Livsmedelsverket
Swedish Food Agency

NATUR VÅRDS VERKET
SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

Rapport till Naturvårdsverket:
Regeringsuppdrag om kunskap om PFAS i livsmedel och miljö

Halter av PFAS i livsmedel på den svenska marknaden och exponeringsuppskattningar av intaget från livsmedel i den svenska befolkningen

Emelie Lindfeldt[1], Leo Yeung[2], Lisa Johansson[2], Helena Bjermo[1], Emma Halldin Ankarberg[1], Irina Gyllenhammar[1]

[1]Avdelningen för risk- och nyttovärdering, Livsmedelsverket, Uppsala, Sverige
[2]Forskningscentrum Människa-Teknik-Miljö (MTM), Institutionen för naturvetenskap och teknik, Örebro Universitet

2024-11-20

ÄRENDENNUMMER NV-07975-22
AVTALSNUMMER 212-22-006
PROGRAMOMRÅDE Regeringsuppdrag PFAS i livsmedel och miljö

Halter av PFAS i livsmedel på den svenska marknaden och exponeringsuppskattningar av intaget från livsmedel i den svenska befolkningen

Rapportförfattare

Emelie Lindfeldt, Livsmedelsverket
Leo Yeung, Örebro Universitet
Lisa Johansson, Örebro Universitet
Helena Bjermo, Livsmedelsverket
Emma Halldin Ankarberg, Livsmedelsverket
Irina Gyllenhammar, Livsmedelsverket

Utgivare

Livsmedelsverket
Postadress
Box 622, 751 26 Uppsala
Telefon
018-175500

Rapporttitel

Halter av PFAS i livsmedel på den svenska marknaden och exponeringsuppskattningar av intaget från livsmedel i den svenska befolkningen

Beställare

Naturvårdsverket
106 48 Stockholm

Finansiering

Regeringsuppdrag PFAS i livsmedel och miljö

Nyckelord för plats

Sverige

Nyckelord för ämne

Perfluorerade alkylsyror, PFAS, livsmedel, exponering

Tidpunkt för insamling av underlagsdata

2022–2023

Sammanfattning

Naturvårdsverket fick 2022 ett uppdrag av regeringen att med stöd av Livsmedelsverket och Statens jordbruksverk förbättra kunskapen om PFAS i livsmedel och miljö. Inom ramen för regeringsuppdraget har en kartläggning av PFAS-halter i livsmedel på den svenska marknaden utförts. I denna rapport redovisas halterna av PFAS i de analyserade livsmedlen, följt av intagsberäkningar och exponeringsuppskattningar i den svenska befolkningen. Prover från Livsmedelsverkets matkorgsstudie analyserades (n=51), där halter påträffades i tre av 17 livsmedelsgrupper; i ägg samt fet och mager fisk. Ytterligare enskilda prover av fisk och skaldjur (n=50), kött (n=31), ägg (n=4), frukt (n=8) och grönsaker (n=14) analyserades. PFAS detekterades i samtliga fiskprover samt i vildsvin, ren, leverpastej och ekologiska ägg. Inga kvantifierbara halter påträffades i frukt- och grönsaksprover, övriga köttprover eller konventionella ägg.

Bakgrundsexponeringen beräknades baserat på uppmätta halter i livsmedel och konsumtionsdata från tre av Livsmedelsverkets matvaneundersökningar; Riksmaten vuxna 2010-2011, Riksmaten ungdom 2016-2017 och Riksmaten småbarn 2021-2023. Resultaten visar att medianexponeringen ligger under TVI, både när halter från matkorgsgrupperna används samt enskilda fiskhalter. Andelen som hamnar över TVI utifrån bakgrundsexponeringen var 16-24 % för små barn, 2-22 % för ungdomar och 1-14 % för vuxna. I jämförelse med tidigare intagsberäkningar av PFAS-4 från den svenska befolkningen visar denna studie på ett lägre intag. Mindre barn har en högre exponering, vilket är väntat, då barn äter mer i förhållande till sin kroppsvikt än vuxna. Även Efsa konstaterar detta förhållande i sin riskvärdering från 2020, och menar att detta inte behöver innebära en risk då barnen passerat den känsliga perioden (foster och amningsperioden) och halterna i kroppen kommer att sjunka när barnet växer. Ungefär 60 % av exponeringen från mat av summa PFAS utgörs av PFAS-4, vilket visar på behovet av riskvärderingar av fler PFAS.

Scenarioberäkningar visar att det finns utrymme för större delen av befolkningen, förutom små barn, för konsumtion av dricksvatten vid det kommande svenska gränsvärdet (4 ng PFAS-4/L) samt fisk enligt Livsmedelsverkets rekommendation, 2,5 ggr/v, utan att TVI överskrids. Ytterligare scenarioberäkningar gjordes för konsumtion av livsmedel med halter vid gränsvärden för PFAS-4 i fisk, skaldjur, ägg, kött, vilt samt vid åtgärdsgränsen för mjölk. Exponeringen beräknades även med den uppmätta medelhalten i ekologiska ägg samt vildsvin. Resultaten visar att det finns utrymme för att 50-100 % av konsumtionen av insjöfisk och ägg har halter vid gränsvärdet, utan att TVI överskrids, sett till medianexponeringen. Konsumtion av mjölk vid åtgärdsgränsen för PFAS-4 innebär inte heller att TVI överskrids om denna konsumtion står för 50-100 % av det totala intaget för mjölk, förutom för 12-åringar och de minsta barnen som överskrider TVI redan vid en konsumtion av 10-20 %. För kött och vilt är däremot utrymmet mindre, då konsumtionen är relativt hög, och enbart en liten andel av det kött som äts kan ha en halt vid gränsvärdet innan TVI överskrids för större delen av befolkningen. Då inga halter av PFAS kunnat kvantifieras i varken matkorgsgrupperna fet och mager mejeri, eller i kött är sannolikt exponeringen från dessa livsmedel låg i den genomsnittliga svenska befolkningen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 1
Introduktion 1
Material och metod 2
Inköp och provberedning 2
Analysmetod 4
Exponeringsuppskattningar och scenarier 4
Bakgrundsexponering 4
Scenarier 6
Resultat och diskussion 8
Analysresultat 8
Matkorgen 2022 8
Enskilda prover 9
Exponeringsuppskattningar 16
Bakgrundsexponering 16
Scenarier PFAS-4 19
Intag från dricksvatten och fisk enligt Livsmedelsverkets kostråd 19
Gränsvärden och medelhalter från de enskilda proverna 20
Slutsats 32
Tack till 33
Referenser 34
Appendix 37
Appendix 1. Prover 37
Appendix 2. Kemiska analyser 39
Provupparbetning 39
Instrumentell analys och kvantifiering 40
Kvalitetssäkring och kvalitetskontrollåtgärder (QA/QC) 42
Appendix 3. Halter fiskgrupper 47

Introduktion

Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) är en stor grupp industriellt framställda ämnen som fått stor spridning i miljön. Enligt den senaste riskvärderingen från den Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (Efsa) sker exponeringen av PFAS främst via livsmedel, där fisk är det livsmedel som ger störst bidrag. Även dricksvatten är en betydande källa, främst i områden i anslutning till punktkällor med förorenade vattentäkter. Enligt Efsa sker exponering även via ägg, kött, frukt och grönsaker. Efsas exponeringsuppskattningar för de fyra PFAS; PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS (PFAS-4) visade att en stor del av befolkningen i Europa överskrider det framtagna tolerabla veckointaget (TVI) (Efsa, 2020).

Livsmedelsverket har sedan 2014 haft en åtgärdsgräns för PFAS i dricksvatten. Inom EU togs ett nytt dricksvattendirektiv fram 2021 med tillägg av parametervärden för PFAS (2020/2184) och Sverige valde att addera ett gränsvärde för PFAS-4 baserat på Efsas TVI. De nya gränsvärdena för PFAS i kommunalt dricksvatten kommer att börja gälla 2026 enligt Livsmedelsverkets föreskrifter (LIVSFS 2022:12). Som en följd av Efsas riskvärdering 2020, påbörjades även arbetet med att ta fram gränsvärden för PFAS i livsmedel under våren 2021 i EU-kommissionen (KOM). I januari 2023 beslutades om gränsvärden för de enskilda PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS samt ett för summan PFAS-4, i fisk, skaldjur, kött och ägg (Förordning (EU) 2023/915). Fisk från kontaminerade sjöar kan innehålla förhöjda halter av PFAS och Livsmedelsverket har sedan många år tillbaka hjälpt kommuner och länsstyrelser vid framtagande av kostråd för sådan fisk.

Naturvårdsverket fick 2022 ett uppdrag av regeringen att med stöd av Livsmedelsverket och Statens jordbruksverk förbättra kunskapen om PFAS i livsmedel och miljö. Regeringsuppdraget pågår fram till och med 2024 med slutredovisning 2025. Inom ramen för regeringsuppdraget har en kartläggning av PFAS-halter i livsmedel på den svenska marknaden utförts. Bland annat har prover i Livsmedelsverkets senaste matkorgsundersökning (Matkorgen 2022) inkluderats. I Matkorgen analyseras näringsämnen och kontaminanter i olika livsmedelsgrupper i en typisk svensk matkorg, baserat på konsumtionsstatistik. Dessa prover har kompletterats med analyser av PFAS i enskilda livsmedel som av Efsa pekas ut som större källor till exponering (Efsa, 2020) samt livsmedel som tidigare matkorgsundersökningar och andra studier visat sig kunna innehålla mätbara halter PFAS (Livsmedelsverket, 2017).

Syftet med kartläggningen var att ta fram haltdata för livsmedel som finns tillgängliga på den svenska marknaden för att få en bild av hur den allmänna bakgrundsexponeringen av PFAS från livsmedel ser ut hos svenska konsumenter.

I denna rapport redovisas halterna av PFAS i de analyserade livsmedlen inom kartläggningen följt av intagsberäkningar och exponeringsuppskattningar i den svenska befolkningen. Rapporten innehåller även ett antal scenarioberäkningar där, utöver bakgrundsexponeringen från mat, bidraget från dricksvatten adderats samt när fisk konsumeras enligt gällande kostråd. Scenarier har även beräknats för intag av livsmedel vid gällande gränsvärden, samt för konsumtion av vildsvinskött och ekologiska ägg.

Material och metod

Inköp och provberedning

Inköp av livsmedel gjordes i huvudsak i Uppsala under hösten 2022 och våren 2023. Inköpen gjordes främst i de tre större livsmedelskedjorna ICA, Coop och Axfood för att täcka olika distributionskanaler. Då distributionen av livsmedel till stor del är centraliserad, och tidigare studier inte har påvisat några tydliga regionala skillnader, anses proverna vara representativa för den svenska marknaden (Darnerud, 2006).

Kartläggningsstudien delades in två delar. Den ena delen innefattar prover från Livsmedelsverkets matkorgsstudie 2022 som syftar till att spegla den genomsnittliga livsmedelskonsumtionen i den svenska befolkningen (Livsmedelsverket, 2024a). Studien baseras på den så kallade årliga per capita-konsumtionen där Jordbruksverkets direktkonsumtionsstatistik från 2020 använts. Detta kompletterades med konsumtionsstatistik för fisk och skaldjur från RISE (Hornborg et al., 2021) samt konsumtionsstatistik för vegetabiliska drycker och vegetabiliska köttersättningsprodukter från GfKs hushållspanelsstatistik (GfK, 2023). De livsmedelsgrupper i direktkonsumtionsstatistiken vars konsumtion var minst 0,5 kg per person och år inkluderades i matkorgsundersökningen. Dessa täckte sammanlagt 90 % av den årliga livsmedelskonsumtionen i Sverige. Livsmedlen fördelades på 17 olika grupper, som till exempel fet fisk, mager fisk, kött, spannmål, grönsaker (se Tabell 1). Varje livsmedelsgrupp innehåller flera olika livsmedel, som till exempel mjöl, pasta och bröd i spannmålsgruppen och torsk, räkor och fiskpinnar i gruppen mager fisk. Tre prover av varje livsmedelsgrupp bereddes för analys, ett från respektive matvarubutik (ICA, Coop, Axfood). Andelen av de olika livsmedlen i provet baserades på den mängd som konsumeras (i procent). För en mer detaljerad beskrivning se delrapporten från Matkorgen 2022 (Livsmedelsverket, 2024a).

Tabell 1. Livsmedelsgrupper i Matkorgen 2022 och dess innehåll.

Livsmedelsgrupp	**Översiktlig beskrivning av innehållet i livsmedelsgruppen**	**n**
Spannmål	Mjöl, gryner, frukostflingor, popcorn, pasta, bröd	3
Bakverk	Kakor, bullar, pizza, piroger	3
Kött	Nöt, fläsk, lamm, fågel, vilt, processade köttprodukter	3
Mager fisk	Torsk, Alaska pollock, tonfisk på burk, räkor, fiskpinnar	3
Fet fisk	Lax, rökt lax, strömming/sill, makrill, kaviar	3
Vegetabiliska ersättningsprodukter	Tofu, sojafärs, vegetabilisk korv/burgare, falafel	3
Mejeri mager	Mjölk, filmjölk, yoghurt	3
Mejeri fet	Ost, grädde, gräddfil	3
Vegetabiliska drycker	Havre-, soja- och mandeldryck, vegetabilisk yoghurt och grädde	3
Ägg	Ekologiska och konventionella ägg	3
Fetter och oljor	Smör, margarin, matlagningsolja, majonnäs, såser och dressingar	3
Grönsaker	Färska, frysta och konserverade grönsaker, ketchup	3
Frukter	Färska, frysta, konserverade och torkade frukter, nötter, juice, sylt	3
Potatis	Potatis, pommes frites, chips	3
Socker och sötsaker	Socker, choklad, godis, glass	3
Drycker	Läsk, lightdryck, mineralvatten, öl (≤3.5 vol% alkohol)	3
Kaffe och te	Bryggkaffe, snabbkaffe, te (lösvikt, påse)	3
Totalt		**51**

Den andra delen av studien innefattade enskilda livsmedel som visats bidra till den huvudsakliga exponeringen, baserat på resultat från Efsas riskbedömning om PFAS (Efsa, 2020) samt tidigare matkorgsstudier (Livsmedelsverket, 2017). Majoriteten av proverna var fisk och skaldjur. Utöver det ingick prover av kött, ägg, frukt och grönsaker (se Tabell 2 samt Tabell A1.1 i appendix). Varje prov bestod av tre enheter, antingen tre olika förpackningar (med olika datummärkning/batch nummer) av samma livsmedel och märke, eller samma livsmedel från tre olika märken. En del av frukt- och grönsaksproverna var mixade med olika typer av frukt/grönt i samma prov. Vid beredning av samlingsproven, togs samma viktenhet från de tre ingående enheterna till provet.

De inköpta livsmedlen förvarades enligt rekommenderat för respektive livsmedel fram tills provberedning. Oätliga delar som ben, skinn och skal togs bort och de ätliga delarna mixades (med en RetschGM 300) till en homogen blandning för respektive prov. Proverna förvarades i frys (-20°C) inför analys. Redskap och instrument diskades med ett oparfymerat maskindiskmedel och sköljdes med aceton. Livsmedlen analyserades råa, utan tillagning eller annan beredning. För mer information se delrapporten från Matkorgen 2022 (Livsmedelsverket, 2024a).

Tabell 2. Beskrivning av de enskilda proverna och en översikt av dess innehåll.

Livsmedelsgrupp	**Innehåll**	**n**
Frukt	Färska/frysta bär, citrusfrukter, banan	8
Grönsaker	Rotfrukter, baljväxter, sallad, gurka, kål, svamp	14
Kött	Nöt, fläsk, lamm, kyckling, vilt, korv, leverpastej, blodpudding	31
Ägg	Konventionella, ekologiska	4
Fisk	Lax, regnbåge, röding, torsk, sej, rödspätta, tonfisk, sik, strömming, inlagd sill, makrill, rom, kaviar	38
Skaldjur	Räkor, kräfta, krabba, musslor	12
Totalt		**107**

Analysmetod

Totalt analyserades 14 olika PFAS (se Tabell 3) i de 17 livsmedelsgrupperna i Matkorgen 2022 (Tabell 1) samt i de enskilda proverna (Tabell 2). De kemiska analyserna utfördes av Institutionen för naturvetenskap och teknik vid Örebro Universitet med vätskekromatografi – tandem masspektrometri (UPLC-MS/MS). De kemiska analyserna beskrivs mer i detalj i appendix (Appendix 2. Kemiska analyser).

Tabell 3. Analyserade PFAS samt kvantifieringsgränser (LOQ) (ng/kg våtvikt eller ng/L).

PFAS	Övriga grupper	Drycker
PFHxA	<20	<0,2
PFHpA	<20	<0,2
PFOA	<20	<0,2
PFNA	<20	<0,2
PFDA	<20	<0,2
PFUnDA	<20	<0,2
PFDoDA	<20	<0,2
PFTrDA	<20	<0,4
PFTeDA	<20	<0,4
PFBS	<20	<0,2
PFHxS	<20	<0,2
PFOS	<20	<0,2
PFDS	<20	<0,2
FOSA	<50	<0,4

Exponeringsuppskattningar och scenarier

Bakgrundsexponering

Bakgrundsexponeringen beräknades baserat på uppmätta halter i livsmedel och konsumtionsdata från tre av Livsmedelsverkets matvaneundersökningar; Riksmaten vuxna 2010-11, Riksmaten ungdom 2016-17 och Riksmaten småbarn 2021-23. Riksmaten vuxna 2010-11 (Livsmedelsverket, 2012) inkluderade 1797 deltagare mellan 18 och 80 år och genomfördes 2010-2011. Konsumtionsdata baseras på fyra dagars matdagbok. Riksmaten ungdom 2016-17 (Moraeus et al., 2018; Livsmedelsverket, 2018) genomfördes 2016-2017. Totalt deltog 3099 ungdomar från årskurserna 5, 8 och år 2 på gymnasiet (ca 12, 15 och 18 år). Konsumtionsdata baseras på två retrospektiva så kallade 24-timmars recalls (en måndag-torsdag och en fredag-söndag). Riksmaten småbarn (Bjermo et al., 2024) genomfördes 2021-2023. Totalt deltog 1828 barn i åldrarna 1,5 och 4 år. Konsumtionsdata baseras på tvådagars matdagbok (en veckodag och en helgdag). Kroppsvikten var självrapporterad i Riksmaten vuxna 2010-11, mätt av studiepersonal i Riksmaten ungdom 2016-17 och främst mätt i barnhälsovården men rapporterad av vårdnadshavarna i Riksmaten småbarn 2021-23.

För att kunna kombinera konsumtionen med halterna i matkorgsundersökningen grupperades konsumtionen i matvaneundersökningarna enligt livsmedelsgrupperna i Matkorgen 2022. Eftersom livsmedlen inte är tillagade i Matkorgen (undantaget kaffe och te) medan maten

rapporteras som den äts i matvaneundersökningarna räknades matvaneundersökningsdata om till rå form. Tillagningsfaktorer (”yield factors”) kan användas för att beräkna viktökning och viktförlust vid tillagning. Vid omräkning till rå form användes formeln: rått livsmedel (g) = (1/tillagningsfaktor)*tillagat livsmedel (g). Följande tillagningsfaktorer användes: 0,74 (rött kött), 0,76 (fågel) (Østerholt Dalane et al., 2015, Roseland et al., 2017), 0,80 (korv och blodpudding) (Roseland et al., 2017), 0,74 (mager fisk), 0,87 (fet fisk) (Østerholt Dalane et al., 2015).

Exponeringen beräknades genom att multiplicera konsumtionen av respektive livsmedelsgrupp i Riksmaten-undersökningarna med haltdata från Matkorgen 2022. Medelvärden av halten (lower bound = LB) beräknades för de tre proverna inom respektive livsmedelsgrupp (se Tabell 1). LB innebär att alla halter under LOQ sätts till 0. LB har också använts vid Efsas exponeringsberäkningar för PFAS då en stor del av haltdata är <LOQ. Att använda medium bound (halter <LOQ sätts till ½LOQ) eller upper bound (<LOQ sätts till LOQ) skulle ge en kraftig överskattning av exponeringen.

Utöver exponeringsuppskattningen utifrån Matkorgen gjordes en mer detaljerad beräkning för exponeringen från fisk. I stället för att dela upp fisken i de två matkorgsgrupperna, fet och mager fisk, gjordes en uppdelning efter olika typer och arter av fisk, som till exempel odlad lax, strömming, insjöfisk med flera (se Tabell 4). De olika grupperna baserades på den konsumtionsdata som fanns tillgänglig från de tre matvaneundersökningarna samt vilka fiskprover som analyserats. Konsumtion av fisk där haltdata saknades placerades i gruppen övrigt. Vilken konsumtionsdata som fanns tillgänglig skilde sig något mellan matvaneundersökningarna, då dessa har förändrats en del genom åren (se Tabell 4).

Med hjälp av en bestämd portionsstorlek kunde mängden av respektive fisktyp som konsumerats beräknas. Två olika portionsstorlekar användes, en för konsumtion av fiskfilé samt en halverad portionsstorlek för skaldjur, tonfisk på burk, sill samt gruppen övrigt. För vuxna och 18-åriga ungdomar (gymnasiet år 2) bestämdes portionsstorlekarna till 150 och 75 g, för ungdomar i årskurs 5 och 8 till 100 och 50 g, för 4-åringar till 70 och 35 g och för 1,5 åringarna till 50 och 25 g.

Haltdata för de enskilda fiskproverna grupperades enligt tillgängliga konsumtionsdata (se Tabell 4) och ett medelvärde för halten beräknades för respektive grupp. För gruppen övrigt där ingen haltdata fanns tillgänglig användes en medelhalt från matkorgsgrupperna fet och mager fisk.

Den totala exponeringen från mat beräknades därefter genom att summera bidraget från fisk med bidraget från övriga matkorgsgrupper.

Tabell 4. Den gruppindelning av fisk som använts vid exponeringsuppskattningen med information om vilka prover som ingått i respektive grupp samt vilken konsumtionsdata som fanns tillgänglig från respektive matvaneundersökning; Riksmaten Vuxna (RMV), Riksmaten Ungdom (RMU), Riksmaten Småbarn (RMS).

Fiskgrupp	**Inkluderade prover**		**Tillgänglig konsumtionsdata**
	Innehåll	*n*	
Vit fisk	Torsk/kolja, sej, rödspätta, fiskpinnar, blandad vit fisk	9	RMV, RMU, RMS
Odlad lax	Odlad lax, chumlax, odlad röding, odlad regnbåge	9	RMV, RMU, RMS
Insjöfisk	Röding	2	RMV, RMU, RMS
Strömming		2	RMV, RMU, RMS
Tonfisk färsk	Gulfenad	2	RMV, RMU
Tonfisk burk	I olja samt lake	2	RMV, RMU, RMS
Sill, makrill	Inlagd sill, makrill	5	RMV, RMU, RMS
Räkor	Frysta, färska, i lake	6	RMV, RMU, RMS
Krabba	Muskelkött	1	RMV, RMU
Musslor	Frysta, färska	2	RMV
Övrigt	Fet och mager fisk Matkorgen	6	RMV, RMU, RMS

Scenarier

Utöver beräkning av bakgrundsexponeringen gjordes även ett antal scenarioberäkningar (se Tabell 5). I det första scenariot adderades konsumtionen av dricksvatten till exponeringen från mat samt en konsumtion av fisk 2-3 gånger per vecka enligt gällande kostråd (Livsmedelsverket 2024b). En dricksvattenkonsumtion på 2 (vuxna, ungdomar), 1,6 (4-åringar) och 1,2 (1,5-åringar) L valdes (WHO, 2017; Efsa, 2017), portionsstorleken för fisk valdes enligt ovan (se bakgrundsexponering).

Scenarioberäkningar gjordes även för konsumtion av livsmedel vid gällande gränsvärden för PFAS-4 (Förordning (EU) 2023/915) i fisk, skaldjur, vilt, kött och ägg. Då det inte finns några gränsvärden för mjölk, beräknades intaget vid den åtgärdsgräns som tagits fram av Kommissionen (Rekommendation (EU) 2022/1431). I samtliga scenarier, förutom fisk och skaldjur, adderades bakgrundsexponeringen från övriga livsmedelsgrupper för att få en total exponering från mat utifrån halter i Matkorgen 2022. I scenariot för fisk beräknades intaget med en justerad halt för insjöfisk vid de tre gränsvärdena 2, 8 och 45 ng PFAS-4/g. I scenariot för skaldjur justerades halten till gränsvärdet 5 ng PFAS-4/g. För fisk och skaldjur användes den förfinade metoden med medelkoncentrationer i fisk från de enskilda proverna utifrån de mer specifika frågorna om fiskkonsumtion som beskrivs ovan, tillsammans med exponeringen från matkorgsgruppen ägg.

Beräkningar gjordes även för intag vid gränsvärden för vilt (9 ng PFAS-4/g), kött (1,3 ng PFAS-4/g) och ägg (1,7 ng PFAS-4)/g) (Förordning (EU) 2023/915). För viltkött inkluderades även ett scenario med medelhalten från vildsvinsproverna, och för ägg ett scenario med medelhalten från de ekologiska äggproverna (se information om prover i Appendix 1. Prover). Konsumtionsdata för matkorgsgruppen ”kött” användes för att beräkna intaget i scenarierna med vilt och kött, och till scenarierna för ägg konsumtionsdata för matkorgsgruppen ”ägg”. I scenariot med åtgärdsgränsen för mjölk användes konsumtionsdata från matkorgsgruppen ”mager mejeri” som till huvudsak består av mjölk. Fem delscenarier togs fram för respektive

gränsvärde eller medelhalt, där konsumtionen av livsmedelsgruppen vid den bestämda halten antogs utgöra 5, 10, 20, 50 eller 100 % av den totala konsumtionen. Resterande del antogs ha den uppmätta halten från matkorgsundersökningen. Till exempel vid scenariot med intag av kött vid gränsvärdet, antogs i det första delscenariot (100 %) att allt kött som konsumerades hade halten 1,3 ng/g (100 %), i nästa delscenario (50 %) antogs hälften av köttet ha en halt vid gränsvärdet och resterande hälft vid den uppmätta halten i matkorgsgruppen ”kött”, i det tredje delscenariot (20 %) var 20 % av köttkonsumtionen vid gränsvärdet och resterande 80 % vid matkorgshalten osv. Matkorgshalten beräknades som LB.

Tabell 5. Beskrivning av de scenarier som beräknats.

Livsmedel	**Scenario**		
	Beskrivning	***Halt PFAS-4 (ng/g)***	
Dricksvatten **Fisk**	Konsumtion av dricksvatten samt fisk 2–3 ggr/v	4 ng/L dricksvatten[1] Medelhalt Matkorgen[2]	
Insjöfisk	Gränsvärde[3]	2, 8, 45	
Skaldjur	Gränsvärde[3]	5	
Vilt	Gränsvärde[3]	9	% av konsumtionen ”kött” vid angiven halt[7] a. 5 b. 10 c. 20 d. 50 e. 100
	Vildsvin[4]	1,4	
Kött	Gränsvärde[3]	1,3	
Ägg	Gränsvärde[3]	1,7	% av konsumtionen ”ägg” vid angiven halt[7] a. 5 b. 10 c. 20 d. 50 e. 100
	Ekologiska[5]	0,5	
Mjölk	Åtgärdsgräns[6]	0,14	% av konsumtionen ”mejeri mager” vid angiven halt[7] a. 5 b. 10 c. 20 d. 50 e. 100

[1]Kommande gränsvärde i dricksvatten (LIVSFS 2022:12)
[2]Medelhalt från matkorgsgrupperna ”fet” och ”mager” fisk (n=6)
[3]Förordning (EU) 2023/915
[4]Medelhalt vildsvinsprover (n=5)
[5]Medelhalt ekologiska ägg (n=2)
[6]Kommissionens rekommendation (EU) 2022/1431
[7]Konsumtionsdata enligt matkorgsgrupperingen, se ”Bakgrundsexponering”

Resultat och diskussion

Analysresultat

Matkorgen 2022

PFAS detekterades i fyra av de 17 livsmedelsgrupper som ingick i Matkorgen 2022, i fet och mager fisk samt ägg (se Tabell 6). I resterande matkorgsgrupper var samtliga PFAS under kvantifieringsgränsen (LOQ), förutom i kaffe och te där PFOA detekterades (0,45-1,1 ng/L), vilket sannolikt beror av halten PFOA i det dricksvatten som användes till bryggningen (0,45 ng/L i kallt vatten, 0,85 ng/L i bryggt vatten). Högst halter samt flest antal PFAS påträffades i mager fisk. I grupperna fet fisk och ägg detekterades enbart PFOS. Summahalten för PFAS-4 g i ägg samt fet och mager fisk varierade mellan 0,05 och 0,30 ng/g, och summan av samtliga detekterade PFAS (∑PFAS) i mager fisk var i medel 0,80 ng/g. Fem av de 14 analyserade PFAS hade inga kvantifierbara halter (PFHxA, PFHpA, PFBS, PFHxS och PFDS) i någon livsmedelsgrupp.

I Matkorgen 2022 var halterna av PFAS lägre jämfört med tidigare matkorgsundersökningar (Livsmedelsverket, 2017) vilket stämmer överens med den nedåtgående trend som också ses för PFAS i serum i Livsmedelsverkets biomonitoreringsstudier (Gyllenhammar et al., 2023, Lindfeldt et al., 2023)

Tabell 6. Analysresultat från de grupper i matkorgsundersökningen där halter (ng/g) av PFAS detekterats. Resultaten presenteras som medelvärde (min-max). ∑PFAS är summan av samtliga detekterade PFAS inklusive PFAS-4.Tomma rutor innebär en halt under kvantifieringsgränsen (LOQ). Resultaten redovisas som lower bound (LB).

Livsmedels-grupp	**n**	**PFOA**	**PFNA**	**PFHxS**	**PFOS**	**PFAS-4**
Mager fisk	3	0,02 (<LOQ-0,03)	0,06 (0,05-0,08)		0,22 (0,18-0,27)	0,30 (0,24-0,37)
Fet fisk	3				0,08 (0,06-0,10)	0,08 (0,06-0,10)
Ägg	3				0,05 (0,05-0,06)	0,05 (0,05-0,06)
		PFDA	**PFUnDA**	**PFDoDA**	**PFTrDA**	**PFTeDA**
Mager fisk	3	0,05 (0,04-0,06)	0,22 (0,22-0,23)	0,05 (0,05-0,06)	0,11 (0,06-0,16)	0,04 (0,02-0,05)
Fet fisk	3					
Ägg	3					
		FOSA	**∑PFAS**	**Andel PFAS-4 av ∑PFAS** (%)		
Mager fisk	3	0,02 (<LOQ-0,04)	0,80 (0,71-0,85)	37 (33-44)		
Fet fisk	3		0,08 (0,06-0,10)	100		
Ägg	3		0,05 (0,05-0,06)	100		

Enskilda prover

PFAS detekterades i alla fisk- och skaldjursprover, i ekologiska ägg, leverpastej, samt i kött från vildsvin och ren. Totalt kunde 11 av de 14 analyserade PFAS detekteras i de enskilda proverna. Inga halter påträffades i frukt- och grönsaksproverna (n=22). Resultaten för de enskilda proverna där halter av PFAS-4 detekterats kan ses i Tabell 7 och övriga PFAS i Tabell 8.

Bland fisk- och skaldjursproverna (n=50) (Tabell 7 och Tabell 8) var halterna högst i röding från Vättern följt av fisk från Östersjön. I röding från Vättern var medelhalten för samtliga detekterade PFAS (∑PFAS, se Tabell 7 och Tabell 8) 12,6 ng/g, där PFOS bidrog till störst del och utgjorde 78 % av ∑PFAS. Halten var lägre jämfört med resultat från röding från norska sjöar i anslutning till punktkällor, som låg på omkring 20 ng/g, för samma ∑PFAS, men högre jämfört med uppmätta halter i en norsk sjö utan kända punktkällor, under 5 ng ∑PFAS /g (Langberg et al., 2022). Medelhalten i odlad röding och regnbåge var avsevärt lägre, 0,05–0,1 ng ∑PFAS/g, med störst bidrag från FOSA (63 %) respektive PFUnDA (56 %) (se Tabell 7 och Tabell 8).

Medelhalten i lax från Östersjön var ungefär 100 gånger högre jämfört med den odlade laxen, sett till ∑PFAS (2,7 respektive 0,03 ng/g). Låga halter i odlad lax har även uppmätts i en studie från Nederländerna, med en medelhalt på 0,11 ng/g för summan av 10 olika PFAS (Zafeiraki et al., 2019) Även i strömming från Östersjön var halten högre (1,4 ng ∑PFAS/g) jämfört med halten i inlagd sill från Nordostatlanten (0,07 ng ∑PFAS/g). Liknande resultat har sett i sill från Nordsjön, med en medelhalt på 0,24 ng/g för summan av 10 PFAS (Zafeiraki et al., 2019). I en studie från Finland (Suomi et al., 2024), varierade summahalten i strömming mellan 0,72 och 17 ng/g, vilket är högre jämfört med resultaten från den aktuella kartläggningen (0,4-2 ng PFAS-4/g). Huvuddelen av summahalten i laxen, strömmingen och den inlagda sillen i Tabell 7 och Tabell 8 utgjordes av PFOS (59-70 %).

I vit havsfisk, som torsk och rödspätta, samt tonfisk, var halterna lägre (0,2–1,1 ng ∑PFAS/g). Även för dessa arter utgjordes en stor del av summahalten av PFOS (24-53 %), men med betydande bidrag även från PFUnDA (12-47 %) och PFNA (0-21 %). I en liknande studie från 2019, var halten högst av PFOS i torsk och rödspätta, med medelhalter för summan av 10 st PFAS mellan 0,9 och 1,1 ng/g (Zafeiraki et al., 2019). I en studie av Nobile et al. (2024) undersöktes halter av PFAS i tonfisk på burk, där medelhalten av PFOS var 0,37 ng/g och PFUnDA 0,28 ng/g, vilket är något högre jämfört med halterna i den aktuella studien på 0,08 respektive 0,11 ng/g (se Tabell 7 och Tabell 8).

I kräftor (signalkräfta) var halten cirka fem gånger högre i de svenska kräftorna från Vänern och Vättern (6,3 ng ∑PFAS/g) jämfört med de från Spanien (1,2 ng ∑PFAS/g), dock var det enbart ett samlingsprov av vardera ursprunget. PFOS respektive PFDA var de PFAS som påträffades i högst halter. I signalkräfta från Mälaren har halter av PFAS-4 uppmätts till mellan 1,4 och 3 ng/g och från Hjälmaren mellan 0,7 och 1 ng/g (Karlsson et al., 2024), vilket är lägre jämfört med kräftorna från Vänern och Vättern (4,5 ng PFAS-4/g). I räkor var bidraget till ∑PFAS relativt jämnt fördelat mellan PFUnDA, PFTrDA och PFOS, och i krabba likaså, med bidrag även från FOSA, med summahalter mellan 1,7-2,9 ng/g.

I ägg (n=4) påträffades halter i de två ekologiska proverna, i medel 0,6 ng ∑PFAS/g, med högst halt av PFOS. I de konventionella äggproverna låg samtliga halter under LOQ. Liknande resultat har observerats i en studie från Danmark där äggula analyserats för PFAS, med ingen eller en

lägre halt i de konventionella jämfört med de ekologiska. Medelhalten av PFAS-4 i helt ägg, inklusive äggvitan, beräknades till 1,2 ng/g i de ekologiska (Granby et al., 2024), vilket är högre jämfört med medelhalten i den aktuella studien (0,5 ng PFAS-4/g). Även i en studie från Polen (2022) uppmättes högst halter i ekologiska ägg, i medel 0,1 ng PFAS-4/g (Mikolajczyk et al., 2022).

Av köttproverna (n=31), detekterades PFAS i samtliga prov av vildsvin (n=5) och ren (n=2), samt i ett av två prov av leverpastej. I resterande prover låg halterna under LOQ. I vildsvin och ren var medelhalten för ∑PFAS 2,0 respektive 0,08 ng/g, med högst halter av PFOS respektive PFNA. I leverpastej detekterades enbart PFOS (0,03 ng/g). Även andra studier har rapporterat halter av PFAS i vildsvin. I prover tagna från vildsvin i Italien uppmättes PFOS i medel till 1,4 ng/g (Arioli et al., 2019) vilket är i liknande nivåer som den aktuella studien (1,4 ng PFAS-4/g), och i Tyskland upp till 29 ng/g (Stahl et al., 2012).

Tabell 7. Analysresultat från de enskilda proverna där halter (ng/g) av PFAS-4 detekterats. Resultaten presenteras som medelvärde (min-max). Tomma rutor innebär en halt under kvantifieringsgränsen (LOQ). Resultaten redovisas som lower bound (LB).

Livsmedels-grupp	**Prov**	**n**	**PFOA**	**PFNA**	**PFHxS**	**PFOS**	**PFAS-4**
Kött	Vildsvin	5	0,2 (0,1-0,3)	0,09 (<LOQ-0,2)	0,2 (0,2-0,3)	0,9 (0,4-1,9)	1,4 (0,7-2,6)
	Ren	2		0,06 (0,06-0,07)			0,06 (0,06-0,07)
	Leverpastej	2				0,03 (<LOQ-0,07)	0,03 (<LOQ-0,07)
Ägg	Ekologiska	2	0,01 (<LOQ-0,03)	0,01 (<LOQ-0,03)	0,03 (0,03-0,03)	0,4 (0,4-0,5)	0,5 (0,5-0,5)
Fisk & Skaldjur	Odlad lax	4				0,02 (<LOQ-0,04)	0,02 (<LOQ-0,04)
	Odlad röding	2	0,02 (<LOQ-0,03)				0,02 (<LOQ-0,03)
	Odlad regnbåge	2				0,02 (<LOQ-0,03)	0,02 (<LOQ-0,03)
	Pinklax	1				0,03	0,03
	Lax Östersjön	2		0,4 (0,3-0,5)	0,04 (0,03-0,05)	1,8 (1,3-2,3)	2,2 (1,6-2,8)
	Röding Vättern	2		0,6 (0,5-0,7)	0,06 (0,05-0,07)	9,8 (7,6-12,1)	10,5 (8,4-12,6)
	Torsk	4	0,01 (<LOQ-0,04)	0,09 (0,06-0,1)		0,3 (0,2-0,4)	0,4 (0,3-0,5)

	Övrig vit havsfisk	3	0,02 (<LOQ-0,05)	0,1 (0,03-0,1)		0,1 (0,03-0,2)	0,3 (0,2-0,3)
	Rödspätta	2		0,2 (0,2-0,3)		0,6 (0,4-0,8)	0,8 (0,6-1,1)
	Färsk tonfisk	2				0,04 (0,02-0,06)	0,04 (0,02-0,06
	Tonfisk på burk	2		0,02 (<LOQ-0,04)		0,08 (0,04-0,1)	0,1 (0,04-0,2)
	Varmrökt sik	1	0,03	0,4	0,04	3,5	3,9
	Strömming	2	0,1 (<LOQ-0,2)	0,2 (0,05-0,3)	0,03 (<LOQ-0,07)	0,9 (0,4-1,4)	1,2 (0,4-2)
	Inlagd sill	2				0,04 (0,02-0,05)	0,04 (0,02-0,05)
	Makrill	3				0,1 (0,05-0,3)	0,1 (0,05-0,3)
	Räkor	6	0,02 (<LOQ-0,04)	0,1 (0,05-0,2)	0,01 (<LOQ-0,05)	0,4 (0,1-0,8)	0,6 (0,2-1,0)
	Kräftor svenska	1	0,9	0,8	0,3	2,6	4,5
	Kräftor utland	1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,8
	Krabba muskel	1	0,2	0,2	0,03	0,4	0,8
	Krabba hepatopancreas	1	1,5	0,8	0,1	2,7	5,0
	Musslor	2	0,02 (<LOQ-0,03)	0,02 (0,02-0,02)		0,2 (0,1-0,2)	0,2 (0,1-0,4)
	Rom	2	0,02 (<LOQ-0,03)	0,02 (0,02-0,02)		0,1 (0,08-0,2)	0,2 (0,1-0,2)
	Påläggskaviar	2		0,03 (0,03-0,04)		0,5 (0,3-0,6)	0,5 (0,3-0,7)

Tabell 8. Analysresultat från de enskilda proverna där halter (ng/g) av övriga PFAS, utöver PFAS-4, detekterats. Resultaten presenteras som medelvärde (min-max). ∑PFAS är summan av samtliga detekterade PFAS inklusive PFAS-4. Tomma rutor innebär en halt under kvantifieringsgränsen (LOQ). Resultaten redovisas som lower bound (LB).

Livsmedels-grupp	**Prov**	**n**	**PFHpA**	**PFDA**	**PFUnDA**	**PFDoDA**	**PFTrDA**
Kött	Vildsvin	5	0,1 (0,07-0,2)	0,05 (0,02-0,07)	0,07 (0,04-0,1)	0,09 (0,04-0,1)	0,2 (0,04-0,4)
	Ren	2			0,01 (<LOQ-0,03)		
	Leverpastej	2					
Ägg	Ekologiska	2			0,06 (0,05-0,06)		0,03 (0,03-0,03)
Fisk & Skaldjur	Odlad lax	4					
	Odlad röding	2					
	Odlad regnbåge	2		0,03 (<LOQ-0,06)	0,06 (<LOQ-0,13)		
	Pinklax	1			0,04		
	Lax Östersjön	2		0,2 (0,1-0,2)	0,1 (0,1-0,2)	0,01 (<LOQ-0,03)	0,04 (0,03-0,05)
	Röding Vättern	2		0,9 (0,8-1,0)	0,7 (0,6-0,7)	0,1 (0,09-0,2)	0,3 (0,2-0,5)
	Torsk	4		0,06 (0,05-0,07)	0,2 (0,2-0,2)	0,03 (0,02-0,04)	0,05 (0,04-0,07)
	Övrig vit havsfisk	3		0,05 (0,04-0,06)	0,2 (0,1-0,2)	0,01 (<LOQ-0,04)	0,02 (<LOQ-0,05)
	Rödspätta	2		0,1 (0,1-0,2)	0,1 (0,08-0,2)		0,03 (0,03-0,03)
	Färsk tonfisk	2		0,01 (<LOQ-0,02)	0,08 (0,05-0,12)		0,04 (0,03-0,05)
	Tonfisk på burk	2		0,02 (<LOQ-0,03)	0,11 (0,06-0,16)		0,04 (<LOQ-0,08)
	Varmrökt sik	1		0,7	0,4	0,3	0,1
	Strömming	2		0,09 (0,02-0,2)	0,1 (0,03-0,2)	0,02 (<LOQ-0,04)	0,01 (<LOQ-0,03)
	Inlagd sill	2			0,01 (<LOQ-0,03)		0,01 (<LOQ-0,03)
	Makrill	3			0,05		0,03

Livsmedels-grupp	Prov	n	PFHpA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA
					(0,03-0,06)		(<LOQ-0,04)
	Räkor	6		0,1 (0,04-0,2)	0,3 (0,1-0,6)	0,1 (0,05-0,2)	0,4 (0,2-0,9)
	Kräftor svenska	1		0,6	0,6	0,3	0,2
	Kräftor utland	1		0,5			
	Krabba muskel	1		0,3	0,4	0,1	0,5
	Krabba hepatopancreas	1		0,5	0,4	0,1	0,4
	Musslor	2		0,04 (0,03-0,06)	0,04 (0,04-0,05)	0,02 (<LOQ-0,03)	0,05 (0,03-0,06)
	Rom	2		0,01 (<LOQ-0,03)	0,07 (0,05-0,08)		0,09 (0,06-0,12)
	Kaviar	2		0,03 (0,03-0,04)	0,05 (0,05-0,05)		0,04 (0,03-0,04)

Livsmedels-grupp	Prov	n	PFTeDA	FOSA	∑PFAS	Andel PFAS-4 av ∑PFAS (%)	
Kött	Vildsvin	5	0,1 (0,07-0,1)		2,0 (1,2-3,4)	68 (50-78)	
	Ren	2			0,08 (0,06-0,1)	86 (73-100)	
	Leverpastej	2			0,03 (<LOQ-0,07)	100	
Ägg	Ekologiska	2			0,6 (0,6-0,6)	84 (84-85)	
Fisk & Skaldjur	Odlad lax	4		0,01 (<LOQ-0,03)	0,03 (<LOQ-0,04)	67 (0-100)	
	Odlad röding	2		0,03 (0,03-0,03)	0,05 (0,03-0,06)	28 (0-55)	
	Odlad regnbåge	2			0,1 (0,03-0,2)	50 (0-100)	
	Pinklax	1			0,07	45	
	Lax Östersjön	2			2,7 (1,9-3,4)	83 (83-83)	
	Röding Vättern	2	0,09 (0,06-0,1)		12,6 (10,2-15,0)1	83 (82-84)	
	Torsk	4		0,04	0,8 (0,6-0,9)	51 (44-59)	

Livsmedels-grupp	Prov	n	PFTeDA	FOSA	∑PFAS	Andel PFAS-4 av ∑PFAS (%)	
				(<LOQ-0,07)			
	Övrig vit havsfisk	3		0,03 (<LOQ-0,08)	0,5 (0,5-0,6)	48 (38-64)	
	Rödspätta	2			1,1 (0,8-1,4)	74 (74-74)	
	Färsk tonfisk	2			0,2 (0,1-0,3)	23 (23-24)	
	Tonfisk på burk	2			0,3 (0,1-0,4)	38 (36-40)	
	Varmrökt sik	1	0,2	0,7	6,3	62	
	Strömming	2		0,04 (<LOQ-0,08)	1,4 (0,5-2,4)	80 (76-84)	
	Inlagd sill	2			0,07 (0,02-0,1)	75 (50-100)	
	Makrill	3		0,11 (0,03-0,26)	0,3 (0,2-0,5)	36 (28-36)	
	Räkor	6	0,1 (0,05-0,2)	0,06 (<LOQ-0,2)	1,7 (0,8-2,7)	32 (24-53)	
	Kräftor Sverige	1	0,2	0,1	6,3	71	
	Kräftor Spanien				1,2	62	
	Krabba muskelkött	1	0,2	0,4	2,9	29	
	Krabba hepatopancreas	1	0,2	0,5	7,2	70	
	Musslor	1	0,01 (<LOQ-0,02)	0,1 (0,1-0,1)	0,5 (0,4-0,7)	42 (25-59)	
	Rom	1	0,01 (<LOQ-0,03)		0,4 (0,4-0,4)	49 (29-70)	
	Kaviar	2			0,6 (0,5-0,8)	79 (75-84)	

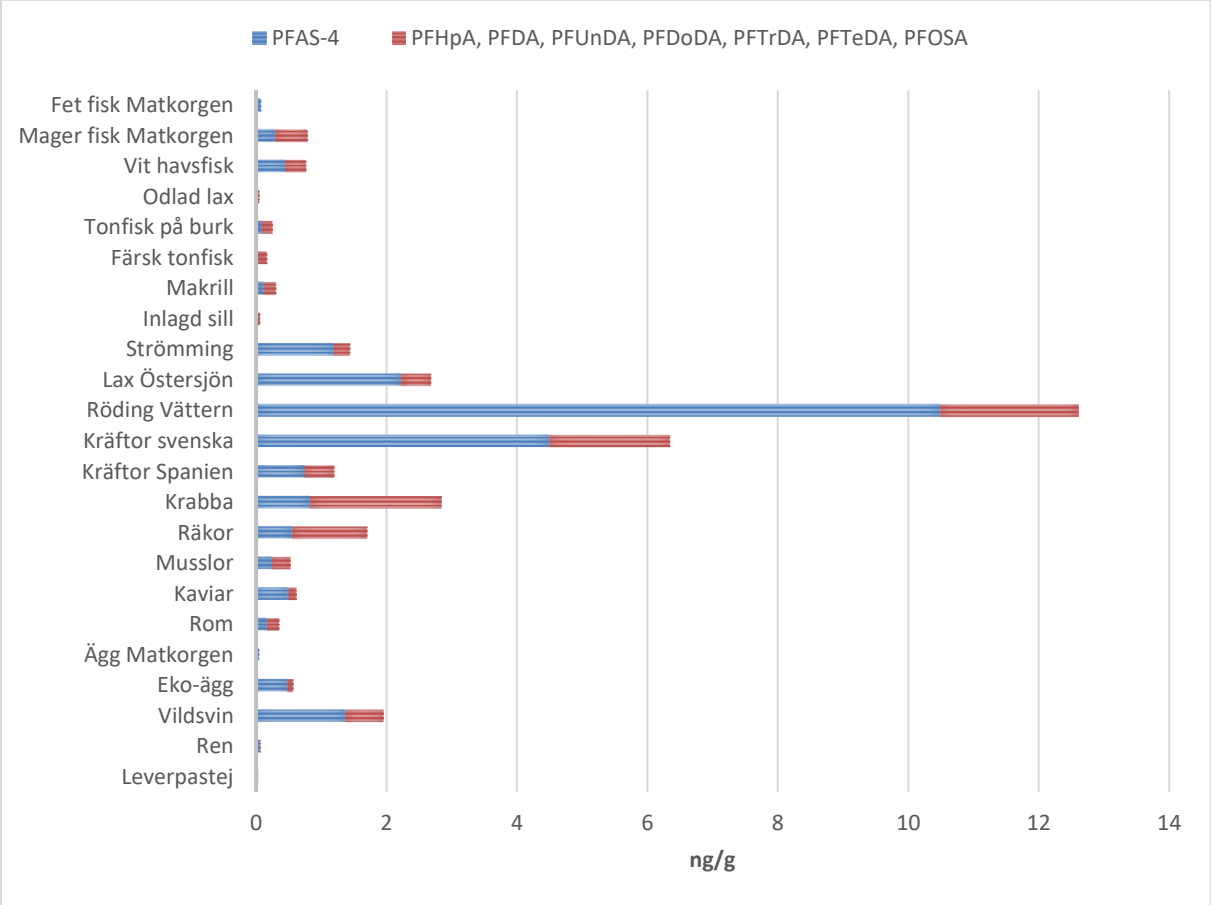
I Figur 1 visas fördelningen mellan PFAS-4 och övriga PFAS i de fisk-, kött- och äggprover där PFAS detekterats. I matkorgsgrupperna ägg och fet fisk bestod den totala halten av enbart PFOS men i matkorgsgruppen mager fisk utgjorde PFAS-4 endast drygt en tredjedel av den totala PFAS-halten, följt av PFUnDA (28 %) och PFTrDA (11 %).

I flera av fiskproven, som i strömming, Östersjölax, Vätternröding och kaviar, bidrog PFAS-4 till majoriteten av den totala halten (80-83 %). Även i vit havsfisk och inlagd sill, där knappt 60 % av totalhalten utgjordes av PFAS-4, bidrog PFUnDA till stor del (ca 20 %) i båda proven, samt PFDA i vit havsfisk (10 %) och PFTrDA i inlagd sill (20 %). I andra fiskgrupper, som makrill, tonfisk och odlad lax utgjorde i stället summan av övriga PFAS, utöver PFAS-4, störst andel, mellan 60 och

75 %. I räkor och krabba bidrog PFAS-4 till en tredjedel av totalhalten, och knappt hälften av totalhalten i musslor. I kräftor utgjorde PFAS-4 60-70 % av den totala halten.

I viltproverna samt eko-äggen utgjorde PFAS-4 70-84 % av totalhalten, och i leverpastej och matkorgsgruppen ägg 100 %, då enbart PFOS detekterats.

Bidraget från PFAS-4 till den totala halten PFAS, varierar till stor del mellan olika livsmedel. I vissa fall utgör PFAS-4 majoriteten, medan det i andra fall är andra PFAS som bidrar mest. Detta styrker behovet att ta fram hälsobaserade riktvärden för fler PFAS än PFAS-4, då halter av andra långkedjiga PFAS påträffas i betydande andel.



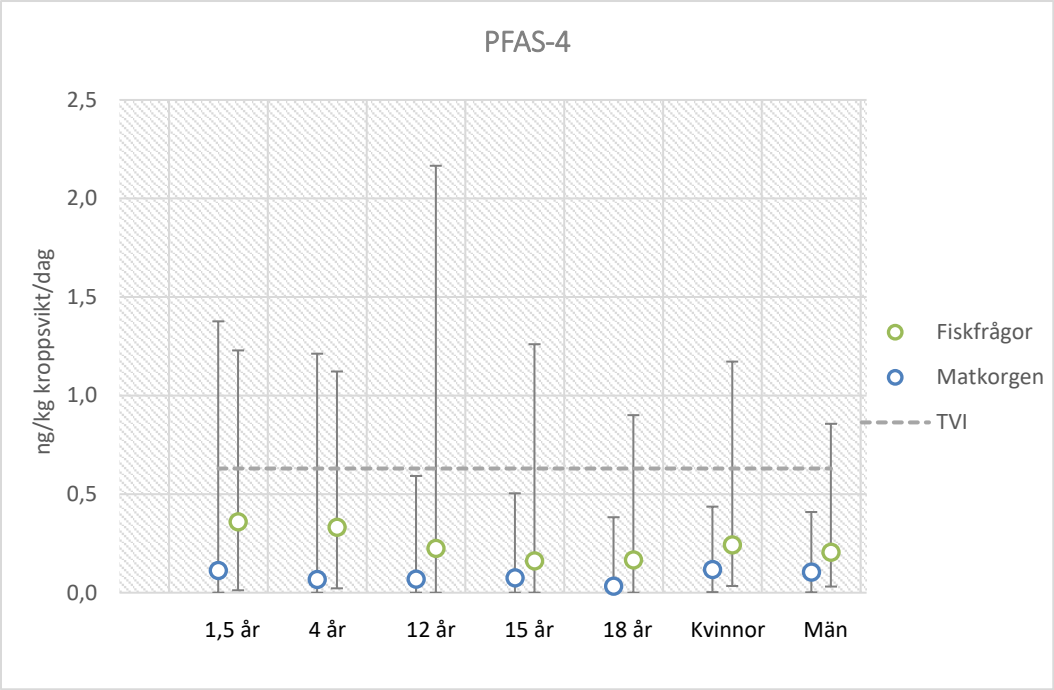
Figur 1. Medelhalter av PFAS-4 samt övriga PFAS för olika grupper av fisk och skaldjur (n=1-9), kött (n=2-5), ekologiska ägg (n=2) och matkorgsgrupperna ägg, samt fet och mager fisk (n=3). Resultaten redovisas som lower bound (halter <LOQ=0).

Exponeringsuppskattningar

Bakgrundsexponering

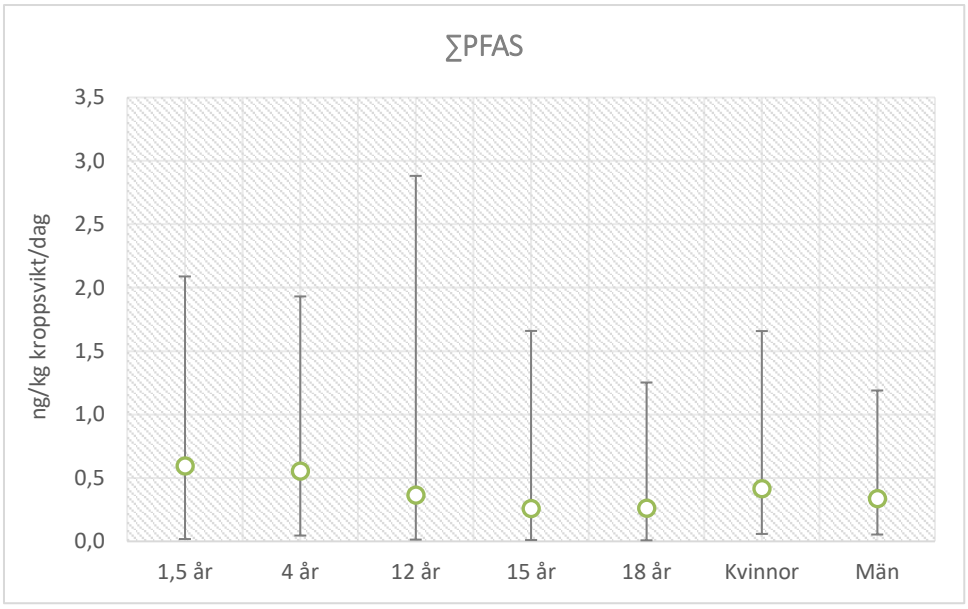
Exponeringsuppskattningar av intaget av PFAS från mat för småbarn, ungdomar och vuxna gjordes för både PFAS-4 och ∑PFAS, där intaget av PFAS-4 jämfördes med Efsas fastställda TVI (Efsa, 2020). I Figur 2 visas den uppskattade exponeringen av PFAS-4 enligt två olika beräkningssätt, dels enbart baserat på uppmätta halter i matkorgsgrupperna, indelat efter mager och fet fisk (Matkorgen), samt med medelkoncentrationer i fisk från de enskilda proverna utifrån de mer specifika frågorna om fiskkonsumtion (Fiskfrågor), se gruppering och halter i Tabell A3.1 (Appendix 3. Halter fiskgrupper). Resultaten visar att medianexponeringen ligger under Efsas TVI i samtliga åldersgrupper (Figur 2). När matkorgshalterna för fisk använts överskrider 16–19 % av småbarnen TVI samt 1–4 % av ungdomarna och de vuxna. När fiskhalterna från de enskilda proverna använts blir den uppskattade exponeringen högre och 21–24 % av småbarnen, 11-22 % av ungdomarna och 10-14 % av de vuxna överskrider TVI. Att intaget blir högre när enskilda fiskfrågor användes beror troligen delvis på att intagen överskattas (utöver att halterna är högre i vissa fisksorter). Fiskkonsumtionen blir ofta högre när man summerar fler frågor om olika fisksorter jämfört med en enkätfråga om total fiskkonsumtion eller vad som registreras i matdagbok eftersom det kanske är svårare att bedöma hur ofta man äter specifika fisksorter. En annan osäkerhet är att personer med längre utbildning äter mer fisk och ofta är överrepresenterade i matvaneundersökningar, varför fiskkonsumtionen troligen överskattas något i en matvaneundersökning jämfört med hela befolkningen (Livsmedelsverket 2012; 2018; 2024c).

I jämförelse med tidigare intagsberäkningar av PFAS-4 från den svenska befolkningen visar denna studie på ett 3–10 gånger lägre intag (Livsmedelsverket, 2022). Detta på grund av att halterna i mat var högre 2015 jämfört med 2022, men även att PFAS detekterades i fler livsmedelsgrupper i matkorgstudien 2015. Exponeringsuppskattningarna är också lägre jämfört med Efsas beräkningar, och de livsmedelsgrupper som bidrar mest till exponeringen (fisk och ägg) överensstämmer med Efsa, däremot hittades inga PFAS halter i frukt och grönsaker, något som Efsa anser ger ett betydande bidrag till exponeringen för PFAS-4 (EFSA 2020).

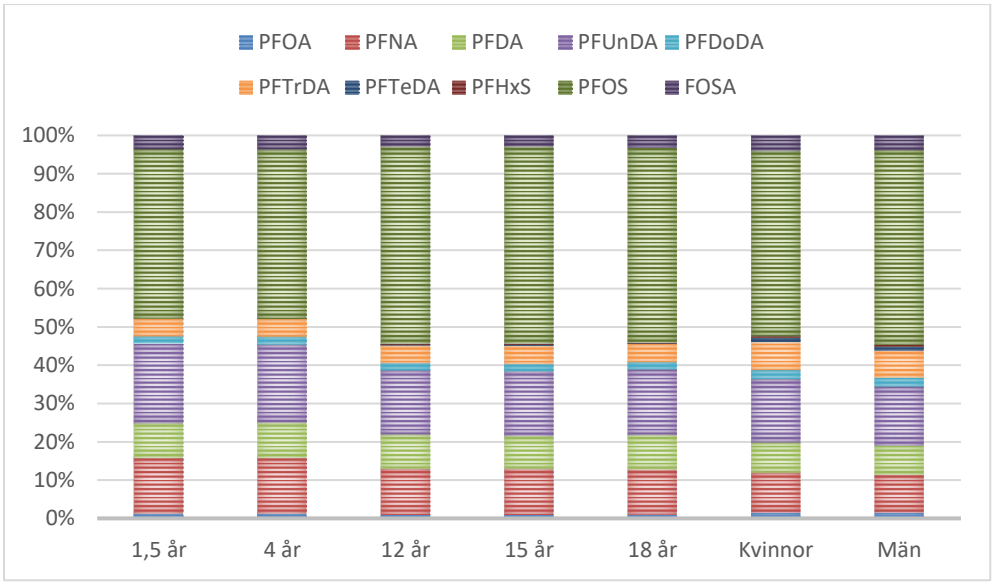


Figur 2. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 för barn (1,5 och 4 år), ungdomar (12, 15 och 18 år) samt vuxna kvinnor och män (18-80 år) baserat på halter från Matkorgen 2022 (Matkorgen) samt halter från de enskilda fiskproverna (Fiskfrågor). Konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073) och Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694) har använts. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

Exponeringsuppskattningar av ∑PFAS visade på ett 50-75 % högre medianintag (Figur 3) jämfört med intaget av PFAS-4 (Figur 2). Högst medianexponering ses hos 1,5 och 4-åringar på 0,55-0,60 ng/kg kroppsvikt/dag (se Figur 3). För resterande åldersgrupper ligger medianexponeringen mellan 0,34-0,42 ng/kg kroppsvikt/dag för vuxna och mellan 0,26-0,37 ng/kg kroppsvikt/dag för ungdomar. Sett till medianexponeringen utgör PFAS-4 mellan 59-63 % av ∑PFAS, där PFOS bidrar till störst del (Figur 4). Utöver PFAS-4 bidrar PFUnDA till stor del till ∑PFAS (15-21 %), följt av PFDA (8-9 %) och PFTrDA (5-7 %). Resultaten visar att den svenska befolkningen exponeras för fler PFAS än de fyra som Efsa har fastställt ett TVI för, och att det därför finns ett stort behov av riskvärderingar av fler PFAS.



Figur 3. Medianexponering (5-95 percentilen) för barn (1,5 och 4 år), ungdomar (12, 15 och 18 år) samt vuxna kvinnor och män (18-80 år), baserat på halter från de enskilda fiskproverna. Konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073) och Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694) har använts. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



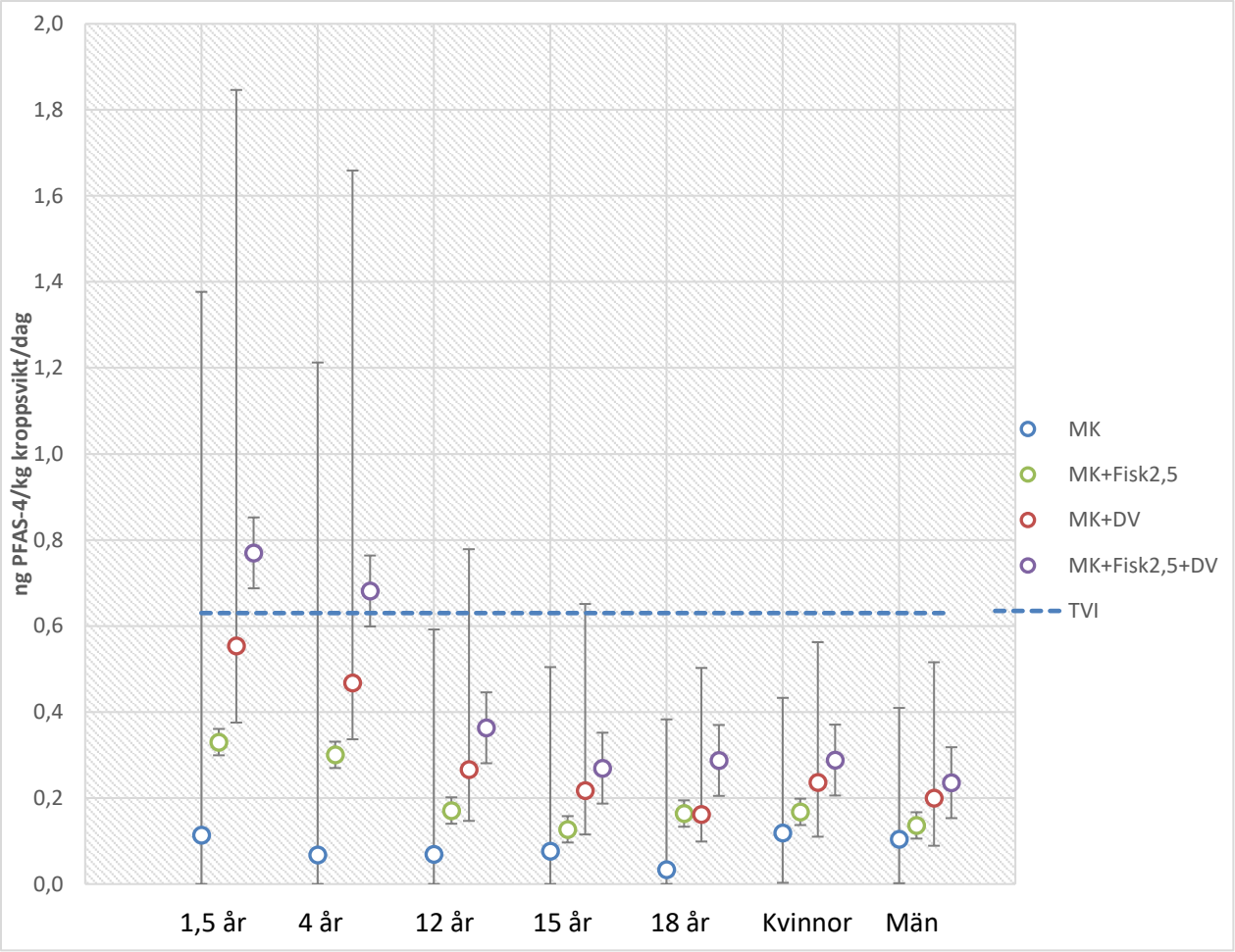
Figur 4. Fördelningen mellan de PFAS som detekterats baserat på medianexponeringen av ∑PFAS för olika åldersgrupper. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

Scenarier PFAS-4

Intag från dricksvatten och fisk enligt Livsmedelsverkets kostråd

Konsumtion av dricksvatten och fisk är de viktigaste exponeringskällorna för PFAS. Därför gjordes scenarioberäkningar för att undersöka intaget utifrån det kommande gränsvärdet för PFAS-4 i dricksvatten och Livsmedelsverkets kostrekommendationer för fiskkonsumtion. I Figur 5 visas bakgrundsexponeringen baserat på halter av PFAS-4 i matkorgsgrupperna (MK) samt tre olika scenarier. När en fiskkonsumtion på 2,5 gånger per vecka (MK+Fisk2,5) adderas till bakgrundsexponeringen ökar exponeringen i samtliga grupper. När bidraget från dricksvatten adderas till bakgrundsexponeringen (MK+DV) ökar intaget ytterligare. Bidraget från dricksvatten ger en ökning av medianexponeringen med 5-7 gånger hos 1,5- och 4-åringarna, 3-5 gånger hos 12-, 15- och 18-åringarna samt 2 gånger hos de vuxna. Högst intag ses när både dricksvatten samt konsumtion av fisk 2,5 ggr/v adderats (MK+Fisk2,5+DV). Vid samtliga scenarioberäkningar ligger dock medianexponeringen under TVI, förutom för 1,5- och 4-åringarna vid scenariot ”MK+Fisk2,5+DV”.

Resultaten visar att de flesta befolkningsgrupper, förutom små barn, hamnar under TVI vid konsumtion av livsmedel från den svenska marknaden, även då dricksvattenkonsumtion och konsumtion av fisk enligt Livsmedelsverkets kostråd inkluderas. Mindre barn har en högre exponering, vilket är väntat, då barn äter mer i förhållande till sin kroppsvikt jämfört med vuxna. Även Efsa konstaterar detta förhållande i sin riskvärdering från 2020, och menar att detta inte behöver innebär en risk då barnen passerat den känsliga perioden (foster och amningsperioden) och halterna i kroppen kommer att sjunka när barnet växer (Efsa, 2020).



Figur 5. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos olika åldersgrupper baserat på matkorgshalter (MK), samt tre olika scenarioberäkningar. Scenario 1: Konsumtion av fisk 2,5 gånger per vecka (MK+fisk2,5), Scenario 2: Konsumtion av dricksvatten (4 ng PFAS-4/L (MK+DV), Scenario 3: sammanslagning av Matkorg, fiskkonsumtion 2,5 ggr samt dricksvatten (MK+Fisk2,5+DV). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073) och Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694) har använts. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

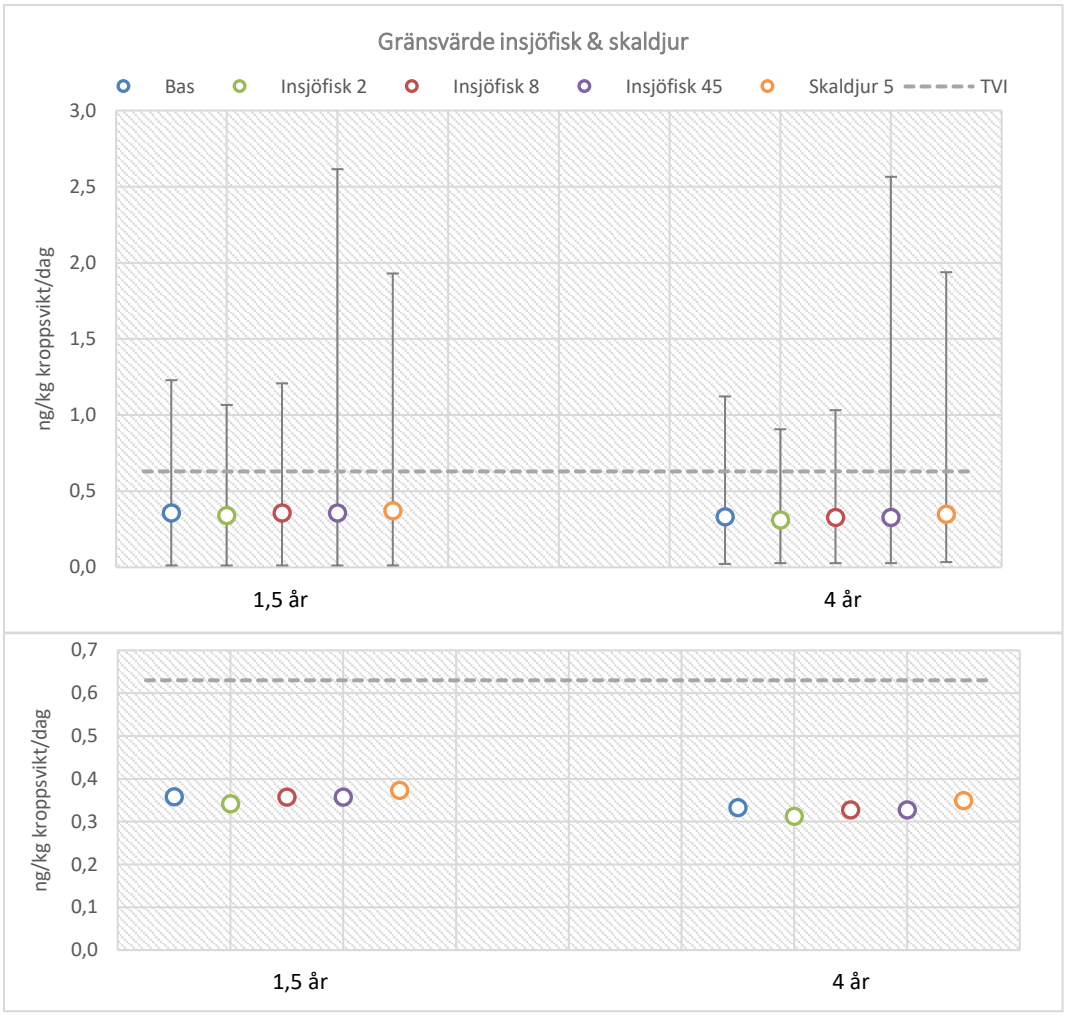
Gränsvärden och medelhalter från de enskilda proverna

Insjöfisk och skaldjur

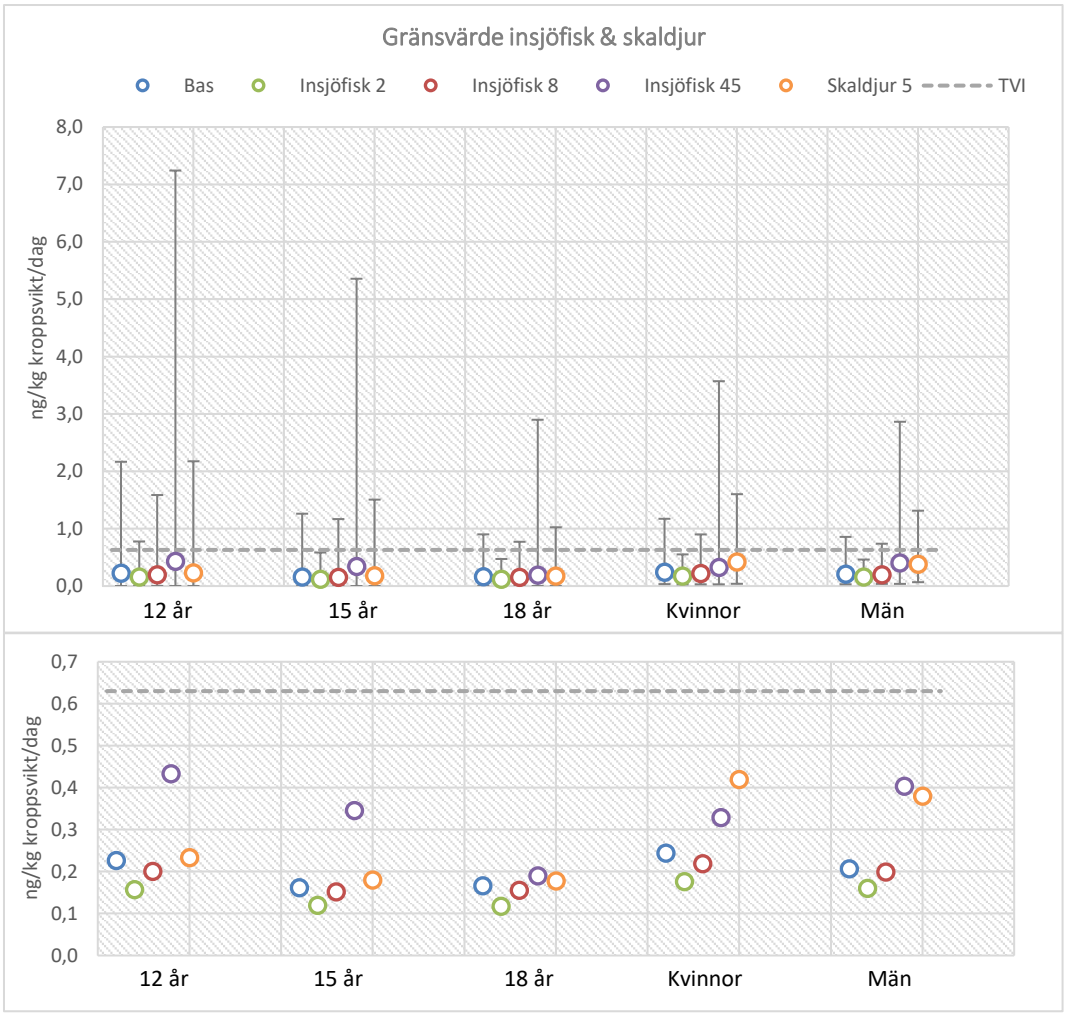
I Figur 6 och Figur 7 visas olika scenarioberäkningar där halten i insjöfisk ersatts med EU-kommissionens tre olika gränsvärden, 2, 8 och 45 ng/g för PFAS-4 i fisk, samt halten i skaldjur till gränsvärdet 5 ng/g (2023/915). I bakgrundsberäkningen (Bas) används den uppmätta medelhalten i insjöfisk enligt tidigare beräkningar (10,5 ng PFAS-4/g, se Tabell 7). I samtliga scenarier är medianexponeringen under Efsas TVI. För de 1,5- och 4-åriga barnen påverkas inte exponeringen nämnvärt i de olika scenarioberäkningarna vilket sannolikt beror av att konsumtionen av insjöfisk är relativt låg. För de 12-, 15- och 18-åriga ungdomarna samt de vuxna ses ett tydligare mönster av ökande exponering med ökande halt. Hos de vuxna ger även scenariot med skaldjur vid gränsvärdet en högre exponering, vilket sannolikt beror av en högre skaldjurskonsumtion hos de vuxna jämfört med barnen och ungdomarna.

I Figur 8 visas andelen personer som överskrider TVI i de olika scenarierna fördelat på de olika åldersgrupperna. Hos de 1,5- och 4-åriga barnen överskrider mellan med 13 och 27 % TVI. Hos ungdomarna överskrids TVI med mellan 30 och 41 % vid det högsta gränsvärdet för fisk (45 ng/g). Hos vuxna överskrider ungefär en tredjedel TVI vid scenariot med det högsta gränsvärdet för fisk samt med gränsvärdet för skaldjur.

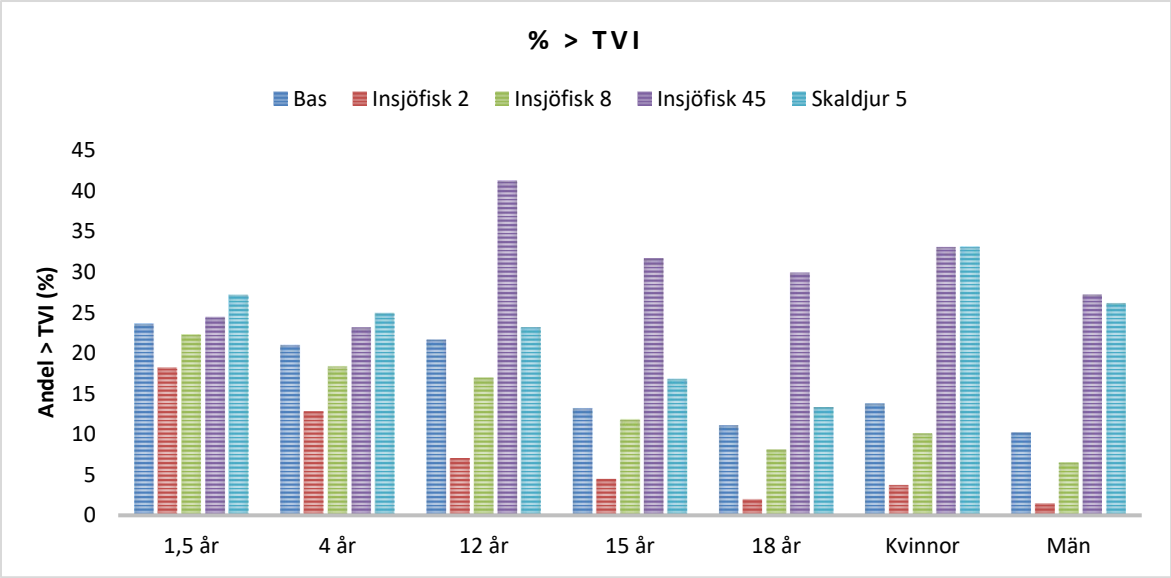
Resultaten visar att insjöfisk med en halt vid det högsta gränsvärdet för fisk kan konsumeras utan att TVI överskrids, sett till medianexponeringen. Dock finns det individer med en högre konsumtion, där en regelbunden konsumtion av fisk med högre halter, kan innebära en exponering som överskrider Efsas TVI.



Figur 6. Medianexponering av PFAS-4 hos 1,5- och 4-åriga barn i fyra olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694). Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna samt halter från de enskilda fiskproverna (se ”Fiskfrågor” i Figur 2). I de tre första scenarierna har halten för insjöfisk ersatts med de olika gränsvärdena för fisk (2, 8 och 45 ng PFAS-4/g), samt i det fjärde halten för skaldjur till gränsvärdet för skaldjur (5 ng PFAS-4/g). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Den övre figuren visar medianexponeringen, med 5-95:e percentilen, och den nedre enbart medianexponeringen. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



Figur 7. Medianexponering av PFAS-4 hos 12-, 15- och 18-åriga ungdomar samt vuxna kvinnor och män (18-80 år) i fyra olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073). Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna samt halter från de enskilda fiskproverna (se ”Fiskfrågor” i Figur 2). I de tre första scenarierna har halten för insjöfisk ersatts med de olika gränsvärdena för fisk (2, 8 och 45 ng PFAS-4/g), samt i det fjärde halten för skaldjur till gränsvärdet för skaldjur (5 ng PFAS-4/g). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Den övre figuren visar medianexponeringen, med 5-95:e percentilen, och den nedre enbart medianexponeringen. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



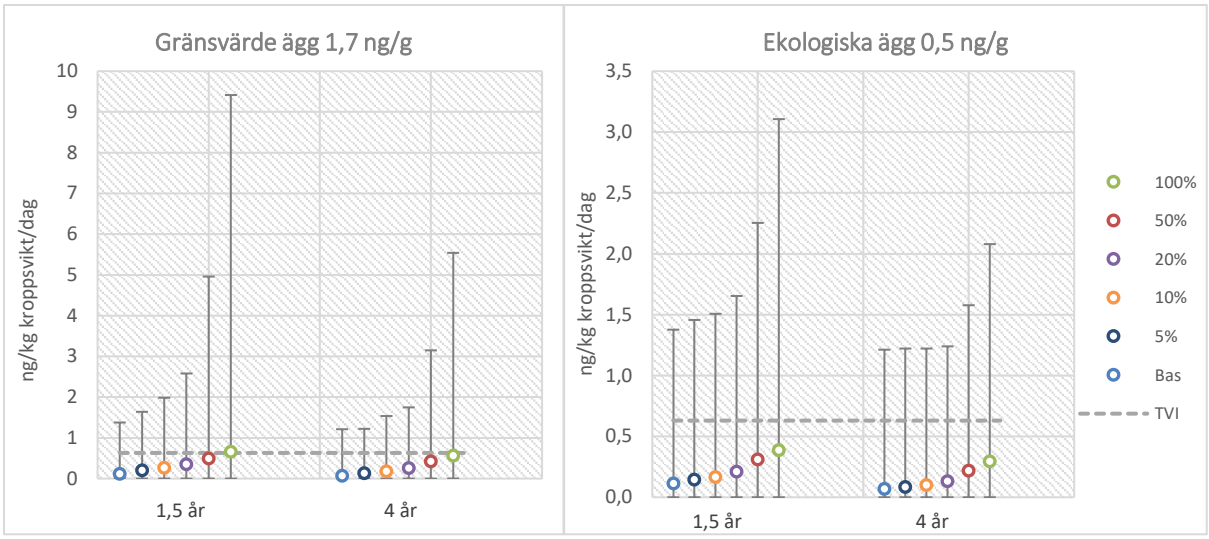
Figur 8. Andel som överskrider Efsa:s TVI i fyra olika scenarier fördelat på olika åldersgrupper. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna samt halter från de enskilda fiskproverna (se ”Fiskfrågor” i Figur 2). I de tre första scenarierna har halten för insjöfisk ersatts med de olika gränsvärdena för fisk (2, 8 och 45 ng PFAS-4/g), samt i det fjärde halten för skaldjur till gränsvärdet för skaldjur (5 ng PFAS-4/g). Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

Ägg

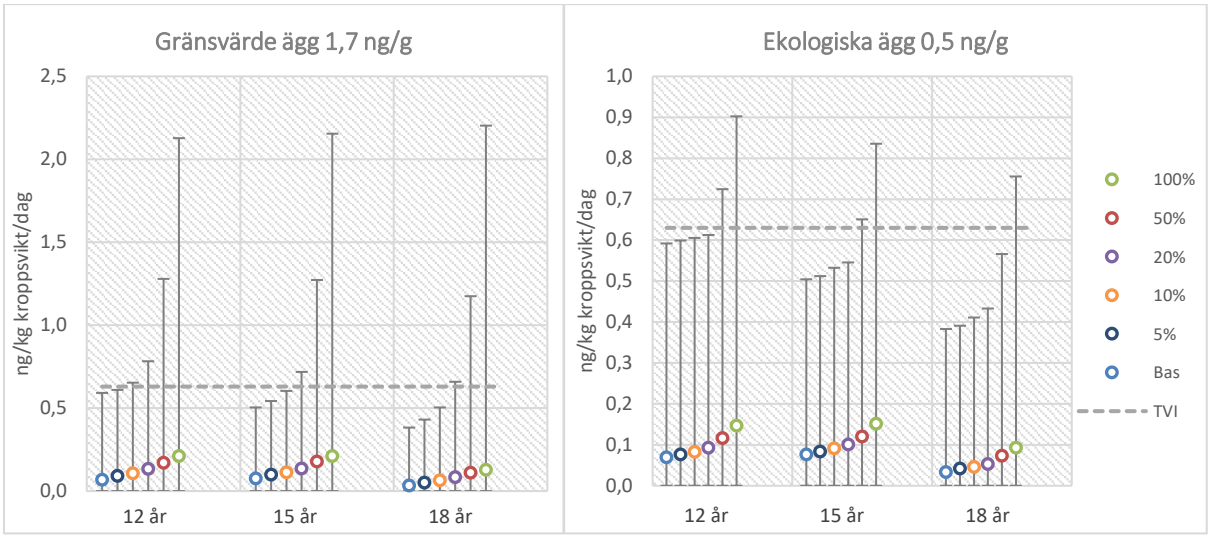
För ägg beräknades flera scenarier, där 5–100 % av äggen som konsumerades antingen hade en halt vid gränsvärdet för ägg (1,7 ng PFAS-4/g (2023/915)) eller vid den uppmätta medelhalten i ekologiska ägg (0,5 ng PFAS-4/g, se Tabell 7). Resterande äggkonsumtion antogs ha den halt som uppmätts i matkorgsgruppen ägg (se Tabell 6). I båda scenarierna låg medianexponeringen under TVI för samtliga åldersgrupper förutom 1,5-åringarna, om all konsumtion av ägg (100 %) hade en halt vid gränsvärdet (GV) (se Figur 9, Figur 10 och Figur 11).

I båda scenarierna var medianexponeringen högst hos 1,5- och 4-åriga barn (0,13–0,66 (GV), 0,09-0,39 (eko) ng/kg kroppsvikt/dag), följt av de vuxna (0,13-0,55 (GV), 0,11-0,25 (eko) ng/kg kroppsvikt/dag) samt de 12-, 15- och 18-åriga ungdomarna (0,05-0,21 (GV), 0,04-0,15 (eko) ng/kg kroppsvikt/dag).

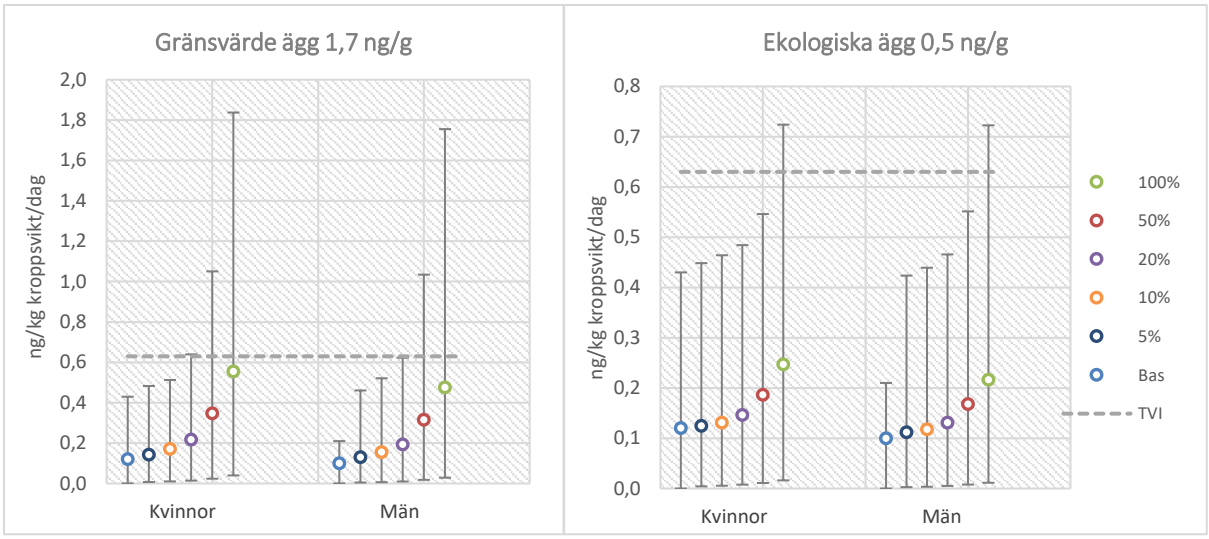
Resultaten visar att det finns utrymme för konsumtion av ägg med en högre halt. I nästan alla åldersgrupper kan samtliga ägg som konsumeras ha en halt vid gränsvärdet utan att TVI överskrids, sett till medianexponeringen. Då halterna som uppmätts i matkorgsgruppen ägg och de ekologiska äggproverna är lägre än gränsvärdet, överskattas sannolikt den genomsnittliga exponeringen hos den svenska befolkningen om all äggkonsumtion har en halt vid gränsvärdet.



Figur 9. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 1,5- och 4-åriga barn i två olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694), där 5-100 % av äggen som konsumeras har, i det ena, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i ägg och, i det andra, den uppmätta medelhalten av PFAS-4 i ekologiska ägg. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



Figur 10. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 12-, 15- och 18-åriga ungdomar i två olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073), där 5-100 % av äggen som konsumeras har, i det ena, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i ägg och, i det andra den uppmätta medelhalten av PFAS-4 i ekologiska ägg. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

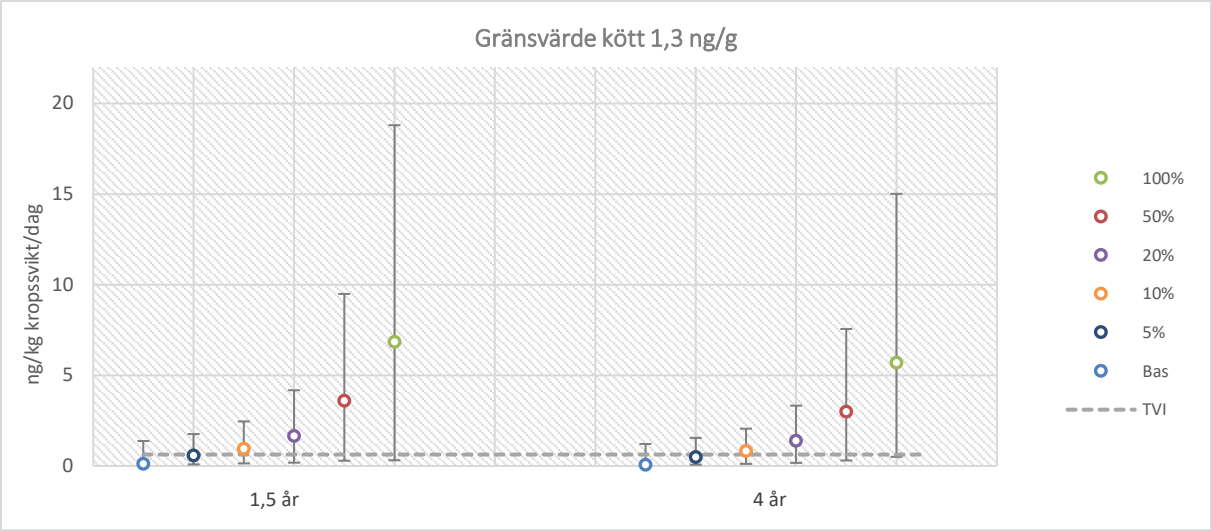


Figur 11. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos vuxna kvinnor och män (18-80 år) i två olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), där 5-100 % av äggen som konsumeras har, i det ena, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i ägg och, i det andra den uppmätta medelhalten av PFAS-4 i ekologiska ägg (n=2). Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

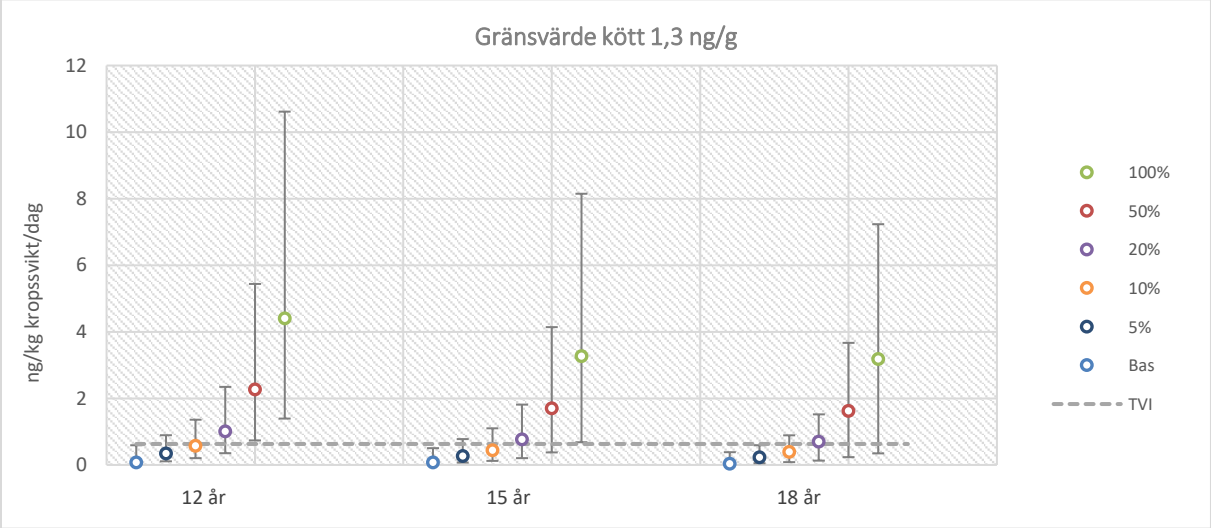
Kött

För kött beräknades scenarier, där 5-100 % av allt kött som konsumerades hade en halt vid gränsvärdet (1,3 ng PFAS-4/g (2023/915)). Då de analyserade proverna från matkorgsgruppen kött inte hade några kvantifierbara halter av PFAS, sattes halten till 0 för den resterande delen av köttkonsumtionen, då halterna är beräknade enligt LB. För de 1,5- och 4-åriga barnen överskreds TVI i samtliga scenarier förutom om enbart 5 % av köttet som åts hade en halt vid gränsvärdet (Figur 12). I resterande scenarier med de små barnen låg medianexponeringen från 0,8 upp till 6,9 ng/kg kroppsvikt/dag. För ungdomarna kunde 5-10 % av det kött som konsumerades ha en halt vid gränsvärdet utan av TVI överskreds (Figur 13). I övriga scenarier var exponeringen lägre än hos de små barnen, som högst 4,4 ng/kg kroppsvikt/dag. De vuxna hade lägst medianexponering, mellan 0,2 och 2,7 ng/kg kroppsvikt/dag i de olika scenarierna, där 10-20 % av köttet som konsumerades kunde ha en halt vid gränsvärdet utan av TVI överskreds (Figur 14).

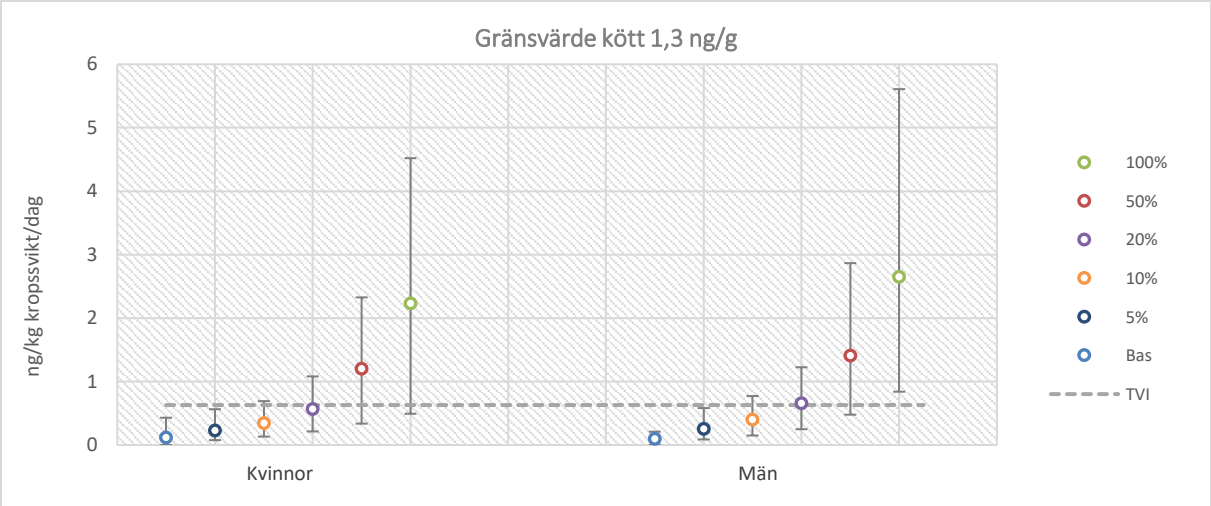
Sett till att konsumtionen av kött är relativt hög, i jämförelse med till exempel ägg och fisk, så får en kötthalt vid gränsvärdet ett relativt stort genomslag i exponeringsuppskattningarna. TVI, sett till medianexponeringen, överskrids även när en relativt liten andel av köttet som konsumeras har en halt vid gränsvärdet. Med tanke på att inga kvantifierbara halter påträffades i proverna från matkorgsgruppen kött, och inte heller i de enskilda köttproverna, förutom i vilt och leverpastej, är scenarierna med en konsumtion av kött vid gränsvärdet sannolikt överskattade. Dock kan det finnas delar av befolkningen med en högre exponering, som exempelvis främst konsumerar lokalt producerat kött i anslutning till ett förorenat område.



Figur 12. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 1,5- och 4-åriga barn utifrån konsumtionsdata från Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694), där 5-100 % av köttet som konsumeras har en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i kött. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



Figur 13. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 12-, 15- och 18-åriga ungdomar utifrån konsumtionsdata från Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073), där 5-100 % av köttet som konsumeras har, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i kött. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

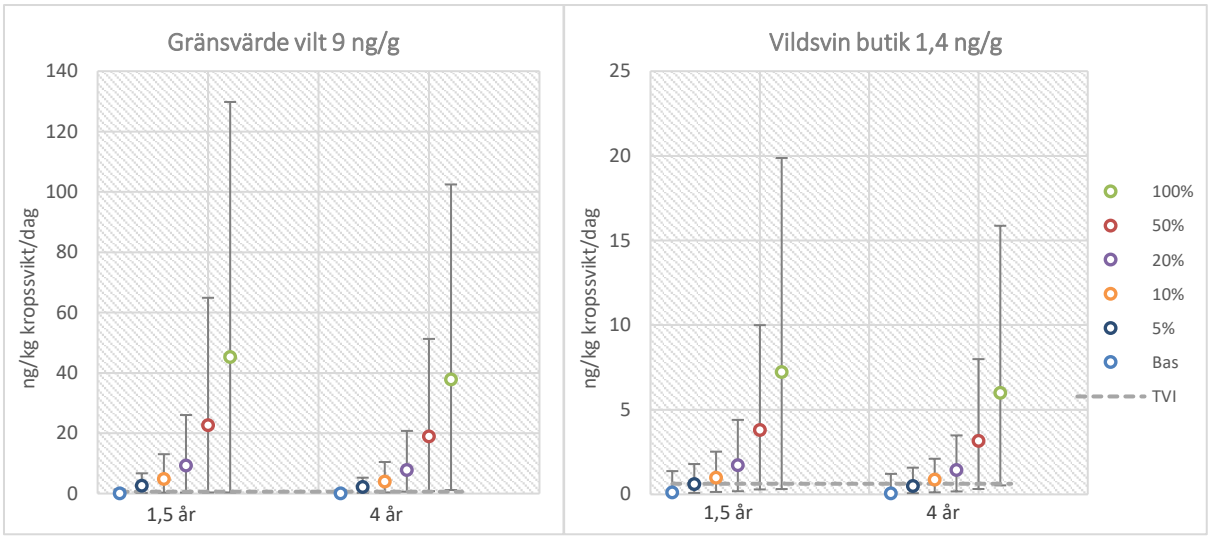


Figur 14. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos vuxna kvinnor och män (18-80 år) utifrån konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), där 5-100 % av köttet som konsumeras har en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i kött. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

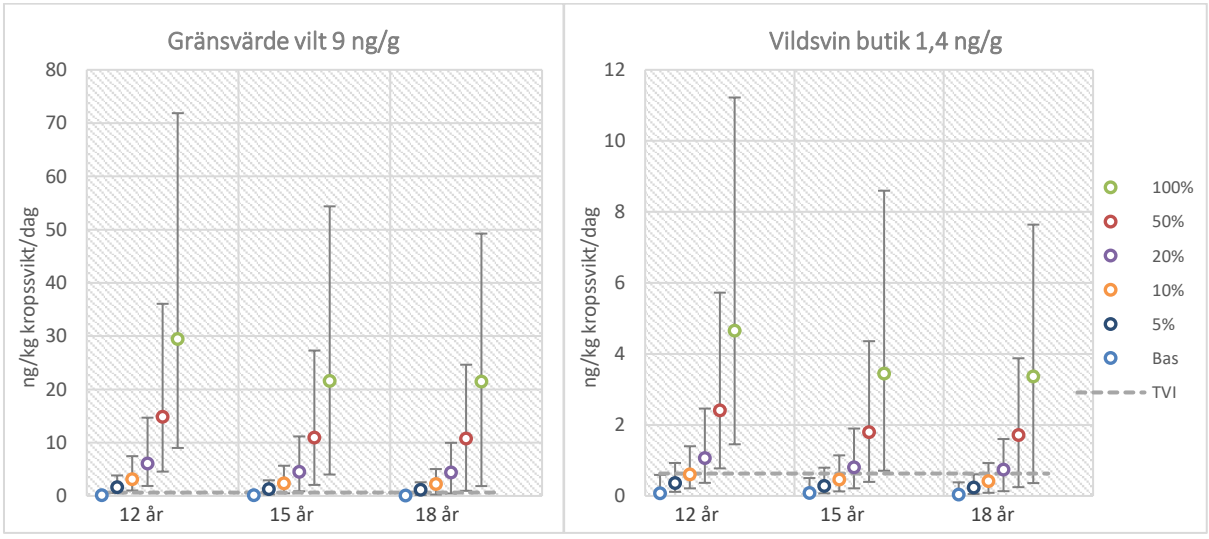
Viltkött

För viltkött beräknades scenarier där 5–100 % av köttet som konsumerades antingen hade en halt vid gränsvärdet för kött från vilt (9 ng PFAS-4/g (2023/915)) eller vid den uppmätta medelhalten i vildsvin (1,4 ng PFAS-4/g, se Tabell 7). Då de analyserade proverna från matkorgsgruppen kött inte hade några kvantifierbara halter av PFAS, sattes halten till 0 för den resterande delen av köttkonsumtionen, då halterna är beräknade enligt LB. Med en halt vid gränsvärdet överskred medianexponeringen TVI i samtliga åldersgrupper. För 1,5- och 4-åringarna varierade medianexponeringen mellan 2,2 och 45 ng/kg kroppsvikt/dag med en halt vid gränsvärdet (Figur 15), för 12-, 15- och 18-åringarna mellan 1,1 och 29 ng/kg kroppsvikt/dag (Figur 16) och för de vuxna mellan 0,9 och 17 ng/kg kroppsvikt/dag (Figur 17). I det andra scenariot, kunde 5 % av 1,5- och 4-åringarnas köttkonsumtion ha den uppmätta medelhalten från vildsvinsproverna utan att TVI överskreds (Figur 15), samt 5-10 % av ungdomarnas (Figur 16) och 10 (män) till 20 % (kvinnor) av de vuxnas (Figur 17).

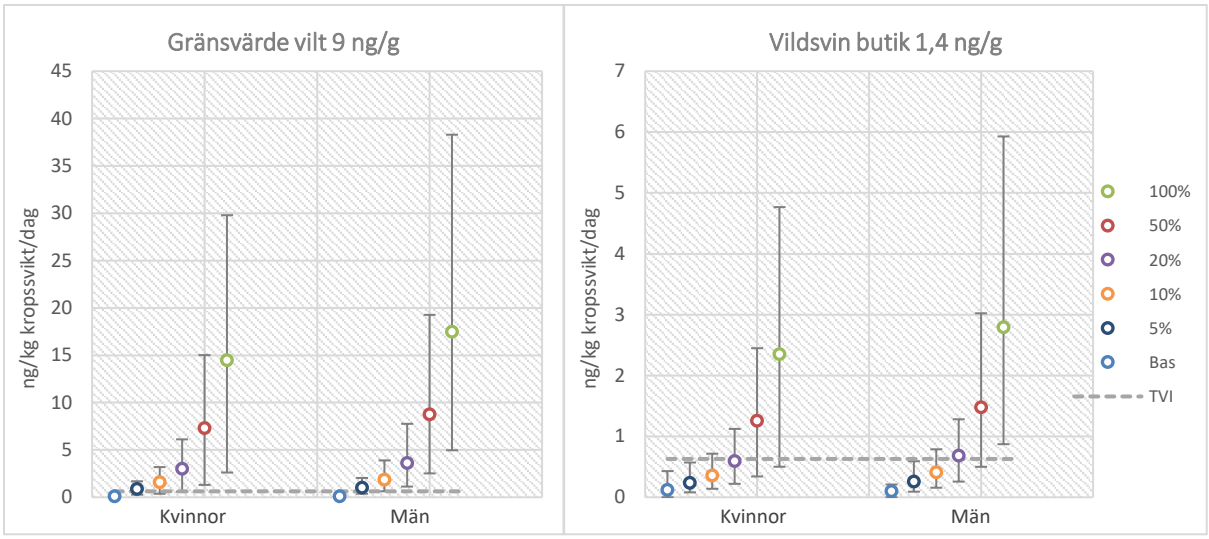
Då gränsvärdet för viltkött är högre än för kött, och konsumtionen av kött är relativt hög, är utrymmet litet för en förhöjd halt innan TVI överskrids. Med liknande resonemang som för kött, så överskattas sannolikt exponeringen i den genomsnittliga svenska befolkningen i dessa scenarier, då den uppmätta medelhalten i vildsvin är lägre än gränsvärdet, och rådjurs- och älgproven inte hade några kvantifierbara halter. Dock kan det finnas delar av befolkningen med en högre exponering, exempelvis personer som äter stora mängder vildsvinskött eller där en stor del av köttet som konsumeras utgörs av viltkött från ett förorenat område.



Figur 15. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 1,5- och 4-åriga barn i två olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694), där 5-100 % av köttet som konsumeras har, i det ena, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i kött från vilt och, i det andra den uppmätta medelhalten av PFAS-4 i vildsvin (n=5). Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



Figur 16. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 12-, 15- och 18-åriga ungdomar i två olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073), där 5-100 % av köttet som konsumeras har, i det ena, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i kött från vilt och, i det andra den uppmätta medelhalten av PFAS-4 i vildsvin. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

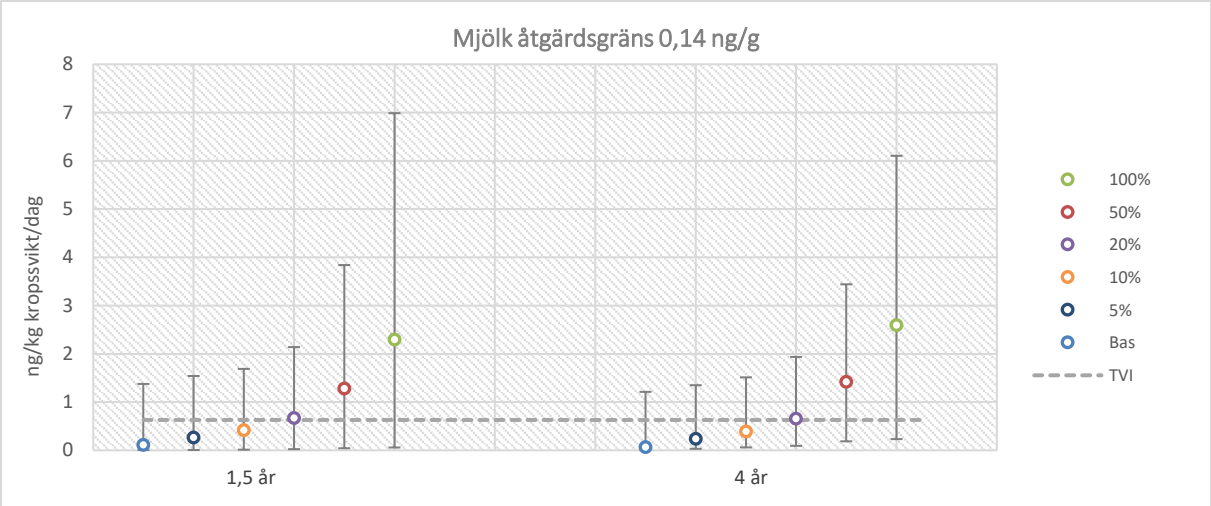


Figur 17. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos vuxna kvinnor och män (18-80 år) i två olika scenarier utifrån konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), där 5-100 % av köttet som konsumeras har, i det ena, en halt vid gränsvärdet för PFAS-4 i kött från vilt och, i det andra den uppmätta medelhalten av PFAS-4 i vildsvin. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

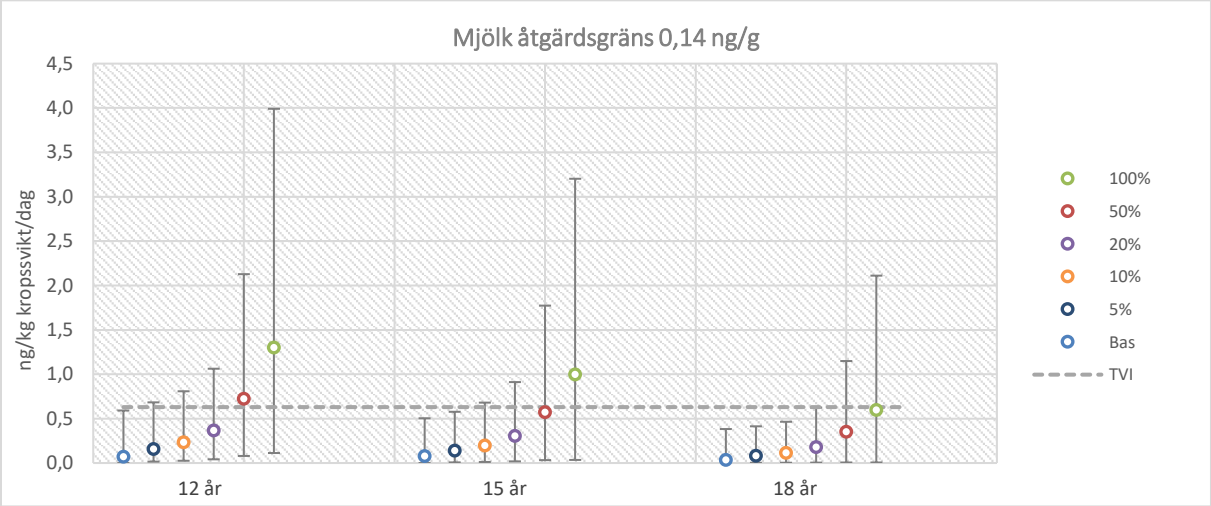
Mjölk

Då det inte finns något gränsvärde för mjölk beräknades i stället scenarier baserat på Kommissionens åtgärdsgräns för PFAS-4 i mjölk (Rekommendation (EU) 2022/1431) på 0,14 ng PFAS-4/g. Konsumtionsdata för matkorgsgruppen mager mejeri, som till stor del består av mjölk, användes. Då de analyserade proverna från denna grupp inte hade några kvantifierbara halter av PFAS, sattes halten till 0 för den resterande delen av mjölkkonsumtionen, då halterna är beräknade enligt LB. Hos de små barnen (1,5 och 4 år) kunde upp till 10 % den mjölk som konsumerades ha en halt vid åtgärdsgränsen, utan att TVI överskreds (Figur 18), i median, 20 % av 12-åringarnas, 50 % av 15-åringarnas (Figur 19) och de vuxna kvinnornas konsumtion (Figur 20). Hos 18-åringarna kunde all mjölk som konsumerades ha en halt vid åtgärdsgränsen utan att TVI överskreds (Figur 19), sett till medianexponeringen, detsamma gällde de vuxna männen (Figur 20).

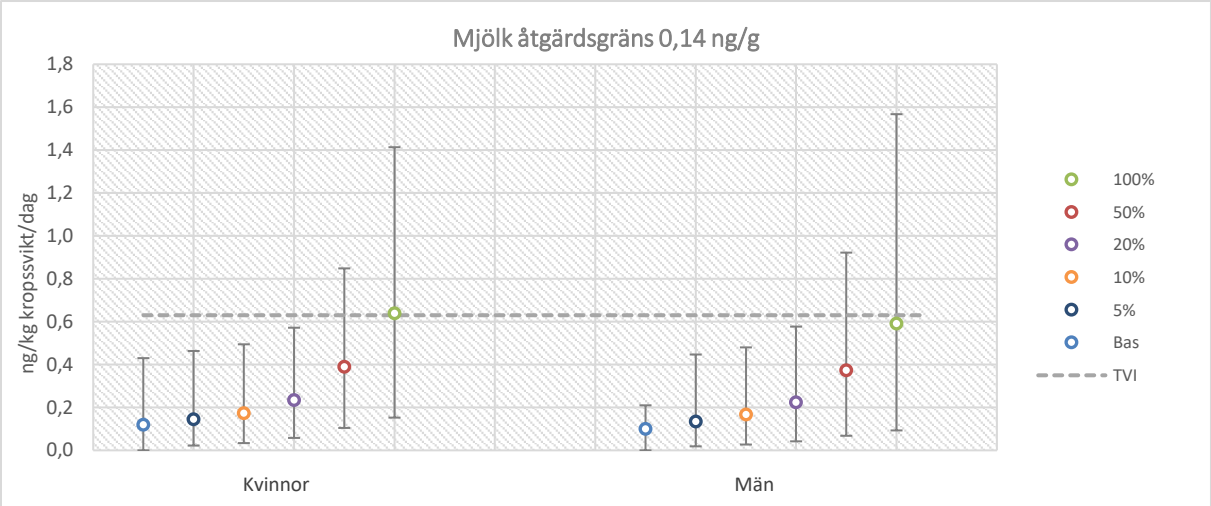
Trots att åtgärdsgränsen för mjölk är relativ låg så överskrids TVI i de yngre åldersgrupperna även när en relativt liten andel av konsumtionen utgörs av mjölk med en halt vid åtgärdsgränsen, då konsumtionen av mejeriprodukter i den svenska befolkningen är relativt hög. Äldre barn och vuxna har ett större utrymme för konsumtion av mjölk med förekomst av PFAS-4. Då inga kvantifierbara halter påträffats i matkorgsgrupperna fet och mager mejeri är sannolikt exponeringen av PFAS-4 från mjölk låg i den genomsnittliga svenska befolkningen.



Figur 18. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 1,5- och 4-åriga barn utifrån konsumtionsdata från Riksmaten småbarn 2021-2023 (n=1694), där 5-100 % av de magra mejeriprodukter som konsumeras har en halt vid Kommissionens åtgärdsgräns för PFAS-4 i mjölk. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



Figur 19. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos 12-, 15- och 18-åriga ungdomar utifrån konsumtionsdata från Riksmaten ungdom 2016-2017 (n=3073), där 5-100 % av de magra mejeriprodukter som konsumeras har, en halt vid Kommissionens åtgärdsgräns för PFAS-4 i mjölk. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).



Figur 20. Medianexponering (5-95 percentilen) av PFAS-4 hos vuxna kvinnor och män (18-80 år) utifrån konsumtionsdata från Riskmaten vuxna 2010-2011 (n=1681), där 5-100 % av de magra mejeriprodukter som konsumeras har en halt vid Kommissionens åtgärdsgräns för PFAS-4 i mjölk. Bakgrundsexponeringen (bas) är baserat på halter från matkorgsgrupperna (se ”Matkorgen” i Figur 2). Den streckade linjen visar Efsa:s TVI. Halterna är beräknade som lower bound (halter <LOQ=0).

Slutsats

Av de analyserade matkorgsproverna hade majoriteten av livsmedelsgrupperna halter av PFAS under LOQ, med mätbara halter i ägg samt fet och mager fisk. PFAS detekterades i samtliga av de enskilda fisk- och skaldjursproverna, med högst halter i röding från Vättern samt fisk från Östersjön. Även i ekologiska ägg, vildsvin, ren och leverpastej fanns mätbara halter av PFAS. Totalt kunde 11 av de 14 analyserade PFAS detekteras i de enskilda proverna. Alla frukt- och grönsaksprover samt övriga köttprover hade halter under LOQ.

Exponeringsuppskattningarna visar att de flesta befolkningsgrupper, förutom små barn, hamnar under TVI vid konsumtion av livsmedel från den svenska marknaden, även då dricksvattenkonsumtion och konsumtion av fisk enligt Livsmedelsverkets kostråd adderas. I jämförelse med tidigare intagsberäkningar av PFAS-4 från den svenska befolkningen visar denna studie på ett lägre intag på grund av att halterna har sjunkit i maten. Mindre barn har en högre exponering, vilket är väntat, då barn äter mer i förhållande till sin kroppsvikt än vuxna. Även Efsa konstaterar detta förhållande i sin riskvärdering från 2020, och menar att detta inte behöver innebära en risk då barnen passerat den känsliga perioden (foster och amningsperioden) och halterna i kroppen kommer att sjunka när barnet växer. Ungefär 60 % av exponeringen från mat utgörs av PFAS-4 vilket visar på behovet av riskvärderingar för fler PFAS för att bedöma hälsorisker.

Scenarioberäkningar med intag av livsmedel vid gränsvärdet visar att insjöfisk med en halt vid det högsta gränsvärdet för fisk kan konsumeras utan att TVI överskrids, sett till medianexponeringen. Även för ägg finns ett visst utrymme hos de flesta åldersgrupper för halter vid gränsvärdet. För kött och vilt däremot är utrymmet mindre, då konsumtionen är relativt hög, och enbart en liten mängd av det kött som äts kan ha en halt vid gränsvärdet innan TVI överskrids. För mjölk är det framför allt de minsta barnen som riskerar att överskrida TVI om en för stor andel av den mjölk som konsumeras har en halt vid åtgärdsgränsen. Då inga halter av PFAS har kunnat kvantifieras i matkorgsgrupperna fet och mager mejeri, eller i kött är sannolikt exponeringen från dessa livsmedel låg i den genomsnittliga befolkningen. Dock kan det finnas delar av befolkningen med en högre exponering som till exempel de som ofta konsumerar fisk från kontaminerade sjöar eller vildsvinskött.

Tack till

Tack till Naturvårdsverket för finansiering av studien. Tack även till personal på Livsmedelsverket för beredning av prover inför kemisk analys.

Referenser

Arioli, F., Ceriani, F., Nobile, M., Vigano', R., Besozzi, M., Panseri, S., & Chiesa, L. M. (2019). Presence of organic halogenated compounds, organophosphorus insecticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in meat of different game animal species from an Italian subalpine area. Food Additives & Contaminants: Part A, 36(8), 1244-1252.

Bjermo, H., Patterson, E., Petrelius Sipinen, J., Lignell, S., Stenberg, K., Larsson, E., Lindroos, A. K., Ottoson, J., Warensjö Lemming, E., & Moraeus, L. 2024. Design, Methods, and Participation in Riksmaten Young Children-A Swedish National Dietary Survey. Current developments in nutrition, 8(5), 102150. https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2024.102150

Darnerud, P. O., Atuma, S., Aune, M., Bjerselius, R., Glynn, A., Grawé, K. P., & Becker, W. (2006). Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, PCB, PBDE and chlorinated pesticides, eg DDT) based on Swedish market basket data. Food and chemical toxicology, 44(9), 1597-1606.

Efsa. 2017. Dietary reference values for nutrients. Summary report. EFSA supporting publication 14(12):15121E.

Efsa Contam Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). 2020. Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal 18(9):6223, 391pp.

Förordning (EU) 2023/915. Kommissionens förordning (EU) av den 25 april 2023 om gränsvärden för visa främmande ämnen i livsmedel. CL2023R0915SV0010010.0001.3bi_cp 1..1 (europa.eu)

GFK. 2023. GfK Panel Sverige [Online]. Available: https://panel.gfk.com/scan-se/hem?srcid=23185&gclid=EAIaIQobChMIl_-K2MyS_wIVHI1oCR1HQg0wEAAYASAAEgIKYfD_BwE

Granby, K., Ersbøll, B. K., Olesen, P. T., Christensen, T., & Sørensen, S. (2024). Per-and poly-fluoroalkyl substances in commercial organic eggs via fishmeal in feed. Chemosphere, 346, 140553.

Gyllenhammar, I., Benskin, J., Plassmann, M., Kruså, M., Hedvall Kallerman, P., & Lampa, E. 2023. Levels of poly-and perfluoroalkyl substances (PFAS) in individual serum samples from first-time mothers in Uppsala, Sweden: results from year 2020-2022, and temporal trends for the time period 1996-2022.

Hornborg, s., Bergman, k. & Ziegler, f. 2021. Svensk konsumtion av sjömat (in Swedish). Gothenburg, Sweden: RISE.

Karlsson, M., Jonsson, A., Viktor, T. 2024. KEAB rapport 2024:2. PFAS i konsumtionsfisk och signalkräfta från Hjälmaren och Mälaren. Rapport för Hjälmarens vattenvårdsförbund, Gräsön 2024-09-14.

Langberg, H. A., Hale, S. E., Breedveld, G. D., Jenssen, B. M., & Jartun, M. (2022). A review of PFAS fingerprints in fish from Norwegian freshwater bodies subject to different source inputs. Environmental Science: Processes & Impacts, 24(2), 330-342.

Lindfeldt, E., P Benskin, J., Plassmann, M., Kruså, M., Hedvall Kallerman, P., & Gyllenhammar, I. 2023. Report to the Swedish EPA (the Health-Related Environmental Monitoring Program: Levels of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) in serum from children at 4, 8 and 12 years of age, in Uppsala, Sweden: results from year 2020-2021 and temporal trends for the time period 2008-2022.

Livsmedelsverket. 2012. Amcoff E, Edberg A, Lindroos AK, Nälsén C, Pearson M, Warensjö Lemming E. Riksmaten - vuxna 2010-11. Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige. Livsmedelsverket, Uppsala.

Livsmedelsverket. 2017. Swedish Market Basket Survey 2015. Per capita-based analysis of nutrients and toxic compounds in market baskets and assessment of benefit or risk. Uppsala, Sweden: Swedish Food Agency.

Livsmedelsverket. 2018. Warensjö Lemming E, Moraeus L, Petrelius Sipinen J, Lindroos AK. Riksmaten ungdom 2016-2017. Livsmedelskonsumtion bland ungdomar i Sverige. Livsmedelverkets rapportserie nr 14. Uppsala.

Livsmedelsverket. Gyllenhammar I, Lindfeldt E, Ankarberg EH. 2022. Vetenskapligt underlag för PFAS i dricksvatten. Livsmedelsverkets PM. Uppsala.

Livsmedelsverket. 2024a. L 2024 nr 08: The Swedish Market Basket Study 2022 – Interim report. Per capita-based analyses of nutrients and toxic compounds in market baskets and assessment of benefit or risk. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala.

Livsmedelsverket. 2024b. Fisk och skaldjur – råd. Fisk och skaldjur - råd (livsmedelsverket.se)

Livsmedelsverket. 2024c. Moraeus L, Bjermo H, Petrelius Sipinen J, Patterson E, Larsson E, Stenberg K, Lindroos AK. L 2024 nr 12: Riksmaten småbarn 2021–24 – Så äter småbarn i Sverige. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala.

LIVSFS 2022:12. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten beslutade den 30 november 2022. LIVSFS 2022:12 (livsmedelsverket.se)

Mikolajczyk, S., Pajurek, M., & Warenik-Bany, M. 2022. Perfluoroalkyl substances in hen eggs from different types of husbandry. Chemosphere, 303, 134950.

Moraeus, L., Lemming, E. W., Hursti, U. K., Arnemo, M., Sipinen, J. P., & Lindroos, A. K. 2018. Riksmaten Adolescents 2016-17: A national dietary survey in Sweden - design, methods, and participation. Food & nutrition research, 62, 10.29219/fnr.v62.1381. https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1381

Nobile, M., Chiesa, L. M., Villa, R. E., Danesi, L., Arioli, F., & Panseri, S. 2024. Occurrence of perfluoroalkyl substances in canned tuna and their impact on food safety. Food Control, 159, 110301.

Rekommendation (EU) 2022/1431. Kommissionens Rekommendation (EU) 2022/1431 av den 24 augusti 2022 om övervakning av högfluorerade ämnen i livsmedel. L_2022221SV.01010501.xml (europa.eu)

Roseland, J. M., Nguyen, Q. A., Williams, J. R., Patterson, K. Y., Showell, B. & Pehrsson, P. R. 2017. USDA Table of Cooking Yields for Meat and Poultry. USDA Agricultural Research Service.

Stahl, T., Falk, S., Failing, K., Berger, J., Georgii, S., & Brunn, H. 2012. Perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate in liver and muscle tissue from wild boar in Hesse, Germany. Archives of environmental contamination and toxicology, 62, 696-703.

Suomi J, Rantakokko P, Airaksinen R, Raitaniemi J, Junttila V, Mikkelä A, Uusitalo L, Leskinen H, Pihlava J-M, Järvinen J, Jalava T, Kumar E, Koponen J, Ruuhijärvi J, Kulo K, Leinonen V, Ruokojärvi P, Mäkinen S, Keskinen T, Lampuoti J, Welling A, Tuominen P (2024). Annex 1 in: Domestic fish for more versatile and safer consumption. EU-fish IV (Finnish). Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2024:29. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-312-8; liite1-2024-06-25.xlsx (live.com).

WHO. 2017. Guidelines for drinking-water quality - 4th ed. World Health Organization, Geneva.

Zafeiraki, E., Gebbink, W. A., Hoogenboom, R. L., Kotterman, M., Kwadijk, C., Dassenakis, E., & van Leeuwen, S. P. 2019. Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands. Chemosphere, 232, 415-423.

Østerholt Dalane, J., Martinsen Bergvatn, T. A., Kielland, E. & Hauger Carlsen, M. 2015. Mål, vekt og porsjonsstørrelser for matvarer. 02/2015. Oslo, Norway: Mattilsynet, Universitetet i Oslo og Helsedirektoratet.

Appendix

Appendix 1. Prover

Tabell A1.1 Beskrivning av de enskilda proverna och deras innehåll.

Livsmedelsgrupp	Typ	Beskrivning av provens innehåll	n
Frukt	Färska bär	1: Jordgubbar 2: Blåbär, lingon	2
	Frysta bär	1: Hallon/blåbär, jordgubbar, hallon 2: Mango, hallon	2
	Citrus	1: Satsumas 2: Apelsin, citron	2
	Banan	1: Ekologiska 2: Konventionella	2
Grönsaker	Rotfrukter	1: Morot, palsternacka 2: Rotselleri, kålrot, rödbeta	2
	Baljväxter	1: Haricots verts, sockerärtor 2: Kikärtor, svarta bönor	2
	Sallad	1: Olika bladsallader, babyspenat 2: Olika bladsallader, isbergssallad	2
	Gurka	1: Svensk 2: Utland	2
	Kål	1: Vit/rödkål, brysselkål 2: Grönkål, broccoli, blomkål	2
	Champinjoner	1: Färska 2: Konserverade	2
	Kantareller	1: Svenska gula kantareller 2: Svenska trattkantareller	2
Kött	Nöt	1-3: Svenskt 4: Utländskt	4
	Fläsk	1-3: Svenskt 4: Utländskt	4
	Lamm	1: Svenskt 2: Utländskt	2
	Kyckling	1-4: Svenskt	4
	Vilt	1: Älg 2: Rådjur 3-7: Vildsvin 8-9: Ren	9
	Korv	1: Hot dogs 2: Falukorv 3: Varmkorv, prinskorv 4: Påläggskorv	4
	Leverpastej	1: Skivbar 2: Bredbar	2
	Blodpudding	Olika märken	2
Ägg		1-2: Ekologiska 3-4: Konventionella	4
Fisk, skaldjur	Odlad lax	1-3: Fryst 4: Färsk	4
	Vildfångad lax Östersjön	1: SD30 2: SD31	2
	Vildfångad lax	Olika märken	1

Livsmedelsgrupp	Typ	Beskrivning av provens innehåll	n
	pinklax		
	Röding odlad	Färsk	2
	Röding Vättern		2
	Regnbåge odlad	Färsk, fryst	2
	Torsk/kolja	1-3: Fryst 4: Färsk	4
	Sej	Färsk, fryst	1
	Övrig vit fisk	Gulskädda, kapkummel, alaska pollock	1
	Fiskpinnar	Olika märken	1
	Rödspätta	1: Färsk 2: Fryst	2
	Tonfisk färsk	Gulfenad	2
	Tonfisk på burk	1: I olja 2: I lake	2
	Sik	Varmrökt	1
	Strömming	Färsk	2
	Inlagd sill	Olika märken	2
	Makrill	1: Varmrökt 2: Färsk, fryst 3: I tomatsås	3
	Räkor	1-3: Frysta 4-5: Färska 6:I lake	6
	Kräftor	1: Svenska signalkräftor 2: Utländska signalkräftor	2
	Krabba	1: Muskelkött 2: Hepatopancreas	2
	Blåmusslor	1: Färska 2: Frysta	2
	Rom	Stenbitsrom svart, röd	2
	Påläggskaviar	Olika märken	2
Totalt			**107**

Appendix 2. Kemiska analyser

Provupparbetning

För analys av de olika livsmedelsgrupperna togs 1 g homogeniserat prov för fasta matriser och 20 ml för flytande matriser (se Tabell A2.1 för detaljerad information om varje livsmedelsgrupp). Beroende på vilken livsmedelsgrupp användes antingen fast-fasextraktion eller fast-vätskeextraktion. Vilken extraktionsmetod som användes för respektive livsmedelsgrupp kan ses i tabell A2.1.

Tabell A2.1. De olika livsmedelsgrupperna, provmängd och extraktionsmetod.

	Livsmedelsgrupp	Mängd	Extraktions metod
Fast	Spannmål	1 g	fast-vätske
Fast	Bakverk	1 g	fast-vätske
Fast	Ägg	1 g	fast-vätske
Fast	Kött	1 g	fast-vätske
Flytande	Växtbaserade drycker	20 ml	fast-fas
Fast	Mejeri, mager	1 g	fast-vätske
Fast	Mejeri, fet	1 g	fast-vätske
Fast	Fisk	1 g	fast-vätske
Fast	Fetter och oljor	1 g	fast-vätske
Fast	Potatis	1 g	fast-vätske
Fast	Frukt	1 g	fast-vätske
Fast	Grönsaker	1 g	fast-vätske
Fast	Socker och sötsaker	1 g	fast-vätske
Fast	Vegetabiliska ersättningsprodukter	1 g	fast-vätske
Flytande	Drycker, kaffe/te	20 ml	fast-fas

För proven i fast form användes fast-vätskeexktraktion tillsammans med ENVI-Carb™ upprening. Kortfattat vägdes 1 g av det homogeniserade provet upp i ett 15 ml polypropenrör (PP). Analysen av PFAS började med att tillsätta 10 µl extraktionsstandard (1 ng, mer information om vilka ämnen med internstandard kan ses i tabell A2.2). Fem ml av acetonitril tillsattes till PP-röret, och provet mixades med hjälp av en vortex, därefter ultraljudsbad i 15 minuter, för att sedan skakas på ett skakbord i 20 minuter vid 250 rpm. Därefter centrifugerades provet (10 min vid 8500 rpm). Supernatanten överfördes sedan till ett nytt PP-rör. Ytterligare 5 ml acetonitril tillsattes till det ursprungliga PP-röret och hela cykeln upprepades (vortex/ultraljud/skakning/centrifugering) och supernatanten samlades upp i samma PP-rör som första cykeln. De sammanslagna acetonitrilfraktionerna indunstades till under 1 ml med en Rapidvap för att sedan överföras till ett nytt provrör innehållande ungefär 100 mg ENVI-Carb™. För att skölja bort eventuella PFAS som kan ha fastnat på väggarna i PP-röret, tillsattes 0,5 ml acetonitril för att sedan överföra det till provröret innehållande ENVI-Carb™ och acetonitrilfraktionerna, sköljningen upprepades. Provröret med ENVI-Carb™ och de två ml acetonitril mixades med hjälp av en vortex, därefter ultraljudsbad i 10 minuter för att slutligen centrifugeras (10 min vid 8500 rpm). Supernatanten överfördes sedan till ett nytt PP-rör och 1 ml acetonitril tillsattes till PP-röret innehållande ENVI-Carb™ och hela cykeln upprepades (vortex/ultraljud/centrifugering) och supernatanten samlades upp i samma PP-rör som första cykeln. Rening av prov följdes sedan av indunstning till under 0,5 ml med kvävgas och 10 µl injektionsstandard tillsattes (1 ng) till PP-röret och den slutliga volymen justerades till 0,5 ml. 0,25 ml av provextraktet överfördes till en LC-vial och indunstande ytterligare ner till 80 µl.

Därefter tillsattes 120 µl av 2 mM ammoniumacetat i ultrarent vatten till provet för att sedan analyseras.

För proverna i flytande form användes fast-fasextraktion (SPE-kolonn) med ett mix-mode SPE sorbent med svag anjonbytare (OASIS, WAX-SPE, 150 mg, 6 ml, Waters). 20 ml av det homogeniserade provet hälldes upp i ett 50 ml PP-rör och 10 µl extraktionsstandard (1 ng) tillsattes. Därefter tillsattes 20 ml ultrarent vatten till provet och pH-värdet justerades till pH 4 med hjälp av ättiksyra. WAX-SPE sorbenterna konditionerades med 4 ml 0,1 % ammoniumhydroxidlösning i metanol följt av 4 ml metanol och till sist 4 mL ultrarent vatten. De utspädda proverna laddades därefter på SPE-kolonnerna, följt av tvättning. Tvättningslösningarna var 10 ml ultrarent vatten, 4 ml 25 mM ammoniumacetatlösning vid pH 4 och 4 ml 20 % metanol i ultrarent vatten. Efter tvättning torkades SPE-kolonnerna i en timme med hjälp av en vakuumpump. För att undvika eventuella förluster av PFAS som kan ha fastnat på behållarens väggar sköljdes 50 ml PP-röret med 4 ml 0,1 % ammoniumhydroxid i metanol. Denna 0,1 % ammoniumhydroxid i metanol användes sedan för att eluera, vilket samlades upp i ett 15 ml PP-rör. De eluerade 4 ml 0,1 % ammoniumhydroxidlösning i metanol indunstades till under 0,5 ml med kvävgas. 10 µl injektionsstandard tillsattes (1 ng) till PP-röret och den slutliga volymen justerades till 0,5 ml. 0,25 ml av provextraktet överfördes till en LC-vial och indunstandes ner till 80 µl. Därefter tillsattes 120 µl 2 mM ammoniumacetat i ultrarent vatten för att sedan analyseras.

Instrumentell analys och kvantifiering

PFAS analyserades med Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) kopplat till en tandem masspektrometer (MS/MS; Acquity XEVO TQ-S, Waters Corporation, Milford, USA). En 100 mm C18 BEH-kolonn (1,7 µm, 2,1 mm; Waters Corporation, Milford, USA) användes för separation tillsammans med 2 mM ammoniumacetat i ultrarent vatten och metanol (mobilfas A: 2mM ammoniumacetat i ultrarent vatten (70 %) och metanol (30 %), mobilfas B: 2mM ammoniumacetat i metanol) (Tabell A2.3). Flödeshastigheten var 0,3 ml/min, injektionsvolymen var 10 µl och kolonnens temperatur var inställd på 50°C. Mer information om gradientprogrammet och inställningar för analysen kan ses i tabell A2.3 och A2.4. Multiple reaction monitoring (MRM) användes för att förbättra selektiviteten, och minst två övergångar kontrollerades för de flesta analyter.

Tabell A2.2. Analyserade PFAS och instrumentella inställningar för kvantifiering av respektive ämne med UPLC/ESI-MS/MS.

Analyte	Precursor/ Daughter Ion I (m/z)	Collision Energy (eV)	Cone Voltage (V)	Precursor/ Daughter Ion II (m/z)	Collision Energy (eV)	Cone Voltage (V)	Corresponding mass labelled internal standard	Corresponding mass labelled recovery standard
Perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCA)								
PFHxA	312.97/269.00	9	20	312.97/118.95	26	20	$^{13}C_2$ PFHxA	$^{13}C_5$ PFHxA
PFHpA	362.97/319.00	10	20	362.97/168.97	16	20	$^{13}C_4$ PFHpA	$^{13}C_8$ PFOA
PFOA	412.97/369.00	10	20	412.97/168.97	18	20	$^{13}C_4$ PFOA	$^{13}C_8$ PFOA
PFNA	462.99/419.00	12	20	462.99/219.00	18	20	$^{13}C_5$ PFNA	$^{13}C_9$ PFNA
PFDA	512.97/469.00	11	20	512.97/219.00	18	20	$^{13}C_2$ PFDA	$^{13}C_6$ PFDA
PFUnDA	562.97/519.00	12	20	562.97/268.99	18	20	$^{13}C_2$ PFUnDA	$^{13}C_7$ PFUnDA
PFDoDA	612.97/569.00	14	34	612.97/168.97	22	40	$^{13}C_2$ PFDoDA	$^{13}C_7$ PFUnDA
PFTrDA	662.90/619.00	14	20	662.90/168.97	26	20	$^{13}C_2$ PFDoDA	$^{13}C_7$ PFUnDA
PFTDA	712.90/669.00	14	20	712.90/168.97	28	20	$^{13}C_2$ PFTDA	$^{13}C_7$ PFUnDA
Perfluorosulfonic acids (PFSA)								
PFBS	298.90/79.96	26	20	298.90/98.90	26	20	$^{13}C_3$ PFBS	$^{18}O_2$ PFHxS
PFHxS	398.90/79.96	34	20	398.90/98.90	30	20	$^{18}O_3$ PFHxS	$^{18}O_2$ PFHxS
PFOS	498.97/79.96	44	20	498.97/98.90	38	20	$^{13}C_4$ PFOS	$^{13}C_8$ PFOS
PFDS	598.97/79.96	58	20	598.97/98.90	42	20	$^{13}C_4$ PFOS	$^{13}C_8$ PFOS
Perfluoroalkane sulfonamide (FOSA)								
FOSA	497.90/78.00	30	82	497.90/168.96	28	82	$^{13}C_8$ FOSA	$^{13}C_8$ PFOS

Tabell A2.3. Gradientprogrammet för analysen

T (min)	Mobilfas A (%)	Mobilfas B (%)
0,00	99	1
0,57	99	1
13,00	0	100
14,00	0	100
14,20	99	1
17,00	99	1

Tabell A2.4. Instrumentella inställningar för analys på masspektrometer

TQ-S MS/MS	
Ion source	ESI operating in negative mode
Source temperature (ºC)	150
Desolvation temp. (ºC)	400
Desolvation gas flow (L/h)	800
Cone gas flow (L/h)	150
Capillary (kV)	0.70

Kvalitetssäkring och kvalitetskontrollåtgärder (QA/QC)

Noggrannhet och precision utvärderades genom att spetsa nativa ämnen (1 ng) i varje livsmedelsgrupp (Tabell A2.5) i tre replikat. Två extraktionsblanksprover och två interna QC-prover (fisk) analyserades tillsammans med varje batch av de analytiska proverna (Tabell A2.6). Alla prover spetsades med extraktionsstandard före extraktionen och utbytet utvärderades med hjälp av injektionsstandard. Detta gjordes för alla ämnen förutom för PFBS, PFDS, PFDoDA, PFTrDA och FOSA. För de flesta ämnen fanns exakt matchade massmärkta standarder tillgängliga som ingick i internstandarden, med undantag för PFDS och PFTrDA. I dessa fall användes någon av de andra massmärkta standarderna. I helhet låg utbytet för QC-proverna mellan 58 – 122 % med en relativ standardavvikelse på 14 %. Utbytet för internstandarderna i proverna låg mellan 50 och 127 %. En intern kalibreringsmetod med motsvarande massmärkta interna standarder användes. Instrumentella kvantifieringsgränser (ILOQs) uppskattades baserat på den lägsta punkten av en 6-punkt kalibreringskurva som gav ett signal-till-brus-förhållande över 10 och gav i en noggrann mätning (osäkerhetsnivå < 20 %). Kvantifieringsgränser (LOQs) baserades på nivåer i extraktionsblankprover. När inga detekterbara ämnen observerades i extraktionsblankproverna var LOQs det samma som ILOQs (Tabell 3).

Tabell A2.5. Repeterbarheten (RSD %) samt utbytet (%) i de olika livsmedelsgrupperna.

		PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFTDA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	FOSA
Spannmål	Relativ standardavvikelse (%)	3	4	7	6	7	9	12	9	12	2	9	7	6	10
	Utbyte (%)	101	97	102	103	103	106	96	92	103	85	85	103	78	72
Bakverk	Relativ standardavvikelse (%)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Utbyte (%)	122	112	115	114	108	105	106	97	113	122	119	108	100	93
Ägg	Relativ standardavvikelse (%)	6	11	2	3	4	3	2	5	2	6	1	6	6	2
	Utbyte (%)	105	86	112	103	96	91	83	85	82	91	96	100	105	63
Kött	Relativ standardavvikelse (%)	17	6	16	12	1	3	3	5	2	1	12	15	10	2
	Utbyte (%)	91	73	98	92	82	79	73	74	66	88	90	101	95	63
Växtbaserade drycker	Relativ standardavvikelse (%)	3	8	7	4	3	4	3	7	3	1	5	1	3	10
	Utbyte (%)	107	94	107	107	105	105	71	77	77	104	106	110	102	90
Fisk	Relativ standardavvikelse (%)	13	7	6	10	22	6	11	18	6	4	8	13	10	18
	Utbyte (%)	99	103	99	101	110	105	96	92	98	89	100	100	97	97
Mejeri, mager	Relativ standardavvikelse (%)	2	2	2	2	1	1	3	1	1	3	2	2	2	5

		PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFTDA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	FOSA
	Utbyte (%)	75	71	83	86	88	81	74	72	74	87	75	91	69	66
Mejeri, fet	Relativ standardavvikelse (%)	11	5	2	17	6	2	3	2	2	2	11	3	3	3
	Utbyte (%)	82	88	85	97	85	75	74	66	74	87	82	85	70	66
Fetter och oljor	Relativ standardavvikelse (%)	6	4	2	2	4	2	4	4	3	6	2	3	5	3
	Utbyte (%)	84	80	87	87	87	88	83	87	79	114	87	92	89	67
Potatis	Relativ standardavvikelse (%)	6	7	9	11	13	18	2	3	4	11	5	1	6	4
	Utbyte (%)	105	81	105	103	98	86	75	72	74	115	100	98	91	74
Frukt	Relativ standardavvikelse (%)	4	4	5	3	2	1	1	5	4	6	3	8	5	2
	Utbyte (%)	106	89	104	97	101	98	98	90	77	85	100	104	90	65
Grönsaker	Relativ standardavvikelse (%)	6	6	5	4	6	7	9	5	4	3	2	8	6	2
	Utbyte (%)	92	84	92	97	95	95	83	82	84	98	96	102	90	62
Socker och sötsaker	Relativ standardavvikelse (%)	13	8	9	7	9	11	3	5	7	1	7	7	4	3
	Utbyte (%)	84	81	93	86	89	86	77	82	82	58	89	86	82	87

		PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFTDA	PFBS	PFHxS	PFOS	PFDS	FOSA
Vegetabiliska ersättningsprodukter	Relativ standardavvikelse (%)	3	3	5	1	8	3	2	5	5	4	3	8	8	3
	Utbyte (%)	62	65	89	88	79	82	71	77	71	80	62	87	64	66
Drycker	Relativ standardavvikelse (%)	6	6	5	4	3	7	3	1	5	1	4	3	6	10
	Utbyte (%)	96	84	95	95	93	94	63	69	68	92	94	98	91	80

Tabell A2.6. Utbyte och repeterbarhet i analysprocessen av QC-spetsade prover.

		PFHxA	**PFHpA**	**PFOA**	**PFNA**	**PFDA**	**PFUnDA**	**PFDoDA**	**PFTrDA**	**PFTDA**	**PFBS**	**PFHxS**	**PFOS**	**PFDS**	**FOSA**
Fisk QC spike	Relativ standardavvikelse (%)	13	7	6	10	22	6	11	18	6	4	8	13	10	18
n=27 över 9 batcher	Utbyte (%)	99	103	99	91	91	85	86	72	78	89	100	100	97	70

Appendix 3. Halter fiskgrupper

Tabell A3.1 Medelhalter (ng/g) av PFAS i de fiskgrupper som använts vid exponeringsuppskattningen, med information om vilka samt antal prover som ingått i respektive grupp. Tomma rutor innebär en halt under kvantifieringsgränsen (LOQ). Resultaten redovisas som lower bound (LB).

Fiskgrupp	**Inkluderade prover**		**Halt**				
	Innehåll	***n***	***PFOA***	***PFNA***	***PFDA***	***PFUnDA***	***PFDoDA***
Vit fisk	Torsk/kolja, sej, rödspätta, fiskpinnar, blandad vit fisk	9	0,01	0,1	0,07	0,2	0,02
Odlad lax	Odlad lax, chumlax, odlad röding, odlad regnbåge	9			0,01	0,02	
Insjöfisk	Röding	2		0,6	0,9	0,7	0,1
Strömming		2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,02
Tonfisk färsk	Gulfenad	2			0,01	0,1	
Tonfisk burk	I olja samt lake	2		0,02	0,02	0,1	
Sill, makrill	Inlagd sill, makrill	5				0,04	
Räkor	Frysta, färska, i lake	6	0,02	0,1	0,1	0,3	0,1
Krabba	Muskelkött	1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1
Musslor	Frysta, färska	2	0,06	0,02	0,04	0,04	0,02
Övrigt	Fet och mager fisk Matkorgen	6	0,01	0,03	0,03	0,1	0,03
Summering		**46**					

Fiskgrupp	**Inkluderade prover**		**Halt**				
	Innehåll	***n***	***PFTrDA***	***PFTeDA***	***PFHxS***	***PFOS***	***FOSA***
Vit fisk	Torsk/kolja, sej, rödspätta, fiskpinnar, blandad vit fisk	9	0,04			0,3	0,03
Odlad lax	Odlad lax, chumlax, odlad röding, odlad regnbåge	9				0,02	0,01
Insjöfisk	Röding	2	0,3	0,09	0,06	9,8	
Strömming		2	0,01		0,03	0,9	0,04
Tonfisk färsk	Gulfenad	2	0,04			0,04	

Fiskgrupp	**Inkluderade prover**		**Halt**				
	Innehåll	***n***	***PFTrDA***	***PFTeDA***	***PFHxS***	***PFOS***	***FOSA***
Tonfisk burk	I olja samt lake	2	0,04			0,1	
Sill, makrill	Inlagd sill, makrill	5	0,02			0,09	0,07
Räkor	Frysta, färska, i lake	6	0,4	0,1	0,01	0,4	0,06
Krabba	Muskelkött	1	0,5	0,2	0,03	0,4	0,4
Musslor	Frysta, färska	2	0,05	0,01		0,2	0,1
Övrigt	Fet och mager fisk Matkorgen	6	0,06	0,02		0,2	0,01
Summering		**46**					