

# Avinor



## Miljøprosjektet - DP 2

### Miljøtekniske grunnundersøkelser ved Avinors lufthavner

# RAPPORT

Avinor

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                        |                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rapport nr.:<br>168180-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Oppdrag nr.:<br>168180 | Dato:<br>09.11.2012                                                                            |
| Kunde:<br>Avinor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                        |                                                                                                |
| <p align="center"><b>Miljøprosjektet - DP 2</b></p> <p align="center"><b>Miljøtekniske grunnundersøkelser<br/>ved Avinors lufthavner</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                |
| <p><b>Sammendrag:</b><br/>Som en del av Avinors Miljøprosjekt DP2 har Sweco Norge AS og Cowi AS gjennomført miljøtekniske grunnundersøkelser ved Avinors lufthavner med spesiell vekt på brannøvingsfelt og PFOS-forurensning.</p> <p>Undersøkelsene viste at det gjennom de siste 1-2 år har vært planlagt eller gjennomført opprydding ved mange av de forurensingslokaliteter som er nevnt i Avinors Miljørisikoanalyser. Av resterende forurensinger er det drivstofforurensinger - ofte med lokal utbredelse ved påfyllingskabinett - som dominerer.</p> <p>Undersøkelsen har vist at det påvises PFC i nesten alle brannøvingsfelt, med PFOS som den dominerende komponent. Det har også vist seg at ved mange lufthavner finner man også PFC på steder man i utgangspunktet ikke skulle vente å finne disse stoffene, f.eks. i avrenning forholdsvis langt fra brannøvingsfeltene.</p> <p>Jordsmonnets permeabilitet er avgjørende for spredningen av PFC i grunnen og om forurensingen når grunnvannet, selv om PFC-konsentrasjonen i jorda er forholdsvis lav. Humusinnholdet har sannsynligvis også betydning for spredningen, og PFOS synes å holdes tilbake i jord med høyt organisk innhold.</p> <p>Etter Avinors overgang til bruk av PFC-fritt brannskum er utslippet av PFC fra grunnen i brannøvingsfeltene beregnet til mindre enn 6 kg/år. Dette er mindre enn 0,2 % av de ca. 3 400 kg PFC som tidligere ble sluppet ut hvert år under brannøvelsene.</p> <p>Effekten av fortynning gjør at PFC-konsentrasjonen i havet blir så lav at kvalitetsstandarder baster på oppkonsentrasjon i næringskjeden ikke overskrides. Det er likevel knyttet en viss usikkerhet til de blandingssoner som oppstår der man har konsentrerte utslipp og til de krav som miljømyndighetene vil stille til økologien i disse sonene.</p> <p>Resipientproblemet synes å være større i innladsresipienter, hvor det er påvist at selv større vann har konsentrasjoner av PFOS over kvalitetsstandarder både for økologi og oppkonsentrasjon i næringskjeden.</p> |                        |                                                                                                |
| Rev.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Dato                   | Revisjonen gjelder                                                                             |
| Utarbeidet av:<br>Bente Breyholtz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                        | Sign.:<br> |
| Kontrollert av:<br>Amund Gaut                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        | Sign.:<br> |
| Oppdragsansvarlig / avd.:<br>Hild A. Kollien/Anlegg                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        | Oppdragsleder / avd.:<br>Bente Breyholtz/Anlegg                                                |

## **Innhold**

### **DEL 1 INNLEDNING**

|          |                                  |          |
|----------|----------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Miljøprosjektet .....</b>     | <b>3</b> |
| 1.1      | DP2 – omfang og målsetting ..... | 3        |
| <b>2</b> | <b>Metodikk .....</b>            | <b>4</b> |

### **DEL 2 FORURENSET GRUNN, INNLEDENDE UNDERSØKELSER**

|          |                         |          |
|----------|-------------------------|----------|
| <b>3</b> | <b>Grunnlag .....</b>   | <b>6</b> |
| <b>4</b> | <b>Resultater .....</b> | <b>6</b> |

### **DEL 3 BRANNØVINGSFELT OG PFC-FORURENSNING**

|           |                                                                |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5</b>  | <b>Generelt om PFC .....</b>                                   | <b>10</b> |
| <b>6</b>  | <b>Forbruk av brannslukkingskemikalier .....</b>               | <b>10</b> |
| <b>7</b>  | <b>Bruk av brannøvingsfelt (BØF) .....</b>                     | <b>12</b> |
| <b>8</b>  | <b>Målsetting .....</b>                                        | <b>13</b> |
| <b>9</b>  | <b>Metodikk BØF .....</b>                                      | <b>13</b> |
| 9.1       | Prøvetaking .....                                              | 13        |
| 9.2       | Risikovurderinger .....                                        | 15        |
| 9.3       | Mastergradsoppgave .....                                       | 16        |
| 9.4       | Biotaundersøkelser .....                                       | 17        |
| <b>10</b> | <b>Vurderingsgrunnlag .....</b>                                | <b>18</b> |
| 10.1      | Grenseverdier PFOS .....                                       | 18        |
| 10.1.1    | Jord .....                                                     | 18        |
| 10.1.2    | Marine sedimenter .....                                        | 18        |
| 10.1.3    | Drikkevann .....                                               | 18        |
| 10.1.4    | Vannresipient .....                                            | 19        |
| 10.1.5    | Biota .....                                                    | 19        |
| 10.2      | Klasseinndelinger i resultattabeller .....                     | 20        |
| <b>11</b> | <b>Grunnforurensningens betydning for helse og miljø .....</b> | <b>21</b> |
| 11.1      | Økologisk risiko .....                                         | 21        |
| 11.2      | Helserisiko ved opphold på brannøvingsfelt .....               | 21        |
| <b>12</b> | <b>Resultater .....</b>                                        | <b>24</b> |
| 12.1      | Miljørisiko og sårbarhet .....                                 | 24        |
| 12.2      | PFC i jord ved brannøvingsfeltene .....                        | 26        |
| 12.3      | PFC utenfor brannøvingsfeltene .....                           | 30        |
| 12.4      | PFC i vann .....                                               | 30        |
| 12.4.1    | Innblandingssoner .....                                        | 32        |
| 12.4.2    | Biota og sedimenter .....                                      | 33        |

|           |                                                   |           |
|-----------|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>13</b> | <b>Usikkerhet .....</b>                           | <b>34</b> |
| <b>14</b> | <b>Tiltaksmetoder .....</b>                       | <b>35</b> |
| 14.1      | Litteraturstudium tiltaksmetoder PFC .....        | 35        |
| 14.2      | Mulige tiltak .....                               | 36        |
| <b>15</b> | <b>Oppsummering .....</b>                         | <b>38</b> |
| 15.1      | Forurensset grunn, innledende undersøkelser ..... | 38        |
| 15.2      | Brannøvingsfelt .....                             | 38        |
|           | <b>Referanser .....</b>                           | <b>40</b> |

## **DEL 1 INNLEDNING**

### **1 Miljøprosjektet**

Miljøprosjektet er et sentralt styrt prosjekt som skal utrede og gjennomføre tiltak på Avinors lufthavner for å sikre at de tekniske anleggene på lufthavnene og driften av disse er innenfor vilkår i utslippstillatelsene og oppfyller Forurensningsloven med tilhørende forskrifter.

Prosjektet ledes av én prosjektleder og det er opprettet en egen Styringsgruppe. Prosjektet er delt inn i 9 delprosjekter (DP) med egne delprosjektledere.

- DP 1 – Tankanlegg
- DP 2 – Forurensset grunn
- DP 3 – Oljeutskillere og brannøvingsfelt
- DP 4 – VA-anlegg og deicingplattformer
- DP 5 – Resipientvurdering og overvåkning
- DP 6 – Beredskap og ytre miljø
- DP 7 – Andre aktører på lufthavnene
- DP 8 – Informasjon og kommunikasjon
- DP 9 – Håndtering av A-glycol

#### **1.1 DP2 – omfang og målsetting**

Målet for Delprosjekt 2 er å få oversikt over lokaliteter med forurensset grunn på Avinors lufthavner, og håndtere forurensningene i henhold til gjeldende lovverk.

Undersøkelsene ved brannøvingsfeltene kom underveis i arbeidet i en særstilling fordi problemstillingen med spredning av PFOS og PFOA, og etter hvert også andre PFC, ble sterkt aktualisert våren 2011. Målsettingen med undersøkelsen på brannøvingsfeltene ble mer omfattende enn for de andre lokalitetene. I tillegg til å få en oversikt over omfanget av problemet ved Avinors lufthavner, ble målet å avklare omfanget av spredning, og om mulig å finne frem til de viktigste spredningsmekanismene.

Rapporteringen fra prosjektet skulle gi grunnlag for prosjektering av tiltak på den enkelte lufthavn. Derfor er det for hver av lufthavnene utarbeidet en lokalitetsrapport som tar opp punktene nevnt i Avinors miljørisikoanalyser, og den videre undersøkelse og vurdering av disse. Denne rapporten følger som et vedlegg til en "Lufthavnrapport" for hver lufthavn, hvor det vil bli lagt spesiell vekt på forurensing ved brannøvingsfeltene. Dette gjelder spesielt forekomst og utbredelse av PFOS, PFOA, 6:2 FTS og 8:2 FTS, som har vært viktige ingredienser i brannskum.

For å få et bedre grunnlag for de konklusjoner som prosjektet skulle ende opp med, ble det satt i gang flere tilleggsprosjekter.

- Aquateam utarbeidet forslag til helsebaserte tilstandsklasser for perfluorerte organiske forbindelser i forurensset grunn (Aquateam 2011)
- Aquateam utarbeidet forslag til grenseverdier for vann basert på den kunnskap som forelå (Aquateam 2012a)

- Aquateam utarbeidet forslag til risikovurdering av PFOS i forurenset grunn ved Avinors lufthavner (Aquateam 2011)
- Sweco gjennomførte et litteraturstudium på PFC-forbindelsers egenskaper og en vurdering av kjente tiltaksmetoder og deres egnethet for forurensningssituasjonen ved Avinors lufthavner (Sweco Environment 2012)
- En nærmere undersøkelse av utlekkingspotensialet fra ulike jordarter blir gjennomført ved en mastergradsoppgave ved universitetet i Oslo, da det ble klart at jordarten var en styrende og ukjent faktor i beregningen av transport av PFC til resipient (Nordskog m.fl. 2012)
- Sweco gjennomførte en undersøkelse av biota og sedimenter for å finne ut om spesielt sjølevende organismer ville være påvirket av PFC-utslipp fra lufthavnene (Sweco 2012)

Denne oppsummerende rapporten bygger på resultatene i lufthavnsrapportene og presenterer de viktigste erfaringene fra arbeidet.

## 2 Metodikk

Arbeidene ble startet med skriftlig og muntlig kommunikasjon med lufthavnene, og feltarbeidene ble innledet med et avklarende møte med lufthavnsjefene/driftsjefene og teknisk personell ved lufthavnene. Arbeidene ble stort sett møtt med stor velvillighet og bistand lokalt.

Det viste seg i flere tilfeller at de opplysningene som var tilgjengelige før oppstart, måtte korrigeres på det innledende møtet som ble holdt på lufthavnene i forbindelse med oppstarten av feltarbeidet. Senere har det vist seg at heller ikke den gjennomgangen var tilstrekkelig for å få opplysning om alle aktuelle forurensninger.

Undersøkelsene i den innledende fase skulle slutføres for 43 lufthavner i løpet av 2011. Som en konsekvens av den korte tid som sto til rådighet for den enkelte lufthavn, ble det bare tid til å gjennomføre enkle undersøkelser. Dette skyldtes også at det høsten 2011 var flere måneders ventetid for å skaffe borerigg til å etablere grunnvannsbrønner eller til å gjøre prøvetakling i områder hvor man ikke kunne grave.

Ved de fleste lufthavner ble det gjennomført sjakting med gravemaskin på noen få lokaliteter. I ett enkelt tilfelle (Svalbard) ble det benyttet borerigg fordi den var tilgjengelig på kort varsel.

Uten borerigg ble nedsetting av brønner noe vanskeligere enn normalt. Brønner ble i de fleste tilfelle satt ned i sjakter utført med gravemaskin, og grov sand, som lufthavnene bruker til strøsand, ble fylt rundt filteret – som oftest ved hjelp av et foringsrør. Vanskelighetene besto først og fremst i å få jorda rundt brønnens øverste del så godt tettet at overflatevann ble hindret i å trenge ned i brønnen. Problemet ble løst ved å pakke tette masser rundt brønntoppen, og det ble i noen tilfelle benyttet bentonitt for å oppnå god tetting.

Jord- og vannprøver ble analysert ved analyselaboratoriet Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, som har avtale med Avinor om disse tjenestene. På grunn av prosjektets omfang og antall analyser tok analysearbeidet lengre tid enn forventet, og det bidro til en viss forsinkelse av denne delen av prosjektet.

I utgangspunktet var det meningen at det skulle gjennomføres en grundigere undersøkelse i en fase 2 for å avklare situasjonen for de forurensingene som ikke ble fullstendig undersøkt i 2011. Av tidshensyn, og ønsket om en endelig rapportering høsten 2012, ble det i stedet stort sett bare utført supplerende analyser av ekstra prøver som ble tatt høsten 2011. I tillegg ble det tatt vannprøver av grunnvannsbrønner, bekker og vann. Nødvendige undersøkelser for uavklarte forurensningssituasjoner vil i stedet inngå som en del av den tiltaksplanen som blir utarbeidet for hver lufthavn.

## **DEL 2 FORURENSET GRUNN, INNLEDENDE UNDERSØKELSER**

### **3 Grunnlag**

Ved en lufthavn foregår det en rekke aktiviteter som innebærer bruk av potensielt miljøskadelige kjemikalier. Fly, driftsbiler og brannbiler trenger drivstoff og vedlikehold, og rullebaner og fly trenger avising om vinteren. Dette gjør at alle lufthavner har flere tankanlegg for drivstoff, olje og avisningskjemikalier både over og under grunnen av ulik årgang og tilstand. I tillegg er det som regel etablert et oljeutskilleranlegg for håndtering av spillvann fra garasje/verksted.

Det kan ha forekommet søl av kjemikalier til grunnen ved påfylling/overfylling, tanking, skade på anlegg ved påkjørsel eller rust, eller direkte avrenning til grunnen av kjemikalier fra avising, vask av biler/utstyr, o.l.

Grunnlaget for arbeidet har først og fremst vært de miljørisikoanalyser som Avinor har utarbeidet for neste alle lufthavnene i løpet av 2009 og 2010. I tillegg forelå rapporter om tilstanden ved lufthavnenes tankanlegg og oljeutskillere, i de fleste tilfelle utarbeidet av Rambøll og Promitek i løpet av de siste 1-2 år. For en del lufthavner forelå også andre rapporter, f.eks. om deponier og forurensningshendelser.

### **4 Resultater**

Tabell 1 gir en kortfattet oversikt over registrert forekomst av diverse grunnforurensning som er påvist etter den innledende undersøkelsen ved de enkelte lufthavner.

Generelt kan det konkluderes med at antall forurensninger som bør følges opp med videre undersøkelser og eventuelle tiltak, er få i forhold til de problemstillinger vedrørende forurenset grunn som er nevnt i Avinors miljørisikoanalyser. I mange tilfeller viste det seg at det var gjennomført oppryddingstiltak både av lekket tankanlegg og forurenset grunn etter at miljørisikoanalysen var utarbeidet. Man erfarte etter hvert også at man i flere av miljørisikoanalysene hadde tatt med mulige forurensninger som i praksis viste seg å være ubetydelige.

Når man ser bort fra brannøvingsfeltene, er det for det meste oljeforurensninger som bør håndteres. Søl i forbindelse med tanking og overløp fra oljeutskillere synes å være mer vanlig enn lekket oljetanker. I flere tilfelle dreier det seg bare om små volumer med grunne forurensninger, men med så høye konsentrasjoner at de ikke kan bli liggende utrørt.

Større lokaliserte forurensninger ved drivstofftanker finnes, men på de fleste slike steder er det allerede bestemt at tankene skal skiftes og lokaliteten ryddes.

Enkelte lufthavner har deponier hvor spredningsforholdene er uavklarte, og som derfor bør følges opp.

Ved flere lufthavner er det rapportert om lukt av avisningskjemikalier ved drifts- og flyoppstillingsområde i forbindelse med tiltak i grunnen. Disse områdene er nå stort sett

asfaltert, og nærmere undersøkelser der var som regel ikke mulig å gjennomføre. Ved prøvesjaktning omkring de asfalterte områdene og på snødeponier fant man imidlertid mindre avisningskjemikalier enn det man på forhånd kunne forvente. Dette kan imidlertid ha noe sammenheng med at prøvetakingen av jord ble foretatt sent på året, så lenge etter avisningssesongen at kjemikalierestene kan ha vært nedbrutt.

Det er for hver lufthavn utarbeidet en tiltaksplan for grunnforurensninger i fm tankanlegg, oljeutskillere, spredegrøfter, etc. Tiltaksplanene omfatter kun de endringer/tiltak som iverksettes av DP1 Tankanlegg, DP3 Brannøvingfelt og oljeutskillere og DP4 VA-anlegg og deicingplattformer, samt de tiltak som utløses av Forurensningsforskriften grunnet uakseptabel forurensning.

Tabell 1. Registrert forekomst av diverse grunnforurensning som er påvist etter de innledende undersøkelser.

| Lufthavn                     | Problemområde                 | Parameter             | Undersøkt | Forurensning | Overvåkning eller videre undersøkelse | Tiltak |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|--------------|---------------------------------------|--------|
| Harstad/<br>Narvik<br>Evenes | Driftsbygg                    | THC,<br>PFOS,<br>div. | Ja        | Ja           | X*                                    |        |
| Narvik                       | Dieseltank                    | THC                   | Ja        | Ja           |                                       | X      |
| Røros                        | Snødeponi                     | Avisning              | Ja        | ?            | X                                     |        |
|                              | Driftsområdet                 | THC, div.             | Ja        | ?            | X                                     |        |
| Kristiansund                 | Driftsområdet                 | div.                  | Nei       | ?            | X                                     |        |
| Mosjøen                      | Drivstoffanlegg<br>helikopter | THC                   | Nei       | ?            | X                                     |        |
|                              | Driftsområdet                 | div.                  | Nei       | ?            | X                                     |        |
|                              | Flyavisning                   | PFOS                  | Ja        | Ja           | X                                     |        |
| Mo i Rana                    | Ingen                         |                       |           |              |                                       |        |
| Leknes                       | Snødeponi                     | Avisning              | Ja        | ?            | X                                     |        |
|                              | Jet A1                        | THC                   | Ja        | Ja           |                                       | X*     |
| Svolvær                      | Jet A1                        | THC                   | Ja/Nei    | ?            |                                       | X*     |
| Tromsø                       | Gammel<br>brannstasjon        | PFOS                  | Ja        | Ja           | X                                     |        |
|                              | Avløpsnett                    | PFOS, div.            | Nei       | ?            | X                                     |        |
| Berlevåg                     | Jet A1                        | THC                   | Ja        | Ja           |                                       | X*     |
| Båtsfjord                    | Utløp oljeutskiller           | THC<br>overflate      | Ja        | Ja           |                                       | X      |
| Mehamn                       | Jet A1                        | THC                   | Ja        | Ja           |                                       | X*     |
|                              | Baneavisning                  | THC                   | Ja        | Ja           |                                       | X      |
|                              | Utløp oljeutskiller           | THC<br>overflate      | Ja        | Ja           |                                       | X      |
| Namsos                       | Jet A1                        | THC                   | Ja        | Ja           | X                                     |        |
| Førde                        | Dieseltankområde              | THC                   | Ja        | Ja           |                                       | X      |

| Lufthavn     | Problemområde                                           | Parameter            | Undersøkt | Foruren<br>sning | Overvåkning<br>eller videre<br>undersøkelse | Tiltak |
|--------------|---------------------------------------------------------|----------------------|-----------|------------------|---------------------------------------------|--------|
|              | (tank flyttet)                                          |                      |           |                  |                                             |        |
|              | Avisning                                                | glykol               | Nei       | Ja               | X                                           |        |
| Svalbard     | Hangar 1 og<br>kaldgarasje                              | THC,<br>PAH,<br>PFOS | Ja        | Ja               | X                                           |        |
| Bodø         | Driftsområdet,<br>flere lokaliteter<br>(Avinors område) | THC                  | Ja        | Ja               |                                             | X      |
| Sandane      | Driftsområdet,<br>flere lokaliteter                     | THC                  | Ja/Nei    | Ja               |                                             | X      |
| Ålesund      | Drivstoffanlegg                                         | THC                  | Ja        |                  |                                             | X      |
|              | Flyavisning                                             | Glykol               | Ja/Nei    | ?                | X                                           |        |
| Kristiansand | Motorklubbhus                                           | THC, PCB,<br>PAH, TM | Ja        | Ja               | X                                           |        |
|              | Motortesthus                                            | THC,<br>PCB, PAH     | Ja        | Ja               | X                                           |        |
|              | Røros Flyservice                                        | THC                  | Nei       | ?                | X                                           |        |
| Alta         | Drivstoffanlegg                                         | THC                  | Ja        | Ja               |                                             | X      |
|              | Avisning                                                | Formiat,<br>glycol   | Nei       | Ja?              | X                                           |        |
|              | Driftsområdet                                           | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Bergen       | Drivstoffanlegg                                         | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
|              | Deponier                                                | PCB                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
|              | Driftsområdet                                           | div                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
|              | Bergen air<br>transport                                 | THC                  | Nei       | Ja               | X                                           |        |
| Fagernes     | Drivstoffanleggene                                      | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Trondheim    | Drivstoffanleggene                                      | THC                  | Nei       | Ja               | X                                           |        |
|              | Baneavisning                                            | Formiat              | Nei       | Ja               | X                                           |        |
|              | Driftsområdet                                           | THC                  | Nei       | Ja               | X                                           |        |
| Honningsvåg  | Drivstoffanlegg                                         | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Hammerfest   | Drivstoffanlegg                                         | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Lakselv      | Drivstoffanleggene                                      | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Vadsø        | Drivstoffanlegg                                         | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Sørkjosen    | JET-A1                                                  | THC                  | Nei       | Ja               |                                             | X      |
| Røst         | Drivstoffanleggene                                      | THC                  | Ja/Nei    | Ja               | X                                           |        |
|              | Sørvestende av<br>rullebane                             | THC                  | Ja        | Ja               | X                                           |        |
| Kirkenes     | Avisning                                                | glykol               | Ja/Nei    | ?                | X                                           |        |
|              | Forsvarets tidl.                                        | THC                  | Ja        | Ja               | X                                           |        |

| Lufthavn    | Problemområde                    | Parameter | Undersøkt | Foruren<br>sning | Overvåkning<br>eller videre<br>undersøkelse | Tiltak |
|-------------|----------------------------------|-----------|-----------|------------------|---------------------------------------------|--------|
|             | flydrivstoffanlegg               |           |           |                  |                                             |        |
|             | Avinors verksted                 | THC       | Ja        | Ja               | X                                           |        |
| Molde       | Drivstoffanlegg                  | THC, PAH  | Ja        | Ja               | X                                           |        |
| Ørsta/Volda | Drivstoffanleggene               | THC       | Ja/Nei    | Ja               |                                             | X      |
|             | Snødeponi                        | Formiat   | Ja        | Ja               | X                                           |        |
| Førde       | Drivstoffanleggene               | THC       | Ja        | Ja               |                                             | X      |
| Haugesund   | Drivstoffanleggene               | THC       | Ja        | Ja               | X                                           |        |
|             | Miljøbrønn mellom<br>taksebanene | THC       | Ja        | Ja               | X                                           |        |
| Florø       | Gullhildvågen<br>avfallsdeponi   | div       | Nei       | Ja               | X                                           |        |
| Sogndal     | Drivstoffanleggene               | THC       | Nei       | Ja?              |                                             | X      |
|             | Driftsområdet                    | THC       | Ja        | Ja               |                                             | X      |
| Brønnøysund | Drivstoffanlegg                  | THC       | Nei       | ?                | X                                           |        |

\*må undersøkes/saneres ved fjerning av anlegg/bygg

## **DEL 3 BRANNØVINGSFELT OG PFC-FORURENSNING**

### **5 Generelt om PFC**

Perfluorkjemikalier (PFC) er en gruppe kjemikalier som i flere tiår har vært brukt i produkter som skal motstå varme, olje, flekker, fett og vann. PFC inkluderer overflateaktive og persistente forbindelser.

Forkortelsen PFC ("per- and polyfluorinated compounds") omfatter en rekke ulike alkylerte fluorforbindelse. PFOS og PFOA er to spesielle PFC varianter med 8 karbonatomer der den funksjonelle gruppen er et sulfonat respektive en karboxylsyre.

De PFC som mest benyttes i brannskum er PFOS (Perfluorooctan sulfonat), PFOA (Perfluorooctanoic acid), 6:2 FTS og 8:2 FTS (Fluorotelomersulfonater), PFHxS (Perfluorooctan sulfonat), PFBS (Perfluorobutan sulfonat) (Sweco Environment 2012).

Stoffene har hovedsakelig vært benyttet på grunn av sine overflateaktive egenskaper. De kan danne tynne hinner som hindrer spredning av brann og avdamping av flyktige forbindelser. Hovedbruksområdet for PFOS-relaterte forbindelser har vært å forbedre produkters vann- og smussavstøtende egenskaper og de brukes derfor også i tekstilimpregnering, tepper og stoff som er flekkbestandige, i teflonbelegg, belegg i kartonger for f.eks. melkekartonger, skismøring og som kosmetiske additiver. Andre mindre volum brukes i forkromming, fotolitografi, foto og hydraulikkvæsker i luftfarten.

De kjemiske strukturene av disse stoffene gjør dem meget resistente mot nedbrytning i naturen. PFOS og PFOA brytes svært langsomt ned i det ytre miljø, samtidig som de akkumuleres i mennesker og dyr. De regnes dermed som "Persistent Organic Pollutants" (POP). For PFOS og PFOA vet man etter hvert en god del om skadelige helse- og miljøeffekter, men for mange av de andre PFC-forbindelsene er det lite informasjon om slike forhold.

Norge tar sikte på å redusere utslippene av PFOA- og PFOS-relaterte stoffer og stoppe utslippene innen 2020.

### **6 Forbruk av brannslukkingskjemikalier**

I 2005 gjennomførte Klif en kartlegging av gjenværende mengder og tidligere utslipp av PFOS-holdig brannskum på offshoreinstallasjoner, skip og i landbasert virksomhet i Norge (SFT 2005). Gjenværende mengder PFOS-holdig brannskum ble antatt å være ca 1,4 millioner liter, hvorav de største mengdene ble funnet å befinne seg på offshoreinstallasjoner og landbasert petroleumsvirksomhet. I tillegg ble det sett betydelige mengder skum i Forsvaret.

Tabell 2 gir en oversikt over anslåtte mengder PFOS-forbindelser i gjenværende brannskum og tidligere utslipp. Ved enkelte kilder var det ikke mulig å anslå historiske utslipp grunnet manglende informasjon.

Tabell 2 Anslått mengde PFOS-forbindelser i gjenværende brannskum og tidligere utslipp pr 2005 (Klif, TA 2139)

| <b>Virksomhetstype</b>                  | <b>Mengde PFOS-forb. i gjenværende skum, kg</b> | <b>Tidligere utslipp av PFOS-forb., kg</b> |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Offshoreoperatører                      | 15 600                                          | 54 000                                     |
| Flyttbare rigger                        | 400                                             | 700                                        |
| Skip og ferger                          | 400                                             | 200                                        |
| Landbasert petroleumsvirksomhet         | 2 260                                           | 2 300                                      |
| Petrokjemisk og annen relevant industri | 530                                             | < 200                                      |
| Tankanlegg                              | 600                                             | < 200                                      |
| Flyplasser                              | < 50                                            | i.k.                                       |
| Forsvaret                               | 1 500                                           | i.k.                                       |
| Brannovingsplasser                      | < 50                                            | i.k.                                       |
| Brann- og redningsvesen                 | < 50                                            | i.k.                                       |
| <b>Totalt</b>                           | <b>Ca. 21 500</b>                               | <b>Min. 57 600</b>                         |

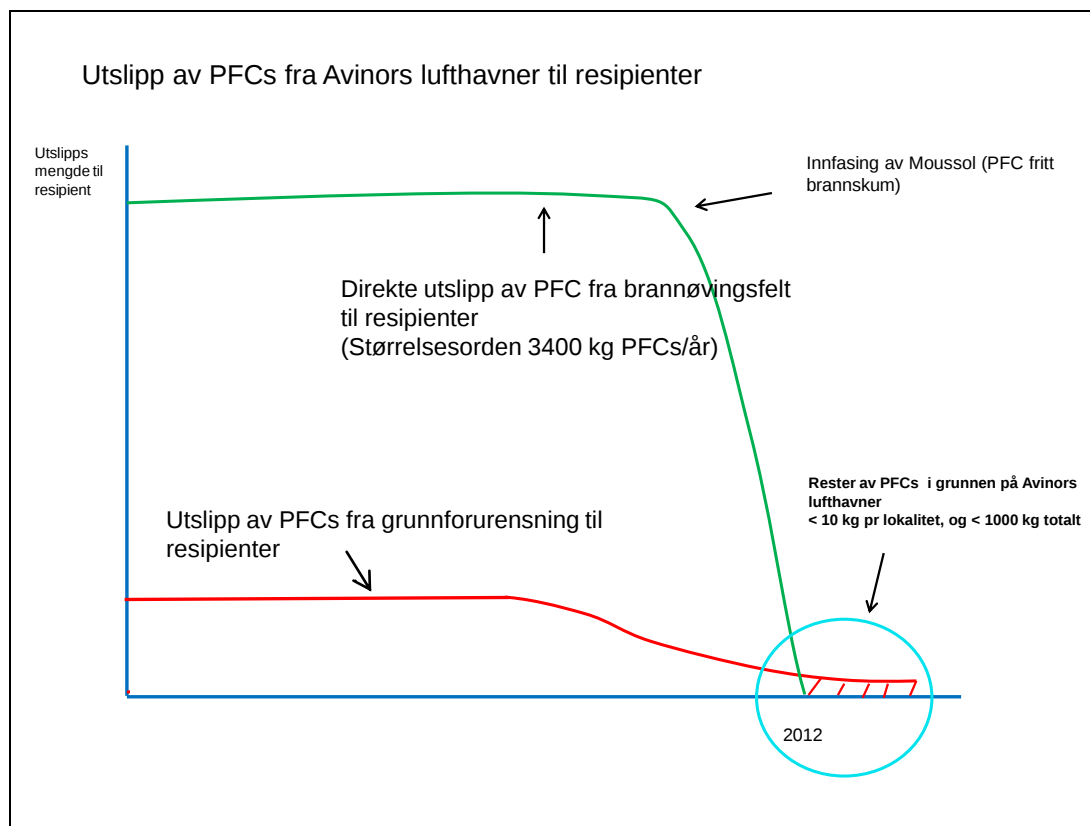
*Anslåtte mengder av PFOS-forbindelser i gjenværende brannskum og tidligere utslipp*

*i.k. = ikke kvantifiserbart på grunn av mangelfull informasjon*

Brannskum som inneholder PFOS ble forbudt solgt og brukt i Norge i 2007. I perioden 2002 – 2011/2012 ble det benyttet brannskum (AFFF) som inneholder andre PFC og som skulle være mindre skadelig for miljøet enn PFOS, men analyser har vist at PFOS likevel forekommer i skum og/eller er et nedbrytningsprodukt av de PFC som forekommer der.

Avinor vil i løpet av 2012 ha utfaset bruk av PFC-holdig brannskum ved alle sine lufthavner.

Figur 1 viser at Avinors utslipp av PFC er drastisk redusert ved overgangen til PFC-frie avisningskjemikaler i løpet av 2012. Mens det tidligere ble brukt mer enn 3000 kg PFC pr. år, er utslippet etter 2012 begrenset til noen få kilo pr. år fra en restmengde i jorda som er beregnet å være i størrelsesorden 500 kg. Beregningen viser videre at Avinors utslipp ved dette er redusert fra c 3 400 kg/år til mindre enn 6 kg/år – en reduksjon på mer enn 99 %.



Figur 1 Skissert tidsforløp over utslippsmengde av PFC fra Avinors lufthavner

## 7 Bruk av brannøvingsfelt (BØF)

Drift av en lufthavn krever jevnlig brann- og havariøvelser. Dette har tradisjonelt blitt utført ved egne felt/områder ved hver lufthavn, men blant annet på grunn av forurensningsproblematikken er denne aktiviteten nedlagt ved de fleste lufthavner.

De store og regionale lufthavnene har et brannøvingsfelt som gjør det mulig å gjennomføre alle de varme øvelsene i henhold til påkrevd øvelsesaktivitet for å opprettholde tilstrekkelig beredskap på lufthavnene. Totalt har Avinor 14 slike aktive brannøvingsfelt (BØF) hvor det planlegges videre drift: Svalbard, Tromsø, Kirkenes, Lakselv, Alta, Trondheim, Molde, Ålesund, Haugesund, Bergen, Stavanger, Kristiansund, Florø, og Kristiansand.

Disse feltene er etablert med en oppsamlingsplate med membran under, en imitert flykropp med opptenning av jetfuel eller gass og oljeutskilleranlegg under bakken til å samle opp drivstoffrester fra øvelse. Resterende slukkevann (inkl. brannskum) vil etter oljeutskilleren slippes ut via utslippsledning til resipient (sjø) eller til kommunalt avløpsnett. Disse BØFene har vært bygd siden begynnelsen av 1990-tallet og opp til dags dato. Det enkelte brannøvingsfelt har utslippstillatelser etter forurensningsloven fra Fylkesmannen, samt eventuelt en påslippsavtale med kommunen.

Nesten alle lufthavner har et gammelt brannøvingsfelt som nå er tatt ut av bruk. Feltene har vært av ulik standard mht bunndekke, men med det fellestrekk at de har ingen eller liten oppsamling og håndtering av avløpsvann. Dette har medført relativ stor tilførsel av brennstoff (som regel jetfuel) og brannskum til grunnen i disse områdene.

Med unntak av Florø har ingen av kortbanelufthavnene et moderne og fullverdig øvelsesfelt. Personell ved kortbanelufthavner reiser derfor til vertslufthavnene Tromsø, Trondheim, Florø, Lakselv eller Kirkenes for varme øvelser. Kortbanelufthavnene har imidlertid et område der det gjennomføres andre øvelser, samt funksjonstesting av utstyr. Dersom dette området tidligere har vært benyttet til varme brannøvelser, eller er/har vært brukt til testing av skumkanoner, må det påregnes at det kan være forurensninger i grunnen på disse områdene, både fra bruk av jetfuel og brannskum.

For alle lufthavner gjennomføres det havariøvelser (én eller flere per år) og enkelte beredskapsøvelser (i samarbeid med Forsvaret, kommunen osv) innenfor og utenfor lufthavnområdet, samt påkrevd månedlig testing av skumkanonen(e). Kortbanelufthavnene skal utføre dette på særskilte områder på lufthavnen, mens på store og regionale lufthavner utføres dette på aktive BØF, og enkelte ganger ved skumlegging av rullebanen, etc.

## **8 Målsetting**

Ved oppstart av arbeidet ble det valgt følgende miljømål for lufthavnområdet:

- Opphold på området skal ikke medføre en uakseptabel helserisiko som skyldes forurensningen i grunnen.
- Vannkvaliteten i nærmeste resipient skal ikke være påvirket negativt av miljøtilstanden i det undersøkte området.

Målsettingen er nærmere utdypet i kapittel 10, Vurderingsgrunnlag.

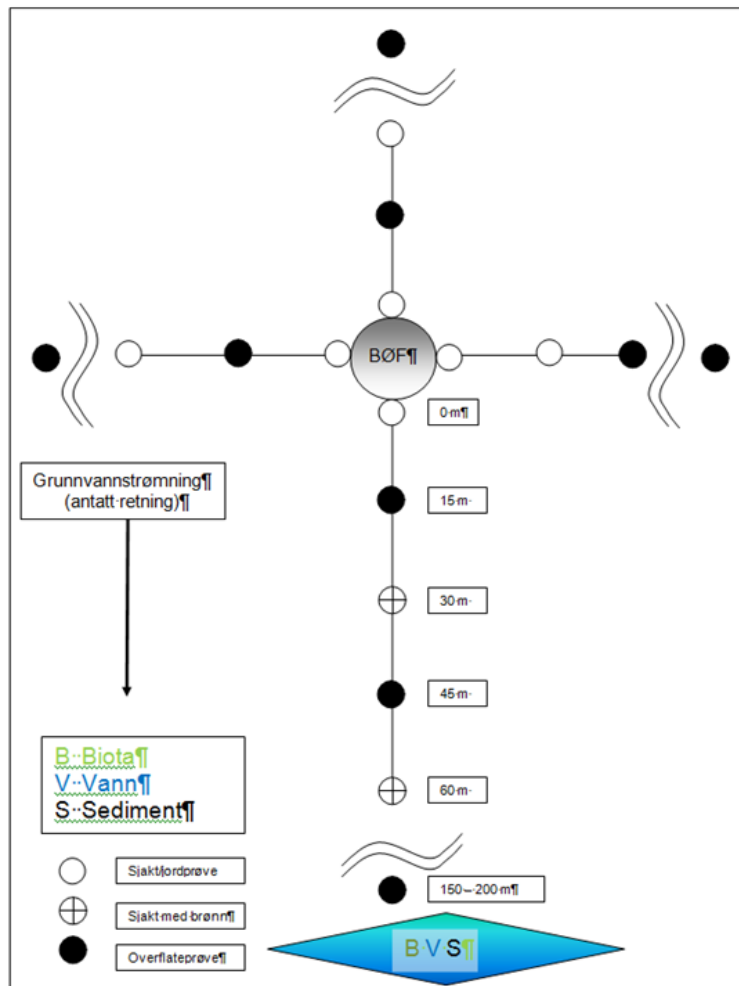
## **9 Metodikk BØF**

### **9.1 Prøvetaking**

Som nevnt innledningsvis ble målsettingen med undersøkelsene i brannøvingsfeltene utvidet til å finne omfanget av spredning av PFC, og om mulig å finne frem til de viktigste spredningsmekanismer. For om mulig å gi svar på disse spørsmål ble det utarbeidet en "mal" for prøvetaking, slik som skjematisk illustrert i figur 2.

Prinsippet for undersøkelsen var sjaking, nedsetting av grunnvannsbrønner, og prøvetaking i fire retninger i forhold til selve brannøvingsfeltet. Det skulle etableres fire sjakter i kanten av feltet, og deretter én sjakt eller overflateprøve i hver retning for hver 15. meter inntil 60 m fra feltet. I et ideelt tilfelle ble det fra åtte til ti sjakter på hvert brannøvingsfelt.

Én av de fire retninger skulle så valges som forlenget akse, med prøvetaking lengre fra brannøvingsfeltet – helst inntil 150-200 m. Denne retningen ble valgt ut fra kunnskap om sannsynlig spredningsretning, f.eks. strømningsretning for grunnvannet, fremherskende vindretning eller opplysninger om i hvilken retning brannskum ble blåst under øvelsene.



Figur 2 Prinsippet for prøvetakingsstrategien ved brannøvingsfelt

For noen av lufthavnene kunne dette prøvetakingsoppsettet praktiseres nokså direkte, f.eks. på Røros, Berlevåg og Vadsø. For mange andre var det behov for mer eller mindre omfattende justering etter lokale forhold som f.eks. for Svolvær og Mehamn hvor brannøvingsfeltet var plassert i sjøkanten og til dels på bart fjell.

Ved prøvetakingen skulle det om mulig sjaktes ned til grunnvann, men i mange tilfelle var det ikke mulig med det utstyret som sto til rådighet. Noen steder var også gamle øvingsfelt overfylt med mange meter grove masser, som i Narvik, eller lagt under ny landings- eller taksebane, som ved Evenes. I en ideell sjakt ble det tatt ut en jordprøve av de 10 - 20 øverste cm, en jordprøve i grensen til grunnvannet, og evt. en blandingsprøve fra jordmassene i mellom. I tillegg kunne det bli tatt ut andre prøver mellom disse nivåene etter nærmere vurdering på stedet.

Målsettingen var å sette brønner i minst 3 sjakter der det var grunnvann, 1 oppstrøms og 2 nedstrøms brannøvingsfeltet. Det viste seg at dette ideelle oppsettet bare var mulig noen ganger, til dels fordi det ikke var enkelt å anslå noen sikker strømningsretning og til dels fordi det ikke var grunnvann i porøse masser over fjelloverflaten.

Brønner ble, som beskrevet i kap. 2, i de fleste tilfelle satt ned i sjakter utført med gravemaskin. Det har senere vist seg at gravearbeider fører til betydelig mobilisering av PFC, og analyseresultater av vannprøver tatt i slike brønner kan gi PFC-konsentrasjoner som er høyere enn de man ellers ville finne i grunnvannet.

I de miljøtekniske grunnundersøkelsene er det tatt flere tusen jordprøver av masser fra brannøvingsfelt, hvorav ca 900 prøver er analysert. Det er også tatt og analysert ca. 200 vannprøver.

Sedimentprøver er tatt noen få steder ved utløp av grøfter og bekker som kan tenkes å føre PFC. Bunnprøver av bekker og grøfter er å betrakte som stedegne jordprøver i kontakt mot vann som kan inneholde disse forurensningskomponentene.

## 9.2 Risikovurderinger

Undersøkelsesmetodikken av forurensningssituasjonen ved brannøvingsfeltene har tatt utgangspunkt i den trinnvise tilnærmingsmetoden beskrevet i Klifs veileder "Risikovurdering av forurenset grunn" (SFT 1999). Det beskrives tre trinn:

### **Trinn 1 Forenklet risikoanalyse:**

En vurdering av om påvist forurensning i jorda overskrider normverdiene for rene masser.

### **Trinn 2 Utvidet risikovurdering (beregning av eksponering):**

Bergning av spredning og eksponering på grunnlag av analyser av jord og vann som forurensningskilde. Beregningen tar utgangspunkt i de spredningsveier som gjelder for den aktuelle arealbruk av området. Beregningsgrunnlaget er mest mulig tilpasset de lokale geologiske og hydrogeologiske forhold og de reelle eksponeringsmuligheter.

For å beregne grunnvannskonsentrasjoner og konsentrasjoner i resipient er det benyttet Klifs risikovurderingsverktøy (SFT 1999) med utvidelse for å omfatte PFOS. Bergningene omfatter bare PFOS og ikke andre PFC, ettersom de det benyttes stoffspesifikke parametre for PFOS og de enkelte PFCer har meget ulike egenskaper (Sweco Environment 2012).

### **Trinn 3 Utvidet risikovurdering (måling av eksponering):**

Trinn 3 omfatter feltmålinger av vannprøver og biota i resipient.

I undersøkelsen av brannøvingsfeltene er det tatt prøver av:

- jordmasser på/ved BØF i ulike dybder
- grunnvann fra sjakter og brønner på/ved BØF
- vann og "sedimenter" i grøfter/småbekker ved BØF
- vann og sedimenter fra resipienter – vassdrag med konsuminteresse

- fisk, skalldyr, etc. fra ferskvann og sjøvann

I dette prosjektet lagt vekt på arbeid i risikovurderingsmetodens trinn 3, ved at det er tatt direkte vannprøver for vurdering av resipientkvalitet, og det er tatt biotaprøver der det har vært mulig. I tillegg er det gjennomført et omfattende prosjekt med biotaprøver fra 4 lufthavner, som beskrevet i kapittel 9.4. Grunnet tilgjengelighet, fremdrift og økonomi ble det likevel ikke analyser prøver av alle typer materiale ved alle lufthavner.

I de tilfelle hvor grunnvannskonsentrasjoner er målt, eller en vesentlig del av avrenningen skjer via bekker eller annen målbar overflateavrenning, er målte konsentrasjoner benyttet i beregningene av konsentrasjoner i resipienten. Avrenningen er i slike tilfelle beregnet ut fra nedbørsarealer og netto nedbør (eKlima), og det er tatt hensyn til fortynning med nedbør fra andre deler av nedbørsfeltet før avrenningen når resipienten.

Vi mener at bruk av målte konsentrasjoner gir et bedre grunnlag enn Klifs regneark, bl.a. fordi Kd-verdien for PFOS er usikker. For å kompensere for dette har vi der direkte måling ikke kunne gjennomføres, beregnet grunnvanns- og resipientkonsentrasjoner for 3 ulike Kd-verdier (som regel 1,10 og 30). Direkte beregninger av Kd på grunnlag av kjente konsentrasjoner i jord og grunnvann viser likevel at den kan variere med 2 tierpotenser. Dette er nærmere beskrevet i avsnitt 9.3 nedenfor.

Som det fremgår av ovenstående, vil det være betydelige usikkerheter i slike beregninger, enten de er beregnet ut fra jordkonsentrasjoner eller noen få målinger i grøfter eller resipienter. Det er i lufthavnrapportene tilstrebet å benytte "konservative" vurderinger når det gjelder avrenning og nedbørsmengder, slik at forurensingskonsekvensene ikke er undervurdert. Det skal i den forbindelse også minnes om at det i de foreslåtte grenseverdier som regel er lagt inn betydelige sikkerhetsfaktorer.

### 9.3 Mastergradsoppgave

I samarbeid med Avinor, Institutt for Geofag, Universitet i Oslo og NGI gjennomføres en mastergradsoppgave der spredning og transport av PFCs fra brannøvingsfelt står sentralt. Studenten har i samarbeid Miljøprosjektet samlet i jordprøver fra 3 lufthavner, Bergen, Kristiansund og Kristiansand.

Målsetningen med arbeidet er å bestemme mobilitet og transport av PFC i reelle feltprøver som har vært utsatt for forurensning over lengre tid.

Prøvematerialet med ulike jordkarakteristikker har blitt valgt ut med hensyn til partikkelstørrelse og innhold av organisk materiale.

Kd, som beskriver fordelingen mellom faststoff og porevannet, har blitt bestemt for 7 prøver ved hjelp av risteforsøk over 10 dager (Batchtest).

Det har blitt tatt uforstyrrede kjerneprøver, som infiltreres av vann på en kontrollert måte over flere måneder, for å vurdere utlekking under mest mulig realistiske forhold. Utlekkingsvannet analyseres med faste mellomrom for å se på endring i konsentrasjonen av de ulike PFC. Forsøkene forventes ferdigstilt i løpet av november 2012.

## 9.4 Biotaundersøkelser

Ved de rutinemessige undersøkelsene av flyplassene ble det i begrenset omfang også tatt prøver av sedimenter og biota. Ved de fleste lufthavner viste det seg vanskelig å finne organismer for prøvetaking uten spesielt utstyr for prøvetaking i sjø. Det ble derfor startet et eget delprosjekt for å finne ut om spesielt sjølevende organismer ville være påvirket av PFC-utslipp fra lufthavnene.

Delprosjektet konsentrerte seg om en feltundersøkelse av mulig akkumulering av PFC i biota ved fire lufthavner, Kristiansand, Haugesund, Bergen og Tromsø. Formålet med oppdraget var å klarlegge om det finnes forurensning av PFC i biota nær lufthavnen. Det ble i forkant valgt ut forskjellige arter, som det ble tatt prøver av utenfor brannøvingsfeltene på de ulike lufthavnene, samt på valgte referansestasjoner i nærheten. Eventuelle nivåer av PFC i utvalgte dyregrupper er beskrevet, og resultatene evaluert med hensyn til grenseverdier, toksisitet og mulig skade på organismer og økosystemer. En eventuell akkumulering i næringskjeden og mulige konsekvenser for mennesker er vurdert.

Ved valg av markørarter har det vært viktig å finne arter som dekker ulike trinn i næringskjeden, arter som har både kort og lang livssyklus, samt både stasjonære og vandrende arter. I valg av arter, har det også vært fokus på om disse er spiselige organismer for mennesker.

Muslinger er valgt fordi de er filtrerende dyr som lever lenge, og enkelt vil kunne ta opp og akkumulere PFC der de opptrer i livsmiljøet. Flyndrefisker (lomre, skrubbe og slettvar) er valgt fordi de lever i stor grad på sjøbunnen og har sitt næringsopptak hovedsaklig fra bunnlevende makroorganismer. Videre er det valgt å hente prøver av skogmus, zooplankton, reker, børstemark, ørret, steinbit, berggylt, torsk, lyr, 3- og 9-pigget stingsild, knurr og taskekrabbe.

I risikovurderingen er risiko av PFC som finnes i biota vurdert slik:

1. Nivåer av PFC i biota sammenlignes med risikobaserte grenseverdier - utfordringen er at grenseverdier for bakgrunnsnivåer kun finnes for PFOS i fisk.
2. Konsentrasjoner i biota sammenlignes med målinger fra referanseområder og belastede områder i Nordsjøen. Eventuelle funn med samme eller høyere konsentrasjon som i biota fra belastede områder indikerer en potensiell risiko som bør følges opp. Eventuelle funn med lavere eller samme konsentrasjon som i referanseområder antas å ha en lav risiko og lite behov for oppfølging.

En gjennomgående komplikasjon er at selv om PFOS dominerer, forekommer også en rekke andre PFCer i enkelte av biotaprøvene.

Mye tyder på at PFOS, som er persistent, er et nedbrytingsprodukt for flere andre PFC-forbindelser, noe som gjør PFOS godt egnet som PFC-markør. En risikovurdering bør være fokusert mot de risikoelementene som er ansett som de viktigste, for til slutt å kunne identifisere kritiske og styrende risiki og elementer. En enkel, og som regel hensiktsmessig modell, er å oppgi alle forbindelser som potensielle risikoelementer. Konklusjonen fra gjennomgangen, er at PFOS er det styrende risikoelementet, både for human toksisitet og

økotoksikologiske effekter. Likevel er det en mulighet for at dette ikke gjelder for direkte effekter på fisk.

Risikobaserte grenseverdier er forholdsvis enkle parametre som kan brukes for å vurdere om analyserte konsentrasjoner kan være et problem. Ulempen med generelle grenseverdier, er at de ikke tar hensyn til lokale og/eller regionale avvik i de antakelsene som er gjort for å beregne grenseverdiene. Dette kan for eksempel gjelde hvilke arter som skal beskyttes, hvor mye fisk et gjennomsnittsmenneske spiser lokalt, samt bakgrunnsverdier av PFCer. I denne risikovurderingen vil en generell retningslinje (EQS – *Environmental Quality Standard*) bli brukt som den viktigste målestokken for å vurdere risiko, men samtidig vil ulemper og troverdighet for grenseverdiene diskuteres når risikoen evalueres.

## **10 Vurderingsgrunnlag**

### **10.1 Grenseverdier PFOS**

Miljømyndighetene har konsentrert seg om PFOS i sin vurdering av grenseverdier for PFC fordi PFOS ser ut til å være den mest helse-/miljøfarlige forbindelsen. I de følgende avsnitt oppsummeres hvilke grenseverdier som er satt og/eller foreslått i Norge og/eller EU i jord, vann og sedimenter.

#### **10.1.1 Jord**

For PFOS i jord har Klif fastsatt en normverdi for rene masser på 0,1 mg/kg. Grensen for farlig avfall er satt til 5 000 mg/kg.

Det er ikke utarbeidet tilstandsklasser for PFOS i jord og ferskvannssedimenter.

#### **10.1.2 Marine sedimenter**

For marine sedimenter har Klif utarbeidet en klassifisering i 5 tilstandsklasser som er beskrevet i Klifs "Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann", TA-2229/2007.

#### **10.1.3 Drikkevann**

Norsk Folkehelseinstitutt har i forbindelse med et konkret forurensingsproblem ved Kirkenes lufthavn foreslått en grenseverdi for PFOS i grunnvann på 0,3 µg/l. Tilsvarende er det i flere andre land foreslått grenseverdier gjengitt i EUs PFOS EQS dossier til (EU 2011), som viser at Storbritannia og Tyskland har foreslått en grenseverdi på 0,3 µg/l, mens USA har foreslått 0,2 µg/l og Nederland har foreslått 0,53 µg/l. Verken EU eller WHO har pr i dag fastsatt en grenseverdi.

#### 10.1.4 Vannresipient

Gjennom de 2-3 siste år har det kommet mange ulike forslag til grenseverdier for PFOS i vann med varierende begrunnelser. National Institute for Public Health and Environment i Nederland (RIVM 2010) har utarbeidet et forslag til Environmental risk limits for PFOS i EU. Forslaget omfatter grenseverdier for ferskvann og saltvann mht akutt giftighet, kronisk påvirkning og oppkonsentrering i næringskjeden. Disse verdiene er sammen med andre innspill håndtert videre i et Technical support dokument (European Commission [DG Environment] 2011). Her foreslås "Environmental Quality Standards" (EQS) som ennå ikke er vedtatt. Mer omfattende forslag er gitt i et EU-dossier (PFOS EQS dossier, EU 2011).

Når det gjelder vannkonsentrasjon og forholdet til økologisk liv, er det i litteraturen flere innfallsvinkler og kvalitetsstandarder (QS), f.eks.:

- MAC – Maksimum acceptable concentration:  
Et uttrykk for maksimal konsentrasjon som ikke har akutt giftighet
- MPC eco, water – Maksimum permissible concentration  
Tilsvarende trolig EU dossierets "Pelagic community":  
Et uttrykk for maksimal kronisk påvirkning som ikke er giftig
- MPC, secondary poisoning  
Tilsvarende EU dossierets "Predators (secondary poisoning)":  
Et uttrykk for maksimal kronisk påvirkning som ikke fører til uakseptabel oppkonsentrasjon i næringskjeden.

EU dossieret foreslår MAC-grenser på 36 µg/l for ferskvann og 7,2 µg/l for saltvann. Ettersom PFOS-påvirkning fra lufthavner ikke kan sies å være en akutt forurensing, er det vurdert at disse konsentrasjoner ikke er aktuelle som anbefalte grenseverdier for arbeidet med lufthavner.

Det foreslås også grenseverdier på 0,65 ng/l for ferskvann og 0,13 ng/l for saltvann, som er gitt av hensyn til menneskers inntak av fisk og sjømat og den konsentrasjonen i menneskers føde som skyldes oppkonsentrasjon i næringskjeden. Disse verdier er langt lavere enn kjente deteksjonsgrenser ved kommersielle laboratorier.

Dossierets QS for "Pelagic community" er 230 ng/l for ferskvann og 23 ng/l for saltvann. Da dette prosjektet ble startet, utarbeidet Aquateam, på oppdrag fra Avinor, forslag til grenseverdier for PFOS i ferskvann og saltvann. For saltvann ble det foreslått 25 ng/l som er i samme størrelsesorden som Dossierets QS.

For oppkonsentrasjon i næringskjeden, "Predators, secondary poisoning" foreslår dossieret 2 ng/l for ferskvann og 0,47 ng/l for sjøvann, altså noe høyere konsentrasjoner enn de som er foreslått av hensyn til menneskelig konsum av sjømat.

#### 10.1.5 Biota

I Technical support dokument (European Commission [DG Environment] 2011) foreslås en "draft standard for biota" (QS<sub>biota, sec. pois.</sub>) på 6.7 mg/kg våtvekt (ww). I EU dossieret er det

foreslått en "tentative" QS på 9,1 mg/kg av hensyn til menneskelig helse. Denne siste grense er benyttet som vurderingsgrunnlag i dette prosjektets lufthavnrapporter.

## 10.2 Klasseinndelinger i resultattabeller

PFOS den eneste PFC som er lagt inn i Klifs regneark for risikovurdering, og den eneste av PFCene hvor det er etablert eller foreslått norske eller internasjonale grenseverdier. Resultatene for PFOS er derfor vurdert i forhold til disse forslagene. For andre stoff i gruppen er det også gjort sammenligninger med grenseverdier som er aktuelle for PFOS, men uten at man kan trekke tilsvarende konklusjoner om forurensingsrisiko.

Siden det ikke er utarbeidet tilstandsklasser for PFOS i jord og ferskvannssedimenter, har vi i denne rapporten benyttet en inndeling utarbeidet av Aquateam for Avinor (Aquateam 2011) for å lette oversikten i analysetabellene. Laveste klasse i den inndelingen tilsvarer Klifs normverdi ren jord. Fargekodene gjelder kun for PFOS.

Som nevnt ovenfor har EU foreslått grenseverdier for vann som ligger betydelig lavere enn deteksjonsgrensen hos aktuelle laboratorier. Ettersom så lave konsentrasjoner ikke kan detekteres, har vi valgt å ikke benytte blå fargekode for vann. Laveste klassegrense tilsvarer analysenes deteksjonsgrense.

For ferskvann og grunnvann er grensen mellom gul og grønn fargekode gitt etter Folkehelseinstituttets foreslåtte grenseverdi for drikkevann. Grensen mellom gul og rød klasse er skjønnsmessig satt som et hensiktsmessig skille mellom vanlige analyseresultater.

For marint vann er analyseresultater under deteksjonsgrensen gitt grønnfarge. Skillet mellom gul og rød fargekode markerer grensen for hva som kan være skadelig for vannlevende organismer, samt grensen for når bading og rekreasjon kan være skadelig. Denne siste klasseinndelingen ble foreslått av Aquateam (2012a) etter bestilling fra Avinor, og synes nå å være i ganske god overensstemmelse med det siste forslaget fra EU.

Klasseinndelingen for marine sedimenter er hentet fra SFT (2007) Klassifisering av miljøgifter i marint vann og sedimenter. Klasseinndelingen for marint vann i i dette dokumentet er satt for høyt iht. Klif og er derfor ikke benyttet.

Tabell 3. Fargekoder benyttet i lufthavnrapportene for illustrasjon av forurensing av PFOS

|                             |                            |                       |                       |                     |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Jord                        | < 100 µg/kg<br>(normverdi) | 100 - 250<br>µg/kg    | 250 - 6700<br>µg/kg   | < 6700<br>µg/kg     |
| Ferskvanns-<br>sediment     |                            |                       |                       |                     |
| Overflatevann/<br>Grunnvann | 0,65 ng/l*                 | < 0,002 - 0,3<br>µg/l | 0,3 – 1,0<br>µg/l     | > 1,0 µg/l          |
| Marint vann                 | 0,13 ng/l*                 | < 0,002 µg/l          | 0,002 – 0,025<br>µg/l | > 0,025 µg/l        |
| Marint sediment             | < 0,17<br>µg/kg            | 0,17 - 220<br>µg/kg   | 220 - 630<br>µg/kg    | 630 – 3100<br>µg/kg |
|                             |                            |                       |                       | > 3100<br>µg/kg     |

\* grenseverdi lavere enn deteksjonsgrensen

I overensstemmelse med prosjektets målsetting stilles følgende krav vedr. PFOS-forurensing ved lufthavner:

- Konsentrasjoner av PFOS i jord skal ikke overstige stedsspesifikt beregnede akseptkriterier for human helse
- Konsentrasjoner av PFOS i nærmeste resipient skal ikke overstige:
  - *ferskvann = 0,65 ng/l, av hensyn til konsum av fisk*
  - *grunnvann = 300 ng/l, målt ved lufthavnens gjerde*
  - *nærliggende bekk = 300 ng/l målt ved lufthavnens gjerde*
  - *sjøvann = 0,13 ng/l, målt i sjøresipient utenfor lufthavnen, av hensyn til konsum av fisk*
  - *sjøvann = 25 ng/l, målt i sjøresipient utenfor lufthavnen, av hensyn til økologi og rekreasjon*
  - *drikkevann = 300 ng/l, foreslått grense av Folkehelsa*

EU (2011) har i tillegg satt følgende grenseverdier for PFOS:

- Normverdi for ren jord = 0,1 mg/kg
- Farlig avfall = 5 000 mg/kg
- Grenseverdi for fisk mht konsum = 9,1 µg/kg (foreslått)

## **11 Grunnforurensningens betydning for helse og miljø**

### **11.1 Økologisk risiko**

I henhold til SFT (1999) er det ikke prioritert å beskytte primærorganismer i områder for trafikk og industri. Så lenge PFOS-konsentrasjoner i jord ikke utgjør noen helserisiko for mennesker, skulle det derfor i utgangspunktet ikke være noen grunn til å redusere disse konsentrasjonene med mindre forurensingen utgjør en spredningsfare eller konsentrasjonen overskrider grensen for farlig avfall.

Ettersom det ikke er fokus på økologisk risiko for primærorganismer på trafikk/industriareal, mener vi at 1 mg/kg ikke bør benyttes som et styrende akseptkriterium.

Det er imidlertid påvist PFOS i skogmus fra Kjevik, uten at jordkonsentrasjonen her er større enn 1 mg/kg. Skogmus er for en stor del vegetarianere, men kan også oppta forurensninger gjennom vann eller annen føde. Behovet for tiltak for PFOS i jord, og grenseverdier for hva som kan tillates, må avklares når det blir klart hvordan PFOS opptas i denne delen av næringskjeden. Rapportene fra denne delen av undersøkelsene tar ikke opp denne problemstillingen.

### **11.2 Helserisiko ved opphold på brannøvingsfelt**

I dag skal alle "varme" brannøvelser med kjemikaliebruk gjennomføres på dedikerte, aktive brannøvingsfelt ved enkelte sentrale lufthavner. Brannpersonell ved mindre lufthavner reiser

derfor til en større lufthavn og gjennomførere sine øvelser der, og benytter i liten grad områdene på sin egen lufthavn.

Dette gir at brannøvingsfelt på Avinors flyplasser kan deles i to kategorier:

- Aktive brannøvingsfelt
- Nedlagte brannøvingsfelt, og felt som er delvis i bruk til andre formål

De miljøtekniske grunnundersøkelsene viser at det ved de fleste brannøvingsfelt kan påvises PFC i grunnen som for PFOS overskrider gitt normverdi for rene masser (100 µg/kg TS). Det må derfor gjøres en risikovurdering mht:

- helse for mennesker og Avinors brannmannskaper som oppholder seg på selve brannøvingsfeltene
- spredning/transport til nærmeste resipient mht økologi i resipienten og helse/kosthold for lokalbefolkningen

For å gi en mest mulig enhetlig vurdering av risikoen ved de forskjellige brannøvingsfeltene, er det vurdert hvilke forhold som kan være felles for lufthavnene. Viktige faktorer mht. vurdering av risiko er bruken av området og tilhørende kjemikalieforbruk.

Det er en forutsetning at både aktive og nedlagte brannøvingsfelt ligger innenfor inngjerdet område/lufthavnområdet og at det kun er voksne personer som oppholder seg på feltene.

Følgende spredningsveier er vurdert å være viktige:

- Mekanisk erosjon av forurenset jord og transport som støv, der brukere av området kan komme i kontakt med forurensningen gjennom innånding av forurensede støvpartikler. (Gjelder i de deler av området som er uten fast dekke.)
- Innånding av gass ute

Tilgjengelige data for å beregne referansekonsentrasjoner for hudkontakt foreligger ikke, men kontrollregning viser at hudkontakt ikke er en eksponeringsvei av betydning for PFOS i grunnen (Aquateam 2012 b).

Vi har vært i kontakt med enkelte lufthavner og fått oppgitt at det gjennomsnittlig gjennomføres én øvelse pr uke med det samme personell i løpet av et år (ca 47 uker pr år) på et aktivt brannøvingsfelt. Hver øvelse vil vare maks 5 timer. Det vil være ulikt personell ved de fleste øvelser etter som flere lufthavner øver på samme felt. Det er rimelig å anta at det er mindre aktivitet/eksponeringsfare ved nedlagte felt enn aktive felt grunnet oppholdstid. Det er forutsatt at det ikke dyrkes grønnsaker i områder påvirket av brannøvingsfelt, og at det ikke tas ut grunnvann som drikkevann. For de få lufthavnene hvor dette er aktuelt vil det bli gjennomført en spesifikk risikovurdering av dette forhold.

Vi har antatt følgende oppholdstider ved de forskjellige kategoriene brannøvingsfelt:

| Kategori |                                                                        | Eksponeringsvei      |                      |                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|          |                                                                        | Oralt inntak         | Hudkontakt           | Opphold utendørs     |
| 1        | aktive brannøvingsfelt                                                 | 47 dager/år, 5 timer | 47 dager/år, 5 timer | 47 dager/år, 5 timer |
| 2        | nedlagte brannøvingsfelt og felt som er delvis i bruk til andre formål | 24 dager/år, 2 timer | 24 dager/år, 2 timer | 24 dager/år, 2 timer |

Beregninger (Aquateam 2012 b) viser at drikkevann, inntak av grønnsaker dyrket på stedet og inntak av fisk fra nærliggende resipient er de eksponeringsveiene som har størst betydning for PFOS. Inhalering av støv og gass har liten eller ingen betydning. Oralt inntak av jord fra brannøvingsfelt har kun betydning ved meget høye konsentrasjoner, ettersom det forutsettes at det kun er voksne personer som oppholder seg på stedet.

I situasjoner der inntak av fisk fra resipient er aktuelt, vil dette være styrende for helsevurderingen pga. at menneske er mer mottagelig for forurensning når vi eksponeres for det via biologisk materiale.

Tatt i betraktning at personell som oppholder seg på de aktive brannøvingsfeltene kommer fra flere steder i landet og kun i begrenset grad vil spise vesentlige mengder av fisk som lever i nærheten av lufthavnen, mener vi denne faktoren bør tas ut av vurderingen av *helserisiko for opphold på brannøvingsfeltene*.

Konsum av fisk i nærheten av brannøvingsfeltene kommer derimot naturlig inn i vurderingen av spredning/transport til nærliggende resipient mht økologi og lokalbefolkningens konsum av lokal fisk. Denne vurderingen gjøres spesifikt for hver lufthavn og rapporteres i lufthavnrapportene. For personell som både jobber ved brannøvingsfelter og spiser fisk fra resipienten, vil effekten av opphold på brannøvingsfeltet være neglisjerbar i forhold til konsumet av fisk.

På dette grunnlag, samt sjablongverdier for jordspesifikke data fra Klifs regneark, er følgende stedsspesifikke akseptkriterier beregnet:

- aktivt BØF: 2 590 mg/kg ts
- nedlagt BØF i delvis bruk: 12 683 mg/kg ts

Akseptkriteriene viser at grunnen må inneholde konsentrasjoner opp mot/over grensen for farlig avfall for å kunne utgjøre en helserisiko.

I henhold til Klifs veileder "Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn" (SFT 2009) faller lufthavner under kategorien "Industri og trafikkarealer". For denne type arealbruk kan det etter risikovurdering være akseptabelt med tilstandsklasse 4 i toppjorden og tilstandsklasse 4 - 5 i jord dypere enn 1 m for forurensning som olje, metaller, PAH, etc. Dette kriteriet er benyttet i risikovurderingen for disse stoffene.

For helserisiko for brannmannskap som øver på brannøvingsfelt mener vi det er viktig å benytte de beregnede stedsspesifikke akseptkriterier med den konklusjon at slik bruk/opphold på PFOS-forurensset grunn *ikke* utgjør en helserisiko for Avinors personell.

Vi bemerker at det fremdeles benyttes PFC-holdig skum ved enkelte lufthavner og at personell må følge de foreskrevne sikkerhetsregler mht helserisiko for bruk av slike kjemikalier.

## 12 Resultater

### 12.1 Miljørisiko og sårbarhet

Etter ønske fra Avinor er lufthavnene klassifisert etter sannsynlig miljørisiko med fargekoder grønn/gul/rød, som vist nedenfor.

- Grønn – ubetydelig eller ingen risiko  
Videre undersøkelser eller tiltak anses for å være unødvendige. Overvåkning av PFC-situasjonen kan likevel være aktuelt
- Gul – usikkert risikonivå  
Videre undersøkelser eller overvåking anbefales. I de fleste tilfelle vil biotaundersøkelser være viktige.
- Rød – tilsynelatende uakseptabel risiko  
Tiltak bør vurderes om ikke utvidede undersøkelser viser noe annet. Biotaundersøkelser vil også her være viktige

Inndelingen er beheftet med usikkerheter, ettersom norske og internasjonale miljøkvalitetsstandarder (EQS) ennå ikke er fastlagt. Det er også et spørsmål om hvordan norske miljømyndigheter vurderer kravet til vannkvalitet og økologisk tilstand i den blandingssonen mellom rent og forurensset vann som et utslipp av PFC alltid vil være forbundet med. Det kan derfor bli nødvendig å revidere inndelingen når slike forhold blir bedre klarlagt.

Klassifiseringen er ikke direkte avhengig av gjenværende mengde og utlekking av PFC. Selv om prøver og beregninger klart viser lav eller høy risiko, må det gjøres en totalvurdering som også tar hensyn til områdets generelle sårbarhet.

Ved denne klassifiseringen er det tatt utgangspunkt i at det dreier seg om svært små restmengder av PFC sammenlignet med hva som tidligere er brukt og sluppet ut, slik det fremgår av tabell 2 og figur 1. Utslipet fra disse restmengdene vil i alle tilfelle være helt ubetydelige for tilstanden i storhavene og i det globale kretsløp hvor slike miljøgifter til slutt ender. Det er derfor konsekvensen i nærmiljøer og de lokale resipientene som vurderes i klassifiseringen.

F. eks. har Sørkjosen Lufthavn forholdsvis høy restmengde og utslipp av PFC, men er likevel klassifisert som grønn. Reisafjorden ved lufthavnen er cirka 100 meter bredd og bare 1 – 2 meter dyp. Tidevannet medfører tørrlegging av fjorden og total utskifting av vannet to ganger om dagen. Reisaelva med forholdsvis stor vannføring renner gjennom fjorden og gir en

kontinuerlig tilførsel av ferskvann. Risiko for PFC forurensing fra lufthavnen anses derfor å være liten.

Kristiansand lufthavn er på den annen side plassert i rød klasse pga. PFOS-konsentrasjoner i biota og grunnvann, til tross for beregninger som tilsier at vannkvaliteten skulle være tilfredsstillende.

Klassifiseringen gir fordeling av lufthavner slik det fremgår av figur 3:

- 24 grønne
- 15 gule
- 3 røde

Klassifiseringen av sannsynlig miljørisiko er sammenlignet med en sårbarhetsklassifisering utarbeidet av Miljøprosjektets DP5. Sårbarhetsklassifiseringen er basert på brukerinteresser ved primær- og sekundærresipient mht grunnvannsinntak, fiske- og friluftinteresser, verneinteresser etc.

| Flyplass    | Sannsynlig miljørisikoklasse (grønn, gul, rød) | Sårbarhetsklassifisering |
|-------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Berlevåg    | grønn                                          | gul                      |
| Brønnøysund | grønn                                          | gul                      |
| Fagernes    | grønn                                          | gul                      |
| Florø       | grønn                                          | grønn                    |
| Førde       | grønn                                          | gul                      |
| Hasvik      | grønn                                          | grønn                    |
| Honningsvåg | grønn                                          | grønn                    |
| Lakselv     | grønn                                          | gul                      |
| Leknes      | grønn                                          | gul                      |
| Mehamn      | grønn                                          | gul                      |
| Mo i Rana   | grønn                                          | gul                      |
| Molde       | grønn                                          | grønn                    |
| Mosjøen     | grønn                                          | gul                      |
| Namsos      | grønn                                          | gul                      |
| Narvik      | grønn                                          | grønn                    |
| Rørvik      | grønn                                          | grønn                    |
| Sandane     | grønn                                          | grønn                    |
| Stokmarknes | grønn                                          | grønn                    |
| Svolvær     | grønn                                          | grønn                    |
| Sørkjosen   | grønn                                          | gul                      |
| Vadsø       | grønn                                          | grønn                    |
| Vardø       | grønn                                          | grønn                    |
| Værøy       | grønn                                          | grønn                    |
| Ørsta-Volda | grønn                                          | gul                      |
| Alta        | gul                                            | rød                      |
| Sola        | gul                                            | rød                      |
| Songdal     | gul                                            | rød                      |
| Tromsø      | gul                                            | rød                      |
| Ålesund     | gul                                            | rød                      |

| Flyplass       | Sannsynlig miljørisikoklasse (grønn, gul, rød) | Sårbarhetsklassifisering |
|----------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Båtsfjord      |                                                |                          |
| Hammerfest     |                                                |                          |
| Haugesund      |                                                |                          |
| Kirkenes       |                                                |                          |
| Kristiansund   |                                                |                          |
| Røros          |                                                |                          |
| Røst           |                                                |                          |
| Sandnessjøen   |                                                |                          |
| Svalbard       |                                                |                          |
| Trondheim      |                                                |                          |
| Bergen         |                                                |                          |
| Kristiansand   |                                                |                          |
| Harstad/Narvik |                                                |                          |
| Andøya         |                                                |                          |
| Bardufoss      |                                                |                          |
| Bodø           |                                                |                          |

Figur 3 Sårbarhetsklassifisering (Miljøprosjektet DP5) og miljørisiko for Avinors lufthavner

## 12.2 PFC i jord ved brannøvingsfeltene

Som ventet ble det sentralt i de eldre brannøvingsfeltene funnet konsentrasjoner av PFC og PFOS i jord som de fleste steder var langt høyere enn normverdien på 100 µg/kg. 500 – 1000 µg/kg er vanlig konsentrasjon, og betydelig høyere nivåer er påvist enkelte steder. Det er påvist:

- 93 prøver med PFC-konsentrasjoner over 1 mg/kg
- hvorav 5 prøver har PFOS-konsentrasjoner høyere enn 12 mg/kg ts
- høyeste påviste PFOS-konsentrasjon ligger på 31,1 mg/kg ts (Berlevåg)

De fleste steder er PFOS den dominerende PFC, men i enkelte yngre brannøvingsfelt hvor det i det vesentligste er benyttet middelet AFFF i brannskum, er det 6:2 FTS eller andre PFC som dominerer. Det er forholdsvis få analyser av 6:2 FTS og 8:2 FTS, ettersom disse stoff kom sent med i analyseprogrammet.

Gjenværende mengder av PFC i jord varierer for de enkelte brannøvingsfeltene fra få gram til flere titalls kilo.

De høyeste konsentrasjonene ble påvist rett ved og under stedet treningsobjektet var plassert. Jordsmonnets og eventuelt berggrunnens beskaffenhet er vesentlig for den vertikale spredningen av forurensningen. Der brannøvingsfeltet ligger på tette masser med liten permeabilitet finnes de høyeste konsentrasjonene ofte i de øverste lag, selv mange år etter at øvelsene opphørte. Der massene består av permeabel sand og grus, er det mer PFC i dypet, slik at spredning til grunnvannet kan være et problem. Flere lufthavner har brannøvingsfelt på steinfylling eller nesten bart berg (f.eks. Svolvær og Bergen), og da er det stort sett lite PFC igjen i fyllmassene.

Det er i flere tilfelle påvist at torv binder PFOS. F.eks. har man under feltet i Berlevåg høy konsentrasjon i et torvlag som bare er få cm tykt, mens strandavsetningene under dette laget ikke inneholder PFOS.

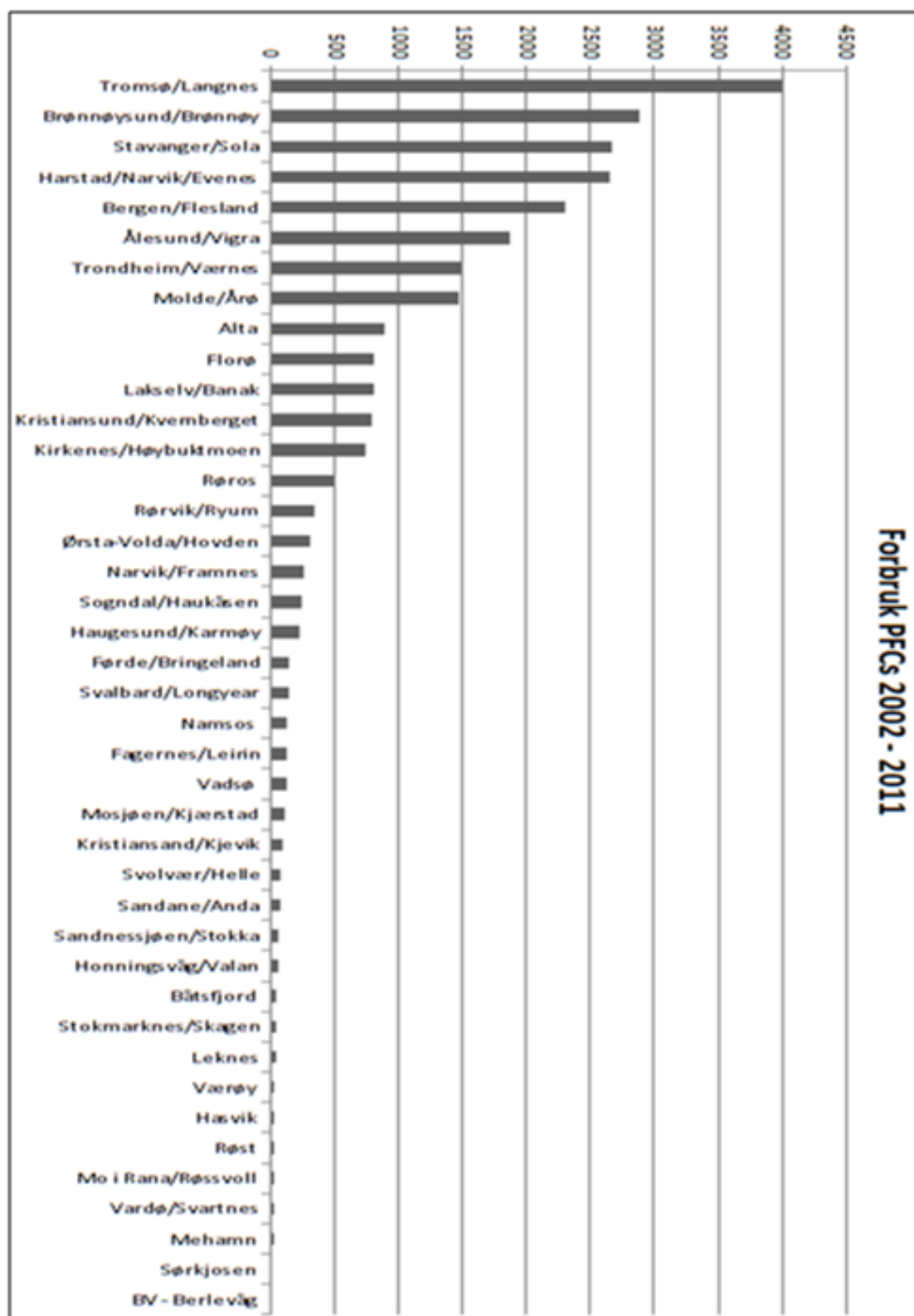
Likeledes er det flere steder påvist lite PFOS i sandige masser ved øvingsfeltet, mens vannprøver og biota nedstrøms feltene viser til dels høye konsentrasjoner av PFOS (f.eks. Kristiansand, Honningsvåg).

Prøvetakingen viste at man kan finne PFCmange titalls meter ut fra de sentrale øvingsplassene. I avstander større enn 30-45 m er det imidlertid bare i overflaten man finner høye konsentrasjoner. Man må kunne anta at denne spredningen i stor grad skyldes direkte utblåsing av skum. Både vindretningen og brannbilens plassering under øvelsene vil være avgjørende for spredningsretningen.

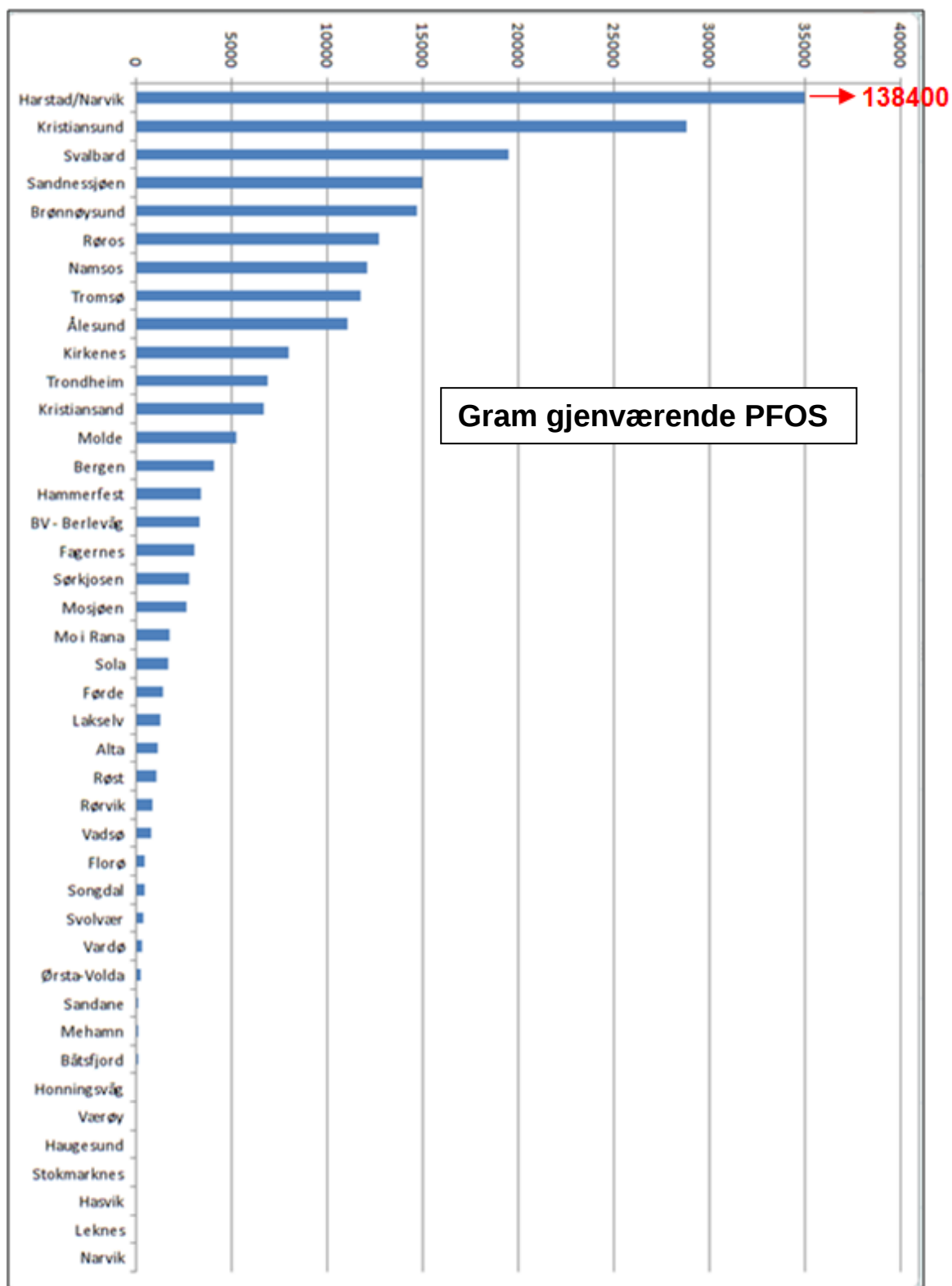
Undersøkelsene har også avdekket at det kan være vesentlige oljeforurensninger (f.eks. Leknes, Haugesund, Tromsø) eller avfallsfyllinger (f.eks. Evenes, Haugesund) knyttet til brannøvingsfeltene, uavhengig av graden av PFC-forurensning.

Figur 4 viser forbruket av PFC-holdig brannskum ved Avinors lufthavner i perioden 2002 – 2011 hvor det kun ble brukt AFFF. Det fremgår at Tromsø lufthavn skiller seg ut med et høyt forbruk på mer enn 10.000 l (10 % av skummengden), mens det er 7 andre lufthavner hadde et forbruk på over 1000 l. Fler enn 2/3 av lufthavnene hadde imidlertid et forbruk på under 500 l i denne perioden.

Figur 5 viser en oversikt over gjenværende PFOS i grunnen ved Avinors Lufthavner. Mange av lufthavnene med mye PFOS har to eller tre aktive eller gamle brannøvingsfelt, og vanligvis er da de største restmengdene ved det yngste av de gamle feltene. Ellers er det typisk at flere av disse lufthavnene har mye humusrik jord eller torv som binder PFOS (f.eks. Kristiansund og Røros) eller store volumer med forurensning (f.eks. Svalbard, Sandnessjøen, Namsos, Ålesund). Harstad/Narvik har både mye torv, store volumer og 3 separate forurensingskilder.



Figur 4 Oversikt over forbruk av PFC ved Avinors flyplasser i perioden 2002 -2011.



Figur 5 Beregnet gjenværende mengde PFOS ved Avinors flyplasser

### 12.3 PFC utenfor brannøvingsfeltene

Referanseprøvene tatt utenfor lufthavnområdene har i alminnelighet ikke hatt PFOS-konsentrasjoner høyere enn deteksjonsgrensene. Inne på lufthavnene, og i avrenningen fra disse, ble det flere steder funnet konsentrasjoner av PFOS også utenfor selve brannøvingsfeltene. F.eks. ble det påvist i størrelsesorden 0,6 µg/l i vannet fra en kulvert som drenerer driftsområde og flyoppstillingsplass på Røros og 2,3 µg/l nedstrøms snødeponiet på Mehamn.

En av årsakene til denne spredningen kan være at testing av skumkanoner er utført på flere steder, spesielt etter at brannøvingsfeltene ved mange lufthavner er nedlagt. Det er også mulig at forurensingen kommer fra skumbiler som er rengjort på driftsområdet, slik som ved Sogndal og Rørvik eller på arealet for snødeponi som ved Mehamn og Ålesund.

Havariøvelser utenfor lufthavnenes områder er bl.a. utført ved Førde og Sogndal, og på slike steder er det også benyttet skum. Oljeutskillere er registrert som spredningskilder ved Vardø og Vadsø, og ved Evenes kan PFC i grunnvannskilde under driftsbygning skyldes lekkasjer fra lagring eller rengjøring av utstyr. Ved Ålesund og Kirkenes - henholdsvis på og utenfor lufthavnen - kan også avfallsdeponier være kilde til PFC-forurensing.

Endelig skal det påpekes at også ukjent infrastruktur i grunnen kan lede PFC-forurensninger til steder hvor det i utgangspunktet ikke forventes. I en videre undersøkelse bør alle slike forhold også vurderes.

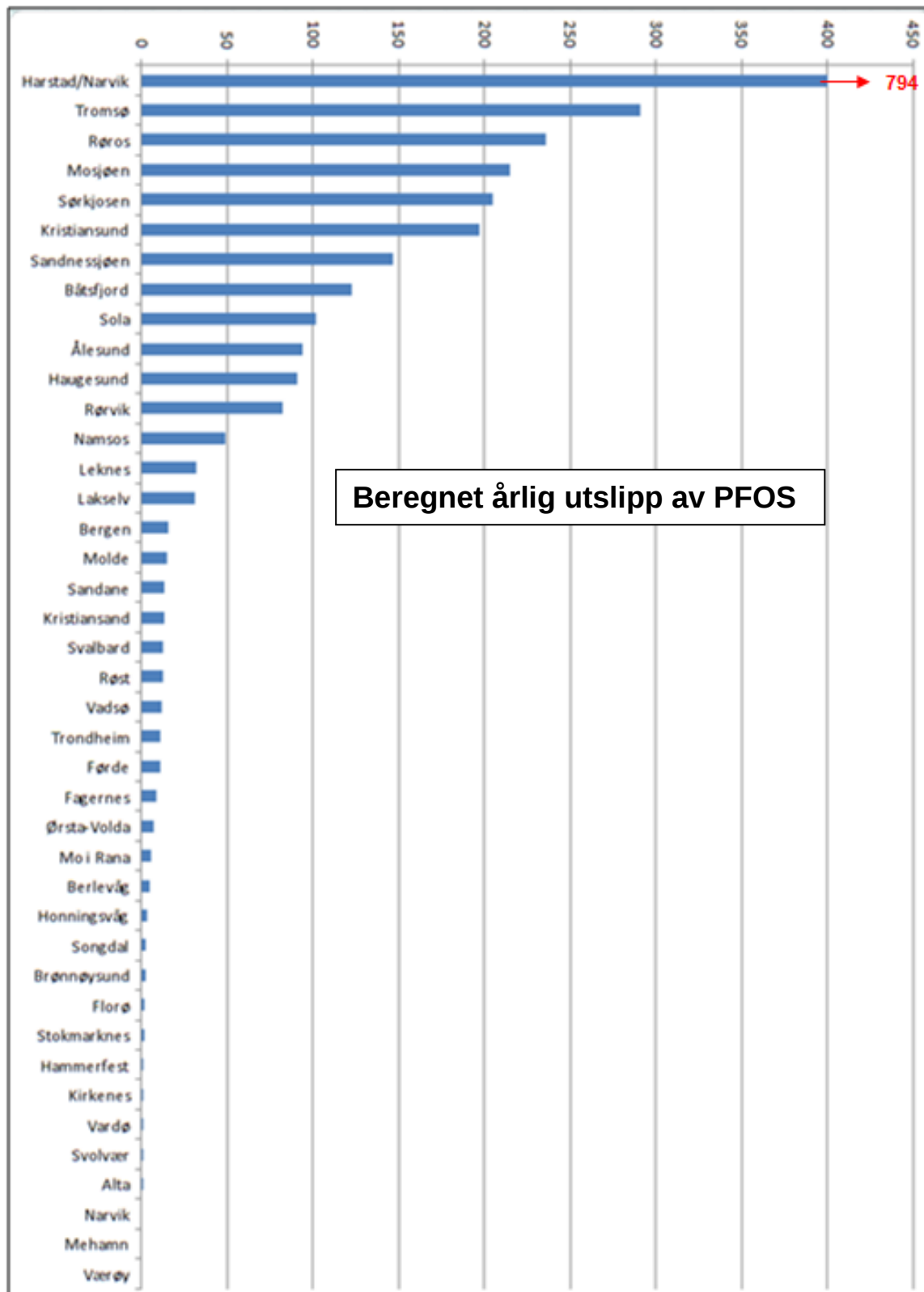
### 12.4 PFC i vann

Figur 6 viser beregnet årlig utslipp fra Avinors lufthavner. Harstad/Narvik med sine 3 forurensingskilder skiller seg ut med et årlig utslipp på nesten 800 g/år, mens ingen andre lufthavner slipper ut mer enn 300 g/år. Samlet utslipp er beregnet til under 3 kg pr. år.

Det er store variasjoner i konsentrasjonen i grunnvannsprøver som er tatt ved brannøvingsfeltene. Det er enkelte steder påvist høye konsentrasjoner i grunnvannet, selv om jordkonsentrasjonene ikke er spesielt høye. Den høyeste konsentrasjonen er påvist ved Ålesund lufthavn med 1400 µg/l PFOS, og her er det også målt 400 µg/l. I Kristiansand er det registrert moderate jordkonsentrasjoner på under 1000 µg/kg, mens grunnvannskonsentrasjonene av PFC generelt er høye, opp til 75 µg/l.

Fordelingskoeffesienten,  $K_d$ , for PFOS er i litteraturen oppgitt til i underkant av 30 l/kg, men resultatene fra dette prosjektet indikerer at det vil være betydelige forskjeller mellom de enkelte jordtyper. Under bearbeidelsen av data fra de enkelte lufthavnene er det derfor forsøkt å beregne  $K_d$ -verdier for PFOS på grunnlag av analyser av jord og vann. Det største problemet i denne sammenheng har vært å kunne si hvilken jord med tilhørende PFOS som har forårsaket de målte vannkonsentrasjoner. Nedbør som infiltrerer forurensingen har oftest rent i gjennom lag med ulik forurensningstype og -grad, og man kan ikke regne med at grunnvannet som prøvetas er i kjemisk likevekt med jorda det står i kontakt med.

Generelt kan det likevel sies at grove masser som sand og grus lekker mye, og at man her ofte finner forholdsvis høye konsentrasjoner i grunnvann selv om det er lite PFOS i jord.



Figur 6 Beregnet årlig utslipp av PFOS ved Avinors flyplasser

Bergningene for lufthavnene gir Kd-verdier fra nær 1 til flere hundre. De høyeste verdiene er funnet i torvjord, mens sand og grus uten organisk stoff har lave Kd-verdier.

Foreløpige konklusjoner fra mastergradsarbeidet er at risteforsøk på reelle feltprøver viser en stor spredning i bindingsegenskaper. Jordprøver med høyt organisk innhold har generelt en sterkere sorpsjonsevne for PFC. Det er imidlertid en stor variasjon blant de ulike PFC der enkelte viser svært lite binding til jordmatriksen. En oversikt over Kd for PFOS er vist i tabell 1.

Tabell 1 Oversikt over distribusjonskoeffisienter målt for PFOS i 7 jordprøver tatt ved ulike flyplasser

| Flyplass     | TOC innhold (%) | Kons jord ( $\mu\text{g/kg}$ ) | Kons vann ( $\mu\text{g/l}$ ) | Kd (l/kg) |
|--------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------|
| Kristiansand | 0,21            | 828                            | 52,8 ( $\pm 2,43$ )           | 15,7      |
|              | 1,36            | 337                            | 12 ( $\pm 0,44$ )             | 28,1      |
|              | 1,66            | 551                            | 19,2 ( $\pm 0,58$ )           | 28,7      |
| Bergen       | 8,55            | 806                            | 5,1 ( $\pm 0,22$ )            | 159       |
|              | 9,51            | 5350                           | 14,8 ( $\pm 0,75$ )           | 362       |
|              | 45,7            | 354                            | 0,86 ( $\pm 0,19$ )           | 412       |
| Kristiansund | 43,2            | 89,1                           | 0,57 ( $\pm 0,24$ )*          | 156       |

Det er forholdsvis få analyser av andre PFC, men man kunne vente forholdsvis høye konsentrasjoner av 6:2 FTS og 8:2 FTS ved de yngste feltene. Dette er bare delvis påvist, og disse stoffene finnes også ved noen av de eldste feltene. Ved Ålesund er konsentrasjonen av 6:2 FTS i vann 10 ganger høyere enn PFOS, men ved brannøvingsfeltet i Kristiansand, som ble driftet i omtrent samme periode, er det 10 ganger mer PFOS enn 6:2 FTS.

Det er flere steder funnet høye konsentrasjoner av PFC i overvann og stillestående dammer nær brannøvingsfeltene. Eksempelvis ble det på Evenes påvist mer enn 20  $\mu\text{g/l}$  i to dammer i kanten av en myr 30 og 60 m fra selve karet som ble benyttet til øvelser. Det er også vanlig å finne PFC i konsentrasjoner høyere enn terskelverdien i dreneringsgrøfter og småbekker nær feltene. I bekker med større vannføring, medfører vanligvis fortynningseffekten en reduksjon av konsentrasjonen med avstand fra feltene.

#### 12.4.1 Innblandingssoner

Det er vanskelig å vurdere hvilken fortynning man må regne med når utslipp av PFC når en resipient. Ved utslipp til store resipienter som Norskehavet og Barentshavet kan man ved høye utslipp beregne lokale konsentrasjoner i vann som er høyere enn de 0,13  $\text{ng/l}$  som EU har foreslått som grenseverdi mht konsum av fisk, men som likevel er langt lavere enn 23  $\text{ng/l}$  som anses som grenseverdi for det pelagiske samfunn (EU 2011).

Det er ikke relevant å regne med at predatorer høyere i næringskjeden bare livnærer seg på individer fra en slik lokal blandingssone, og beregnede konsentrasjoner på noen få  $\text{ng/l}$  i en blandingssone gir derfor ikke automatisk grunnlag for en konklusjon om at det foreligger en uakseptabel forurensningsrisiko for oppkonsentrering i næringskjeden. I slike tilfelle må risiko vurderes fra sak til sak basert på konsentrasjoner og lokale resipientforhold.

For enkelte lufthavner forekommer likevel innblandingssoner med konsentrasjoner over 23  $\text{ng/l}$ . Verdien av lokalt liv må da tas inn i vurderingen av tiltaksbehov. Ved Stavanger lufthavn

er slik blandingszone påvist med konsentrasjon 142 ng/l i en enkeltprøve av sjøvann i strandkanten.

#### **12.4.2 Biota og sedimenter**

Som nevnt i metodebeskrivelsen ble det forsøkt å skaffe biotaprøver fra så mange lufthavner som mulig, men det viste seg vanskelig uten spesielt tilpasset utstyr. De forholdsvis få resultatene varierer mye. F.eks. er det ved Svolvær påvist konsentrasjoner på 1-2 µg/kg PFOS i prøver av albueskjell og strandsnegler der man kunne vente utsig fra brannøvingsfeltet, mens det er høyere konsentrasjon i en prøve tatt i et område mindre utsatt for forurensinger – på et svaberg rett ut mot Vestfjorden. I en enkeltprøve fra Honningsvåg er det påvist ca. 18 µg/kg PFOS i tang, og i en prøve fra Florø er det ca. 20 µg/kg i albueskjell.

Biotaprojektet ved 4 lufthavner ble igangsatt for å finne bedre svar på hvilken effekt utslippene har for akvatisk liv. Prosjektet har også tatt noen prøver av smågnagere og sedimenter. Resultatene fra prosjektet kommer i egen rapport (Sweco 2012).

I stikkords form ble resultatene som følger:

##### *Kristiansand lufthavn, Kjevik*

- Analyser av taskekrabbe både fra hovedstasjon og referansestasjon viser moderate nivåer av PFOS, som varierer lite. Det ble ikke funnet store forskjeller mellom stasjonene.
- For flatfisk er det funnet ca 10x høyere nivå av PFOS i lever sammenlignet med i muskelvev.
- Resultatene viser et høyt nivå av PFOS og andre PFC i arter som beveger seg opp i brakkvannssonen/ferskvannssonen mellom sjøen og Topdalselva.
- Det ble funnet moderate nivå av PFOS i torsk, men tydelig høyere på hovedstasjon sammenlignet med referansestasjonen. Det var også høyere nivå i lever enn i muskelvevsprøver.
- Det ble funnet svært høye nivå av PFOS i 3- og 9-pigget stingsild utenfor gammelt brannøvingsfelt i Topdalselva, samt i knurr i fjorden utenfor elvemunningen.
- Det ble bare funnet lave konsentrasjoner i kuskjell.
- Det ble ikke funnet spor av PFC i zooplankton ved noen av stasjonene.
- Lever hos skogmus ved Kjevik lufthavn viser et høyt akkumulert nivå av PFOS, og varierende nivå i enkeltprøvene av PFNA, PFDA, PFHxS og 8:2 FTS.

##### *Haugesund lufthavn, Karmøy*

- PFC ble ikke funnet i muslinger eller zooplankton utenfor flyplassen.
- Det ble ikke funnet PFC i muslinger fra referansestasjonen i Skudeneshavn.
- Det ble funnet PFOS akkumulert i flyndrefiskene lomre og skrubbe utenfor flyplassen

##### *Bergen lufthavn, Flesland*

- Meget høye nivå av PFOS og moderate nivå av PFHxS i ørret viser at Langevatnet ved Flesland lufthavn er sterkt kontaminert av PFC.

- Det ble ikke funnet akkumulerte PFC i torsk, kuskjell eller zooplankton.
- Av ti analyserte lyr gav kun én prøve funn av et lavt-moderat nivå av PFOS.

#### *Tromsø lufthavn, Langnes*

- PFC ble ikke funnet ved analyser av muslinger, torsk, skrubbe eller lomre.
- Det ble funnet høye verdier av PFOS og moderate verdier av PFOA og PFNA i to av tre prøver av børstemark utenfor Tromsø lufthavn.

Resultatene viser at beskyttede eller avgrensede miljøer der oppholdssted for organismer er bundet til PFC-kontaminert område, er langt mer utsatt for at PFC akkumuleres i organismer enn i lokaliteter med større vannutskifting.

I materialet fra marint miljø synes opptak av PFC å være mest utbredt blant bunnlevende fisk i beskyttede miljø, mens muslinger fra samme miljø som lever i og på bunnen viser lite eller ingen akkumulering. Derimot viser børstemark som lever nedgravd i sedimentene akkumulering av PFC. Ut fra dietten til fiskeartene synes det som PFC kan komme inn i fisken via makroorganismer som lever nær eller på bunnen. Sedimenter fra de samme områdene viser ikke innhold av PFC over deteksjonsgrensen.

Organismer i miljø med stor vannutskifting viste i dette biotaprojektet lave eller ikke målbare nivå av PFC. Enkelte av de spredte resultatene som er registrert ved de andre lufthavnene viser likevel at biota kan inneholde PFC selv under slike forhold..

I undersøkte ferskvannslokaliteter har fisk med både kort og lang livssyklus og arter som er både lavt og høyt i næringskjeden, betydelig innhold av PFC. Ferskvannet i disse lokalitetene har til dels betydelig innhold av PFC.

Det er tatt ut sedimentkjerner i antatt påvirket område i sjø utenfor Kristiansand og Haugesund lufthavn. Kjernene ble det inn i 5 cm sjikt. Det ble ikke påvist PFC over de gitte deteksjonsgrenser i noen av prøvene.

## **13 Usikkerhet**

Undersøkelsen som har omfattet 43 lufthavner er gjennomført under et betydelig tidspress. Det er både tidsmessige og økonomiske årsaker til at de fleste lufthavnene er behandlet mindre grundig enn det som ideelt sett ville vært ønskelig når det dreier seg om en stoffgruppe hvis egenskaper generelt er lite kjent. Selv om det er mange usikkerhetsfaktorer, slik det redegjøres for i nedenstående tekst, gir undersøkelsen en oversikt over forurensingene som i det store og hele gir et riktig bilde av forurensningssituasjonen.

Det er for de fleste lufthavner utført et begrenset antall analyser sett i forhold til antall innsamlede prøver og den antatte utstrekning av forurensingsforekomstene. Prøvesjaktingen som er utført med gravemaskin, har sjelden gitt mulighet for prøvetaking av masser under 2-3 m dyp, og utenfor en indre sone rundt øvingsplattformene er det heller ikke tatt annet enn overflateprøver. Samlet sett må det derfor sies at det er foretatt en skjønnsmessig vurdering av forurensingsvolumene og resterende mengde PFC basert på et begrenset sett av analysedata.

Det er sannsynlig at PFC mobiliseres lett ved gravearbeider i forurensset grunn. Vannkonsentrasjonen i brønner som er satt ned i gravde groper, kan derfor være betydelig høyere enn det man ellers ville finne i grunnvann. Det er tatt høyde for dette problemet ved å vente lenge, om mulig flere uker, før vannet prøvetas, men det har ikke alltid vært mulig, og selv med god ventetid er vi noe usikre på representativiteten av analysene.

Ved bergning av utlekking ved hjelp av Klifs risikoberegningsverktøy skaper også usikkerheten i Kd-verdier betydelig usikkerhet i beregningen av vannkonsentrasjoner. Dette fører til usikkerhet i vurderingen av stoffutslipp og om en resipient har konsentrasjoner over eller under aktuell kvalitetsstandarder.

Der overflateavrenning utgjør den vesentlige delen av forurensingsspredningen, og der man har representative grunnvannskonsentrasjoner, er nedbørs- og avrenningsdata benyttet i beregningene. Disse data vil for en stor del kunne oppgis ganske nøyaktig, men det er i mange tilfelle mer usikkert hvor mye av nedbøren som berører de forurensede områdene, og om de målte konsentrasjoner representerer den vannmengde som legges inn i utslippsberegningene. Høye enkeltkonsentrasjoner kan få for stor betydning i gjennomsnittsvurderinger, selv om man i de enkelte tilfelle skjønnsmessig kan redusere deres betydning.

Vurdering av fortykning og tilhørende beregnede konsentrasjoner i resipienten har også vært vanskelig. Det er vanskelig å beregne fortykning ut mot storhavet langs Norskekysten, hvor det er 1-2 m forskjell mellom flo og fjære og ofte betydelige tidevannsstrømmer utenfor lufthavnene. Vi mener at det stort sett er lagt inn god sikkerhetsmargin i disse beregningene. Problemet med vurderingen av innblandingssoner er diskutert i et ovenstående avsnitt.

## **14 Tiltaksmetoder**

### **14.1 Litteraturstudium tiltaksmetoder PFC**

Mange PFC (spesielt PFOS og PFOA) har spesifikke egenskaper som gjør at normalt brukte tiltaksmetoder (in situ, ex situ, innkapsling og beskyttelsestiltak) og strategier er vanskelige eller umulige å gjennomføre. Avinor har derfor fått gjennomført et teoretisk arbeid/litteraturstudium for å evaluere mulige tiltaksmetoder for PFC, med fokus på PFOS.

Målet med litteraturstudiet var å identifisere mulige tiltaksmetoder for PFC som er effektive på lang sikt, samt å utvikle strategier for å håndtere og planlegge tiltak for PFC på Avinors lufthavner. Ettersom mange tiltaksmetoder for PFC er på et eksperiment- eller utviklingsstadiet, har fokus delvis vært å vurdere teknologimodenhet, troverdigheten av de underliggende forutsetninger og den sannsynlige relevansen for fullskala tiltak når resultatene fra forskjellige studier har blitt evaluert.

Det er gjennomgått et stort antall (>150) vitenskapelige studier og rapporter, som har omhandlet tiltaksteknikker, deres egenskaper i forhold til behandling av PFC og dels PFCenes oppførsel i det ytre miljø. Studiene inkluderte evaluering av erfaringer fra steder/områder i verden hvor PFC/PFOS-forekomster i jord og grunnvann håndteres, og å finne ut hvilke langsiktige strategier brukt ved disse stedene. Alle metoder er evaluert og rangert basert på

en rekke kriterier som er viktige for deres potensielle anvendelighet for fullskala tiltak mht PFC/PFOS. I tillegg er det utviklet en beslutningsmodell som kan benyttes ved vurdering av tiltaksbehov og evt. valg av tiltaksmetode.

Prosjektet identifiserte en rekke lovende metoder og tilnærminger som i løpet av ett eller flere år kan være fullt utviklet. En del metoder som fokuserer på behandling av vann, er som oftest et egnet kortsiktig alternativ, men sjelden hensiktsmessig for fullskala sanering. Det endelige valget av aktuell tiltaksmetode avhenger av en kombinasjon av hvilken stedsspesifikk risiko PFCene utgjør, hydrogeologiske forhold og hvordan tiltakene påvirker den daglige driften på flyplasser.

## 14.2 Mulige tiltak

Før tiltak for håndtering av forurensninger i grunnen gjennomføres, må de fysiske og kjemiske forhold klarlegges så detaljert som mulig, ettersom stoffenes egenskaper er svært begrensende mht. valg av tiltaksmetode.

- Hvilke PFC er til stede, og hva er deres fysisk-kjemiske egenskaper. Det er viktig at
  - PFOS og PFOA er ikke flyktige, men 6:2 FTS og 8:2 FTS er betydelig mer flyktige
  - 6:2 FTS og 8:2 FTS er nedbrytbare, men nedbrytningsproduktene kan være persistente (PFOS)
  - PFOS og PFOA lekker lett gjennom umettet sone, transporteres langt i grunnvann og akkumuleres i overflatevann
- Høyt innhold av organisk karbon og lav pH i jord gir større sorpsjon
- Fordeling av forurensning mellom umettet sone, mettet sone, grunnvann og overflatevann må være kjent
- Hydrogeologiske forhold, som permeabilitet og heterogeniteter, må være kjent.
- Det må tas hensyn til antropogene hindringer som konstruksjoner, ledninger og kabler i undergrunnen

I tillegg må

- akseptabel tids- og kostnadsramme for tiltaksgjennomføring klarlegges, og det må
- vurderes hva som er akseptabelt tiltak mht. daglig aktivitet i området

**Poregassekstraksjon** eller luftinjisering for å tvinge ut forurensningen, for deretter å behandle den, er ikke mulig på grunn av at PFOS og PFOA har lavt damptrykk. Hadde dette vært mulig, ville dette vært den beste metoden for behandling av forurensning i umettet sone. Stoffene er heller ikke biologisk nedbrytbare.

**Utgraving** med påfølgende deponering ikke er en egnet tiltaksmetode, fordi deponier ikke har etablert prosesser for å rense PFCer fra sigevannet. Ofte er konsentrasjoner av PFOS høyere i utgående vann enn i inngående vann fordi enkelte PFCer brytes ned til PFOS i deponiene. I tillegg er det betydelig fare for mobilisering og økt utlekking av PFC ved graving.

**Pumping og behandling** er prøvet ved fullskala anlegg, men er neppe en metode for totalsanering bl.a. fordi man må regne med lang behandlingstid, 5 – 1000 år, som trolig ikke er lineær.

Man har hatt variabel suksess med GAC (granulert aktivt kull) pga. stor løselighet for PFC. Sorpsjon av PFC til GAC er 10 – 1000 ganger mindre effektivt enn for PAH og PCB, og det har vært behov for å bytte GAC-filter ofte (eksempel på hver 3. mnd.). Det pågår nå utviklingsarbeider for å erstatte GAC med nye absorbenter (zeolitter).

Omvendt osmose kan være alternativt til GAC, og mer avanserte metoder som ozonering og omvendt osmose er brukt i fm. drikkevann og sigevannsbehandling

**Kjemisk In Situ Oksidering** er kjent teknologi men testet for PFC bare laboratorieskala (permanganat, Fentons reagens, aktivert persulfat). Metoden er mest brukt i grunnvannsonen ved at osidasjonsmiddel pumpes ned i grunnvannet eller det graves ned en mikser.

**Reaktiv barriere (PRB)** er kjent teknologi, men det er ikke kjent om den er brukt i forbindelse med PFC. Metoden kan være aktuell for grunnvannsonen ved behandling av utstrømmende grunnvann.

**Tildekking** av forurensningen for å unngå vanninntrengning og spredning vil alltid være et tiltak som kan redusere skadevirkningene, men gir ingen løsning på forurensningssituasjonen.

For konsentrerte vannstrømmer i bekker og grøfter, slik som det f.eks. kan være behov for å rense ved Harstad/Narvik lufthavn er akutte inngrep enklere å gjennomføre, men man kan ikke på denne måten løse selve kildeproblemet. For vannet er det aktuelt med rensemetoder som de som er nevnt under "pumping og behandling" ovenfor. Ved Bergen Lufthavn er en mindre bekk renses ved filtrering gjennom produktet Organoclay med godt resultat på ca 95 % både for PFOS og PFC (COWI 2012).

I praksis vil en utvidet undersøkelses- og overvåkningsfase ofte måtte gjennomføres både for å avklare om tiltak er nødvendig og for å skaffe de tilleggsopplysninger som er nødvendige for å gjennomføre et tiltak. For endelig å avgjøre tiltaksbehovet vil biotaundersøkelser være viktige.

## **15 Oppsummering**

### **15.1 Forurensset grunn, innledende undersøkelser**

Disse undersøkelsene vist at det gjennom de siste 1-2 år var planlagt eller gjennomført opprydding ved mange av de forurensingslokaliteter som er nevnt i Avinors Miljørisikoanalyser. Av resterende forurensinger er det drivstofforurensinger - ofte med lokal utbredelse ved påfyllingskabinett - som dominerer.

Det har vært vanskelig å gjennomføre undersøkelser under asfalt på driftsområder og flyoppstillingsplasser, slik at en del problemstillinger - i første rekke når det gjelder avisningskjemikaler - foreløpig er uavklart.

### **15.2 Brannøvingsfelt**

Undersøkelsen har vist at det påvises PFC i nesten alle brannøvingsfelt, med PFOS som den dominerende komponent. I yngre felt finnes mer 6:2 FTS og enkelte andre komponenter, ettersom PFOS ble utfaset i 2001. Det er beregnet at det ligger igjen i størrelsesorden 360 kg PFOS på Avinors lufthavner. Det er forholdsvis få analyser av andre PFC, men det kan anslås at samlet mengde, inkl. PFOS, er i størrelsesorden 600 kg.

Gjenværende forurensing befinner seg mest på gamle brannøvingsfelt som ikke lengre er i bruk, og der det er flere gamle felt, har det yngste av dem mest forurensning. Det er lite PFC i grunnen ved de 14 aktive brannøvingsfelt som fortsatt skal driftes.

Det har vist seg at ved mange lufthavner finner man også PFC på steder man i utgangspunktet ikke skulle vente å finne disse stoffene, f.eks. i avrenning forholdsvis langt fra brannøvingsfeltene.

Selv om det er PFOS-konsentrasjoner i jorda som langt overstiger den normverdi Klif har fastsatt for PFOS i jord, er det dokumentert at vanlig opphold av voksne personer på gamle brannøvingsfelt ikke medfører noen helsefare. Feltene kan derfor brukes til lagerplass og lignende uten at det oppstår konflikter, men de bør ikke brukes til øvelser eller testing av brannbiler selv om det er rent vann eller skum som benyttes. Det vil kunne føre til økt utlekking av PFC fra grunnen.

Jordsmonnets permeabilitet er avgjørende for spredningen av PFC i grunnen, og om forurensingen når grunnvannet. Humusinnholdet har sannsynligvis også betydning for spredningen, og PFC synes å holdes tilbake jord med mye organisk materiale.

Utlekkingen fra de forurensede massene er meget liten i forhold til hva som tidligere ble sluppet ut under øvelser, og utgjør bar noen få kilo pr. år. Likevel synes det klart at utslipp av PFC skaper problemer i enkelte ferskvannsresipienter, spesielt gjelder det for Harstad/Narvik og Bergen. Ved Harstad/Narvik er det påvist at selv større vann som Lavangsvann har konsentrasjoner av PFOS over kvalitetsstandarder både for økologi og oppkonsentrasjon i næringskjeden. Ved Kristiansand er det påvist så mye PFC i grunnvann og biota at tiltak også her bør vurderes.

Det er også registrert forholdsvis høye konsentrasjoner av PFOS i grunnvann i enkelte drikkevannsbrønner nær lufthavnene som ved Kirkenes og Bergen.

Utlekkingen synes derimot ikke å ha slike stor betydning for marine resipienter. Effekten av fortynning gjør at PFC-konsentrasjonen i havet blir så lav at kvalitetsstandarder baster på oppkonsentrasjon i næringskjeden ikke overskrides. Det er likevel knyttet en viss usikkerhet til de blandingssoner som oppstår der man har konsentrerte utslipp og til de krav som miljømyndighetene vil stille til økologien i disse sonene. Generelt må det kunne fastslås at gjenværende PFC ved lufthavnene bare har lokal og ikke global betydning som forurensingskilde.

Ved en avsluttende gjennomgang og oppsummering av resultater har det kommet frem at ved enkelte lufthavner, som f.eks. Kristiansand, er det påvist høye PFOS-konsentrasjoner i grunnvannet selv om konsentrasjonen i jord er moderate. Fordelingskoeffisienten,  $K_d$ , kan i slike tilfelle være meget lav, kanskje ned mot 1. Dett åpner for at man ved enkelt lufthavner, hvor man i denne undersøkelsen ikke la vekt på å ta vannprøver fordi jordkonsentrasjonene var lave, likevel burde ha kontrollert vannkvaliteten. Dette kan gjelde på steder som f.eks. Hasvik, Båtsfjord, Brønnøysund og Florø

## Referanser

Aquateam 2011: Forslag til helsebaserte tilstandsklasser for perfluoreerte organiske forbindelser i forurenset grunn.

Aquateam 2012 a: Forslag til tilstandsklasser for PFOS i sjøvann til bruk for risikovurderinger av Avinors Lufthavner.

Aquateam 2012 b: Mal for risikovurdering av PFOS i forurenset grunn ved Avinors lufthavner. Rapport 12-014

COWI 2012: Renseanlegg utrykningsvei Nord Flesland

EU 2011: Perfluorooctanat sulphonate (PFOS). PFOS EQS dossier 2011.

European Commission (DG Environment) 2011: Technical Support for the Impact Assessment of the Review of Priority Substances under Directive 2000/60/EC.

Nordskog A.M.; Bredeveld G.D.; Rudolph-Lund K.; Villanger G.D. 2012: Leaching and transport of perfluorinated compounds at airport fire fighting stations. Poster Nordrocs 2012.

RIVM 2010: Environmental risk limits for PFOS. National Institute for Public Health, Nederland. RIVM-Report 601714013/2010.

SFT 1999: Veiledning 99:01 Risikovurdering av forurenset grunn. TA1629/1999

SFT 2005: Kartlegging av PFOS i brannskum, TA-2139/2005

SFT 2007: Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. TA-2229/2007.

SFT 2009: Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn. Veileder TA 2553/2009

Sweco Environment 2012: Tiltaksmetoder og strategier för PFCs. Litteraturstudium for Avinor

Sweco 2012: Undersøkelse av biota ved 4 lufthavner

# Vedlegg 1

[Tekst]