

Beheercomité Saneringsverbond:

Ecotoxicologisch onderzoek

13/03/2023

Spoor:

Sanering: Sanering 3M

Status informatie:

Tussentijds materiaal

Onderwerp:

Ecotoxicologisch onderzoek

Contactgegevens:

marnix.vangheluwe@arche-consulting.be

Beheercomité Saneringsverbond:

Ecotoxicologisch onderzoek

Context:

In kader van de veiligheidsmaatregelen opgelegd door Departement Omgeving, afdeling Handhaving Omgevingsinspectie, werd ARCHE Consulting aangesteld om de rol van onafhankelijke wetenschappelijk expert op te nemen inzaken de PFAS problematiek in Zwijndrecht.

Conclusies:

- Generieke ERA studie: geen risico voor directe ecotoxicologische effecten vastgesteld voor de verschillende vormen van landgebruik
- Gedetailleerde ERA studie voor Blokkersdijk:
 - PFAS concentraties overschrijden de afgeleide ecotox normen voor natuurgebied voor alle onderzochte milieucompartimenten (bodem, water en waterbodem).
 - Doorvergiftigingsrisico met PFOS als dominante parameter



Ecologische risico beoordeling Zwijndrecht-Blokkersdijk

Marnix Vangheluwe, Nathalie Briels, Koen Oorts en Dagobert Heijerick

13/03/2023

► Wie zijn wij?

- ARCHE is een gespecialiseerd adviesbureau met kantoren in Gent en Leuven (ontstaan als een spin-off van Universiteit Gent).
- ARCHE is in hoge mate gespecialiseerd in het uitvoeren van risico beoordelingen voor mens en milieu.
- In die hoedanigheid hebben we reeds voor verschillende overheidsinstanties (OECD, ECHA, FOD Belgium, OVAM, VMM, UK Environment Agency etc) richtlijnen geschreven inzake risicobeoordeling van chemische stoffen

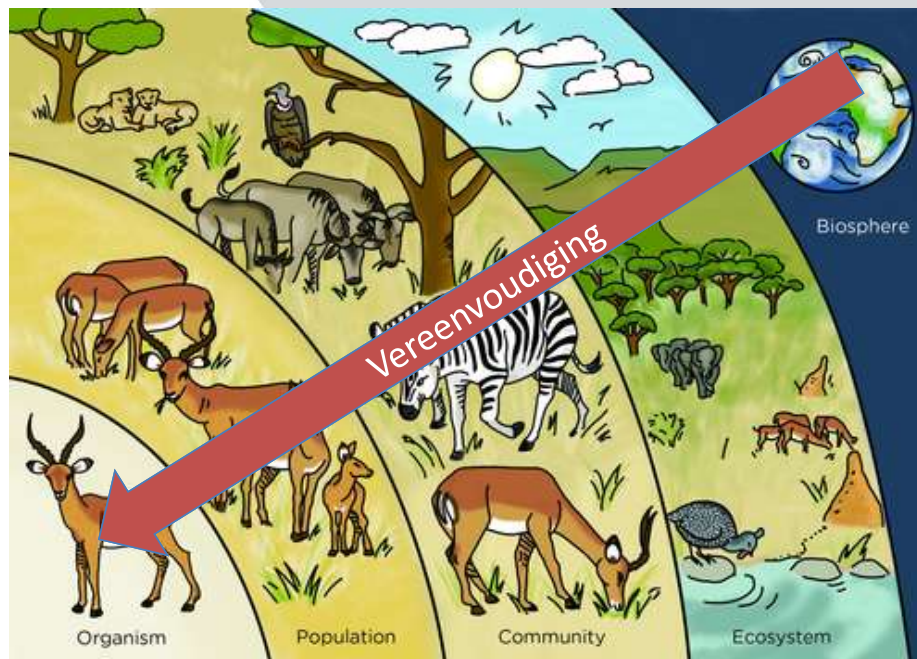
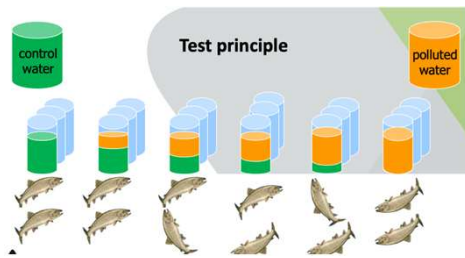


In het kader van de veiligheidmaatregel opgelegd door het Department Omgeving afdeling Handhaving Omgevingsinspectie werd ARCHE Consulting aangesteld om de rol van **onafhankelijk wetenschappelijk expert** op te nemen inzake de PFAS problematiek in Zwijndrecht.

► Ecologische risico beoordeling (ERA)

Studie van de effecten van chemische stoffen op het ecosysteem.

Ecotoxiciteitstesten



▶ Afleiding milieukwaliteitsnormen

Data arm

Data rijk

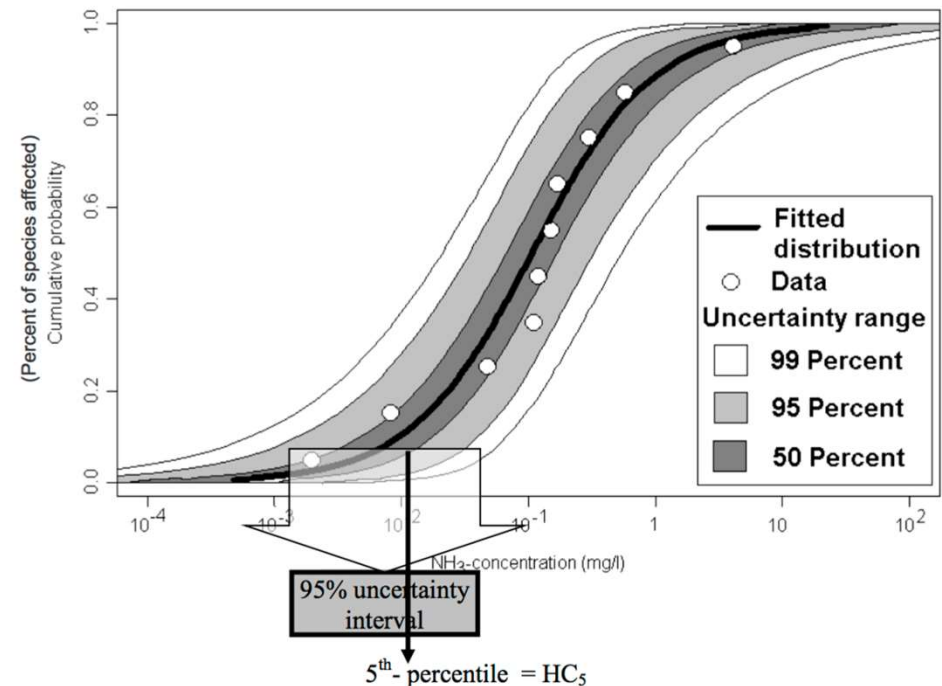
Available information	Assessment factor
At least 1 short-term L(E)C50 from each of three trophic levels (fish, invertebrates (preferred Daphnia) and algae)	1000
1 long-term EC10 or NOEC value (either fish or Daphnia)	100
2 long-term EC10 or NOEC values from species representing two trophic levels (fish and/or Daphnia and/or algae)	50
Long-term EC10 or NOEC values for at least three species (normally fish, daphnids and algae) representing three trophic levels.	10

Table 2: Assessments factors used to derive a PNEC value for the sediment compartment

Available information	Assessment factor
1 long-term EC10 or NOEC value for sediment dwelling species	100
2 long-term EC10 or NOEC values of sediment dwelling species representative for different feeding and living habits in sediments.	50
At least three long-term EC10 or NOEC values of sediment dwelling species representative for different feeding and living habits in sediments.	10

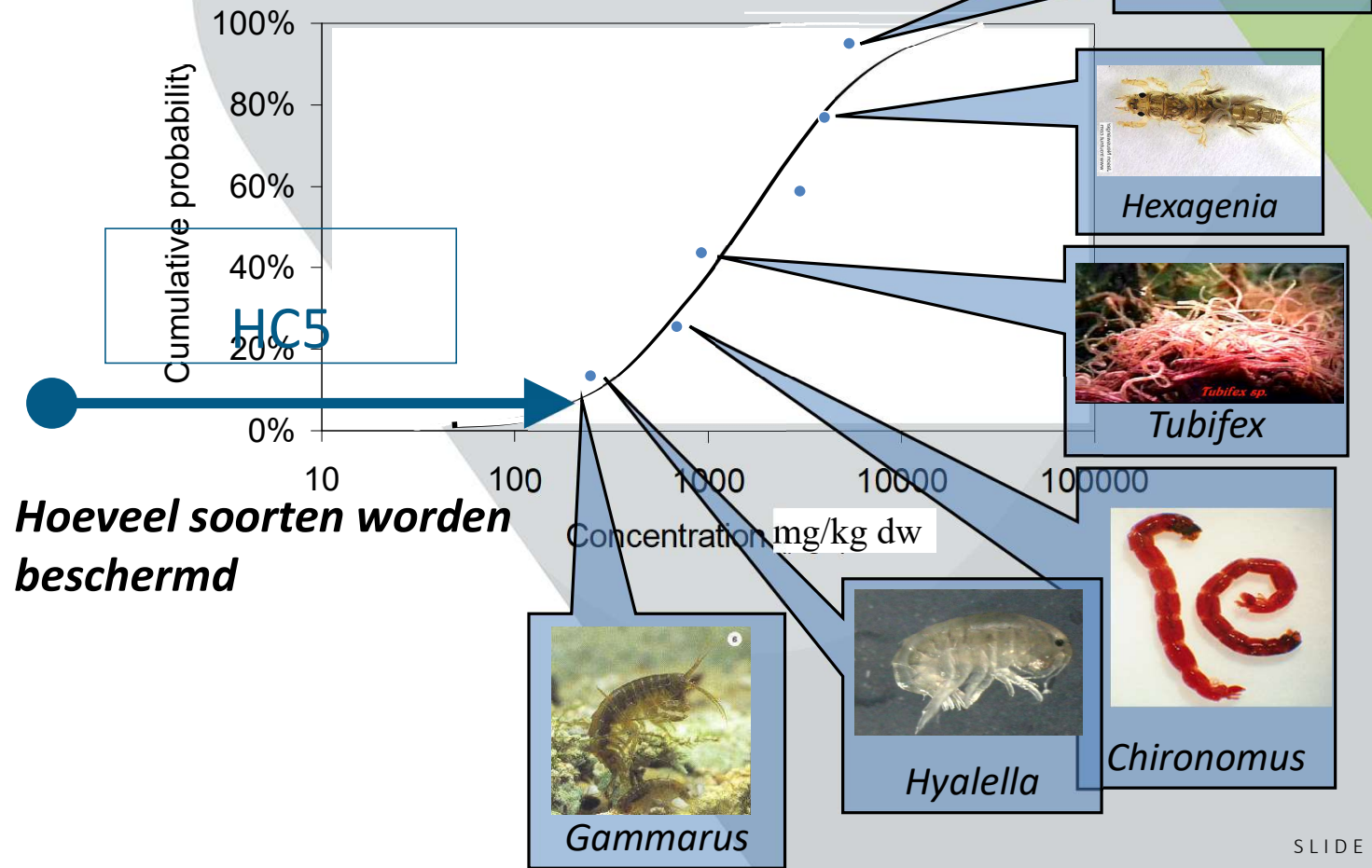
Table 3 Assessments factors used to derive a PNEC value for the terrestrial compartment

Available information	Assessment factor
At least 1 short-term L(E)C50 (plants, worms, micro-organisms)	1000
1 long-term EC10 or NOEC value (eg. plants)	100
2 long-term EC10 or NOEC values of terrestrial species representing two trophic levels.	50
Long-term EC10 or NOEC values for at least three terrestrial species representing three trophic levels.	10

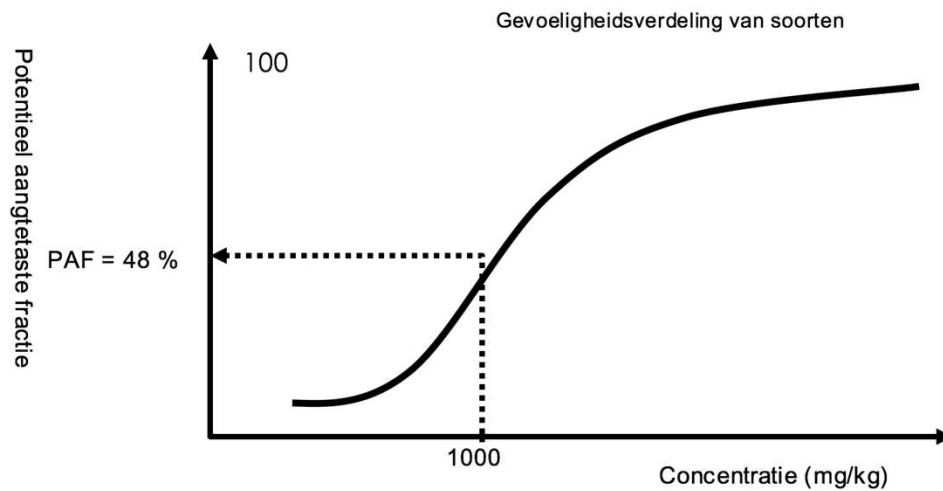


▶ Soortengevoeligheidsdistributie (SSD)

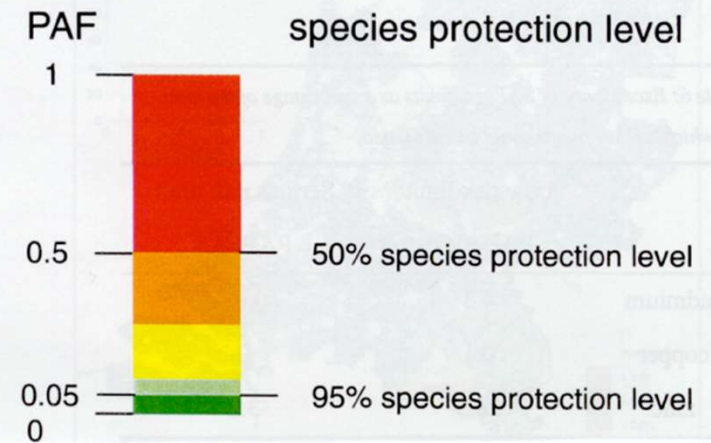
Species Sensitivity Distribution (SSD)



► Potentieel geaffecteerde fractie- PAF concept



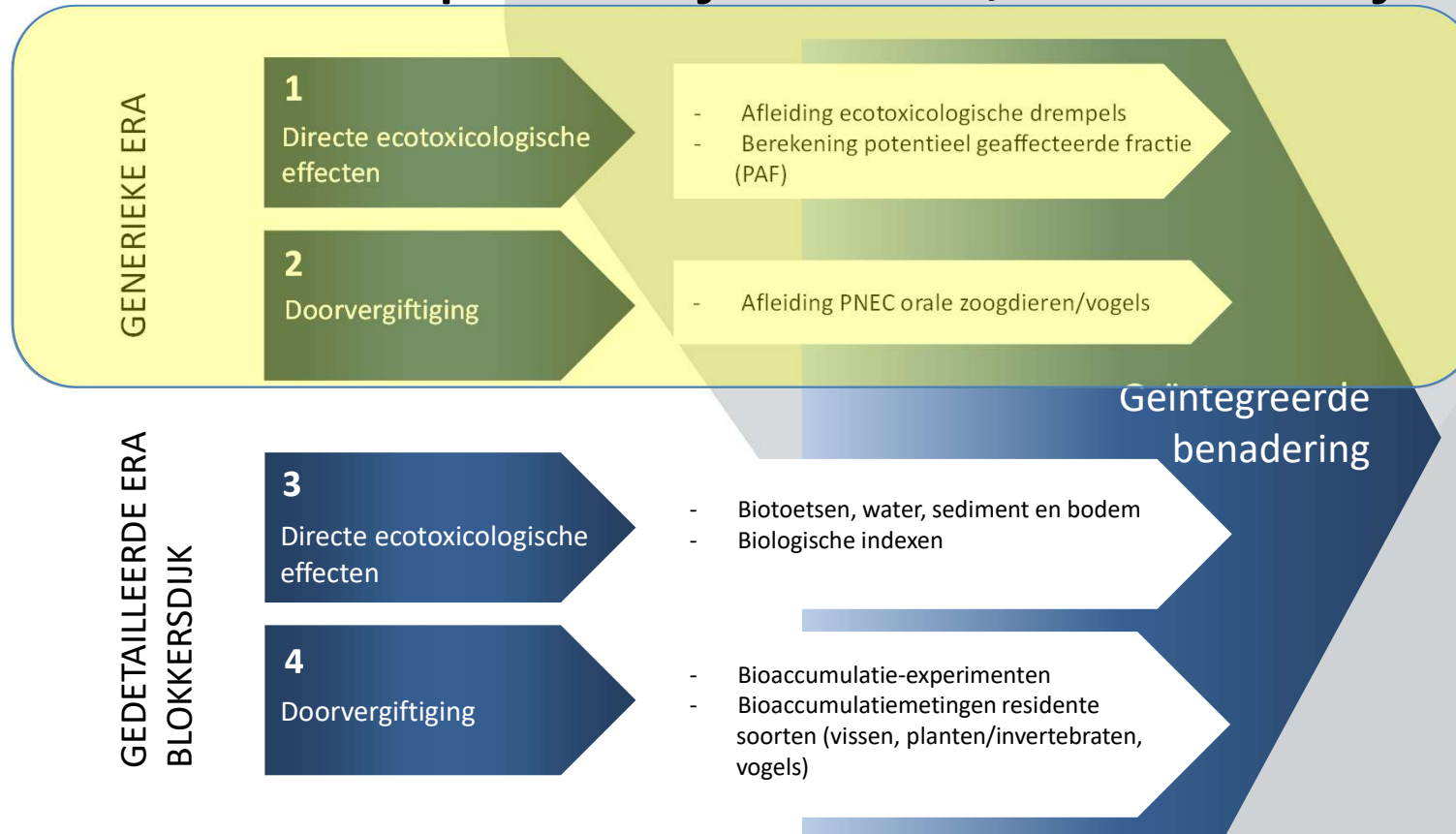
Figuur 1: Berekening van de Potentiële Aangestaste Fractie (PAF) tengevolge van de loodverontreiniging.



► Ecotoxicologische evaluatie PFAS verbindingen



► Plan van aanpak Zwijndrecht/Blokkersdijk



► Aanpak en resultaten generieke ERA

Weinig data beschikbaar voor
De verschillende PFAS
verbindingen

❑ Voor bodem beperkt aantal
soorten

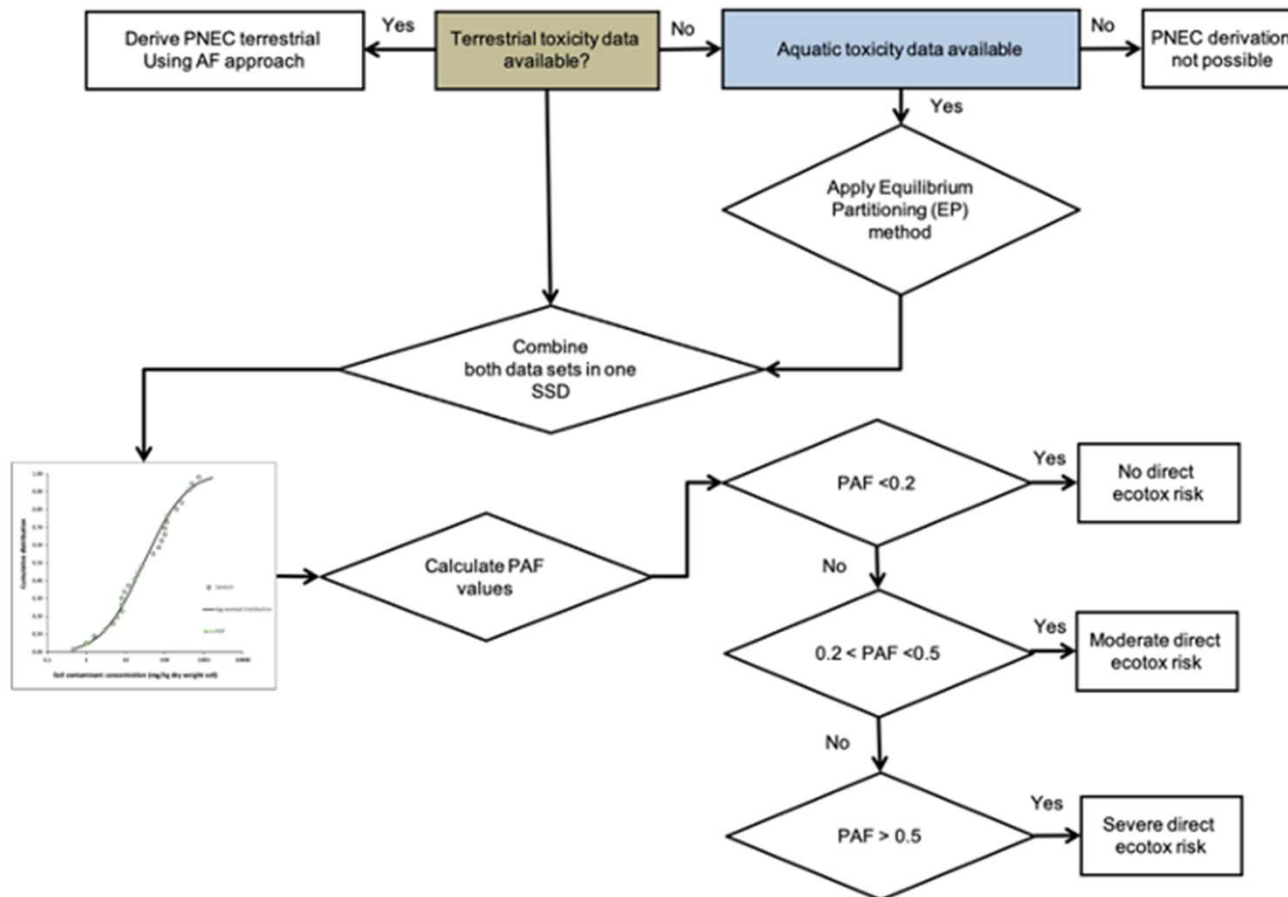


❑ Optie: aquatisch data vertalen
naar bodemconcentraties

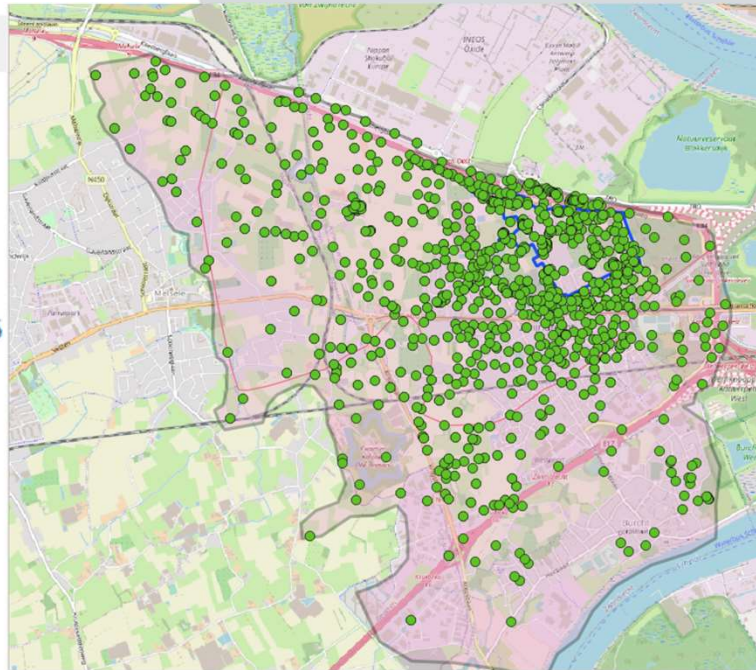
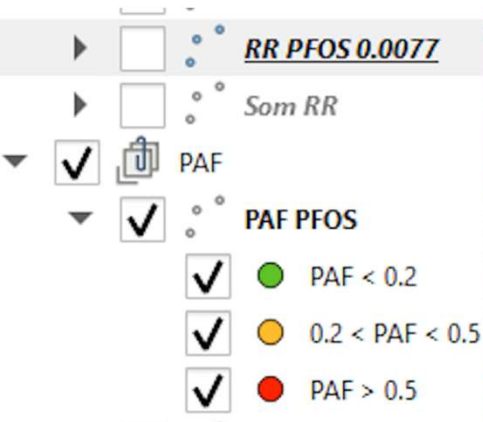
Case#	Species	Testmethode	Testlocatie	Effect parameter	Waarde	Referentie	Opmerkingen
1	Folsomia candida	...	...	...	...	...	...
2	Enchytraeus albidus	...	...	...	...	...	...
3	Eisenia foetida	...	...	...	...	...	...

Aquatische database

► Aanpak en resultaten generieke ERA

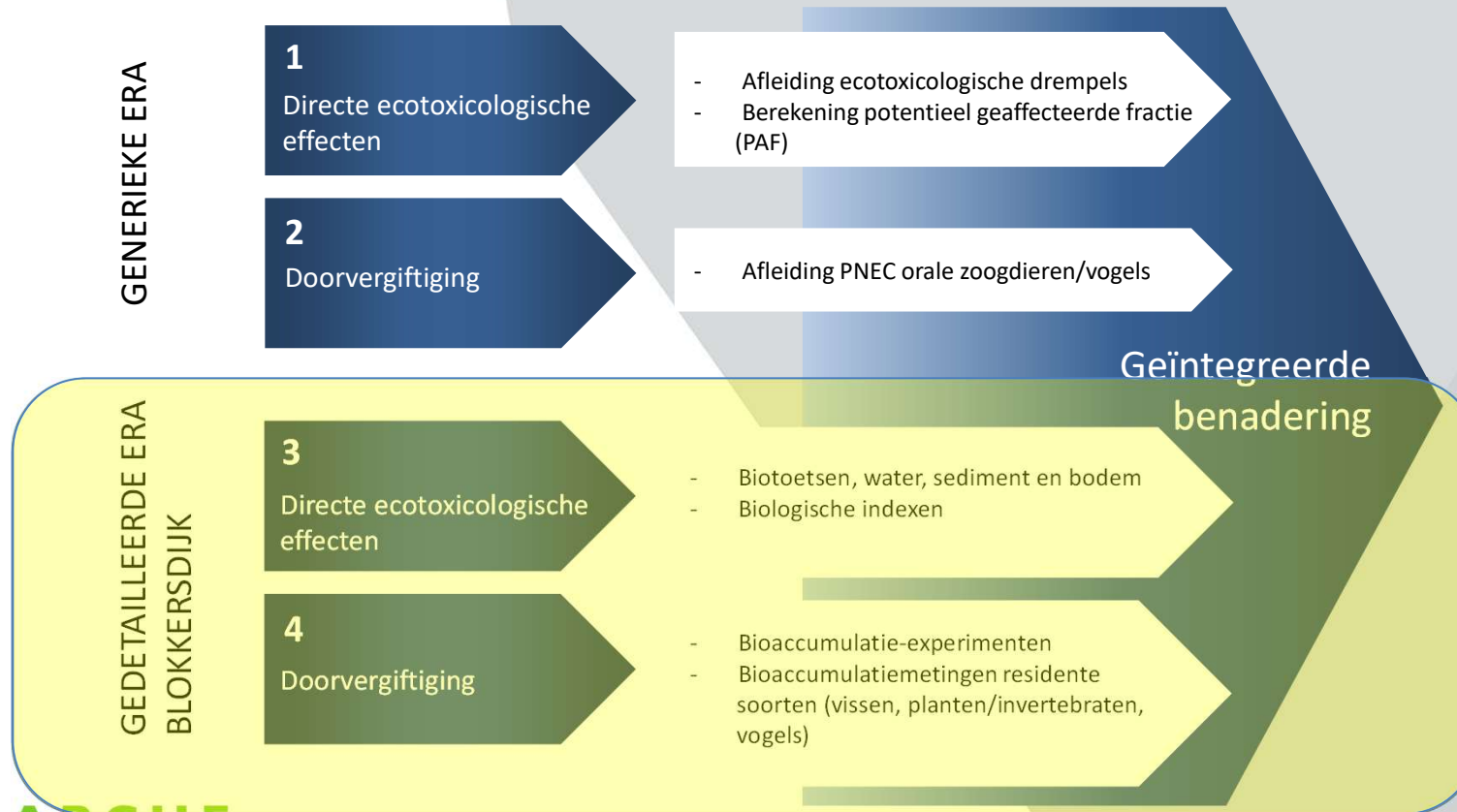


► Berekening PAF Zwijndrecht (vb PFOS)

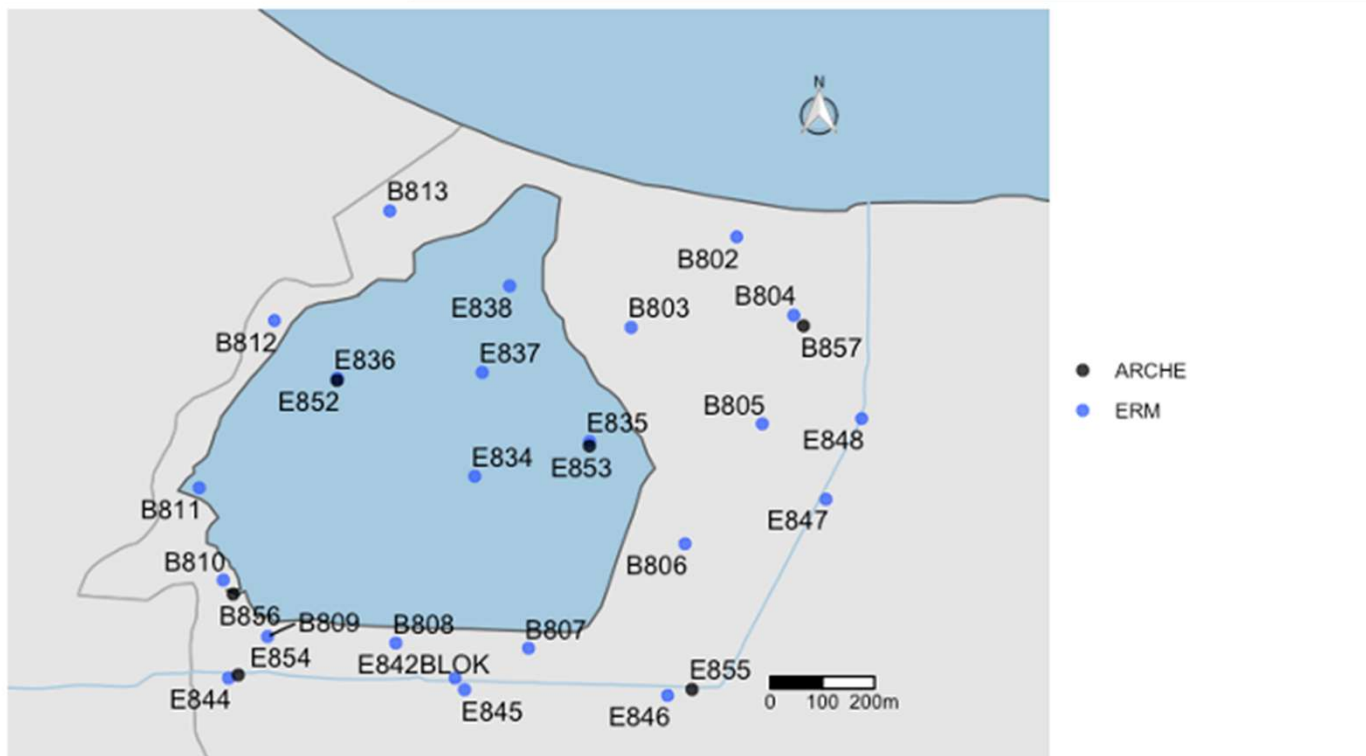


In de generieke ERA wordt voor de PFOS-verontreiniging geen risico voor directe ecotoxiciteit vastgesteld voor de verschillende vormen van landgebruik: type landbouw, woongebied, recreatie en industrie. Een soortgelijke conclusie kan worden getrokken voor de andere PFAS-verbindingen waarvoor een PAF-verdeling beschikbaar was (PFOS, PFOA, 6:2 FTS, PFBSA, NEtPFOSAA, NMePFBSA, PFBA, PFBS, PFHpS en PFHxA.

► Plan van aanpak Zwijndrecht/Blokkersdijk

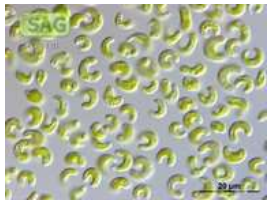


▶ ERA Blokkersdijk



► Overzicht ARCHE/ERM campagne 2022

Ecotox



Alg – *Raphidocelis subcapitata*

Water
Blokkeerdijk (n=1)
3 dagen blootstelling (acuut)
Groeisnelheid



Vlokreeft – *Hyalella azteca*

Waterbodem
Blokkeerdijk (n=2) en Palingbeek (n=2)
28 dagen blootstelling (chronisch)
Overleving en groei



Regenworm – *Eisenia fetida*

Bodem
Blokkeerdijk (n=2) en Middenvijver-Rot (n=1)
56 dagen blootstelling
Mortaliteit (na 28d), gewichtsveranderingen,
reproductie (aantal juvenielen)

Bioaccumulatie



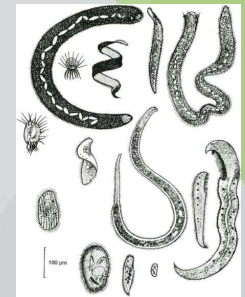
Bodem
Blokkeerdijk (n=2) en Middenvijver-Rot
(referentie) (n=1)
Accumulatie gedurende 28d



Oligochaeten

Waterbodem
Blokkeerdijk (n=2) en Palingbeek (n=2)
Accumulatie gedurende 28d

Inventarisatie macrofauna



► ERA Blokkersdijk (UA)



Figure 8: Locations of sampling sites by UA in 2021.

De bioaccumulatie in residente organismen werd door UA onderzocht in verschillende trofische niveaus (vissen, planten, ongewervelde dieren, vogels).

► Resultaten *water compartiment*

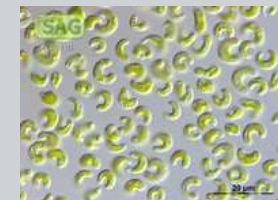
Table 15: PFAS concentrations ($\mu\text{g/L}$) measured in the surface water of the Blokkersdijk pond and Palingbeek. PNEC exceedances are indicated in red (bold).

	<u>Blokkersdijk</u>					<u>Palingbeek</u>			
$\mu\text{g/L}$	E834	E835	E836	E837	E838	E839	E840	E841	E842blok
Sulfonic acids									
PFBS	3.1	3.2	3	3.1	3	3.1	2.9	2.8	3
PFPeS	0.08	0.081	0.081	0.08	0.083	0.08	0.08	0.076	0.079
PFHxS	0.49	0.42	0.48	0.41	0.52	0.46	0.46	0.43	0.48
PFHpS	0.042	0.018	0.025	0.018	0.029	0.027	0.021	0.023	0.016
PFOS	1.3	0.21	0.24	0.17	0.16	0.3	0.34	0.21	0.26
PFNS	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005

Table 22: Results of the 72h Algal growth inhibition test.

Location										
<u>Blokkersdijk</u> pond	0 vol%	6.25 vol%	12.5 vol%	25 vol%	50 vol%	100 vol%	NOEC	EC10	EC50	Effect units
Intrinsic growth rate	1.63	1.61	1.60	1.58	1.56	1.45	25	92.8	>100	< 1

11 % effect



► Resultaten *waterbodem compartiment*

Table 16: PFAS concentrations ($\mu\text{g}/\text{kg}$ dry wt.) measured in the sediment of the Blokkersdijk pond (W and E) and Palingbeek (W and E) NA: not analyzed. PNEC exceedances are indicated in red (bold).

Location name	<u>Blokkersdijk West</u>	<u>Blokkersdijk East</u>	<u>Palingbeek West</u>	<u>Palingbeek East</u>	
Location code	E852	E835	E844	E846	
Sampling date	June 2022	April 2022	March 2022	March 2022	
Measured PFAS concentrations ($\mu\text{g}/\text{kg}$ dw)					Sediment EQS ($\mu\text{g}/\text{kg}$ dw)
Sulfonic acids					
PFBS	3.3	11	39	<0.5	NA
<u>PFPeS</u>	<0.5	<0.5	45	<0.5	NA
<u>PFHxS</u>	1.4	5	940	2.7	NA
<u>PFHpS</u>	<0.5	0.9	430	<0.6	NA
PFOS	9.2	43	65000	140	13.5
PFDS	<0.5	<0.5	1.6		
PFECHS	<0.5	NA	NA		

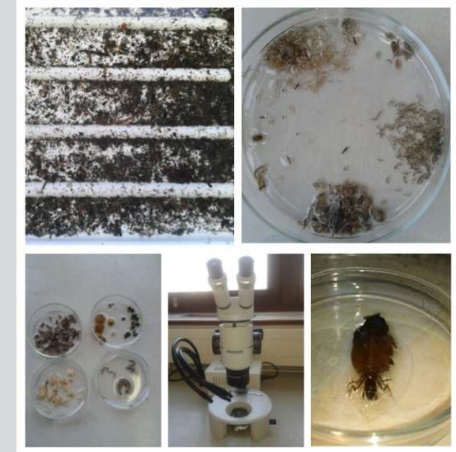
Table 17: Metal concentrations (mg/kg dw) measured in the sediment of the Blokkersdijk pond (W and E). PNEC exceedances are indicated in red (bold).

Location code	<u>Blokkersdijk West (E852)</u>	<u>Blokkersdijk East (E853)</u>	<u>PNEC sed^a</u>	<u>C2 value^a</u>	<u>EQS VLAREM^a</u>
Sampling date	June 2022	June 2022			
Arsenic	10	41	NA	50	19
Cadmium	1.5	9.5	2.5	7.8	1
Chromium	41	170	182	68	62
Copper	<10	76	80.8	60	20
Mercury	<0.3	1.8	NA	1.2	0.55
Lead	27	140	174	118	40
Nickel	<10	29	109	32	18
Zinc	94	550	146.9	800	147

▶ Resultaten *waterbodem compartiment*

Table 21: BSI and mentum deformities.

	Locations	E852	E853
Diptera	Chironomidae	6112	164
	Chironomus gr. thummi	32	19
	Chironomidae non-thummi	6080	145
Coleoptera	Haliplidae	24	-
	Dytiscidae	8	-
Hemiptera	Plea	4	1
Ephemeroptera	Caenis	216	5
	Cloeon	4	3
Lepidoptera	Acentria	16	20
Oligochaeta		Present	Present
Hydracarina		Present	Present
N° taxa		9	7
BSI		3	3
Evaluation		Class 3	Class 3
Mentum deformations Chironomids (4th stadium; %)			
	% deformities	14	11
	Number assessed larvae > 10	No	Yes
	Number assessed larvae > 100		No
	Chi ² -value	<10 larvae	5,3
	Assessment	-	Class 1



BWI	Betekenis	klasse
7 – 10	goede biologische kwaliteit	1
5 – 6	matige biologische kwaliteit	2
3 – 4	slechte biologische kwaliteit	3
0 – 2	zeer slechte biologische kwaliteit	4

**BWI Klasse3:
slechte biologische
kwaliteit** SLIDE 19

► Resultaten *waterbodem compartiment*



Table 23: Overview effect on survival and growth on the amphipod *H. azteca* (28d exposure).

Sample	Survival <i>Hyaella azteca</i> (28 d)						Survival (%)		
		A	B	C	D	E	Average	SD	Significant?
Control Drontermeer (silt)	Silt	100	100	100	95	100	99	2	
Control Drontermeer (sand)	Sand	100	100	100	100	100	100	-	
E852 (Blokkeerdijk pond West)	Sand	50	30	40	20	40	36	11	yes (p=0.007)
E853 (Blokkeerdijk pond East)	Sand	100	100	100	100	100	100	-	
E854 (Palingbeek West)	Silt	55	45	75	50	50	55	12	yes (p=0.009)
E855 (Palingbeek East)	Silt	90	75	60	45	80	70	18	yes (p=0.010)
Sample	Groeï <i>Hyaella azteca</i> na 28 dagen (mm)						Significance?		
		A	B	C	D	E	Average	SD	
Control Drontermeer (silt)	Slib	4.66	5.19	4.66	4.70	5.30	4.90	0.31	
Control Drontermeer (sand)	Zand	5.38	5.38	5.35	5.68	5.76	5.51	0.19	
E852 (Blokkeerdijk pond West)	Zand	4.36	5.66	4.33	4.62	5.38	4.87	0.61	
E853 (Blokkeerdijk pond East)	Zand	4.81	4.71	4.75	4.76	4.36	4.68	0.18	yes (p=0.008)
E854 (Palingbeek West)	Slib	4.51	4.31	4.24	4.55	4.39	4.40	0.13	yes (p=0.008)
E855 (Palingbeek East)	Slib	5.03	4.36	5.18	4.31	4.41	4.66	0.41	

▶ Resultaten *bodem compartiment*

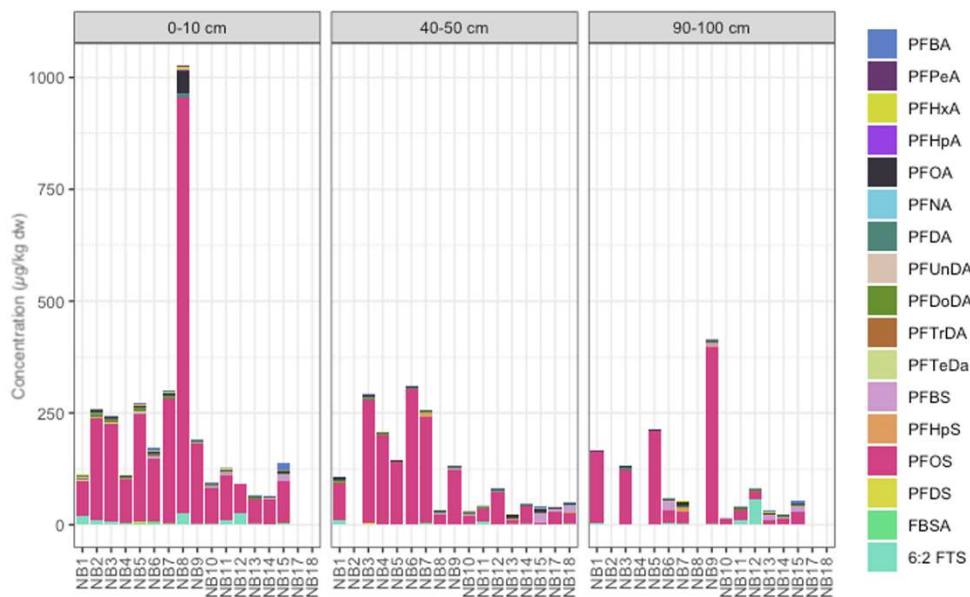


Table 18: PFAS-concentrations ($\mu\text{g}/\text{kg dw}$) measured in the soil (0-30 cm) (ERM/ARCHE June 2022 campaign. PNEC exceedances are indicated in red (**bold**)).

$\mu\text{g}/\text{kg dw}$	Blokkersdijk South West	Blokkersdijk North East	Middenvijver-Rot (reference)	Soil PNEC ($\mu\text{g}/\text{kg dw}$)
	B856 (0-30 cm)	B857 (0-30 cm)	B858 (0-30 cm)	
Sulfonic acids				
PFBS	<0.5	<0.5	<0.5	1000 ^a
PFPeS	<0.5	<0.5	<0.5	
PFHxS	<0.5	<0.5	<0.5	10 ^a
PFHpS	<0.5	<0.5	<0.5	2440 ^b
PFOS	37	17	0.93	20 ^a
PFNS	<0.5	<0.5	<0.5	
PFDS	<0.5	<0.5	<0.5	

► Resultaten *bodem compartiment*



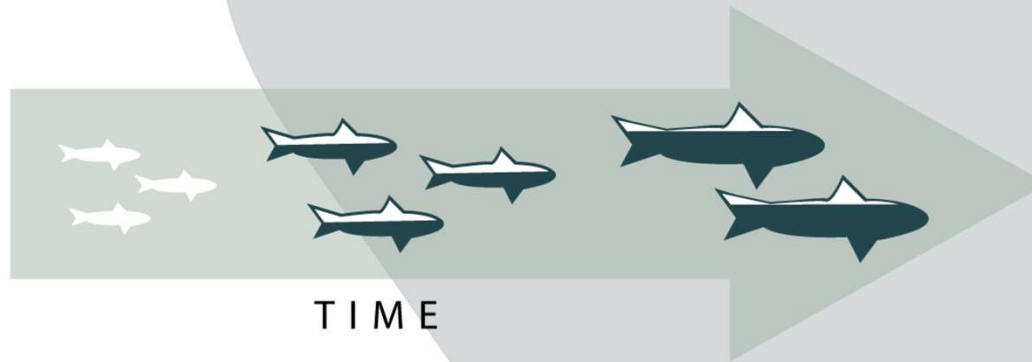
Table 24: Overview effect on mortality, growth and reproduction on the earthworm *E. fetida* (56d exposure).

Sample	Mortality adult worms day 28 (%)				Mortality (%)	
	A	B	C	D	Average	SD
Artificial soil (control)	0	0	10	10	5	5,8
B856 Blokkersdijk (SW)	50	50	50	60	52.5	5,0
B857 Blokkersdijk (NE)	70	70	70	80	72.5	5,0
B858 (control) Middenvijver-Rot	30	20	30	30	27.5	5,0

Table 25: Overview soil characteristics.

Sample	Water holding capacity (%)	Moisture (%)	pH-KCl	Visual observation
Artificial soil (control)	51.4	10.2	5.7 – 5,9	-
B856 Blokkersdijk (SW)	45.9	16.9	7.1 – 7,2	Heavy clay
B857 Blokkersdijk (NE)	39.1	10.2	7.3 – 7,4	Sand
B858 (control)	30.6	11.5	7.4 – 7,6	Gravel

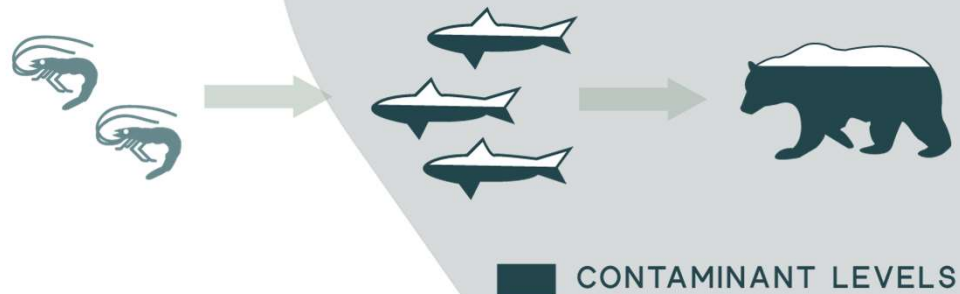
► Resultaten *Bioaccumulatie-experimenten*



Bioaccumulatie experimenten:

- Accumulatie PFAS gemeten in oligochaeten (waterbodem, 28d)
- Accumulatie PFAS gemeten in regenwormen (bodem, 28d)

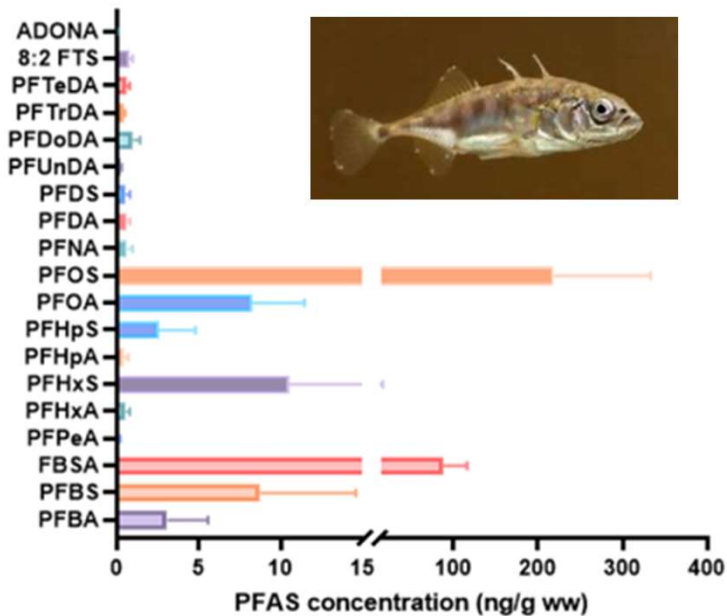
► Resultaten *Bioaccumulatie-doorvergiftiging*



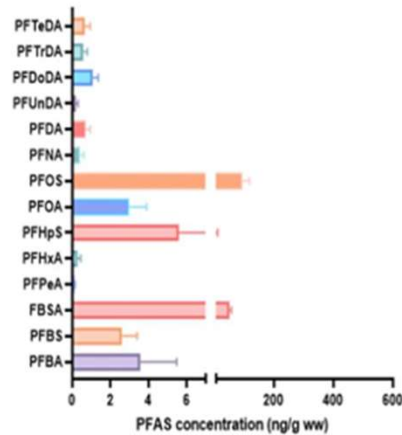
- De bioaccumulatie in residente organismen werd door UA onderzocht in verschillende trofische niveaus (vissen, planten, ongewervelde dieren, vogels).
- Er is gekozen om te toetsen aan de QSbiota norm van $33 \mu\text{g}/\text{kg ww}$ die de Europese Commissie (2011) heeft afgeleid om het potentieel voor doorvergiftiging van PFOS te beoordelen. Eigen afleiding door ARCHE gaf een waarde van $46 \mu\text{g}/\text{kg ww}$.

▶ Resultaten *Bioaccumulatie-doorvergiftiging* vissen

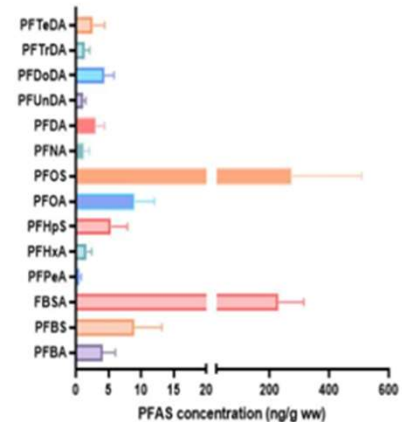
Stickleback
Whole body tissue



Carp
Whole body tissue



Carp
Liver tissue



Carp
Muscle tissue

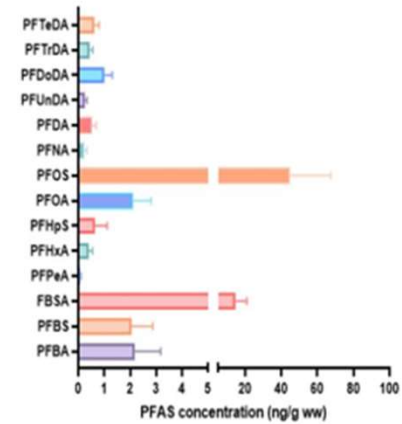


Figure 13: Mean PFAS concentrations (ng/g ww) in carp whole body (left, $n=5$), liver (middle, $n=10$) and muscle (right, $n=10$) from the Blokkersdijk pond. Error bars represent the standard deviation. FBSA = PFBSA.

▶ Resultaten *Bioaccumulatie-doorvergiftiging netels*

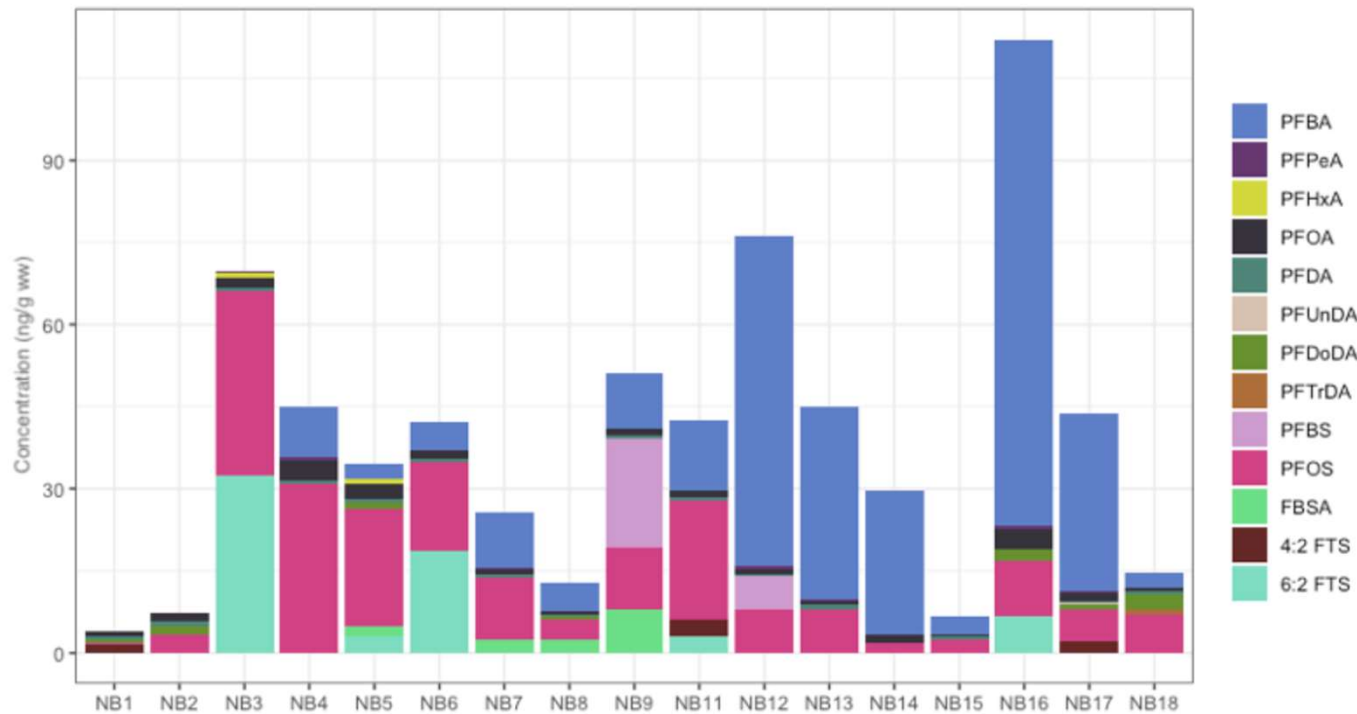


Figure 14: Concentration and profile of Σ PFAS measured in 17 nettle samples in Blokkersdijk.

Resultaten Bioaccumulatie-doorvergiftiging invertebraten

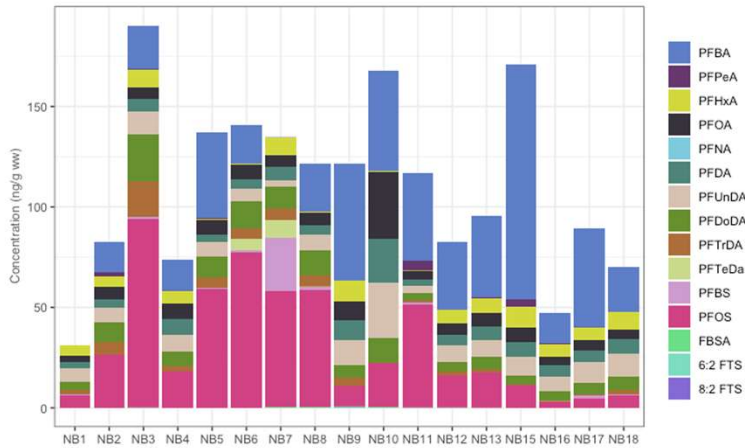


Figure 15: Concentration and profile of ΣPFAS measured in isopod samples in Blokkersdijk.

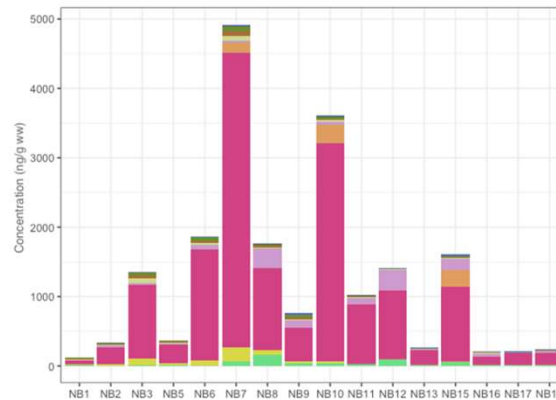


Figure 16: Concentration and profile of ΣPFAS measured in earthworm samples in Blokkersdijk.

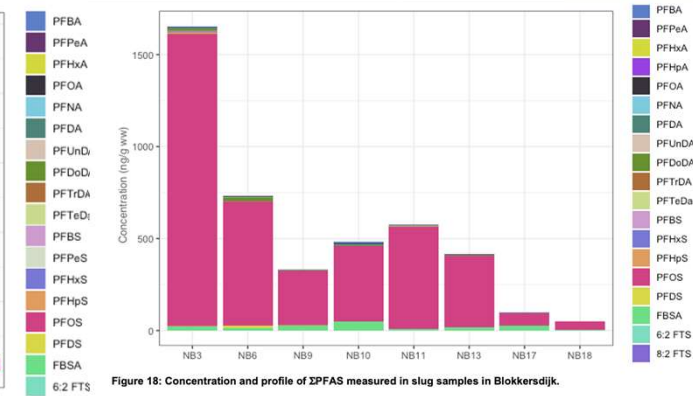


Figure 18: Concentration and profile of ΣPFAS measured in slug samples in Blokkersdijk.

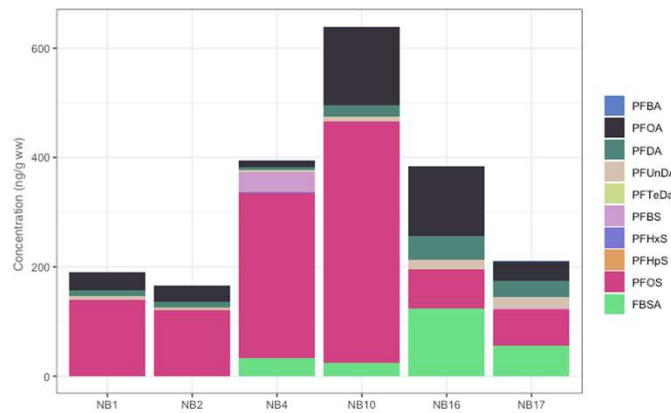


Figure 19: Concentration and profile of ΣPFAS measured in spider samples in Blokkersdijk.

Voor alle trofische niveaus was PFOS in de meeste gevallen de belangrijkste PFAS-stof die zich in de voedselketen ophoopte, hoewel sommige verschillende PFAS-profielen verband kunnen houden met verschillen in voedings- en leefgewoonten.

Bioaccumulatie-doorvergiftiging vogels

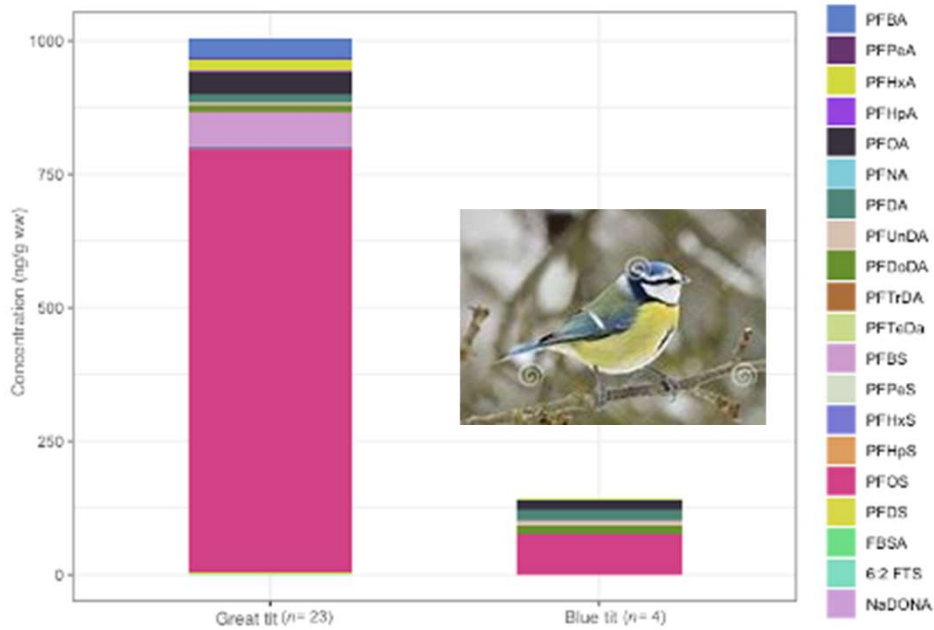


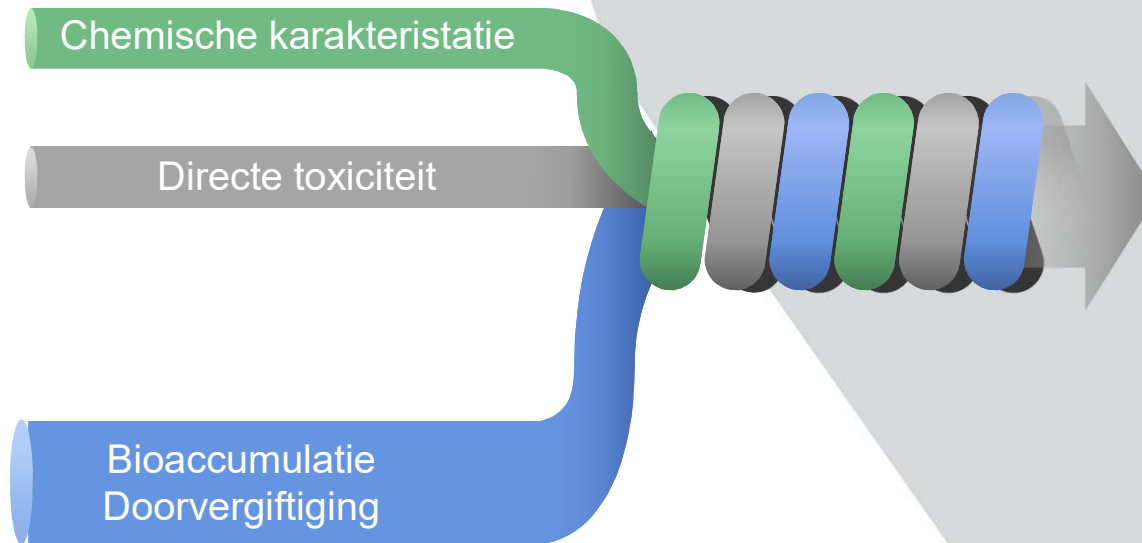
Figure 20: Concentration and profile of ΣPFAS measured in feather samples in Blokkersdijk.



Figure 21: Concentration and profile of ΣPFAS measured in plasma samples in Blokkersdijk.

Kritische bloedwaarden roofvogels: 150 ng/ml (vrouwtjes) and 2400 ng/ml (mannetjes)

► Conclusie: Weight of Evidence



In het ERA voor Blokkersdijk is het duidelijk dat de PFAS concentraties boven de MKN ecotox uitkomen voor alle milieu compartimenten.

Direct toxiciteit wordt waargenomen voor waterbodem en bodem maar zijn niet eenduidig te linken aan de aangetroffen PFAS verontreiniging.

Bioaccumulatie van C4 en C8 PFAS wordt waargenomen over alle trofische niveaus heen met PFOS als meest dominante parameter. De PFOS-niveaus in planten/organismen zijn voldoende hoog om mogelijke negatieve effecten uit te oefenen op roofdieren die zich direct of indirect voeden met vissen, planten, ongewervelde bodemdieren, zoogdieren en vogels die in het Blokkersdijkgebied leven.

