



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

Workshop om PFAS i vand

Nanna Rørbech, Miljøstyrelsen
Caroline Kragelund &
Jonathan Guld Christensen,
Teknologisk Institut

31. oktober 2024

Agenda



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

9:30 Ankomst og kaffe

10:00 Velkommen v. Katrine Louise Rafn, sekretariatschef for MUDP i Miljøstyrelsen

10:15 Gældende og kommende lovgivning på PFAS, Joánnnes Gaard, Miljø - og
Ligestillingsministeriets departement

10:30 Kildesporingsmetodik, Carina Bayley, Krüger

10:45 Case 1: Rensning af perkolat ved Reno Syd, Tore Svendsen, ECT2

11:00 Pause

11:15 Diskussion i grupper og opsamling i plenum

12:10 Frokost

13:25 Case 2: PFAS strømme på renseanlæg og udfordringer med prøvetagning, Anne-Lise Trøst
Frisch Funding, Teknologisk Institut

13:45 Pause

14:00 Diskussion i grupper

15.00 Tak for i dag



Teknologisk Institut



Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Velkommen til workshop om PFAS i vand

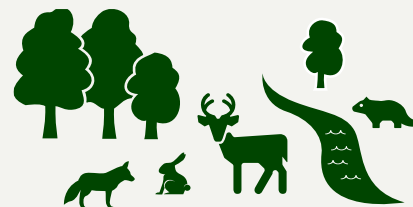
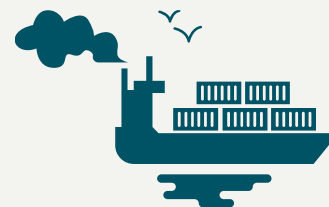
Innovationspartnerskabet for miljøfarlige forurenende stoffer (MFS)

V. Katrine Louise Rafn, Sekretariatschef for
MUDP

31. oktober 2024



Miljøministeriet



Innovationspartnerskabet for miljøfarlige forurenende stoffer

MFS: En tværgående udfordring, som kræver tværgående samarbejde

Understøtter Miljøministeriets Strategi for miljøfarlige stoffer:

"Innovationspartnerskaber skal derfor skabe mere grobund for udvikling af miljøteknologi og på tværs af brancher med henblik på at reducere udledningen af miljøfarlige stoffer"

Innovationspartnerskabet er nået langt – og har løbende forholdt sig aktivt til aktuelle behov

Bl.a.

- Workshop om tungmetaller i maj 2023
- Workshop om 4. rensetrin: teknologi til rensning for medicinske aktive stoffer i spildevand fra renseanlæg i januar 2024
- Teknologikatalog (første udgave klar medio nov - endelig udgave dec./jan. 2025)
- Dagens workshop om PFAS i vand – særligt fokus på krævet

Se resultater og præsentationer på innovationspartnerskabets hjemmeside



Innovationspartnerskabet for miljøfarlige forurenende stoffer

FORMÅLET MED PFAS workshoppen

Programmet for dagen består af:

- Hvad er reguleringen og hvad er på vej
- Hvordan finder man kilder til PFAS i spildevandet
- Gode eksempler om rensning af spildevand fra deponier
- Viden om PFAS-strømme på renseanlæg og om prøvetagning
- 2 workshop diskussioner om, hvad vi mangler – resultater vil indgå i et teknologikatalog

Formålet er at videndele om PFAS og pege på teknologiske gaps og stimulere udvikling af teknologiske løsninger på sigt

MUDP – MILJØTEKNOLOGISK UDVIKLINGS- OG DEMONSTRATIONSPROGRAM

- MUDP er et program under Miljø- og Ligestillingsministeriet
- MUDP støtter **udvikling, test og demonstration** af miljøeffektiv teknologi
- Afdækker en del af risikoen ved udvikling
- Understøtter Danmarks profil som førende inden for udvikling af miljøteknologi

INFO: se MUDP's hjemmeside: www.mudp.dk



Orientering om nye partnerskaber på bedding ...

Forslag til Finanslov 2025

- ”Partnerskaber med erhvervslivet om tidlig udfasning af PFAS”

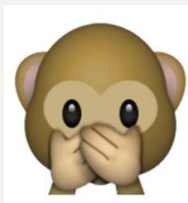
I regi af MUDPs bestyrelse

- Innovationspartnerskab for teknisk vand til krævende industriprocesser, herunder PtX

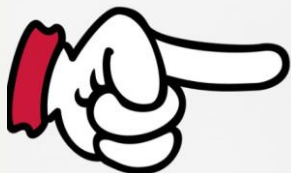


Ansøgningsrunder 2025

.... Vi kan ikke sige noget endnu



Hold øje med www.MUDP.dk og få info om ansøgningsrunder og informationsmøder



Tilmeld MUDP's nyhedsbrev

Man kan skele til MUDP 2024 - årshjul:

- Forprojekter og ETV – frist i foråret (svar inden sommerferien)
- Udviklingsprojekter – ansøgningsfrist maj (svar oktober)
- Fyrtårnsprojekter – ansøgningsfrist efter sommerferien (svar november/december)

Agenda



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

- 9:30 Ankomst og kaffe
- 10:00 Velkommen v. Katrine Louise Rafn, sekretariatschef for MUDP i Miljøstyrelsen
- 10:15 **Gældende og kommende lovgivning på PFAS, Joánnnes Gaard, Miljø - og Ligestillingsministeriets departement**
- 10:30 Kildesporingsmetodik, Carina Bayley, Krüger
- 10:45 Case 1: Rensning af perkolat ved Reno Syd, Tore Svendsen, ECT2
- 11:00 Pause
- 11:15 Diskussion i grupper og opsamling i plenum
- 12:10 Frokost
- 13:25 Case 2: PFAS strømme på renseanlæg og udfordringer med prøvetagning, Anne-Lise Trøst Frisch Funding, Teknologisk Institut
- 13:45 Pause
- 14:00 Diskussion i grupper
- 15.00 Tak for i dag



Teknologisk Institut



Miljøministeriet
Departementet

Regulering af PFAS i Vandmiljøet

Innovationspartnerskabet
30. oktober 2024
Jóannes J. Gaard

Regeringsgrundlag - Ansvar for Danmark, december 2022

”Regeringen vil gennemføre oprensning af generationsforureninger i overensstemmelse med aftalen herom. Desuden skal sikres konkret opfølgning bag den allerede besluttede nationale handlingsplan for at afværge, inddæmme og oprense PFAS-forureninger.” (side 33)

”Regeringen vil se på kravene til rensning af spildevandet, så spredning af miljøskadelige stoffer – herunder PFOS/PFAS – minimeres, og gøre det lettere for vandselskaberne at etablere biogas-, pyrolyse-, kalkrensning- og andre grønne løsninger”. (side 34)

Initiativer i PFAS handlingsplanplanen

Tabel 1
Oversigt over initiativer og finansiering af national PFAS-handlingsplan

Mio. kr. (2024-pl)	I alt	Finansiering
1. Oprensning	217,2	
1.1. Ny pulje til oprensning af punktkilder	100,0	Grøn fond
1.2. Ny pulje til oprensning af PFAS i drikkevand	110,0	
1.3. Forsøgsprojekter om nedbrydning af PFAS i spildevandsslam og affald	5,7	Ramme afsat på FL24
1.4. Håndtering og midlertidig oplagring af PFAS-holdigt jord	1,5	
2. Afværge	19,8	
2.1. Udfasning af PFAS i tekstiler og imprægneringsmidler	-	Ramme afsat på FL24
2.2. Partnerskab med erhvervslivet om tidlig udfasning af PFAS	8,2	
2.3. Indkøbsvejledning til offentlige indkøbere og private virksomheder	2,0	
2.4. EU-forbud mod PFAS	6,0	
2.5. Internationalt samarbejde om begrænsning af PFAS	3,6	
2.6. Grænseværdier for PFAS i spildevandsslam	-	
3. Inddæmme	167,0	
3.1. PFAS-videnstaskforce	5,2	Finansieret på FL23 og af ramme afsat på FL24
3.2. PFAS forskning- og leverancecenter (MIM/ISM/FVM)	45,0	Finansieret på FR24
3.3. PFAS baggrundsværdier i den danske befolkning (ISM)	2,5	Ramme afsat på FL24
3.4. Borgerrettet kampagne om PFAS	1,2	
3.5. Forstærket overvågning i vandmiljøet	44,0	
3.6. Forstærket overvågning af jagtbare fugle- og pattedyr	4,0	
3.7. Øget forbrugerbeskyttelse ved styrket kontrol af PFAS i produkter	16,1	
3.8. Udvidet overvågning af fødevarer og foder (FVM)	37,6	
3.9. Udvidet overvågning af nye PFAS i grundvandet	7,4	
3.10. Rådgivning af kommuner og vandforsyningsselskaber	4,0	
I alt	404,0	
Finansiering		
FL23	5,0	
FL24	144,0	
Grønt råderum	210,0	
Forskningsreserve 2024	45,0	

Kilde: Miljøministeriet



Tilslutning af
industrispildevand til
spildevandsforsynings-
selskabernes renseanlæg

[Seriotype og nummer]

[Måned og År]

Grænseværdier for PFAS

	Drinking Water	EQS - Surface and groundwater
PFOS - marine		0,13 ng/l
PFOS – fresh water		0,65 ng/l
PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS	2 ng/l	
12 PFAS	100 ng/l	
22 PFAS	100 ng/l	
24 PFAS – marine water		4,4 ng/l PFOA (e)
24 PFAS – fresh water		4,4 ng/l PFOA (e)
Sludge – guidance 4 - PFAS		0,01 mg/kg. dry matter
Sludge – guidance 22 - PFAS		0,4 mg/kg. dry matter
Total PFAS	X	

Danish regulation built on EU regulation

Danish regulation

Expected EU regulation

Danish regulation built on expected EU regulation

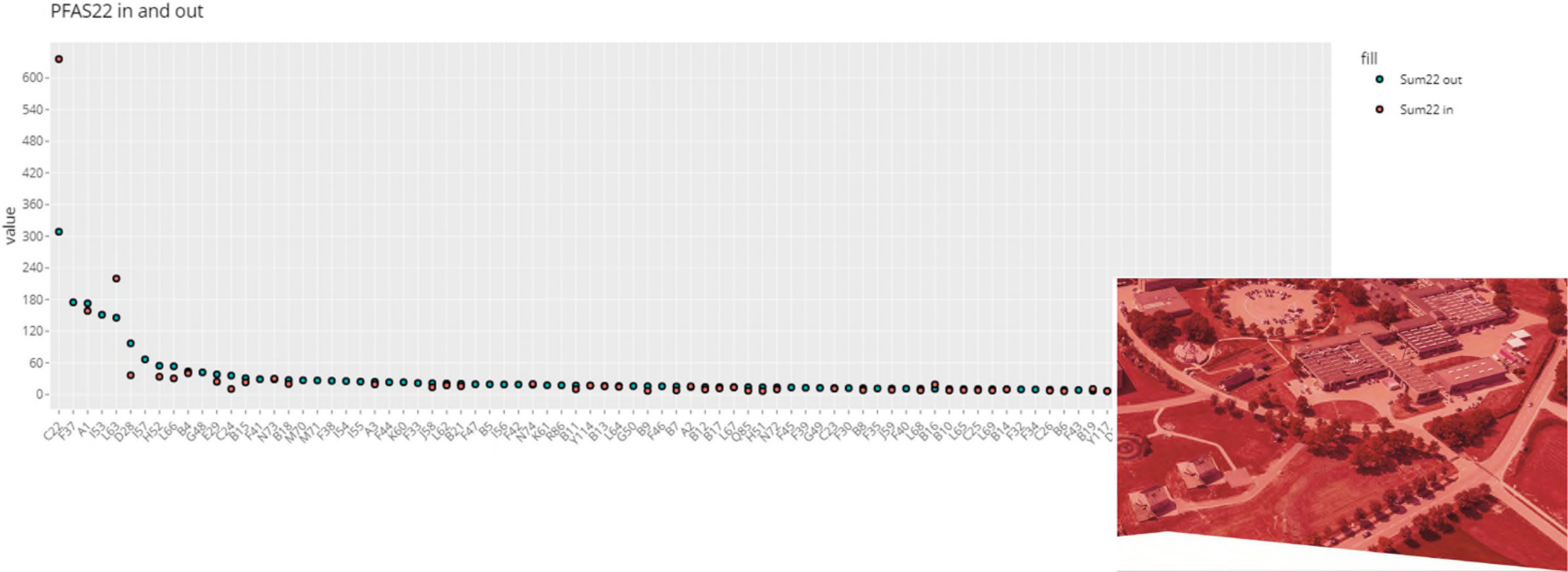


PFOA ækvivalenter

	Relative Potency Factor (RPF)		Relative Potency Factor (RPF)
PFOA	1	PFHpA	0,505
PFOS	2	PFTTrDA	1,65
PFHxS	0,6	PFHpS	1,3
PFNA	10	PFDS	2
PFBS	0,001	PFTeDA	0,3
PFHxA	0,01	PFHxDA	0,02
PFBA	0,05	PFODA	0,02
PFPeA	0,03	HFPO-DA eller Gen X	0,06
PFPeS	0,3005	ADONA	0,03
PFDA	0,05	6:2 FTOH	0,02
PFDoDA eller PFDoA	3	8:2 FTOH	0,04
PFUnDA eller PFUnA	4	C6O4	0,06

PFAS	PFAS	PFAS
Drinking Water – 10/12	Drinking Water Directive – 20/22 PFAS	MFWD, EQSD, GWD – 24 PFAS
PFOA (perfluorooctansyre)	Perfluorooctanoic acid (PFOA) CAS no. 335-67-1	Perfluorooctanoic acid (PFOA) (CAS 335-67-1)
PFOS (perfluorooctansulfonsyre)	Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) CAS no. 1763-23-1	Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) CAS 1763-23-1
PFHxS (perfluorhexansulfonsyre)	Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) CAS no. 355-46-4	Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) CAS 355-46-4
PFNA (perfluorononansyre)	Perfluorononanoic acid (PFNA) CAS no. 375-95-1	Perfluorononanoic acid (PFNA) CAS 375-95-1
PFBS (perfluorbutansulfonsyre)	Perfluorobutane sulfonic acid (PFBS) CAS no. 375-73-5	Perfluorobutane sulfonic acid (PFBS) CAS 375-73-5
PFHxA (perfluorhexansyre)	Perfluorohexanoic acid (PFHxA) CAS no. 307-24-4	Perfluorohexanoic acid (PFHxA) CAS 307-24-4
PFBA (perfluorbutansyre)	Perfluorobutanoic acid (PFBA) CAS 375 -22-4	Perfluorobutanoic acid (PFBA) CAS 375 -22-4
PFPeA (perfluorpentansyre)	Perfluoropentanoic acid (PFPA) CAS no. 2706-90-3	Perfluoropentanoic acid (PFPeA) CAS 2706-90-3
	Perfluoropentane sulfonic acid (PFPS) CAS no. 2706-91-4	Perfluoropentane sulfonic acid (PFPeS) CAS 2706-91-4
PFDA (perfluordecansyre).	Perfluorodecanoic acid (PFDA) CAS no. 335-76-2	Perfluorodecanoic acid (PFDA) CAS 335-76-2
	Perfluorododecanoic acid (PFDODA) CAS no. 307-55-1	Perfluorododecanoic acid (PFDODA or PFDODA) CAS 307-55-1
	Perfluoroundecanoic acid (PFUNDA) CAS no. 2058-94-8	Perfluoroundecanoic acid (PFUNDA or PFUNDA) CAS 2058-94-8
PFHpA (perfluorheptansyre),	Perfluoroheptanoic acid (PFHpA) CAS no. 375-85-9	Perfluoroheptanoic acid (PFHpA) CAS 375-85-9
	Perfluorotridecanoic acid (PFTTrDA) CAS no. 72629-94-8	Perfluorotridecanoic acid (PFTTrDA) CAS 72629-94-8
	Perfluoroheptane sulfonic acid (PFHpS) CAS no. 375-92-8	Perfluoroheptane sulfonic acid (PFHpS) CAS 375-92-8
	Perfluorodecane sulfonic acid (PFDS) CAS no. 335-77-3	Perfluorodecane sulfonic acid (PFDS) CAS 335-77-3
		Perfluorotetradecanoic acid (PFTTeDA) CAS 376-06-7
		Perfluorohexadecanoic acid (PFHxDA) CAS 67905-19-5
6:2 FTS (6:2 fluorotelomersulfonsyre) CAS: 39108-34-4	Perfluorononane sulfonic acid (PFNS) CAS no. 68259-12-1	Perfluorooctadecanoic acid (PFODA) CAS 16517-11-6
PFOSA (perfluorooctansulfonamid) CAS 754-91-6	Perfluoroundecane sulfonic acid (PFUnS) CAS no. 749786-16-1	Ammonium perfluoro (2-methyl-3-oxahexanoate) (HFPO-DA or Gen X) - CAS 62037-80-3
	Perfluorododecane sulfonic acid (PFDoS) CAS no. 79780-39-5	Propanoic Acid / Ammonium 2,2,3-trifluoro-3-(1,1,2,2,3,3-hexafluoro-3- (trifluoromethoxy)propoxy)propanoate (ADONA) CAS 958445-44-8)
	Perfluorotridecane sulfonic acid (PFTTrS) CAS no. 791563-89-8	2-(Perfluorohexyl)ethyl alcohol (6:2 FTOH) CAS 647-42-7
		2-(Perfluorooctyl)ethanol (8:2 FTOH) CAS 678-39-7
6 Ministry of Environment of Denmark		Acetic acid / 2,2-difluoro-2-((2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluoro-methoxy)-1,3-dioxolan-4-yl)oxy)- (C6O4) CAS 1190931-41-9

PFAS i spildevand



Notat – Analyse af PFAS-data
i indløbsprøver og udløbsprøver
fra spildevandsrenseanlæg



Strategi for miljøfarlige stoffer

Partnerskab for miljøfarlige stoffer

Frem mod 2023/2024 bl.a.

- Nye miljøkvalitetskrav
- Kildeopsporing i testopland
- Innovationspartnerskab
- Modellering til at estimere koncentrationer af miljøfarlige stoffer
- 1433
- Ny vejledning for tilslutning

Frem mod 2027 bl.a.

- Kildeopsporing
- Implementering af yderligere indsatser



**Strategi for
miljøfarlige stoffer**
Et vandmiljø uden
farlig kemi

Artikel 21 - overvågning

1. Medlemsstaterne sikrer, at de kompetente myndigheder fra 2027 overvåger:
 - a) udledninger fra rensningsanlæg for byspildevand
 - b) mængde, sammensætning og bestemmelsessted for slam
 - c) bestemmelsesstedet for det rensede byspildevand, herunder andelen af genbrugt vand
 - d) de producerede drivhusgasser og den energi, der forbruges og produceres af rensningsanlæg for byspildevand med over 10 000 PE.

2. Medlemsstaterne sikrer, at de kompetente myndigheder overvåger koncentrationen og belastningen af forurenende stoffer fra overløb efter voldsomt uvejr og byafløb til vandområder fra alle byområder med 10 000 PE og derover.

Artikel 21 - overvågning

3. Medlemsstaterne overvåger, at der for alle rensningsanlæg for byspildevand fra byområder med over 10 000 PE, ved deres indløb og afløb måles koncentrationer og belastninger i byspildevandet af :

- a) forurenende stoffer/miljøkvalitetskrav iht. VRD, EQS, GVD, Slam mv.
- b) medicin- og kosmetikrester i MFS følsomme vandområder
- c) mikroplast

Den overvågning, der er omhandlet i første og andet afsnit, skal gennemføres med følgende hyppighed:

- a) mindst to prøver om året, dog højst 7 måneder mellem prøverne, for byområder med 100 000 PE og derover
- b) mindst én prøve hvert andet år for byområder med mellem 10 000 PE og **150** (100) 000 PE.

Man kan måle halvt så meget for stoffer, der ikke findes i væsentlige mængder.

Samlet betydning for udledningstilladelser – Byspildevandsdirektiv

- o **Revurdere spildevandsplan – inkl. overløb hvert 5/6 år**
 - o 1-3 % målsætning
 - o Vurdere effekt af regnvandsudledninger
 - o Inkl. grønne løsninger
- o **Krav – N; 6-10 mg/l– P; 0,5-1 mg/l**
 - o Flere prøver
- o **Rensning for mikroforurenende stoffer**
- o **Revurdere tilslutningstilladelser hvert 6/10 år**
- o **Revurdere udledningstilladelser hvert 6/10 år**
- o **Data om MFS i indløb og udløb fra rensningsanlæg**
 - o Nye MFS, herunder 24 PFOAe
- o **Data om slam, mikroplast mv.**



Miljøministeriet
Departementet



Spørgsmål?

Agenda



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

- 9:30 Ankomst og kaffe
- 10:00 Velkommen v. Katrine Louise Rafn, sekretariatschef for MUDP i Miljøstyrelsen
- 10:15 Gældende og kommende lovgivning på PFAS, Joánnnes Gaard, Miljø - og Ligestillingsministeriets departement
- 10:30 **Kildesporingsmetodik, Carina Bayley, Krüger**
- 10:45 Case 1: Rensning af perkolat ved Reno Syd, Tore Svendsen, ECT2
- 11:00 Pause
- 11:15 Diskussion i grupper og opsamling i plenum
- 12:10 Frokost
- 13:25 Case 2: PFAS strømme på renseanlæg og udfordringer med prøvetagning, Anne-Lise Trøst Frisch Funding, Teknologisk Institut
- 13:45 Pause
- 14:00 Diskussion i grupper
- 15.00 Tak for i dag



Teknologisk Institut

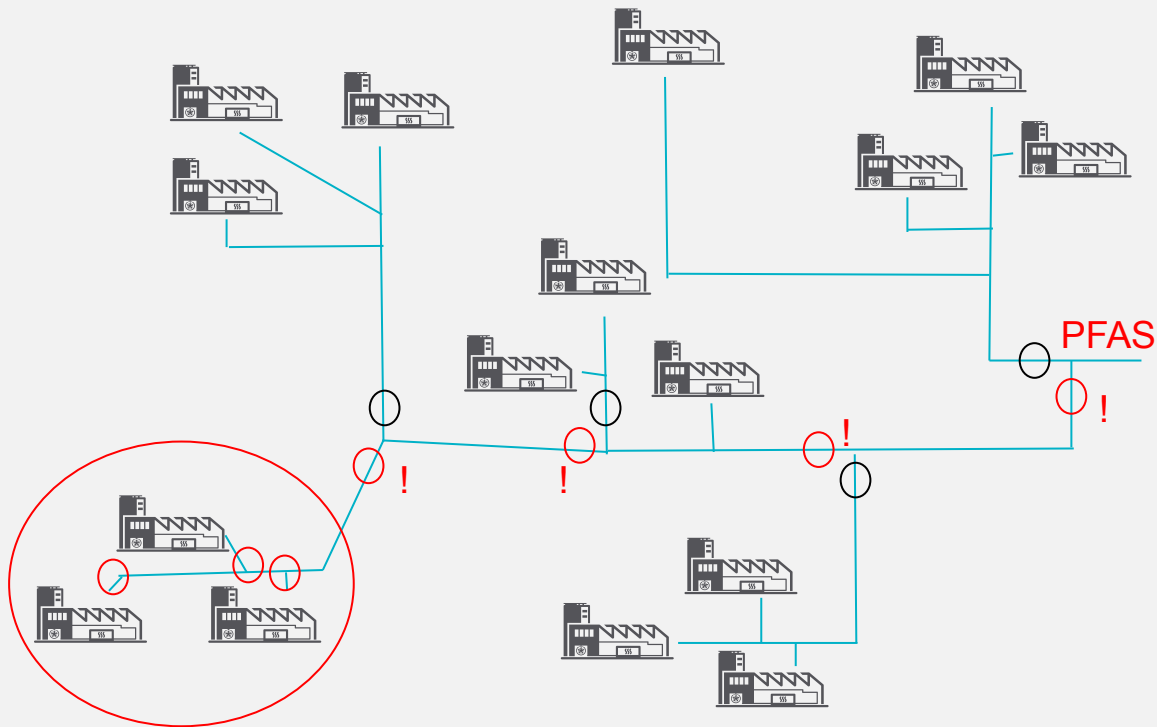
Kildesporingsmetodik

MAP'N TREAT

MAPping and TREATment of micropollutants

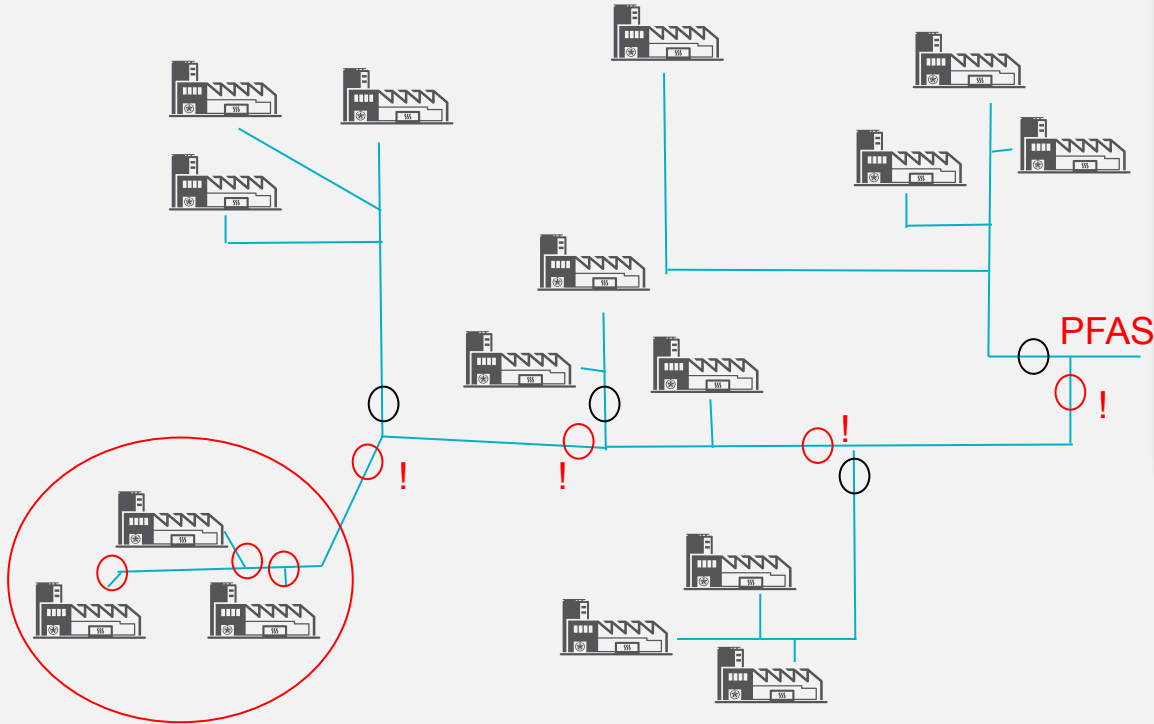


Normal kildeopsporing



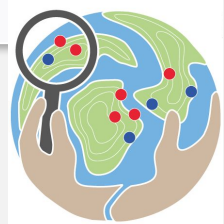
Hvordan finder vi kilderne i oplandet?

Normal kildeopsporing



ULEMPER

- Langsommelig og omkostningstung proces
- Vi risikerer at prøvetage på tidspunkter hvor kilden/kilderne ikke udleder spildevand med PFAS og dermed udelukke egentlige kilder
- Vi risikerer fejlestimere niveauet af PFAS i spildevandet



MAP'N TREAT

MAP'N TREAT



MAPping and TREATment
of micropollutants

Støttet af  mudp



AALBORG
UNIVERSITET



MAP'N TREAT

Scope

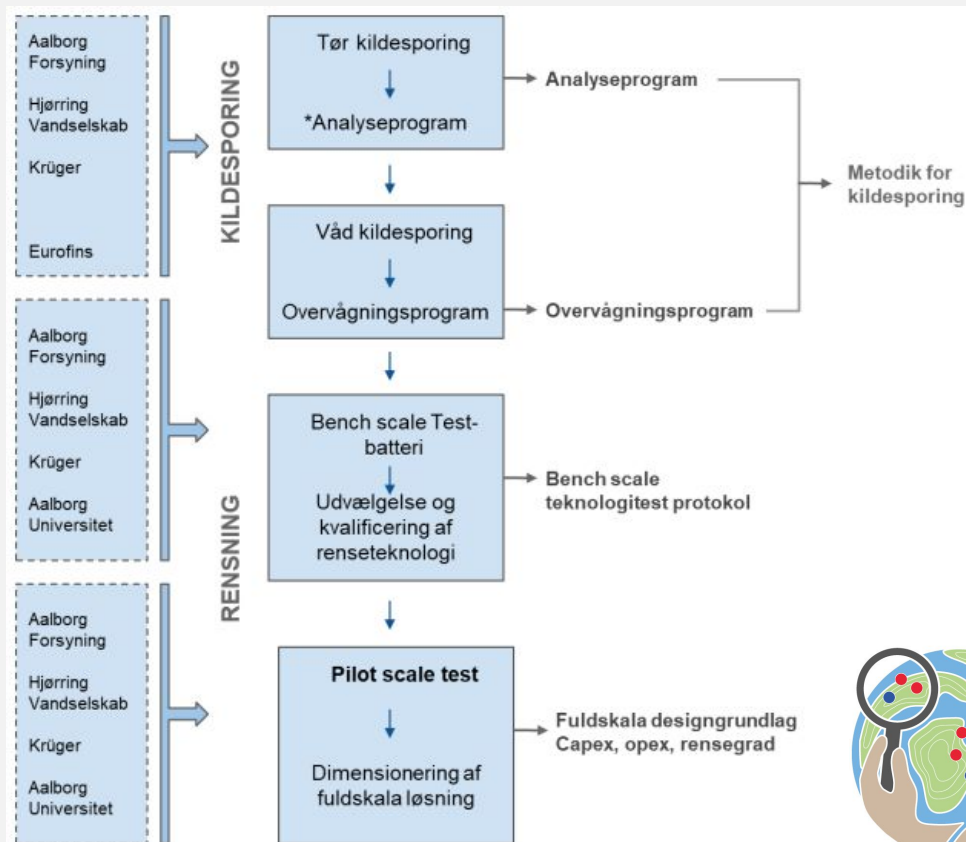
1. Holistisk kortlægge kilder til forurening i oplandet

2. Udvikle en metode så andre nemt kan gøre det samme

3. Udvælge renseteknologi der giver mest “Bang for the Buck”

4. Dokumentere drift og renseeffektivitet i praksis

Vi arbejder med en bred vifte af MFS og med en række indsatsområder.



MAP'N TREAT

Indsatsområder - specifikt for PFAS (eksempel)

Konkrete kilder til PFAS i (vand)miljøet

- Industrier til tilslutning til kloaksystemet
- Industrier med direkte udledning til recipient
- Overløbsbygværker og bassiner

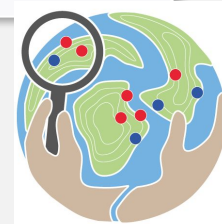
Tilslutningstilladelser
&
miljøgodkendelser

Udledningstilladelser
&
miljøgodkendelser

Opland til OV/B
Aktivitet af OV/B
Recipienttilstand

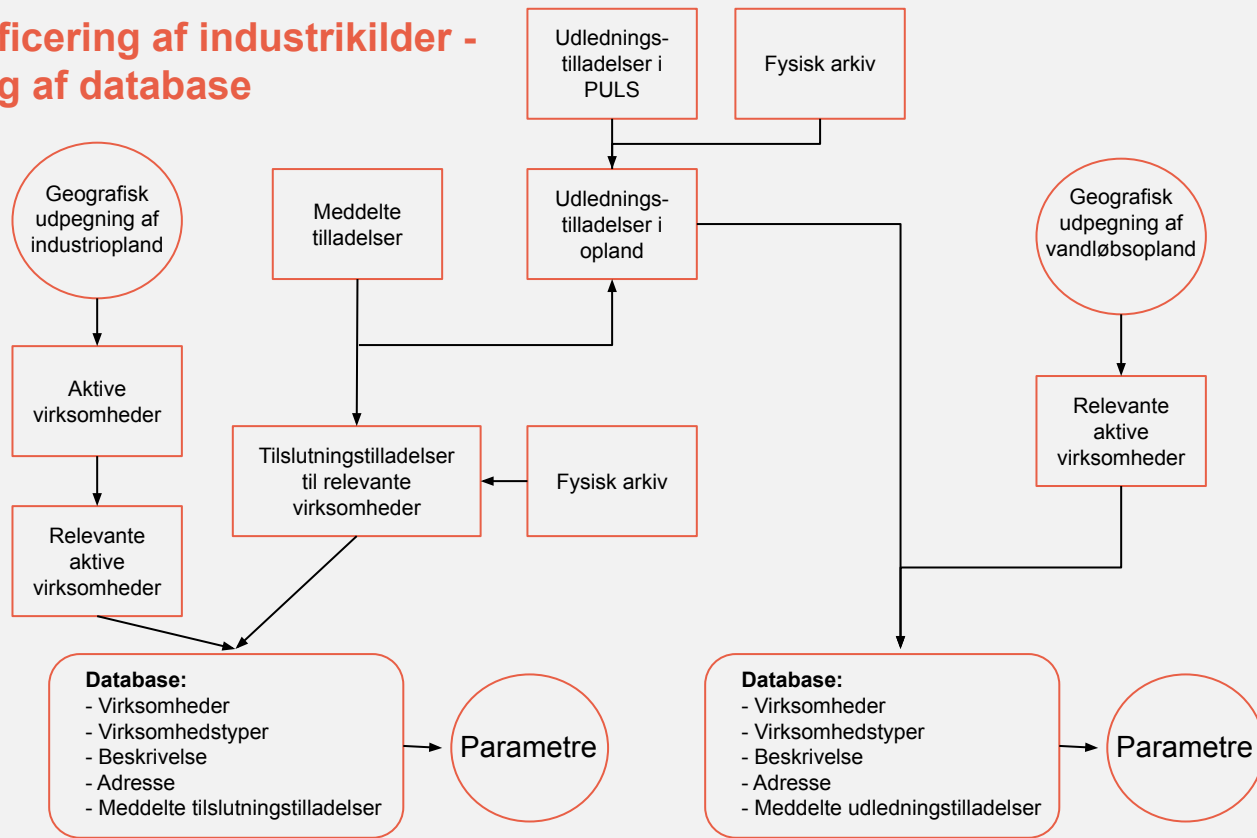
Diffuse kilder til PFAS i (vand)miljøet

- Grundvandssænkning og afværgeboringer
- Jordforureninger
- Fejlkoblinger
- Husstandsspildevand
- Uheld og manglende omtanke



MAP'N TREAT

Identificering af industrikilder - sikring af database



MAP'N TREAT

Identificering af industrikilder - generel screening af MFS

MAP'N TREAT
arbejder bredt...

Litteratursøgning

Baggrundsviden,
MFS-grupper og
industriel aktivitet

Nøgleord

Nøgleord ud fra
virksomhedsnavn,
-type og -aktivitet.

Scoringsmatrix

Matrix med stofgrupper
samt værdisætning af
nøgleord

Vurdering af virksomheder

Identificere hvilke
potentielle
MSF-grupper der
tilknytter sig til
virksomhederne

Generering af samlet
score for potentiel
forureningskilde.

Prioritering

Manuel kvalitetssikring
Sortering efter score

Kvalitetssikring

Virksomheder med tilsynspligt

Kvalitetssikring

Baggrundsviden om de
specifikke virksomheder

Udkast til prioriteret virksomhedsliste

Liste med højt scorende
virksomheder der
potentielt bidrager med
MFS

Liste med
relevante
virksomheder

Baggrundsundersøgelse

Scoringsmatrix

Screening

Sortering, prioritering og kvalitetssikring



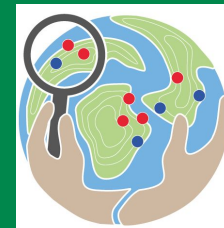
Hvor kommer PFAS fra?

Eksempel...

- Elektronikindustrien
- Jern- og Metalindustrien
- Kemisk industri (inkl. maling)
- Bygge- og Anlægsvirksomheder
- Træindustrien
- Papir og Grafisk industri
- Møbelindustri
- Maskinindustrien
- Gummi- og Plastindustrien
- Tekstil- læder og beklædningsindustri
- Transportindustri
- Brandslukning (brandskum)
- Forkromningsindustri
- Affaldshåndtering/deponier
- mv...

Kortlægning af brancher der anvender PFAS

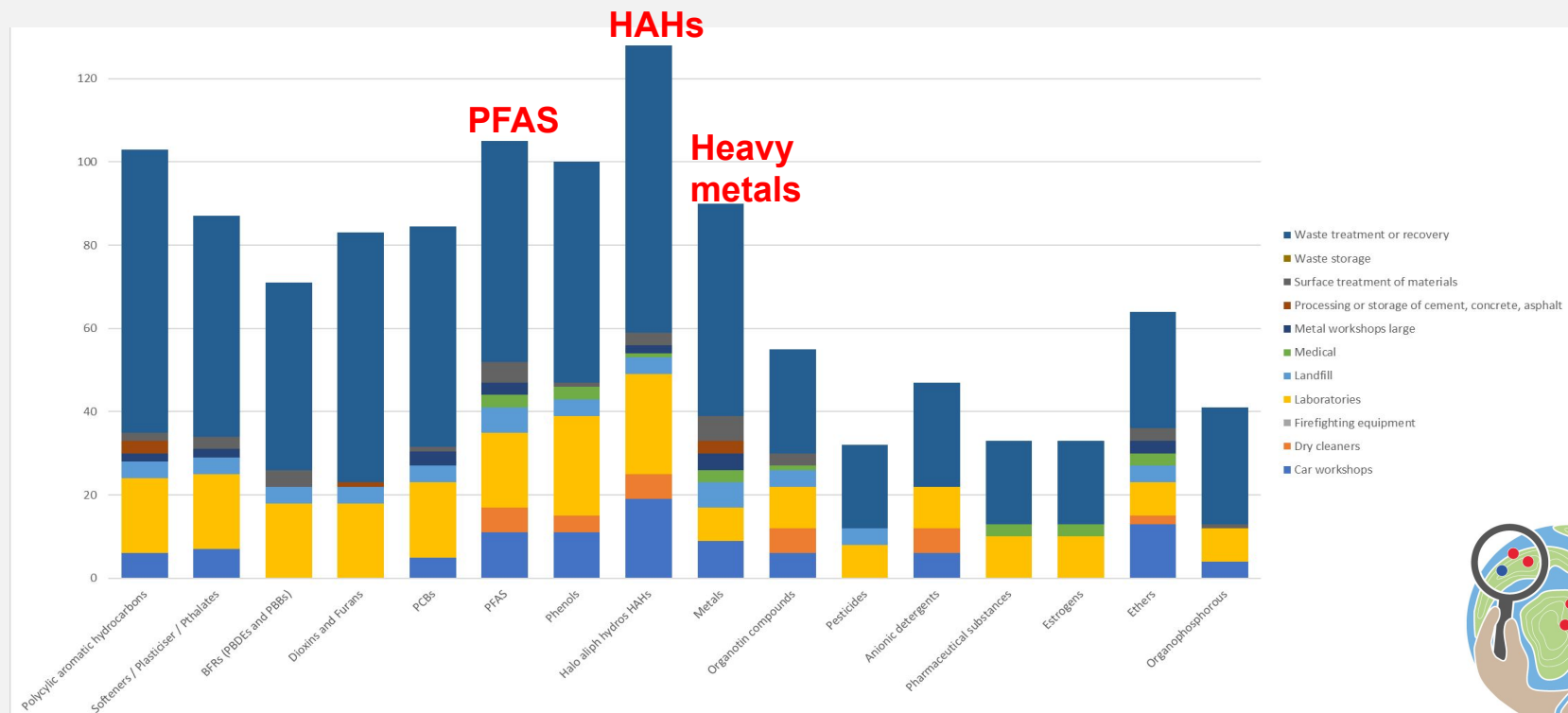
Nye
forureningsstoffer i
perkolat fra
lossepladser
Teknologiudviklingsprojekt



MAP'N TREAT

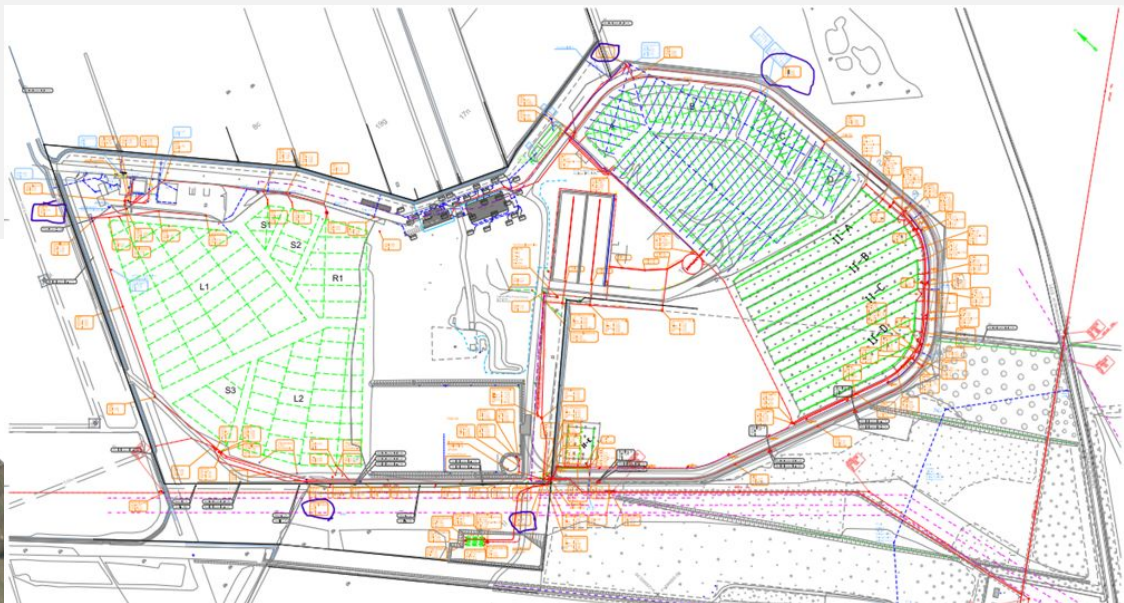
Identificering af industri-kilder

MAP'N TREAT
arbejder bredt...



MAP'N TREAT

Fokus på deponiet...



Rærup Deponi

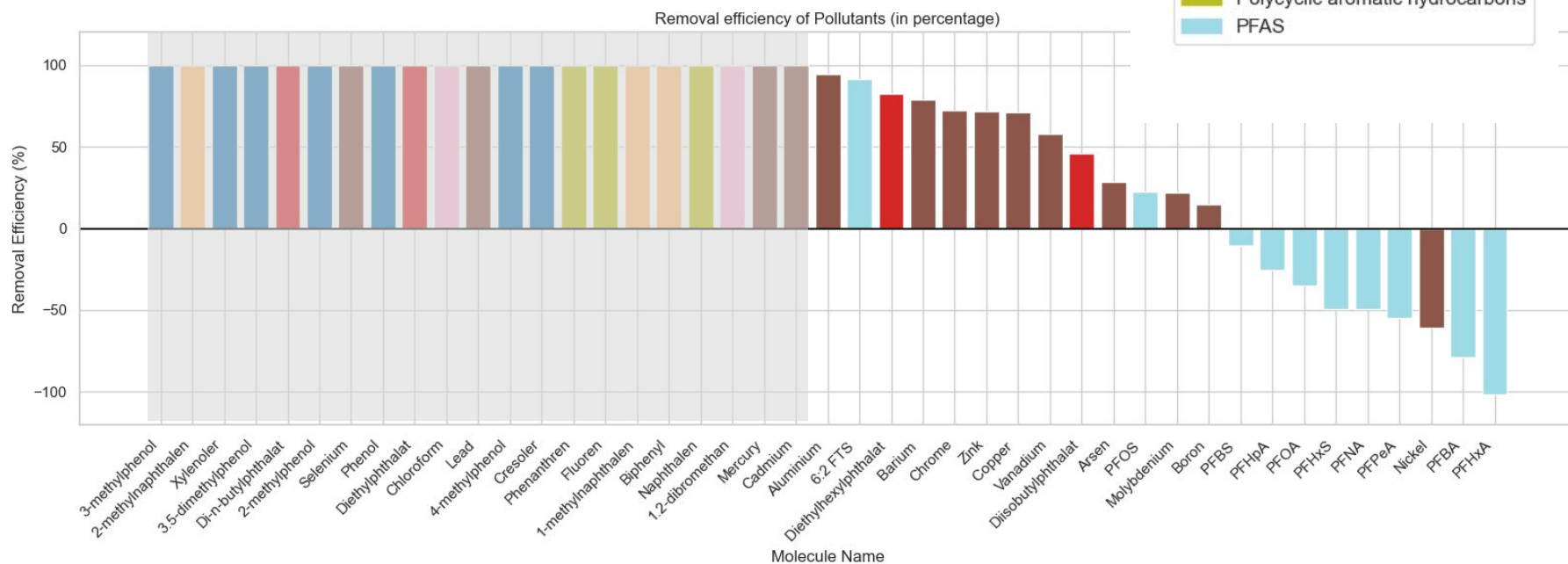
- Mest kompleks spildevand
- Interessant sammensætning af MFS
- Størst effekt ved rensning

Screening af oplandet til RAØ via våd kildesporing af MFS - herunder også PFAS



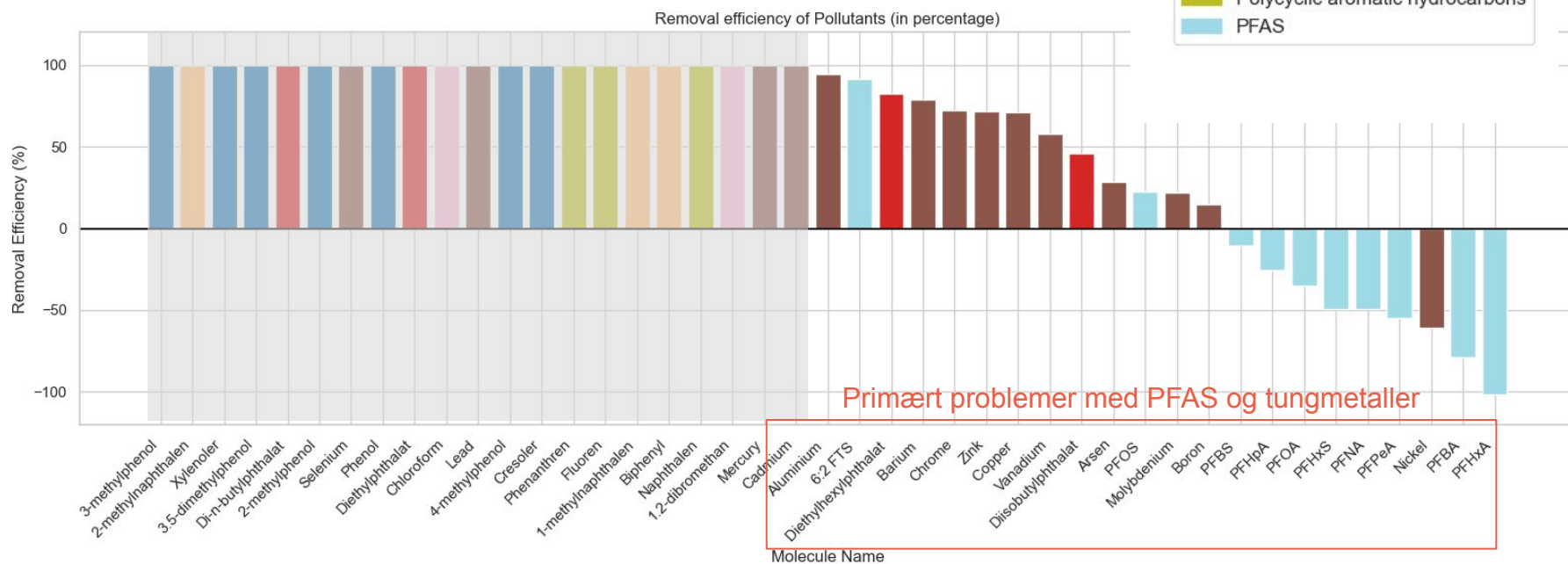
MAP'N TREAT

MFS ved renseanlægget (RAØ)



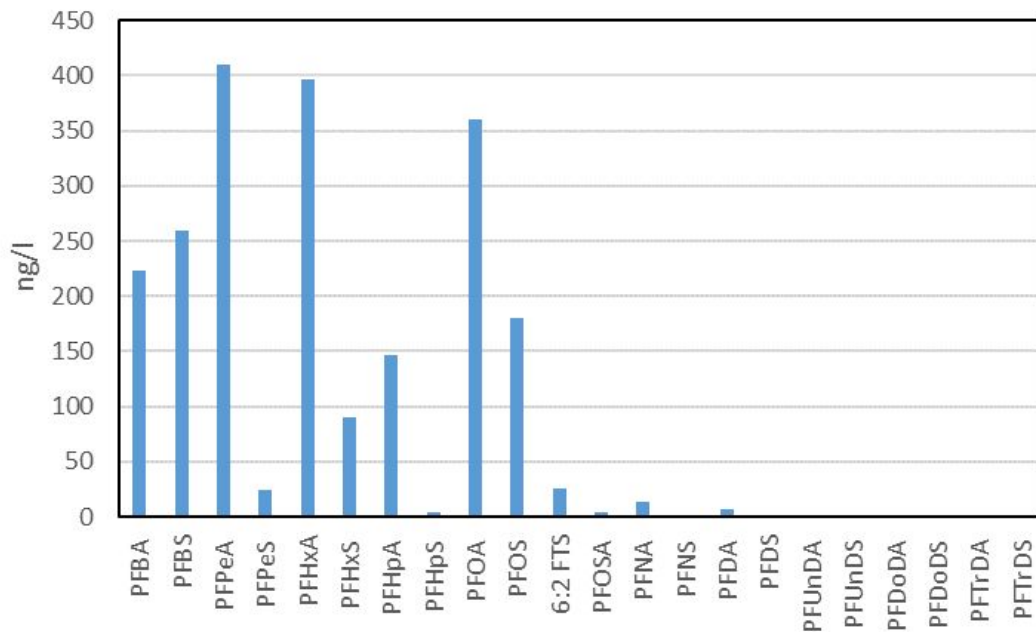
MAP'N TREAT

MFS ved renseanlægget (RAØ)



MAP'N TREAT

PFAS v. deponiet



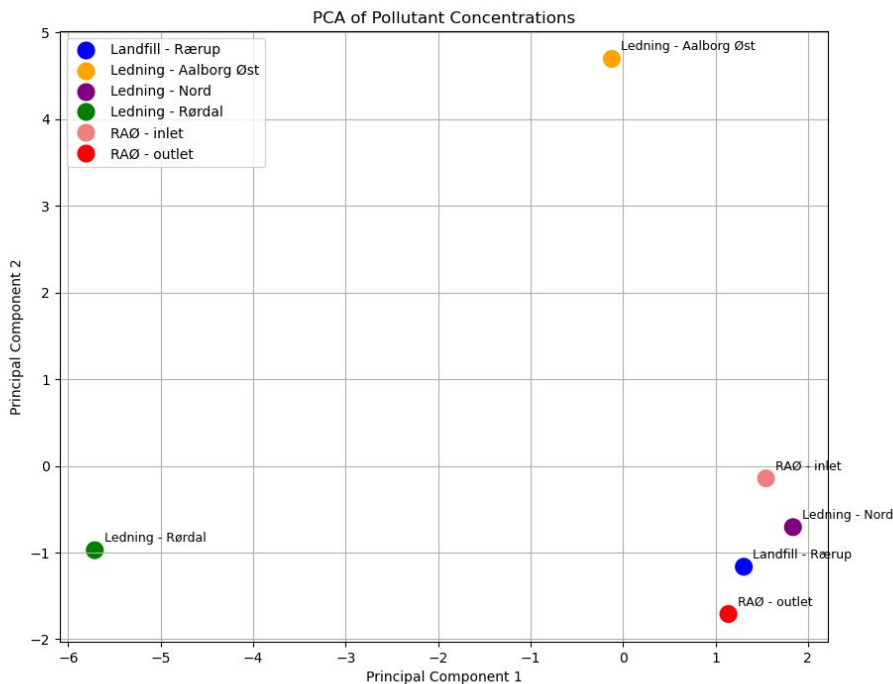
Sum af 4 PFAS: 643 ng/l
Sum af 22 PFAS: 2133 ng/l

- Perkolatmængden udgør ca. 1% af indløbet på RAØ i prøvetagningsperioden
- Vi ser de samme forbindelser ved RAØ - med en ca. 80 gange fortynding.
- Dette tyder på, at deponiet er væsentlig kilde til PFAS på RAØ.

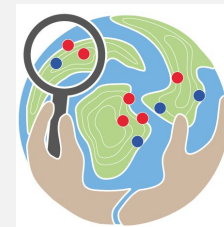


MAP'N TREAT

PFAS v. deponiet

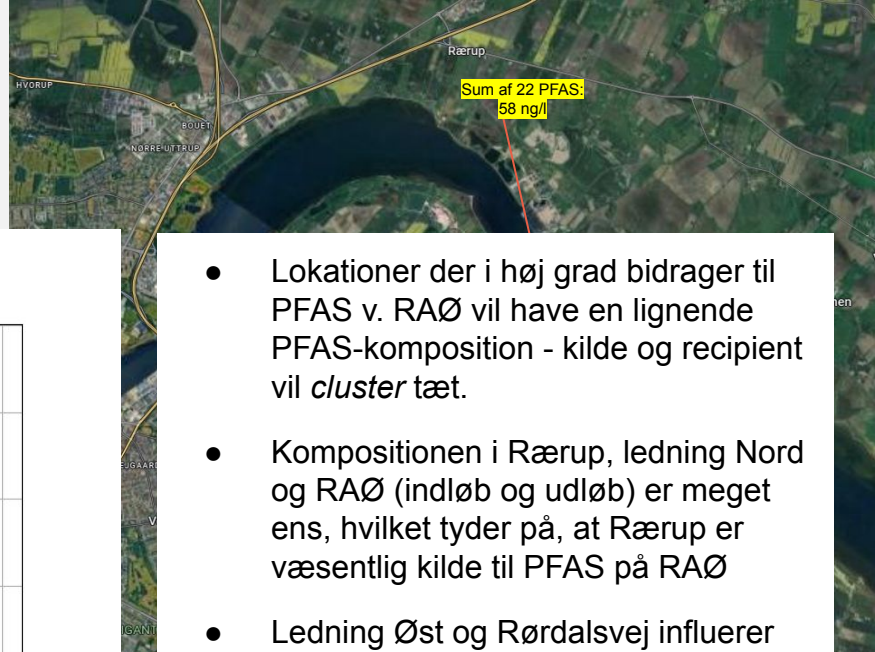
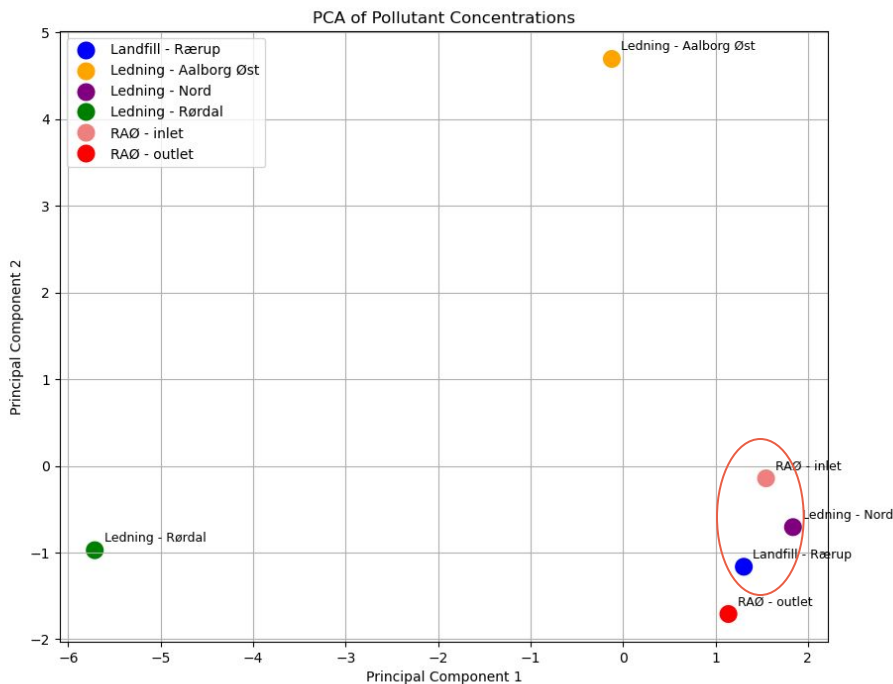


Statistik analyse af PFAS-komposition
(normaliseret data)



MAP'N TREAT

PFAS v. deponiet



- Lokationer der i høj grad bidrager til PFAS v. RAØ vil have en lignende PFAS-komposition - kilde og recipient vil *cluster* tæt.
- Kompositionen i Rærup, ledning Nord og RAØ (indløb og udløb) er meget ens, hvilket tyder på, at Rærup er væsentlig kilde til PFAS på RAØ
- Ledning Øst og Rørdalsvej influerer ikke RAØ i samme grad som Rærup og ledning Nord.

Vi ser ikke den samme tendens med tungmetallerne



MAP'N TREAT

Hvad nu?

- Deponiet er væsentligt kilde til PFAS ved RAØ
- Perkolatet er komplekst og indeholder en række andre grupper af MFS, som vi også vil fjerne.

NU VI TESTER RENSETEKNOLOGI

- *Elektrokoagulering*
- *Sandfiltrering*
- *Reverse osmosis (RO)*
- *Indampning*
- *Surface active foam fractionation (SAFF)*

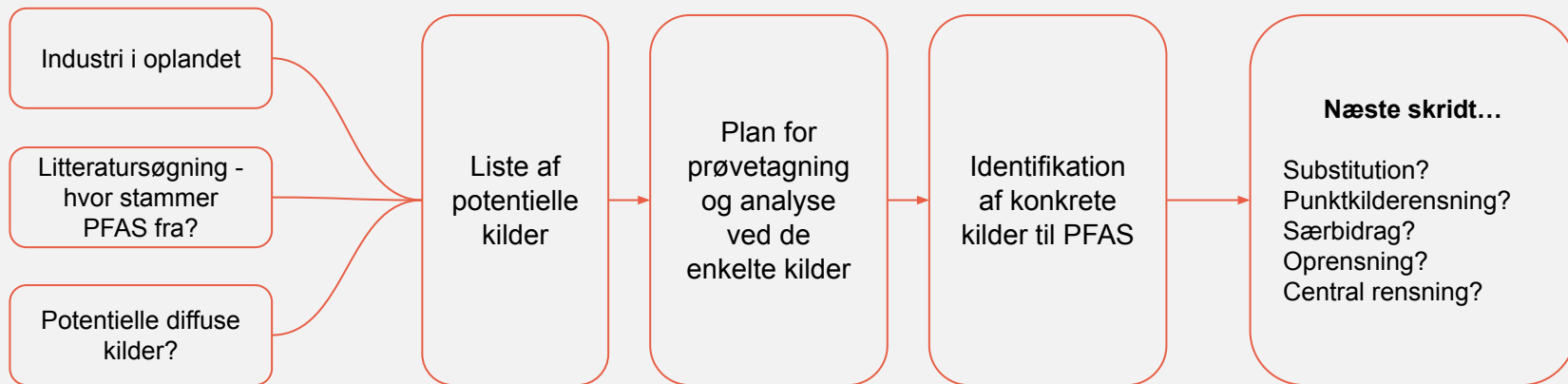


MAP'N TREAT

Kildesporingsmetodik - hvad gør vi når PFAS driller?

Tør kildesporing

Våd kildesporing



Baggrundsundersøgelse

Samarbejde med kommunen

Dialog med virksomhederne

Dialog med kommunen

Forståelse for udledning af spildevandet

Mulighed for afhjælpning?

Dialog med virksomhederne

Dialog med kommunen



Spørgsmål?



Agenda



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

- 9:30 Ankomst og kaffe
- 10:00 Velkommen v. Katrine Louise Rafn, sekretariatschef for MUDP i Miljøstyrelsen
- 10:15 Gældende og kommende lovgivning på PFAS, Joánnnes Gaard, Miljø - og Ligestillingsministeriets departement
- 10:30 Kildesporingsmetodik, Carina Bayley, Krüger
- 10:45 **Case 1: Rensning af perkolat ved Reno Syd, Tore Svendsen, ECT2**
- 11:00 Pause
- 11:15 Diskussion i grupper og opsamling i plenum
- 12:10 Frokost
- 13:25 Case 2: PFAS strømme på renseanlæg og udfordringer med prøvetagning, Anne-Lise Trøst Frisch Funding, Teknologisk Institut
- 13:45 Pause
- 14:00 Diskussion i grupper
- 15.00 Tak for i dag



Teknologisk Institut

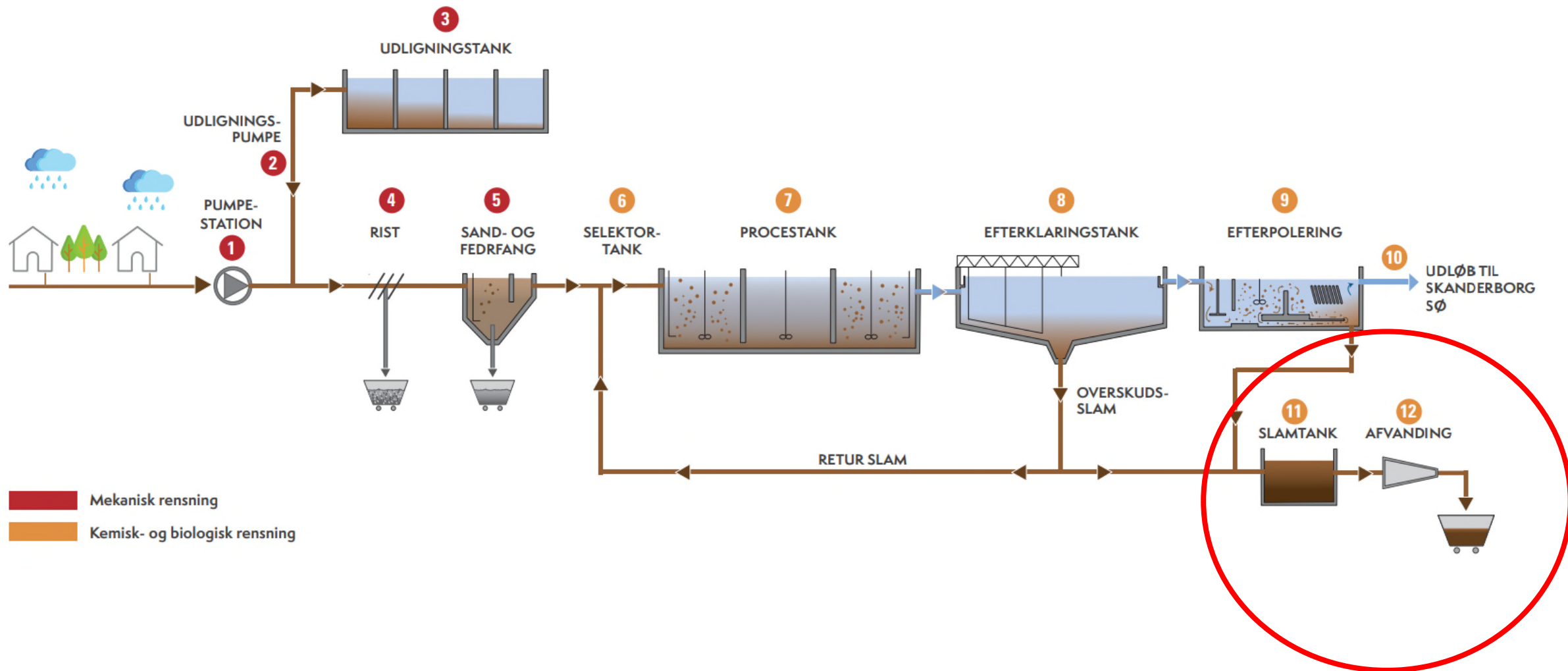
renosyd

PFAS



PFAS

Tore Svendsen
ECT2





Grænseværdi for PFOS i slam



Skårup Deponi

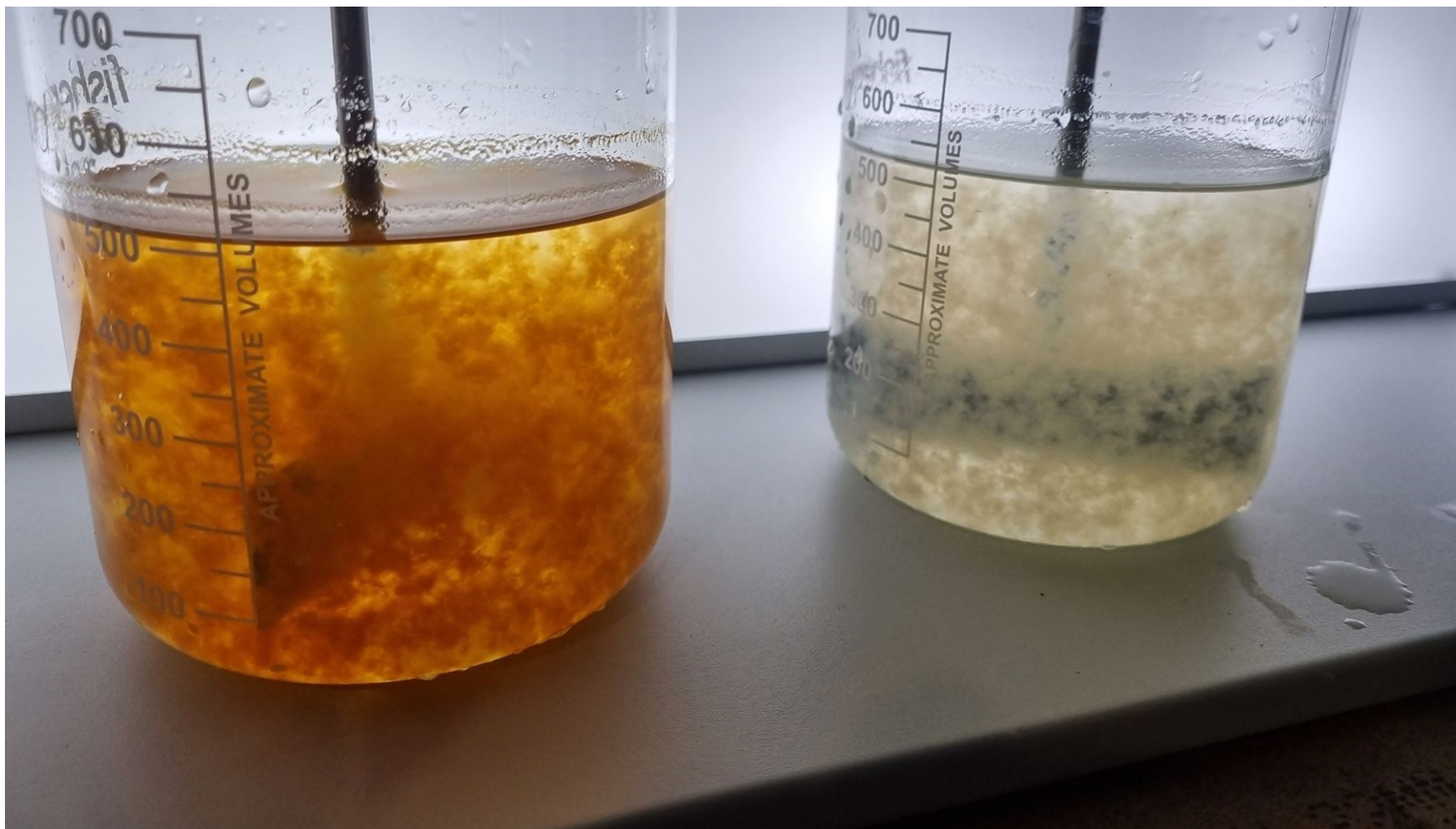


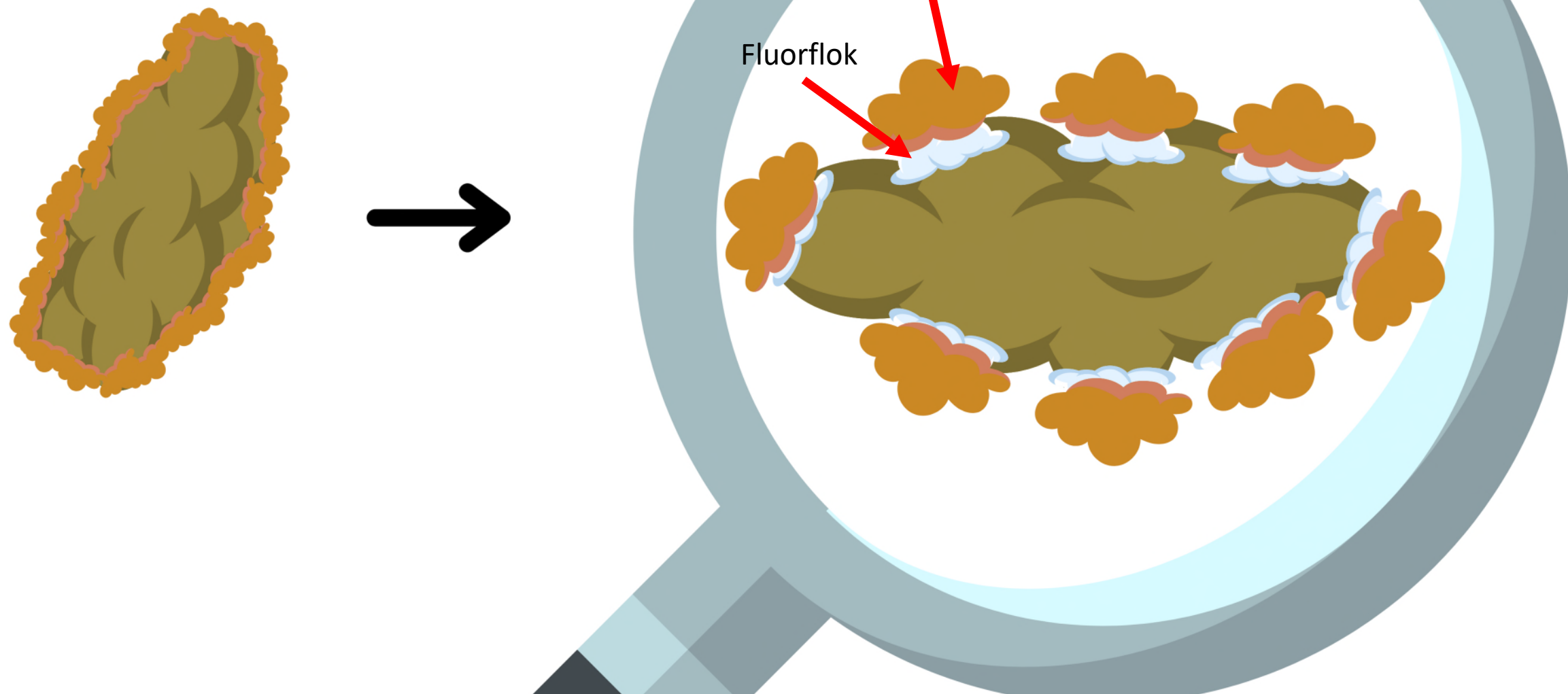
$\Sigma 22$ PFAS = 14.000 ng/l
 $\Sigma 4$ PFAS = 3200 ng/l

PFAS

Organisk materiale







Korsør Brandskole

	Ubehandlet	Flokkuleret
Dosering		
	ng/l	ng/l
PFBA	120	60
PFPeA	280	60
PFHxA	770	40
PFHpA	130	<10
PFOA	280	<10
PFNoA	10	<10
PFDeA	10	<10
PFUnA	<10	<10
PFDoA	<10	<10
PFOSA	<10	<10
PFBS	320	10
PFPeS	350	<10
PFHxS	2600	<10
PFHpS	360	<10
PFOS	8900	<10
PFDeS	<10	<10
4:2 FTS	<10	<10
6:2 FTS	1200	10
8:2 FTS	130	<10
Total PFAS	15460	180



Reduktion = 98 %

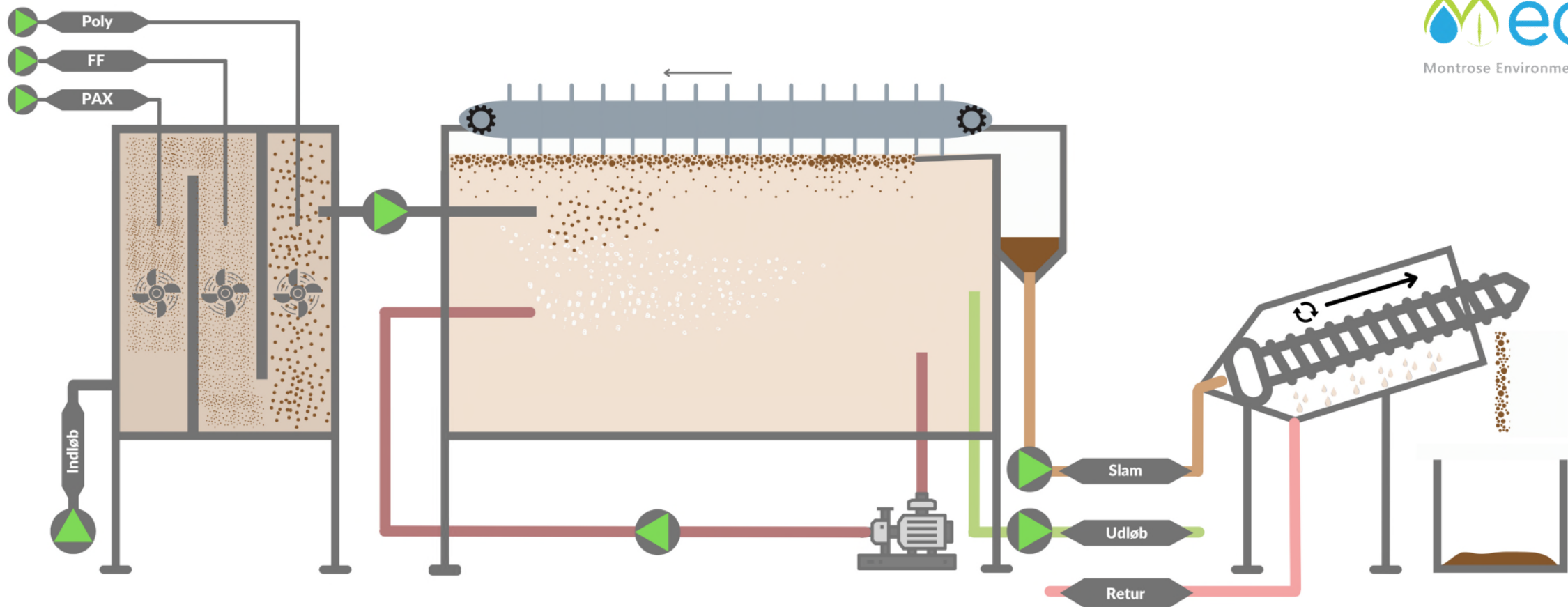


Renosyd

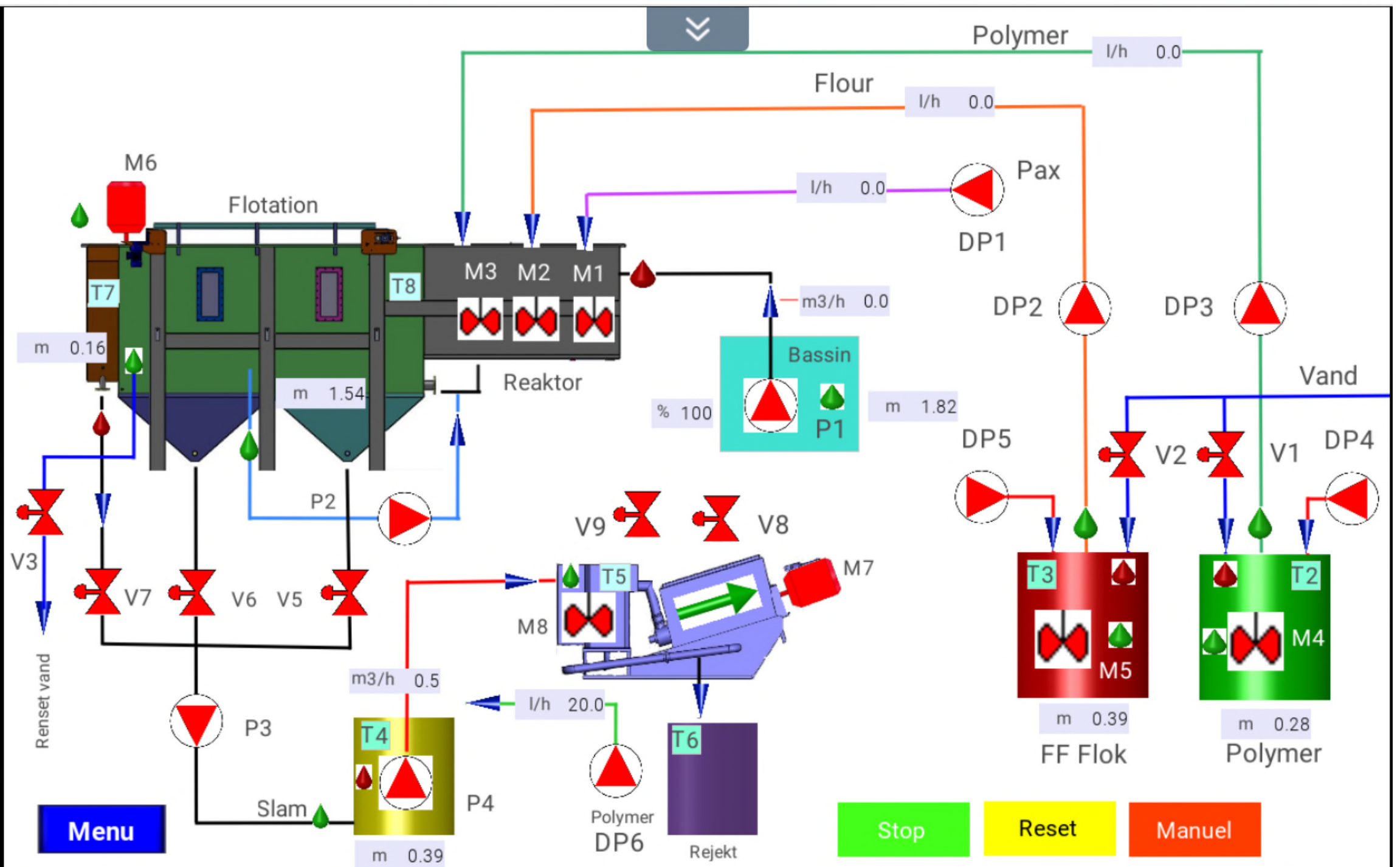


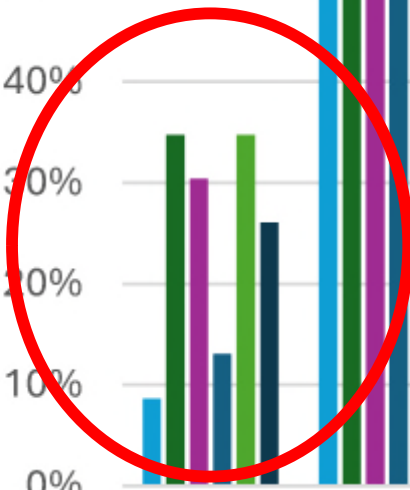
Pris anlæg cirka 2,2 mill dkk
Drift cirka 35 kr/m³
Fluorflok betyder 70 % for driftsudgiften





	Ind	Renset	Reduktion
Sum PFAS 4	2400	170	93%
Sum PFAS 22	8600	1550	82%





Hedeland deponi

Årligt flow: 32.000 m³

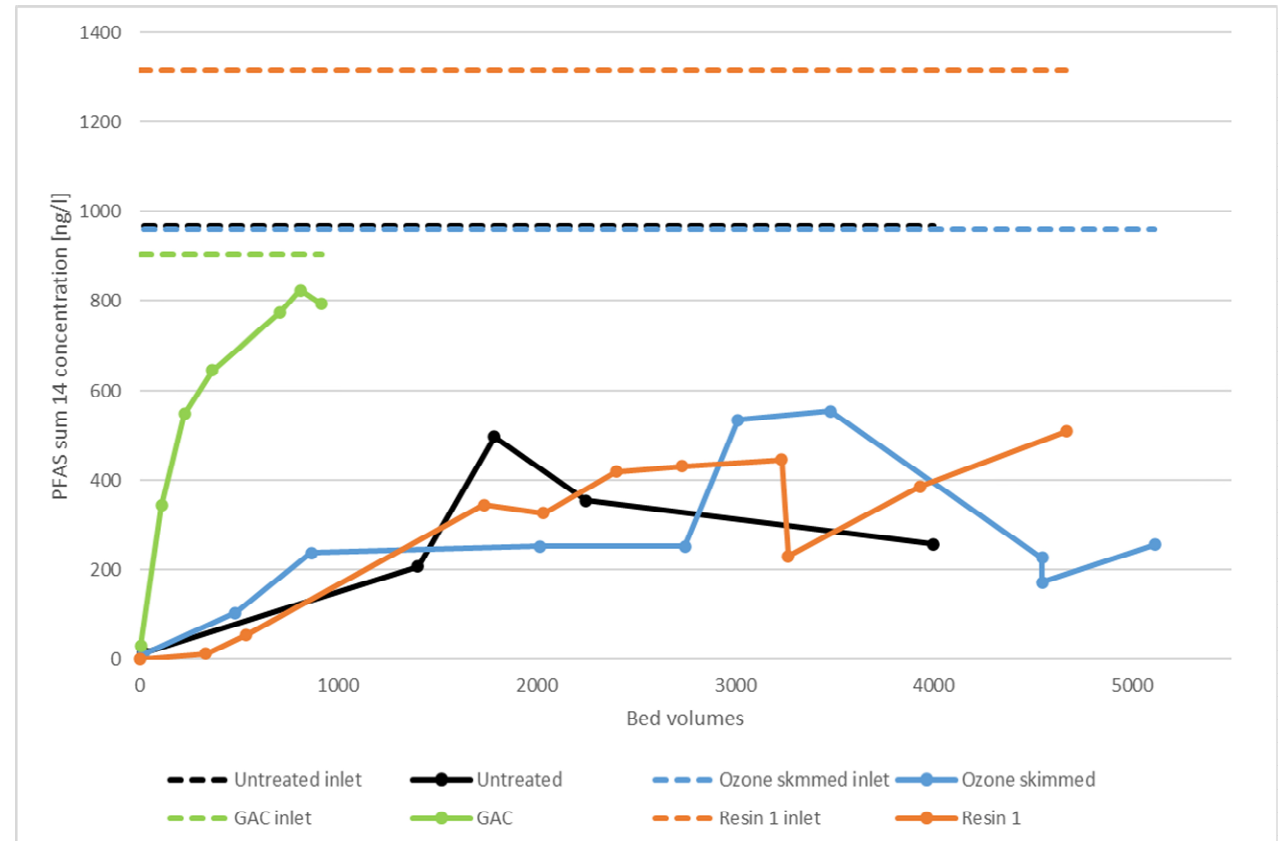
	Indløb	Efter Fluorflok	Reduktion i %
Sum 4	1100	40	96 %
Sum 22	10000	1300	87 %

Hvis vi skal helt ned på 0,65 ngPFOS/l

Årlig forbrug af 18 m³ kul

Årligt forbrug af ionbyttere: 22 m³ resiner,

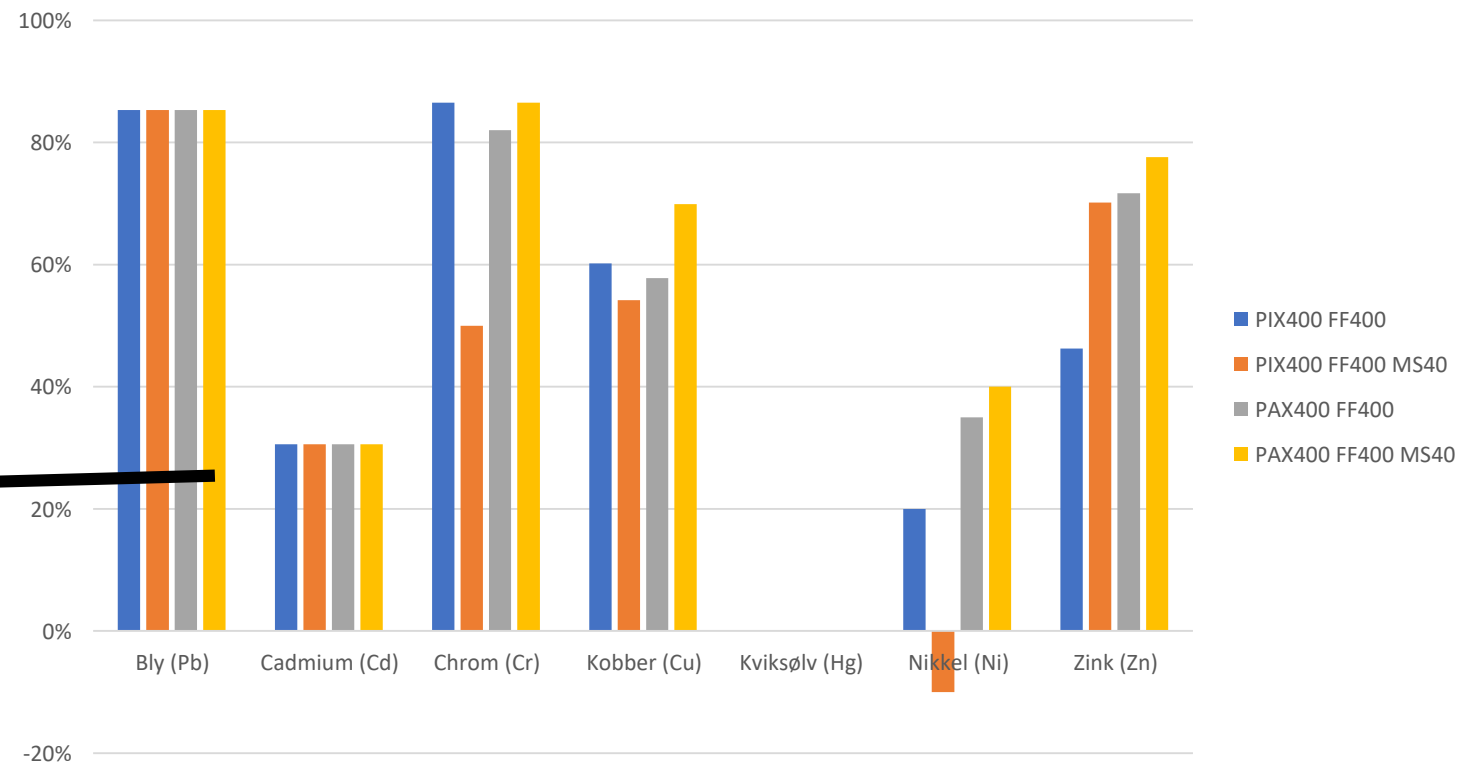
Pris filtermaterialer = 4,8 mill kr/år + arbejds løn +
destruktion



Andre stoffer



Tungmetaller Fjernelse % med flokkulering



Slammet – hvad skal der ske med det?

For 35.000 m³/år cirka 2 containere



Fremtiden

- Fluorflok v. 2 – bedre til kortkædede
- Bedre til forbehandling – evt. biologi



Take home message

- Meget PFAS kan fjernes fra perkolat – vi er kommet langt på kort tid
- Relativt simple anlæg kan meget
- Bliver ekstremt dyrt hvis vi skal helt ned på drikkevandskravene
- Huske fokus på andre stoffer
- Ikke kun selve renseanlægget der koster



Tak for nu

Kontaktinformationer:

Tosvendsen@ect2.com

22117226

Agenda



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

- 9:30 Ankomst og kaffe
- 10:00 Velkommen v. Katrine Louise Rafn, sekretariatschef for MUDP i Miljøstyrelsen
- 10:15 Gældende og kommende lovgivning på PFAS, Joánnnes Gaard, Miljø - og Ligestillingsministeriets departement
- 10:30 Kildesporingsmetodik, Carina Bayley, Krüger
- 10:45 Case 1: Rensning af perkolat ved Reno Syd, Tore Svendsen, ECT2
- 11:00 Pause
- 11:15 Diskussion i grupper og opsamling i plenum
- 12:10 Frokost
- 13:25 **Case 2: PFAS strømme på renseanlæg og udfordringer med prøvetagning, Anne-Lise Trøst Frisch Funding, Teknologisk Institut**
- 13:45 Pause
- 14:00 Diskussion i grupper
- 15.00 Tak for i dag



Teknologisk Institut



PFAS-strømme i danske renseanlæg

**Tekniske styringstiltag
til fordeling mellem
slam og vand**

14.59 ng/L
980 mg PFAS sum 22



Materialer og metoder

- Opstartsmøde:
- Projektgruppe + Følgegruppe

Følgegruppe:
Kamilla Hansen



Emner:

- Materialer: PE + PP
- Prøvetagning
 - Flow/stik
 - Frekvens (stikprøver)
 - Varighed (pr. anlæg)
- Opbevaring
- Prøvetype og analyse



Regionernes Videncenter for
Miljø og Ressourcer

Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser

Teknik og Administration
Nr 1 2022

Materialer og metoder

- Opstartsmøde:
- Projektgruppe + Følgegruppe

Følgegruppe:
Kamilla Hansen



Emner:

- Materialer: PE + PP
- Prøvetagning
 - Flow/stik
 - Frekvens (stikprøver)
 - Varighed (pr. anlæg)
- Opbevaring
- Prøvetype og analyse

Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

ERHVERV BORGER

Rig natur ▾ Rent miljø og sikker forsyning ▾ Grøn produktion og affald ▾ Sikker kemi ▾ Tilskud, miljøviden og data ▾

Forside > Erhverv > Rig natur > Naturen i Danmark > NOVANA - overvågning af natur og vandmiljø > MFS og punktkilder

MFS og punktkilder

Miljøstyrelsen undersøger for Miljøfarlige Forurenende Stoffer og tager prøver i spildevand for at beskrive omfanget af forskellige stoffer i spildevandet.

Tekniske anvisninger

Fagdatacentret for Punktkilder har ansvaret for de tekniske anvisninger for punktkilder, som anviser, hvordan prøveudtagning og håndtering af data skal foregå.

- [Teknisk anvisning P01 – Regnbetingede udløb, fælleskloak](#)
- [Teknisk anvisning P02 – Regnbetingede udløb, separatkloak](#)
- [Teknisk anvisning P03 – Prøvetagning, medicin og hjælpestoffer på dambrug](#)
- [Teknisk anvisning P04 – Prøvetagning renseanlæg](#)
- [Datateknisk anvisning DP01 – Renseanlæg og industri med udledning](#)
- [Datateknisk anvisning DP01b – NOVANA-overvågning renseanlæg MFS](#)
- [Datateknisk anvisning DP02 – Regnbetingede udløb](#)
- [Datateknisk anvisning DP04 – Spredt bebyggelse](#)
- [Datateknisk anvisning DP05 – Akvakulturanlæg](#)

Materialer og metoder

Stor vægt på forberedelse!

Grundlag for resultatet!



Materialer og metoder

- Prøvetagning i litteraturen



2.2. PFAS analysis

Collected samples were analyzed for 40 quantifiable PFAS (Tables S2 and S3a); a detailed description of the PFAS analytical methods is pro-

wastes from Styria (Austria). Grab influent and effluent were collected in

2. Materials and methods

2.1. Sampling

Field sampling kits including field blanks were prepared at RMIT University laboratories and shipped overnight to each WWTP. Three replicate aqueous and solid samples were collected from each of nineteen Australian WWTPs throughout 2017 (Table 1). Aqueous samples (influent, primary effluent, secondary effluent, final effluent, recycled water) consisting of either triplicate sub-samples from a single 24 h composite or three replicate grab samples were collected in 250 mL

2.3. Extraction and preconcentration

Sludge samples were extracted as it was described previously by Higgins et al. (2005) with slight modifications: 0.5 g sludge sample was

Materialer og metoder

While sample preservation and preparation are performed with maximum vigilance in the majority of studies, sampling is often not reported in detail. Review artikel, Lenka *et. al.* (2021)

Prøvetagning

- Analyseudstyr performance → optimeringspotentiale
 - Analyse usikkerheder >30%
 - PFAS konc. vs. DL
 - Projekt forud for teknologi



Prøvetype

- Så vidt muligt slam → hel prøvematrice
- Forbehandling af prøver hos Eurofins:
 - Vandprøver:
 - Kræver meget store prøvemængder → Eurofins fraråder derfor klassificering af vandprøver som slamprøver
 - Dekantering (≠ filtrering) afhænger prøven:
 - Som udgangspunkt ikke, afhænger af SS i prøven!
 - Slamprøver:
 - Slamprøver → frysetørres
 - Vandfraktion fjernes ved sublimering (is → vanddamp) ≈ fysiske og kemiske egenskaber tæt på den oprindelige tilstand ≠ Tørreovn

Resultater

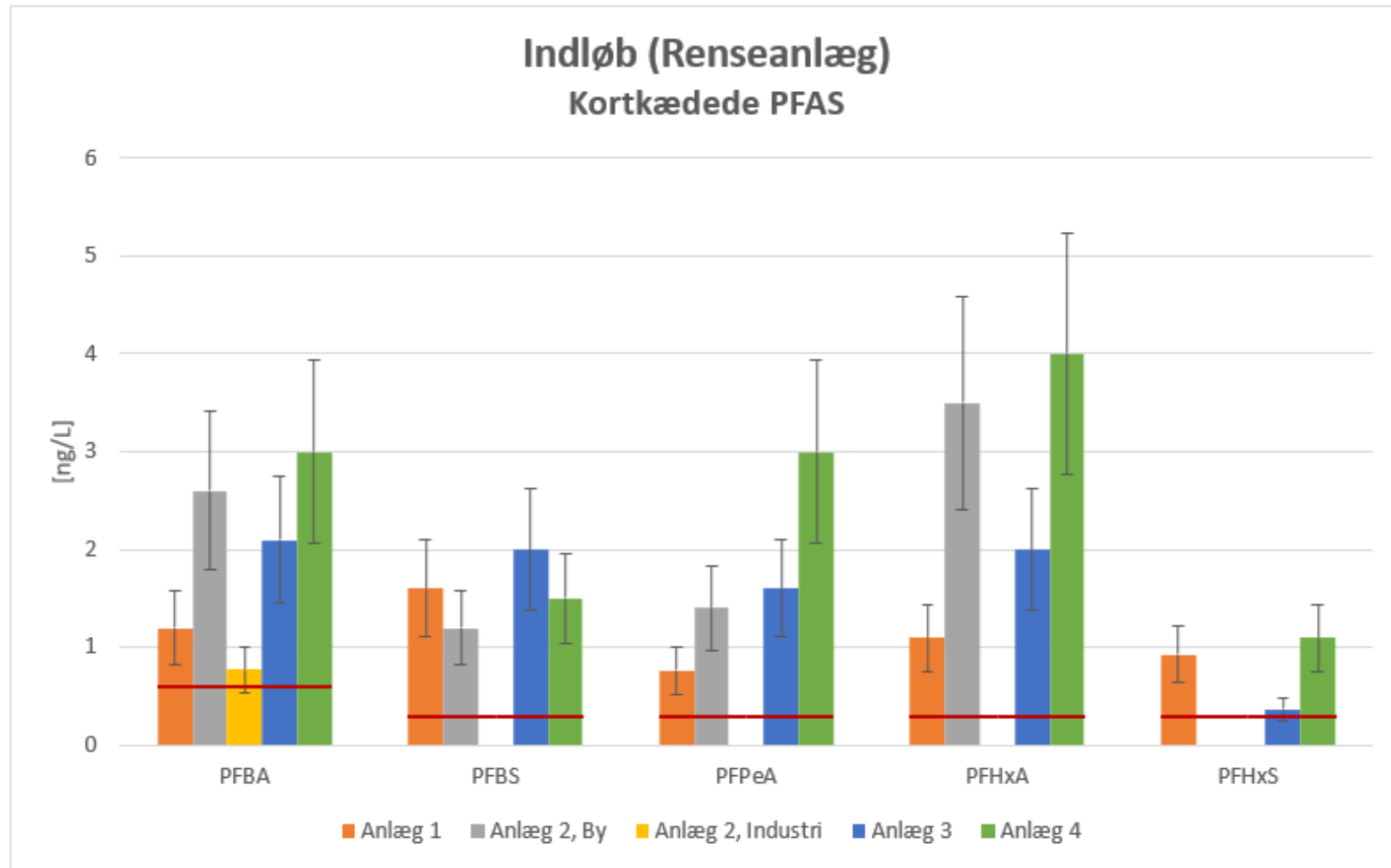
- Anlæg anonyme
- 3 stk. 1 trins anlæg (- Forklaring) (Anlæg 1 – 3)
- 1 stk. 2 trinsanlæg (+ Forklaring med udrådning) (Anlæg 4)

Resultater

- Ikke detekteret i indløbet:
 - PFNS
 - PFDS
 - PFUnDS
 - PFTTrDA
 - PFHpS
 - PFTTrDS
 - PFDoDS

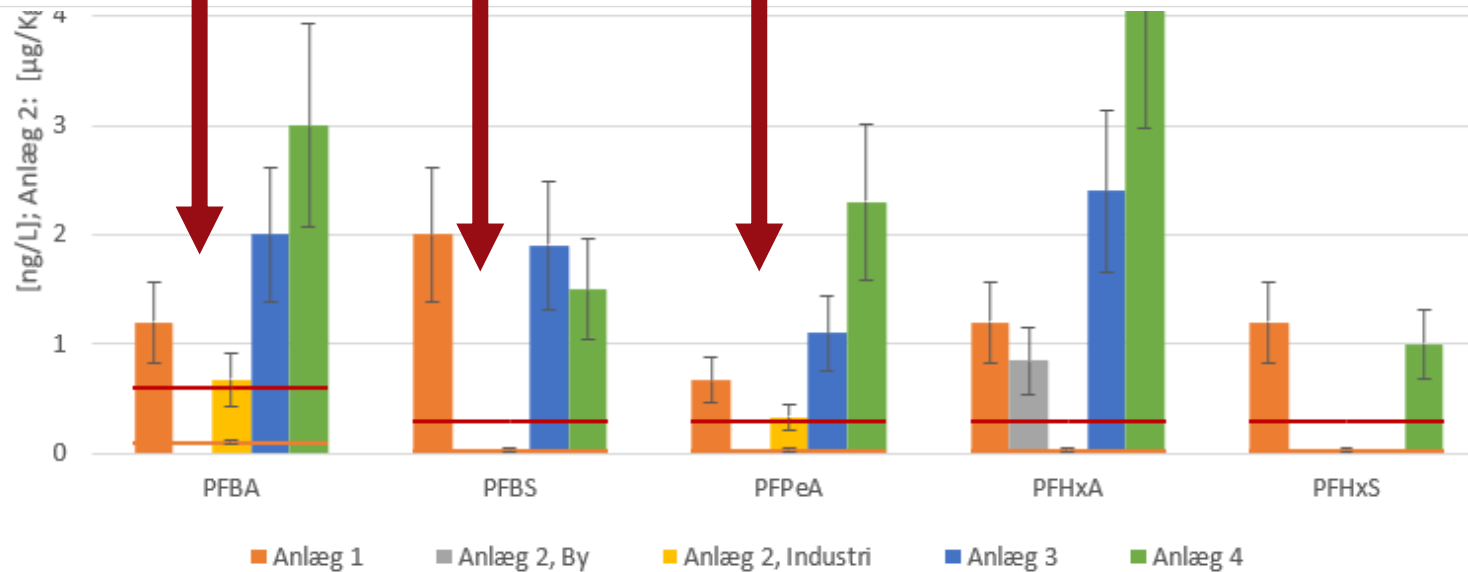
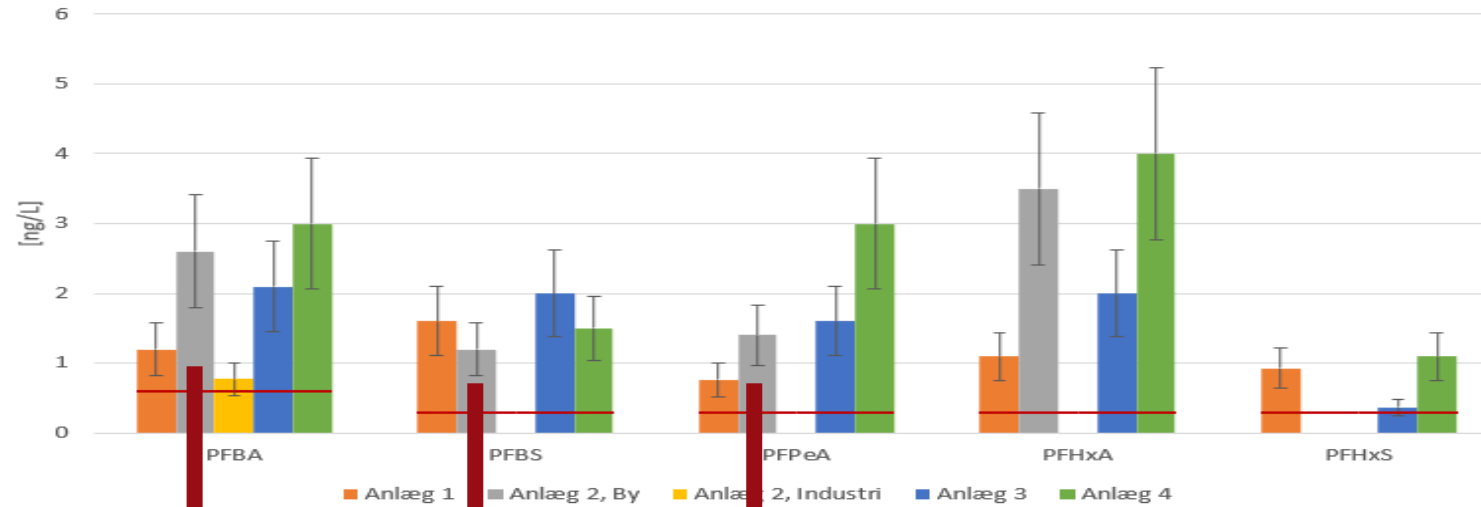
Resultater

Indløb til renseanlæg



Fejllinjer = Analyseusikkerheden, IKKE Standard Afvigelse!!!
Rød vandret markering = detektionsgrænse (DL)

Indløb (Renseanlæg) Kortkædede PFAS

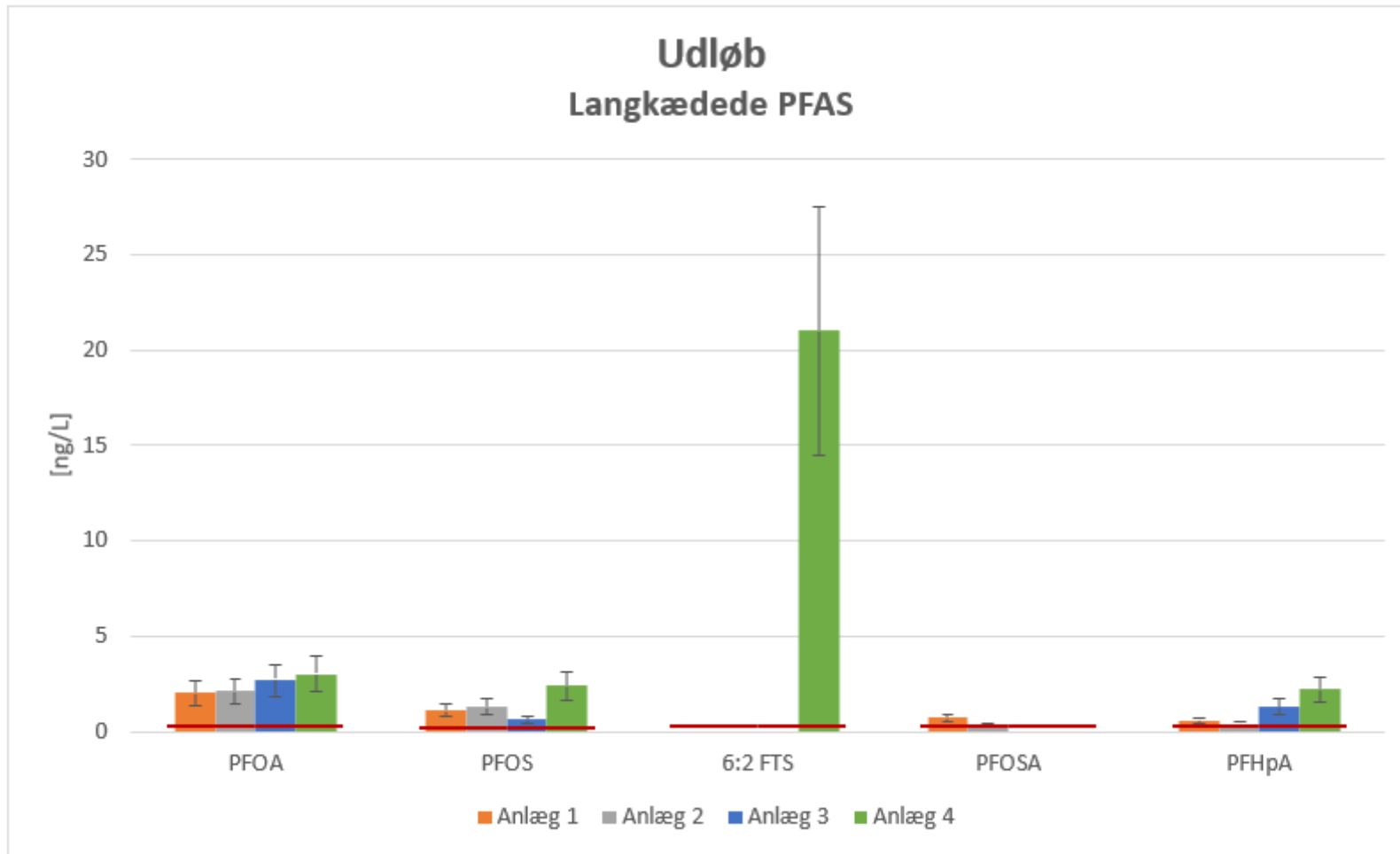


Prøvetype

- Så vidt muligt slam → hel prøvematrice
- Forbehandling af prøver hos Eurofins:
 - Vandprøver:
 - Kræver meget store prøvemængder → Eurofins fraråder derfor klassificering af vandprøver som slamprøver
 - Dekantering (≠ filtrering) afhænger prøven:
 - Som udgangspunkt ikke afhænger af SS i prøven
 - Slamprøver:
 - Slamprøver → frysetørres
 - Vandfraktion fjernes ved sublimering (is → vanddamp) ≈ fysiske og kemiske egenskaber tæt på den oprindelige tilstand ≠ Tørreovn
 - Kortkædede forbindelser → flygtige → forlader prøven med vanddampen (?) eller < DL

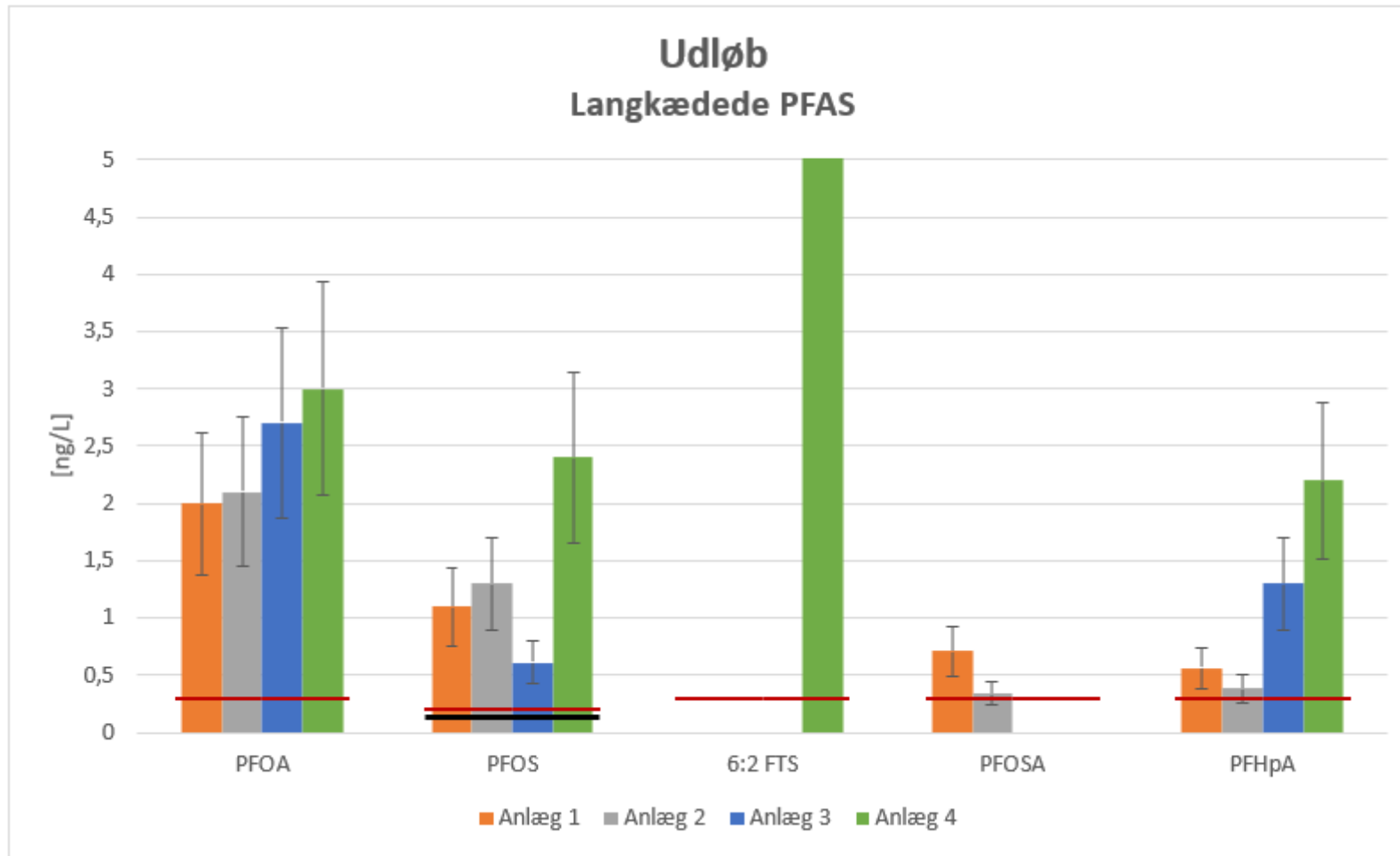
Resultater

Udløb til recipient



Resultater

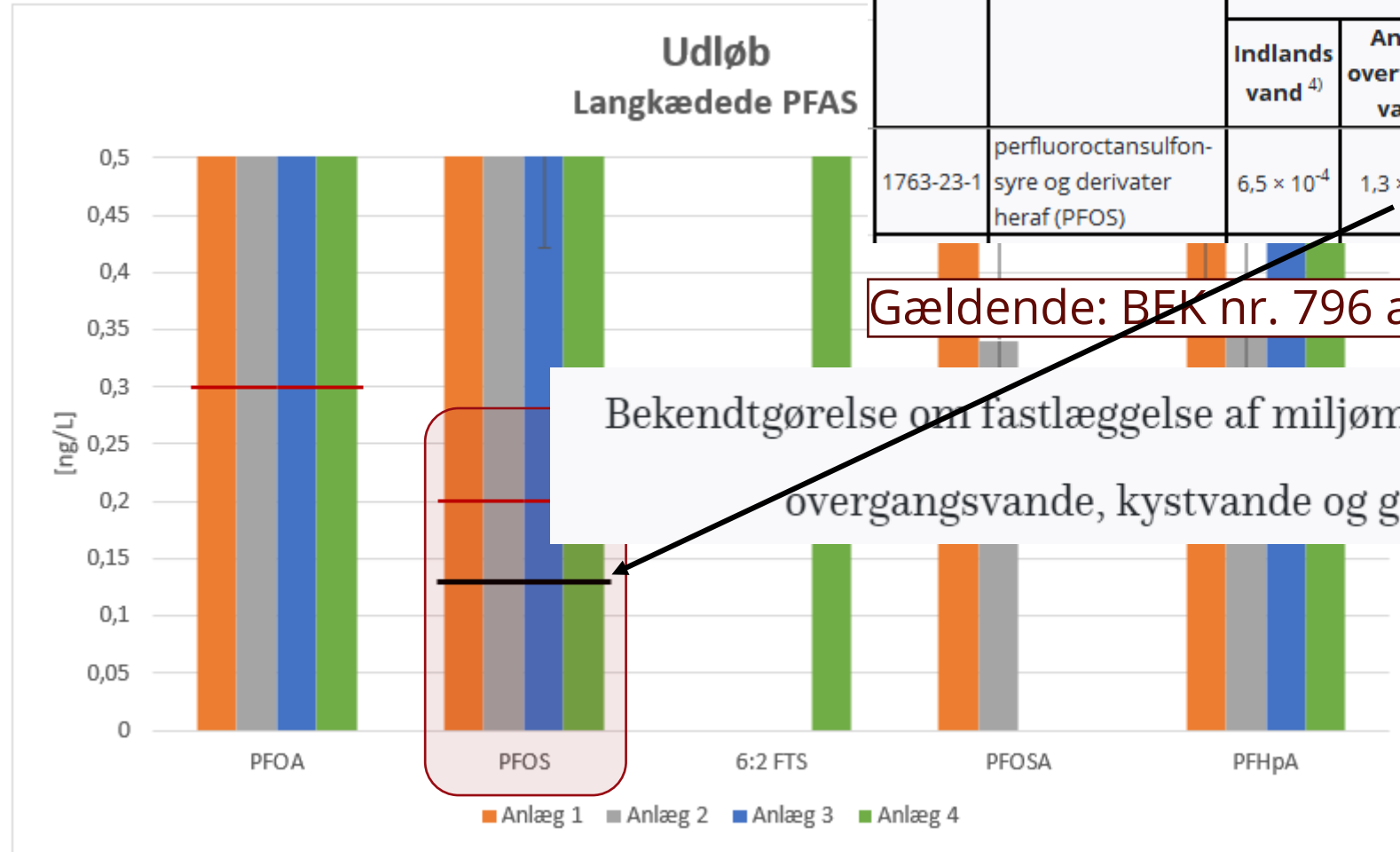
Udløb til recipient



Resultater

Udløb til recipient

CAS- nummer 1)	Stoffets navn	Generelt kvalitets		Maksim umkonc		Kvalitets
		µg/l		µg/l		krav
		Indlands vand ⁴⁾	Andet overflade- vand	Indlands vand ⁴⁾	Andet overflad evand	Biota ¹²⁾ µg/kg vådvægt
1763-23-1	perfluorooctansulfon- syre og derivater heraf (PFOS)	$6,5 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$	36	7,2	9,1



Nye Miljøkvalitetskriterier (MKK)



Miljøministeriet

Om Miljøministeriet ▾

Job og karriere ▾

Danmark går foran i arbejdet med at begrænse PFAS i vandmiljø og spildevand

Et nyt kvalitetskriterie giver kommunerne mulighed for at sætte en grænseværdi for 24 PFAS-stoffer i vandmiljø og spildevand. "Dermed går Danmark forrest i indsatsen mod PFAS i vores vandmiljø," siger miljøminister Magnus Heunicke.

Nye MKK

PFAS-forbindelser

PFBA (Perfluorbutansyre)
 PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)
 PFPeA (Perfluorpentansyre)
 PFPeS
 (Perfluorpentansulfonsyre)
 PFHxA (Perfluorhexansyre)
 PFHxS
 (Perfluorhexansulfonsyre)
 PFHpA (Perfluorheptansyre)
 PFHpS
 (Perfluorheptansulfonsyre)
 PFOA (Perfluoroktansyre)
 PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)
 6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)
 PFOSA
 (Perfluoroktansulfonamid)
 PFNA (Perfluornonansyre)
 PFNS (Perfluornonansulfonsyre)
 PFDA (Perfluordekansyre)
 PFDS (Perfluordekansulfonsyre)
 PFUnDA (Perfluorundekansyre)
 PFUnDS
 (Perfluorundekansulfonsyre)
 PFDODA (Perfluordodekansyre)
 PFDODS
 (Perfluordodekansulfonsyre)
 PFTrDA (Perfluortridekansyre)
 PFTrDS
 (Perfluortridekansulfonsyre)



	Acronym	CAS number	Per- and polyfluorinated congeners
1	PFBA	375-22-4	Carboxylic acid
2	PFPeA	2706-90-3	Carboxylic acid
3	PFHxA	307-24-4	Carboxylic acid
4	PFHpA	375-85-9	Carboxylic acid
5	PFOA	335-67-1	Carboxylic acid
6	PFNA	375-95-1	Carboxylic acid
7	PFDA	335-76-2	Carboxylic acid
8	PFUnA or PFUnDA	2058-94-8	Carboxylic acid
9	PFDODA or PFDODA	307-55-1	Carboxylic acid
10	PFTrDA	72629-94-8	Carboxylic acid
11	PFTeDA	376-06-7	Carboxylic acid
12	PFHxDA	67905-19-5	Carboxylic acid
13	PFODA	16517-11-6	Carboxylic acid
14	PFBS	375-73-5	Sulfonic acid
15	PFPeS	2706-91-4	Sulfonic acid
16	PFHxS	355-46-4	Sulfonic acid
17	PFHpS	375-92-8	Sulfonic acid
18	PFOS	1763-23-1	Sulfonic acid
19	PFDS	335-77-3	Sulfonic acid
20	6:2 FTOH	647-42-7	Telomer alcohol
21	8:2 FTOH	678-39-7	Telomer alcohol
22	HFPO-DA (Gen X)	62037-80-3	Ether carboxylic acid
23	ADONA	958445-44-8	Ether carboxylic acid
24	C6O4	1190931-41-9	Ether carboxylic acid

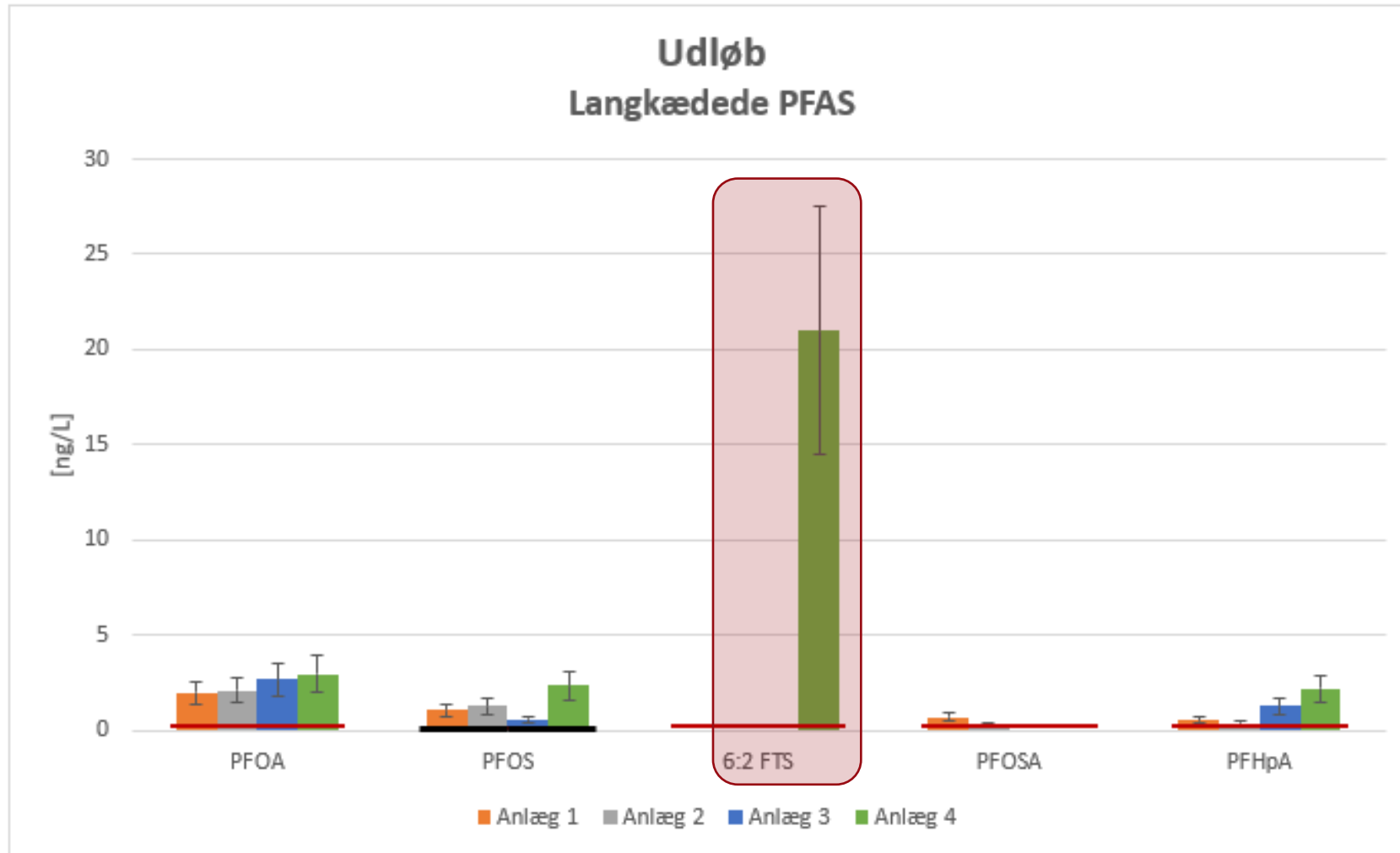
Udfaset fra listen (PFAS 22):

- 6:2 FTS
- PFOSA
- PFNS
- PFUnDS
- PFDODS

Nye på listen (PFAS 24):

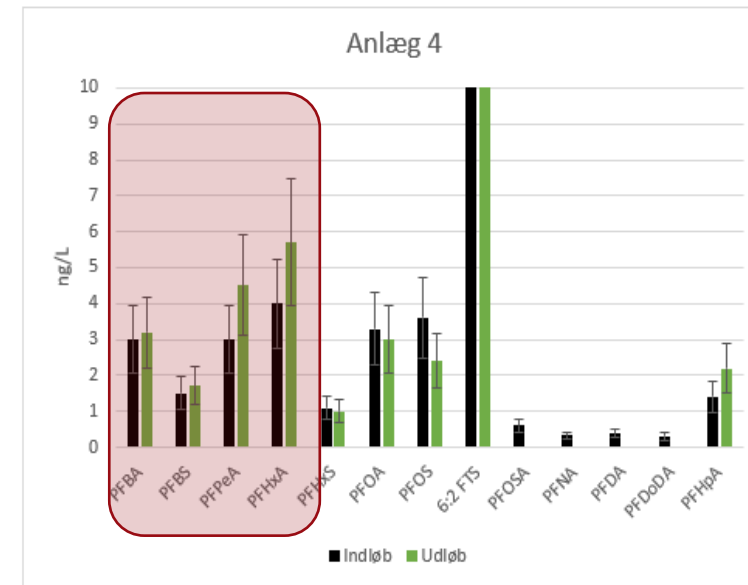
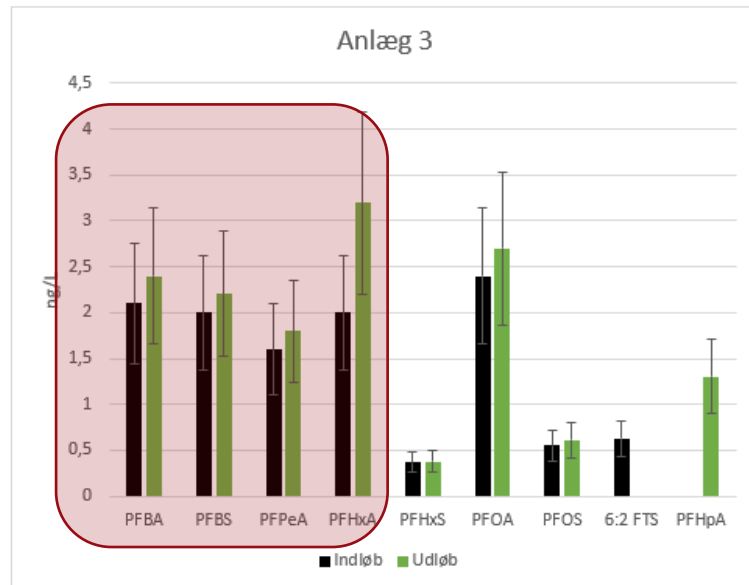
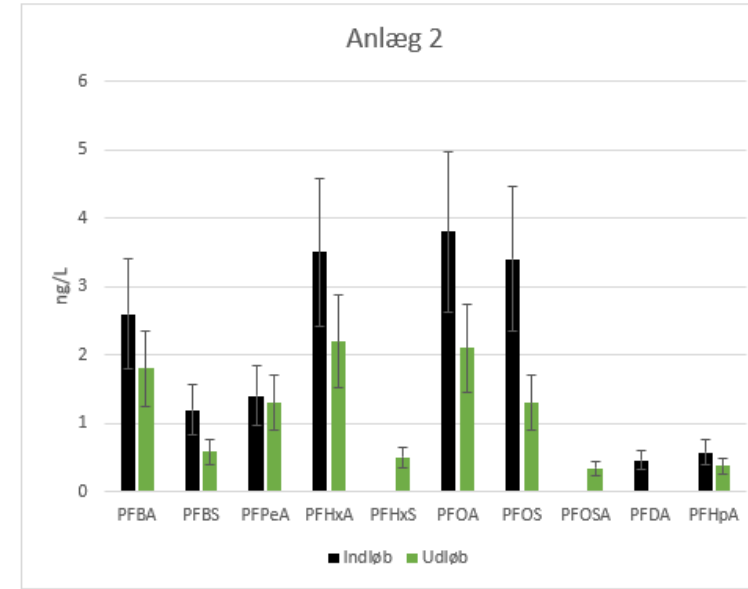
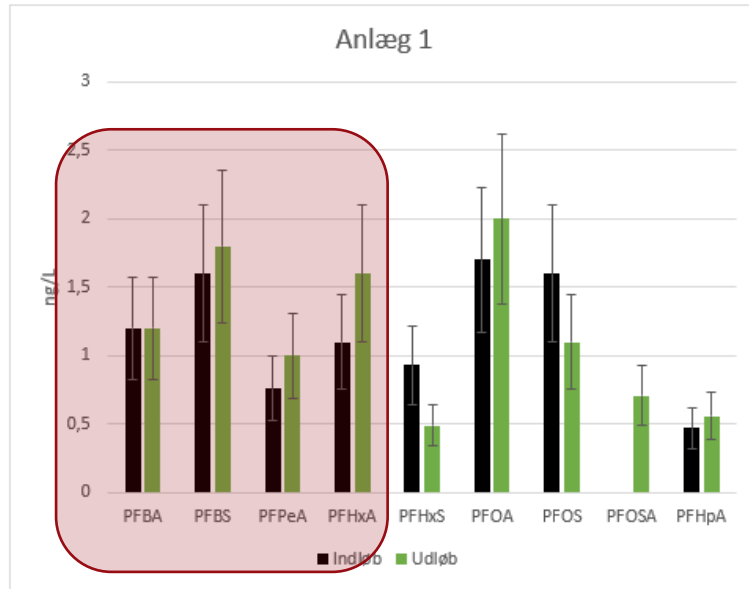
- PFTeDA
- PFHxDA
- PFODA
- 6:2 FTOH
- 8:2 FTOH
- HEPO-DA (Gen X)
- ADONA
- C6O4

?



Resultater

Indløb vs. udløb



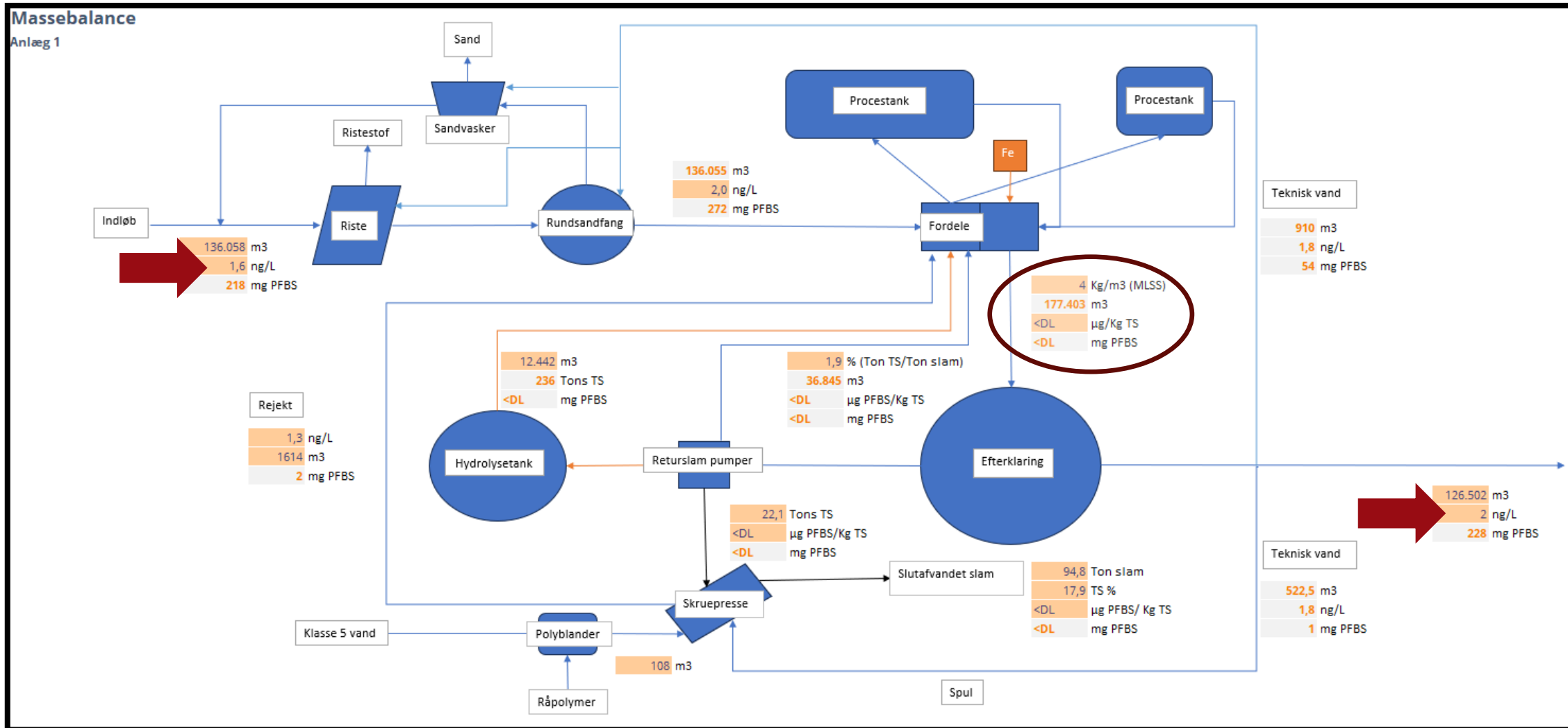
Årsagsforklaringer

Højere koncentration i indløb vs. Udløb

Udbredt årsag i litteraturen:

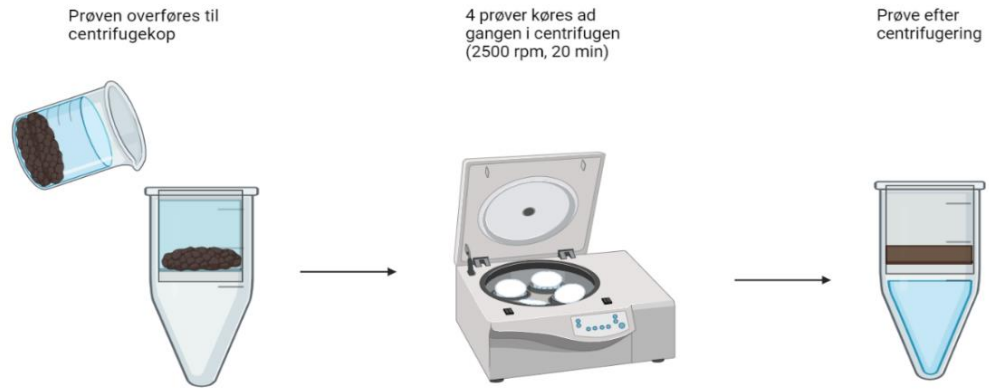
- Nedbrydning af precursors er årsagen
- ... eller er det?

Udfordringer





MCT Higgins



Råprøve, MLSS

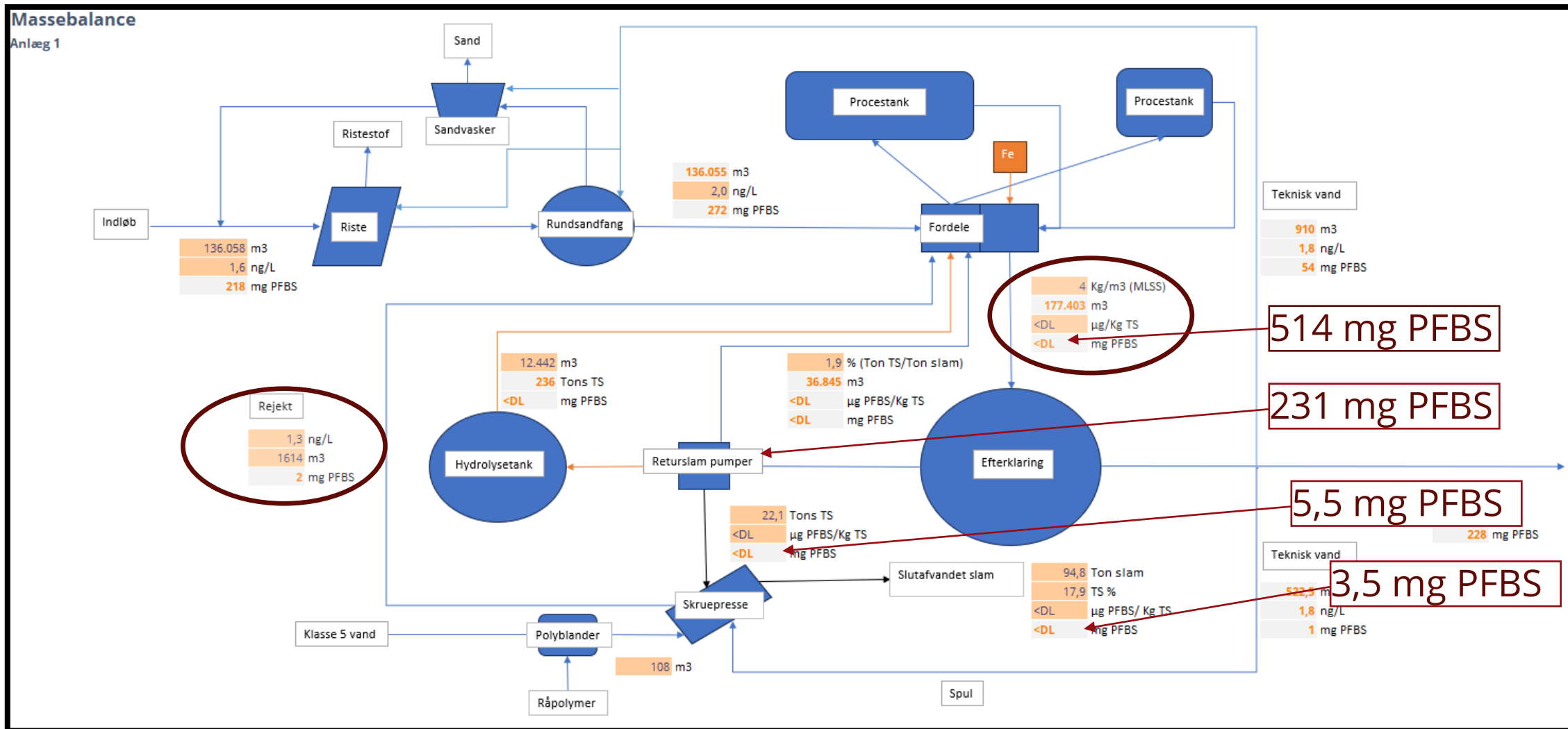
Sagsnavn:		
Prøvetype:	Slam	
Prøvetager:	Rekvirenten	JGUC
Prøveudtagning:		
Analyseperiode:	13.11.2023 - 06.12.2023	
Prøvemærke:	3	
Lab prøvenr:	835-2023-81320746	
Tørstof	100.0	
PFAS-forbindelser		
PFBA (Perfluorbutansyre)	<1.2	
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	<0.36	
PFPeA (Perfluorpentansyre)	<0.36	
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	<1.2	
PFHxA (Perfluorhexansyre)	<0.36	
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	<0.36	
PFHpA (Perfluorheptansyre)	<0.36	
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	<0.36	
PFOA (Perfluoroktansyre)	0.41	
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	5.4	
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	<0.36	
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	<1.2	
PFNA (Perfluomonansyre)	0.39	
PFNS (Perfluomonansulfonsyre)	<2.4	

Vandfraktion i MLSS

Anlæg 1

Prøvetype:	Spildevand			
Prøvetager:	Rekvirenten	JGUC		
Prøveudtagning:				
Analyseperiode:	14.11.2023 - 27.11.2023			
Prøvemærke:	2			
Lab prøvenr:		835-2023-10080301	Enhed	DL.
PFAS-forbindelser				
PFBA (Perfluorbutansyre)	1.0	ng/l	0.6	
PFBS (Perfluorbutansulfonsyre)	1.3	ng/l	0.3	
PFPeA (Perfluorpentansyre)	0.75	ng/l	0.3	
PFPeS (Perfluorpentansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	
PFHxA (Perfluorhexansyre)	1.9	ng/l	0.3	
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyre)	0.34	ng/l	0.3	
PFHpA (Perfluorheptansyre)	0.45	ng/l	0.3	
PFHpS (Perfluorheptansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	
PFOA (Perfluoroktansyre)	1.6	ng/l	0.3	
PFOS (Perfluoroktansulfonsyre)	0.52	ng/l	0.2	
6:2 FTS (Fluortelomersulfonat)	<0.30	ng/l	0.3	
PFOSA (Perfluoroktansulfonamid)	<0.30	ng/l	0.3	
PFNA (Perfluomonansyre)	<0.30	ng/l	0.3	
PFNS (Perfluomonansulfonsyre)	<0.30	ng/l	0.3	

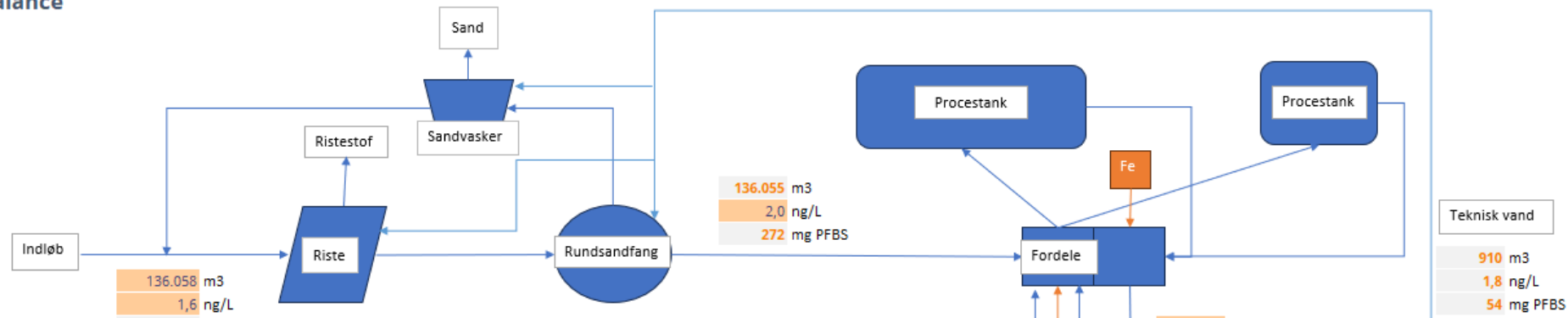
Udfordringer



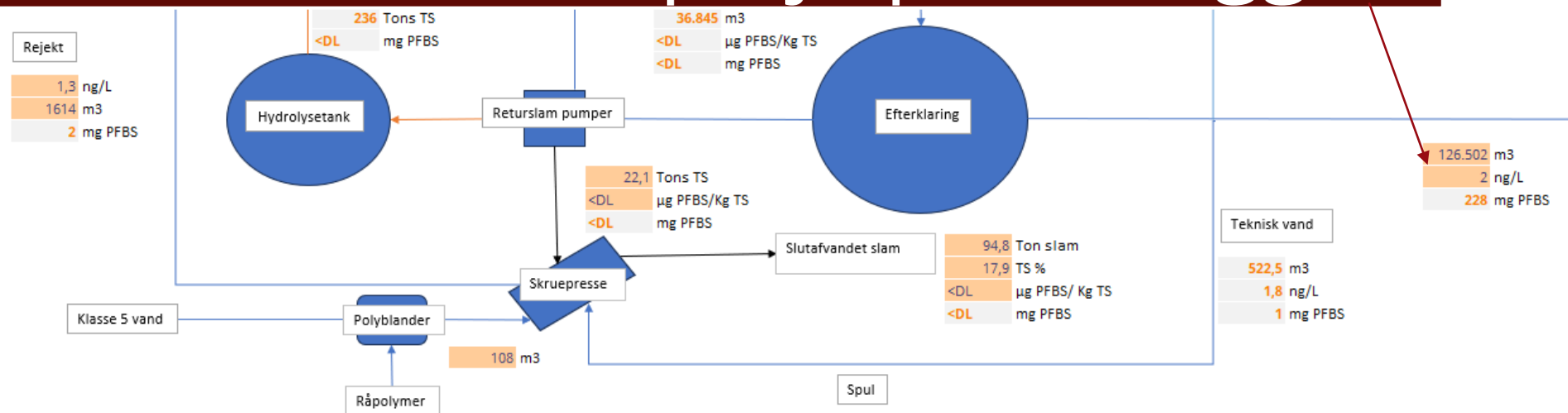
Udfordringer

Massebalance

Anlæg 1



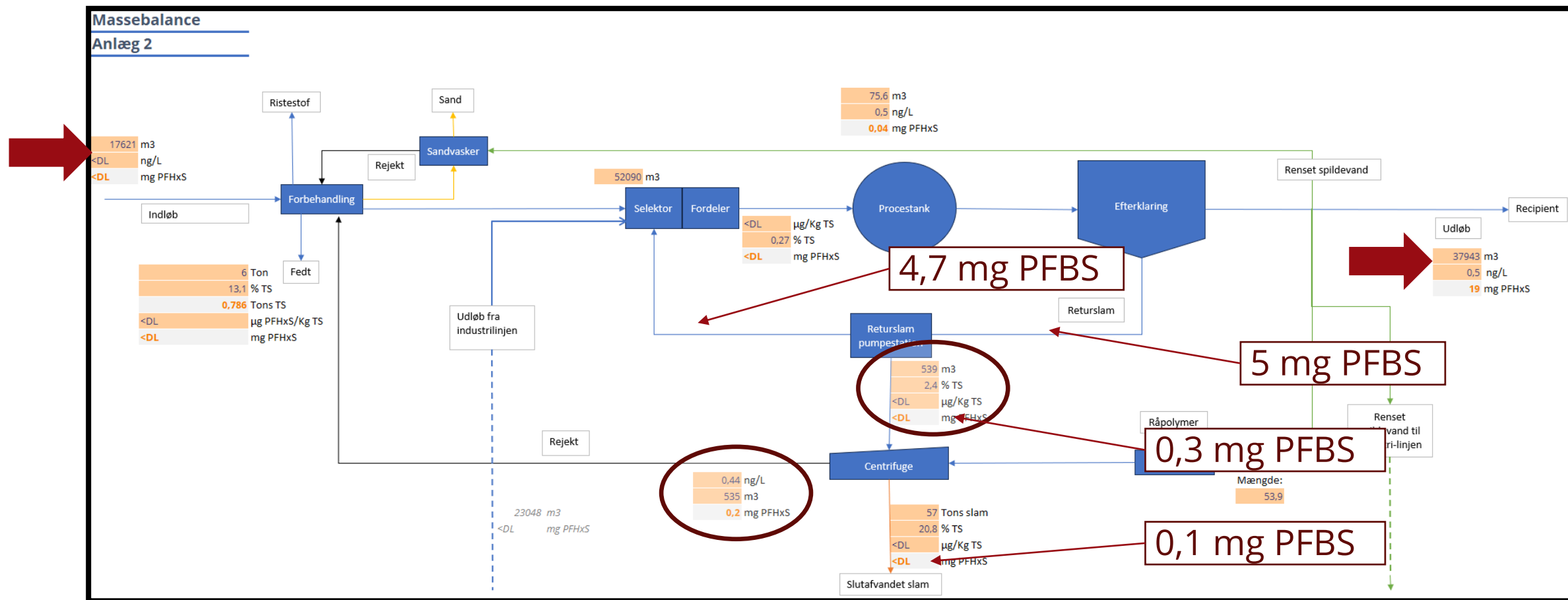
Indløb + X andel af pulje på anlægget



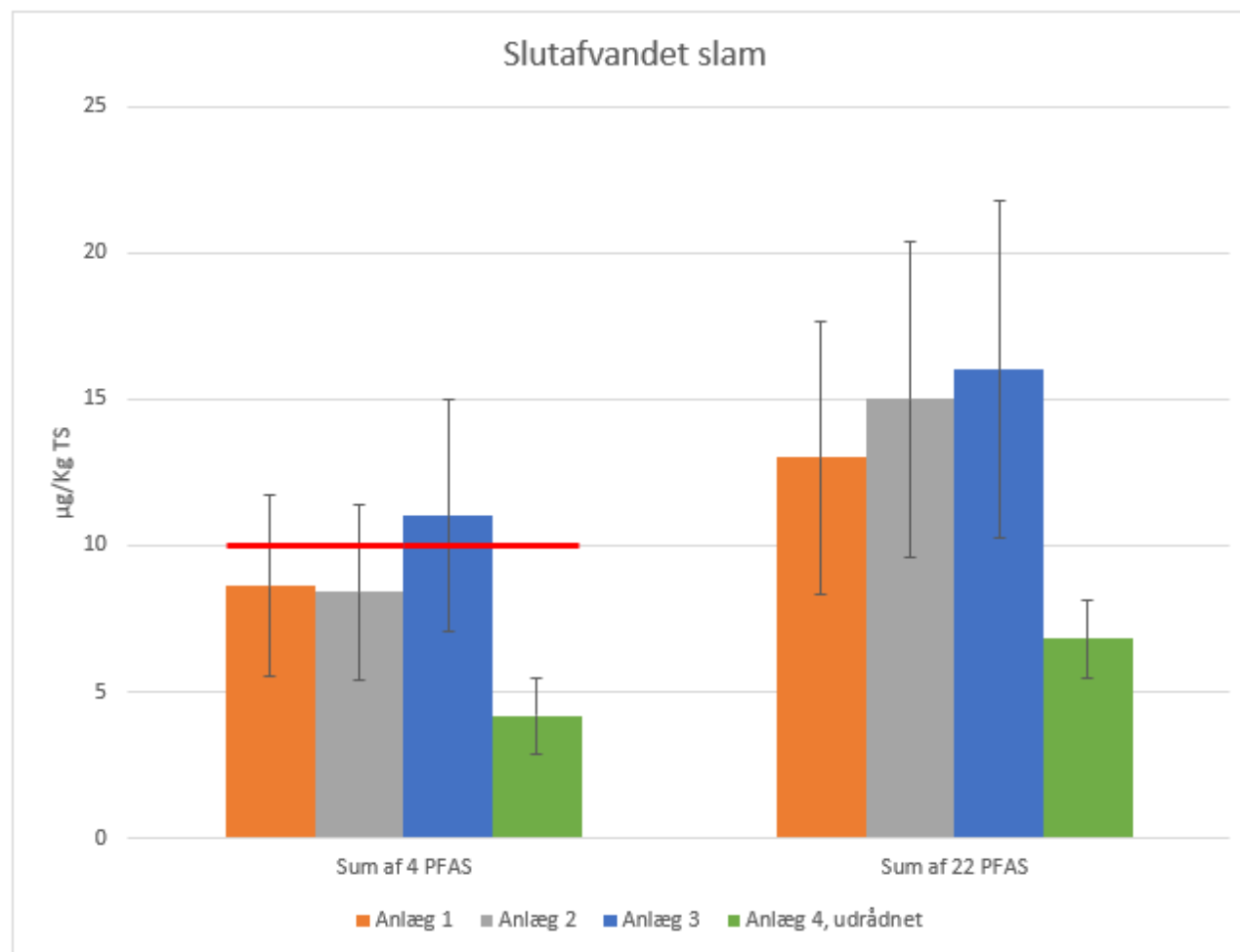
Litteratur

- Udløb af kortkædede forbindelser > Indløb:
- Precursors?
 - Schaefer, C. E. *et al.* (2023), Occurrence of quantifiable and semi-quantifiable poly- and perfluoroalkyl substances in united states wastewater treatment plants:
 - TOP (Total Oxidizable Precursors) I indløb = Udløb, Precursors
 - Massebalance: Indløb og udløb og Internestrømme
 - 38 Amerikanske renselanlæg i 23 forskellige stater
 - Müller, W. *et al.* (2023), Fluorine mass balance analysis of PFAS in communal waters at a wastewater plant from Austria:
 - TOP (Total Oxidizable Precursors) I indløb < Udløb, Precursors = Langkædede → Kortkædede i aktive slam anlæg
 - Massebalance: Indløb og udløb og Internestrømme
 - 2 Østriske Renselanlæg
 - Gobelius, L. *et al.* (2023), Mass flow of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Swedish municipal wastewater network and wastewater treatment plant
 - ~~TOP~~ → Precursors eller egenbelastning med internestrømme
 - Massebalance: Indløb, udløb og Interne strømme
 - 1 Svensk Renselanlæg

Udfordringer



Afvandet slam



- Hvornår kommer der en ny grænseværdi for PFAS i spildevandsslam?

En grænseværdi for PFAS i spildevandsslam skal implementeres i affald til jord-bekendtgørelsen. En opdatering af bekendtgørelsen forventes i løbet af 2023. Miljøstyrelsen udmeldte i oktober 2021 en vejledende grænseværdi.

Det følger af affald til jord-bekendtgørelsen, at affald skal overholde grænseværdierne i bekendtgørelsens bilag 2. Affaldet må derudover ikke indeholde væsentlige mængder af andre miljøskadelige stoffer. Kommunen kan nedlægges forbud mod anvendelsen af affald, herunder spildevandsslam, til jordbrugsformål, hvis anvendelsen medfører forurening eller risiko herfor.

Forslag til nye grænser



Det er ministeren, der skal beslutte, hvad der skal gøres i forbindelse med affald til jord-bekendtgørelsen og vil lave en...

Nye grænseværdier for PFAS i spildevandsslam

På en DANVA temadag om PFAS i spildevandsslam fortalte Casper Glottrup fra Miljøministeren om de nye grænseværdier for PFAS i spildevandsslam, som vil blive implementeret i affald til jord-bekendtgørelsen.

28. marts 2023

Lars Fischer

Baggrunden er Miljøstyrelsens rapport om risikovurdering af PFAS i spildevandsslam med henblik på beskyttelse af grundvand, overfladevand, jord og afgrøder. Rapporten er et vigtigt led i Miljøministerens arbejde med fastsættelse af grænseværdier for PFAS i spildevandsslam til jordbrugsformål.

Foreslåede grænseværdier

Den nye rapport præsenterer to grænseværdier for PFAS i tørstof, som er 15 µg/kg tørstof for PFAS4 og 50 µg/kg tørstof for PFAS22. Beregningerne er baseret på en række variabler og parametre, såsom mængder udbragt pr. hektar, binding af PFAS i jorden og nedsivning til grundvand.

Foreslåede grænseværdier

Den nye rapport præsenterer to grænseværdier for PFAS i tørstof, som er 15 µg/kg tørstof for PFAS4 og 50 µg/kg tørstof for PFAS22.

Beregningerne er baseret på en række variabler og parametre, såsom mængder udbragt pr. hektar, binding af PFAS i jorden og nedsivning til grundvand.

Take home messages

- Fraktioner slamprøver i en vand- og slamfase, analyser begge fraktioner separat.
- Lav en holistisk vurdering af PFAS på renseanlæg
- Slam til jordbrugsformål (BEK. nr. 1001 af 27/06/2018 og BEK nr. 56 af 24/01/2000)
 - En slamprøve på 20% TS indeholder 80% vand.
 - Frysetørring → Risiko for at parametre underestimere PFAS i prøven!
- Grundlæggende issues:
 - Vi ved PFAS 22 og PFAS 4 i slam er toppen af isbjerget men er isbjerget større end vi regner med?
 - Problemet med PFAS, særligt i slam, kan være større end vi tror!
 - Hvor repræsentative er prøverne bag resultaterne i litteraturen? – Vær nysgerrig og skeptisk!

Tak for jeres opmærksomhed



Agenda



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

- 9:30 Ankomst og kaffe
- 10:00 Velkommen v. Katrine Louise Rafn, sekretariatschef for MUDP i Miljøstyrelsen
- 10:15 Gældende og kommende lovgivning på PFAS, Joánnnes Gaard, Miljø - og Ligestillingsministeriets departement
- 10:30 Kildesporingsmetodik, Carina Bayley, Krüger
- 10:45 Case 1: Rensning af perkolat ved Reno Syd, Tore Svendsen, ECT2
- 11:00 Pause
- 11:15 Diskussion i grupper og opsamling i plenum
- 12:10 Frokost
- 13:25 Case 2: PFAS strømme på renseanlæg og udfordringer med prøvetagning, Anne-Lise Trøst Frisch Funding, Teknologisk Institut
- 13:45 Pause
- 14:00 Diskussion i grupper
- 15.00 Tak for i dag**



Teknologisk Institut

Udbytte fra workshops

- ✓ Præsentation af de forskellige teknologiske løsninger tungmetalfjernelse eller til 4. rensetrin på renseanlæg
- ✓ Gældende lovgivning ift. tungmetaller og det kommende byspildevandsdirektivet
- ✓ Slamhåndteringsproblematikken, hvad gør vi
- ✓ Identificerede teknologiske ønsker til fremtiden for tungmetalfjernelse og 4. rensetrin
- ✓ Nye mulige MUDP-projektidéer



Status på Teknologikatalog



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

- Teknologikataloget offentliggøres medio November 2024 på Innovationspartnerskabet for MFS' hjemmeside
- Teknologikataloget opdateres med PFAS, og publiceres ultimo December 2024 – både på hjemmeside og via MUDP

1.	Forord	5
2.	Resumé	6
3.	Innovationspartnerskabet for MFS	8
1.1	Tilgang i Innovationspartnerskabet for MFS	8
2.	Afholdelse og resultater af workshops	10
2.1	Introduktion til TRL-niveau	10
3.	Workshop 1: Tungmetaller	12
3.1	Del 1: Identifikation og prioritering af hver vandmiljøtype	12
3.2	Del 2: Nuværende teknologier til tungmetallrensning	14
3.3	Del 3: Kortlægning af teknologibehov til forbedret tungmetalfjernelse	14
3.4	Estimeret TRL-niveau af nye renseteknologier	15
3.5	Delkonklusion workshop 1	15
4.	Workshop 2: Det fjerde renses trin	17
4.1	Præsentation af nuværende teknologier	17
4.1.1	Erfaringer fra udlandet	20
4.2	Del 1: Udviklingsbehov og barrierer for implementering af det fjerde renses trin	20
4.3	Del 2: Håndtering af MFS-koncentreret slam og teknologiske udviklingsbehov	21
4.4	Udviklingsbehov	22
4.5	Teknologibeskrivelser	22
4.6	Delkonklusion workshop 2	23
5.	Teknologileverandører og spørgeskema – håndtering af MFS i vandige strømme	24
6.	Sammenhæng mellem Innovationspartnerskabet og det strategiske partnerskab	26
7.	Politisk dagsorden	28
6.1	National implementering af vandrammedirektivet	28
6.2	Skærper på området	29
8.	Samlet konklusion	32



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Innovationspartnerskabet for
miljøfarlige forurenende stoffer

<https://www.teknologisk.dk/projekter/innovationspartnerskab-styrker-kampen-for-et-rent-vandmiljoe/44499>

Tak for i dag

31. oktober 2024