

AVINOR AS

TILTAKSPLAN FOR PFAS- FORURENSET GRUNN SOM FØLGE AV BRANNØVING

HAUGESUND LUFTHAVN



(Foto: Tom Tellefsen - forflytning av ODEX—rigg på BØFA, Haugesund lufthavn, november 2021)

Dokumentinformasjon

Tittel:	Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving – Haugesund lufthavn		
COWI-kontor:	Oslo		
Oppdrag nr:	A232698	Rapportnummer	RAP_A232698-011
Utgivelsesdato:	30. September 2022	Antall sider:	100
Tilgjengelighet:	Åpen	Antall vedlegg:	6
Utarbeidet:	Aud Helland, Tom Tellefsen, Arve Misund, Halvor Saunes og Eirik Fjeld (Fjeld & Vann AS)		
Kontrollert:	Arve Misund	Sign.	<i>Arve Misund</i>
Godkjent:	Stein B. Olsen	Sign.	<i>Stein B. Olsen</i>
Oppdragsgiver:	Avinor	Oppdragsgivers kontaktperson:	Asbjørn Rasdal
Stikkord:	PFAS – Forurensset grunn – Forurensset grunnvann – Resipient - Biota		
Versjon: UTKAST	06.06.2022	<i>Arve Misund</i>	
Versjon: 1.0	31.08.2022	<i>Arve Misund</i>	
Versjon: 2.0	12.09.2022	<i>Arve Misund</i>	
Versjon 3.0	30.09.2022	<i>Arve Misund</i>	

INNHold

Sammendrag	5
1 Innledning	7
1.1 Målsetting	7
1.2 Om Per- og polyfluoreerte forbindelser (PFAS)	7
1.3 Klassifisering av PFAS og grenseverdier	11
2 Haugesund lufthavn	14
2.1 Lokalisering	14
2.2 Grunnforhold og oppbygging	15
2.3 Dreneringssystem på lufthavna	16
2.4 Bruk av brannøvingsfelt og brannskum	18
2.5 Avrenningsforhold og resipient	23
2.6 Geologisk arv og naturmangfold	24
2.7 Friluftsliv	24
2.8 Kulturminner	25
3 Utførte undersøkelser	26
3.1 Tidligere utførte undersøkelser	26
3.2 Supplerende undersøkelser	29
4 Mengde PFAS i løsmasser	63
4.1 Mengder BØFA	63
4.2 Mengder BØFB	63
5 Spredningsvurdering BØFB	64
5.1 Nedbørsfelt	64
5.2 Nedbørsmengder	65
5.3 Dyp til fjell og utstrømningsområder	66
5.4 Løsmasser ved BØFB	69
5.5 Massenes hydrauliske egenskaper	71
5.6 Grunnvannsstrøm ut fra området	72
5.7 Spredning via OV-nett	72
5.8 Mengde vann i tiltaksområdet	73
5.9 Gjenværende PFAS i tiltaksområdet	73
6 Risikovurdering av PFAS-forurensningen ved lufthavnen	73
6.1 Menneskers helse	74
6.2 Økologi	76
6.3 Eksponering og risiko etter endt tiltak	76
6.4 Tiltakets påvirkning på geologisk arv og kulturminner	77
7 Tiltaksmetoder for fjerning av PFAS	77
7.1 Vannrensing	78
7.2 Jordvasking	78
7.3 Stabilisering	79

7.4	Barrierer	79
7.5	Isolering/innkapsling	80
7.6	Termisk behandling	80
7.7	Deponi	80
8	Vurdering av tiltak og anbefalinger	80
8.1	Null-alternativet	81
8.2	Innledende vannhåndtering	81
8.3	Rigg, drift og mellomlagring	82
8.4	Utgraving av forurensede masser med levering til godkjent mottak.	82
8.5	Håndtering av vann i tiltaksperioden	83
9	Kostnadsberegninger	87
9.1	Metodikk	87
9.2	Forutsetninger	89
9.3	Kost/effekt	90
10	Fremdrift	90
11	Overvåking	91
11.1	Basisundersøkelser	91
11.2	Under tiltak	91
11.3	Etter tiltak	91
12	Referanser	92

VEDLEGG

Vedlegg A - Borelogg med beskrivelse av prøvemateriale

Vedlegg B - Prøvetakingslogg for biota

Vedlegg C - PFAS-forbindelser til analyse av jord, vann og biota

Vedlegg D - Analyserapporter fra Eurofins

Vedlegg E – Faktaark om bruk av aktive barrierer

Vedlegg F – Rapport drikkevannsundersøkelse

Sammendrag

Sweco & COWI undersøkte grunnforurensning ved Haugesund lufthavn i 2012. I 2015 utført Norconsult oppfølgende undersøkelser, hvor innsamling og analyser av biota ble inkludert. Resultatene fra Avinors arbeider på Haugesund er oppsummert i rapporten om «Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner» (Norconsult, 2019) som ble oversendt Miljødirektoratet i 2019. Basert på dette mottok Avinor pålegg om supplerende undersøkelser på ti lufthavner, herunder Haugesund lufthavn, med forventning om pålegg om tiltaksplan for disse lufthavnene. Avinor mottok pålegg om utarbeidelse av tiltaksplan 16.09.2022

I 2021 ble COWI engasjert av Avinor til å utføre avgrensende undersøkelser av PFAS i grunnen ved BØFA (operativt brannøvingsfelt) og BØFB (nedlagt brannøvingsfelt), samt undersøkelser av spredning av PFAS via grunnvann og overvann fra lufthavnområdet til resipientene Visnesbukta og Kallstøbukta. I Visnesbukta ble det samlet inn strandbiota og fisk for analyse av PFAS.

Det ble registrert lavere konsentrasjoner av Σ PFAS og PFOS i jord ved BØFA enn foregående undersøkelser. Konsentrasjonene var lavere enn normverdien for PFOS i jord. Spredningen av PFAS fra BØFA vurderes derfor å være lav, tilsvarende som beregnet i de tidligere undersøkelsene. Det vurderes derfor ikke å være behov for tiltak ved BØFA.

Prøvetakingen i 2021 ved BØFB avgrenset PFAS-forurensningen vertikalt og horisontalt. Mengden Σ PFAS i jord med konsentrasjoner >30 , 150 og $500 \mu\text{g/kg}$ ble beregnet å utgjøre henholdsvis $13,8$, $13,7$ og $10,2 \text{ kg}$. Forurensningen foreligger i et areal tilsvarende henholdsvis 2666 , 1906 og 1167 m^2 . Forurensningen forekommer derfor i et relativt begrenset areal. Ved en tiltaksgrense på $150 \mu\text{g } \Sigma\text{PFAS /kg jord}$ fjernes ca 1200 m^3 mer masse enn ved en tiltaksgrense på $500 \Sigma\text{PFAS/kg jord}$. Samtidig fjernes $3,5 \text{ kg}$ mer ΣPFAS . Tilsvarende forskjell mellom tiltakrensene 150 og $30 \mu\text{g } \Sigma\text{PFAS/kg jord}$ er også ca 1200 m^3 masse mer, men denne inneholder $0,1 \text{ kg } \Sigma\text{PFAS}$. Størst gevinst per kg masse fjernet oppnås derfor ved en tiltaksgrense på $150 \mu\text{g } \Sigma\text{PFAS /kg}$.

Det er ingen overflateavrenning, bekker eller elver som renner ut fra BØFB. Spredningen skjer via grunnvann, all hovedsak gjennom grunnvann i løsmasser. Det er lite som tyder på spredning til grunnvann i fjell. Det ble påvist høye konsentrasjoner av ΣPFAS og PFOS i overvannskummen (KU1) nedstrøms BØFB, henholdsvis 2550 og 1750 ng/l ($n=2$). Det ble satt en ny grunnvannsbrønn (MB3) nedstrøms BØFB, her ble det målt $2300 \text{ ng } \Sigma\text{PFAS/l}$ og 1300 ng PFOS/l . Spredningen fra BØFB skjer via en sjakt (dal) mot øst og Visnesbukta. Det ble målt $114 \text{ ng } \Sigma\text{PFAS/l}$ og 93 ng PFOS/l sjøvann i Visnesbukta (gjennomsnitt, $n=2$) på fallende sjø, nedstrøms denne dalen. Spredningen av ΣPFAS fra BØFB er beregnet til 39 g/år via grunnvann og 76 g/år via OV-nettet.

Analyser av innsamlet biota viste at albuskjell fra Visnesbukta har forhøyede konsentrasjoner av PFAS, sammenlignet med referansestasjoner lenger mot nord langs kysten. Konsentrasjonen av PFAS i muskel av fisk (filet av berggylte) fra Visnesbukta lå på samme nivå som fisk fra referansestasjonen på Kvaløya. Konsentrasjonene overskrider ikke vannforskriftens EQS-verdi for PFOS i biota på $9,1 \text{ ng/g}$. Konsentrasjonen av PFAS i lever var imidlertid høyere i fisken fra Visnesbukta enn fra referansestasjonen.

Risikovurderingen basert på Miljødirektoratets nye veileder (2022) viser at det er akseptabel risiko ved å bade i Visnesbukta. Nærmeste drikkevannsbrønner ligger ca 1 km unna. Konsentrasjonene av ΣPFAS i brønnvannet er langt under EUs drikkevannsdirektiv på 100 ng/l

$\Sigma 20$ PFAS. Brønnene er løsbassebrønner som ikke står i hydraulisk kontakt med BØFB. Tiltak på BØFB vil derfor ikke ha noen innvirkning på forholdene i brønnene. Konsentrasjonene av Σ PFAS i ferskvannsforekomster i nærheten av lufthavnen (Grodvatn, Stogdalsvatnet og Isgardsvatnet) var godt under EUs drikkevannsdirektiv (100 ng/l $\Sigma 20$ PFAS) og ansees derfor ikke å utgjøre noen risiko for beitende dyr. Området benyttes ikke til annen type jordbruk. Det er ingen uakseptabel risiko forbundet med opphold på BØFB gitt gjennomsnittskonsentrasjonene av Σ PFAS i overflatejord. Beregninger viser at den største eksponeringen for PFOS fra Haugesund lufthavn skjer ved inntak av fisk fra Visnesbukta. Ved å benytte de målte verdier av PFOS i fiskefilet (berggylte) i risikoverktøyet viser beregningene en uakseptabel risiko for menneskers helse ved inntak av fisk fra Visnesbukta. I regneverktøyet er det antatt at en voksen person spiser 140 g fisk/dag. Maksimum overskridelse av MDTI før tiltak viser seg da å være 78 % for voksne, mens gjennomsnittskonsentrasjonene som er lagt inn i regnearket (jord, grunnvann, fisk) gir ingen overskridelse av MDTI for voksne, men 63 % overskridelse for barn. Etter tiltak, med en tiltaksgrense på 150 μg Σ PFAS/kg jord, kan det antas at gjenværende jordkonsentrasjon av PFOS på BØFB i gjennomsnitt er 15 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Dette gir akseptabel spredning av PFOS og ingen overskridelse av MDTI ved inntak av fisk fra Visnesbukta.

Siden forurensningen ved BØFB er konsentrert og godt avgrenset vertikalt og horisontalt anbefales utgraving av massene med levering til godkjent deponi. Fordelen fremfor andre in-situ metoder er at tiltaket har kort varighet (2 måneder) og kan utføres i 2023. Spredning til resipient skjer via grunnvann i løsmasser. Det bør utføres tiltak som i størst mulig grad hindrer vann i å renne fra nedbørsfeltet til anleggsområdet, samt å legge tiltaket til en tørr periode. Vannrensing anses ikke å være nødvendig. Jorda i vannmettet sone inneholder en del organisk materiale fra stedegen myr/torv, noe som binder PFAS i jorda. Siden grunnvannet har en definert spredningsvei ut av BØFB, en ca 10 m bred sjakt med fjell på begge sider og hvor dybden til fjell er 3 m, anbefales det å etablere en avskjærende grøft som tilsettes sand og kolloidalt aktivt karbon (ACA) for å rense sigevannet under tiltak, og i den mest kritiske perioden etter tiltak.

Kost/effekt-beregninger (kr/kg PFAS fjernet) viser at utgraving av masser med konsentrasjoner >150 μg Σ PFAS ikke er særlig større enn for masser med konsentrasjoner >500 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Det er imidlertid en større kostnad per kg fjernet masser med konsentrasjoner >30 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ved tiltaksgrense på >30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ fjernes det kun 0,1 kg PFAS mer enn ved tiltaksgrense på >150 $\mu\text{g}/\text{kg}$, med en beregnet merkostnad på ca. 5 mill kr. Det anbefales derfor at tiltaksgrensen settes til 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

1 Innledning

Avinor mottok pålegg fra Miljødirektoratet i mai 2020 om å utføre supplerende undersøkelser i jord, vann og biota med sikte på å kunne utarbeide tiltaksplaner for de aktuelle lufthavnene (Miljødirektoratet, 2020A).

Fristen for selve undersøkelsene var 1. januar 2022. Tidligere miljøundersøkelser på Haugesund lufthavn (Sweco & COWI, 2012, Norconsult, 2016 og Lufthavndrift, 2021) og de nye supplerende undersøkelsene, danner basis for tiltaksplanen med vurderingene av alternative tiltak. Risiko for spredning, helse og miljø og kostnader er vurdert for alternative tiltak. Kost/nytte-vurdering av tiltakene er sammeholdt med risikovurderingen og miljømål for lokaliteten som grunnlag for anbefaling om tiltaksgrenser (restforurensning i jord).

Den 16.09.2022 mottok Avinor varsel om pålegg fra Miljødirektoratet om å utarbeide tiltaksplaner for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved blant annet Haugesund lufthavn. Foreliggende dokument skal svare ut dette pålegget.

1.1 Målsetting

Miljødirektoratet har angitt følgende overordnede miljømål for Avinors lufthavner hvor det er påvist PFAS i grunnen:

- 1 PFAS-forurensningen skal ikke skade menneskers helse eller miljø.
- 2 Utslipp og spredning av PFOS og andre PFAS fra lufthavnene skal stanses eller reduseres, med mål om at de samlede utslippene av PFAS fra Avinors lufthavner skal reduseres så langt det lar seg gjøre.
- 3 Tiltakene skal ikke være til hinder for at vannforskriftens mål om god miljøtilstand i vannforekomster kan oppnås

Målet med de supplerende undersøkelsene har vært å avgrense forurensningen av PFAS-forbindelser ved det nedlagte brannøvingsfeltet (BØFB), avklare forurensningssituasjonen ved det aktive feltet (BØFA), samt undersøke om det finnes ukjente «hot spoter» på lufthavna og eventuelt lokalisere disse. For øvrig har det vært et mål å undersøke spredning av PFAS til sjø, og om pågående spredning gir forhøyede konsentrasjoner i biota og derved uakseptabel risiko for mennesker og økologi lokalt.

Det er mange kilder til PFAS, noe som vises i diffuse bakgrunnskonsentrasjoner i de fleste områder nasjonalt og internasjonalt. Tiltaks målet for Haugesund lufthavn er at PFAS-konsentrasjonene i stasjonære arter reduseres til et konsentrasjonsnivå som kan sammenlignes med referanseområdene. I tillegg at konsentrasjonene av PFOS i overflatevann i Visnesbukta tilfredsstiller tilstandsklasse II.

1.2 Om Per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS)

Generelt

Per- og polyfluoreerte alkylforbindelser er som oftest henvist til i flertallsform med akronymet PFAS. PFAS utgjør en stor gruppe syntetisk fremstilte fluorinerte karbonkjeder (alkylkjede) hvor karbonkjeden vanligvis ender i en såkalt funksjonell gruppe.

Den fluorinerte alkylkjeden er hydrofob, dvs. at den frastøtes og/eller løses dårlig i vann. Den funksjonelle gruppen i enden på PFAS-molekylet er vanligvis ladet eller ionisk, og det har hydrofile egenskaper, dvs. at denne delen av PFAS molekylet tiltrekkes og/eller løses i vann. PFAS-forbindelser er ut fra disse egenskapene ansett å være amifile overflatestoffer. Den hydrofile enden av molekylet vender inn mot vannfasen, mens den fluorerte hydrofobe karbonkjedet peker ut av vannfasen. Dette gjør at PFAS-forbindelser danner en vann- og fettavstøtende overflate når det benyttes som overflatebehandling på forskjellige produkter.

PFAS har blitt benyttet i en lang rekke produkter som brannslukningsskum (AFFF), vann-, og oljeavstøttende impregnering (eks. Gore-Tex), engangsprodukter til innpakning av frossen og varm mat (eksempelvis emballasje til pizza), skivoks/glidere, kosmetikk, anti-skumdannende produkter innenfor galvanisk industri og til produksjon av halvledermaterialer (ITRC, 2018a).

Forskjellige PFAS grupper og terminologi

Kjemikaliegruppen består av mer enn 5000 forskjellige PFAS-forbindelser, men ikke alle produseres eller er i daglig bruk. ITRC har laget en beskrivelse og oppsummering av den komplekse terminologien, samt de fysiske-kjemiske egenskapene for PFAS (ITRC, 2018b).

PFAS-forbindelser kan deles opp i to hovedkategorier – polymerer og ikke-polymerer, hvorav forbindelser i den siste gruppen er mest vanlig å finne i naturen. Funn av antall forbindelser, enkeltforbindelsers egenskaper og deres utbredelse er opphav til en stadig økende bekymring for miljøet.

De ikke-polymere PFAS-forbindelsene er igjen inndelt i to undergrupper:

- > Perfluoralkylforbindelser
- > Polyfluoralkylforbindelser

Perfluoreerte forbindelser som f.eks. perfluoroktansyre (PFOA) og perfluoroktylsulfonat (PFOS) er en undergruppe av PFAS hvor karbonkjeden er fullt fluorert (dvs. alle hydrogenatomer er byttet ut med fluor), mens polyfluoreerte forbindelser har minst ett karbonatom som ikke er fullfluorert (Buck, 2011).

Figur 1 viser strukturformelen til de mest vanlige PFAS-gruppene (Fjeld Vann AS, 2019).

Perfluoralkylforbindelser har en fullfluorert (perfluoro-) karbonkjede med en ladet funksjonell gruppe koblet til den ene enden. Vanligvis er den funksjonelle gruppen en karboksyl- eller sulfon-syre, men kommersielt produseres det også PFAS-forbindelser med andre funksjonelle grupper. Hos perfluoreerte forbindelser er alle ledige bindingsplasser langs karbonkjedens hale fluorert, bortsett fra den ene terminale bindingsplassen som er reservert for den funksjonelle gruppen. Den generelle kjemiske strukturen til PFAS skrives vanligvis på formen $C_nF_{2n+1}-R$. Her er lengden på perfluoralkylkjeden definert av C_nF_{2n+1} (to eller flere karbon atomer: n) og R representerer den påkoblede funksjonelle gruppen.

Perfluoralkylsyre (PFAA) er blant de mest vanlige PFAS-forbindelsene og ansees som de endelige nedbrytningsproduktene av en rekke ulike fluorerte morsubstanser (forløpere). Det har vist seg at disse PFAS-forbindelsene er ekstremt motstandsdyktige med hensyn til nedbrytbarhet i naturen. Det foreligger to hovedgrupper av PFAA, og disse er perfluoralkansulfonatsyrer (PFSA) og perfluoralkylkarboxysyrer (PFCA). Innenfor disse to gruppene dominerer oftest PFOS og PFOA i prøvematerialet som analyseres.

SAMPAP-diester er fluorert forbindelse som har vært benyttet til overflatebehandling av en rekke forskjellige produkter. SAMPAP-diester regnes å være opphavet (morsubstansen) til PFOS, og under nedbrytningen til dette stabile endeproduktet dannes det en rekke intermediære nedbrytningsforbindelser som N-etyl perfluoroktansulfonamid (et-FOSA), N-etyl perfluoroktansulfonamid acetatsyre (et-FOSAA) og perfluoroktansulfonamid (FOSA) (Zhang et al., 2018).

Polyfluoralkylstoffer skiller seg fra perfluorgruppen ved ikke å være fullstendig fluorerte. Til minst ett karbonatom, men ikke alle, er det festet et ikke-fluoratom (oftest hydrogen eller oksygen). Videre er minst to eller flere av de gjenværende karbonatomene i karbonkjeden fullstendig fluorerte. Forbindelsene er navngitt med et n:x prefiks; n indikerer antall fullt fluorerte karbonatomer (>2), x indikerer antall karbonatomer som ikke er fullt fluorerte.

Fluortelomerforbindelser er polyfluoralkylforbindelser som er produsert med en telomeriseringsprosess. Dette er en nyere produksjonsmetode for fremstilling av PFAS-forbindelser som erstatter den opprinnelige elektrokjemiske fluorineringsprosessen. Blant de vanligste fluortelomergruppene finnes fluortelomer-alkoholer (FTOH), fluortelomer-sulfonatsyrer (FTSA) og fluortelomer-karboxysyrer (FTCA). Polyfluoralkylforbindelser kan bli brutt ned til persistente perfluoralkylsyre når de slippes ut i naturen (Buck, 2011).

Uønskede innvirkninger på miljø

Et stort antall PFAS-forbindelser regnes for å være miljøfarlige, da de har uheldig effekter på blant annet reproduksjon, utvikling og immunforsvaret hos dyr og mennesker. Disse uønskede effektene på miljø og helse gjør miljøforskere, toksikologer og andre yrkesgrupper innen en rekke fagdisipliner alvorlig bekymret med hensyn til den historiske og fortsatt pågående produksjon og utslipp av PFAS til miljøet (Goldman, 2019).

Den fluorerte karbonkjeden til PFAS-forbindelser har vist seg å være ekstremt motstandsdyktig mot nedbrytning i naturen. Flere av forbindelsene, og da spesielt de med alkylkjeder med seks eller flere karbonatomer, kan biomagnifiseres eller akkumuleres i forskjellige organismer oppover i næringskjedene. I virveldyr oppkonsentreres PFAS-forbindelsene spesielt i blod og blodrikt vev som lever og nyrer, samt i galle.

Bruken av de mest skadelige enkeltforbindelsene som PFOS og PFOA, og forbindelser som kan brytes ned til disse to forbindelsene (se såkalte forløperne), er strengt regulert innenfor EU og den multilaterale miljøavtalen kalt Stockholmkonvensjonen. Flere andre lang- og kortkjededede PFAS-forbindelser som PFHxA, PFBS, Gen-X står også på Miljødirektoratets prioriteteringsliste over miljøfarlige organiske mikroforurensninger.

PFOS hopper seg svært lett opp i organismer og i næringskjeder. Stoffet er også giftig, med langtidsvirkning, for liv i vann.

PFHxS hoper seg svært lett opp i organismer og i næringskjeder.

PFBS er veldig mobilt i vann og kan være vanskelig å fjerne. Ved Norske renseanlegg er erfaringen en renseeffekt på opp til 50% ved bruk av koagulering og aktivt kull (Norsk Vann, 2022). I følge US-EPA (2022) kan granulært aktivert karbon (GAC), membran separasjon og ionebytting imidlertid fjerne mer enn 99 % av stoffet. Studier tyder også på at stoffet kan forstyrre reproduksjonen og hormonsystemet hos fisk.

PFOA hoper seg svært lett opp i organismer og i næringskjeder.

C9-C14 PFCA hoper seg opp i organismer og næringskjeder.

PFHxA er veldig mobilt i vann og kan være vanskelig å fjerne. Ved Norske renseanlegg er erfaringen en renseeffekt på opp til 30% ved bruk av koagulering og aktivt kull (Norsk Vann, 2022). I følge US-EPA (2022) kan granulært aktivert karbon (GAC), membran separasjon og ionebytting imidlertid fjerne mer enn 99 % av stoffet. . Stoffet kan anrikes i planter (fra Miljødirektoratets hjemmeside).

HFPO-DA brukes som erstatningsstoff for PFOA i produksjon av fluorpolymere. Det brytes ikke ned i naturen og er svært mobilt i vann.

PFAS-forbindelsene har blitt spredt globalt vha havstrømmer, elver, bekker og luftstrømmer, mens lokale kilder til avrenning kan være brannøvingsfelt med kontaminerte løsmasser og grunnvann, industriutslipp, kloakkrenseanlegg, avfallsfyllinger og deponier, samt den generelle bruken av overflatebehandlede produkter blant folk. Stoffene brytes svært sakt ned i naturen.

Perfluoroalkylsulfonates (PFASs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{SO}_3\text{H}$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CO}_2\text{H}$	Perfluoroalkylcarboxylic Acids (PFACs)
Telomer Alcohols (FTOHs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$	X:2 Saturated Telomer Acids (X:2 FTACs)
X:2 Telomer Sulfonates (X:2 FTSSs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n(\text{CH}_2)_2\text{SO}_3\text{H}$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CF}=\text{CHCO}_2\text{H}$	X:2 Unsaturated Telomer Acids (X:2 FTUCAs)
Perfluoroalkylsulfonates (PFASs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{SO}_3\text{H}$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CF}_2(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	X:3 Saturated Telomer Acids (X:3 FTACs)
Perfluorooctanesulfonamides (FOSAs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_2\text{N}(\text{R}_1)(\text{R}_2)$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})(\text{R})$	Perfluorooctanesulfonamido-ethanols (FOSEs)
Perfluorooctanesulfonamido-acetic Acids (FOSAAs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_2\text{N}(\text{R})(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{P}(\text{OH})_2\text{CO}_2\text{H}$	Perfluoroalkylphosphonic Acids (PFAPAs)
Polyfluorinated Phosphate Esters (PAPs)	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{H}_2$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_2\text{O-CF}_2\text{CO}_2\text{CF}_3$	GenX
Polyfluorinated Phosphate di-Esters	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{H}_2$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_n\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{H}_2$	(diPAPs)
(N-ethyl Perfluorooctanesulfonamido ethanol) based Phosphate di-Ester	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{H}_2)(\text{CH}_2\text{CH}_3)$	$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OPO}_3\text{H}_2)(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{SO}_2\text{CF}_3)$	(di SamPAP)

Figur 1. Vanlige klasser av per- og polyfluoralkyl forbindelser (PFAS) (Fjeld & Vann 2019).

1.3 Klassifisering av PFAS og grenseverdier

1.3.1 Løsmasser

Miljødirektoratet har foreløpig ikke fått utarbeidet og satt tilstandsklasser for Σ PFAS i løsmasser (jord). Kun PFAS-forbindelsen PFOS har fått en normverdi på 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Miljødirektoratet, 2009). Denne normverdien er for tiden under utredning, og det forventes at det blir satt en ny og lavere normverdi. Grenseverdien for konsentrasjon av PFOS i løsmasser/jord kan bli satt så lavt som 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Miljødirektoratet, 2020B).

Grensen for når masser forurenses med PFAS-forbindelsen PFOS/PFOA klassifiseres som farlig avfall er satt til 3000 mg/kg (NFFA, 2017). Miljødirektoratet har imidlertid satt en grenseverdi for PFOS på 50 mg PFOS/kg for det som må destrueres i henhold til POPs-forordningen (Miljødirektoratet, 2022). Det er heller ikke satt generelle akseptkriterier for konsentrasjoner av

Σ PFAS i jord. En stedsspesifikk risikovurdering, kost/effekt og samlet miljønytte av tiltak vil være styrende for hvilken konsentrasjonsgrense akseptkriteriet ved en PFAS-forurensset lokalitet vil få.

Konsentrasjonsintervaller

I PFAS-prosjektet til Avinor er det etablert konsentrasjonsintervaller for PFOS og Σ PFAS i jord. Disse intervallene er benyttet i alle resultatrapporter for alle lufthavnene til Avinor (Tabell 1). Konsentrasjoner av Σ PFAS i intervallet mellom LOQ og 150 $\mu\text{g/kg}$ betegnes som lave/moderate. For konsentrasjonsinndeling er det benyttet de samme syv konsentrasjonsintervallene ($\mu\text{g/kg}$) som er gitt i Miljødirektoratets pålegg om samlet vurdering av PFOS-forurensning ved Avinors lufthavner (Miljødirektoratet 2020A). Konsentrasjonsintervallene er vist med farger i Tabell 1. De samme konsentrasjonsintervallene gjelder for både for PFOS og for Σ PFAS.

Tabell 1. Inndeling i konsentrasjonsintervaller for påvist konsentrasjon av PFOS og Σ PFAS i jord ($\mu\text{g/kg}$) (Miljødirektoratet, 2020A).

Σ PFAS og PFOS i jord ($\mu\text{g/kg}$)
<3
3-30
30-150
150-500
500-1000
1000-3000
>3000

1.3.2 Vann og sediment

Miljøkvalitetsstandarder (EQS) i vann og sediment er kun satt for PFAS-forbindelsen PFOS og dets derivater og PFOA (Tabell 2). Miljøkvalitetsstandard AA-EQS, er grenseverdien for kroniske effekter ved langtidseksponering (øvre grense for klasse II), og øvre grense for klasse III tilsvarer MAC-EQS, som er grenseverdien for akutt toksiske effekter ved korttidseksponering. Siden PFOS er mindre toksisk enn PFOA er grenseverdien MAC-EQS satt relativt høyt både i ferskvann og kystvann. Grenseverdiene for PFOS og PFOA er generelt lavere i kystvann enn i ferskvann (både vann og sediment), med unntak av AA-EQS for PFOA i vann. Denne er like både i ferskvann og kystvann (Miljødirektoratet, 2016).

Tabell 2. Miljøkvalitetsstandarder (EQS) for PFOS og PFOA i ferskvann og kystvann (Miljødirektoratet, 2016).

Vann	AA-EQS ferskvann	MAC-EQS ferskvann	AA-EQS kystvann	MAC-EQS kystvann
PFOS	0,65 ng/l	36000 ng/l	0,13 ng/l	7200 ng/l
PFOA	9100 ng/l	-	9100 ng/l	-
Sediment	AA-EQS ferskvann	MAC-EQS ferskvann	AA-EQS kystvann	MAC-EQS kystvann
PFOS	2,3 $\mu\text{g/kg}$	360 $\mu\text{g/kg}$	0,23 $\mu\text{g/kg}$	72 $\mu\text{g/kg}$
PFOA	713 $\mu\text{g/kg}$	-	71 $\mu\text{g/kg}$	

Konsentrasjonsintervaller vann

Siden det ikke er utarbeidet grenseverdier for Σ PFAS i vann er det i denne rapporten benyttet åtte konsentrasjonsintervaller (ng/l) som i tidligere utarbeidede rapporter i PFAS-prosjektet til Avinor (Norconsult, 2021) (Tabell 3). Nedre grense for konsentrasjonsintervall 2 tilsvarer AA-EQS for PFOS ferskvann, og øvre grense for konsentrasjonsintervall 7 tilsvarer MAC-EQS for PFOS i ferskvann.

Tabell 3. Inndeling i konsentrasjonsintervaller for påviste konsentrasjoner av Σ PFAS i ferskvann (Norconsult 2021).

Σ PFAS i vann (ng/l)
<0,65
0,65-30
30-300
300-1 000
1 000-3 000
3 000-10 000
10 000-36 000
>36 000

1.3.3 Biota

Miljøkvalitetsstandard i organismer er kun satt for PFAS-forbindelsen PFOS (og dets derivater) i fisk (filet/lever). For PFOS er EQS-verdien i fisk satt til 9,1 $\mu\text{g/kg}$ våtvekt (målt i muskel). Mens EQS-verdien for PFOA er satt til 91 $\mu\text{g/kg}$ våtvekt (Miljødirektoratet, 2016).

EQS verdien for PFOS er basert på 10 % av tålegrensen (TDI - tolererbart daglig inntak), som er satt til 150 ng PFOS/kg kroppsvekt /dag. TDI for PFOS ble satt av EFSA (den europeiske myndighet for næringsmiddeltrygghet) i 2008. EFSA reviderte i 2020 sine anbefalinger om tolerabelt ukentlig inntak (TWI) av enkelte PFAS-forbindelser. Summen av PFOA, PFNA, PFHxS og PFOS bør ikke overskride 4,4 ng/g kroppsvekt per uke, eller et maksimalt daglig inntak på 0,63 ng/g kroppsvekt per dag (Folkehelseinstituttet, 2020).

Basert på disse grensene, og en vurdering av inntaket av PFAS fra andre kilder og næringsmidler, har Folkehelseinstituttet kommet fram til norske retningslinjer for konsum av fisk. For befolkningens gjennomsnittlige ukentlige inntak av fisk bør maksimalkonsentrasjonen i fisk ikke overskride 0,27 $\mu\text{g/kg}$ for menn og 0,24 $\mu\text{g/kg}$ for kvinner. Dersom personen spiser 100 g fisk i uken, så vil maksimal konsentrasjon i fisk være 1,5 $\mu\text{g/kg}$ for menn og 0,90 for kvinner.

Konsentrasjonsintervaller

I denne rapporten er det benyttet samme konsentrasjonsinndeling av Σ PFAS i biota som i tidligere utarbeidede rapporter i PFAS-prosjektet til Avinor (Norconsult, 2021). Det er benyttet fire konsentrasjonsintervaller ($\mu\text{g/kg}$ våtvekt) i to sett av grenseverdier, ett sett for biota som benyttes som matkonsum (Tabell 4), og et annet sett grenseverdier for øvrig biota, som ikke benyttes som matkonsum (Tabell 5). Øvre konsentrasjonsgrense for Σ PFAS i biota (>9,1 $\mu\text{g/kg}$) som kan benyttes til konsum tilsvarer EQS biota for PFOS og dets derivater (Veileder 02:2018). Med en BCF for Σ PFAS på 4583 er $QS_{\text{biota, sec.pois}}$ beregnet til $7.2 \text{ mg/kg} * 4583 = 33 \mu\text{g/kg}$ (Tabell 5).

Tabell 4. Konsentrasjonsintervaller for tolkning av Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$) i biota som kan benyttes til matkonsum, eksempelvis fiskefilet (Norconsult, 2021).

Konsentrasjoner i biota ($\mu\text{g/kg}$)
<LOQ 0,63
LOQ 0,63- 5
5 - 9,1
>9,1

Tabell 5. Konsentrasjonsintervaller for tolkning av innhold av Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$) i biota som ikke benyttes som matkonsum, eksempelvis børstemark (Norconsult, 2021).

Konsentrasjoner i øvrig biota ($\mu\text{g/kg}$)
<9,1
9,1 - 33
33 - 500
>500

2 Haugesund lufthavn

2.1 Lokalisering

Haugesund lufthavn ligger i Karmøy kommune i Rogaland, på Helganeset på vestsiden av Karmøy. Lufthavna ble åpnet 8. april 1975 av Kong Olav V. I 2010 ble det bygget ny ankomsthall for innland og utland. Avinor eier lufthavnen, men 12. mai 2019 ble driften av flyplassen overført fra Avinor til et privat selskap, Lufthavndrift AS.

Den asfalterte rullebanen er 2050 m lang, og sammen med infrastrukturen ved lufthavna som administrasjons- og driftsbygg, ligger 20 m.o.h. Naturlig avrenning fra lufthavnen skjer hovedsakelig via bergsprekker stedvis fylt med løsmasser mot sjø i Kallstøbukta mot vest og Visnesbukta mot øst. Øvrig avrenning foregår via overvannsnett til lufthavna. BØFB

I NGUs database er det ingen registrerte private drikkevannsbrønner i nærheten av brannøvingfeltene ved lufthavna.

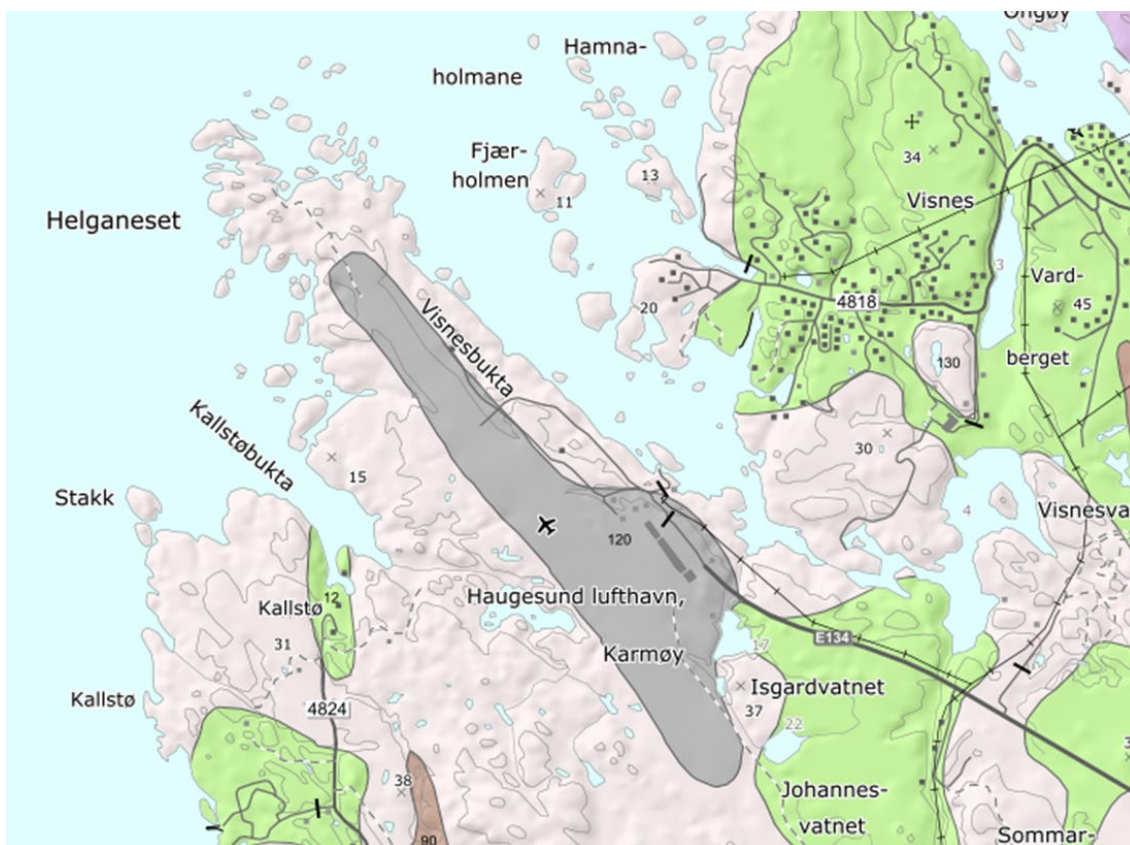
Et flyfoto av lufthavna med stedsnavn og brannøvingfeltenes plassering (BØFA og BØFB), samt omkringliggende omgivelser er vist i Figur 2.



Figur 2. Bildet viser et flyfoto med utsnitt av Haugesund lufthavns beliggenhet på Helganeset på Karmøy. Plasseringen av det nedlagte (BØFB) og aktive (BØFA) brannøvingsfeltet er angitt med hvite piler (norgeskart.no)

2.2 Grunnforhold og oppbygging

Haugesund lufthavn er anlagt på fjell, gabbro med variabel tekstur, som er sprengt ut og planert. Området rundt lufthavnen er kupert og består hovedsakelig av bart fjell med et tynt løsmassedekke (Figur 3). Før lufthavnen ble anlagt var landskapet karakterisert av en rekke små vann / myrpytter.



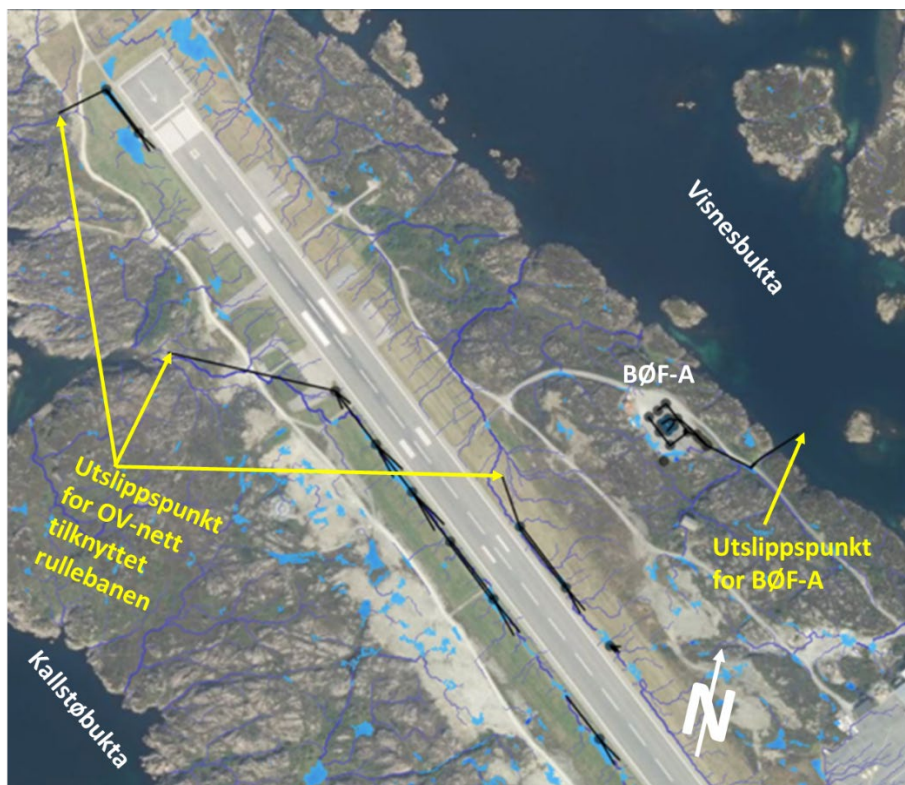
Figur 3. Kartusnittet viser kvartærgeologiske avsetningene ved Haugesund lufthavn, og i de omkringliggende områdene. Rosa fargede arealer utgjør bart fjell med stedvis tynt løsmassedecke (hovedsakelig morene), grønnfargede arealer er tynne morene avsetninger, brun farge er myrarealer og grå farge er antropogene fyllmasser (ngu.no).

2.3 Dreneringssystem på lufthavna

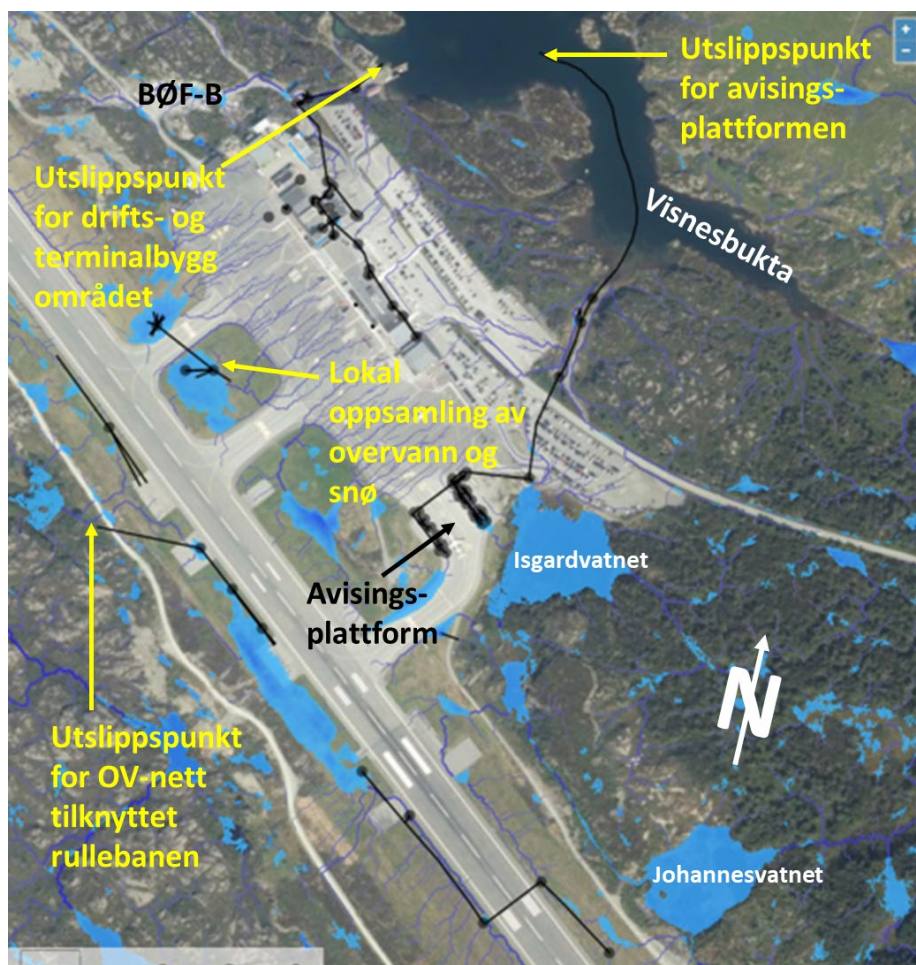
Drenering av Haugesund lufthavn med sitt overvannssystem med synkekummer, sandfang og rørsgater ble etablert da lufthavnen ble bygget i 1975. OV-nettet er delt inn i flere seksjoner som drenerer delområder av lufthavna. Rullebanen dreneres seksjonsvis mot øst og vest, og det oppsamlede vannet går hovedsakelig via sandfang til utløp i Kallstøbukta mot sydvest, men også til terreng mot nordvest (Figur 4). Drifts- og terminalbygget samt parkeringsplassen på utsiden mot nord har eget overvannsnett med kummer og sandfang for oppsamling av overflatevann som ledes til bukta ved Bukkholmen (Figur 5). Avisingsplattformen i øst like ved Isgardvatnet har oppsamling av overskuddsvæske fra avisning og overflatevann som fanges opp via store langsgående sluk og ledes til kum ved utløpet til Isgardvatnet, og deretter via bekkeløpet via overvannsledning til Visnesbukta. Lufthavndrift AS har en egen tillatelse for utslipp av avisingsvæske til Visnesbukta.

Ved BØFB er det lagt drensledning i kanten av veien. Hvor ledingen starter er usikkert, men den leder frem til kum BØFB-KU1.

Lufthavndrift AS har egen tillatelse fra SFRO til utslipp fra BØFA, som har sitt eget system for oppsamling av overflatevann, og restvæske fra brannøving. Utslipet går via oljeutskiller med overløp til sjø i Visnesbukta (se kap. 2.4, Bruk av brannøvingsfelt).



Figur 4. Utsnitt av flyfoto som viser den nordvestlige delen av Haugesund lufthavn med inntegnede overvannsledninger (heltrukne svarte linjer), overvannskummer, sandfang og sluk. Avrenningsmønster (mørkeblå linjer) og oppsamling av nedbør (lys blå dammer) er lagt på vha. programvaren Scalgo.



Figur 5.. Utsnitt av flyfoto med OV-nettet på den sørøstlige delen av Haugesund lufthavn inntegnet, og avisingsplattformen med avløp til Visnesbukta. Programvaren Scalgo er deretter benyttet for å vise hvor nedbør samles opp, samt avrenningsmønsteret lokalt ved lufthavna.

2.4 Bruk av brannøvingsfelt og brannskum

2.4.1 Bruk av brannskum

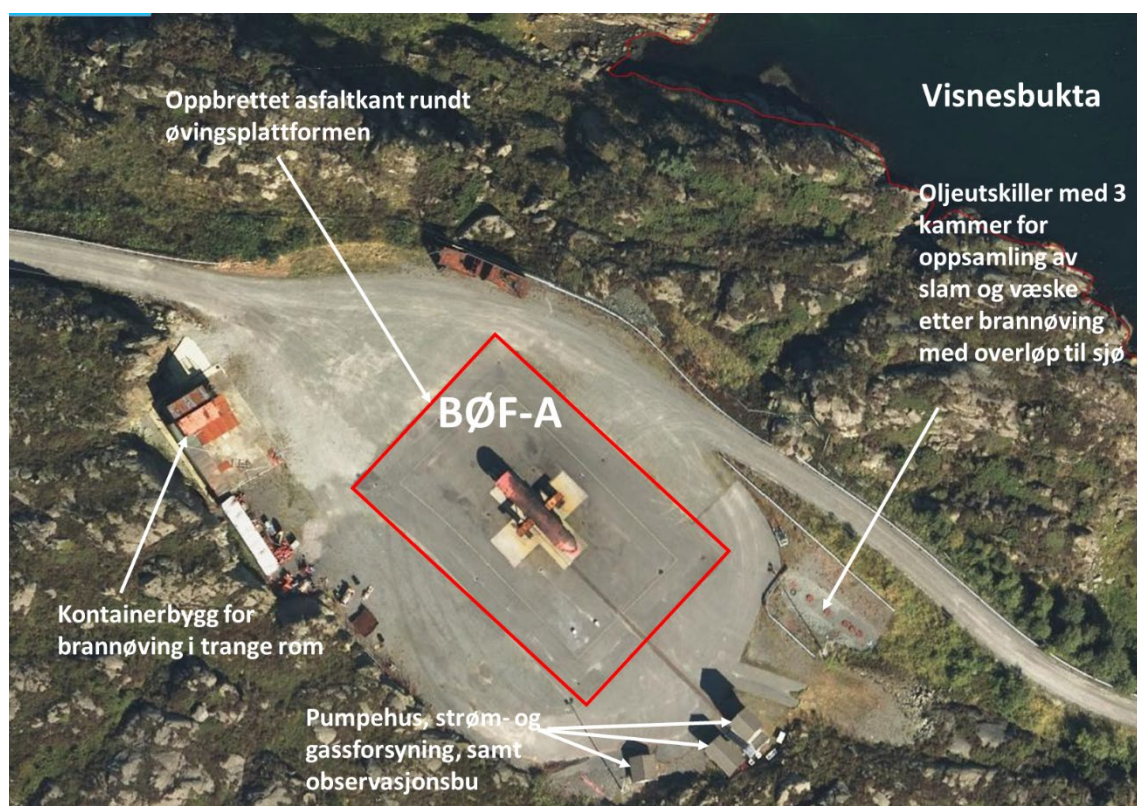
Solberg Scandinavian AS, lisensprodusent for 3M sitt «Light Water» AFFF 3 % skum, opplyser (personlig kommunikasjon) at skum benyttet i Avinor før 2001 inneholdt 4 % PFAS. Det er ukjent hvor stor andel av dette som var PFOS. Avinor har ikke informasjon om type og mengde skum som har vært i bruk hos Forsvaret. I beregninger i denne rapporten er det gitt samme forutsetninger som for skumbruk ellers i Avinor i samme periode. Det er i estimering av mengde skum forutsatt at skumforbruk i perioden før 2001 var tilsvarende det i perioden etter 2001. Egenes Brannteknikk AS og Dr. Sthamer var hhv. leverandør og produsent av AFFF-skum benyttet fra 2001 - 2011/12. De opplyser (personlig kommunikasjon) at skum benyttet fra 2001 til 2011/12 anses å ha inneholdt 1,6 % innhold av PFAS og at skummet skulle være PFOS-fritt. I denne sammenheng betyr det at skummet kan inneholde opptil 0,001 vektprosent eller 10 mg/l, jf. Produktforskriften. Analyser viser PFOS-konsentrasjoner i størrelsesorden 1-2 mg/l i helt nyåpnede fat med AFFF-skum.

For beregning av mengde PFOS som er tilført grunnen på brannøvingsfeltene er utregningene basert på 4 % PFOS i skum benyttet før 2001 (all PFAS er PFOS for denne skumtypen). Siden PFOS er ansett som den giftigste av PFAS, anses dette som en konservativ tilnærming. For tilsvarende beregninger i årene 2001 til 2011/12 er det tatt utgangspunkt i at dette skummet i all hovedsak er PFOS-fritt. Beregnet mengde PFAS som er tilført grunnen på brannøvingsfeltene i denne perioden er derfor basert på 1,6 % innhold av PFAS i skummet.

BØF-B ble satt ut av drift rundt 2004, og da ble BØF-A etablert. Det er anslått at det er brukt ca. 220 kg med PFOS og 7 kg PFAS på BØF B. Det er anslått at det er brukt ca 30 kg PFAS på BØFA.

2.4.2 BØFA – operativt felt

Det nye brannøvingsfeltet (BØFA) ble etablert i 2004 da BØFB ble lagt ned (COWI & SWECO, 2012). Øvingsfeltet ligger >400 m vest for lufthavnas administrasjonbygg ut mot Visnesbukta på en høyde i terrenget. BØFA er delvis sprengt ut i fjell, fylt opp med et tynt lag av sand, grus og pukk over fjell, planert og asfaltert. Flyskroget til øving er plassert på en betongflate med sluk, og brannøvingsfeltet ligger 14-15 m.o.h. Det er etablert en forhøyning, en ramme av asfalt, rundt hele øvingsfeltet og all overskuddsvæske i forbindelse med øvelsene samles opp via et lokalt vannsnett til en egen oljeutskiller med 3 kamre (Figur 6). Ved prøvetaking i 2021 ble det registrert en "skade" på asfaltdekket vest for pumpehuset. Her rant en del av vannet av feltet og ble stående, for sakte å dreneres ned i grunnen (Figur 8).



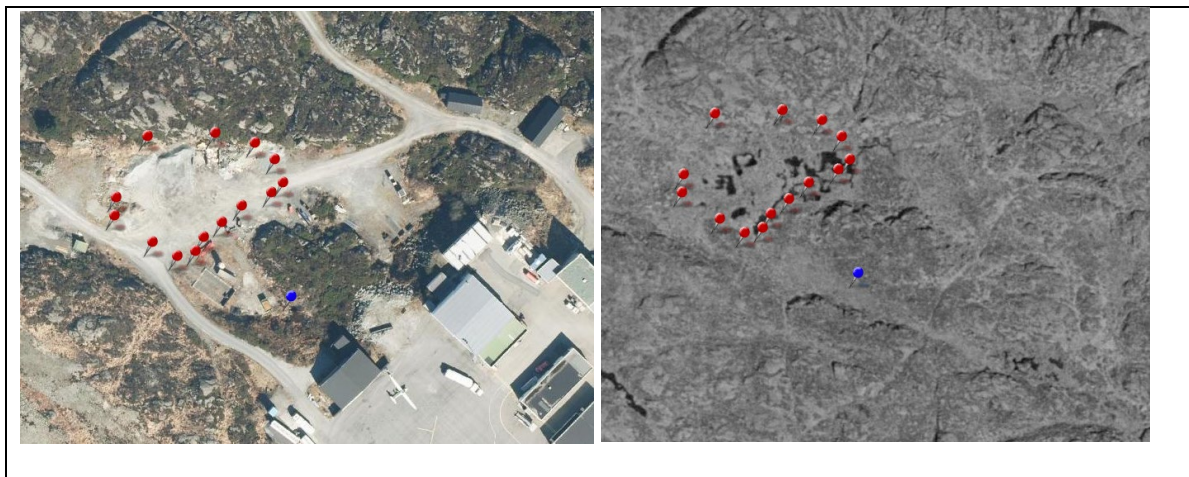
Figur 6. Flyfoto av det nye brannøvingsfeltet med infrastruktur ved Haugesund lufthavn nær Visnesbukta (norgeskart.no).



Figur 7. Avrenning fra BØFA ved Haugesund lufthavn 2021. Vannet blir stående i drenslinjen og siger sakte ned i grunnen istedenfor å ledes til kum og oljeutskiller.

2.4.3 BØFB – nedlagt felt

Det nedlagte brannøvingsfeltet (BØFB) vest for administrasjons- og terminalbyggene til lufthavna ble etablert i 1975, og ligger <150 m fra terminalbygget mot vest nede i ett søkk hvor det tidligere lå et myrdrag (mørke flekker i høyre foto i Figur 8). Myrområdet ble fylt opp med ulike fyllmasser før bruk til brannøvingsfelt, og dyben på innfyllingen varierer mellom 1-3 m. Grunnvannsspeilet står på 0,5 m. BØFB ble avviklet i 2004 (COWI & SWECO, 2012). Det meste av infrastrukturen er fjernet, men deler av selve brannøvingsfeltet (betongplaten) er visuelt synlig.



Figur 8. Flyfoto av det gamle brannøvingsfeltet (BØFB, omriss røde markeringer) ved Haugesund lufthavn på Visnesbukta siden. Venstre foto er fra 2021 og høyre foto er fra 1964, før lufthavnen ble anlagt (Finn.kart.no)

Det foreligger ingen tilgjengelig skriftlig dokumentasjon på bruk av brannøvingsfeltet. Siden utfasing av PFAS-holdig AFFF skjedde i 2007, og det gamle brannøvingsfeltet ble avviklet i 2004 kan det bety at PFAS-holdig brannskum ble benyttet under brannøvelsene i mer enn 30 år.

Solberg Scandinavian AS, var lisensprodusent for 3M «Light Water» AFFF 3 % skum. Produsenten har opplyst at AFFF-skum benyttet av Avinor før 2001 inneholdt 4 % PFAS-forbindelser. Egenes Brannteknikk AS og Dr. Sthamer var hhv. leverandør og produsent av AFFF-skum som ble benyttet fra 2001 - 2011/12. De to leverandørene opplyser at AFFF-skum benyttet fra 2001 til 2011/12 anses å ha inneholdt 1,6 % PFAS-forbindelser, samt at skummet skulle være PFOS-fritt. I den sammenheng ble det avdekket at det nye brannskumproduktet kunne inneholde opptil 0,001 vektprosent eller 10 mg PFAS/l, jfr. Produktforskriften. Analyser utført i regi av DP2 Miljøprosjektet til Avinor viste PFOS-konsentrasjoner i størrelsesorden 1-2 mg/l i helt nyåpnede fat med "PFOS-fritt" AFFF-skum (Norconsult/ Sweco 2016).

Det antas at vann og brannskum i denne perioden ble infiltrert direkte i grunnen. Det er ikke registrert noen drensledning fra brannøvingsfeltet til nærmeste kum, som ligger nedstrøms feltet. I denne kummen munner det imidlertid ut 2 rør fra oppstrøms områder (terminalområdet) (Figur 9). Fra denne kummen ledes vannet videre nedover med utløp i Visnesbukta (synlig i venstre foto i Figur 9).



Figur 9. Kum nedstrøms BØFB ved Haugesund lufthavn 2021 (stasjon BØFB-KU1-V1). Flere rør fra oppstrøms områder munner ut i kummen, høyre foto.

Etter avvikling av BØFB som brannøvingsfelt i 2004 fremstår det gamle myrområdet som en avfallsfylling og mellomlagringsplass for avdanket utstyr, løsmasser og brygningsmaterialer. Det ble bl.a registrert betongelementer, knuste gipsplater, biter av ventilasjons- og plastrør, tomme plast og metallspann/kanner, forskalingsmaterialer, tomme kabeltromler, gamle vinduer og møbler, samt asfaltflak, betong og grus i blandede hauger (Figur 9). Asfalt er og anse som en forurensningskilde, og skal leveres til nærmeste godkjente mottak for gjenbruk. Likeledes skal bygningsavfall, plast og metall levers til nærmeste fyllplass. Betongen kan knuses ned og gjenbrukes, så fremt den ikke inneholder forhøyede konsentrasjoner av Cr6+, PAH, PCB og/eller PFAS-forbindelser.

Det anses som uheldig å mellomlagre singel, grus og sand for bruk vinterstid tett på den nordvestre delen hvor brannøvelsene i sin tid ble avholdt. Her foreligger det fremdeles høye konsentrasjoner av PFOS i jordprofilen. I tillegg lagres avskrapte løsmasser av jord og sand med vegetasjon på toppen i hauger mot vest i dumpa. Figur 10 illustrerer dagens situasjon.



Figur 10. Situasjonbilder fra BØFB ved Haugesund lufthavn høsten 2021. Bildene oppe fra venstre viser mellomlagring av jordmasser og sand med singel. Til høyre vises store betongelementer, plast- og metallspann/kanner, en ventilasjonsrørstuss, forskalingsmaterialer, knuste gipsplater og gamle vinduer. Bilde nede er tatt fra motsatt side av bilde oppe til høyre og viser tomme kabeltromler, isopor og rester av plastrør. Bilde nede til høyre viser en stor haug med inneholdene knust betong, asfalt, stein, pukk og grus (Foto: Tom Tellefsen).

2.5 Avrenningsforhold og resipient

Lufthavna er eksponert mot åpent hav i nordvest. Fremherskende vindretning er nordvest og sørøst. Nærmeste resipient i øst er Visnesbukta (vannforekomst: 0242040801-C), og Føynfjorden og Kallstøbukta mot nord og vest. De to siste tilhører vannforekomsten Sirafjorden (024200032C). Både BØFA og BØFB ligger på østsiden av rullebanen med avrenning til Visnesbukta. BØFB ligger i en fordypning i terrenget, mens BØFA ligger på et høydetrak. I følge Vann-Nett tilhører vannforekomsten økoregion Nordsjøen Sør. Visnesbukta er karakterisert som beskyttet kyst/fjord med liten bølgeeksponering, saltholdighet euhalin (<30), liten tidevannsforskjell (<1 m), moderat økologisk tilstand og udefinert kjemisk tilstand. Nye tiltak er nødvendig for å nå god miljøtilstand. Føynfjorden og Kallstøbukta er karakterisert som åpen eksponert kyst med høy bølgeeksponering, saltholdighet euhalin (<30), liten tidevannsforskjell og god økologisk og kjemisk tilstand. Registrerte påvirkninger har liten effekt og miljømål forventes innfridd (2022-2027).

Det er små arealer med løsmasser ved lufthavna, og grunnvannet blir stående lokalt i søkk i terrenget (se kap 5 for detaljer og oppholdstid og spredning). Ved BØFA er avstanden til fjell for det meste <50 cm. I sørvestre enden hvor vann blir stående (Figur 7) er avstanden til fjell 170 cm. Ved BØFB er avstanden til fjell over største delen av området ca 3 m. Det kuperte landskapet

er karakterisert av en rekke sprekksoner i fjell. I randsonene til BØFB er det registrert dybder til fjell på opptil 4 – 6 m. Disse fungerer som dreneringssoner til sjø i Visnesbukta mot nordøst. Samme type landskap karakteriserer vestsiden av lufthavnen, drenering skjer her mot Kallstøbukta i sydvest.

Vannutskiftingen i Visnesbukta er drevet av meteorologiske forhold som tidevann og vind. Ved høyvann kan vannstanden nå ca 150 cm over sjøkart null. Ved prøvetaking 10. og 11. november 2021 var lavvannstand ca. 50 cm over sjøkart null og høyvannstand ca 100 cm over sjøkart null. Det var kraftig pålandsvind i denne perioden. Tidevannsutskiftingen skjer to ganger daglig, det vil derfor være en svært stor fortynning av ferskvannet som renner fra lufthavnområdet og ut i Visnesbukta. I spredningsvurderingen (kap. 5) er det beregnet en årlig vannutskifting på 70 mill m³/år. BØFA

2.6 Geologisk arv og naturmangfold

Karmøy – Visnes har et av landets mest velutviklende ofiolittkomplekser (Georegistrering 521). Berggrunnen er fra et høyere nivå i havbunnskorpen, og dermed langt mindre ultramafiske bergarter (om ikke fraværende) enn Lekaofiolittkomplekset, og langt større seksjoner av sedimenter og også sure intrusivbergarter. Området dekker indre del av Visnesbukta og videre sørover øst for Haugesund lufthavn.

Utenfor den sørlige delen av rullebanen er det registrert flere dype myrer karakterisert av «ikke nøysomme» arter. Myrene er fra middels til sterkt omdannet.

Det er ikke registrert naturvernområder i nærheten av Haugesund lufthavn (Miljødirektoratets naturbase kart).

Sør i Visnesbukta og nord på Visnes er det kystlyngheier med svært stor verdi. På Haugesund lufthavn og i nærområdet er det registrert arter av nasjonal forvaltningsinteresse som følger

- I Kallstøbukta på en bergknaus ned mot sjøen er arten flekkgrisøre (*Hypochaeris maculata*, registrert. Arten er nær truet. Ved terminalområdet er heilo (*Pluvialis apricaria*) registrert som stasjonær. Arten er nær truet og en ansvarsart for Norge.
- Innerst i Visnesbukta er makrellterne (*Sterna hirundo*) observert. Området er et mulig reproduksjonsområde for arten som er sterkt truet.
- Ytterst i Visnesbukta er tjeld (*Haematopus ostralegus*) registrert. Området er et mulig reproduksjonsområde for arten som er nær truet.

Både Visnesbukta og området utenfor Kallstøbukta har svært viktige skjellsandsforekomster (henholdsvis Haugesund Kvaløye ID: BM00102374 og Svartholmen Veavågen ID: BM00102297). I ytre del av Visnesbukta, langs land fra nordenden av rullebanen mot vest i Kallstøbukta er det svært viktige store tareskogforekomster (Karmøy ID: BM00102559). Vest for Kallstøbukta, 2,5 km ut i havet, er det registrert gyteområde (Karmøy SV) for alle fiskearter.

2.7 Friluftsliv

Innerst i Visnesbukta mot øst ligger «Badedammen Visnes» (ID: FK00033696) som er et viktig friluftsområde både med badeplass og strandsone. I tillegg ligger det et viktig leke- og



Figur 12. Automatisk fredet kulturminne nord på Helganeset, nord for Haugesund lufthavn. Området omfatter 4 lokaliteter (A-E). Området er registrert som et bosetning og aktivitetsområde fra eldre steinalder.

3 Utførte undersøkelser

3.1 Tidligere utførte undersøkelser

Det er tidligere utført flere miljøtekniske grunnundersøkelser, undersøkelser av biota og sedimenter på og utenfor Haugesund Lufthavn:

- > Miljøprosjekt DP2 Miljøtekniske grunnundersøkelser (Sweco & COWI, 2012)
- > Undersøkelser av PFAS i jord, vann og biota (Norconsult og Sweco, 2016)
- > Miljøovervåking i regi av Haugesund Lufthavndrift AS.
 - > Overvåking av vannkvalitet i ferskvann- og sjøresipient (løpende)
 - > Datarapport sedimentundersøkelser april 2021 (Norconsult, 2021).
- > Undersøkelser av PFAS i biota (COWI, 2019).

3.1.1 Miljøprosjekt DP2 (2012)

Undersøkelsene utført av Sweco & COWI (2012) var med hensyn til PFAS, i hovedsak konsentrert til BØFA og BØFB. I tillegg ble det gjort undersøkelser på et deponi (lokalitetsnr. 1149018 i Miljødirektoratets grunnforurensningsdatabase) på nordøstsiden av rullebanen. Det ble også tatt vannprøver i kummen som mottar drensvann fra lufthavnen med utslipp innerst i Visnesbukta,

samt miljøbrønn MB1. Det opplyses om at MB1 er en fjellbrønn 40 m dyp, hvilket betyr at vannprøvene er av grunnvann.. Vannprøvene ble analysert for de samme forbindelsene som jordprøvene.

Ved BØFA ble det tatt 6 overflateprøver av jord rundt asfaltdekket (plattformen), 1 overflateprøve ved branncontainerene, 3 overflateprøver ved innskjæringene, 1 vannprøve fra oljeutskilleren og en sediment- og vannprøve i sjøen utenfor veien i lavbrekket sørøst for BØFA. Jordprøvene fra BØFA inneholdt kun lave konsentrasjoner av PFOS (<1,7 – 13,4 µg/kg) og PFOA var under deteksjonsgrensen i alle prøver. Det ble registrert relativt høyere konsentrasjoner av 6:2FTS, opp til 212 µg/kg, hvilket har sammenheng med den nye typen brannskum hvor PFOS ble erstattet av 6:2FTS. Det ble imidlertid registrert PFOS i oljeutskilleren nedstrøms anlegget. I prøvene fra sjøen (sediment og vann) ble det ikke påvist PFOS eller PFOA. Plassering av prøvetakingspunktene og konsentrasjonsfordeling er vist i samme figur som punktene i den supplerende prøvetakingen (Figur 29).

På BØFB ble det gravd 13 sjakter med dybder fra 0,5 til 3 meter. Plassering av prøvetakingspunktene og konsentrasjonsfordeling er vist i samme figur som punktene i den supplerende prøvetakingen (Figur 30). Det ble tatt ut blandprøver av de øvre 20 cm, bunnen og mellom topplag og bunn. Prøvene ble analysert for PFOS og PFOA, i tillegg ble noen prøver analysert for organiske forbindelser (BTEX, PAH-16, PCB7, flyktige hydrokarboner og BTEX). Under sjaktingen ble det registrert en del avfall i jordprofilene. Det ble registrert høye konsentrasjoner av PFOS i jordprøvene tatt sentralt på BØFB (Figur 30). Konsentrasjonene av PFOS varierte mellom 424 og 17400 µg/kg. De samme prøvene hadde høye konsentrasjoner av THC (Totalhydrokarboner), 11000 mg THC/kg som høyeste konsentrasjon. Foruresningen ble antatt å stamme fra en oljelekkasje ved drivstoffanlegget for fly (JET-A) sommeren 2010.

I kummen nedstrøms terminalbygget og BØFB ble det registrert 50000 og 2700 ng PFOS/l vann ved henholdsvis prøvetaking 6. oktober og 25. mai 2011. Ved sjakting ble det registrert tilsvarende høy verdi av PFOS i vann i sjaktgropa. I grunnvannsbrønnen MB1 ble det kun påvist lav konsentrasjon av PFOS den 6. oktober (10 ng/l).

Fylling ved gammelt brannøvingsfelt (lokalitetsnr. 1149019): Fyllingen ligger sammen med det gamle brannøvingsfeltet på lufthavnen og er definert som deponi med påvirkningsgrad 2, dvs liten eller ingen påvirkning (ytre miljø) med dagens areal- og resipientbruk. Vurdering av fyllingen bygger på kartlegging fra 1999 (Noteby AS, 14.10.1999, Rapp. 100363-3). 3.

Fylling ved glidebanen (lokalitetsnr. 1149018): Fyllingen ligger ved glidebanen ved den nordlige enden av rullebanen og er definert som deponi med påvirkningsgrad 2, dvs liten eller ingen påvirkning (ytre miljø) med dagens areal- og resipientbruk. Vurdering av fyllingen bygger på kartlegging fra 1999 (Noteby AS, 14.10.1999, Rapp. 100363-3). Tungmetallkonsentrasjonene ligger hovedsakelig i tilstandsklasse 1, rene masser. Bare krom ligger i tilstandsklasse 2. THC, BTEX, PAH, PCB, flyktige hydrokarboner og PFOS er ubetydelige eller ikke påvist. En helserisiko eller spredningsrisiko er ikke påvist. Området er ikke sett som noe problem i forhold til grunnforurensning.

3.1.2 PFOS i jord, vann og biota (2016)

Undersøkelsene utført av Norconsult og Sweco (2016) omfattet prøvetaking og analyser av PFAS i biota samlet utenfor Haugesund lufthavn, samt på en referansestasjon antatt upåvirket av

lufthavndriften. Målet med undersøkelsene var å benytte eksisterende data for forurenset grunn (Sweco & COWI, 2012) og de nye analysene av biota for å belyse mulige spredningsveier, mengde gjenværende PFOS og hvor mye som årlig lekker ut, samt miljøstatus og å vurdere om PFAS kan ha uheldige virkninger for mattrygghet for mennesker. I Nordconsult (2016) vises det til at vannovervåkingen ble videreført med et utvalg eksisterende og nye prøvepunkter i 2013 og 2014. Avinor sto for den ordinære miljøovervåkingen fram til Lufthavndrift AS overtok overvåkingen i 2019. Lufthavndrift har egen utslippstillatelse som de følger opp.

I Norconsult (2016) rapporteres analyser av PFAS i muslingarten kuskjell (*Arctica islandica*) fra Visnesbukta (n=6) og referansestasjonen ved Skudesneshavn (n=10). Fra Visnesbukta rapporteres i tillegg PFAS i zooplankton (n=2 hovtrekk) og muslingartene flatsøsters (*Ostrea edulis*, n=4) og kamskjell (*Pecten maximus*, n=10), samt fiskeslagene skrubbe (*Platichius flesus*, n=1), berggylt (*Labrus bergylta*, n=1), lomre (*Microstomus kitt*, n=10) og torsk (*Gadus morhua*, n=1). Alle prøver av biota (muskelp prøver av fisk) ble analysert for innhold av PFAS.

Det ble ikke påvist PFAS-forbindelser i muslinger eller kamskjell. I fisk ble det kun påvist PFOS i flatfiskene lomre og skrubbe, henholdsvis <1,0 – 9,1 µg PFOS/kg og 1,7 µg PFOS/kg. I enkelte prøver av lomre ble det også påvist PFNA (1,4 – 3,7 µg/kg) og PFDA (1,1 – 5,1 µg/kg), med høyest konsentrasjon i prøven som også hadde den høyeste konsentrasjonen av PFOS.

3.1.3 Miljøovervåking utført av Haugesund Lufthavndrift AS

Driften ved Haugesund lufthavn ble skilt ut fra Avinor og privatisert i 2019. Lufthavndrift AS overtok driften samt Avinors utslippstillatelse fra Statsforvalteren i Rogaland (tidl. Fylkesmannen i Rogaland) fra den 12. mai 2019. Lufthavndrift utfører løpende miljøovervåking av fersvanns- og sjøresipienter utenfor lufthavnen, med jevnlig prøvetaking av ferskvann og sjøvann for analyser av avisingsskemikalier (KOF-Cr, P-glykol, formiat, suspendert stoff og TOC, ikke gjengitt her). Vannprøver for analyse av PFAS utføres 2 ganger per år på vegne av Avinor. Prøvetakingsplanen for sjøresipienten legger opp til sedimentprøvetaking i fire punkter hvert 5. år, samt sjøvannprøvetaking i åtte punkter og biotaprøver i to punkter. Biotaprøvetaking er foreløpig ikke utført av Lufthavndrift. Resultatene skal presenteres i årsrapporter for miljøovervåking.

Prøvetaking av sjøvann og ferskvann

Analyser av vannprøver fra kummen som mottar overflatevann og grunnvann fra terminalområdet og BØFB har vist konsentrasjoner av PFOS mellom 1560 og 3780 ng/l PFOS og totalt mellom 2410 og 6050 ng/l ΣPFAS-forbindelser. På BØFA samles overflatevann i oljeutskiller og føres deretter i rør til sjø. I oljeutskilleren er det påvist konsentrasjoner av ΣPFAS fra 1150 til 40400 ng/l. Det er forbindelsen 6:2 FTS som utgjør den største andelen. Det er kun påvist lave konsentrasjoner av PFAS-forbindelser i grunnvann ved avisningsplattformen på lufthavnen.

Sedimentundersøkelser

Den siste sedimentundersøkelsen ble utført av Norconsult i 2021. Forrige runde med sedimentprøvetaking ved lufthavna ble foretatt i november 2015. Etter hva vi kjenner til ble prøvene ikke analysert for PFAS i 2015. Det ble da tatt prøver fra 10 stasjoner som skulle brukes som underlag for videre utarbeidelse av prøvetakingsprogram.

De 4 overvåkingsstasjonene ligger i Visnesbukta i gradient fra innerst i bukta til midtveis i bukta utenfor BØFA. Den innerste stasjonen er plassert innerst i Visnesbukta utenfor bekken fra Isgardvatnet (st. REF-00, 4,5 m dyp), st. AV-02 (9 m dyp) ligger i bukta utenfor overvannsutløp fra BØFB, st. REF-02 (10 m dyp) ligger i bassenget utenfor utløpet fra BØFA, og st. BØF-05B (9 m dyp) inne ved land utenfor utløpet fra BØFA. Generelt var sedimentene finkornede, med unntak av sedimentene på st. BØF-05B. Her ble det påtruffet grovere sand, og det var en del bomskudd, noe som tyder på hardbunn, nærhet til hardbunn. De mer finkornede sedimentene besto av silt og sand med et tynt brunt oksisk sjikt øverst med mørkegrå til nærmest svarte underliggende sedimenter. Analyse av prøvemateriale fra St. REF-02 og BØF-05B nær BØFA viste forhøyde konsentrasjoner av enkeltforbindelser av PAH i tilstandsklasse 2-4. De høyeste konsentrasjonene ved referansestasjonen St. REF-02 Det er ikke påvist PFAS i sedimentene.

3.2 Supplerende undersøkelser

Supplerende undersøkelser ved Haugesund lufthavn ble utført i 08.11 – 12.11.2021 og 16.08 2022. Hensikten med undersøkelsene var å avklare om det var områder ved BØFA som hadde naturlige løsmasser av en mektighet >50 cm og eventuell forurensning i disse. BØFA er sprengt ut i fjell og planert ut med pukk og grus, løsmassemekktigheten er svært liten. For BØFB var hensikten å avgrense forurensningen, særlig i dreneringsretningen mot SØ. For å få oversikt over mektighet av løsmasser til fjell ble det utført Odex-boringer, med prøvetaking underveis. Det ble også utført prøvetaking i ferskvannsresipienter, sjøresipient for å vurdere spredning og risiko for human helse og økosystem.

Data fra tidligere undersøkelser og de supplerende undersøkelsene ble lagt til grunn for å beregne mengde PFAS (Σ PFAS og PFOS) i grunnen for videre å kunne beregne kost/nytte av tiltak.

De supplerende undersøkelsene er oppsummert under.

3.2.1 Utførte arbeider

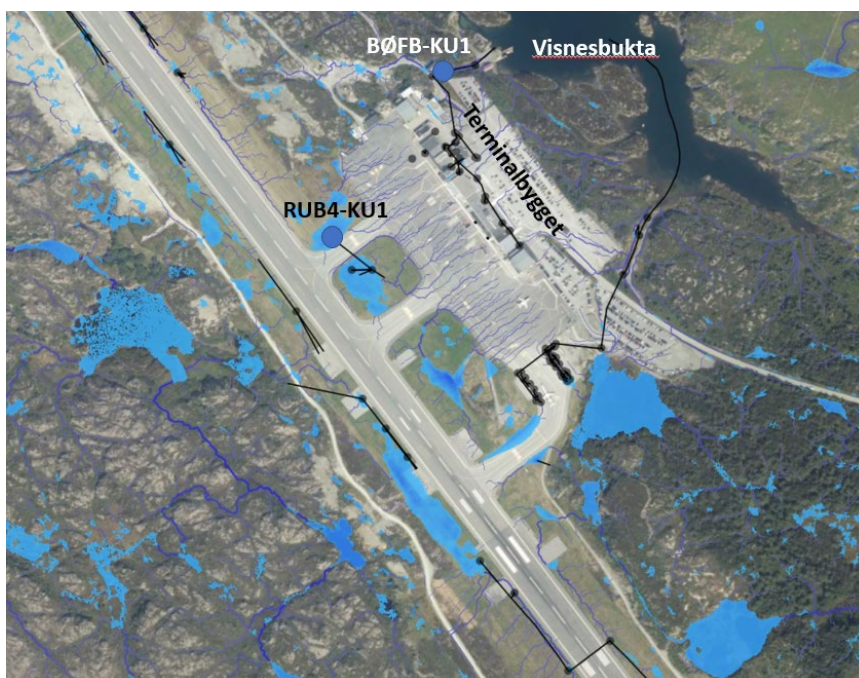
Prøvetaking i overvannsystemet

Det ble tatt ut vannprøver og sedimenter fra 4 overvannskummer/sandfang som drenerer rullebanen og området ved terminalbygget på Haugesund lufthavn. Kummene har utløp til Kalstøbukta mot vest (RUB1-KU1 og RUB2-KU1) og Visnesbukta mot øst (RUB4-KU1 og BØFB-KU1). Fra BØFB-KU1 ble det ikke registrert sedimenter i bunn av kummen, her ble det derfor kun tatt en vannprøve. Det ble også tatt ut en vannprøve fra oljeutskilleren i tilknytning til BØFA (BØFA-OU1) (Figur 13 og Figur 14).

Bilder av overvannskummene med sandfang på den vestligste delen av lufthavna er vist i Figur 15.



Figur 13. Oversikt over overvannsnettets som går langs rullebanen på NV-delen av Haugesund lufthavn. Vannprøvene ble tatt i overvannskummer med sandfang (RUB1 og RUB2 – blå rundinger) med utløp mot Kallstøbukta, samt av oljeutskilleren (BØFA-OU1) med overløp ut i Visnesbukta den 10-12 november 2021.



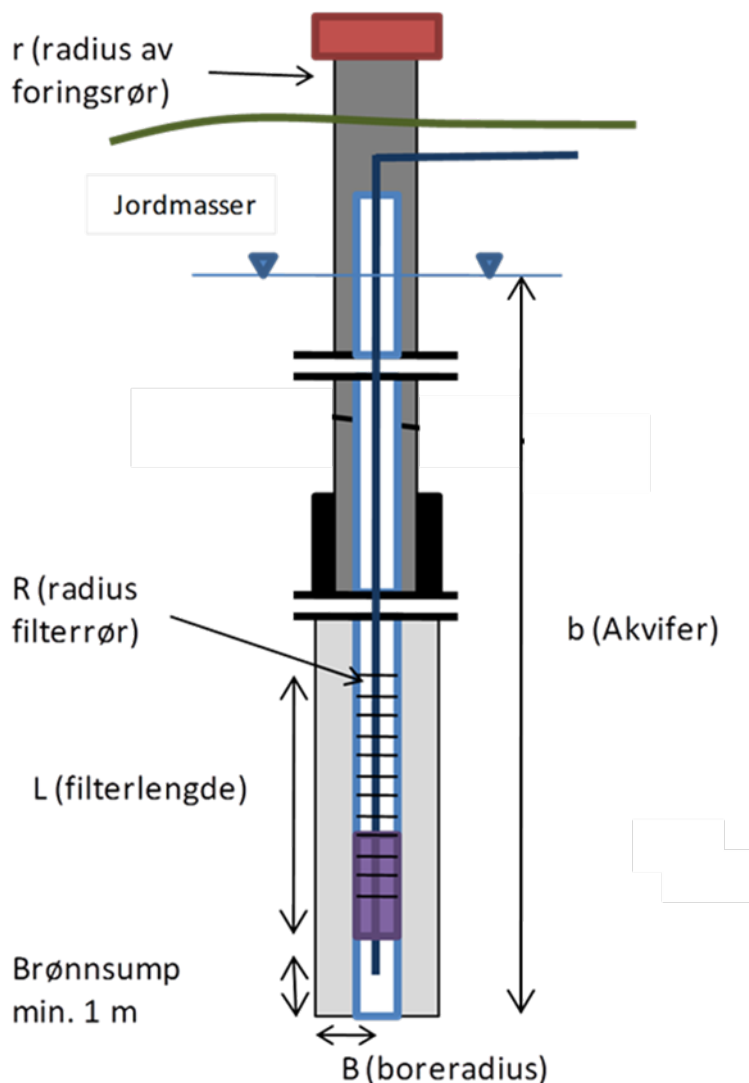
Figur 14. Oversikt over overvannsnettets som går langs rullebanen og fra terminalbygget på SØ-delen av Haugesund lufthavn. Vannprøver ble tatt i overvannskummer med sandfang (RUB4-KU1 og BØFB-KU1) sistnevnte med utløp til Visnesbukta den 10-12 november 2021.



Figur 15. Bildene oppe til venstre og høyre viser åpning av kum RUB1 og nede i kammeret på prøvetakings-tidspunktet, mens bildene nede til venstre og høyre viser åpning av kum RUB2 og nede i kammeret før prøvetaking (Foto: Tom Tellefsen).

Etablering av grunnvannsbrønn

I forbindelse med feltarbeidet ble det satt en ny miljøbrønn ved Haugesund lufthavn i prøvepunkt BØFB-BO16. Miljøbrønnene (BØFB-MB3) ble etablert med sandspiss og pumpesump (1 meter), 8x1 meter med slissede filterstigerør og et stykk 1 m stigerør uten filter i toppen. Brønnen ble bygget opp med ren sand og sikret med bentonitt rundt stigerørene. Rundt stigerørene fra topp eksisterende terreng ble det satt ned ett stykk 1 meter foringsrør av stål som stikker ca. 0,5 m under og over terreng for stabilisering og beskyttelse av brønnen. Innvendig i foringsrøret er brønnrøret sikret med låsbart lokk, og foringsrøret påsatt hette mot vær og vind. Figur 16 viser en skjematisk tegning av hvordan en slik type grunnvannsbrønn bygges opp.



Figur 16. Den skjematiske tegningen illustrerer profilen til en ODEX-boret miljøgrunnvannsbrønn etter nedsetting av en kon sandspiss/kjegle i bunn med brønnsump (pumpesump), slissede filterstigerør i 1 meters seksjoner opp til 2 meter over grunnvannsstand, deretter 1-3 meter med rør uten filter med tette vegger. I toppen er det montert en brønncork med ekspanderende møffe på det 63 mm store brønncrøret. Brønnen er avsluttet mot terreng med stålbeskyttelse i form av ønsket lengde med foringsrør og lokk (Copyright Michael Rene Helgestad, Rambøll).

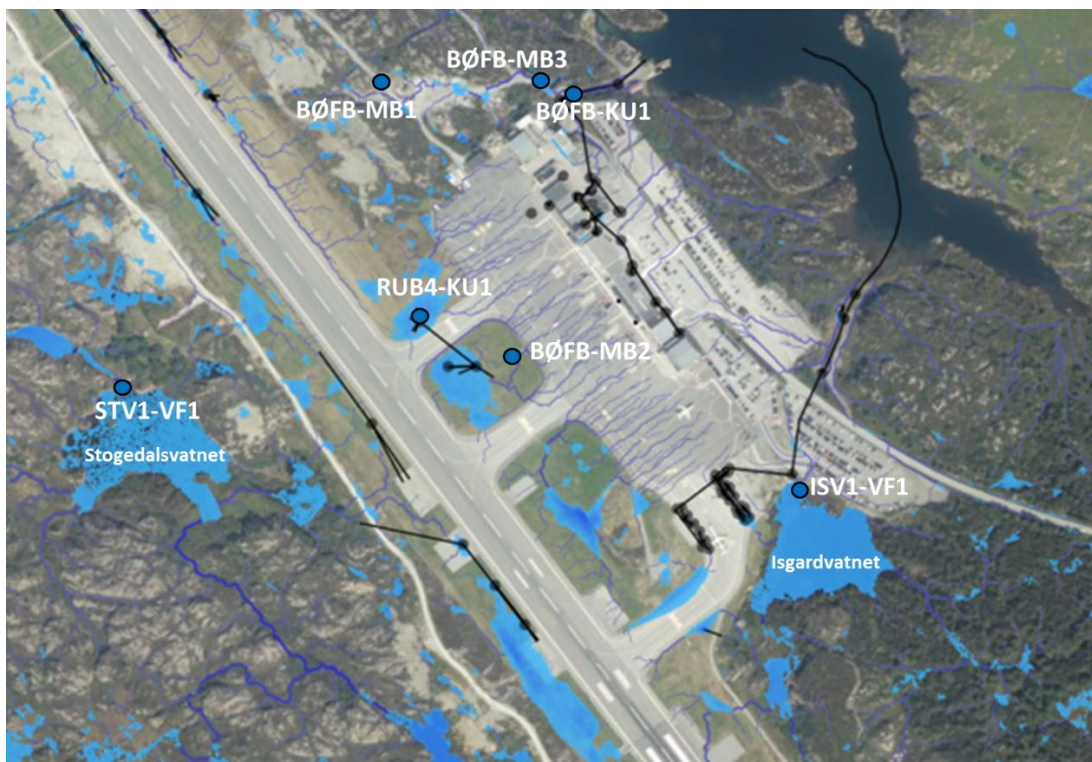
Under arbeid med å bore gjennom løsmassene til fjell på 6 m dyp ble det påtruffet en parafinforurensning mellom 2-5 m dyp. Mengden parafin som kom opp med boremassene ble ansett å være såpass lite at tiltak ikke ble iverksatt. Siden terrenget lokalt heller mot sjøen mot nord ut fra BØFB, dreier mot øst og går videre ned mot småbåthavna øst for Bukkholmen vurderes plasseringen av miljøbrønn mtp. utlekking og spredning av PFAS-forbindelser fra BØFB som ideell. Den nye miljø-brønnen har fått betegnelsen BØFB-MB3 (Figur 17).



Figur 17. Bildene oppe fra venstre viser de seige parafinluktende løsmassene mellom 2-5 m i borehull BØFB-BO16. Til høyre er de slissede stigerørene med sandspiss i bunn satt, og ren grov sand tilsettes foringsrøret. Nede til venstre dras en ny 3 meter seksjon med foringsrør opp for å bli kuttet vha vinkelsliper som vises i bilde nede til høyre (Foto: Tom Tellefsen).

Prøvetaking av miljøbrønner og innsjøer

Brønn BØFB-MB3 ble rensesumpet for slam dagen etter at den ble satt, og prøve ble tatt ut på ettermiddagen. Prøvetaking av resipientene Isgardsvatnet (ISV1-VF1) og Stogedalsvatnet (STV1-VF1), samt miljøbrønnene MB1, 2 og 3 ble utført av COWIs mannskap sammen med Haugesund lufthavns ansvarlige for prøvetaking, Heine Sørebo (Figur 18).



Figur 18. Bildet viser OV-nettet på den midtre del av rullebanen, samt ved terminal- og driftsbygningene på Haugesund lufthavn. Miljøbrønnenes plassering er vist med tekst og blå runding (BØFB-MB1-3), prøvepunkt i kum BØFB-KU1, samt overflateresipientene Isgardvatnet (ISV1-VF1) og Stogedalsvatnet (STV1-VF1) som ble prøvetatt den 11 november 2021.

Prøvetaking i sjø

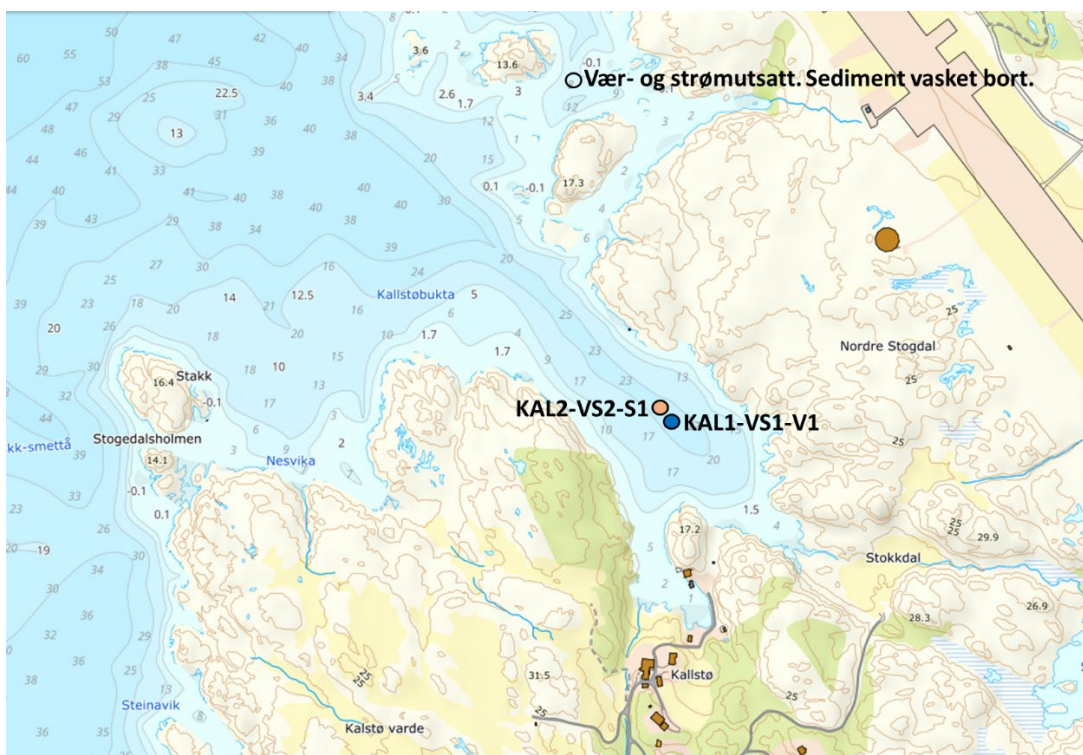
Den 12 november 2021 ble det tatt ut vannprøver i Vinesbukta og Kallstøbukta vha. Haugesund lufthavn sin egen båt, og mannskap fra lufthavna (skipper Heine Sørebo). Det hadde i flere dager vært dårlige værforhold og grov sjø som gjorde det vanskelig å gå rundt Helganeset for å komme inn i Kallstøbukta. Figur 19 viser stasjonene hvor det ble tatt ut prøver nedstrøms det gamle og nye brannøvingfeltet i Visnesbukta. Figur 20 viser plassering av stasjon for sediment og vannprøvetaking i Kallstøbukta. Det ble forsøkt tatt prøver fra området lenger nord i Kallstøbukta, men området er såpass værutsatt at sedimenter ikke avsettes. Det ble heller ikke tatt vannprøver fra denne lokaliteten siden området er grunt og vannutskiftingen stor.

Vannprøvetakingen i Visnesbukta og Kallstøbukta ble gjentatt 14 juni 2022. I tillegg til de to stasjonene i Visnesbukta ble det tatt prøver fra en stasjon (VIS1-VS1-V1) lenger inn i bukta. Prøvene ble tatt i bukta som mottar overvann fra området under terminalbygget.

Vannprøvene ble tatt direkte fra sjø ved å senke flasker like under overflaten. Flaskene ble levert av Eurofins og er beregnet for prøvetaking av vann for PFAS-analyser. Det ble tatt sedimentprøver ved hjelp av en KC Van Veen grabb. Det ble tatt 4 grabbhugg på stasjonen hvor de øvre 5 cm av sedimentene ble tatt av i hver grabb og slått sammen til en blandprøve for analyse.



Figur 19. Flyfoto viser plasseringen av stasjon for vannprøvetaking nedstrøms det gamle (BØFB) (VIS2-VS1) og nye (BØFA) (VIS3-VS1) brannøvningsfeltet i Visnesbukta øst for Haugesund lufthavn, samt i Kallstøbukta (KFAL-VS1-V1) (Finn.kart.no). Prøvene ble tatt 12 november 2021. Prøvetakingen ble gjentatt 16. juni 2022, og inkludert da prøver fra VIS1-VS1-V1 innerst i Visnesbukta.



Figur 20. Kartutsnittet med vanndyp viser plasseringen av stasjon for prøvetaking av sediment (KAL2-VS2) på samme lokasjon som prøvetaking av sjøvann (KAL1-VS1-V1) 12 november 2021 i Kallstøbukta vest for Haugesund lufthavn.

Prøvetaking av løsmasser

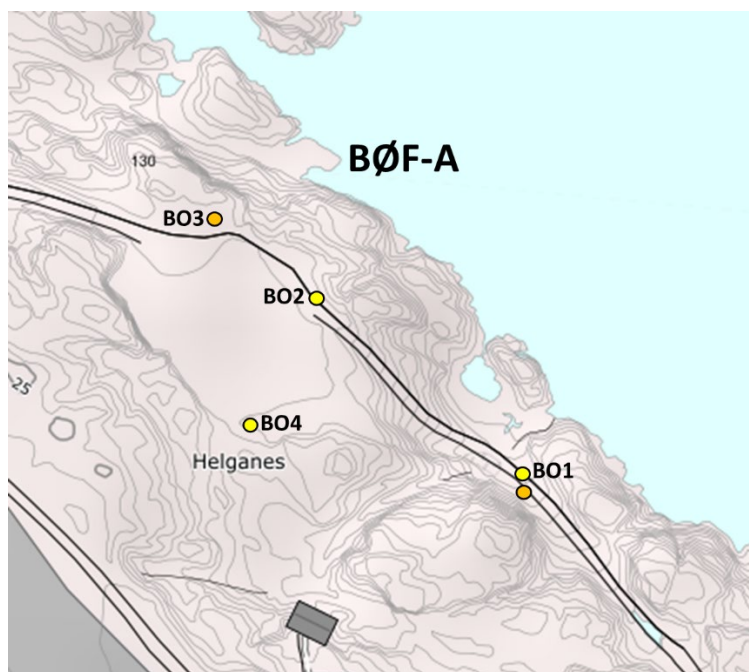
Brønn og Energiboring Buskerud AS bisto COWI med ODEX-georigg og ekspertise under feltarbeidet og prøvetaking av løsmasser den 08.-10.11.2021 ved Haugesund lufthavn. Borpunktene er vist i Figur 21 og Figur 22. Bilder fra boringen er vist i Figur 23.

Graver fra Vassbakk & Stol AS bisto COWI med sjakting på området for avising og snølagringsplasser, samt bistand under boring av miljøbrønn og gjenfylling av borehullene etter boring og prøvetaking.

Graver fra Vassbakk & Stol AS bisto COWI med sjakting på BØFB 16.08.2022, med påfølgende sikting av oppgravde masser ved bruk av en siktetrommel med kornstørrelse 50 mm (Figur 24 og Figur 25).

BØFA

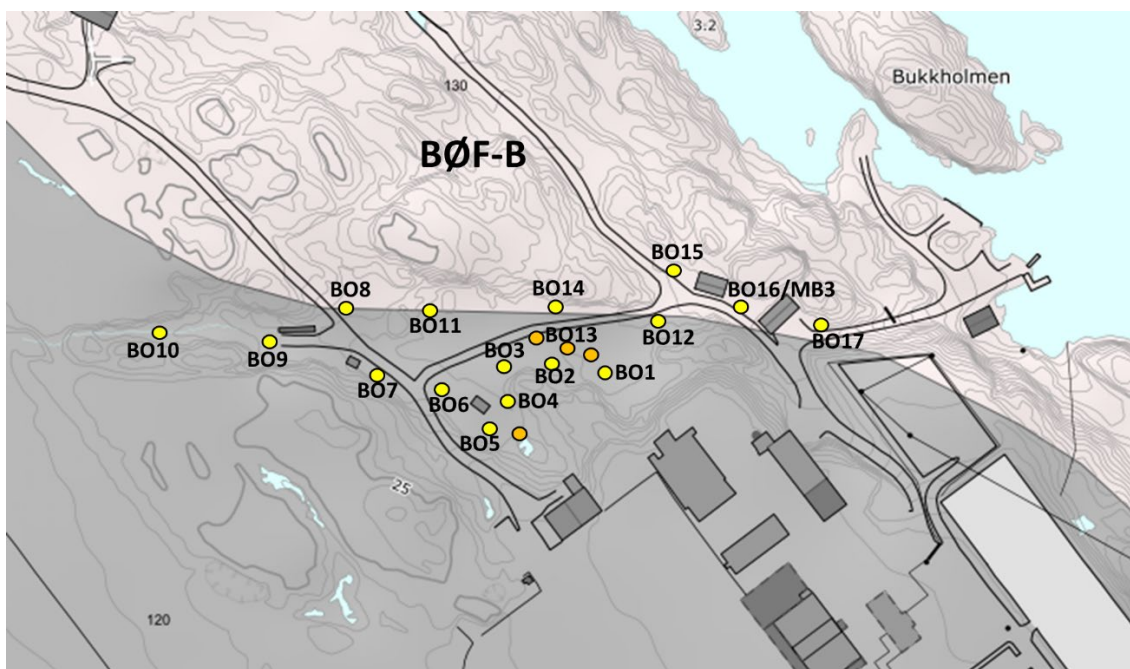
Ved tidligere prøvetakinger ved BØFA (Sweco & COWI, 2012) ble det boret i ytterkant av brannøvingsplattformen, hvor det ble påtruffet fjell <50 cm under overflaten. Området er skutt ut i fjell og planert. Ved prøvetakingen i 2021 ble det satt opp 4 potensielle borepunkt for prøvetaking for å avklare om det er områder utenfor plattformen som har større volumer av løsmasser enn det som ble registrert i 2012 (Figur 21). Borepunkt BØFA-BO1 måtte flyttes, samt burde ha vært satt noe lenger mot nordvest i det laveste punktet i dumpa hvor veien igjen stiger opp mot BØFA. Borepunkt BØFA-BO2 ble satt på utsiden av autovernet mot Visnesbukta, hvor det ble boret ned til 9 m. Underveis i boringen ble det avdekket en stor luftlomme mellom 2-8 m dyp, og stedegne naturlige løsmasser i bunn. Borepunkt BØFA-BO3 avdekket bare stein og fjell, mens BO4 ble satt i sydenden av brannøvingsplattformen på utsiden av den forhøyede asfaltkanten i et søkk i bakken hvor vann og slam tydelig samler seg. Prøvetakingslogg med beskrivelse av prøvemateriale foreligger i Vedlegg A



Figur 21. Kartutsnitt med de nye prøvetakingspunktene i og omkring BØFA tegnet inn med gule rundinger merket BO01, 02 og 04 (ngu.no). Prøvepunktet merket med oransje runding var grunt med kort vei til fjell, og derav ikke prøvetatt.

BØFB

Det ble boret i 17 prøvepunkter (BØFB-BO01-17) i og ved det gamle brannøvingsfeltet BØFB nordvest for driftsbygningene på lufthavna (Figur 22). I prøvepunkt BO16 ble det opprettet en ny miljøbrønn for overvåking av grunnvann i forbindelse med mulig utlekking og spredning av PFAS fra BØFB.



Figur 22. Kartutsnitt med de nye prøvetakingspunktene i og omkring BØFB tegnet inn med gule rundinger merket BO01-17 (ngu.no). Prøvepunktene merket med oransje rundinger er grunne med kort vei til fjell, og derav ikke prøvetatt, med unntak av borepunktet øst for BO5 hvor man boret i vann like under torvoverflaten. I borehull BO16 ble det opprettet en ny miljøbrønn samt etablering av miljøbrønn, MB3, for prøvetaking av grunnvann.

Det ble ODEX-boret ned til fjell i alle 16 prøvepunkt, og prøvemateriale ble tatt ut for hver meter av jordprofilen i hvert prøvepunkt. I prøvepunkt BO16 ble det påtruffet mye vann allerede ved 70 cm slik at uttak av prøve ikke var mulig, boringen i punktet ble derfor avsluttet. Det ble forsøkt boret flere punkter rundt BO13 med samme resultat. Det samme gjaldt prøvepunktet øst for BO5, her sto vannspruten til værs etter kort tids boring. I de fleste prøvepunktene kom man ikke lenger enn 1,5-3 m ned før påtreff av fjell. I BO14 og BO16 var fjellkontakten dypere, henholdsvis 4 m og 8 m (kap. 5.3). Prøvetakingslogg med beskrivelse av prøvemateriale foreligger i vedlegg A. Figur 23 viser bilder fra arbeidene med prøvetaking.



Figur 23. Bilde øverste til venstre og høyre viser rigging og bruk av ODEX-rigg i prøvepunkt BO15. Bilde nede til venstre viser sammensetningen av løsmasser fra prøvepunkt BO15 mellom 1-2 meter (2 oransje rundinger), og nede til høyre viser løsmasser fra samme prøvepunkt mellom 2-3 meter (3 oransje rundinger) (Foto: Tom Tellefsen).



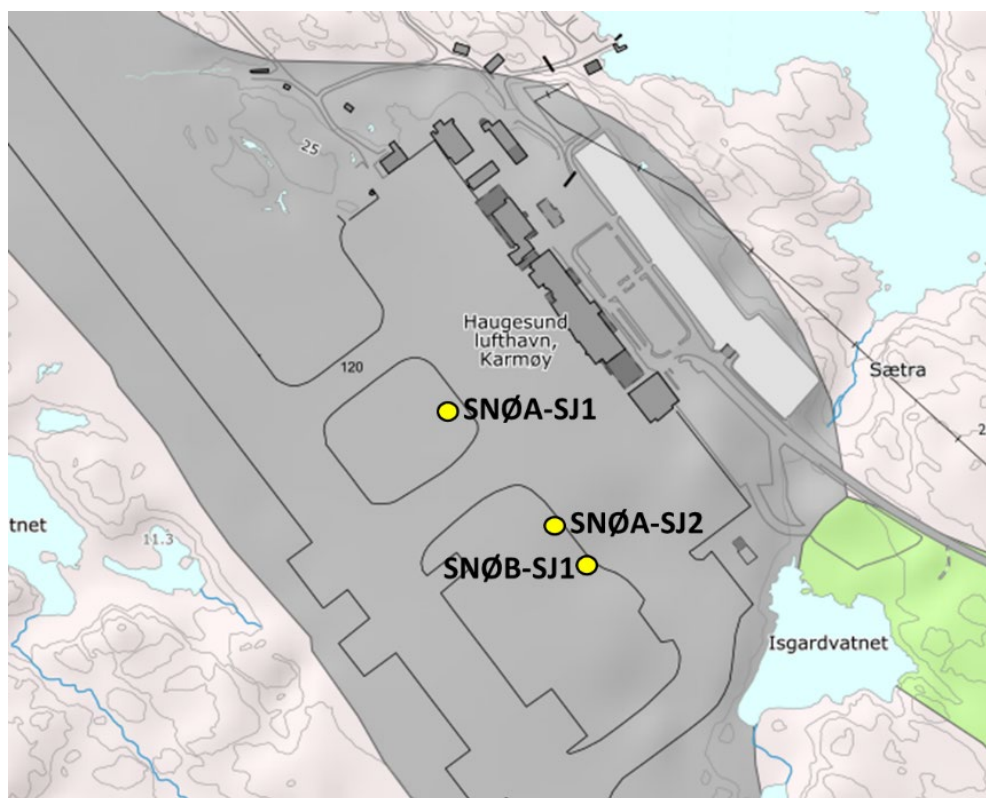
Figur 24. Siktetrommel montert på graver fra Vasbakk & Stol AS den 16.08.2022 for sikting av masser fra BØFB på Haugesund lufthavn.



Figur 25. Punkter for utgraving av masser (sjakting) på BØFB på Haugesund lufthavn 16.08.22 for fraksjonering ved bruk av siktetrommel (Figur 24).

Snødeponier ved lufthavna

I nærheten av terminal og driftsbygningen er det 3 arealer som benyttes som snødeponi når vinterhalvåret medfører snøvær. De gressdekte arealene mellom oppstillingsarealet for fly foran terminalbygget og rullebanen utnyttes først for deponering av snø. Innenfor disse arealene foreligger det løsmasser (sprengstein og grove masser) under topplaget med vegetasjon og jord. Vegetasjonslaget hadde en mektighet fra 20 – 40 cm. Dette utgjør egnede masser for prøvetaking, og det ble her tatt ut prøvemateriale fra 3 prøvepunkt som vist i Figur 26 og Figur 27.



Figur 26. Kartutsnitt viser prøvepunkt for prøvetaking av løsmasser i forbindelse med deponering av snø nær terminalbygget ved lufthavna tegnet inn med gule rundinger merket SNØA-SJ1-1 og SNØB-SJ1 (ngu.no).



Figur 27. Sjaktgraving ved snødeponier mellom terminalbygget og rullebanen på Haugesund lufthavn november 2021.

Biota

Innsamling av biota ble foretatt 04.– 05.11.2021.

Det ble samlet inn fisk, blåskjell, albusnegl og taskekrabbe fra områder som skulle representere områder mulig påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen og et upåvirket referanseområde. En oversikt er gitt i Tabell 6 og Figur 28.

i) Visnesbukta

Dette er et eksponert område nordøst for rullebanen som mottar avrenning fra flyplassen. Det ble her fisket med garn og hentet inn fisk, albusnegl og taskekrabber. Området som det ble hentet prøvemateriale fra lå mellom det gamle og det nye brannøvingsfeltet. Det ble fisket med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt på tvers av land og ut mot dypet. Garna ble plassert 50–100 m fra hverandre på ca. 5–15 m dyp. Garna fanget et betydelig antall taskekrabbe, noe som senket deres fangsteffektivitet og skapte problemer med predasjon. Blåskjell ble ikke funnet, og det ble plukket albusnegl som erstatning for disse.

ii) Kvaløya

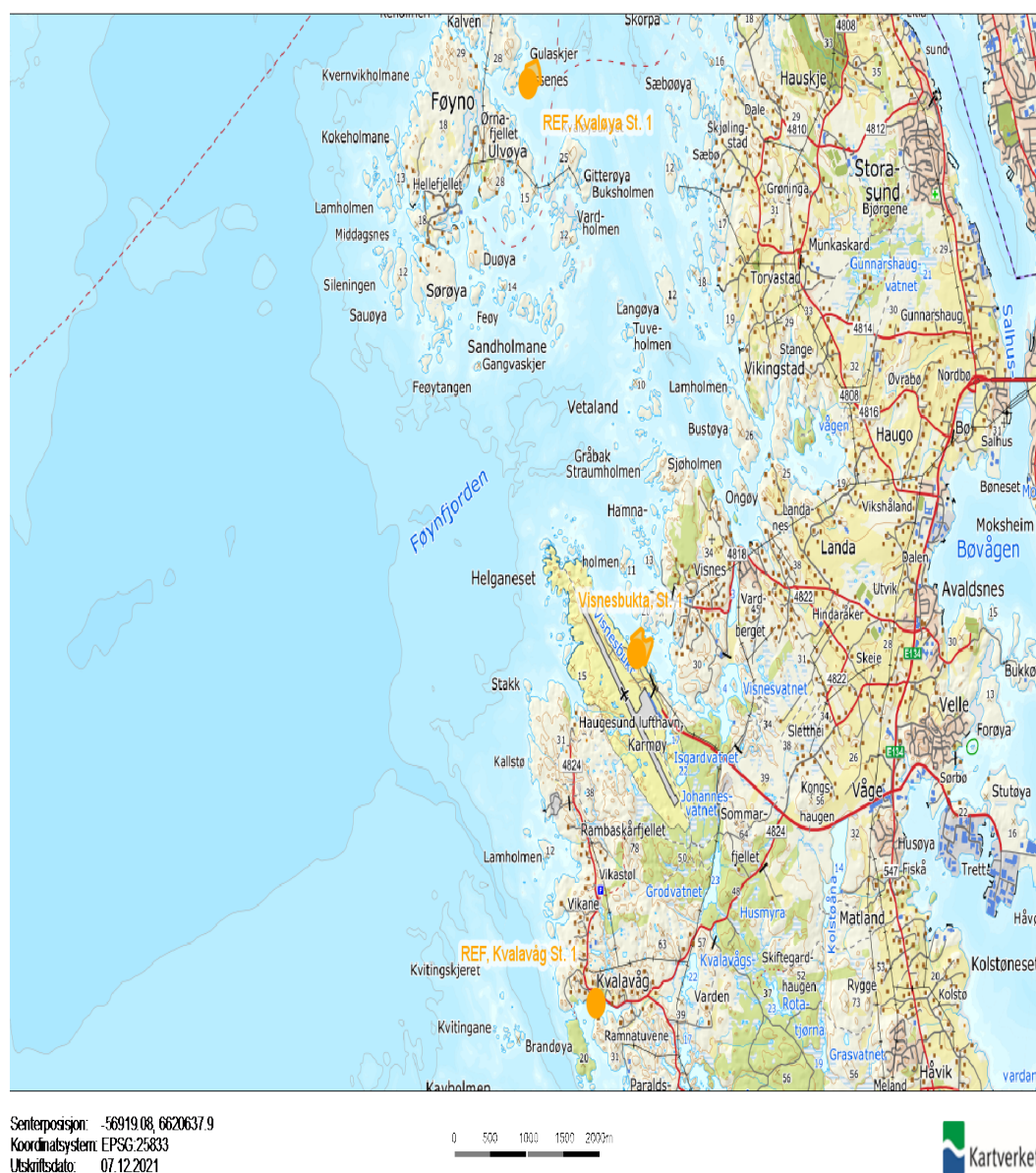
Dette referanseområdet ligger ca. 5 km nord for Visnesbukta. Det ble her fisket med garn og hentet inn fisk og taskekrabber. Innsamlingen ble gjort med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt i lenker på to hver på et dyp på ca. 15–30 m. Det ble også her fanget store mengder taskekrabbe. Blåskjell og albusnegl ble ikke funnet her.

iii) Kvalavåg

Dette området, som ligger 3 km sydvest for flyplassen, ble valgt som referanseområde for blåskjell etter anbefaling fra lokale kjentfolk. Skjellene ble plukket fra bryggestolper fra et kaianlegg. Ingen kommunale avløp går ut i Kvalavåg, og vi vurderte det derfor som et egnet referanseområde.

Tabell 6. Lokalitetsangivelser for de enkelte fangststasjonene ved Haugesund lufthavn.

Flyplass	Område	Stasjon	Stasjon 2	Beskrivelse	Arter	°N	°Ø
Haugesund	Visnesbukta	ENHD-VIS	St. 1	Visnesbukta, mellom gammelt og nytt brannøvingsfelt	Fisk, albusnegl, taskekrabbe	59.3479	5.2114
Haugesund	Kvaløya	ENHD-KVA	St. 1	Grunner sydøst for Kvaløya	Fisk, taskekrabbe	59.3890	5.1730
Haugesund	Kvalavåg	ENHD-KVA	St. 1	Våg på Karmøys vestside	Blåskjell	59.3209	5.2095



Figur 28. Kart som viser de enkelte områdene for fangst av fisk og blåskjell ved Haugesund lufthavn i november 2021. Områdene med garnfiske er markert som polygoner. Lenke til kartet finnes her.

3.2.2 Innsamlet materiale

Vann- og sedimentprøver

Det ble tatt ut vann- og sedimentprøver fra følgende lokaliteter:

- > Sediment og vann fra OV-nettet i 3 overvannskummer (RUB1, RUB2 og RUB4) på den vestlige og østlige delen av rullebanen (Figur 12 og Figur 13)
- > Vann i en forgreningskum nedstrøms BØFB (BØFB-KU1)
- > Vann i 2 gamle miljøbrønner (BØFB-MB1-2) og en ny miljøbrønn som ble etablert i prøvepunkt BØFB-BO16 (BØFB-MB3)
- > Vann fra utløpet av Isgardsvatnet (ISV1)
- > Vann fra utløpet av Stogedalsvatnet (STV1) (Figur 12)
- > Vann fra oljeutskilleren ved BØFA (Figur 13)

Til sammen ble det tatt ut 10 prøver av ferskvann og 3 prøver av sandfang mellom 09.-11. november 2021.

Videre ble det tatt prøver av sjøvann i Visnesbukta ved stasjon VIS2 og VIS3 (Figur 13) og i Kallstøbukta ved stasjon KAL1 (Figur 14) den 12 november 2021. Til sammen 3 prøver av sjøvann. I tillegg ble det samlet inn en sedimentprøve fra Kallstøbukta (KAL1)

Totalt ble det sendt inn 13 vannprøver til analyse av PFAS-forbindelser ved Eurofins laboratorie på Kambo i Moss.

Prøver av løsmasser fra BØFA, BØFB og snødeponiområdene

Generelt foreligger det et skrint naturlige løsmassedekke med kort vei til fjell på hovedandelen av lufthavns arealer. På BØFA var det kun mulig å få opp løsmasser i 3 av 4 prøvepunkt (BØFA-BO1-2 og 4). På BØFB er det større løsmassemektheter, hvor en stor andel består av tilførte grus, pukk og steinmasser. Det er tidligere observert diverse avfall i fyllmassene (Sweco & COWI, 2016), dette ble også observert ved sjaktning og prøvesikting i august 2022. I de fleste prøvepunktene på BØFB ble det påtruffet fjell ved 1,5-3 m. Det var tidvis vanskelig å få opp egnet eller tilstrekkelig med prøvemateriale i og omkring BØFB, siden en del av bormassene ble blåst ut i fyllmassene under boring. Fra vest (borepunkt BO01) til nedstrøms BØFB nær Visnesbukta (borepunkt BO17) klarte man å sette 16 prøvepunkt hvor det var mulig å få ut tilstrekkelig med prøvemateriale til analyse (i boring BO13 var det ikke mulig å få opp prøve fordi vann trengte raskt inn i borpunktet).

Til sammen ble det tatt ut 53 jordprøver i 20 prøvepunkt av de fyllingspåvirkede løsmassene på det nye (BØFA) og nedlagte (BØFB) brannøvingsfeltet samt snødeponiområdene. Prøvene ble merket henholdsvis ENHD-BØFA-BO1,2 og 4, ENHD-BØFB-BO01-17, ENHD-SNØA-SJ1, 2 og ENHD-SNØB-SJ1. Samtlige jordprøver ble sendt inn til analyse av 30 PFAS-forbindelser hos Eurofins.

Biota prøver

Tabell 7 gir en oversikt over antall prøver av biota og typer, som ble samlet inn utenfor Haugesund lufthavn 2021.

Tabell 7. Antall prøver av de forskjellige arter og vevstyper fra de enkelte fangststasjonene ved Haugesund lufthavn.

Område	Stasjon	Dato	Art	Matriks		
				Bløtvev	Lever	Muskel
Kvaløya	KVA	4-5.11	Berggylt	0	1	3
			Lomre	0	1	1
			Lyr	0	1	3
			Taskekrabbe	2	0	2
			Torsk	0	1	2
Visnesbukta	VIS	4-5.11	Albusnegl	5	0	0
			Berggylt	0	1	7
			Lomre	0	1	1
			Rødspette	0	1	1
			Skrubbe	0	1	1
			Taskekrabbe	2	0	2
			Torsk	0	1	1
Kvalavåg	KVA*	5.11	Blåskjell	5	0	0

*Kvalavåg fikk ved en feil samme forkortelse (KVA) som Kvaløya.

Kjemiske analyser

Alle analyser er utført av Eurofins enten ved deres laboratorium på Kambo nord for Moss eller utenfor Norge. Analyseporteføljen for PFAS-forbindelser i jord og sediment utgjør 30 forskjellige forbindelser, og 22 forbindelser for biota og vann. I vedlegg C er de forskjellige PFAS-forbindelsene ført opp med kjemisk navnsetting og forkortelse. Utvalgte prøver av løsmasser ble i tillegg analysert for alifater C5-C40, THC, TOC kornfordeling ved Eurofins laboratorium i Moss. Laboratoriet er akkreditert etter NS EN ISO/IEC 17025. Analyserapportene for biota, løsmasser, sjøvann, ferskvann, overvann, grunnvann og sediment foreligger i Vedlegg D.

3.2.3 Resultat

Jord

Snødeponier

De utgravde sjaktene ved snødeponiområdene mellom terminalbygget og rullebanen viste et tynt matjordlag og deretter fyllmasser, til dels grov blokk, ned til fjell på 50 – 100cm. Prøvene av løsmassene (SNØA-SJ1, SNØA-SJ2 og SNØB-SJ1) hadde lave, men påviselige konsentrasjoner av Σ PFAS, varierende fra 2,1 til 4,2 $\mu\text{g/kg}$ (Tabell 8). PFOS var den dominerende forbindelsen. Det ble registrert PFUnA i SNØA-SJ1 og PFHpA, PFOA og PFNA i SNØB-SJ1.

Konsentrasjonene av Σ PFAS og PFOS (samt øvrige PFAS-forbindelser) er så lave at tiltak mot forurensningen ansees ikke å være nødvendig.

BØFA

Det ble påvist løsmasser til noe større dyp ved det operative brannøvingsfeltet BØFA enn ved tidligere undersøkelser, konsentrasjonene av PFAS i de dypereliggende massene var på samme nivå som masser på grunnere nivå. Konsentrasjonen av Σ PFAS i prøvene fra BØFA var på samme

nivå som i prøvene fra snødeponiområdet og som ved tidligere kartlegginger (Sweco og COWI, 2012), varierende fra 2,2 til 3,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Tabell 8 og Figur 29). Til forskjell fra prøvene fra snødeponiområdet ble det påvist 6:2FTS, 8:2FTS PFHxA og PFPeA i noen av prøvene fra BØFA.

Tidligere undersøkelser (SWECO og COWI, 2012) anslo at mengden PFAS i grunnen ved BØFA er 18 g, med en utslippsmengde av PFOS fra feltet på 0,73 g/år. Konsentrasjonene av ΣPFAS og PFOS (samt øvrige PFAS-forbindelser) er så lave at tiltak mot forurensningen ikke ble ansett å være nødvendig. De nye undersøkelsene støtter denne konklusjonen.



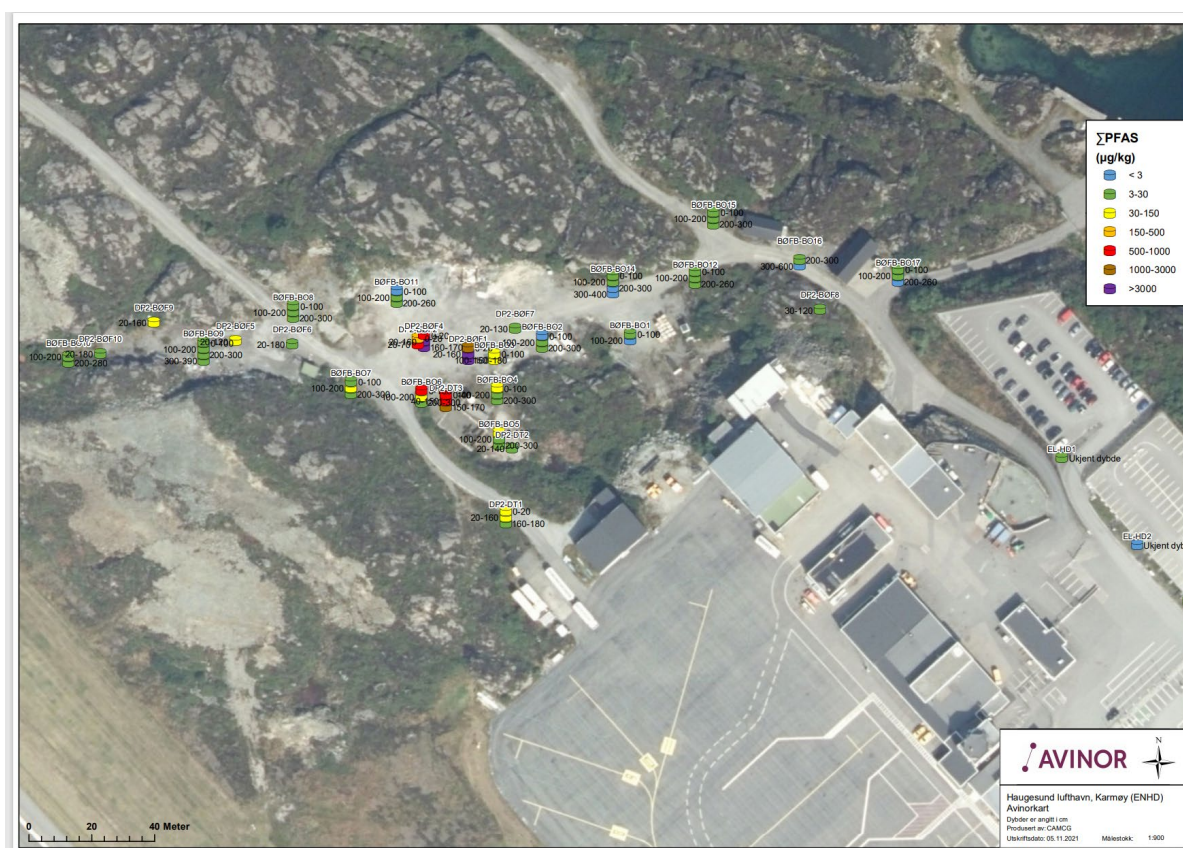
Figur 29. Kart over prøvepunkter ved BØFA ved Haugesund lufthavn. Prøvepunkter er klassifisert iht. konsentrasjonsintervaller for ΣPFAS ($\mu\text{g}/\text{kg}$). Kartet viser både nye (fra 2021) og gamle prøvepunkter.

BØFB

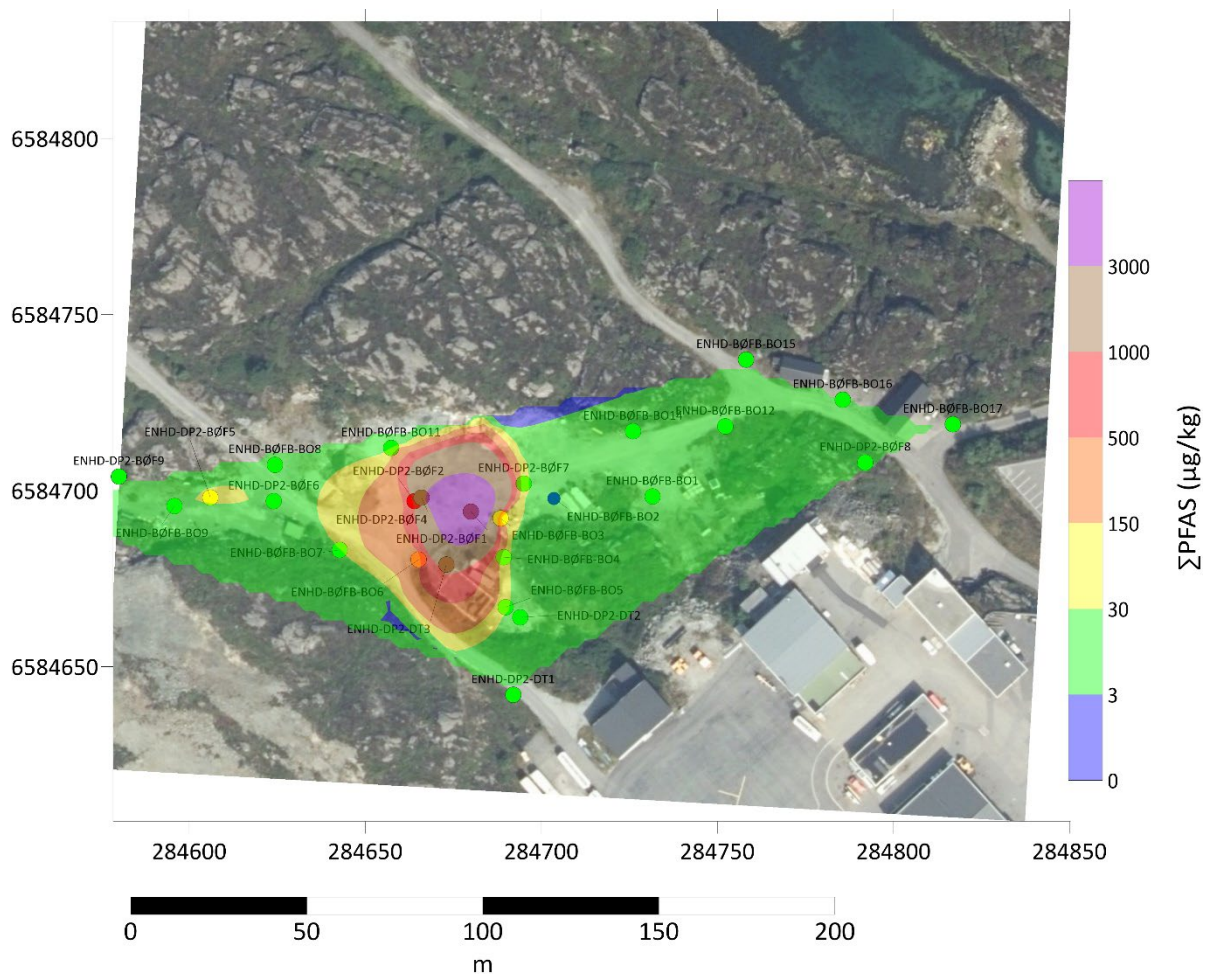
BØFB ligger i et tidligere myrområde omkranset av fjellknauser. Prøvetakingen ved BØFB hadde som mål å avgrense PFAS-forurensningen. Prøvetakingen ble derfor konsentrert til ytterkanten av området og i mulig spredningsvei for PFAS, for å kontrollere omfang (mektighet) av løsmasser og konsentrasjonen av PFAS i disse. Det ble ikke tatt prøver i den tidligere påvist hot-spoten sentralt i det gamle brannøvfingsfeltet. Figur 30 viser nye og gamle prøvepunkter klassifisert etter innhold av ΣPFAS . Analyseresultater for de nye prøvene er vist i . I Figur 31 er det vist interpolert konsentrasjonsfordeling av ΣPFAS i jord ($\mu\text{g}/\text{kg}$) på BØFB, basert på både nye og gamle jordprøver. Interpoleringen er basert på et gjennomsnitt av påviste konsentrasjoner av ΣPFAS i dybden 0-3 meter under terreng. Interpoleringen brukes til å beregne mengde ΣPFAS i grunnen ved BØFB. Figuren viser at grunnen i deler av veien som kommer fra terminalområdet og går i retning nord, har konsentrasjoner $>150 \mu\text{g} \Sigma\text{PFAS}/\text{kg}$, dette er sannsynligvis ikke riktig. Det er ikke foretatt undersøkelser i selve veien, men veien er anlagt på fjell i skråning. Det er derfor lite

som tilsier at grunnen i veien har høye konsentrasjoner av PFAS. Det er målt konsentrasjoner av Σ PFAS $>150\mu\text{g/kg}$ øst for veien, mens i grøfta vest for veien er det registrert konsentrasjoner $<30\mu\text{g}$ Σ PFAS/kg.

I Tabell 9 er konsentrasjonen av PFOS, som er den dominerende PFAS forbindelsen i jord på BØFB, i alle prøver fra jordprofiler fra BØFB vist (Sweco&COWI, 2012, og supplerende undersøkelser 2021). Prøvepunktene er organisert i sektorer rundt «hot-spoten» som ligger sentralt i området. I Tabell 10 er de samme jordprofilene beskrevet lithologisk. Som tabellen viser ble det registrert jord med høyt organisk innhold (gamle myravsetninger) sentralt i «hot-spoten».



Figur 30. Kart over prøvepunkter ved BØFB ved Haugesund lufthavn. Prøvepunkter er klassifisert iht. konsentrasjonsintervaller for Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$). Kartet viser både nye (fra 2021) og gamle prøvepunkter.



Figur 31. Interpolert konsentrasjonsfordeling av Σ PFAS i jord ($\mu\text{g/kg}$) på BØFB, basert på både nye og gamle jordprøver. Interpoleringen er basert på et gjennomsnitt av påviste konsentrasjoner av Σ PFAS i dybden 0-3 meter under terreng. Merk! Det er lite sannsynlig at det er PFAS-forurensning $>150 \mu\text{g/kg}$ i veien fra terminalområdet nordvestover gjennom BØFB. Veien er anlagt på fjell i skråning. Det er påvist $<30 \mu\text{g}$ Σ PFAS/kg i grøfta langs vestsiden av veien.

Tabell 8. Ulike PFAS-forbindelser i prøver av jord fra snødeponiområdet ved rullebanen, det nye brannøvingsfeltet BØFA og det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB prøvetatt i november 2021 ved Haugesund lufthavn. Fargen i cellene for PFOS og ΣPFAS er i henhold til klassifiseringen vist i kap. 1.3.1. Grå celler markerer konsentrasjoner under deteksjonsnivå.

PROVEPUNKT_ID	Dybdeintervall	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFUnA	PFDoA	PFTA, 7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2 FTS	PFHxDA	4:2 FTS	ΣPFAS	
	cm	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
Snødeponiområdet:																						
ENHD-SNØA-SJ1	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,48	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,2	<0,10	<0,50	<0,10	4,2	
ENHD-SNØA-SJ2	0-50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,092	<0,10	<0,50	<0,10	2,1	
ENHD-SNØB-SJ1	0-100	<0,10	<0,10	0,11	0,2	0,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	0,16	<0,10	0,5	<0,10	<0,50	<0,10	2,9	
BØF-A																						
PROVEPUNKT_ID	Dybdeintervall	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFUnA	PFDoA	PFTA, 7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2 FTS	PFHxDA	4:2 FTS	ΣPFAS	
	cm	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
ENHD-BØFA-BO1	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,3	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,5	<0,10	<0,50	<0,10	3,8	
ENHD-BØFA-BO1	100-160	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,19	<0,10	<0,50	<0,10	2,2	
ENHD-BØFA-BO2	700-800	<0,10	0,13	<0,10	<0,050	<0,10	0,25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	0,25	<0,10	0,15	<0,10	0,71	0,15	<0,50	<0,10	3,4
ENHD-BØFA-BO4	100-170	<0,10	0,11	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	1,5	<0,10	0,16	<0,10	0,075	0,2	<0,50	<0,10	3,9
BØF-B																						
PROVEPUNKT_ID	Dybdeintervall	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFUnA	PFDoA	PFTA, 7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2 FTS	PFHxDA	4:2 FTS	ΣPFAS	
	cm	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	
ENHD-BØFB-BO1	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,21	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,9	<0,10	<0,50	<0,10	4,1	
ENHD-BØFB-BO1	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,092	<0,10	<0,50	<0,10	2,1	
ENHD-BØFB-BO2	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,43	<0,10	<0,50	<0,10	2,4	
ENHD-BØFB-BO2	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,4	<0,10	<0,50	<0,10	3,4	
ENHD-BØFB-BO2	200-300	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,1	<0,10	<0,50	<0,10	3,1	
ENHD-BØFB-BO3	0-100	<0,10	0,11	<0,10	0,086	0,22	<0,10	0,17	0,89	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,18	0,21	48	<0,10	<0,50	<0,10	57
ENHD-BØFB-BO3	100-150	<0,10	0,3	0,15	0,15	0,72	0,16	0,88	8	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	0,13	0,43	0,18	60	<0,10	<0,50	<0,10	75
ENHD-BØFB-BO4	0-100	<0,10	0,14	<0,10	0,074	0,47	<0,10	0,41	4,1	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,21	<0,10	34	<0,10	<0,50	<0,10	43
ENHD-BØFB-BO4	100-200	<0,10	0,16	0,13	0,12	0,37	<0,10	0,18	2,2	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,24	<0,10	16	<0,10	<0,50	<0,10	23
ENHD-BØFB-BO4	200-300	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,77	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	7,7	<0,10	<0,50	<0,10	11	
ENHD-BØFB-BO5	0-100	<0,10	0,26	0,11	0,18	1,1	<0,10	0,19	2,4	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	0,15	0,34	0,19	32	<0,10	<0,50	<0,10	43
ENHD-BØFB-BO5	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	0,29	<0,10	<0,10	0,6	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10	10	<0,10	<0,50	<0,10	14
ENHD-BØFB-BO5	200-300	<0,10	<0,10	<0,10	0,06	0,34	<0,10	0,12	0,84	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10	12	<0,10	<0,50	<0,10	16
ENHD-BØFB-BO6	0-100	0,26	1,1	0,23	2,9	19	0,46	0,56	2,9	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,24	6,4	850	<0,10	<0,50	<0,10	920
ENHD-BØFB-BO6	100-200	1,1	2,9	0,68	2,8	2,6	<0,10	<0,10	0,44	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	0,24	0,5	0,99	74	<0,10	<0,50	<0,10	120
ENHD-BØFB-BO6	200-300	<0,10	0,2	<0,10	0,14	0,52	<0,10	0,15	0,81	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	25	<0,10	<0,50	<0,10	30	

BØF-B forts:																						
PROVEPUNKT_ID	Dybdeintervall	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFUnA	PFDnA	PFTA	7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2 FTS	PFHxDA	4:2 FTS	ΣPFAS
	cm	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
ENHD-BØFB-BO7	0-100	<0,10	0,54	<0,10	0,082	0,22	<0,10	0,27	0,3	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	11	<0,10	<0,50	<0,10	18
ENHD-BØFB-BO7	100-200	<0,10	0,23	<0,10	0,14	0,5	<0,10	0,44	0,57	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,17	25	<0,10	<0,50	<0,10	35
ENHD-BØFB-BO7	200-300	<0,10	0,28	<0,10	0,072	0,14	<0,10	0,55	0,57	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	8	<0,10	<0,50	<0,10	16
ENHD-BØFB-BO8	0-100	<0,10	0,3	<0,10	0,072	0,14	<0,10	0,54	0,56	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	7,2	<0,10	<0,50	<0,10	16
ENHD-BØFB-BO8	100-200	<0,10	0,67	<0,10	0,11	0,12	<0,10	0,35	0,57	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,12	<0,10	8,1	<0,10	<0,50	<0,10	17
ENHD-BØFB-BO8	200-300	<0,10	0,13	<0,10	<0,050	0,16	<0,10	<0,10	0,23	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	7,8	<0,10	<0,50	<0,10	12
ENHD-BØFB-BO9	0-100	<0,10	0,13	<0,10	0,078	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	4,7	<0,10	<0,50	<0,10	7,3
ENHD-BØFB-BO9	100-200	<0,10	0,11	<0,10	0,1	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	4,1	<0,10	<0,50	<0,10	7,2
ENHD-BØFB-BO9	200-300	<0,10	0,12	<0,10	0,068	0,11	<0,10	0,33	0,15	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	13	<0,10	<0,50	<0,10	17
ENHD-BØFB-BO9	300-390	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,5	<0,10	<0,50	<0,10	3,5
ENHD-BØFB-BO10	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	5,2	<0,10	<0,50	<0,10	8
ENHD-BØFB-BO10	200-280	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,1	<0,10	<0,50	<0,10	3,1
ENHD-BØFB-BO11	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,64	<0,10	<0,50	<0,10	2,6
ENHD-BØFB-BO11	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,13	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	3,2	<0,10	<0,50	<0,10	5,9
ENHD-BØFB-BO11	200-260	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	2,6	<0,10	<0,50	<0,10	5,4
ENHD-BØFB-BO12	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	0,063	<0,10	<0,10	0,16	0,11	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	15	<0,10	<0,50	<0,10	18
ENHD-BØFB-BO12	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	6,5	<0,10	<0,50	<0,10	8,6
ENHD-BØFB-BO12	200-260	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	11	<0,10	<0,50	<0,10	13
ENHD-BØFB-BO14	0-100	<0,10	0,16	<0,10	0,072	0,32	<0,10	0,23	1,8	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	19	<0,10	<0,50	<0,10	25
ENHD-BØFB-BO14	100-200	<0,10	0,13	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,2	<0,10	1,5	<0,10	<0,50	<0,10	3,8
ENHD-BØFB-BO14	200-300	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,52	<0,10	<0,50	<0,10	2,5
ENHD-BØFB-BO14	300-400	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,25	<0,10	<0,50	<0,10	2,2
ENHD-BØFB-BO15	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	0,13	<0,10	1,5	<0,10	<0,50	<0,10	3,7
ENHD-BØFB-BO15	100-200	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1	<0,10	<0,50	<0,10	3,1
ENHD-BØFB-BO15	200-300	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	2,1	<0,10	<0,50	<0,10	4,1
ENHD-BØFB-BO16	200-300	<0,10	0,11	<0,10	0,067	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	2,4	<0,10	<0,50	<0,10	5,3
ENHD-BØFB-BO16	300-600	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,79	<0,10	<0,50	<0,10	2,9
ENHD-BØFB-BO17	0-100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,84	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	4,6	<0,10	<0,50	<0,10	7,6
ENHD-BØFB-BO17	100-200	<0,10	0,12	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	0,12	0,51	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	2	<0,10	<0,50	<0,10	4,9
ENHD-BØFB-BO17	200-260	<0,10	0,16	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,71	<0,10	<0,50	<0,10	2,9

Tabell 9. Konsentrasjoner av PFOS ($\mu\text{g/kg}$) i jordprofiler fra det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB ved Haugesund lufthavn. Fargekodene er i henhold til klassifiseringen vist i Tabell 1. Prøver merket BØF er fra sjaktning utført i 2012 (Sweco&COWI, 2012). Prøver merket BO er fra Odexboringer høsten 2021 og prøver merket SJ er fra sjaktning utført august 2022. (I.p. = ikke prøve, i.a. = ikke analysert)

	Vest							Nord			Sentralt							Sør			Øst												
Dybde (cm)	BO-10	BØF10	BØF9	BO-9	BØF5	BØF6	BO-8	BO-7	BO-11	Sj-6	BØF7	Sj-3	BO-6	DT3	Sj-4	Sj-5	BØF4	BØF2	Sj-2	BØF1	BO-5	DT2	Sj-1	BO3	BO-4	BO-2	BO-1	BO-14	BO-12	BO-15	BO-16	BØF8	BO17
0-100	i.p.	24	8	4,7	424	21,7	7,2	11	0,64	i.a.	15,8	i.a.	850	954	i.a.	i.a.	4690	839	i.a.	17400	32	19,7	i.a.	48	34	0,43	1,9	19	15	1,5	i.p.	3,2	4,6
100-200	5,2			4,1	8,1		25	3,2	i.a.			i.a.	74	2390	i.a.	i.a.	3510		i.a.		10			60	16	1,4	0,092	1,5	6,5	1	i.p.		2
200-300	1,1			13			7,8	8	2,6				25		i.a.						12				7,7	1,1		0,52	11	2,1	2,4		0,71
300-400				1,5																								0,25			0,79		
500-600																																	

Tabell 10. Beskrivelse av jordprofiler ved det nedlagte brannøvingsfeltet BØFB ved Haugesund lufthavn.. Prøver merket BØF er fra sjaktning utført i 2012 (Sweco&COWI, 2012). Prøver merket BO er fra Odexboringer høsten 2021 og prøver merket SJ er fra sjaktning utført august 2022. (I.p. = ikke prøve. Dybder til antatt fjell er angitt for BØF og Sj i cellene markert som fjell.

	Vest								Nord			Sentralt								Sør			Øst										
Dybde (cm)	BO-10	BØF10	BØF9	BO-9	BØF5	BØF6	BO-8	BO-7	BO-11	Sj-6	BØF7	Sj-3	BO-6	DT3	Sj-4	Sj-5	BØF4	BØF2	Sj-2	BØF-1	BO-5	DT2	Sj-1	BO3	BO-4	BO-2	BO-1	BO-14	BO-12	BO-15	BO-16	BØF8	BO1
0-100	i.p.				?							50cm																			i.p.		
100-200					120cm						130cm							70cm					140cm								i.p.	120cm	
200-300		180cm	160cm			180cm					160 cm		140cm		170cm		160cm	170cm		160 cm	180cm		150cm		150cm			200cm					
300-400	280cm						300cm	300cm	260cm				300cm		240cm							300cm			300cm	300cm			260cm	300cm			260cm
400-500					390cm																							400cm					
500-600																																	
>600																																	600 cm

Sprengstein, sand, grus	Grus, sand, silt	Sand, silt, leire	Jord, organisk rik, torv	Fjell

Prøvetakingen påviste noe større mektighet av løsmasser enn ved tidligere undersøkelser, grunnet annen prøvetakingsmetodikk (boring istedenfor sjakting).

Den høyeste konsentrasjonen av Σ PFAS ble påvist i nærheten av den sentrale delen av det nedlagte brønnøvingsfeltet (BØFB-BO6, 920 $\mu\text{g/kg}$), hvor den øvre 1 m var mest forurenset. PFOS utgjorde hovedandelen av Σ PFAS. Jordmassene fra BØFB-BO3, 4 og 5 hadde også generelt høyere konsentrasjoner av PFAS enn de øvrige prøvetatte massene (Tabell 8). Borpunktene BØFB-BO14, 15, 16 og 17 ble lagt i sannsynlig spredningsretning fra BØFB. Det er her veien inn til BØFB er lagt. Etablering av vei med sprenging og påfylling av løsmasser kan skape en dreneringslinje mot lavere terreng og sjø. Konsentrasjonene av PFAS i massene fra disse borpunktene var imidlertid lave. Borpunkt 16 (BØFB-BO16) viste lave konsentrasjoner av PFAS i boremassene. De øvre 2 m av massene ble blåst ut i fyllingen under boring, det finnes derfor ingen prøver fra dette dypet. I borpunkt BØFB-BO16 ble det etablert en miljøbrønn (BØFB-MB3), se kap. 3.2.1

Kornfordeling:

For å kunne beregne hydrauliske parametre som sorteringsgrad, hydraulisk konduktivitet og effektiv porøsitet er det nyttig med informasjon om massenes kornfordeling. Ved prøvetaking (sjakting) i 2012 ble massene beskrevet som blandede masser av blokk, pukk, stein, sand grus, stedvis noe torv og leire, og med innslag av avfall. Det ble gravd til fjell, men vann i gravegropen gjorde det derfor vanskelig å ta prøver av dypereliggende masser over fjell. Ved prøvetaking i november 2021 ble det derfor valgt ODEX-borerigg for å få tatt prøver av også disse massene og samtidig få en god avgrensning til fjell. Det ble ikke utført kornfordelingsanalyser på massene i 2012. Prøver tatt ved bruk av borerigg knuser stein og endrer derved opprinnelig kornsammensetningen i materialet slik at du får en mer homogen masse med mindre kornstørrelse, og det ble derfor heller ikke i 2021 sendt inn prøver for kornfordeling.

For å få en oversikt over andelen masser med korndiameter >50 mm ble det gravet 6 nye sjakter ned til fjell i området med de høyeste påviste konsentrasjonene av PFAS i BØFB den 16.08.22 (Figur 25 og Tabell 11). Dette er relevant for vurdering av tiltaksmetoder, kostnadsberegninger og planlegging av gjennomføring av tiltak. Massene ble siktet gjennom en trommel med gitterstørrelse 50 mm. Der hvor det var klare forskjeller i massenes sammensetning og utseende (lithologisk) vertikalt, ble ulike skjikt siktet hver for seg. Det ble gjort en skjønnsmessig vurdering av mengde masser større og mindre enn 50 mm. Andelen masse <50 mm ble vurdert å variere mellom 50 og 70 % (Tabell 11). Andelen <20 mm er nødvendigvis mindre enn dette. I Figur 32 vises sikting av masser på BØFB ved Haugesund lufthavn 16.08.2022. De fremst to haugene er fra sjakt 3 fra 50 – 140 cm dyp.

Tabell 11. Anslått andel finstoff i jord fra 6 sjakter gravd ned til fjell på BØFB ved Haugesund lufthavn 16.08.22. Mengde finstoff i de ulike jordprofilene er estimert skjønnsmessig etter sikting gjennom trommel med 50 mm gitteråpninger.

dato	sjakt_id	dyp total (cm)	Intervaller siktet (cm), etter lagdeling	Andel finstoff <50 mm (%)
17.08.2022	sj-001	140	0-140	50
17.08.2022	sj-002	160	0-160	50
17.08.2022	sj-003	140	0-50	60
17.08.2022	sj-003		50-140	60
17.08.2022	sj-004	240	0-100	75
17.08.2022	sj-004		100-240	60
17.08.2022	sj-005	160	0-80	50
17.08.2022	sj-005		80-160	60
17.08.2022	sj-006	140	0-140	75



Figur 32. Eksempler på sikting av masser på BØFB ved Haugesund lufthavn 16.08.2022. De fremst to haugene er fra sjakt 3 fra 50 – 140 cm dyp. De to bakenforliggende haugene (grå) er fra 0-50 cm dyp. De dypere liggende massene består delvis av stedege organisk rike jord/ myrmasser. Den grove fraksjonen er noen avrundet hvilket tyder på at det er naturlige masser fra stedet. De øvre massene (0-50 cm) er tilkjørte masser, grus og sprengstein.

Overvann

Det ble tatt ut vannprøver i flere kummer fra OV-nettet på den vestlige delen av lufthavna (RUB1, RUB2 og RUB4), samt nordøst for BØFB (BØFB-KU1) under feltarbeidene i november 2021 (plassering vist i Figur 12 og Figur 13). BØFB-KU1, på østsiden av rullebanen har avrenning til

Visnesbukta og mottar i følge Figur 13 vann fra terminalområdet. Det var to rør inn i kummen, det ene over det andre, hvorav det øvre hadde størst vannføring og hadde retning mot BØFB. Vannprøven BØFB-KU1 er fra dette røret. Det nedre hadde liten vannføring og retning terminalbyggene. Dreneringslinjen for det øvre røret er ikke kjent, og må avklares før tiltak (omtalt i kap. 9). Analyseresultatene er vist i Tabell 12

For prøvene tatt av overvannskummene, sandfang og utløpet til overvannsnettet ble det påvist konsentrasjoner av Σ PFAS mellom 1,5 - 2400 ng/l. Den laveste konsentrasjon ble påvist i overvannskummen RUB4, som har begrenset drenering og kun fra snødeponiområdet. I overvannskum RUB-1 ved rullebanen som drenerer til Kallstøbukta ble det registrert 65 ng Σ PFAS/l. PFOS utgjorde hovedandelen (19 ng/l) av Σ PFAS.

Den høyeste konsentrasjonen av Σ PFAS ble påvist i overvannskummen (BØFB-KU-V1) som ligger nedstrøms BØFB, med 2400 ng Σ PFAS/l. PFOS utgjorde hovedandelen (1400 ng/l) av Σ PFAS.

Vannprøven fra oljeutskilleren fra BØFA hadde en konsentrasjon av Σ PFAS på 92 ng/l, hvor 6:2FTS utgjorde hovedandelen (59 ng/l).

Innsjøer – ferskvann

Den 11. november 2021 ble det tatt stikkprøver av utløpet til Isgardsvatnet og Stogedalsvatnet. Prøvene ble merket ISI1-VF1 og STV1-VF1. Konsentrasjonen av Σ PFAS var lave (15 og 23 ng/l) (Tabell 12). PFOS utgjorde hovedandelen av Σ PFAS.

Grunnvann

Den 11. november 2021 ble den nye miljøbrønnen (MB3) nordøst for BØFB prøvetatt etter rensepumping av 3x brønnenens volum. De eksisterende brønnene MB1 og MB2 ble prøvetatt samme dag. Analyseresultatene for vann fra de tre brønnene foreligger i Tabell 12.

Den nye brønnen MB3 hadde klart høyere konsentrasjoner av Σ PFAS (2300 ng/l) enn MB1 (19 ng/l) og MB2 (49 ng/l), og som i overvannet fra BØFB utgjør PFOS den største andelen av Σ PFAS i miljøbrønn MB3.

Sjøvann

Den 12. november 2021 ble det tatt prøver av sjøvann ved kaia øst for Bukkholmen (antatt utløp for avrenning fra BØFB), og nedstrøms BØFA i Visnesbukta (Figur 16). Prøvetakingen i Visnesbukta ble gjentatt i juni 2022. Prøvene var merket VIS1-VS1-V1, VIS2-VS1-V1 og VIS3-VS1-V1 fra inntak i bukta ut til BØFA. Videre ble det i forbindelse med prøvetaking av sediment i Kallstøbukta tatt en prøve av øvre del av vannsøylen på samme stasjon som sedimentprøvetakingen ble utført. Vannprøven ble merket KAL1-VS1-V1. Analyseresultatene er vist i Tabell 12.

Den høyeste konsentrasjonen av Σ PFAS ble registrert på stasjonen i Visnesbukta (VIS2-VS1-V1) med 190 ng/l i november 2021 og 137 ng/l i juni 2022, hvor PFOS utgjorde hovedandelen (henholdsvis 85 og 100 ng/l). Den laveste konsentrasjonen ble registrert i Visnesbukta utenfor nedstrøms BØFA (VIS3-VS1-V1) med 0,88 ng/l. I Kallstøbukta ble det registrert 1,1 ng Σ PFAS/l.

Tabell 12. Ulike PFAS-forbindelser i prøver av overvann, ferskvannsresipient, grunnvann og sjøresipient prøvetatt i november 2021 ved Haugesund lufthavn. Fargen i cellene for PFOA, PFOS og ΣPFAS er i henhold til klassifiseringen vist i kap. 1.3.2. Grå celler markerer konsentrasjoner under deteksjonsnivå.

	Overvannskummer (+oljeutskiller BØF-A)																					
Dato	PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	PFDS	Σ PFAS
	ENHD-	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
nov.21	RUB1-KV1	0,59	2,6	2,2	1,8	3	0,56	2	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	4,6	4,3	0,38	19	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	65
nov.21	RUB2-KV1	1,1	0,88	1,3	1,1	0,77	0,32	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	16	0,89	<0,30	5,5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	29
nov.21	RUB4-KV1	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,51	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	<0,60	<0,30	<0,30	1,2	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	1,5
nov.21	BØFA-OU1-V1	<0,30	9,2	4,5	1,9	0,81	0,85	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	59	2,4	10	<0,30	3,4	8,8	<0,30	<0,30	<0,30	92
nov.21	BØFB-KU1-V1	30	120	42	33	31	<10	12	<10	<10	<1000	<10	<10	20	100	42	1400	<20	<10	<10	<10	2400
jun.22	BØFB-KU1-V1	42	170	54	68	42	<10	<10	<10	<10	<1000	<10	16	29	160	20	2100	<20	<10	<10	<10	2701
Ferskvannsresipient																						
Dato	PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	PFDS	Σ PFAS
	ENHD-	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
nov.21	STV1-V1	0,41	0,74	0,58	0,91	0,42	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	0,89	0,78	<0,30	4,5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	15
nov.21	ISV1-V1	0,37	2,6	1,5	1,4	0,4	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	0,33	2	3,4	<0,30	5,5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	23
Grunnvann (Miljøbrønner)																						
Dato	PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	PFDS	Σ PFAS
	ENHD-	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
nov.21	BØFB-MB1	0,97	1,3	0,49	0,71	<0,30	<0,30	1,2	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	2,1	1,9	<0,30	3,6	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	19
nov.21	BØFB-MB2	1,3	0,93	1,1	1,5	0,81	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	1,2	0,97	0,34	16	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	49
nov.21	BØFB-MB3	21	130	42	43	25	<10	<10	<10	<10	<1000	<10	11	26	130	13	1300	<20	<10	<10	<10	2300
Sjøresipient:																						
Dato	PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	PFDS	Σ PFAS
	ENHD-	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
nov.21	VIS2-V1	3,6	13	4,3	3,4	2	<0,30	0,48	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	2,4	3	11	1,1	85	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	190
nov.21	VIS3-V1	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	<0,60	<0,30	<0,30	0,7	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	1,1
nov.21	KAL1-V1	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	<0,60	<0,30	<0,30	0,55	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,9
Sjøresipient:																						
Dato	PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	PFDS	Σ PFAS
	ENHD-	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
jun.22	VIS1-V1	<0,30	0,43	0,32	0,36	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	0,61	0,55	<0,30	1,4	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	4
jun.22	VIS2-V1	2,6	8,9	3,5	2,9	2,4	<0,30	1,1	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	1,4	3,3	9,8	0,83	100	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	137
jun.22	VIS3-V1	<0,30	2,6	1,4	0,52	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	1,1	1,5	5,3	<0,30	1,7	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	14
jun.22	KAL1-V1	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<1,0	<2,0	<0,30	<0,30	<0,60	<0,30	<0,30	0,27	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,3

Sediment

Det ble tatt ut sedimenter i overvannskummer langs rullebanen, to har avrenning mot vest (RUB1-KS1 og RUB2-KS1), samt en på østsiden (RUB4-KS1, enkeltstående kum) (plassering vist i Figur 12 og Figur 13). Analyseresultatene er vist i Tabell 13. Den høyeste konsentrasjonen av Σ PFAS ble registrert i RUB1-KS1 med 26 $\mu\text{g}/\text{kg}$. I RUB2 og 4 var konsentrasjonene av Σ PFAS henholdsvis 2,3 og 4,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Det ble ikke registrert sedimenter i BØFB-KU1, følgelig er det ingen sedimentprøver fra denne kummen.

Det ble tatt ut 4 flere parallelle prøver av sjøbunn som ble blandet til en blandprøve for analyse i indre del av Kallstøbukta hvor det går en dyppenne med største dyp på 25 m. Prøven ble merket KAL1-VS2-S1. Kallstøbukta er svært værutsatt, og sedimentene besto hovedsakelig av finpartikulær sand. Det var videre planlagt å ta ut en sedimentprøve lenger ut inn mot lufthavna, men her viste det seg å være minimalt med sediment ut over litt grov skjellsand. Finstoff og sand opp til en hvis kornstørrelse er vasket ut pga. eksponering fra storhavet rett inn og derav grov sjø med mye strøm som spyler og drar sedimentene ut på større dyp. Analyseresultatene er vist i Tabell 13. Konsentrasjonen av Σ PFAS var 2,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Som i vannprøvene var PFOS den dominerende PFAS-forbindelsen i sedimentprøvene. I sedimentene fra RUB1, som hadde den høyeste konsentrasjonen av Σ PFAS, ble det påvist flere PFAS-forbindelser enn i de andre sedimentprøvene med lavere konsentrasjoner. I RUB1 ble det påvist PFOSA, PFUnA, PFDoA og PFTA. Det er ingen andre aktiviteter i denne delen av rullebannen enn på øvrige deler av rullebanen. Generelt er det svært lav tilførsel av partikler til kummene, de tømmes derfor svært sjeldent. Av de tre kummene nær rullebanen (RUB1, 2, 4) hadde RUB1 mest sediment (størst mektighet) i kummen. Denne mottar tydeligvis mer partikulært materiale enn de andre kummene, noe som kan være årsaken til høyere PFAS-konsentrasjoner og flere PFAS-forbindelser enn de to andre kummene ved rullebanen.

Tabell 13. Ulike PFAS-forbindelser i prøver av sedimenter fra overvannskummer og sjøresipient prøvetatt i november 2021 ved Haugesund lufthavn. Fargen i cellene for PFOA, PFOS og Σ PFAS er i henhold til klassifiseringen vist i kap. 1.3.2. Grå celler markerer konsentrasjoner under deteksjonsnivå.

PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFUnA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	Σ PFAS
	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
Overvannskummer:																					
ENHD-RUB1-KS1	<0,11	<0,11	<0,11	<0,053	<0,11	<0,11	0,42	1,3	0,17	0,19	<0,53	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	5,7	<0,11	<0,53	<0,11	26
ENHD-RUB2-KS1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,29	<0,10	<0,50	<0,10	2,3
ENHD-RUB4-KS1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	0,19	<0,10	0,11	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,88	<0,10	<0,50	<0,10	4,9
Sjøresipient																					
PROVEPUNKT_ID	PFBS	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDeA	PFOSA	PFUnA	PFDoA	PFTA	PF-3,7-DMOA	HPFHpA	6:2FTS	PFBA	PFPeA	PFHpS	PFOS	8:2FTS	PFHxDA	4:2FTS	Σ PFAS
	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
ENHD-KAL1-S1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,050	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,079	<0,10	<0,50	<0,10	2,1

Biota

Beskrivelse av prøvematerialet

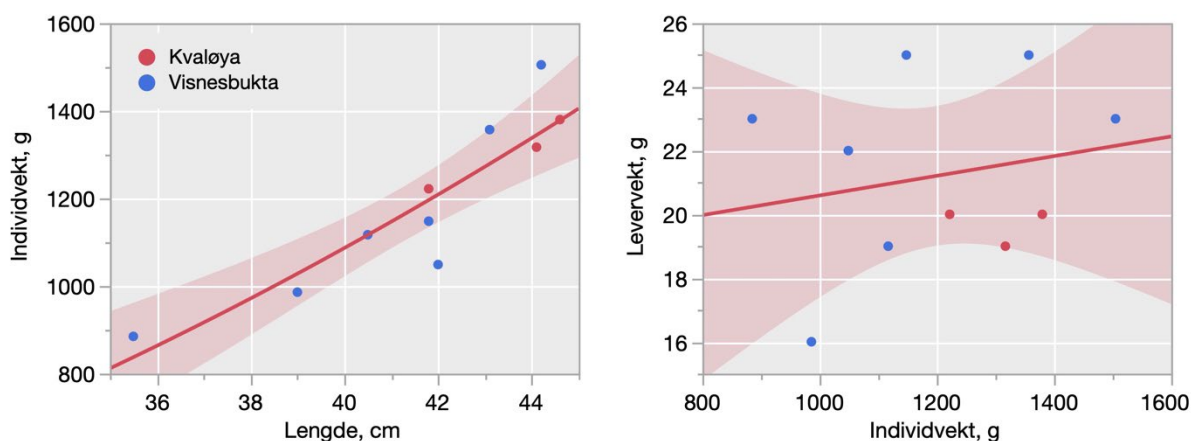
Det ble analysert i alt 25 prøver av biologisk materiale fra Haugesundområdet: 10 individuelle muskelprøver (filet) av fisk (berggylt), 2 blandprøver av fiskelever, 4 blandprøver av henholdsvis klokjøtt (muskel) og brunvev (hepatopankreas, bløtvev) av taskekrabbe (5 individer i hver prøve) og 5 blandprøver av albusnegl (Tabell 14 og Vedlegg B). Fisken ble fanget ved to områder: i Visnesbukta (St. VIS) nordvest for rullebanen (antatt eksponert stasjon) og ved referanseområdet Kvaløya (St. KVA) ca. 5 km nord for lufthavnen (Figur 28). Det ble ikke funnet blåskjell i Visnesbukta, så det ble her som erstatning sanket albusnegl fra svabergene. Ved referansestasjonen Kvaløya ble det ikke funnet hverken blåskjell eller albusnegl. Som et

alternativ ble det derfor hentet blåskjell (primærkonsumenter i næringsnett, samme trofiske nivå som albusnegl) ved Kvalavåg, men disse prøvene er ikke analysert. Alle prøvene ble innsamlet i november 2021.

Midlere vekt av den analyserte fisken var $1,30 (\pm 0,80)$ kg for utvalget fra Kvaløya og $1,15 (\pm 0,22)$ kg for Visnesbukta (Tabell 14). Vekten av lever utgjorde i snitt $1,8 \pm 0,4$ % av individvekten til fisken. I Figur 33 er forholdet mellom fiskevekt, levervekt og fiskelengde vist. Krabbene fra de to fangstområdene var like av størrelse med en midlere skallbredde på $14,0 (\pm 1,0)$ cm (Kvaløya) og $14,7 (\pm 0,4)$ cm (Visnesbukta). For albusnegl var individvekten (bløtvev) omlag 2 – 4 g, og hver blandprøve inneholdt ca. 80 g materiale.

Tabell 14. Prøvematerialet fra Haugesund, innsamlet i 2021, gruppert etter art og fangststed. For fisken er midlere lengde og vekt m. standard avvik gitt ($\bar{x} \pm SD$). For krabbe er skallbredden oppgitt, og bløtvev refererer her til brunvev (innmat, hepatopankreas) og muskel til klokjøtt.

Art	Område	Lengde, cm		Vekt, g		Antall prøver		
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	Muskel (individprøver)	Lever (blandprøver)	Bløtvev (blandprøver)
Berggylt	Kvaløya (Ref.)	43,50	1,5	1306	80	3	1	
	Visnesbukta	40,87	2,9	1150	215	7	1	
Taskekrabbe	Kvaløya (Ref.)	14,0	1,0			2		2
	Visnesbukta	14,7	0,4			2		2
Albusnegl	Visnesbukta							5



Figur 33. Spredningsplott og relasjonene mellom fiskelengde og individvekt (venstre panel) og individvekt og levervekt (høyre panel) for fisken analyser for PFAS. Kvaløya er referansestasjonen og Visnesbukta er antatt eksponert stasjon.

Konsentrasjoner av PFAS

I lever av berggylt ble det påvist kvantifiserbare konsentrasjoner av de perfluorerte alkylsulfonatene PFOS (C-8 kjede) og PFDS (C-10), samt PFOSA som regnes som en forløper til PFOS (en C-8 kjede med en terminal sulfonamidgruppe) (Figur 34) (Tabell 15). Videre ble det i lever påvist kvantifiserbare nivåer av de langkjedede perfluorerte karboksylsyrene PFDaA (C-12)

og PFTrA (C-13). I muskel (filet) av fisk ble det i et fåtalls prøver påvist kvantifiserbare nivåer av PFOS og PFOSA.

For albusnegl hadde alle prøvene kvantifiserbare konsentrasjoner av PFOS, mens det i én prøve også ble påvist PFUnA (C-9) og PFTrA (C-13).

I brunvev av taskekrabbe ble det påvist kvantifiserbare konsentrasjoner av en rekke perfluorerte karboksylsyrer, fra den kortkjedede PFHxA (C-6) og til den langkjedede PFTrA (C-13). Videre ble det påvist kvantifiserbare konsentrasjoner av den kortkjedede perfluorerte alkylsulfonaten PFBS (C-4) i tillegg til PFHxS (C-6) og «klassikeren» PFOS (C-8). Muskelprøvene fra krabbeklør hadde imidlertid ingen kvantifiserbare konsentrasjoner av noen PFAS-forbindelser.

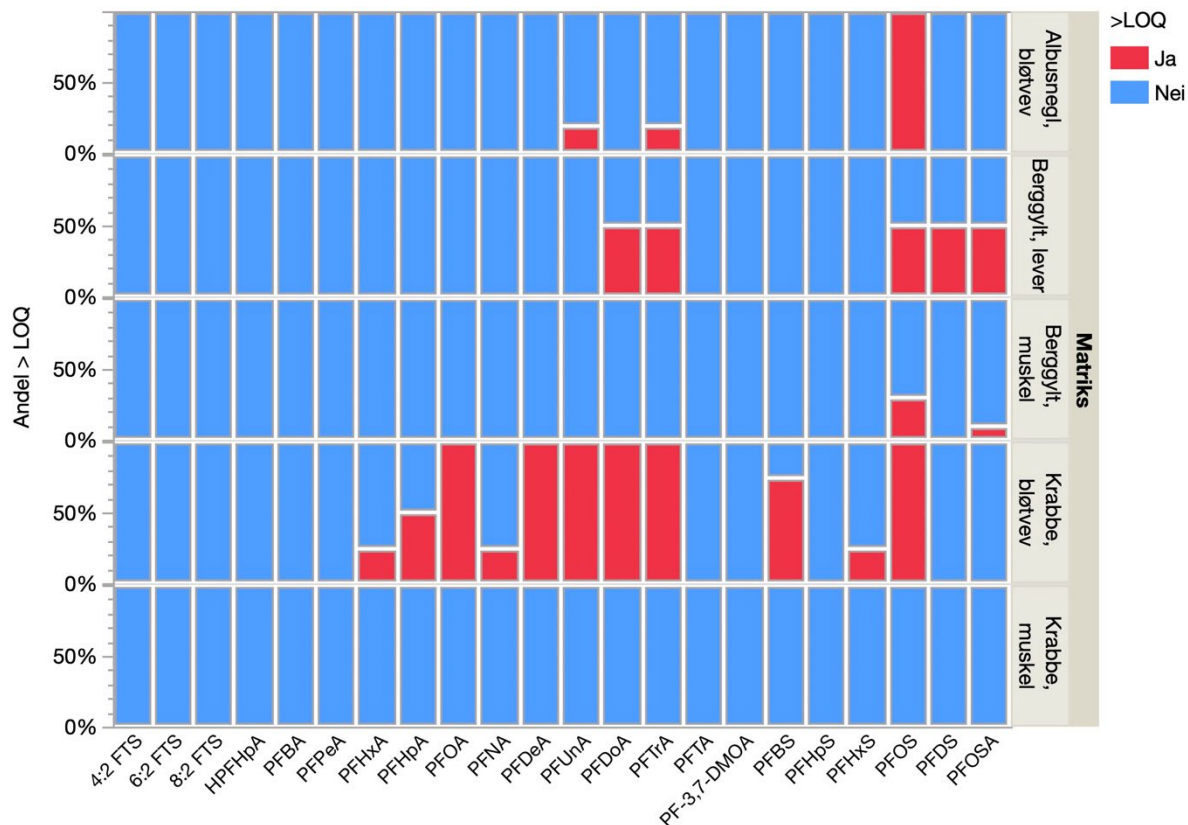
Konsentrasjonene av de vanligst forekommende PFAS-forbindelsene er framstilt i Figur 35, og denne viser at PFOS gjennomgående er forbindelsen med de høyeste kvantifiserbare konsentrasjonene. De høyeste konsentrasjonene av PFOS ble funnet i prøvene av albusnegl fra Visnesbukta utenfor lufthavnen. Samtlige prøver hadde konsentrasjoner som lå under vannforskriftens EQS-verdi for PFOS i biota på 9,1 ng/g. Middelverden var 2,27 ($\pm$ 0,47) ng/g, det foreligger ikke prøver fra et nærliggende referanseområde. Prøver fra en referansestasjon ved Kristiansund, tatt i november 2021, viser imidlertid en middelkonsentrasjon på ca. 0,1 ng/g (COWI rapport 2022 «Kristiansund»). Dette illustrerer at konsentrasjonene i albusnegl fra Visnesbukta er tydelig forhøyet sammenliknet med et mer upåvirket referanseområde lengre nord på Vestlandskysten.

For leverprøvene av fisk, foreligger én blandprøve fra hver stasjon. De høyeste konsentrasjonene av PFAS ble funnet i fiskelever fra Visnesbukta. For PFOS og PFOSA, var konsentrasjonene fra Visnesbukta henholdsvis 2,64 ng/g og 1,61 ng/g, mens de for referansestasjonen Kvaløya var under kvantifikasjonsgrensene ($<0,10$ og $<0,70$ ng/g). En nærmere statistisk analyse av materialet kan vanskelig gjøres på grunn av få prøver. Da leveren i berggylt kun utgjorde ca. 2 % av totalvekten, så vil de forhøyede konsentrasjonene i lever i liten grad bidra til den totale helkroppsbelastningen av PFOS i fisken. Dette er av betydning for vurdering av konsentrasjonene i forhold til vannforskriften, da EQS-verdien i utgangspunktet er satt for helkroppskonsentrasjon.

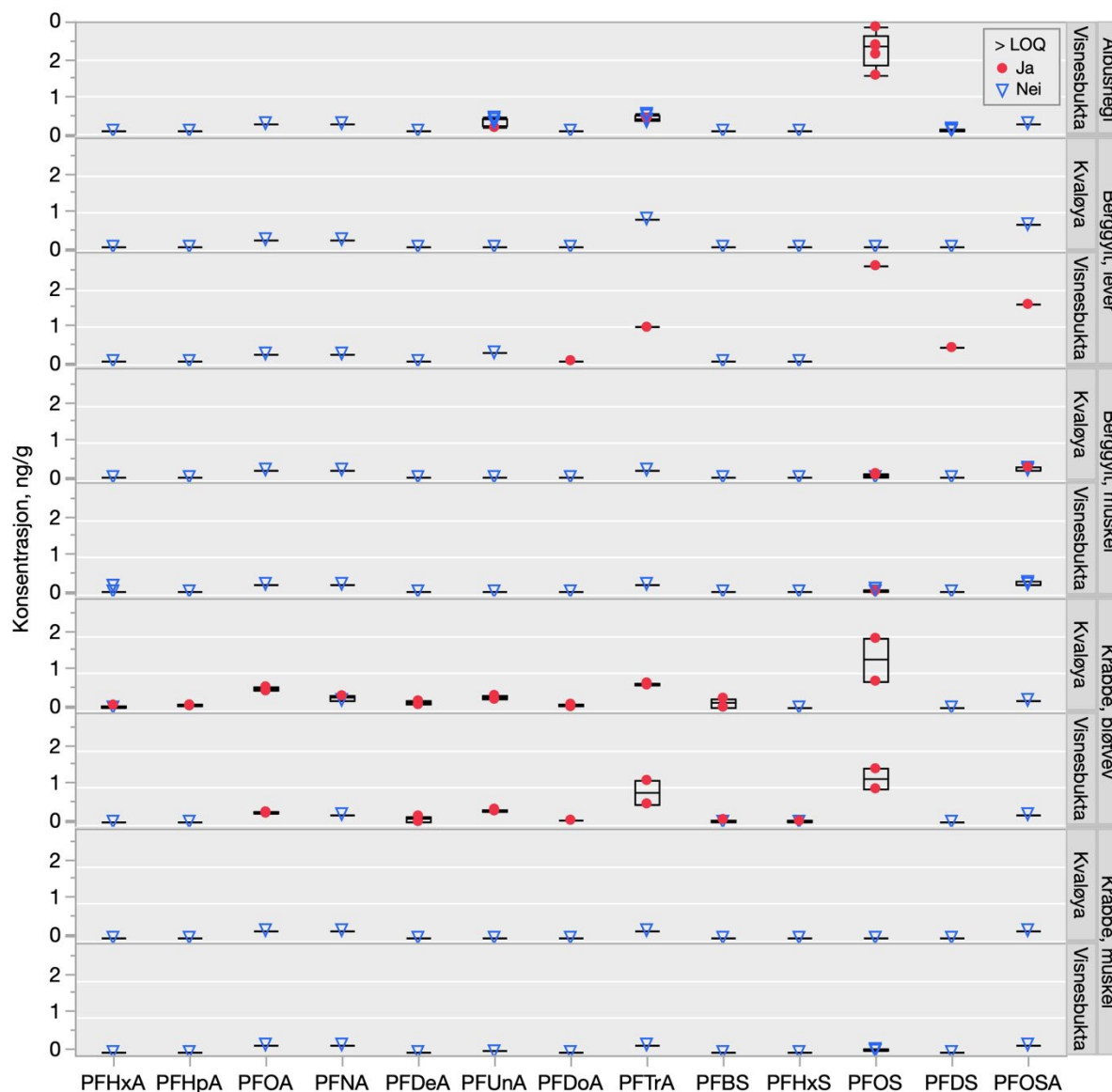
For muskelprøvene av berggylt var konsentrasjonene av PFAS ved stasjon Visnesbukta og referansestasjon Kvaløya lave og forholdsvis like. For PFOS var middelkonsentrasjonen ved Visnesbukta svakt lavere enn ved referansestasjonen: Visnesbukta, $0,11 \pm 0,03$ ng/g; Kvaløya, $0,15 \pm 0,05$ ng/g (observasjoner $< LOQ$ er byttet ut med LOQ). En ikke-parametrisk test kunne imidlertid ikke påvise noen statistisk signifikante forskjeller mellom stasjonene (Wilcoxon signed rank: $S = 21,5$, $Z = 1,16$, $p = 0,29$). For de øvrige PFAS-forbindelsene i muskelprøvene var konsentrasjonene i all hovedsak under kvantifikasjonsgrensene, og en nærmere statistisk analyse av disse kunne vanskelig gjøres.

For brunvev av taskekrabbe var PFAS-konsentrasjonene i de to blandprøvene fra Visnesbukta svært like de i de to prøvene fra referansestasjonen ved Kvaløya. For de perfluorerte karboksylsyrer PFHxA, PFHpA og PFNA ble det påvist kvantifiserbare konsentrasjoner i prøvene fra Kvaløya (gjennomsnitt: $0,13 - 0,35$ ng/g), mens konsentrasjonene av disse forbindelsene var under kvantifiseringsgrensene for prøvene fra Visnesbukta ($0,1 - 0,3$ ng/g). Konsentrasjonene i Kvaløya-prøvene var imidlertid svært lave og lå nær kvantifiseringsgrensene. For PFOS og PFTrA, som var forbindelsene med de høyeste konsentrasjonene i brunvev, var det heller ingen tegn til at gjennomsnittlig konsentrasjon fra Visnesbukta var vesentlig forskjellig fra Kvaløya (PFOS: 1,24 vs. 1,37 ng/g; PFTrA: 0,89 vs. 0,73 ng/g). Det lave antallet prøver (to fra hvert område) gjør at

et nærmere statistisk analyse ikke er særlig formåltjenelig. For muskelprøvene fra krabbeklør ble det ikke påvist noen kvantifiserbare konsentrasjoner av PFAS. Ut fra dette har vi ingen indikasjoner på at det er noen betydingsfulle forskjeller i PFAS-konsentrasjonene i taskekrabbe fra Visnesbukta sammenliknet med krabbe fra referansestasjonen ved Kvaløya.



Figur 34. Andelen av biotapprøver fra Haugesund (Visnesbukta og Kvaløya, antall prøver er vist i Tabell 14) med kvantifiserbare konsentrasjoner (>LOQ) av de ulike PFAS-forbindelsene.



Figur 35. Konsentrasjoner av utvalgte PFAS-forbindelser i vevsprøver fra berggyllt, taskekrabbe og albusnegl fra Visnesbukta og referansestasjonen Kvaløya, fanget i 2021, vist som boksdiagrammer. Konsentrasjoner mindre enn kvantifikasjonsgrensen (<LOQ) er gitt samme verdi som grensen og er markert med en blå trekant.

Tabell 15. Konsentrasjoner av utvalgte PFAS i prøver av berggyllt, taskekrabbe og albusnegl fra Visnesbukta og referansestasjonen Kvaløya, fanget i 2021. Resultatene er gitt som middelveier med standard avvik ($\bar{x} \pm SD$). Konsentrasjoner under kvantifikasjonsgrensen (LOQ) er byttet ut med grensen. Hvor alle målinger er under LOQ, er resultatet markert i grå skrift i kursiv. Klokjøtt (muskel) fra taskekrabbe hadde ingen kvantifiserbare konsentrasjoner av PFAS, og er derfor ikke vist i tabellen.

Art	Vevstype	PFAS	n	Kvaløya (Ref.) Konsentrasjon, ng/g		Visnesbukta Konsentrasjon, ng/g	
				$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$
Berggyllt	Muskel	PFUnA	3	<0,10		7	<0,10
		PFDoA	3	<0,10		7	<0,10
		PFTrA	3	<0,30		7	<0,30

Art	Vevstype	PFAS	n	Kvaløya (Ref.) Konsentrasjon, ng/g		N	Visnesbukta Konsentrasjon, ng/g	
				$\bar{x}$	SD		$\bar{x}$	SD
Berggylt	Lever	PFOS	3	0,15	0,05	7	0,11	0,03
		PFDS	3	<0,10		7	<0,10	
		PFOSA	3	0,34	0,03	7	<0,35	
		PFOA	1	<0,10		1	<0,33	
		PFDoA	1	<0,10		1	0,11	
		PFTTrA	1	<0,85		1	1,00	
		PFOS	1	<0,10		1	2,64	
Albusnegl	Bløtvev	PFDS	1	<0,10		1	0,46	
		PFOSA	1	<0,70		1	1,61	
		PFOA	5			5	0,35	0,10
		PFDoA	5			5	<0,10	
		PFTTrA	5			5	0,45	0,08
		PFOS	5			5	2,27	0,47
		PFDS	5			5	<0,16	
Taskekrabbe	Brunvev	PFOSA	5			5	<0,30	
		PFOA	2	0,59	0,07	2	0,35	0,02
		PFOA	2	0,37	0,07	2	0,41	0,03
		PFDoA	2	0,15	0,05	2	0,14	0,00
		PFTTrA	2	0,73	0,04	2	0,89	0,44
		PFOS	2	1,37	0,81	2	1,24	0,38
		PFDS	2	<0,10		2	<0,10	
		PFOSA	2	<0,30		2	<0,30	

Vurdering av PFOS og sum PFAS i sjømat for konsum

Vi gir i det følgende en klasseinndeling av Σ PFAS i biota hvor det benyttes en fargekoding for fire konsentrasjonsintervaller ($\mu\text{g/kg}$ våtvekt) etter samme mal som de andre lufthavnene i PFAS-prosjektet (jfr. kap. 1.3.3). Det er satt to sett med grenseverdier (Tabell 16). Ett sett for biota som benyttes som matkonsum og et annet sett grenseverdier for øvrig biota som vanligvis ikke benyttes for menneskers konsum. Øvre konsentrasjonsgrense for prøvematriks som kan benyttes til matkonsum tilsvarer EQS biota. Som det framgår av Tabell 17 tilfredstilte alle prøvene beste klassifiseringskategori (farget grønt).

Tabell 16. Konsentrasjonsintervaller for tolkning av innhold av Σ PFAS ($\mu\text{g/kg}$) i biota. Det skilles mellom biota som kan benyttes og ikke benyttes til matkonsum. Eks. fiskefilet vs. bløtvev av albusnegl.

Konsentrasjoner i biota ($\mu\text{g/kg}$) som benyttes i mat	Konsentrasjoner i øvrig biota ($\mu\text{g/kg}$)
<LOQ	<9,1
LOQ - 5	9,1 - 33
5 - 9,1	33 - 500
>9,1	>500

Tabell 17. Analyseresultater for PFOS ($\mu\text{g/kg}$) og ΣPFAS ($\mu\text{g/kg}$) (eksklusive verdier under kvantifikasjonsgrensen, LOQ) i biotaprøver ved stasjonene Visnesbukta (ved lufthavnen) og Kvaløya (referanseområdet). Materialet er innsamlet i november 2021. Fargekodingen er i henhold til Tabell 16. Albusnegl er ikke definert som biota som benyttes til matkonsum.

Prøve ID	Område	Art	Matriks	PFOS	Sum PFAS ekskl. LOQ
ENHD-VIS-AB1.1	Visnesbukta	Albusnegl	Bløtvev	2,87	2,87
ENHD-VIS-AB1.2	Visnesbukta	Albusnegl	Bløtvev	1,58	2,21
ENHD-VIS-AB1.3	Visnesbukta	Albusnegl	Bløtvev	2,14	2,14
ENHD-VIS-AB1.4	Visnesbukta	Albusnegl	Bløtvev	2,39	2,39
ENHD-VIS-AB1.5	Visnesbukta	Albusnegl	Bløtvev	2,36	2,36
ENHD-VIS-BGM1.1	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	< 0,100	ND
ENHD-VIS-BGM1.2	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	< 0,100	ND
ENHD-VIS-BGM1.3	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	< 0,100	ND
ENHD-VIS-BGM1.4	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	< 0,170	ND
ENHD-VIS-BGM1.5	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	< 0,100	ND
ENHD-VIS-BGM1.6	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	0,116	0,116
ENHD-VIS-BGM1.7	Visnesbukta	Berggylt	Muskel	< 0,100	ND
ENHD-VIS-BGL1.1	Visnesbukta	Berggylt	Lever	2,64	5,82
ENHD-KVA-BGM1.1	Kvaløya	Berggylt	Muskel	< 0,100	ND
ENHD-KVA-BGM1.2	Kvaløya	Berggylt	Muskel	0,158	0,521
ENHD-KVA-BGM1.3	Kvaløya	Berggylt	Muskel	0,193	0,193
ENHD-KVA-BGL1.1	Kvaløya	Berggylt	Lever	< 0,100	ND
ENHD-VIS-TKB1.1	Visnesbukta	Taskekrabbe	Brunvev	1,51	3,71
ENHD-VIS-TKB1.2	Visnesbukta	Taskekrabbe	Brunvev	0,977	2,99
ENHD-VIS-TKM1.1	Visnesbukta	Taskekrabbe	Muskel (klokjøtt)	< 0,180	ND
ENHD-VIS-TKM1.2	Visnesbukta	Taskekrabbe	Muskel (klokjøtt)	< 0,137	ND
ENHD-KVA-TKB1.1	Kvaløya	Taskekrabbe	Brunvev	0,799	3,19
ENHD-KVA-TKB1.2	Kvaløya	Taskekrabbe	Brunvev	1,94	5,01
ENHD-KVA-TKM1.1	Kvaløya	Taskekrabbe	Muskel (klokjøtt)	< 0,100	ND
ENHD-KVA-TKM1.2	Kvaløya	Taskekrabbe	Muskel (klokjøtt)	< 0,100	ND

Konklusjoner – biota

Basert på ovenstående konkluderes det med at utlekking av PFAS fra det nedlagt brannøvningsfelt BØFB ved Haugesund lufthavn trolig har påvirket konsentrasjonene av PFOS i albusnegl ved prøvestasjonen i Visnesbukta. Bidraget fra det aktive brannøvningsfeltet BØFA ansees som ubetydelig, basert på undersøkelsene av jord og avrenning fra feltet. I fisk var konsentrasjonene generelt lave, og de overskrider ikke vannforskriftens EQS-verdi for PFOS i biota på 9,1 ng/g. Konsentrasjonene av PFOS i muskelprøver fra berggylt fra Visnesbukta skiller seg lite fra referanseområdet ved Kvaløya. Konsentrasjonene i én blandprøve av lever fra hvert område viste imidlertid forhøyet konsentrasjon for Visnesbukta sammenlignet med referanseområdet.

4 Mengde PFAS i løsmasser

4.1 Mengder BØFA

Mengden PFOS i grunnen på BØFA er beregnet til 18 g og 110 g 6:2FTS (Sweco & COWI, 2012). I 2012 ble det målt en gjennomsnittkonsentrasjonen av PFOS i grunnen på 7,3 µg/kg. Høyeste konsentrasjon målt i 2021 var 1,5 µg PFOS/kg og 3,9 µg ΣPFAS/kg. Spredningen fra feltet er beregnet til 0,73 g PFOS/år. Konsentrasjonene og spredningen er såpass lav at det ikke er behov for tiltak på BØFA. Det gjøres derfor ikke

4.2 Mengder BØFB

Metoden for beregning av mengde PFAS i grunnen er beskrevet i Norconsult-rapport; *Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner* (Norconsult, 2019A).

I hvert prøvepunkt er det beregnet en gjennomsnittlig konsentrasjon basert på målte ΣPFAS-konsentrasjoner vertikalt i jordprofilen i punktet. Arealene er delt inn på ulike dybdenivåer. For punkter med kun én prøve er påvist konsentrasjon i prøven benyttet. Målinger av ΣPFAS som ligger under rapporteringsgrensen regnes som null i gjennomsnittsberegningene. Basert på gjennomsnittlig ΣPFAS-konsentrasjon i punktene interpoleres konsentrasjonsfordelingen for hele undersøkelsesarealet (µg/kg) med metoden "natural neighbour" i programvaren Surfer. Man får dermed et areal per dybdenivå.

Kurvekartene som genereres har konturer etter konsentrasjonsklassene (µg/kg) som er gitt i pålegget fra Miljødirektoratet som er <3, 3-30, 30-150, 150-500, 500-1000 µg/kg. Undersøkt areal er definert av de ytterste undersøkelsespunktene. For hvert konsentrasjonsintervall vil konsentrasjoner og areal hentes ut fra hvert kart.

Beregnet mengde ΣPFAS blir beregnet på følgende grunnlag:

- 1) Beregne volum (m^3) til massene ved å multiplisere det undersøkte areal (m^2) med mektighet forurensede masser (m).
- 2) Beregne vekt (kg) til massene ved å multiplisere massenes volum (m^3) med massenes tetthet (kg/m^3). Massenes tetthet settes basert på beskrivelsene i DP2 og feltobservasjoner, og er en skjønnsbasert vurdering.
- 3) Beregne vekt (kg) PFOS ved å multiplisere vekt (kg) forurensede masser med andel finstoff og gjennomsnittlig interpolert ΣPFAS-konsentrasjon i massene (µg/kg). Andel finstoff (< 20 mm) i massene settes basert på feltobservasjoner og loggførte data.

For mengdeberegning på BØFB er det tatt utgangspunkt i konsentrasjoner av PFAS basert på gjennomsnittlig dybde innenfor tiltaksområdet, tilsvarende 2,6 m.

Polygonene for areal som er generert for hvert dybdenivå er vist i Figur 31. Antall kilo ΣPFAS for hvert konsentrasjonsnivå, gjennomstittsdyp, areal og volum masser som er forurensset er vist i Tabell 18. Forurensede masser er antatt å være jord med kornstørrelse <20 mm.

Tabell 18. Beregning av volum (tonn/m³) løsmasser som er PFAS-forurensset, og beregning av mengde ΣPFAS og PFOS i kilo som som er høyere enn henholdsvis 30-150-500 µg/kg innenfor det kartlagte området ved BØFB ved Haugesund lufthavn.

Tiltaks- grenser	Areal	Gj.snitt dyp	Totalt volum	Bulk tetthet	Vekt	Fraksjon < 20 mm	Volum fraksjon <20 mm	ΣPFAS (max)	ΣPFAS (gj.snitt)	PFOS (gj.snitt)	PFOS/ΣPFAS	ΣPFAS
µg/kg	m ²	m	m ³	tonn/m ³	(tons)	(%)	(m ³)	µg/kg	µg/kg	µg/kg	Fraksjon	kg
30	2666	2,6	6932	1,8	12477	60	4159	7533	1844	1835	1	13,8
150	1906	2,6	4956	1,8	8920	60	2973	7533	2560	2550	1	13,7
500	1167	2,6	3034	1,8	5462	60	1821	7533	3110	3109	1	10,2

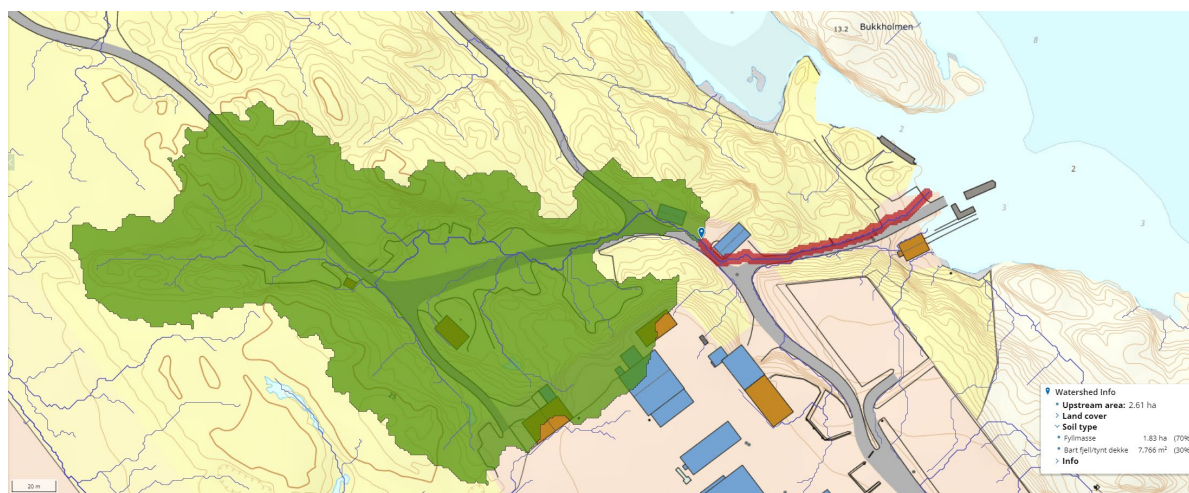
Totalt ligger det 6932 m³ med forurensede løsmasser (<20 mm) innenfor det nedlagte brannøvingsfeltet (BØFB), med konsentrasjoner >30 µg ΣPFAS/kg. Beregningene viser at ved denne tiltaksgrensen på BØFB vil tiltaket fjerne 13,8 kg ΣPFAS. Legger man til grunn en tiltaksgrense på 500 µg ΣPFAS/kg (gjennomsnittskonsentrasjon) er det totalt 3034 m³ med jordmasser som må behandles, og tiltakseffekten er da beregnet til 10,2 kg ΣPFAS. Forurensningen er godt avgrenset horisontalt og vertikalt.

5 Spredningsvurdering BØFB

I vurdering av spredning av forurensset vann fra BØFB er det viktig å ha best mulig oversikt over nedbørsfelt, nedbørsmengder, dyp til fjell med mulige utløpsterskler, oppbygging av løsmasser i området, massenes hydrauliske egenskaper samt grunnvannsgradient.

5.1 Nedbørsfelt

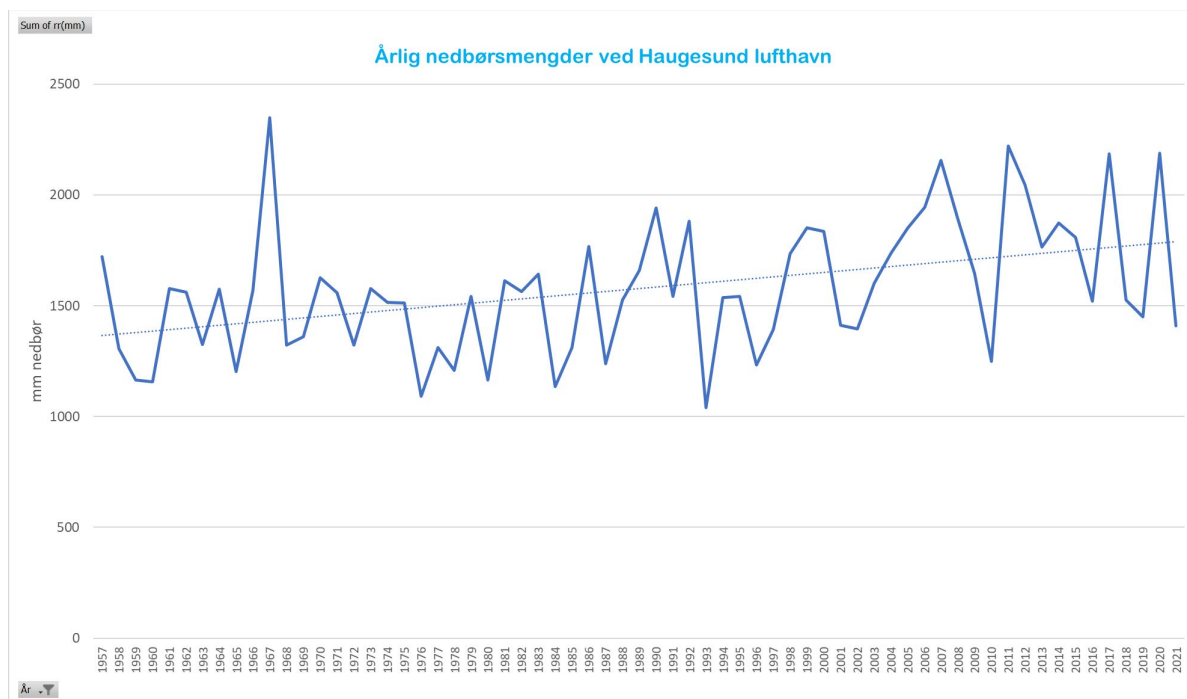
For å vurdere avrenningsmønster rundt lufthavnen er det brukt Scalgo Live som er et nettbasert verktøy som modellerer avrenning basert på lavpunkter i terrenget. Detaljgraden kan styres ved å velge størrelsen på området som vurderes. I denne rapporten er det valgt en detaljgrad tilpasset et areal på ca. 250 m². Som det fremgår av Figur 36 er nedbørsareal for BØFB beregnet til ca. 26 000 m². Arealet av BØFB hvor det er påvist ΣPFAS på > 30 µg/kg er beregnet til ca. 2666 m² (se Tabell 18). Det forurensede arealet utgjør da ca. 13 % av det totale nedbørsfeltet vist i Figur 36.



Figur 36. Nedbørsfelt i BØFB ved Haugesund lufthavn beregnet i Scalgo Live.

5.2 Nedbørsmengder

Nettjenesten XGEO er benyttet til å hente ut daglige nedbørsdata for perioden 1957 til i dag. I Figur 37 er det vist nedbørsdata for Haugesund lufthavn for årene 1957 til 2021 innenfor angitt nedbørsfelt. Det er store årlige variasjoner i nedbørsmengden, med en trend med økt nedbørsmengde. Trendlinjen viser at det årlige nedbørsmengden nå må antas å ligge rundt 1800 mm.



Figur 37. Årlige nedbørsmengder i mm ved Haugesund lufthavn (XGEO).

Endel av nedbøren vil fordampe eller bli tatt opp av planter. Dette kalles evapotranspirasjon og kan på en forenklet måte beregnes ved bruk av

Tamms formel: $221,5 + 29T$, der T er gjennomsnittlig årstemperatur.

Gjennomsnittlige årstemperaturer for Haugesund lufthavn var i 2019 8,8 °C, 2020 9,4 °C og i 2021 8,3 °C. Dersom en bruker gjennomsnittstemperaturen for disse tre årene blir evapotranspirasjonen beregnet til 477 mm ($E = 221,5 + 29 \cdot 8,8 = 477$ mm). I noe av nedbørsfeltet er det bart fjell uten planter, og det er derfor naturlig å redusere evapotranspirasjonen noe til 400 mm.

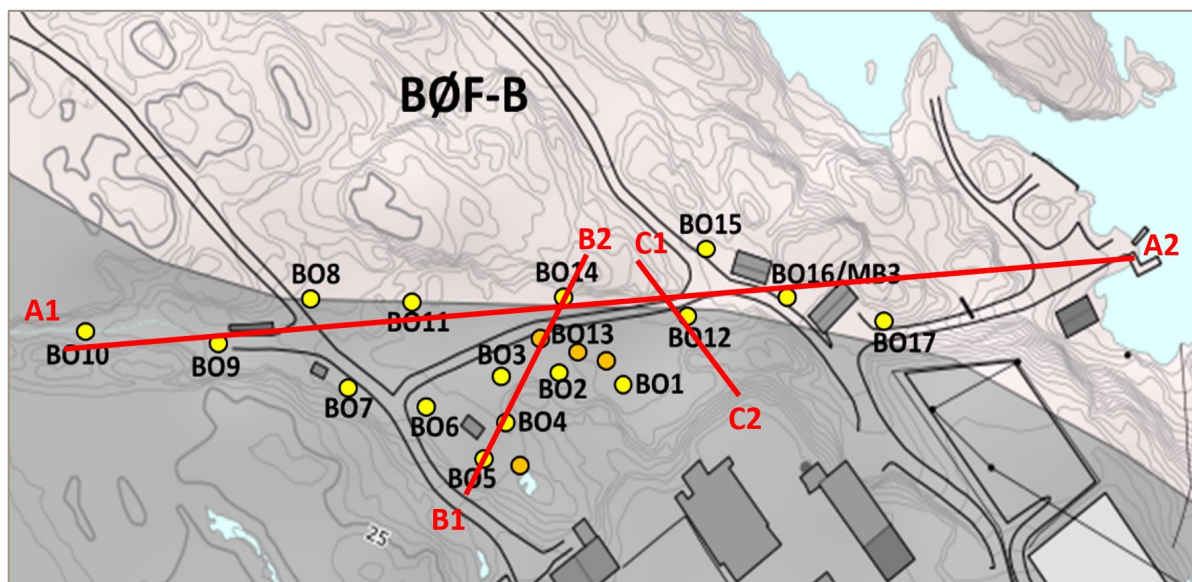
Ved å trekke evapotranspirasjonen fra nedbøren sitter en igjen med årlig nedbør på 1400 mm for beregning av avrenningsforholdene.

Basert på nedbørsfeltets størrelse og beregnet nedbør (minus evapotranspirasjon) er den årlige avrenningen beregnet til 36 400 m³/år. Dette inkluderer avrenning via overflatevann og grunnvann. Det er lite eller ingen overflateavrenning i området så det meste av nedbøren vil ha avrenning via grunnvann.

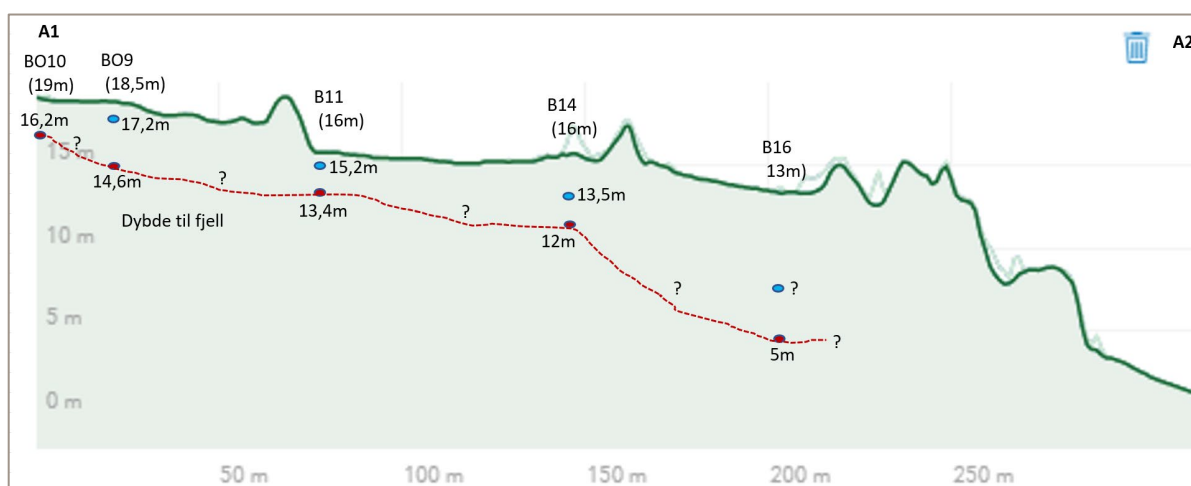
5.3 Dyp til fjell og utstrømningsområder

Flyfoto fra tiden før Haugesund lufthavn ble etablert viser at BØFB er etablert i et tidligere myrområde (Figur 42). Figuren indikerer forkastninger og sprekksoner i grunnen (blå piler og markører), hvor vannet fra BØFB har mulighet for å strømme. Hovedspredningsretningen er sannsynligvis i veitraseen ut fra BØFB, her er det også lagt drensledning i kanten av veien. Hvor ledningen starter er usikkert, men den leder frem til kum BØFB-KU1, som ledes videre til sjø ved bryggeanlegget til Haugesund lufthavn. Det er usikkert om det er en drenering via sprekksonen som går under terminalbygget og ender innerst i Visnesbukta (grønne symboler i Figur 43). Det ble påvist PFAS i sjøvannsprøve tatt innerst i Visnesbukta i juni 2022 (VIS1-V1), men i forholdsvis lave konsentrasjoner. Konsentrasjonen av PFOS i VIS1 var 1,4 ng/l, økende til 100 ng/l ved VIS2 (ved kaiområdet til Haugesund lufthavn) og lavere igjen, 1,7 ng/l i VIS3 utenfor BØFA (Tabell 12).

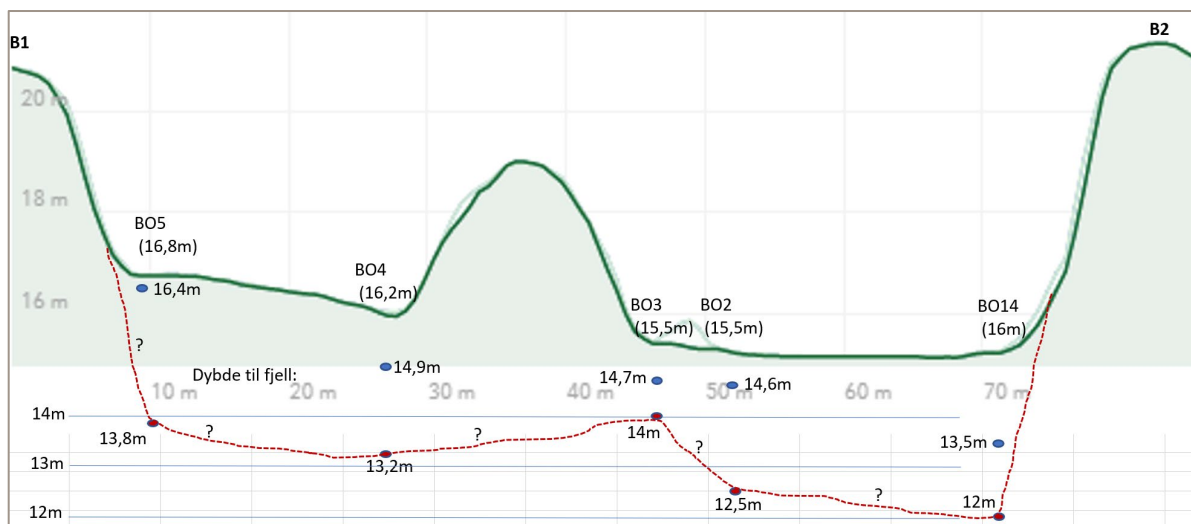
For å se nærmere på mulige spredningsveier fra BØFB er det tegnet tre representative tverrprofil gjennom borepunktene ved bruk av Kartverkets høyde data (høydedata.no/Laserinnsyn2/), vist i Figur 38. Her er borepunktene plassering også vist. Profil A1 – A2 er lagt fra vest til sjøresipienten i øst gjennom BØFB (Figur 39). På BØFB ligger fjellet på 3 – 4 m dyp (BO10 – BO14) mens lengre øst og utenfor BØFB ligger fjellet på 8 m dyp (BO16). I BO16 er miljøbrønn MB3 plassert. Profil B1 – B2 er lagt i retning fra sør til nord gjennom BØFB (Figur 40). Her ligger også fjellet på ca. 3 m dyp med noe økende dyp mot nord. Lengden på profil B1 – B2 er ca. 60 m noe som gir et tverrsnittsareal på ca. $3\text{ m} \times 60\text{ m} = 180\text{ m}^2$. Profil C1 – C2 er lagt i retning fra nord til sør øst for BØFB hvor det er en forsenkning i fjellet hvor grunnvannet kan strømme mot øst (Figur 41). Her ligger fjellet på ca. 3 m dyp. Bredden på området hvor grunnvannet kan strømme er ca. 10 m som gir et tverrsnittsareal på ca. $3\text{ m} \times 10\text{ m} = 30\text{ m}^2$.



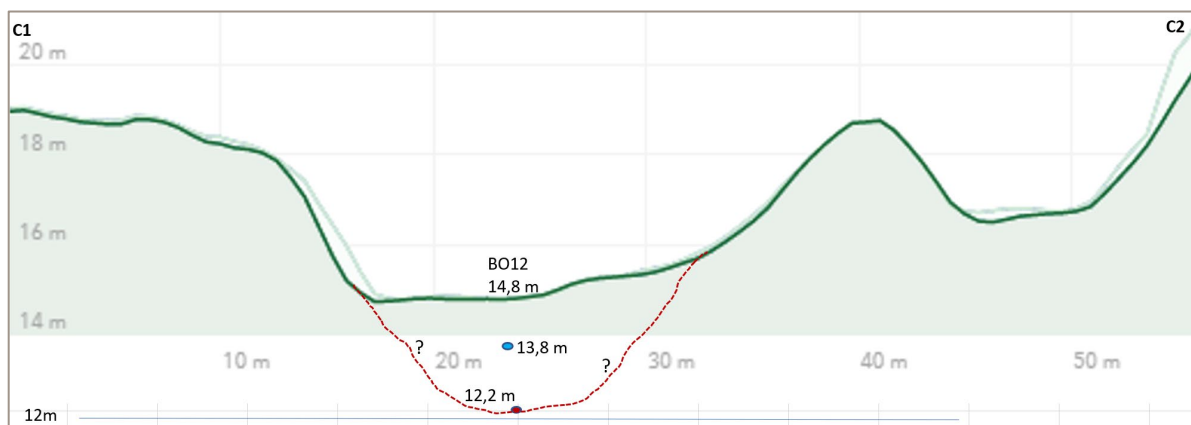
Figur 38. Borepunkter og tverrprofil ved BØFB. Tegnet inn profillinjer for Figur 39, Figur 40 og Figur 41.



Figur 39. Boringer i Linje A1 – A2 i BØFB ved Haugesund lufthavn, med terrengprofil (grønn linje moh.) og antatt fjellprofil (stiplet linje moh.). Blå punkter markerer dyp til grunnvann, plassering vist i Figur 38



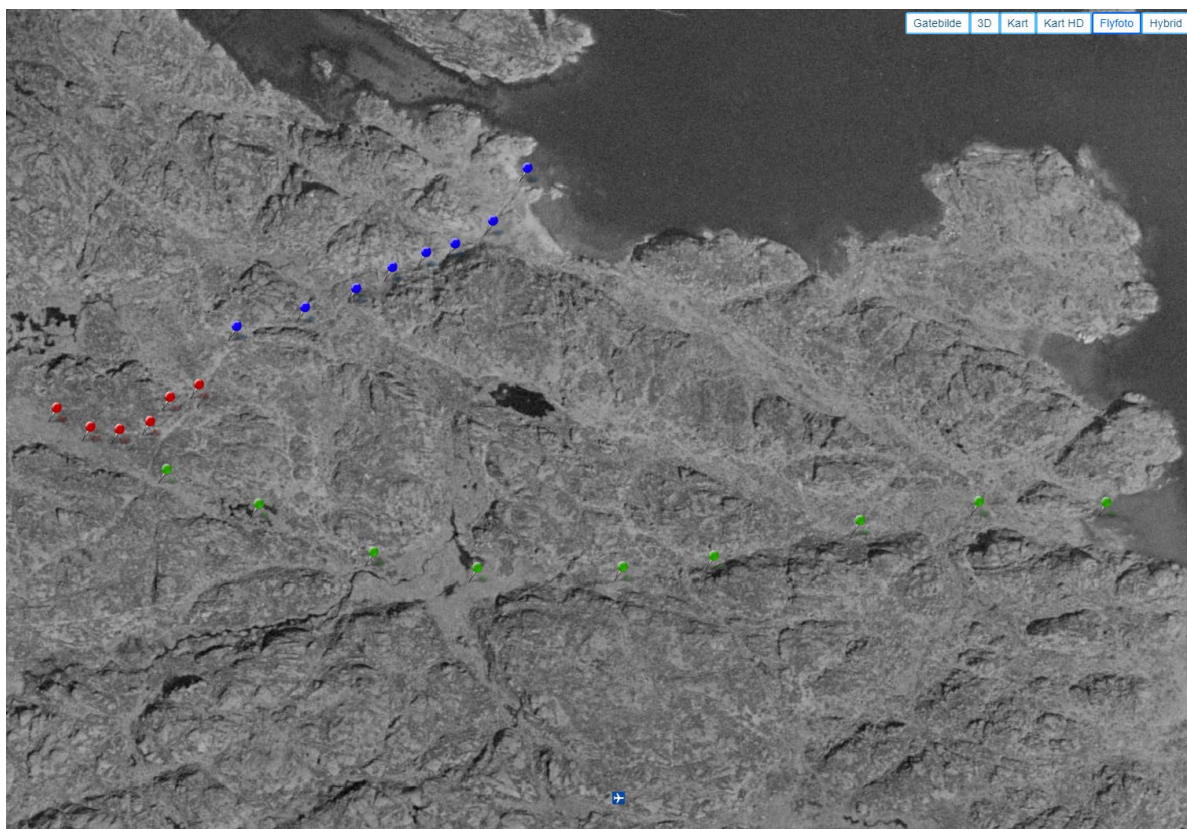
Figur 40. Boringer i Linje B1 – B2 i BØFB ved Haugesund lufthavn, med terrengprofil (grønn linje moh.) og antatt fjellprofil (stiplet linje moh.). Blå punkter markerer dyp til grunnvann, plassering vist i Figur 38



Figur 41. Boringer i Linje C1 – C2 i BØFB ved Haugesund lufthavn, med terrengprofil (grønn linje moh.) og antatt fjellprofil (stiplet linje moh.). Blå punkt markerer dyp til grunnvann, plassering vist i Figur 38



Figur 42. Kart over det tidligere brannøvingsfeltet BØFB på Haugesund lufthavn. Øvre flyfoto er fra 2021, mens det nedre er fra 1964 før lufthavnen ble anlagt. Røde symboler markerer området sørøst for selve brannøvingsfeltet og kontakten mot forkastningen. De blå markørene viser den videre retningen av forkastningen mot øst.



Figur 43. Flyfoto fra 1964 over området hvor Haugesund lufthavn er etablert. Grønne symboler markerer en hovedforkastning i terrenget hvor termalbygget i dag ligger. Forkastningen ender helt innerst i Visnesbukta.

5.4 Løsmasser ved BØFB

I hvert borepunkt er det laget en løsmassebeskrivelse basert på løsmasseboring ved bruk av ODEX-borkroner og rigg. Borkronen knuser stein og prøvene blåses opp med trykkluft. Hver prøve representerer en blandprøve for det aktuelle dybdeintervallet. Dette betyr at det kan være vanskelig å påvise tynnere lag av sorterte løsmasser eller lag med organiske masser. I Tabell 19 er det vist løsmassebeskrivelse for profil A1 – A2 (se Figur 39). Gjennomgående er løsmassene en blanding av sand, grus og leire. Det samme ser en for borepunktene langs profilinje B1 til B2 (Tabell 20) og i borepunkt BO12 ved profil C1 – C2 (Tabell 21).

For å få undersøke andelen grove masser (grus og grovere) i BØFB ble det foretatt prøvegraving i 6 sjakter den 16.08.2022. Det ble gravd sjakter ned til fjell og eller vannspeil. Profilene ble inspisert og sammenholdt med informasjon fra tidligere beskrivelser og kjemiske analyser av jord fra profilene. Generelt består grunnen av et øvre komprimert topplag (kjørelag, 50 cm tykt) og deretter usorterte masser ned til opprinnelig terreng, som varierer fra myr, skrint jordlag over fjell, eller bart fjell. Det ble tatt ut masser fra topplaget, usorterte masser, myr og jordlag for solling. Solleskuffen har en «cut-off» på 50 mm stein. Sollingen viste at massene består av blokk, pukk, sand, grus og finere masser av silt, leire stedvis rik på organisk materiale (myr). De grove massene av pukk og grus er for det meste tilkjørte masser, mens de organisk rike er stedege dypereliggende masser. Fraksjonen <50 mm er anslått å være mellom 50 og 70% (Tabell 22). Observasjonene er i overensstemmelse med observasjoner fra sjaktning i 2012 (Sweco&COWI,

2012) hvor massene ble identifisert som sprengstein (blokk), pukk, sand, grus, stein, avfall, trevirke med mer.

Tabell 19. Beskrivelse av løsmasser fra ODEX-boringer langs profil A1 – A2 ved BØFB ved Haugesund lufthavn i Figur 39. Vann u.t. = Vann under terreng.

Dyp	BO10	BO9	BO11	B14	BO16	BO17
0-1	Ingen prøve kom opp	Brun sand og grus, noe leire	Grå sand, leirig, fylling	Brun, grå leirig grus	Ingen prøve kom opp	Brun til grå sandig leire
1-2	Grå grus og sand, noe leirig	Mørk brun sand og grus, noe leire	Grå sandig leire	Brun, grå leirig grus med sand	Ingen prøve kom opp	Grønn siltig sand
2-3	Grå grus og sand, noe leirig	Mørk brun sand og grus, bløt, noe leire	Brun sandig torv	Grå bløt leire med sand og grus	Grå sandig siltig leire	Grønn siltig sand, grov
3-4		Grå leire og grus		Grå leire med grus	Grå sandig siltig leire	
4-5					Grå sandig siltig leire	
5-6					Grå sandig siltig leire	
Fjelldyp	2.8m	3.9m	2.6m	4.0m	6.0m	2.6m
Vann u.t.	?	1.3m	0.8m	2.5m	Dypt	1.2m

Tabell 20. Beskrivelse av løsmasser fra ODEX-boringer langs profil B1 – B2 ved BØFB ved Haugesund lufthavn i Figur 40. Vann u.t. = Vann under terreng.

Dyp	BO5	BO4	BO2	BO3	BO14
0-1	Brungrå siltig leire med grus	Brun siltig leire med grus	Brun grus med noe leire&silt	Brun siltig leire med grus	Brun, grå leirig grus
1-2	Brungrå siltig leire med grus	Brun siltig leire med grus	Brun grus med noe leire&silt	Brun siltig leire med grus	Brun, grå leirig grus med sand
2-3	Brungrå siltig leire med grus	Grå siltig leire med grus	Mørk grå siltig sand		Grå bløt leire med sand og grus
3-4					Grå leire med grus
Fjelldyp	3.0m	3.0m	3.0m	1.5m	4.0m
Vann u.t.	0.4m	1.35m	0.9m	0.8m	2.5m

Tabell 21. Beskrivelse av løsmasser fra ODEX-boringer langs profil C1 – C2 ved BØFB ved Haugesund lufthavn i Figur 41. Vann u.t. = Vann under terreng.

Dyp	BO12
0-1	Brun torv, sandig leire
1-2	Grå finsand med leire
2-3	Gråbrun sand, grus, leire
Fjelldyp	2.6m
Vann u.t.	1.0m

Tabell 22. Resultater fra graving av sjakter på BØFB Haugesund lufthavn 16.08.2022 med påfølgende sikting av massene.

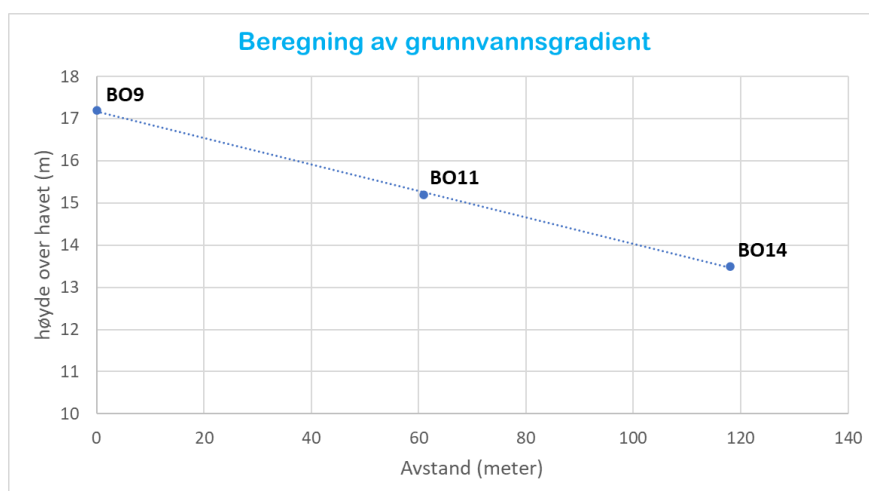
dato	sjakt_id	dyp total (cm)	Intervaller siktet (cm), etter lagdeling	Andel finstoff <50 mm (%)
17.08.2022	sj-001	140	0-140	50
17.08.2022	sj-002	160	0-160	50
17.08.2022	sj-003	140	0-50	60
17.08.2022	sj-003		50-140	60
17.08.2022	sj-004	240	0-100	75
17.08.2022	sj-004		100-240	60
17.08.2022	sj-005	160	0-80	50
17.08.2022	sj-005		80-160	60
17.08.2022	sj-006	140	0-140	75

5.5 Massenes hydrauliske egenskaper

Massenes hydrauliske egenskaper vurderes i vesentlig grad utfra kornfordeling og sorteringsgrad. Som det fremgår av løsmassebeskrivelsen i foregående kapittel er det påvist typiske fyllmasser som er en blanding av sand, grus og stein, samt finere fraksjoner som silt og leire. Området ligger under marin grense og det er derfor naturlig at det i forbindelse med etablering av lufthavnen har blitt overskuddsmasser som også inkluderer marin leire.

De fineste 10 % av jordmassene har stor betydning for massenes hydrauliske egenskaper som betyr hvor lett vannet kan strømme gjennom massene. Dersom massene består av 10 % silt eller leire så vil massene i praksis fremstå som relativt tette. Pga prøvetaking med ODEX-rigg ble det vurdert av prøvene ville være lite representative for massene i grunnen. Dette skyldes at borekronen vil knuse ned stor stein og fjell og danne nye kornfraksjoner og dermed vil ikke en kornfordelingsanalyse kunne gi et riktig resultat. Basert på beskrivelse av sjaktene som blandede fyllmasser og løsmassebeskrivelsene i Tabell 19 til Tabell 21 kan en anta at hydraulisk konduktivitet ligger i området $1 \cdot 10^{-4}$ m/s til $1 \cdot 10^{-6}$ m/s, men da det ikke er utført pumpetester er det stor usikkerhet i forhold til faktisk strømningshastighet. Under gravingen av sjakter i august 2022 fyltes hullene fort med vann til grunnvannsnivået ca. 1,5 m under terreng (noe lavere enn under prøvetakingen sist høst). Dette tyder på at det kan være åpne kanaler mellom fyllmassene, men på generell basis kan en på grunn av dårlig sortering anta at effektiv porøsitet vil være $< 20\%$.

Grunnvannsgradienten i områder bestemmes ved å måle forskjellen i grunnvannsnivå fra vest til øst og så dele dette på avstanden mellom målepunktene. For BØFB er det ikke brønner i løsmasse ved BØFB, kun oppstrøms (MB02) og nedstrøms (MB16), og denne beregningen blir derfor ikke nøyaktig. Det er imidlertid samlet inn data som kan brukes til dette formålet. Dagen etter ODEX-boring ble det målt dyp til grunnvann i de åpne borehullene og resultatene er presentert i Tabell 19 til Tabell 21. Aktuelle data å bruk er målinger i en linje fra BO9 til BO14. I Figur 44 er det vist et snitt med målte grunnvannsnivå for dette profilet. Forskjellen i grunnvannsnivå mellom BO9 og BO14 er 3,7 meter over en avstand på 118 meter. Dette gir en grunnvannsgradient på $3,7 \text{ m} / 118 \text{ m} = 0,03$.



Figur 44. Målinger av grunnvannsnivå i borehull langs profilinje A1 – A2 ved Haugesund lufthavn november 2021. Plassering vist i Figur 38.

5.6 Grunnvannsstrøm ut fra området

For å vurdere den naturlige strømmen av grunnvann ut fra området ved BØFB brukes Darcys lov. Den settes opp slik:

$$Q = k \cdot i \cdot a$$

der:

- > Q: vannstrømmen i m³/s
- > k: hydraulisk konduktivitet i m/s (antatt 1*10⁻⁵ m/s)
- > i: grunnvannsgradienten (0,03)
- > a: arealet grunnvannet strømmer gjennom i m²

I Figur 41 er det vist arealet grunnvannet vil strømme gjennom, og det er beregnet til ca. 30 m². Vi har da følgende oppsett for Darcys lov:

$$Q = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \cdot 0,03 \cdot 30 \text{ m}^2 = 0,000009 \text{ m}^3/\text{s} \text{ eller } 0,009 \text{ l/s}$$

Det beregnede strømningspotensialet på 0,009 l/s er lavt. Den beregnede gradient på grunnvannet virker realistisk. Selv om det ikke er gjort nøyaktige målinger av strømningsarealet ut fra brannøvingsfeltet er det relativt god kontroll ved en boring og fjell i dagen på nord og sørsiden. Selv en dobling av arealet vil ha mindre virkning på vannmengden. Det er mer usikkerhet knyttet til hydraulisk konduktivitet. Beskrivelsen av massene tyder på en lav verdi som brukt i vurderingen over, men pumping av miljøbrønn MB3 som ligger ved BØ16 noe lengre nedstrøms tyder på god vanngjennomgang i løsmassene. Dette på tross av at løsmassebeskrivelsen for dette brønnpunktet tyder på tette masser (sandig, sitig leire). Den gode vanngjennomgangen i brønnen kan da likevel tyde på at det finnes lag med høy hydraulisk konduktivitet. Gruslag har k-verdi i størrelsesorden 1*10 m/s til 1*10⁻³ m/s. Dersom en endrer K-verdien fra 1*10⁻⁵ til 1*10⁻² m/s vil strømningspotensialet ut fra BØFB gjennom grunnvannet øke fra 0,009 l/s til 9 l/s. Dette forutsetter imidlertid at det er grov grus i hele snittet, noe det ikke er. Dersom en antar et gruslag med ca. 0,3 m tykkelse vil dette kunne føre en vannstrøm på ca. 1 l/s. Antar man en slik transport mottar Visnesbukta 31 500 m³/år av grunnvann/overflatevann, hvilket er større enn beregnet i Sweco & COWI (2012). Hvis konsentrasjonen av ΣPFAS er slik analysene fra 2021 viser (1300 ng/l) betyr det en årlig spredning av ΣPFAS til Visnesbukta på 41 g. Det er lite trolig at vannet ut fra tiltaksområdet vil ha en så høy konsentrasjon. Hvis vi antar som et verste tilfelle at konsentrasjonene vil være så høye gjennom tiltaket, vil det spres 7 g ΣPFAS til Visnesbukta i de to månedene tiltaket pågår.

5.7 Spredning via OV-nett

Nedstrøms BØFB ligger overvannskummen BØFB-KU1-V. Her ble det i november 2021 estimert en vannføring på 1 l/s i kummen. Dette gir en årlig avrenning på 31500 m³. I vannprøve tatt i november 21 ble det målt 2400 ng ΣPFAS/l. PFOS utgjorde hovedandelen (1400 ng/l) av ΣPFAS. Utfra dette er det beregnet at det spres 76 g ΣPFAS og 44 g PFOS via overvannsnett til Visnesbukta.

5.8 Mengde vann i tiltaksområdet

Med en tiltaksgrense på 150 µg/kg er det beregnet at det må fjernes 4955 m³ masser. Som vist ovenfor ligger grunnvannet ca. 1 m under terreng og massene fra 0 til 1 m dyp vil i praksis være tørre. Med tiltaksgrense på 150 µg/kg utgjør massene fra 0-1 m dyp et volum på 1906 m³. De vannfylte massene utgjør da et volum på ca. 3050 m³. Dersom en antar at porøsiteten i massene er ca. 20 % vil vanninnholdet i massene være omtrent 600 m³. På grunn av mye finstoff vil ikke alt vannet være mobilt og en regner derfor at den effektive porisitet er i størrelsesorden 10 %. Vannmengden som skal håndteres i byggegropa vil da trolig være et stede mellom 300 og 600 m³, men det er stor usikkerhet forbundet med dette tallet. Når grunnvannet senkes i graveområdet vil grunnvannsgradienten øke og nytt vann strømme til fra nedbørsfeltet (Figur 47). Mye nedbør vil også ha betydning for vannmengden som skal håndteres.

Dersom tiltaksgrensen settes til 30 µg/kg vil volumet av vannfylte masser øke fra ca. 3050 m³ til ca. 4266 m³, og vannmengden vil øke ca. 850 m³.

Ved å anta at konsentrasjonen av PFOS i gropvann ved tiltak er tilsvarende som ble påvist ved analyser av vann fra sjakt (DT3) på BØFB i 2012 (49 800 ng PFOS/l) (Sweco&COWI, 2012) blir mengden PFOS i 300 til 600 m³ gropvann/porevann henholdsvis 15 og 30 g, og ved 850 m³ ca. 42 g.

5.9 Gjenværende PFAS i tiltaksområdet

Det er beregnet en årlig spredning av ΣPFAS fra BØFB på 38,7 g før tiltak. Spredningen reduseres betydelig ved å gjennomføre tiltaket. Det er liten forskjell mellom tiltaksgrensene på 30 og 150 µg/kg, og noe høyere spredning hvis tiltaksgrensen settes til 500 µg/kg (Tabell 23).

Tabell 23. Beregnet spredning av ΣPFAS fra BØFB før tiltak og etter tiltak ved ulike tiltaksgrenser i jord.

Konsentrasjon sum PFAS (µg/kg)	Gjenværende mengde i jord (kg)	Beregnet spredning (g/år)	Beregnet reduksjon i spredning (%)
Dagens situasjon (ingen tiltak)	14	38,7	-
500	3,8	1,2	-97,0
150	0,3	0,5	-98,6
30	0,2	0,3	-99,1

6 Risikovurdering av PFAS-forurensningen ved lufthavnen

Miljødirektoratet kom med ny veileder om forurensset grunn den 12.01.2022, som erstatter den gamle veilederen SFT 99:01. Det nye verktøyet beregner spredning fra forurensset grunn og risiko for menneskers helse. Risikovurderingen er lagt opp trinnvis, hvor man i trinn 1 sammenligner konsentrasjonene i jord med normverdier, bakgrunnsverdier og tilstandsklasser for forurensset grunn. I trinn 1 brukes hovedsakelig konservative sjablongverdier i tillegg til informasjon om konsentrasjonene av de aktuelle stoffene i jord, areal og nedbørsdata fra nærmeste målestasjon.

Konsentrasjonene av PFAS i grunnen på BØFB tilsier at det er nødvendig med en utvidet risikovurdering, trinn 2 og 3, hvor risiko for menneskers helse, spredning til resipient (vurdert i kap. 5) og terrestrisk økosystem blir vurdert. Stedsspesifikke undersøkelser av grunnvann, resipientvann og sjømat er benyttet i risikovurderingen.

6.1 Menneskers helse

Risikoen for menneskers helse er knyttet til bruken av området. Eksponeringsveier som skal vurderes:

- > Oralt inntak av jord eller støv
- > Hudkontakt med jord eller støv
- > Innånding av støv eller gass
- > Inntak av drikkevann
- > Inntak av grønnsaker, frukt, bær og andre spiselige planter
- > Inntak av fisk eller annen næring påvirket av grunnforurensningen

BØFB er et gjennomfartsområde for arbeidende på Haugesund lufthavn, og oppholdstiden på lokaliteten er derfor svært begrenset. Området har vært benyttet som lagerplass for overskuddsmateriale av ulike slag. Vi har anslått et opphold på 10 dager á 8 timer på lokaliteten i løpet av året i forbindelse med bruk av området som mellomlager. Området er ikke asfaltert, noe støving kan derfor forekomme. Basert på gjennomsnittskonsentrasjonene av PFOS i jord er det ingen uakseptabel helserisiko ved opphold på BØFB før tiltak. Legger man maksimumkonsentrasjonene som er registrert til grunn er det en overskridelse av MTDI på 9 %. Maksimumkonsentrasjonen finnes imidlertid i jord dypere enn 20 cm, hvilket betyr at mennesker som ferdes gjennom området ikke eksponeres for denne jorda.

Det er ingen drikkevannsbrønner i umiddelbar nærhet til Haugesund lufthavn. Nærmeste brønner ligger ca 1 km unna (brønnene 77/1, 77/8, 77/9 vest for lufthavnen og brønnene 79/68, 79/69, 79/92 øst for lufthavnen) (COWI, 2022) (Vedlegg F). I brønnene på vestsiden er det registrert opp til 24 ng PFAS/l, mens på østsiden er det ikke påvist PFAS. Dette er 5 m dype løsmassebrønner som ikke står i hydraulisk kontakt med BØFB på lufthavnen. Tiltak på BØFB vil derfor ikke ha noen innvirkning på forholdene i brønnene. Konsentrasjonene i vann i brønnene er lavere enn EUs drikkevansdirektiv (100 ng/l Σ 20 PFAS).

Ved prøvetakingen i 2021 ble det målt 3,8, 15 og 23 ng Σ PFAS/l i henholdsvis Grodvatnet, Stogdalsvatnet og Isgardvatnet (sør, vest og øst) for lufthavnen. Konsentrasjonene er godt under EUs drikkevansdirektiv (100 ng/l Σ 20 PFAS) og ansees derfor ikke å utgjøre noen risiko for beitende dyr. Området benyttes ikke til annen type jordbruk.

Det er ikke registrert spesielle fiskeplasser i Visnesbukta, men området er et mye brukt friluftsområde. Fiske i nærområdet til flyhavnen er derfor ikke utenkelig.

EFSA (den europeiske myndighet for næringsmiddeltrygghet) reviderte i 2020 sine anbefalinger om tolerabelt ukentlig inntak (TWI) av visse PFAS-forbindelser. Summen av PFOA, PFNA, PFHxS og PFOS bør ikke overskride 4,4 ng/g kroppsvekt per uke, eller et maksimalt daglig inntak på 0,63 ng/g kroppsvekt per dag ([Folkehelseinstituttet 2020](#)). Basert på disse grensene, og en vurdering av inntaket av PFAS fra næringsmidler og andre kilder, har Folkehelseinstituttet

kommet fram til norske retningslinjer for konsum av fisk. For befolkningens gjennomsnittlige ukentlige inntak av fisk bør maksimalkonsentrasjonen i fisk ikke overskride 0,27 µg/kg for menn og 0,24 µg/kg for kvinner. Dette er basert på nasjonale anbefalinger at man spiser fisk 2-3 ganger per uke, totalt 300-450 gram ren fisk i uken. Minst 200 gram bør være fet fisk som laks, ørret, makrell eller sild. Dersom personen spiser 100 g fisk i uken, så vil maksimal konsentrasjon i fisk kunne økes til 1,5 µg/kg for menn og 0,90 µg/kg for kvinner.

I Tabell 24 har vi gitt estimater av summen av de overnevnte PFAS-forbindelsene. Et lavt estimat hvor alle analyseverdier under kvantifikasjonsgrensene (LOQ) er satt lik 0, og ett høyt estimat hvor de samme verdiene er satt lik LOQ. Bruker vi det høye estimatet, som gir de mest konservative anslagene på konsum av fisk, så bør det maksimale konsumet av berggylt fra Visnesbukta ikke overskride 185 g/uke for menn og 111 g/uke for kvinner – såfremt det da ikke spises annen fisk.

Tabell 24. Beregnede verdier av sum PFOA, PFNA, PFHxA og PFOS i muskelprøver av berggylt fra Visnesbukta og referansestasjonen Kvaløya, fanget i 2021. Resultatene er gitt som middelveier med standard avvik ($\bar{x} \pm SD$). Lavt estimat: verdier under kvantifikasjonsgrensen (LOQ) satt lik 0. Høyt estimat: verdier under kvantifikasjonsgrensen satt lik grensen.

Sum av PFOA, PFNA, PFHxS og PFOS, µg/kg	Kvaløya (n = 7)		Visnesbukta (n = 3)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Lavt estimat (<LOQ satt lik 0)	0,12	0,10	0,02	0,04
Høyt estimat (LOQ inkludert)	0,85	0,05	0,81	0,03

Miljødirektoratets risikoverktøyet viser at den største eksponeringen for PFOS fra Haugesund lufthavn skjer ved inntak av fisk fra Visnesbukta. Ved å benytte de målte verdier av PFOS i fiskefilet (berggylte) i risikoverktøyet viser beregningene, i tråd med beregningen ovenfor, en uakseptabel risiko for menneskers helse ved inntak av fisk fra Visnesbukta. I regneverktøyet er det antatt at en voksen person spiser 140 g fisk/dag. Maksimum overskridelse av MDTI før tiltak viser seg da å være 78 % for voksne, mens gjennomsnittskonsentrasjonene som er lagt inn i regnearket (jord, grunnvann, fisk) gir ingen overskridelse av MDTI for voksne, men 63 % overskridelse for barn. Etter tiltak antas det at gjenværende jordkonsentrasjon av PFOS på BØFB i gjennomsnitt er 15 µg/kg. Dette gir akseptabel spredning av PFOS og ingen overskridelse av MDTI ved inntak av fisk fra Visnesbukta.

Eksponering for PFOS kan også skje gjennom bading. Det er registrert en badeplass på østsiden av Visnesbukta. Foreløpig er det ingen grenseverdi for PFAS i badevann i norsk regelverk, men man kan legge til grunn regler for drikkevann. EUs direktiv er nylig revidert, og her er det lagt inn en grenseverdi på 100 ng/l for summen av 20 PFAS. Tilsvarende grenseverdi vil høyst sannsynlig bli tatt inn i norsk regelverk (Mattilsynet, 2021). Denne grenseverdien er imidlertid høyere enn tålegrensen på 4,4 ng/kg kroppsvekt ΣPFOA, PFNA, PFHxS og PFOS fra EFSA (ΣPFAS (4) nevnt over), hvis man legger ukentlig inntak av drikkevann til grunn. Konsentrasjonen av Σ PFOA, PFNA, PFHxA og PFOS i vannprøver fra Visnesbukta har variert fra <1 ng/l i sjøen utenfor BØFA til 110 ng/l i sjøen utenfor BØFB, hvilket er lavere enn Folkehelseinstituttets anbefalte maksimalkonsentrasjon for ΣPFAS (4 i badevann (422 ng/l for nyfødte og 1745 ng/l for voksne menn) (FHI, 2021). Det kan derfor antas at bading i Visnesbukta utgjør en akseptabel risiko for menneskers helse.

PFAS er et overflateaktivt stoff og ser i liten grad ut til å sedimentere i sjøen utenfor Haugesund lufthavn. Vestsiden av lufthavnen er eksponert og bunnen består for det meste av skjellsand. Det samme gjelder sedimentene i Visnesbukta, selv om området er mer beskyttet. Det er kun påvist lave konsentrasjoner av PFAS i sedimentene i Visnesbukta. Risiokoen for menneskers helse ved eksponering av sedimentene i Visnesbukta anses derfor som akseptabel.

Nærmest oppdrettsanlegg ligger mer enn 2 km unna Haugesund lufthavn. På grunn av avstand og fortynning er det lite sannsynlig at utslippet av PFAS fra lufthavnen vil påvirke forholdene ved oppdrettsanlegget.

6.2 Økologi

Den høyeste konsentrasjonen av PFOS i sjøvann er målt utenfor BØFB (VIS-2) til 100 ng/l (juni 2022). Alle målinger (oktober 2021 og juni 2022) fra helt innerst til ytterst i bukta viste konsentrasjoner av PFOS tilhørende tilstandsklasse III, hvilket betyr at vannet kan gi toksiske effekter på organismer ved lang tids eksponering. Dette kan gi utslag i økologiske effekter over tid.

I 2021 ble det hentet inn albusnegl, taskekrabbe og fisk fra området rundt Haugesund lufthavn. Albusnegl kan regnes som den mest stasjonære av disse artene og arten lever i tidevannssonen hvor den beiter på alger, organisk materiale på hardbunn. Fisk og krabbe antas å være mindre stasjonære, selv om berggylte kanskje er en av de mer stasjonære fiskeartene. Marine organismer eksponeres for PFAS over gjellene, huden og via føde. Siden PFAS fra BØFB transporteres med ferskvann ut i Visnesbukta er det rimelig å anta at av disse tre artene er albuskjell den mest eksponerte arten. Dette er i overensstemmelse med funnene vist i kap.3.2.3 - Biota, hvor det konkluderes at avrenning fra brannøvningsområdene ved Haugesund lufthavn trolig har påvirket nivåene av PFOS i albusnegl i Visnesbukta som grenser opp mot rullebanen. For fisk er resultatene mindre klare: nivåene av PFOS i muskelprøver fra berggylt var lave og svært like i fisk fra Visnesbukta og referanseområdet ved Kvaløya, det samme gjaldt brunvev (krabbesmør) fra taskekrabbe. Konsentrasjonene i én blandprøve av lever fra hvert område viste imidlertid en tydelig forhøyet konsentrasjon for Visnesbukta. Nivåene var imidlertid generelt lave, og de overskrider ikke vannforskriftens EQS-verdi for PFOS i biota på 9,1 ng/g.

Det er registrert flere fuglearter i Visnesbukta, tjeld, makrellterne og ærfugl. Sjøfugl lever av organismer de finner i strandsonen og av fisk. Fugleartene blir derved eksponert for PFAS gjennom næringskjedeopptak.

6.3 Eksponering og risiko etter endt tiltak

Det vil være en restforurensning av PFAS i grunnen etter endt tiltak. Ved bruk av Miljødirektoratets regneverktøy i risikovurdering av forurensset jord er det beregnet hvilke konsentrasjoner av PFOS grunnvannet på BØFB og sjøresipienten vil kunne få etter tiltak, avhengig av om tiltaksgrensen settes til 30 eller 150 µg/kg jord. Beregningen viser at med tiltak vil konsentrasjonene av PFOS i grunnvann reduseres betydelig. Størst effekt gjør selve tiltaket, mindre effekt gir forskjellen mellom 30 og 150 µg/kg PFOS i jord. Etter tiltak vil det være en restforurensning av PFOS (antatt i gjennomsnitt 15 µg/kg) i umettet sone sett hele BØFB under ett, denne vil med tiden vaskes ut til mettet sone.

Konsentrasjonene av PFOS i resipienten Visnesbukta ut til og med BØFA, reduseres med to tierpotenser hvis tiltak gjennomføres. Beregningene tilsier at etter 100 år vil konsentrasjonen av PFOS i Visnesbukta være 0,000055 ng/l med en tiltaksgrense på 150 µg/kg jord, og 0,000036 ng/l med en tiltaksgrense på 30 µg/kg jord. Det er målt en gjennomsnittskonsentrasjon på 93 ng PFOS/l sjøvann ved prøvepunkt VIS-2 i dag, før tiltak (n=2). En må kunne anta at konsentrasjonen av PFOS i sjømat reduseres i takt med at konsentrasjonene i resipienten avtar. Risikoverktøyet er konservativt, det vil si det skjer en overestimering av opptak av PFOS i sjømat. Dette vises i faktiske målinger av PFOS i grunnvann, sjøvann og biota fra Visnesbukta før tiltak. Beregningsverktøyet estimerer en langt høyere konsentrasjon av PFOS i sjømat enn det som faktisk er målt, med utgangspunkt i dagens konsentrasjoner i jord. Dette er i noe grad kompensert ved å øke K_d (utlekkingsforholdet for PFOS fra jord til vann), men resultatene viser at verktøyet ikke klarer å «reprodusere» den faktiske situasjonen ute, og resultatene må tolkes ut fra dette. Ved å bruke en gjennomsnittskonsentrasjon (restforurensning) på 15 µg/kg PFOS i jord etter tiltak beregner verktøyet imidlertid en akseptabel risiko for human helse ved inntak av sjømat fra Visnesbukta. Basert på risikovurderingen anbefales en tiltaksgrense på 150 µg PFAS/kg jord.

6.4 Tiltakets påvirkning på geologisk arv og kulturminner

Tiltaket vil ikke komme i konflikt med geologisk arv og kulturminner i området. Tiltaket vil foregå i tidligere utfylte masser. De nærmeste kulturminnene ligger på 1,3 km unna BØFB på nordspissen av Helganeset utenfor lufthavnområdet.

7 Tiltaksmetoder for fjerning av PFAS

Avinor har hatt markedsdialog med relevante leverandører (totalt 17) av tiltaksmetoder mot PFAS-forurensnet jord og vann for å kartlegge hva som finnes av teknologier og metoder for opprydning av PFAS forurensede lokaliteter. Metodene kan kategoriseres som følger:

- > Vannrensing
- > Jordvasking
- > Stabilisering
- > Barrierer
- > Isolering/innkapsling
- > Termisk behandling
- > Deponi

For å redusere risikoen ved tiltaksgjennomføring er det viktig at valgte metoder er ferdig utviklet og klare til fullskala bruk på Avinors lokaliteter. De fleste av disse metodene har vært benyttet ved tiltak mot PFAS-forurensning, men i begrenset grad i Norge. Jordvasking og vannrensing er metodene man har mest erfaring med, og derved flest leverandører kan tilby. Kun en leverandør (CETCO) kan tilby stabilisering og eller isolering/innkapsling av PFAS-forurensede masser, og kun tre leverandører (Perpetuum, Lindum, Iris) kan tilby deponi. Tre leverandører kan tilby barrierer

(Regenesis, Evonic/Intrapore, CETCO). Det kan finnes andre aktører i markedet som ikke er fanget opp.

Muligheter og begrensninger ved bruk av de ulike metodene ved Haugesund lufthavn er vurdert i det følgende.

7.1 Vannrensing

PFAS er et overflateaktivt stoff med både hydrofile og hydrofobe egenskaper og PFAS i jord vil i varierende grad kunne lekke ut i vannfasen. Ved analyser av vann fra sjakt (DT3) på BØFB ble det påvist 49 800 ng PFOS/l (Sweco&COWI, 2012), mens jordprøver fra samme sjakt viste opptil 2 390 µg PFOS/kg. Den høyeste PFOS-konsentrasjonen påvist i jord fra BØFB er 17 400 µg/kg (sjakt BØF-1-1 (Sweco&COWI, 2012), noe som kan indikere en Kd for PFOS mellom 58 og 357 L/kg.

$K_d = \text{Konsentrasjonen av PFOS i jord (mg/kg TS)} / \text{Konsentrasjonen av PFOS i vann (mg/L)}.$

Studier har vist at Kd for PFOS kan variere fra 1 – 2524 L/kg (Nordanstorm, 2021). Utlekkingspotensialet er avhengig av en rekke faktorer som jordas innhold av organiske karbon, pH, redoxforhold, mikrobiell aktivitet, kornstørrelse mm. Likevekt mellom ulike PFAS-forbindelser og vann kan antas etablert innen 48 timer (Li et al., 2019).

Analyser av vann fra drengskum, miljøbrønn og sjøresipient nedstrøms BØFB viser spredning av PFAS. Ved utredningene i 2016 ble det anslått at spredningen av PFAS fra BØFB vil kunne foregå i 160 til 320 år før "lageret" av PFAS i grunnen var gått tom (Norconsult, 2016). Fjerning av PFAS ved bruk av kontinuerlig rensing av vann som strømmer ut av BØB-B synes derfor ikke å være en egentlig metode ved Haugesund lufthavn. Selv om utlekkingen kanskje kan økes ved økt gjennomstrømning og optimalisering av forhold som har betydning for utlekkingspotensialet, vil tømning av lageret av PFAS i grunnen kreve at prosessen med vannrensing går over lang tid.

For å begrense behovet mest mulig er det viktig å ha kontroll med overflateavrenning under tiltaket, både vann inn i anleggsområdet og ut av anleggsområdet. Beregninger tilsier at mengden vann i løsmassene, som har potensiale for å strømme til anleggsgrøpen kan inneholde mellom 15 og 30 g PFOS. Dette er en såpass liten andel av totalen at vannet bør kunne bli igjen i grøpen før den fylles med rene masser.

Det er behov for vannrensing i forbindelse med jordvasking, siden mengde vann sannsynligvis vil øke betydelig.

7.2 Jordvasking

Jordvasking består i å grave ut massene, behandle de (vaske) før de legges tilbake rene. Massene i BØFB er karakterisert som fyllmasser og avfall, til dels grove (Sweco&COWI, 2012).

Undersøkelser med sjaktgraving i det mest sentrale området ved BØFB viser at det øverste laget på opptil 1 m tykkelse består av komprimert sand, grus og stein, mens de dypere liggende massene er stedege organiske rike. Fraksjonen <50 mm er anslått å være mellom 50 og 70%. Fraksjonen <20 mm er da noe mindre.

Så lenge det graves i tørr sone vil det sannsynligvis ikke være behov for vasking av grovfraksjonen ved fraksjonering. Det er svært lite finstoff som sitter fast på større stein. I fuktig sone, noe som kan forventes ca 1 m under jordoverflaten, vil det være vanskeligere å fraksjonere ved sikting. Noe mer finstoff vil følge med grovfraksjonen. Ved avrenning (avvanning) og mer mekanisk bearbeiding i sikteverket kan en større andel av finstoffet fjernes fra grovfraksjonen.

7.3 Stabilisering

Stabilisering av PFAS i grunnen innebærer tilsetning av aktive stoffer som adsorberer PFAS og derved hindrer spredning av PFAS. Stabilisering i denne sammenheng er derfor ikke det man forbinder med STSO (stabilisering og solidifisering) hvor det lages en monolitt ved tilstening av sement og andre aktuelle stoffer som eksempelvis flyveaske.

Adsorbenter kan tilsettes i grunnen som søyler (borehull), horisontale eller vertikale lag (dekkende barrierer). Adsorbentene har en levetid og garanteres gjerne for 10 år. Tiltaket må derfor ettersees og fornyes.

For å anvende STSO må masser ha en viss andel finfraksjon. Hvis andelen av pukk og grovere er for stor er stabilisering lite egnet. For å få en egnet masse må den eventuelt sorteres og tilsettes fraksjoner og bindemidler som gjør stabiliseringen tilfredsstillende. Det kan tenkes at adsorbenter også kan tilsettes i en STSO prosess. Det er påvist en del avfall i massene, disse bør også sannsynligvis sorteres ut før stabilisering kan utføres.

7.4 Barrierer

Berggrunnen ved Haugesund lufthavn er karakterisert av et småkupert landskap med forkastningssoner og oppsprekninger på tvers av disse. BØFB ligger i et basseng, hvor vannstanden står relativt høyt i grunnen. Det er kommunikasjon mellom bassenget og terrenget nedstrøms via terskler, men også sannsynligvis via sprekksoner.

Spredning via sprekker direkte under den forurensede lokaliteten ansees å være ubetydelig, eller svært liten. Dette har støtte i at det ikke er registrert, eller kun registrert ubetydelige konsentrasjoner av PFAS i miljøbrønn MB-2, som er en fjellbrønn til 40 m dyp, etablert i ytterkanten av BØFB.

Hovedtransporten av vann ut av BØFB er sannsynligvis i terrengforsenkningen mot øst hvor veien er lagt (vist i Figur 40). For å hindre forurensset vann å renne ut av området ved utgraving kan et alternativ være å etablere en aktiv barriere i dette tverrsnittet.

I dette tilfellet består en aktiv barriere av kolloidalt aktivt kull som er blandet inn i et permeabelt medium som sand. Kull er et naturlig mineral som dannes gjennom millioner av år (Coal). Aktivert kull produseres fra ufullstendig forbrenning av avfall med høyt organisk innhold (eksempelvis lignocellulose; biomasse som trær, halm og annet landbruksavfall) ved lav oksygentilgang, hvor vann og flyktige forbindelser har fordampet (Charcoal). For å aktivere kullet er det rensset og behandlet fysisk eller kjemisk for å skape stor overflate, mikroporer og for å gi det en kjemisk kompleks overflate som både kan tiltrekke positive og negative ladninger. Kull motstår videre biologisk nedbrytning og vil derfor være bestandig i mer enn tusen år. Aktivert kull levers i ulike kornstørrelser. I barrieren på BØFB er det planlagt bruk av kolloidalt aktivt karbon. Kolloidale partikler varierer i størrelse fra 1 til 1000 nanometer. Både den relativt store

overflaten på så små partikler og at overflaten har mikroporer gjør at 1 g aktivert karbon (AC) har en overflate tilsvarende 3000 m². Det finnes minimum en leverandør som gir garantert effekt over 10 år (Vedlegg E). Barrieren er primært tenkt som et ekstra tiltak i forbindelse med gravearbeidet da det forventes høyere konsentrasjoner av PFAS i grunnvann i denne perioden. Etter 10 år forventes det å være akseptable verdier i grunnvannet.

7.5 Isolering/innkapsling

Denne løsningen er en kombinasjon av stabilisering og barrierer. Det anvendes adsorbenter i omkringliggende jord, membraner eller matter for å dekke til og innkapsle de forurensede massene.

7.6 Termisk behandling

Metoden anvendes på oppgravde masser. Massene tilføres varme, energi, for å bryte ned PFAS

7.7 Deponi

Utgraving av PFAS forurensede masser krever levering til godkjent deponi. Det er et fåtall slike deponier i Norge, COWI bekjent kun Perpetuum AS Tromsø, Franzefoss i Trøndelag og Lindum AS i Oredalen.

8 Vurdering av tiltak og anbefalinger

Tiltak som stabilisering, isolering, innkapsling eller termisk behandling er behandling av forurensningen in-situ, og vil gå over flere år før man ser effekten i resipienten. De tre førstnevnte benytter aktive substanser som er garantert for i ca 10 år og må sannsynligvis vedlikeholdes og fornyes med noen års mellomrom. Erfaringsmessig er slike tiltak like kostbare som den anbefalte løsningen. Forurensningen på BØFB foreligger i en «hotspot», den er godt avgrenset horisontalt og vertikalt, noe som gjør den godt egnet for utgraving. Metodene nevnt innledningsvis benyttes ofte i tilfeller hvor forurensningen er vanskelig tilgjengelig. Ved å gjennomføre den anbefalte løsningen med utgraving vil tiltaket kunne gjennomføres i 2023. Det anbefales derfor at de forurensede massene graves ut og leveres godkjent deponi.

Ved utgraving er det imidlertid en rekke deløsninger som kan variere både i nytte og kostnad. Tabell 25 oppsummerer prosessen ved ulike deløsninger eller tiltaksalternativer. Basert på diskusjonen i kap 8.1 til 8.5 anbefales alternativ D.

Tabell 25. Tiltaksprosess for fjerning av PFAS fra det nedlagte brannøvingsfeltet (BØFB) ved Haugesund lufthavn. De grå cellene markerer prosesser som er felles for de ulike alternativene mens øvrige prosesser kan variere. Alternativ D anbefales, se diskusjon i kap 8.1 til 8.5.

Tiltaksprosess	Alternativer				
	A (null)	B	C	D	E
Lokalisere og plugge drenering ut fra BØF-B		X	X	X	X
Avskjærende grøfter for å hindre avrenning fra nedbørsfeltet		X			
Mellomlagingsområde lokalt BØF-B (utsprenging, planering, tett dekke med styrt avrenning)		X	X		
Utgraving forurensede masser		X	X	X	X
Sikting tørre masser		X	X	X	X
Avvanning		X	X	X	X
Sikting avvannede masser		X	X	X	X
Spyling av grovfraksjon		X			
Vannrensing		X	X		X
Avskjærende barriere	X	X		X	
Mellomlagring utenfor BØF-B, oppsamling avrenning					X
Utkjøring forurensede masser		X	X	X	X
Tilbakeføring rene grove masser		X	X	X	X
Tilbakeføring sprengte masser		X	X		
Tilkjøring rene masser		X	X	X	X
Asfaltering		X	X	X	X

8.1 Null-alternativet

Et alternativ til utgraving og deponering kan være å etablere reaktiv barriere i utløpet til tiltaksområdet, omtalt nærmere i kapittel 9.5.2. Dette er det rimeligste alternativet, som ikke fjerner PFAS fra lokaliteten, men som hindrer spredning til resipienten. Overvåking vil vise om tiltaket fungerer etter hensikten. Avhengig av mengden PFAS i grunnen og mengden kolloidalt aktivert karbon (CAC) i barrieren vil CAC kunne gå i metning og ikke lenger binde opp tilstrekkelig PFAS. Da må det injeseres nytt CAC. Det kan derfor være behov for vedlikehold i intervaller på noe tiår.

8.2 Innledende vannhåndtering

Det er et mål at minst mulig vann renner inn og ut av området ved tiltaksgjennomføring. Det viktigste er imidlertid å ha god kontroll med vann som renner ut av tiltaksområdet.

Dreneringsystemet fra BØFB må lokaliseres og plugges for å redusere vannstrømmen ut av området under tiltaksgjennomføringen. Samtidig bør det planlegges for å reetablere et dreneringssystem som tar hånd om overvann fra området på en kontrollert måte. Dette må gjøres uansett tiltaksløsning.

For å hindre vann fra nedbørsfeltet å renne inn i området kan et alternativ være å etablere avskjærende grøfter for å lede vann vekk fra området. Siden BØFB er omkranset av mer eller mindre regelmessig fjellutspring kan dette være krevende å få til. Basert på nedbørsstatistikk bør tiltaket legges til en periode som normalt har minst mulig nedbør. Det kan imidlertid ikke utelukkes at nedbør vil kunne forekomme i anleggsperioden, som anslagsvis vil ta ca 2 måneder. Feltarbeidet høsten 2021 ble utført i en uke med mye nedbør, men det ble ikke observert overflateavrenning fra BØFB til terrenget nedstrøms. Grunnen i BØFB ser derfor ut til å være tilstrekkelig permeable til at nedbør dreneres gjennom grunnen. Sjansen for at grovpvann i anleggsområdet renner ut i overflaten under tiltak er derfor liten.

Det er beregnet at det står ca. 600 m³ grunnvann innenfor den anbefalte tiltaksgrensen.

8.3 Rigg, drift og mellomlagring

Tiltaksområdet er anslagsvis ca 2000 til 3000 m² avhengig av valgt tiltaksgrense (30 eller 150 µg PFAS/kg). Hvis halve arealet graves ut først kan den andre halvdel fungerer som mellomlager for den grove rene fraksjonen, som skal tilbakeføres til gravegrop etter utgraving. Den forurensede finfraksjonen vil etter siktig og avrenning lastes direkte i tett container for transport til båt som frakter massene til deponi (Perpetuum (Troms) eller Lindum (Drammen)). Det er derfor ikke behov for mellomlager av forurensede masser andre steder enn i selve tiltaksområdet.

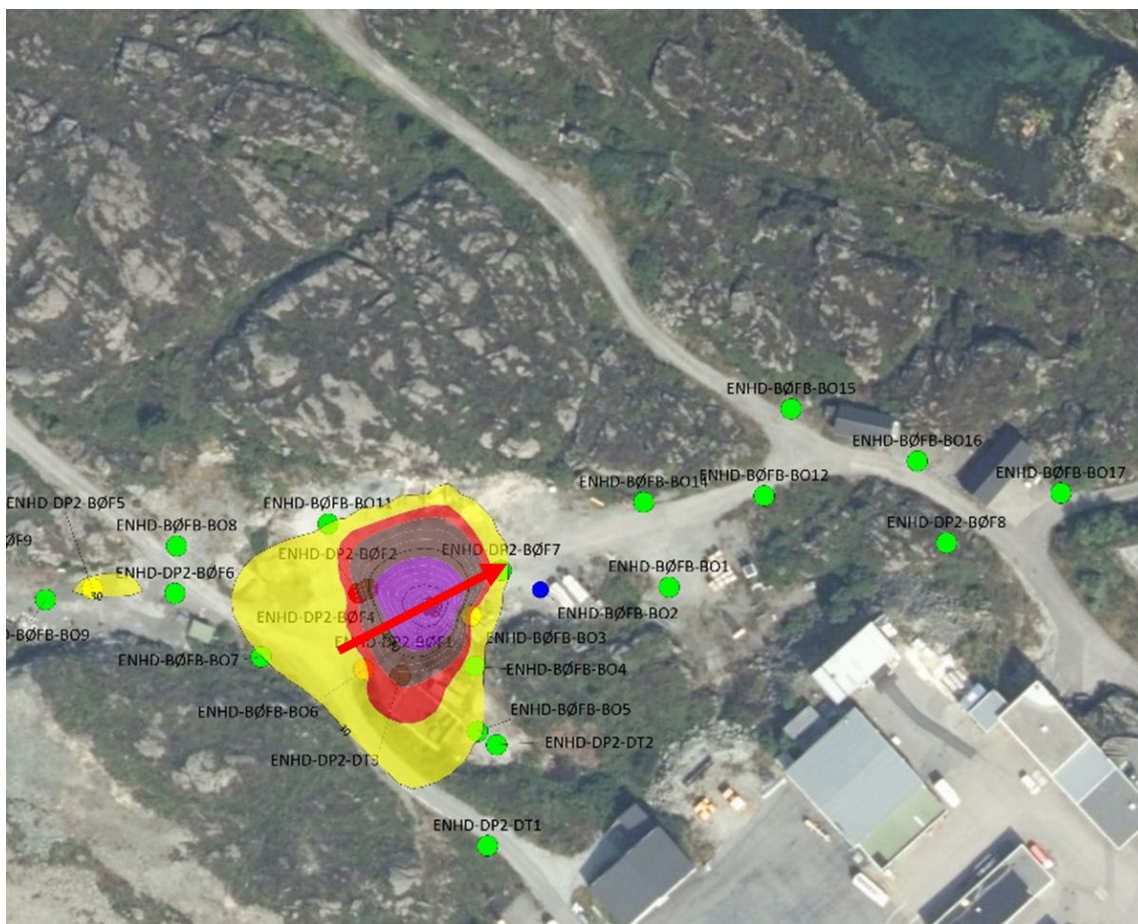
8.4 Utgraving av forurensede masser med levering til godkjent mottak.

Solling av massene i BØFB viser at ca 50-70 % er finere enn 50 mm. I beregningen er det lagt til grunn at fraksjonen <20 mm utgjør 60 % og er forurensset. Det er derfor aktuelt å sortere massene i fraksjoner for å skille kontaminerte fra rene masser. Den øvre 1 m av grunnen ligger i tørr sone. Denne graves derfor ut først. Ved fraksjonering av tørre masser fremstår grovfraksjonen som ren, det vil si det er minimalt med finkornet materiale festet til steinen. Det står vann i grunnen, noe som gjør at masser dypere enn ca. 1 m bør avvannes før sortering. Dette gjøres ved at de bløte massene legges på kanten av gravegrop slik at vannet som umiddelbart dreneres ut av massene føres tilbake til gravegrop.

Massene graves ut i to etapper (Figur 46). Ved utgraving av den første nordlige halvdel av tiltaksområdet legges de våte massene på den andre sørlige halvdel av tiltaksområdet for avvanning. På denne måten sikrer man at ikke nye områder rekontamineres. Prøvesikting av massene i august 2022 viste at massene relativt raskt (en time) ble tilstrekkelig tørre til at de kan siktes. Når den siste halvdel skal graves ut må det første området som da er blitt rent sikres med en tett duk med kanter slik at vann som renner av de våte massene ikke går i grunnen, men ledes tilbake til gravegrop.

Utgraving av massene foretas med gravemaskin, hjullaster og mobilt sikteverkt. Det er en fordel å utføre siktingen nær utgravinsstedet, som skissert over, for å hindre kontaminering av områder som ikke er forurensset. De forurensede massene lastes i tette containere og kjøres ut etappevis for videre transport med båt til godkjent deponi. Husøy i Karmsundet er nærmeste utskipningskai, ca. 4 km sør-øst for lufthavnen. BØFB Rene masser mellomlagres i rent område før tilbakefylling i gravegropen. Ved tilbakeføring sikres de rene massene med geotekstil i gravegropen slik at forurensede masser fra videre utgraving hindres i å blandes inn i de rene massene.

Erfaring fra tidligere anlegg tilsier at grovfraksjonen har så liten andel finstoff festet til steinen at mengden PFAS er neglisjerbart. Gjenbrukes massene på stedet spres ikke forurensningen ut av området og andel vil gi et svært lite bidrag til gjenværende PFAS-forurensning på lokaliteten. Alternativt må de grove massene spyles rene med vann som så renses. Kostnytteeffekten blir liten da pris/kg PFAS fjernet blir svært høy.



Figur 45. Forslag til utgraving av PFAS-forurensnet jord ved Haugesund lufthavn. Merk! avgrensningen er gjort ved interpolasjon. Utgravingen omfatter ikke veien. Faktiske målinger tilsier at veien er ren eller har konsentrasjoner av Σ PFAS $< 30 \mu\text{g/kg}$ (se kap. 3.2.3 – Jord – BØFB, se ellers Figur 47). Utgraving starter i vest hvor området nord for den røde pilen graves ut i første omgang. Sikting av masser foregår innenfor tiltaksområdet (innenfor forurensnet område). De våte massene mellomlagres for avvanning på den sørlige halvdel av feltet (sør for den røde pilen), før massene lastes i tett container for videre frakt til godkjent deponi. De rene grove massene kan lagres i rent område ved BØFB-BO1 før de tilbakeføres til gravegropen etter endt utgraving.

8.5 Håndtering av vann i tiltaksperioden

8.5.1 Avskjæring av rentvann fra delfelt

Tiltaksområdet ved BØFB ligger i en avsenkning i terrenget hvor det tidligere har vært et naturlig myrområde. Dette betyr at det omkringliggende terrenget har avrenning inn mot tiltaksområdet. Figur 47 viser avskjæringslinjer og størrelse på omkringliggende lokale nedbørsfelt. Det største nedbørsfeltet med avrenning mot tiltaksområdet ligger i vest og er på ca. 11000 m². Nord og sør for tiltaksområdet er det mindre nedbørsfelt. Det kan være en utfordring å lage gode system for å fange opp nedbørsvann da vannet naturlig renner inn i tiltaksområdet som ligger i det naturlige lavpunktet. Dersom en skal få til dette i praksis må det etableres avskjærende grøfter med oppsamling i demninger og videre pumping forbi tiltaksområdet mot øst.

Det er gjort en beregning av mengde vann fra de aktuelle nedbørsfeltene dersom det kommer 30 mm nedbør i løpet av en dag. I Figur 47 er delfeltene betegnet med A til E og i Tabell 26 er avrenningstallene fra hvert delfelt presentert. Den samlede vannmengde som må håndteres er beregnet til ca. 540 m³ i løpet av en dag.



Figur 46. Tiltaksområdet ved BØFB og markering av størrelse og avskjæringspunkter for omkringliggende lokale nedbørsfelt.

Tabell 26. Beregning av mengde vann som kommer fra de enkelte delfeltene ved 30 mm nedbør i løpet av en dag.

Delfelt	Areal (m ²)	Nedbør (mm/d)	Avrenning (m ³ /d)	Avrenning (m ³ /t)
A	11000	30	330	13.8
B	2200	30	66	2.8
C	530	30	16	0.7
D	1700	30	51	2.1
E	2500	30	75	3.1
SUM	17930		538	22.4

Med en tiltaksgrense på ΣPFAS 30 µg/kg er volumet av gravemasser fra 0 – 1 m ca. 3300 m³. Det er tidligere beregnet at porøsiteten i massene er ca. 20 %. Dersom nedbørsepisoden inntreffer før de øverste massene (0-1 m) er fjernet kan ca. 650 m³ lagres i dette volumet, men også i omkringliggende masser som ikke skal graves ut.

8.5.2 Vannrensing

Siden området som skal graves opp ligger i en forsenkning i et tidligere myrområde i grunnfjellet vil det være vann i gravegropen. Deler av gravingen vil til tider måtte pågå i grunnvannsmettet sone. Vann i gravegropa vil kunne oppstå direkte fra nedbør eller innsig av overflatevann eller grunnvann. Ved sjaktning og boring ble det registrert vann ca 1 m under overflaten (SWEKO & COWI, 2012, og Kap 5.4). Det må gjøres en vurdering under tiltaket om det er praktisk mulig å senke grunnvannet i gravegropa. Her vil det være en fordel å gjennomføre tiltaket etter en tørrværsperiode.

Det er ikke avrenning av overflatevann fra tiltaksområdet, så avrenningen vil skje gjennom overvannsledning og via grunnvann. Overvannsledningen vil blindes før tiltaket settes i verk.

Grunnvannet vil strømme i løsmasser der veien går mot øst. Noe grunnvann vil trolig også spres diffust nedstrøm gjennom sprekkesoner i fjellet. Siden det kun er påvist svært lave konsentrasjoner av PFAS (16 ng PFOS/l og 49 ng PFAS/l) i grunnvannsbrønn MB2 (40 m dyp i fjell) 70 m nordvest for sentrum av tiltaksområdet antas spredningen via sprekkesoner i fjell å være liten.

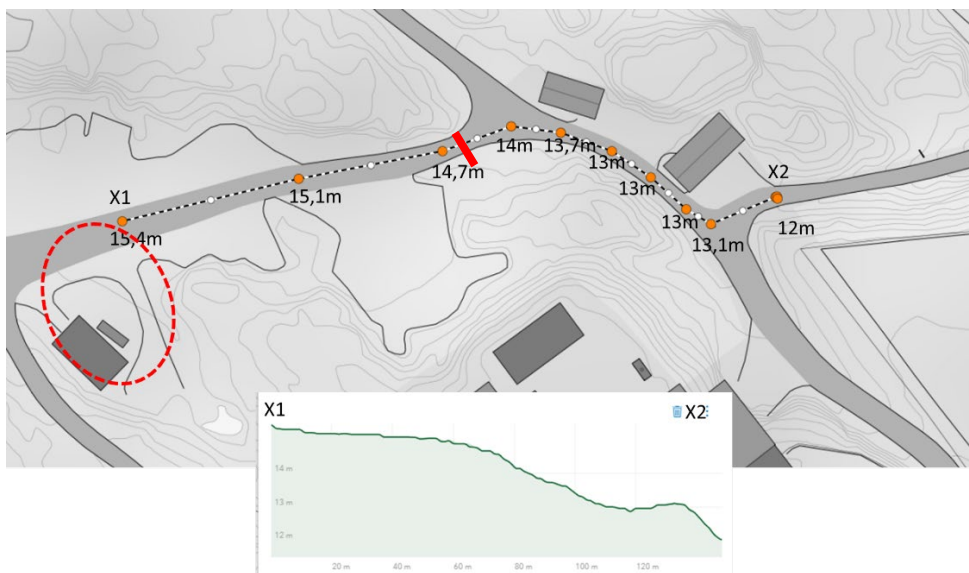
Det er ikke satt løsmassebrønn i selve «hot-spot». Konsentrasjonen i vannet her er derfor ikke kjent. Maksimumkonsentrasjonen påvist i jord i «hot-spoten» er 17400 µg PFOS/kg. Ved sjaktning i disse massene ble det målt 49800 ng PFOS/l vann. Det må antas at det fulgte med en del suspendert stoff (jord) i vannprøven, som bidrar til den høye konsentrasjonen. Konsentrasjonen av PFOS i jord er likevel 350 ganger høyere enn i grovvannet. Til sammenligning kan det nevnes at ved Alta lufthavn er det målt 40 ganger høyere konsentrasjonen av PFOS i jord enn i grunnvann i «hot-spot»-området (3600 µg PFOS/kg i jord og 40000 ng PFOS/l i grunnvann). Forskjellene mellom utlekking fra jord til grunnvann i Haugesund og Alta har sannsynligvis sammenheng med høy konsentrasjon av organisk materiale (myr) i Haugesund hvor PFAS sitter bundet, mens forurensningen ved Alta lufthavn foreligger i en sand, elveavsetning med svært lave konsentrasjoner av organisk materiale. Det høye organiske materialet i myrmassene i BØFB bidrar derfor til begrenset utlekking av PFAS til vann. Det er derfor sannsynlig at ved graving i vannmettet sone ved BØFB ved Haugesund lufthavn vil en stor andel av PFAS-forbindelsene fortsatt holdes bundet til det organiske materialet og i liten grad øke konsentrasjonen av PFAS i løst form i grunnvannstrømmen ut av området. Av den grunn, og at det ikke forekommer overflateavrenning fra BØFB, vurderes det å ikke være behovet for vannrensing av grovvannet ved BØFB.

Hvis man likevel ønsker et renseanlegg for å være føre-var vil det være tilstrekkelig med et anlegg som tar høyde for rensing av 5 l vann/sek. En slik kapasitet vil holde tritt med tilførselen av vann fra nedbørsfeltet. Dette er basert på en nedbørsmengde på 30 mm/døgn, som kan tilføre 22,4 l/time til gravegropen (se kap. 5.8). Vannet vil da måtte pumpes fra gravegropen til renseanlegget. Et aktuelt alternativ er et modulbasert renseanlegg fra nordisk vanteknikk med sedimenteringstrinn, pH-justering, flokkulering, sandfilter og kullfilter. Sedimentering, flokkulering og sandfilter vil bidra til å fjerne partikler i vannet, mens kullfilteret absorberer PFAS-forbindelsene. Forventet rensegrad vil være >90%. Anlegget vil driftes av en egen tekniker som også vil kunne instruere entreprenør underveis i anleggsperioden. Anlegget som er lagt inn i kostnadsoppsettet er beregnet til å ta unna 18 m³ vann per time. Ved større vannmengder vil disse kunne buffres i selve gravegropen, som har kapasitet siden masser fjernes herifra.

Et annet alternativ er å etablere et infiltrasjonsområde ca. 10 m før den aktive barriere og sanden til å filtrere vannet for suspendert stoff og barrieren til fjerning av PFAS.

I miljøbrønn MB3, 120 m nedstrøms tiltaksområdet og i overvannskum BØFB-KU1 er det påvist relativt høye konsentrasjoner av PFAS og PFOS. Det må derfor forventes at vannet som renner ut av tiltaksområdet fortsatt har høye konsentrasjoner av PFAS. Det kan heller ikke utelukkes at konsentrasjonene øker gjennom tiltaket, selv om det er god tilbakeholdelse av PFAS i organiske partikler i myravssetningene.

Hovedstrømmen av vann ut av BØFB skjer sannsynligvis gjennom terrengforsenkningen hvor veien er anlag (jfr profil C1-C2 i Figur 38 og Figur 41). Veien har et fall fra 15,4 moh. i «hot-spoten» til ca. 14 moh. ved innsnevringen mellom fjellutspringet i NV og SØ (Figur 48). Miljøbrønn MB3 er plassert ca. 13 moh. For å hindre at PFAS-holdig grunnvann når resipienten kan det etableres en aktiv barriere i dette utløpet. Det vil medføre graving av en avskjærende grøft, ca 10 m lang (fra fjell til fjell på hver side av veien), med maksimum 3 m dybde og 1 m bredde (rød strek i (Figur 48). Utgravde masser (30 m³), blandes med kolloidalt aktivert karbon (SourceStop, ca 500 kg). Som nevnt i kap. 7.4 vil kolloidalt aktivt karbon (CAC) adsorbere PFAS i vannet som strømmer fra tiltaksområdet. Et gram SourceStop har en overflate på ca 300-500 m². Det tilsettes 500 kg ACA i barrieren hvilket betyr en aktiv overflate for adsorpsjon på 150000 – 250000 m². Løsningen vil bidra til å reduserer konsentrasjonene av PFAS i vannet i den mest kritiske perioden etter tiltak, og vil være aktiv i flere år etter tiltak. Som nevnt tidligere garanteres stoffet å ha tilstrekkelig adsorpsjonskapasitet i minst 10 år etter tiltak (se vedlegg E). Dimensjoneringen er basert på konsentrasjonene av PFAS i grunnen i tiltaksområdet, i overvann, grunnvann og resipient, kombinert med vurderinger og beregninger i kap. 5.



Figur 47. Høydeprofil fra tiltaksområdet (rød sirkel) langs veien mot øst ut av tiltaksområdet mot resipient Visnesbukta. Rød strek markerer plassering av aktiv barriere, mellom fjellutspringet i NV og SØ.

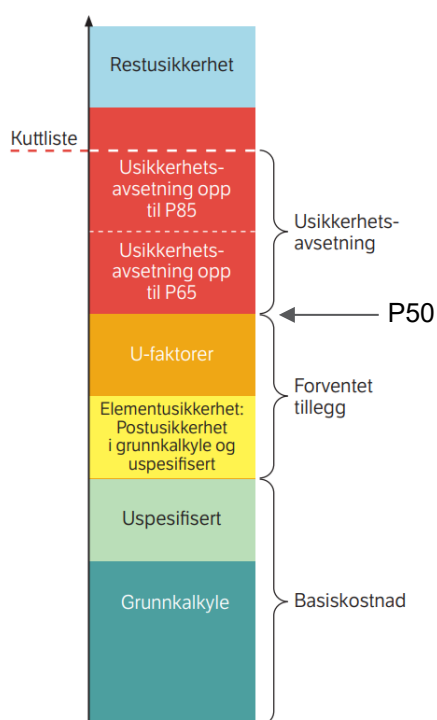
9 Kostnadsberegninger

9.1 Metodikk

Hensikten med å beregne kostnader for tiltak er å kunne vurdere kost/effekt ved opprydding på lokalitetene, samt å få en oversikt over totale kostnader for tiltak. Beregnede kostnader for tiltak ved BØF B er vist i Tabell 27.

Kostnadsberegningene er ikke utført på detaljnivå. Systematikk og beskrivelse av metode er hentet fra Norconsult sine tiltaksplaner for Rørvik og Bergen lufthavn.

For kostnadsberegningene er det benyttet verktøyet og prinsippene for kostnadsoverslag etter Anslagsmetoden til Statens vegvesen [(Statens vegvesen, 2021)]. Det er ikke gjennomført en anslagssamling. Kostnadsoverslag etter Anslagsmetoden er oppbygd som vist i Figur 45. Hvorav foreliggende tiltaksplan beregner basiskostnader, som Avinor benytter videre i sine beregninger.



Figur 48. Skisse over kostnadsoverslag basert på anslagsmetoden ((Statens vegvesen, 2021)).

Kostnadsoverslaget er bygget opp etter en kalkylestruktur med følgende hovedposter:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| > Masseutskifting | > Mva |
| > Tekniske installasjoner | > Uspesifisert |
| > Byggherrekostnader | > Usikkerhetsfaktorer |

Uspesifiserte kostnader er inkludert i beregningene, da dette omfatter kostnader som er forventet, men som ikke er tilstrekkelig kartlagt eller utredet på grunn av manglende detaljeringsgrad. Denne kostnaden er angitt som et prosentanslag på 20 %. Det er lagt inn usikkerhetsfaktorer for endringer i markedssituasjon, naturgitte forhold, mengdeusikkerhet (25 %) og restriksjoner/endrede forutsetninger som forhindrer driften.

Det er lagt til grunn følgende anleggsgjennomføring i kostnadsoverslaget:

- > Et mobilt sikteverk benyttes for å fjerne steinfraksjon i massene, mens finstoffene graves opp og legges på mellomager
- > Massene mellomlagres på tett dekke med oppsamling av vann til vannrenseanlegg
- > Gropa fylles igjen med rene masser (pukk) fra et lokalt grustak samt eventuelle lokale masser, samt utsortert stein. Området planeres og komprimeres.
- > Massene kjøres til havn og lastes over på båt for uttransport
- > Massene transporteres sjøvegen til mottak og leveres direkte fra båten.

I henhold til pålegget om utarbeidelse av tiltaksplan på Haugesund lufthavn er det utført kostnadsberegninger for opprydding til tre ulike akseptkriterier [(Miljødirektoratet, 2018.)]. De tre akseptkriteriene som er vurdert er:

- > Konsentrasjoner i jord > 30 µg/kg
- > Konsentrasjoner i jord > 150 µg/kg
- > Konsentrasjoner i jord > 500 µg/kg

De tre akseptkriteriene er valgt blant annet på bakgrunn av resultater fra kostnadsberegninger og kost/effekt vurderinger i forbindelse med pålegg om samlet vurdering av PFAS ved Avinors lufthavner i 2019 (Norconsult, 2019). Det ble i 2019 utført kostnadsberegninger og kost/effekt vurderinger for oppryddingstiltak ved 32 PFAS-forurensede lokaliteter. Basert på kost/effekt ble det satt akseptkriterier (stedsspesifikke tiltaksgrenser) for PFOS/ΣPFAS for hver lokalitet. For de fleste lokalitetene ble 150 µg/kg den konsentrasjonsgrensen hvor mengden PFOS/ΣPFAS fjernet ble betydelig redusert, og/eller kostnaden for opprydding til konsentrasjoner > 3 µg/kg ved de fleste lufthavner medførte betydelig høyere kostnader per kg ΣPFAS fjernet, og høye total kostnader for tiltak.

Kostnadsoverslagene for de ulike alternativene er gitt som basisestimer, jfr. Figur 45. Sluttsummen etter endt anlegg vil 50 % av gangene bli billigere enn dette hvis estimatet er korrekt. Hvis dette blir budsjettet, er det altså estimert at det er 50 % sjanse for at budsjettet ikke overskrides. Dette er den vanligste verdien som benyttes ved styring av prosjekter.

For å estimere mest mulig realistiske kostnader for tiltak er det innhentet priser fra norsk prisbok, graveentreprenører, deponier og aktører som utfører vannrensing. Basert på opplysninger fra ulike aktører er det satt priser som antas å være realistiske og som kan brukes i en overordnet vurdering av kostnader. Prisene vil speile markedet slik det er i dag.

9.2 Forutsetninger

Følgende overordnede forutsetninger er lagt til grunn for kostnadsberegningene:

- > Prisnivå 2022
- > Plannivå: skisseprosjekt
- > Kalkylemessig plassering og behandling av:
 - Mva - egen post
 - Entreprenørens rigg og drift - egen post
 - Byggeledelse og byggherrens rigg - egen post
 - Prosjekterings- og undersøkelseskostnader - egen post
- > Byggherre: Avinor
- > Finansieringsform: Bevilgning
- > Utlysning/konkurranseform: Utførelsesentreprise
- > Antatt anleggsstart: 2023
- > Forventet anleggsperiode: 2 mnd

Tiltaksområdet ligger i tiltrekkelig avstand fra rullebanen, slik at anleggsarbeidene kan pågå uavhengig av drift på lufthavnen og flysikkerhet. Det er avklart med Avinor om tiltaksmetode og omfang er gjennomførbart, og at man ved lufthavnen vil kunne tilpasse driften og anleggsarbeidene for optimal utførelse.

Andre forutsetninger som er lagt til grunn for kostnadsberegningene:

- > Det forutsettes at oppgravde PFAS-forurensede masser mellomlagres over kort tid på et midlertidig tett dekke inne på brannøvingsfeltet, i påvente av videre transport til båt og deretter til deponi.
- > Det er forutsatt at det tilstrebes kortest mulig oppgravingstid, særlig i områder med graving under grunnvannstand, for å minimere behov for lensing og rensing av vann fra gravegrop.
- > Det forutsettes at rene masser (pukk) som skal benyttes til tilbakefylling kan mellomlagres på/nær lufthavnen til det er klart til tilbakefylling i gravegropen.
- > Det er forutsatt en koordinering av oppgraving, opplasting og transport som fører til at graveentreprenør og transportører vil kunne jobbe relativt jevnt uten mye ventetid.
- > Det forutsettes at det er mulig å få tak i rene grusmasser lokalt, som kan tilbakefylles i gravegrop etter tiltaket.

Eksempler på forhold som bør detaljutredes før tiltak er følgende (listen er ikke uttømmende):

- > Omfang av installasjoner i grunnen, asfalt eller annen infrastruktur i anleggsområdet.
- > Omfang av midlertidige anleggsveier, mellomlagringsområder, eller omlegging av interne veier.
- > Omfang av miljøteknisk bistand, og omfang av geoteknisk bistand i forbindelse med stabilitetsvurderinger av masser og utgraving nær rullebane, etablering av mellomlager, internveier etc.

9.3 Kost/effekt

Det er beregnet kostnader for tiltak med oppgraving og ekstern deponering som er det foreslåtte tiltaket ved BØFB. Det er beregnet kostnader for tiltak for de tre ulike akseptkriteriene.

Basisestimer totale kostnader (NOK), andel av total mengde PFAS fjernet (%) og kost/effekt ved tiltak på BØFB er oppsummert i Tabell 27.

Forskjellen i volum masser som må fjernes ved de ulike konsentrasjonsgrensene fører til forskjeller i basiskostnadene. Beregningene viser at basiskostnadene varierer fra 11,7 til 22 mill NOK avhengig av hvilket tiltaksnivå man legger seg på. Som beregningene viser vil en konsentrasjonsgrense på 500 µg/kg gi den laveste effekten (72,8 %). Ved en tiltaksgrense på 150 µg/kg vil effekten være betydelig bedre (97,9 %), samtidig som kost/effekten vil være omtrent det samme.

Tabell 27. Oversikt over totalkostnad (kr), andel PFAS fjernet (%) og kost/effekt ved tiltak på BØFB for masser over de tre konsentrasjonsgrensene. Total mengde PFAS > 3 µg/kg ved BØFB er til sammen ca 13,8 kg.

Konsentrasjonsgrense (µg/kg)	Basiskostnader NOK	Volum masser sortert (m³)	Kost/volum (NOK/m³)	Mengde PFAS (kg)	Andel PFAS fjernet (%)	Tiltakseffekt (g/m³)	Kost/effekt (kr/kg)
>30	kr 21,992,349	4159	5288	13.8	98.57	3.32	kr 1,593,648
>150	kr 16,746,353	2973	5632	13.7	97.87	4.61	kr 1,222,251
>500	kr 11,729,526	1821	6443	10.2	72.79	5.60	kr 1,150,939

10 Fremdrift

Forutsatt at pålegg om gjennomføring av tiltak blir gitt ved årsskifte planlegges tiltaksgjennomføring i mai og juni 2023. Fremdriften i prosjektet er vist i tabell 28.

Tabell 28. Fremdriftsplan i prosjektet med opprydding i PFAS-forurensningen ved BØFB ved Haugesund lufthavn

	okt.22	nov.22	des.22	jan.23	feb.23	mar.23	apr.23	mai.23	jun.23	jul.23	aug.23	sep.23
OPPGAVER												
Tiltaksplan sendt MDIR 03.10.22												
Pålegg fra MDIR gjennomføre tiltak 13.12.23												
Detaljplanlegging 14.12.22-20.04.23												
Utarbeide forprosjekt 14.12.22-27.01.23												
Investeingsbeslutning 31.01.23												
Kontrahering 22.02.23												
Tildeling av kontrakt 20.04.23												
Tiltak gjennomføres 08.05-29.06.23												
Overføring til drift 03.08.23												

11 Overvåking

11.1 Basisundersøkelser

Gjennom de innledende studiene ved Haugesund lufthavn (basisundersøkelser) er det etablert bakgrunnskonsentrasjoner av PFAS i jord, vann og organsimer. Både nivåene og en del av stasjonene er egent som overvåkingsstasjoner under tiltak.

11.2 Under tiltak

Ved tiltak på BØFB hvor PFAS forurensede masser blir gravd ut, fraksjonert og den fineste og mest forurensede fraksjonen sendes til mottak vil vannet i gravegropen ble svært forurensset av PFAS. Det er viktig at dette vannet ikke når resipienten Visnesbukta før konsentrasjonen av PFAS er ned på et akseptabelt nivå, forslagsvis:

- > 5000 ng/l PFOS
- > 10000 Σ PFAS (20 forbindelser). Konsentrasjoner <LOQ regnes som 0
- > 50 mg/l suspender stoff (SS)

Forslagene er basert på tillatelser gitt ved andre tiltaksområder med utslipp til sjø. For Haugesund til tiltaket være kortvarig. Eventuell eksponering av marine organismer vil derfor være kortvarig. Grenseverdiene bør gjelder for ukentlige gjennomsnittskonsentrasjoner under normal drift, og ikke ved unormale hendelser som eksempelvis ekstrem nedbør.

Det tas ukentlige prøver av vann i miljøbrønn MB3 og i kum BØFB-KU1, begge ligger nedstrøms BØFB og drenerer til Visnesbukta.

I forbindelse med etablering av den reaktive barrieren installeres det overvåkingsbrønner oppstrøms og nedstrøms barrieren for å dokumentere effekten av barrieren. Under tiltak tas det ukentlige vannprøver i brønnene.

Det tas også ukentlig vannprøver i Visnesbukta VIS 1 og 2 på fallende sjø. Det samles også inn albusnegl fra disse to stasjonene ved tiltakets slutt for analyse av PFAS. Alle vannprøver analyseres for PFAS og suspendert stoff.

11.3 Etter tiltak

For å dokumentere at tiltakene har hatt ønsket effekt foretas det overvåking av vann i de samme punktene som nevnt over (miljøbrønn, drenskum og resipient), samt i albusnegl. Prøvetakingen utføres månedlig i 6 måneder. Ved forhøyede konsentrasjoner i forhold til ved basisundersøkelsene opprettholdes månedlig frekvens i ytterligere 6 måneder. Frekvensen går ned til 4 ganger i året i påfølgende år til stabile konsentrasjoner er påvist.

Dagens konsentrasjoner av PFOS i fisk fra Visnesbukta er sammenlignbare med konsentrasjonene i fisk fra referanseområdet. Overvåkingen bør inkludere fiskelever og albusnegl, hvor vi i dag registrer overkonsentrasjoner. Her kan man forvente en reduksjon i konsentrasjon etter tiltak. Hvor lang tid dette tar er det vanskelig å forutsi. Analyser av PFAS i albusnegl, fisekfilet og lever anbefales gjennomført 1, 3 og 5 år etter at tiltakene er gjennomført.

Resultatene evalueres etter hvert og prøvefrekvensen justeres ved behov.

12 Referanser

Buck, R. C., J. Franklin, U. Berger, J. M. Conder, I. T. Cousins, P. de Voogt, A. A. Jensen, K. Kannan, S. A. Mabury, and S. P. van Leeuwenet. 2011. Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins. Integrated Environmental Assessment and Management 7: 513-541. Open access
<http://dx.doi.org/10.1002/ieam.258>

COWI, 2019. PFAS i konsumfisk ved Haugesund lufthavn ENHD. Datarapport A125267. Avinor AS mars 2020, 39 s, Biota

Goldman, G., Fernandes, M. Holland, M., Tugran, T., Nordlin, A., Schoemacher, C. and A. McNeill. 2019. The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS. Nordic Councils of Ministers, TemaNord 2019: 516. 191 pp.
<http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1295959/FULLTEXT01.pdf>

Helland, Aud, Tellefsen, Tom and Fjeld, Eirik: O-1350029503 Huhtamaki Norway AS – investigation and risk assessment of PFAS in sediments from Randsleva up- and downstream Viul. Rambøll 2019. s.54

IPEN Expert Panel (2019). Perfluorohexanse sulfonate (PFHxS) – socio economic impact, exposure and precautionaire principle.

ITRC. 2018a. Environmental Fate and Transport for Per- and Polyfluoroalkyl Substances. Interstate Technology & Regulatory Council. https://pfas-1.itrcweb.org/wp-content/uploads/2018/03/pfas_fact_sheet_fate_and_transport__3_16_18.pdf. (Last visited: 5. Dec 2018)

ITRC. 2018b. Naming Conventions and Physical and Chemical Properties of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Interstate Technology & Regulatory Council. https://pfas1.itrcweb.org/wpcontent/uploads/2018/03/pfas_fact_sheet_naming_conventions__3_16_18.pdf

Langguth & Voigt (1980). Hydrologische Methoden, Springer Verlag s.486.

Miljødirektoratet, 2022. Krav til pålegg til Avinor om å gjennomføre tiltak i PFAS-forurenset grunn ved Bergen lufthavn, Vedlegg 1, 6 s,

Miljødirektoratet, 2020. Risikovurdering av forurenset sediment – regneark, M-1489.

Miljødirektoratet, 2015. Veileder for håndtering av sediment – revidert 25. mai 2018, M-350/2015, 111 s.

Miljødirektoratet (2009). Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder TA-2553/2009.

Miljødirektoratet (2016). Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Veileder M-608/2016.

Miljødirektoratet (2018), Veileder 02:2018 – vannforskriften – klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.

Miljødirektoratet, 2018. Pålegg om samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner. 2018/3153

Miljødirektoratet (2020A). Pålegg om undersøkelser av PFAS-forurensset grunn – Avinor 2018/3153.

Miljødirektoratet (2020B). «Forslag om endring av normverdi for PFOS i vedlegg 1 i forurensningsforskriften kapittel 2», 27.04.2020.

Mitchell, K.M., 1993. Fundamentals of Soil Behaviour. 2nd ed., Wiley Interscience, New York

Naturbase (2022). Naturbase.no – kart (miljodirektoratet.no)

NFFA (2017). Vedlegg 2 (versjon 1-24.4.2017) i NFFA veileder «Hva gjør farlig avfall».

NGU (2022A). Karttjenester løsmasse, berggrunn, grunnvann osv.

Norconsult og Sweco, 2016. Haugesund lufthavn, Karmøy. Undersøkelser av PFAS i jord, vann og biota.

Norconsult, 2021. Haugesund Lufthavn. Miljøovervåking. Datarapport Sedimentundersøkelser april 2021. Oppdragsnr. 52101709, 2021-05-18, 18 s.

Nordskog, Aina Marie, Været, Lars, Halvorsen, Eivind, Röstberg, Sebastian, Vullum Løtveit, Solveig og Pengerud, Annelene, 2019. : O-5185352 AVINOR - Rapportering for del 1 og del 2 av Miljødirektoratets pålegg: «Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner». Norconsult 2019. s. 557

Nordskog, Aina Marie, Hveding, Øistein Preus, Været, Lars, Vullum Løtveit, Solveig og Röstberg, Sebastian, 2019: O-5185352 AVINOR - Rapportering for del 3 av Miljødirektoratets pålegg: «Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner». Vurdering av lokale effekter. Norconsult 2019. s. 105

Norsk Vann, 2022. PFAS i råvann og drikkevann fra Norge. Rapport 268, 58 s.

Norsk standard (2005). NS-ISO 10381-5, Jordkvalitet- Prøvetaking – Del 5: Veiledning for fremgangsmåte for undersøkelse av grunnforurensning på urbane og industrielle lokaliteter.

Sweco & COWI, 2012. Miljøprosjektet DP2 Miljøtekniske grunnundersøkelser. Haugesund lufthavn Karmøy. Rapport nr 168180-160-1, 130 s.

Statens vegvesen, «Anslagsmetoden, Håndbok R764,» 2021.

Søvik, Marthe-Lise, 2021. O-52101709 Resultater fra miljøovervåking ved Haugesund lufthavn Karmøy, avisingssesongen 2019-2020. Norconsult 2021. 16 s.

Søvik, Marthe-Lise, 2021. O-52101709 Haugesund lufthavn – miljøovervåking – datarapport sedimentundersøkelser april 2021. Norconsult 2021. 18 s. US EPA, 2022. Drinking Water Treatability Database (TDB-database) (<https://tdb.epa.gov/tdb/home>) (hentet 31.08.2022)

Wang, Z., J. C. DeWitt, C. P. Higgins, and I. T. Cousins. 2017. A Never-Ending Story of Per- and Poly-Fluoroalkyl Substances (PFASs)? *Environmental Science and Technology* 51: 2508–2518.

Zhang, S., Peng, H., Mu, D., Zhao, H., and Hu, J. 2018. Simultaneous determination of (N-ethyl perfluorooctanesulfonamido ethanol)-based phosphate diester and triester and their biotransformation to perfluorooctanesulfonate in freshwater sediments. *Environ Pollut* 234: 821–829. doi:10.1016/j.envpol.2017.12.021.

VEDLEGG A – Borelogg med beskrivelse av prøvemateriale

VEDLEGG A _ Borelogg med beskrivelse av prøvematerialet november 2022

SNØDEPONIOMRÅDET

Prøvepkt ID	Prøve til analyse (cm)	Massebeskrivelse vertikalprofil	Analyser	Foto	
ENHD-SNØA-SJ1	0-100	20 cm vekstjordlag i toppen etterfulgt av grovere masser, sprengstein i bunnen ned mot fjell på 120 cm. Vann over fjellkontakt.	PFAS		
ENHD-SNØA-SJ2	0-50	30 cm matjord, svart. Videre sand, grus, stein til 50 cm. Deretter 50 cm grov fylling til fjellkontakt på 100 cm.	PFAS		
ENHD-SNØB-SJ1	0-100	15 cm matjord, svart. Deretter grusjord lys, deretter utfellingslag. 50 cm grov fylling til fjellkontakt på 150 cm.	PFAS	 	

BØF-A

Prøvepkt ID	Prøve til analyse (cm)	Boring til fjellkontakt (cm)	Massebeskrivelse fra boring	Analyser
ENHD-BØFA-BO1	0-100	160	Grus, grov sand, leire, gråbrun - fyllmasser	PFAS
ENHD-BØFA-BO1	100-160		grågrønn finsand, silt, kjemilukt	PFAS
ENHD-BØFA-BO2	0-700		700 cm løsmasser, ingen prøve	Ingen
ENHD-BØFA-BO2	700-800		brun, grå siltig sand	PFAS
ENHD-BØFA-BO3	Ingen	170	170 cm fylling over fjell	Ingen
ENHD-BØFA-BO4	Ingen	170	100 cm fylling	Ingen
ENHD-BØFA-BO4	100-170		Grå siltig sand	PFAS

BØF-B

	Prøver analysert				
PRO+A2:G43VEPU	Dybdeintervall (cm)	Boring til fjellkontakt (cm)	Massebeskrivelse fra boring	Analyser	Vann nivå under terreng (cm)
ENHD-BØFB-BO1	0-100		Brun grus med noe finstoff		15
ENHD-BØFB-BO1	100-200	200	Mørk grå siltig sand		
ENHD-BØFB-BO2	0-100		Brun grus med noe leire&silt		90
ENHD-BØFB-BO2	100-200		Brun grus med noe leire&silt		
ENHD-BØFB-BO2	200-300		300cm		
ENHD-BØFB-BO3	0-100		Brun siltig leire med grus		80
ENHD-BØFB-BO3	100-150		Brun siltig leire med grus		
ENHD-BØFB-BO4	0-100		Brun siltig leire med grus		135
ENHD-BØFB-BO4	100-200		Brun siltig leire med grus		
ENHD-BØFB-BO4	200-300		Grå siltig leire med grus		
ENHD-BØFB-BO5	0-100		Brungrå siltig leire med grus		40
ENHD-BØFB-BO5	100-200		Brungrå siltig leire med grus		
ENHD-BØFB-BO5	200-300		Brungrå siltig leire med grus		
ENHD-BØFB-BO6	0-100		Mørk brun humusjord med grus		90
ENHD-BØFB-BO6	100-200		Mørk brun fuktig humusrik jord		
ENHD-BØFB-BO6	200-300		Brun bløt grusig silt		
ENHD-BØFB-BO7	0-100		Brun grus, siltig leire		55
ENHD-BØFB-BO7	100-200		Brun grus, siltig leire		
ENHD-BØFB-BO7	200-300		Grå bløt siltig leire med grus		
ENHD-BØFB-BO8	0-100		Lys brun fuktig grov sand, grus med leire		
ENHD-BØFB-BO8	100-200		Brun grå fuktig grusig leire		
ENHD-BØFB-BO8	200-300		Grå siltig leire		
ENHD-BØFB-BO9	0-100		Brun sand og grus, noe leire		130
ENHD-BØFB-BO9	100-200		Mørk brun sand og grus, noe leire		
ENHD-BØFB-BO9	200-300		Mørk brun sand og grus, bløt, noe leire		
ENHD-BØFB-BO9	300-390		Grå leire og grus, svak diesel-lukt		
ENHD-BØFB-BO10	0-100		Bormassene blåst ut i fyllingen	Ingen prøve	ser ikke vann
ENHD-BØFB-BO10	100-200		Grå grus og sand, noe leirig		
ENHD-BØFB-BO10	200-280		Grå grus og sand, noe leirig		
ENHD-BØFB-BO11	0-100		Grå sand, leirig, fylling		80
ENHD-BØFB-BO11	100-200		Grå sandig leire		
ENHD-BØFB-BO11	200-260		Brun sandig torv		
ENHD-BØFB-BO12	0-100		Brun torv, sandig leire		100
ENHD-BØFB-BO12	100-200		Grå finsand med leire		
ENHD-BØFB-BO12	200-260		Gråbrun sand, grus, leire		
ENHD-BØFB-BO13	Ingen prøve	?	For mye vann, ingen prøve	Ingen prøve	70
ENHD-BØFB-BO14	0-100		Brun, grå leirig grus		
ENHD-BØFB-BO14	100-200		Brun, grå leirig grus med sand		
ENHD-BØFB-BO14	200-300		Grå bløt leire med sand og grus		250
ENHD-BØFB-BO14	300-400		Grå leire med grus		
ENHD-BØFB-BO15	0-100		Grå fin sand og silt		ser ikke vann
ENHD-BØFB-BO15	100-200		Grå sand og grus		
ENHD-BØFB-BO15	200-300		Grå siltig sand		
ENHD-BØFB-BO16	0-200		Bormaterialet gikk ut i fyllinga	Ingen prøve	MB3 ser ikke vann
ENHD-BØFB-BO16	200-300		Grå sandig siltig leire. Parafinlukt	PFAS, THC, alifater	
ENHD-BØFB-BO16	300-600		Grå sandig siltig leire. Med brun parafin		
ENHD-BØFB-BO17	0-100		Brun til gra sandig leire		120
ENHD-BØFB-BO17	100-200		Grønn siltig sand		
ENHD-BØFB-BO17	200-260		Grønn siltig sand, grov		

Vedlegg B - Prøvetakingslogg for biota



Feltlogg for innsamling av prøvemateriale av fisk og skalldyr rundt fem av Avinors flyplasser

av

Eirik Fjeld
Fjeld og vann AS

Redigert 7. desember 2021

Alta lufthavn (ENAT)

Innsamlingsperiode: 27–29.10.2021

Fangstområder og stasjoner

Det ble samlet inn fisk og blåskjell fra to lokaliteter som skulle representere områder mulig påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen og et upåvirket referanseområde.

I det opprinnelige forslaget fra COWI var det foreslått å samle inn fisk og skalldyr fra to stasjoner ved lufthavnen: én utenfor et område med fluviale avsetninger nord for rullebanen og vest for Altaelvas utløp; samt en annen som ligger i Bukta vest for starten av rullebanen. Stasjonen i Bukta viste seg å være mindre egnet for garnfiske, da bunnen her var dominert av en utfylling av store steinblokker (garna ville lett sette seg fast og bli revet i stykker) og den lå i innseilingsleden for hurtigruta og annen kysttrafikk. Det ble derfor besluttet å flytte denne stasjonen litt nordøst ut mot området med fluviale avsetninger. Blåskjell ble sanket fra flyteelementene til flytebrygga til lufthavnens beredskapsbåt som lå fortøyd like utenfor starten av rullebanen i Bukta. I det følgende kaller vi området med disse stasjonene for område «Rullebane Nord» og i prøvemerkingen er området gitt forkortelsen RN.

Referanseområdet ble opprinnelig foreslått å ligge omkring Brattholmen lenger ute i Altafjorden. Dette viste seg å være et svært dypt område og mindre egnet for den type garnfiske som var planlagt. Ved Brattholmen ble det derfor kun sanket blåskjell, mens fisk ble hentet inn fra to andre lokasjoner ved henholdsvis Russeluft og Ølvik. Dette større området i Altafjorden, i prøvemerkingen gitt forkortelsen AF, definerer vi som referanseområdet for Alta lufthavn.

i) Rullebane Nord (RN)

Dette skal representere områder potensielt påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen. Vi har her definert tre stasjoner, hvor det ved St. 1 og St. 2 er fanget fisk, mens det ved St. 3 er sanket blåskjell.

ii) Altafjorden (AF)

Et referanseområde ute i Altafjorden skal representere arealer utenfor influensområdet til flyplassen. I prøvemerkingen er området gitt forkortelsen AF. I prøvemerkingen ble det dessverre ikke skilt mellom referanseprøvene fra Russeluft og Ølvik, men i datafilen for individuelle prøvedata er koordinatene oppgitt for områdene fisken og blåskjellene er hentet fra (Russeluft, Ølvik og Brattholmen).

Ved stasjonene hvor det ble samlet inn fisk ble det satt fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde). Garna ble satt i lenker på to garn i en avstand på 50–100 m fra hverandre, på tvers fra land og ut mot dypere vann (ca. 20–40 m dyp).

Tabell 1. Lokalitetsangivelser for de enkelte fangststasjonene ved Alta lufthavn.

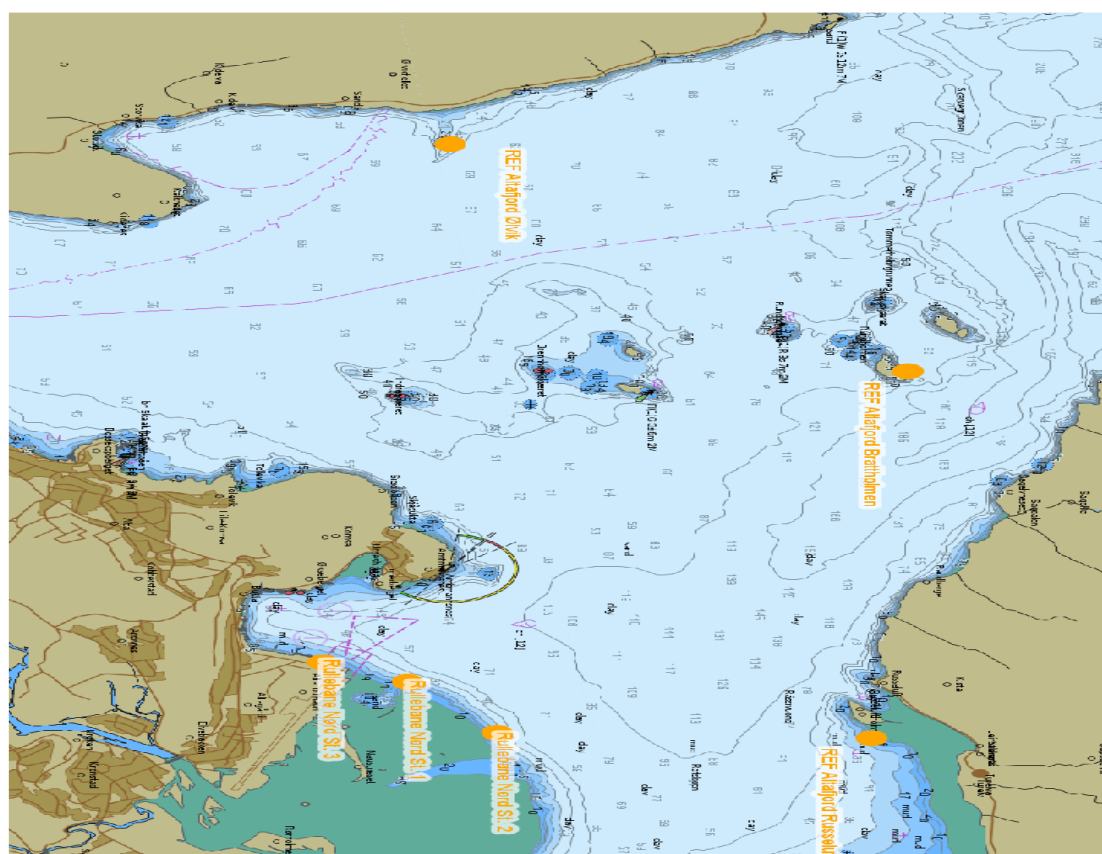
Luft-havn	Område	Forkortelse	Stasjon	Beskrivelse	Arter	°N	°Ø
Alta	Rullebane Nord	ENAT-RN	St. 1	Nord for rullebane, nær Bukta	Fisk	69.987	23.348
Alta	Rullebane Nord	ENAT-RN	St. 2	Nord for rullebane, nærmere elveoset	Fisk	69.992	23.373
Alta	Rullebane Nord	ENAT-RN	St. 3	Flytebrygge ved starten av rullebane	Blåskjell	69.981	23.337
Alta	Alta-fjorden	ENAT-AF	St. 1	Referanse, Russeluft	Fisk	70.020	23.382
Alta	Alta-fjorden	ENAT-AF	St. 1	Referanse, Ølvik	Fisk	70.001	23.112
Alta	Alta-fjorden	ENAT-AF	St. 3	Referanse, Brattholmen	Blåskjell	70.030	23.230

Tabell 2. Antall prøver av de forskjellige arter og vevstyper fra de enkelte fangststasjonene ved Alta lufthavn.

Område	Stasjon	Dato	Art	Matriks		
				Bløtvev	Lever	Muskel
Altafjorden	St. 1, Russeluft – Ølvik	27–29.10	Hvitting	0	2	8
			Kveite	0	1	3
			Rødspette	0	2	7
			Torsk	0	1	4
	St. 3, Brattholmen	29.10	Blåskjell	4	0	0
Rullebane, nord	St. 1	27–28.10	Gapeflyndre	0	1	4
			Rødspette	0	2	8
			Torsk	0	3	12
	St. 2	27–28.10	Gapeflyndre	0	1	4
			Hvitting	0	1	1
			Rødspette	0	1	4
			Skrubbe	0	1	4
			Torsk	0	1	5
	St. 3	29.10	Blåskjell	4	0	0

Samlingspunkt: 813900 N, 781540 E
Kartutgitt: 1993, 2003
Utskrift: 06.12.2021

0 500 1000 2000 m



Figur 1. Kart som viser de enkelte områdene for fangst av fisk og blåskjell ved Alta lufthavn i oktober 2021. Lenke til kartet finnes [her](#).

Kirkenes lufthavn (ENKR)

Innsamlingsperiode: 30–31.10.2021

Fangstområder og stasjoner

Det ble samlet inn fisk, blåskjell og kongekrabbe fra lokaliteter som skulle representere områder mulig påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen og et upåvirket referanseområde.

i) Høybukta (HØ)

Bukta utenfor lufthavna (Høybukta) var valgt som det eksponerte området. Dette er en forholdsvis grunn bukt (dyp <30 m) hvor vi også fant blåskjell festet til en fortøyningsbøye.

ii) Ellinghamn (EL)

Som referanseområdet for fisk valgte vi bukta ved Ellinghamn som ligger 7-8 km nordøst for Høybukta. I likhet med Høybukta er dette også en forholdsvis grunn bukt (dyp <30 m).

iii) Svenskesteinan (SV)

Da det ikke ble funnet blåskjell ved Ellinghamn ble Svenskesteinan valgt som referanseområde for blåskjell. Her ble det funnet blåskjell festet til en fortøyningsbøye. Lokaliteten ligger ca. 10 km nordøst for Høybukta

Ved stasjonene hvor det ble samlet inn fisk ble det satt fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde). Garna ble satt i lenker på to garn i en avstand på 50–100 m fra hverandre, på tvers fra land og ut mot dypere vann (ca. 5–25 m dyp). Det ble fanget et betydelig antall kongekrabber i garna ved hver stasjon. Dette reduserte garnas fangsteffektivitet vesentlig, fisken ble også predatert og dels oppspist av kongekrabbe. Etter rådføring med COWIs ansvarlige for aktivitetene ved Kirkenes lufthavn ble det besluttet å inkludere to blandprøver av kongekrabbe fra hver stasjon og avslutte garnfisket etter ett døgn's fiske. Garna var i stor grad ødelagt av kongekrabben og måtte kasseres etter dette fisket.

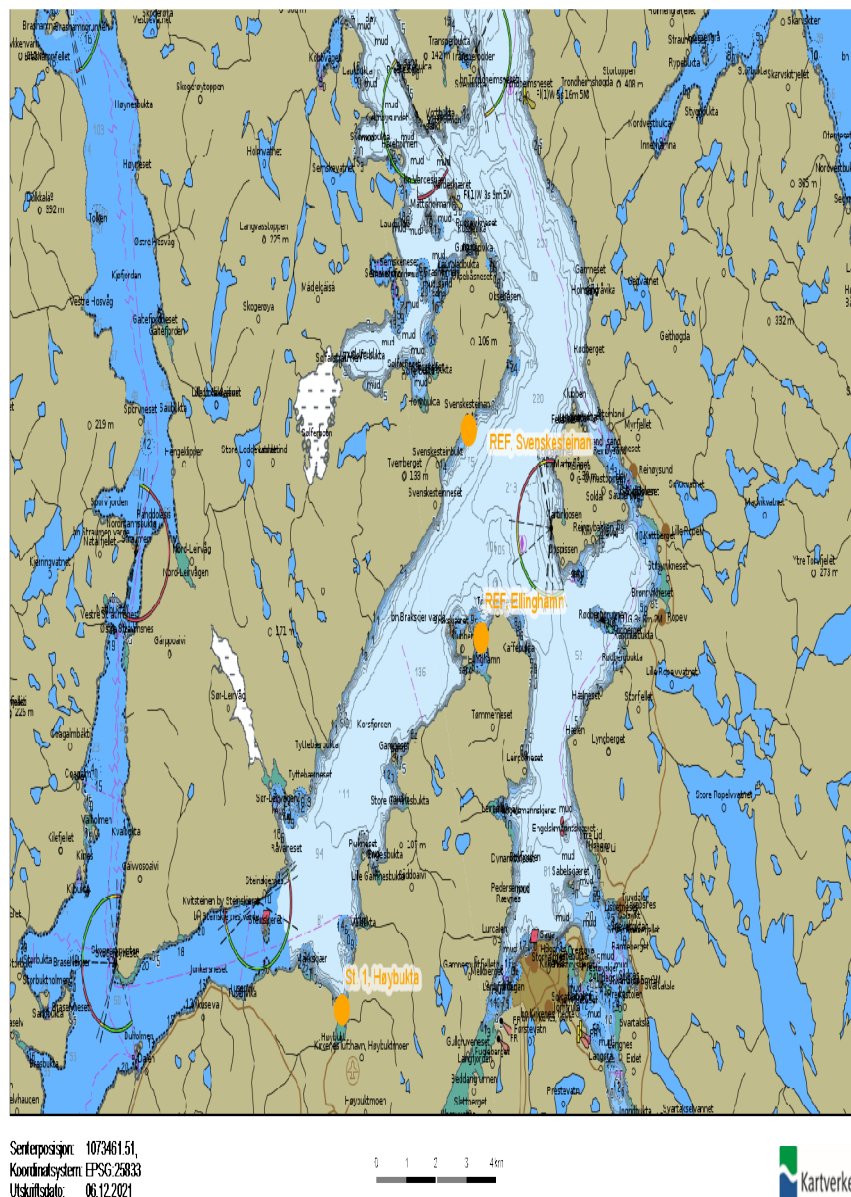
Tabell 3. Lokalitetsangivelser for de enkelte fangststasjonene ved Kirkenes lufthavn.

Lufthavn	Område	Forkortelse	Stasjon	Beskrivelse	Arter	°N	°Ø
Kirkenes	Høybukta	ENKR-HØ	St. 1	Høybukta, bukt utenfor lufthavna	Fisk, blåskjell, kongekrabbe	69.7342	29.8835
Kirkenes	Ellinghamn	ENKR-EL	St. 1	Referanse, Ellinghamn, bukt på Tømmerneset	Fisk, kongekrabbe	69.7728	30.0364
Kirkenes	Svenskesteinan	ENKR-SV	St. 1	Referanse, Svenskesteinan i Bøkfjorden	Blåskjell	69.8086	30.0490

Tabell 4. Antall prøver av de forskjellige arter og vevstyper fra de enkelte fangststasjonene ved Kirkenes lufthavn.

Område	Stasjon	Dato	Art	Matriks			
				Bløtvev	Bløtvev/ Muskel*	Lever	Muskel
Ellinghamn	St. 1	30–31.10	Kongekrabbe		2		
			Rødspette			1	3
			Skrubbe			1	3
			Torsk				1
Høybukta	St.1	30–31.10	Blåskjell	5			
			Kongekrabbe		2		
			Skrubbe				6
Svenskesteinan	St. 1	31.10	Blåskjell	5			

*Prøvene av kongekrabbe består av like deler brunvev (hepatopancreas) og muskelvev fra klo- og gangbein.



Figur 2. Kart som viser de enkelte områdene for fangst av fisk og blåskjell ved Kirkenes lufthavn i oktober 2021. Lenke til kartet finnes [her](#).

Brønnøysund lufthavn (ENBN)

Innsamlingsperiode: 25–27.11.2021

Fangstområder og stasjoner

Det ble samlet inn fisk, blåskjell, albusnegl og taskekrabbe fra områder som skulle representere områder mulig påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen og et upåvirket referanseområde.

i) Breivika

Dette er et antatt eksponert område som ligger på østsiden av rullebanens nordlige halvdel for rullebanen og det gamle brannøvningsfeltet. Opprinnelig hadde COWI anbefalt at det ble fangstet både fisk og blåskjell herfra, men området viste seg å være såpass grunt, at stasjonene for garnfangst av fisk måtte legges utenfor selve Breivika. Blåskjell ble funnet i et mindre område i Breivika påvirket av dremsvann fra flyplassen (St. 1). Utenfor Breivika, mellom Smiholmen og Breivikholman, la vi en stasjon for garnfiske (St. 2). Det ble her fisket med fem flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og fire trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde). Garna ble satt på tvers fra land og ut mot dypere vann (ca. 15–40 m dyp). Trollgarna og fire av flyndregarna ble satt i lenker på to garn hver, med et mellomrom på 50–100 m. Garna fanget et betydelig antall taskekrabbe, noe som senket deres fangsteffektivitet og skapte problemer med predasjon. I tillegg til prøver av fisk ble det også tatt prøver av taskekrabbe herfra.

ii) Svarthopen

Dette er et antatt eksponert område som ligger vestsiden av rullebanens nordlige halvdel. Området er forholdsvis grunt, og det er ikke mulig å ta seg inn med båt her. Det ble derfor kun hentet inn blåskjell i den nordøstre delen av Svarthopen.

iii) Svennøya

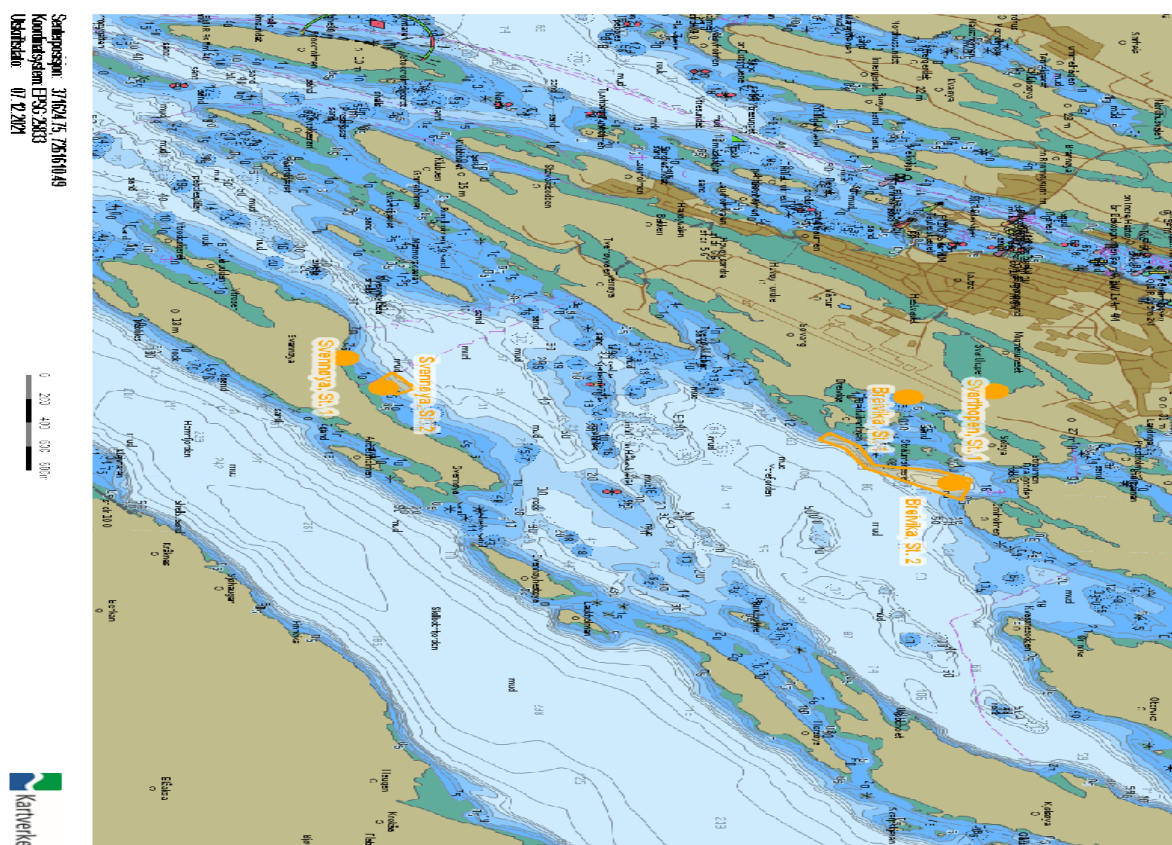
Dette ble valgt som et referanseområde, og det ble samlet inn fisk, taskekrabbe og albusnegl herfra. Området ligger 2,2 km sør for referanseområdet Breivika. Blåskjell ble ikke funnet i dette området. Det ble her fisket med fem flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde). Garna ble satt på tvers fra land og ut mot dypere vann (ca. 15–35 m dyp), med et mellomrom på om lag 50 m. Trollgarna og fire av flyndregarna ble satt i lenker på to garn hver. Som for Breivika fanget garna et betydelig antall taskekrabbe, noe som senket deres fangsteffektivitet.

Tabell 5. Lokalitetsangivelser for de enkelte fangststasjonene ved Brønnøysund lufthavn.

Lufthavn	Område	Forkortelse	Stasjon	Dato	Beskrivelse	Arter	°N	°Ø
Brønnøysund	Breivika	ENBN-BRE	St. 1	27.11	Breivika, område som mottar avrenning fra flyplassen	Blåskjell	65.4616	12.2226
Brønnøysund	Breivika	ENBN-BRE	St. 2	25-26.11	Utenfor Breivika, mot Ytrefjorden	Fisk, taskekrabbe	65.4635	12.2381
Brønnøysund	Svarthopen	ENBN-SHO	St. 1	27.11	Poll på nordvestre side av rullebanen	Blåskjell	65.4649	12.2211
Brønnøysund	Svennøya	ENBN-SVE	St. 1	26.11	Referanse, Svennøya	Albusnegl	65.4402	12.2179
Brønnøysund	Svennøya	ENBN-SVE	St. 2	25-27.11	Referanse, Svennøya	Fisk, taskekrabbe	65.4417	12.2232

Tabell 6. Antall prøver av de forskjellige arter og vevstyper fra de enkelte fangststasjonene ved Brønnøysund lufthavn.

Område	Stasjon	Art	Matriks		
			Bløttvev	Lever	Muskel
Breivika	St. 1	Blåskjell	5		
	St. 2	Rødspette		1	5
		Sandflyndre		1	5
		Taskekrabbe		2	
		Torsk		3	10
Svarthopen	St. 1	Blåskjell	5		
Svennøya	St. 1	Albusnegl	5		
	St. 2	Rødspette			1
		Sandflyndre		1	2
		Smørflyndre		1	1
		Taskekrabbe	2	2	
		Torsk		2	7



Figur 3. Kart som viser de enkelte områdene for fangst av fisk og blåskjell ved Brønnøysund lufthavn i november 2021. Områdene med garnfiske er markert som polygoner. Lenke til kartet finnes [her](#).

Kristiansund lufthavn (ENKB)

Innsamlingsperiode: 14–15.11.2021

Fangstområder og stasjoner

Det ble samlet inn fisk, blåskjell, albusnegl og taskekrabbe fra områder som skulle representere områder mulig påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen og et upåvirket referanseområde.

i) Omsundet

Dette er et mulig eksponert område på sørsiden av rullebanen som mottar avrenning fra flyplassen. Det ble her samlet inn fisk, blåskjell og taskekrabber fra et område vest for brua som krysser Omsundet og fram til utløpet av en bekk som drenerer området ved rullebanens vestre ende. Garnfisket ble gjort i to omganger: nattståtte garn fra 14. til 15.11, samt komplementerende innsamling på dagtid 15.11. Ved begge anledninger ble det fisket med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt i lenker på to hver. Garna ble satt på tvers av land og ut mot dypet (dyp ca. 10–35 m) og med et mellomrom på om lag 50 m. Blåskjellene ble sanket fra en fortøyning som lå nær bekkens utløp.

ii) Gløsvågen

Dette er et mulig eksponert område på nordsiden av rullebanen som mottar avrenning fra flyplassen. Det ble her samlet inn fisk, blåskjell og taskekrabber. Innsamlingen ble gjort med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt i lenker på to hver. Garna ble satt på tvers av land og ut mot dypet (dyp ca. 10–35 m) og med et mellomrom på 50–100 m. Garna fanget et betydelig antall taskekrabbe, noe som senket deres fangsteffektivitet og skapte problemer med predasjon. Blåskjell ble sanket fra en fortøyning som lå inne i Gløsvågen.

iii) Sandvika

Dette referanseområdet er en vik som ligger på østsiden av Nordlandet, ut mot Årsundfjorden. Det ble her samlet inn fisk, albusnegl og taskekrabber. Som for de andre lokalitetene ble det fisket med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt i lenker på to hver. Garna ble satt på tvers av land og ut mot dypet (dyp ca. 15–30 m) og med et mellomrom på 50–100 m. Garna fanget et betydelig antall taskekrabbe, noe som senket deres fangsteffektivitet. Blåskjell ble ikke funnet, og det ble plukket strandsnegl som erstatning for disse.

Tabell 7. Lokalitetsangivelser for de enkelte fangststasjonene ved Kristiansund lufthavn.

Flyplass	Område	Forkortelse	Stasjon	Dato	Beskrivelse	Arter	°N	°Ø
Kristiansund	Gløsvågen	ENKB-GLØ	St. 1	14-15.11	Våg på rullebanens nordside	Fisk, blåskjell, taskekrabber	63.1328	7.8281
Kristiansund	Omsundet	ENKB-OMS	St. 1	14-15.11	Sund på rullebanens sørside	Fisk, blåskjell, taskekrabber	63.1063	7.8140
Kristiansund	Sandvika	ENKB-SAN	St. 1	14-15.11	Referanse, vik øst på Nordlandet	Fisk, strandsnegl, Taskekrabber	63.1241	7.8679

Tabell 8. Antall prøver av de forskjellige arter og vevstyper fra de enkelte fangststasjonene ved Kristiansund lufthavn.

Område	Stasjon	Art	Matriks		
			Bløtvev	Lever	Muskel
Gløsvågen	St. 1	Blåskjell	5		
		Kveite		1	1
		Lomre		1	2
		Lyr		1	2
		Rødspette		1	2
		Sei		1	2
		Taskekrabbe	2		2
		Torsk		2	7
Omsundet	St. 1	Berggylt		1	4
		Blåskjell	5		
		Blåstål		1	1
		Lyr		1	4
		Skrubbe			1
		Taskekrabbe	1		1
		Torsk		2	10
Sandvika	St. 1	Albusnegl	5		
		Kveite			1
		Lomre			1
		Lyr		1	3
		Rødspette		1	1
		Taskekrabbe	2		2
		Torsk		1	6



Figur 4. Kart som viser de enkelte områdene for fangst av fisk og blåskjell ved Kristiansund lufthavn i november 2021. Områdene med garnfiske er markert som polygoner. Lenke til kartet finnes [her](#).

Haugesund lufthavn (ENHD)

Innsamlingsperiode: 4–5.11.2021

Fangstområder og stasjoner

Det ble samlet inn fisk, blåskjell, albusnegl og taskekrabbe fra områder som skulle representere områder mulig påvirket av avrenning av miljøgifter fra lufthavnen og et upåvirket referanseområde.

i) Visnesbukta

Dette er et eksponert område nordøst for rullebanen som mottar avrenning fra flyplassen. Det ble her fisket med garn og hentet inn fisk, albusnegl og taskekrabbe. Området som det hentet prøvemateriale fra lå mellom det gamle og det nye brannøvingfeltet. Det ble fisket med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt på tvers av land og ut mot dypet. Garna ble plassert 50–100 m fra hverandre på ca. 5–15 m dyp. Garna fanget et betydelig antall taskekrabbe, noe som senket deres fangsteffektivitet og skapte problemer med predasjon. Blåskjell ble ikke funnet, og det ble plukket strandsnegl som erstatning for disse.

ii) Kvaløya

Dette referanseområdet ligger ca. 5 km nord for Visnesbukta. Det ble her fisket med garn og hentet inn fisk og taskekrabbe. Innsamlingen ble gjort med fire flyndregarn (50 x 1,5 m, 70 mm maskevidde) og to trollgarn (27,5 x 2 m, 63 mm maskevidde), satt i lenker på to hver på et dyp på ca. 15–30 m. Det ble også her fanget store mengder taskekrabbe. Blåskjell og albusnegl ble ikke funnet her.

iii) Kvalavåg

Dette området, som ligger 3 km sydvest for flyplassen, ble valgt som referanseområde for blåskjell etter anbefaling fra lokale kjentfolk. Skjellene ble plukket fra bryggestolper fra et kaianlegg. Ingen kommunale avløp går ut i Kvalavåg, og vi vurderte det derfor som et egnet referanseområde.

Tabell 9. Lokalitetsangivelser for de enkelte fangststasjonene ved Kristiansund lufthavn.

Flyplass	Område	Stasjon	Stasjon 2	Beskrivelse	Arter	°N	°Ø
Haugesund	Visnesbukta	ENHD-VIS	St. 1	Visnesbukta, mellom gammelt og nytt brannøvingfelt	Fisk, albusnegl, taskekrabbe	59.3479	5.2114
Haugesund	Kvaløya	ENHD-KVA	St. 1	Grunner sydøst for Kvaløya	Fisk, taskekrabbe	59.3890	5.1730
Haugesund	Kvalavåg	ENHD-KVA	St. 1	Våg på Karmøys vestsida	Blåskjell	59.3209	5.2095

Tabell 10. Antall prøver av de forskjellige arter og vevstyper fra de enkelte fangststasjonene ved Kristiansund lufthavn.

Område	Stasjon	Dato	Art	Matriks		
				Bløtvev	Lever	Muskel
Kvaløya	KVA	4-5.11	Berggylt	0	1	3
			Lomre	0	1	1
			Lyr	0	1	3
			Taskekrabbe	2	0	2
			Torsk	0	1	2
Visnesbukta	VIS	4-5.11	Albusnegl	5	0	0
			Berggylt	0	1	7
			Lomre	0	1	1
			Rødspette	0	1	1
			Skrubbe	0	1	1
			Taskekrabbe	2	0	2
			Torsk	0	1	1
Kvalavåg	KVA*	5.11	Blåskjell	5	0	0

*Kvalavåg fikk ved en feil samme forkortelse (KVA) som Kvaløya.

Vedlegg C - PFAS-forbindelser til analyse av jord, vann og biota

VEDLEGG 2

Liste over PFAS forbindelser som skal undersøkes i jord (og sediment):

- 1) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)
- 2) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)
- 3) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)
- 4) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)
- 5) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)
- 6) Perfluordekansyre (PFDeA)
- 7) Perfluorbutansyre (PFBA)
- 8) Perfluorbutansulfonat (PFBS)
- 9) Perfluordodekansyre (PFDoA)
- 10) Perfluortridekansyre (PFTrA)
- 11) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)
- 12) Perfluorheptansyre (PFHpA)
- 13) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)
- 14) Perfluorheksansyre (PFHxA)
- 15) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)
- 16) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)
- 17) Perfluornonansyre (PFNA)
- 18) Perfluoroktansyre (PFOA)
- 19) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)
- 20) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)
- 21) Perfluorpentansyre (PFPeA)
- 22) Perfluortetradekansyre (PFTA)
- 23) Perfluorundekansyre (PFUnA)
- 24) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)
- 25) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)
- 26) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)
- 27) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)
- 28) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)
- 29) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)
- 30) Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)

Liste over PFAS forbindelser som skal undersøkes i vann:

- 1) Perfluorbutansulfonat (PFBS)
- 2) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)
- 3) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)
- 4) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)
- 5) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)
- 6) Perfluorbutansyre (PFBA)
- 7) Perfluorpentansyre (PFPeA)
- 8) Perfluorheksansyre (PFHxA)
- 9) Perfluorheptansyre (PFHpA)
- 10) Perfluoroktansyre (PFOA)
- 11) Perfluornonansyre (PFNA)
- 12) Perfluordekansyre (PFDeA)
- 13) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA
- 14) Perfluordodekansyre (PFDoA)
- 15) Perfluortridekansyre (PFTrA)
- 16) Perfluortetradekansyre (PFTA)
- 17) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)
- 18) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)
- 19) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)
- 20) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)
- 21) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)
- 22) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)
- 23) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)

Vedlegg D - Analyserapporter fra Eurofins

Avinor AS
Postboks 150
Edvard Munchs vei
2061 GARDERMOEN
Attn: Ingvild Helland

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-12210571	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-77/1	Analysestartdato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	<0.60	ng/l	0.6		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.48	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	0.40	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS (SLV 11)	0.88 ng/l	0.2	DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS	0.88 ng/l	0.2	DIN38407-42 mod.

Prøvenr.: 439-2021-12210572		Prøvetakingsdato: 15.12.2021			
Prøvetype: Overflatevann		Prøvetaker: Oppdragsgiver			
Prøvemerkning: ENHD-DV-77/8		Analysestartdato: 21.12.2021			
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	0.69	ng/l	0.6	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	0.57	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	0.35	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.99	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	2.8	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	1.4	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS (SLV 11)	6.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS	6.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Prøvenr.:	439-2021-12210573	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-79/68	Analysestartdato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	<0.60	ng/l	0.6		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorononansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	<0.20	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorononsulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS (SLV 11)	nd				DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS	nd				DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Prøvenr.:	439-2021-12210574	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-Grodvatnet	Analysestartdato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	1.3	ng/l	0.6	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	0.33	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	0.34	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.38	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoronansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	0.66	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	0.49	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	0.31	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUDa (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoronansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS (SLV 11)	3.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS	3.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping

a) Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1977,

Kopi til:**Tegnforklaring:**

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Miljø (miljo@avinor.no)
Vannmiljø (vannmiljo@avinor.no)
Arve Misund (armi@cowi.com)
Asbjørn Rasdal (Asbjorn.rasdal@avinor.no)
Aud Helland (auhd@cowi.com)
Bente Wejden (bente.wejden@avinor.no)
Kim Rudolph-Lund (Kim.Rudolph-Lund@avinor.no)

Moss 29.12.2021

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Vedlegg E – Faktaark om bruk av aktive barrierer

SourceStop Technical Description

SourceStop™ is a suspension of colloidal activated carbon particles. The particles are suspended in water through the use of food grade organic polymers. Because of its liquid form and very small particle size, SourceStop is easily mixed into unsaturated soils/sediments, readily coating the soil particles. It is designed for use in stabilizing organic chemical contaminants within soils to greatly minimize the potential for future leaching.

SourceStop can also be poured or injected directly into both unsaturated and saturated soils. When injected it easily disperses within contaminated aquifer materials. This is unlike powdered activated carbon (PAC) products of larger particle size which require high pressure injection (fracking) for emplacement and do not disperse.

Once in place, SourceStop rapidly sorbs contaminants restricting their leaching from unsaturated soils and immobilizing contaminants within aquifers.



Chemical Composition

- Water - CAS#7732-18-5
- Colloidal Activated Carbon $\leq 10 \mu\text{m}$ CAS # 7440-44-0
- Sodium Bisulfite CAS # 7631-90-5
- Proprietary Additives

Properties

Physical State	Liquid
Form	Aqueous suspension
Colour	Black
Odour	Odourless
pH	8-10

Contaminants Treated

Organic contaminants such as PFAS constituents, petroleum hydrocarbons, and chlorinated solvents

Form

Aqueous suspension of colloidal activated carbon particles and additives. Black in colour.

Particle Size

1-2 micrometer particles

Application

Sprayed onto soils during mixing. Injected under gravity feed or low pressure into undisturbed soils and aquifer materials. Not injected above fracturing pressures.

Packaging

181.4kg drum or 907kg IBC

Storage and Handling Guidelines

Storage

Store in original tightly closed container

Store away from incompatible materials

Do not allow material to freeze

Do not store in direct sunlight

Store in temperatures between 4°C and 35°C

Handling

Avoid contact with skin and eyes

Avoid prolonged exposure

Observe good industrial hygiene practices

Wash thoroughly after handling

Wear appropriate personal protective equipment

Health and Safety

Product is non-hazardous. Dispose of waste and residues in accordance with local authority requirements. Please review the Safety Data Sheet for additional storage, usage, and handling requirements.



Corporate Headquarters

1011 Calle Sombra, San Clemente CA 92673 USA
Tel: +1 949.366.8000

www.REGENESIS.com

Europe

Email: europe@REGENESIS.com
Tel: +44 (0)1225 61 81 61

Technical Bulletin

 **SourceStop**™

**A High Concentration
Colloidal Activated Carbon
Product for Immobilizing
PFAS at the Source**

SourceStop: A High-Concentration Colloidal Activated Carbon Product for Immobilizing PFAS at the Source

SECTION 1.0

Introduction

Quick Reference:

Topic

SourceStop: A High-Concentration Colloidal Activated Carbon Product for Immobilizing PFAS at the Source

Relevant Technologies



Date Published

July 20, 2022

Awareness of the presence and impacts of per and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in the environment is growing steadily, and there are increasing efforts to mitigate these impacts worldwide. PFAS are a class of fully or mostly fluorinated compounds used in consumer products and industrial applications specifically for their unique properties of being simultaneously repelled by water and oils. The strength of the carbon-fluorine bonds in these molecules, partially responsible for their desirable commercial properties, leads to PFAS being extremely persistent in the environment.

PFAS have been released to the environment primarily through industrial manufacturing and the use of PFAS-containing firefighting foams. These PFAS releases often occur at or near the surface and deposit onto the shallow soils. Precipitation events induce PFAS leaching downward through the vadose zone. Over time, the PFAS present on soils can migrate deep enough to reach groundwater, leading to PFAS mass discharge and the evolution of a dissolved-phase plume.

To date, PFAS are believed to be almost entirely resistant to biodegradation, and the available commercial methods for their degradation are inefficient or highly energy intensive. Alternatively, a practical and sustainable approach to address these PFAS source areas and manage the risk of PFAS in the environment is by stabilizing or immobilizing PFAS *in situ*. Activated carbon is able to immobilize PFAS due to its hydrophobicity and high surface area. PFAS leaching can occur rapidly during precipitation events, suggesting the importance of adsorbing PFAS with high time efficiency to halt their continued vertical migration. SourceStop™, a highly concentrated colloidal activated carbon product applied to the base of PFAS source zone treatments, has been developed specifically for this purpose.

SECTION 2.0

Technology Description

SourceStop™ is a high-concentration Colloidal Activated Carbon (CAC) product formulated to restrict the vertical migration of PFAS in the soil beneath source zones where the chemicals were initially discharged into the environment. SourceStop is comprised of carbon particles milled to 1 to 2 microns size and contained in a water-based colloidal suspension. The colloidal nature of the product ensures it distributes evenly in the subsurface, coating the matrix material and forming a filter with an immense estimated surface area, resulting in both rapid and sustained contaminant capture.

Even though SourceStop mainly removes PFAS due to the high sorption capacity and affinity provided by activated carbon properties, its tiny particle size takes great advantage in removing PFAS rapidly as well as coating the target media (i.e., soil) more evenly, compared to other commercially available activated carbons. Powdered activated carbon (PAC), a well-developed and commercially available activated carbon type, predominantly has a particle size of 0.045-0.180 millimeters (mm). While PAC can provide strong sorption capacity to immobilize PFAS in vadose zones after [direct mixing it with PFAS-impacted soil](#), its performance and application can be limited by its size. PAC can be more than 100 times larger than CAC, resulting in capturing leaching PFAS during heavy/very heavy rain events less efficiently and poor distribution to the soil layer by direct pushing. [Reference 1](#)

SourceStop is applied *in situ*, via direct mixing or spray-application at the base of a PFAS source zone treatment. Its application is combined with additional treatments at or near the surface to immobilize PFAS and prevent water infiltration. SourceStop is used to create a CAC barrier between the treated soils and surrounding untreated material and to penetrate underlying soils to coat the vertical flow-paths and prevent any further infiltration of residual PFAS.

Application of SourceStop is a method used to enhance the attenuation of PFAS [Reference 2](#) by increasing the native soil's capacity to sorb and retain PFAS in place. A thin layer of SourceStop applied to the base of a source zone treatment area reduces PFAS leaching to groundwater by several orders of magnitude, as shown in an experimental simulation of a SourceStop basal treatment subjected to a prolonged period of heavy/very heavy rain events.

SECTION 3.0

Proof of Concept Experiment:

Simulation of Activated Carbon Treatment Layer Beneath a PFAS Source Zone

A lab-scale simulation was performed to test the ability of a layer of activated carbon (PAC or SourceStop) to retard PFAS migration in the vadose zone during heavy/very heavy rain events. At typical Aqueous Film Forming Foam (AFFF)-impacted sites, PFAS concentrations tend to be highest near the surface, decreasing rapidly with depth. To match a typical PFAS distribution, the experiment arranged soil layers in the test cells with a high-concentration PFAS layer placed atop low-concentration, PFAS-impacted soils obtained from a project site.

In most cases, REGENESIS' source zone immobilization projects will include additional treatment of PFAS-impacted soils above the zone where SourceStop will be applied (i.e., the bottom interval of a PFAS source treatment volume). This test does not account for additional source treatment and instead simulates an extreme condition of highly concentrated PFAS leaching from untreated, ground surface/shallow soils through the vadose zone to a hypothetical groundwater surface. As performed, the retardation effects of a typical activated carbon application were isolated from any additional soil/surface treatments likely to be conducted.

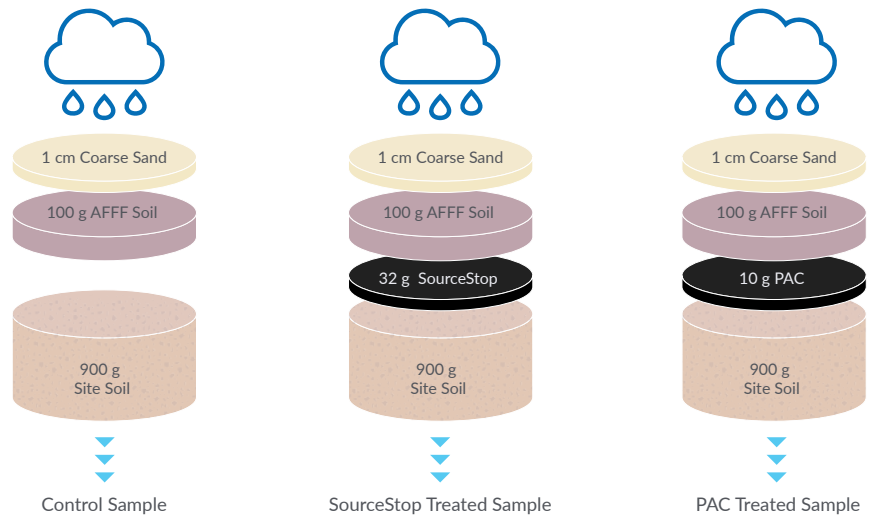
All soils used in the experiment were 'native,' collected from an area of a project site slightly impacted by AFFF. The soils were sieved to remove material larger than 2 mm.

Cumulative leaching rates for activated carbon treated cells (SourceStop/PAC) and an untreated control cell were determined according to the following experimental setup and as illustrated in [Figure 1](#):

Figure 1

Diagram of Control, SourceStop, and PAC Test Configuration

Soil setup for control, SourceStop and PAC treated test. Both SourceStop and PAC treated cells received 10 g of net carbon weight.



- Each test cell was filled with 900 grams (g) of site soil slightly impacted by AFFF. The total extracted PFAS concentration for this site soil was 25.2 nanograms per gram (ng/g).
- In the SourceStop treatment cell, 32 g of CAC were spray-applied evenly on the site soil. No SourceStop was applied to the control cell.
- In the PAC treatment cell, 10 g of PAC (same net carbon weight as SourceStop-treated cell) were applied on top of the site soil.
- High concentration PFAS soil was prepared by spiking site soil with a legacy C8-based AFFF concentrate. The total extracted PFAS concentration was 14,554-25,107 ng/g, approximately 600-1,000 times more highly concentrated than the native site soil.
- 100 g of the AFFF-spiked soil was added to the top of the control, SourceStop treated, and PAC treated cells.
- Approximately one centimeter (cm) of coarse silica sand was placed on top of the AFFF-spiked soil for these three tests to ensure the simulated rainwater feed was distributed evenly across the soil during precipitation.
- Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) solution (pH=5, per EPA SW846 Method 1312 established protocol). [Reference 2](#) was applied to each test cell at a rate of approximately 8.5 mm/hour, [Footnote 1](#) for two-hour intervals, at a frequency of three times weekly. The total simulated rainfall for the test duration was approximately 102 inches.
- Samples were collected and analyzed for PFAS from the effluent leaching beneath each test cell. All effluent samples were sent for PFAS analysis per EPA 537 LC/MS/MS Method (Eurofins, Lancaster). In the SourceStop cell, black-colored water was observed until up to 75 inches of cumulative precipitation. Approximately 86% spray-applied CAC was retained on the soil of the SourceStop test cell as determined from the carbon concentrations in the effluent samples. Centrifugation was performed to remove the small amounts of suspended carbon from these samples prior to shipping. The effluent from both the control test cell and PAC treated cell remained clear throughout the experiment.
- Sample results were plotted for the three test cells comparing cumulative leaching percentage from the spiked soil cells vs. cumulative precipitation.

1. With 8.5 mm/hr rainfall, it is defined as "very heavy rain" by USGS. (Rainfall calculator, metric-How much water falls during a storm? USGS Water Science School). Since the simulating rainfall shows slightly different precipitation rate each time, sometimes it can be only 8 mm/hr, which is defined as "heavy rain" by USGS. Hence, "heavy/very heavy rain" is used throughout this Technical Bulletin.

SECTION 4.0

Results and Discussion

Effluent samples from the entire soil zone were collected and analyzed for PFAS concentrations throughout the experiment. The effluent samples collected from beneath the control, SourceStop-treated, and PAC-treated cells represent the amount of vertical PFAS migration through the vadose zone to a hypothetical groundwater surface at the effluent collection point.

The leaching percentages of perfluorooctanoic acid (PFOA), perfluorobutane sulfonic acid (PFBS), and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from AFFF-impacted soil during heavy/very heavy rain events are shown on [Figure 2](#). PFOA, PFBS, and PFOS are given specific attention since:

- the USEPA is moving forward to have PFOA and PFOS maximum contaminant levels (MCLs) for drinking water,
- only PFOA, PFBS, and PFOS are available for calculating USEPA Regional Screening Levels (RSLs) in tap water and soil,
- these three PFAS compounds have notification levels in groundwater under the National Defense Authorization Act, and
- the USEPA is poised to add PFOA, PFOS, and PFBS (plus GenX) as Hazardous Constituents under the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA). [Footnote 1](#)

1. *8 Basis of Regulations – PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances (itrcweb.org); GenX is not commonly detected in AFFF-impacted areas. Therefore, GenX is not discussed here.*

SECTION 4.1

Leachability Results for PFOA, PFBS, and PFOS

The cumulative leaching of PFOA, PFBS, and PFOS from AFFF-impacted soil during simulated rainfall is shown in [Figure 2](#). Almost all PFOA, PFBS, and PFOS added to the upper 100 g soil layer leached out from untreated soil as the cumulative leaching percentages are 131%, 101.7%, and 91.2%, respectively. [Figure 2A](#) Over 100% cumulative leaching from control was observed for PFOA, and it could be attributed to additional PFOA mass loading from the bottom 900 g layer of native site soil.

Once applying the AC layer beneath the high PFAS-containing soil, the cumulative leaching of PFOA, PFBS, and PFOS significantly reduced. [Figure 2B](#)

The cumulative leaching of PFOA, PFBS, and PFOS from PAC-treated soil is 6.7%, 7.5%, and 3.1%, respectively, during the simulated 102-inch precipitation. When using micron-sized CAC (i.e., SourceStop), the leachability dropped more than 1 order of magnitude for PFOA, PFBS, and PFOS to 0.2%, 0.6%, and 0.05%, respectively. It suggests the rapid sorption process provided by CAC, which can be critical to retain leaching PFAS from the source during extreme rain events.

Both AC adsorbents show similar sorption affinity to different PFAS compounds. For the three discussed compounds, the leaching percentage from high to low is PFBS, PFOA, and PFOS from both AC-treated cells. It suggests AC-based adsorbent tends to adsorb PFAS with longer fluorinated chain length (PFBS vs. PFOS) [Footnote 1](#) and PFAS with sulfonic acid over with carboxylic acid (PFOA vs. PFOS). [Footnote 2](#) Since some legacy AFFF is mainly composed by PFAS with sulfonic acids, especially PFOS, our results demonstrate using AC sorbents is a promising approach to remediate AFFF-impacted sites.

1. PFBS has 4 fluorinated carbons and PFOS has 8 fluorinated carbons.

2. PFOA has carboxylic acid functional group and PFOS has sulfonic acid functional group.

Figure 2A

Cumulative leaching percentages of PFOA, PFBS, and PFOS as a function of cumulative precipitation from a) control and b) AC-treated tests

—●— PFOA
—▲— PFBS
—■— PFOS

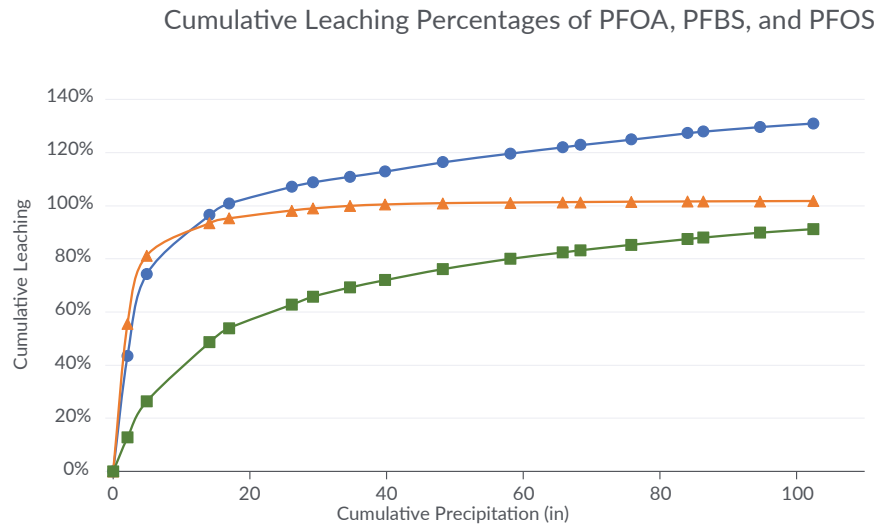
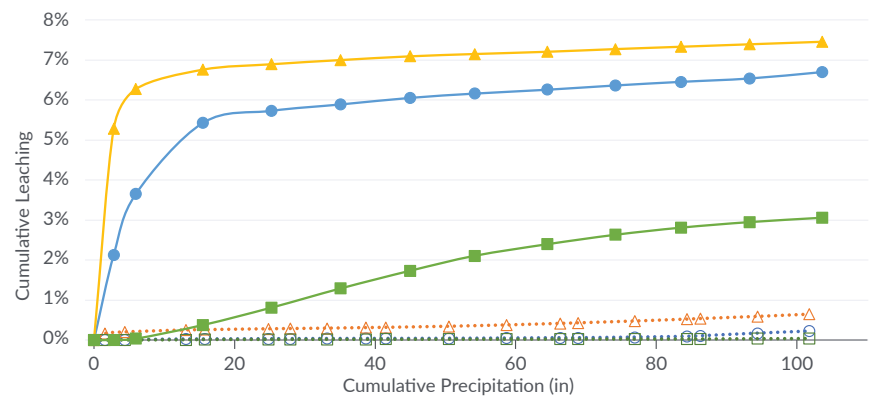


Figure 2B

—○— PFOA-SourceStop
—●— PFOA-PAC
—○— PFBS-SourceStop
—▲— PFBS-PAC
—○— PFOS-SourceStop
—■— PFOS-PAC



SECTION 4.2

Leachability Results for total PFAS

The cumulative total PFAS leaching percentage from AFFF-impacted soil throughout the experiment is illustrated in [Figure 3](#). The total cumulative PFAS leached percentage from the control was 97.7%, resulting in very little PFAS retained on the native site soil during the simulated heavy/very heavy rain events.

Similar to what was observed for the three representative PFAS in [Section 4.1](#), the applied AC layers blocked most leaching PFAS migrating into downgradient. After 102 inches of precipitation, total PFAS leaching was 0.3% from the SourceStop treated cell, while it was 3.6% with PAC applied layer. The one order of magnitude lower of total PFAS leachability from SourceStop treated soil emphasizes the advantage of CAC over PAC. Less than 1% total PFAS leaching demonstrates that SourceStop successfully retained almost all of the PFAS mass in the vadose zone during the simulated extreme rainfall.

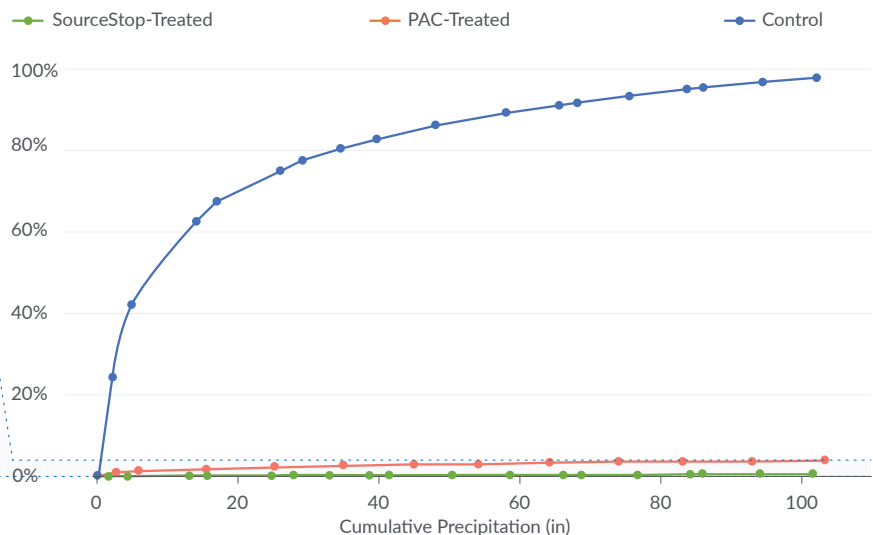
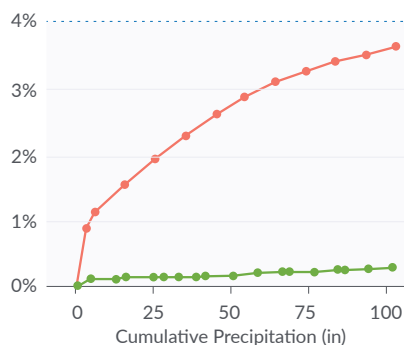
As mentioned in [Section 3.0](#), the effluent from SourceStop-treated cell turned black-ish to clear after 75-inch precipitation. Based on the measured carbon concentrations in the effluent, it implies that 86% of the sprayed CAC was retained in the vadose zone. No significant change on PFAS leaching from SourceStop-treated soil during 75 to 100 inches precipitation, suggesting that the retained CAC can keep adsorbing the leaching PFAS effectively.

Figure 3

Cumulative Leaching Percentages of Total PFAS

Cumulative leaching percentages of total PFAS as a function of cumulative precipitation from control, PAC, and SourceStop treated tests. The figure inside is the zoom-in for PAC and SourceStop-treated tests.

Cumulative Leaching



SECTION 5.0

Summary & Conclusion

PFAS leaching from AFFF-impacted soil during heavy/very heavy rain events and the performance of AC layer beneath the source zone were evaluated. The role of carbon size on adsorbing leaching PFAS via the AC layer was tested by using PAC and CAC. Our 102-inch simulated precipitation experiments show:

1. The laboratory experiment indicates that untreated, naturally occurring soils encountered at most sites will readily leach PFAS when exposed to precipitation. Almost all spiked PFAS (97.7%) leached out in this rainfall experiment, including PFOA and PFBS.
2. Applying AC layer beneath the PFAS source zone significantly reduced PFAS migrating downgradient.
3. By reducing AC size more than 100 times, the micron-sized CAC provide stronger barrier to reduce PFAS leaching into downgradient. Given by CAC advantages, SourceStop rapidly sorbs PFAS and the total PFAS leaching was 0.3% after 102 inches heavy/very heavy rain events. This leaching through the vadose zone was one orders of magnitude lower compared to PAC.
4. For the three specially concerned PFAS compounds, sorption affinity provided by AC from high to low is PFOS, PFOA, and PFBS. This suggests that AC is a promising technology for AFFF cleanup works because PFOS can be the dominant PFAS in AFFF formula.
5. 86% of sprayed CAC retained in the vadose zone under extreme precipitation conditions, and the retained carbon can keep adsorbing leaching PFAS. It indicates that the majority of applied SourceStop is able to build up a reliable horizontal barrier to prevent PFAS leaching into saturated zone.

This test shows how SourceStop can be effectively applied as a basal source zone treatment to minimize PFAS leaching from the soil, creating a powerful *in situ* horizontal barrier to protect underlying groundwater. Applying SourceStop beneath the AFFF-impacted source zone, the micron-sized carbon adsorbed PFAS rapidly, severely restricting their leaching to the simulated groundwater surface compared to the native

SourceStop applications will be completed with further PFAS immobilization or soil stabilization amendments above a SourceStop-treated layer. Additionally, in many cases, these source zone treatments will be incorporated with vertically emplaced PlumeStop permeable reactive barrier(s) downgradient of the source zone to prevent the horizontal migration of PFAS in groundwater. These remedies, in combination, provide unmatched protection against human and environmental exposure risks associated with PFAS source zones.

SECTION 6.0

References

1. McGregor, R., Six pilot-scale studies evaluating the *in situ* treatment of PFAS in groundwater. Remediation Journal, 2020. 30(3): p. 39-50
2. Interstate Technology and Regulatory Council. Enhanced Attenuation – Fact Sheet. Published online November 28, 2005.
3. US EPA O. SW-846 Test Method 1312: Synthetic Precipitation Leaching Procedure. Published December 8, 2015. Accessed April 15, 2022. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1312-synthetic-precipitation-leaching-procedure>
4. 8 Basis of Regulations – PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances (itrcweb.org);



Technical Bulletin

Soil Stabilization:

Optimizing Activated Carbon-Based
Adsorbents for Immobilizing PFAS
in Source Zones

Soil Stabilization: Optimizing Activated Carbon-Based Adsorbents for Immobilizing PFAS in Source Zones

SECTION 1.0

Introduction to *In Situ* Stabilization and Solidification

Quick Reference:

Topic

Soil Stabilization: Optimizing Activated Carbon-Based Adsorbents for Immobilizing PFAS in Source Zones

Relevant Technologies



Date Published

July 20, 2022

Known as “forever chemicals”, per and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) are highly resistant to biological and chemical degradation due to their having the strongest bond in organic chemistry—the carbon-fluorine bond. This leads to PFAS widely circulating in the environment once released.

For example, the use of PFAS-containing aqueous film-forming foam (AFFF) used to extinguish flammable liquid fires is responsible for a significant amount of PFAS released into surficial soils. PFAS in these “source zones” can migrate through the vadose zone, driven primarily by precipitation events, eventually reaching and contaminating groundwater. Contaminated soils represent one of the largest threats to continuing PFAS groundwater contamination, therefore efficiently treating PFAS in these source zones is essential to protecting groundwater and preventing PFAS plume development.

Two common field-implemented soil treatments for PFAS contamination are excavation/landfilling and stabilization/solidification. [Reference 1](#) Regulatory uncertainty as to whether PFAS-contaminated soils are “hazardous”, the potential for recycling the contaminants back into the environment via landfill leaching, and the overall poor sustainability of the approach make excavation/landfilling less favorable. In contrast, *in situ* stabilization/solidification (ISS) can be more efficient and environmentally sound as PFAS are immobilized in place without long-distance transportation of large quantities of contaminated soils. ISS involves treating contaminated soils with amendments to immobilize (stabilize) contaminants and solidify the soils to reduce water infiltration, a main driver for contaminant transport. When PFAS are tightly bound to adsorbents and soils are impermeable to water flow, PFAS mobility in source zone soils is significantly reduced, therefore reducing the risk of PFAS transport and further exposure downgradient.

SECTION 2.0

***In Situ* Stabilization Basics:**

Evaluating Stabilizing Adsorbents



Choosing the correct adsorbent materials and application dose is critical for effective *in situ* PFAS immobilization. Equally important is determining the soil PFAS immobilization objectives for a site. Although the regulations and guidance for managing PFAS solid waste are in the early development stages, stringent environmental standards will likely evolve due to the chemicals' ubiquitous presence and extreme persistence. Therefore, determining effective adsorbents and the dosage as well as knowing the corresponding PFAS leachability reduction help us to optimal the PFAS source zone treatment in order to meet the upcoming regulations and guidance.

Soil heterogeneity can complicate the immobilization processes. For example, PFAS sorption is strongly influenced by hydrophobic interactions governed by chemical hydrophobicity and soil organic matter. Soil organic matter, usually measured as total organic carbon (TOC) in soil, can vary significantly in heterogeneous soils and can compete with sorption-enhancing additives, reducing PFAS immobilization efficiency. Hence, this study aimed to test the efficiency of different adsorbents as stabilization agents for PFAS contaminated source zones, the effect of dose on PFAS immobilization, and the impact of soil organic carbon on PFAS sorption.

This study is informed by published research comparing 44 inorganic and organic sorbents to remove PFAS from the aqueous phase showing that activated carbon (AC)-based adsorbents outperformed other materials. [Reference 2](#) Accordingly, several AC-based adsorbents were used for the experiment. The AC-based adsorbents were applied and mixed with AFFF-impacted soils at two doses and the PFAS leachability reductions were compared.

SECTION 3.0

Proof of Concept Experiment:

Reducing PFAS leachability by mixing AC-based adsorbents in PFAS source zones

Table 1

Extractable PFAS Concentrations in Tested Site 1 Soil

Compound	Concentration (µg/kg)
PFOA	200
PFBS	1,100
PFOS	17,000
Sum of other PFAS	6,784

Soil samples were obtained from two different AFFF-impacted sites: an airport site in Sweden (Site 1) and a former firefighting training site in Italy (Site 2). The most abundant PFAS compounds in Site 1 soil (after spiking as described below) are PFBS, PFHxS, and PFOS, while in Site 2 soil are PFOA, PFDA, and PFOS. The sample collected from Site 2 contained more than twice the TOC concentration than the Site 1 sample, 23.5 g/kg and 10.4 g/kg, respectively. Thus, the competition from soil organic matter for PFAS sorption sites on the AC-based materials was also assessed.

The extractable PFAS concentrations from these two tested soils are shown in [Table 1](#) and [Table 2](#). Due to the relatively low PFAS concentration in the original Site 1 soil (total extracted PFAS was 25.2 µg/kg), legacy C8-based AFFF was spiked to mimic the highly AFFF-impacted source soil [Table 1](#). Soils tested in the leachability experiments were passed through a 2-mm sieve before use.

Table 2

Extractable PFAS Concentrations in Tested Site 2 Soil

Compound	Concentration (µg/kg)
PFOA	2,100
PFBS	54
PFOS	3,700
Sum of other PFAS	2,593

Batch-scale experiments were conducted to evaluate PFAS immobilization efficiency after mixing AC-based adsorbents with PFAS-impacted soils. Four AC-based adsorbents were applied to the soil samples at 1% and 5% doses by weight. PFAS immobilization was determined by examining the difference in PFAS leachability between treated and untreated soils.

For each batch condition, 100 grams of soil were mixed with either 1 gram or 5 grams of AC-based adsorbent and 15 milliliters of deionized water. After mixing, the treated soil samples were sent for leachability tests and PFAS analysis by Eurofins Laboratory (Lancaster, PA). The leachability test was done by Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP, per EPA method 1312), and PFAS concentrations in the leachate were analyzed by EPA 537 LC/MS/MS method. Due to a limited soil sample volume, Site 1 soil was tested with three chosen AC-based adsorbents, while Site 2 soil was tested with four adsorbents. Leachability testing was also performed on one hundred grams of untreated soil (no adsorbents added).

SECTION 4.0

Results and Discussion

Mobility of PFAS in the treated test soils was evaluated by SPLP, which simulates soils exposed to 100 years of acid rain. PFAS concentration reductions in the SPLP leachate were evaluated and compared to understand the PFAS immobilization performance of the tested AC-based adsorbents. Due to their relative abundance in the tested soils and target for regulation, the PFAS compounds PFOA, PFBS, and PFOS are highlighted to discuss the results.

SECTION 4.1

Site 1 Soil Results

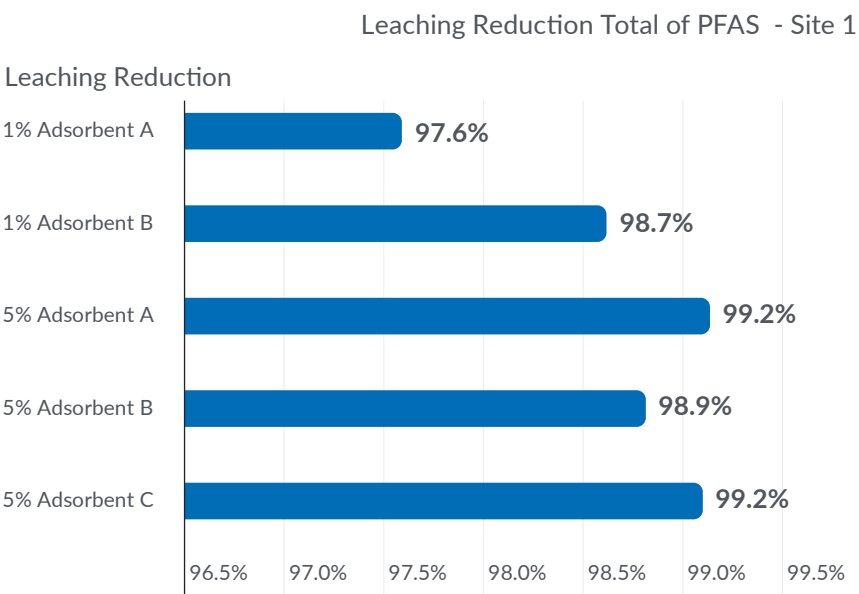


The leaching reduction of total PFAS after mixing 1% and 5% different AC-based adsorbents with spiked Site 1 soil is demonstrated in [Figure 1](#). The results show that more than 95% PFAS leachability reduction could be attained for all treatment conditions in this study, including using a 1% dose. Furthermore, by using a 5% dose, all three tested adsorbents achieved 99% PFAS immobilization efficiency.

For the untreated soil, the dominant PFAS leached out during SPLP was PFOS with 430,000 ng/L, mainly due to its very high concentration in the legacy C8-based AFFF. The leaching concentrations of PFOA, PFBS, and the rest of PFAS from the untreated are 6,000, 35,000, and 201,102 ng/L, respectively.

Figure 1

Leaching reduction of total PFAS from spiked Site 1 soil after mixing with 1% or 5% AC-based adsorbent A, B, or C. The number on each bar represents the leaching reduction percentage under each condition.



With over 95% leachability reduction, the leaching total PFAS concentration after applying 1% AC-based adsorbents ranged in 8,944-15,851 ng/L. By using a 5% dose, a 99% leachability reduction for total PFAS, compared to the untreated soil was seen. Across the 3 different AC-based adsorbents, the total PFAS leaching concentrations ranged from 5,455 to 7,615 ng/L. The dominant PFAS compound was PFOS as its concentration during SPLP was 4,200-5,600 ng/L when using a 5% dose, significantly lower than in the 1% PAC dose.

Our results from Site 1 soil demonstrate that:

- Leaching from untreated AFFF-impacted soil can be one of the major sources of PFAS contamination to ground and surface waters.
- With 1-5% AC-based adsorbents, PFAS leaching from the source zone can reduce by more than 95%.
- By using a 5% dose, all 3 tested adsorbents were able to provide 99% PFAS leachability reduction.

SECTION 4.2

Site 2 Soil Results

PFAS leaching reductions from Site 2 soils varied for the 1% AC-based adsorbents, while more consistent reductions were observed between the amendments applied at the 5% dose (Figure 2). At the 1% dose, PFAS immobilization performance from best to least is adsorbent B, adsorbent A, and adsorbent D, as their PFAS leaching reductions are 98%, 85%, and 49%, respectively. However, at a 5% dose, the influence of adsorbent source/properties on PFAS sorption appears to be less critical. With a 5% dose, adsorbents A, B, and D attained more than 99% PFAS leaching reduction, while adsorbent C nearly reached this metric (98.7%).

Compared to Site 1 soil, the PFAS leachability reduction shows more impact on Site 2 soil from adsorbent properties when using a 1% dose. The leaching reduction for Site 1 soil is 97.6-98.7% when using different AC-based adsorbents, while its range increased to 48.9%-98.0% for Site 2 soil. Since Site 2 soil contained more than twice higher TOC than Site 1 soil, this variation could be due to the competition from soil organic matters. Nevertheless, the consistent PFAS leaching reduction when using a 5% dose implies that enough adsorbent can overcome the sorption competition from soil organic matters.

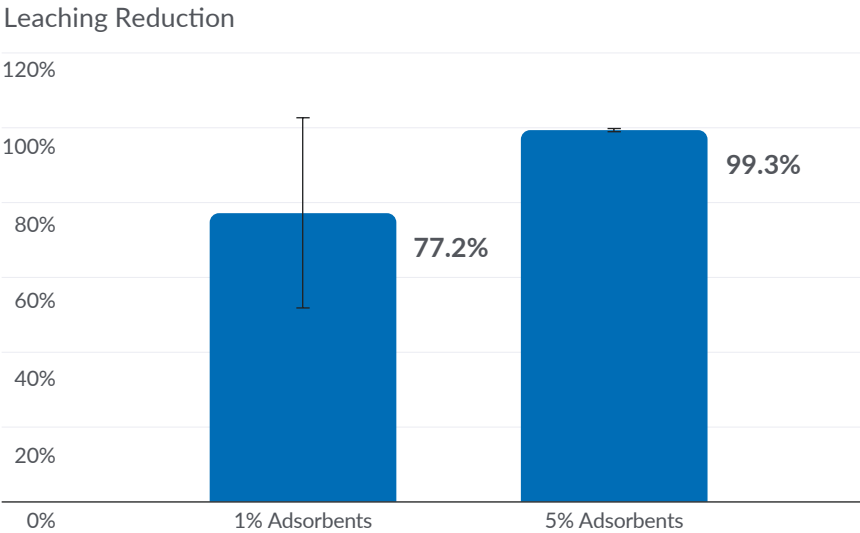
The leaching total PFAS concentration from the untreated soil 2 is 168,322 ng/L. Since both PFOA and PFOS are dominant PFAS in Site 2 soil, their leaching concentrations from the untreated soil account for 41% and 34%, respectively, of total leaching PFAS.

When applying 1% AC-based adsorbents, the leaching total PFAS concentration dropped to 3,355-86,022 ng/L. With >99% PFAS leaching reduction, the total PFAS concentration in SPLP leachate was 570-2,141 ng/L after mixing with 5% AC-based adsorbents.

Figure 2

Leaching reduction of total PFAS from Site 2 soil after mixing with 1% or 5% AC-based adsorbents. The number on each bar represents the average leaching reduction percentage under each condition and the error bars represent the standard deviation of leaching reduction by using different AC-based adsorbents at the same dosage.

Leaching Reduction Total of PFAS - Site 2



SECTION 5.0

Conclusions & Implications

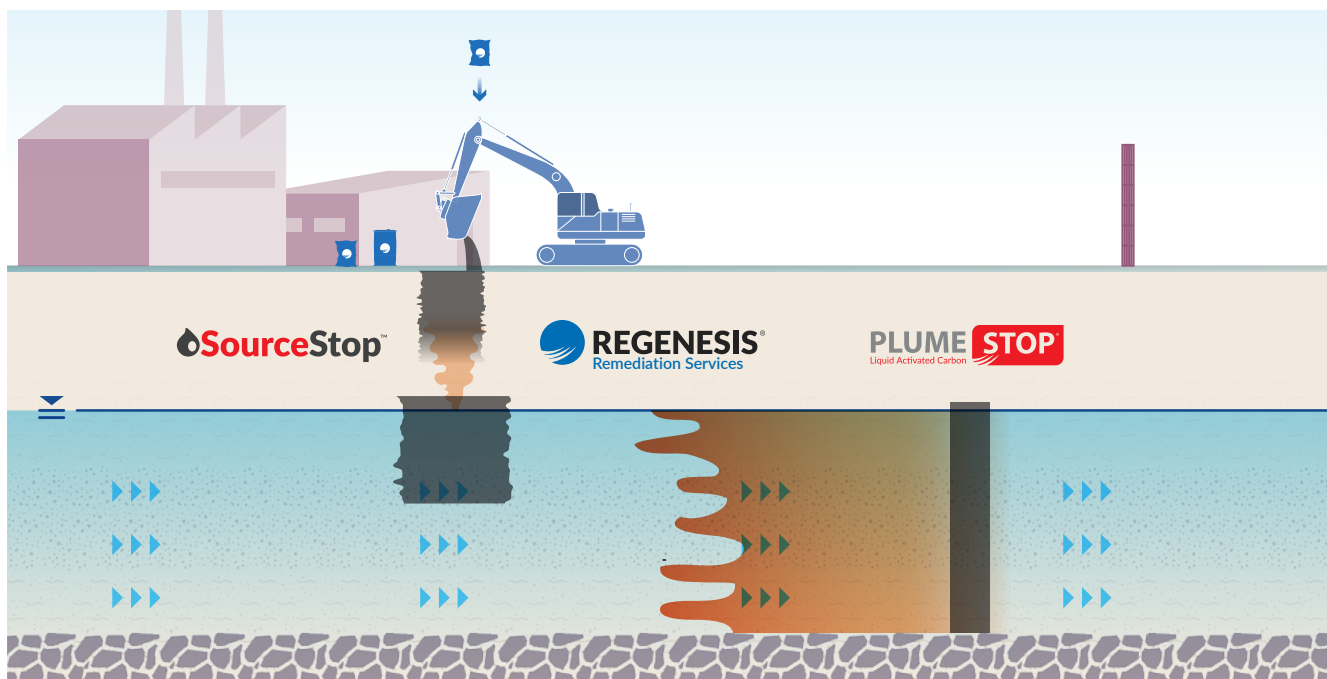
AFFF-impacted soils were obtained from two sites with different PFAS distributions and TOC levels. Multiple AC-based adsorbents were applied at two doses and the reduction of PFAS leachability was assessed. The results of the study suggest:

- There is a similar performance after applying different AC-based adsorbents at a 5% dose. More than 99% PFAS leaching reduction was achieved at this dose, regardless of the adsorbent source/properties.
- Performance is variable for the AC-based adsorbents applied at a 1% dose, suggesting that the carbon source/properties may be important to treat PFAS-impacted soils at lower doses.
- The presence of TOC in the soil appears to have a limited impact on immobilizing PFAS when using the 5% AC-based adsorbents.

After directly mixing 1-5% AC-based adsorbents, significant PFAS leaching reduction can be achieved up to 99%. PFAS immobilization can be further improved by a comprehensive source zone treatment approach. It includes amending the soil to reduce the hydraulic conductivity, emplacing SourceStop™ (a colloidal AC-based amendment) to the base of a source zone treatment to prevent further vertical migration, placement of permeable reactive barriers (PlumeStop®) downgradient of the source to prevent further plume development, or a combination of these approaches (see [Figure 3](#) below).

Figure 3

Combined Soil and Groundwater Source Treatment



SECTION 6.0

References

1. Interstate Technology Regulatory Council. Treatment Technologies and Methods for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Published online August 2020.
2. Söregård M, Gago-Ferrero P, B. Kleja D, Ahrens L. Laboratory-scale and pilot-scale stabilization and solidification (S/S) remediation of soil contaminated with per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). Journal of Hazardous Materials. 2021;402:123453. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123453



Technical Bulletin

SourceStop™

A High Concentration Colloidal Activated Carbon Product for Immobilizing PFAS at the Source

SourceStop: A High-Concentration Colloidal Activated Carbon Product for Immobilizing PFAS at the Source

SECTION 1.0

Introduction

Quick Reference:

Topic

SourceStop: A High-Concentration Colloidal Activated Carbon Product for Immobilizing PFAS at the Source

Relevant Technologies



Date Published

July 20, 2022

Awareness of the presence and impacts of per and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in the environment is growing steadily, and there are increasing efforts to mitigate these impacts worldwide. PFAS are a class of fully or mostly fluorinated compounds used in consumer products and industrial applications specifically for their unique properties of being simultaneously repelled by water and oils. The strength of the carbon-fluorine bonds in these molecules, partially responsible for their desirable commercial properties, leads to PFAS being extremely persistent in the environment.

PFAS have been released to the environment primarily through industrial manufacturing and the use of PFAS-containing firefighting foams. These PFAS releases often occur at or near the surface and deposit onto the shallow soils. Precipitation events induce PFAS leaching downward through the vadose zone. Over time, the PFAS present on soils can migrate deep enough to reach groundwater, leading to PFAS mass discharge and the evolution of a dissolved-phase plume.

To date, PFAS are believed to be almost entirely resistant to biodegradation, and the available commercial methods for their degradation are inefficient or highly energy intensive. Alternatively, a practical and sustainable approach to address these PFAS source areas and manage the risk of PFAS in the environment is by stabilizing or immobilizing PFAS *in situ*. Activated carbon is able to immobilize PFAS due to its hydrophobicity and high surface area. PFAS leaching can occur rapidly during precipitation events, suggesting the importance of adsorbing PFAS with high time efficiency to halt their continued vertical migration. SourceStop™, a highly concentrated colloidal activated carbon product applied to the base of PFAS source zone treatments, has been developed specifically for this purpose.

SECTION 2.0

Technology Description

SourceStop™ is a high-concentration Colloidal Activated Carbon (CAC) product formulated to restrict the vertical migration of PFAS in the soil beneath source zones where the chemicals were initially discharged into the environment. SourceStop is comprised of carbon particles milled to 1 to 2 microns size and contained in a water-based colloidal suspension. The colloidal nature of the product ensures it distributes evenly in the subsurface, coating the matrix material and forming a filter with an immense estimated surface area, resulting in both rapid and sustained contaminant capture.

Even though SourceStop mainly removes PFAS due to the high sorption capacity and affinity provided by activated carbon properties, its tiny particle size takes great advantage in removing PFAS rapidly as well as coating the target media (i.e., soil) more evenly, compared to other commercially available activated carbons. Powdered activated carbon (PAC), a well-developed and commercially available activated carbon type, predominantly has a particle size of 0.045-0.180 millimeters (mm). While PAC can provide strong sorption capacity to immobilize PFAS in vadose zones after [direct mixing it with PFAS-impacted soil](#), its performance and application can be limited by its size. PAC can be more than 100 times larger than CAC, resulting in capturing leaching PFAS during heavy/very heavy rain events less efficiently and poor distribution to the soil layer by direct pushing. [Reference 1](#)

SourceStop is applied *in situ*, via direct mixing or spray-application at the base of a PFAS source zone treatment. Its application is combined with additional treatments at or near the surface to immobilize PFAS and prevent water infiltration. SourceStop is used to create a CAC barrier between the treated soils and surrounding untreated material and to penetrate underlying soils to coat the vertical flow-paths and prevent any further infiltration of residual PFAS.

Application of SourceStop is a method used to enhance the attenuation of PFAS [Reference 2](#) by increasing the native soil's capacity to sorb and retain PFAS in place. A thin layer of SourceStop applied to the base of a source zone treatment area reduces PFAS leaching to groundwater by several orders of magnitude, as shown in an experimental simulation of a SourceStop basal treatment subjected to a prolonged period of heavy/very heavy rain events.

SECTION 3.0

Proof of Concept Experiment:

Simulation of Activated Carbon Treatment Layer Beneath a PFAS Source Zone

A lab-scale simulation was performed to test the ability of a layer of activated carbon (PAC or SourceStop) to retard PFAS migration in the vadose zone during heavy/very heavy rain events. At typical Aqueous Film Forming Foam (AFFF)-impacted sites, PFAS concentrations tend to be highest near the surface, decreasing rapidly with depth. To match a typical PFAS distribution, the experiment arranged soil layers in the test cells with a high-concentration PFAS layer placed atop low-concentration, PFAS-impacted soils obtained from a project site.

In most cases, REGENESIS' source zone immobilization projects will include additional treatment of PFAS-impacted soils above the zone where SourceStop will be applied (i.e., the bottom interval of a PFAS source treatment volume). This test does not account for additional source treatment and instead simulates an extreme condition of highly concentrated PFAS leaching from untreated, ground surface/shallow soils through the vadose zone to a hypothetical groundwater surface. As performed, the retardation effects of a typical activated carbon application were isolated from any additional soil/surface treatments likely to be conducted.

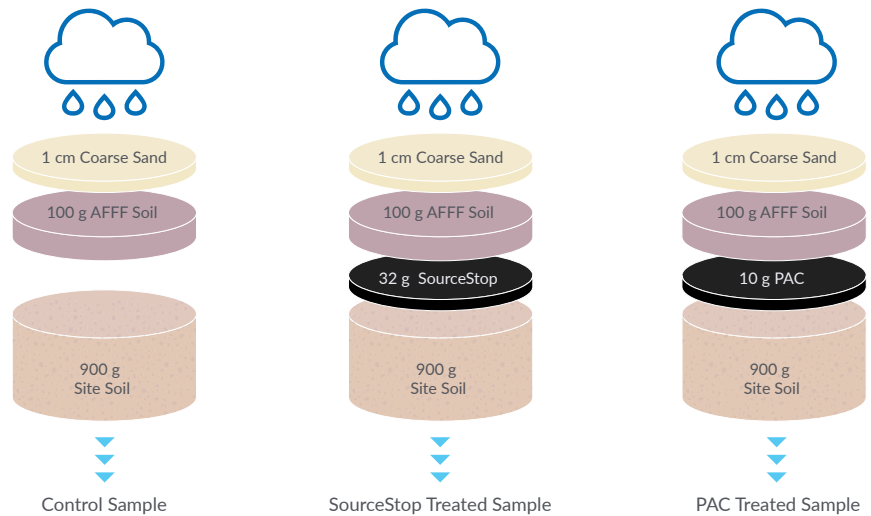
All soils used in the experiment were 'native,' collected from an area of a project site slightly impacted by AFFF. The soils were sieved to remove material larger than 2 mm.

Cumulative leaching rates for activated carbon treated cells (SourceStop/PAC) and an untreated control cell were determined according to the following experimental setup and as illustrated in [Figure 1](#):

Figure 1

Diagram of Control, SourceStop, and PAC Test Configuration

Soil setup for control, SourceStop and PAC treated test. Both SourceStop and PAC treated cells received 10 g of net carbon weight.



- Each test cell was filled with 900 grams (g) of site soil slightly impacted by AFFF. The total extracted PFAS concentration for this site soil was 25.2 nanograms per gram (ng/g).
- In the SourceStop treatment cell, 32 g of CAC were spray-applied evenly on the site soil. No SourceStop was applied to the control cell.
- In the PAC treatment cell, 10 g of PAC (same net carbon weight as SourceStop-treated cell) were applied on top of the site soil.
- High concentration PFAS soil was prepared by spiking site soil with a legacy C8-based AFFF concentrate. The total extracted PFAS concentration was 14,554-25,107 ng/g, approximately 600-1,000 times more highly concentrated than the native site soil.
- 100 g of the AFFF-spiked soil was added to the top of the control, SourceStop treated, and PAC treated cells.
- Approximately one centimeter (cm) of coarse silica sand was placed on top of the AFFF-spiked soil for these three tests to ensure the simulated rainwater feed was distributed evenly across the soil during precipitation.
- Synthetic Precipitation Leaching Procedure (SPLP) solution (pH=5, per EPA SW846 Method 1312 established protocol). [Reference 2](#) was applied to each test cell at a rate of approximately 8.5 mm/hour, [Footnote 1](#) for two-hour intervals, at a frequency of three times weekly. The total simulated rainfall for the test duration was approximately 102 inches.
- Samples were collected and analyzed for PFAS from the effluent leaching beneath each test cell. All effluent samples were sent for PFAS analysis per EPA 537 LC/MS/MS Method (Eurofins, Lancaster). In the SourceStop cell, black-colored water was observed until up to 75 inches of cumulative precipitation. Approximately 86% spray-applied CAC was retained on the soil of the SourceStop test cell as determined from the carbon concentrations in the effluent samples. Centrifugation was performed to remove the small amounts of suspended carbon from these samples prior to shipping. The effluent from both the control test cell and PAC treated cell remained clear throughout the experiment.
- Sample results were plotted for the three test cells comparing cumulative leaching percentage from the spiked soil cells vs. cumulative precipitation.

1. With 8.5 mm/hr rainfall, it is defined as "very heavy rain" by USGS. (Rainfall calculator, metric-How much water falls during a storm? USGS Water Science School). Since the simulating rainfall shows slightly different precipitation rate each time, sometimes it can be only 8 mm/hr, which is defined as "heavy rain" by USGS. Hence, "heavy/very heavy rain" is used throughout this Technical Bulletin.

SECTION 4.0

Results and Discussion

Effluent samples from the entire soil zone were collected and analyzed for PFAS concentrations throughout the experiment. The effluent samples collected from beneath the control, SourceStop-treated, and PAC-treated cells represent the amount of vertical PFAS migration through the vadose zone to a hypothetical groundwater surface at the effluent collection point.

The leaching percentages of perfluorooctanoic acid (PFOA), perfluorobutane sulfonic acid (PFBS), and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from AFFF-impacted soil during heavy/very heavy rain events are shown on [Figure 2](#). PFOA, PFBS, and PFOS are given specific attention since:

- the USEPA is moving forward to have PFOA and PFOS maximum contaminant levels (MCLs) for drinking water,
- only PFOA, PFBS, and PFOS are available for calculating USEPA Regional Screening Levels (RSLs) in tap water and soil,
- these three PFAS compounds have notification levels in groundwater under the National Defense Authorization Act, and
- the USEPA is poised to add PFOA, PFOS, and PFBS (plus GenX) as Hazardous Constituents under the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA). [Footnote 1](#)

1. *8 Basis of Regulations – PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances (itrcweb.org); GenX is not commonly detected in AFFF-impacted areas. Therefore, GenX is not discussed here.*

SECTION 4.1

Leachability Results for PFOA, PFBS, and PFOS

The cumulative leaching of PFOA, PFBS, and PFOS from AFFF-impacted soil during simulated rainfall is shown in [Figure 2](#). Almost all PFOA, PFBS, and PFOS added to the upper 100 g soil layer leached out from untreated soil as the cumulative leaching percentages are 131%, 101.7%, and 91.2%, respectively. [Figure 2A](#) Over 100% cumulative leaching from control was observed for PFOA, and it could be attributed to additional PFOA mass loading from the bottom 900 g layer of native site soil.

Once applying the AC layer beneath the high PFAS-containing soil, the cumulative leaching of PFOA, PFBS, and PFOS significantly reduced. [Figure 2B](#)

The cumulative leaching of PFOA, PFBS, and PFOS from PAC-treated soil is 6.7%, 7.5%, and 3.1%, respectively, during the simulated 102-inch precipitation. When using micron-sized CAC (i.e., SourceStop), the leachability dropped more than 1 order of magnitude for PFOA, PFBS, and PFOS to 0.2%, 0.6%, and 0.05%, respectively. It suggests the rapid sorption process provided by CAC, which can be critical to retain leaching PFAS from the source during extreme rain events.

Both AC adsorbents show similar sorption affinity to different PFAS compounds. For the three discussed compounds, the leaching percentage from high to low is PFBS, PFOA, and PFOS from both AC-treated cells. It suggests AC-based adsorbent tends to adsorb PFAS with longer fluorinated chain length (PFBS vs. PFOS) [Footnote 1](#) and PFAS with sulfonic acid over with carboxylic acid (PFOA vs. PFOS). [Footnote 2](#) Since some legacy AFFF is mainly composed by PFAS with sulfonic acids, especially PFOS, our results demonstrate using AC sorbents is a promising approach to remediate AFFF-impacted sites.

1. PFBS has 4 fluorinated carbons and PFOS has 8 fluorinated carbons.

2. PFOA has carboxylic acid functional group and PFOS has sulfonic acid functional group.

Figure 2A

Cumulative leaching percentages of PFOA, PFBS, and PFOS as a function of cumulative precipitation from a) control and b) AC-treated tests

—●— PFOA
—▲— PFBS
—■— PFOS

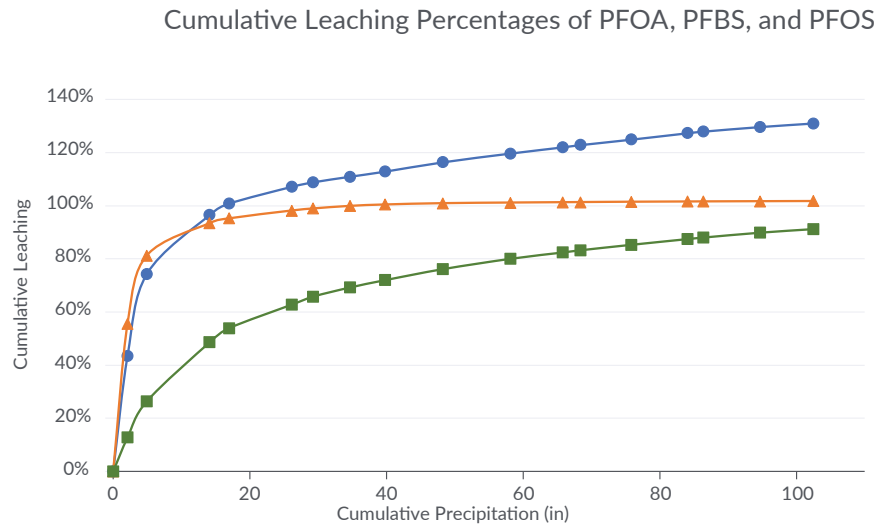
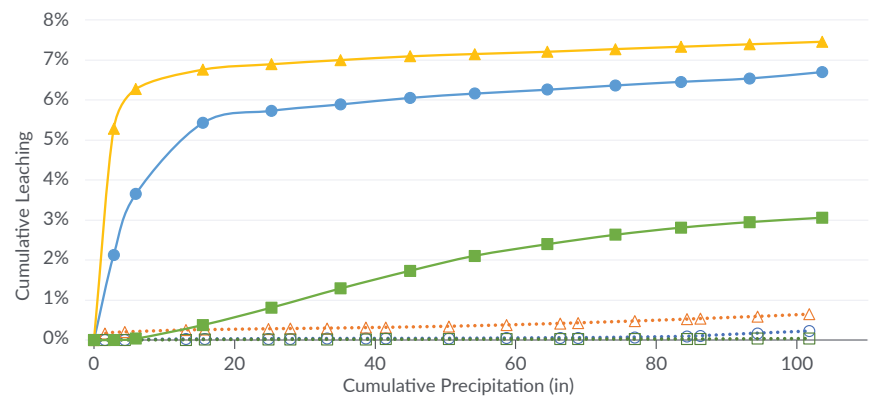


Figure 2B

—●— PFOA-SourceStop
—●— PFOA-PAC
—▲— PFBS-SourceStop
—▲— PFBS-PAC
—■— PFOS-SourceStop
—■— PFOS-PAC



SECTION 4.2

Leachability Results for total PFAS

The cumulative total PFAS leaching percentage from AFFF-impacted soil throughout the experiment is illustrated in [Figure 3](#). The total cumulative PFAS leached percentage from the control was 97.7%, resulting in very little PFAS retained on the native site soil during the simulated heavy/very heavy rain events.

Similar to what was observed for the three representative PFAS in [Section 4.1](#), the applied AC layers blocked most leaching PFAS migrating into downgradient. After 102 inches of precipitation, total PFAS leaching was 0.3% from the SourceStop treated cell, while it was 3.6% with PAC applied layer. The one order of magnitude lower of total PFAS leachability from SourceStop treated soil emphasizes the advantage of CAC over PAC. Less than 1% total PFAS leaching demonstrates that SourceStop successfully retained almost all of the PFAS mass in the vadose zone during the simulated extreme rainfall.

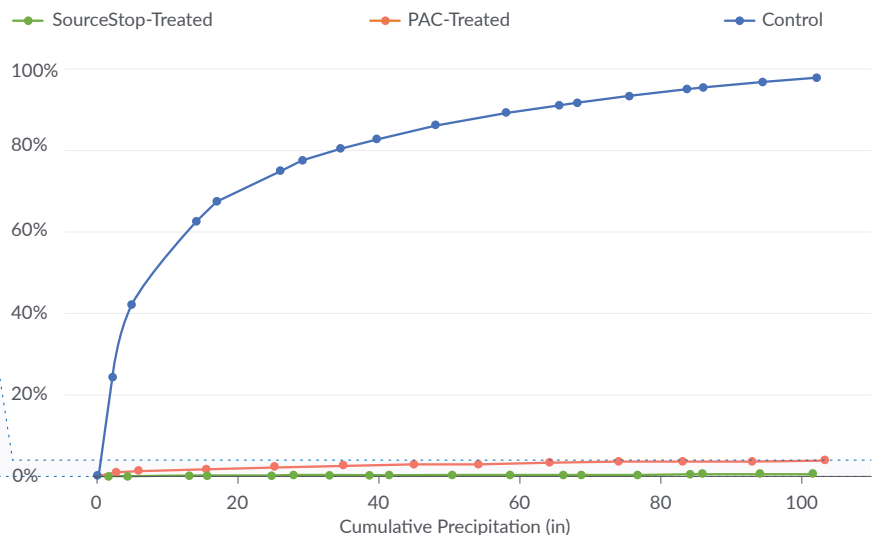
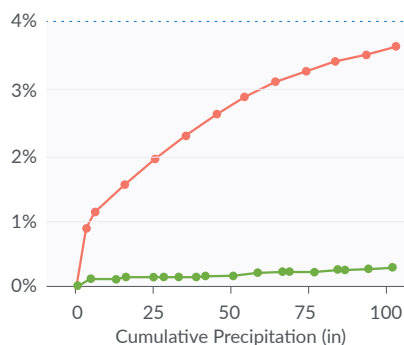
As mentioned in [Section 3.0](#), the effluent from SourceStop-treated cell turned black-ish to clear after 75-inch precipitation. Based on the measured carbon concentrations in the effluent, it implies that 86% of the sprayed CAC was retained in the vadose zone. No significant change on PFAS leaching from SourceStop-treated soil during 75 to 100 inches precipitation, suggesting that the retained CAC can keep adsorbing the leaching PFAS effectively.

Figure 3

Cumulative Leaching Percentages of Total PFAS

Cumulative leaching percentages of total PFAS as a function of cumulative precipitation from control, PAC, and SourceStop treated tests. The figure inside is the zoom-in for PAC and SourceStop-treated tests.

Cumulative Leaching



SECTION 5.0

Summary & Conclusion

PFAS leaching from AFFF-impacted soil during heavy/very heavy rain events and the performance of AC layer beneath the source zone were evaluated. The role of carbon size on adsorbing leaching PFAS via the AC layer was tested by using PAC and CAC. Our 102-inch simulated precipitation experiments show:

1. The laboratory experiment indicates that untreated, naturally occurring soils encountered at most sites will readily leach PFAS when exposed to precipitation. Almost all spiked PFAS (97.7%) leached out in this rainfall experiment, including PFOA and PFBS.
2. Applying AC layer beneath the PFAS source zone significantly reduced PFAS migrating downgradient.
3. By reducing AC size more than 100 times, the micron-sized CAC provide stronger barrier to reduce PFAS leaching into downgradient. Given by CAC advantages, SourceStop rapidly sorbs PFAS and the total PFAS leaching was 0.3% after 102 inches heavy/very heavy rain events. This leaching through the vadose zone was one orders of magnitude lower compared to PAC.
4. For the three specially concerned PFAS compounds, sorption affinity provided by AC from high to low is PFOS, PFOA, and PFBS. This suggests that AC is a promising technology for AFFF cleanup works because PFOS can be the dominant PFAS in AFFF formula.
5. 86% of sprayed CAC retained in the vadose zone under extreme precipitation conditions, and the retained carbon can keep adsorbing leaching PFAS. It indicates that the majority of applied SourceStop is able to build up a reliable horizontal barrier to prevent PFAS leaching into saturated zone.

This test shows how SourceStop can be effectively applied as a basal source zone treatment to minimize PFAS leaching from the soil, creating a powerful *in situ* horizontal barrier to protect underlying groundwater. Applying SourceStop beneath the AFFF-impacted source zone, the micron-sized carbon adsorbed PFAS rapidly, severely restricting their leaching to the simulated groundwater surface compared to the native

SourceStop applications will be completed with further PFAS immobilization or soil stabilization amendments above a SourceStop-treated layer. Additionally, in many cases, these source zone treatments will be incorporated with vertically emplaced PlumeStop permeable reactive barrier(s) downgradient of the source zone to prevent the horizontal migration of PFAS in groundwater. These remedies, in combination, provide unmatched protection against human and environmental exposure risks associated with PFAS source zones.

SECTION 6.0

References

1. McGregor, R., Six pilot-scale studies evaluating the *in situ* treatment of PFAS in groundwater. Remediation Journal, 2020. 30(3): p. 39-50
2. Interstate Technology and Regulatory Council. Enhanced Attenuation – Fact Sheet. Published online November 28, 2005.
3. US EPA O. SW-846 Test Method 1312: Synthetic Precipitation Leaching Procedure. Published December 8, 2015. Accessed April 15, 2022. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1312-synthetic-precipitation-leaching-procedure>
4. 8 Basis of Regulations – PFAS – Per- and Polyfluoroalkyl Substances (itrcweb.org);



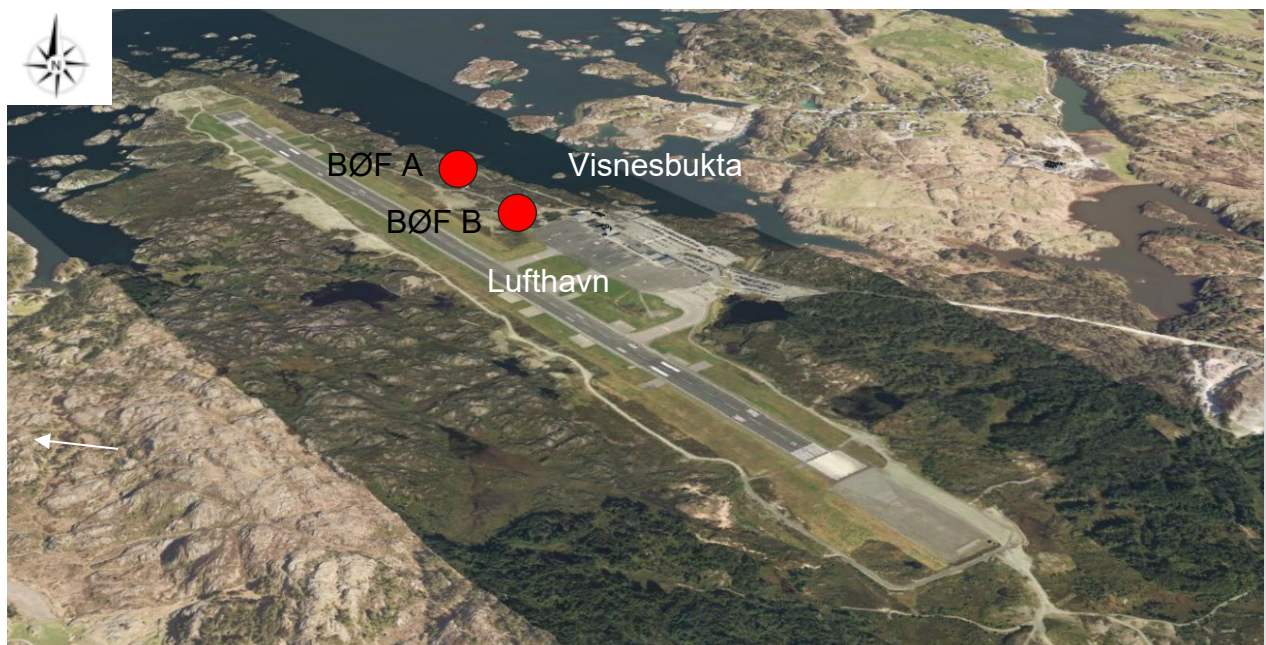
Vedlegg F – Rapport drikkevannsundersøkelse

AVINOR

PFAS I DRIKKEVANN – FASE 3 – VURDERING AV
BEHOV FOR VIDERE KARTLEGGING

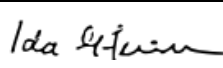
HAUGESUND LUFTHAVN, KARMØY

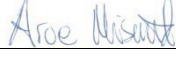
FAGRAPPOR



(<http://3d.kommunekart.com>, 2021)

DOKUMENTINFORMASJON

TITTEL:	Kartlegging av private drikkevannsbrønner og kommunal vannforsyning med fokus på PFAS – Fase 3		
	Haugesund lufthavn, Karmøy		
COWI-KONTOR:	Flekkefjord		
OPPDRAG NR:	A232698	Rapportnummer	RAP_232698_019
UTGIVELSESDATO:	30.09.22	Antall sider:	18
TILGJENGELIGHET:		Antall vedlegg:	1
UTARBEIDET:	Ida Martine Jensen	Sign.	
KONTROLLERT:	Arve Misund	Sign.	
GODKJENT:	Arve Misund	Sign.	
OPPDRAGSGIVER:	Avinor	Oppdragsgivers kontaktperson:	Asbjørn Rasdal
STIKKORD:	Lufthavner, drikkevann, grunnvann, brønner, vannforsyning, PFAS		

RAPPORT VERSJON:	DATO:	SIGNATUR:
1	05.01.2022	
2	27.01.2022	
3	30.09.2022	

INNHold

Sammendrag	4
1 Bakgrunn for utredningen	5
2 Lokalitetsbeskrivelse	7
3 Forurensningskilder	8
3.1 Brannøvingsfelt	8
3.2 Andre kilder	8
4 Berggrunn og løsmasser	9
5 Avrenning	10
6 Drikkevann	12
7 Prøvetakingsprogram	14
8 Resultat	15
9 Vurderinger	16
10 Referanser	17

Sammendrag

Avinor har gitt COWI i oppdrag å kartlegge om tidligere eller pågående aktivitet ved 31 lufthavner har ført til PFAS forurensning av drikkevannet. I dette prosjektet er det vurdert om det i nærheten av lufthavnene ligger private og/eller kommunale drikkevannskilder.

Ved Haugesund lufthavn er det påvist følgende kilder hvor det kan være forurensning av PFAS-forbindelser:

- › BØF A (aktivt)
- › BØF B (ikke aktivt)

Basert på beregnet årlig utlekking av PFOS er miljørisiko vurdert som høy (sårbarhetsklasse 3).

Basert på den innhentede informasjonen er ikke alle boliger innenfor området tilkoblet det kommunale vannledningsnett som henter vann fra en overflatekilde i god avstand fra lufthavnen. Det registreres tre eiendommer med private drikkevannsbrønner innenfor markert området for mulig påvirket. Det ble derfor, basert på avstand og eventuell forurensning via luft, anbefalt å utarbeide et prøvetakingsprogram for å kontrollere om det er PFAS i drikkevannet i tre brønner på eiendommene sørvest og øst for brannøvingsfeltene, i tillegg til Grodvatnet.

Prøvetakingen ble gjennomført av COWI i uke 50. Resultater fra prøvetakingsprogrammet viser at det er funnet PFAS-forurensning i Grodvatnet og i drikkevannsbrønn på gårds og bruksnr. 77/1 og 77/8 vest for rullebanen. Ved gårds og bruksnr. 79/68 øst for rullebanen er det ikke påvist PFAS i brønnvannet.

På grunnlag av funnene i november 2021 ble det besluttet å ta nye prøver. Resultater av prøver tatt sommeren 2022 viser en økning fra Σ PFAS 0,88 ng/l til 5,0 ng/l ved gårds og bruksnr. 77/1 og en økning fra Σ PFAS 6,8 ng/l til 24 ng/l ved gårds og bruksnr. 77/8.

1 Bakgrunn for utredningen

Miljødirektoratet har i pålegg, datert 14. mai 2020, gitt Avinor pålegg om å undersøke PFAS-forurensning i drikkevann ved alle relevante lufthavner. Avinor har tidligere gjennomført en samlet vurdering av PFAS forurensning ved 39 av sine lufthavner, blant annet Haugesund lufthavn, Karmøy (Norconsult, 2019a og 2019b). Dette er gjort i tre deler;

- › Del 1 omfatter rapportering fra utførte kartlegginger ved lufthavnene
- › Del 2 omfatter en vurdering av mulige tiltak for PFAS-forurensset grunn, samt beregning av kostnad for å gjennomføre tiltak og prioritering av forurensede lokaliteter basert på kost/effekt
- › Del 3 er en separat vurdering av risikoen for lokale effekter grunnet forurensning.

I sårbarhetsvurderingen i Del 3 blir drikkevannskilder nær lufthavna vurdert (Norconsult, 2019b). Oppsummering fra denne vurderingen er at det ikke er noen kjente drikkevannskilder <1 km fra noen av brannøvingsfeltene og sårbarhetsnivået ved Haugesund lufthavn er derfor satt som lav (sårbarhetsklasse 1). Forklaring til sårbarhetsnivå er gitt i Tabell 1. Her er sårbarheten primært vurdert ift. om drikkevannskilden ligger nedstrøms brannøvingsfeltet (BØF). Ettersom det kun er tatt hensyn til brønner registrert i NGUs brønn database og Mattilsynets WMS-tjeneste i denne kartleggingen er ikke eldre og private drikkevannsbrønner nødvendigvis fanget opp.

Tabell 1 Risiko- og sårbarhetsmatrise for lokale effekter av Sum PFAS/PFOS

MILJØRISIKO				SÅRBARHET			
RISIKO	Omfang av utlekking* (ΣPFAS/PFOS)	Eksisterende belastning i biota** (ΣPFAS/PFOS)	SÅRBARHET	Drikkevannskilder	Sårbart naturmiljø	Vannforekomst /resipient	Rekreasjon og næringsvirksomhet
Lav (1)	≤ 3 g/år.	Gen. Biota: < 9,1 µg/kg. Fiskefilet: < LOQ.	Lav (1)	Nærmeste registrerte drikkevannskilde ligger > 1 km nedstrøms BØF og/eller sårbarhet vurdert som lav på bakgrunn av analyseresultater.	Sårbart naturmiljø/verneområder ligger >1 km nedstrøms BØF.	Hav/ åpen sjø.	Fiskeplasser, badeplasser, oppdrettsanlegg m.m. ligger >1 km nedstrøms BØF.
Moderat (2)	> 3-100 g/år.	Gen. Biota: > 9,1 - 33 µg/kg. Fiskefilet: > LOQ - 5 µg/kg.	Moderat (2)	Nærmeste drikkevannskilde ligger 1000 - 500 m nedstrøms BØF og/eller sårbarhet vurdert som moderat på bakgrunn av analyseresultater.	Sårbart naturmiljø/verneområder ligger 1000 - 500 m nedstrøms BØF.	Fjordarm/ elv/ stor innsjø.	Fiskeplasser, badeplasser, oppdrettsanlegg m.m. ligger 1000 - 500 m nedstrøms BØF.
Høy (3)	> 100-500 g/år.	Gen. Biota: > 33 - 500 µg/kg. Fiskefilet: > 5 - 9,1 µg/kg.	Høy (3)	En eller flere drikkevannskilder 500 - 200 m nedstrøms BØF og/eller sårbarhet vurdert som høy på bakgrunn av analyseresultater.	Sårbart naturmiljø/verneområder ligger 500-200 m nedstrøms BØF.	Middels innsjø/ middels bekk.	Fiskeplasser, badeplasser, oppdrettsanlegg m.m. ligger 500-200 m nedstrøms BØF.
Svært høy (4)	> 500 g/år.	Gen. Biota: > 500 µg/kg. Fiskefilet: > 9,1 µg/kg.	Svært høy (4)	En eller flere drikkevannskilder ≤ 200 m fra BØF og/eller sårbarhet vurdert som svært høy på bakgrunn av analyseresultater.	Sårbart naturmiljø/verneområder ligger ≤ 200 m fra BØF.	Liten innsjø/ liten bekk.	Fiskeplasser, badeplasser, oppdrettsanlegg m.m. ligger ≤ 200 m fra BØF.

I denne sammenhengen er COWI engasjert av Avinor for en videre avklaring av om det er fare for forurensning av drikkevann fra brannøvingsfeltene eller andre kilder.

Metodikk

Undersøkelsen skal gjøres i tre faser.

- › **Fase 1: Vurdere behov for videre kartlegging**
- › **Fase 2: Utarbeide prøvetakingsprogram for drikkevann om vurdert som nødvendig i fase 1**
- › **Fase 3: Gjennomføre prøvetaking i henhold til program**

I Fase 1 er det først gjort en vurdering av hvor stort område som potensielt kan være påvirket av brannskum, enten via brannøving, test av kanoner eller vask av kjøretøy. I tillegg til påvirkning av områder som ligger nedstrøms brannøvingsfelt vil spredning av brannskum via luft (særlig i sterk vind) kunne nå områder som ligger oppstrøms, til side for BØF eller ved enden av rullebane hvor det kan ha foregått test av skumkanoner. Vurderingene er derfor gjort for eiendommer innen en radius på opptil ca. 1 km fra BØF eller enden av rullebanen. Det er gjort vurderinger av lokale forhold som bosetning og topografi. Kart med avmerket område er sendt til Avinor som har sendt tilbake en liste med gårds- og bruksnummer for eiendommer innenfor det avmerkede området. Kart med avmerket område er sendt til kommunen for å undersøke om det er eiendommer innenfor området som ikke har kommunal vannforsyning. Det er også hentet grunnlagsinformasjon i bl.a. NGUs brønndatabase.

For å vurdere avrenningsmønster rundt lufthavnen er det brukt Scalgo Live som er et nettbasert verktøy som modellerer avrenning basert på lavpunkter i terrenget. Detaljgraden kan styres ved å velge størrelsen på området som vurderes. I denne rapporten er det valgt en detaljgrad tilpasset et areal på ca. 1000 m².

Dersom det er eiendommer som har privat vannforsyning, og disse vurderes å være innenfor området som kan være påvirket tas det kontakt med grunneier for å avklare hvilke type vannforsyning de bruker (overflatevann eller grunnvann). Det sjekket også om det finnes informasjon fra tidligere undersøkelser angående vannkvalitet og strømningsretninger i løsmasser og fjell. Dersom det er aktiv bruk av vannforsyningen avtales det for uttak av vannprøver.

Det kan også være tilfeller av eiendommer som er tilknyttet kommunal vannforsyning, men som i tillegg bruker bekkevann og brønnvann. Dette er trolig mest aktuelt på gårdsbruk ifm. vanning og drikkevann for dyr. Dette må også tas med i vurderingen mht. mulig forurensning av drikkevann.

2 Lokalitetsbeskrivelse

Haugesund lufthavn, Karmøy ligger på Karmøy, omtrent 10 km sør for Haugesund sentrum (Figur 1). Lufthavnen ligger ca. 20 m over havet og grenser til sjø langs rullebanen i nordvest, nord og i nordøst. BØF A og BØF B ligger på øst for midtre del av rullebanen, mellom rullebane og sjø.



Figur 1 Lokalisering av Haugesund lufthavn (Norgeskart, 2021).

3 Forurensningskilder

3.1 Brannøvingsfelt

Det ligger to brannøvingsfelt (BØF A og BØF B) i tilknytning til lufthavnen (se Figur 1).

Brannøvingsfeltene ligger øst for den midtre delen av rullebanen og grenser mot sjø. BØF A benyttes i dag til brannøving 1 – 1,5 dager per måned. BØF B ble brukt frem til BØF A ble etablert i 2004. Brannøvingsfelt A ligger på 14-15 moh.

Beregnete gjenværende mengder PFOS i BØF B er 6 100 g (Norconsult, 2019a).

Beregnete stoffutslipp fra brannøvingsfeltene er totalt 53 g/år for PFOS (2-3 g/år fra BØF A og 50 g/år fra BØF B) og 110 g/år Σ PFAS fra BØF A. I tillegg til påvist PFOS konsentrasjon ved brannøvingsfeltene er det påvist lave konsentrasjoner ved et søppeldeponi og et snødeponi. Basert på beregnet årlig utlekking er miljørisiko vurdert som høy (3) (Norconsult, 2019b).

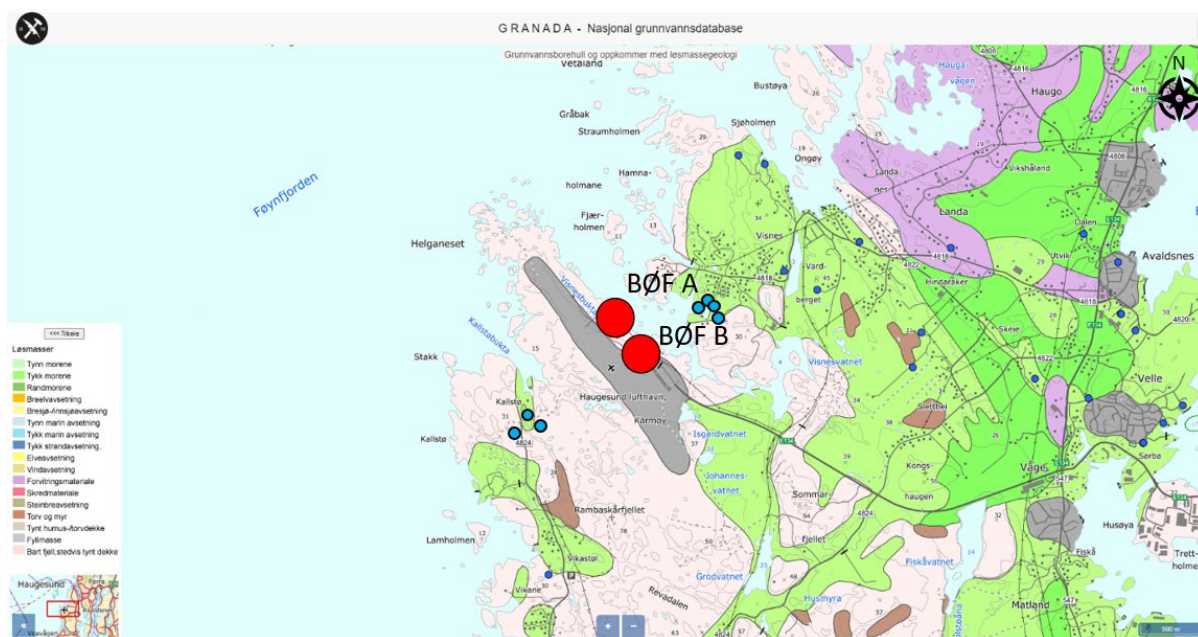
3.2 Andre kilder

Det er ikke registrert andre lokaliteter med PFAS-forurensning ved Haugesund lufthavn.

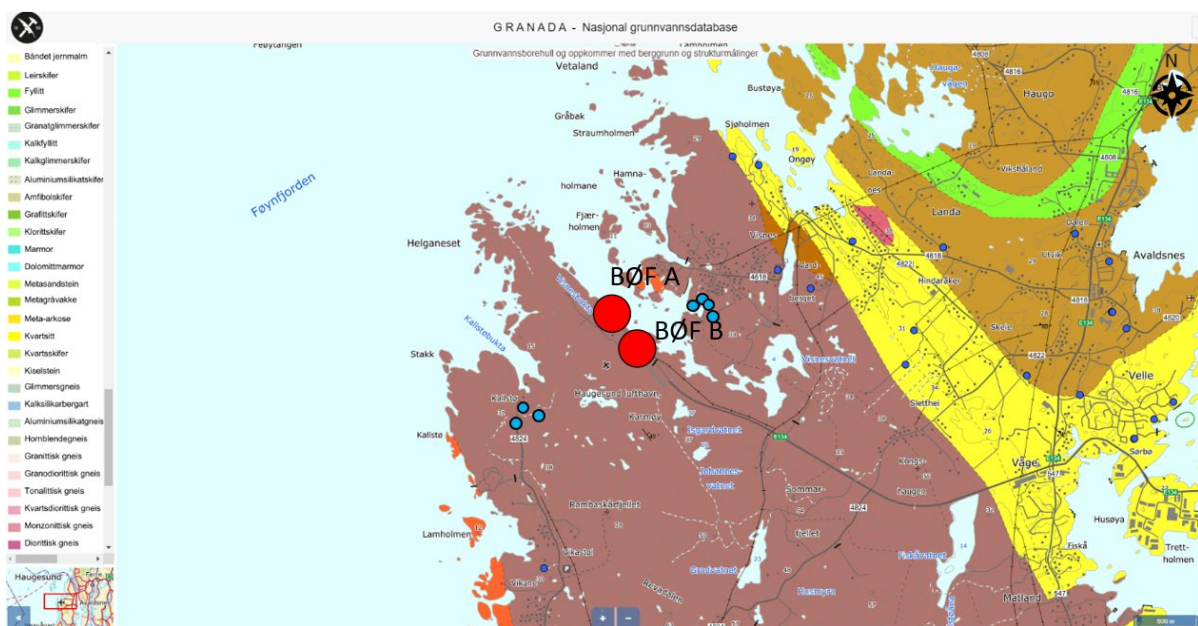
4 Berggrunn og løsmasser

Løsmasser i det aktuelle området ved lufthavnen er dominert av fyllmasser av stein over fjell, se Figur 2. Massene ved brannøvingsfeltene er beskrevet som oppfylling av sand, grus og pukk (Norconsult, 2019a).

Berggrunnen i det aktuelle området ved lufthavnen er dominert av Gabbro, se Figur 3. Det er ingen markerte svakhetssoner i berggrunnen nær lufthavnen.



Figur 2 Løsmassekart viser at området ved lufthavnen består av fyllmasser og fjell (www.ngu.no). Brønn (blå).



Figur 3 Berggrunnskart. Brun farge: Gabbro, gul farge: Sandstein (www.ngu.no). Brønn (blå).

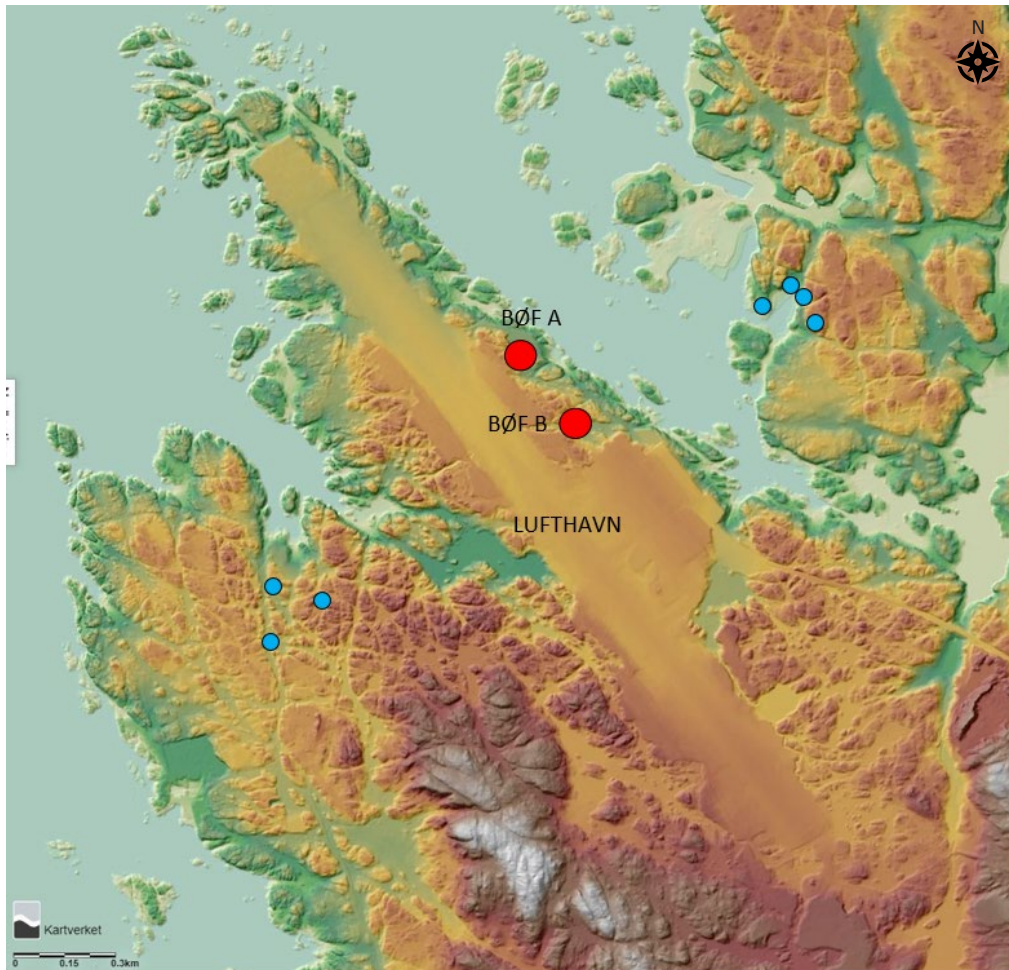
5 Avrenning

I Scalgo Live er det gjort en vurdering av lokale nedbørsfelt ved lufthavnen og hvordan avrenningen er. Som det fremgår av Figur 4 vil begge brønningsfeltene i det alt vesentlige ha avrenning mot bekk og ut i Visnesbukta.

I Figur 5 er det vist høydedata for området ved lufthavnen. Høydevariasjon i terrengmodellen beskrives ved at fargene viser høyde over havet, jo mørkere farge jo høyere over havet. Som det fremgår av figuren ligger lufthavnen høyt over havet (ca. 14-24 moh.) og vil dermed ikke bli påvirket av tidevann.



Figur 4 Avrenning fra lufthavn mot sjø (Scalgo Live, 2021). BØF (rød). Brønn (blå).



Figur 5 Terrengformasjoner (Høydedata, 2021). BØF (rød). Brønn (blå).

6 Drikkevann

Avmerking av antatt området for mulig påvirkning rundt Haugesund lufthavn, Karmøy vises i Figur 6. Metodebeskrivelse for avgrensning av mulig påvirket området er gitt i kap.1.

Alle boliger i markert område er tilkoblet det kommunale vannledningsnettet eller tar med seg vann til boligen, med unntak av tre eiendommer. På gårds og bruksnr. 77/1, 77/8 og 79/68 er det registrert drikkevannsbrønner som er i bruk. Informasjon om brønnene vises i Tabell 2.

Bolig på gårds og bruksnr. 79/92 er tilkoblet det kommunale vannledningsnettet i tillegg til å ha egen brønn på eiendommen. Brønnen har ikke vært i bruk de siste 30 årene og det er usikkert om den skal tas i bruk i fremtiden. Grunneier ønsker likevel å bli informert dersom det påvises PFAS forurensning i brønn like ved.

Det er ikke kjent om det er drikkevannsbrønn på gårds og bruksnr. 77/9 og 79/69. Det har ikke lyktes å komme i kontakt med grunneiere.



Figur 6 Antatt område for mulig påvirkning er vist med stiplet linje og plassering av brønn med en blå sirkel (Norgeskart, 2021). BØF (rød).

Tabell 2 Innhentet informasjon fra grunneiere

Gårds/bruksnr	UTM sone	ØV	NS	Totalt dyp av brønn (m)	Borediameter (mm)	Boredato	Type	Bruk
77/1	32 V	283781	6584243	5	1000	1826	Løsmasse	Husholdning
77/8	32 V	284007	6584148	5	1000	Ukjent	Løsmasse	Husholdning
79/68	32 V	285296	6585046	1.5	1000	1930	Løsmasse	Fritidsbolig

Kommunal vannforsyning i det aktuelle området kommer fra overflatevann med vannkilden Brekkevatn. Overflatekilden ligger med god avstand fra BØF (>1 km).

7 Prøvetakingsprogram

Basert på innhentet informasjon i Fase 1 og at det er aktiv bruk av vannforsyningene skal det utarbeides et prøvetakingsprogram for å undersøke om det er PFAS i drikkevannet på gårds og bruksnr. 77/1, 77/8, 79/68 og Grodvatnet, se Figur 7. Det går beitedyr i områder sør for lufthavnen og Grodvatnet er derfor inkludert i prøvetakingen. Under prøvetakingsrunden skal det undersøkes om det er drikkevannsbrønn på gårds og bruksnr. 77/9 og 79/69.

Prøvene tas fra vannkran og analyseres for PFAS ved akkreditert laboratorium, Eurofins. På gårds og bruksnr. 79/68 tas vannprøven direkte i brønn.

Drikkevannet prøvetas av COWI i uke 50.



Figur 7 Oversikt over prøvetaking. Brønn (blå). BØF (rød).

8 Resultat

Tabell 3 viser resultater etter prøvetaking av drikkevann ved Haugesund lufthavn. Eierne av gårds og bruksnr. 77/9 og 79/69 var ikke hjemme under prøvetakingsrunden, og det ble dermed ikke undersøkt eventuelle drikkevannsbrønner.

Det er påvist PFAS-forurensning i drikkevannsprøve tatt på gårds og bruksnr. 77/1, 77/8 og i Grodvatnet. Det er ikke funnet PFAS-forurensning i drikkevannsprøve tatt på gårds og bruksnr. 79/68.

På gårds og bruksnr. 77/1 ble det i november 2021 påvist Σ PFAS lik 0,88 ng/l. I ny prøve 31. mai 2022 ble det påvist Σ PFAS lik 5 ng/l, hvorav 1,5 ng/l PFHxS, 0,33 ng/l PFHxA, 0,37 ng/l PFHpA, 0,65 ng/l PFOA og 0,63 ng/l PFOS.

På gårds og bruksnr. 77/8 er det påvist 0,69 ng/l PFBA, 0,99 ng/l PFHxS, 0,35 ng/l PFHxA, 0,57 ng/l PFHpA, 2,8 ng/l PFOA og 1,4 ng/l PFOS. I ny prøve 21. september 2022 ble det påvist Σ PFAS lik 24 ng/l, hvorav 3,3 ng/l PFBA, 1,9 ng/l PFHxS, 2,0 ng/l PFHxA, 2,3 ng/l PFHpA, 9,4 ng/l PFOA og 2,6 ng/l PFOS.

I Grodvatnet er det påvist 0,66 ng/l PFOA og 0,49 ng/l PFOS, i tillegg til konsentrasjoner av PFBS, PFBA, PFHxS, PFHpA og PFPeA.

Tabell 3 Σ PFAS i drikkevannsprøver ved Haugesund lufthavn. ND: not detected (ikke påvist).

Haugesund lufthavn				
Navn	Enhet	Sum PFAS		
		15.12.21	31.05.22	21.09.22
ENHD-DV-77/1	ng/l	0.88	5.0	
ENHD-DV-77/8		6.8		24
ENHD-DV-79/68		ND		
ENHD-DV-Grodvatne		3.8		
ENHD-DV-77/7	Ikke drikkevann her			

9 Vurderinger

Det er tre kjente drikkevannskilder innenfor en avstand av ca. 1 km fra BØF. Det ble anbefalt å utarbeide et prøvetakingsprogram for å undersøke om det er PFAS i drikkevannet. Det går beitedyr i områder sør for lufthavnen og det ble derfor anbefalt å inkludere Grodvatnet i prøvetakingen.

Resultater fra overvåkingsprogrammet ved Haugesund lufthavn viser at det er funnet PFAS-forurensning i Grodvatnet og i drikkevannsbrønn på gårds og bruksnr. 77/1 og 77/8. Ved gårds og bruksnr. 79/68 er det ikke påvist PFAS i brønnvannet.

Det er enda ukjent om det er drikkevannsbrønner på gårds og bruksnr. 77/9 og 79/69. På gårds og bruksnr. 77/9 ligger det en hytte. Bolig på gårds og bruksnr. 79/69 ligger like ved drikkevannskilden hvor det ikke er påvist PFAS-forurensning og man kan dermed anta at eventuell brønn på eiendommen ikke er påvirket av PFAS-forurensning fra brannøvingsfeltene.

På grunnlag av funnene i november 2021 ble det besluttet å ta nye prøver. Resultater av prøver tatt sommeren 2022 viser en økning fra Σ PFAS 0,88 ng/l til 5,0 ng/l ved gårds og bruksnr. 77/1 og en økning fra Σ PFAS 6,8 ng/l til 24 ng/l ved gårds og bruksnr. 77/8.

10 Referanser

Høydedata. 2021. <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>. 2021.

NGU Granada. 2021. http://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/. 2021.

Norconsult. 2019a. *Rapportering for del 1 og del 2 av Miljødirektoratets pålegg: «samlet vurdering av PFAS-forurensing ved Avinors lufthavner»*. Oppdrags nr. 5185352 . 2019a.

—. **2019b.** *Rapportering for del 3 av Miljødirektoratets pålegg: «samlet vurdering av PFAS-forurensing ved Avinors lufthavner. Vurdering av lokale effekter»*. Oppdrags nr. 5185352. 2019b.

Norgeskart. 2021. <https://www.norgeskart.no>. [Internett] 2021.

Scalgo Live. 2021.

https://scalgo.com/live/norway?res=2&ll=17.389974%2C68.436292&lrs=geonorge_norgeskart%2Cnorway%2Fnorway%3A3006%3Arain%3Aflooded-edgeflow-dfs%3Adtm1%2Cnorway%2Fnorway%3A3006%3Arain%3Aflooded-edgeflow%3Adtm1&tool=watershed&watershed=6.769869%2C58.274635&Flo. 2021.

Vedlegg 1 – Analyseresultat

Avinor AS
Postboks 150
Edvard Munchs vei
2061 GARDERMOEN
Attn: Ingvild Helland

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2021-12210571	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-77/1	Analysestartdato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	<0.60	ng/l	0.6		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.48	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	0.40	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS (SLV 11)	0.88 ng/l	0.2	DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS	0.88 ng/l	0.2	DIN38407-42 mod.

Prøvenr.:	439-2021-12210572	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-77/8	Analysedato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	0.69	ng/l	0.6	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	0.57	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	0.35	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.99	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	2.8	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	1.4	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS (SLV 11)	6.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS	6.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Prøvenr.:	439-2021-12210573	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-79/68	Analysestartdato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	<0.60	ng/l	0.6		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorononansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	<0.20	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoronansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS (SLV 11)	nd				DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS	nd				DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Prøvenr.:	439-2021-12210574	Prøvetakingsdato:	15.12.2021		
Prøvetype:	Overflatevann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-Grodvatnet	Analysestartdato:	21.12.2021		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	1.3	ng/l	0.6	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	0.33	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	0.34	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	0.38	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorononansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	0.66	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	0.49	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	0.31	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorononsulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS (SLV 11)	3.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.
a)* Sum PFAS	3.8	ng/l	0.2		DIN38407-42 mod.

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping

a) Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1977,

Kopi til:**Tegnforklaring:**

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Miljø (miljo@avinor.no)
Vannmiljø (vannmiljo@avinor.no)
Arve Misund (armi@cowi.com)
Asbjørn Rasdal (Asbjorn.rasdal@avinor.no)
Aud Helland (auhd@cowi.com)
Bente Wejden (bente.wejden@avinor.no)
Kim Rudolph-Lund (Kim.Rudolph-Lund@avinor.no)

Moss 29.12.2021

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Avinor AS
Postboks 150
2061 GARDERMOEN
Attn: Bente Wejden

AR-22-MM-051955-01
EUNOMO-00335512

Prøvemottak: 02.06.2022
Temperatur:
Analyseperiode: 02.06.2022-10.06.2022
Referanse: Haugesund lufthavn

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2022-06020570	Prøvetakingsdato:	31.05.2022		
Prøvetype:	Drikkevann	Prøvetaker:	Gunnar K.		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-77/1	Analysestartdato:	02.06.2022		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	1.1	ng/l	0.6	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	0.37	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	0.33	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	1.5	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansyre (PFNA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	0.65	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	0.63	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	0.43	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



a)	Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Perfluortridekansulfonat (PFTrDS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Perfluorundekansulfonat (PFUnDS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS 4	2.8 ng/l		DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS (SLV 11)	5.0 ng/l		DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS	5.0 ng/l		DIN38407-42 mod.

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping
a) Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1977,

Kopi til:

Miljø (miljo@avinor.no)
Vannmiljø (vannmiljo@avinor.no)
Arve Misund (armi@cowi.com)
Asbjørn Rasdal (Asbjorn.rasdal@avinor.no)
Aud Helland (auhd@cowi.com)
Kim Rudolph-Lund (Kim.Rudolph-Lund@avinor.no)
Trine Reistad (Trine.reistad@avinor.no)

Moss 10.06.2022

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Avinor AS
 Postboks 150
 2061 GARDERMOEN
 Attn: Bente Wejden

AR-22-MM-095981-01
EUNOMO-00348142

 Prøvemottak: 22.09.2022
 Temperatur:
 Analyseperiode: 22.09.2022-29.09.2022
 Referanse: Haugesund lufthavn,
 A1133886

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2022-09220245	Prøvetakingsdato:	21.09.2022		
Prøvetype:	Rent vann	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	ENHD-DV-77/8	Analysestartdato:	22.09.2022		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
a) 4:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 6:2 Fluortelomer sulfonat (FTS) (H4PFOS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 8:2 Fluortelomersulfonat (FTS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) 7H-Dodekafluorheptansyre (HPFHpA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluor -3,7-dimetyloktansyre (PF-3,7-DMOA)	<2.0	ng/l	2		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansyre (PFDeA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansyre (PFBA)	3.3	ng/l	0.6	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorbutansulfonat (PFBS)	0.40	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluordodekansyre (PFDoA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluortridekansyre (PFTrA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) Perfluordekansulfonsyre (PFDS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansyre (PFHpA)	2.3	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansyre (PFHxA)	2.0	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksadekansyre (PFHxDA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorheksansulfonat (PFHxS)	1.9	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansyre (PFNA)	0.44	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansyre (PFOA)	9.4	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktylsulfonat (PFOS)	2.6	ng/l	0.2	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluoroktansulfonamid (PFOSA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansyre (PFPeA)	1.3	ng/l	0.3	29%	DIN38407-42 mod.
a) Perfluortetradekansyre (PFTA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) PFUdA (Perfluorundekansyra) - PFCA-11	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid (EtFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamid-HAc (EtFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-etylperfluoroktansulfonamidetanol (EtFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid-HAc (MeFOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamidetanol (MeFOSE)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a) N-metylperfluoroktansulfonamid (MeFOSA)	<1.0	ng/l	1		DIN38407-42 mod.
a)* Perfluoroktansulfonamid-HAc (FOSAA)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.
a) Perfluornonansulfonat (PFNS)	<0.30	ng/l	0.3		DIN38407-42 mod.

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
 For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
 Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Perfluordodekansulfonat (PFDoS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Perfluortridekansulfonat (PFTrDS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Perfluorundekansulfonat (PFUnDS)	<1.0 ng/l	1	DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS 4	14 ng/l		DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS (SLV 11)	24 ng/l		DIN38407-42 mod.
a)*	Sum PFAS	24 ng/l		DIN38407-42 mod.

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping

a) Eurofins Food & Feed Testing Sweden (Lidköping), Sockerbruksg 3, port 2, 531 40, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1977,

Kopi til:

Miljø (miljo@avinor.no)

Vannmiljø (vannmiljo@avinor.no)

Arve Misund (armi@cowi.com)

Asbjørn Rasdal (Asbjorn.rasdal@avinor.no)

Aud Helland (auhd@cowi.com)

Kim Rudolph-Lund (Kim.Rudolph-Lund@avinor.no)

Trine Reistad (Trine.reistad@avinor.no)

Moss 29.09.2022

Kjetil Sjaastad

Kjetil Sjaastad

Kundeveileder (ASM)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.