

*Rapport till Naturvårdsverket (Hälsobaserad miljöövervakningsprogrammet)*

---

**Analys av PCB och dioxiner (PCDD/F) i blodserum från barn och ungdomar – metodutveckling samt framtagande av indikatorsubstanser.**

---

Ulrika Fridén, Matilda Näslund, Irina Gyllenhammar och Marie Aune

2019-06-30

## Analys av PCB och PCDD/F i blodserum från barn och ungdomar – metodutveckling samt framtagande av indikatorsubstanser

<p><b>Rapportförfattare</b></p> <p>Ulrika Fridén, Livsmedelsverket Matilda Näslund, Livsmedelsverket Irina Gyllenhammar, Livsmedelsverket Marie Aune, Livsmedelsverket</p>	<p><b>Utgivare</b> Livsmedelsverket</p> <p><b>Postadress</b> Box 622, 751 26 Uppsala</p> <p><b>Telefon</b> 018-175500</p>
<p><b>Rapporttitel</b> Analys av PCB och PCDD/F i blodserum från barn och ungdomar – metodutveckling samt framtagande av indikatorsubstanser.</p>	<p><b>Beställare</b> Naturvårdsverket 106 48 Stockholm</p> <p><b>Finansiering</b> Nationell hälsorelaterad miljöövervakning</p>
<p><b>Nyckelord för plats</b> Sverige</p>	
<p><b>Nyckelord för ämne</b> PCB, PCDD och PCDF</p>	
<p><b>Tidpunkt för insamling av underlagsdata</b> 2016-2017</p>	
<p><b>Sammanfattning</b></p> <p>Sedan 1996 har Livsmedelsverket regelbundet samlat in prover från förstföderskor i Uppsala för analys av persistenta halogenerade organiska miljöföroreningar (POP). I en uppföljningsstudie samlas sedan 2008 in blodserum från barnen vid 4, 8 samt 12 års ålder. För att möjliggöra bestämning av halter avseende PCB och dioxiner (PCDD/F) samt skattning av halter med hjälp av indikatorsubstanser genomförs i det här projektet metodutveckling för analys av 20 gram respektive 4 gram blodserum. Den stora utmaningen är att komma ned i tillräckligt låga kvantifieringsgränser (LOQ) då halterna i serumproverna är låga.</p> <p>En analysmetod för analys av PCB och PCDF/F baserad på 20 g serum har tagits fram, med LOQ på 0,25 pg 2378-TCDD/g fettvikt. Med hjälp av denna metod har sedan 6 poolade prover från ungdomar (12-18 år) analyserats. Resultaten har sedan använts för att ta fram korrelationer mellan sk indikatorsubstanser och andra kongener samt summahalter. Indikatorsubstanser är kongener som finns i proverna i något högre halter och som kan prediktera halterna av resterande kongener. Detta möjliggör att vi kan analysera en mindre provmängd och trots att många kongener kommer att hamna under LOQ, kunna skatta en total-TEQ-halt.</p> <p>En analysmetod baserad på 4 g serum har även tagits fram, med LOQ på 1,3 pg 2378-TCDD/g fettvikt. Korrelationen mellan de två metoderna för kvantifierade kongener bedöms vara acceptabel på färskviktsbasis, men är inte lika bra på fettviktsbasis. Detta är pga högre variation i fettviktsbestämningen för 4 g-metoden. Vidare arbete för att minska denna variation krävs innan 4 g-metoden kan användas.</p> <p>Korrelationer mellan koncentrationer av enskilda kongener och summa-TEQar har utvärderats med hjälp av linjär regression. Det finns en korrelation mellan CB126 och dioxinlika PCB-TEQ (<math>R^2</math> 0,91) och 123678-HxCDD korrelerar med både PCDD-TEQ (<math>R^2</math> 0,95) och total-TEQ (<math>R^2</math> 0,82). Vidare kan en korrelation ses mellan 123687-HxCDF och PCDF-TEQ (<math>R^2</math> 0,94) medan korrelationen till total-TEQ för denna kongen är lägre (<math>R^2</math> 0,66).</p>	

## **INTRODUKTION**

Polyklorerade bifenyler (PCB), polyklorerade dibenso-*p*-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF) har analyserats i modersmjölk från förstföderskor i Uppsala sedan 1996 inom studien POPUP (Persistent Organic Pollutants in Uppsala Primiparas). I den senaste rapporten finns en tidstrend för dessa ämnen från perioden 1996-2016 (Gyllenhammar *et al*, 2017). Utöver modersmjölk samlas även blodserum in från förstföderna samt blodserum från barnen vid 4-, 8- samt 12-års ålder. För att kunna ta fram en tidstrend för dioxiner (PCDD/F) och PCB i serum från barnen i uppföljningsstudien har Livsmedelsverkets befintliga metoder för analys av dioxiner och PCB vidareutvecklats och validerats för blodserum inom detta projekt. Vidare har ett antal serumprover (kalibreringsprover) analyserats för att utvärdera möjligheten att ta fram indikatorsubstanser för dioxiner och PCB i syfte att kunna prediktera halter under kvantifieringsgränsen utifrån de kongener som har högre halter. Användandet av indikatorsubstanser skulle därmed möjliggöra analys av mindre provmängder. Då halterna i proverna från barnen förväntas vara låga och tillgängliga provmängder är mycket begränsade ställs det höga krav på analysmetodens kvantifieringsgräns (LOQ).

## **MATERIAL OCH METODER**

### ***Blodserum***

Blodserum för metodutveckling och validering analysmetoden köptes in från Akademiska sjukhuset, provet har provID H1800139. För korrelationsstudien med syftet att identifiera indikatorsubstanser användes poolade blodserumprov från Livsmedelsverkets studie Riksmaten Ungdom 2016-2017 (Moreus *et al*, 2018). Totalt gjordes 6 pooler av serum från barn i åldrarna 12, 15 och 18 år. Dessa prover ansågs vara mer representativa för syftet att hitta indikatorsubstanser för barnserum än vad det inköpta serumet från vuxna skulle vara. Serumproverna poolades slumpmässigt utifrån tillgång på prov och serumproverna var lagrade i -80°C fram till analys.

### ***Analysmetod för bestämning av PCB och PCDD/F i blodserum***

#### Extraktion och upparbetning

Två metoder med 20 g respektive 4 g blodserum har validerats. Samma princip används för både 20 g-metoden som för 4 g-metoden, med skillnaden att 20 g-metoden skalats upp 5 gånger. Kortfattat så denaturerades proteiner i serumprovet med hjälp av metanol följt av upprepad extraktion med dietyler/n-hexan (1+1). Organfasen överfördes till ett förvägt provrör

alternativt rundkolv och fettvikten bestämdes gravimetriskt. Upprening och fraktionering är identisk för de två metoderna och genomfördes på det automatiska uppberedningssystemet PowerPrep™ från Fluid Management Systems (MA, USA). Systemet består i standardmetoden av fyra LC-kolonner kopplade i serie, en jumbo-flerskiktssilikakolonn, en liten flerskiktssilikakolonn, en florisilkolonn och slutligen en kolkolonn. Standard PowerPrep-metoden har dock anpassats för serum genom att den första kolonnen (jumbo-silikakolonnen) har uteslutits. Detta kan göras då fetthalten i serum är så liten att endast den lilla silikakolonnen behövs för att upprena provet. Uteslutandet av jumbokolonnen innebär att även fraktioneringsmetoden har anpassats, resulterande i lägre lösningsmedelsförbrukning och därmed även lägre blankhalter. Metoden ger två fraktioner, fraktion 1 innehållandes di-*orto*- och mono-*orto*-PCB samt fraktion 2 innehållandes non-*orto*-PCB och PCDD/F. Fraktion 1 indunstas till en slutvolym av 100 µl. Fraktion 2 upprenas vidare med en liten flerskiktssilikakolonn innan slutvolymen indunstas till 225 µl.

#### GC-HRMS analys

Kvantifiering av analyterna genomfördes med kapillär gaskromatografi kopplad till högupplösande masspektrometri (GC-HRMS, Agilent Technologies 7980 GC och en AutoSpec Premier, Waters). Metoden är baserad på sk isotopspädningsteknik (dvs <sup>13</sup>C-märkta surrogatstandarder för alla kongener). 1 µl av fraktion 1 injicerades på en HT8-kolonn med en split/splittless injektor använd i splittless mode för att analysera indikator-PCBer (di-*orto*-PCB). 5 µl av fraktion 1 injicerades på en Dioxin2-Rtx-kolonn med en PTV-injektor används i solvent vent mode för att analysera mono-*orto*-PCBer. Slutligen injiceras 100 µl av fraktion 2 på en Dioxin2-Rtx-kolonn med en PTV-injektor använd i solvent vent mode för att analysera non-*orto*-PCBer och PCDD/Fer. HRMS kördes i EI mode, användandes av single ion monitoring (SIM) vid upplösningen 10 000.

#### Kvalitetssäkring

Alla lösningsmedel testades för spårmängder av analyterna innan godkännande för användning. Glasvaror brändes i ugn (450°C i minst 3 timmar) alternativt acetondiskades innan användning för att minimera blankhalter av analyterna.

Toluen injicerades mellan prover och kalibreringsstandarder för att säkerställa att det inte var några minneseffekter. En kemikalieblank inkluderades i varje extraktionsserie för att studera bakgrundshalter, vidare var även ett kontrollprov inkluderat i varje extraktionsserie.

Kvantifieringsgränsen (LOQ) beräknas efter den koncentration som ger ett S/N=3 enligt EU-förordning 2017/644 med hänsyn tagen till blankhalter.

### ***Beräkningar och korrelationer***

Baserat på resultaten från de poolade serumproverna (n=6) från ungdomar gjordes linjära regressioner med syftet att undersöka om vi kan påvisa korrelationer mellan de kongener som förekommer i lite högre halter i proverna och olika summor av toxiska ekvivalenter (TEQar). En bra korrelation skulle kunna ge oss möjligheten att utifrån halter av enskilda kongener prediktera summa-TEQar i prover där provmängden är begränsad. Summa-TEQarna är beräknade med hjälp av toxikologiska ekvivalensfaktorer (TEFar) från 2005 (Van der Berg *et al.*, 2005). Samtliga korrelationer är gjorda mot summa-TEQar i medium bound (MB), där halter under LOQ beräknas som ½ LOQ, eller upper bound (UB), där halter under LOQ beräknas som hela LOQ.

## **RESULTAT OCH DISKUSSION**

### ***Validering av analysmetod***

Medelvärdet för LOQ för valideringsprovet H1800139 med 20 g-metoden var 1,1 pg total-TEQ/g fettvikt (motsvarande 6 fg total-TEQ/g färskvikt) och 0,25 pg 2378-TCDD/g fettvikt (motsvarande 1 fg 2378-TCDD/g färskvikt, se tabell 1). LOQ ligger på samma nivå som tidigare har beskrivits för analys av blodserum (J.-F. Focante *et al.*, 2006). För 4 g-metoden var LOQ ca 5 ggr högre med ett medelvärde för LOQ på 5,5 pg total-TEQ/g fettvikt (motsvarande 30 fg total-TEQ/g färskvikt) och 1,3 pg 2378-TCDD/g fettvikt (motsvarande, 7 fg 2378-TCDD/g färskvikt, se tabell 1).

Repeaterbarheten för halten av kvantifierade kongener var bra med en RSD % mellan 2,9 och 14 % för kongener som kvantifierats på fettviktsbasis med 20 g-metoden (se tabell 2). För 4 g-metoden var repeaterbarheten för halter på fettviktsbasis något sämre och låg mellan 8,9 och 25 % för kvantifierade kongener (bortsett från OCDD som hade 66 %, se tabell 2). Den ökade variationen för halter på fettviktsbasis kan förklaras med en större variation i bestämningen av fetthalt för 4 g-metoden, RSD % var 9,7 för 4 g-metoden jämfört med 4,4 % för 20 g-metoden. Detta återspeglas även i en lägre variation mellan resultaten på färskviktsbasis med 4 g-metoden (0,3 -20 % bortsett från OCDD som hade 74%). Den stora variationen för OCDD med 4 g-metoden kan till viss del förklaras av en större påverkan från de varierande blankhalterna för denna kongen.

**Tabell 1.** Kvantifieringsgräns (LOQ) i pg/kg fettvikt för 4 g- resp 20 g-metod.

Ämne	Medel LOQ (pg/g fett), 4 g	RSD% 4 g	Medel LOQ (pg/g fett), 20 g	RSD% 20 g
CB 28	2300	29	660	7
CB 52	1600	33	360	16
CB 101	1100	22	420	28
CB 105	16	23	4,2	37
CB 114	15	21	31	212
CB 118	15	24	4,1	37
CB 123	75	11	34	66
CB 138	54	25	24	35
CB 153	54	28	17	34
CB 156	14	21	5,6	76
CB 157	15	22	5,9	84
CB 167	14	24	8,9	78
CB 180	57	34	20	25
CB 189	9,8	32	5,3	86
ndlPCB <sup>a</sup>	5200	28	1500	15
CB 77	66	22	14	53
CB 81	6,6	17	1,3	70
CB 126	1,6	28	0,35	45
CB 169	1,4	31	0,28	47
dIPCB-TEQ <sup>b</sup>	1,7	34	0,32	50
2,3,7,8-TCDD	1,3	35	0,25	52
1,2,3,7,8-PeCDD	2,4	41	0,50	49
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2	22	0,26	23
1,2,3,6,7,8-HxCDD	1,2	23	0,26	25
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,7	27	0,27	22
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1,5	32	0,29	26
OctaCDD	2,6	41	0,46	23
2,3,7,8-TCDF	1,3	27	0,24	45
1,2,3,7,8-PeCDF	1,6	24	0,32	39
2,3,4,7,8-PeCDF	1,6	26	0,30	39
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,96	29	0,20	36
1,2,3,6,7,8-HxCDF	1,5	36	0,26	18
1,2,3,7,8,9-HxCDF	1,2	34	0,25	32
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,77	26	0,18	38
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,93	32	0,55	161
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1,4	48	0,26	17
OctaCDF	3,3	47	0,51	32
PCDD/F-TEQ <sup>c</sup>	3,8	34	0,78	41
Total-TEQ <sup>d</sup>	5,49	34	1,1	43

<sup>a</sup>summa av CB 28, 52, 101, 153, 138 och 180. <sup>b</sup>summa av CB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 och 189 TEQ. <sup>c</sup>summa av PCDD-TEQ and PCDF-TEQ. <sup>d</sup>summa av dIPCB-TEQ och PCDD/F-TEQ.

**Tabell 2.** Koncentration av PCB och PCDD/F i valideringsprov H18000139 samt repeterbarhet (RSD%) på fett- resp färskviktsbasis för 4 g-metod resp 20 g-metoden.

Ämne	Konc pg/g fettvikt 4g	RSD% fettvikt 4g	RSD% färskvikt 4g	Konc pg/g fettvikt 20g	RSD% fettvikt 20g	RSD% färskvikt 20g
CB 28	<2300			<660		
CB 52	<1600			<360		
CB 101	<1100			<420		
CB 105	820	8,8	1,2	622	7,5	6,2
CB 114	240	11	1,5	215 <sup>e</sup>	9,7	8,4
CB 118	4590	10	2,2	3920	8,0	7,1
CB 123	<75			49,1 <sup>e</sup>	34	22
CB 138	19700	9,7	0,3	17100	13	10
CB 153	50400	10	0,8	45900	4,6	3,7
CB 156	5420	12	1,8	5170	6,7	6,8
CB 157	920	8,9	1,4	860	6,9	6,0
CB 167	1720	10	1,1	1590	6,0	11
CB 180	54700	9,2	2,6	50400	7,6	5,6
CB 189	1010	10	3,1	926	8,2	7,4
ndlPCB <sup>a</sup> UB	130000 <sup>e</sup>	9,4	1,9	115000	5,5	3,1
CB 77	<66			<14		
CB 81	<6,6			1,59 <sup>e</sup>	35	56
CB 126	24,6	16	7,6	18,5	13	13
CB 169	27,6	10	2,8	22,1	12	11
dIPCB-TEQ <sup>b</sup> UB	3,76 <sup>e</sup>	14	5,4	2,91 <sup>e</sup>	12	11
2,3,7,8-TCDD	<1,3			0,435 <sup>e</sup>	25	26
1,2,3,7,8-PeCDD	<2,4			1,43	9,3	6,8
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<1,2			0,633	11	12
1,2,3,6,7,8-HxCDD	5,41	13	4,6	4,40	6,4	4,4
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<1,7			0,821	6,9	7,3
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	10,7	17	20	7,94	3,9	4,1
OctaCDD	115	66	74	48,2	7,6	6,3
2,3,7,8-TCDF	<1,3			0,345 <sup>e</sup>	20	24
1,2,3,7,8-PeCDF	<1,6			<0,32		
2,3,4,7,8-PeCDF	5,76	25	17	4,45	10	8,1
1,2,3,4,7,8-HxCDF	2,15 <sup>e</sup>	36	27	1,48	2,9	5,3
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,52 <sup>e</sup>	22	18	1,91	14	13
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<1,2			<0,25		
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,879 <sup>e</sup>	14	7,0	0,725	12	12
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	3,11	16	10	2,66	5,2	6,7
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<1,4			<0,26		
OctaCDF	<3,3			<0,51		
PCDD/F-TEQ <sup>c</sup> UB	7,37 <sup>e</sup>	29	21	4,39 <sup>e</sup>	7,1	4,2
Total-TEQ <sup>d</sup> UB	11,8 <sup>e</sup>	22	15	7,30 <sup>e</sup>	7,7	6,0
Fetthalt (%)	0,55	9,7	-	0,59	4,4	-

<sup>a</sup>summa av CB 28, 52, 101, 153, 138 och 180. <sup>b</sup>summa av CB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 och 189 TEQ. <sup>c</sup>summa av PCDD-TEQ and PCDF-TEQ. <sup>d</sup>summa av dIPCB-TEQ och PCDD/F-TEQ. <sup>e</sup>en eller flera värden <LOQ, upper bound (UB)-värde presenteras.

Resultaten för 20 g- och 4 g-metoderna var acceptabelt överensstämmande för kongenerna med kvantifierbara halter med en kvot 4g/20g mellan 0,98-1,28 (2,32 för OCDD, se tabell 3) på färskviktsbasis. På grund av den högre variationen i fetthaltsbestämningen för 4 g-metoden blir överensstämmelsen mellan metoderna lite sämre på fettviktsbasis, 1,05-1,34 (2,38 för OCDD) för kvantifierbara kongener (se tabell 3). För de kongener med halter under LOQ blir kvoten

större än 2, vilket är en återspeglning av att LOQ är högre för 4 g-metoden jmf med LOQ för 20 g-metoden.

Den utvecklade 20 g-metoden har en LOQ i den nivå vi förväntade oss att komma ned till samt en bra repeterbarhet både för fetthaltsbestämningen samt för de kvantifierbara kongenerna, bortsett från OCDD. Bestämningen av OCDD kommer därför att ha en större mätosäkerhet, detta påverkar dock total-TEQ relativt lite pga OCDDs låga TEF. 4 g-metoden har en högre LOQ (med en förväntad faktor av ungefär 5). Repeterbarheten för 4 g-metoden är bra på färskviktsbasis, men metoden har en större variation i fetthaltsbestämningen och för de kvantifierbara kongenerna på fetthaltsbasis. Innan 4 g-metoden kan användas för bestämning av halter på fettviktsbasis behöver vi förbättra repeterbarheten för fetthaltsbestämningen.

### ***Korrelationsstudie***

De 6 poolade serumproverna från Livsmedelsverkets studie Riksmaten ungdom 2016-2017 analyserades med hjälp av 20 g-metoden. Tabell 4 presenterar koncentrationer för PCB och PCDD/F i serumproverna. Medel total-TEQ var 6,94 pg TEQ/g fett presenterat som ett UB-värde. Koncentrationen för den viktiga kongenen 2378-TCDD var under LOQ i samtliga prov (med ett UB-medelvärde på 0,86 pg/g fett). Total-TEQ (UB och MB) blir därmed till stor del beroende av LOQ för de två kongenerna med högst TEF-värde, 2378-TCDD och 12378-PeCDD. På grund av de låga halterna var skillnaden mellan medelvärdet för total-TEQ i UB och lower bound (LB, där värden under LOQ räknas som 0) ganska stor (medel total-TEQ 6,94 pg TEQ/g fett i UB och 5,10 pg TEQ/g fett i LB). Då proverna var poolade blir spridningen mellan proverna mindre än den troligtvis skulle ha varit om vi hade kunnat analysera individuella prover. Total-TEQ varierade mellan 4,85 och 9,55 pg TEQ/g fett.

En korrelation kunde, som förväntats, hittas mellan CB126 och dioxinlika PCB-TEQ, med en regressionskoefficient  $R^2$  på 0,91 (se figur 1A), medan korrelationen mellan CB126 och total-TEQ var lägre ( $R^2=0,39$ , figur 1B). Bland mono-*orto* PCBerna var det CB156 som visade den bästa korrelationen med diPCB-TEQ ( $R^2=0,66$ , figur 1C). 123678-HxCDD visade bra korrelationer till både PCDD-TEQ och total-TEQ ( $R^2=0,95$  resp 0,82, figur 1E och F). 123678-HxCDF gav en bra korrelation till PCDF-TEQ ( $R^2=0,94$ , figur 1G) men en sämre till total-TEQ ( $R^2=0,66$ , figur 1H). Linjära regressioner till övriga kongener visas i Bilaga 1-2.



**Tabell 3.** Jämförelser mellan UB koncentrationer av PCB och PCDD/F i valideringsprov H18000139 med 4 g-metod resp 20 g-metoden.

Ämne	Konc pg/g fettvikt 4g	Konc pg/g färskvikt 4g	Konc pg/g fettvikt 20g	Konc pg/g färskvikt 20g	4g/20g fettvikt, UB	4g/20g färskvikt, UB
CB 28	<2300	<13	<660	<4	3,52 <sup>e</sup>	3,35 <sup>e</sup>
CB 52	<1600	<9	<360	<2	4,59 <sup>e</sup>	4,34 <sup>e</sup>
CB 101	<1100	<6	<420	<2	2,61 <sup>e</sup>	2,46 <sup>e</sup>
CB 105	820	4,52	622	3,63	1,32	1,24
CB 114	240	1,32	215 <sup>e</sup>	1,26 <sup>e</sup>	1,12 <sup>e</sup>	1,05 <sup>e</sup>
CB 118	4590	25,3	3920	22,9	1,17	1,10
CB 123	<75	<0,41	49,1 <sup>e</sup>	0,287 <sup>e</sup>	1,52 <sup>e</sup>	1,43 <sup>e</sup>
CB 138	19700	109	17100	100	1,15	1,09
CB 153	50400	277	45900	268	1,10	1,03
CB 156	5420	29,8	5170	30,3	1,05	0,98
CB 157	923	5,09	860	5,03	1,07	1,01
CB 167	1720	9,48	1590	9,31	1,08	1,02
CB 180	54700	301	50400	295	1,09	1,02
CB 189	1010	5,58	926	5,42	1,10	1,03
ndlPCB <sup>a</sup> UB	130000 <sup>e</sup>	715 <sup>e</sup>	115000 <sup>e</sup>	671 <sup>e</sup>	1,13 <sup>e</sup>	1,07 <sup>e</sup>
CB 77	<66	<0,36	<14	<0,08	4,78 <sup>e</sup>	4,40 <sup>e</sup>
CB 81	<6,6	<0,04	1,59 <sup>e</sup>	0,009 <sup>e</sup>	4,16 <sup>e</sup>	3,79 <sup>e</sup>
CB 126	24,6	0,131	18,5	0,108	1,34	1,21
CB 169	27,6	0,147	22,1	0,129	1,25	1,14
dIPCB-TEQ <sup>b</sup> UB	3,76 <sup>e</sup>	0,020 <sup>e</sup>	2,91 <sup>e</sup>	0,017 <sup>e</sup>	1,29 <sup>e</sup>	1,17 <sup>e</sup>
2,3,7,8-TCDD	<1,3	<0,007	0,435 <sup>e</sup>	0,003 <sup>e</sup>	3,08 <sup>e</sup>	2,83 <sup>e</sup>
1,2,3,7,8-PeCDD	<2,4	<0,013	1,43	0,008	1,68 <sup>e</sup>	1,54 <sup>e</sup>
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<1,2	<0,006	0,663	0,004	1,79 <sup>e</sup>	1,66 <sup>e</sup>
1,2,3,6,7,8-HxCDD	5,41	0,030	4,40	0,026	1,23	1,15
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<1,7	<0,009	0,821	0,005	2,13 <sup>e</sup>	1,97 <sup>e</sup>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	10,7	0,059	7,94	0,046	1,34	1,28
OctaCDD	115	0,654	48,2	0,282	2,38	2,32
2,3,7,8-TCDF	<1,3	<0,007	0,345 <sup>e</sup>	0,002 <sup>e</sup>	3,89 <sup>e</sup>	3,62 <sup>e</sup>
1,2,3,7,8-PeCDF	<1,6	<0,009	<0,32	<0,002	4,99 <sup>e</sup>	4,63 <sup>e</sup>
2,3,4,7,8-PeCDF	5,76	0,031	4,45	0,026	1,29	1,21
1,2,3,4,7,8-HxCDF	2,15 <sup>e</sup>	0,012 <sup>e</sup>	1,48	0,009	1,46 <sup>e</sup>	1,34 <sup>e</sup>
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,52 <sup>e</sup>	0,014 <sup>e</sup>	1,91	0,011	1,32 <sup>e</sup>	1,23 <sup>e</sup>
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<1,2	<0,006	<0,25	<0,001	4,76 <sup>e</sup>	4,38 <sup>e</sup>
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,879 <sup>e</sup>	0,005 <sup>e</sup>	0,725	0,004	1,21 <sup>e</sup>	1,14 <sup>e</sup>
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	3,11	0,017	2,66	0,016	1,17	1,09
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<1,4	<0,007	<0,26	<0,001	5,53 <sup>e</sup>	5,01 <sup>e</sup>
OctaCDF	<3,27	<0,017	<0,51	<0,003	6,43 <sup>e</sup>	5,86 <sup>e</sup>
PCDD/F-TEQ <sup>c</sup> UB	7,37 <sup>e</sup>	0,040 <sup>e</sup>	4,39 <sup>e</sup>	0,026 <sup>e</sup>	1,68 <sup>e</sup>	1,55 <sup>e</sup>
Total-TEQ <sup>d</sup> UB	11,8 <sup>e</sup>	0,062 <sup>e</sup>	7,30 <sup>e</sup>	0,043 <sup>e</sup>	1,61 <sup>e</sup>	1,46 <sup>e</sup>
Fetthalt (%)	0,56	0,56	0,59	0,59	0,95	0,95

<sup>a</sup>summa av CB 28, 52, 101, 153, 138 och 180. <sup>b</sup>summa av CB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 och 189 TEQ. <sup>c</sup>summa av PCDD-TEQ and PCDF-TEQ. <sup>d</sup>summa av dIPCB-TEQ och PCDD/F-TEQ. <sup>e</sup> en eller flera värden <LOQ, UB-värde presenteras.

**Tabell 4.** Koncentration av PCB och PCDD/F i pg/g fettvikt i serumprov med 20g-metod.

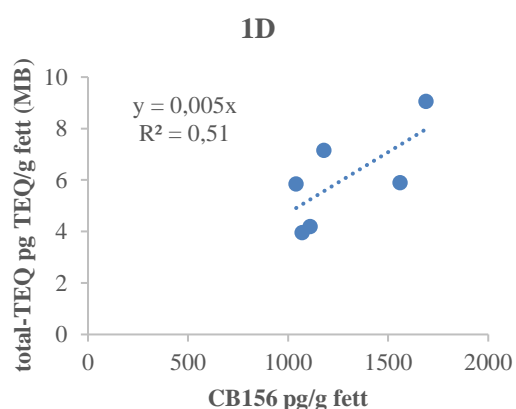
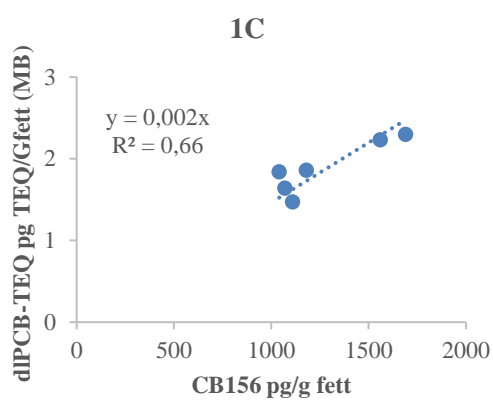
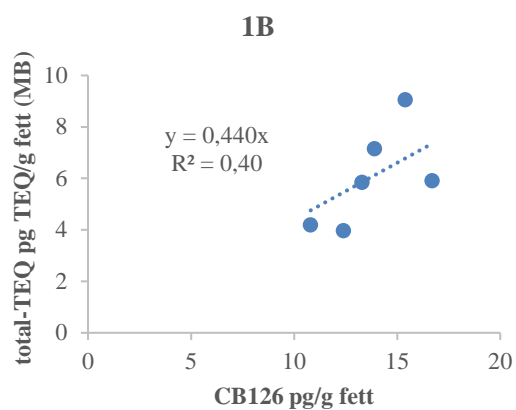
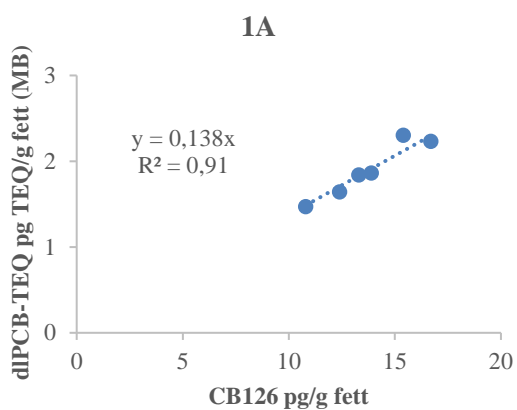
Ämne	H1900058 pg/g fett	H1900059 pg/g fett	H1900060 pg/g fett	H1900061 pg/g fett	H1900062 pg/g fett	H1900063 pg/g fett	Medel UB pg/g fett	Median UB pg/g fett
CB 28	1660	<1300	<860	<920	<1200	<950	1150	1080
CB 52	<970	<790	<730	<590	<770	<680	755	750
CB 101	984	<830	1170	<580	<720	<870	859	850
CB 105	<420	422	515	<390	549	<370	444	421
CB 114	100	105	109	110	145	84,4	109	107
CB 118	2090	2150	2540	2100	2920	1850	2280	2130
CB 123	<38	<36	<32	<25	<28	<22	30,2	30,0
CB 138	5480	5940	5480	8040	10400	6520	6980	6230
CB 153	12600	14500	12300	15700	18600	12000	14300	13550
CB 156	1040	1180	1070	1560	1690	1110	1280	1150
CB 157	<220	<250	267	318	360	229	274	259
CB 167	411	429	468	469	568	332	446	449
CB 180	8490	9140	6900	13900	14600	9310	10400	9230
CB 189	<140	148	111	206	204	140	158	144
di-orto PCB <sup>a</sup> LB	26600	29600	24700	37700	43600	27900	31700	28800
di-orto PCB <sup>a</sup> MB	26600	29600	24700	37700	43600	27900	31700	28800
di-orto PCB <sup>a</sup> UB	26600	29600	24700	37700	43600	27900	31700	28800
mono-orto PCB-TEQ <sup>b</sup> LB	0,106	0,125	0,138	0,124	0,172	0,099	0,127	0,125
mono-orto PCB-TEQ <sup>b</sup> MB	0,113	0,125	0,138	0,130	0,172	0,104	0,130	0,128
mono-orto PCB-TEQ <sup>b</sup> UB	0,119	0,125	0,138	0,136	0,172	0,110	0,133	0,131
ndlPCB <sup>c</sup> LB	29200	29500	25800	37700	43600	27900	32300	29400
ndlPCB <sup>c</sup> MB	29700	31000	26600	38800	44900	29100	33400	30400
ndlPCB <sup>c</sup> UB	30200	32500	27400	39800	46200	30400	34400	31500
CB 77	<39	<40	<22	<28	<27	<19	29,2	27,5
CB 81	<4,1	<3,0	<2,2	<2,5	<2,2	<2,3	2,72	2,40
CB 126	13,3	13,9	12,4	16,7	15,4	10,8	13,8	13,6
CB 169	12,8	10,8	8,32	13,8	18,9	9,12	12,3	11,8
non-orto PCB-TEQ <sup>d</sup> LB	1,71	1,72	1,49	2,08	2,10	1,35	1,74	1,72
non-orto PCB-TEQ <sup>d</sup> MB	1,71	1,72	1,49	2,08	2,11	1,35	1,74	1,72
non-orto PCB-TEQ <sup>d</sup> UB	1,72	1,72	1,49	2,08	2,11	1,35	1,75	1,72
dIPCB-TEQ <sup>e</sup> LB	1,82	1,85	1,64	2,22	2,30	1,46	1,88	1,84
dIPCB-TEQ <sup>e</sup> MB	1,84	1,86	1,64	2,23	2,30	1,47	1,89	1,85
dIPCB-TEQ <sup>e</sup> UB	1,85	1,86	1,64	2,24	2,30	1,48	1,90	1,86
2,3,7,8-TCDD	<1,6	<0,81	<0,60	<0,73	<0,79	<0,62	0,858	0,760
1,2,3,7,8-PeCDD	<1,8	1,38	<0,96	<0,87	2,01	<0,86	1,31	1,17
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<0,72	<0,61	<0,62	0,949	1,08	<0,54	0,752	0,665
1,2,3,6,7,8-HxCDD	3,37	3,04	1,68	2,45	4,63	1,92	2,85	2,75
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,730	0,908	0,675	1,09	1,78	0,878	1,01	0,89
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	7,50	6,57	5,63	13,4	15,7	7,31	9,35	7,41
OctaCDD	77,7	62,6	53,3	125	146	64,3	88,2	71,0
PCDD-TEQ LB	0,508	1,86	0,308	0,621	2,96	0,372	1,10	0,565
PCDD-TEQ MB	2,23	2,29	1,12	1,42	3,35	1,14	1,93	1,83
PCDD-TEQ UB	3,95	2,73	1,93	2,22	3,75	1,90	2,75	2,48
2,3,7,8-TCDF	<1,3	<0,79	<0,71	<0,60	<0,97	<0,63	0,833	0,750
1,2,3,7,8-PeCDF	<1,3	<1,0	<0,72	<0,74	<1,1	<0,69	0,925	0,870
2,3,4,7,8-PeCDF	3,87	5,50	2,09	4,47	7,19	3,42	4,42	4,17
1,2,3,4,7,8-HxCDF	1,90	3,90	1,45	3,03	3,47	1,62	2,56	2,47
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2,30	5,02	2,13	3,54	5,25	2,07	3,39	2,92
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,67	<0,69	<0,58	<0,44	<0,69	<0,46	0,588	0,625
2,3,4,6,7,8-HxCDF	<0,53	1,98	0,772	0,994	1,60	0,726	1,10	0,883
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	4,76	17,1	5,91	9,37	10,2	4,25	8,60	7,64
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0,55	<0,49	<0,41	<0,48	<0,75	<0,48	0,527	0,485
OctaCDF	<1,2	<1,0	<1,0	<1,2	<1,7	<1,1	1,20	1,15

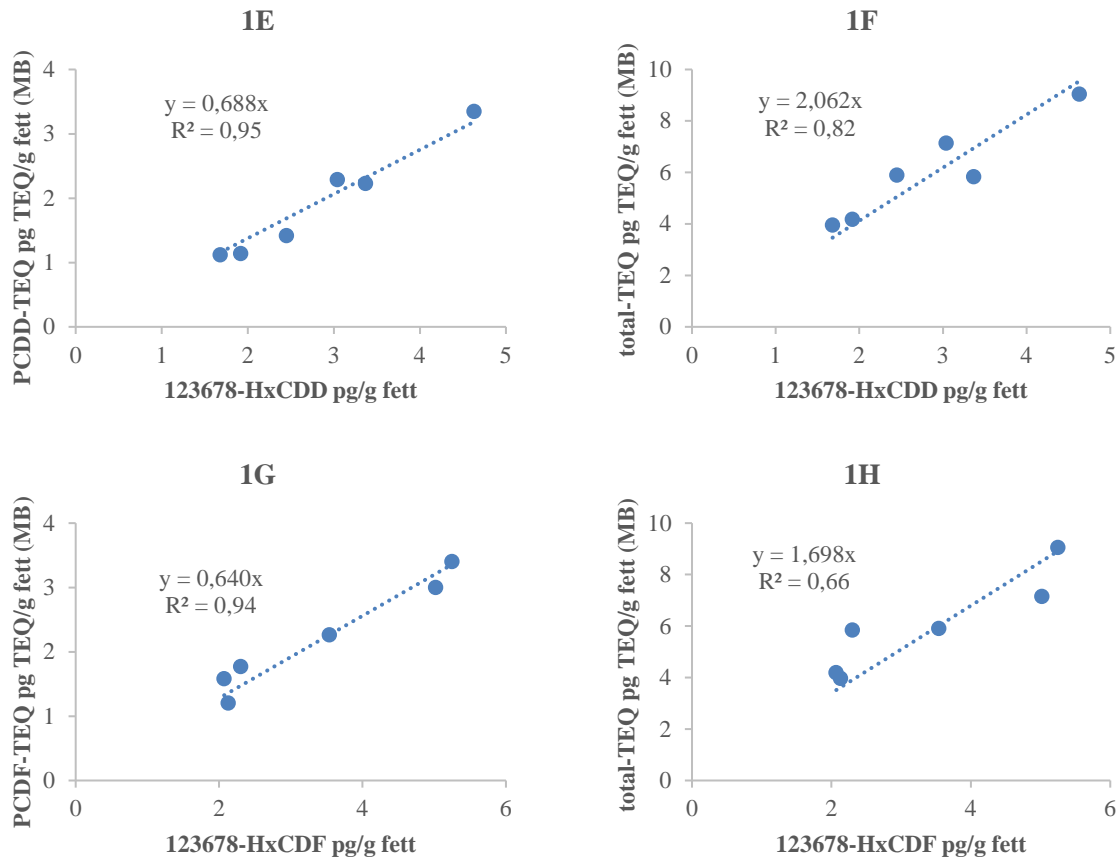
Ämne	H1900058 pg/g fett	H1900059 pg/g fett	H1900060 pg/g fett	H1900061 pg/g fett	H1900062 pg/g fett	H1900063 pg/g fett	Medel UB pg/g fett	Median UB pg/g fett
PCDF-TEQ LB	1,63	2,91	1,12	2,19	3,29	1,51	2,11	1,91
PCDF-TEQ MB	1,77	3,00	1,20	2,26	3,40	1,58	2,20	2,02
PCDF-TEQ UB	1,92	3,09	1,27	2,32	3,50	1,64	2,29	2,12
PCDD/F-TEQ <sup>f</sup> LB	2,14	4,77	1,43	2,81	6,25	1,88	3,21	2,48
PCDD/F-TEQ <sup>f</sup> MB	4,00	5,29	2,32	3,68	6,75	2,72	4,13	3,84
PCDD/F-TEQ <sup>f</sup> UB	5,87	5,82	3,21	4,54	7,25	3,55	5,04	5,18
sum-TEQ <sup>g</sup> LB	3,95	6,61	3,05	5,01	8,53	3,33	5,08	4,48
sum-TEQ <sup>g</sup> MB	5,83	7,14	3,94	5,88	9,03	4,17	6,00	5,86
sum-TEQ <sup>g</sup> UB	7,71	7,66	4,83	6,76	9,53	5,01	6,92	7,21
total-TEQ <sup>h</sup> LB	3,96	6,62	3,07	5,03	8,55	3,35	5,10	4,50
total-TEQ <sup>h</sup> MB	5,84	7,15	3,96	5,90	9,05	4,19	6,02	5,87
total-TEQ <sup>h</sup> UB	7,72	7,68	4,85	6,78	9,55	5,03	6,94	7,23
Fetthalt (%)	0,26	0,32	0,33	0,37	0,28	0,35	0,32	0,33

<sup>a</sup>summa av CB 153, 138 och 180. <sup>b</sup>summa av CB 105, 118, 156 och 167 TEQ. <sup>c</sup>summa av CB 28, 52, 101, 153, 138 och 180.

<sup>d</sup>summa av CB 77, 126 och 169 TEQ. <sup>e</sup>summa av CB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 och 189 TEQ. <sup>f</sup>summa

av PCDD-TEQ and PCDF-TEQ. <sup>g</sup>summa av mono-*orto* PCB-TEQ, non-*orto* PCB-TEQ och PCDD/F-TEQ. <sup>h</sup>summa av diPCB-TEQ och PCDD/F-TEQ.





**Figur 1.** Linjära regressioner mellan koncentration av enskilda kongener (pg/g fett) och summa-TEQar (pg TEQ/g fett, MB).

## SLUTSATS

Validering av en analysmetod med två provmängder har genomförts. Analys med de två olika provmängderna ger jämförbara resultat på färskviktsbasis. Metoden har sedan använts för att bestämma halterna av PCB och PCDD/F i serumprover från ungdomar. Baserat på resultaten har korrelationer mellan halter av enskilda kongener och summa-TEQ halter tagits fram.

## TACK

Tack till Naturvårdsverket för finansiellt stöd. Uppskattning riktas även till Anna-Karin Lindroos och Sanna Lignell som gett oss tillgång till serumprover från studien Riksmaten ungdom 2016-2017 samt till de deltagande ungdomarna i studien.

## REFERENSER

Kommissionens förordning (EU) 2017/644 av den 5 april 2017 om provtagnings- och analysmetoder för kontroll av halter av dioxiner, dioxinlika PCB och icke-dioxinlika PCB i vissa livsmedel och om upphävande av förordning (EU) nr 589/2014

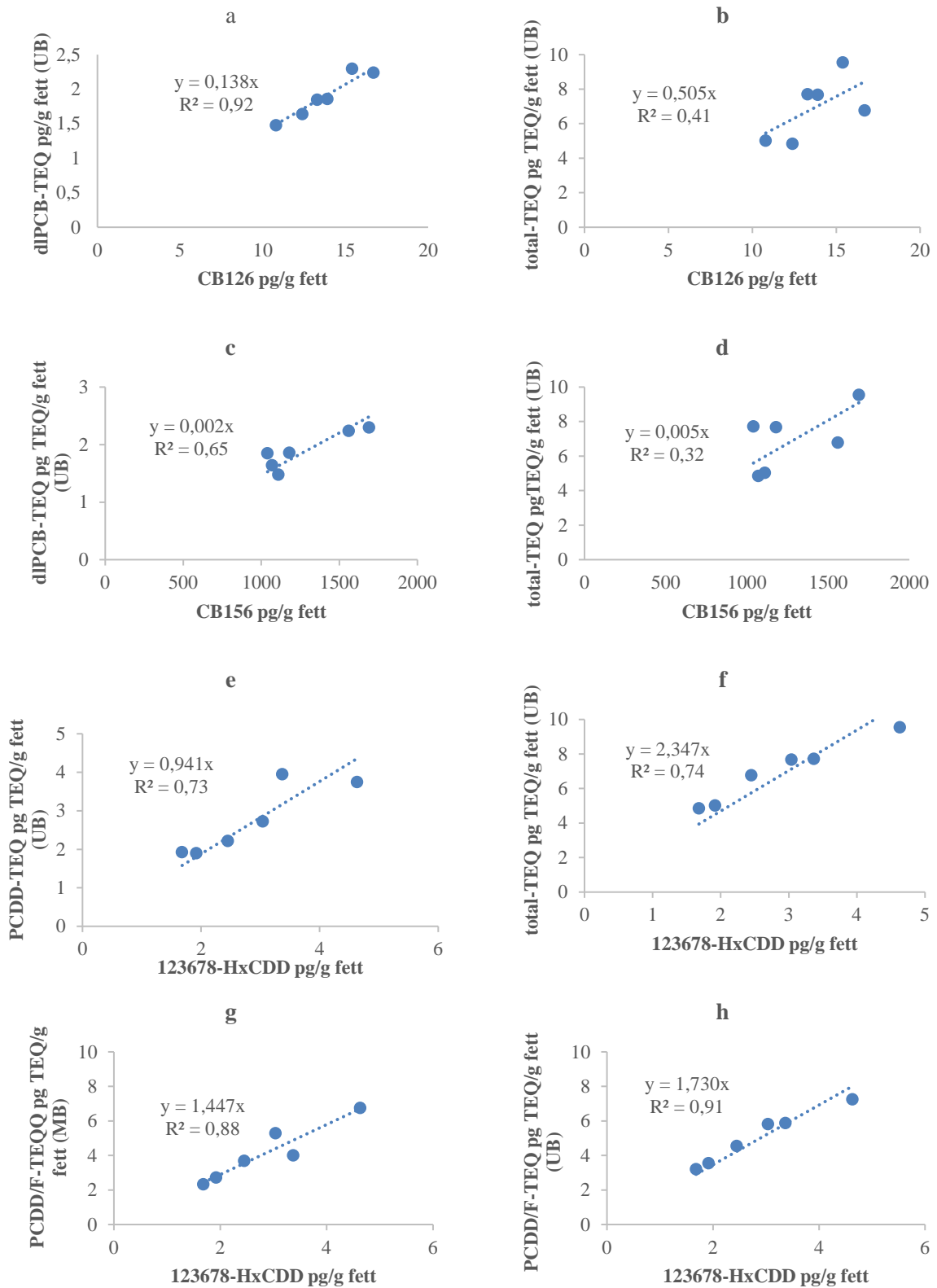
J.-F. Focante *et al.*, 2006, *J Chrom A*, 1130

Gyllenhammar I. *et al.*, 2017, Rapport till Naturvårdsverket, Levels of persistent halogenated pollutants (POP) in mother's milk from first-time mothers in Uppsala, Sweden: results from year 2015 and 2016, and temporal trends for the time period 1996-2016.

Moraeus L. *et al.*, 2018, *Food and Nutrition Research*, 62:1318

Van den Berg *et al.*, 2005, The 2005 World Health Organizations Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds.

**Bilaga 1.** Linjära regressioner mellan enskilda kongener (pg/g fett) och summa-TEQar (pg TEQ/g fett, medium bound (MB) och upper bound (UB)).



**Bilaga 2.** Linjära regressioner mellan enskilda kongener (pg/g fett) och summa-TEQar (pg TEQ/g fett, medium bound (MB) och upper bound (UB)).

