

Et overblik over PFAS-stoffer i forhold til landbrug og miljø

Jens Erik Jensen

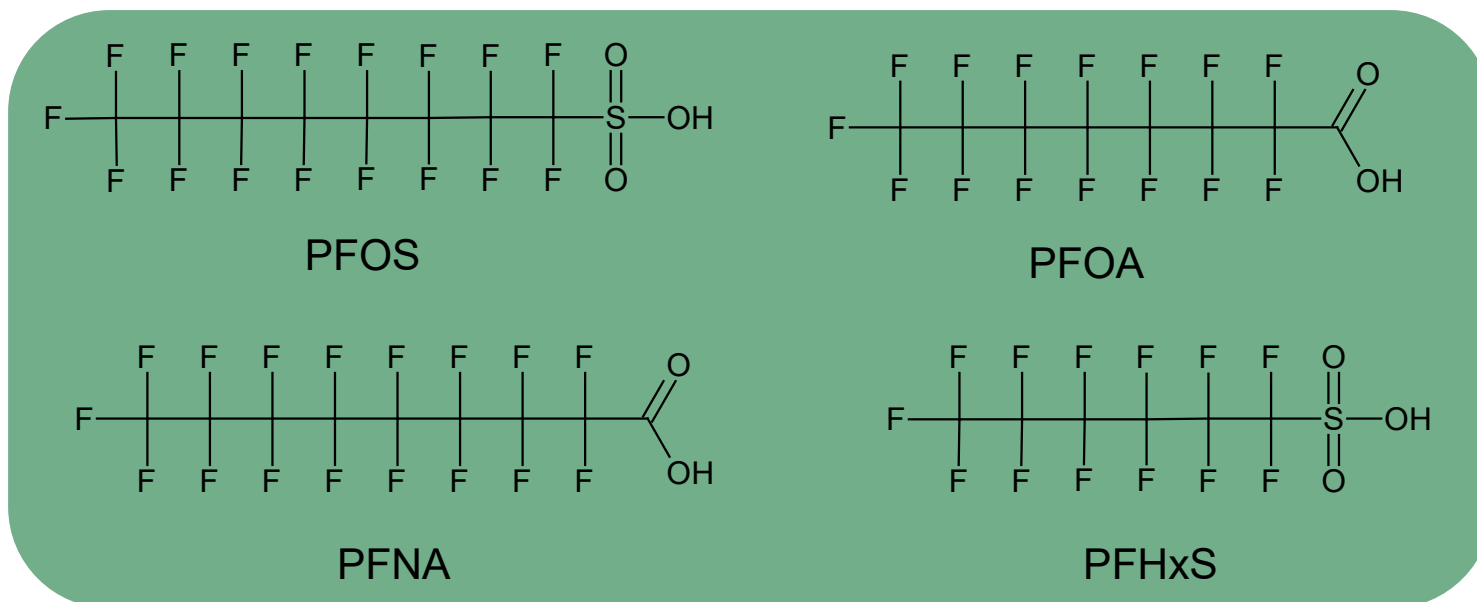
11. januar 2024

PFAS-beredskab er støttet af sektorerne under Landbrug & Fødevarer

SEGES
INNOVATION

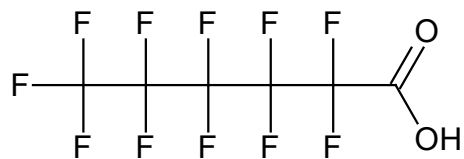
Hvad er PFAS - Evighedskemikalierne?

- Per- og polyfluoralkylstoffer – tusindvis af stoffer tilhører klassen af PFAS
- Nogle få eksempler på syrer

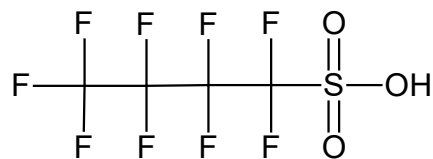


Tilsammen benævnes disse PFAS₄
En større gruppe med 22 PFAS-stoffer benævnes PFAS₂₂

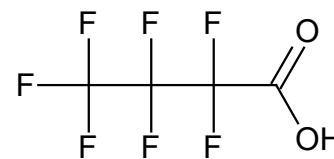
- Syrer med kortere kæder (~større vandopløselighed)



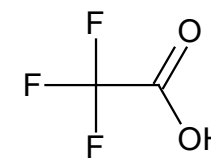
PFH_xA



PFBS



PFBA

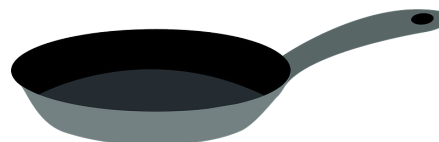


TFA

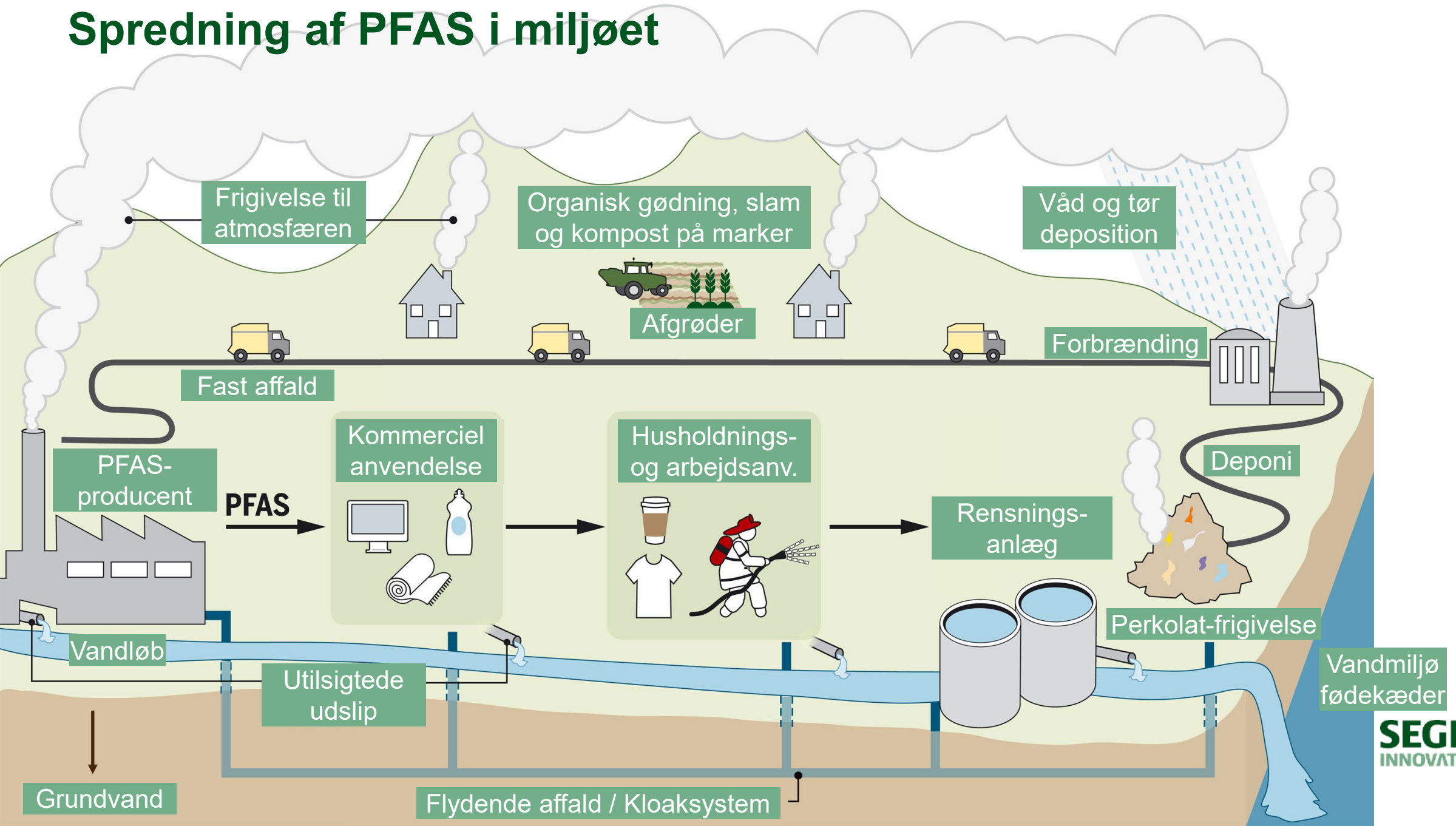
Eksempler på anvendelser af PFAS'er

MST råd om at reducere eksponering: PFASfri.dk

Fødevarer	Personlig pleje	Husholdning	Beklædning	Industri	Landbrug
Pizzabakker	Kosmetik	Rengøringsmidler	Vandafvisende tøj	Smøremidler	Smøremidler
Bagepapir	Tandtråd	Pletrens	Vandtæt fodtøj	Brandskum	Køleanlæg
Fast food emballage	Shampoo	Non-stick pander mv.	Imprægneringsprodukter	Kølemidler	Elektronik
Mikrobølge popcorn	Makeup	Maling, lak, fernis mv.	Rygsække, outdoor-prod.	Overfladebehandling	Pesticider?
Slikpapir	Neglelak	Møbler og tæpper		Forkromning	

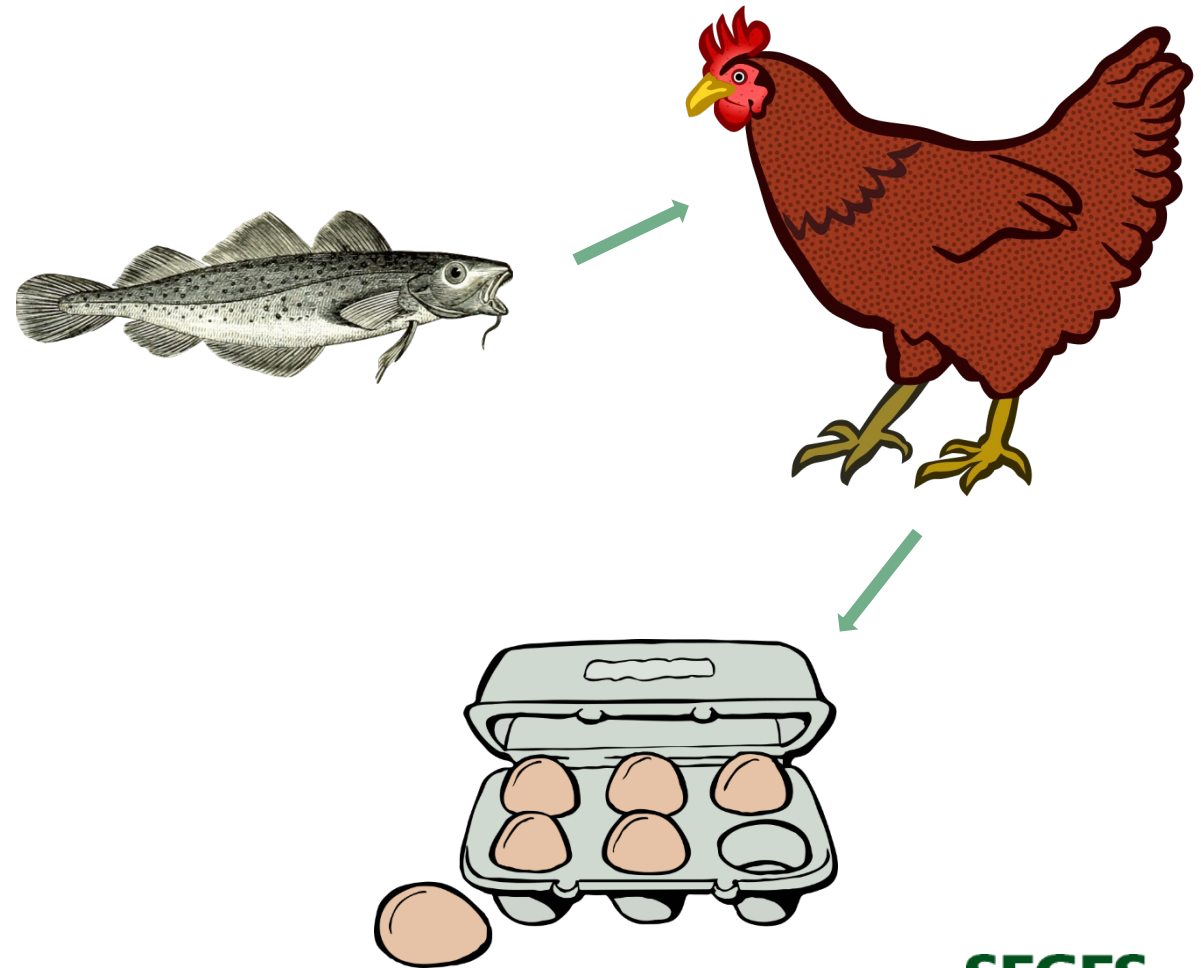


Spredning af PFAS i miljøet



PFAS – hvorfor er de et problem?

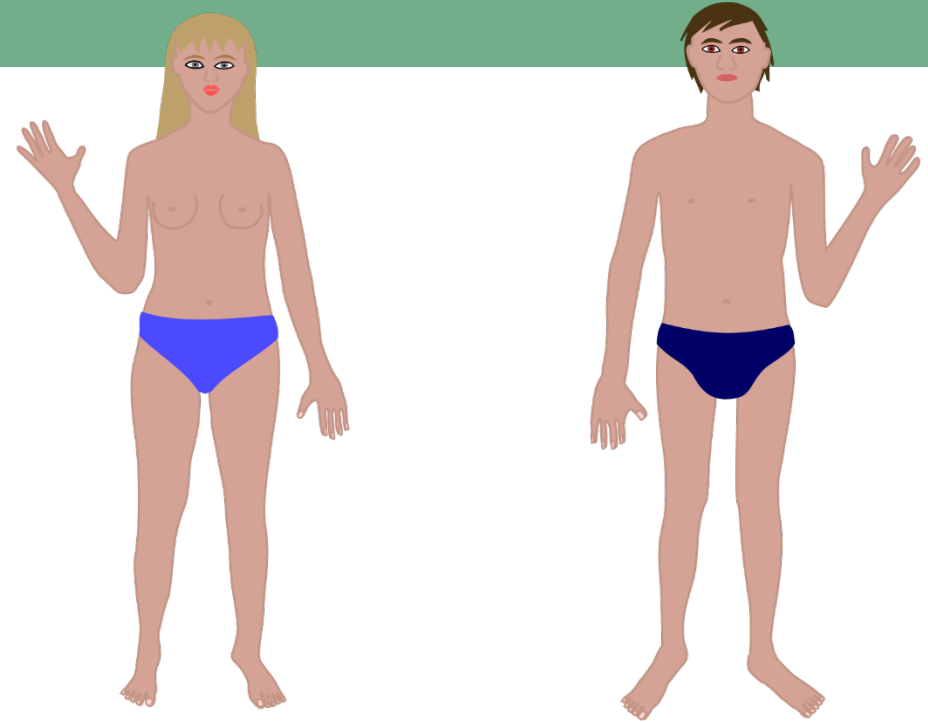
- Meget langsom nedbrydning i naturen, halveringstider måles i år eller årtier
 - PFOS: >41 år i vand, 3-7 år i mennesker
 - PFOA: >92 år i vand, 2-9 år i mennesker
- Kan ophobes i fødekæder
- Eksponeringskilder for mennesker: Fisk (60%), frugt (13%), æg (11%) og kød (8%) – kun små bidrag fra grøntsager, mejeriprodukter og drikkevand (EFSA)
- Strikse kravværdier for indhold i drikkevand



Helbredseffekter af PFAS

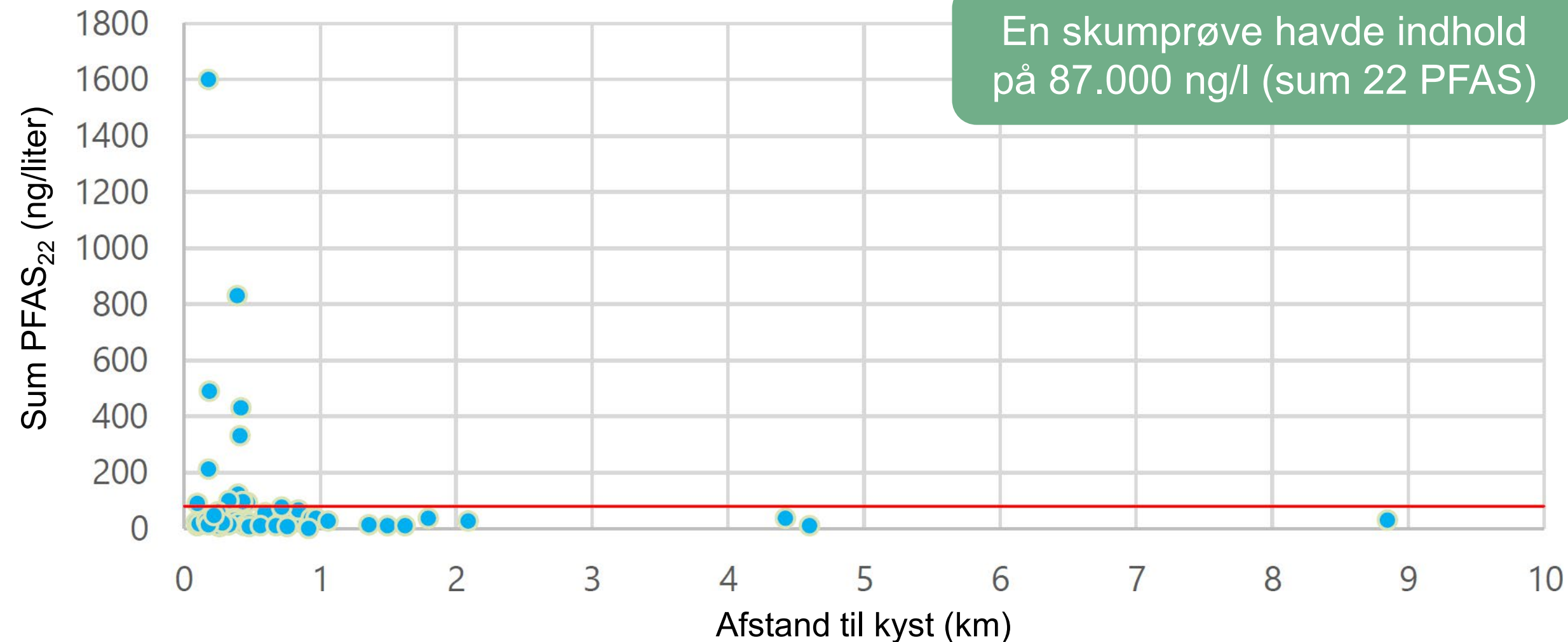
- Negativ påvirkning af immunforsvaret (f.eks. nedsat effekt af vaccination)
- Nedsat fødselsvægt, hvis moderen har været eksponeret
- Påvirkning af leveren
- Hormonforstyrrende
- Påvirkning af fertilitet
- Risiko for forskellige kræftformer
- Påvirkning af
 - Luftveje
 - Knogler
 - Nervesystemet
 - Osv.

EFSA tolerabelt indtag af PFAS₄ er sat til 4,4 ng per kg kropsvægt per uge



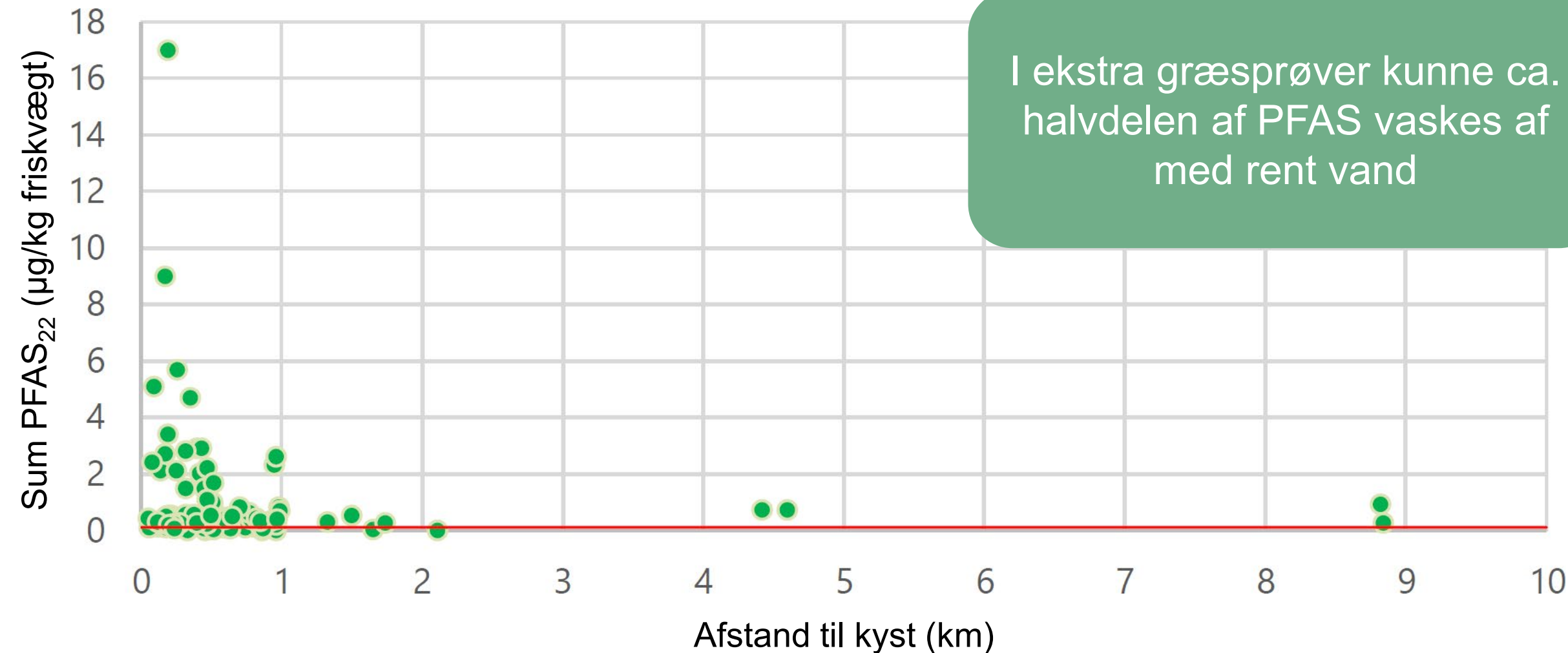
Korsør Nor nær brandskolen (maj 2021)
Kalvekød: PFOS hhv. 156, 189 og 230
ng/g kød (EFSA normal 0,028-0,17 ng/g)
Kilde: Fødevarestyrelsen

PFAS i vand langs Jyllands vestkyst



Kilde: NIRAS rapport, https://mst.dk/media/tnnkhivn/datarapport_pfas-i-graes-og-overfladevand.pdf

PFAS i græs langs Jyllands vestkyst



PFAS og naturpleje

- Naturstyrelsen opsagde i 2023 naturpleje med kvæg på 3.000 ha
- Store tab for involverede landmænd, som ikke kunne finde alternativ græsning og/eller måtte slagte før tid
- Kvæg som har for høje indhold af PFAS må ikke sendes til slagtning
- Heste og geder må godt græsse forurenede arealer, da kød fra disse udgår en meget lille del af kosten



Kreaturer græssede PFAS -
det har kostet Leif millioner

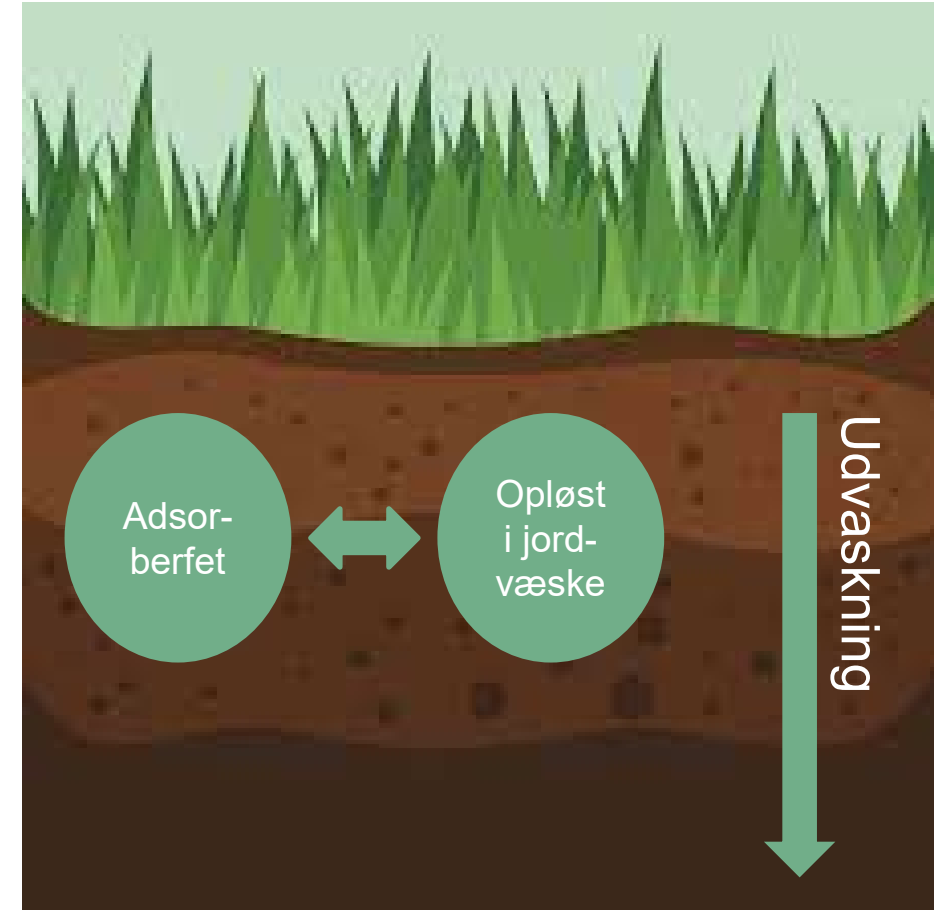
Nordjyske 3/10-2023

PFAS-fund rammer land-
mænd hårdt - nu må Viggos
økokvæg slagtes før tid

Jydske Vestkysten 22/4-2023

Opførsel i jord

- Negativt ladede ved neutral pH
- En vis adsorption til organisk stof (humus) i jorden
- En vis adsorption til mineralske jordkolloider
- Størst adsorption ved lavt pH i jorden
- Ligevægt: adsorberet \longleftrightarrow opløst i jordvæske
- Moderat mobile i jord
 - udvaskning, overfladetransport/afstrømning



PFAS og planteproduktion

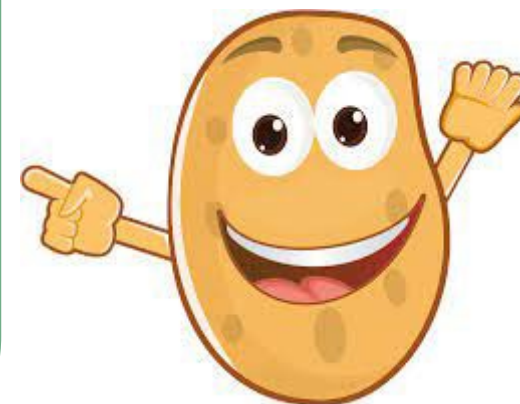
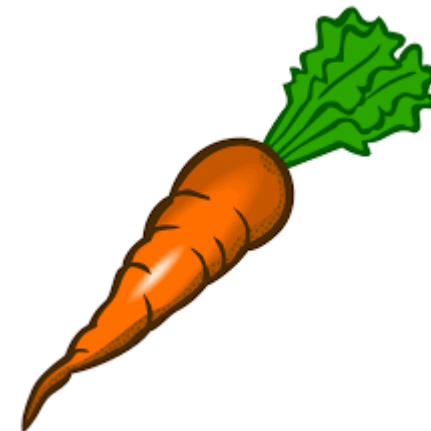
- Optagelse i planter via rødder (primært) og blade (mindre omfang)
- Optagelse og mobilitet i planter større for kortkædede PFAS (f.eks. PFBA) end for PFAS-forbindelser med længere kæder (f.eks. PFOA og PFOS)
- Ofte større indhold i rødder end overjordiske dele



PFAS i grøntsager

- Indholdet er størst i vegetative plantedele
- Gulerødder kan optage mere PFAS end kartofler
- I gulerødder vil PFAS-indhold været spredt i hele roden, mens det i kartofler mest findes i skrællen

Kilde: Fødevarestyrelsen, www.foedevarestyrelsen.dk



Rapport fra AU om PFAS i planter (november 2023)

Optag af PFAS i planter fra dyrkningsjorden – del 2

Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Inge S. Fomsgaard, Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

- Store forskelle mellem plantearter
- Store forskelle mellem PFAS'er
- Cerealier (korn)
 - Optagelsesforsøg ofte udført på forurenede jord eller med jord beriget med PFAS
 - Større indhold af PFOS og PFOA i rødder og strå end i kerner
 - Vanskeligt at drage stærke konklusioner
- anbefaler akkumuleringsforsøg i jord med lave PFAS-koncentrationer

PFAS og pesticider

Tonsvis af PFAS-pesticider
sprøjtes på danske marker

Danmarks Naturfredningsforening 29/3-2023

Godkendte pesticider i
Europa er ikke "evigheds-
kemikalier"

Dansk Planteværn, 8/2-2023

PFAS-pesticider er stigende
populære blandt landmænd:
'Stærkt problematisk'

Ingeniøren 5/10-2023

Landbrugstoppen sprøjter
løs med PFAS-midler

Kjeld Hansen, Gylle.dk 5/8-2023

Hvilke aktivstoffer og produkter dækker 'PFAS-pesticider' over?

	Aktivstof	Produkt(er)	Betydning i DK
Skadedyr	lambda-cyhalothrin	Lamdex, Kaiso Sorbie	***
	tau-fluvalinat	Mavrik	***
	gamma-cyhalothrin	Nexide CS	- 1)
	tefluthrin	Force 20 CS (bejdse)	*
	flonicamid	Teppeki	**
Svampe	fluazinam	Banjo, Shirlan, Zignal m.fl.	***
	fludioxonil	Switch, bejdsemidler	** 2)
	fluopyram	Propulse SE 250	***
	mefentrifluconazol	Balaya	***
	oxathiapiprolin	Zorvec Enicade	***
Ukrudt	diflufenican	DFF, Diflanil, m.fl.	***
	picolinafen	Pico 750 WG	- 1)
	pyroxsulam	Broadway, Rexade, Serrate	***
	triflusulfuron-methyl	Safari 50 WG	- 3)

Kilde: Miljøstyrelsens opgørelse af PFAS i sprøjtemidler
<https://www.ft.dk/samling/202222/almedel/mof/spm/100/svar/1931866/2663859.pdf>

Videnshuller / Forskningsbehov

- Stor tilvækst af viden i 2023 alene – men stadig meget, vi ikke ved
- Hvor stort er indholdet i dansk producerede planteprodukter/afgrøder?
 - Foderafgrøder?
 - Frugt og grønt?
 - Handelsafgrøder (maltbyg, brødkorn, raps, bælgfrugter osv.)?
- Kan landmænd gøre noget dyrkningsmæssigt for at reducere indhold af PFAS i jord?
 - Primært jord nær 'hotspots'
- Miljøstyrelsen har i 2023 nedsat en PFAS Taskforce med eksperter, som i løbet af 2024 skal udpege videnshuller og komme med anbefalinger til ny forskning

Udfordringer med PFAS hos vandforsyninger

Plantekongressen 2024

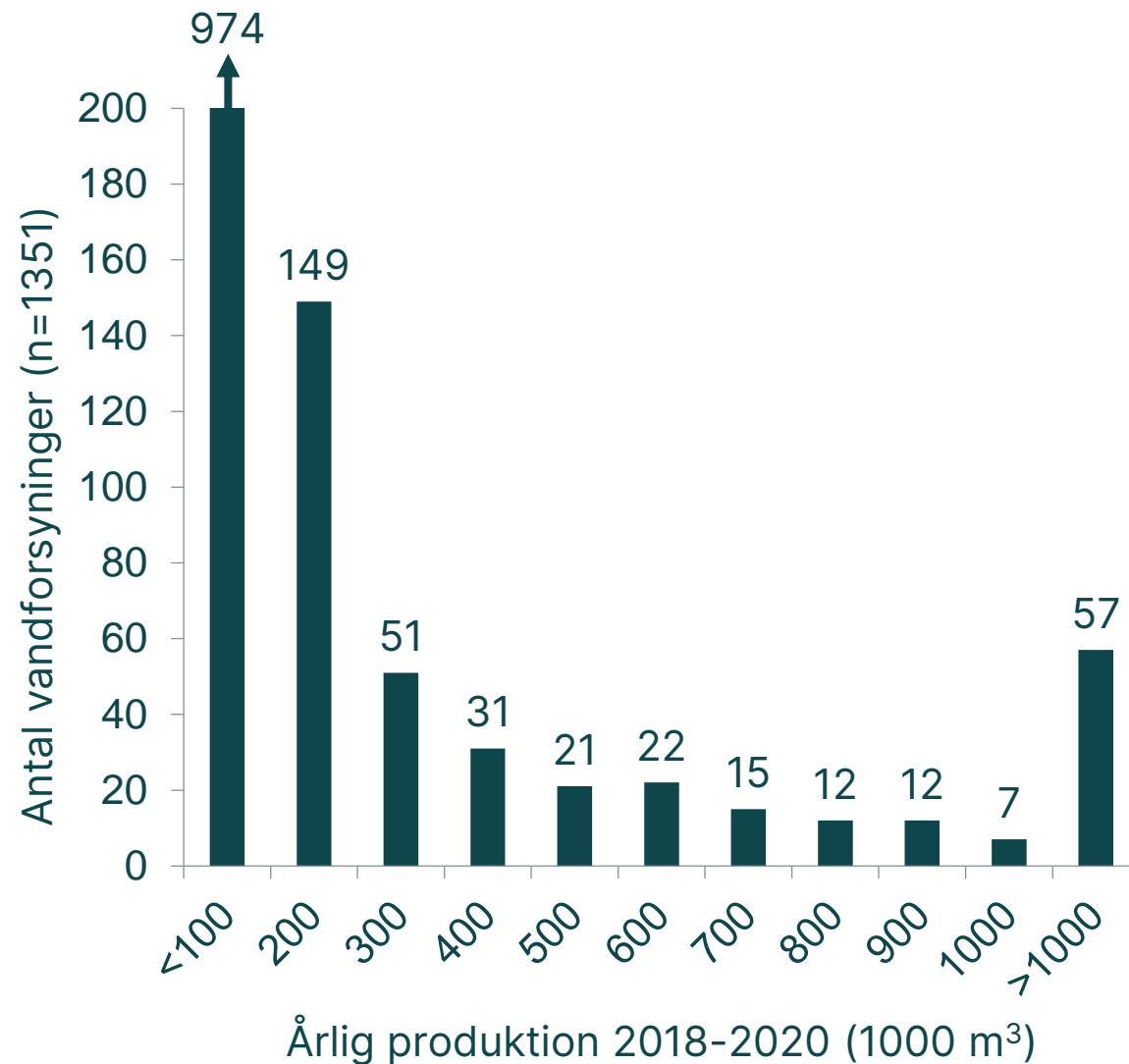
Torsdag d. 11/1 2024

Af Mathilde J. Hedegaard,

Bidrag fra: Natasa Skrbic, Christine M. Jensen, Martin Rygaard, Liselotte Clausen

Dansk vandforsyning

- Baseret udelukkende på grundvand
- Decentraliseret (>2500 vandværker)
- Historisk set meget ren og velbeskyttet vandressource
- Simpel vandbehandling:
 - Beluftning og sandfiltrering
- Andre lande med fx overfladevand:
 - Avanceret vandbehandling - mere omkostningstung, energikrævende mv.



HOFORs vandværker

Ikke designet til at fjerne miljøfremmede stoffer!

Grundvand

Vandværk

Blødgøring



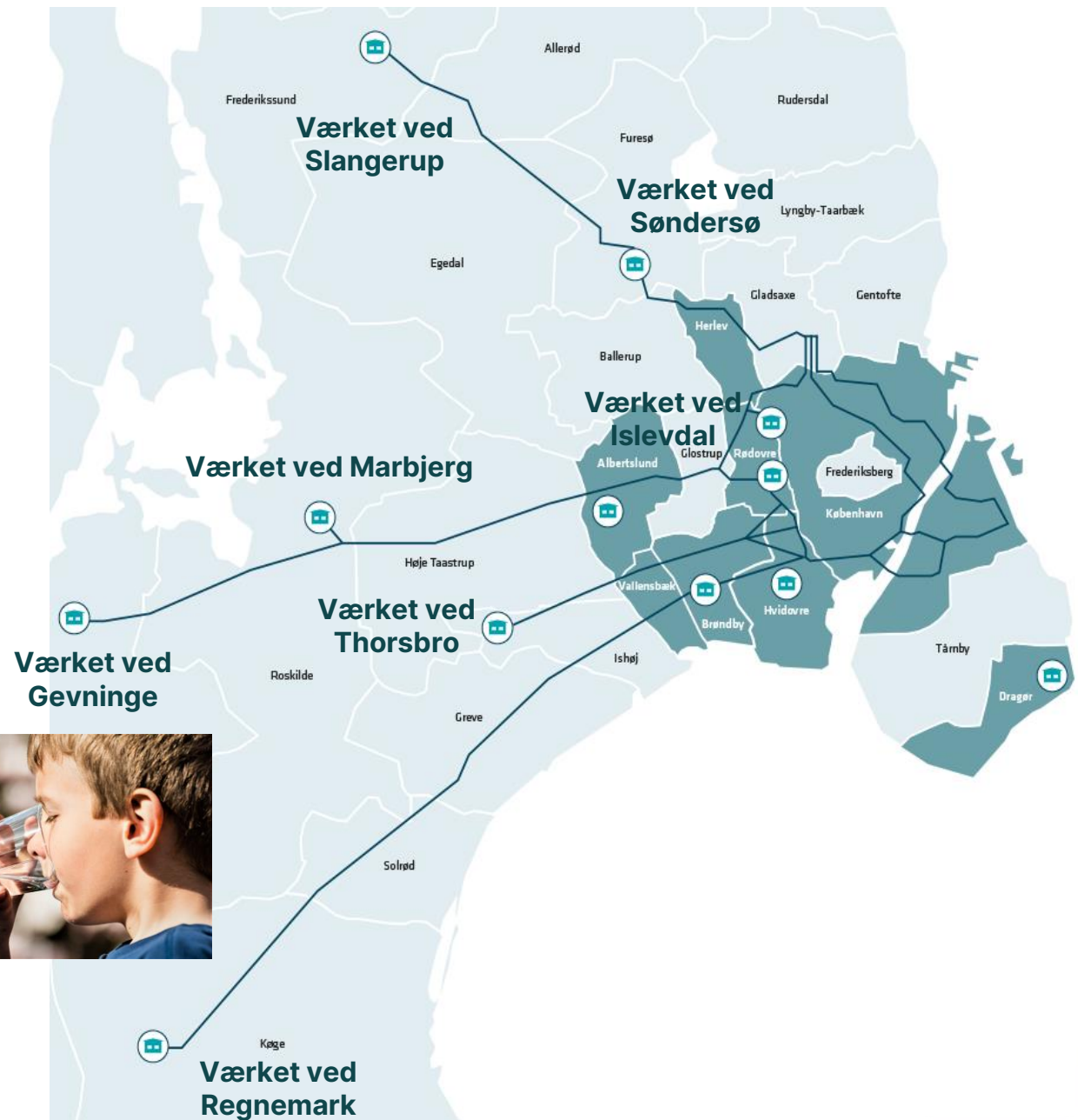
Iltning



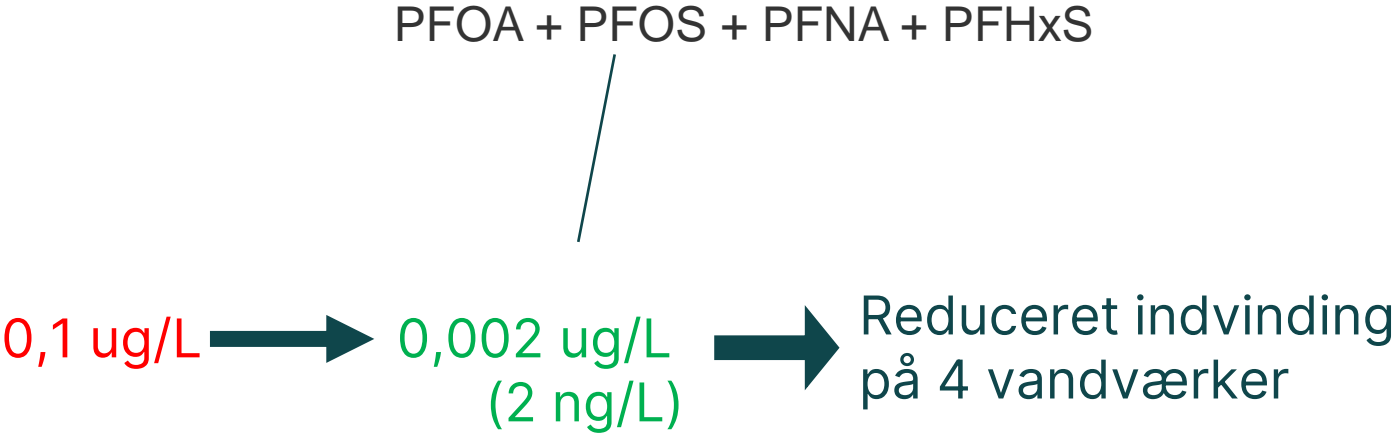
Sandfiltrering



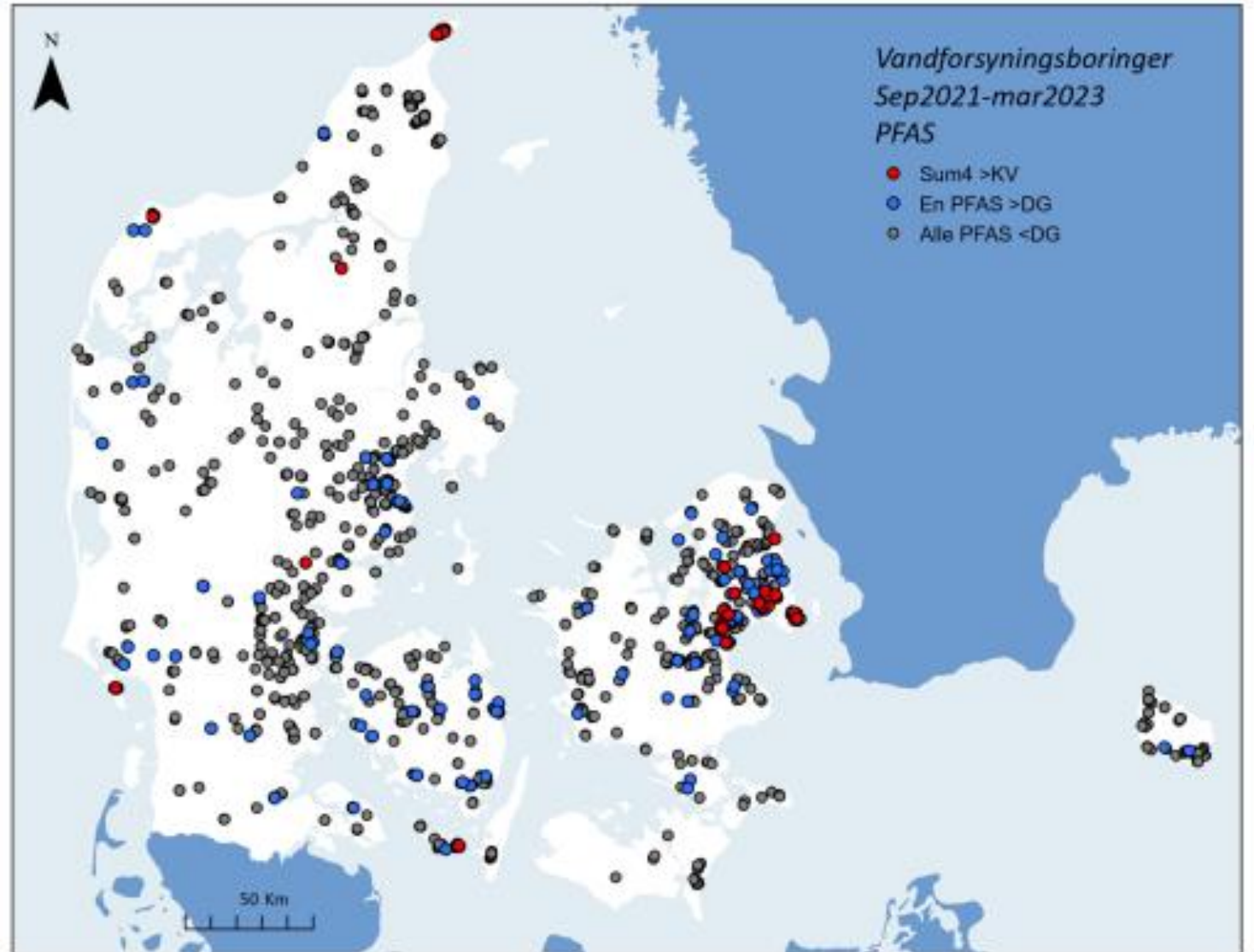
Beholder



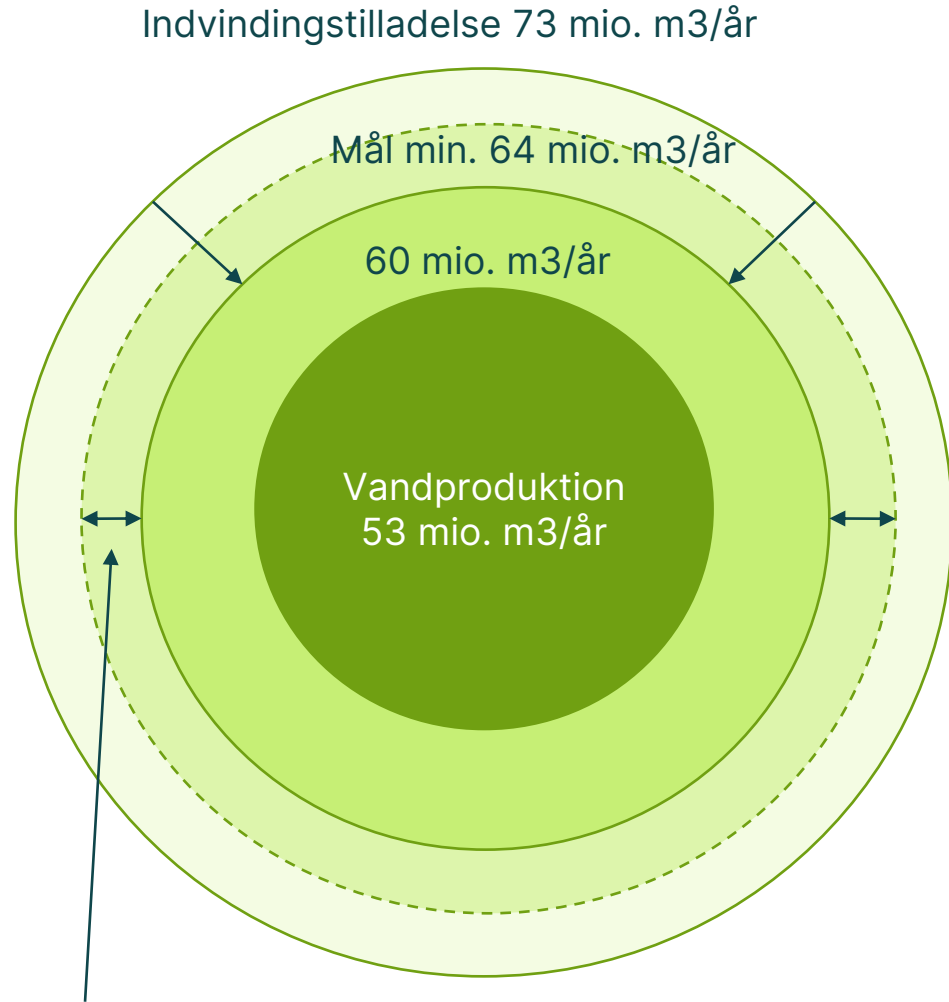
PFAS – EFSA anbefalede ny kravværdi i 2021



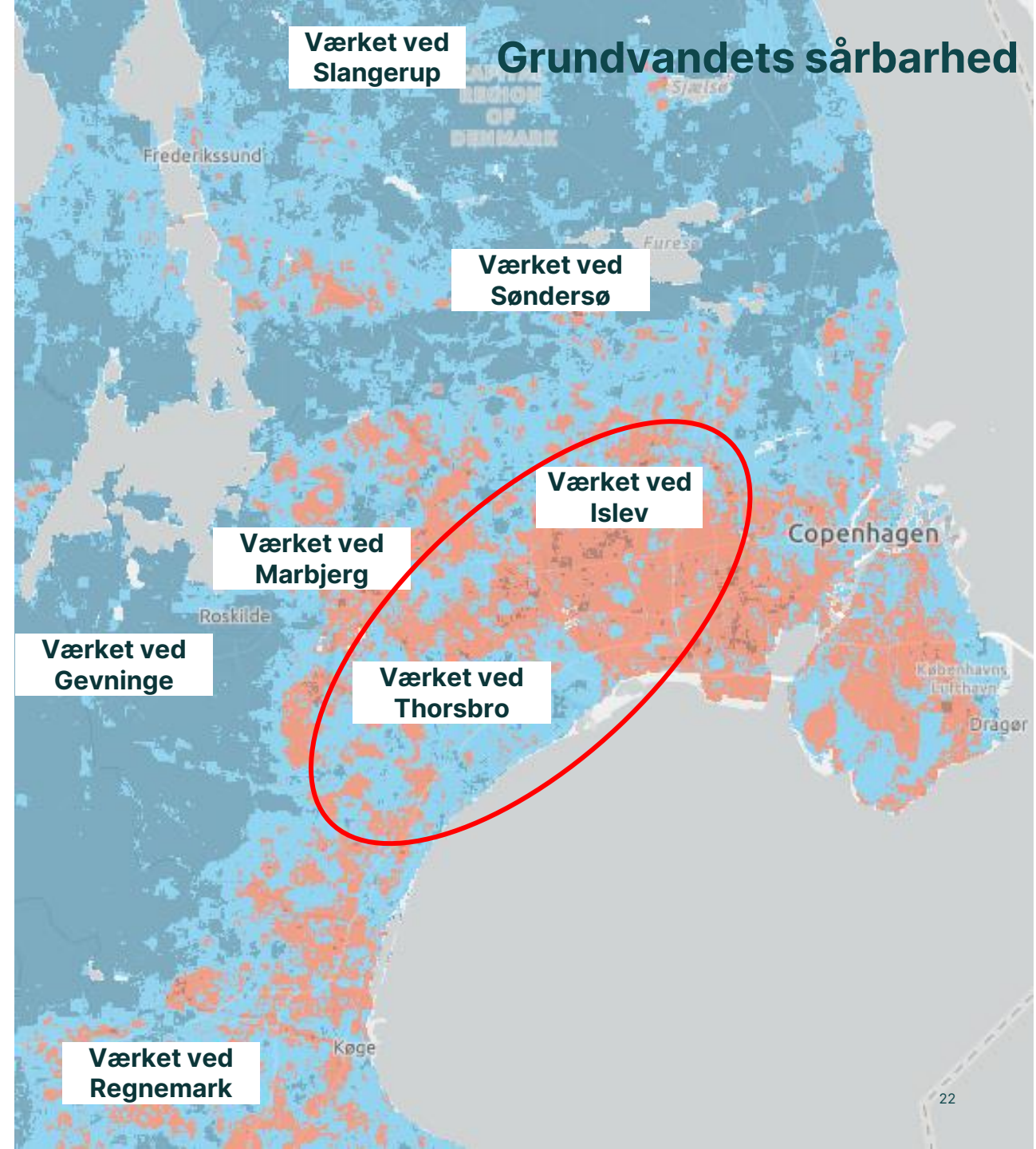
PFAS i vandforsyningsboringer på tværs af Danmark



Nuværende strategi - udfordring



Reduceret forsyningssikkerhed



Strategi for vandforsyning

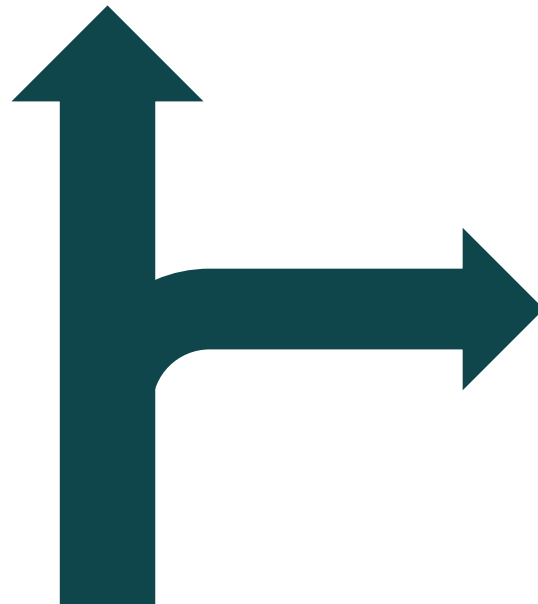
- Kort og mellemlangt sigte, langt sigte

Vi skal sikre, at forbrugerne har tillid til vandforsyning og modtager drikkevand af en god kvalitet – ikke bare i dag, men også i fremtiden til de næste generationer

Langt sigt – Grundvandsbeskyttelse:

RENT grundvand

- Grundvandsbeskyttelse fx BNBO og skovrejsning
- Nye indvindingstilladelser



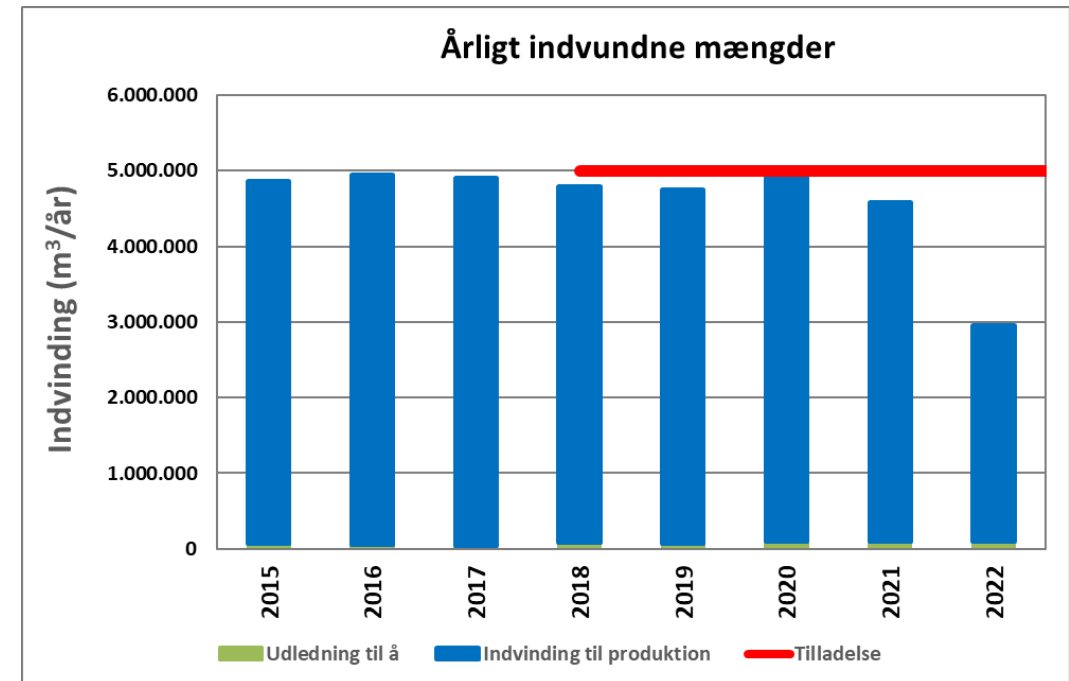
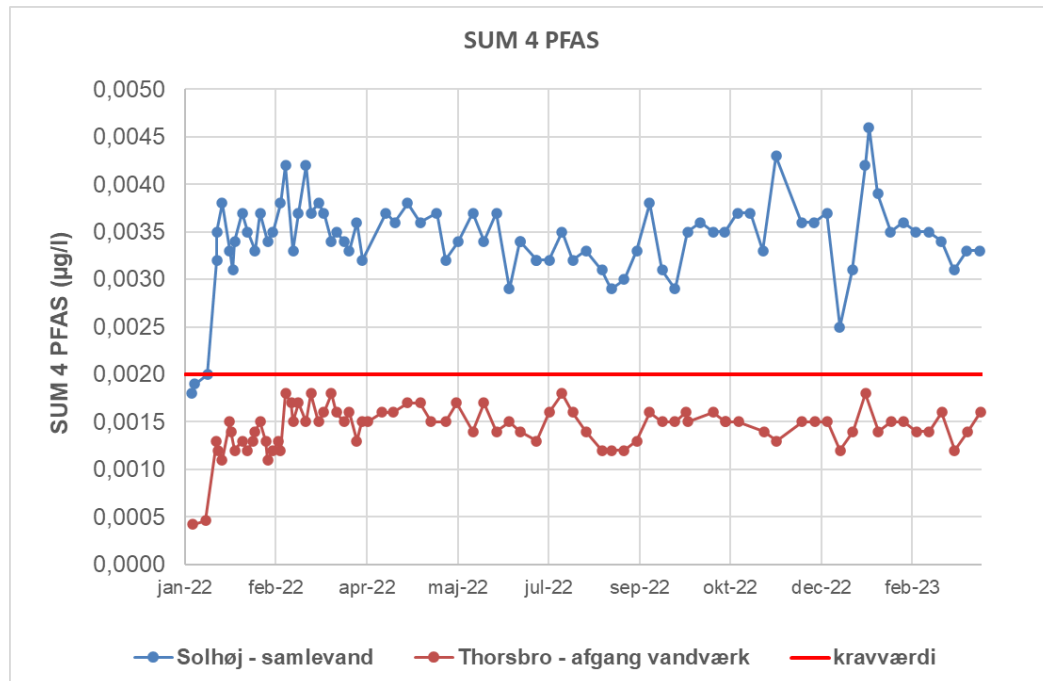
Kort og mellemlangt sigte – Miljøfremmede stoffer:

SUNDT drikkevand (kvalitet og kvantitet)

- Prioritering af aktiviteter
- Rensning på udvalgte vandværker

PFAS på Solhøj Kildeplads

- HOFORs største kildeplads (ca. 5 mio. m³/år)
- Indvinding reduceret til ca. 3 mio. m³/år pga. PFAS fund



Valg af rensemetoder



Fordel:

- Fjernelse af Sum 4 PFAS
- Lille vandspild
- Velkendt teknologi
- Add-on til blødgøring



Ulemper:

- Lav effektivitet overfor små polære molekyler (fx DMS, TFA)
- Bæredygtigt? (Kul, transport mv.)



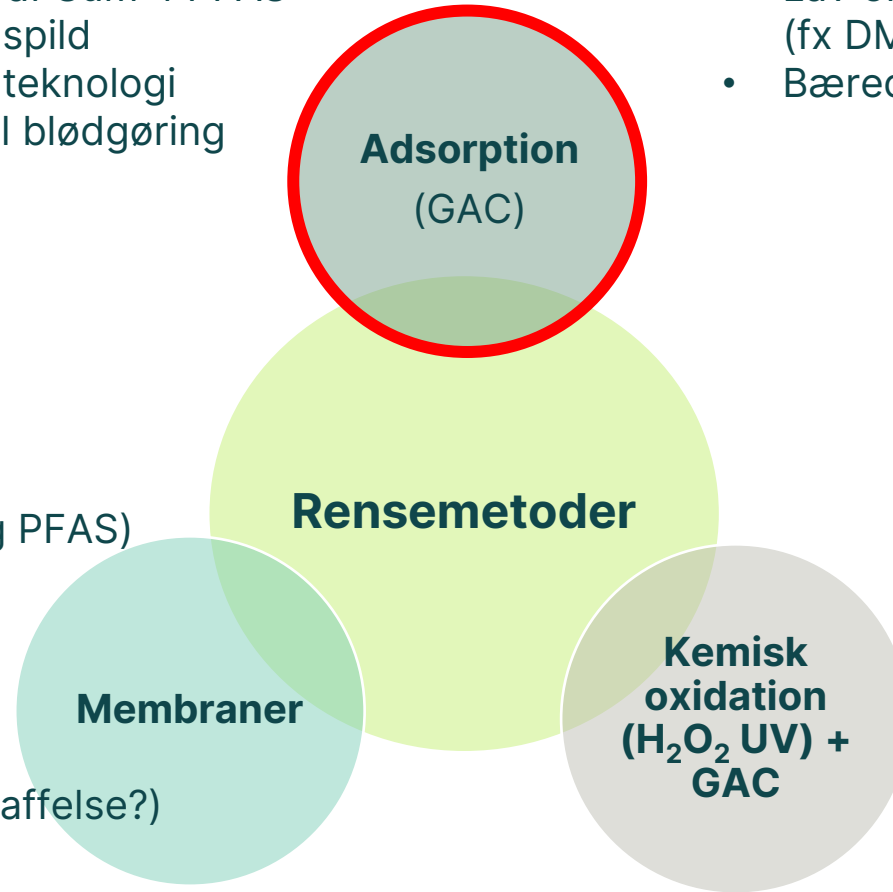
Fordel:

- Fjerner alle stoffer (både DMS og PFAS)
- Barriere for nye ukendte stoffer
- Blødgøringsteknologi



Ulemper:

- Højt vandspild (10-20 %)
- Håndtering af koncentrat (bortskaffelse?)
- Usikkerhed om antiskalant
- Usikkerhed om afsmitning



Fordel:

- Fjerner DMS (H₂O₂ UV)
- Fjerner PFAS (GAC)
- Lavt vandspild
- Add-on til blødgøring



Ulemper:

- Usikkerhed om dannelse af sundhedsskadelige biprodukter – derfor skal tilføjes GAC
- Højt energiforbrug

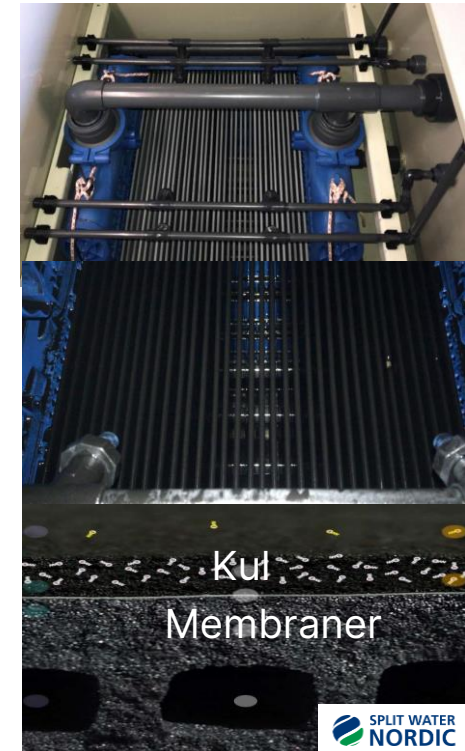
Forskellige adsorptionsteknologier

GAC filtrering

GAC filtrering +
resinex

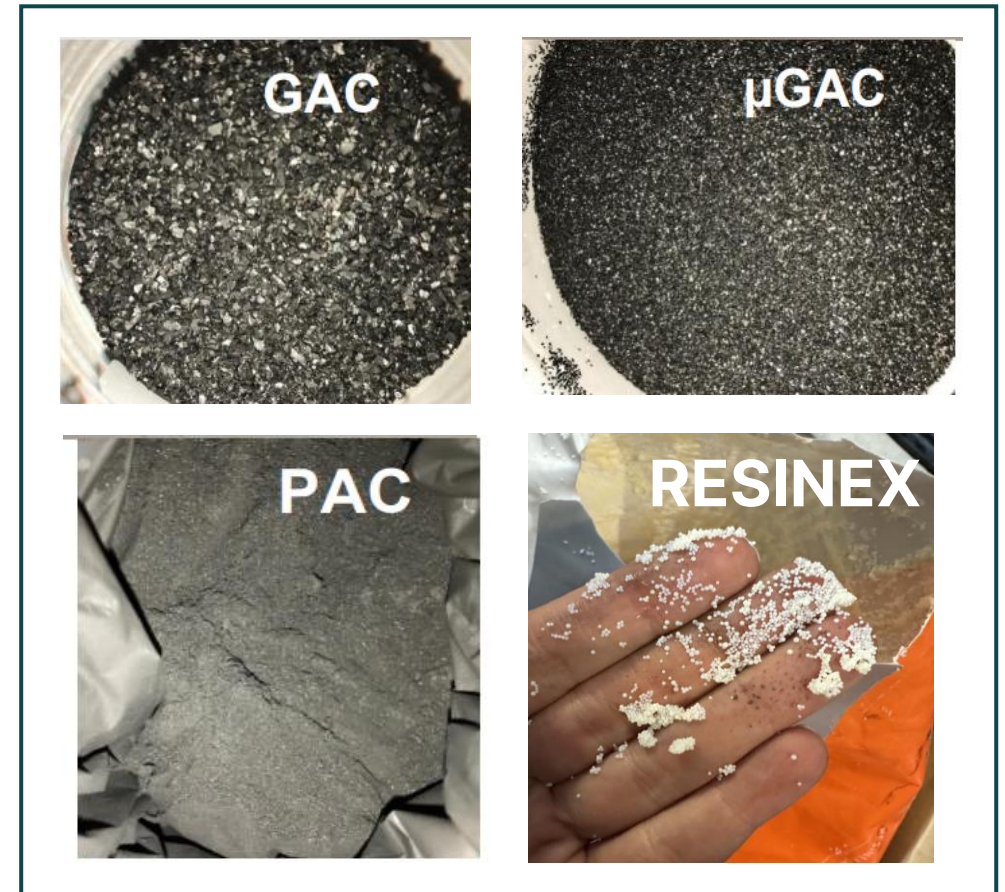
μ GAC
opstrømsfiltrering

PAC + keramiske
membraner

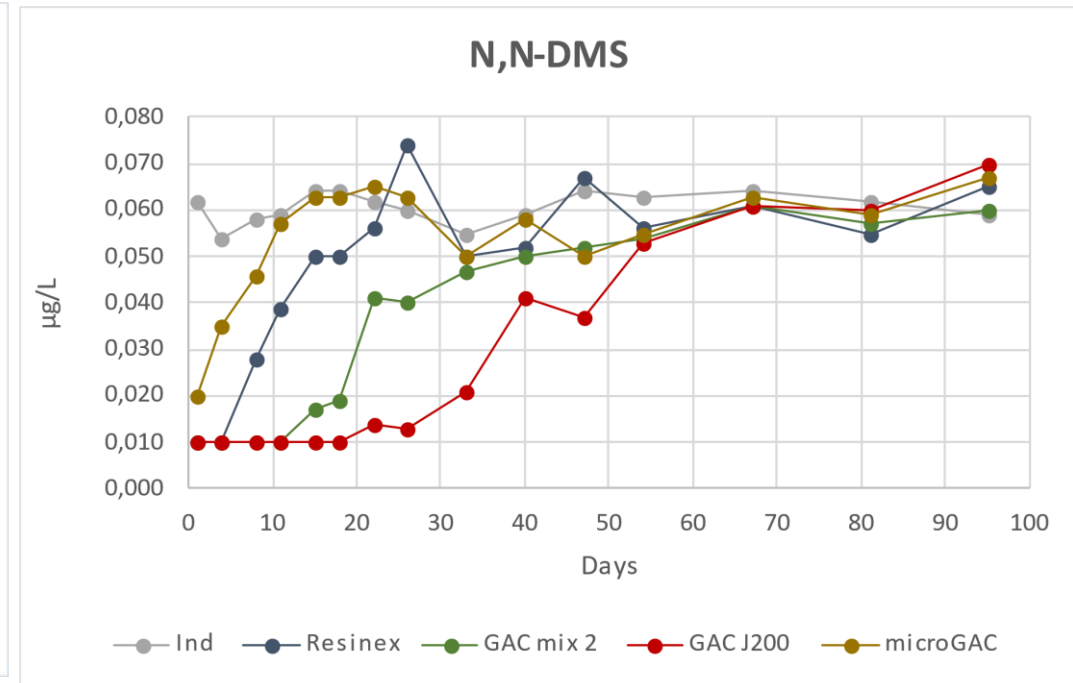
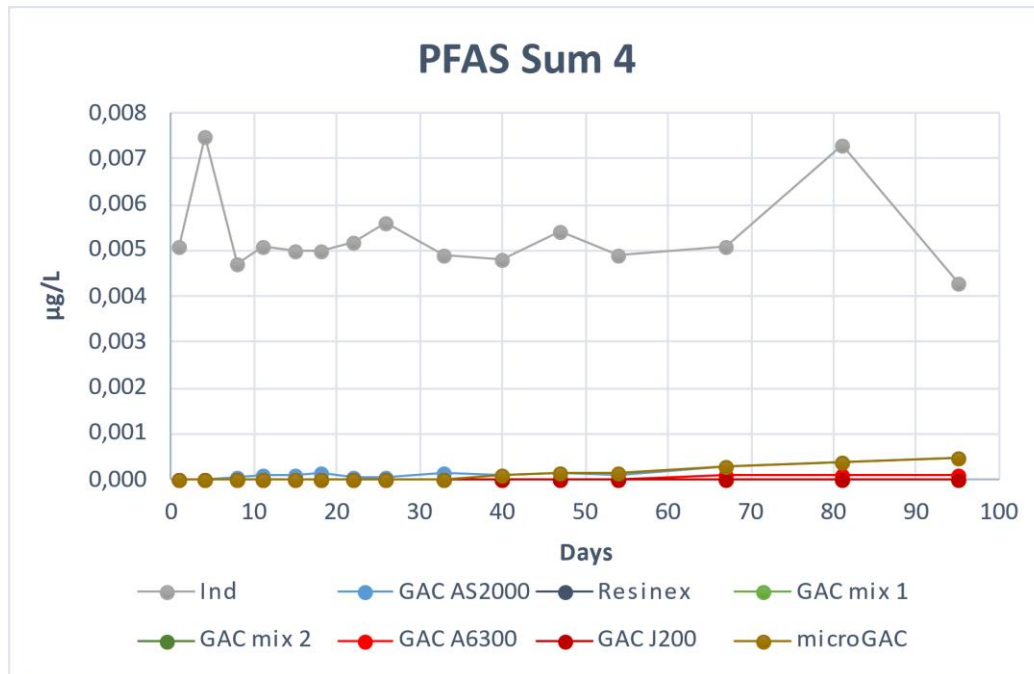


Formål

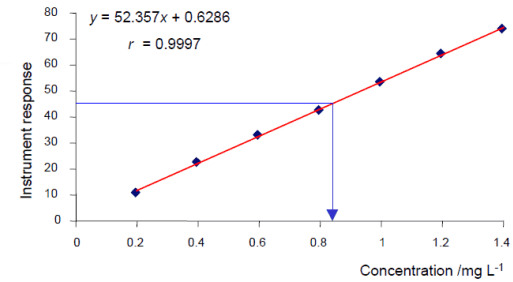
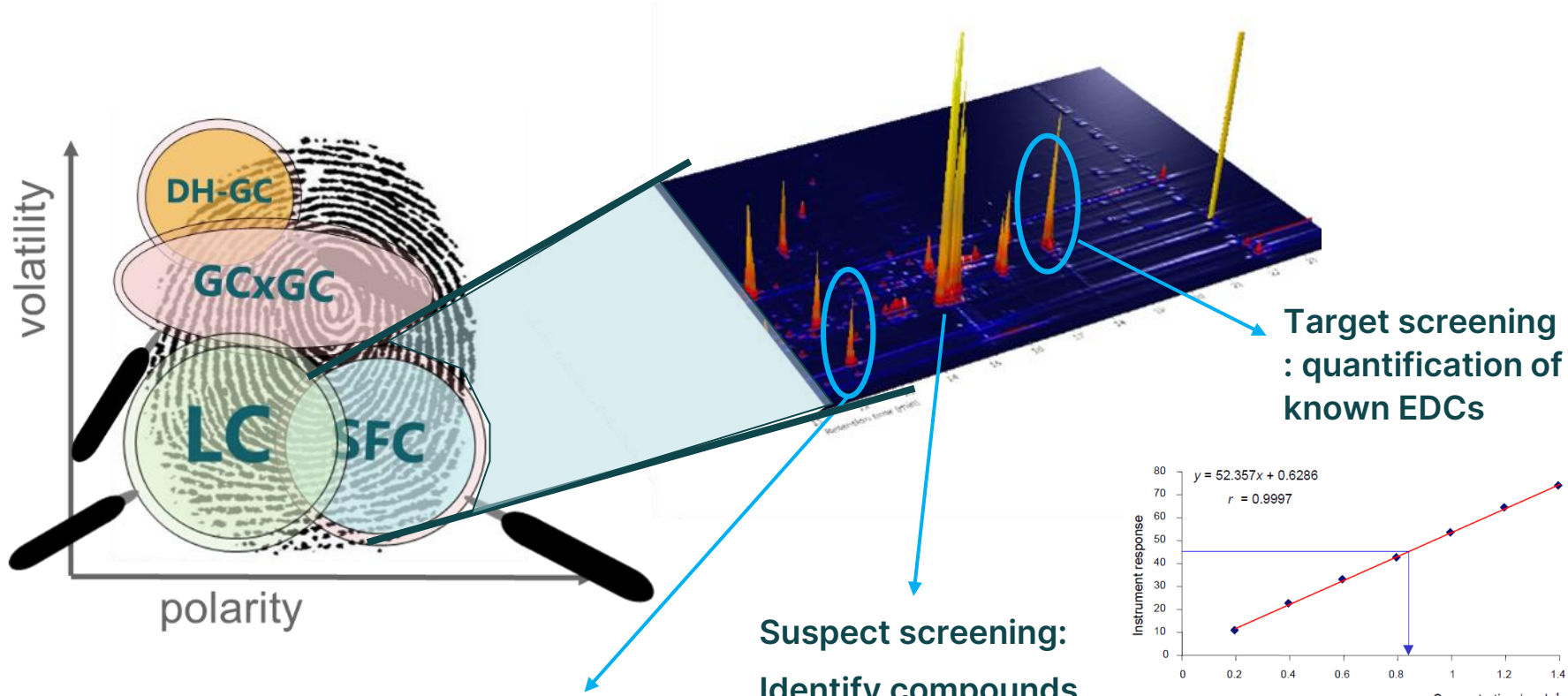
- 1) Hvilken adsorptionsmetode er mest effektiv til PFAS-fjernelse?
 - Hvad er kulforbruget ved teknologierne?
- 2) Er der udfordringer med afsmitning fra nogle af de undersøgte teknologier?
- 3) Kan vi også fjerne DMS?



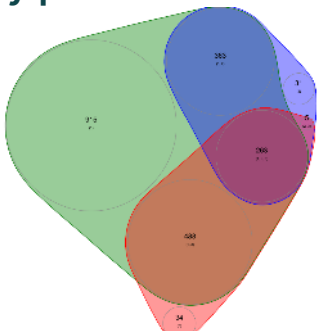
Resultater



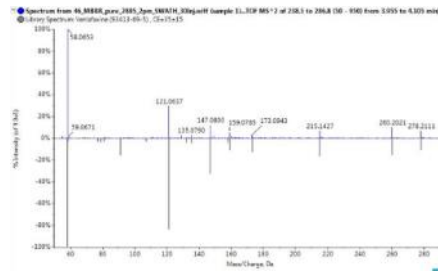
Identifikation af ukendte stoffer ved non-target screening




Non-target screening:
Identifying unknowns
by prioritization



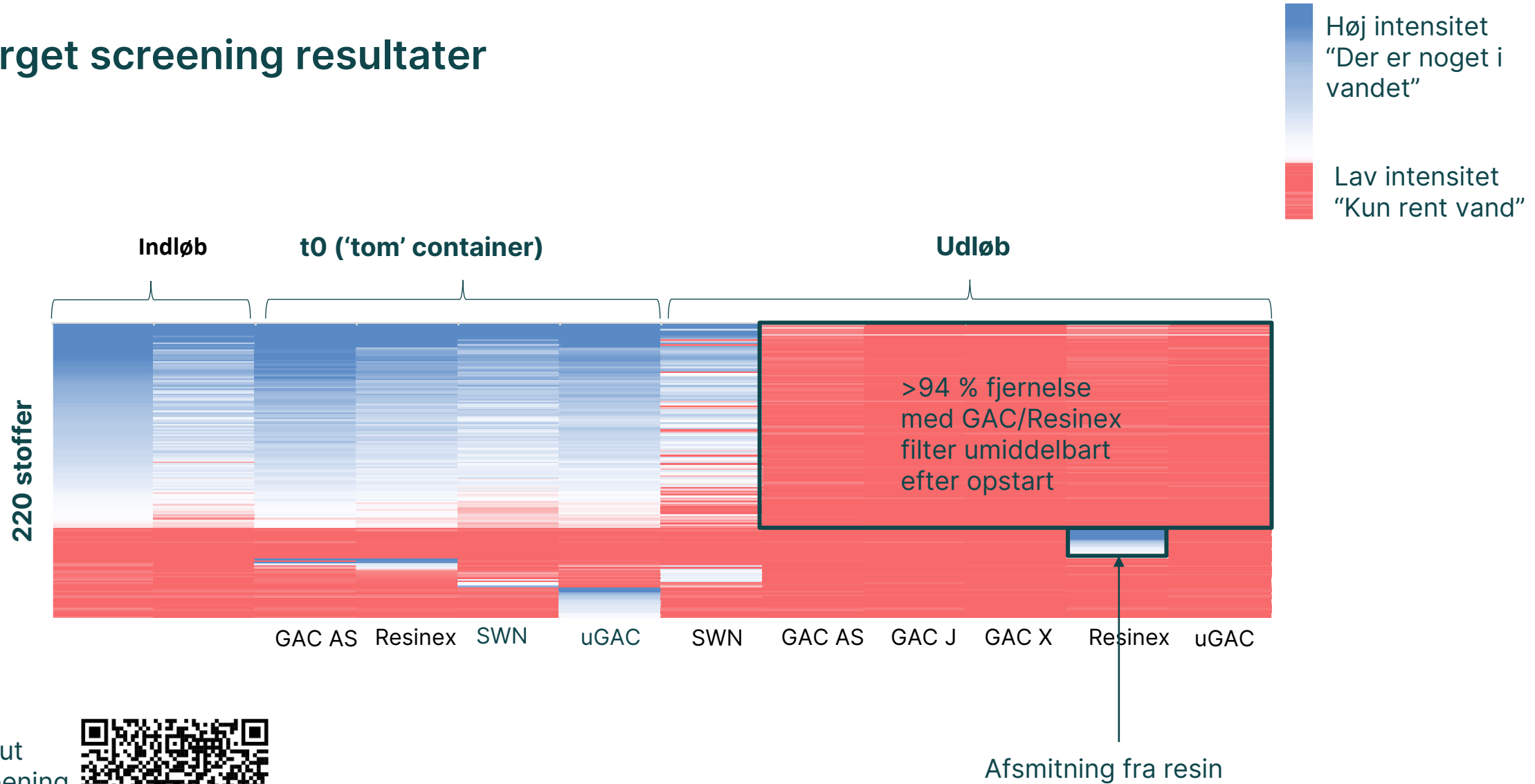
Suspect screening:
Identify compounds
by comparison with
databases



Peer reviewed publication about non-target screening in groundwater from Tisler, S., Tüchsen P.L., Christensen, J.H.



Non-target screening resultater



Peer reviewed publication about non-target screening in groundwater from Tisler, S., Tüchsen P.L., Christensen, J.H.



Foreløbige konklusioner

- 1) Kulfiltrering er en lovende rensemetode
- 2) Kun kortvarig DMS-fjernelse
- 3) Afsmitning (NTS) fra resinex
- 4) Håndteres alle PFAS?
- 5) Hvad er mest bæredygtigt?



Tak for ordet

