

# Exponering för PFAS4 vid konsumtion av insjöfisk

Författare:

Frida Domeij<sup>1</sup>, Ingela Helmfrid<sup>1</sup>, Anna Augustsson<sup>2</sup>,  
Stefan Ljunggren<sup>1</sup>, Petter Tibblin<sup>2</sup>

1.Arbets- och miljömedicin Linköping

2.Linnéuniversitetet Kalmar



NATIONELL ÖVERVAKNING PÅ  
UPPDRAG AV NATURVÅRDSVERKET

AVTALSNUMMER 212-22-001 och  
212-22-003  
ÄRENDENUMMER NV-03839-22  
PROGRAMOMRÅDE HÄMI  
DELPROGRAM Kunskap om PFAS i  
livsmedel och miljö

## Exponering för PFAS4 vid konsumtion av insjöfisk

<b>Rapportförfattare</b> Frida Domeij, Arbets- och miljömedicin Ingela Helmfrid Arbets- och miljömedicin Anna Augustsson, Linnéuniversitetet Stefan Ljunggren, Arbets- och miljömedicin Peter Tibblin, Linnéuniversitetet	<b>Utgivare</b> Naturvårdsverket <b>Postadress</b> Universitetssjukhuset/Linköpings Universitet, 581 85 Linköping <b>Telefon:</b> 010-1030302, <b>Postadress:</b> Linnéuniversitetet Universitetsplatsen 1 392 31 KALMAR <b>Telefon:</b> 0772-28 80 00
<b>Rapporttitel och undertitel</b> Exponerings för PFAS vid intag av insjöfisk	<b>Beställare</b> Naturvårdsverket 106 48 Stockholm <b>Finansiering</b> Miljöövervakningen
<b>Nyckelord för plats</b> Kalmar län, Kronobergs län, Algunnen, Bergundasjön, Läen, Vasen, Törn, Åsen, Öjen.	
<b>Nyckelord för ämne</b> PFAS4, insjöfisk, PFAS-exponering	
<b>Tidpunkt för insamling av underlagsdata</b> 2022-2023	
<p>Insjöfisk kan innehålla höga halter av PFAS4 (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) och fiskkonsumtion kan ge ett betydande tillskott till den totala PFAS-exponeringen för människor. Syftet med studien var att undersöka hur exponering för PFAS4 kan variera hos konsumenter av insjöfisk vid fem olika konsumtionsscenarioer där intagsfrekvens och fångstsjö varierar. I studien har fiskprover från sju sjöar i Kalmar och Kronobergs län analyserats med avseende på PFAS. I en av sjöarna uppvisade fisken medelhalter av PFAS4 som var flera gånger högre än i fisk från de övriga sjöarna vilket indikerar tydlig PFAS-påverkan från yttre källa. Monte Carlo-simuleringar användes för att modellera årlig exponering för PFAS4 vid olika konsumtionsscenarioer. Modelleringarna visade att när insjöfisk konsumerades tre gånger per år (fisk från alla sju sjöar) så låg exponeringen av PFAS4 nästan alltid under tolerabelt årligt intag (TÅI), där TÅI baseras på EFSA:s riktvärde för intag av PFAS4 från livsmedel. När intagsfrekvensen ökade till en gång i månaden av fisk från samtliga sju sjöar överskreds TÅI i cirka 60 procent av fallen för män och i cirka 40 procent av fallen för kvinnor. I modelleringarna för intag en gång per vecka överskreds TÅI i de flesta fall när fisk helt eller delvis fångats i den sjö som var tydligt PFAS-påverkad. Studien visar att konsumtion av insjöfisk kan ge en betydande PFAS-exponering som vida överstiger det hälsobaserade riktvärdet om fisken kommer från en PFAS-påverkad sjö. Detta trots att EU:s gränsvärde för PFAS4 i fisk understegs i de flesta fiskprov.</p>	

# Sammanfattning

Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) är mycket persistenta ämnen som sprids lätt i miljön och kan tas upp av människor främst via mat och dricksvatten. Fisk och ägg är viktiga källor till exponering, där särskilt insjöfisk kan innehålla höga halter av PFAS4 (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS). Livsmedelsverket rekommenderar därför begränsad konsumtion av insjöfisk, särskilt för gravida och ammande. Kostråden för insjöfisk är egentligen satta för att begränsa exponering för kvicksilver men de bedöms även ge skydd mot för högt intag av PFAS. Syftet med denna studie är att ge en bild av hur exponering för PFAS4 kan variera hos konsumenter av insjöfisk vid fem olika konsumtionsscenarier där konsumtionsfrekvens och fångstsjö varierar. Samtliga scenarier faller inom ramen för Livsmedelsverkets generella kostrekommendationer.

I studien har fiskprover från sju sjöar i Kalmar och Kronobergs län analyserats med avseende på PFAS4. I en av sjöarna (Bergundasjön) uppvisade fisken medelhalter av PFAS4 som var flera gånger högre än i fisk från de övriga sjöarna vilket indikerar att denna sjö och fisken därifrån var tydligt påverkad av någon PFAS-källa. Monte Carlo-simuleringar användes för att modellera årlig exponering för PFAS4 vid olika konsumtionsscenarier. Exponeringsdosen jämfördes med ett riktvärde för tolerabelt årligt intag (TÅI), vilket baseras på EFSA:s riktvärde för intag av PFAS4 från livsmedel.

Modelleringen visade att när insjöfisk konsumerades tre gånger per år och fisken fångats i samtliga sju sjöar så låg exponeringen av PFAS4 nästan alltid under tolerabelt årligt intag (TÅI) för både kvinnor och män. När intagsfrekvensen ökade till en gång i månaden av fisk från samtliga sju sjöar överskreds TÅI i cirka 60 procent av fallen för män och i cirka 40 procent av fallen för kvinnor. I modelleringarna för intag en gång per vecka överskreds TÅI i de flesta fall när fisk helt eller delvis fångats i den sjö som var tydligt PFAS-påverkad.

Sammanfattningsvis visar studien att konsumtion av insjöfisk där den konsumerade fisken helt eller delvis kommer från förorenade sjöar, kan ge en betydande PFAS-exponering som vida överstiger det hälsobaserade riktvärdet. Detta trots att fisken i de flesta fall understiger EU:s gränsvärde för PFAS4 i fisk som saluförs på den europeiska marknaden. Begränsning av intaget och hänsyn till fiskens ursprung är avgörande för att minska riskerna med PFAS4-exponering.

# Summary

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), often referred to as “forever chemicals,” are highly persistent compounds that spread easily in the environment and are primarily taken up by humans through food and drinking water. Fish and eggs are important sources of exposure, with freshwater fish in particular containing high levels of PFAS4 (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS). The Swedish Food Agency (SFA) therefore recommends limiting the consumption of freshwater fish, especially for pregnant and breastfeeding women, mainly due to mercury levels in lean fish, but the dietary advice is also considered to provide protection against excessive PFAS intake. The aim of this study is to illustrate how exposure to PFAS4 may vary among consumers of freshwater fish under five different consumption scenarios, depending on frequency of intake and the lake of origin. All scenarios fall within SFA’s recommendations.

In the study, fish samples from seven lakes in Kalmar and Kronoberg counties were analyzed for PFAS4. In one of the lakes (Lake Bergunda), fish showed average PFAS4 concentrations several times higher than those from the other lakes. Monte Carlo simulations were used to model annual exposure to PFAS4 under the different consumption scenarios. The exposure dose was compared with the tolerable annual intake (TAI), which is based on EFSA’s reference value for the intake of PFAS4 from food.

The modelling indicates that when freshwater fish is consumed three times per year, and the fish is caught from all of the seven lakes within the region, the exposure to PFAS4 generally remains below the tolerable annual intake (TAI) for both women and men. When the consumption frequency increased to once per month using fish from all seven lakes, the TAI was exceeded in approximately 60 percent of the modelled cases for men and about 40 percent of cases for women. In the modelling scenarios for weekly consumption, the TAI was exceeded in most cases when the fish had been wholly or partly sourced from the lake that was clearly affected by PFAS contamination.

In summary, the study shows that consumption of freshwater fish, when the fish originates wholly or partly from contaminated lakes, can result in significant PFAS exposure far exceeding health-based reference values. This occurs despite the fish being below the EU’s limit values for PFAS4 in fish. Limiting intake and considering the origin of the fish are crucial to reducing risks.

# Innehåll

1. Bakgrund.....	1
2. Metod .....	2
2.1 Insamling och analys av proverna .....	2
2.2 Provhanterings och analysmetod .....	2
2.3 Modellering av exponering för PFAS4 vid konsumtion av insjöfisk .....	4
2.4 Referensvärde .....	5
3. Resultat .....	5
3.1 Analysresultat för PFAS4-halt i insjöfisk.....	5
3.2 Scenariomodelleringar .....	6
4. Diskussion .....	11
5. Slutsats.....	13
Tack! .....	13
Referenser .....	14

# Exponering för PFAS vid intag av insjöfisk

## 1. Bakgrund

Per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) kallas evighetskemikalier på grund av sin extremt persistenta natur. PFAS-ämnenas goda smuts- och vattenavvisande egenskaper samt deras motståndskraft mot biologisk och fysikalisk nedbrytning gör dem mycket användbara i många olika produkter och tillämpningar. Ämnenas persistens och förmåga att spridas lätt i naturen med partiklar i luften och med vatten i marken gör att de idag finns nästan överallt.

Vi människor får i oss PFAS via flera olika exponeringsvägar men den mest betydelsefulla är via mat och dricksvatten. I en EFSA-rapport från 2020 om risker med PFAS-exponering hos människa från födan konstaterades att fisk och ägg är de livsmedel med störst bidrag till den totala PFAS-dosen [1]. I rapporten identifieras ämnena PFOS, PFOA, PFHxS och PFNA, även kallade PFAS4, som de vanligaste förekommande PFAS-ämnena i mat. Det är för summan av dessa fyra PFAS-ämnen som EFSA satt ett hälsobaserat riktvärde, i form av ett tolerabelt veckointag på 4,4 ng/kg kroppsvikt. EFSA gör bedömningen att ungefär 50 procent av den totala PFAS-halten i livsmedel utgörs av PFAS4 [1]. I Livsmedelsverkets Matkorgsundersökning 2022 pekas fisk ut som den livsmedelsgrupp som bidrar mest till den humana exponeringen för PFAS [2]. I synnerhet insjöfisk har i ett flertal studier visat sig innehålla högre halter av en rad olika PFAS-ämnen jämfört med fisk från marina vatten [1, 3, 4].

Fisk är i grunden ett nyttigt livsmedel och fiskkonsumtion för med sig många hälsofördelar. Livsmedelsverket uppmanar därför befolkningen att äta fisk 2-3 gånger i veckan. Råden förtydligar dock att konsumtion av just insjöfisk bör begränsas. Till gravida, ammande och de som planerar att bli gravida är uppmaningen att begränsa intaget av insjöfisk till max 2-3 gånger per år. Övriga individgrupper råds att begränsa sitt intag av insjöfisk till en gång i veckan [5]. Bakgrunden till rekommendationerna är att mager insjöfisk som abborre, gädda, gös och lake kan innehålla förhöjda halter av både PFAS och kvicksilver. Kviksilverhalterna är den främst styrande faktorn bakom satta rekommendationer men Livsmedelsverket har gjort bedömningen att befintliga kostråd för fisk även ger ett skydd mot för högt intag av PFAS [5]. Kostråden kan dock komma att revideras när EFSA färdigställt sin pågående undersökning om risker kontra nytta med konsumtion av fisk.

I denna rapport har en probabilistisk exponeringsbedömning utförts utifrån modelleringar av den årliga exponeringen för PFAS4 (PFOS, PFOA, PFNA och PFHxS) vid konsumtion av insjöfisk där data som använts inhämtats efter fiske i sju sjöar i Kalmar och Kronobergs län.

Exponeringsmodelleringarna har gjorts utifrån fem olika exponeringsscenarier som alla faller inom ramen för Livsmedelsverkets kostråd. Syftet med studien är att ge en bild av hur exponeringen för PFAS4 kan variera hos konsumenter av insjöfisk beroende på hur ofta fisken konsumeras och var fisken har fångats.

Detta är en delstudie i ett större forskningsprojekt som har för avsikt att öka förståelsen för den humana PFAS-exponeringen från insjöfisk. I projektet ingår även två andra delprojekt varav det ena undersöker halten av ett stort antal PFAS samt EOF (extraherbart organiskt fluor) i fiskmuskel och i humanblod [6], och den andra undersöker sambandet mellan PFAS-koncentrationer i humanblod och hälsoeffekter hos hög- respektive lågkonsumenter av insjöfisk i Glasriket, vilket är en del av Kalmar och Kronobergs län [7].

## 2. Metod

### 2.1 Insamling av data

Abborre, gädda och gös fiskades under år 2022 i sju insjöar i Kalmar och Kronobergs län (Algunnen, Bergunda, Läen, Törn, Vasen, Åsen och Öjen). Sjöarna är belägna i det så kallade Glasriket där enkätdata och blodprover från boende nära glasbruk samlats in för en annan studie år 2014-2016 [8]. I enkäten har studiepersonerna fått uppge information om sin konsumtion av lokalt fångad insjöfisk och blodproverna är analyserade med avseende på PFAS. Datan över PFAS i insjöfisk som har samlats in i denna studie kommer således även att användas i en vetenskaplig studie för att studera kopplingen mellan kroppsbelastning av PFAS (halter i blod) hos personer boende i Glasriket och deras konsumtion av lokalt fångad insjöfisk.

Muskelvävnad har antingen analyserats som prover från enskilda fiskindivider när det funnits tillräckligt mycket material eller som poolade prover bestående av vävnad från flera olika fiskindivider (tabell 1). Fiskarna i de poolade proverna är av samma art och fångade i samma sjö. Totalt har 50 vävnadsprover analyserats, varav 40 prover består av vävnad från enskilda fiskar och 10 prover där muskelvävnad poolats från ytterligare 39 fiskar.

Tabell 1. Fiskprover från sjöar i Kalmar och Kronobergs län som analyserats med avseende på PFAS.

Sjö	Prov från enskilda fiskar	Poolade prov
Algunnen	2 gädda 1 gös	Prov 1: 5 st gös Prov 2: 5 st abborre Prov 3: 5 st gädda Prov 4: 2 st gös
Bergunda	13 abborre 5 gädda	-
Läen	1 gös 3 gädda	Prov 1: 4 st gös
Törn	3 gädda 3 gös	Prov 1: 4 st abborre
Vasen	2 gädda	Prov 1: 5 st abborre
Åsen	-	Prov 1: 2 st gädda Prov 2: 2 st gädda
Öjen	4 gädda 3 gös	Prov 1: 5 st abborre
<b>Totalt antal fiskar (och prover) för analys</b>	<b>40 st (40 prover)</b>	<b>39 st (10 prover)</b>

### 2.2 Provberedning och analysmetod

Efter att fisken fångats, separerades muskeldelar från fisken vilka sedan förvarades i frys fram till analys. Prover av fiskarnas muskelvävnad bereddes och analyserades av analysföretaget Eurofins enligt analyspaket PLW7Z för PFAS-tot i livsmedel, foder och biota. Analyspaketet omfattade 50 olika PFAS-ämnen (tabell 2). I denna rapport presenteras dock endast data för summan av PFAS4 (haltsumman av PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS), då ett hälsobaserat riktvärde i form av ett tolerabelt veckointag endast finns specificerat för dessa fyra ämnen. Tabell 2 visar mätosäkerhet och rapporteringsgräns för samtliga PFAS-ämnen som analyserades hos Eurofins.

Tabell 2. Mätosäkerhet och rapporteringsgräns för de PFAS i fiskmuskelprov som analyserades av Eurofins. Rapporteringsgränsen är angiven i µg/kg våtvikt (v.v.)

Analyt	Mätosäkerhet (+/-)	Rapporteringsgräns
PFBS (Perfluorbutansulfonsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFHxA (Perfluorhexansyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFHpA (Perfluorheptansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFOA (Perfluoroktansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFDA (Perfluordekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFUdA (Perfluorundekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFDoA (Perfluordodekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFNA (Perfluornonansyra)	37%	0.005 µg/kg v.v.
PFBA (Perfluorbutansyra)	37%	0.3 µg/kg v.v.
PFPeA (Perfluorpentansyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFTeDA (Perfluortetradekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFHxDA (Perfluorhexadekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFOS (Perfluoroktansulfonsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
4:2 FTS (Fluortelomer sulfonat)	37%	0.01 µg/kg v.v.
6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat)	37%	0.01 µg/kg v.v.
8:2 FTS (Fluortelomer sulfonat)	37%	0.01 µg/kg v.v.
EtFOSAA (N-etylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
MeFOSAA (N-metylperfluoroktansulfonamid-ättiksyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
HFPO-DA (GenX)	37%	0.1 µg/kg v.v.
MeFOSA (N-metylperfluoroktansulfonamid)	60%	0.05 µg/kg v.v.
EtFOSA (N-etylperfluoroktansulfonamid)	60%	0.05 µg/kg v.v.
MeFOSE (N-metylperfluoroktansulfonamid-etanol)	60%	0.05 µg/kg v.v.
EtFOSE (N-etylperfluoroktansulfonamid-etanol)	60%	0.05 µg/kg v.v.
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFTrDA (Perfluortridekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
10:2 FTS (Fluortelomer sulfonat)	37%	0.01 µg/kg v.v.
6:2 Cl-PFAES (9-klorhexadekafluor-3-oxanonan-1-sul)	37%	0.01 µg/kg v.v.
8:2 Cl-PFAES (11-kloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1)	37%	0.01 µg/kg v.v.
DONA (Dodekafluor-3H-4,8-dioxanonansyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFDoDS (Perfluordodekansulfonsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFDS (Perfluordekansulfonsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFNS (Perfluornonansulfonat)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFODA (Perfluoroktadekansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFPeS (Perfluorpentansulfonat)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFHxSA (Perfluorhexansulfonamid)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFMPA (Perfluor-3-metoxypionsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
HPFHpA (7-H-Perfluorheptansyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFPrS (Perfluorpropansulfonsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.

PFUnDS (Perfluorundekansulfonsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFTTrDS (Perfluortridekansulfonsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFECHS (Perfluor-4-etylcyklohexansulfonsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFMBA (Perfluor-4-metoxybutansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
PFEESA (Perfluor-(2-etoxyetan)-sulfonsyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
NFDHA (Nonafluor-3,6-dioxaheptansyra)	37%	0.01 µg/kg v.v.
3:3 FTCA (Fluortelomer karboxylsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
5:3 FTCA (Fluortelomer karboxylsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
7:3 FTCA (Fluortelomer karboxylsyra)	37%	0.1 µg/kg v.v.
PFBSA (Perfluorbutansulfonamid)	37%	0.01 µg/kg v.v.

### 2.3 Modellering av exponering för PFAS4 vid konsumtion av insjöfisk

Modellering av den årliga exponeringen för PFAS4 vid konsumtion av insjöfisk gjordes för fem olika exponeringsscenarier. När exponeringsscenarierna upprättades var resultatet för fiskanalyserna känt vilket gjorde det möjligt att särskilt utvärdera betydelsen att en sjö datamaterialet (Bergunda) uppvisade tydligt högre halter av PFAS4 i fisk än övriga sjöar.

Följande exponeringsscenarier användes:

**Scenario 1:** Intag av insjöfisk tre gånger per år, slumpmässigt urval av fisk från alla sju sjöar.

**Scenario 2:** Intag av insjöfisk en gång i månaden (12 portioner/år) slumpmässigt urval av fisk från alla sju sjöar.

**Scenario 3a:** Intag av insjöfisk en gång i veckan (52 portioner/år) slumpmässigt urval av fisk från alla sju sjöar.

**Scenario 3b:** Intag av insjöfisk en gång i veckan (52 portioner/år) där fisken enbart slumpats från de sex sjöar som inte är tydligt PFAS-påverkade. (d.v.s. utifrån data från alla sjöar utom Bergundasjön).

**Scenario 3c:** Värsta tänkbara fall. Intag av insjöfisk en gång per vecka där fisken som konsumeras uteslutande slumpats från den sjö i datasetet där den analyserade fisken uppvisat som högst PFAS-halt (Bergundasjön).

#### *Beräkningsmodell*

Beräkningarna av årlig exponeringsdos för scenario 1-3a baseras på ett scenariospecifikt antal fiskintag per år där varje enskild exponeringsdos kommer från ett slumpvis utvalt fiskprov från någon av de sju sjöarna (bilaga 1). I scenario 3b har fiskar från Bergundasjön exkluderats från urvalet och i scenario 3c gjordes beräkningarna utifrån ett värsta tänkbart fall där fisken uteslutande slumpades från Bergundasjöns fiskpool.

Exponeringen har modellerats separat för män och kvinnor då genomsnittlig portionsstorlek och genomsnittlig kroppsvikt skiljer sig åt mellan könen. Barn inkluderas inte då det finns begränsat med tillförlitliga data över barns konsumtion av insjöfisk. Livsmedelsverkets parametervärden för genomsnittliga portionsstorlek och genomsnittlig kroppsvikt har använts i modelleringarna [9,10]. Kvinnors årliga exponeringsdos (ng/kg kroppsvikt) har beräknats utifrån portionsstorlek på 130 g och genomsnittliga kroppsvikt på 69 kg. För männen har beräkningarna utgått från en portionsstorlek på 200 g och en genomsnittlig kroppsvikt på 84 kg.

Modelleringen för vart och ett av de fem olika scenarierna har gjorts med hjälp av Monte Carlo-simuleringar. Vid en Monte Carlo-simulering slumpas ingångsparametrarnas värden många gånger om, och resultatet presenteras som en sannolikhetsfördelning av möjliga exponeringsnivåer snarare än ett enda värde. I denna studie var det koncentrationerna av PFAS4 som slumpades fram, medan kroppsvikt och portionsstorlek hölls konstant. Slumpningen gjordes genom s.k. bootstrapping, vilket innebär att värden dras slumpmässigt ur det befintliga datamaterialet - här datasetet över PFAS4 i de analyserade fiskproven (bilaga 1) - och sedan läggs tillbaka. Mer konkret så modelleras den årlig exponeringsdosen för en fiktiv individ enligt till exempel scenario 1 (tre intag per år, fisk slumpas från samtliga sju sjöar) genom att tre fiskprov slumpas av de totalt 50 fiskprov som analyserats (bilaga 1). Den analyserade PFAS4-halten för respektive fisk (ng/g v.v.) multipliceras med portionsstorlek (g) och den årliga exponeringsdosen erhålls genom att summera de tre portionsdoserna av PFAS4. Då det i detta fall var önskvärt att exponeringsdosen uttrycktes i ng/kg kroppsvikt så divideras den totala årliga exponeringsdosen med den schablonvikt för kvinna eller man som valts för denna studie.

Den årliga exponeringsdosen (ng/kg kroppsvikt) som en individ får i sig vid intag av ett scenariospecifikt (n) antal fiskportioner per år beräknades alltså enligt följande modell:

$$\text{Årlig exponeringsdos} = \frac{p(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{v}$$

$$p = \text{portionsstorlek (g)}$$

$$x_n = \text{PFAS4 - halt i slumpvis utvalt fiskprov} \left( \frac{\text{ng}}{\text{g}} \text{våtvikt} \right)$$

$$v = \text{kroppsvikt (kg)}$$

För varje enskilt exponeringsscenario genererades 1000 exponeringsdoser för respektive kön, med modellen. De modellerade resultatvärdena för ett visst scenario och ett visst kön har sedan sorterats i storleksordning från minst till störst och plottats mot den kumulativa sannolikheten.

## 2.4 Referensvärde

I bedömningen av risker med exponeringen av PFAS4 har EFSA:s riktvärde för exponering av PFAS4 via livsmedel använts. Detta riktvärde anger ett tolerabelt veckointag av PFAS4 på 4,4 ng/kg kroppsvikt. För tolerabelt årligt intag (TÅI) har detta värde multiplicerats med 52 och riktvärdet beräknas då till 229 ng/kg kroppsvikt och år [1].

## 3. Resultat

### 3.1 Analysresultat för PFAS4-halt i insjöfisk

Medelhalten av PFAS4 i fisk från de olika sjöarna visas i tabell 3, medan bilaga 1 visar halten av PFAS4 och totalhalten av PFAS (44 PFAS-ämnen) för varje enskilt analyserat fiskprov. En första slutsats är att fiskarna från en av sjöarna - Bergundasjön - hade tydligt högre PFAS4-halter än fiskarna från de övriga sjöarna. I abborrproven från Bergundasjön var den genomsnittliga halten av PFAS4 8-21 gånger så hög som i abborrprover från övriga sjöar. För gäddproven låg medelhalten av PFAS4 från Bergunda 12-23 gånger så högt som i övriga sjöar (tabell 3). Data i tabell 3 har endast använts för att ge en bild av PFAS4-situationen i sjöarna och de medelvärden som presenteras i tabellen har inte använts i modelleringarna. Där har i stället analysdata för varje enskild fisk använts.

Sammantaget uppvisar dock det stora flertalet prover PFAS4-halter som ligger under EU:s gränsvärden för saluförd fisk, vilka är 8 ng/kg v.v. (våtvikt) för gädda och 45 ng/kg v.v. för abborre

och gös [11]. Av totalt 28 analyserade prover på abborre/gös så hade endast två prover en PFAS4-halt över 45 ng/kg v.v. och av totalt 22 analyserade gäddprover hade fem en PFAS4-halt över 8 ng/kg v.v. Samtliga prover med förhöjda halter härrörde från Bergundasjön.

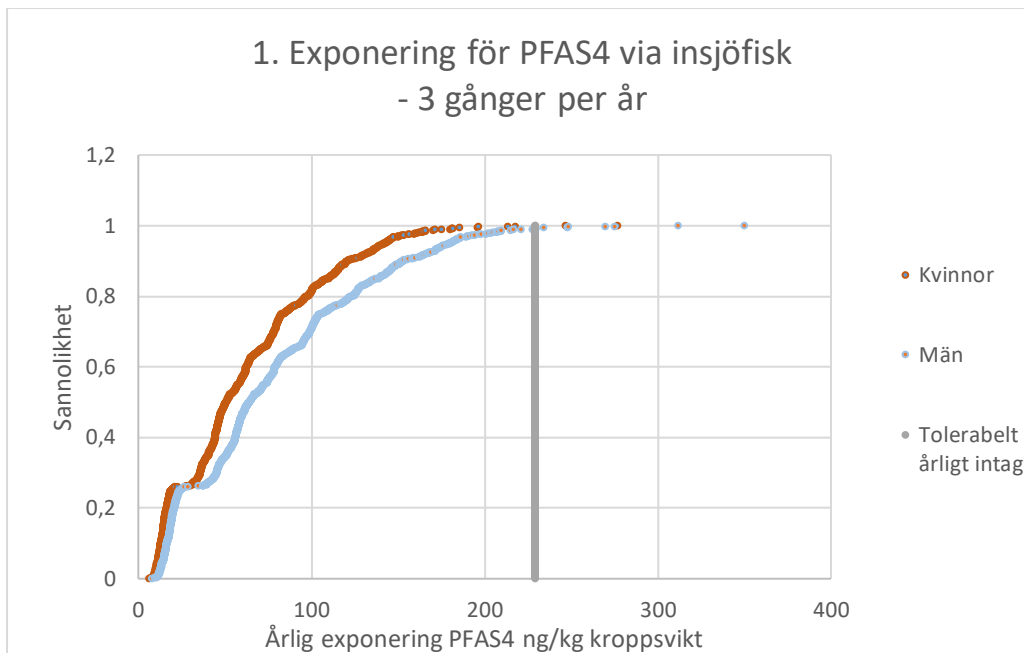
Tabell 3. Antal analyserade fiskprover samt medelvärdet av PFAS4-halten i fiskmuskel för fiskprover från respektive sjö. Halterna anges för våtvikt (v.v). Kolumn fyra visar hur stor andel av totalhalten (44 analyserade PFAS) som utgjordes av PFAS4. Medelvärdet för PFAS4 i gäddproven från Bergunda överskrider EU:s gränsvärde på 8 ng/kg v.v.

Sjö/fiskart	Antal fiskprov från respektive sjö	Medelvärde PFAS4 i fisk ng/g v.v. (min-max)	Andel PFAS4 av PFAS-tot (%)
<b>Algunnen</b>			
Abborre	1 poolat	2,6 (2,6 - 2,6)	69
Gädda	2 + 1 poolat	1,4 (1,0 - 2,0)	54
Gös	1 + 2 poolade	2,4 (2,2 - 2,6)	65
<b>Bergunda</b>			
Abborre	13	27,0 (10,5 - 53,9)	89
Gädda	5	16,2 (13,1 - 18,8)	96
<b>Läen</b>			
Gädda	3	1,1 (0,9 - 1,2)	48
Gös	1 + 1 poolat	1,4 (1,3 - 1,5)	60
<b>Törn</b>			
Abborre	1 poolat	2,1 (2,1 - 2,1)	63
Gädda	3	1,1 (1,0 - 1,3)	50
Gös	3	1,6 (1,1 - 2,3)	67
<b>Vasen</b>			
Abborre	1 poolat	1,3 (1,3 - 1,3)	48
Gädda	2	0,7 (0,4 - 0,9)	57
<b>Åsen</b>			
Gädda	2 poolade	1,3 (0,7 - 1,9)	48
<b>Öjen</b>			
Abborre	1 poolat	3,1 (3,1 - 3,1)	70
Gädda	4	1,0 (0,2 - 1,6)	52
Gös	3	1,7 (1,4 - 2,0)	68

## 3.2 Scenariomodelleringar

### 3.2.1 Scenario 1: Intag av insjöfisk tre gånger om året

När intaget av insjöfisk begränsas till tre gånger per år och fisken som konsumeras kommer från olika sjöar, visar modelleringen att det tolerabla årliga intaget (TÅI) för PFAS4 nästan aldrig överskrids, vilket visualiseras i figur 1. Samlings-/spridningsmått presenteras i tabell 4. Den modellerade PFAS-dosen från insjöfisk som kvinnor och män exponeras för i detta scenario ligger i 98-99 procent av fallen under TÅI. Medelvärdet för årlig exponering av PFAS4 enligt detta scenario utgör cirka 20–30 procent av TÅI. Maxvärdet för PFAS4-exponeringen ligger dock strax över det tolerabla årliga intaget för både kvinnor och män. För kvinnor motsvarar den modellerade maxdosen 103 procent av TÅI och för män 121 procent.



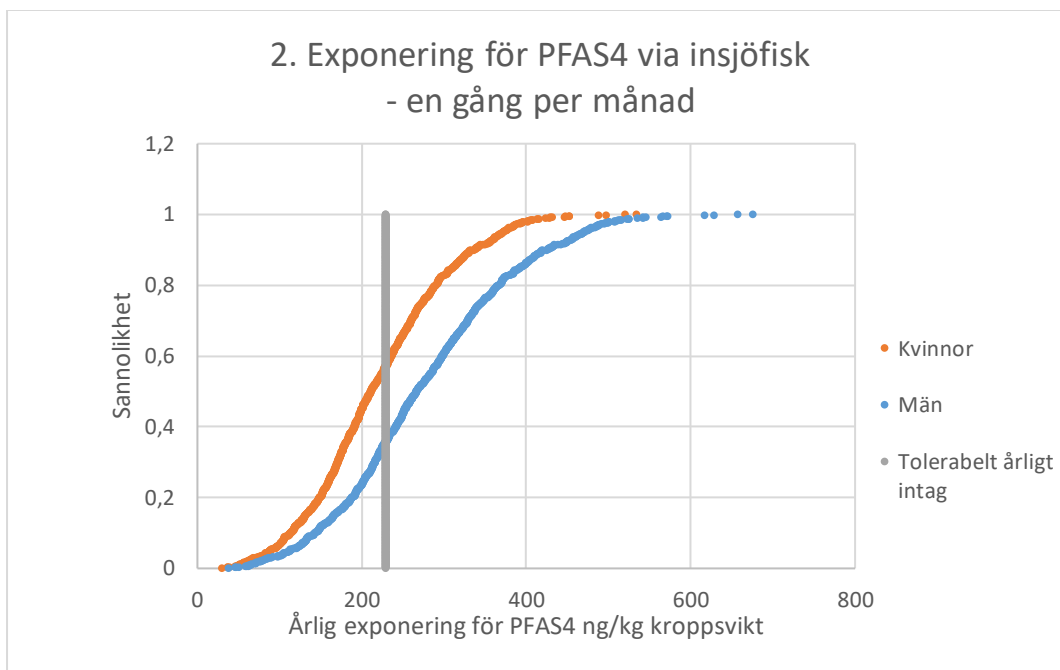
Figur 1. Fördelning av PFAS4-exponering (ng/kg kroppsvikt och år) bland kvinnor (orange) och män (blå), jämfört med det tolerabla årliga intaget som motsvarar 229 ng/kg kroppsvikt (grå). Fördelningarna baseras på ett antagande om konsumtion av insjöfisk tre gånger per år. Totalt 1000 simuleringar har gjorts för vardera kön, och PFAS4-koncentrationen i fisk till varje enskild beräkning har slumpmässigt dragits från det samlade datasetet om sju sjöar. Av dessa har fisken från en (Bergunda) innehållit tydligt förhöjda halter av PFAS4.

Tabell 4. Resultat för modellering av PFAS4-exponering vid intag av insjöfisk tre gånger per år. Rödmarkerade värden indikerar att PFAS4-exponeringen överskrider det tolerabla årliga intaget (TÅI).

1. Årlig exponering för PFAS 4 vid konsumtion av insjöfisk – 3 ggr per år		
	Kvinnor ng/kg kroppsvikt	Män ng/kg kroppsvikt
TÅI	229	229
Min	4	5
Max	236	278
Medel	53	67
50 percentil	43	52
95 percentil	134	177

### 3.2.2 Scenarion 2: intag av insjöfisk en gång i månaden

I scenarion 2 ligger intagsfrekvensen på en gång per månad fortfarande under det antal intag per år som Livsmedelsverket råder mindre känsliga individgrupper att hålla sig till. Trots detta så hamnar medelvärdet av den modellerade exponeringen för män över TÅI (tabell 5). För kvinnor motsvarar medelvärdet i detta scenarion 96 procent av TÅI. I figur 2 ses att över 60 procent av de modellerade exponeringsdoserna för män ligger över det tolerabla årliga intaget och för kvinnor är motsvarande andel drygt 40 procent.



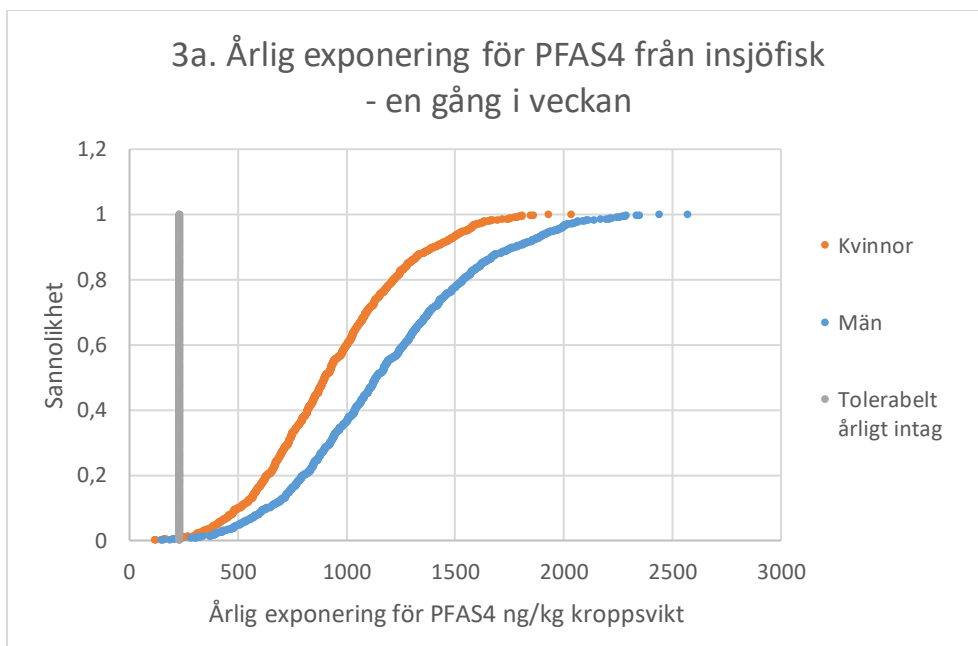
Figur 2. Fördelning av PFAS4-exponering (ng/kg kroppsvikt och år) bland kvinnor (orange) och män (blå), jämfört med det tolerabla årliga intaget på 229 ng/kg kroppsvikt (grå). Fördelningarna baseras på ett antagande om konsumtion av insjöfisk en gång per månad. Totalt har 1000 simuleringar gjorts för vardera kön, och PFAS4-koncentrationen i fisk till varje enskild beräkning har slumpmässigt dragits från det samlade datasetet från de sju sjöarna. Av dessa har fisken från en (Bergunda) innehållit tydligt förhöjda halter av PFAS4.

Tabell 5. Resultat för modellering av årlig PFAS4-exponering vid intag av insjöfisk en gång i månaden. Rödmarkerade värden indikerar att PFAS4-exponeringen överskrider det tolerabla årliga intaget (TÅI).

2. Årlig exponering för PFAS4 vid konsumtion av insjöfisk – 1 gång/mån		
	Kvinnor ng /kg kroppsvikt	Män ng/kg kroppsvikt
<b>TÅI</b>	<b>229</b>	<b>229</b>
Min	30	38
Max	535	676
Medel	220	277
50 percentil	211	267
95 percentil	372	471

### 3.2.3 Scenario 3a: Intag av insjöfisk en gång i veckan

Livsmedelsverkets kostråd medger att alla utom gravida och ammande äter insjöfisk en gång per vecka. I figur 3 och i tabell 6 visas att modelleringarna som baseras på intag av insjöfisk en gång per vecka där fisken fiskats i olika sjöar ger en exponering hos både kvinnor och män som i de flesta fall överskrider det tolerabla årliga intaget av PFAS4. Vid jämförelse av medelvärdet mot TÅI enligt detta exponeringsscenario ses att medelvärdet för kvinnor är fyra gånger så högt som TÅI och medelvärdet för män är fem gånger så högt. Över 95 procent av både män och kvinnor som äter insjöfisk en gång i veckan kommer att ha en årlig exponering för PFAS4 som överstiger TÅI.



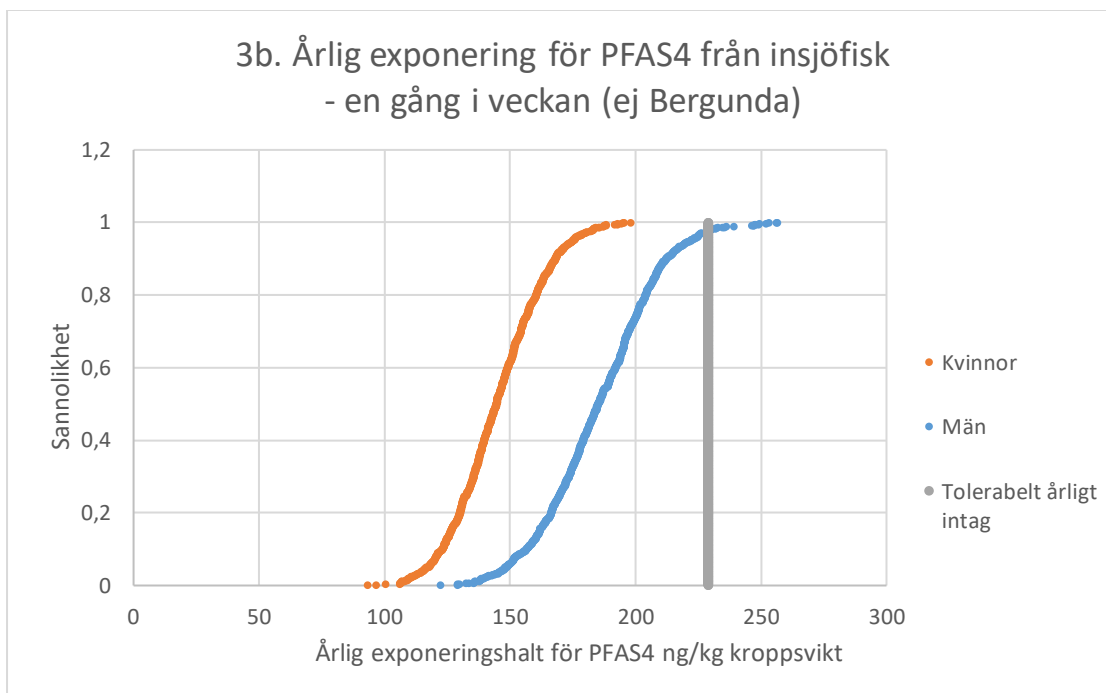
Figur 3. Fördelning av PFAS4-exponering (ng/kg kroppsvikt och år) bland kvinnor (orange) och män (blå), jämfört med det tolerabla årliga intaget på 229 ng/kg kroppsvikt (grå). Fördelningarna baseras på ett antagande om konsumtion av insjöfisk en gång i veckan. Totalt 1000 simuleringar har gjorts för vardera kön, och PFAS4-koncentrationen i fisk till varje enskild beräkning har slumpmässigt dragits från det samlade datasetet om sju sjöar. Av dessa har fisken från en (Bergunda) innehållit tydligt förhöjda halter av PFAS 4.

Tabell 6. Resultat för modellering av årlig PFAS4-exponering vid intag av insjöfisk en gång i veckan. Rödmarkering innebär att exponeringen överskrider det tolerabla årliga intaget (TÅI).

3a. Årlig exponering för PFAS 4 vid konsumtion av insjöfisk – 1 gång/vecka		
	<b>Kvinnor ng/kg kroppsvikt</b>	<b>Män ng/kg kroppsvikt</b>
<b>TÅI</b>	<b>229</b>	<b>229</b>
Min	115	145
Max	2034	2571
Medel	931	1176
5 percentil	406	513
50 percentil	900	1137
95 percentil	1549	1958

### 3.2.4 Scenario 3b: Intag av insjöfisk en gång i veckan (ej Bergunda)

I scenario 3b har modelleringen av årlig PFAS-dos återigen baserats på ett intag av insjöfisk en gång per vecka men här kommer fisken som konsumeras från de sex sjöar som inte har en tydlig PFAS-påverkan. Resultatet visar då att samtliga modellerade exponeringar för kvinnor och 97 procent av modelleringarna för män understiger TÅI.



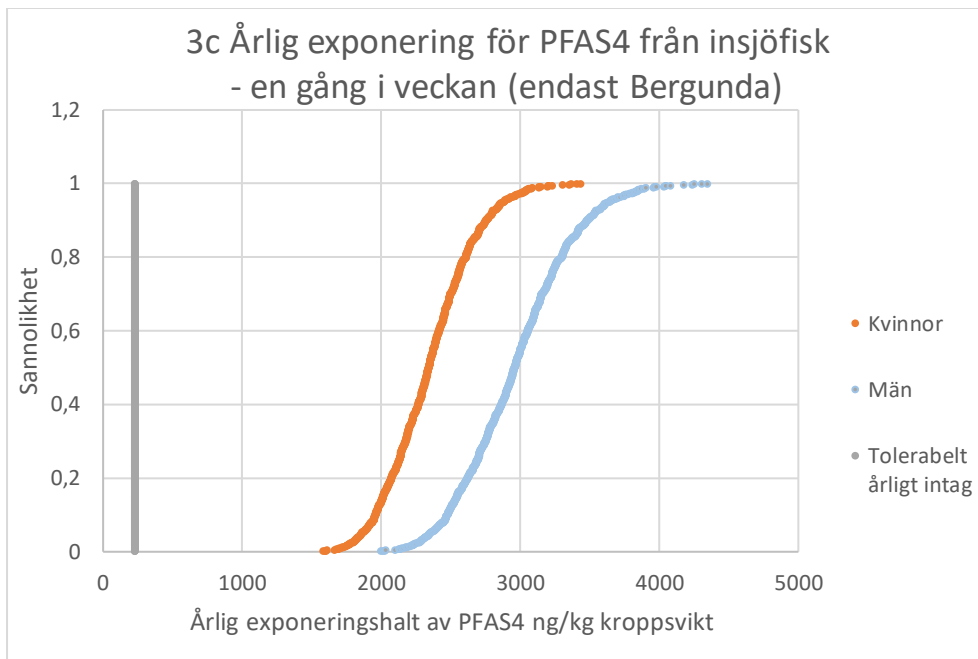
Figur 4. Fördelning av PFAS4-exponering (ng/kg kroppsvikt och år) bland kvinnor (orange) och män (blå), jämfört med det tolerabla årliga intaget (grå). Fördelningarna baseras på ett antagande om konsumtion av insjöfisk en gång i veckan. Totalt 1000 simuleringar har gjorts för vardera kön, och PFAS4-koncentrationen i fisk till varje enskild beräkning har slumpmässigt dragits från de sex sjöar som inte varit tydligt PFAS-påverkade.

Tabell 7. Resultat för modellering av årlig PFAS4-exponering vid intag av insjöfisk en gång i veckan från de sex sjöarna i datasetet utan tydlig PFAS-påverkan.

3b. Årlig exponering för PFAS 4 vid konsumtion av insjöfisk – 1 gång/vecka Ej Bergunda		
	<b>Kvinnor ng/kg kroppsvikt</b>	<b>Män ng/kg kroppsvikt</b>
<b>TÅI</b>	<b>229</b>	<b>229</b>
Min	93	122
Max	198	257
Medel	145	185
5 percentil	118	149
50 percentil	145	185
95 percentil	175	222

### 3.2.5 Scenario 3c: Intag av insjöfisk en gång i veckan (endast Bergunda)

Det femte och sista exponeringsscenarioet motsvarar ett värsta tänkbart fall där fisken som konsumeras enbart kommer från den sjö där fiskarna har som högst PFAS4-halt (Bergundasjön) och konsumtion sker en gång i veckan. Samtliga modellerade PFAS-doser för detta scenario ligger över det tolerabla årliga intaget för både kvinnor och män (figur 5, tabell 8). Medelvärdet för den årliga PFAS4-exponeringen ligger här 10 gånger över TÅI för kvinnor och 13 gånger över för män.



Figur 5. Fördelning av PFAS4-exponering (ng/kg kroppsvikt och år) bland kvinnor (orange) och män (blå), jämfört med det tolerabla årliga intaget på 229 ng/kg kroppsvikt (grå). Fördelningarna baseras på ett antagande om konsumtion av insjöfisk en gång i veckan. Totalt 1000 simuleringar har gjorts för vardera kön, och PFAS4-koncentrationen i fisk till varje enskild beräkning har slumpmässigt dragits från den sjö i vilken fisken visat sig innehålla betydligt förhöjda halter av PFAS4 (Bergundasjön).

Tabell 8. Resultat för modellering av årlig PFAS4-exponering vid intag av insjöfisk en gång i veckan och fisken som konsumeras enbart fiskas i den sjö som är tydligt PFAS-påverkad. Rödmarkering innebär att exponeringen överskrider det tolerabla årliga intaget (TÅI).

3b. Årlig exponering för PFAS 4 vid konsumtion av insjöfisk – 1 gång/vecka (bara fisk från Bergundasjön)		
	Kvinnor ng/kg kroppsvikt och år	Män ng/kg kroppsvikt och år
<b>TÅI</b>	<b>229</b>	<b>229</b>
Min	1575	2044
Max	3511	4214
Medel	2347	2957
50 percentil	1865	2367
95 percentil	2902	3641

## 4. Diskussion

Konsumtion av fisk har lyfts fram som en viktig källa till PFAS-exponering hos människor men mer preciserad kunskap behövs kring exponeringen från olika typer av fisk då fiskkonsumtion också har många hälsofördelar. I denna studie har fisk fångats i sju svenska sjöar som vid insamlingstillfället inte hade någon känd PFAS-belastning. Analysresultatet för PFAS i fiskmuskel visade dock att en av sjöarna hade tydlig PFAS-påverkan då halterna av PFAS4 i fiskarna från denna sjö var flera gånger högre än i fisk från de övriga sjöarna. Vetskapen om de förhöjda PFAS-halterna i fisken från den PFAS-påverkade sjön fick sedan ligga till grund för upprättandet av de fem exponeringsscenarierna.

Resultatet av de fem olika exponeringsmodellerna i denna studie belyser risken att exponeras för halter av PFAS4 som överskrider det tolerabla årliga intaget (TÅI) när insjöfisk som konsumeras helt eller delvis kommer från en sjö som är förorenad av PFAS4. I den svenska befolkningen är den typiska konsumtionsfrekvensen av insjöfisk begränsad till några gånger per år vilket motsvaras av den frekvens som används i scenario 1 och även ligger i linje med kostråden för gravida och ammande [12]. Scenario 3c illustrerar exponeringssituationen för konsumenter som till exempel bor nära en tydligt PFAS-förorenad insjö och endast äter fisk från en och samma sjö.

Livsmedelsverkets kostråd tillåter intag av insjöfisk tre gånger om året för känsliga grupper som gravida och ammande kvinnor. Resultatet visar att den årliga exponeringsdosen för PFAS4 vid en sådan intagsfrekvens oftast ligger under det tolerabla årliga intaget (TÅI) även om fisken delvis kommer från en tydligt PFAS-påverkad sjö. Däremot bör inte hela TÅI intecknas av PFAS4 från insjöfisk då även andra livsmedel ger bidrag till den totala exponeringsdosen för en individ.

För mindre känsliga individgrupper är kostråden mer tillåtande och rekommendationen för dessa är att begränsa intaget av insjöfisk till en gång i veckan, vilket motsvarar den intagsfrekvens som använts i scenario 3a-3c. Här ses att så länge fisken som konsumeras endast kommer från sjöar med låg PFAS-påverkan så ger denna konsumtionsfrekvens endast ett årligt tillskott av PFAS4 som understiger TÅI i de flesta fall. Om konsumtionen däremot även inkluderar fisk från en sjö med förhöjd PFAS-belastning (som exemplifieras med Bergundasjön i scenario 3a i denna studie) så överskrids i stället TÅI i över 95 procent av fallen. Viktigt att notera är att detta sker trots att de flesta fiskar i datasetet har en PFAS4-halt under EU:s gränsvärden för PFAS4 i insjöfisk [11]. Även när intagsfrekvensen sänks till endast ett intag per månad ligger 40–60 procent av de modellerade exponeringsdoserna över TÅI när fisk från den PFAS-påverkade sjön inkluderas (scenario 2). Detta belyser vikten av att sjöar med betydande PFAS-belastning identifieras. För sjöar med tydligt förhöjda halter av PFAS4 bör information och lokala kostråd tillhandahållas för att exponeringen via intag av fisk från dessa sjöar ska begränsas ytterligare.

Vad som definierar en tydligt PFAS-påverkad sjö behöver dock utredas vidare. I denna studie låg medelhalten av PFAS4 i fiskar från den mest uppenbart PFAS-påverkade sjön cirka 12 gånger högre än medelhalten i fisk från övriga sjöar, samtidigt som alltså PFAS4-halterna som uppmättes i fisken i de flesta fall låg under den nivå som EU-kommissionen angett som acceptabel för abborre, gädda och gös som saluförs [11]. EU:s gränsvärdena är satta utifrån ALAR-principen som innebär *As low as reasonably possible*. Det är med andra ord inte enbart toxikologiska avvägningar som ligger bakom gränssättningen och Livsmedelsverket poängterar på sin hemsida att EU:s gränsvärden inte bör användas för beräkningar av hur ofta fisken från en viss vattenlokal kan ätas [13].

I denna studie har endast exponeringen för PFAS4 undersökts. Detta eftersom det idag endast finns gränsvärden och tolerabelt veckointag fastställt för PFAS4. I Livsmedelsverkets senaste Matkorsundersökning visas att även andra PFAS-ämnen, som till exempel PUnDA (28 %) och PTrDA (11 %), ger betydelsefulla bidrag till den totala PFAS-dosen via mager fisk [2]. I matkorsrapporten visas att PFAS4 endast utgjorde drygt en tredjedel av den totala PFAS-halten i vissa fiskprover från mager vit fisk [2]. Det finns med andra ord ett behov av ökad kunskap om exponeringsnivåer och hälsoeffekter av fler PFAS-ämnen så att gränsvärden kan fastställas även för andra vanligt förekommande PFAS-ämnen i livsmedel.

Bidraget av PFAS från insjöfisk utgör ju för de flesta individer endast en liten andel av den totala exponeringsdosen som fås från kosten. Även bidrag från andra livsmedel som till exempel dricksvatten, ägg, kött och mjölk spelar roll för exponeringen. Vid en mer omfattande riskbedömning

av PFAS-exponering från insjöfisk, exempelvis inför justerande av kostrekommendationer, bör även bakgrundsexponering från andra exponeringskällor inkluderas.

I en av de andra delstudierna i detta projekt "*PFAS-exponering via konsumtion av insjöfisk*" sågs att högkonsumenter av insjöfisk (intag av insjöfisk minst en gång i månaden) generellt hade högre halter av PFAS i blodplasman jämfört med icke-konsumenter av insjöfisk. Analyserna visade även att männen hade högre halter av PFAS i plasma jämfört med kvinnor [7]. Båda dessa resultat överensstämmer med de exponeringsundersökningar som gjorts i denna studie då männens exponeringsnivå för PFAS4 från insjöfisk i samtliga exponeringsscenarioer ligger över kvinnornas.

## 5. Slutsats

Resultatet visar att konsumtion av insjöfisk där den konsumerade fisken helt eller delvis kommer från förorenade sjöar, kan ge en betydande PFAS-exponering som vida överstiger det tolerabla årliga intaget av PFAS4, trots att PFAS4-halten i fisken understiger EU:s gränsvärden för fisk som saluförs på den europeiska marknaden. Redan vid konsumtion en gång i månaden, överskreds det tolerabla årliga intaget av PFAS4 när fisk från samtliga sju sjöar inkluderats. Det är därför av största vikt att sjöar med betydande PFAS-påverkan identifieras och att konsumtion av fisk från dessa sjöar begränsas genom lokala kostråd.

När fisken som konsumeras enbart kom från de sjöar med låg föroreningsgrad (alla sjöar utom Bergunda) låg det årliga bidraget av PFAS4 från insjöfisk på en nivå som understiger TÅI trots den högre konsumtionsfrekvensen på en gång per vecka. Vad som kan räknas som ett rimligt bidrag av PFAS4 från insjöfisk till den tolerabla årliga exponeringen för en individ bör dock utredas vidare då även andra livsmedel ger tillskott till den totala exponeringsdosen.

## Tack!

Tack till Naturvårdsverket som finansierat denna studie.

## Referenser

- [1] EFSA CONTAM panel, Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food EFSA Journal, 2020, 18(9), 6223. doi:10.2903/j.efsa.2020.6223
- [2] Livsmedelsverket The Swedish Market Basket Study 2022. Per capita-based analyses of nutrients and toxic compounds in market baskets and assessment of benefit or risk, 2024, Livsmedelsverkets rapportserie. L 2024 nr 08
- [3] Berger, U., Glynn, A., Holmstrom, K.E., Berglund, M., Ankarberg, E.H., Tornkvist, A., Fish consumption as a source of human exposure to perfluorinated alkyl substances in Sweden - analysis of edible fish from Lake Vättern and the Baltic Sea. Chemosphere 2009, 76, 799–804.
- [4] Augustsson A., Lennqvist T., Osbeck C.M.G., Tibblin P., Glynn A., Nguyen M. A., Westberg E., Vestergren R., Consumption of freshwater fish: A variable but significant risk factor for PFOS exposure. Environmental Research, 2021, 192 110284.
- [5] Livsmedelsverket, L 2025 nr 04 - Livsmedelsverkets generella kostråd för den vuxna befolkningen. 2025, Livsmedelsverkets rapportserie, Tillgänglig: <https://v.v.w.livsmedelsverket.se/om-oss/publikationer/artiklar/2025/l-2025-nr-04-livsmedelsverkets-generella-kostrad-for-den-vuxna-befolkningen/>
- [6] Nauta W., Kärrman A., Helmfrid I., Stensson N., Ljunggren S., Karlsson H., Extractable organofluorine in human plasma, Naturvårdsverket 2022  
Tillgänglig: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-11144>
- [7] Helmfrid I., Stensson N., Ljunggren S., Kärrman A., Nauta W., Karlsson H., PFAS-exponering via intag av insjöfisk, Naturvårdsverket 2022
- [8] Helmfrid I., Ljunggren S., Nosratabadi R., Wingren G., Karlsson H., Berglund M., Exponering för tungmetaller i glasbruksområden. Nationell miljöövervakning på uppdrag av Naturvårdsverket 2017. NV-08972-13. Arbets- och miljömedicin, Linköping
- [9] Amcoff, E. Portionsstorlekar för fisk. Analys och bearbetning av rapporterade fiskportioner i matvaneundersökningen Riksmaten Vuxna 2010-11. Masteruppsats. Uppsala universitet, Institutionen för kostvetenskap 2014  
<https://v.v.w.divaportal.org/smash/get/diva2:769522/FULLTEXT01.pdf>.
- [10] Livsmedelsverket. Riksmaten vuxna 2010-11. Livsmedels- och näringsintag bland vuxna i Sverige. 2012  
[https://v.v.w.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2011/riksmaten\\_2010\\_20111.pdf](https://v.v.w.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2011/riksmaten_2010_20111.pdf)
- [11] COMMISSION REGULATION (EU) 2022/2388, amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perfluoroalkyl substances in certain foodstuffs, Official Journal of the European Union 2022
- [12] Borthwick, L., Bergman, K., Ziegler, F., Svensk konsumtion av sjömat. RISE Research Institutes of Sweden. RISE Rapport 2019:27.
- [13] Livsmedelsverket, PFAS och andra miljögifter i dricksvatten och livsmedel-kontroll, [innehållet hämtat 251209, granskat 250123]  
Tillgängligt: <https://v.v.w.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/dricksvattenproduktion/kontroll-pfas-miljogifter-dricksvatten-egenfangad-fisk/>

## Bilaga A1: PFAS-halt i insjöfisk

Tabell A1:1

Analyserade halter av PFAS4 och totalhalten av 50 PFAS-ämnen i fiskmuskel från insjöfisk fångad i sju sjöar i Kalmar och Kronobergs län. I totalhalten (PFAS-tot) är endast PFAS med halter över detektionsgränsen medräknade. PFAS-ämnen med detekterbara halter i något av fiskproven är fetmarkerade.

**PFAS-tot:** 10:2FTS, 3:3FTCA, 4:2 FTS, 5:3FTCA, 6:2 Cl-PFAS, 6:2FTS, **7:3FTCA**, 8:2Cl-PFAES, 8:2FTS, DONA, EtFOSA, EtFOSAA, HFPODA, HPFHpA, MeFOSA, MeFOSAA, MeFOSE, EtFOSE, NFDHA, **PFBA**, PFBS, **PFBSA**, **PFDA**, **PFDaA**, PFDaDS, PFDS, **PECHS**, PFEESA, PFHpA, **PFHpS**, PFHxA, PFHxDA, PFHxS, **PFHxSA**, PFMBA, PFMPA, **PFNA**, PFNS, **PFOA**, PFODA, **PFOS**, **PFOSA**, PFPeA, PFPeS, PFPrS, **PFTeDA**, **PFTrDA**, PFTrDS, **PFUnDA**, PFUnDS,

**PFAS4:** PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA

Sjö	Fisk	Prov id	PFAS4 (µg/kg v.v.) Exkl LOQ	PFAS-Tot (µg/kg v.v.) exkl LOQ	Andel PFAS4 av PFAS-tot (%)
Algunnen	Gädda	13	2,0494	3,5206	58
Algunnen	Gös	20	2,2421	3,1971	70
Algunnen	Gädda	35	1,0221	2,0313	50
Algunnen	Gös poolat	200	2,6073	4,3937	59
Algunnen	Abborre poolat	201	2,5998	3,7433	69
Algunnen	Gädda poolat	202	1,0585	2,1254	50
Algunnen	Gös poolat	203	2,2367	3,3646	66
Bergunda	Gädda	95	18,7519	20,3866	92
Bergunda	Gädda	96	18,1526	20,437	89
Bergunda	Gädda	97	13,1055	14,9946	87
Bergunda	Gädda	98	13,236	15,4295	86
Bergunda	Gädda	99	17,7244	19,316	92
Bergunda	Abborre	100	10,509	12,3074	85
Bergunda	Abborre	101	35,8258	36,9054	97
Bergunda	Abborre	102	17,0212	18,4447	92
Bergunda	Abborre	103	45,5782	47,6084	96
Bergunda	Abborre	104	14,4122	15,0484	96
Bergunda	Abborre	105	24,9529	25,8831	96
Bergunda	Abborre	106	18,5164	19,4167	95
Bergunda	Abborre	107	53,8917	55,5889	97
Bergunda	Abborre	108	27,1893	28,2479	96
Bergunda	Abborre	109	19,3058	20,099	96
Bergunda	Abborre	110	27,2083	28,4029	96
Bergunda	Abborre	111	22,0299	23,5375	94
Bergunda	Abborre	112	34,6783	35,8297	97
Län	Gös	18	1,2667	2,1497	59
Län	Gädda	38	0,8927	1,896	47
Län	Gädda	45	1,2462	2,584	48
Län	Gädda	70	0,8201	1,6932	48
Län	Gös poolat	208	1,5059	2,442	62

Törn	Gädda	11	1,045	2,0688	51
Törn	Gädda	32	1,2689	2,3653	54
Törn	Gös	37	1,1244	1,7889	63
Törn	Gös	43	1,3007	2,0658	63
Törn	Gädda	57	1,0374	2,255	46
Törn	Gös	62	2,3597	3,2615	72
Törn	Abborre poolat	207	2,045	3,2262	63
Vasen	Gädda	49	0,9301	1,9722	47
Vasen	Gädda	75	0,4382	0,9078	48
Vasen	Aborre poolat	209	1,3049	2,2782	57
Åsen	Gädda poolat	204	0,7056	1,9264	37
Åsen	Gädda poolat	205	1,9394	3,5612	54
Öjen	Gädda	24	1,5896	2,5122	63
Öjen	Gädda	30	1,6747	2,5876	65
Öjen	gös	36	1,4144	2,2299	63
Öjen	Gädda	44	0,2222	1,5281	15
Öjen	gös	58	2,0475	2,8369	72
Öjen	Gädda	82	0,6124	1,2822	48
Öjen	gös	84	1,713	2,4978	69
Öjen	Abborre poolat	206	3,0639	4,33	71