

Urin- och serumhalter av organiska miljöföroreningar hos ungdomar i Skåne

Resultat från den femte delstudien 2017

Erika Norén
Doktorand
Christian Lindh
Kemist, docent
Estelle Larsson
Miljöhygieniker, Fil.dr.

Arbets- och miljömedicin Syd

2019-04-18



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET



Urin- och serumhalter av organiska miljöföroreningar hos ungdomar i Skåne – Resultat från den femte delstudien 2017

<p>Rapportförfattare Erika Norén Christian Lindh Estelle Larsson</p> <p>Avdelningen för Arbets- och miljömedicin, Lunds universitet</p>	<p>Utgivare Lunds universitet</p> <p>Postadress Box 117, 221 00 Lund</p> <p>Telefon 046-222 00 00</p>
<p>Rapporttitel och undertitel Urin- och serumhalter av organiska miljöföroreningar hos ungdomar i Skåne – Resultat från den femte delstudien 2017</p>	<p>Beställare Naturvårdsverket 106 48 Stockholm</p> <p>Finansiering Nationell miljöövervakning – biologiska mätdata, organiska ämnen</p>
<p>Nyckelord för plats Lund, Trelleborg, Skåne</p>	
<p>Nyckelord för ämne Organiska miljöföroreningar, biomonitorering, bekämpningsmedel, flamskyddsmedel, PFAS, ftalater, alkylfenoler, PAH, ungdomar, urin, blod</p>	
<p>Tidpunkt för insamling av underlagsdata 2017</p>	
<p>Sammanfattning</p> <p>Allmänbefolkningen exponeras dagligen för ett flertal organiska miljöföroreningar via olika livsmedel, produkter och olika material. Till dessa hör bl.a. bekämpningsmedelsrester och perfluorerade ämnen (PFAS) i livsmedel, ftalater i plastprodukter och kosmetika, flamskyddsmedel i stoppade möbler och byggnadsmaterial samt polyaromatiska kolväten (PAH) från fordonsavgaser. Analyser av exponeringsbiomarkörer för dessa ämnen i blod- eller urinprover är ett lämpligt mått för att uppskatta exponeringen i befolkningen. Arbets- och miljömedicin (AMM) i Lund har tidigare genomfört ett flertal studier över exponeringshalter hos ungdomar i Skåne förankrat i Naturvårdsverkets hälsorelaterade miljöövervakningsprogram (HÄMI).</p> <p>Sedan år 2000 har AMM rekryterat ungdomar (ålder 17 – 21 år) i Skåne via mönstring till värnplikt och gymnasieskolor. Dessa individer representerar en del av allmänbefolkningen utan yrkesrelaterad exponering och urinprov och blodprov har samlats in från samtliga studiedeltagare. År 2017 samlades prover in från 197 män och kvinnor som gick sista året på gymnasiet. Proverna analyserades därefter med LC-MS/MS med avseende på utvalda biomarkörer för exponering för sammanlagt ca 40 olika miljöföroreningar ur ovannämnda kategorier.</p> <p>Samtliga ämnen kunde analyseras med en detektionsfrekvens över LOD mellan 2 – 100 %. Lägst halter uppmättes för bekämpningsmedlen propineb och glyfosat och högst halter förekom för flera ftalater som MEP och MnBP. Resultatet tyder på att det finns en utbredd men, för de flesta ämnen, relativt låg exponering för dessa miljöföroreningar i denna åldersgrupp i allmänbefolkningen.</p>	

Innehåll

Lista över förkortningar	2
Sammanfattning	3
Inledning	4
Bakgrund	4
<i>Ftalater</i>	4
<i>Organofosfatiska flamskyddsmedel</i>	5
<i>Alkylfenoler</i>	5
<i>Polyaromatiska kolväten och kotinin</i>	5
<i>Bekämpningsmedel</i>	6
<i>Perfluorerade ämnen</i>	6
Studiens syfte	6
Metod	7
Studiepopulation och provinsamling	7
Standarder och kvalitetskontroller	7
Analys av ftalater, PAH:er, alkylfenoler och flamskyddsmedel	7
Analys av bekämpningsmedel	9
Analys av perfluorerade ämnen	10
Statistisk metod	10
Resultat	11
Diskussion	13
Referenser	15

Lista över förkortningar

AMM – Arbets- och miljömedicin
LOD – Limit of detection (detektionsgräns)
PAH – polyaromatiska kolväten
PFAS – perfluorerade alkylsyror
LC-MS/MS – vätskekromatografi-tandemmasspektrometri
QC – quality control (kvalitetskontroll)
CV – coefficient of variation (variationskoefficient)

Sammanfattning

Allmänbefolkningen exponeras dagligen för ett flertal organiska miljöföroreningar via olika livsmedel, produkter och olika material. Till dessa hör bl.a. bekämpningsmedelsrester och perfluorerade ämnen (PFAS) i livsmedel, ftalater i plastprodukter och kosmetika, flamskyddsmedel i stoppade möbler och byggnadsmaterial samt polyaromatiska kolväten (PAH) från fordonsavgaser. Analyser av exponeringsbiomarkörer för dessa ämnen i blod- eller urinprover är ett lämpligt mått för att uppskatta exponeringen i befolkningen. Arbets- och miljömedicin (AMM) i Lund har tidigare genomfört ett flertal studier över exponeringshalter hos ungdomar i Skåne förankrat i Naturvårdsverkets hälsorelaterade miljöövervaknings-program (HÄMI). Sedan år 2000 har AMM rekryterat ungdomar (ålder 17 – 21 år) i Skåne via mönstring till värnplikt och gymnasieskolor. Dessa individer representerar en del av allmänbefolkningen utan yrkesrelaterad exponering och urinprov och blodprov har samlats in från samtliga studiedeltagare. År 2017 samlades prover in från 197 män och kvinnor som gick sista året på gymnasiet. Proverna analyserades därefter med LC-MS/MS med avseende på utvalda biomarkörer för exponering för sammanlagt ca 40 olika miljöföroreningar ur ovannämnda kategorier. Samtliga ämnen kunde analyseras med en detektionsfrekvens över LOD mellan 2 – 100 %. Lägst halter uppmättes för bekämpningsmedlen propineb och glyfosat och högst halter förekom för flera ftalater som MEP och MnBP. Resultatet tyder på att det finns en utbredd men, för de flesta ämnen, relativt låg exponering för dessa miljöföroreningar i denna åldersgrupp i allmänbefolkningen.

Inledning

Bakgrund

Idag används en mängd syntetiskt framställda kemikalier i olika material och produkter i samhället och nya ämnen introduceras successivt då äldre varianter fasas ut. Befolkningen exponeras dagligen för en del av dessa miljöföroreningar via livsmedel, hygienartiklar, luft i inomhusmiljö eller luft och partiklar i utomhusmiljö. Några av de ämnesgrupper som förekommer i vår vardagliga miljö är bekämpningsmedel, flamskyddsmedel och mjukgörare i plastmaterial. Gemensamt för dessa ämnesgrupper är att de substanser som används idag till stor del har ersatt ämnen som introducerades under 1900-talets första halva och som nu fasats ut då de visat sig ha toxiska, persistenta och bioackumulerbara egenskaper. De flesta ämnen som används idag är kortlivade och har inte några akuttoxiska egenskaper för människors hälsa. Dock har många av de kemikalier som fortfarande används bevisats, eller misstänks, ha egenskaper som på lång sikt kan påverka människors hälsa genom bland annat hormonstörande eller neurotoxiska effekter (Diamanti-Kandarakis et al. 2009).

I många fall vet vi vad olika livsmedel och material innehåller men det saknas fortfarande en utbredd kunskap om i vilken utsträckning dessa kemikalier tas upp av kroppen och huruvida det medför en hälsopåverkan eller inte.

Analys av exponeringsbiomarkörer för kemikalier i urin eller blodprov är en lämplig och beprövad metod för att uppskatta befolkningens exponering för olika ämnen då den ger ett samlat mått på den totala exponeringen från olika källor (Koch & Calafat, 2009). AMM Lund har under lång tid utvecklat analysmetoder för en mängd aktuella kemikalier i biologiska prover. Med stöd av Naturvårdsverket har insamling av biologiska prover samt analys av olika exponeringsbiomarkörer i dessa genomförts vid ett flertal tillfällen sedan år 2000. Den senaste provinsamlingen genomfördes år 2017 och resultaten från denna insamling presenteras i förevarande rapport. Nedan följer kortare beskrivningar av de ämnesgrupper som analyserats i proverna.

Ftalater

I plastbaserade produkter och material används mjukgörare där olika typer av ftalater är dominerande. Dessa ämnen gör plasten starkare, mer flexibel, motståndskraftigare mot temperaturförändringar, mer tålig för sterilisering av material samt ger den en högre optisk klarhet (Silva et al., 2006). Ftalater förekommer främst i PVC-material som i medicinsk utrustning, matförpackningar, golvbeläggningar, färg, tapet men kan även förekomma i exempelvis kosmetiska produkter (Silva et al., 2004; Silva et al., 2006; Herr et al., 2009; Huang et al., 2014). Exponering för ftalater sker främst via inomhusmiljön då dessa ämnen läcker ut från produkter och material som innehåller ftalater och hamnar i luften eller på dammpartiklar (ECB, 2008; Herr et al., 2009). Fyra ftalater (DEHP, DBP, BBP och DIBP) är sedan år 2017 klassificerade som hormonstörande och har antagits på EU:s prioriteringslista över ämnen som ska fasas ut (EC, 2017).

Organofosfatiska flamskyddsmedel

Flamskyddsmedel började användas på 1960-talet i isoleringsmaterial för att minska antändning och risken för brand. Tidigare användes främst bromerade flamskyddsmedel som nu bevisats vara mycket persistenta och bioackumulerbara och har därför till stor del fasats ut. De har delvis bytts ut mot organofosfatiska flamskyddsmedel. Dessa används även som mjukgörare i plastmaterial i likhet med ftalater. Överlag förekommer dessa ämnen i stoppade möbler, i ytterskiktet på elektronikprodukter, i byggnadsmaterial, i bindemedel och diverse hushållsprodukter (Ospina et al. 2018). Ämnena är oftast inte kemiskt bundna till utan endast blandade i materialet vilket medför att de kan läcka ut till omgivningen under användningen. Den vanligaste exponeringsvägen är troligtvis via inandning då ämnena i stor utsträckning bevisats förekomma i inomhusluft och dammpartiklar vilket kunnat associeras till halter i kroppen (Fromme et al., 2014; Cequier et al., 2015). Flera av dessa ämnen misstänks vara hormonstörande baserat på resultat från djurstudier och epidemiologiska studier på människor (Betts, 2010; Meeker & Stapleton, 2010).

Alkylfenoler

Bisfenoler har liksom ftalater används mycket i plastmaterial, främst av epoxi och polykarbonatmaterial. De har även använts i tryckfärger, i beläggningen på insidan av konservburkar och i kopieringspapper. Bisfenol A som varit det mest använda och uppmärksammade ämnet inom kategorin påminner i sin struktur mycket om kroppens egna hormoner och kan agera på liknande sätt som östrogen (Diamanti-Kandarakis et al., 2009). Ämnet är därmed misstänkt hormonstörande och har fasats ut ur exempelvis tryckfärg på kvitton, nappflaskor för barn och i många plastprodukter. Bisfenol A har i stor utsträckning ersatts av bisfenol S och bisfenol F, vars egenskaper och hälsoeffekter inte är helt utredda. De misstänks dock ha liknande egenskaper utifrån deras kemiska struktur och djurstudier har kunnat påvisa hormonstörande egenskaper (Chen et al. 2016).

Triklisan är ett antibakteriellt ämne som tidigare använts i hygienartiklar såsom tandkräm och deodorant. Ämnet uppmärksammades och fasades ut ur många produkter främst på grund av dess toxiska effekter på vattenorganismer, då dessa produkter via avloppet hamnar i olika vattenmiljöer. Utöver detta misstänks även triklosan ha hormonstörande egenskaper (Crofton et al., 2007; Dhillon et al., 2015).

Polyaromatiska kolväten och kotinin

Polyaromatiska kolväten, ofta förkortat som PAH, bildas vid ofullständig förbränning av organiskt material och förekommer i fossila bränslen eller kol. Den främsta exponeringsvägen för dessa ämnen är avgaser i utomhusluft eftersom den största källan är trafikavgaser. Halterna är oftast högre i stadsmiljöer. Ämnena bildas även vid småskalig vedeldning och kan förekomma i grillad mat. Rökning är också en exponeringskälla till dessa ämnen. Exponering för vissa PAH:er kan öka risken för cancer (Boström et al., 2002). Kotinin är en metabolit av nikotin och analyseras främst för att studera rökning och tobaksvanor (Benowitz et al. 2009).

Denna biomarkör analyseras huvudsakligen som ett mått på förbrukningen av nikotin i form av rök- och snusvanor hos olika personer.

Bekämpningsmedel

Inom produktionen av odlade livsmedel används en mängd olika bekämpningsmedel med syftet att bekämpa skadedjur, insektsangrepp, svampangrepp och ogräs. Dessa kemikalier är framtagna med syftet att angripa dessa skadeorganismer på olika sätt via varierande biologiska mekanismer. I vissa fall kan dessa bekämpningsmedel även påverka omgivningen då de sprids vidare i naturen och därmed till andra organismer samt att resthalter finns kvar när grödorna säljs som livsmedel (Jansson & Fogelberg, 2018). De vanligaste exponeringsvägarna för människor är via mat, som kan innehålla rester av bekämpningsmedel, samt yrkesexponering inom produktionen av bekämpningsmedel eller användning inom jordbruk (Jansson et al., 2015). I denna studie har ämnen inom kategorierna fungicider, insekticider, herbicider och tillväxtregulatorer analyserats i biologiska prover (se tabell 1). Nytt från tidigare studier är att herbiciden glyfosat inkluderats i analysen.

Perfluorerade ämnen

Poly- och perfluorerade alkylsubstanser (PFAS) är en stor grupp av kemikalier som använts i en mängd kommersiella produkter främst för sina vatten- och oljeavstötande egenskaper. Den gemensamma kemiska strukturen är kolkedjor där flera, eller alla, väteatomer är utbytte mot fluor, vilket ger denna önskvärda egenskap som är vanlig i impregnering eller som yttre skydd för olika material. Dessa ämnen har använts inom industrin sedan 1940- och 50-talet men återfinns idag i bland annat mat, dricksvatten, damm och luft (Gyllenhammar et al., 2018). PFAS har uppmärksammats mycket på grund av deras persistenta egenskaper och utbredda förekomst i miljön. Exponering för vissa PFAS har bl.a. visat sig ge upphov till ökade kolesterolnivåer, påverkan på leverenzymmer samt minskad födelsevikt hos människa (EFSA, 2018).

Studiens syfte

Detta är en delrapport som redovisar resultat från en femte uppföljningsstudie som ingår i ett större forskningsprojekt samt bidrar med data till Naturvårdsverkets Hälsorelaterade miljöövervakningsprogram (HÄMI). Det övergripande syftet är att studera hur exponeringen för nutida miljöföroreningar hos ungdomar ur allmänbefolkningens ser ut och hur den förändras över tid. Det finns fler delrapporter med resultat från tidigare provinsamlingar som genomfördes år 2000, 2004, 2009 och 2013.

Metod

Studiepopulation och provinsamling

Studiedeltagarna rekryterades enligt samma tillvägagångssätt som den tidigare provinsamlingen år 2013. Tre gymnasieskolor i Skåne (två i Lund och en i Trelleborg) deltog i studien. Endast tredjeårselever rekryterades för att deltagarna åldersmässigt skulle överensstämma med tidigare insamlingar från individer i åldern 17 – 21 år, både från mönstring till värnplikt (år 2000, 2004, 2009) och gymnasieelever (år 2013). Blod- och urinprov samlades in från totalt 197 elever, varav 88 män och 109 kvinnor, med hjälp av miljösköterskor från AMM i Lund. Etiskt tillstånd för studien har erhållits av Regionala etikprövningsnämnden i Lund. Samtliga deltagare i studien signerade en samtyckesblankett inför provlämning.

Standarder och kvalitetskontroller

Vid samtliga analyser och metoder ingick kalibreringsstandarder, blankprover och kvalitetskontroller. När det fanns tillgängligt användes även märkt (^3H eller ^{13}C) internstandard (IS). För mer detaljerad information om ämnen som saknar internstandard, se tabell 1 – 3.

Kalibreringsstandarderna förbereds med autentisk urin med så låga halter som möjligt eller inga halter av de miljöföroreningar som analyseras samt standardlösning. Blankprover består av Millie Q-vatten. Kvalitetskontrollerna består av urin som är spikat med biomarkören. I vissa fall användes urinprover som inte spikats med ämnet då det inte går att hitta urin utan halter av dessa ämnen, se tabell 1 – 3.

Detektionsgränsen (LOD) för respektive biomarkör bestämdes med hjälp av blankproven i varje provuppsättning. Medelvärde och standardavvikelse av den analyserade halten i blankproven från varje 96-hålsplatta och analysomgång beräknades. Standardavvikelsen multiplicerades med 3 och divideras därefter med standardkurvans riktningskoefficient.

Laboratoriet på Arbets- och miljömedicin på Lunds Universitet är ett referenslaboratorium för analyser av ftalatmetaboliter och bisfenol A i urin inom ett europeiskt program för biologisk övervakning (www.eu-hbm.info/cophes).

Laboratoriet deltar också i Erlangens program för interlaboratoriejämförelser för metaboliterna kotinin, MBzP, MEHP, 5OH-MEHP, 5cx-MEPP, 5oxo-MEHP, TCP, 3-PBA, PFOS, PFOA och 1-HP.

Analys av ftalater, PAH:er, alkylfenoler och flamskyddsmedel

För ftalater analyserades metaboliter av ämnena DEP (MEP), DnBP (MnBP), BBzP (MBzP), DEHP (MEHP, 5OH-MEHP, 5oxo-MEHP, 2cx-MEHP, 5cx-MEPP), DiNP (OH-MiNP, oxo-MiNP, cx-MiNP, cx-MiDP), DPHP (OH-MPHP) samt den alternativa mjukgöraren DiNCH (MOiNCH). Alkylfenoler som analyseras var bisfenol A (BPA), bisfenol S (BPS), bisfenol F (2,2-BPF, 4,4-BPF) och triklosan (TCS). Två biomarkörer för de polyaromatiska kolvätena pyren (1-HP) och fenantren (2-OH-PH). Metaboliter analyserades även för de fyra organofosfatiska flamskyddsmedlen TPP (DPP), TBP (DBP), TDCIPP (BDCIPP)

och TBOEP (BBOEP). Samtliga av dessa ämnen analyserades enligt en modifierad metod från *Cequier et al* (2014), *Bornebag et al* (2015), *Gyllenhammar et al* (2018) samt *Berge et al* (2017). Kortfattat så behandlades urinproven med β -glukuronidas, späddes med buffert och analyserades därefter i 96-hålsformat med LC-MS/MS. Detektionsgränser och kvalitetskontroller för respektive ämne anges i tabell 1.

Tabell 1. Biomarkörer för ftalater, PAH:er, alkylfenoler och flamskyddsmedel

Lista över analyserade biomarkörer med förkortningar. Detektionsgräns (LOD) för respektive ämne anges i $\mu\text{g/L}$. Medelvärde ($\mu\text{g/L}$) och variationskoefficient (procent) för kvalitetskontroller (QC) från samtliga provuppsättningar i analysen anges även.

Ämne/Biomarkör	Förkortning	LOD	QC1		QC2	
			medel	CV	medel	CV
Monoetyl ftalat	MEP	0.5	114,1 ^b	8,6	236,7	7,7
Mono-n-butyl ftalat	MnBP	0.5	28,5 ^b	7,4	139,1	5,6
Monobenzyl ftalat	MBzP	0.03	8,9 ^b	8,9	19,3	6,4
Mono-(2-etylhexyl) ftalat	MEHP	0.08	1,0 ^b	14,3	12,3	9,9
Mono-(2-etyl-5-hydroxylhexyl) ftalat	5OH-MEHP	0.08	6,3 ^b	7,1	17,4	6,1
Mono-2(etyl-5-oxohexyl) ftalat	5oxo-MEHP	0.05	4,0 ^b	7,6	14,4	7,6
Mono[2-(carboxymetyl)hexyl] ftalat	2cx-MEHP	0.05	1,8 ^b	19,3	12,4	6,6
Mono-(2-etyl-5-carboxypentyl) ftalat	5cx-MEPP	0.07	5,2 ^b	5,9	16,2	5,2
Mono-(4-metyl-7-hydroxyoctyl) ftalat	OH-MiNP	0.02	6,5 ^b	5,4	17,6	4,3
Mono-(4-metyl-7-oxooctyl) ftalat	oxo-MiNP	0.02	2,8 ^b	6,1	13,8	5,4
Mono-(4-metyl-carboxyheptyl) ftalat	cx-MiNP	0.04	9,4 ^b	5,8	20,6	6,2
Monokarboxyisononyl ftalat	cx-MiDP	0.02	0,6 ^b	20,3	11,2	5,2
6-hydroxy monopropylheptyl ftalat	OH-MPHP	0.01	1,6 ^b	10,3	12,3	4,8
1,2-cyclohexan dikarboxylsyra monooxyisononylester	MOiNCH	0.007	1,1 ^b	8,9	11,9	4,9
Hydroxipyren	1-HP	0.01	0,8 ^b	12,9	4,3	6,0
Hydroxifenantren	2-OH-PH	0.001	2,1 ^b	12,2	10,3	10,2
Bisfenol A	BPA	0.05	2,1 ^b	7,1	7,5	5,2
Bisfenol S	BPS	0.006	NA	NA	5,3	5,9
2,2-bisfenol F	2,2-BPF	0.007	NA	NA	5,3	5,1
4,4-bisfenol F	4,4-BPF	0.06	NA	NA	5,5	6,8
Triklosan	TCS	0.06	9,1 ^b	5,8	14,5	7,6
Difenylfosfat	DPP	0.02	0,8	7,4	1,9	5,5
Bis(1,3-diklor-2-propyl) fosfat	BDCIPP	0.04	3,8	5,8	10,0	6,1
Bis(2-butoxyetyl) fosfat	BBOEP	0.01	3,9	5,1	10,0	4,4
Dibutylfosfat	DBP ^a	0.01	3,6	7,3	9,5	6,7

a = ämnet saknar internstandard, b = QC endast urin, ej spikat med biomarkör

Analys av bekämpningsmedel

För pesticider tillämpades flera olika upparbetningar och analysmetoder. Ämnen som analyserades var tiabendazol (OH-T), pyrimetanol (OH-P), tebukonazol (OH-TEB), klorpyrifos (TCP), ett flertal pyretroider (3-PBA, 4-F-3-PBA, DCCA, CFCA), 2,4-D, MCPA, mancozeb och etylenditiokarbamater (ETU), propineb (PTU), klormeqvat (CCC), mepiqvat (MQ) samt glyfosat (GLY).

För exponeringsbiomarkörerna OH-T, OH-P, OH-TEB, TCP, 3-PBA, 4F-3-PBA, DCCA, CFCA, 2,4-D och MCPA har en modifierad form av metoderna beskrivna i *Ekman et al* (2014), *Faniband et al* (2018) samt *Fustinoni et al* (2014) tillämpats.

Urinproven enzymbehandlades med β -glukuronidas/arylsulfatas och upprettades med fastfasextraktion. Därefter analyserades de i 96-hålsformat med LC-MS/MS. Upparbetning och analys av ETU och PTU utfördes enligt en modifierad form av metoden av *Ekman et al* (2013). Urinproven upparbetades genom basisk hydrolys och analyserades i 96-hålsformat med LC-MS/MS. För exponeringsbiomarkörerna CCC och MQ tillämpades metoden i *Lindb et al* (2011). Urinproven upparbetades genom spädning med buffert och upprening med fastfasextraktion i 96-hålsformat. Ämnet glyfosat (GLY) analyserades baserat på en modifierad variant av metoden beskriven i *Jensen et al* (2016). Urinproven surgjordes med buffert och späddes innan analysen i 96-hålsformat med LC-MS/MS. Samtliga analysmetoder gjordes med vätskekromatografi-tandemmasspektrometri (LC-MS/MS) på ett QTRAP 5500-instrument (QTRAP 5500; AB Sciex, Foster City, CA, USA) kopplad till en vätskekromatograf (UFLCRX, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) med två pumpar.

Tabell 2. Biomarkörer för bekämpningsmedel

Analyserade biomarkörer för bekämpningsmedel med förkortningar. Detektionsgräns (LOD) för respektive ämne anges i $\mu\text{g/L}$. Medelvärde ($\mu\text{g/L}$) och variationskoefficient (procent) för kvalitetskontroller (QC) från samtliga provuppsättningar i analysen anges även.

Ämne	Förkortning	LOD	QC1		QC2	
			medel	CV	medel	CV
5-hydroxitiabendazol	OH-T	0.002	2,1	4,0	21,1	3,9
4-hydroxypyrimetanol	OH-P	0.004	2,3	10,0	21,7	7,3
hydroxytebukonazol	OH-TEB ^c	0.02	2,1	6,8	20,7	4,2
3,5,6-triklor-2-pyridinol	TCP	0.06	3,8	7,6	23,5	4,9
3-fenoxybensoesyra	3-PBA	0.009	2,3	13,4	20,5	10,3
4-fluoro-3-fenoxibensoesyra	4F-3-PBA	0.005	2,1	5,7	20,9	6,0
3-(2,2-diklorvinyl) -2,2-dimetylcyclopropylkarboxylsyra	DCCA	0.02	2,3	11,5	22,7	9,8
3-(2-kloro-3,3,3-trifluoro-1-propenyl) -2,2-dimetylcyclopropan	CFCA ^a	0.006	2,1	10,7	21,8	8,1
2,4-diklorfenoxyättiksyra	2,4-D	0.1	2,4	8,1	22,2	6,8

2-metyl-4-klorfenoksiättiksyra	MCPA	0.02	2,2	7,3	22,0	4,5
Etylentiourea	ETU	0.02	6,3	3,2	24,2	3,2
Propylentiourea	PTU ^a	0.1	2,3	21,9	21,3	22,4
Klormeqvat	CCC	0.01	8,0 ^b	4,7	31,3 ^b	4,7
Mepiqvat	MQ	0.01	6,3 ^b	4,9	8,4 ^b	5,1
Glyfosat	GLY	0.2	2,5	11	24	20

a = ämnet saknar internstandard, b = QC endast urin, c = D6-TEB användes som internstandard

Analys av perfluorerade ämnen

Samtliga biomarkörer för perfluorerade ämnen analyserades i serumprover med LC-MS/MS utifrån en metod beskriven i *Lindb et al* (2012). Kortfattat så fälldes proteinerna i serumproven ut med acetonitril och centrifugerades direkt i 96-hålsplattor innan analys.

Tabell 3. Biomarkörer för perfluorerade ämnen.

Analyserade biomarkörer för perfluorerade ämnen med förkortningar. Detektionsgräns (LOD) för respektive ämne anges i µg/L. Medelvärde (µg/L) och variationskoefficient (procent) för kvalitetskontroller (QC) från samtliga provuppsättningar i analysen anges även.

Ämne	Förkortning	LOD	QC1		QC2	
			medel	CV	medel	CV
Perfluoroktansulfonsyra	PFOS	0.02	11,78	6,5	13,0	7,4
Perfluoroktansyra	PFOA	0.01	2,79	6,3	4,4	10,4
Perfluordekansyra	PFDA	0.006	1,16	5,6	2,7	9,2
Perfluorononansyra	PFNA	0.006	1,74	6,3	3,3	8,7
Perfluorhexansulfonat	PFHxS	0.02	1,65	7,1	3,2	8,6
Perfluorheptansyra	PFHpA	0.01	0,57	8,4	2,1	12,2
Perfluorondekansyra	PFUnDA	0.01	1,20	6,1	2,7	9,7
Perfluorododekansyra	PFDoDA	0.007	0,64	6,9	2,2	9,6

Statistisk metod

För deskriptiv statistik användes programmet SPSS Statistics (ver 24.0) för icke-justerade koncentrationer för varje biomarkör. Andel prover med koncentration över detektionsgränsen beräknades i procent i Microsoft Excel. Uppmätta koncentrationer med negativt värde ersattes med den lägst uppmätta koncentrationen (> 0) för samma ämne dividerat med $\sqrt{2}$.

Resultat

Samtliga biomarkörer var möjliga att analysera och förekom i halter över detektionsgränsen i minst 2 % (PTU) av proverna och som högst i 100 % (ftalater, alkylfenoler, flamskyddsmedel) av proverna för de ämnen som ingick i studien. Median, medelvärden, 95e percentilen, spridning och procentandel över detektionsgränsen anges i µg/L för varje metabolit i tabell 2. Detektionsgränsen varierar för de olika ämnena. Samtliga koncentrationer anges som uppmätt koncentration och är ej justerade för kreatinin eller densitet. Resultaten redovisas i tabell 4 – 6 för de olika ämnesgrupperna.

Tabell 4. Deskriptiv statistik för koncentrationer av alkylfenoler, ftalater, PAH:er och flamskyddsmedel i urin.

Medelvärde, standardavvikelse (inom parentes), minimum, median, 95 percentil och maximum för icke-justerade koncentrationer av biomarkörer uppmätta i urin. Koncentrationerna anges i enheten µg/L. Höger kolumn anger andelen prover med koncentrationer över detektionsgränsen i procent.

Biomarkör	Medel (SD)	Min	Median	95 perc	Max	% > LOD
<i>BPA</i>	1.30 (1.63)	< LOD	1.30	3.71	13.0	98.5
<i>BPS</i>	0.23 (0.41)	< LOD	0.10	0.97	2.87	94.9
<i>2,2-BPF</i>	0.02 (0.03)	< LOD	0.01	0.07	0.24	60.4
<i>4,4-BPF</i>	2.25 (19.2)	< LOD	2.25	6.31	268	71.1
<i>1-HP</i>	0.14 (0.38)	< LOD	0.06	0.38	3.60	93.4
<i>2-OH-PH</i>	0.20 (0.24)	0.01	0.13	0.63	2.05	100
<i>TCS</i>	1.21 (6.70)	< LOD	0.20	1.75	68.1	79.7
<i>kotinin</i>	311 (1012)	0.21	1.85	1997	7059	100
<i>MEP</i>	167 (754)	1.10	29.4	401	7278	100
<i>MnBP</i>	39.8 (39.9)	1.26	28.6	111	324	100
<i>MBzP</i>	5.77 (8.99)	< LOD	2.86	26.7	74.3	99.5
<i>MEHP</i>	2.17 (2.02)	< LOD	1.68	5.40	15.3	99.5
<i>5OH-MEHP*</i>	7.70 (8.68)	0.34	5.36	18.9	81.4	100
<i>5oxo-MEHP</i>	4.90 (5.45)	0.19	3.46	12.2	56.6	100
<i>2cx-MEHP</i>	3.05 (2.47)	0.11	2.41	8.57	17.6	100
<i>5cx-MEPP</i>	6.25 (7.73)	0.33	4.23	16.2	84.7	100
<i>OH-MiNP</i>	7.30 (15.7)	0.22	3.31	24.7	153	100
<i>oxo-MiNP</i>	3.62 (9.52)	0.09	1.55	12.5	110	100
<i>cx-MiNP</i>	11.9 (28.7)	0.27	5.08	37.2	230	100
<i>cx-MiDP</i>	0.49 (0.49)	< LOD	0.35	1.30	3.17	99.0
<i>OH-MPHP</i>	1.27 (1.55)	< LOD	0.80	4.15	13.4	99.5
<i>oxo-MOINCH</i>	2.72 (9.84)	0.03	0.65	7.61	110	100
<i>DPP</i>	1.43 (1.92)	0.07	0.95	3.87	22.5	100
<i>BDCIPP</i>	0.26 (0.34)	< LOD	0.14	0.95	2.68	82.7
<i>BBOEP</i>	0.29 (0.08)	< LOD	< LOD	0.10	0.80	41.1
<i>DBP</i>	0.17 (0.24)	< LOD	0.10	0.51	2.31	98.5

Tabell 5. Deskriptiv statistik för koncentrationer av bekämpningsmedel i urin. Medelvärde, standardavvikelse (inom parentes), minimum, median, 95 percentil och maximum för icke-justerade koncentrationer av biomarkörer för pesticider uppmätta i urin. Koncentrationerna anges i enheten µg/L. Höger kolumn anger andelen prover med koncentrationer över detektionsgränsen i procent.

Biomarkör	Medel (SD)	Min	Median	95 perc	Max	% > LOD
<i>TCP</i>	2.22 (3.78)	< LOD	2.22	9.24	29.7	99.0
<i>CFCA</i>	0.08 (0.25)	< LOD	0.02	0.40	2.98	89.8
<i>3-PBA</i>	0.48 (1.94)	0.02	0.24	1.14	27.0	100
<i>2,4-D</i>	0.15 (0.25)	< LOD	< LOD	0.54	2.57	39.3
<i>4F-3-PBA</i>	0.02 (0.09)	< LOD	< LOD	0.05	0.83	42.3
<i>DCCA</i>	0.26 (0.24)	< LOD	0.18	0.73	1.39	99.5
<i>MCPA</i>	0.05 (0.24)	< LOD	0.02	0.10	3.22	54.6
<i>OH-T</i>	0.12 (0.49)	< LOD	0.02	0.51	5.71	94.4
<i>OH-P</i>	2.68 (12.8)	< LOD	0.09	18.3	113	99.5
<i>OH-TEB</i>	0.37 (1.08)	< LOD	0.13	1.08	12.4	94.4
<i>ETU</i>	0.42 (0.74)	< LOD	0.19	1.55	7.30	98.0
<i>PTU</i>	< LOD (< LOD)	< LOD	< LOD	< LOD	0.44	2.03
<i>CCC</i>	4.58 (9.54)	0.01	1.34	22.7	85.8	100
<i>MQ</i>	2.54 (7.90)	< LOD	0.44	10.2	94.8	95.9
<i>GLY</i>	< LOD (0.33)	< LOD	< LOD	0.24	4.46	19.8

Tabell 6. Deskriptiv statistik för koncentrationer av perfluorerade ämnen i serum. Medelvärde, standardavvikelse (inom parentes), minimum, median, 95 percentil och maximum för icke-justerade koncentrationer av biomarkörer för perfluorerade ämnen (PFAS) uppmätta i serum. Koncentrationerna anges i enheten µg/L. Höger kolumn anger andelen prover med koncentrationer över detektionsgränsen i procent.

Biomarkör	Medel (SD)	Min	Median	95 perc	Max	% > LOD
<i>PFOS</i>	2.90 (1.55)	0.51	2.54	6.17	10.2	100
<i>PFOA</i>	1.15 (0.45)	0.29	1.08	1.88	3.13	100
<i>PFDA</i>	0.21 (0.10)	0.07	0.19	0.39	0.87	100
<i>PFNA</i>	0.41 (0.18)	0.10	0.38	0.71	1.56	100
<i>PFHxS</i>	0.35 (0.23)	0.03	0.29	0.77	1.82	100
<i>PFHpA</i>	0.04 (0.04)	< LOD	0.03	0.10	0.30	81.1
<i>PFUnDA</i>	0.14 (0.09)	0.01	0.13	0.28	0.66	100
<i>PDFoDA</i>	0.02 (0.01)	< LOD	0.02	0.05	0.09	88.3

Diskussion

Samtliga biomarkörer kunde analyseras i proverna som samlats in. Nästan alla biomarkörer kunde detekteras i majoriteten av proverna.

Den ämnesgrupp som förekom i högst halter var ftalater (MEP, MnBP, cx-MiNP och 5OH-MEHP). Dessa har länge använts i en mängd olika plastmaterial men har börjat fasas ut och halterna är mycket lägre än i de mätningar som gjorts i tidigare rapporter. Koncentrationer för ftalater och alkylfenoler verkar överensstämma till stor del med liknande studier i Sverige i andra populationsgrupper (Gyllenhammar et al., 2017). Ftalater är generellt en välstuderad ämnesgrupp och i och med utfasningen inom EU är de uppmätta exponeringshalterna lägre än de var exempelvis år 2000. Det finns dock fortfarande en utbredd exponering, troligtvis eftersom dessa ämnen förekommer i en stor mängd olika produkter och plastmaterial som de flesta kommer i kontakt med dagligen. För bisfenol A och triklosan finns resultat från Kanada där 95e percentilen för bisfenol A är något högre jämfört med denna studie och triklosan avsevärt högre (Khoury et al., 2018). Dock är denna insamling gjord flera år tidigare än denna studie samt omfattar en population med större åldersspridning. Då triklosan, liksom ftalater, uppmärksammats en hel del främst i Sverige har den fasats ut ur många produktgrupper som den förekom i tidigare som exempelvis tandkräm. Triklosan har i denna studie lägre halter än i tidigare provinsamlingar. I resultaten från denna rapport syns även att de nyare bisfenol F och även bisfenol S verkar förekomma i högre halter än i tidigare provinsamlingar, trots fortfarande väldigt låga halter.

I denna studie detekterades flera bekämpningsmedel i majoriteten av proverna där klormekvat (CCC) och klorpyrifos (TCP) förekom i högst halter. Klorpyrifos är en insekticid som inte är tillåten inom EU, med undantag för vissa länder, som förekommer i importerade livsmedel. Det är svårt att hitta studier med uppmätta halter av bekämpningsmedel att jämföra med då de flesta analyserat halter från personer som är yrkesexponerade i andra länder och jobbar på odlingar. Det finns dock resultat från några nationella miljöövervakningsprogram som analyserat vissa bekämpningsmedel i allmänbefolkningen. En studie i Kanada har analyserat ett flertal pyretroider där den 95e percentilen för biomarkörerna 3-PBA och DCCA är något högre jämfört med denna studie (Khoury et al., 2018). Provinsamlingen var dock gjord flera år tidigare än 2017, som i denna studie, vilket kan ha påverkat resultatet.

I denna provinsamling har även bekämpningsmedlet glyfosat analyserats. Detta är en av de globalt mest använda aktiva substanserna i herbicider (exempelvis Roundup®) men detekteras i väldigt låga halter i analyser av biologiska prover från människor, dock högre i länder och områden nära odlingar där spridning från luft är tillåtet (Gillezeau et al., 2019). I denna studie detekterades ämnet i färre än 20 % av proverna, vilket indikerar att det inte finns någon utbredd exponering för glyfosat i denna population. Glyfosat och propineb (PTU) hade lägst detektionsfrekvens av samtliga ämnen. Även pesticiderna 4F-3-PBA och CFCA förekom i väldigt låga halter om än högre detektionsfrekvens. Dessa är vanligtvis kopplade till vissa typer av frukter eller grönsaker och kan därför till viss del variera

i befolkningen beroende på säsong samt matvanor (Göen et al., 2017). Information om kost saknas dock för populationen i denna studie och går därför inte att uttala sig om. Övriga bekämpningsmedel med låg detektionsfrekvens och låga koncentrationer var 2,4-D och pyretroiden cyflutrin (4F-3-PBA). Cyflutrin (4F-3-PBA) verkar generellt ha en låg detektionsfrekvens samt förekomma i väldigt låga koncentrationer i studier jämfört med andra pyretroider som exempelvis markören 3-PBA (Khoury et al., 2018).

Av fungiciderna var tebukonazol (OH-TEB) och mankozeb/etylentiourea (ETU) något högre än övriga pesticider. Även här finns främst studier med yrkesexponering där betydligt högre halter i urin förekommer och därmed är svåra att jämföra med (Fustinoni et al., 2014).

Det finns begränsat med studier på organiska flamskyddsmedel men de som analyserat exponeringshalter i befolkningen har detekterat liknande nivåer av DPP, DBP och BDCIPP i bland annat USA, Norge och Tyskland (Cooper et al., 2011; Fromme et al., 2014; Cequier et al., 2015) men även något lägre i halter av DPP i USA (Meeker et al., 2013; Dodson et al., 2014). Ämnet BBOEP förekom i väldigt låga eller ej detekterbara koncentrationer i denna studie i likhet med de andra studierna (Fromme et al., 2014; Cequier et al., 2015). Det verkar generellt inte finnas någon utbredd exponering för TBOEP, trots att detekterbara halter har uppmätts i inomhusmiljö och luft (Dodson et al., 2014). Även de polyaromatiska kolvätena pyren (1-HP) och fenantren (2-OH-PH) förekommer i låga halter i denna population.

Olika perfluorerade ämnen (PFAS) har visats minska över tid (Vestergren et al., 2012) och är lägre än i de rapporter som tidigare publicerats av AMM. Ämnet PFOS är förbjudet i EU sedan 2008 och ämnesgruppen har generellt börjar fasas ut. En omfattande studie av NHANES i USA har analyserat halter av PFAS i olika grupper ur allmänbefolkningen (Calafat et al., 2007). Även denna data är insamlad flera år tidigare samt större inom en större åldersspridning än denna studie. Halterna är generellt högre för samtliga biomarkörer men främst PFOS. Det förekommer dock liknande nivåer av exponeringshalter i en annan studie i Sverige som undersökt kvinnor (ålder 20 – 41) där samtliga ämnen hade överensstämmande medel och medianvärden, förutom PFOA som var något högre. Dock var åldersgruppen äldre och endast kvinnor (Gyllenhammar et al., 2018).

Trots att både detektionsgränserna och de uppmätta halterna generellt är låga tyder ändå resultatet i denna studie på att det finns en utbredd, om än väldigt låg, exponering i denna åldersgrupp i allmänbefolkningen. Samtliga ämnen som analyserats i urin har kort halveringstid och lämnar generellt kroppens system efter några timmar. Det resultat som redovisas blir därav endast ett mått på exponeringen inom det senaste dygnet. Dock förekommer ämnena i produkter, material och miljöer som vi i stor utsträckning kommer i kontakt med dagligen. Därför misstänks vi exponeras för dessa ämnen kontinuerligt.

Många av de berörda ämnena har påvisats ha hormonstörande egenskaper i djurstudier, men relevansen för människa är i många fall ännu oklar. Det är svårt att

uttala sig om risker utifrån detta. En slutsats som går att dra är att i denna befolkning finns en utbredd exponering för majoriteten av dessa substanser. Därför finns det argument för att fortsätta övervaka majoriteten av dessa ämnen i befolkningen.

Referenser

Benowitz, N.L., Hukkanen, J., Jacob, P. 2009. Nicotine chemistry, metabolism, kinetics and biomarkers. *Handbook of Experimental Pharmacology*. 192:29-60.

Berge, T.L.L., Lygre, G.B., Jönsson, B.A.G., Lindh, C.H., Björkman, L. 2017. Bisphenol A concentration in human saliva related to dental polymer-based fillings. *Clinical oral investigations*. 21(8): 2561 – 2568.

Betts, K.S. 2010. Endocrine damper? Flame retardants linked to male hormone, sperm count changes. *Environmental Health Perspective*. 118(3):A 130.

Bornehag, C-G., Carlstedt, F., Jönsson, B.A.G., Lindh, C.H., Jensen, T.K., Bodin, A., Jonsson, C., Janson, S., Swan, S.H. 2015. Prenatal Phthalate Exposures and Anogenital Distance in Swedish Boys. *Environmental Health Perspectives*. 123:1. p. 101 – 107.

Boström, C.E., Gerde, P., Hanberg, A., Jernström, B., Johansson, C., Kyrklund, T., Rannug, A., Törnqvist, M., Victorin, K., Westerholm, R. 2002. Cancer risk assessment, indicators, and guidelines for polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air. *Environmental Health Perspective*. 110:3. p. 451 – 488.

Calafat, A.M., Wong, L-Y., Kuklennyik, Z., Reidy, J.A., Needham, L.L. 2007. Polyfluoroalkyl Chemicals in the U.S. Population: Data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003 – 2004 and Comparisons with NHANES 1999 – 2000. *Environmental Health Perspectives*. 115(11): 1596 – 1602.

Cequier, E., Marcé, R.M., Becher, G., Thomsen, C. 2014. A high-throughput method for determination of metabolites of organophosphate flame retardants in urine by ultraperformance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 845. 98 – 104 pp.

Cequier, E., Sakhi, A.K., Marcé, R.M., Becher, G., Thomsen, C. 2015. Human exposure pathways to organophosphate triesters – a biomonitoring study of mother-child pairs. *Environment international*. 75: 159 – 65.

Chen, Y., Shu, L., Qui, Z., Lee, D.Y., Settle, S.J., Hee, S.Q., Telesca, D., Yang, X., Allard, P. 2016. Exposure to the BPA-Substitute Bisphenol S causes unique alterations of germline function. *PLoS Genetics*. 12:7.

Cooper, E.M., Covaci, A., van Nuijs, A.L.N., Webster, T.F., Stapleton, H.M. 2011. Analysis of the flame retardant metabolites bis (1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (BDCPP) and diphenyl phosphate (DPP) in urine using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical & Bioanalytical Chemistry*. 401:7. 2123 – 2132 pp.

Crofton, K.M., Paul, K.B., Devito, M.J., Hedge, J.M. 2007. Short-term in vivo exposure to the water contaminant triclosan: Evidence for disruption of thyroxine. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 24:2. p. 194 – 197.

Dhillon, G.S., Kaur, S., Pulicharla, R., Brar, S.K., Cledón, M., Verma, M., Surampalli, R.Y. 2015. Triclosan: current status, occurrence, environmental risks and bioaccumulation potential. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 12: 5. p. 5657 – 5684.

Diamanti-Kandarakis, E., Bourguignon, J-P., Giudice, L.C., Hauser, R., Prins, G.S., Soto, A.M., Zoeller, R.T., Gore, A.C. 2009. Endocrine-Disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocrine Reviews*. 30(4): 293-342.

Dodson, R.E., Van den Eede, N., Covaci, A., Perovich, L.J., Brody, J.G., Rudel, R.A. 2014. Urinary Biomonitoring of Phosphate Flame Retardants: Levels in California Adults and Recommendations for Future Studies. *Environmental Science & Technology*. 48. 13625 – 13633 pp.

EC (European Commission). 2017. Commission implementing decision (EU) 2017/1210 of 4 July 2017 on the identification of bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), dibutyl phthalate (DBP), benzyl butyl phthalate (BBP) and diisobutyl phthalate (DIBP) as substances of very high concern according to Article 57 (f) of Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017D1210>]

ECB, 2008. European Union Risk Assessment Report Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) Existing Substances. E.C.J.R. Centre. Luxembourg, Institute of Health and Consumer Protection (IHCP), Toxicology and Chemical Substances (TCS), European Chemicals Bureau (ECB) 80, p. 588.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). 2018. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food, doi: 10.2903/j.efsa.2018.5194

Ekman, E., Maxe, M., Littorin, M., Jönsson, B., Lindh, C. 2013. High-throughput method for the analysis of ethylenethiourea with direct injection of hydrolysed

urine using online on-column extraction liquid chromatography and triple quadrupole mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*. 934. 53-59 pp.

Ekman, E., Faniband, M.H., Littorin, M., Maxe, M., Jönsson, B., Lindh, C. 2014. Determination of 5-hydroxythiabendazole in human urine as a biomarker of exposure to thiabendazole using LC/MS/MS. *Journal of Chromatography B*. 973. 61-67 pp.

Faniband, M., Ekman, E., Littorin, M., Maxe, M., Larsson, E., Lindh, C.H. 2018. Biomarkers of Exposure to Pyrimethanil After Controlled Experiments. *Journal of Analytical Toxicology*. doi: 10.1093/jat/bky091 [Epub ahead of print]

Fromme, H., Lahrz, T., Kraft, M., Fembacher, L., Mach, C., Dietrich, S., Burkardt, R., Völkel, W., Göen, T. 2014. Organophosphate flame retardants and plasticizers in the air and dust in German daycare centers and human biomonitoring in visiting children. *Environmental International*. 71: 158 – 163.

Fustinoni S, Mercadante R, Polledri E, Rubino FM, Mandic-Rajcevic S, Vianello G, Colosio C, Moretto A. 2014. Biological monitoring of exposure to tebuconazole in winegrowers. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 24. 643-9 pp.

Gillezeau, C., van Gerwen, M., Shaffer, R.M., Rana, I., Zhang, L., Sheppard, L., Taioli, E. 2019. The evidence of human exposure to glyphosate: a review. *Environmental Health*. 18(1):2.

Gyllenhammar, I., Glynn, A., Jönsson, B.A.G., Lindh, C.H., Darnerud, P.I., Svensson, K., Lignell, S. 2017. Diverging temporal trends of human exposure to bisphenols and plasticizers, such as phthalates, caused by substitution of legacy EDCs? *Environmental Research*. 153: 48 – 54.

Gyllenhammar, I., Benskin, J.P., Sandblom, O., Berger, U., Ahrens, L., Lignell, S., Wiberg, K., Glynn, A. 2018. Perfluoroalkyl Acids (PFAAs) in Serum from 2-4-Month-Old Infants: Influence of Maternal Serum Concentration, Gestational Age, Breast-Feeding and Contaminated Drinking Water. *Environmental Science & Technology*. 52(12): 7101 – 7110.

Göen, T., Schmidt, L., Lichtensteiger, W., Schlumpf, M. 2017. Efficiency control of dietary pesticide intake reduction by human biomonitoring. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 220(2A): 254 – 260.

Huang, T., Saxena, A.R., Isganaitis, E., James-Todd, T. 2014. Gender and racial/ethnic differences in the associations of urinary phthalate metabolites with markers of diabetes risk: National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2008.

Herr, C., zur Nieden, A., Koch, H.M., Schuppe, H-S., Fieber, C., Angerer, J., Eikmann, T., Stilianakis, N.I. 2009. Urinary di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) – Metabolites and male human markers of reproductive function. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 212(6):648-653.

Jansson, A., Fogelberg, P., Widenfalk, A. 2015. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2014. Livsmedelsverket Rapport 19 år 2015.
Jansson, A & Fogelberg, P. 2018. Kontroll av bekämpningsmedelsrester i livsmedel 2016. Livsmedelsverket. Nr 8 2018.

Jensen P.K., Wujcik, C.E., McGuire, M.K., McGuire, M.A. 2016. Validation of reliable and selective methods for direct determination of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in milk and urine using LC-MS/MS. *Journal of Environment Science Health. Part B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes*. 51(4): 254 – 259

Khoury, C., Werry, K., Haines, D., Walker, M., Malowanym M. 2018. Human biomonitoring reference values for some non-persistent chemicals in blood and urine derived from the Canadian Health measures Survey 2009 – 2013. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 221(4): 684 – 696.

Koch, H.M. & Calafat, A.M. 2009. Human body burdens of chemicals used in plastic manufacture. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. 364(1526): 2063 – 2678.

Lindh, C.H., Rylander, L., Toft, G., Axmon, A., Rignell-Hydbom, A., Giwecman, A., Pedersen, H.S., Góalczyk, K., Ludwicki, J.K., Zvyezday, V., Vermeulen, R., Lenters, V., Heederik, D., Bonde, J.P., Jönsson, B.A. 2012. Blood serum concentrations of perfluorinated compounds in men from Greenlandic Inuit and European populations. *Chemosphere*. 88(11): 1269 – 1275.

Lindh, C.H., Littorin, M., Johannesson, G., Jönsson, B.A. 2011. Analysis of chlormequat in human urine as a biomarker of exposure using liquid chromatography triple quadrupole mass spectrometry. *Journal of chromatography. B, Analytical Technologies in the biomedical and life sciences*. 879(19): 1551 – 1556.

Meeker, J.D. & Stapleton, H.M. 2010. House dust concentrations of organophosphate flame retardants in relation to hormone levels and semen quality parameters. *Environmental Health Perspective*. 118(3): 318 – 323.

Meeker, J.D., Cooper, E.M., Stapleton, H.M., Hauser, R. 2013. Exploratory analysis of urinary metabolites of phosphorus-containing flame retardants in relation to markers of male reproductive health. *Endocrine Disruptors*. 1:1. e26306.

Ospina, M., Jayatilaka, N.K., Wong, L-Y., Restrepo, P., Calafat, A.M. 2018. Exposure to organophosphate flame retardant chemicals in the U.S. general population: Data from the 2013-2014 National Health and Nutrition Examination Survey. *Environmental International*. 119:32-41.

Silva, M.J., Samander, E., Preau Jr., J.L., Needham, J.L., Calafat, A.M. 2006. Urinary oxidative metabolites of di(2-ethylhexyl) phthalate in humans. *Toxicology*. 219:1-3. 22-32 pp.

Silva, M.J., Barr, D.B., Reidy, J.A., Malek, N.A., Hodge, C.C., Caudill, S.P., Brock, J.W., Needham, L.L., Calafat, A.M. 2004. Urinary levels of seven phthalate metabolites in the U.S. population from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999 – 2000. *Environmental Health Perspective*. 112(3):331-8.

Vestergren, R., Berger, U., Glynn, A., Cousins, I.T. 2012. Dietary exposure to perfluoroalkyl acids for the Swedish population in 1999, 2005 and 2010. *Environmental International*. 15(49): 120 – 127.

Denna studie har undersökt exponeringen för olika organiska miljöföroreningar hos skånska ungdomar genom att mäta halterna av biomarkörer för dessa ämnen i blod eller urin. Under 2017 samlades blod- och urinprover in från 197 män och kvinnor som gick sista året på gymnasiet. Proverna analyserades med avseende på biomarkörer för ca 40 olika ämnen tillhörande bl.a. kategorierna bekämpningsmedel, perfluorerade alkylsubstanser (PFAS), ftalater, organofosfatiska flamskyddsmedel samt polyaromatiska kolväten (PAH).

Markörer för samtliga ämnen hittades i alltifrån 2 upp till 100 % av proverna. Lågst halter uppmättes för bekämpningsmedlen propineb och glyfosat och högst halter förekom för flera ftalater som MEP och MnBP. Resultatet tyder på att det finns en utbredd men, för de flesta ämnen, relativt låg exponering för dessa miljöföroreningar i denna åldersgrupp i allmänbefolkningen.



Medicinsk service

Labmedicin

Arbets- och miljömedicin Syd

223 81 LUND

Tel: 046-17 31 85

E-post: amm@skane.se

Internet:

<http://sodrasjukvardsregionen.se/amm/>