

Avinor AS

► Tilleggsvurderinger til tiltaksplan

Stavanger lufthavn Sola

Gammelt brannøvingsfelt (BØF2)

Oppdragsnr.: **5205614** Dokumentnr.: **RIM-07-ENZV** Versjon: **E02** Dato: **2023-06-24**



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

Forside: Historisk flyfoto (2003) som viser gammelt brannøvingsfelt (BØF2) slik det så ut like etter at feltet ble tatt ut av bruk. Feltet er i senere tid tilført et 1-1,5 m lag med overskuddsmasser fra prosjekter på andre områder på lufthavnen. Flyfoto fra kart.finn.no.

E02	2023-06-24	Til myndighet	Annelene Pengerud Lars Været Vibeke Brandvold Aina Marie Nordskog	Lars Været Aina Marie Nordskog	Aina Marie Nordskog
A01	2023-06-23	For fagkontroll	Annelene Pengerud Lars Været Vibeke Brandvold Aina Marie Nordskog	Lars Været Aina Marie Nordskog	Aina Marie Nordskog
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

► Sammen drag

I september 2022 rettet Miljødirektoratet et pålegg til Avinor om utarbeidelse av tiltaksplan for opprydding i grunn som er forurens et av per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS) ved brannøvingsfeltene ved Stavanger lufthavn. Tiltaksplan for brannøvingsfeltene ble oversendt Miljødirektoratet i januar 2023.

For det aktive brannøvingsfeltet (BØF1) ble det på grunnlag av forurensningssituasjon vurdert til å ikke være behov for tiltak. For gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ble det basert på en gjennomgang av forurensningssituasjonen, aktuelle tiltaksmetoder og tilhørende kostnader, foreslått et tiltak med oppgraving og vasking av masser med konsentrasjon av Σ PFAS >150 µg/kg. Et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser ble foreslått som et mulig alternativ til tiltak med vasking av masser, dersom det gjennom videre prosjektering og anskaffelse skulle vise seg at et tiltak med vasking av masser er vesentlig dyrere enn det som er lagt til grunn i kostnadsberegningene, eller at aktuelle leverandører i liten grad er villige til å garantere for en effekt i form av restkonsentrasjon i massene etter vasking.

Det ble i juni 2023 avholdt møte mellom Miljødirektoratet og Avinor for gjennomgang av tiltaksplanen og diskusjon rundt særskilte forhold som går på foreslått tiltaksgrense og praktisk gjennomføring av tiltak. Norconsult deltok også i dette møtet som rådgiver for Avinor. I etterkant av møtet oversendte Miljødirektoratet en liste med særskilte punkter som de ønsket nærmere redegjort for, som grunnlag for videre utarbeidelse av varsel om pålegg om gjennomføring av tiltak.

I dette dokumentet presenteres de beregninger og vurderinger som er gjort for å svare ut spørsmålene fra Miljødirektoratet. Det er blant annet gjort kostnadsberegninger og beregninger av kost/effekt for en mulig tiltaksgrense for Σ PFAS på 100 µg/kg, og det er gjort nærmere beregninger og vurderinger av mulige løsninger for grunnvannssenkning og vannhåndtering i anleggsfase. Det er også foreslått grenseverdier for utslipp av anleggsvann, herunder vann fra gravegrøp og prosessvann fra jordvaskeanlegg, til resipient Regebekken.

► Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Utarbeidet tiltaksplan 2023	5
1.2	Innspill fra Miljødirektoratet	5
2	Kost/effekt for tiltaksgrense 100 µg/kg	7
2.1	Volumer og mengder	7
2.2	Kostnader og kost/effekt	8
2.3	Usikkerheter og avgrensning av tiltaksområdet	9
3	Utslipp av vann i anleggsfase	11
3.1	Grunnvann fra gravegrop	11
3.2	Prosessvann jordvaskeanlegg	13
3.3	Utslippsmengder og forslag til grenseverdier	13
4	Andre vurderinger	14
4.1	Akseptgrenser for PFOS vs. ΣPFAS	14
4.2	Hensyn til naturverdier og kulturminner	14
4.3	Inntrengning av saltvann	14
4.4	Støy og støv	16
5	Referanser	18

1 Bakgrunn

1.1 Utarbeidet tiltaksplan 2023

Avinor ble i 2020 pålagt å gjennomføre supplerende undersøkelser av forurensning av per- og polyfluorerte forbindelser (PFAS) ved de ti lufthavnene Rørvik, Tromsø, Ålesund, Stavanger, Bergen, Alta, Haugesund, Kristiansund, Kirkenes og Brønnøysund (jfr. pålegg fra Miljødirektoratet datert 14. mai 2020 [1]).

I nevnte pålegg og brev av 26. februar 2020 skisserte Miljødirektoratet at Avinor skal utarbeide tiltaksplaner ved disse ti lufthavnene med frist i 2021 og 2022 [2]. Lufthavnene er valgt ut på bakgrunn av Avinors prioriteringsrekkefølge for opprydding av PFAS-forurensning basert på kost/effekt, og risikovurderinger med hensyn på lokale effekter [3] [4].

Den 16. september 2022 rettet Miljødirektoratet et pålegg til Avinor om utarbeidelse av tiltaksplan for opprydding i grunn som er forurenset av PFAS ved Stavanger lufthavn. Dette som del av et samlet pålegg for utarbeidelse av tiltaksplaner for fem lufthavner, herunder Stavanger, Alta, Haugesund, Kristiansund og Kirkenes lufthavn [5]. Miljødirektoratet påla Avinor å utarbeide en tiltaksplan for de to brannøvingsfeltene ved Stavanger lufthavn med frist 15. januar 2023. Det skulle videre gjennomføres ytterligere kildesporing og kartlegging av PFAS-forurensning ved øvrige områder på lufthavnen, inkludert vurdering av behov og mulighet for tiltak, med frist 1. september 2023.

Tiltaksplan for brannøvingsfeltene ble oversendt Miljødirektoratet 15. januar 2023 [6]. For det aktive brannøvingsfeltet (BØF1) ble det på grunnlag av forurensningssituasjon vurdert til å ikke være behov for tiltak. For gammelt brannøvingsfelt (BØF2) ble det basert på en gjennomgang av forurensningssituasjonen, aktuelle tiltaksmetoder og tilhørende kostnader, foreslått et tiltak med oppgraving og vasking av masser med konsentrasjon av Σ PFAS >150 µg/kg. Et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser ble foreslått som et mulig alternativ til tiltak med vasking av masser, dersom det gjennom videre prosjektering og anskaffelse skulle vise seg at et tiltak med vasking av masser er vesentlig dyrere enn det som er lagt til grunn i kostnadsberegningene, eller at aktuelle leverandører i liten grad er villige til å garantere for en effekt i form av restkonsentrasjon i massene etter vasking.

1.2 Innspill fra Miljødirektoratet

Det ble den 14. juni 2023 avholdt møte mellom Miljødirektoratet og Avinor for gjennomgang av tiltaksplanen og diskusjon rundt særskilte forhold som går på foreslått tiltaksgrense og praktisk gjennomføring av tiltak. Norconsult deltok også i dette møtet som rådgiver for Avinor.

I etterkant av møtet oversendte Miljødirektoratet en liste med særskilte punkter som de ønsket nærmere redegjort for, som grunnlag for videre utarbeidelse av varsel om pålegg om gjennomføring av tiltak.

Hovedpunkter som Miljødirektoratet ønsker nærmere redegjort for:

- Beregninger (med bl.a. effekt og kost/effekt) ved et eventuelt lavere akseptkriterium (100 µg Σ PFAS/kg) for jord
- Utslipp av vann i anleggsfasen:
 - Forslag til grenseverdi for utslipp av vann/vannrenseanlegg i anleggsfasen
 - Et estimat over hvilke mengder (PFAS og suspendert stoff) Avinor ser for seg å slippe ut gjennom utslipp av vann i anleggsfase
 - En vurdering av hvilken påvirkning dette kan utgjøre for Regebekken og utløpet i Solavika
 - En beskrivelse av alternativene Avinor har for å håndtere perioder med større vannmengder

- En vurdering av om drift av et mobilt jordvaskeanlegg på stedet kan føre til støving, støy eller annen påvirkning på naturmangfold i nærheten av betydning, dvs. som overstiger det som følger av vanlige opprydningstiltak der en graver opp og transporterer ut forurensede masser.

Andre mindre detaljer:

- Arealbeslag under tiltaket og ev. berøring med verneområder eller områder med rødlistede arter, kulturminner e.l.
- Akseptnivå for ΣPFAS. Vurdering av om det vil være aktuelt å sette grenseverdier for både PFOS og ΣPFAS.

I dette dokumentet presenteres de beregninger og vurderinger som er gjort for å svare ut punktene over. Det presiseres her at prosjektet er i en tidlig fase av prosjekteringen (forprosjekt), og at enkelte av forutsetningene som er lagt til grunn kan bli endret gjennom videre detaljprosjektering. Det vil også være slik at man ved gjennomføring bør sikre en viss grad av fleksibilitet i form av valg av løsninger, slik at valgt entreprenør har mulighet til å foreslå løsninger som kan være mer hensiktsmessige. Det viktige vil da være at man sikrer overholdelse av gitte krav i et fremtidig pålegg, men at selve løsningen kan være en annen enn det som er lagt til grunn i tidligere vurderinger.

Det vil gjennomføres videre prosjektering av tiltaket gjennom sommer og høst 2023. Detaljutredninger for tiltaksgjennomføringen vil da kunne oversendes Miljødirektoratet innen utgangen av 2023.

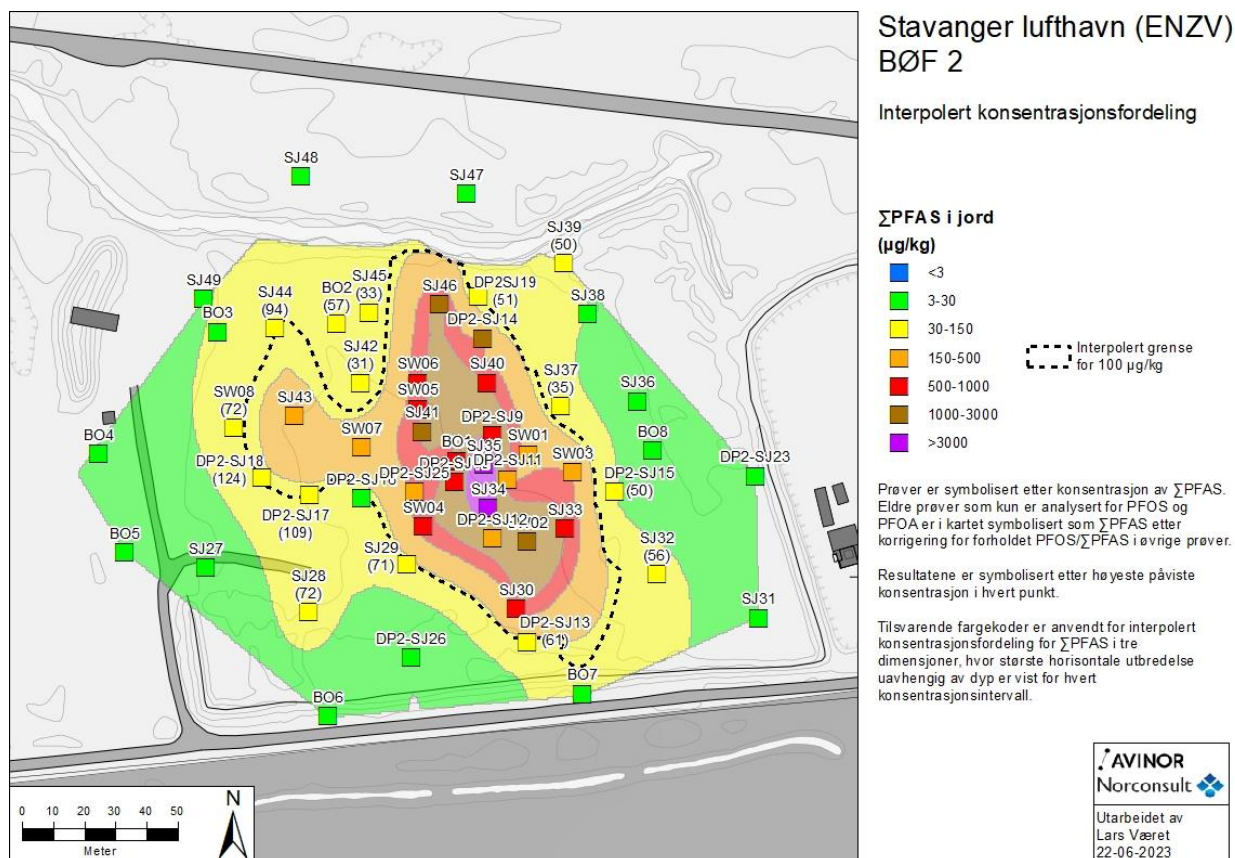
2 Kost/effekt for tiltaksgrense 100 µg/kg

2.1 Volumer og mengder

Det er i tiltaksplanens kap. 5.3 oppgitt beregnet mengde Σ PFAS¹ i masser med interpolert gjennomsnittskonsentrasjon over seks ulike konsentrasjonsgrenser, hhv. konsentrasjoner av Σ PFAS >3, >30, >150, >500, >1000 og >3000 µg/kg. Disse mengdene og volumene er videre benyttet som grunnlag for beregninger av kostnader og effekt for tiltak ved ulike tiltaksgrenser, hhv. 30, 150 og 500 µg/kg, som oppgitt i tiltaksplanens kap. 9 [6].

Miljødirektoratet har i sin tilbakemelding etterspurt beregninger av kostnader og effekt (kost/effekt) for tiltaksgrense 100 µg/kg, som grunnlag for en nærmere vurdering av om en lavere tiltaksgrense enn det som er foreslått i tiltaksplanen, vil kunne gi en samlet større effekt av tiltaket (i form av kg PFAS fjernet), og en noe lavere gjennliggende mengde PFAS på lokaliteten etter gjennomført tiltak.

Beregning av volumer og mengder for masser med interpolert gjennomsnittskonsentrasjon over 100 µg/kg er utført med samme metodikk og forutsetninger som gitt i tiltaksplanens kap. 5 [6]. Interpolert konsentrasjonsfordeling er vist i Figur 2-1, mens Tabell 2-1 viser oppsummerte beregninger.



Figur 2-1: Interpolert konsentrasjonsfordeling for Σ PFAS (µg/kg) innenfor undersøkt areal ved gammelt brannøvingsfelt (BØF2). Tall i parentes etter punktnavn (for gule punkter) angir høyeste påviste konsentrasjon av Σ PFAS i punktet.

¹ Σ PFAS benyttes her for sum av 30 enkeltforbindelser.

Tabell 2-1: Beregnede mengder Σ PFAS (kg) og volum masser (m³) for konsentrasjonsgrense >3, >30, >100, >150, >500, >1000 og >3000 $\mu\text{g/kg}$. Beregning basert på vektete gjennomsnittskonsentrasjoner og interpolert konsentrasjonsfordeling innenfor undersøkt areal og dybde.

Konsentrasjons- grense Σ PFAS	Σ PFAS _{gj.snitt}	Interpolert areal	Volum masser	Mengde PFAS	Mengde/volum
($\mu\text{g/kg}$)	($\mu\text{g/kg}$)	(m ²)	(m ³)	(kg)	(g/m ³)
>3	131	24094	59238	13,2	0,2
>30	255	16013	28715	12,4	0,4
>100	532	7943	11911	10,8	0,9
>150	660	6810	9231	10,4	1,1
>500	1206	3429	3824	7,8	2,1
>1000	1884	1860	1621	5,2	3,2
>3000	5245	210	185	1,7	8,9

2.2 Kostnader og kost/effekt

I tiltaksplanen er det beregnet basiskostnader for tiltaksalternativene (1) oppgraving med ekstern deponering og (2) vasking av masser. Det ble også beregnet kostnad per mengde PFAS fjernet (kr/kg PFAS) for ulike konsentrasjonsgrenser (30, 150 og 500 $\mu\text{g/kg}$). Det er nå gjort tilsvarende beregninger for konsentrasjonsgrense 100 $\mu\text{g/kg}$. Resultatene er sammenstilt i Tabell 2-2.

Effekt av tiltaket er i tabellen angitt som antall kg PFAS fjernet ved oppgraving og ekstern deponering og vasking av masser. Ved vasking av masser legges vaskede masser med konsentrasjoner <30 $\mu\text{g/kg}$ tilbake i tiltaksområdet, og effekten av tiltaket blir noe lavere (1,6 - 0,2 kg) sammenliknet med oppgraving med ekstern deponering.

For tiltaksalternativ med vasking i mobilt jordvaskeanlegg med tilbakelegging av vasket fraksjon viser beregningene en tilleggseffekt på 0,1 kg PFAS ved opprydding til 100 $\mu\text{g/kg}$ sammenliknet med 150 $\mu\text{g/kg}$. Estimert totalkostnad for et tiltak med vasking av masser >100 $\mu\text{g/kg}$ er 47,7 MNOK, noe som gir en merkostnad på 4,8 MNOK for denne tiltaksgrensen, sammenliknet med tiltaksgrense 150 $\mu\text{g/kg}$.

I forbindelse med pågående vurderinger i forprosjektet er kostnadsberegningene i dette dokumentet oppdatert med:

- 20% økt kostnad for grunnvannssenkning for alle beregninger/alternativer på bakgrunn av informasjon om økning i kostnader for denne type anlegg etter dialog med leverandør
- Lagt til kostnad for spunt mot Regebekken, for å forhindre at vann fra bekken trekkes inn i anlegget for senkning av grunnvann

Tabell 2-2: Beregnet basiskostnad og kost/effekt for oppgraving med ekstern deponering og vasking av masser ved konsentrasjonsgrense 30, 100, 150 og 500 µg/kg.

Oppgraving med ekstern deponering					
Konsentrasjonsgrense ΣPFAS	Basiskostnad (NOK)	Volum masser interpolert (m ³)	Volum masser tiltaksomfang* (m ³)	Effekt** (kg PFAS)	Kost/effekt (kr/kg PFAS)
30 µg/kg	kr 155 800 000	28 700	35 900	12,7	kr 12 270 000
100 µg/kg	kr 73 500 000	11 900	14 900	11,3	kr 6 500 000
150 µg/kg	kr 61 500 000	9 200	11 500	11,0	kr 5 590 000
500 µg/kg	kr 35 700 000	3 800	4 800	8,6	kr 4 150 000
Vasking av masser					
Konsentrasjonsgrense ΣPFAS	Basiskostnad (NOK)	Volum masser interpolert (m ³)	Volum masser tiltaksomfang (m ³)	Effekt (kg PFAS)	Kost/effekt (kr/kg PFAS)
30 µg/kg	kr 83 300 000	28 700	35 900	11,1	kr 7 500 000
100 µg/kg	kr 47 700 000	11 900	14 900	10,6	kr 4 500 000
150 µg/kg	kr 42 900 000	9 200	11 500	10,5	kr 4 090 000
500 µg/kg	kr 32 200 000	3 800	4 800	8,4	kr 3 830 000

* Det er en forventning om at volumet masser som omfattes av tiltak vil være større enn det interpolerte volumet masser ved hver konsentrasjonsgrense. Dette som følge av faktisk avgrensning av forurensningen horisontalt og vertikalt, samt hensynet til praktisk utførelse. For kostnadsberegningene er det derfor tillagt 25 % på det interpolerte volumet masser for hver konsentrasjonsgrense.

** Effekt (kg PFAS) for ulike tiltaksomfang er noe høyere enn det som tidligere er oppgitt i tiltaksplanen, da det i tiltaksplanen var oppgitt mengder (effekt) i interpolert volum masser, mens det nå er tatt høyde for tilleggseffekt i det 25% volumet som er tillagt interpolert volum.

2.3 Usikkerheter og avgrensning av tiltaksområdet

Det er etter ønske fra Miljødirektoratet nå utført beregninger av volum masser (m³), mengde PFAS (kg) og kostnader (kost/effekt) for en mulig tiltaksgrense på 100 µg/kg. Som interpoleringen i Figur 2-1 viser, er det imidlertid ingen prøvepunkter med faktiske målinger mellom interpolert konsentrasjonsgrense for 150 µg/kg og 100 µg/kg. Dette betyr at skillet mellom disse konsentrasjonsgrensene er et direkte resultat av interpoleringen, hvor interpoleringen sier noe om *den mest sannsynlige fordelingen av konsentrasjonsnivåer* basert på det prøvegrunnlaget som foreligger.

Ut fra det totale prøvegrunnlaget som foreligger, med en tydelig sentral hot spot, og jevnt avtakende konsentrasjoner i alle retninger ut fra denne, er det allikevel forventet at man ved å øke tiltaksområdet (utgravingsareal og dyp) utover det som er angitt for konsentrasjonsgrense 150 µg/kg, i praksis vil oppnå en tiltaksgrense tilsvarende 100 µg/kg. Dette også i lys av at alle enkeltprøver i prøvepunkter utenfor interpolerte konsentrasjonsgrenser for både 150 og 100 µg/kg viser konsentrasjoner av ΣPFAS <100 µg/kg.

Som også nevnt i tiltaksplanen [6], anses forurensningen som tilstrekkelig avgrenset vertikalt innenfor det aktuelle tiltaksområdet, og basert på dette anses det ikke som nødvendig å ta prøver i bunn av gravegrop for dokumentasjon på at dypereliggende masser tilfredsstiller akseptkriteriet etter utgraving. Det er ikke påvist konsentrasjoner over aktuelle tiltaksgrenser (150 og 100 µg/kg) i noen enkeltprøver under aktuelt gravedyp, hvor konsentrasjoner i alle prøver er <40 µg/kg.

Det vil imidlertid være behov for supplerende prøvetaking for tilstrekkelig avgrensning av tiltaksområdet i horisontal utbredelse i sørvestlig og nordøstlig retning. En slik prøvetaking vil utføres i forkant av tiltaksarbeider, for endelig fastsettelse av tiltaksarealet.

3 Utslipp av vann i anleggsfase

3.1 Grunnvann fra gravegrop

Vann i gravegrop under anleggsarbeidene er omtalt i tiltaksplanens kap. 10.3.1 [6]. Det ble utført numerisk simulering i Visual Modflow med fokus på hvor mye vann som kunne forventes fra gravegrop ved et maksimalt behov for senkning av grunnvannstand for å holde gropa tørr under utgraving, uten å sette begrensinger for pumperate ut av gropa. Det ble med andre ord kun sett på hvilke begrensninger som ligger i massenes evne til å lede vann dersom man legger en høy permeabilitet til grunn.

Oppdaterte simuleringer tar utgangspunkt i den numeriske modellen i Visual Modflow, som er presentert i tiltaksplanen. Det er gjort simuleringer av grunnvannsstrømning inn til en utgravingsgrop på 80 x 20 m for å se om det vil være mulig å senke grunnvannet 2 m uten å oversige en pumperate på 15 l/s (som er lagt til grunn som kapasitet på vannrenseanlegg), samt for å se på hvor lang tid det vil ta å senke grunnvannet med 2 m under disse forutsetningene. Det er simulert to scenarier der hydraulisk konduktivitet er ulik, mens øvrige parametere er like.

Scenario 1 representerer en situasjon der hele grunnvannsforekomsten er gitt en hydraulisk konduktivitet lik den høyeste verdien som er estimert basert på kornfordelingskurver (tilsvarende som i tiltaksplanen). Dette kan betraktes som en konservativ tilnærming og det maksimale vannvolumet av grunnvann som må pumpes ut. I *Scenario 2* er det angitt gjennomsnittlig hydraulisk konduktivitet basert på alle kornfordelingskurvene, som anses som det mest sannsynlige scenarioet. Følgende verdier for hydraulisk konduktivitet er benyttet i modellen:

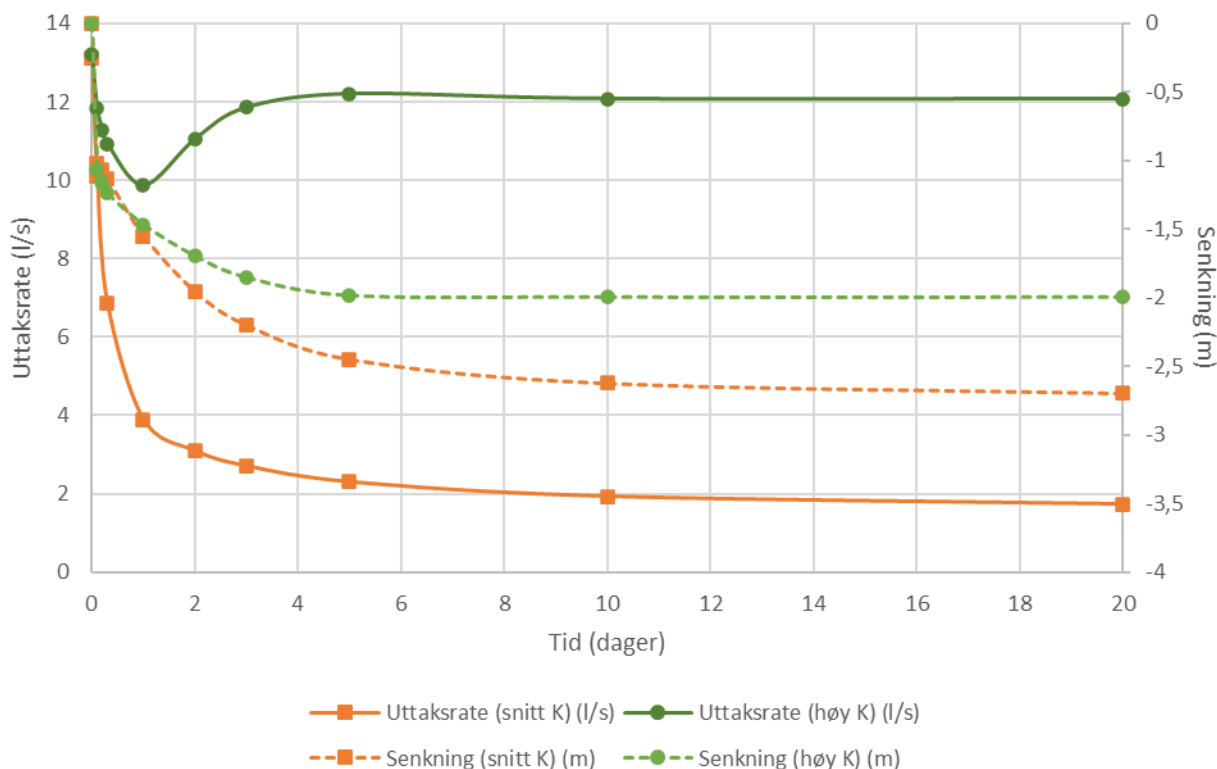
- 1) $K_{xy} = 2,4 \text{ e-4 m/s}$, $K_z = 2,5 \text{ e-5 m/s}$ (tilsvarende som i tiltaksplan)
- 2) $K_{xy} = 1,53 \text{ e-4 m/s}$, $K_z = 1,53 \text{ e-5 m/s}$ (gjennomsnittlig verdi for grunnvannsforekomsten i tiltaksområdet)

Resultater fra simuleringen er vist i Figur 3-1, vist som tidsserier over pumperate (uttaksrate) og senkning av grunnvannsnivå i senter av utgravingsgrop. Resultater fra simuleringen viser at det i begge scenarioene er mulig å senke grunnvannsnivå med 2 m uten at pumperaten overstiger 15 l/s.

Ved å benytte «drain»-funksjonen i Modflow er det ikke mulig å angi en konstant pumperate. Uttaksraten vil derfor variere over tid, spesielt ved oppstart av grunnvannssenkningen, som en ser i tidsseriene i Figur 3-1.

I *Scenario 1* er uttaksraten begrenset til 13,7 l/s ved oppstart og synker til 10 l/s i løpet av en dag. Uttaksraten ble så hevet til rundt 12 l/s, hvor den holdt seg relativt stabil. Grunnvannsnivå synker gradvis over fem dager før det stabiliserer seg 2 m under opprinnelig nivå. For dette scenariet tar det altså rundt 5 dager å senke grunnvannsnivået med rundt 2 m dersom det benyttes en pumperate på 10-13,7 l/s. For å opprettholde 2 m senkning er det nødvendig med en stabil pumperate omkring 12 l/s.

I *Scenario 2* er uttaksraten ved oppstart 13,1 l/s, men synker raskt ned til under 4 l/s i løpet av en dag, deretter fortsetter uttaksraten å synke til <2 l/s etter 10 dager. Grunnvannsnivå følger samme trend og synker raskt i starten, deretter holder nivået seg forholdsvis stabilt ca. 2,7 m under opprinnelig nivå, med en uttaksrate på 1,7 l/s. Det tar ca. 2 dager å senke grunnvannsnivå med 2 m i dette scenariet.



Figur 3-1: Resultater fra simulering av grunnvannssenkning utført med Visual ModFlow. Figuren viser tidsserier over pumperate og senkning i grunnvannsnivå i senter av utgravingsgrop, for Scenario 1 (høy K) og Scenario 2 (snitt K).

Simuleringen som er gjort har tatt utgangspunkt i at grunnvannsnivå i hele arealet innenfor en utgravingsgrop på 80 x 20 m senkes 2 m. I realiteten er det kun mindre areal innenfor tiltaksområdet hvor det er nødvendig å senke grunnvannsnivå med 2 m, og det er kun i perioder med høyt naturlig grunnvannsnivå. Det forventes derfor at nødvendig uttaksmengde i realiteten vil være vesentlig lavere enn det som er estimert i Scenario 1.

De utførte simuleringene viser at det mest sannsynlig vil være mulig å tilpasse utgravingsarealer og pumperater slik at man unngår vannmengder som overstiger den kapasitet som er lagt til grunn for vannrenseanlegg med rensetrinn for partikler og PFAS (15 l/s). Dette er imidlertid en relativt høy kapasitet for et mobilt anlegg, med en forventet høy kostnad, og man vil som del av videre prosjektering se nærmere på alternative løsninger for å mulig redusere vannmengdene som til enhver tid må behandles.

Mulige tiltak for å redusere vannmengdene som skal håndteres av renseanlegget er bl.a.:

- Redusere antall sugespisser og grave ut mindre areal av gangen.
- Uttak av rent/lettere forurenset grunnvann oppstrøms tiltaksområdet som enten slippes ut i resipient eller reinfiltreres nedstrøms eller på siden av tiltaksområdet.
- Spunt rundt hele eller deler av areal hvor det er nødvendig med grunnvannssenkning
- Optimalisering av plassering av og dybder på sugespisser, slik at grunnvannsnivå ikke senkes mer enn nødvendig

3.2 Prosessvann jordvaskeanlegg

Prosessvann som skal benyttes i jordvaskeanlegget vil være i form av tilført vann. Avhengig av konsentrasjonsnivåer og type prosessløsning, vil dette vannet til en viss grad kunne gjenbrukes i vaskeprosessen før det må erstattes med nytt tilført vann. Alt prosessvann fra jordvaskeanlegg vil renses i et vannrenseanlegg, før utslipp til resipient.

3.3 Utslippsmengder og forslag til grenseverdier

Oppsamlet vann fra gravegrop og prosessvann fra jordvaskeanlegg vil renses i midlertidige vannrenseanlegg før utslipp til resipient Regebekken. For utslippene foreslås følgende grenseverdier:

- 300 ng/l for Σ PFAS²
- 50 mg/l for suspendert stoff (SS)

Det er ikke forventet en betydelig negativ påvirkning på resipient ved utslipp av vann som overholder de foreslåtte grenseverdiene, da disse representerer konsentrasjoner som er på nivå med de konsentrasjoner man påviser i Regebekken i dag. For utslipp av oppsamlet vann fra gravegrop (nedbør og grunnvann) vil overholdelse av foreslått grenseverdi for Σ PFAS representere en forbedring sammenliknet med dagens situasjon, da utstrømmende grunnvann fra brannøvingsfeltet til Regebekken i dag har langt høyere konsentrasjoner (se kap. 4.1.2 i tiltaksplanen for nærmere omtale av konsentrasjonsnivåer i grunnvann). Foreslått grenseverdi for suspendert stoff (SS) på 50 mg/l er noe høyere enn de konsentrasjoner man vil forvente i Regebekken under normale forhold. Det er allikevel forventet at partikkelkonsentrasjoner raskt vil fortynnes etter innblanding i resipient (kontinuerlig rennende vann med høy vannføring), hvor også partiklene som følge utslippsvannet vil være finpartikler som i liten grad sedimenterer i bekken. Det forventes derfor ikke en betydelig tilslammings effekt i selve Regebekken eller ved utløpet til Solavika.

For beregning av potensiell mengde utslipp av PFAS fra vannrenseanlegg (vann fra gravegrop) i tiltaksperioden er det lagt til grunn følgende:

- Tiltaksperiode med behov for rensing av vann fra gravegrop: 90 dager
- Renseanlegg går med full kapasitet i hele anleggsperioden: 15 l/s
- Krav til maksimal konsentrasjon av Σ PFAS fra renseanlegg: 300 ng/l

Under disse forutsetningene kan det forventes et samlet utslipp fra vannrenseanlegget på 2-3 g PFAS i løpet av tiltaksperioden. Simuleringene omtalt i kap. 3.1 viser at vannmengde inn i renseanlegget fra gravegrop forventes å være vesentlig lavere enn 15 l/s. Videre må det forventes at et optimalt driftet renseanlegg vil kunne gi lavere konsentrasjoner i rensert vann, samt at det ikke vil være behov for avsenking av grunnvannsnivå i hele tiltaksperioden. Estimert må derfor kunne anses å være konservativt, og dermed anses som et øvre anslag for forventet utslipp av PFAS fra renseanlegget.

Vannmengder til utslipp av prosessvann fra mobilt jordvaskeanlegg vil variere avhengig av leverandør og type prosessløsning som blir valgt. Dette vil også avhenge av hvor mange ganger vannet kan gjenbrukes i vaskeprosessen, før det må gå til utslipp. Etter endt jordvasking vil dette vannet måtte slippes ut før nedrigging av anlegget. Basert på opplysninger mottatt fra leverandører om forventede vannmengder som benyttes i vaskeprosessen, kan det i alle tilfeller forventes at dette utslippet vil utgjøre en langt mindre mengde, både i form av total vannmengde og mengde PFAS (g), sammenliknet med forventet utslippsmengde fra oppsamlet vann fra gravegrop.

² Σ PFAS målt som sum av 33 enkeltforbindelser.

4 Andre vurderinger

4.1 Akseptgrenser for PFOS vs. Σ PFAS

Miljødirektoratet har i sin tilbakemelding bedt om en vurdering av om det vil være aktuelt å sette akseptkriterier for både PFOS og Σ PFAS.

Erfaringer fra undersøkelser på brannøvingsfelt på Avinors lufthavner viser at PFOS i de fleste tilfeller utgjør klart største andel av Σ PFAS, både for jord- og vannprøver. Andelen PFOS av Σ PFAS vil imidlertid kunne variere betydelig mellom enkeltprøver fra en og samme lokalitet, og man vil i mange tilfeller også kunne ha et større bidrag fra andre enkeltforbindelser enn PFOS.

For gammelt brannøvingsfelt (BØF2) på Stavanger lufthavn er PFOS klart dominerende enkeltforbindelse i de mest forurensede massene og i grunnvann sentralt på feltet, hvor PFOS i de fleste prøver utgjør >80% av Σ PFAS. Dette tilsier at et akseptkriterium for jord på eksempelvis 150 $\mu\text{g/kg}$ for Σ PFAS, i praksis vil tilsvare et akseptkriterium for PFOS på om lag 120 $\mu\text{g/kg}$. Det er imidlertid en stor variasjon i andel PFOS for undersøkt område sett under ett, hvor andelen PFOS av Σ PFAS varierer mellom 3-100% i enkeltprøver.

Det anbefales imidlertid ikke at man setter absolutte akseptkriterier for både PFOS og Σ PFAS. Dette grunnet den betydelige variasjon som man vil kunne ha i andel PFOS av Σ PFAS mellom enkeltprøver på en og samme lokalitet, noe som vil gjøre det metodisk utfordrende å gjennomføre interpoleringer og mengdeberegninger for å fastsette tiltaksomfang. Det vil også være utfordrende under praktisk gjennomføring dersom man skal forholde seg til to ulike akseptkriterier. Et eksempel på dette er at Miljødirektoratet i senere pålegg om gjennomføring av tiltak på eksempelvis Rørvik og Bergen lufthavn har stilt som krav at masser som tilføres tiltaksområdet skal overholde konsentrasjonsgrenser på hhv. 2 $\mu\text{g/kg}$ for PFOS og 10 $\mu\text{g/kg}$ for Σ PFAS. Erfaringen er da at man i flere tilfeller vil kunne ha enkeltprøver der konsentrasjonen av PFOS marginalt overstiger 2 $\mu\text{g/kg}$, mens konsentrasjonen av Σ PFAS er klart under 10 $\mu\text{g/kg}$.

Analysemetoder utvikles stadig til å inkludere flere enkeltforbindelser av PFAS, samtidig som kunnskapsgrunnlaget for vurdering av risiko knyttet til eksponering for flere enkeltforbindelser stadig utvikles. Ved å sette akseptkriterier for Σ PFAS, vil man da i større grad sikre at man dekker en størst mulig andel av «totalen» på en gitt lokalitet, og at man i størst mulig grad setter akseptkriterier som ivaretar hensynet til samlet risiko som følge av eksponering også for enkeltforbindelser av PFAS hvor kunnskapsgrunnlaget er begrenset per i dag.

4.2 Hensyn til naturverdier og kulturminner

Det foreslåtte tiltaket vil ikke komme i berøring med registrerte viktige naturverdier eller kulturminner ved lufthavnen. Gjennomføring av tiltak med vasking av masser vil kreve et relativt stort tilgjengelig areal, for blant annet etablering riggområder, mellomlager, jordvaskeanlegg og vannrenseanlegg. Det legges i prosjekteringen opp til at alt dette skal etableres på tilgjengelige arealer innenfor lufthavnsområdet, og det legges som premiss at dette ikke skal komme i berøring med verneområde (plantevernomsråde) like vest for brannøvingsfeltet.

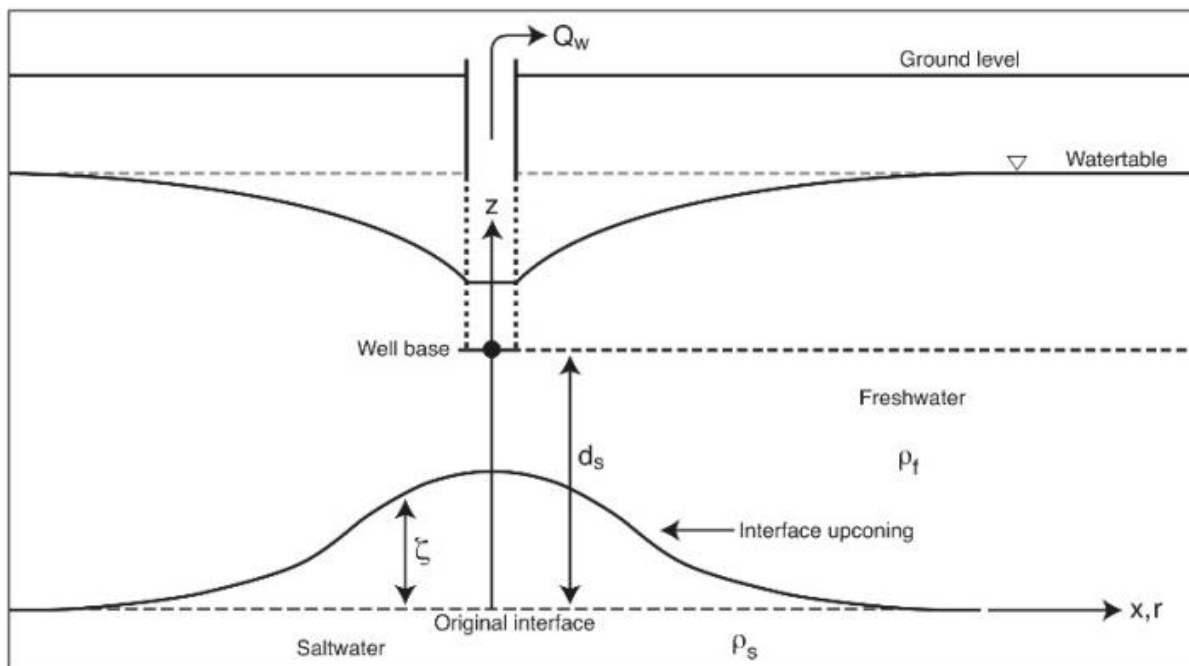
Det vises til tiltaksplanen kap. 2.6 og 2.7 for nærmere omtale av naturverdier og kulturminner ved lufthavnen [6].

4.3 Inntrengning av saltvann

Grunnet høyere tetthet og hydraulisk trykk vil sjøvann bevege seg inn under ferskvann i kystakviferer. Denne saltvannsinntrengingen er normalt begrenset som følge av at grunnvannsnivå øker med stigende terrengnivå

fra kysten. Det følger av Ghyben-Herzberg-prinsippet at dyp til fersk-/saltvannsgrensen er 40 ganger målt grunnvannstand over havnivå. Terrenget ved Stavanger lufthavn er flatt med liten terrengstigning fra sjø. Terrenget ved det gamle brannøvingfeltet ligger omkring kote 3-5, med grunnvannsnivå typisk 1-2 m over havnivå, og det kan således forventes omkring 40-80 m med ferskt grunnvann under feltet.

Prinsipp for oppkoning av saltvann (ζ) under en brønn er vist i Figur 2.



Figur 2: Prinsippskisse for oppkoning av saltvann under en brønn [7] [8].

Maksimal oppkoning av saltvannsgrensen under en brønn kan beregnes ved bruk av formelen:

$$\zeta = \frac{Q_w}{2\pi\delta K d_s}$$

der Q_w er pumperate, $\delta = (\rho_s - \rho_f) / \rho_f$ (forholdet mellom fersk/salt grunnvann), K er hydraulisk ledningsevne og d_s er avstand fra bunn av brønn til opprinnelig salt/ferskvannsgrense [7].

For en gjennomsnittlig $K = 1,53 \cdot 10^{-4}$ m/s, $Q_w = 15$ l/s og $d_s = 40$ m gir dette en maksimal oppkoning (ζ) på ca. 16 m.

For en lavere pumperate og/eller større opprinnelig mektighet for ferskt grunnvann vil maksimal oppkoning være lavere. Gitt simuleringene vist i kap. 3.1 forventes pumperater for det meste av anleggsperioden å være lavere enn 15 l/s som er lagt til grunn her, samt at behov for senkning til under kote 0 gjelder et begrenset område sentralt i utgravingsområdet, og utgravingen vil skje i en begrenset periode innenfor disse.

Oppsummert viser beregningene over at oppkoning av saltvann som følge av avsenket grunnvannsnivå innenfor deler av utgravingsområdet vil være begrenset med de forventede uttakssratene som fremgår av kap. 3.1, og at det derfor ikke forventes å trekke saltvann gjennom ved en slik begrenset avsenkning av grunnvann under byggep. Det anbefales likevel å overvåke elektrisk ledningsevne i brønner vest for utgravingsområdet (mot sjø/verneområde) før og under utgraving, samt i vann inn på renseanlegget, for å følge utviklingen og kunne sette inn eventuelle avbøtende tiltak dersom dette skulle vise seg nødvendig.

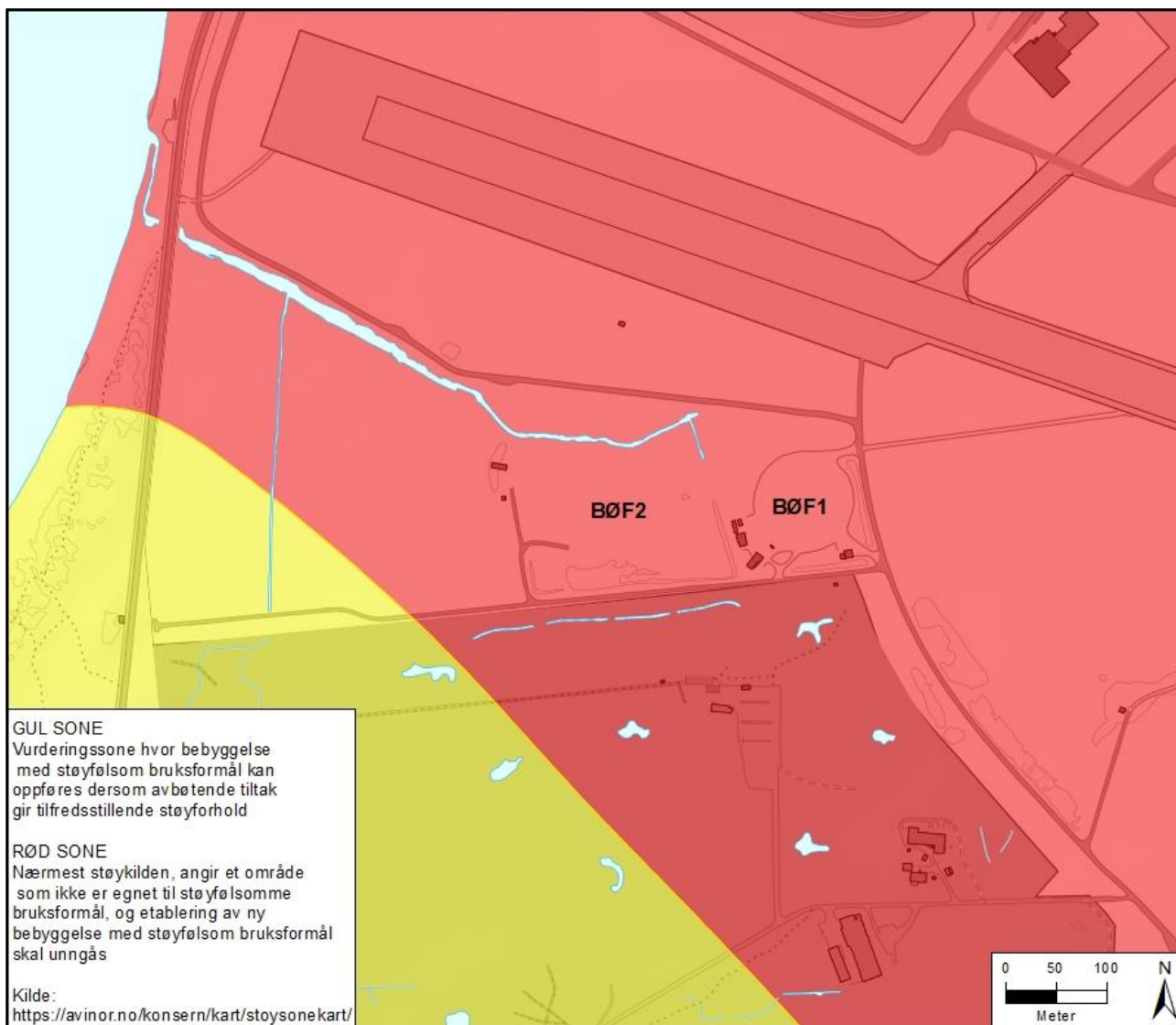
4.4 Støy og støv

Tiltaksområdet ligger innenfor rød sone i støysonkart for Stavanger lufthavn (Figur 4-3). Det forventes derfor ikke at støy fra anleggsarbeidene vil ha negativ påvirkning på omgivelsene, utover det som er relatert til regulær lufthavndrift i dag.

Det er også opplyst fra leverandør av mobilt jordvaskeanlegg at et vaskeanlegg normalt ikke vil medvirke til særskilt støy utover det som må forventes fra anleggsarbeider hvor det benyttes større maskiner til graving, håndtering og transport av masser. Det forventes derfor ikke at et tiltak med vasking av masser vil medføre særskilt støyproblematikk utover det som også må forventes for et tiltak med oppgraving og ekstern deponering av masser.

Tiltaket vil omfatte utgraving og håndtering av i all hovedsak sandige masser. En viss andel av disse må også forventes å være fuktige, da de graves ut under grunnvannsnivå. Alle fraksjoner som separeres ut gjennom vaskeprosessen vil også være fuktige, grunnet tilførsel av vann i vaskeprosessen. Det forventes derfor i liten grad særskilt støvproblematikk knyttet til håndtering av masser under tiltaket.

Dersom tiltaket gjennomføres i en spesielt tørr periode med lite nedbør, vil det imidlertid kunne oppstå noe støving fra mellomlagrede masser. Dersom dette skulle bli tilfelle, vil man måtte vurdere aktuelle avbøtende tiltak, eks. vanning av massene. Aktuelle tiltak vil vurderes nærmere som del av miljørisikovurdering for tiltaksgjennomføringen.



Figur 4-3: Utsnitt av flystøysonekart 2019-2030 for Stavanger lufthavn [9]. Planlagt tiltaksområdet ligger i sin helhet innenfor rød sone.

5 Referanser

- [1] Miljødirektoratet, «Pålegg om undersøkelser av PFAS-forurensset grunn - Avinor,» 2020a.
- [2] Miljødirektoratet, «Vurdering av PFAS-forurensningen ved Avinors flyplasser samt videre oppfølging,» 2020b.
- [3] Norconsult, «Rapportering for del 1 og del 2 av Miljødirektoratets pålegg: "Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner" - Rapportnr.: 5185352-Miljø-03-J02,» Avinor, 2019a.
- [4] Norconsult, «Rapportering for del 3 av Miljødirektoratets pålegg: "Samlet vurdering av PFAS-forurensning ved Avinors lufthavner" - 5185352-Miljø-02-J01,» 2019b.
- [5] Miljødirektoratet, «Pålegg om å utarbeide tiltaksplaner for opprydding i PFAS-forurensset grunn ved Stavanger, Alta, Haugesund, Kristiansund og Kirkenes lufthavn,» Pålegg datert 16.09.2022, 2022.
- [6] Norconsult, «Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving. Stavanger lufthavn Sola. Aktivt (BØF1) og gammelt (BØF2) brannøvingsfelt.,» Norconsult rapport 5205614-RIM05-ENZV-E03, 2023.
- [7] N. Somaratne og G. Asham, «Analysis of Saline Intrusion into a Coastal Aquifer: A Case History of Legacy Issues and Challenges to Water Security,» *Environment and Natural Resources Research*, vol. 8, nr. 2, pp. 16-32, 2018.
- [8] A. Cheng og D. Ouazar, «Chapter 6: Analytical Solutions,» i *Seawater Intrusion in Coastal Aquifers- Concepts, Methods and Practices*, Kluwer Academic Publishers, 1999, pp. 163-192.
- [9] Avinor AS, «Støysonekart Avinor,» [Internett]. Available: <https://avinor.no/konsern/kart/stoysonekart/>. [Funnet 06 2023].