



ONM - perkolatrensning

 Odense
Renovation AS

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

Dorte Harrekilde

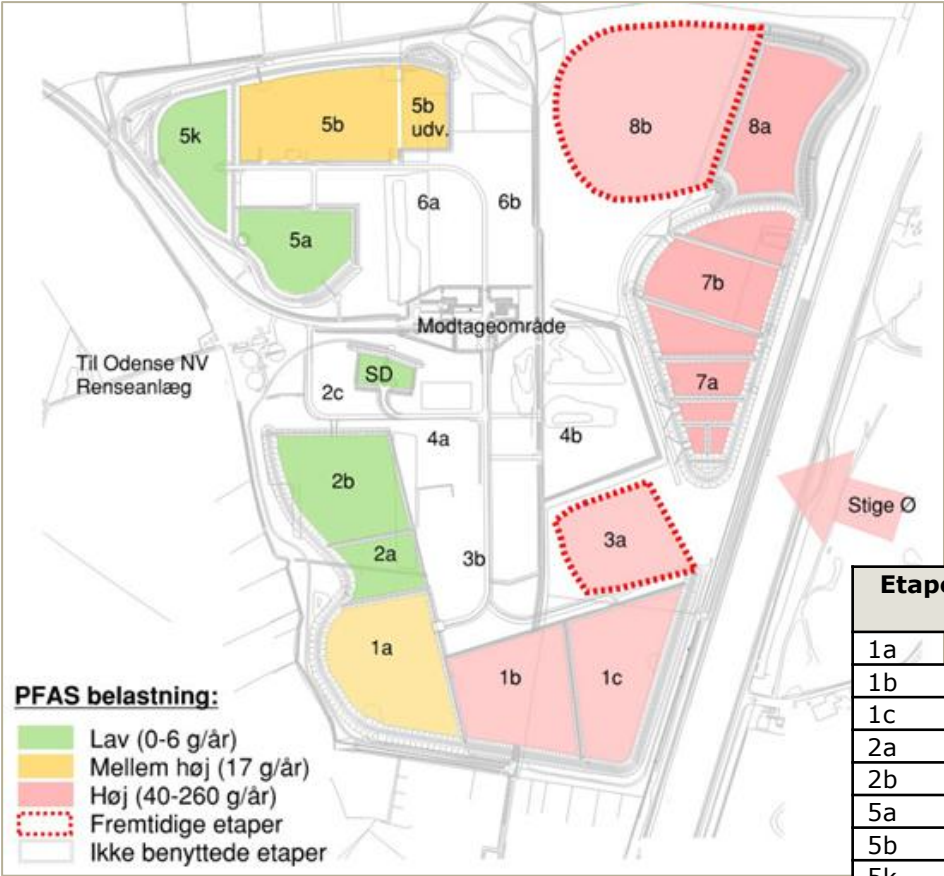
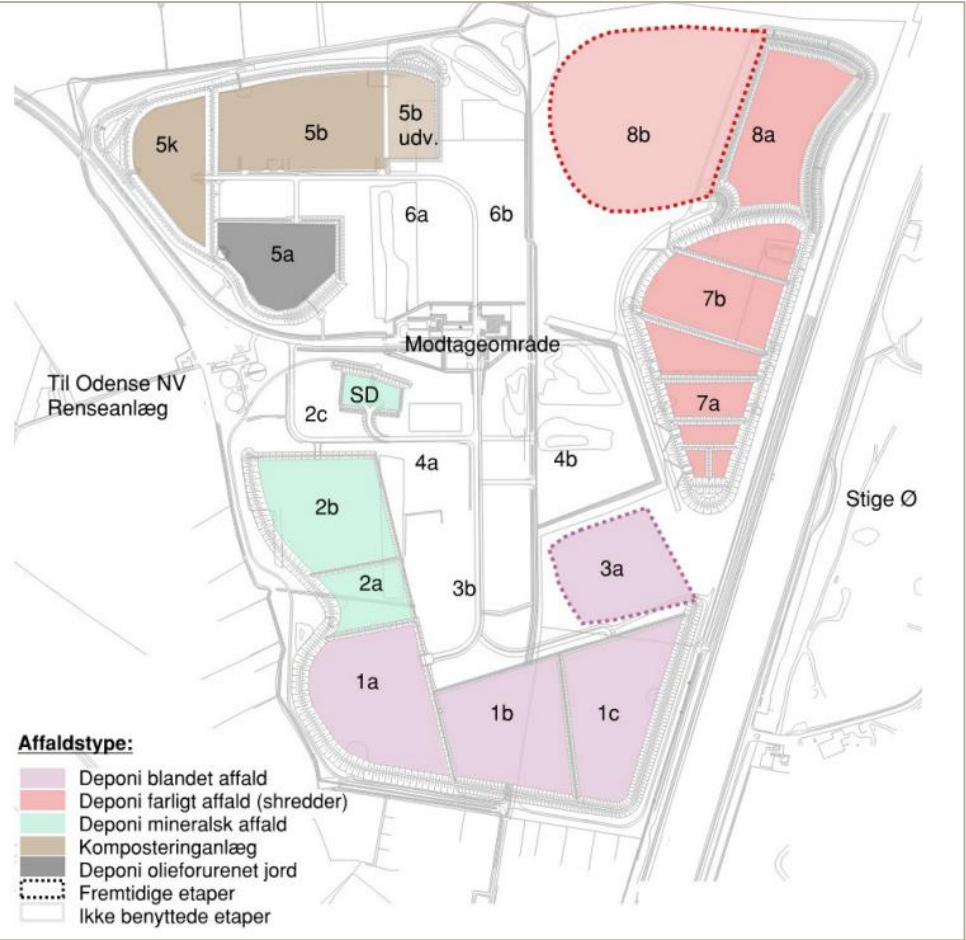
Perkolatsammensætning

TO
Odense Renovation A/S
Dokumenttype
Rapport
Dato
Marts 2023

Ny tilslutningstilladelse til
Odense Nord Miljøcenter
Indledende undersøgelser



RAMBOLL Engelsk design Confidential



Etape	PFAS22		% af PFAS22	
	g/år	ng/l	Lang	Kort
1a	18	1.200	25	75
1b	40	5.900	15	85
1c	40	4.400	26	74
2a	0,39	360	72	28
2b	2,1	370	42	58
5a	0,51	59	41	59
5b	17	870	27	73
5k	6,3	920	31	69
7a	237	51.193	5	95
7b	258	40.000	4	96
8a	106	16.000	7	93
SD	0,29	270	25	75
Stige Ø	78	1.200	45	55
Total	804	-	-	-

Forbehandling(nitrifikation) ved deponiet



	Enhed	Indløb til forrenseanlæg	Udløb til forrenseanlæg	Udløb Odense NV renseanlæg
Suspenderet stof	mg/l	102	81	-
COD	mg/l	668	339	-
Total-N	mg/l	227	155	-
NH4-N	mg/l	218	9,7	-
Nitrat-N	mg/l	1,4	191	-
Total-P	mg/l	3,9	2,3	-
Bly	µg/l	5,2	2,6	-
Cadmium	µg/l	0,17	0,13	-
Zink	µg/l	51	51	-
Kobber	µg/l	10	14	-
Chrom	µg/l	12	10	-
Kviksølv	µg/l	0,016	0,015	-
Nikkel	µg/l	63	61	-
Phenol	µg/l	-	1,8	-
BTEXN	µg/l	-	3,8	-
Kulbrinter	µg/l	-	100	-
PFOS	ng/l	-	85	1,7
PFAS22	ng/l	-	5.800-6.500	150
PFOA-ækv.	ng/l	-	890-1.260	39

Vandkvalitetskriterie:
PFOS = 0,65 ng/l (tidligere)
PFOA-ækv. = 4,4 ng/l (ny)

Rensekrav?

	Tilslutningstilladelse		Forrenseanlæg					
	Gnsn.	Max.	Koncentration			Masseflux		
			Indløb	Udløb	Enhed	Indløb	Udløb	Enhed
Mængde		255.000 m ³ /år						
COD	350 kg/dag	1.200 kg/dag	668	339	mg/l	325	169	kg/dag
BI5	30 kg/dag	180 kg/dag	-	-	mg/l	-	-	kg/dag
Total-N*	180 kg/dag	570 kg/dag	227	155	mg/l	111	78	kg/dag
NH4-N			218	9,7	mg/l	106	4,8	kg/dag
Nitrat-N			1,4	191	mg/l	0,67	95	kg/dag
Total-P	3 kg/dag	15 kg/dag	3,9	2,3	mg/l	1,9	1,1	kg/dag
Bly		75 g/dag	5,2	2,6	ug/l	2,5	1,3	g/dag
Cadmium		3 g/dag	0,17	0,13	ug/l	0,082	0,063	g/dag
Zink		300 g/dag	51	51	ug/l	25	25	g/dag
Kobber		90 g/dag	10	14	ug/l	5,1	6,9	g/dag
Chrom		30 g/dag	12	10	ug/l	5,9	4,9	g/dag
Kviksølv		3 g/dag	0,016	0,015	ug/l	0,0077	0,0072	g/dag
Nikkel		50 g/dag	63	61	ug/l	31	30	g/dag
SS			102	81	ug/l	49	40	g/dag

*Der er ikke stillet krav til fjernelse af Total-N, men alene til nitrifikation

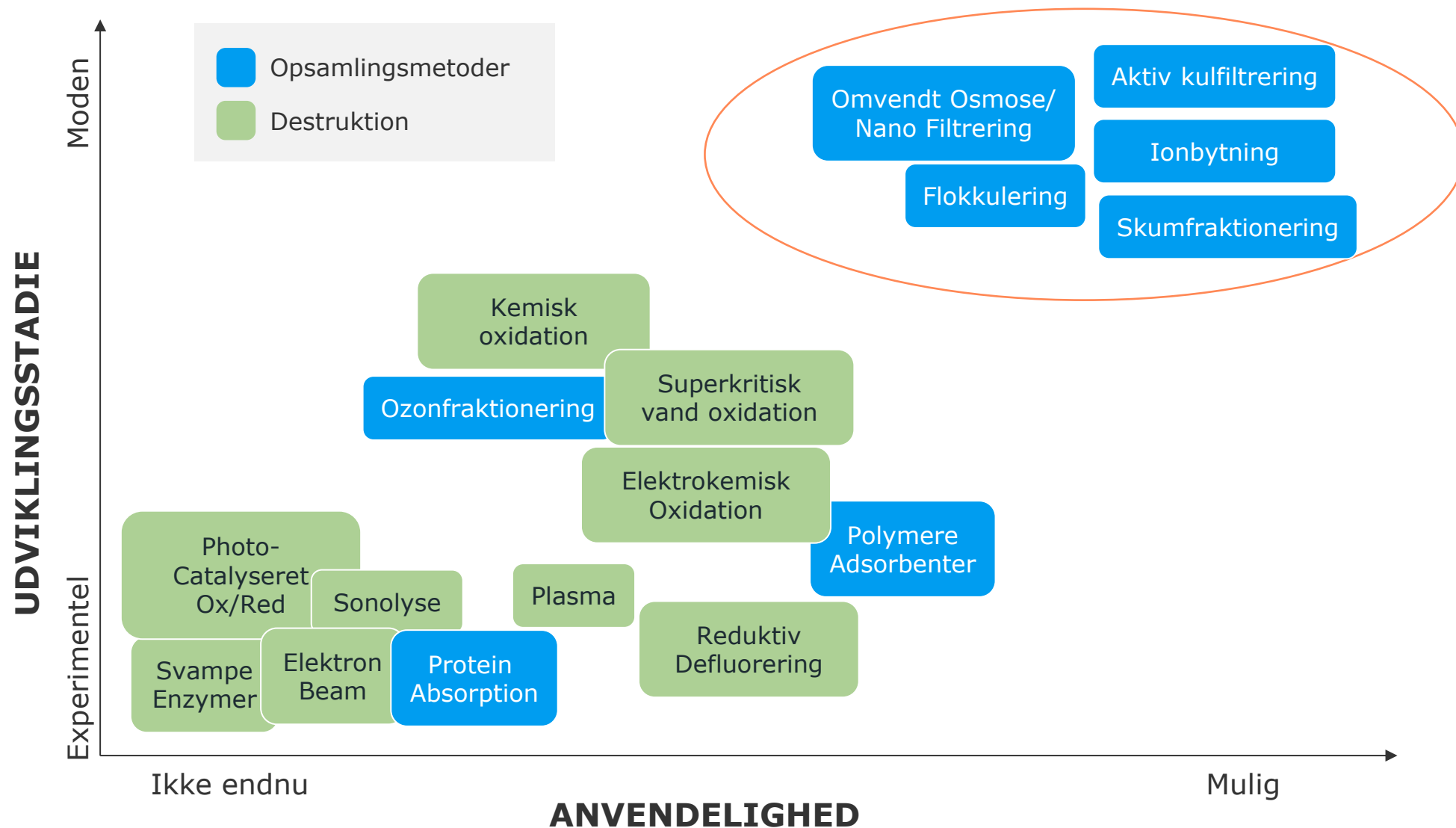
PFAS – krav ikke kendt:

Mulighed 1: >0,65 ng/l PFOS og >2 ng/l PFAS4

Mulighed 2: <0,65 ng/l PFOS og >2 ng/l PFAS4

Mulighed 3: <0,65 ng/l PFOS og <2 ng/l PFAS4

Metoder til rensning af vand med PFAS*



Forventede reNSEgrader i perkolat

- Afhænger i høj grad af perkolatsammensætning og øvrige stoffer i perkolatet samt af forbehandling
- Ingen af metoderne når ned til 0,65 ng PFOS/l eller 4,4 ng PFOA ækv/l

PFAS-opsamling	Renseeffekt (%)			
	PFAS22 langkædet	PFAS22 kortkædet	PFAS4	PFOS
Aktivt kul	~50	~20	~55	~60
Ionbytning	~75	30-40	~45	~75
Skumfraktionering	~90	20-50	~90	~95
Flokkulering/Koagulering	30-98	30-98	30-98	99
NF-/RO-membranfiltrering	99	99	99	99

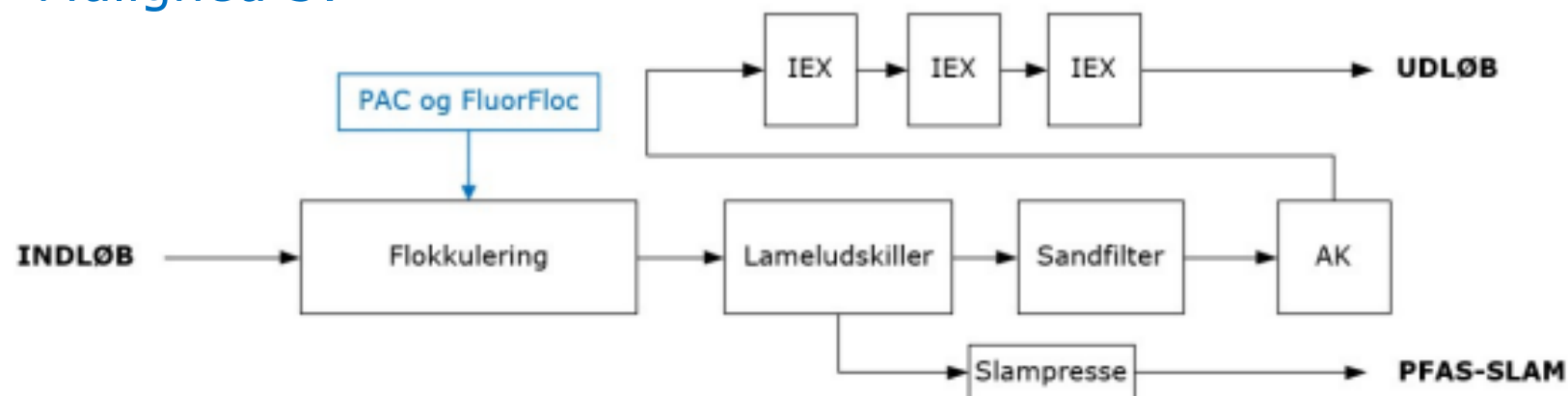
Baseret på leverandøroplysninger og litteratur, 2023

- Indledende arbejde i 2023
- Central PFAS-rensning efter forrenseanlæg
- Indledende økonomiskøn:
 - 75-138 kr/m³ perkolat
 - 13.000-24.000 kr/g fjernet PFAS22

Kombinationer af renseteknologier

Mulighed	PFAS-opsamling	PFAS-destruktion
1	Skumfraktionering	Forbrænding
2	Flokkulering	
3	Flokkulering + sandfilter (SF) + aktivt kul (AK) + ionbytning (IEX)	

Mulighed 3:



VUDP-projekt

Projektet har fået støtte af:

- VUDP: 779.250 kr.
- Rambøll Fonden: 310.000 kr.

Tidsplan: juni 2023 til september 2024

Projektgruppen:



Titel
Afrapportering af VUDP- og Rambøll Fonden projekt

Dokumenttype
Teknisk rapport

Dato
September 2024

Teknisk rapport

Test af teknologier til rensning af PFAS
fra hotspots – Odense Nord Miljøcenter



Vandsektorens forening til
forbedring af vandsektorens
effektivitet og kvalitet

RAMBØLL
FONDEN

An aerial photograph showing a coastal landscape. On the left, there are green agricultural fields and some small buildings. In the center, there's a large, irregularly shaped area that appears to be a landfill or a construction site, with various shades of brown and grey. To the right of this area is a golf course with several green fairways and sand traps. Further right is a large body of water, possibly a bay or a lake, with some smaller islands or peninsulas. The sky is not visible, but the lighting suggests it's daytime.

Formål VUDP

Økonomiske konsekvenser ved
modtagelse af affald i tilfælde af
fremtidige krav til rensning af
perkolat for PFAS

PFOA-ækvivalenter

Vandkvalitetskriterie for fersk- og saltvand:

- 4,4 ng/l PFOA-ækvivalenter (nyt kriterie siden november 2023)

	Relative Potency Factor (RPF)
PFOA	1
PFOS	2
PFHxS	0,6
PFNA	10
PFBS	0,001
PFHxA	0,01
PFBA	0,05
PFPeA	$0,01 \leq \text{RPF} \leq 0,05^*$
PFPeS	$0,001 \leq \text{RPF} \leq 0,6^*$
PFDA	$4 \leq \text{RPF} \leq 10^*$
PFDoDA eller PFDoA	3
PFUnDA eller PFUnA	4

	Relative Potency Factor (RPF)
PFHpA	$0,01 \leq \text{RPF} \leq 1^*$
PFTTrDA	$0,3 \leq \text{RPF} \leq 3^*$
PFHpS	$0,6 \leq \text{RPF} \leq 2^*$
PFDS	2^*
PFTeDA	0,3
PFHxDA	0,02
PFODA	0,02
HFPO-DA eller Gen X	0,06
ADONA	0,03
6:2 FTOH	0,02
8:2 FTOH	0,04
C6O4	0,06

* Faktor etableret ved read-across

Fingeraftryk og PFOA-ækvivalenter

PFAS - fingeraftryk

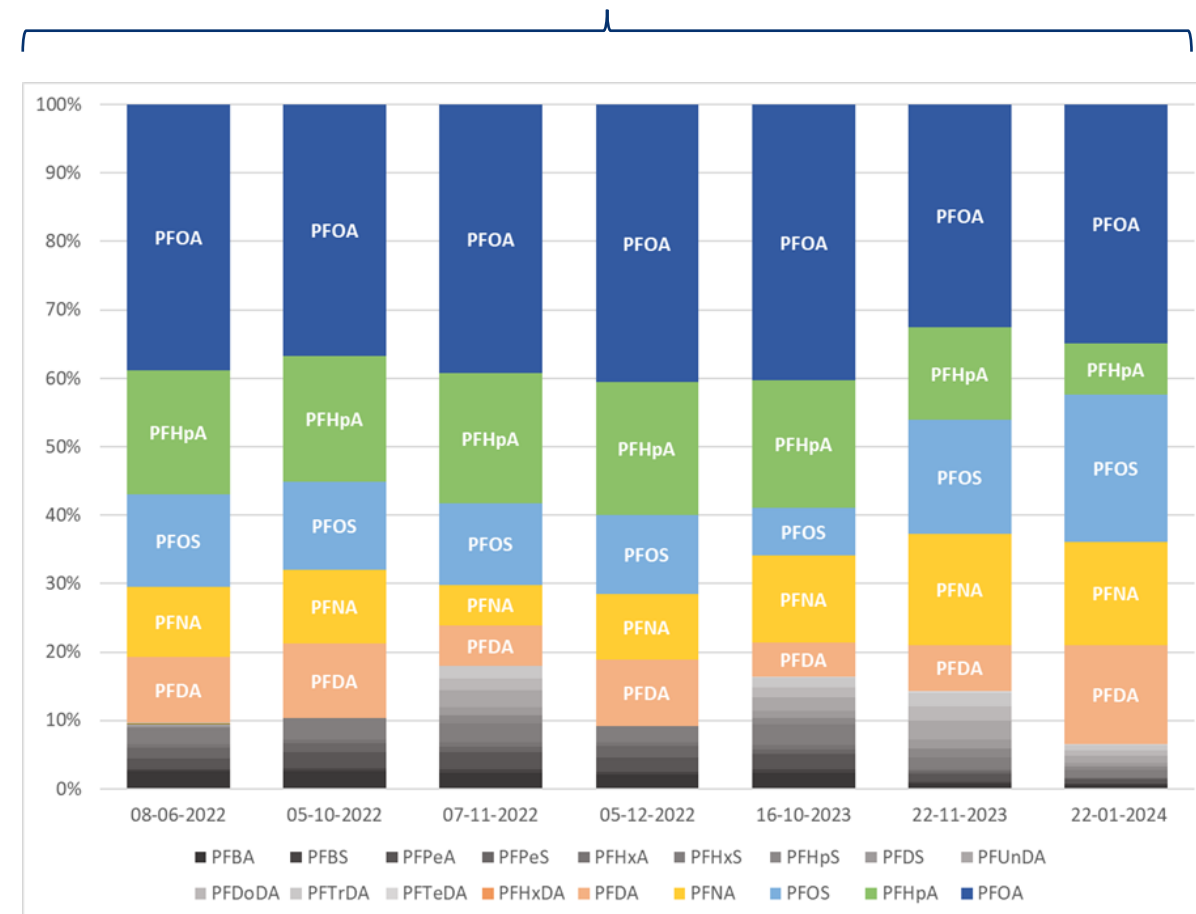
Perkolat –
Udløb forbehandling

Spildevand –
indløb Odense NV WWTP



PFOA-ækv.

Perkolat –
Udløb forbehandling



Lab- og pilotforsøg

- | | |
|---|--------------|
| • Skumfraktionering (Envytech) | Prøve 1 - 4 |
| • Destruktion af PFAS i skum (Enspired Solution) | Prøve 4 |
| • Flokkulering med FluorFlok (ECT2) | Prøve 1 - 5 |
| • Resinrensning efter flokkulering med FluorFlok (ECT2) | Prøve 4 og 5 |



Prøve	1	2	3	4	5
-------	---	---	---	---	---

Skumfraktionering med SAFF®



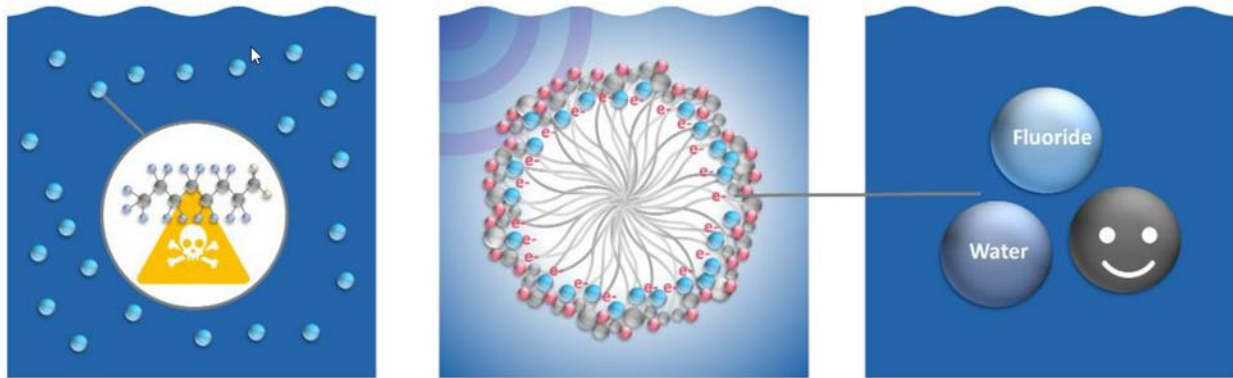
Prøve 1 – Etape for shredderaffald, D7A-PB-03				
	Enhed	Ubehandlet	Behandlet	Rensegrad (%)
PFBS	ng/l	51.000	32.000	37,3
PFOA	ng/l	1.400	<10	>99,3
PFHpA	ng/l	650	<10	>98,5
PFOS	ng/l	62	<10	>83,9
PFNA	ng/l	14	<10	>28,6
PFDA	ng/l	<10	<10	-
PFAS4	ng/l	1.600	<40	>97,5
PFAS28	ng/l	61.000	37.000	39,3
PFOA-ækv.	ng/l	2.903	449	84,5

Prøve 4 – Indløb til forrenseanlæg, Indløbstank				
	Enhed	Ubehandlet	Behandlet	Rensegrad (%)
PFBS	ng/l	2.800	1.900	32,1
PFOA	ng/l	320	<10	>96,9
PFHpA	ng/l	150	<10	>93,3
PFOS	ng/l	64	<10	>84,4
PFNA	ng/l	<10	<10	-
PFDA	ng/l	<10	<10	-
PFAS4	ng/l	430	<40	>90,7
PFAS28	ng/l	4.590	2.790	39,2
PFOA-ækv.	ng/l	835	232	72,2

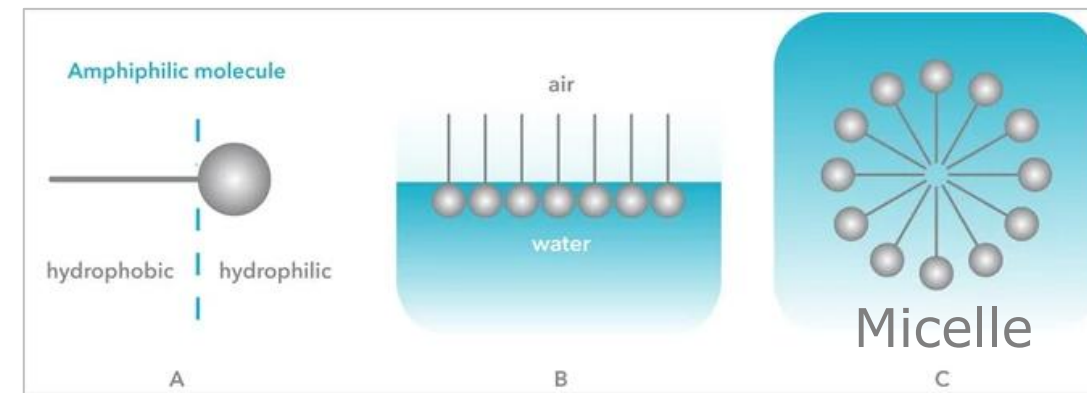
Destruktion af PFAS-skum

PRD-proces (fotokatalytisk reduktiv defluorerer)

PRD-processen er en patenteret kemisk reaktion, der bryder fluor-kulstofbindinger.



1. Et ikke giftigt hjælpestof (elektron-donor) tilsættes og hæfter sig til micelle-overfladen.
2. Ved hjælp af UV-lys produceres hydrerede elektroner.
3. De hydrerede elektroner spalter fluor-kulstof og andre molekulære bindinger til fluor, vand og simple kulstofmolekyler.

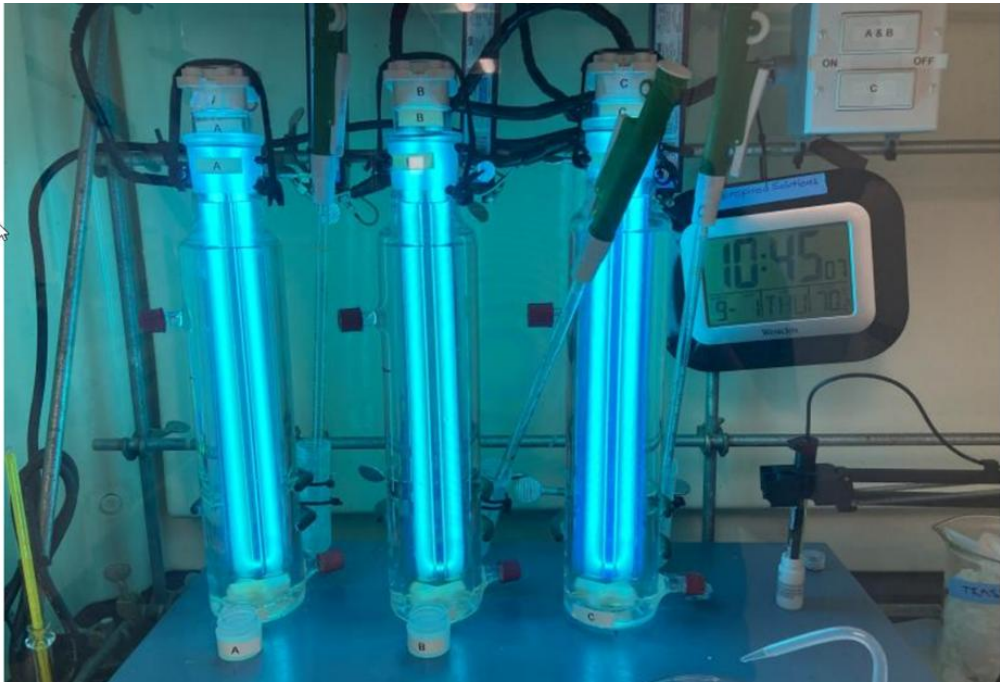
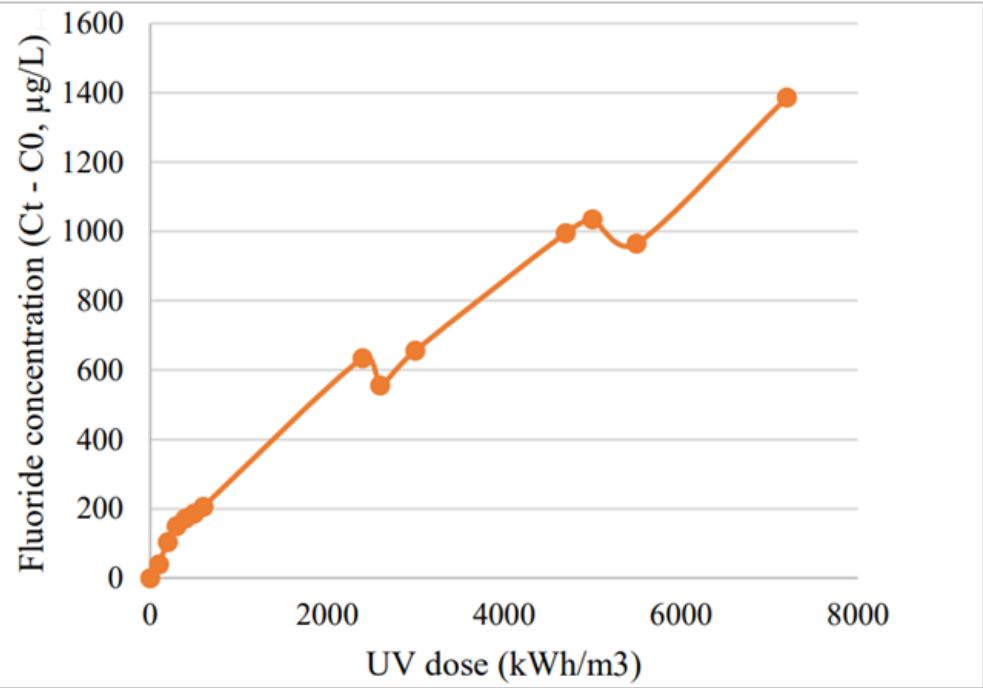


Destruktion af PFAS-skum

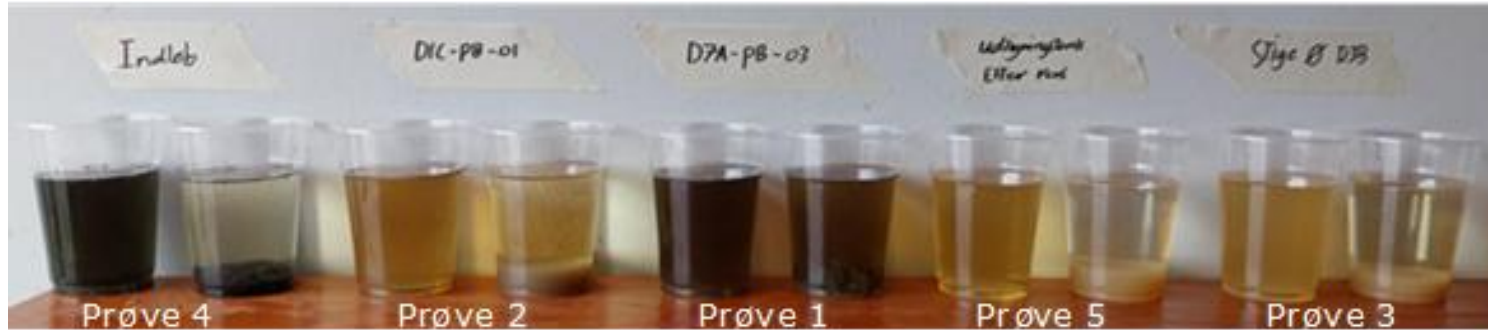
PRD-proces (fotokatalytisk reduktiv defluorering)

	Koncentration i ng/l (rensgrad %)				
	0 kWh/m ³	600 kWh/m ³	2.400 kWh/m ³	5.000 kWh/m ³	7.200 kWh/m ³
PFBS	63.000	26.000 (59%)	3.900 (94%)	2.100 (97%)	2.600 (96%)
PFHxA	150.000	52.000 (65%)	5.900 (96%)	2.100 (99%)	2.300 (98%)
PFOA	89.000	<670 (>99%)	<670 (>99%)	<670 (>99%)	<670 (>99%)
PFHpA	42.000	<670 (>98%)	<670 (>98%)	<670 (>98%)	<670 (>98%)
Total	344.000	<83.300 (>89%)	<13.800 (>96%)	<8.400 (98%)	<10.000 (97%)
PFBA	<50.000	1.700	1.800	2.200	2.700
PFPeA	<20.000	3.600	2.200	2.000	2.400

Mellem-
produkter



Flokkulering med FluorFlok



PAX: 500 ml/m³
FluorFlok: 500 ml/m³
Polymer 1330A: 30 ml/m³



Flokkulering med FluorFlok

Prøve 1 – Etape for shredderaffald, D7A-PB-03						
	August 2023 (polymer 1330A)			Marts-maj 2024 (polymer 1587)		
	Ubehandlet (ng/l)	Behandlet (ng/l)	Rensegrad (%)	Ubehandlet (ng/l)	Behandlet (ng/l)	Rensegrad (%)
PFBS	52.000	35.000	32,7	56.000	14.000	75,0
PFOA	2.300	1.100	52,2	2.700	270	90,0
PFHpA	860	550	36,0	750	200	73,3
PFOS	230	41	82,2	280	<10	>96,4
PFNA	36	12	66,7	32	<10	>68,8
PFDA	24	<10	58,3	25	<10	>60
PFAS4	2.700	1.200	55,6	3.200	270	91,6
PFAS22	64.000	45.000	29,7	69.000	20.000	71,0
PFOA-ækv.	4.790	2.300	51,4	5.150	880	82,9

Prøve 4 – Indløb til forrenseanlæg, Indløbstank						
	August 2023			Marts-maj 2024		
	Ubehandlet (ng/l)	Behandlet (ng/l)	Rensegrad (%)	Ubehandlet (ng/l)	Behandlet (ng/l)	Rensegrad (%)
PFBS	3.100	730	76,5	3.400	520	84,7
PFOA	380	52	86,3	480	24	95,0
PFHpA	170	41	75,9	190	31	83,7
PFOS	43	10	76,7	62	<1	>98,4
PFNA	<10	0,62	-	<10	<0,3	-
PFDA	<10	<0,3	-	<10	<0,3	-
PFAS4	460	65	85,9	580	24	95,9
PFAS22	5.000	1.700	66	5.400	1.400	74,1
PFOA-ækv.	880	160	81,8	1.030	96	90,7

Prøve 5 – Udløb fra forrenseanlæg, Udligningstank efter rens						
	August 2023			Marts-maj 2024		
	Ubehandlet (ng/l)	Behandlet (ng/l)	Rensegrad (%)	Ubehandlet (ng/l)	Behandlet (ng/l)	Rensegrad (%)
PFBS	2.700	530	80,4	5.400	640	88,2
PFOA	260	39	85,0	700	27	96,1
PFHpA	110	31	71,8	220	34	84,5
PFOS	34	10	70,6	110	2	98,2
PFNA	<10	1,1	-	19	<0,3	98,4
PFDA	<10	1	-	<10	<0,3	-
PFAS4	330	53	83,9	890	29	96,7
PFAS22	4.000	1.200	70,0	8.000	1.900	76,3
PFOA-ækv.	660	140	78,8	1.540	116	92,5

Flokkulering med FluorFlok

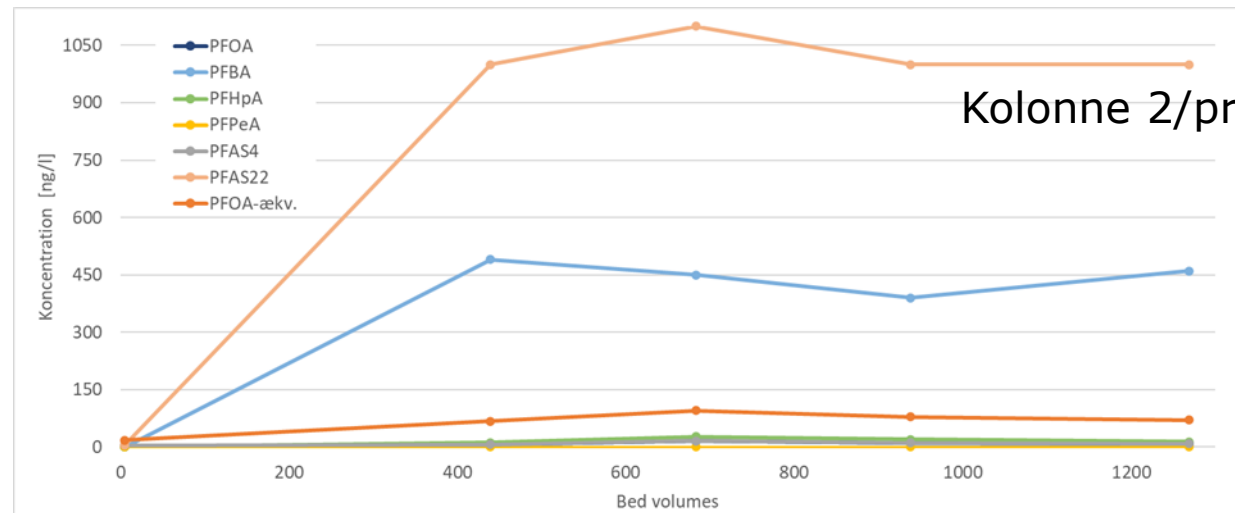
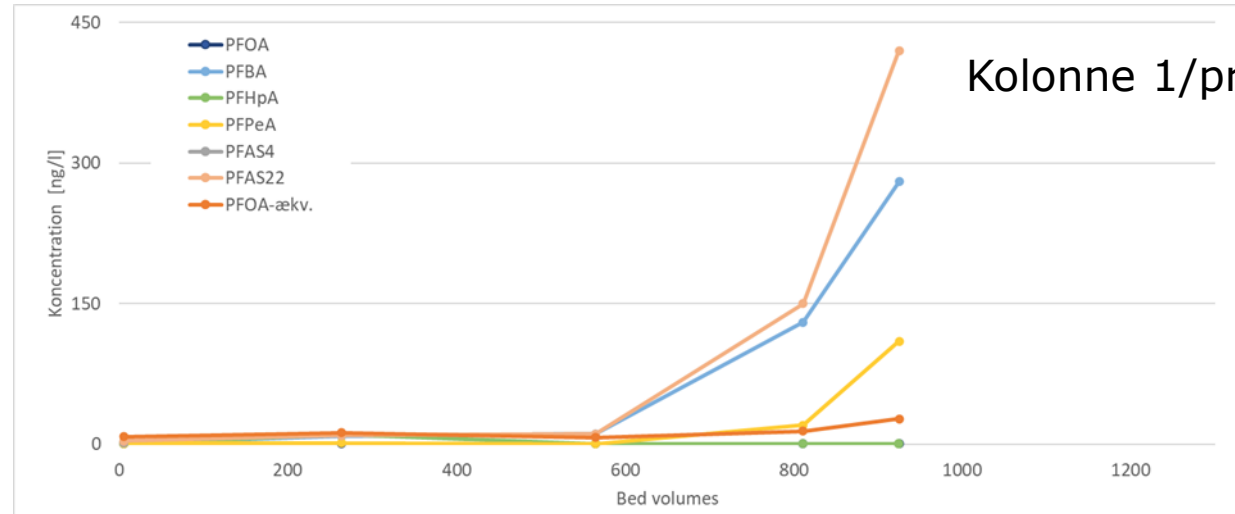
tungmetaller og andre miljøfremmede stoffer

	Prøve 4			Prøve 5		
	Ubehandlet (µg/l)	Behandlet (µg/l)	Rensegrad (%)	Ubehandlet (µg/l)	Behandlet (µg/l)	Rensegrad (%)
Bly	2,7	<0,5	>81,5	1,5	<0,5	>66,7
Cadmium	0,065	<0,05	>23,1	0,075	<0,05	>33,3
Chrom	9,3	4,2	54,8	14	3,5	75,0
Kobber	9,7	5	48,5	9,0	4,8	46,7
Kviksølv	0,11	0,16	-45,5	0,13	0,16	-23,1
Nikkel	59	42	28,8	63	41	34,9
Zink	24	10	58,3	36	12	66,7

	Prøve 4			Prøve 5		
	Ubehandlet (µg/l)	Behandlet (µg/l)	Rensegrad (%)	Ubehandlet (µg/l)	Behandlet (µg/l)	Rensegrad (%)
PAH (16 stk.)	1,3	0,07	95	0,019	0,021	-11
LAS	<100	<100	-	<100	<100	-
DEHP	<0,2	<0,1	-	0,26	<0,1	>61,5
NPE	1,1	0,56	49	0,10	0,07	30
Phenol	4,2	<4	>4,8	<0,61	0,62	-
Cresoler	1	0,66	34	0,31	<0,11	>64,5
Xylenoler	1,8	2	-11	<0,05	<0,06	-
Chlorphenoler (7 stk.)	<0,93	<0,95	-	<0,35	<0,41	-

Der er også målt kulbrinter (BTEXN og C6H6-C40) men grundet polymer er det øget efter rensning.

Resinrensning efter flokkulering med FluorFlok



PFAS-renseteknologier

Pt. ingen simple løsninger, forbehandling kræves oftest, perkolat er forskelligt fra deponi til deponi

Rensning reducerer PFOA-ækv, men miljøkvalitetskravet nås ikke

Nogle rensemetoder reducerer også metaller og andre miljøfremmede stoffer, der typisk findes i perkolat

Rensning producerer en rest, der skal destrueres / bortskaffes

Økonomi → Rasmus

