

# Differenceret risikovurdering af PFAS i jord

Jord er mere og andet end en kilde til grundvandsforurening

John Jensen, Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet

# PFAS i Jord

- Miljøbeskyttelsesloven beskriver i brede vendinger behovet for at beskyttelse:
  - § 1. Loven skal medvirke til at værne **natur og miljø**, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for **menneskets livsvilkår** og for **bevarelsen af dyre- og plantelivet**.*
- I Danmark har jordforurening (punktkilde og diffus) traditionelt været fokuseret på grundvandsforurening og i mindre grad overfladevand
- De danske jordkvalitetskriterier har fokus på direkte human eksponering gennem jordspisning (og måske grøntsager i køkkenhaver)
- EU's nye Soil Strategy 2030 vil bl.a. gennem en ny Jordmoniteringslov fra december 2025 muligvis udvide paletten af beskyttelsesmål og forureningstyper, som myndigheder skal forholde sig til

# Soil Monitoring Law (26.11.25)

- The EU's SML protects and restores soils, ensuring that they are used sustainably.
- The Directive looks at all aspects of soil degradation including soil biodiversity and soil contamination
- Requiring Member States to **monitor and assess soil health**
- By **2028** EU Member States must transpose the Directive's provisions into their national law
- By **2031** Member States must submit their first assessment report to the Commission

# Soil Monitoring Law

Hvordan vurderer man risiko for miljø – uden JKK, der er miljøbaseret?

- (21) Soils host more than 25 % of all biodiversity and are the second-largest carbon pool on the planet.....Therefore, the importance of collection and analysis of information on the presence of **soil bacteria and fungi** should be recognised and serve as a foundation for the potential future expansion of biodiversity monitoring.
- (51) It is necessary to gather data on the presence of soil contaminants that could pose a risk to human health **and the environment**, including pesticides, their metabolites, per- and polyfluoroalkyl substances (**PFAS**) and other emerging soil contaminants.

# Hvad bør beskyttes?

- Set i lyset af de overordnede målsætninger i miljøbeskyttelsesloven (*beskyttelse af dyre- og plantelivet*) og EU jordloven (*habitat for biodiversity*) bør risikovurdering af jordforurening ikke kun snævert vurderes ud fra en beskyttelse af jordspisende børn, grundvand og i mindre grad overfladevand, men også de terrestriske økosystemer i og over jorden.
- Juridisk, økonomisk og praktisk ved alle at det ikke forholder sig sådan (endnu 😊)
- Hvornår kan det være fagligt relevant at forholde sig til andre beskyttelses mål og med hvilke metoder?

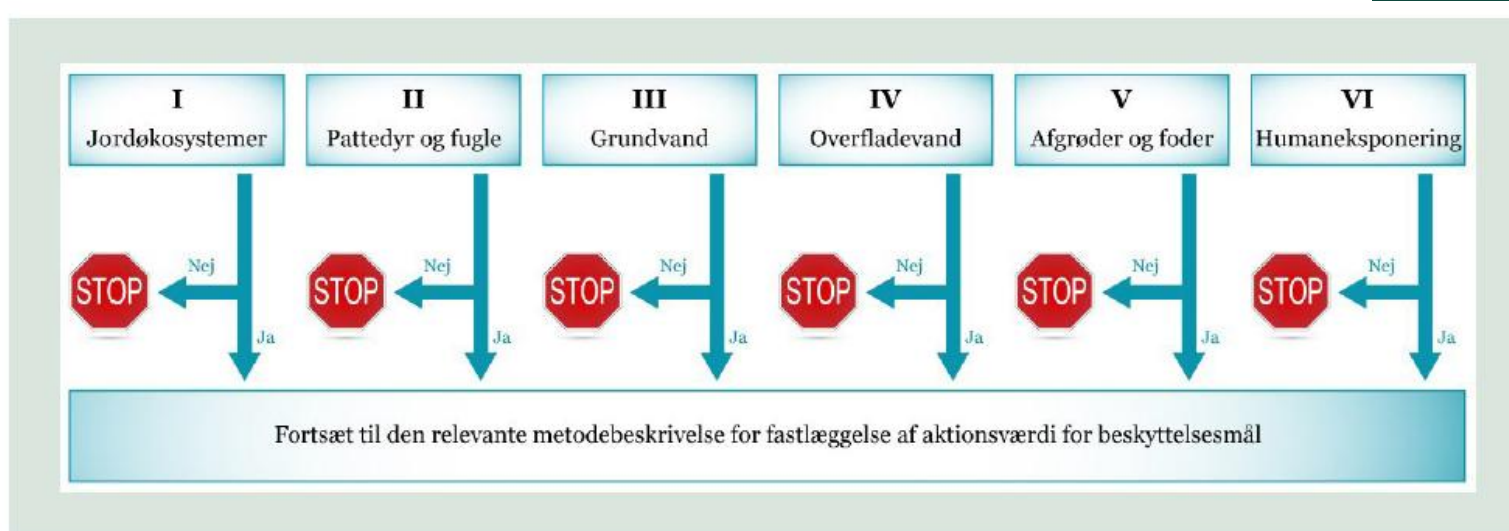
# Primære Beskyttelsesmål for jord

- I. Jordbundsøkosystemer (struktur og funktion, m.a.o. biodiversitet og funktionalitet)
- II. Terrestriske økosystemer (pattedyr og fugle, herunder jagtbart vildt)
- III. Grundvand og drikkevand
- IV. Overfladevand (søer og vandløb – i mindre grad havmiljøet)
- V. Agro-relaterede fødekæder (afgrøder og husdyr)
- VI. Mennesker (primært børn)

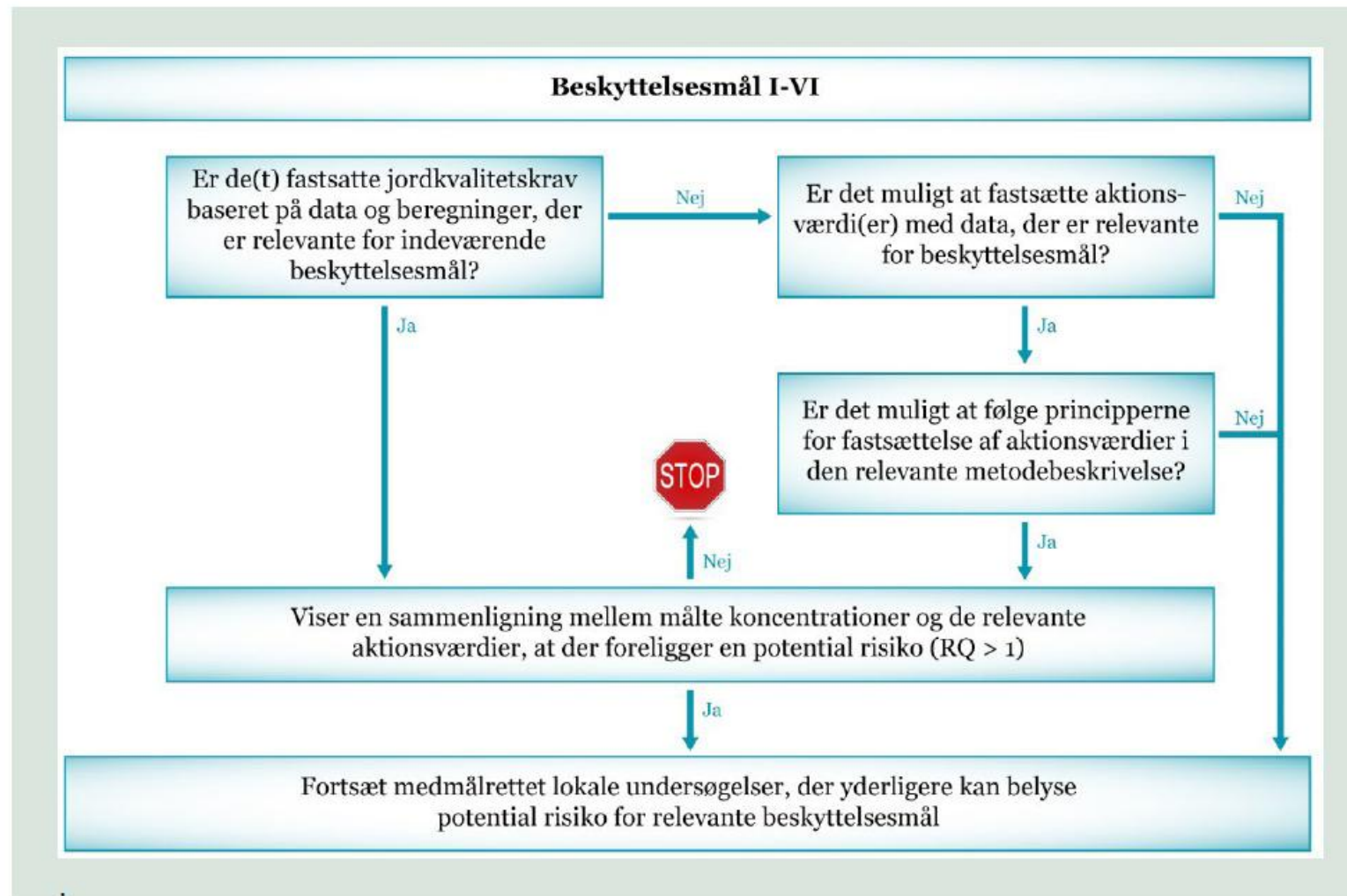
# Skitse af DSS for PFAS

Differentierede  
aktionsværdier i jord

Aktionsværdier for  
PFAS i jord



FIGUR 2. Beslutningsdiagram til at bestemme relevante beskyttelsesmål i den konkrete risikovurderingssag.

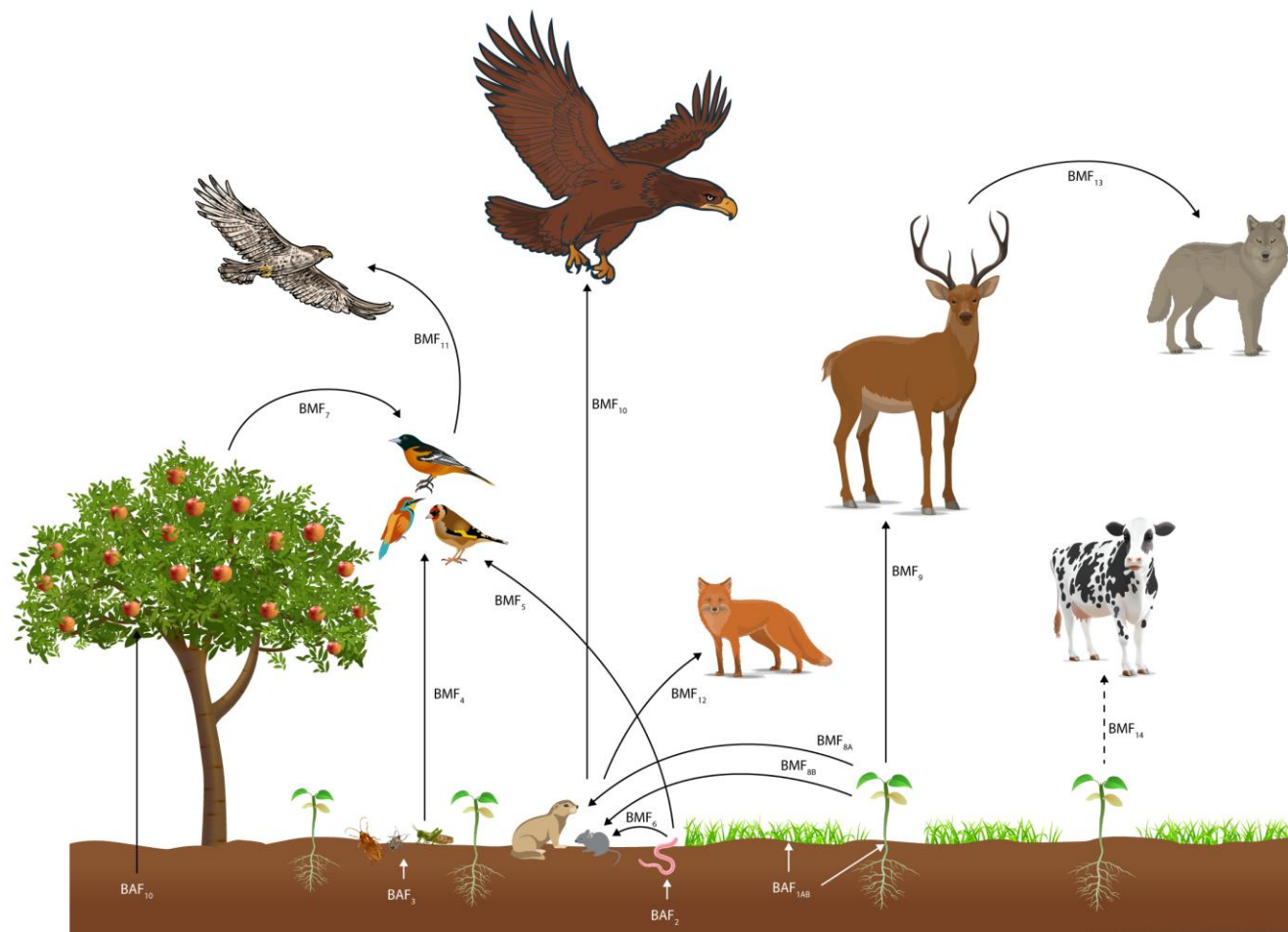


**FIGUR 3.** Beslutningsdiagram til vurdering af behovet for at fastsætte eller anvende differentieret aktionsværdier i en konkret risikovurderingssag. Diagrammet anvendes individuelt for hvert af de relevante beskyttelsesmål.



# Bioakkumulering af PFAS i planter og dyr

- Rapporten indeholder en oversigt over viden om bioakkumulering (jord-organisme) og biomagnificering (fødekæder) af PFAS



**TABEL 1.** Geometrisk middel af BAF målt i en række planteoptagsstudier og opsummeret i Divine m.fl. (2020). PFAS<sub>4</sub> er fremhævet med fed skrift.

| <b>PFAS</b>        | <b>BAF</b>  |
|--------------------|-------------|
| PFTeA              | 0,22        |
| PFTriDA            | 0,043       |
| PFD <sub>o</sub> A | 0,55        |
| PFUnA              | 0,71        |
| PFDS               | 0,19        |
| PFDA               | 0,7         |
| <b>PFNA</b>        | <b>1,1</b>  |
| <b>PFOS</b>        | <b>0,66</b> |
| PFOS (forgrenet)   | 0,29        |
| <b>PFOA</b>        | <b>0,11</b> |
| PFHpS              | 2,6         |
| PFHpA              | 1,2         |
| <b>PFHxS</b>       | <b>1,5</b>  |
| PFHxS (forgrenet)  | 8           |
| PFHxA              | 2,2         |
| PFPeA              | 3,7         |
| PFBS               | 3,6         |
| PFBA               | 8           |
| HFPO-TA            | --          |

Mange grøntsager  
og afgrøder

# Fokus på græs i mange fødekæder

**TABEL 3.** Optag af PFAS i skud fra græs fra slambehandlet områder tilført PFAS resulterende i jordkoncentrationer på omtrent 50 µg PFAS/kg jord. Data omregnet fra Zhang og Liang (2022). PFAS<sub>4</sub> er fremhævet med fed skrift. Beregningerne forholder sig kun til den tilførte PFAS og inkluderer ikke den baggrundskoncentration af PFAS, som var i testjorden inden opblanding. De reelle BAF er derfor marginalt mindre. LoD = Limit of Detection.

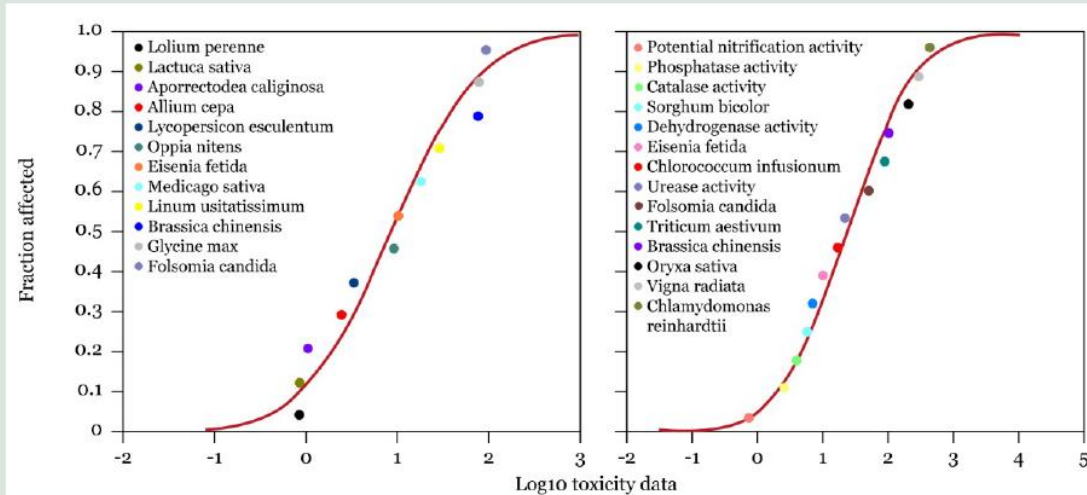
| PFAS         | C <sub>n</sub> | Log K <sub>oc</sub> | Jord (µg/kg) | Græs (µg/kg) | BAF         |
|--------------|----------------|---------------------|--------------|--------------|-------------|
| PFHxA        | 6              | 1,5                 | 51           | 217,23       | 4,26        |
| PFHpA        | 7              | 1,91                | 51           | 90,66        | 1,78        |
| <b>PFOA</b>  | <b>8</b>       | <b>2,3</b>          | <b>51</b>    | <b>21,73</b> | <b>0,43</b> |
| <b>PFNA</b>  | <b>9</b>       | <b>2,9</b>          | <b>51</b>    | <b>1,79</b>  | <b>0,04</b> |
| PFDA         | 10             | 4                   | 51           | <LoD         | < 0,01      |
| PFUnA        | 11             | 4,3                 | 51           | <LoD         | <0,01       |
| PFBS         | 4              | 1,8                 | 51           | 23,61        | 0,46        |
| <b>PFHxS</b> | <b>6</b>       | <b>2,31</b>         | <b>51</b>    | <b>17,61</b> | <b>0,35</b> |
| <b>PFOS</b>  | <b>8</b>       | <b>2,6</b>          | <b>51</b>    | <b>1,88</b>  | <b>0,04</b> |

**TABEL 2.** Beregnede (se ligning ovenfor) og målte BAF for græs baseret på data fra Yoo m.fl. (2011). Ligning for PFCA kan ikke anvendes for PFOS, da denne er en PFSA.

| PFAS        | C <sub>n</sub> | Beregnede BAF | Målte BAF   |
|-------------|----------------|---------------|-------------|
| PFHxA       | 6              | 1,16          | 3,4         |
| PFHpA       | 7              | 0,67          | 0,9         |
| <b>PFOA</b> | <b>8</b>       | <b>0,39</b>   | <b>0,25</b> |
| <b>PFNA</b> | <b>9</b>       | <b>0,22</b>   | <b>0,12</b> |
| PFDA        | 10             | 0,13          | 0,1         |
| PFUnDA      | 11             | 0,07          | 0,11        |
| PFDoDA      | 12             | 0,04          | 0,1         |
| PFTriDA     | 13             | 0,02          | 0,05        |
| PFTeDA      | 14             | 0,01          | 0,03        |
| <b>PFOS</b> | <b>8</b>       | <b>-</b>      | <b>0,07</b> |

# Jordbundsdyr

JKK PFAS4= 10 µg/kg



FIGUR 4. SSD-plot for PFOS (venstre) og PFOA (højre) fra ETX, version 2.3. Se tekst for yderligere forklaring.

PFOS  $AV_{biota}$  = 80 µg/kg  
PFOA  $AV_{biota}$  = 300 µg/kg

# Terrestriske pattedyr og fugle

- Bygger på en konservativ antagelse af, at fugle og pattedyr hele året alene indtager føde på forurenede områder

## AV<sub>Jagtbart vildt</sub> (Tabel 25)

|       |            |
|-------|------------|
| PFOS  | 6,1 µg/kg  |
| PFOA  | 19,4 µg/kg |
| PFNA  | 4,4 µg/kg  |
| PFHxS | 0,92 µg/kg |

## AV<sub>Pattedyr og fugle</sub> (Tabel 26-29)

|       |           |
|-------|-----------|
| PFOS  | 20 µg/kg  |
| PFOA  | 710 µg/kg |
| PFNA  | 860 µg/kg |
| PFHxS | -         |

# Aktionsværdier for overfladevand

---

- Generiske ligevægtsbetragtninger ( $K_d$ ) fra REACH kan anvendes omvendt. Fra grænseværdier til beregnede porevandskoncentrationer under en given fortynding.
- Beregninger kan ikke udelukke risiko for overfladevand ved human JKK
- Konservativ, da luft-vand retention ( $K_{aw}$ ) for PFAS ikke til fulde inddrages.

Vejledning til

screening for jordforureninger, der kan true overfladevand

A framework for determining site-specific soil screening levels for PFAS

[Mark L. Brusseau](#)<sup>a b</sup>  , [Bo Guo](#)<sup>b</sup>  , [Marcy Nadel](#)<sup>b</sup>, [Min Ma](#)<sup>b</sup>,  
[Joseph Quinnan](#)<sup>c</sup>, [Dina Drennan](#)<sup>d</sup>



[Platform](#) ▾ [Solutions](#) ▾ [Resources](#) ▾ [Open Source](#) ▾ [Enterprise](#) ▾ [Pricing](#)

 [GuoSFPLab / PFAS-LEACH-Tier-3-4](#) Public

# Hvad beskytter grænseværdierne?

- De gældende miljøkvalitetskrav / kriterier for PFAS dækker forskellige beskyttelsesmål og det er ikke altid umiddelbart transparent hvilke
- JKK forholder sig fx ikke til overfalde- eller grundvandskyttelse
- VKK for PFOS på 0,65 ng/L beskytter mennesker mod konsum af fisk. Fisk og andre vandorganismer er IKKE truet ved dette PFOS niveau.
- Det nye VKK (PFAS24/25) for vandløb og søer er baseret på indtag af overfladevand som drikkevand.

# Grænseværdier reguleres ikke sammen

- Ny viden om additive effekter af PFAS medførte at EU (WFD) og DK i 2024 indførte nye grænseværdier baseret på PFOA Ækvivalenter.
- Dette sker ud fra en eksisterende TWI for PFAS4 baseret på epidemiologi og ny viden fra toksikologiske leverstudier med rotter. Altså drevet af et beskyttelsesmål, som er mennesker (især børn)
- Alle andre grænseværdier, der har same beskyttelsesmål burde derfor – set ud fra ny faglig viden – reguleres tilsvarende.
- Det er IKKE (endnu) sket for grundvand/drikkevand. Det er IKKE sket for jord. Det er IKKE sket for vores fødevarer





## Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) within the Swedish Monitoring Programme for Contaminants in Marine Biota

Report 6:2023



Anne L. Soerensen and Suzanne Faxneld

The Swedish Museum of Natural History  
Department of Environmental Research and Monitoring

## Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) within the Swedish National Monitoring Programme for Contaminants in Freshwater Biota

Report 8:2023



Suzanne Faxneld and Anne L. Soerensen

The Swedish Museum of Natural History  
Department of Environmental Research and Monitoring

# Fra 0 til 100 i ferskvand

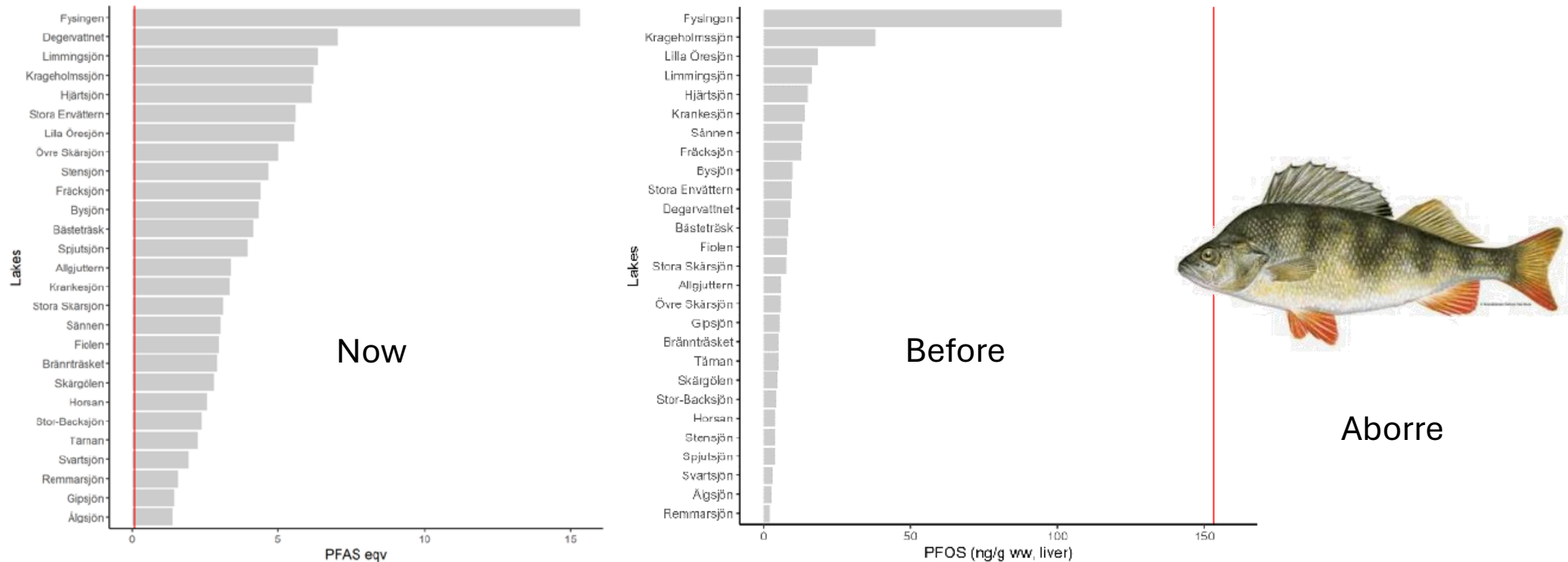


Figure 13. Perch concentrations in relation to a) new EQS target level of  $0.077 \text{ ng g}^{-1} \text{ ww muscle}$ . b) EQS biota ( $9.1 \text{ ng g}^{-1} \text{ ww muscle}$  equivalent to  $153 \text{ ng g}^{-1} \text{ ww liver}$ ). The red lines show the target levels.

# Nye grænseværdier = Nye prioriteringer

- Rigtig mange vandområder forventes ikke at opfylde de nye målsætninger (MKK for vand og biota) for PFAS25.
- Det betyder i princippet at al ny udledning skal stoppe/forhindres og eksisterende udledning reduceres – også fra forurenede grunde
- Her bør evt. indsatser balanceres ud fra en vurdering af hvilke beskyttelsesmål, der er fagligt relevante for området. Der kan sagtens være forskel mellem fagligt og juridisk relevans.