

Technical University of Denmark



## Organiska miljögifter i sockerbetor och blast odlade på mark gödslad med kommunalt avloppsslam

Rapport Nr. 2014-12

Hörsing, Maritha; Eriksson, Eva; Gissén, Charlott; la Cour Jansen, Jes; Ledin, Anna

*Publication date:*  
2014

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*

Hörsing, M., Eriksson, E., Gissén, C., la Cour Jansen, J., & Ledin, A. (2014). Organiska miljögifter i sockerbetor och blast odlade på mark gödslad med kommunalt avloppsslam: Rapport Nr. 2014-12. Svensk Vatten AB.

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Organiska miljögifter i sockerbetor och blast odlade på mark gödslad med kommunalt avloppsslam

*Maritha Hörning*

*Eva Eriksson*

*Charlott Gissén*

*Jes La Cour Jansen*

*Anna Ledin*





## Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten  
Röret & Klimat  
Avlopp & Miljö  
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg (m), Ordförande	Göteborgs Stad
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Henrik Aspegren	VA SYD
Per Ericsson	Norrsvatten
Tove Göthner	Sveriges Kommuner och Landsting
Per Johansson (s)	Gävle kommun
Stefan Johansson	Skellefteå kommun
Annika Malm	Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad
Lisa Osterman	Örebro kommun
Kenneth M. Persson	Sydsvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling  
Svenskt Vatten AB  
Box 14057  
167 14 BROMMA  
Tfn 08 506 002 00  
Fax 08 506 002 10  
svensktvatten@svensktvatten.se  
www.svensktvatten.se  
*Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.*

<b>Rapportens titel:</b>	Organiska miljögifter i sockerbetor och blast odlade på mark gödslad med kommunalt avloppsslam
<b>Title of the report:</b>	Organic pollutants in beet and haulm cultivated on farmland fertilized with sludge from municipal wastewater treatment plants
<b>Författare:</b>	Maritha Hörsing, Lunds Tekniska Högskola; Eva Eriksson, Danmarks Tekniske Universitet; Charlott Gissén, Sveriges Lantbruksuniversitet Alnarp; Jes la Cour Jansen, Lunds Tekniska Högskola; Anna Ledin, Lunds Tekniska Högskola
<b>Rapportnummer:</b>	2014-12
<b>Antal sidor:</b>	48
<b>Sammandrag:</b>	Syftet med detta projekt har varit att göra en inledande bedömning av om gödsling med avloppsslam innebär förhöjda halter av organiska miljögifter. Resultaten visade att ingen av de utvalda ämnena förekommer i jorden i nivåer över detektionsgränsen för den aktuella mätmetoden. 4-nonylfenol och 4-oktylfenol återfanns i koncentrationer straxt över detektionsgränsen i betor som gödslats med en kombination av slam och mineralgödsel. PAH återfanns i blasten från betorna. Den mest troliga förklaringen är att PAHerna härstammar från atmosfäriskt avfall.
<b>Abstract:</b>	The aim of this project was to evaluate the risk for pollution with organic micro pollutants when sewage sludge is used as fertilizer. None of the micro pollutants was observed in the soil in quantifiable levels. The nonyl and octyl phenols were found in the sugar beets grown in soil fertilized with sewage sludge and mineral fertilizer. PAH were found in the sugar haulm. However, the source for them are most likely atmospheric deposition.
<b>Sökord:</b>	Miljöfarliga ämnen, avloppsslam, gödsling, upptag i gröda
<b>Keywords:</b>	Organic micro pollutants, sewage sludge, fertilizer, uptake in crops
<b>Målgrupper:</b>	Kommuner och myndigheter med uppdrag att bedöma risker kring användning av avloppsslam
<b>Omslagsbild:</b>	Spridning av rötat avloppsslam på åkermark. Foto: Agneta Leander
<b>Rapport:</b>	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida <a href="http://www.svensktvatten.se">www.svensktvatten.se</a>
<b>Utgivningsår:</b>	2014
<b>Utgivare:</b>	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
<b>Om projektet</b>	
<b>Projektnummer:</b>	11-108
<b>Projektets namn:</b>	Innebär spridning av rötat avloppsslam på brukad åkermark en ökning i förekomsten av organiska miljögifter i jorden och grödorna?
<b>Projektets finansiering:</b>	Svenskt Vatten Utveckling, Ragnar Sellbergs Stiftelse

# Förord

Risker i samband med användning av avloppsslam från kommunala reningsverk som gödselmedel på odlad åkermark har diskuterats länge i Sverige. Detta handlar framför allt om risker för upptag av ämnen som har negativ påverkan på människors hälsa, men också hur dessa ämnen påverkar markens ekosystem. Som exempel kan nämnas metaller och organiska ämnen (t.ex. industrikemikalier och läkemedel) som kan tas upp av den gröda som odlas. Konsumenterna av livsmedel har varit oroade för sin hälsa och lantbrukarna har varit oroliga för att inte få avsättning för sina produkter. Debatten har tidvis varit intensiv och inte alltid helt saklig. Detta beror troligen på att det underlag som finns tillgängligt är bristfälligt och att rädsla är en stark drivkraft.

Denna studie syftar till att skapa ett bättre underlag för att bedöma om oron är befogad då det gäller organiska ämnen. Denna typ av studier är mycket kostsamma genomföra på grund av analyskostnaderna och det finns därför ytterst begränsad information tillgänglig, också internationellt. Dessutom krävs det välplanerade och välfungerande försöksanläggningar. Författarna vill härmed uttrycka sitt varma tack till LRF, Hushållningssällskapet i Malmöhus, Sydvästra Skånes kommunförbund (SSK, utgörs av nio skånska kommuner inkl. Malmö stad) och Sydsåns avfallsaktiebolag (SYSAV) som sedan 1980-talet driver ett projekt som syftar till att bedöma effekterna av spridning av avloppsslam på åkermark och som gav oss tillgång till jordprover samt prover från sockerbeta odlad hösten 2011. Speciellt tack till Per-Göran Andersson och Jörgen Mårtensson (Hushållningssällskapet i Malmöhus) för provtagning och paketering.

Författarna vill också tacka finansörerna Ragnar Sellbergs Stiftelse och Svenskt Vatten Utveckling för ekonomiskt stöd. En referensgrupp har följt projektet och kommit med konstruktiv kritik. I den ingick Agneta Leander, VA SYD, Nicklas Paxeus, Gryaab, Per-Göran Andersson, Hushållningssällskapet Malmöhus län, Emelie Ljung, JTI, Britta Hedlund, Naturvårdsverket, Sunita Hallgren, LRF, Cecilia Ekvall, Ragnsells samt Katarina Hansson, Eslövs kommun senare VA SYD. Stort tack för ert bidrag.

Maritha Hörsing, Eva Eriksson, Charlott Gissén,  
Jes La Cour Jansen och Anna Ledin



# Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>6</b>
<b>Summary</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>8</b>
1.1 Bakgrund.....	8
1.2 Fältstudier med spridning av rötat avloppsslam på odlad åkermark.....	11
1.3 Syfte och mål.....	13
1.4 Projektorganisation.....	13
<b>2 Val av fokusämnen</b> .....	<b>14</b>
2.1 Metodik för att välja ämnen.....	14
2.2 Valda ämnen.....	16
2.3 Beräkningsmetod.....	19
<b>3 Provtagning och analyser</b> .....	<b>21</b>
3.1 Provtagning på Petersborg.....	21
3.2 Analys av organiska miljögifter i jord, sockerbeta och sockerbetans blast.....	22
<b>4 Resultat och diskussion</b> .....	<b>25</b>
4.1 Analys av jordprover.....	25
4.2 Analys av sockerbetar.....	27
4.3 Analys av blast från sockerbetar.....	29
<b>5 Slutsatser och rekommendationer</b> .....	<b>30</b>
<b>6 Referenser</b> .....	<b>31</b>
 <b>Bilagor</b>	
1 Organiska ämnen i slam – litteratursammanställning.....	34
2 Detektionsgränser i jord, sockerbeta och blast från sockerbeta.....	41
3 Uppmäta värden av PCB och PAH i avloppsslam från Sjölunda år 2009.....	42
4 Teoretiska värden för PCB och PAH i jord med hänsyn taget till utspädning vid gödslning, beräknade utifrån uppmäta värden av PCB och PAH i avloppsslam från Sjölunda år 2009.....	43



# Sammanfattning

Syftet med detta projekt har varit att göra en inledande bedömning av om tillförsel av näringsämnen i form av rötat (anaerobt mesofilt rötat) avloppsslam från kommunala reningsverk innebär förhöjda halter av organiska miljögifter i jord och gröda. Projektet utnyttjade de långlivade fältförsök som sedan 1980-talet pågått på två gårdar i Skåne, nämligen på Igelösa gård och Petersborg. De ingående aktörerna, som också står för finansieringen av dessa långlivade försök är LRF, Hushållningssällskapet i Malmöhus, Sydvästra Skånes kommunförbund (=nio skånska kommuner inkl. Malmö stad) och Sydskaånes avfallsaktiebolag (SYSAB). Fokus för just detta projekt har varit att genomföra kvantitativa analyser av ett begränsat, väl valda organiska miljögifter i jord och årets aktuella grödor (sockerbeta – blast och beta), gödslat med avloppsslam och/eller mineralgödsel.

Det slutgiltiga valet av vilka ämnen som skulle analyseras i de olika proverna gjordes i samråd med referensgruppen. Referensgruppen bestod av representanter från Hushållningssällskapet i Malmöhus, VA SYD, Ragn-Sells, Naturvårdsverket, institutet för jordbruks och miljöteknik (JTI), Gryaab och Lantbrukarnas riksförbund (LRF).

Proverna var valda så att de väl representerade de ytterligheter som finns i gödsling med avloppsslam och mineralgödsel (från ingen gödsel till relativt stora givor av kombination av de två gödselsorterna). Totalt ingick analyser av 36 enskilda ämnen (4-nonylfenol, 4-oktylfenol, bisfenol-A, 16 st. PAHer, 7 st. PCBer, PFOS, PFOA samt triklosan,) i de 12 proven som bestod av jord, blast och beta, från fyra olika försöksytter.

Resultaten visade att inget av de utvalda ämnena förekommer i jorden i nivåer över detektionsgränsen för den aktuella mätmetoden. Dock återfanns 4-nonylfenol och 4-oktylfenol i betor som gödslats med en kombination av slam och mineralgödsel (högsta givan). Dessa fenoler har både en hydrofil och en hydrofob del och det är just den typen av ämnen som man kan förvänta sig kommer att upptas i gröda eftersom den hydrofoba delen sorberar till slam, den hydrofila delen medför att de kan vara lösliga i vatten och därmed är rörliga i jord, vilket är en förutsättning för upptag i gröda. För att uppnå gränsen för tolererbart dagligt intag av nonylfenol genom att äta sockerbetar bör en person på 60 kg äta 34 kg sockerbetar/dag. Vidare återfanns flera av PAHerna i blasten. Detta dock utan något samband till gödslingen och den mest troliga förklaringen är att PAHerna härstammar från atmosfäriskt nedfall.

## Summary

The aim of this study was to perform an initial assessment of the risk for pollution of soil with respect to organic micro pollutants when municipal sewage sludge (anaerob mesophilic) is applied as fertilizer. The project was carried out in field tests that have been ongoing since 1980s on two farms in Skania, Igelösa and Petersborg. The initiators and funders of these long living field tests are LRF, Hushållningssällskapet in Malmöhus, Sydvästra Skånes municipalities (nine municipalities incl. Malmö city) and Sydvästra Skånes waste company (SYSAV). The project focused on quantitative analyses of a limited number, but carefully selected organic micro pollutants in soil and the crops cultured this year (sugar beet – both root and haulm). The test plots included represented plots that had been fertilized both with and without sewage sludge and with and without mineral fertilizer.

The final choice of organic micro pollutants that was included were made in collaboration with the project's reference group. The members of the reference group came from Hushållningssällskapet Malmöhus, VA SYD, Ragn-Sells, Swedish EPA, Swedish Institute of Agriculture and Environmental Engineering, Gryaab, and the Federation of Swedish Farmers (LRF). The samples selected to cover plots where no fertilization had been used to the extremes where both fertilizers were applied according to recommended maximum fertilizer doses and three times the recommended dose for digested sewage sludge and for mineral fertilizer half and full doses. 36 substances were included in the analyses 4-nonylphenol, 4-octylphenol, bisphenol-A, 16 PAHs, 7 PCBs, PFOS, PFOA and triclosan in the twelve samples representing soil, beet and haulm, from four different test plots.

The results showed that none of the chosen organic micropollutants were present in the soil in levels above the detection limits of the analytical methods applied. However, 4-nonylphenol and 4-octylphenol were recovered in sugar beets fertilized with a combination of sewage sludge and mineral fertilizer. These phenols have both a hydrophilic and hydrophobic moiety, which are conditions where it might be expected that they can be taken up in crops, since the hydrophobic part will promote sorption to sludge while the hydrophilic part imply that it can be soluble in water and thus mobile in soil, which is a qualification for uptake in crops. In order to reach the limit of tolerable daily intake of 4-nonylphenol, only by eating sugar beets, a person of 60 kg need to eat 34 kg sugar beets/day. Furthermore were several of the PAHs recovered in haulm. No correlation was observed with respect to the fertilizer applied. The most probable explanation is that the PAHs originates from atmospheric deposition.

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Den svenska slamdebatten är ständigt pågående, med mer eller mindre välgrundade argument för eller emot att sprida kommunalt avloppsslam på åkermark. Samtidigt håller den ur näringssynpunkt så viktiga fosfor (P) på att ta slut, i alla fall i rena, lättillgängliga reservoarer. Rötat slam från avloppsreningsverk är en källa rik på lättillgängliga växtnäringsämnen (till exempel N, P, S, och K) och skulle därmed kunna användas som gödselmedel för grödor på åkermark. För en framtida hållbar produktion av både livsmedel och foder, bör också denna växtnäringskälla beaktas, samtidigt som eventuella kort- och långsiktiga risker måste utvärderas.

Under våren 2011 inkom Svenskt Vatten, Lantbrukarnas riksförbund (LRF) och Svensk dagligvaruhandel med en skrivelse till dåvarande miljöminister Andreas Carlgren angående det fortsatta arbetet med en ny slamförordning Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp. Organisationerna efterfrågade högre tempo i hanteringen av ärendet om ny lagstiftning för slam och andra avloppsfraktioner hos Miljödepartementet och påpekade vikten av att Miljödepartementet skulle komma med ett förslag till en ny förordning redan under våren 2011. Organisationerna menade att en uppdaterad och skärpt lagstiftning bland annat skulle ge signaler till kommunerna att det är viktigt att de fortsätter med miljöarbetet inom certifieringssystemet REVAQ. Inom ramen för regeringsuppdraget om en hållbar återföring av fosfor lämnade Naturvårdsverket, hösten 2013, sitt nya förslag till slamförordning till regeringen. Förslaget har skickats ut på remiss och svaren skulle vara insända senast 31 mars 2014. Man kan notera att Naturvårdsverket valt att ge miljömålet ”Giftfri miljö” stor tyngd och föreslår bland annat gränsvärden för ett mycket begränsat urval av organiska ämnen. Även på det Europeiska planet är det fokus på hantering och användning av slam. Bland annat föreligger det sedan 2010 ett utkast till ny slamlagstiftning där slam och organiskt avfall klassificeras in i olika kategorier med fokus på användning baserat på dess ursprung (CIRCA, 2010).

Inom REVAQs certifieringssystem finns en metod för att utvärdera om koncentrationsnivåerna av tungmetaller är acceptabla. Som exempel kan nämnas kadmium (Cd) där det finns fastställda kvoter för hur mycket Cd per kg P som maximalt är tillåtet, för att avloppsslammet ska få spridas på åkermark. Likaså finns en sammanställning över vad som maximalt får tillföras till jordbruksmark av Cd och andra prioriterade spårelement räknat som gram per hektar och år (REVAQ-regler, 2014; SNFS 1998:4).

Organiska miljögifter hanteras dock annorlunda i REVAQs certifieringssystem. Där åligger det producenten av slammet att begära in kemikalieförteckningar från anslutna verksamheter. I det fall där förteckningen innehåller ämnen som återfinns bland utfasningsämnena i Kemikalieinspektionens PRIOriteringsguide ([www.kemi.se](http://www.kemi.se)) ska en handlingsplan för utfasning upprättas. Någon generell lista med gränsvärden för organiska miljögifter, på samma sätt som för metaller, finns alltså inte.

Organiska miljögifter som distribueras via avloppsvatten till reningsverken kan genomgå flera olika processer som har betydelse för vilka ämnen som avskiljs via slam och vilka som finns kvar i vattnet som leds ut från verket (utgående vatten). De organiska substanserna kan grundläggande delas in i tre grupper beroende av hur de fördelar sig mellan luft, vatten och fast fas, i detta fall slam. För de ämnen där jämvikten mellan luft och vatten är starkt förskjutet åt luft kan det förväntas att de avgår till luft via avdunstning under luftningen. På samma sätt kan ämnen som har en stark förskjutning mot vatten förväntas återfinnas till större grad i vattenfasen. Den grupp av ämnen som är av störst intresse när det gäller slam och framför allt spridning av slam på åkermark, är de ämnen som sorberar till organiskt material och partiklar, det vill säga i detta sammanhang binds till slammet. Den dominerande processen utöver sorption till slam, med avseende på organiska miljögifters väg genom reningsverket, är förstås biologisk nedbrytning. Detta betyder att det huvudsakligen är två egenskaper hos ett organiskt ämne avgör om de hamnar i slammet, sorptionsbenägenhet och biologisk nedbrytbarhet.

Vilka organiska ämnen som i praktiken återfinns i slam begränsas av vilka organiska ämnen man har metoder för att analysera och väljer att leta efter (=inkludera i sina mätprogram). I Naturvårdsverkets miljöövervakningsprogram (löpande tidsserieövervakning) finns exempel på vad som återfinns i slam uppmätt i avvattnat slam i tidsperioden 2004–2010 i Sverige (se tabell 1-1 och 1-2).

Tabell 1-1 Ämnen som ingår i den löpande övervakningen av slam (IVL, 2011a, b).

Grupp	Undergrupp/ämne	Ämnen
Fenoler	Klorfenoler	2-monoklorfenol; 3-monoklorfenol; 4-monoklorfenol; 2,6-diklorfenol; 2,4+2,5-diklorfenol; 2,3-diklorfenol; 3,5-diklorfenol; 3,4-diklorfenol, 2,4,6-triklorfenol, 2,3,5-triklorfenol, 2,4,5-triklorfenol, 2,3,6-triklorfenol, 3,4,5-triklorfenol, 2,3,4-triklorfenol, 2,3,5,6-tetraklorfenol, 2,3,4,6-tetraklorfenol, 2,3,4,5-tetraklorfenol, pentaklorfenol 4-nonylfenol, 4-t-oktylfenol Butylhydroxytoluen Triklolan
Klorbensener		1,3-diklorbensen, 1,4-diklorbensen, 1,2-diklorbensen, 1,3,5-triklorbensen, 1,2,4-triklorbensen, 1,2,3-triklorbensen, 1,2,3,5-tetraklorbensen, 1,2,4,5-tetraklorbensen, 1,2,3,4-tetraklorbensen, pentaklorbensen, hexaklorbensen
Estrar	Organofosfater Ftalater	Tributylfosfat, tris(2-kloroetyl)fosfat, tris(2-kloroisopropyl)fosfat, tris(1,3-dikloropropyl)fosfat, tris(2-butoxyetyl)fosfat, trifenyfosfat, 2-etylhexyldifenyfosfat Dimetylftalat, dietylftalat, di- <i>n</i> -butylftalat, butylbensylftalat, di-(2-etylhexyl)ftalat, di- <i>n</i> -oktylftalat, di- <i>iso</i> -decylftalat, di- <i>iso</i> -nonylftalat
Antibiotika	Fluorokinoloner	Norfloxacin, ciprofloxacin, ofloxacin
Dioxinliknande ämnen	WHO-PCB PCDD/F	# 105, # 114, # 118, # 123, # 156, # 157, # 167, # 189, # 77, # 81, # 126, # 169 2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, OCDD, 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, OCDF
Övriga POP	Polybromerade difenyletrar (PBDE) Klorparaffiner	# 28, # 47, # 99, # 100, # 153, # 154, # 183, # 209 SCCP (C10-13), MCCP (C14-17), LCCP (C18-20)
Fluorerade ämnen	PFOS/PFOA, m.fl.	Perfluoroheksansyra, perfluoroheksansulfonat, perfluoroheptansyra PFOA), perfluoroktansyra, perfluorononansyra (PFOS), perfluorooftansulfonat, perfluoroktansulfonamid, perfluorodekansyra, perfluorundekansyra, perfluorodekansulfonat, perfluordodekansyra, perfluortridekansyra, perfluortetradekansyra, perfluorpentadekansyra, perfluorbutansulfonat

Grupp	Undergrupp/ämne	Ämnen
Metallorganiska ämnen	Organotenn	Monobutyltenn (MBT), dibutyltenn (DBT), tributyltenn (TBT), monofenyltenn, difenyltenn, trifenyltenn
Siloxaner		Oktametylcyklotetrasiloxan, dekametylcyklopentasiloxan, dodekametylcyklohexasiloxan, hexametyldisiloxan, oktametyltrisiloxan, dekametyltetrasiloxan, dodekametylpentasiloxan
Mysk ketoner		Musk ketone, musk xylene, galaxolide, tonalide

Tabell 1-2 Ämnen som ingått in den nationella screeningen och som observerats i kvantiteter över detektionsgräns (IVL, 2011b).

Grupp	Undergrupp/ämne	Ämnen	Lägsta koncentration (mg/kg TS*)	Högsta koncentration (mg/kg TS*)	Antal mätvärden
Fenoler	Klorfenoler	Pentaklorfenol	<0,005	0,027	56
		4-nonylfenol	<0,07	4,2	9
		4-t-oktylfenol	2,5	15	9
		Trikloran	0,047	35	56
Dioxinliknande ämnen	WHO-PCB	# 105; # 114; # 118; # 123; # 156; # 157; # 167; # 189; # 77; # 81; # 126; # 169	0,0003 µg/g TS	0,0059 µg/g TS	56
	PFOS/PFOA	Perfluoroheptansyra (PFOA)	0,25 µg/kg TS	43 µg/kg TS	56
		Perfluorononansyra (PFOS)	1,6 µg/kg TS	67 µg/kg TS	56

\* Torrsubstans (TS).

Av tabellerna ovan framgår att långt ifrån alla ämnen som inkluderas i mätprogrammen återfinns i kvantifierbara nivåer. Likaså framgår att variationer i uppmätta nivåer variera betydligt. Det är i detta sammanhang också viktigt att notera att under detektionsgräns inte nödvändigtvis innebär att ämnena inte finns, utan bara att mätmetoden inte är tillräckligt bra för att kvantifiera dem.

Det genomförs också andra mätningar på slam från svenska reningsverk. Som exempel kan nämnas mätningar av polycykliska aromatiska kolväten (PAH) i avloppsslam från reningsverket i Helsingborg. Dessa visade bland annat också att förekomsten av PAH varierar. I perioden 2004–2010 låg halterna i intervallet 0,8–1,6 mg/kg TS (koncentrationen av summa PAH; Miljöbarometern, 2011a). Motsvarande mätningar genomförda av rötslam i Stockholm i tidsperioden 2004–2011 varierade mellan 1,2 och 1,7 mg/kg TS (Miljöbarometern 2011b). Mätningar av PAH inom ramen för den nationella screeningen i Henriksdals reningsverk i Stockholm och vid Rya-verket i Göteborg visar att förekomsten av PAH i avloppsslammet från Henriksdal låg strax under 2 mg/kg TS, medan det på Gryaab låg strax över 2 mg/kg TS (Brorström-Lundén m.fl., 2010).

Naturvårdsverkets har tagit fram riktgränsvärden för mark. Vid framtagandet av riktvärden har man arbetat utifrån två markanvändningsmodeller eftersom markanvändningen påverkar hur människan kan förväntas exponeras för föroreningar och vilka krav som kan ställas på markmiljön. De ena av dessa markanvändningarna är ”känslig markanvändning” (KM), vilket är områden där alla människor, barn och vuxna, kan vistas en livstid. Där är grund- och ytvatten skyddat. Den andra är ”mindre känslig markanvändning” (MKM) som inkluderar till exempel kontor, industrier och

vägar. Där vistas barn och äldre tillfälligt medan vuxna vistas där under sin yrkesverksamma tid. Grund- och ytvatten skyddas på ett avstånd på 200 meter från området. Riktlinjer för gränsvärdena presenteras i tabell 1-3.

Tabell 1-3 Riktlinjer för gränsvärden för organiska ämnen vid förekomst i känslig mark (KM) och mindre känslig mark (MKM) framtagna av Naturvårdsverket. (Naturvårdsverkets Rapport 5976, 2009.)

Ämne	KM (mg/kg TS)	MKM (mg/kg TS)
PCB-7 (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 och PCB 180)	0,008	0,2
PAH-L (låg molekylvikt; naftalen, acenaften och acenaftylen)	3	15
PAH-M (medelhög molekylvikt; fluoren, fenantren, antracen, fluoranten och pyren)	3	20
PAH-H (hög molekylvikt; bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, dibens(ah)antracen, benso(ghi)perylen och indeno(123cd)pyren)	1	10
Fenoler; kresoler	1,5	5
Klorfenoler	0,5	3

## 1.2 Fältstudier med spridning av rötat avloppsslam på odlad åkermark

I början av 1980-talet initierades ett projekt som fortfarande pågår och som syftar till att bedöma effekterna av spridning av avloppsslam på åkermark. De ingående aktörerna, som också står för finansieringen, är LRF, Hushållningssällskapet i Malmöhus, Sydvästra Skånes kommunförbund (SSK, utgörs av nio skånska kommuner inkl. Malmö stad) och Sydsånes avfallsaktiebolag (SYSAV). Målet med projektet är att bedöma vilka effekter spridning av rötat avloppsslam på odlad åkermark har på mark, gröda och marklevande organismer. Två gårdar i sydvästra Skåne utgör försöksplatser, Igelösa gård (nordost om Lund) och Petersborg (söder om Malmö; se figur 1-1). Vart fjärde år, på hösten, med start 1981 har slamspridning skett på åkrarna. Den senaste slamspridningen före provtagningen för detta projektet skedde således hösten 2009, vilket var det åttonde tillfället då slamgödsel tillförts fältet. Enligt projektbeskrivningen sprids slam i två av de tre försöksleden:

- A-leden, endast mineralgödsel, ingen spridning av slam.
- B-leden, spridning av slam motsvarande 4 ton TS/ha (enligt 1981 års rekommenderade maximala givan), i kombination med mineralgödsel.
- C-leden, spridning av slam med 12 ton TS/ha (provocerande giva), i kombination med mineralgödsel (se figur 1-1).

Mineralgödsel har tillsatts så att det för varje led (A, B, C) finns led utan mineralgödsel (led 0), led med halv ordinarie gödselgiva (led 1) och led med hel ordinarie gödselgiva (led 2) baserat på den gröda som odlas. Varje ruta, till exempel A0, är 6 × 20 meter, se figur 1-1 och 1-2 (Andersson & Nilsson, 1999). För att uppnå målsättningen och kartlägga vilka effekter slamspridning på odlad åkermark innebär i form av tillförsel av växtnärsämnen,

A0	B0	C0	B0	C0	A0
A1	B1	C1	B1	C1	A1
A2	B2	C2	B2	C2	A2
A1	B1	C1	B1	C1	A1
A0	B0	C0	B0	C0	A0
A2	B2	C2	B2	C2	A2

Figur 1-1 Schema över hur försöksrutorna gödslas med rötat avloppsslam. A-led har inte gödslats med rötat avloppsslam, B-led har gödslats med 4 ton TS/ha och C-led har gödslats med 12 ton TS/ha. Kombinationer med gödsling av mineralgödsel ingår så att 0-led ej mineralgödslas, 1-led mineralgödslas med halv kvävegiva med avseende på den gröda som odlas och 2-led mineralgödslas med hel kvävegiva. Varje ruta i blocksystemet är 6×20 meter, total försöksareal 36×120 meter (Andersson, 2009).



Figur 1-2 Försöksfälten är inritade med en rödgul rektangel. Avstånden mellan försöksfältet och motorvägarna är 600 meter (E20, yttre ringleden) respektive 640 meter (E6/E22 mot Trelleborg). © Lantmäteriet [i2012/97].

metaller, mikrospårämnen och mullbildande ämnen har årliga provtagningar genomförts på jord och grödor (Andersson, 2009).

Som framgår av kartan (figur 1-2) ligger försöksfälten vid Petersborg nära större och mycket trafikerade motorvägar. Försöksfältet är placerat 600 meter söder om E20 (yttre ringleden mot Köpenhamn) och 640 meter väster om E6 och E22 (söderut mot Trelleborg).

På grund av projektets tidsramar blev det bara möjligt att få skördeprover från försöksrutorna på Petersborg under hösten 2011.

Inom slamgödslingsprojektet har dock analyserna av organiska miljögifter varit ytterst begränsade. År 1997 genomfördes analyser av förekomst av ett antal organiska miljögifter i jord och grödor. Studien inkluderade prover från åren 1990, 1993 och 1994. De organiska miljögifter som då identifierades och kvantifierades bestod till största delen av monocykliska aromater, vilka påträffades i såväl den behandlade som den obehandlade jorden. Resultaten var inte entydiga, men gav en indikation på att man inte kunde påvisa skillnader i förekomsten av organiska miljögifter mellan åren (Andersson & Nilsson, 1999).

### **1.3 Syfte och mål**

Syftet med detta projekt har varit att göra en inledande bedömning av om tillförsel av näringsämnen i form av rötat (mesofilt anaerobt) avloppsslam från kommunala reningsverk innebär förhöjda halter av organiska miljögifter i jord och gröda. Projektet utnyttjar de ovan beskrivna fältförsöken och fokuserar på att genomföra kvantitativa analyser av ett begränsat, väl valda organiska miljögifter i jord och årets aktuella grödor, gödslat med avloppsslam och/eller mineralgödsel.

### **1.4 Projektorganisation**

Finansiärer av detta projekt har varit Svenskt Vatten Utveckling och Ragnar Sellbergs Stiftelse, med medfinansiering från Lunds universitet.

Projektgruppen bestod av Maritha Hörsing (forskare) vid Lunds Tekniska Högskola, Eva Eriksson (lektor) vid Danmarks Tekniska Universitet, Charlott Gissén (forskningsassistent) vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Jes la Cour Jansen (professor) vid Lunds Tekniska Högskola och Anna Ledin projektledare (professor) vid Lunds Tekniska Högskola.

Ett flertal olika myndigheter, föreningar och organisationer tillfrågades och gavs möjlighet att vara med i referensgruppen som sammansattes till detta projekt. Livsmedelsverket och Naturskyddsföreningen tackade nej. Miljödepartementet tackade nej, men bad om minnesanteckningar och slutrapport, vilket tillgodosågs. Kemikalieinspektionen tillfrågades via e-post, men lämnade inte något svar, vilket tolkades som ett nej.

Accepterade att delta i referensgruppen gjorde Per-Göran Andersson, Hushållningsällskapet Malmöhus; Sunita Hallgren, Lantbrukarnas Riksförbund (LRF); Cecilia Ekvall, Ragn-Sells; Katarina Hansson, Eslövs kommun (numera VA SYD); Britta Hedlund, Naturvårdsverket; Agneta Leander, VA SYD; Emelie Ljung, Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) och Nicklas Paxeus, Gryaab.

Referensgruppen samlades i Lund och Stockholm tillsammans med projektdeltagarna för ett första videokonferensmöte i november 2011. En presentation av projektplanen genomfördes liksom den genomförda provtagningen samt det påbörjade arbetet med att välja ämnen för analys. Ett andra möte hölls som en telefonkonferens i slutet av januari 2012. Det mötet ägnades åt att diskutera och enas om ett urval av ämnen vi ville analysera. En prioritering av substanserna och mellan antal substanser och antal analyser genomfördes också.

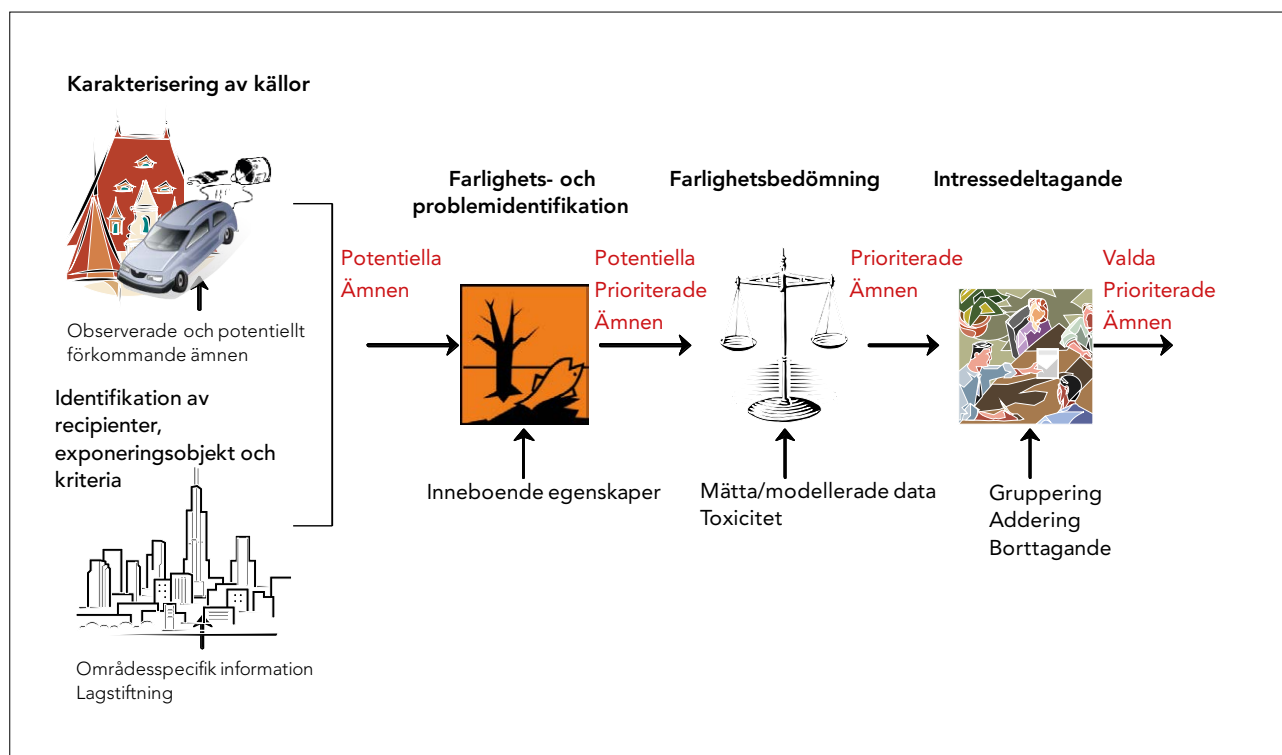


## 2 Val av fokusämnen

Avloppsslammet är en spegelbild av det kemiska samhälle vi lever i, och allt som vi använder i vår vardag och spolat ned i avloppet kan potentiellt ackumuleras i slammet. Här valdes det att ha fokus på de organiska ämnen som faktiskt har uppmätts i slam, och som har egenskaper som gör att de potentiellt kommer att vara moderat rörliga i mark och som då kan tas upp i gröda.

### 2.1 Metodik för att välja ämnen

Valet har genomförts på ett systematiskt sätt genom att användande av CHIAT-metoden (Chemical Hazard Identification and Assessment Tool) (Ledin m.fl., 2005), som är en systematisk och transparent metod för bedömning och rankning av kemiska faror i samband med hantering av sekundavatten, men som också framgångsrikt har används för slam, förorenad jord och slakteriavfall, figur 2-1. Rankningen av de potentiellt farliga ämnena har genomförts med verktyget RICH (Ranking and Identification of Chemical Hazards) (Baun m.fl., 2006) som hjälper till att identifiera de kemiska ämnen som har inneboende egenskaper som gör dem till potentiella faror på kort (akuta effekter på akvatiska organismer) och lång sikt (långtidseffekter på akvatiska organismer, däggdjur inkl. människor).



Figur 2-1 CHIAT-metoden, modifierade från Ledin m.fl., 2005.

1. Först genomfördes en så kallad källkaraktärisering som är en litteraturstudie där fokus i detta projekt lades på att finna organiska ämnen som identifierats och kvantifierats i slam från avloppsreningsverk. Litteraturstudien avgränsades till internationella vetenskapligt granskade artiklar, rapporter sammanställda av Europeiska Kommissionen, IVL:s rapporter om de svenska nationella screeningsstudierna, samt nationella screeningsstudier från andra valda länder (USA och Kanada). Målet var att få en god representation för vad som hittats i avloppsslam i Sverige, EU och Nordamerika från år 2000 till 2012.
2. I ett nästa steg identifieras exponeringsobjekten. Dessa är fallspecifika, och omfattar de miljömatriker som utgör exponeringskällan för de organismer som kan komma att potentiellt utsättas för ämnena. I detta tillfälle var slam, jord och grödor relevanta, eftersom det är via dem som vi människor kan exponeras för de oönskade ämnena.
3. Därefter söktes CAS-nummer (ett CAS-nummer är ett unikt identifieringsnummer för en kemisk förening) för de ämnen som uppmätts i slam. Detta eftersom CAS-nummer är den unika numeriska identifierare som kopplar den kemiska strukturen med de inneboende egenskaperna, som i sin tur ligger till grund för faro- och riskbedömningar. Därefter insamlades relevanta inneboende egenskaper, vilka användes för att prioritera ämnena beroende på deras farlighet, enligt RICH-metoden (Baun m.fl., 2006).

Metoden har följande delsteg:

- Fäsfördelning, det vill säga primärt luft, vatten eller fastfas (här slam). Detta görs baserat på deras fördelningskoefficienter;
  - fördelning mellan vatten- och luft (Henrys lags konstant).
  - fördelning mellan vatten- och organiskt kol (LogK<sub>oc</sub>).
  - fördelning mellan vatten och fett (mätt som oktanol, LogK<sub>ow</sub>).
- Bionedbrytning under syrerika och syrefattiga (aerob och anaerob) förutsättningar;
  - akutgiftig mot vattenlevande organismer (alger, kräftdjur och fisk).
  - långtidseffekter (cancerogent, mutagent eller reproduktionsskadande, s.k. CMR).

I praktiken betyder detta att alla ämnen som kommer att binda till slammet hamnar i en och samma grupp, fastfasgruppen. Därefter klassas ämnena efter huruvida de är persistenta mot biologisk nedbrytning och om de ackumuleras i biologiskt material. Är de både persistenta och bioackumulerande är de potentiellt farliga och blir rankade som ”röda”, det vill säga potentiellt farliga. Därefter klassas ämnena baserat på persistens mot biologisk nedbrytning och akut giftighet. Ämnen som är persistenta och mycket giftiga för vattenlevande organismer blir rankade som ”röda”. Till sist klassas ämnena baserat på deras långtidseffekter och har de funnits vara carcinogena, mutagena eller skadliga för reproduktionen blir de också klassade som ”röda”. För att ett ämne ska klassas som ”grön” måste de frikännas i alla steg, det vill säga de ämnen som är lätt nedbrytbara, icke bioackumulerande, och som varken har

akuta eller kroniska toxiska effekter. Ämnen för vilka data saknas, och därför inte kan få ett helhetsomdöme, blir klassade som ”grå”. Skulle klassningen mot all förmodan vara ambivalent finns det kategorin ”gul” som består av ämnen där fara varken kan fastställas eller uteslutas. (Se tabell 2-2.)

4. Steg 4 i CHIAT, farlighetsbedömningen, utfördes inte då det steget avser att jämföra projektspecifika uppmätta koncentrationer med kända effektkoncentrationer för att bedöma om det föreligger en fara. Vid val av mätprogram tjänar detta steg inget syfte.
5. I sista steget görs det slutgiltiga valet av ämnen. Vid dessa möten deltar alla relevanta intressenter för att baserat på det material som framtagits i stegen beskrivna ovan prioritera de mest lämpade ämnen som ska ingå i den slutgiltiga prioriteringslistan. Som intressentdeltagare deltog i detta projekt hela referensgruppen (se bilaga 1).

## 2.2 Valda ämnen

En inledande screeningen av tillgänglig litteratur genomfördes (steg 1 ovan – vetenskaplig litteratur, rapporter från övervakningsprogram, etc.) och de organiska ämnen som identifierats och kvantifierats i slam indelades i grupper baserat på deras kemiska struktur eller användningsområde, se tabell 2-1 och bilaga 1. Över 640 organiska ämnen och ämnesgrupper visade sig vara uppmätta i slam. Den största gruppen med 112 uppmätta ämnen var ”Antibiotika och läkemedel” och därefter PAHer med 63 besläktade varianter. Räknas nitro-PAHer och oxi-PAHer dit innehåller gruppen totalt 84 ämnen. Dessa stora grupper är exempel på både olika kemiska strukturer och användningsområden. Antibiotika och läkemedel, har applikationer inom hälso-, sjukvård- och veterinärmedicin, medan PAHer primärt är oönskade biprodukter vid ofullständig förbränning av organiskt material i till exempel bilmotorer, och vid uppvärmning av byggnader, etc. Gruppen ”Steroider och hormoner” med 27 ämnen, består primärt av naturligt producerade ämnen som urskiljs från människor via urin och fekalier och kan därmed förväntas vara en naturlig del av avloppsslammet. Referensgruppen bedömde att antalet ämnen var stort nog och antalet relevanta grupper var representativt, det vill säga företrädande naturligt förekommande ämnen, biprodukter, industrikemikalier och läkemedel. Det beslöts därmed att inga supplerande litteraturstudier var nödvändiga.

Tabell 2-1 Ämnesgrupper och antal ämnen mätta i slam.

Ämnesgrupp	Antal ämnen
Alifater	38
Aminer	11
Antibiotika och läkemedel	112
Antioxidanter	1
Bromerade flamskyddsmedel (PBDE)	14
Dioxiner och furaner (PCDD/F)	45
Doftämnen inkl. myskketoner	22
Fenoler	23

Ämnesgrupp	Antal ämnen
Flamskyddsmedel	4
Estrar (ftalater/mjukgörare)	15
Heterocykliska ämnen	15
Klorbensener	5
Kvartära ammoniumföreningar	3
Läkemedel och kosmetika (PCPP)	3
Metaboliter av mjukgörare (estrar)	3
Monocykliska kolväten och heterocykliska föreningar	23
N-alkaner	26
Nitro PAHer	11
Organiska tennföreningar	18
Oxiderade (oxi-)PAHer	10
Fluorerade ämnen/perfluorkemikalier	13
Pesticider	55
PAH	63
PCB	17
Polyklorerade bifenyler (PCB), naftalener, dioxiner och furaner	1
Polyklorerade naftalener	1
Rengöringsmedel	12
Siloxaner	3
Steroider och hormoner	27
Organofosfater (triaryl/alkylfosfatestrar)	7
UV-filter	13
Övriga ämnen	28
<b>Totalt</b>	<b>642</b>

När aktuell kunskap om vilka grödor som odlades vid provtagningstillfället insamlats kunde steg 2 genomföras. Där ändrades de inledningsvis identifierade exponeringsobjekten slam, jord respektive relevanta grödor till prover på jord från försöksrutorna, sockerbetor och sockerbetsblast. Motiveringen att ta prover på både sockerbetorna och sockerbetsblasten är att de olika växtdelarna exponeras olika för föroreningar i jord respektive luft, samt att de har olika funktion och metabolism i växten. Blasten är en del av den vegetativa växtfunktionen och inte primärt en lagrande växtdel vilket däremot betan är. Yilmaz och Temizgül (2012) undersökte upptaget och fördelningen av bland annat metaller, exempelvis kadmium, i sockerbetsans rot, stjälk och blad. De visade i sin studie att då kadmiumhalten i den omgivande jorden ökade, ökade kadmium halten i roten ungefär dubbelt så mycket jämfört med både halten i stjälk och blad.

I det tredje steget insamlades först de data som behövs för att genomföra denna screening. Av de uppmätta 642 ämnena kunde 542 kopplas till ett specifikt CAS-nummer. 100 ämnen saknade alltså CAS-nummer och det beror primärt på att inga CAS-nummer finns registrerade för metaboliter, nedbrytningsprodukter och samlingsparametrar.

För de 542 ämnena som har CAS-nummer söktes det efter information om inneboende egenskaper, så som fördelningskoefficienterna nämnda ovan. Då antalet data för jordlevande organismer är ytterst begränsat valdes det att använda motsvarande data för vattenlevande organismer som indikatorer för toxicitet. Egenskaperna användes i RICH-verktyget som genererade en ranking av ämnena, tabell 2-2.

Tabell 2-2 Antal ämnen i vatten- och fastfas som rankats i olika grupper.

	Totalt antal testade ämnen	Röda	Gula	Gröna	Grå
Vattenfas ämnen	542	106	15	370	51
Fastfas ämnen	Aerob miljö	301	10	182	49
	PB	240	-	-	-
	PT	41	-	-	-
	CMR	20	-	-	-
	Anaerob miljö	455	11	1	1
	PB	0	-	-	-
	PT	11	-	-	-
	CMR	0	-	-	-

PB = persistent och bioackumulerande.

PT = persistenta och akut toxicitet.

CMR = cancerogent, mutagen eller reproduktionsskadande.

Ungefär tio procent (49) av de 542 ämnena saknade ett eller flera data och kunde därmed inte helhetsbedömas, det vill säga klassades som grå. 182 frikändes från att vara potentiellt farliga i fastfas och 11 ämnen klassades som gula. Majoriteten, 301 ämnen i aerob miljö och 11 ämnen i anaerob miljö klassades som röda och utgör därmed en potentiell fara i fastfas, här slammet. Då det i projektet arbetas enligt försiktighetsprincipen beslutades det att både gula och röda ämnen skulle ingå i det vidare arbetet.

Vid en mer djupgående analys av materialet med gula och röda ämnen kan det ses att i aerob miljö blir de flesta ämnen (240) klassade som röda på grund av persistens och bioackumulation (PB), medan för anaerob miljö blir alla klassade som röda på grund av persistens och akut giftighet. Att endast 20 blev röda på grund av långtidseffekter innebär inte att alla andra ämnen frias från dessa egenskaper, utan då klassningen är sekventiell testas inte ämnen som redan är röda med avseende på andra inneboende egenskaper.

Det femte steget i CHIAT genomfördes inom ramen för referensgruppen. På referensgruppmötet enades man om att mätningar för över 300 ämnen inte var realistiskt inom ramen för den avsatta budgeten och heller inte möjligt inom tillgänglig tidsram. Istället enades man om att genomföra prioriteringar av ämnen enligt tabell 2-3.

Tabell 2-3 Valda och bortsorterade ämnen vid intressentdeltagandet.

Inkluderade ämnen/grupper	Motivering
Antibiotika och antibakteriella medel	Relevant för att få mer kunskap om vad som händer med marklevande organismer, och vid utveckling av antibiotika resistens
LAS (rengöringsmedel)	Svårnedbrytbart i anaerob miljö och används i stigande mängder
Myskämmen (doftämnen)	Kommer från specifika hushållsnära källor (tvättmedel etc.)
Nonylfenol, oktylfenol, BPA och andra fenoler i samma paket (fenoler m.fl.)	Undantaget fenol som bildas naturligt
PAH	Biprodukter, förekommer i dagvatten
PCB	Gamla synder men misstänks finnas som biprodukt i nya produkter som exempelvis färg (nya produkter)
Fluorerade ämnen (perfluorkemikalier)	Kända, olösta miljöproblem som färdelaras till slam

Inkluderade ämnen/grupper	Motivering
Klorparaffiner C10–C16 (SCCP och MCCP) (övriga ämnen)	Kända, olösta miljöproblem som fasfördelar sig till slam, MCCP tros stiga när SCCP är utfasade
Organofosfater (trifenylfosfater och klorerade fosfater)	Kända, olösta miljöproblem som fasfördelar sig till slam
Triklorkarbamin och triklosan (antibiotika och läkemedel)	Vad händer med marklevande organismer, och vid utveckling av antibiotika resistens
Exkluderade ämnen/grupper	Motivering
Bekämpningsmedel (pesticider)	Används inom jordbruket och därför svårt att särskilja källorna
Dioxiner (dioxiner och furaner)	Primärkälla är atmosfäriskt nedfall, inte så mobila i jord
Ftalater (estrar)	Är svårreoliga i jord, vilket bör betyda att upptaget i gröda är mycket begränsat
Bi-, nedbrytningsprodukter och metaboliter (kaptan, E-vitamin m.m. ca 20–30 st.)	Nedbrytningsprodukter från växter, fekalier mm, det vill säga de har en naturlig förekomst
Läkemedel (exklusive antibiotika)	Det är en etisk fråga om vi accepterar att vi får i oss läkemedel via födan. Här valdes de att exkluderas p.g.a. budgetbegränsningar

För de valda ämnena, eller ämnesgrupperna blev det undersökt för vilka det kunde beställas analyser av från kommersiella laboratorier i de valda exponeringsobjekten/miljömatriserna (jord, sockerbeta och blast) samt till vilket pris. Det blev klart när prisuppgifter inhämtats att alla ämnen inte kunde analyseras i de valda miljömatriserna, eller inom den givna budgetramen, så en kortlista av analyser valdes tillsammans med referensgruppen, tabell 2-4.

Tabell 2-4 Valda analyser för analys i jord, sockerbeta och sockerbetsblast.

Grupp	Antal ämnen/summaparametrar
4-Nonylfenol, 4-oktylfenol, och bisfenol-A	3
PAH 16	22
PCB 7	8
Fluorerade ämnen (PFOS och PFOA)	2
Triklolosan	1

## 2.3 Beräkningsmetod

Det slamparti som spridits på åkrarna i Petersborg (2009) härrör från slam som genererades på Sjölunda reningsverk, Malmö, i april 2009. För att få en uppfattning om vilka nivåer av organiska ämnen som skulle kunna förväntas i jorden har en mycket grov uppskattning gjorts genom att teoretisk beräkna baserat på tillförd mängd av dessa substanser i slammet och med hänsyn tagen till utspädning i jorden genom nedbrukning av slammet i översta jordlagret, det vill säga ner till plogdjupet 0,3 meter. Dessa beräkningar inkluderar inte eventuella organiska ämnen som tillförts vid tidigare slamspridning, det vill säga detta är en mycket försiktig uppskattning.

De teoretiska beräkningarna gjordes som illustreras och beskrivs i figur 2-2.



Figur 2-2 Illustrerar och beskriver hur de teoretiska beräkningarna för att uppskatta koncentrationen av organiska ämnen i jorden efter slamspridning utfördes

Återstår att beräkna: massan organiskt ämne exempelvis PAH, i slam delat på den sammanlagda massan jord och slam för att komma fram till koncentrationen av organiskt ämne i slamgödslad jord. (Koncentration av organiskt ämne i slamgödslad jord = massa PAH i slam / (massan jord + massan slam)).

## 3 Provtagning och analyser

### 3.1 Provtagning på Petersborg

I samband med att åkrarna i Petersborg skördades hösten 2011 togs prover av jord, sockerbetor och blast från sockerbeta. Rötat avloppsslam har spridits i försöksrutorna under höstarna 1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005 samt 2009. Den senaste spridningen av rötat avloppsslam skedde den 8 september 2009. Det slam som spreds på åkern hämtades från Sjölunda-verket den 8 september, samma dag som det spreds på åkern. Slammet var avvattnat och hade därefter mellanlagrats, på Sjölunda sedan produktionen under april 2009. Analyser av PAH och PCB i det slam som användes för gödsling visar att det innehöll 2,2 mg PAH/kg TS och 0,04 mg PCB/kg TS.

De grödor som odlas på fälten följer gårdens växtföljd och år 2011 odlades sockerbetor på fältet med försöksrutorna för slamgödslingen.

Betan valdes eftersom den är i direkt kontakt med jorden och kan ge indikation på kontaminering i jorden, medan den ovanjordiska blasten är i kontakt med luft och därmed kan spegla betydelsen av atmosfärisk deposition. Eftersom betans rot är en förrådslagrande växtedel och blasten är en del av den vegetativa växtfunktionen så är det av intresse att undersöka om det går att avgöra skillnader i hur fördelningen av ämnen som tas upp via roten fördelas olika delar i växten. Tidigare studier har visat att av upptag av kadmium ackumuleras mer i roten än i blasten (Yilmaz & Temizgül, 2012).

Provtagning av betor, blast och jord har skett rutvis. Alla prover av jord, sockerbeta och blast förvarades i nya diskade glasburkar i frys (-18 °C) till dess att proverna skickades till ALS Scandinavia AB för analys. Glasburkarna var nyinköpta av typen "KORKEN" från IKEA (0,5 liter) och var utrustade med lock med fjädermekanism. Burkarnas originalpackningar ersattes med gängtejp/gastejp, så att proverna inte kom i kontakt med gummi eller plast. Inte någonstans under provtagnings- eller paketeringsprocessen kom proverna i kontakt med plast eller gummi. Fem stickprov per ruta togs av jordproven med hjälp av en jordborr i metall på 0–30 cm djup. Varje enskild rutas jordprov mixades i en rostfri spann med en rostfri sked varefter jordprovet hälldes över i 2 stycken 0,5 liters glasburkar.

Betorna är bearbetade till ett betmos, denna bearbetning utfördes på Örtofta sockerbruk. Betmoset är uttaget på provtvätten i Örtofta, från betorna i skördeparcellen togs cirka 70 betor per ruta. Betorna tvättades och fräses till mos, därefter blandades moset så att ett representativt prov kunde tas ut. Innan betmoset placerades i 2 stycken glasburkar per ruta torkades det 16 h i 105 °C.

För att få ett representativt prov av blasten samlades blasten från 5 betor per ruta i en rostfri spann och blandades väl innan prov tog ut och fördelades i 2 stycken glasburkar.



### 3.2 Analys av organiska miljögifter i jord, sockerbeta och sockerbetsblast

Analys av samtliga ämnen i proverna från Petersborg i tabell 3-1, 3-2 och 3-3 genomfördes av ALS Scandinavia AB enligt ackrediterade metoder för jordproverna. För analys av sockerbetar och sockerbetsblast utvecklades metoder på vår begäran. Detektionsgränserna finns i bilaga 2.

Tabell 3-1 Resultat från analyser av jordproverna tagna i led A0, A2, B0, B2, C0 och C2 (mg/kg TS).

Ämne	Provled					
	A0	A2	B0	B2	C0	C2
TS 105 °C (%)	87	85,6	86	85,5	85,9	84,7
Naftalen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acenaftylen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acenaften	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Fluoren	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Fenantren	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Antracen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Fluoranten	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Pyren	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Bens(a)antracen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Krysen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Bens(b)fluoranten	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Bens(k)fluoranten	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Bens(a)pyren	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Dibens(ah)antracen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Benso(ghi)perylen	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Indeno(123cd)pyren	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
PAH, summa 16	<0,38	<0,38	<0,38	<0,38	<0,38	<0,38
PAH, summa cancerogena	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18	<0,18
PAH, summa övriga	<0,23	<0,23	<0,23	<0,23	<0,23	<0,23
PAH, summa L	<0,075	<0,075	<0,075	<0,075	<0,075	<0,075
PAH, summa M	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13	<0,13
PAH, summa H	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
PCB 28	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB 52	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB 101	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB 118	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB 138	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB 153	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB 180	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030
PCB, summa 7	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011
4-tert-oktylfenol	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
4-nonylfenoler (tekn. blandning)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Triklosan	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
PFOS perfluoroktan- sulfonat	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFOA perfluoroktansyra	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bisfenol A	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20

Tabell 3-2 Resultat från analyser av betorna tagna i led A0, A2, B0, B2, C0 och C2 (mg/kg TS).

Ämne	Provled					
	A0	A2	B0	B2	C0	C2
Naftalen	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Acenaftylen	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Acenaften	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Fluoren	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Fenantren	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Antracen	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Fluoranten	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Pyren	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Bens(a)antracen	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Krysen	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Bens(b)fluoranten	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Bens(k)fluoranten	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Bens(a)pyren	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Dibenso(ah)antracen	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Benso(ghi)perylen	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Indeno(123cd)pyren	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0020	<0,0030
Summa 16 EPA-PAH	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,025
PAH cancerogena	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,011
PAH, summa övriga	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	<0,011	<0,015
PCB 28	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 52	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 101	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 118	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 138	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 153	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 180	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB, summa 7	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
4-tert-oktylfenol	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	<0,0030	0,0039
4-nonylfenoler (tekn. blandning)	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	0,035
Triklosan	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFOS perfluoroktan- sulfonat	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFOA perfluor- oktansyra	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bisfenol A	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Tabell 3-3 Resultat från analyser av blasten från betorna tagna i led A0, A2, B0, B2, C0 och C2 (mg/kg färsk vikt [fv]).

Ämne	Provled					
	A0	A2	B0	B2	C0	C2
Naftalen	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Acenaftylen	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Acenaften	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Fluoren	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Fenantren	0,003	0,0026	0,0031	0,0036	0,0027	0,0031
Antracen	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Fluoranten	0,0024	0,0019	0,0023	0,0026	0,0022	0,0025
Pyren	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0011	<0,0010	0,0011
Bens(a)antracen	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Krysen	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bens(b)fluoranten	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bens(k)fluoranten	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Bens(a)pyren	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Dibenso(ah)antracen	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Benso(ghi)perylene	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Indeno(123cd)pyren	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Summa 16 EPA-PAH	0,0054	0,0045	0,0054	0,0073	0,0049	0,0067
PAH cancerogena	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
PAH, summa övriga	0,0054	0,0045	0,0054	0,0073	0,0049	0,0067
PCB 28	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 52	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 101	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 118	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 138	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 153	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB 180	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
PCB, summa 7	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007	<0,0007
4-tert-oktylfenol	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
4-nonylfenoler (tekn. blandning)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Triklosan	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFOS perfluoroktan- sulfonat	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
PFOA perfluoroktansyra	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Bisfenol A	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

## 4 Resultat och diskussion

### 4.1 Analys av jordprover

Analysen av jordprover visar att inget av de organiska ämnena som ingick i studien förekommer i koncentrationer över detektionsgränsen för det aktuella ämnet i något av jordproverna (för detektionsgränser se bilaga 2). En jämförelse mellan detektionsgränserna för merparten av de analyserade föreningarna i denna studie med kritiska jordkoncentrationer beräknade för människa som exponeras via rotfrukter av Sternbeck m.fl. (2011; 2013) visar att detektionsgränsen ligger under den beräknade kritiska jordkoncentrationer för flera av substanserna. Undantag är två PAHer, tre PCBer och PFOA (markerade med fet stil i tabell 4-1) där detektionsgränsen ligger över den beräknade kritiska jordkoncentrationen. Skillnaden mellan detektionsgränsen för en substans och den kritiska jordkoncentrationen för människa exponerad via rotfrukter återfinns i tabell 4-1 i de fall då detektionsgränsen ligger över den kritiska jordkoncentrationen. För några av substanserna saknas dock information om kritiska jordkoncentrationer.

Tabell 4-1 Beräknade kritiska jordkoncentrationer för människa som exponeras via rotfrukter.

Ämne	Beräknad kritisk jordkoncentration för människa exponerad via rotfrukter (mg/kg TS)	Skillnad mellan detektionsgräns och den kritiska jordkoncentrationen (mg/kg TS)
Naftalen	1,3	-
Acenaftylen	5,4	-
Acenaften	6,3	-
Fluoren	0,42	-
Fenantren	1,1	-
Antracen	1,3	-
Fluoranten	0,09	-
Pyren	2	-
Bens(a)antracen	3,7	-
Krysen	0,52	-
Bens(b)fluoranten	0,064	-
Bens(k)fluoranten	-	-
Bens(a)pyren	<b>0,019</b>	0,031
Dibenso(ah)antracen	<b>0,036</b>	0,014
Benso(ghi)perylen	4	-
Indeno(123cd)pyren	0,31	-
PCB 28	<b>0,0018</b>	0,0012
PCB 52	0,0031	-
PCB 101	0,0033	-
PCB 118	<b>0,0018</b>	0,0012
PCB 138	0,0049	-
PCB 153	0,005	-
PCB 180	<b>0,0021</b>	0,0009

Ämne	Beräknad kritisk jordkoncentration för människa exponerad via rotfrukter (mg/kg TS)	Skillnad mellan detektionsgräns och den kritiska jordkoncentrationen (mg/kg TS)
4-tert-oktylfenol		
4-nonylfenoler	8	-
Triklosan	31,6	-
PFOS perfluoroktansulfonat		
PFOA perfluoroktansyra	<b>0,001</b>	0,009
Bisfenol-A		

Det slamparti som spridits på åkrarna i Petersborg härrör från slam som genererades på Sjölunda reningsverk, Malmö under april 2009. I karakteriseringen av slammet ingår ett mycket begränsat antal organiska ämnen, nämligen nonylfenol, PCB och PAH, för vilka uppmätta koncentrationer presenteras i tabell 4-2. Dessutom presenteras minsta, högsta och medelvärdet av dessa ämnen för det aktuella året, det vill säga 2009 (bilaga 3).

Tabell 4.2 Uppmätta koncentrationer av nonylfenol, PCB och PAH det slam som använts att gödsla med, samt årsmedelvärdet.

Ämne	April mätvärde (mg/kg TS)	Årsmedelvärde (mg/kg TS)
Nonylfenol	11	11
PCB 28, 52,101,118,138,153,180*	0,04	0,055
PAH: Benso(a) pyren, Benso(b+k) fluoranten, Benso(ghi)perylen, Fluoranten, Indeno(1,2,3-cd)pyren*	2,2	2,08

\* De enskilda värdena för respektive substans och månad finns återgivet i bilaga 3.

Tabell 4-3 redovisar de uppskattade mängder av nonylfenol, PCB och PAH som med hänsyn taget till tillförd mängd och utspädning i jorden skulle kunna återfinnas i jorden där det rötade slammet spridits enligt beskrivning i kapitel 2.3.

Tabell 4-3 Teoretisk beräknade koncentrationer för ett urval av ämnen/grupper av ämnen i den slamgödslade jorden (0–0,3 m). Slammet genererades i april månad. Detektionsgränserna var 10, 11 respektive 380 µg/kg TS (bilaga 2).

Ämne	B-led (µg/kg jord)	C-led (µg/kg jord)
Nonylfenol	7,0	21
PCB*	$2,6 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-2}$
PAH*	1,4	4,2

\* Teoretiskt beräknade värden för respektive substanserna och månad finns återgivet i bilaga 4.

Dessa uppskattningar visar att detektionsgränsen för jordanalyserna ligger över de teoretiskt möjliga koncentrationerna för alla tre ämnesgrupper. Som exempel är detektionsgränsen för summa-PAH är 380 µg/kg TS och den uppskattade koncentration som kan uppnås via tillförsel i B-ledet cirka 2 µg/kg TS och i C-ledet cirka 4 µg/kg TS. Konsekvensen av denna observation är att om de organiska ämnena inte ackumuleras i jorden över tiden så kan de inte kvantifieras med nu kommersiellt tillgängliga mätmetoder.

Om de däremot ackumuleras så bör koncentrationerna med tiden nå upp till detektionsgränsen. Detta har dock inte skett ännu för dessa ämnen/grupper av ämnen.

Man bör också notera att detektionsgränserna för PAH ligger under riktvärdena för känslig mark (tabell 1-3).

## 4.2 Analys av sockerbetor

Uppmätta koncentrationer i sockerbetor översteg detektionsgränsen endast i ett led och endast för två av de inkluderade organiska ämnena. Det var 4-tert-oktylfenol och 4-nonylfenoler som uppmättes i led C2 (12 ton slam TS/ha = ca 3 ggr normalt tillåten 5-års giva av slam 4 ton slam TS/ha, och hel kvävegiva mineralgödsel) i koncentrationer om 3,9 respektive 35 µg/kg TS sockerbeta, med en TS-halt på 25 % motsvarar det 1 respektive 9 µg/kg fv.

Denna typ av fenoler har typiska egenskaper för ytaktiva ämnen, det vill säga med såväl en vattenlöslig som en fettlöslig del, och är den typ av ämnen som man kan befara skulle vara mobila i jord och kunna upptas i gröda. Att detta endast sker i C2 ledet, och inte också i C0, som också fått den högsta gödselgivan med slam, skulle kunna förklaras av att en högre kvävegiva stimulerar tillväxt i plantan och med ökande tillväxt/metabolism tas också mer växtnäring inklusive organiska miljögifter upp i grödan, i detta fall sockerbetan. En känd parallell är kvävegödsling av vete, där upptag av kadmium ökar med ökad kvävegödselgiva (Mitchell m.fl., 2000; Jönsson m.fl., 2010).

På motsvarande sätt som för jord utesluter självklart inte observationer om att nivåerna av ämnena ligger under detektionsgränserna att ämnena inte förekommer i sockerbetorna. Inga andra studier har hittats där man mätt nonylfenol och/eller oktylfenol i sockerbeta. Det finns däremot studier genomförda där nonylfenol och oktylfenol har analyserats i andra livsmedel. I en tysk studie, som innehöll mätningar i ett relativt stort antal livsmedel, uppmättes nonylfenol i koncentrationer mellan 0,1 och 19,4 µg/kg fv (Guenther m.fl., 2002), vilket är samma storleksordning som i denna studie. Baserat på resultaten i den tyska studien kom författarna fram till att den dagliga dosen av nonylfenol, intagen via födan, för en vuxen tysk var 7,5 µg/dag. I en taiwanesisk studie varierade nonylfenol mellan 6 och 236 µg/kg, fv högsta koncentrationen återfanns i ostron. Oktylfenol varierade mellan 3 och 64 µg/kg högsta koncentrationen återfanns i lax (Lu m.fl., 2007). De grönsaker och andra livsmedel som odlas och som finns representerade i studien var sallad 8 och 5 µg/kg fv, kål 31 och 5 µg/kg fv, ris 40 och 3 µg/kg fv, vattenmelon 22 och 3 µg/kg fv, ananas 27 och 7 µg/kg fv och guava 24 och 9 µg/kg fv av nonylfenol respektive oktylfenol. Beräknat utifrån taiwanesiska matvanor med en bas bestående av ris, fisk och skaldjur uppskattades det dagliga intaget för en vuxen person till 31,4 µg/dag (Lu m.fl., 2007). I en annan studie gjord av Yang och Ding (2005) analyserades nonylfenol och oktylfenol i ett antal frukter och grönsaker. Frukterna representerades av äpple, nektarin, päron, druvor, plommon, guava och tomat. och grönsakerna av morot, gurka, sallad, grön peppar, broccoli, selleri, spenat, svamp och alfalfa groddar. Bland frukterna återfanns nonylfenol i alla utom i guavan i koncentrationer mellan 3,7 och 16 µg/kg fv och oktylfenol

endast i päron (0,7 µg/kg fv). Bland grönsakerna återfanns nonylfenol och oktylfenol endast i broccoli i koncentrationerna 4,8 respektive 0,4 µg/kg fv (Yang & Ding m.fl., 2005). Man kan konstatera att uppmätta halter i sockerbeta ligger i samma nivåer som för andra frukter och grönsaker som inte har gödslats med slam. I dessa fall kan nonylfenolen komma från exempelvis emulgeringsmedel i växtskyddsmedel.

Från ett ekotoxikologiskt perspektiv är frågan om detta är koncentrationer som kan vara skadliga för människa vid konsumtion av sockerbeter eller produkter framställda av dessa. Den Europeiska livsmedelssäkerhetsmyndigheten (EFSA) har inte fastställt något värde för tolerabelt dagligt intag (TDI) för nonylfenol. Däremot har danska forskare tagit fram ett TDI för nonylfenol på 5 µg/kg kroppsvikt och dag (Nielsen m.fl., 2000). I en rapport från Naturvårdsverket finns TDI-värden att finna för PAH och PCB-7 se tabell 4-4.

Tabell 4-4 Toxikologiska data oralt intag och inhalation (Naturvårdsverket, 2009).

Ämne	TDI* mg/(kg, dag)	RISK** mg/(kg, dag)
Naftalen	$2,0 \times 10^{-2}$	
Acenaftalen	$4,0 \times 10^{-2}$	
Acenaften	$4,0 \times 10^{-2}$	
Antracen		$1,7 \times 10^{-3}$
Fluoren		$1,7 \times 10^{-3}$
Fenantren		$1,7 \times 10^{-3}$
Fluoranten		$1,7 \times 10^{-5}$
Pyren		$8,3 \times 10^{-4}$
Benso(ghi)perylen		$4,2 \times 10^{-5}$
Benso(a)antracen		$1,7 \times 10^{-4}$
Krysen		$2,8 \times 10^{-5}$
Benso(b)fluoranten		$8,3 \times 10^{-6}$
Benso(k)fluoranten		$1,7 \times 10^{-5}$
Indeno(1,2,3-cd)pyren		$8,3 \times 10^{-6}$
Dibenso(a,h)antracen		$7,5 \times 10^{-7}$
Benso(a)pyren		$8,3 \times 10^{-7}$
PCB-7***		$4,0 \times 10^{-6}$

\* TDI: Toxikologiskt referensvärde för icke-genotoxiska ämnen, oralt intag.

\*\* RISK: Riskbaserat tolerabelt intag, oralt intag.

\*\*\* PCB-7 avser PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 och PCB 180.

För att sätta detta i perspektiv har det beräknats vad detta betyder i praktiken. Om vi skulle äta sockerbeter så skulle en person på 60 kg behöva äta 34 kg sockerbeter/dag och en person på 80 kg skulle behöva äta 46 kg sockerbeter/dag för att de uppmätta koncentrationerna av nonylfenol i sockerbeterna ska uppnå TDI-värdena som Nielsen m.fl. (2000) föreslår.

Det är också intressant att bedöma om funna nonylfenol och oktylfenol kan ha någon annan källa än slammet. En möjlig källa skulle kunna vara mineralgödsel, där nonylfenoler har använts som emulgeringsmedel. Enligt uppgift från Mogens Erlingson, Yara AB (personlig kommunikation, 2012), finns det inte nonylfenol eller oktylfenol i deras mineralgödselprodukter, vilka dominerar på den svenska marknaden. Det är därför inte troligt att nonylfenol och oktylfenol kommer från mineralgödseln i denna studie.

En annan potentiell källa är kemiska växtskyddsmedel där nonylfenol också använts som emulgeringsmedel. Växtskyddsmedel innehållande nonylfenol är under utfasning i Sverige (Sunita Hallgren, LRF, personlig kommunikation, 2013).

### 4.3 Analys av blast från sockerbetor

För PAH-er kvantifierat som summaparameter överstegs detektionsgränsen i samtliga sex proverna av blasten från sockerbeta. Uppmätta koncentrationer låg i intervallet 4,5–7,3 µg/kg blast. Av de enskilda PAH-erna observerades fenantren i samtliga proverna i koncentrationsintervallet 2,6–3,6 µg/kg. Motsvarande värden för fluorantren var 1,9–2,6 µg/kg. Pyren återfanns i blast från led B2 (4 ton slam TS/ha och hel kvävegiva mineralgödsel) och led C2 (12 ton slam TS/ha och hel kvävegiva mineralgödsel) i mätbara nivåer 1,1 µg/kg (detectionsgränsen var 1,0 µg/kg).

Om blasten till sockerbetor vore något som ingick i vår föda så skulle en person på 60 kg behöva äta mellan 29 och 39 kg/dag av sockerbetsblast för att komma upp i det RISK-värde som finns angivet i tabell 4-4 för fenantren. Samma beräkning för pyren skulle kräva att en person på 60 kg åt cirka 45 kg/dag av blasten. Eftersom RISK-värdet för fluoranten är mycket lägre skulle den nivån nås om en person på 60 kg åt mellan 0,39 och 0,54 kg/dag av sockerbetsblasten.

Också här bör andra möjliga källor utvärderas och eftersom PAH-er återfinns i samtliga prover kan slammet uteslutas som primär källa till dessa. Atmosfäriskt nedfall, såväl vått som torr deposition, är den mest troliga källan till dessa. Petersborg är lokaliserat söder om Malmö, 600 meter söder om yttre ringleden och 640 meter väster om motorvägen till Trelleborg, det vill säga nära de kraftigt trafikerade vägarna E6, E20 och E22. I den svenska nationella screeningen har den atmosfäriska depositionen uppmätts till 0,13–0,31 µg PAH/m<sup>2</sup> dag i bakgrundsoråden ("opåverkade") och i 0,17–0,60 µg PAH/m<sup>2</sup> dag i stadsnära miljö (Brorström-Lundén m.fl., 2010). De PAH som inkluderades var fenantren, antracen, fluoranten, pyren, benso(a)antracen, chrysen, benso(b)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(a,h)antracen, benso(g,h,i)perylene och indeno(1,2,3-c,d)pyren. Mätningarna genomfördes 2008 och 2009. Av mätningarna från Göteborg har man se att fenantren förekom i högst luftkoncentrationer följt av fluoranten och pyren (Brorström-Lundén m.fl., 2010). Det är samma PAH-er som förekommer i sockerbetsblasten i denna studie.



## 5 Slutsatser och rekommendationer

Från den aktuella studien kan man dra följande slutsatser.

- Ett relativt stort antal organiska ämnen har observerats i slam och skulle därmed potentiellt kunna finnas i den jord som gödslats med slam och i de grödor som odlats.
- Inget av de valda organiska ämnena kunde observeras i jordproverna från något led, trots att slamgödsling skett sedan 1981.
- Organiska ämnen med ytaktiva egenskaper som nonyl- och oktylfenol kan tas upp i grödor som sockerbetor. Det är i detta sammanhang högst troligt att slamgödslingen är källan till dessa fenoler och att upptaget stimulerats av att mineralgödsel tillsatts samtidigt med slammet.
- För att uppnå gränsen för tolererbart dagligt intag av nonylfenol genom att äta sockerbetor bör en person på 60 kg äta 34 kg sockerbeta/dag.
- Atmosfäriskt nedfall av PAH är den primära källan till denna grupp av ämnen i blast från sockerbeta.
- Detektionsgränserna är fortsatt relativt höga för såväl jordprover som sockerbetor och blast, vilket begränsar riskbedömningen.
- Uppströmsarbete bör prioriteras för en bättre slamkvalitet; framför allt i ett hållbart kretsloppssamhälle då växtnäringsinnehållet i slam kan bli betydelsefullt för tillförseln till åkermark.
- Det behövs också en generell förbättring av luftkvalitet och miljömärkning av mineralgödselmedel och kemiska växtskyddsmedel, eftersom det kan finnas alternativa källor till ämnen som ingått i denna studie som till exempel atmosfäriskt nedfall och tillförsel via mineralgödselmedel och växtskyddsmedel.

## 6 Referenser

- Andersson, P.G. (2009) Slamspridning på åkermark – Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2008, Ett projekt i samverkan mellan kommunerna Malmö, Lund, Trelleborg, Kävlinge, Burlöv, Lomma, Staffanstorps och Svedala, samt SYSAV. HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPENS RAPPORTSERIE, nr. 15. <http://www.vasyd.se/SiteCollectionDocuments/Broschyren/Vatten-%20och%20avloppsbroshyren/Vatten%20och%20avlopp/Slamspridning%20pa%20akermark.pdf>.
- Andersson, P.G. & Nilsson, P. (1999) Slamspridning på åkermark – Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–1997. VAV AB, VA-Forsk, Rapport nr 1999:22.
- Baun, A., Eriksson, E., Ledin, A. & Mikkelsen, P.S. (2006) A methodology for ranking and hazard identification of xenobiotic organic compounds in urban stormwater. *The Science of the Total Environment*, 370(1), 29–38.
- Brorström-Lundén, E., Remberger, M., Kaj, L., Hansson, K., Palm Cousins, A., Andersson, H., Haglund, P., Ghebremeskel, M. & Schlabach, M. (2010) Results from the Swedish National Screening Programme 2008. Screening of unintentionally produced organic contaminants, report no. B1944, IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Erlingsson, M. (2012) Affärsutveckling, Marknadsföring Baltikum, Yara. Personlig kommunikation 2012-08-30.
- Guenther, K., Heinke, V., Thiele, B., Kleist, E., Prast, H. & Raeker, T. (2002) Endocrine disrupting nonylphenols are ubiquitous in food. *Environmental Science and Technology*, 36 (8), 1676–1680.
- Hallgren S. (2013) LRF, personlig kommunikation 2013-09-15.
- IVL Svenska Miljöinstitutet, (2011a) Publikationer: B1646, 2006; B1647; 2006; B1689, 2006; B1808; 2008; B1812, 2008; B1817, 2008; B1934, 2010; B1944; 2010; B1950, 2010; B1971. Tillgängliga via <http://www.ivl.se/publikationer.4.4a08c3cb1291c3aa80e80001395.html>.
- IVL Svenska Miljöinstitutet, Miljöövervakningsdata Screening av miljögifter (2011b) Tillgänglig ([http://www3.ivl.se/miljo/db/IVL\\_screening\\_registersida.htm](http://www3.ivl.se/miljo/db/IVL_screening_registersida.htm)).
- JRC, Technical Guidance Document (TGD) on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances; Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances; Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market, part II, (2003). [http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our\\_activities/public-health/risk\\_assessment\\_of\\_Biocides/doc/tgd/tgdpart2\\_2ed.pdf](http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/risk_assessment_of_Biocides/doc/tgd/tgdpart2_2ed.pdf).

- Larsson Jönsson, H., Asp, H. & Gissén, C. (2010) Kadmiuminnehållet i matpotatis. [http://pub.epsilon.slu.se/8429/1/larsson\\_jonsson\\_h\\_111114.pdf](http://pub.epsilon.slu.se/8429/1/larsson_jonsson_h_111114.pdf).
- Ledin, A., Eriksson, E., Baun, A., Aabling, T. & Mikkelsen, P.S. (2005) CHIAT – Chemical hazard identification and assessment tool: En metodik för utvärdering av kemiska risker i samband med handtering av dag- och avloppsvatten, VA-FORSK Rapport 2005-09. [http://vav.griffel.net/file/VA-Forsk\\_2005-09.pdf](http://vav.griffel.net/file/VA-Forsk_2005-09.pdf) (tillgänglig 2012-06-26).
- Lu, Y-L., Chen, M-L., Sung, F-S., Wang, P.S-G. & Mao, I-F. (2007) Daily intake of 4-nonylphenol in Taiwanese. *Environment International* 33, 903–910.
- Mitchell, L. G., Grant, C.A. & Racz, G.J. (2000) Effect of nitrogen application on concentration of cadmium and nutrient ions in soil solution and in durum wheat. *Can. J. Soil Sci.* 80(1): 107–115.
- Miljöbarometern (2011a) <http://miljobarometern.helsingborg.se/key.asp?mp=MP&mo=4&dm=4&nt=7&tb=2> (Tillgänglig 2013-11-16).
- Miljöbarometern (2011b) <http://miljobarometern.stockholm.se/key.asp?mo=6&dm=5&nt=1> (Tillgänglig 2013-11-16).
- Naturvårdsverket (2009) Rapport 5976.
- Nielsen, E., Østergaard, G., Thorup, I., Ladefoged, O., Jelnes, O. & J.E. Jelnes. (2000) Toxicological Evaluation and Limit Values for Nonylphenol, Nonylphenol Ethoxylates, Tricresyl, Phosphates and Benzoic Acid. In: *Environmental Project No. 512* pp. 1–43. The Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, Denmark.
- REVAQ-regler 2014. <http://www.svenskvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/Certifiering/REVAQ-regler/>. Tillgänglig 2014-05-13.
- SNFS 1998:4, Statens naturvårdsverks författningssamling. Statens naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelsen (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket.
- Sternbeck, J., Blytt, L. D., Gustavson, K., Frankki, S. & Bjergström (2011) Using sludge on arable land – effect based levels and longterm accumulation for certain organic pollutants. Report to the Nordic Council of Ministers. TemaNord 2011:506.
- Sternbeck, J., Österås, A.H. & Allmyr, M. (2013) Riskbedömning av fosforrika fraktioner vid återförsel till åker- och skogsmark samt vid anläggande av etableringsskikt. Rapport för Naturvårdsverket och Kemikalieinspektionen. Stockholm, WSP Environment.
- Yang, D-K. & Ding, W-H. (2005) Determination of alkylphenolic residues in fresh fruits and vegetables by extractive steam distillation and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1088, 200–204.

Yilmaz, D. D. & Temizgül, A. (2012) Effect of municipal sewage sludge doses on chlorophyll contents and heavy metal concentration of sugar beet (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*). *Bioremediation Journal*, 16(3):131–140.

### **Kompletterande referenser som ingick i litteraturstudien om organiska ämnen uppmätta i slam**

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (2009) Emerging substances of concern in biosolids: Concentrations and effects of treatment processes, Final Report – Literature Review. CCME Project # 447-2009.

Clark, B. O. & Smith, S. R. (2011). Review of ‘emerging’ organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environ Int.*, 37(1):226–47.

CIRCA (2010) Working document on sludge and bio-waste.

Eriksson, E., Christensen, N., Schmidt, J. E. & Ledin, A. (2008) Potential priority pollutants in sewage sludge. *Desalination*, 226 (1–3), 371–388.

Harrison, E. Z., Oakes, S. R., Hysell, M. & Hay, A. (2006) Organic chemicals in sewage sludges. *Science of the Total Environment*, 367 (2–3), 481–497.

Jensen, H., Reimann, C., Finne, T. E., Ottesen, R. T. & Arnoldussen, A. (2007) PAH-concentrations and compositions in the top 2 cm of forest soils along a 120 km long transect through agricultural areas, forest and the city of Oslo, Norway. *Environmental Pollution* 145, 829–838.

Langenkamp, H., Part, P., Erhardt, W. & Prüss, A. (2001a) Organic contaminants in sewage sludge for agriculture use. European Commission, Joint Research Centre.

US. EPA (2009) Targeted National Sewage Sludge Survey Statistical Analysis Report EPA-822-R-08-018.

# Bilagor

## Bilaga 1 Organiska ämnen i slam – litteratursammanställning

Sammanställning över ämnen identifierade och uppmätta i slam, referenserna finns i referenslistan.

Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr
Aliphates	Acrylonitrile	107-13-1	aliphates/ N-alkanes	n-C11/undecane	1120-21-4
	Butane (1,2,3,4-diepoxy)	298-18-0		n-C12/dodecane	112-40-3
	Butanol (iso)	78-83-1		n-C14	629-59-4
	Butanone (2-)	78-93-3		n-C15/pentadecane	629-62-9
	Carbon disulfide	75-15-0		n-C16/hexadecane	544-76-3
	Crotonaldehyde	123-73-9		n-C17	629-87-7
	Cyclopentadiene (hexachloro)	77-47-4		n-C18	593-45-3
	Ethane (hexachloro)	67-72-1		n-C19	629-92-5
	Ethane (monochloro)	75-00-3		n-C20/Eicosane	112-95-8
	Ethane (pentachloro)	76-01-7		n-C21	629-94-7
	Ethane (tetrachloro)	79-34-5		n-C22	629-97-0
	Ethane (trichloro)isomers	79-00-5; 71-55-6		n-C23	638-67-5
	Ethylene (dichloro)	75-35-4; 156-59-2; 156-60-5; 540-59-0		n-C24	646-31-1
	Ethylene (monochloro)	9002-86-2		n-C25	629-99-2
	Ethylene (tetrachloro)	127-18-4		n-C26	630-01-3
	Ethylene (trichloro)	79-01-6		n-C27	593-49-7
	Hexachloro-1,3-Butadiene	87-68-3		n-C28	630-02-4
	Hexanoic acid	142-62-1		n-C29	630-03-5
	Hexanone (2-)	591-78-6		n-C30	638-68-6
	Methane (dichloro)	75-09-2		n-C31	630-04-6
	Methane (monochloro)	74-87-3		n-C32	544-85-4
	Methane (tetrachloro)	52-23-5		n-C33	630-05-7
	Methane (trichloro)	67-66-3		n-C34	14167-59-0
	Methane (trichlorofluoro)	75-69-4		n-C35	630-07-9
	N-alkanes (polychlorinated)	*		n-C36	630-06-8
	Pentanone (methyl)	108-10-1		n-C9/Nonane	111-84-2
	Phytane	638-36-8		DCHA	101-83-7
	Pristane	1921-70-6		DPA/Diphenyl amine	122-39-4
	Propane (dichloro) isomers	78-99-9; 78-87-5; 142-28-9; 594-20-7		IPPD	101-72-4
	Propane (trichloro)	7789-89-1		NCBA	28291-75-0
	Propanenitrile (ethyl cyanide)	107-12-0		N-nitrosodiphenylamine	31432-60-7
	Propanone (2-)	67-64-1		N-nitrosodiethylamine	55-18-5
	Propen-1-ol (2-)	107-18-6		N-nitrosodimethylamine	62-75-9
Propene (trichloro)	96-19-5	N-nitrosodi-n-butylamine		924-16-3	
Propene chlorinated isomers	*	N-nitrosomorpholine		59-89-2	
Propenenitrile (methyl)	25067-61-2	N-nitrosopiperdine		100-75-4	
Squalene	111-02-4	N-nitrosopyrrolidine	930-55-2		
Sulfone (dimethyl)	67-71-0	1,7-Dimethylxanthine	611-59-6		
		4-EACTC	158018-53-2		
		4-EATC	4465-65-0		
		4-ECTC	14297-93-9		
		4-EOTC	14206-58-7		
		4-Epitetracycline (ETC)	23313-80-6		

Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr
Antibiotics and pharmaceuticals	Acetaminophen	103-90-2	Antibiotics and pharmaceuticals	Lincomycin	154-21-2
	ACTC	13803-65-1		Lomefloxacin	98079-51-7
	Albuterol	18559-94-9		Loratidine	79794-75-5
	Amitriptyline	50-48-6		Lymecycline	992-21-2
	Anhydro-erythromycine	23893-13-2		Mefenamic acid	61-68-7
	Anhydrotetracycline (ATC)	4496-85-9		Metformin	657-24-9
	Atenolol	29122-68-7; 93379-54-5; 60966-51-0		Metformin (hydrochloride)	1115-70-4
	Azithromycin	83905-01-5		Methamphetamine	537-46-2
	Benzafibrate	41859-67-0; 104-14-3		Metoprolol	37350-58-6
	Caffeine	58-08-2		Miconazole	22916-47-8
	Carbadox	6804-07-5		Minocycline	10118-90-8
	Carbamazepine	298-46-4		Naproxen	22204-53-1
	Cefotaxime	63527-52-6		Norfloxacin	70458-96-7
	Chloramphenicol	56-75-7		Norgestimate	35189-28-7
	Chlorocycline	82-93-9		Ofloxacin	82419-36-1
	Chlorpromazine	50-53-3		Omeprazole	73590-58-6
	Chlortetracycline	57-62-5		Ormetoprim	6981-18-6
	Cimetidine	51481-61-9		Oxacillin	66-79-5
	Ciprofloxacin	85721-33-1		Oxolinic Acid	14698-29-4
	Clarithromycin	81103-11-9		Oxytetracycline (hydrochloride)	2058-46-0
	Clinafloxacin	105956-97-6		Oxytetracycline	79-57-2
	Clindamycin	18323-44-9		Paroxetine	61869-08-7
	Clofibrilic Acid	882-09-7		Penicillin G	61-33-6
	Cloxacillin	61-72-3		Penicillin V	87-08-1
	Codeine	76-57-3		Primidone	125-33-7
	Cotinine	486-56-6		Propranolol	525-66-6
	Dehydronifedipine	67035-22-7		Ranitidine	66357-35-5
	Demeclocycline	127-33-3		Ranitidine (hydrochloride)	66357-59-3
	Diazepam	439-14-5		Roxithromycin	80214-83-1
	Dichlofenac	15307-86-5		Salicylic acid	69-72-7
	Dicloxacillin	3116-76-5		Sarafloxacin	98105-99-8
	Digoxigenin	1672-46-4		Sotalol	3930-20-9
	Digoxin	20830-75-5		Sulfachloropyridazine	80-32-0
	Diltiazem	42399-41-7		Sulfadiazine	68-35-9
	Diphenhydramine	58-73-1		Sulfadimethoxine	122-11-2
	Doxycycline	564-25-0		Sulfamerazine	127-79-7
	Enrofloxacin	93106-60-6		Sulfamethazine	57-68-1
	Erthromycine	114-07-8		Sulfamethazine	1981-58-4
	Famotidine	76824-35-6		Sulfamethizole	144-82-1
	Fenofibrate	49562-28-9		Sulfamethoxazole	723-46-6
	Fenofibrilic acid	42017-89-0		Sulfanilamide	63-74-1
	Fenoprofen	31879-05-7		Sulfathiazole	72-14-0
	Flumequine	42835-25-6		Sulfisoxazole	127-69-5
Fluoxetine	54910-89-3	Tetracycline	60-54-8		
Gemfibrozil	25812-30-0	Thiabendazole	148-79-8		
Glibenclamide	10238-21-8	Thioridazine	50-52-2		
Hydrochlorothiazide	58-93-5	Triclocarban	101-20-2		
Ibuprofen	15687-27-1	Triclosan (4-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy)-phenol)	3380-34-5		
Indometacin	53-86-1	Trimethoprim	738-70-5		
Isochlortetracycline (ICTC)	514-53-4	Tylosin	1401-69-0		
Ketoprofen	22071-15-4	Virginiamycin	11006-76-1		
		Warfarin	81-81-2		

Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr
Anti-oxidant	Octadecyl 3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionate	2082-79-3	dioxins and furans	HpBDT	*
				HpBDTA	*
chlorobenzenes	Benzene (dichloro) isomers	95-50-1; 541-73-1; 106-46-7		HxBDT	*
	Benzene (monochloro)	108-90-7		HxBDTA	*
	Benzene (pentachloro)	608-93-5		OBDD	*
	Benzene (tetrachloro)	95-94-3; 634-66-2; 634-90-2		OBDF	*
	Benzene (trichloro) isomers	12002-48-1		OBDT	*
Detergents	LAS C10	1322-98-1		OBDTA	*
	LAS C11	27636-75-5		OCDD	3268-87-9
	LAS C12	25155-30-0		OCDF	39001-02-0
	LAS C13	26248-24-8		PCDD/PCDF	*
	LAS C14	28348-61-0		PDDD	*
	LAS	69669-44-9		PDDF	*
	Alcohol ethoxylates	*		PDDT	*
	Alkylbenzene sulfonates	*		PDDTA	*
	Alkylphenolcarboxylates	*		PeBDD	*
	Alkylphenoethoxylates	*		PeBDF	*
	Alkylphenols (nonyl and octylphenol)	*		PeBDT	*
	Coconut diethanol amides	*		PeBDTA	*
	dioxins and furans	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofuran (HxCDF)		70648-26-9	Flame retardant
1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin (HxCDD)		39227-28-6	TeBDF	*	
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzofuran (HxCDF)		57117-44-9	TeBDT	*	
1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin (HxCDD)		57653-85-7	TeBDTA	*	
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzofuran (HxCDF)		72918-21-9	Fragrance material	Dechloran plus (DP)	13560-89-9
1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzo-p-dioxin (HxCDD)		19408-74-3		HBCD	3194-55-6
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzofuran (PeCDF)		57117-41-6		Cyclododecane (hexabromo) isomers	25637-99-4
1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxins (PeCDD)		40321-76-4		Tetrabromobisphenol A (dimethyl)	37853-61-5
1234678 HpCDD (HpCDD tot cas)		37871-00-4		Acetyl Cedrene	32388-55-9
1234678 HpCDF (HpCDF tot cas)		38998-75-3		ADBI (Celestolide) 4-acetyl-1,1-dimethyl-6-tert-butylindan	13171-00-1
2,3,4,6,7,8-Hexachlorodibenzofuran (HxCDF)		60851-34-5		AHMI (Phantolide) 6-acetyl-1,1,2,3,3,5-hexamethylindan	15323-35-0
2,3,4,7,8-Pentachlorodibenzofuran (PeCDF)		57117-31-4		Amino Musk Ketone	*
2,3,7,8-TeBDT		*		Amino Musk Xylene (AMX)	*
2,3,7,8-tetrabromodibenzo-4-dioxin		50585-41-6		Cashmeran (DPMI) (6,7-dihydro-1,1,2,3,3-pentamethyl-4(5H)-indanone)	33704-61-9
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofuran (TCDF)		51207-31-9		Diphenyl ether	101-84-8
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD)		1746-01-6		d-Limonene	5989-27-5
2,3,7,8-Tetrachlorodibenzothiophene		133513-17-4		Galaxolide (HHCB) (1,3,4,6,7,8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta[g]-benzopyran)	1222-05-5
Dioxins and furans (polychlorinated dibenzo)		*		Galaxolide lactone(1,3,4,6,7,8-hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta[g]-2-benzopyran-1-one)	*
HpBDD		*		Hexyl salicylate	6259-76-3
HpBDF		*		Hexylcinnamic Aldehyde (Alpha)	101-86-0
HxBDD		*	Limonene	138-86-3	
HxBDF		*	l-Limonene	5989-54-8	
			Methyl ionone (gamma)	127-51-5	
			Musk Ketone (MK) (4-tertbutyl-3,5-dinitro-2, 6-dimethylacetophenone)	81-14-1	
			Musk Xylene (1-tert-butyl-3,5-dimethyl-2,4,6-trinitrobenzene)	81-15-2	
			OTNE (1-(1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-2,3,8,8-tetramethyl-2-naphthalenyl))	54464-57-2	

Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr
Fragrance material	Polycyclic musks AHTN	1506-02-1	Monocyclic hydrocarbons and heterocycles	Acetophenone	98-86-2
	Polycyclic musks HHCB	1222-05-05		Aniline (2,4,5-trimethyl)	137-17-7
	Tonalide (1-[5,6,7,8-tetrahydro-3,5,5,6,8,8-hexamethyl-2-naphthalenyl]-ethanone)	21145-77-7		Benzene	71-43-2
	Traseolide (ATII) (1-[2,3-dihydro-1,1,2,6-tetramethyl-3-(1-methylethyl)-1H-inden-5-yl]ethanone)	68140-48-7		Benzene (1,4-dinitro)	100-25-4
heterocycles	1-Benzothiophene	95-15-8		Benzene (ethyl)	100-41-4
	2,3-Benzofuran	271-89-6		Benzene (mononitro)	98-95-3
	5H-Benzo[a]carbazole	243-28-7		Benzene (trinitro)	99-35-4
	7H-Dibenzo[c,g]carbazole	194-59-2		Benzenethiazole (2-methylthio)	615-22-5
	Acridine	260-94-6		Benzenethiol	108-98-5
	Benz[a]acridine	225-11-6		Benzoic acid	65-85-0
	Benzo[b]naphtho[2.1-d]thiophene	239-35-0		Benzyl alcohol	100-51-6
	Benzo[b]naphthofuran	*		Cymene (P-)	99-87-6
	Carbazole	86-74-8		Dioxane (1,4-)	123-91-1
	Dibenz[a,h]acridine	226-36-8		Picoline (2-)	109-06-8
	Dibenzofuran	132-64-9		Styrene	100-42-5
	Dibenzothiophene	132-65-0		Terpeniol (alpha)	98-55-5
	Indole	120-72-9		Thioxanthene-9-one	492-22-8
	Iso-quinoline	119-65-3		Toluene (2,4-dinitro)	121-14-2
Quinoline	91-22-5	Toluene (chloro)		95-49-8; 108-41-8; 106-43-4	
Misc	1-Hexadecanol	36653-82-4		Toluene (para nitro)	99-99-0
	4-Chloroaniline	106-47-8	Toluene (trinitro)	118-96-7	
	Alkyl and aromatic amines/imines	*	Toluene,	108-88-3	
	Arochlor mixtures	*	Xylene isomers	1330-20-7; 95-47-6; 108-38-3; 106-42-3	
	b-Bromostyrene	103-64-0	nitro-PAH	1,3-Dinitropyrene	75321-20-9
	Carbonyl	*		1,6-Dinitropyrene	42397-64-8
	Chlorinated paraffins	*		1-Nitronaphthalene	86-57-7
	Chlorinated phenols	*		1-Nitropyrene	5522-43-0
	Decanoic acid	334-48-5		2-Nitrofluoranthene + 3-nitrofluoranthene	13177-29-2
	Halogenated aliphatics	*		2-Nitrofluorene	607-57-8
	m-Chlorostyrene	2039-85-2		2-Nitronaphthalene	581-89-5
	Monocyclic aromatics	*		3-Nitrobenzanthrone	17117-34-9
	Monocyclic aromatics (chloro- and nitro anilines)	*		4-Nitropyrene	57835-92-4
	Non-halogenated monocyclic aromatics	*	7-Nitrobenzo[a]anthracene	20268-51-3	
	o-Chlorostyrene	2039-87-4	9-Nitroanthracene	602-60-8	
	Octachlorostyrene	29082-74-4	Organotins	Dibutyl tin cation	1002-53-5
	Organic halides absorbable (AOX)	59473-04-0		Diocetyl tin cation	94410-05-6
	Organic halides extractable (EOX)	*		Diphenyl tin cation	1135-99-5 (Cl)
	p-Chlorostyrene	1073-67-2		Monobutyl tin cation	*
	PCNs	*		monobutyltin	*
	Pentanoic acid	109-52-4		Monobutyltin	78763-54-9
	Pentanoic acid,4-methyl	646-07-1		Monooctyl tin cation	*
	Phenol	108-95-2		Monophenyl tin cation	*
	Polychlorinated n-alkanes (C10-C13) PCA = SCCP	85535-84-8		Monophenyltin	*
	Polychlorinated n-alkanes (C14-C17) PCA = MCCP	85535-85-9		Organtins	*
	Polyorganosiloxanes	*		Phenyltin (di)	*
	Tetradecanoic acid	544-63-8		Phenyltin (mono)	*
	Vitamin E	59-02-9		Phenyltin (tri)	*
				Tributyl tin cation	36643-28-4
				Tributyltin	56573-85-4
		Tributyltin oxide	56-35-9		
		Triphenyl tin	76-87-9; 900-95-8; 639-58-7; 668-34-8		



Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr
oxy-PAH	1,2-Acenaphthylenedione	82-86-0	PAH	Ethylmethyl-4H-cyclopenta[d,e,f]phenanthrene	*
	1-Hydroxy-9-fluorenone	6344-60-1		Ethylphenanthrene (3-)	1576-68-7
	2-Hydroxy-9-fluorenone	6949-73-1		Fluoranthene	206-44-0
	2-Methyl-anthraquinone	84-54-8		Fluorene	86-73-7
	4H-Cyclopenta[def]phenanthren-4-one	5737-13-3		Hexachloro naphthalene	1335-87-1
	6H-Benzo[cd]pyren-6-one	3074-00-8		Indeno[1,2,3-c,d]pyrene	193-39-5
	7H-Benz[de]anthracen-7-one	82-05-3		Naphthalene	91-20-3
	9-Fluorenone	486-25-9		Naphthalene methyl isomers	*
	Anthraquinone	84-65-1		Napthalene methyl congeners	*
	Benz[a]anthracene-7,12-dione	2498-66-0		Napthalene nitro congeners	86-57-7; 581-89-5
				PAHs	*
PAH	1-Methyl naphthalene	90-12-0	Perylene	198-55-0	
	1-Methyl pyrene	2381-21-7	Phenanthrene	85-01-8	
	2-Methyl naphthalene	91-57-6	Phenanthrene methyl isomers	*	
	2-Methyl phenanthrene	2531-84-2	Pyrene	129-00-0	
	2-Methyl pyrene	*	Pyrene (phenyl)	5101-28-0	
	2-Phenyl naphthalene	612-94-2	Retene (7-isopropyl-1-methylphenanthrene)	483-65-8	
	3-Methyl naphthalene	*	Tetrachloro naphthalene	1335-88-2	
	Acenaphthylene	208-96-8	Triphenylene	217-59-4	
	Anthracene	120-12-7	BDE-100	189084-64-8	
	Benzidine	92-87-5	BDE-138	182677-30-1	
	Benzo[a]anthracene	56-55-3	BDE-153 (2,2',4,4',5,5'-hexabromodiphenyl)	68631-49-2	
	Benzo[a]carbazole	34777-33-8	BDE-154	207122-15-4	
	Benzo[a]fluorene	238-84-6; 239-01-0	BDE-183	207122-16-5	
	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	BDE-209 (decabromodiphenyl)	1163-19-5	
	Benzo[b]fluorene	30777-19-6	BDE-28	41318-75-6	
	Benzo[b]naphtho[1,2-d]thiophene	205-43-6	BDE-47 (2,2',4,4'-tetrabromodiphenyl)	5436-43-1	
	Benzo[b]naphtho[2,3-d]furan	243-42-5	BDE-66	187084-61-5	
	Benzo[c]phenanthrene	195-19-7	BDE-85	32534-81-9	
	Benzo[a]pyrene	50-32-8	BDE-99 (2,2',4,4',5-pentabromodiphenyl)	60348-60-9	
	Benzo[e]pyrene	192-97-2	BDEtotal, Brominated diphenyl ether congeners (BDEs)	*	
	Benzo[g,h,i]perylene	191-24-2	Pentabromodiphenyl ether 85	182346-21-0	
	Benzo[j]fluoranthene	205-82-3	Phenylether (chloro)	*	
	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	Aroclor 1016	12674-11-2	
	Biphenyl	92-51-3; 92-52-4	Aroclor 1248	12672-29-6	
	C1-Benz[a]anthracene/C1-chrysene	*	Aroclor 1254	11097-69-1	
	C1-Dibenzofuran	*	Aroclor 1260	11096-82-5	
	C1-Dibenzothiophene	*	PCB 101	37680-73-2	
	C1-Fluorene	*	PCB 105	32598-14-4	
	C1-Phenanthrene	*	PCB 118	31508-00-6	
	C2-Dibenzofuran	*	PCB 138	35065-28-2	
	C2-Dibenzothiophene	*	PCB 153	35065-27-1	
	C2-Fluoranthener/C2-pyrene	*	PCB 156	38380-08-4	
	C2-Phenanthrene	*	PCB 167	52663-72-6	
	C3-Dibenzothiophene	*	PCB 180	35065-29-3	
	C3-Phenanthrene	*	PCB 209	2051-24-3	
	C4-Naphtalene	*	PCB 28	7012-37-5	
	Chrysene	218-01-9	PCB 31	16862-07-4	
	Chrysene+triphenylene	*	PCB 52	35693-99-3	
	Coronene	191-07-1	PCB congeners	*	
	Dibenz[a,h]anthracene	53-70-3			
	Dibenzoanthracene congeners	*			
	Dibenzofluoranthene	60382-88-9			
	Dimethyl naphthalene	28804-88-8			
	Dimethylphenanthrene	1576-67-6			

Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr	
PCPP	BLS (4,4'-bis(4-chloro-3-sulfostyryl)-biphenyl)	*	pesticides	Naphthoquinone	524-42-5; 130-15-4	
	DAS 1 (4,4'-bis[(4-anilino-6-morpholino-1,3,5-triazin-2-yl)-amino] stilbene-2,2'-disulfonate)	16090-02-1		Nitrofen	1836-75-5	
	DSBP (4,4'-bis(2-sulfostyryl)biphenyl)	27344-41-8		Organochlorine pesticide	*	
perfluorochemicals	PFOA	335-67-1; 3825-26-1; 335-95-5		p, p'-DDD	72-54-8	
	PFOS	307-35-7		p, p'-DDE	72-55-9	
	N-EtPFOSAA = 2-(N-ethylperfluorooctanesulfonamido)acetate	*		p, p'-DDT	50-29-3	
	N-MePFOSAA = 2-(N-methylperfluorooctanesulfonamido)acetate	*		Parathion (ethyl)	56-38-2	
	Perfluoro undecanoic acid (PFUnDA)	4234-23-5		Parathion (methyl)	298-00-0	
	Perfluorodecane sulfonate (PFDS)	67906-42-7		Permethrin	52645-53-1	
	Perfluorodecanoic acid (PFDA)	335-76-2		Phenoxy herbicides	*	
	Perfluorododecanoic acid (PFDoDA)	307-55-1		Phenoxypropanoic acid (trichloro)	*	
	Perfluorohexane sulfonate (PFHxS)	355-46-4		Phorate (O,O-diethyl S-[(ethylthio) methyl] phosphorodithioate)	298-02-2	
	Perfluorononanoic acid (PFNA)	375-95-1		Phosphamidon	13171-21-6	
	Perfluorooctane sulfonamide (PFOSA)	754-91-6		Pronamide (dichloro (3,5-)-N-(1,1-dimethylpropynyl) benzamide)	66393-62-2	
	PFOSSA = perfluorooctanesulfonamidoacetate	*		Pyrophosphate (tetraethyl)	107-49-3	
	PFTA = perfluotetradecanoic acid	376-06-7		Quintozene/Benzene (pentachloronitro)	82-68-8	
	pesticides	Aldrin		309-00-2	Safrol (iso)	120-58-1
Azinphos Methyl		86-50-2		Safrole (EPN)	94-59-7	
Capsaicin		404-86-4		Toxaphene	8001-35-2	
Captan		133-06-2	Trichlorofon	52-68-6		
Chlordane		57-74-9	Trifluralin (Treflan)	1582-09-8		
Chlorobenzilate		510-15-6	$\alpha$ -Endosulfan	959-98-8		
Chloropyrifos		2921-88-2	$\beta$ -HCH	319-85-7		
Ciodrin		7700-17-6	$\gamma$ -HCH	58-89-9		
DCOIT		64359-81-5	2,4,6-tribromophenol	118-79-6		
Diallate		2303-16-4	4-Cumylphenol	599-64-4		
Diazinon		333-41-5	4-Nonyl phenol	104-40-5		
Dicrotophos (Bidrin)		3735-78-2	4-Nonylphenol, branched	84852-15-3		
Dieldrin		60-57-1	4-Nonylphenol-mono-ethoxylate	104-35-8		
Dimethoate		60-51-5	4-Tert-octyl phenol	140-66-9		
Disulfotone		298-04-4	4-Tert-octylphenol-di-ethoxylate	*		
Diuron		330-54-1	4-Tert-octylphenol-mono-ethoxylate	*		
Endosulfans		*	Bisfenol-A (BPA)	80-05-7		
Endrin		72-20-8	Higher NP-EOs NP(4-17)EO	*		
Famphur		52-85-7	Hydroquinone	123-31-9		
Heptachlor		76-44-8	Hydroxybiphenyls (2-hydroxybiphenyl)	90-43-7		
Heptachlor epoxides		*	Nonylphenol (NP)	25154-52-3		
Hexachlorobenzene (HCB)		118-74-1	NP tri-EO (NP3EO)	*		
Hexachlorophene		70-30-4	NPE1O	27986-36-3		
Irgarol		28159-98-0	NPE2O	20427-84-3		
Isobenzan		297-78-9	Pentachlorophenol	87-86-5		
Isodrin		465-73-6	Phenol chloro congeners	*		
Isophorone		78-59-1	Phenol chloro methyl congeners	*		
Leptophos		21609-90-5	Phenol methyl congeners	*		
Methoxychlor		*	Phenol nitro methyl congeners	*		
Mevinphos (phosdrin)		26718-65-0	Phenols nitro congeners	*		
Naled (Dibrom)		300-76-5	Tetrabromobisphenol A	79-94-7		
				Phenols		

Grupp	Ämne	CAS nr	Grupp	Ämne	CAS nr
Phthalate acid esters/plasticizers	Benzylbutylphthalate (BBP)	85-68-7	steroids and hormones	Cholesterol	57-88-5
	Bis(2-chloroethoxy) methane	111-91-1		Coprostanol	360-68-9
	Bis(2-chloroethyl) ether	111-44-4		Desmosterol	313-04-2
	Bis(2-chloroisopropyl) ether	108-60-1		Epicoprostanol	516-92-7
	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	117-81-7		Equilenin	517-09-9
	Di(2-ethylhexyl) adipate	103-23-1		Equilin	474-86-2
	Di(2-ethylhexyl) phthalate	117-81-7		Ergosterol	57-87-4
	Di-(iso-nonyl)-phthalate (DiNP)	28553-12-0		Estriol	50-27-1
	Di-(n-nonyl)-phthalate (DnNP)	84-76-4		Estrone	53-16-7
	Di-(n-octyl)-phthalate (DnOP)	117-84-0		Mestranol (MEE2)	72-33-3
	Diethyl phthalate	84-66-2		Norethindrone	68-22-4
	Di-iso-butyl phthalate	84-69-5		Norgestrel	6533-00-2
	Diisodecyl phthalate	26761-40-0		Progesterone	57-83-0
	Di-n-butylphthalate (DBP)	84-74-2		Sitostanol (5a-b+5b-b-)	83-45-4
Dipentylphthalate (DPP)	131-18-0	Sitosterol (b-)	83-46-5		
Plastizicer metabolite	2-Ethylhexanal	123-05-7	Stigmasterol	83-48-7	
	2-Ethylhexanoic acid	149-57-5	Testosterone	58-22-0	
	2-Ethylhexanol	104-76-7	Cresyldiphenyl phosphate	26444-49-5	
Polychlorinated biphenyls, naphthalenes, dioxins and furans	Terphenyls and naphthalenes (polychlorinated)	*	Poly(ethylene glycol)s	*	
			Triaryl/alkyl phosphate esters	*	
			Tricresyl phosphate	1330-78-5	
			Tri-n-butylphosphate	126-73-8, 6131-90-4	
			Triphenylphosphate	115-86-6	
			Trixylyl phosphate	25155-23-1	
polychlorinated naphthalenes	PCN	70776-03-3	UV-filter	3-BC	15087-24-8
OAC	ATAC-C16	112-02-7		4-MBC	36861-47-9, 38102-62-4
	DDAC, DDMAC	7173-51-5		BMDM	70356-09-1
	DTDMAC	68783-78-8		BMDBM	
Siloxane	Decamethylcyclpentasiloxane (d5)	541-02-6		BP3	131-57-7
	Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	556-67-2		DBENZO	302776-68-7
	PDMS	63148-62-9		DHB/BP1	131-56-6
steroids and hormones	17 Alpha-Dihydroequilin	651-55-8		DHMB	131-53-3
	17 Alpha-Estradiol	57-91-0		EHS	118-60-5
	17 Alpha-Ethinyl-Estradiol	57-63-6		HMS-1	118-56-9
	17 Beta-Estradiol	50-28-2		IMC	71617-10-2
	Androstenedione	63-05-8		IAMC	
	Androsterone	53-41-8		OC	6197-30-4
	Beta stigmasterol	19466-47-8		OD-PABA	21245- 02-3
	Beta-Estradiol 3-Benzoate	50-50-0	OMC	5466-77-3	
	Campestanol	474-60-2			
	Cholestanol	80-97-7			

## Bilaga 2 Detektionsgränser i jord, sockerbeta och blast från sockerbeta

Sammanställning över detektionsgränserna i respektive matris. Jord redovisas i mg/kg torrsvikt, sockerbeta och blast av sockerbeta redovisas i mg/kg.

Substans	Provtyp matjord	Enhet	Provtyp sockerbeta	Enhet	Provtyp blast av sockerbeta	Enhet
Naftalen	0,050	mg/kg TS	0,0050	mg/kg	0,0050	mg/kg
Acenaftylen	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Acenaften	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Fluoren	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Fenantren	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Antracen	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Fluoranten	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Pyren	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Bens(a)antracen	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Krysen	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Bens(b)fluoranten	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Bens(k)fluoranten	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Bens(a)pyren	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Dibens(ah)antracen	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Benso(ghi)perylen	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
Indeno(123cd)pyren	0,050	mg/kg TS	0,0020	mg/kg	0,0010	mg/kg
PAH, summa 16	0,38	mg/kg TS	0,018	mg/kg		mg/kg
PAH, summa cancerogena	0,18	mg/kg TS	0,007	mg/kg	0,004	mg/kg
PAH, summa övriga	0,23	mg/kg TS	0,011	mg/kg	0,004	mg/kg
PAH, summa L	0,075	mg/kg TS				
PAH, summa M	0,13	mg/kg TS				
PAH, summa H	0,20	mg/kg TS				
PCB 28	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB 52	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB 101	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB 118	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB 138	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB 153	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB 180	0,0030	mg/kg TS	0,0002	mg/kg	0,0002	mg/kg
PCB, summa 7	0,011	mg/kg TS	0,0007	mg/kg	0,0007	mg/kg
4-tert-oktylfenol	0,0010	mg/kg TS	0,0030	mg/kg	0,0010	mg/kg
4-nonylfenoler	0,010	mg/kg TS	0,030	mg/kg	0,010	mg/kg
Triklosan	0,10	mg/kg TS	0,010	mg/kg	0,010	mg/kg
PFOS perfluoroktan-sulfonat	0,010	mg/kg TS	0,010	mg/kg	0,010	mg/kg
PFOA perfluoroktansyra	0,010	mg/kg TS	0,010	mg/kg	0,010	mg/kg
Bisfenol A	0,20	mg/kg TS	0,010	mg/kg	0,010	mg/kg

**Bilaga 3 Uppmäta värden av PCB och PAH  
i avloppsslam från Sjölunda år 2009**

	PCB28 (mg/kg TS)	PCB52 (mg/kg TS)	PCB101 (mg/kg TS)	PCB118 (mg/kg TS)	PCB153 (mg/kg TS)	PCB138 (mg/kg TS)	PCB180 (mg/kg TS)
December (2008)	0,008	0,007	0,008	0,003	0,015	0,008	0,005
Januari	0,005	0,006	0,005	0,004	0,011	0,006	0,003
Februari	0,005	0,004	0,005	0,002	0,010	0,006	0,005
Mars	0,005	0,005	0,005	0,002	0,010	0,005	0,005
April	0,004	0,005	0,006	0,002	0,011	0,007	0,006
Maj	0,004	0,006	0,017	0,008	0,050	0,032	0,024
Juni	0,005	0,007	0,015	0,006	0,044	0,028	0,010
Juli	0,005	0,005	0,007	0,003	0,015	0,012	0,006
Augusti	0,004	0,004	0,005	0,002	0,011	0,008	0,006
September	0,006	0,006	0,007	0,003	0,010	0,007	0,007
Oktober	0,003	0,003	0,004	0,002	0,009	0,006	0,004
November	0,005	0,006	0,005	0,002	0,008	0,006	0,005

	Fluoranten (mg/kg TS)	Benso(b) fluoranten (mg/kg TS)	Benso(k) fluoranten (mg/kg TS)	Benso(a) pyren (mg/kg TS)	Indeno(1,2,3-cd)pyren (mg/kg TS)	Benso(ghi) perylene (mg/kg TS)
December (2008)	0,7	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3
Januari	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2
Februari	1,8	0,3	0,1	0,4	<0,1	0,2
Mars	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
April	1,6	0,2	0,1	0,1	<0,1	<0,1
Maj	1,0	0,3	0,1	0,3	<0,1	0,1
Juni	1,0	0,4	0,2	0,3	0,1	0,3
Juli	0,8	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2
Augusti	0,6	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2
September	0,8	0,4	0,1	0,3	<0,1	0,2
Oktober	1,2	0,2	0,1	0,4	<0,1	0,1
November	0,9	0,4	0,1	0,3	<0,1	0,2

**Bilaga 4** Teoretiska värden för PCB och PAH i jord med hänsyn taget till utspädning vid gödning, beräknade utifrån uppmätta värden av PCB och PAH i avloppsslam från Sjölunda år 2009.

**Koncentrationen av X i slamgödslad jord B-led (mg/kg)**

	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB180
December (2008)	$5 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$
Januari	$3 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$
Februari	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$
Mars	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$
April	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$
Maj	$3 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
Juni	$3 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$
Juli	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$
Augusti	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$
September	$4 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$
Oktober	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$
November	$3 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-6}$

**Koncentrationen av X i slamgödslad jord B-led (mg/kg)**

	Fluoranten	Benso(b) fluoranten	Benso(k) fluoranten	Benso(a) pyren	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Benso(ghi) perylen
December (2008)	$4 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$
Januari	$4 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$
Februari	$1 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-4}$	LOQ	$1 \times 10^{-4}$
Mars	$4 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$
April	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-5}$	LOQ	LOQ
Maj	$6 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-4}$	LOQ	$6 \times 10^{-5}$
Juni	$6 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-4}$
Juli	$5 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$
Augusti	$4 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$
September	$5 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-4}$	LOQ	$1 \times 10^{-4}$
Oktober	$8 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-4}$	LOQ	$6 \times 10^{-5}$
November	$6 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-4}$	LOQ	$1 \times 10^{-4}$

LOQ, de substanserna vara under detektionsgränsen i slammet.

### Koncentrationen av X i slamgödslad jord C-led (mg/kg)

	PCB28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB180
December (2008)	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
Januari	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$
Februari	$1 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
Mars	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
April	$8 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
Maj	$8 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
Juni	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
Juli	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
Augusti	$8 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
September	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$
Oktober	$6 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-6}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-6}$
November	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$

### Koncentrationen av X i slamgödslad jord C-led (mg/kg)

	Fluoranten	Benso(b) fluoranten	Benso(k) fluoranten	Benso(a) pyren	Indeno(1,2,3-cd)pyren	Benso(ghi) perylen
December (2008)	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$
Januari	$1 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$
Februari	$3 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-4}$	LOQ	$4 \times 10^{-4}$
Mars	$1 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$
April	$3 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	LOQ	LOQ
Maj	$2 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$	LOQ	$2 \times 10^{-4}$
Juni	$2 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$
Juli	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$
Augusti	$1 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-4}$
September	$2 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$	LOQ	$4 \times 10^{-4}$
Oktober	$2 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$8 \times 10^{-4}$	LOQ	$2 \times 10^{-4}$
November	$2 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$6 \times 10^{-4}$	LOQ	$4 \times 10^{-4}$

LOQ, de substanserna vara under detektionsgränsen i slammet.







Box 14057, 167 14 Bromma

Tel 08 506 002 00

Fax 08 506 002 10

E-post [svensktvatten@svensktvatten.se](mailto:svensktvatten@svensktvatten.se)

[www.svensktvatten.se](http://www.svensktvatten.se)