

Luftbåren PFAS ved den danske vestkyst

Den Syddanske Udviklingspulje (SUP)



DMR-sagsnr.: 2024-3186

Dato: 27. august 2026

Version: 1



Dansk Miljørådgivning A/S

Din rådgiver gør en forskel ...

Vi er landsdækkende. Find nærmeste kontor på www.dmr.dk.

Udviklingsprojekt (SUP) - luftbåren PFAS ved den danske vestkyst

Indholdsfortegnelse

1. Registreringsblad	2
2. Indledning	3
2.1 Baggrund	3
2.2 Formål	6
3. Valg af projektkompleksitet	6
4. Udførte undersøgelser/aktiviteter	7
4.1 Opbygning af prøvetager	7
4.2 Laboratorietests	9
4.3 Felttests	11
4.4 Prøvetagningsstrategi	11
4.5 Afvigelser	12
5. Resultater	12
5.1 Vejrforhold	12
5.2 Aerosolprøver	15
5.3 Nedbørsprøver	16
6. Vurdering af resultater	16
6.1 Sammensætning af PFAS i nedbørs- og aerosolprøver	16
6.2 Vurdering af PFAS i nedbør og aerosoler i forhold til vind og vejr	17
6.3 Vurdering af nedbørs- og aerosolprøver med højt indhold af PFAS	19
7. Opdateret konceptuel forståelse	20
8. Referencer	21

Bilagsfortegnelse

- Bilag 1.** Feltnoter
Bilag 2. Analyserapporter
Bilag 3. Fordeling af PFAS i nedbørs- og aerosolprøver

Sagsbehandler



Maria Fisker
Civilingeniør

Kvalitetskontrol



Claus Larsen
Civilingeniør

1. Registreringsblad

Samarbejdspartner	Region Syddanmark og Aarhus Universitet DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi (AU-DCE)
DMR-sagsnr.	2024-3186
Adresse	Kirkevejen 79, Rindby Strand, 6720 Fanø
Matrikelnr.	26br Rindby By, Nordby
Grundareal	885 m ²
Nuværende anvendelse	Offentlig toiletbygning
Grundejer	Fanø Kommune Skolevej 5 6720 Fanø

Sagsbehandler v/DMR A/S	Maria Fisker
Projektdeltagere v/DMR A/S	Poul Larsen, Søren Bastholm Olesen, Hans-Erik Petersen, Tonny Jensen
Kvalitetskontrol v/DMR A/S	Claus Larsen
Sagsbehandler v/Region Syddanmark	Niels Søndergaard Jørgensen

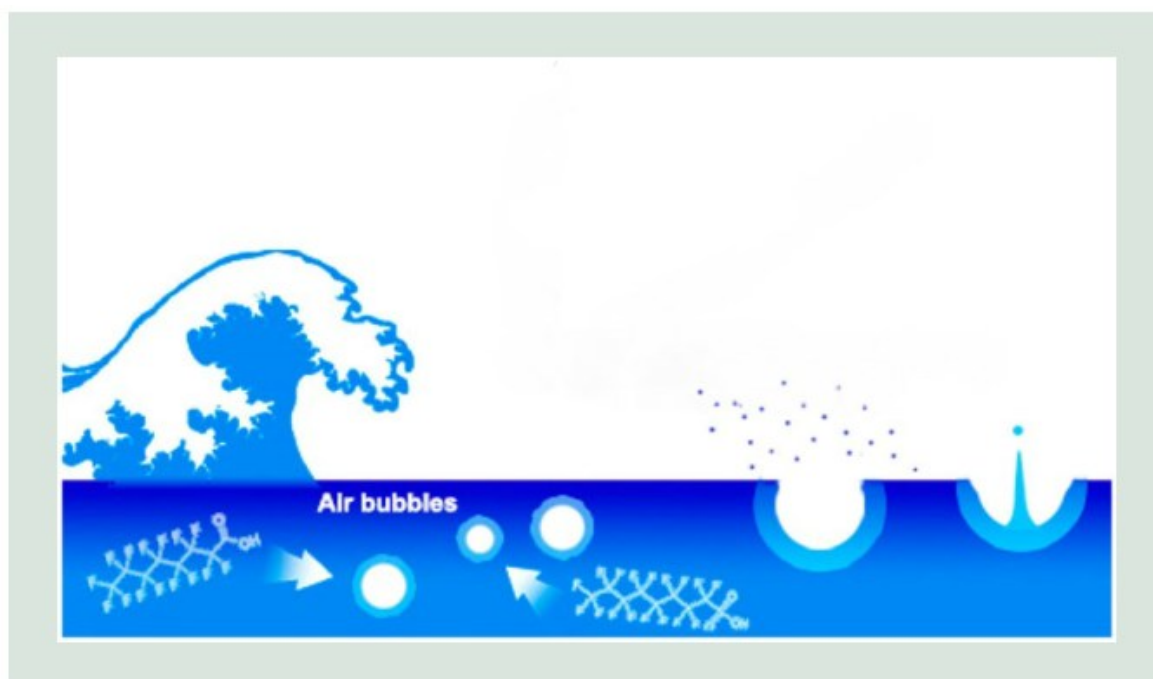
Kortlægningsstatus	Ikke kortlagt
Områdeklassificering	Beliggende udenfor områdeklassificeringen.
Grundvandsinteresser	Beliggende udenfor område med særlige drikkevandsinteresser (OSD) og uden for indvindingsopland til almen vandforsyning
Overfladevand	Beliggende ved nedkørslen til Rindby Strand ca. 50 m øst for strandarealet ved Nordsøen

Analyselaboratorium	ALS Environmental A/S og AU-DCE
----------------------------	---------------------------------

2. Indledning

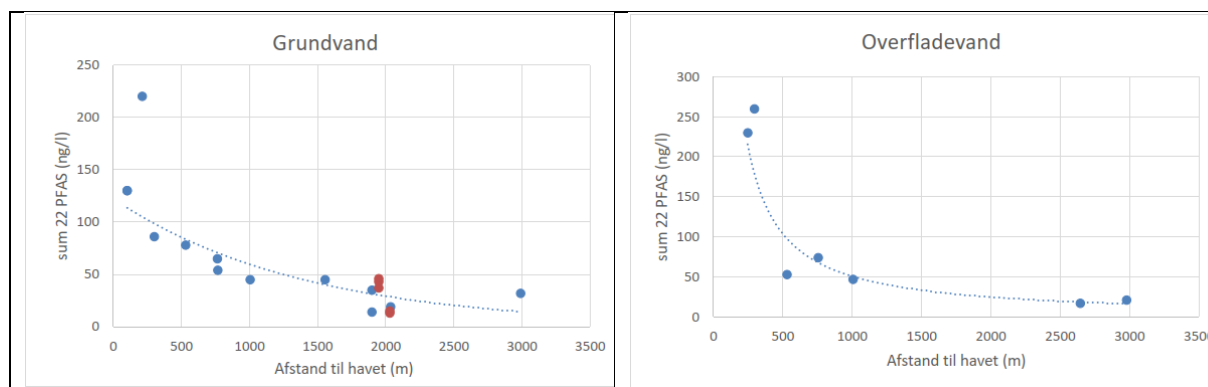
2.1 Baggrund

PFAS i grundvandet er et problem på en række danske vandværker, herunder på Fanø. Flere steder langs vestkysten er det vurderet, at det skyldes diffus forurening fra PFAS-holdigt havskum, der blæser ind over kysten og nedsiver til grundvandet. Danske og udenlandske undersøgelser af skummet viser indhold af PFAS22 på op til >100.000 ng/l. De høje indhold af PFAS skyldes, at PFAS som følge af elektrostatisk sorption, akkumuleres i grænsefladen mellem luft og vand på havoverfladen. Ved bølgeprocesser dannes luftbobler, som stiger til overfladen, hvor disse kan bryde og danne aerosoler/Sea Spray Aerosols (SSA), som er luftbårne partikler. Disse aerosoler dannes typisk ved vindhastigheder over 3-4 m/s og hyppigt ved vindhastigheder over 7-10 m/s. Luftboblerne kan også blive i havoverfladen, og samles til havskum. PFAS kan opkoncentreres i luft/vand-grænsefladen i såvel aerosoler som i havskum. Denne egenskab adskiller PFAS fra de fleste andre forureningsstoffer. /1/



Figur 2.1: Konceptuel skitsering af PFAS-ophobning og frigivelse ved havoverfladen. /1/

PFAS-holdigt havskum og aerosoler blæser undertiden ind over land og ses både langs kysterne og længere inde på land, hvor det potentielt kan forurene terrænnært grundvand og overfladevand. Fænomenet er tidligere undersøgt indirekte for Region Syddanmark på Fanø. Her blev der påvist faldende PFAS-indhold i grundvand og overfladevand med stigende afstand fra kysten. Resultaterne er gengivet på figur 2.2.



Figur 2.2: Indhold af PFAS22 (ng/l) i grundvand (til venstre) og overfladevand (til højre) i transekt fra vest mod øst på Fanø med afstanden fra havet /2/. De røde punkter markerer prøver der tidligere er udtaget i forbindelse med en indledende forureningsundersøgelse for Region Syddanmark /3/.

Som det fremgår af figur 2.2, er der en entydig tendens til aftagende indhold af PFAS22 i både overfladevand og grundvand desto længere prøven er taget fra den vestvendte kyst på Fanø. Da der ikke var andre kilder i området, hvor prøverne blev udtaget, der kunne forklare de konstaterede indhold af PFAS blev det vurderet, at indholdet af PFAS i grundvand og overfladevand kunne relateres til spredning fra havet via havskum. Undersøgelserne omfattede dog ikke direkte målinger af den faktiske spredning af PFAS bundet i aerosoler, og man kender derfor ikke koncentrationen af PFAS i luften under spredningen (primært bundet i aerosoler).

AU-DCE publicerede i 2024 en rapport, der for første gang beskrev danske udeluftmålinger af PFAS /4/. Der blev foretaget i alt ni målinger med en enkelt målestation placeret på Forskningscenter Risø ved Roskilde i perioden oktober 2023 til februar 2024. Hver måling foregik over ca. 14 dage ved aktiv opsamling af ca. 800 m³ luft (ca. 2,5 m³/timen) på en opbygget prøvetager, jf. figur 2.3.

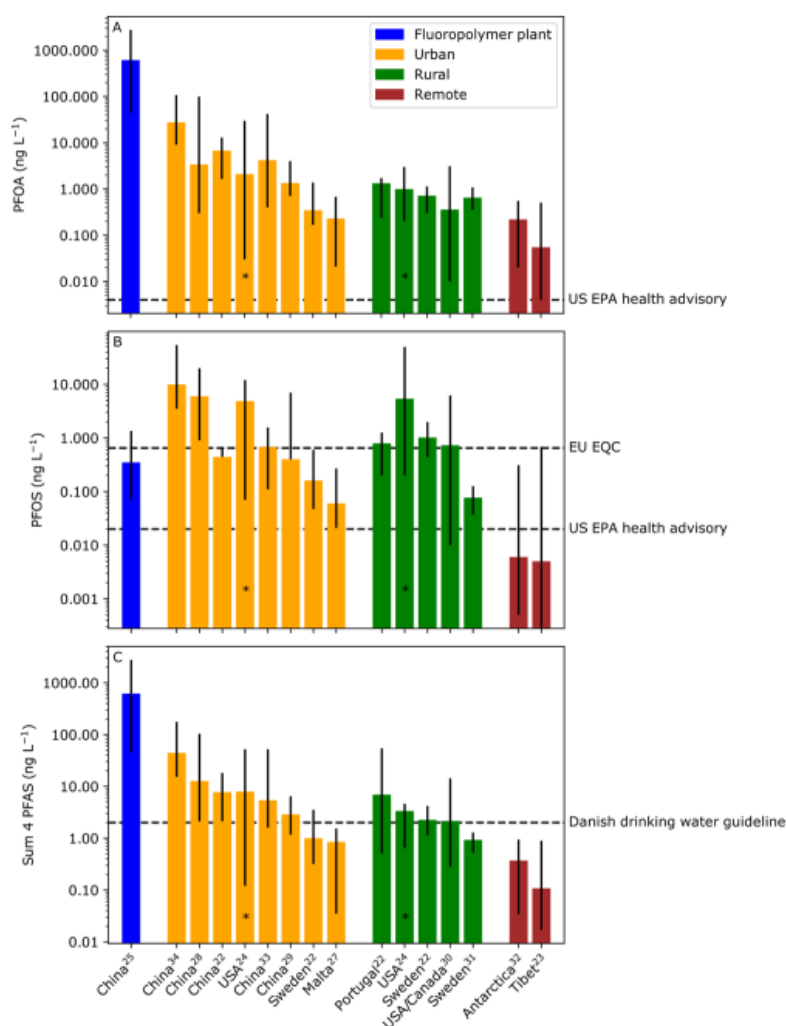


Figur 2.3: Prøvetager til aerosolprøvetagning anvendt i AU-DCE's projekt ved Risø. /4/

Luftprøverne blev analyseret for otte udvalgte PFAS (ingen af dem indgår i PFAS22), hvoraf fem blev påvist med indhold på 0,0007-0,015 ng/m³. Sideløbende blev der opsamlet nedbørsprøver, hvor kemisk analyse påviste 23 ud af de 35 PFAS, der blev analyseret for. Det samlede indhold af PFAS i nedbørsprøverne var ca. 3 ng/l. Selvom der kun blev målt et enkelt sted, bekræfter undersøgelsen, at visse PFAS findes som diffus forurening i atmosfæren. Koncentrationerne forventes dog at være højere i områder langs kysten, som kan være påvirket af havskum og aerosoler.

Ved tidligere undersøgelser af PFAS i aerosoler ved vestvendte kyster, i f.eks. Belgien, er der konstateret indhold af PFAS4 på op til 0,105 ng/m³ i industrielt påvirkede kystområder, og op til 0,001 ng/m³ målt på en lokalitet, som vurderes at repræsentere et baggrundsniveau. /10/

For nedbør er der i AU-DCE's undersøgelse beskrevet i /4/ konstateret indhold af 23 ud af 35 udvalgte PFAS på op til 3,3 ng/L. Der er ikke umiddelbart analyseret nedbørsprøver udtaget ved vestvendte kyster i Danmark. I /11/ er der beskrevet niveauer af PFAS i nedbør i flere lande, jf. figur 2.4, hvor det ses, at niveauet af PFAS4 er højst i nedbør i de lande, der har produktion af PFAS (f.eks. Kina), men der er også målt høje niveauer i f.eks. Portugal og USA.



Figur 2.4: Indhold af (A) PFOA, (B) PFOS og (C) PFAS4 i nedbør opsamlet i flere lande siden 2010. Blå: Tæt på fabrik med produktion af PFAS, Gul: Urbant område, Grøn: Landområde, Rød: Øde område. /11/

2.2 Formål

Indeværende udviklingsprojekt har haft følgende formål:

1. Afprøvning af AU-DCE's metode til udtagning af aerosolprøver ved vestkysten, hvor havskum og aerosoler vurderes at medføre spredning af PFAS over land.
2. På baggrund af resultaterne af aerosolprøver, vurderes sammenhængen med vind- og vejrforhold. Desuden sammenlignes med analyser af nedbørsprøver opsamlet i måleperioden.
3. Der udarbejdes en opdateret konceptuel model for spredningen af PFAS via aerosoler. Her inddrages den nyeste litteratur, hvor der siden PFAS-håndbogen fra 2022 /6/ er udført en række relevante studier.
4. Afslutningsvist opstilles anbefalinger til, hvordan den nye viden kan inddrages af regionen og andre myndigheder ved risikovurderinger for drikkevand og natur, der kan være påvirket af diffus forurening fra havområder.

3. Valg af projektlokalitet

I forbindelse med valg af projektlokalitet til afprøvning af AU-DCE's metode til prøvetagning af aerosoler, blev der taget udgangspunkt i Fanø, da der i forvejen lå en del resultater af bl.a. havskum, overfladevand og terrænnært grundvand fra /2/, og at det hermed ville være muligt at supplere den konceptuelle forståelse af spredning af PFAS fra havet ind over land. I den udvidede projektbeskrivelse /7/ var der lagt op til at udtage hhv. aerosol- og nedbørsprøver på tre projektlokaliteter på den vestvendte kyst af Fanø, hvor der på hver lokalitet skulle udtages tre sammenhørende prøver af hhv. aerosoler og nedbør.

Indledningsvist blev der søgt efter projektlokaliteter på den vestvendte kyst på Fanø, da hypotesen var, at spredningen af PFAS fra havet var størst på de vestvendte kyster, der vender ud mod Nordsøen. Offentligt ejede lokaliteter blev foretrukket, så evt. fund af PFAS ikke ville afstedkomme udfordringer for private lodsejere. Herudover måtte der ikke være kortlagte lokaliteter i umiddelbar nærhed af projektlokaliteten, så risikoen for evt. falsk-positive resultater fra evt. forurening med PFAS herfra, kunne elimineres. Det var desuden et krav, at der skulle være strøm tilgængeligt på projektlokaliteten for at kunne drive pumpen til prøvetagning af aerosoler. Forudgående accept vedr. opstilling af prøvetageren fra den offentlige lodsejer var også et krav.

Efter afsøgning af mulige projektlokaliteter på Fanøs vestkyst, stod det på baggrund af ovenstående krav, hurtigt klart, at mulighederne for valg af flere projektlokaliteter var begrænsede. Det blev derfor aftalt at afvige fra udgangspunktet i den udvidede projektbeskrivelse, og kun fokusere på én enkelt projektlokalitet, hvorpå der skulle udtages ni sammenhørende aerosol- og nedbørsprøver under forskellige vejrforhold. Som projektlokalitet blev derfor valgt et område nær en offentlig toiletbygning på Rindby Strand på Fanø, jf. figur 3.1, hvor alle ovenstående krav til projektlokaliteten kunne opfyldes.



Figur 3.1: Placering af projektlokalitet på Fanø, Rindby Strand.

4. Udførte undersøgelser/aktiviteter

4.1 Opbygning af prøvetager

Indledningsvist blev prøvetagningsenheden til opsamling af aerosolprøver opbygget hos DMR. Der blev taget udgangspunkt i designet af AU-DCE's prøvetager, som blev anvendt i /4/. Prøvetagningsenheden blev optimeret med en monteret vejrstation, til måling af de lokale vejrforhold, såsom vindhastighed, vindretning og nedbørsmængder lokalt på projektlokaliteten. Vejrstationens data kunne følges online på DMR's Cloudplatform, så det var muligt at udtrække lokale vejrdato til brug i forbindelse med databehandlingen.

Pumpen til prøvetagning af aerosoler, blev monteret med en on/off-switch, hvilket muliggjorde at fjernstyre pumpen, så prøvetagningen kunne igangsættes under de rigtige vejrforhold uden at være afhængige af tilstedeværelsen af en tekniker.

Herudover blev der indledningsvist monteret en flowmåler til kontinuert måling af luftflow under prøvetagningen. Selve aerosolprøverne opsamles på et kvartsfiberfilter, der holdes på plads af en specielt designet filterholder, der er udlånt af AU-DCE til projektet, jf. figur 4.1.



Figur 4.1: Til venstre: Kvartsfiberfilter til opsamling af aerosolprøve. Til højre: Filterholder til kvartsfiberfilter.

Til opsamling af nedbørsprøven blev der anvendt en flaske af polypropylen. Denne type flaske er testet for afsmittning af PFAS i forbindelse med et tidligere teknologiudviklingsprojekt for Miljøstyrelsen /8/, og vurderes på baggrund heraf at være "godkendt" til opsamling af prøvemedia til analyse for PFAS.

Indledningsvist var der desuden monteret en tragt af rustfrit stål til opsamling af nedbørsprøven. Denne blev dog forkastet efter udførelse af afsmittningsforsøg, da der blev truffet indikationer på mindre afsmittning af PFAS fra tragten, jf. afsnit 4.2.

Den færdige prøvetagningsenhed, inkl. prøveflaske til opsamling af nedbørsprøver, fremgår af figur 4.2.



Figur 4.2: Opbygget prøvetager opstillet i forbindelse med test hos DMR i Nørresundby.

4.2 Laboratorietests

Der er indledningsvist udført test i laboratoriet for afsmitning af PFAS fra de dele af prøvetagningsenheden, som har kontakt med enten aerosolprøve eller nedbørsprøve forud for prøvetagningen. Det drejer sig hhv. om skærmen, der skærmer for filtret, hvorpå aerosolprøven opsamles, og tragten, som skulle anvendes til opsamling af nedbørsprøven.

Som nævnt er opsamlingsflasken til nedbørsprøverne testet for afsmitning i forbindelse med et andet projekt /8/. Af figur 4.3 fremgår foto af hhv. skærmen og tragten inkl. flaske.



Figur 4.3: Til venstre: skærm over filterholder og filter. Til højre: opsamlingsflaske til nedbørsprøve og tragt.

De udførte afsmitningstests blev udført ved at nedsænke skærm og tragt i hanevand i 7 dage for at opnå et worst-case scenarie. Der blev efterfølgende udtaget en vandprøve fra hhv. skærm og tragt, samt en blindprøve af hanevandet, som blev sendt til analyse for PFAS22 hos ALS Environmental A/S. Analyseresultaterne fremgår af nedenstående tabel samt af analyserapporten i bilag 2.

	PFAS4, ng/l	PFAS22, ng/l
Skærm	0,48	0,48
Tragt	0,92	0,92
Blindprøve	i.p.	i.p.

Tabel 4.1: Indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i vand fra afsmitningstests af skærm og tragt.

Som det fremgår af ovenstående tabel, blev der målt en mindre afsmitning af PFAS fra både skærm og tragt. Indholdet af PFAS bestod udelukkende af PFOA.

Det blev efterfølgende besluttet at forkaste tragten i prøveopstilling til prøvetagning af nedbør, da denne har direkte kontakt med nedbørsprøverne, og dermed kunne bidrage til en direkte afsmitning af PFAS til nedbørsprøverne.

Selvom der blev målt en mindre afsmitning af PFAS fra skærmen, blev denne bevaret i prøveopstillingen, da denne bidrager til en mere indirekte kontakt med aerosoler. Det blev vurderet, at aerosolernes kontakt med skærmen var minimal forud for opsamling på prøvetagningsfiltret, og derfor blev skærmen bibeholdt som en del af prøveopstillingen.

4.3 Felttests

Forud for opstilling af prøvetagningsenheden på den udvalgte projektlokalitet, blev prøvetagningsenheden i foråret 2025 opstillet hos DMR til felttest, jf. figur 4.2.

Her blev det konstateret, at den monterede flowmåler ikke virkede tilfredsstillende, hvorfor den blev udtaget af prøveopstillingen. Det blev i stedet aftalt, at der skulle måles flow hhv. ved opstart af prøvetagning, under prøvetagning og med afslutning af prøvetagning.

Data fra feltmålinger af flow er vedlagt i bilag 1. Af figur 4.4 ses data fra DMR Cloud over hhv. vindhastighed og vindretning fra felttesten.



Figur 4.4: Øverst: Data for vindretning fra felttest. Nederst: Data for vindhastighed fra felttest.

Det blev ved felttesten konstateret, at pumpen og vejrstationen virkede tilfredsstillende, og prøvetagningsenheden vurderes derfor klar til opstilling på projektlokaliteten.

4.4 Prøvetagningsstrategi

Strategien for igangsætning af prøvetagningen har været at udtage en aerosolprøve med tilhørende nedbørsprøver under vejrforhold med vestenvind og moderat vindstyrke.

Aerosolprøvene blev udtaget på et kvartsfiberfilter via en pumpe med et luftflow på 2,5 m³/time. Det blev tilstræbt at prøvetage over ca. 48 timer, dels for at opnå en tilfredsstillende detektionsgrænse, dels for at få så præcist ensartet en vejsituation som muligt for den enkelte prøve. Efter endt prøvetagning blev kvartsfiberfiltrene sendt til kemisk analyse for PFAS22 hos AU-DCE.

Nedbørsprøverne er udtaget som en bulkprøve, hvor der er opsamlet både våd og tørdeposition. De tilhørende nedbørsprøver blev indsendt til kemisk analyse for PFAS22 hos ALS Environmental A/S.

Tabel 4.2 sammenfatter de udførte målerunder.

Målerunde nr.	Måleperiode – dato	Aerosolprøve udtaget	Nedbørsprøve udtaget
1	24. - 26. juni 2025	X	X
2	26. - 30. juni 2025	X	X
3	30. juni – 2. juli 2025	X	X
4	6. – 8. oktober 2025	X	X
5	8. – 13. oktober 2025	X	-
6	24. – 27. oktober 2025	X	X
7	27. – 31. oktober 2025	X	X
8	21. – 24. november 2025	X	X
9	14. - 15. december 2025	X	X

Tabel 4.2: Oversigt over datoer for målerunderne i projektet samt angivelse af hvilke prøver, der er udtaget under de enkelte målerunder.

4.5 Afvigelser

Ved udtagning af prøve 5 i oktober 2025 var det ikke muligt at udtage en tilhørende nedbørshændelse under prøvetagningen af aerosoler, da der ikke var en nedbørshændelse i forbindelse med prøvetagningen.

Oprindeligt blev prøve 5 udtaget som en ekstra prøve, blot til erfaringsopsamling, og som ikke var tiltænkt at skulle indgå i det endelige prøveantal, som det var besluttet at udtage på projektlokaliteten. Efter længere tids forsøg med at udtage den sidste aerosolprøve, hvor der først var en lang periode med østenvind i starten af 2026, og efterfølgende tekniske problemer med pumpen på prøvetageren, blev det besluttet at prøve 5 skulle indgå i det endelige prøveantal i stedet for at bruge yderligere kræfter på at forsøge at tage endnu en prøve.

Ved udtagning af de sidste aerosol- og nedbørsprøver (prøve 8 og 9) blev der anvendt data fra vejrstationen på Esbjerg Lufthavn samt Nordby, da den monterede vejrstation på prøvetagningsenheden ikke virkede. Derfor er der i disse datasæt for nedbør anvendt data for nedbør i mm, mens der i de foregående datasæt er anvendt data for nedbørsintensitet i mm/time.

5. Resultater

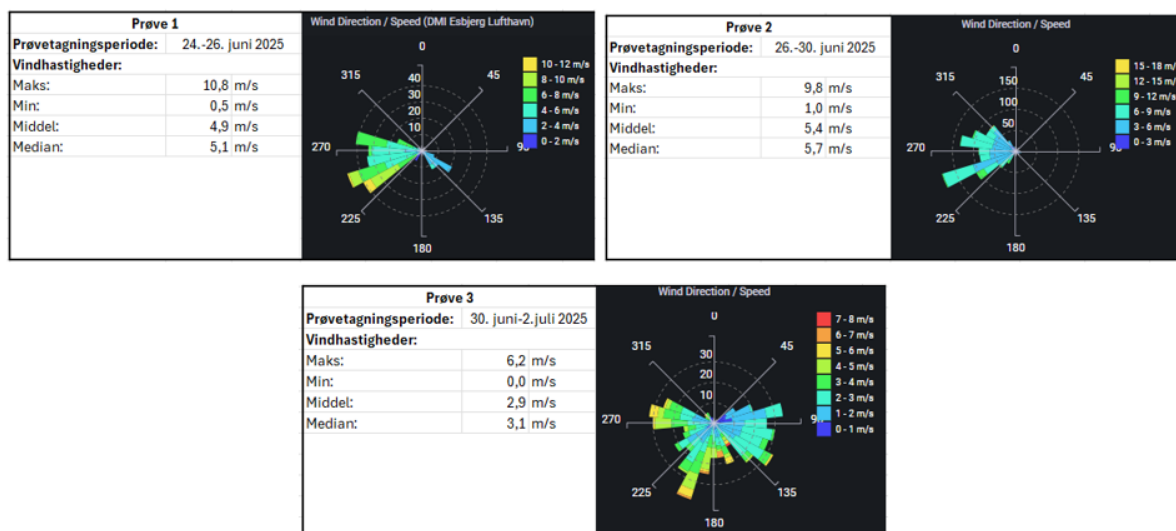
5.1 Vejrforhold

Af tabel 5.1 ses en sammenfatning af udvalgte vejrforholdsparmetre under de forskellige målerunder.

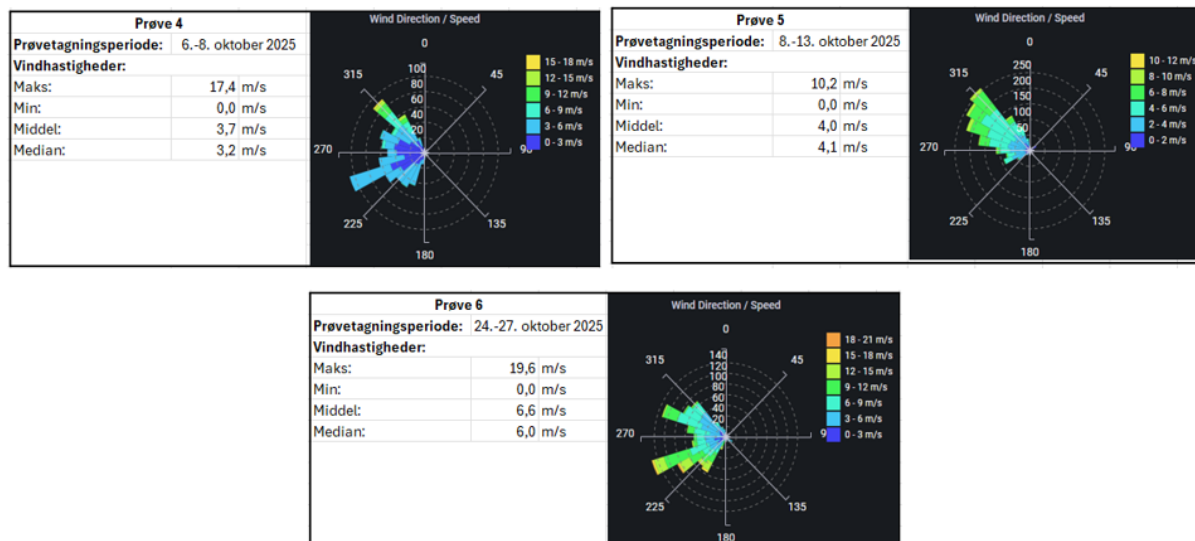
Prøve	Lufttryk	Vindhastighed	Højeste vindstød	Vindretning	Nedbørsmængde og intensitet
	hPa	m/s			mm (høj/moderat/lav)
1	1004-1010 (stigende)	3,4-10,1	19,1	Primært vestenvind	10,8 (Lav)
2	1010-1022 (stigende)	3,4-7,7	15,0	Primært vestenvind	6,1 (Høj)
3	1022-1013 (faldende)	3,2-3,9	11,6	Vekslede vind fra vest, syd og øst	0,4 (Høj)
4	1014,5-1018,5 (stigende)	4,1-7,0	22,6	Primært vestenvind	2,6 (Moderat)
5	1018,5-1027,2 (stigende)	4,1-7,8	16,7	Primært vest-nordvestenvind	2,6 (Lav)
6	981,5-989,6 (stigende)	6,6-9,5	24,9	Primært vestenvind	28,3 (Høj)
7	989,5-1010,8 (stigende)	5,4-6,6	19,7	Primært vestenvind	48,1 (Høj)
8	993,1-1020,5 (faldende)	0-9,8	17,2	Primært søndenvind	5,2 (Moderat)
9	1011,6-1017 (faldende)	2,1-10,3	17,7	Primært sydvestenvind	0,4 (Lav)

Tabel 5.1: Sammenfatning af vejrforhold under de enkelte målerunder. Der er angivet data for lufttryk, vindhastighed, højeste vindstød, vindretning, nedbørsmængde og intensitet. Nedbørsmængde er angivet som akkumuleret nedbørsmængde i måleperioden. Nedbørsintensitet er angivet som værende lav, moderat eller høj.

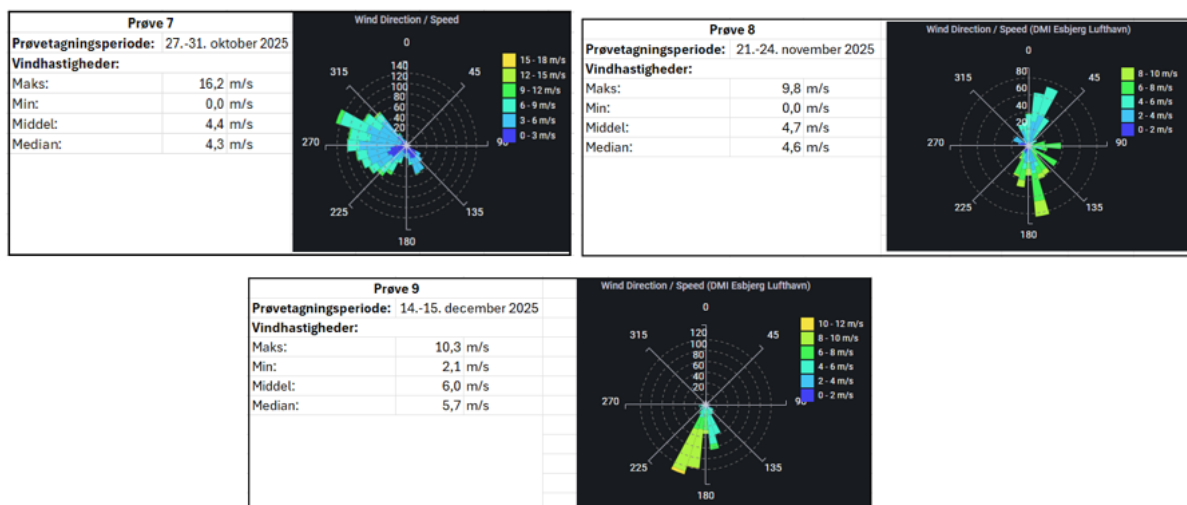
Som det ses af tabel 5.1, er aerosol- og nedbørsprøverne overvejende udtaget under vestlige vindhold. På figur 5.1, 5.2 og 5.3 er de enkelte målerunders vindforhold visualiseret.



Figur 5.1: Visualiserede vindforhold under prøvetagning af prøve 1, prøve 2 og prøve 3.



Figur 5.2: Visualiserede vindforhold under prøvetagning af prøve 4, prøve 5 og prøve 6.

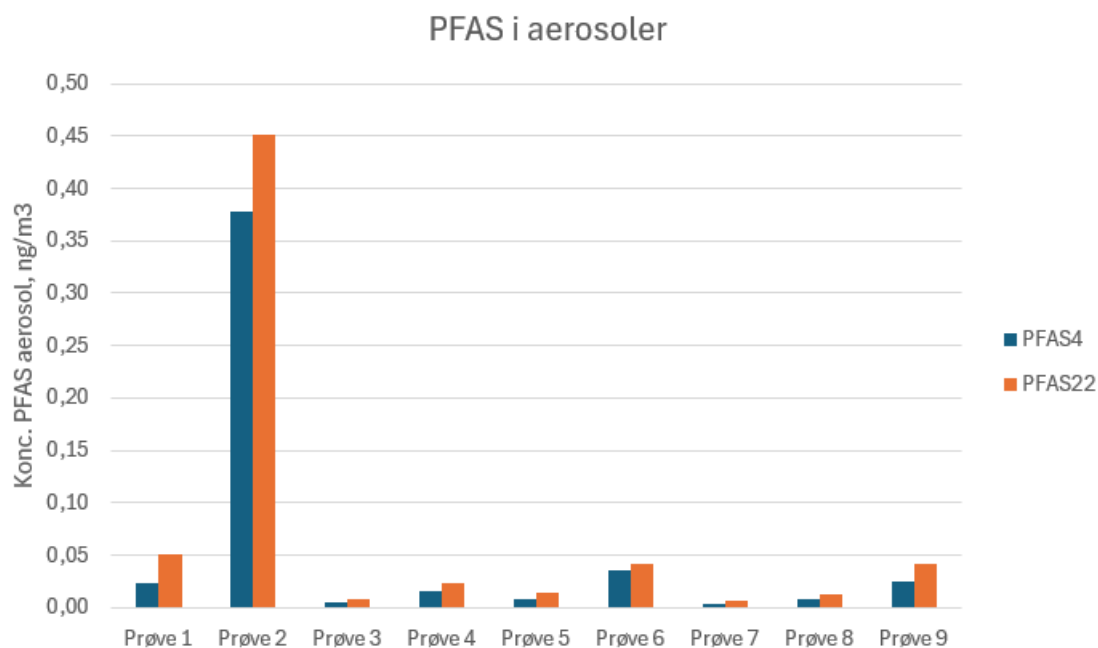


Figur 5.3: Visualiserede vindforhold under prøvetagning af prøve 7, prøve 8 og prøve 9.

Det bemærkes, at vindforholdene under prøvetagningen af prøve 8 og 9 ikke har været optimale i forhold til prøvetagningsstrategien om primært vestenvind. Under prøvetagning af prøve 8 er vinden kommet fra forskellige retninger, dog primært syd. Under prøvetagning af prøve 9 er vinden primært kommet fra sydvest.

5.2 Aerosolprøver

Nedenfor fremgår analyseresultater for indholdet af PFAS22 og PFAS4 i aerosolprøver ved de enkelte målerunder. Analyserapporter er vedlagt i bilag 2.



Figur 5.4: Analyseresultater for indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i de analyserede aerosolprøver.

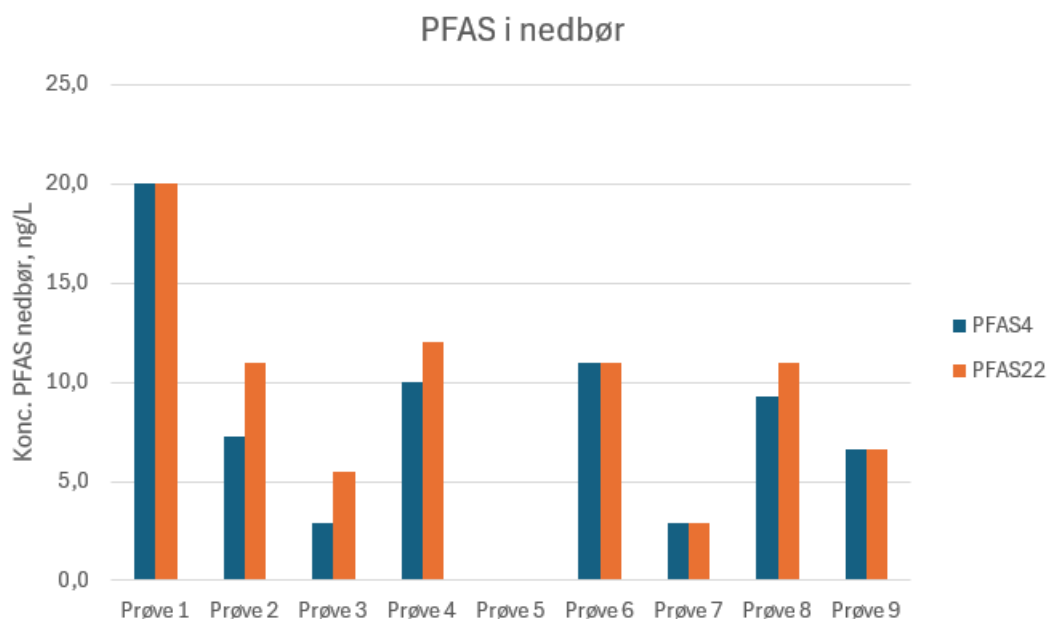
Som det fremgår af figur 5.4, er der konstateret indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i de analyserede aerosolprøver på 0,004-0,377 ng/m³ og 0,007-0,451 ng/m³. Af tabel 5.2 fremgår højeste og laveste indhold af PFAS i aerosolprøverne sammen med middel- og medianværdierne for hhv. PFAS4 og PFAS22. Højeste indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 er konstateret i prøve 2, som er udtaget fra d. 26. til d. 30. juni 2025.

	PFAS4, ng/m ³	PFAS22, ng/m ³
Maksimalindhold	0,377	0,451
Minimumsværdi	0,004	0,007
Middelværdi	0,056	0,072
Medianværdi	0,016	0,023

Tabel 5.2: Højeste, laveste, middel- og medianværdier for indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i aerosoler.

5.3 Nedbørsprøver

Nedenfor fremgår analyseresultater for indholdet af PFAS4 og PFAS22 i nedbørsprøver udtaget i forbindelse med de enkelte målerunder. Analyserapporter er vedlagt i bilag 2.



Figur 5.5: Analyseresultater for indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i de analyserede nedbørsprøver.

Som det fremgår af figur 5.5, er der konstateret indhold af PFAS i de analyserede nedbørsprøver på hhv. 2,9-20 ng/l for såvel PFAS4 som PFAS22. Af tabel 5.3 fremgår højeste og laveste indhold af PFAS i nedbørsprøverne sammen med middel- og medianværdierne for hhv. PFAS4 og PFAS22. Højeste indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i nedbør er konstateret i prøve 1, som er udtaget fra d. 26. til d. 30. juni 2025.

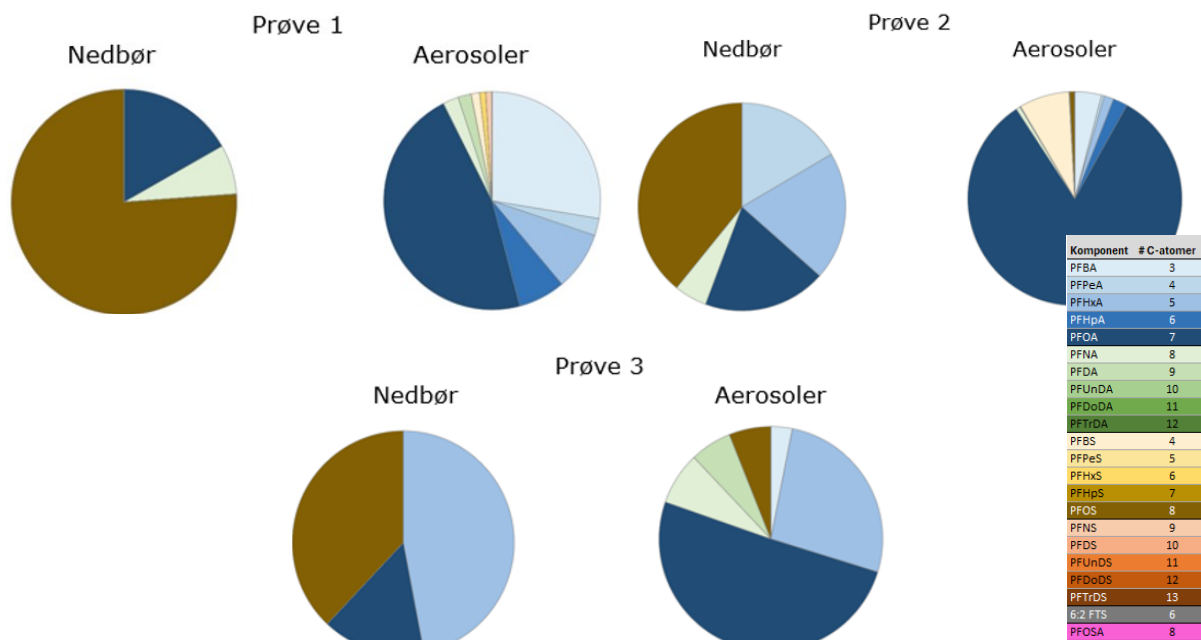
	PFAS4, ng/l	PFAS22, ng/l
Maksimalindhold	20	20
Minimumsværdi	2,9	2,9
Middelværdi	8,8	10
Medianværdi	8,3	11

Tabel 5.3: Højeste, laveste, middel- og medianværdier for indhold af hhv. PFAS4 og PFAS22 i nedbør.

6. Vurdering af resultater

6.1 Sammensætning af PFAS i nedbørs- og aerosolprøver

Sammensætningen af PFAS i alle analyserede nedbørs- og aerosolprøver fremgår af bilag 3 og analyserapporterne i bilag 2. Som eksempel er PFAS-sammensætning for prøve 1, 2 og 3 angivet i figur 6.1. Fordelingen er angivet for de 22 PFAS, som indgår i Miljøstyrelsens kvalitetskriterier. Der er taget udgangspunkt i samme farveskala, som anvendes i fasefordelingsværktøjet PFASen /9/, som er udviklet af DMR for Region Hovedstaden i samarbejde med DTU Sustain.



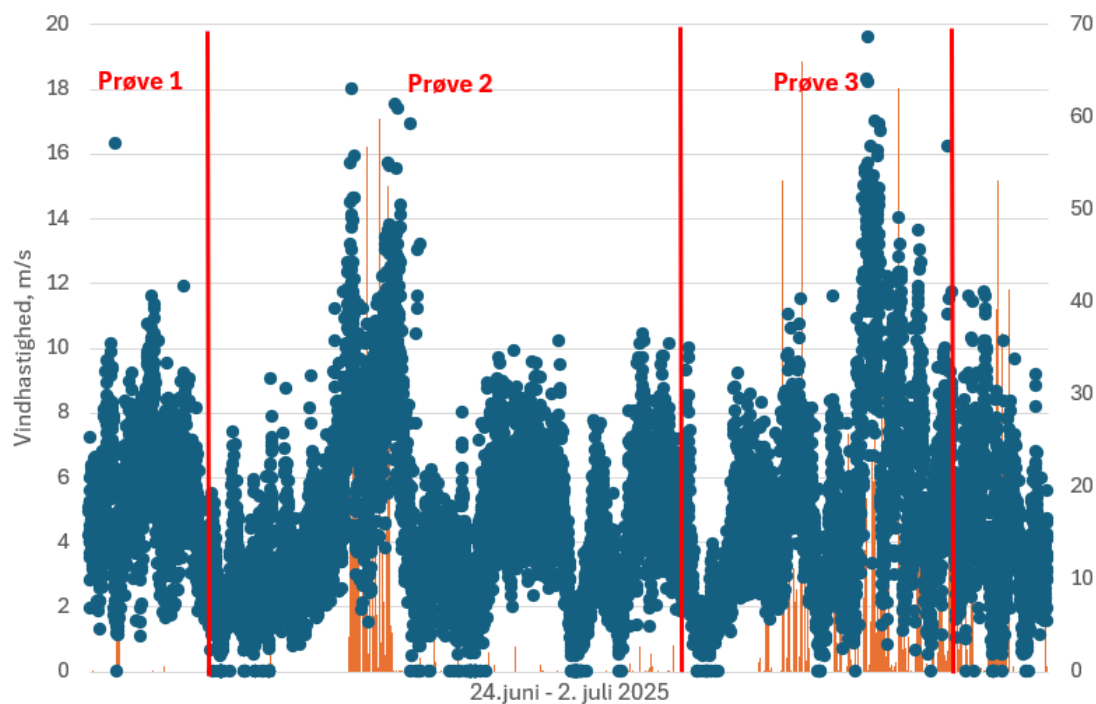
Figur 6.1: Sammensætning af PFAS i nedbørs- og aerosolprøverne 1, 2 og 3. Data for de resterende prøver er angivet i bilag 3.

Generelt for sammensætning af PFAS i de analyserede nedbørs- og aerosolprøver, er der en tendens til, at PFAS-indholdet primært udgøres af PFOS i nedbørsprøverne og PFOA i aerosolprøverne. Der er dog i bl.a. prøve 1 konstateret indhold af en del flere PFAS i aerosolprøven, dog primært de kortkædede PFAS. Der ses ikke indhold af PFAS med kædelængder længere end hhv. syv C-atomer for carboxylsyrerne og otte C-atomer for sulfonsyrerne.

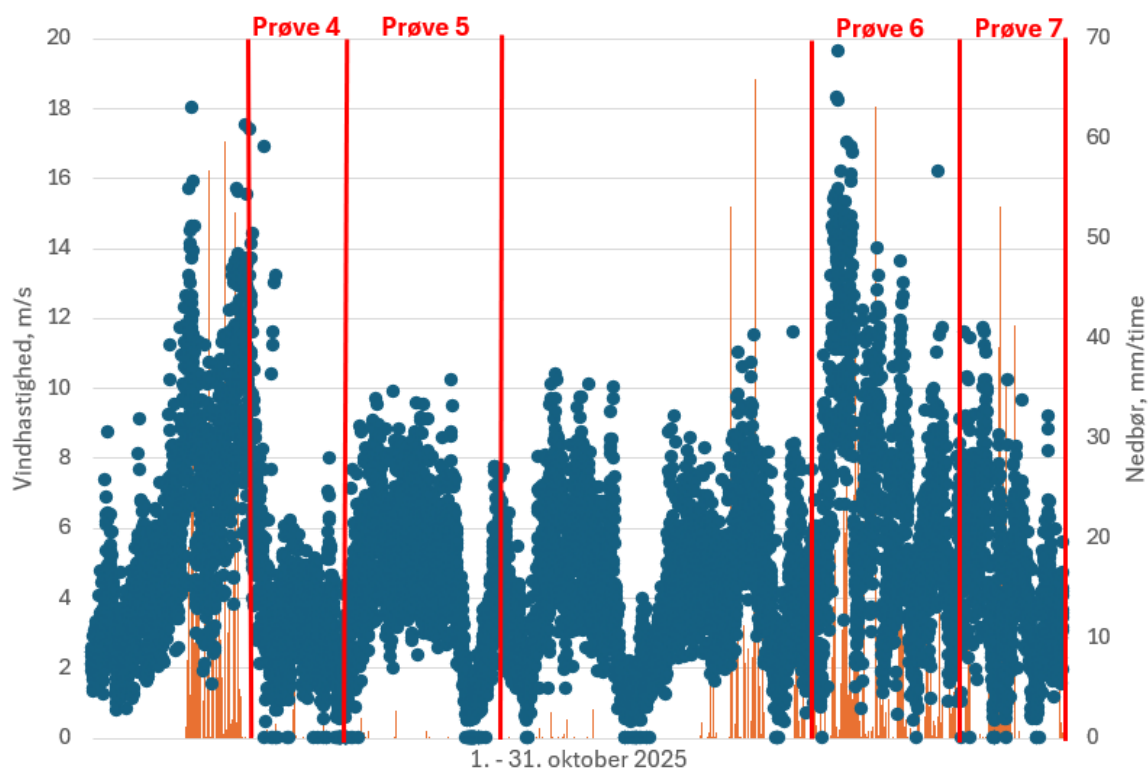
Der ses desuden indikationer på en større variation i indholdet af PFAS i aerosolprøverne, hvor der i nedbørsprøverne generelt konstateres færre PFAS.

6.2 Vurdering af PFAS i nedbør og aerosoler i forhold til vind og vej

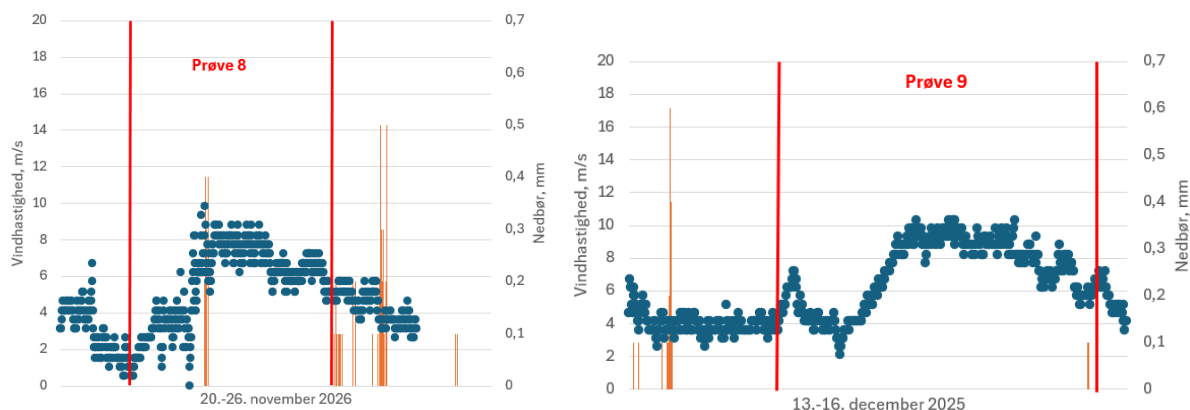
Dannelse af aerosoler og spredning af PFAS fra havet via disse ind over land, er afhængig af en vis vindhastighed, jf. afsnit 2.1. I figur 6.2-6.4 er vindhastighed og nedbørsmængder angivet under udtagning af de forskellige nedbørs- og aerosolprøver.



Figur 6.2: Vindhastighed og nedbør under prøvetagning af prøve 1-3. Blå prikker er data for vindhastighed og orange søjler er data for nedbørsintensitet i mm/t.



Figur 6.3: Vindhastighed og nedbør under prøvetagning af prøve 4-7. Blå prikker er data for vindhastighed og orange søjler er data for nedbørsintensitet i mm/t.



Figur 6.4: Vindhastighed og nedbør under prøvetagning af prøve 8-9. Blå prikker er data for vindhastighed og orange søjler er data for nedbør i mm.

Der ses en indikation på, at der i de nedbørs- og aerosolprøver, der er udtaget under mere direkte vestenvind, er et højere indhold af PFAS end de nedbørs- og aerosolprøver, som er udtaget under skiftende vindretning eller vindretning fra andre retninger.

Herudover ses der en indikation på, at der ved højere vindhastigheder ses en større andel af PFOA i aerosolprøverne, som f.eks. i aerosolprøve 6, hvor der under prøvetagningsperioden er målt de højeste vindstød under direkte vestenvind.

Der ses ikke umiddelbart nogen sammenhæng mellem indholdet af PFAS i nedbørs- og aerosolprøver og nedbørsintensiteten eller nedbørsmængderne op til og under prøvetagningen.

6.3 Vurdering af nedbørs- og aerosolprøver med højt indhold af PFAS

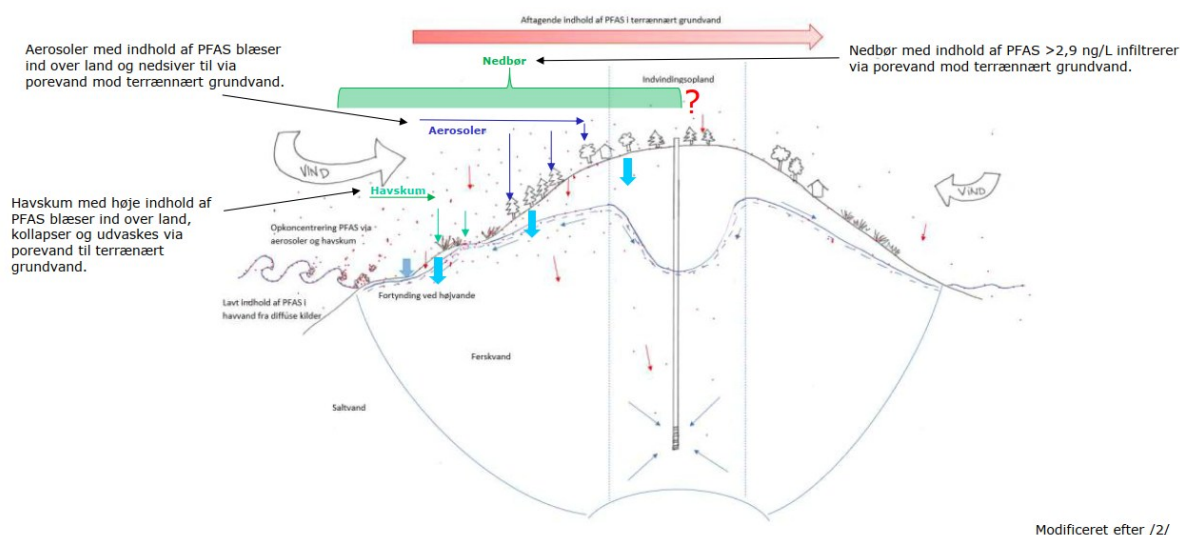
I nedbørsprøve 1 er der konstateret et indhold af PFAS22 på 20 ng/l, hvilket er ca. 2 gange indholdet i det andet højeste indhold konstateret i de analyserede nedbørsprøver. Prøve 1 er udtaget i juni 2025 efter en relativ tør periode. I starten af prøvetagningen kom der en del kraftig nedbør. Herudover synes der ikke at være andre faktorer i de registrerede vejrforhold, som kan forklare det forhøjede indhold af PFAS i nedbørsprøven.

I aerosolprøve 2 er der konstateret indhold af PFAS22, hvilket svarer til ca. 10 gange det andet højeste indhold konstateret i de analyserede aerosolprøver. Prøve 2 er udtaget i slutningen af juni 2025 efter en relativt tør periode, hvor der umiddelbart inden og under prøvetagning ses en relativt kraftig nedbørshændelse. Herudover ses der mere direkte vestenvind under prøvetagningen af prøve 2 end under prøvetagningen af de resterende prøver, jf. figur 5.1-5.3. I perioden op til prøvetagning af prøve 2, har vindretningen også været primært fra vest.

Det vurderes på baggrund af ovenstående sandsynligt, at den udtagne nedbørsprøve 1 og aerosolprøve 2 er retvisende. Et større datasæt ville formentlig vise flere indikationer på tilsvarende forhøjede indhold af PFAS i såvel aerosoler og nedbør (som i nedbørsprøve 1 og aerosolprøve 2).

7. Opdateret konceptuel forståelse

De senere år er der kommet et øget fokus på spredning af PFAS fra havet, specielt ved de vestvendte kyster. Der er fremkommet øget viden om indhold af PFAS i bl.a. havskum, som kan bidrage til forurening med PFAS af det førstkomende grundvandsmagasin, som ved vestvendte kyster oftest også er her der indvindes grundvand til drikkevandsforsyningen. Den ny viden om indhold af PFAS i aerosoler ved vestvendte kyster i denne undersøgelse har sammen med tidligere udførte undersøgelser af indhold af havskum og sammenhængen med indhold af PFAS i førstkomende grundvandsmagasin og overfladevand med afstanden fra kysten, bidraget til en opdateret konceptuel forståelse af spredning af PFAS til miljøet. Dette er visualiseret i figur 7.1.



Figur 7.1: Opdateret konceptuel forståelse af spredning af PFAS fra havet.

Af figur 7.1 fremgår, at der i forbindelse med bl.a. risikovurderinger på vestvendte lokaliteter, skal tages flere parametre i betragtning. Fra tidligere undersøgelser står det klart, at der sker en spredning af PFAS opkoncentreret i havskum, som blæser ind over kysten, kolliderer og nedsiver via porevandet til grundvandet. Herudover er der et betydeligt bidrag af PFAS spredt via aerosoler ind over land. PFAS spredt via aerosoler ses som minimum ved moderat vestenvind og højere vindhastigheder, men også under roligere vindforhold fra andre retninger kan der være betydeligt indhold af aerosoler med PFAS, som kan spredes ind over land.

Desuden er der et diffust bidrag af PFAS fra nedbør, som umiddelbart vurderes at være højere ved vestvendte kyster i forhold til undersøgelser udført inde i landet, som eks. målt i forbindelse med undersøgelsen i Risø, hvor der er konstateret et mindre indhold af PFAS i nedbøren end ved vestkysten ved indeværende undersøgelse.

Alt i alt må der formodes at være en relativt stor flux af PFAS ind over land fra havet ved vestvendte kyster, som skal tages i betragtning i forbindelse med risikovurderinger ift. grundvand. Dog kan belastningen fra havet ikke kvantificeres på baggrund af dette projekt, da der stadig er mange parametre, som kan have betydning for spredning af PFAS fra havet, som ikke er undersøgt, herunder undersøgelse af havstrømme, temperaturer over havet og over land m.v.

Et større datasæt ville også kunne bidrage til et øget vidensniveau omkring belastningen med PFAS fra havet, ligesom målinger af PFAS i aerosoler i flere afstande fra havet ville kunne bidrage hertil.

8. Referencer

- /1/ Niras A/S, 2025. PFAS-påvirkning fra hav til land Del 1. Teknologiprogrammet for jord- og grundvandsforurening, Miljøprojekt nr. 2307. August 2025.
- /2/ NIRAS A/S, 2023. Undersøgelser af kystnær PFAS-forurening af jord- og grundvand, Den Syddanske Udviklingspulje, Journal nr. 22/52316. Oktober 2023.
- /3/ Region Syddanmark, 2022. Planteskole - Postevejen 40 6720 Fanø, Indledende Forureningsundersøgelse – Teknisk rapport. September 2022
- /4/ Aarhus Universitet – Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE), 2024. Målinger af PFAS i luft og nedbør. Teknisk rapport nr. 313, 2024.
- /5/ Miljøstyrelsen, 2021. Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. Juli, 2021.
- /6/ Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer, 2022. Håndbog om undersøgelse og afværge af forurening med PFAS-forbindelser, Teknik og Administration, nr. 1, 2022.
- /7/ Udvidet projektbeskrivelse SUP PFAS i luft
- /8/ Miljøprojekt nr. 2294, februar 2025
- /9/ Fasefordelingsværktøjet PFASen: <https://www.regionh.dk/til-fagfolk/klima-og-mil-joe/jordforurening/innovation-og-videndeling/sider/default.aspx>
- /10/ PFAS in zeewater en zeechuim EINDRAPPORT, Studie uitgevoerd in opdracht van: Agenschap Zorg Gezondheid; VITO: Katleen De Bruewere, Johan Gemoets, Griet Jacobs, Stefan Voorspoels; Referentie: 2022/SCT/R/2837, Januari 2023
- /11/ Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS); Ian T. Cousins, Jana H. Johansson, Matthew E. Salter, Bo Sha and Martin Sheriner, Environ. Sci. Technol. 2022, 56, 11172-11179