundsområdet valts. Här har luft provtagits. Tre sediment i en gradient ut från industriområdet har analyserats (Station D7, A5, E1, se Figur 1). Vildfångade blåmusslor (*Mytilus edulis*) från samma område, och från längre avstånd från Stenungsund, har insamlats och analyserats. Prov har tagits på slam från det egna reningsverket hos en av industrierna i Stenungsund. Dessutom har slam från det kommunala reningsverket analyserats (se nedan).

För att få en uppfattning om eventuell spridning från diffusa källor i urban miljö har slam från kommunala reningsverk i en storstad (Stockholm), en industriort (Stenungsund) och ett samhälle utan tydlig industripåverkan (Vimmerby) analyserats. I Stockholm har även luft, deposition och tre sedimentprov från det inre vattenområdet analyserats.



Legend

- 1 Luftprov
- 2 Sediment A5
- 3 Sediment D7
- 4 Sediment E1
- 5 Musslor 1
- 6 Musslor 2
- 7 Musslor 3
- 8 Musslor 4



Figur 2. Karta över provtagningsstationer i Stenungsundsområdet. Nederst detaljkarta över stationer för sedimentprovtagning.

3.2 Provtagning

Luftprovtagning gjordes genom att luft sögs genom ett glasfiberfilter, där partiklar uppsamlades, följt av två seriekopplade glaskolonner packade med XAD-2 (Amberlite XAD-2, Supelco) respektive XAD-2 och polyuretanskum (PUF) där organiska ämnen i gasfas adsorberades. Luftflödet under provtagningen var ca 1 m³/h. Adsorbenten XAD-2 hade före provtagningen renats med vatten, etanol och aceton i ultraljudsbad där vardera vätska byttes fyra gånger. Efter packningen i glaskolonner renades dessa ytterligare före provtagningen genom soxhletextraktion med aceton under 2 dygn.

Deposition provtogs med en s.k. bulkprovtagare, där både torr- och våtdeposition uppsamlas. Provtagaren består av en 1 m² stor teflonbelagd yta med 10 cm höga kanter. Provtagaren lutar svagt ner mot centrum, där en adsorbent av renad PUF är monterad. Provtagaren var öppen mot atmosfären under hela provtagningstiden. Det stoft som deponerats på ytan avsköljdes efter provtagningen med etanol och ytan torkades därefter med avvärmade glasfiberfilter. Ett depositionsprov bestod alltså av adsorbent, sköljetanol och torkfilter.

Slam provtogs i glasflaskor som rengjorts genom uppvärming till 400°C.

Sediment provtogs med hämtare av Kajaktyp. Ytsediment 0-2 cm uttogs i fält.

3.3 Analys

De två kolonnerna från luftprovtagningen soxhletextraherades som separata prov med aceton under minst 6 h. Partikelfiltret extraherades tillsammans med den första kolonnen. Acetonfasen späddes med tre delar vatten och internstandard (¹³C₆-märkt 1,4-diklorbensen, 1,2,4-triklorbensen, 1,2,4,5-tetraklorbensen, pentaklorbensen och hexaklorbensen, Cambridge Isotope Laboratories) tillsattes. Lösningen extraherades två gånger med pentan. Extraktet indunstades till ca 2 ml och behandlades med lika volym konc. svavelsyra. Extraktet kromatograferades på kiselgel deaktiverad med 10 % vatten, indunstades till liten volym och analyserades på GC-MS (HP5890 VG Trio2 eller Agilent 6890N-5973MSD) i SIR mode. Injektor splitless 260°C, kolonn CP-Sil 8CB 30m x 0,25 mm, filmtjocklek 0,25 µm (Varian), bärgas He 52kPa vid 50°C, temperaturprogram 50°C i 5 min, 12°C/min till 280°C, 280°C i 4 min. Jonkälla 250°C, EI, 70 eV. För HCBD användes m/e 225 för kvantifiering, m/e 260 för verifiering och 1,2,3-triklorbensen ¹³C₆, m/e 186, som internstandard.

Förförsök där den första glaskolonnen spikats med HCBD och klorbensener och där luft pumpats genom systemet (120 m³ luftvolym) visar att mindre än 1% av HCBD och klorbensener förutom diklorerade transporterats vidare till kolonn två. För diklorbensener återfanns mindre än 5% på kolonn två.

PUF-pluggar och strykfilter från depositionsprovtagning soxhletextraherades med aceton. Vatten tillsattes och upparbetningen fortsattes som för luftprov. Till den organiska fasen sattes också ett extrakt av tvättspritten spädd med vatten.

Slamprover och sedimentprover från Stenungsund centrifugerades. Vattenfasen sparades och den fasta fasen extraherades två gånger med aceton och två gånger med pentan. Extrakten kombinerades med vattenfasen, internstandard (^{13}C -märkta klorbensener som ovan) och vatten tillsattes så att acetonkoncentrationen blev <25%. Pentanfasen avseparerades och kombinerades med ytterligare ett pentanextrakt. Pentanfaserna indunstades till ca 2 ml och behandlades med lika volym konc. svavelsyra. För att undvika interferens från elementärt svavel tillsattes 2 ml iso-propanol och 2 ml tetrabutylammoniumvätesulfatlösning mättad med natriumsulfit (Jensen 1977). 5 ml vatten tillsattes och lösningen extraherades med pentan. Extraktet kromatograferades på kiselgel deaktiverad med 10% vatten, indunstades till liten volym och analyserades på GC-MS (HP5890 VG Trio2) i SIR mode enligt ovan.

Mjukdelar från musslor homogeniserades och analyserades som ovan men utan tillsats av reagens för svavelreduktion.

Sedimentprov från Stockholm soxhletextraherades 24 h med aceton/hexan. Extraktionen upprepades ytterligare en gång. Internstandarder (^{13}C -märkta klorbensener som ovan) och vatten sattes till de kombinerade aceton/hexanextrakten och de extraherades med pentan/eter. Extraktet koncentrerades, behandlades med konc. svavelsyra och fraktionerades på aluminiumoxid. Efter koncentreringsanalyserades extraktet på GC-MS (Varian Saturn).

4 Resultat

4.1 HCBD

Resultat från samtliga prov återfinns i Appendix 1.

Luftprov har tagits i Råö, Stenungsund, Stockholm och Pallas. HCBD har påvisats i samtliga prov. Halterna i industriområdet Stenungsund eller stadsmiljön Stockholm är inte förhöjda jämfört med bakgrundsstationerna Råö och Pallas. Samtliga halter är i samma storleksordning med ett medianvärde av $0,16 \text{ ng/m}^3$. Detta är ca 8% av den bakgrundshalt som uppmättes över Atlanten under början av 1980-talet (se tabell 1).

Depositionsprov från Råö och Stockholm har analyserats. HCBD återfanns i båda proven, medelhalten var $0,035 \text{ ng/m}^2 \cdot \text{dygn}$.

HCBD har inte kunnat påvisas i slam från kommunala reningsverk i Stenungsund, Vimmerby eller Stockholm. Halterna var <2 till <4 µg/kg TS.

HCBD har inte heller kunnat påvisas i sedimentprov i en gradient ut från industriområdet i Stenungsund, i musslor från Stenungsundsområdet eller i slam från reningsverket på en av industrierna där. Halterna var <0,2 - <0,5 µg/kg TS.

HCBD har inte påvisats i sediment från Stockholms inre vattenområde. Halterna var här <1 µg/kg TS.

4.2 Klorbensener

I luftproven uppmättes 1,4-diklorbensen i haltområdet 2,6-11 ng/m³, 1,2- och 1,3-diklorbensen i området 0,01-1,3 ng/m³. Halten 1,2,4-triklorbensen var maximalt 0,43 ng/m³, 1,2,3-triklorbensen maximalt 0,1 ng/m³. 1,3,5-triklorbensen var <0,02 ng/m³ i samtliga prov. Av 1,2,3,4-tetraklorbensen uppmättes maximalt 0,071 ng/m³ och av 1,2,3,5- + 1,2,4,5-tetraklorbensen maximalt 0,03 ng/m³. Av pentaklorbensen uppmättes maximalt 0,057 ng/m³ och av hexaklorbensen maximalt 0,11 ng/m³. Några tydliga skillnader mellan stationerna ses inte förutom att halterna av 1,3-diklorbensen är högst i proven från Stockholm. Klorbensener förutom 1,3,5-triklorbensen påvisades också i depositionsproven.

I kommunalt slam från Stockholm återfanns diklorbensener i halter under 10 µg/kg TS. 1,4-diklorbensen fanns också i sediment från Riddarfjärden och Årstaviken i Stockholm. I sediment från Stenungsundsområdet fanns låga halter klorbensener dominerade av hexaklorbensen.

5 Tack

Provtagning av sediment i Stenungsund utfördes av Åke Granmo vid Kristinebergs Marina Forskningsstation. Musslor provtogs av Hans Hultberg. Marcus Liljeberg ritade kartan över Stenungsund, Annika Potter och Katarina Strömberg gjorde delar av provtagningen, Erika Junedahl och Stefan Larsson delar av det analytiska arbetet.

6 Referenser

ATSDR (1994) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Hexachlorobutadiene. Public Health Service. US Department of Health and Human Services.

Botta, A et al (1996) A case history of contamination by polychloro-1,3-butadiene congeners. Environ. Sci. Technol 30 453-462

Class, T och Ballschmiter, K (1987). Global baseline pollution studies X. Fresenius Z. Anal. Chem. 327 (2) 198-204

Environment Canada. (2000) Hexachlorobutadiene. Canadian Environmental Protection Act, 1999. Priority Substances List Assessment Report.

USEPA (1998) Ambient Water Quality Criteria for the Protection of Human Health: Hexachlorobutadiene (HCBD). EPA-822-R-98-004. United States Environmental Protection Agency.

Esbjörnsson, C (2002) Pentaklorbensen och triklorbensen. Examensarbete. Naturvårdsverket. Redovisning från nationell miljöövervakning 2002.

Fragidakis et al (1979) Behavior of organohalogen compounds in the plant-soil systems. Spez. Ber. Kernforschungsanlage Juelich 45: 144-155

Jensen S, Renberg, L, Reutergårdh, L (1977) Residue analysis of sediment and sewage sludge for organochlorines in the presence of elemental sulfur. Analytical Chemistry 49:316-318

Howard et al (1991) Handbook of environmental degradation rates. H. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

OEHHA (2000) Evidence on the carcinogenicity of 1,3-hexachlorobutadiene. Office of Environmental Health Hazard Assessment. California Environmental Protection Agency.

Pearson, C.R. McConnell, G (1975) Chlorinated C1 and C2 hydrocarbons in the marine environment. Proc. R. Soc. London 189(B):305-332.

Svensson, A (2002) Miljögifter i avloppsslam - en studie omfattande 19 reningsverk i Västra Götaland. Länsstyrelsen i Västra Götaland Rapport 2002:39

WHO. (1994) Environmental Health Criteria 156. Hexachlorobutadiene. World Health Organization, Geneva, Switzerland

Appendix 1. Koncentration av HCB och klorbensener i samtliga prov

HCB=Hexaklorbutadien, DCB=Diklorbensener, TrCB=Triklorbensen, TeCB= Tetraklorbensener, PeCB=Pentaklorbensener, HCB=Hexaklorbensener.

Provtyp och mätenhet	Lokal	HCB	1,2-DCB	1,3-DCB	1,4-DCB	1,2,3-TrCB	1,2,4-TrCB	1,3,5-TrCB	1,2,3,4-TeCB	1,2,3,5-+1,2,4,5-TeCB	PeCB	HCB
luft (ng/m ³)	Råö, 030618-26, 174 m ³	0,17	0,16	0,01	3,0	0,021	0,14	<0,01	0,01	0,023	0,016	0,036
luft (ng/m ³)	Råö, 030916-24, 183 m ³	0,20	1,3	0,071	11	0,077	0,21	<0,01	0,071	0,017	0,057	0,012
luft (ng/m ³)	Pallas, 030626-030703, 139 m ³	0,15	-	-	-	0,068	0,20	<0,02	0,040	0,025	0,031	0,071
luft (ng/m ³)	Pallas, 030924-031001, 150 m ³	0,12	0,16	0,03	2,6	0,039	0,05	<0,02	0,05	<0,02	0,025	0,086
luft (ng/m ³)	Stenungsund, 500m SO industriomr. 030617-25, 219 m ³	0,15	0,24	0,01	3,7	0,031	0,21	<0,01	0,023	0,014	0,028	0,046
luft (ng/m ³)	Stenungsund, 500m SO industriomr. 030916-23, 196 m ³	0,20	1,1	0,065	10	0,043	0,28	<0,01	0,060	0,014	0,037	0,11
luft (ng/m ³)	Stockholm, Hudiksvallsgatan 3, 030605-15, 256 m ³	0,062	0,74	1,3	7,9	0,065	0,37	<0,015	0,039	0,028	0,038	0,071
luft (ng/m ³)	Stockholm, Hudiksvallsgatan 3, 030916-24, 191 m ³	0,18	0,64	0,77	9,9	0,10	0,43	<0,02	0,04	0,03	0,035	0,094
deposition (ng/m ² ·dygn)	Råö, september 2003, 30 dygn	0,042	0,25	0,053	0,31	<0,02	0,28	<0,02	0,084	0,029	0,085	0,14
deposition (ng/m ² ·dygn)	Stockholm, Hudiksvallsgatan 3, 030915-1008	0,028	11	0,44	3,9	0,18	1,2	<0,02	0,29	0,05	0,16	0,10
slam (µg/kg TS)	Stenungsund, Strävliden RV, 03-06-04, TS 5,1%	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<4	<2	<7
slam (µg/kg TS)	Vimmerby RV, 02-11-19, TS 2,8%	<4	<4	<3	<5	<16	<5	<3	<4	<7	<5	<20
slam (µg/kg TS)	Stockholm, Bromma RV, 02-11-18, TS 1,9%	<2	<2	7,1	9,2	<4	<2	<2	<2	<4	<3	<20
slam (µg/kg TS)	Stockholm, Henriksdal RV, 02-11-18, TS 3,8%	<3	<2	5,4	8,5	<3	<2	<2	<2	<4	<2	<7
slam (µg/kg TS)	Stenungsund, Industrireningsv., bioslam, centrif., TS 15%	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<3	<3	<1	<0,5	<1	0,53	1,6

Provtyp och mätenhet	Lokal	HCBD	1,2-DCB	1,3-DCB	1,4-DCB	1,2,3-TrCB	1,2,4-TrCB	1,3,5-TrCB	1,2,3,4-TeCB	1,2,3,5-+1,2,4,5-TeCB	PeCB	HCB
sediment (µg/kg TS)	Stenungsund A5, nov 2001, TS 45%, GF 6,0% av TS	<0,2	<0,3	0,6	0,3	<0,2	0,2	<0,2	<0,3	0,4	0,3	1,8
sediment (µg/kg TS)	Steungsund D7, nov 2001, TS 38%, GF 8,8 % av TS	<0,2	<0,4	1,0	1,2	<0,2	0,7	0,5	0,5	1,3	1,6	38
sediment (µg/kg TS)	Stenungsund E1, nov 2001, TS 37%	<0,6	<0,5	0,3	<0,6	<0,5	0,4	<0,3	<0,7	<1	<0,5	1,5
sediment (µg/kg TS)	Stockholm, Riddarfjärden, maj 2002, TS 10,4 %	<1	<1	<1	12	<1	6	<1	<1	<2	3	3
sediment (µg/kg TS)	Stockholm, Årstaviken, maj 2002, TS 9,8 %	<1	<1	<1	24	<1	<1	<1	<1	<2	<1	<3
sediment (µg/kg TS)	Stockholm, Ulvsundasjön, maj 2002, TS 10,9%	<1	<1	<1	<1	<1	6	<1	<1	<2	4	<3
blåmuslor (µg/kg TS) (µg/kg lipid)	Stenungsund, Musslor 1, S ind.omr., 2003-09-13, TS 8,3%, lipidvikt 0,46% av färskvikt	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7
blåmuslor (µg/kg TS) (µg/kg lipid)	Stenungsund, Musslor 2, Jordhammar, 2003-09-13, TS 7,2%, lipidvikt 0,41% av färskvikt	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7
blåmuslor (µg/kg TS) (µg/kg lipid)	Stenungsund, Musslor 3, Skåpesund, 2003-09-13, TS 10,2%, lipidvikt 0,68% av färskvikt	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7
blåmuslor (µg/kg TS) (µg/kg lipid)	Stenungsund, Musslor 4, Hakefjorden, Dagsholmarna, 2003-09-13, TS 8,2%, lipidvikt 0,39% av färskvikt	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7	<0,5 <7