

Avinor AS

► Oppdatert vurdering av tiltaksmetoder og kostnader

Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

Tromsø lufthavn

Oppdragsnr.: **5205614** Dokumentnr.: **ENTC-RIM18** Versjon: **J02** Dato: **2025-03-18**



Oppdragsgiver: Avinor AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Trine Reistad
Rådgiver: Norconsult Norge AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder: Aina Marie Nordskog
Fagansvarlig: Annelene Pengerud og Lars Været
Andre nøkkelpersoner: Stein Gunnar Rønningsbakk

Forsidebilde: Gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Tromsø lufthavn, november 2022.

J02	2025-03-18	For bruk	Aina Marie Nordskog	Lars Været	Aina Marie Nordskog
A01	2025-03-16	For fagkontroll	Aina Marie Nordskog		
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammendrag

Avinor ble i mai 2021 pålagt av Miljødirektoratet å utarbeide en tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn. Tiltaksplan for Tromsø lufthavn, som omfattet PFAS-forurensning på hele lufthavnen, ble oversendt Miljødirektoratet 1. mai 2024.

Basert på gjennomgang av forurensingssituasjonen, vurdering av aktuelle tiltaksmetoder og tilhørende kostnader, ble det for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) foreslått et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser med konsentrasjon av Σ PFAS > 150 µg/kg. Torv sentralt på området overstiger grenseverdier for PFAS i POPs (*Persistent Organic Pollutants*) forordningens vedlegg IV, og må i henhold til regelverket destrueres. Aktuell tiltaksmetode for destruksjon av torven er forbrenning.

Miljødirektoratet oversendte den 5. september 2024 et varsel om pålegg om å gjøre tiltak i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn. I varsel om pålegg signaliserer Miljødirektoratet at Avinor vil pålegges å gjennomføre de foreslåtte tiltakene ved lufthavnen slik de er beskrevet i tiltaksplanen. Miljødirektoratet vurderer å sette fristen for gjennomføring av tiltaket ved BØF2 til 31. desember 2025.

Avinor startet kort tid etter at tiltaksplanen ble levert (1. mai 2024) en nærmere vurdering av mulighetene for å samkjøre tiltaket ved BØF2 med reasfaltering av rullebanen sommeren 2025. Det planlegges nå for samtidig gjennomføring av disse tiltakene. Arbeidene med forprosjekt for tiltaket ved BØF2 ble igangsatt i juni 2024, og videre ble detaljprosjekt og konkurransegrunnlag utarbeidet med ferdigstillelse i februar 2025.

Under prosjektering av tiltaket økte kostnadene for et tiltak med oppgraving og ekstern deponering, med forbrenning av torv som overskrider grenseverdier i POPs regelverket, betydelig fra skissenivå (tiltaksplan) til forprosjektnivå. Med bakgrunn i dette ble det parallelt med prosjekteringen utført nye vurderinger av alternative tiltaksmetoder for tiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Dette notatet oppsummerer oppdaterte vurderinger av aktuelle tiltaksmetoder og tilhørende kostnader.

Metoder som er vurdert som aktuelle ved BØF2 er; (1) reaktive barrierer nedstrøms det forurensede området, (2) reaktive barrierer kombinert med tildekking, og (3) reaktiv barriere kombinert med stabilisering av masser. Det er for disse tiltaksmetodene beregnet kostnader på skissenivå. Tiltak med reaktive barrierer og tiltak med reaktive barrierer kombinert med tildekking har lavere beregnede kostnader sammenlignet med oppgraving med ekstern deponering, men lavere estimert tiltakseffekt. Kostnader er sammenlignet på ulike kalkylenivå (skissenivå for tiltaksalternativene 1, 2 og 3, og forprosjektnivå for tiltak med oppgraving og ekstern deponering).

Basert på en samlet vurdering av tiltakseffekt, kostnader, risiko og muligheter anbefaler Norconsult at det utføres oppgraving med ekstern deponering av masser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Tromsø lufthavn, med samtidig gjennomføring med prosjekt for reasfaltering av rullebanen sommeren 2025.

► Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Utarbeidet tiltaksplan 2024	5
1.2	Varsel om pålegg fra Miljødirektoratet	5
2	Oppdatert vurdering av aktuelle tiltaksmetoder	7
3	Kostnader	8
3.1	Kostnader skisse- og forprosjekt	8
3.2	Kostnader detaljprosjekt	8
3.3	Kostnader alternative tiltaksmetoder	9
3.3.1	<i>Forutsetninger</i>	9
3.3.2	<i>Kostnader</i>	9
4	Anbefaling av tiltaksmetode	11
5	Referanser	12
	Vedlegg 1 – Oppdatert vurdering av egnethet	13
	Vedlegg 2 – Matrise risiko og muligheter ved alternative tiltak	17

1 Bakgrunn

1.1 Utarbeidet tiltaksplan 2024

Avinor ble i mai 2021 pålagt å utarbeide tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn [1]. Opprinnelig gjaldt pålegget utarbeidelse av tiltaksplan for brannøvingsfeltene (BØF1 og BØF2) og området ved gammel brannstasjon (GBS), med krav om en plan for videre kartlegging av lufthavnen og overvåkning av planlagte tiltak. Dette vedtaket ble i oktober 2023 omgjort av Miljødirektoratet [2] til å gjelde utarbeidelse av en tiltaksplan for hele lufthavnen, i tråd med oppdaterte krav til tiltaksplaner [3]. Tiltaksplan for Tromsø lufthavn ble oversendt Miljødirektoratet 1. mai 2024.

Tiltaksplanen er utarbeidet i to separate deler [4] [5]:

Del 1: Tiltaksplanens del 1 er en sammenstilling av resultater fra utførte undersøkelser av PFAS i jord, vann og biota ved Tromsø lufthavn, og en risikovurdering for helse og miljø som følge av spredning fra PFAS-forurensset grunn ved lufthavnen. Tiltaksplanens del 1 svarer ut krav 1 og 2 i Miljødirektoratets pålegg.

Del 2: Tiltaksplanens del 2 er en redegjørelse for aktuelle tiltaksmetoder, kostnadsberegninger og foreslåtte tiltak ved de lokaliteter som gjennom utførte undersøkelser og risikovurdering er funnet å utgjøre de største kildene til spredning av PFAS fra Tromsø lufthavn. Tiltaksplanens del 2 svarer ut krav 3–6 i Miljødirektoratets pålegg.

Gjennom kartlegging av historisk bruk av brannskum på Tromsø lufthavn [6], samt omfattende kartlegging av jord, vann og biota ved lufthavnen, var det fire områder som pekte seg ut som de største kildene i jord, og de største kildene til spredning av PFAS fra lufthavnen:

- Sist nedlagt brannøvingsfelt (BØF1)
- Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)
- Gammel brannstasjon og deice-området (GBS)
- Utfylt område ved Ørneveien (UOØ)

For en nærmere beskrivelse av Tromsø lufthavn og forurensningssituasjon ved de aktuelle lokalitetene, vises det til tiltaksplanens del 1, samt resultatrapporter for de enkelte lokalitetene som er undersøkt: [4] [7] [8] [9] [10] [11].

Basert på gjennomgang av forurensningssituasjonen, vurdering av aktuelle tiltaksmetoder og tilhørende kostnader, ble det for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) foreslått et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser med konsentrasjon av Σ PFAS > 150 µg/kg.

1.2 Varsel om pålegg fra Miljødirektoratet

Miljødirektoratet oversendte den 5. september 2024 et varsel om pålegg om å gjøre tiltak i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn [12]. Der signaliserer Miljødirektoratet at Avinor vil pålegges å gjennomføre de foreslåtte tiltakene ved lufthavnen slik de er beskrevet i tiltaksplanen. Miljødirektoratet etterspurte også noe tilleggsinformasjon til de foreslåtte tiltakene, som grunnlag for å kunne stille krav i det endelige pålegget (endelig pålegg er ikke mottatt per dags dato).

Tilleggsinformasjonen som Miljødirektoratet etterspør i sitt varsel om pålegg om å gjennomføre tiltak for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er svart ut et eget dokument [13], som ble oversendt Miljødirektoratet i desember 2024.

Denne tilleggsinformasjonen som Miljødirektoratet etterspør for gammelt brannøvingsfelt (BØF2), omhandler detaljer rundt planlagt håndtering, mellomlagring og tilbakefylling av masser, samt planlagt håndtering av anleggsvann under tiltaket.

I varselet om pålegg vurderer Miljødirektoratet å sette fristen for gjennomføring av tiltaket ved BØF2 til 31. desember 2025. Avinor startet kort tid etter at tiltaksplanen ble levert (1. mai 2024) en nærmere vurdering av mulighetene for å samkjøre tiltaket ved BØF2 med reasfaltering av rullebanen sommeren 2025. Det planlegges nå for samtidig gjennomføring av disse tiltakene. Arbeidene med forprosjekt ble igangsatt i juni 2024, og videre ble detaljprosjekt og konkurransegrunnlag utarbeidet med ferdigstillelse i februar 2025. Under prosjekteringen av tiltaket økte kostnadene for et tiltak med oppgraving og ekstern deponering, med forbrenning av torv over POPs grenseverdier, betydelig fra skissenivå til forprosjektnivå. Med bakgrunn i dette ble det parallelt med prosjekteringen utført nye vurderinger av alternative tiltaksmetoder

2 Oppdatert vurdering av aktuelle tiltaksmetoder

Kostnadene for et tiltak med oppgraving og ekstern deponering, med forbrenning av torv over POPs grenseverdier, økte betydelig fra skissenivå til forprosjektnivå. Dette er omtalt i tilleggsvurderinger til tiltaksplan for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Tromsø lufthavn [13], og er også nærmere omtalt i kap. 3. I lys av kostnadsøkningen ble det i forbindelse med tilleggsvurderingene utført en oppdatert vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder. Premissene som lå til grunn for tiltaksvurderingene både i tiltaksplanen og i tilleggsvurderingene var at det var forventet at torv med konsentrasjoner over POPs grenseverdier iht. regelverket måtte destrueres. Den oppdaterte gjennomgang av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder i tilleggsvurderingene endret derfor ikke på konklusjonen fra tiltaksplanen.

I tiltaksplanen og tilleggsvurderingene til denne ble det konkludert med at de mest aktuelle tiltaksmetodene for lokaliteten er:

- Oppgraving med ekstern deponering¹
- Oppgraving med ekstern deponering av torv¹ og vasking av fyllmasser

I etterkant av at tilleggsvurderingene til tiltaksplanen ble oversendt Miljødirektoratet (30. november 2024), ble premissene for vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder endret. I en epost til Avinor (13. desember 2024) pekte Miljødirektoratet på at massene med konsentrasjoner av PFAS over POPs grenseverdier ikke er avfall så lenge de ligger i grunnen. Da inntreffer ikke avfallsreglene i POPs, men dersom de PFAS-forurensede massene graves opp må de regnes som avfall. Med bakgrunn i dette er det utført en ny vurdering av aktuelle tiltaksmetoder for gammelt brannøvingsfelt (BØF2). En ny vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er sammenstilt i Tabell 1 i Vedlegg 1.

I de nye vurderingene er lagt til grunn at de PFAS-forurensede massene som ligger øst for 90 m fra senterlinjen til rullebanen (CL RWY) ikke skal graves opp. Hoveddelen av forurensningen ligger i dette området.

De mest aktuelle tiltaksmetodene for området øst for 90 m fra CL RWY:

- Barrierer
- Barrierer kombinert med tildekking
- Barriere og stabilisering

For området mot vest, som er innenfor 90 m fra senterlinje rullebanen, er det lagt til grunn to alternativer:

- Oppgraving med ekstern deponering
- Stabilisering

¹ Tiltaksalternativet vil omfatte ekstern deponering av masser. Torv med konsentrasjoner som overskrider POPs grenseverdier vil leveres til forbrenning (krav om destruksjon).

3 Kostnader

Estimerte kostnader for oppgraving og ekstern deponering (forprosjekt), samt alternative tiltaksmetoder som er vurdert som aktuelle ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Tromsø lufthavn er vist i vedlegg 2.

3.1 Kostnader skisse- og forprosjekt

I forbindelse med tiltaksplanen for PFAS-forurensset grunn på Tromsø lufthavn ble det for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) utarbeidet et kostnadsestimat på skissenivå for tiltak med oppgraving og ekstern deponering av forurensede masser, samt forbrenning av torv over POPs grenseverdier. Basisestimatet (mest sannsynlige verdi) i tiltaksplanen var på kr 73,4 MNOK, og forventet totalkostnad (P50) etter usikkerhetsanalyse var på kr 79,1 MNOK.

I forbindelse med forprosjekt for tiltak med oppgraving og ekstern deponering av forurensede masser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ble det utarbeidet et nytt kostnadsestimat. Kostnadsestimatet ble basert på resultater fra supplerende undersøkelser på BØF2 utført i august 2024, som del av prosjekteringen, samt oppdateringer av tiltaksarealer og volum masser basert på nye undersøkelser. Kostnadsestimatet ble benyttet som grunnlag for en økonomisk usikkerhetsanalyse den 14. november 2024.

I etterkant av den økonomiske usikkerhetsanalysen lå det til grunn et basisestimat på kr 117,1 MNOK. Forventet totalkostnad (styringsmål P50) var på kr 117,8 MNOK. Dette tilsvarer en økning på kr 38,7 MNOK fra kostnadsestimat på skissenivå (49%).

Beregnet effekt av oppgraving med ekstern deponering med en konsentrasjonsgrense på 150 µg/kg er på 16,2 kg. Med bakgrunn i kostnadsberegninger fra forprosjekt økte kost/effekt av tiltaket fra 4,7 MNOK per kg PFAS fjernet, til 7,3 MNOK per kg PFAS fjernet.

Endringene med størst utslag i økte kostnader, skyldtes i hovedsak tre kostnadselementer:

1. Økte mengder av torv over POPs grenseverdier
2. Mellomlager for torv over POPs grenseverdier
3. Økte mengder av fyllmasser med konsentrasjoner av $\sum \text{PFAS} > 100 \mu\text{g/kg}$

3.2 Kostnader detaljprosjekt

Det ble i tilleggsvurderingene for BØF2 utført nærmere vurderinger av konsentrasjoner av PFAS i torv opp mot grenseverdier i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen (*Persistent organic pollutants*), vedlegg IV og V). Overskridelse av grenseverdiene for PFOS, PFOA og PFHxS i POPs forordningen utløser krav om destruksjon av avfallet [14]. Aktuell tiltaksmetode for destruksjon er per i dag forbrenning. Basert på at det er overskridelser av POPs grenseverdier for konsentrasjoner (µg/kg TS) av forbindelsene PFOS, PFOA og PFHxS i torven på BØF2, ble det i tilleggsvurderingene for BØF2 estimert et volum torv på 1300 m³ som må destrueres (forbrennes). Dette volumet ligger til grunn for detaljprosjekteringen av det planlagte tiltaket ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2), samt for utformingen av konkurransegrunnlaget for tiltaket. Torven med konsentrasjoner over POPs grenseverdier skal i den utlyste anskaffelsen graves opp og legges på eget mellomlager for torv over POPs grenseverdier. Leveranse av torv til forbrenningsanlegg for destruksjon vil gjennomføres som del av en separat anskaffelse, og vil ikke være del av hovedarbeidene med oppgraving og ekstern deponering som skal gjennomføres sommeren 2025.

Imidlertid har Miljødirektoratet i nylig dialog (februar 2025) åpnet opp for at konsentrasjoner av PFOS, PFOA og PFHxS i torven kan vurderes mot grenseverdiene i POPs forordningen basert på konsentrasjoner av forbindelsene per våtvekt (µg/kg VV). Ved en slik vurdering er estimert volum masser torv som overskrider

POPs grenseverdier (vedlegg IV) på om lag 500 m³. Dette medfører endring i mengdene torv som skal til forbrenning (reduksjon), og mengder som skal til deponi (økning).

På bakgrunn av endrede mengder torv som skal til forbrenning og til deponi, samt flere forhold som er endret fra forprosjekt til detaljprosjekt, er kostnadsestimatet for tiltak med oppgraving og ekstern deponering under revidering. Kostnadene vil bli anslagsvis 20 MNOK lavere.

Det er også to andre faktorer som kan føre til ytterligere reduksjon i volumet torv til destruksjon. Den ene faktoren er at Avinor i forkant av oppstart av tiltaket vil utføre en avgrensende prøvetaking av torv med konsentrasjoner over POPs grenseverdier. Den andre faktoren er at Avinor mulig kan søke om unntak for krav om destruksjon. Regelverket åpner for unntak fra krav om destruksjon dersom konsentrasjonene av PFAS er under grenseverdiene i POPs forordningens vedlegg V. Det kreves da en tillatelse fra myndigheter for varig lagring/ekstern deponering av torven. Ved en eventuell aksept fra myndigheter for unntak fra krav om destruksjon av torven, vil hele eller deler av torven kunne leveres til eksternt deponi.

3.3 Kostnader alternative tiltaksmetoder

3.3.1 Forutsetninger

Barrierer (gjelder alle barriere-alternativer)

- Regnet om til meterspris basert på tilbud mottatt fra en leverandør
- Uspesifiserte kostnader 20%, rigg og drift 15%
- Regner kun på kostnader frem til og med år 10

Barrierer «alene»

- En reinjeksjon ved år 10 er lagt til

Barrierer og tildekking

- En reinjeksjon ved år 10 er lagt til, denne er satt til halv pris da behovet for «top off» forventes lavere (lengre frem i tid) når barriere kombineres med tildekking

Barriere og stabilisering

- Regnet om til pris per m³ for stabilisering basert på tilbud fra en leverandør
- Ingen reinjeksjoner ved år 10 er lagt til

Oppgraving med ekstern deponering (område vest)

- Lagt til grunn lite omfang av forberedende arbeider
- Ingen mellomlagring av masser, men laster de opp for direkte transport til mottak
- Ingen håndtering av vann i gravegrop (og unngår da å måtte etablere vannrenseanlegg)
- Mengden torv over POPs kan håndteres som torv under POPs (218 m³)
- Uspesifiserte kostnader 20%, rigg og drift 15 %

3.3.2 Kostnader

Estimerte kostnader for alternative tiltaksmetoder som er vurdert som aktuelle ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Tromsø lufthavn er vist i Tabell 3-1 og vedlegg 2. Det er lagt til grunn at de PFAS-forurensede massene som ligger øst for 90 m fra senterlinjen til rullebanen (CL RWY) ikke skal graves opp. Hoveddelen

av forurensningen ligger i dette området. For området vest for 90 m fra CL RWY er det lagt til grunn at massene enten graves opp, eller stabiliseres.

Tabell 3-1: Beregnet totalkostnad (styringsmål P50) (mest sannsynlige kostnad) på skissenivå for alternative tiltaksmetoder som er vurdert som aktuelle ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Tromsø lufthavn.

Tiltaksalternativer område øst for CL RWY	Lagt til grunn for område vest for CL RWY	Kostnad (NOK)
Barrierer	Oppgraving og ekstern deponering	68 400 000
	Stabilisering (torv)	74 200 000
Barrierer og tildekking	Oppgraving og ekstern deponering	69 900 000
	Stabilisering (torv)	75 700 000
Barriere og stabilisering (masser under grunnvannsnivå)	Oppgraving og ekstern deponering	120 900 000
	Stabilisering (torv)	126 700 000

4 Anbefaling av tiltaksmetode

I vedlegg 2 er en matrise som sammenstiller tiltaksmetoder vurdert som egnede ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Tromsø lufthavn. Matrisen oppsummerer kostnader, risiko og muligheter ved tiltaksmetodene, samt estimert effekt av tiltakene.

Basert på en samlet vurdering av tiltakseffekt, kostnader, risiko og muligheter anbefaler Norconsult at det utføres oppgraving med ekstern deponering av masser ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Tromsø lufthavn, med samtidig gjennomføring med prosjekt for reasfaltering av rullebanen sommeren 2025.

Anbefalingen er basert på at en oppgraving og ekstern deponering er forventet å ha en svært god effekt i form av kg PFAS fjernet fra lokaliteten (16,2 kg PFAS), og forurensningen vil være håndtert i et langtidsperspektiv. Ved alternative metoder med barriereløsning vil forurensningen flyttes fra kildeområdet til en barriere nedstrøms, og således kun immobiliseres, ikke fjernes. Det er betydelige usikkerheter i langtidseffekt (om forbindelsene vil lekke ut igjen av barrieren over tid) og fremtidige kostnader (behov for «top off») ved en barriereløsning, samt at kortkjedede forbindelser ikke stoppes av barrieren.

Ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er det stor usikkerhet knyttet til om det i det hele tatt er mulig å få til en god barriereløsning gitt de utfordrende grunnforholdene på lokaliteten. Ved å velge videre utredning av et eller flere av tiltaksalternativene med barriereløsning vil gjennomføring av et tiltak ved BØF2 måtte utsettes minimum 1-2 år for å etablere en pilotbarriere, og for videre vurderinger av egnethet for tiltaksløsninger med barriere. Det er en reell risiko for at et resultat av videre utredninger og pilotforsøk kan bli at lokaliteten ikke anses godt egnet for denne type tiltak, og at man da vil falle tilbake på en løsning med oppgraving og ekstern deponering, men uten mulighet for samtidig gjennomføring med prosjekt for reasfaltering av rullebanen.

Selv om et tiltak med oppgraving og ekstern deponering totalt sett er estimert å være dyrere enn to av tiltaksalternativene med barriereløsning, er det en betydelig risiko for at kostnader ved tiltak med barriereløsning er underestimert. Det er også usikkert hvorvidt det kan komme fremtidige krav fra miljømyndigheter som vil kunne føre til uforutsette kostnader ved en slik løsning. For oppgraving og ekstern deponering forventes beregnede kostnader å reduseres, ettersom Miljødirektoratet nå har åpnet for at PFAS i torven kan vurderes mot POPs regelverket i konsentrasjoner per våtvekt. Mengden torv til forbrenning vil med dette mer enn halveres sammenlignet med mengden som lå til grunn for kostnadene i forprosjektfasen.

Det er i anbefalingen også vektlagt at en oppgraving med ekstern deponering er et tiltak som har kommet langt i prosjektering og detaljering, og er et tiltak som ved gjennomføring sommeren 2025 vil føre til synergieffekter både for PFAS-prosjektet og for andre prosjekter på lufthavnen.

Samlet er det for en lokalitet som BØF2, med spesielle grunnforhold og relativt store mengder PFAS tilgjengelig for oppgraving, langt større usikkerheter knyttet til både tiltakseffekt og kostnader for til et tiltak med barriereløsning, enn et tiltak med oppgraving og ekstern deponering.

5 Referanser

- [1] Miljødirektoratet, «Pålegg om å utarbeide tiltaksplan for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø Lufthavn. Ref. nr. 2021/1846,» 2021.
- [2] Miljødirektoratet, «Omgjøring av vedtak - utsatt frist for tiltaksplan for Tromsø lufthavn, ref. nr. 2021/1846,» 2023.
- [3] Miljødirektoratet, «Pålegg om å utarbeide tiltaksplaner for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Stavanger, Alta, Haugesund, Kristiansund og Kirkenes lufthavn,» Pålegg datert 16.09.2022, 2022.
- [4] Norconsult, «Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn, Tromsø lufthavn Langnes, del 1: Oppsummering av resultater og risikovurdering, Rapportnummer: 5205614-RIM09-ENTC,» 2024.
- [5] Norconsult, «Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn, Tromsø lufthavn Langnes, del 2: Kostnadsberegninger og foreslåtte tiltak. Rapportnummer: 5205614-RIM09-ENTC,» 2024.
- [6] Sweco og Norconsult, «Tromsø lufthavn Langnes - Undersøkelser av jord, vann og biota med risikovurdering, rap. nr. 168186-18-J8,» 2016.
- [7] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn, sist nedlagte brannøvingsfelt (BØF1). Rapport nummer: 5205614-RIM03-ENTC-1,» 2024.
- [8] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn, gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Rapportnummer: 5205614-RIM05-ENTC,» 2024.
- [9] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-foruresning i jord og vann, Tromsø lufthavn, utfyllt område ved Ørneveien (UOØ). Rapportnummer: 5205614-RIM07-ENTC,» 2024.
- [10] Norconsult, «Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i jord og vann, Tromsø lufthavn. gammel brannstasjon og deice-plattform. Rapportnummer: 5205614-RIM04-ENTC-GBS,» 2024.
- [11] Norconsult, Supplerende undersøkelser av PFAS-forurensning i vann (OV-system) og biota, rapport nr. 5205614-RIM-06-ENTC, 2024.
- [12] Miljødirektoratet, «Varsel om pålegg om å gjøre tiltak i PFAS-forurensset grunn ved Tromsø lufthavn, Langnes. Referansenummer 2021/1846,» 2024.
- [13] Norconsult, «Tilleggsvurderinger til tiltaksplan, gammelt brannøvingsfelt (BØF2), Tromsø lufthavn. Rapport nr. 5205614-RIM12-ENTC,» 2024.
- [14] Lovdata, «Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter (produktforskriften). Kapittel 4. Persistente organiske miljøgifter (POPs).,» oktober 2023. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922/KAPITTEL_6#%C2%A74-1. [Funnet november 2024].

Vedlegg 1 – Oppdatert vurdering av egnethet

I lys av at kostnadene for tiltak med oppgraving og ekstern deponering (med forbrenning av torv over POPs grenseverdier) økte betydelig fra skissenivå til forprosjektnivå (som omtalt i kap. 3), er det utført en oppdatert vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder. Oppdatert vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder ved gammelt brannøvingsfelt er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Vurdering av egnethet for aktuelle tiltaksmetoder for gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ved Tromsø lufthavn.

Tiltaksmetode	Fjerner forurensningen	Vurdering av egnethet
Oppgraving m/ekstern deponering	X	Vurderes som aktuelt primærtiltak. Forurensningen ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving, men er fordelt i både umettet og mettet sone. Det må derfor påregnes behov for håndtering av grunnvann ved gjennomføring av tiltak som omfatter graving under grunnvannsnivå. Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m ³) ved oppgraving. Deler av forurensningen er innenfor 90 meter fra rullebanen, og konflikt med flytrafikk vil måtte hensyntas ved gjennomføring av tiltak. Krever særskilt tillatelse for deponering av torv med konsentrasjoner over POPs grenseverdier.
Oppgraving m/ekstern forbrenning	X	Vurderes som lite aktuelt tiltak for fyllmasser. Massene består av mineralske masser (silt, sand, grus) som er oppgitt av leverandør å være dyrt å forbrenne. Vurderes imidlertid som aktuelt tiltak for forurenset torv med konsentrasjoner som overstiger grenseverdier i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), og som i henhold til regelverket må destrueres. Torvmassene har imidlertid et relativt høyt vanninnhold, noe som påvirker kostnader for forbrenning. Det må derfor vurderes tiltak for å redusere vanninnholdet. Det er få aktuelle forbrenningsmottak i Norge og Norden, og det er usikkert om disse vil tilfredsstille funksjonskrav for forbrenningsanlegg stilt fra Miljødirektoratet sin side. Det bør derfor legges opp til en tett dialog med Miljødirektoratet knyttet til funksjonskrav, og eventuelle alternativer til forbrenning. Forurensningen ved BØF2 ligger relativt grunt og er tilgjengelig for oppgraving, men er fordelt i både umettet og mettet sone. Det må derfor påberegnes behov for håndtering av grunnvann ved gjennomføring av tiltak som omfatter graving under grunnvannsnivå. Høye konsentrasjoner og høy andel av de beregnede mengdene innenfor et begrenset areal/volum gir relativt høy tiltakseffekt (g PFAS/m³) ved oppgraving. Deler av forurensningen er innenfor 90 meter fra rullebanen, og konflikt med flytrafikk vil måtte hensyntas ved gjennomføring av tiltak.
Tildekking		Vurderes som lite aktuelt som eneste tiltak. Forurensningen er fordelt i både umettet og mettet sone, og effekten av et tiltak med tildekking alene forventes å være lav i form av immobilisering/spredningsreduksjon. På grunn av usikkerheter knyttet til levetid for tildekkingsmembraner kreves det tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak, og tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området. Kan være aktuelt i kombinasjon med tiltak rettet mot spredning av forurensning fra mettet sone, slik som reaktiv barriere eller oppsamling og rensing av vann. Kan også vurderes som eneste tiltak dersom tilhørende drenerende tiltak i periferien av tildekkingen sikrer at det ikke tilføres grunnvann til forurenset torv og fyllmasser innenfor det tildekkede området. Det forventes at nedbør på membran vil følge terreng mot dagens lavpunkt og Ø1000 under rullebanen. Vann fra området utenfor lufthavnen må håndteres særskilt, enten i tett rør gjennom området, eller legges om i ny trase.

Innkapsling		Vurderes som lite aktuelt primærtiltak, ettersom forurensningen er fordelt i umettet og mettet sone. Et tiltak med innkapsling av forurensede masser vurderes i utgangspunktet som mest aktuelt der forurensningen i hovedsak ligger i umettet sone, da det vil være praktisk utfordrende å etablere en bunntetting ned i mettet sone. En innkapsling vil kreve at man graver opp masser til et større dyp for å legge bunntetting, noe som vil være praktisk utfordrende og innebære en betydelig merkostnad sammenliknet med et tildekkningstiltak. Dette vil være særlig utfordrende da deler av forurensningen er innenfor 90 meter fra rullebanen, og konflikt med flytrafikk vil måtte hensyntas ved gjennomføring av tiltak. Tiltaket kan også gi begrensninger på etterbruk av området. En oppgraving av masser for etablering av bunntetting vil også inkludere oppgraving av sterkt forurenset torv som overstiger POPs grenseverdier, med krav om destruksjon, noe som vil være svært kostnadsdrivende.
Vasking av masser	X	Vurderes som mulig aktuelt tiltak for fyllmasser, men ikke aktuelt for torv. Kornfordelingsanalyser av fyllmassene viser et innhold på 10-24% silt og leire i de analyserte prøvene. Dersom dette er representativt for store deler av fyllmassene vil vasking av fyllmassene føre til en relativt stor andel filterkake som må leveres til deponi, noe som igjen vil medføre at et tiltak med vasking av masser mest sannsynlig kommer ut med en betydelig høyere kostnad sammenliknet med et deponeringsalternativ. Det er ikke utført laboratorieforsøk med masser fra lokaliteten, noe som gir usikkerhet for om jordvasking er en egnet tiltaksmetode, og til hvilke konsentrasjoner man vil klare å oppnå vasking til og effekt av tiltaket samlet sett. Tilriggskostnad for et mobilt vaskeanlegg er forventet høy, og gjennomføring av et tiltak med vasking av masser krever betydelige volum masser (> 10 000 m³) som skal vaskes for å oppnå kost/effekt som er konkurransedyktig med deponeringskostnader. Volum fyllmasser som omfattes av tiltak ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2) er avhengig av tiltaksomfang, men er estimert til ca. 26 600 m³ (fra forprosjekt, inkludert graveskrå). Dersom fyllmassene skal vaskes vil underliggende torvmasser fremdeles måtte graves ut og leveres til godkjent mottak. Torv med konsentrasjoner som overstiger grenseverdier i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen) må i henhold til regelverket destrueres.
Stabilisering		Vurderes som aktuelt som primærtiltak dersom stabilisering inkluderer forurensede masser i både umettet og mettet sone i kildeområdet. Massene ved lokaliteten består av fyllmasser over komprimert torv, og ettersom konsentrasjonene i torv sentralt på området overstiger grenseverdier i produktforskriftens kapittel 4 (POPs forordningen), må disse i henhold til regelverket destrueres dersom disse graves opp. Stabilisering av disse torvmassene må derfor skje uten oppgraving for innblanding av sorbent, og det knyttes usikkerhet til om sterkt komprimert fibrøs torv er egnet for innblanding av sorbent uten oppgraving og mekanisk bearbeiding. Ettersom fyllmassene forventes å være heterogene, samt dels ligger i mettet sone, forventes behov for ulike metoder for innblanding av sorbent (oppgraving med innblanding og tilbakelegging, og innblanding ved boring/injeksjon), noe som forventes å sette relativt høye krav til kontroll på overganger mellom ulike massetyper og umettet/mettet sone. Stabilisering er også et tiltak som har begrenset dokumentasjon knyttet til langtidseffekt, og vil være et tiltak som krever tett oppfølging i lang tid etter gjennomført tiltak. Enhetspriser for sorbent som oppgitt av leverandør er relativt høye. Stabilisering kan være aktuelt i kombinasjon med andre tiltaksmetoder, slik som nedstrøms reaktiv barriere eller annen tiltaksmetode rettet mot spredning i mettet sone, dersom stabilisering retter seg kun mot umettet sone i kildeområdet.
Termisk behandling	X	Vurderes per i dag som lite aktuell tiltaksmetode for lokaliteten. Termisk behandling (her <i>termisk desorpsjon</i>) av PFAS-forurensede masser er en tiltaksmetode som er under utvikling, men som per i dag i begrenset grad er utprøvd og dokumentert i fullskala. Det er fortsatt betydelige usikkerheter knyttet til metoden med tanke på blant annet mulig dannelse av mellomprodukter, utslipp i gassfase og kostnader. Det er også en svært energikrevende løsning.

Rensing av vann	X	Vurderes som lite aktuelt som primærtiltak. Det forurensede området ved BØF2 ligger på hver side (nord/sør) for overvannsgrøft som leder vann fra området øst for lufthavnen til inntakskum for overvannsrør (Ø1000) i lavpunkt rett øst for rullebanen. Vannet ledes videre under rullebanen til sjø nord for lufthavnen. Vannføring i overvannsgrøften varierer med nedbør, men fører ifølge personell ved lufthavnen også noe vann i perioder hvor tilførsel utenfra lufthavnen opphører, noe om indikerer tilsig av grunnvann fra det forurensede området. For BØF2 er det generelt en massesammensetning med fyllmasser over stedlig komprimert torv på siltige masser, der alle massetyper er representert i mettet sone. Massene har svært ulike forurensningsnivåer, og har generelt svært ulike fysiske egenskaper (organisk innhold, permeabilitet mm.). Ved sjaktning observeres vanninnslag i overgangen fyllmasser/komprimert torv, mens det i flere av sjaktene ikke ble observert vann på prøvetakingstidspunktet. Beregnet hydraulisk ledningsevne basert på kornfordelingsanalyser i fyllmasser ($1 \cdot 10^{-6} - 4,5 \cdot 10^{-3}$ m/s) og slugteter i miljøbrønner ($5,5 \cdot 10^{-6} - 2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s) varierer betydelig, noe som bidrar til vesentlig usikkerhet i beregnet spredning og forventet effekt av et vannrensetiltak. Videre er den største delen av forurensingen knyttet til torvmasser med et relativt lavt utlekkingspotensial for bundet PFAS, og tiltak med rensing av vann forventes derfor å måtte gå over svært lang tid for å fjerne en større andel av den totale mengden PFAS på lokaliteten. Selv om det i dagens situasjon finnes et etablert lavpunkt hvor en vesentlig del av forurenset vann fra det tidligere brannøvingsfeltet samles, forventes behov for utbedret oppsamlingsløsning av vann før dette ledes til et renseanlegg. Dette gjelder både oppsamling og ledning av vann mot lavpunkt, samt en utførelse om hindrer videre lekkasje mot dagens overvannsledning og utfyllingsmasser under rullebanen. Videre må det påregnes behov for omlegging av dagens overvann fra områder utenfor lufthavnen for å unngå å måtte rense dette sammen med forurenset vann fra brannøvingsfeltet. Selve renseanleggets plassering må tilpasses lufthavnens krav til sikkerhetsavstand og -høyde, og det må påregnes behov for pumping fra oppsamlingsløsning til renseanlegget.
Reaktiv barriere		Vurderes som lite aktuelt som eneste tiltak da dette er et tiltak som i hovedsak er rettet mot å håndtere den forurensning som ligger i mettet sone (spredningsreduksjon). Det er betydelige usikkerheter knyttet til aktuelle løsninger med tanke på langtidseffekter, og om bundet PFAS vil kunne lekke ut igjen over tid. Det er signalisert fra aktuell leverandør at det med riktig utforming og dosering av sorbent forventes å kunne oppnå en levetid på flere tiår, mulig lenger, men det er per nå oppgitt en relativt kort garantitid for løsningen (10 år), og det må forventes behov for tilførsel av ny sorbent over tid. Samlet tiltakseffekt, samt levetid for barrieren, forventes imidlertid av leverandør å øke vesentlig dersom den reaktive barrieren kombineres med tiltak i hele eller deler av kildeområdet, slik som stabilisering.

Vedlegg 2 – Matrise risiko og muligheter ved alternative tiltak

ENTC BØF2 alternativer for tiltak med opprydning av PFAS					
Beskrivelse av tiltak	Graving og deponering	Kostnadskonsekvens (konsekvens*sannsynlighet)	Barriereløsning	Tildekking og barriereløsning	Stabilisering (mettet sone) og barriereløsning
Kostnader					
P50	117 800 000		68 400 000 (med oppgraving og ekstern deponering av område mot vest)	69 900 000 (med oppgraving og ekstern deponering av område mot vest)	120 900 000 (med oppgraving og ekstern deponering av område mot vest)
P50			74 200 000 (med stabilisering av område mot vest)	75 700 000 (med stabilisering av område mot vest)	126 700 000 (med stabilisering av område mot vest)
P85	138 200 000				
Risiko					
Risiko 1	Økte kostnader mellomlagring, ukjente krav Mdir		Umodent/grovt underlag	Umodent/grovt underlag	Umodent/grovt underlag
Risiko 2	Usikkerhet rundt transportkostnader, kapasitet og mellomlagringsmuligheter ved mottak for farlig avfall		Usikkert om Mdir godkjenner, og eventuelle krav	Usikkert om Mdir godkjenner, og eventuelle krav	Usikkert om Mdir godkjenner, og eventuelle krav
Risiko 3	Kostnader security var ikke medtatt	1 071 000	Usikkert hva som skjer over tid, forbindelsene vil over tid lekke ut igjen	Usikkert hva som skjer over tid, forbindelsene vil over tid lekke ut igjen	Usikkert hva som skjer over tid, forbindelsene vil over tid lekke ut igjen
Risiko 4	Helseaspekt ved bearbeiding av torv, kan vanskeliggjøre tørking/kverning		Må reinjiseres hvert 10-20 år. Uten andre tiltak i kildeområdet vil reinjisering måtte gjennomføres med kortere intervaller.	Må reinjiseres hvert 10-20 år	Må reinjiseres hvert 10-20 år
Risiko 5	Usikkerhet rundt faktisk destruksjon og utslipp fra forbrenning		Utfordrende grunnforhold, usikkerhet knyttet til om man klarer å få til en god barriereløsning	Utfordrende grunnforhold, usikkerhet knyttet til om man klarer å få til en god barriereløsning	Utfordrende grunnforhold, usikkerhet knyttet til om man klarer å få til en god barriereløsning
Risiko 6			Fremtidige krav fra Mdir eller miljømyndigheter (potensiale for strengere krav i fremtiden)	Fremtidige krav fra Mdir eller miljømyndigheter (potensiale for strengere krav i fremtiden)	Fremtidige krav fra Mdir eller miljømyndigheter (potensiale for strengere krav i fremtiden)
Risiko 7			Kortkjedede forbindelser stoppes ikke	Kortkjedede forbindelser stoppes ikke for barriereløsningen	Kortkjedede forbindelser stoppes ikke
Risiko 8			Behov for vannhåndtering/-behandling ved oppgraving område vest	Grunnvannsnivå står tidvis høyt, noe som påvirker effekten av tildekking	Usikkerhet knyttet til stabilisering av masser i mettet sone, torven er svært komprimert
Risiko 9			Oppgraving vest tar lengre tid dersom det ikke kan gjøres sommer 2025 under reasfaltering	Behov for vannhåndtering/-behandling ved oppgraving område vest	Behov for vannhåndtering/-behandling ved oppgraving område vest
Risiko 10				Oppgraving vest tar lengre tid dersom det ikke kan gjøres sommer 2025 under reasfaltering	Oppgraving vest tar lengre tid dersom det ikke kan gjøres sommer 2025 under reasfaltering
Sum restrisiko					
Muligheter					
Mulighet 1	Tørking av masser, økning av forbrenningsverdi, reduksjon totalvekt		Potensielt er noen kostnader knyttet til rigg/drift inkludert i Regenesi sin for barriere	Stopper spredning fra forurensningen i umettet sone	
Mulighet 2	Vurdering av torv mot POPs grenseverdier basert på PFAS-konsentrasjoner per våtvekt.		Ikke behov for reinjeksjon av barriere	Potensielt er noen kostnader knyttet til rigg/drift inkludert i Regenesi sin for barriere	Potensielt er noen kostnader knyttet til rigg/drift inkludert i Regenesi sin for barriere
Mulighet 3	Benytte Avinors eget område sør for lh til mellomlager	1 920 000	Pris fra Regenesi for 140 m barriere inkluderer mobilisering, så det er sannsynlig at pris per m er noe rimeligere for de 110 m ekstra som er lagt til (gjelder kun etablering), ikke ev. «top off»	Ikke behov for reinjeksjon av barriere	Pris fra Regenesi for 140 m barriere inkluderer mobilisering, så det er sannsynlig at pris per m er noe rimeligere for de 110 m ekstra som er lagt til (gjelder kun etablering), ikke ev. «top off»
Mulighet 4				Pris fra Regenesi for 140 m barriere inkluderer mobilisering, så det er sannsynlig at pris per m er noe rimeligere for de 110 m ekstra som er lagt til (gjelder kun etablering), ikke ev. «top off»	
Mulighet 5				Tildekking kan forlenge tiden mellom hver reinjisering noe	
Sum muligheter					
Forventet effekt (kg PFAS)	16,2 kg		6,5-7 kg etter 10 år 9-9,5 kg etter 15 år	8-9 kg etter 10 år 10,5-11,5 kg etter 15 år	10,5-11 kg etter 10 år 11-11,5 kg etter 15 år
Påvirkning andre prosjekter					
Påvirkning andre prosjekter K6 Sentral deice og FOP	Masser ved MH4 og MH5 kan benyttes (dette ligger inne i FP-kostnadene), og arealene MH4 og MH5 vil frigjøres til disponering av andre masser. PFAS-opprydningen har i tillegg et restbehov på 4000-5000 m3 masser for tilbakefylling i gravegrop.		Masser ved MH4 og MH5 kan ikke benyttes	Masser ved MH4 og MH5 kan ikke benyttes	Masser ved MH4 og MH5 kan ikke benyttes