

Risikovurdering av sjøtransport av behandlet uorganisk avfall til Kongkleiv

**Sannsynlighetsanalyse, Konsekvensanalyse og
Miljøkonsekvensvurdering**

NOAH AS

Rapportnr.: 2018-0678, Rev. 00

Dokumentnr.: 1155OBX5-13

Dato: 2018-07-17



Prosjektnavn:	Analysen og bistand NOAH Brevik	DNV GL AS Oil & Gas
Rapporttittel:	Risikovurdering av sjøtransport av behandlet uorganisk avfall til Kongkleiv	Environmental Risk Management
Oppdragsgiver:	NOAH AS, Postboks 317 3081 HOLMESTRAND Norway	Veritasveien 1 1363 Høvik Norway
Kontaktperson:	Kjetil Hansen	Tel: +47 67 57 99 00
Dato:	2018-07-17	NO 945 748 931 MVA
Prosjektnr.:	10054591	
Org. enhet:	Environmental Risk Management	
Rapportnr.:	2018-0678, Rev. 00	
Dokumentnr.:	1155OBX5-13	

Hensikt: Prosessert og stabilisert uorganisk farlig avfall vil fraktes fra NOAH Langøya til Dalen gruver i Brevik for deponering. Transporten av behandlet avfall foregår sjøveien i bulkfartøy. Ved en eventuell kollisjon eller grunnstøting kan hele eller deler av lasten potensielt slippes ut i det marine miljø. Avfallet inneholder tungmetaller, og for å kunne si noe om mulige konsekvenser et slikt utslipp vil ha på miljøet er det i foreliggende rapport utført en sannsynlighetsanalyse, en konsekvensanalyse og en miljøkonsekvens for transporten av avfallet.

Utført av: Skinemoen, Magnus Magnussen Digitally signed by Skinemoen, Magnus Magnussen Date: 2018.08.31 13:42:47 +02'00' Magnus Skinemoen, Consultant Gjermund Gravir, Principal Specialist	Verifisert av: Johnsrud, Hans Jørgen Digitally signed by Johnsrud, Hans Jørgen Date: 2018.08.31 14:04:24 +02'00' Hans Jørgen Johnsrud Senior Consultant	Godkjent av: Jensen, Tor Digitally signed by Jensen, Tor Date: 2018.08.31 19:47:25 +02'00' Tor Jensen Vice President - Head of Section
Møskeland, Thomas Digitally signed by Møskeland, Thomas Date: 2018.08.31 13:05:30 +02'00' Thomas Møskeland, Principal Consultant	Amund Ulfesnes, Principal Consultant	
Østbøll, Helene Digitally signed by Østbøll, Helene Date: 2018.08.31 12:46:33 +02'00' Helene Østbøll, Principal Consultant	Brude, Odd Willy Digitally signed by Brude, Odd Willy Date: 2018.08.31 14:24:53 +02'00' Odd Willy Brude, Senior Principal Consultant	

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (Åndsverkloven) © DNV GL 2018. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ☐ Fri distribusjon (internt og eksternt)
- ☒ Fri distribusjon innen DNV GL
- ☐ Fri distribusjon innen det DNV GL-selskap som er kontraktspart
- ☐ Ingen distribusjon (konfidensiell)

Nøkkelord:

Sjøtransport, uorganisk farlig avfall, tungmetaller, skipstrafikkrisiko, konsekvensanalyse, miljøkonsekvenser, uhellsutslipp

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
00	2018-06-27	Draft issue			
00	2018-07-17	Final issue			

Innholdsfortegnelse

KONKLUDERENDE SAMMENDRAG	1
1 BAKGRUNN	6
1.1 Planområde	6
1.2 Utredningsalternativer	7
1.3 Utredningstema fra planprogrammet del 7.17; Skipsulykke	7
1.4 Behandlet uorganisk farlig avfall	8
1.5 NOAHs risikomatrise for skade på ytre miljø	8
2 SANNSYNLIGHETSANALYSE	10
2.1 Innledning	10
2.2 Datagrunnlag	10
2.3 Metodisk tilnærming	12
2.4 Resultater	16
3 KONSEKVENSANALYSE FOR UTSLIPP AV BEHANDLET AVFALL	26
3.1 Lokalteter benyttet i modelleringen	26
3.2 Simuleringsperiode	27
3.3 Topografi - terrengmodell	28
3.4 Strømdata	28
3.5 Sentrale fysiske og kjemiske karakteristikk for filterkake	28
3.6 Modellerings grid og tidssteg	30
3.7 Grenseverdier for negative miljøkonsekvenser – metaller	30
3.8 Resultater	32
4 MILJØKONSEKVENSVURDERING FOR UTSLIPP AV BEHANDLET AVFALL	45
4.1 Miljøressurser i området	45
4.2 Tungmetaller	52
4.3 Vurdering av miljøkonsekvenser gitt et utslipp av behandlet avfall til sjø	54
4.4 Oppsummering miljøkonsekvenser	60
4.5 Vurdering av miljøkonsekvenser ved et bunkersutslipp	62
5 REFERANSER	64
Appendix A Figurer- gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen	

KONKLUDERENDE SAMMENDRAG

DNV GL har på oppdrag fra NOAH AS (heretter NOAH) utført en risikovurdering av sjøtransport av behandlet uorganisk farlig avfall i bulk fra Langøya til Kongkleiv ved Brevik. Det er utført en sannsynlighetsanalyse, en konsekvensanalyse og en miljøkonsekvensvurdering forbundet med et potensielt ulykkesutslipp av det behandlede uorganiske avfallet til sjø.

Det har tidligere blitt utført en sannsynlighet- og konsekvensanalyse for frakt av flyveaske og syreslam i bulk inn Oslofjorden og til Langøya (DNV GL, 2015d). I foreliggende analyse er det valgt å inkludere hele seilingsruten fra Langøya til Brevik i sannsynlighetsanalysen, men da innseiling inn Oslofjorden ble dekket i forhold til konsekvenser og miljørisikovurderinger i forrige analyse er det i denne analysen fokusert på farvannet fra losbordingsfeltet i Langesundsbukta og inn til Kongkleiv.

Første del av analysen har vært å vurdere sannsynligheten for ulykker, identifisere områdene med størst ulykkespotensiale og estimere potensielle utslippsmengder som følge av en skipsulykke. Resultatene fra sannsynlighetsanalysen er videre benyttet som inngangsdata i konsekvensanalysen.

Sannsynlighetsanalyse

Formålet med sannsynlighetsanalysen er å beskrive dagens sannsynlighet for navigasjonsulykker forbundet med seilas ut Oslofjorden fra Langøya ved Holmestrand til Kongkleiv i Frierfjorden, heretter kalt analyseområdet. Analyseområdet omfatter dermed bevegelsene til skipene som trafikkerer Langøya-Kongkleiv, lastet med behandlet uorganisk farlig avfall, og tar i betraktning ulykker som resulterer i akutt forurensning.

Til utregningen av sannsynlighet for navigasjonsulykker, ble analyseverktøyet IWRAP Mk2¹ benyttet, i kombinasjon med et estimat av utslippsmengder. Data fra AIS er brukt for å kartlegge skipstrafikken for det aktuelle analyseområdet. Dette systemet sender blant annet ut posisjon og identifikasjonsinformasjon med korte mellomrom, og det er slik mulig å få oversikt over hvor hvert enkelt skip har seilt. Ut fra disse AIS-dataene kan man hente ut både trafikkmengde i antall skip og utseilt distanse, samt fordeling av skipstyper og -størrelser. AIS-data klasse A fra 2016 er benyttet som grunnlag for denne analysen. Svært få fritidsbåter har en AIS klasse A enhet ombord, og de vil derfor ikke registreres i statistikken.

Ulykkesstatistikk brukes i sannsynlighetsanalysen til å beregne sannsynligheten for akutt utslipp gitt en skipsulykke. Statistikken er basert på uttrekk fra Sjøfartsdirektoratets ulykkesdatabase (SDU) og gjelder for registrerte ulykker med norske og utenlandske skip i norske farvann. Statistikken viser at i 97 % av 1330 registrerte ulykker i perioden 2004 til 2013 ble det ikke registrert utslipp.

Analyseresultatene viser at det er høyest sannsynlighet for grunnstøting langs ruten, med 2,61E-2 ulykker årlig. Dette svarer til en returperiode på omtrent 38 år mellom hver ulykke. Sannsynlighet for grunnstøting, både drivende grunnstøting og grunnstøting under motorkraft, er høyest inn og ut av Breviksfjorden. Sannsynlighet for kollisjon er omtrent en tierpotens lavere enn for grunnstøting, med 2,39E-3 forventede ulykker per år. Dette svarer til en returperiode på omtrent 419 år.

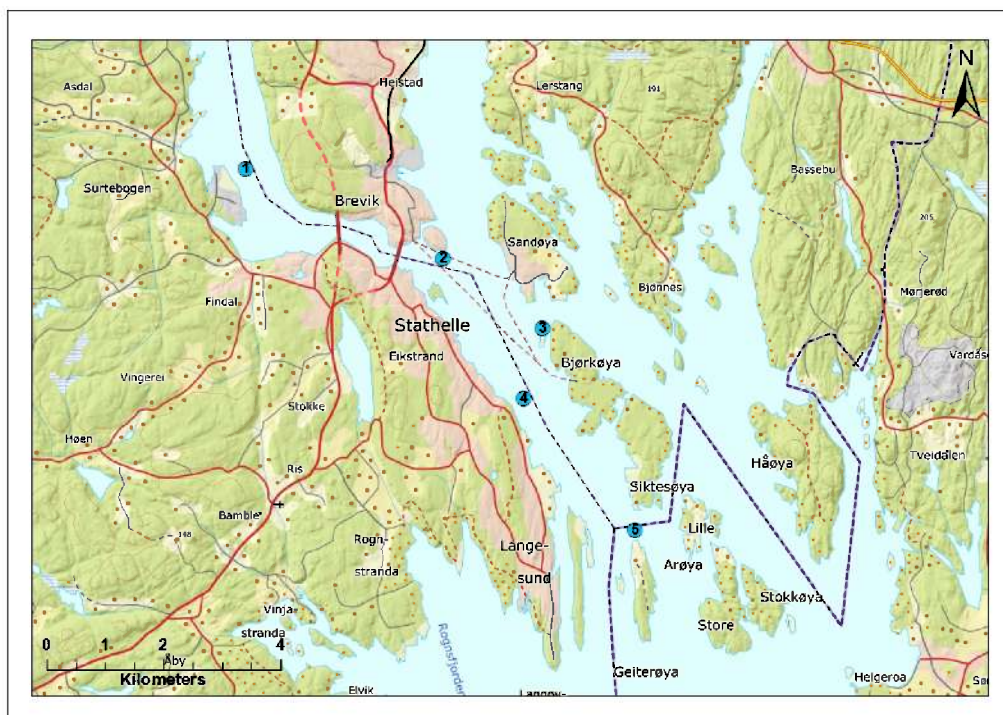
Ulykkeshendelse	Antall hendelser per år	Returperiode (år)
Kollisjon	2,39E-3	419
Grunnstøting	2,61E-2	38

¹ IALA Waterway Risk Assessment Programme

Grunnstøtingsulykke er derfor brukt i den videre konsekvensanalysen med en forventet utslipp av 4500 tonn last (konservativt satt til total last) og 20 m³ drivstoff (som tilsvarer 30 % av drivstoffkapasitet).

Konsekvensanalyse

Basert på risikoanalysen av skipstrafikk inn Grenlandsfjorden og inn til Kongkleiv er det identifisert områder med høyere sannsynlighet for grunnstøting enn ellers langs seilingsleden. Tentativt kan en grunnstøting eller kollisjon skje på ulike geografiske lokaliteter ved innseilingen til Brevik, noe som har betydning for hvordan et utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall vil spre seg og synke ut i sjøen. Det er derfor valgt ut fem lokasjoner, basert på sannsynlighetsanalysen for en ulykke, som er modellert med tanke på utslipp til sjø av det behandlede avfallet. Det er viktig å merke seg at det ikke vil skje en skipsulykke samtidig i alle fem punktene, men at de fem punktene er modellert med tanke på å representere mulige hendelser i hele innseilingen i Grenlandsfjordene. De fem punktene som er modellert er vist i figuren under.

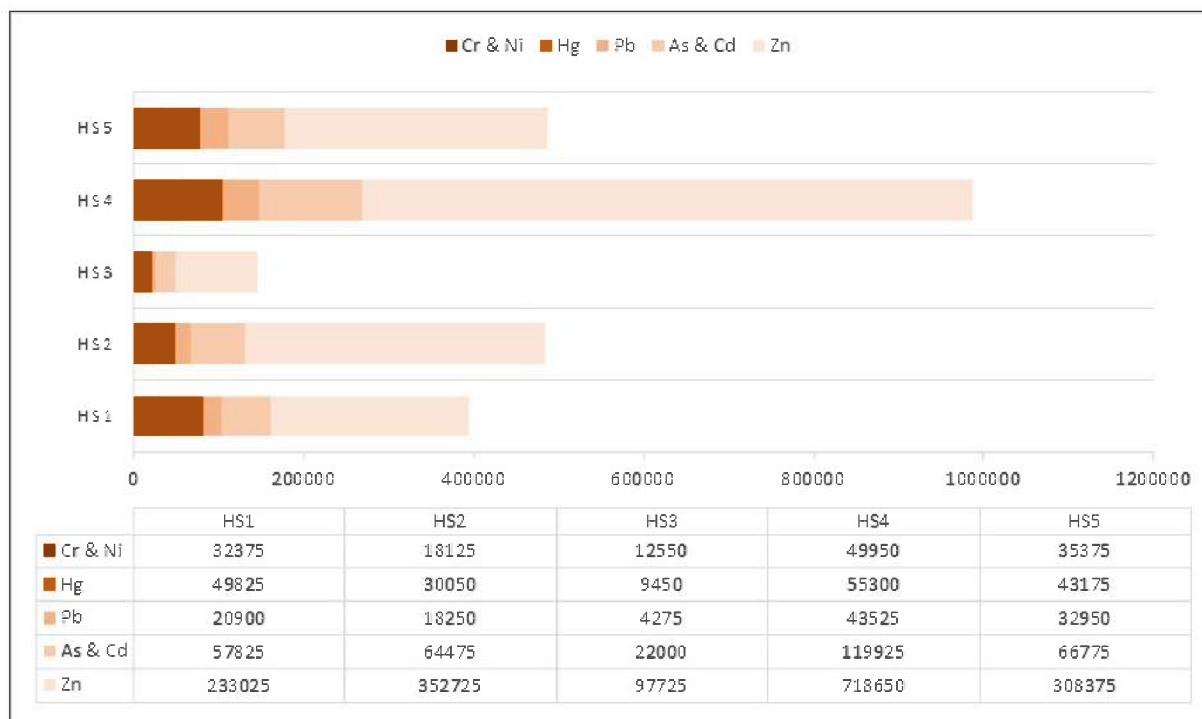


Det er modellert et utslipp av 4500 tonn behandlet avfall og det er tatt høyde for variasjon i havstrømmer ved å modellere 24 enkeltsimuleringer som dekker ulike tidsperioder gjennom et år pr. punkt. Fysiske-kjemiske egenskaper ved massene er basert på analyseresultater om blant annet kjemisk innhold, kornstørrelsesfordeling og tetthet. Lokale bunnforhold (topografi) er lagt inn i modellen. Modellen som er benyttet er en partikkelspredningsmodell (DREAM modellen) som kan modellere utslipp av partikler og kjemikalier, og skjebnen til disse i miljøet. DREAM er en anerkjent (state of the art) modell for modellering av boreoperasjoner og utslipp av produsert vann på Norsk sokkel, men er også benyttet i andre sammenhenger, eksempelvis for spredningsmodellering av utslipp fra prosessindustri.

Resultatene viser at ved en ulykke, hvor det behandlede avfallet går til sjø, vil i størrelsesorden > 95 % av avfallet synke og sedimentere i nærområdet, indikativt 100 – 300 m fra utslippspunktet. Årsaken til

dette er at størstedelen (> 90 %) av det behandlede avfallet er relativt store klumper/partikler med høy synkehastighet.

Det er beregnet sjøbunnsarealer (m²) som vil bli berørt av utslippet og hvor konsentrasjonene av metaller i et 2 cm tykt sedimentsjikt overskrider myndighetenes grense for generelle negative effekter på bunnlevende organismer (over tilstandsklasse II i henhold til gjeldende veileder M-608). Resultatene er oppsummert i figuren under (arealer i m²). Basert på resultatene vil det største området bli berørt ved et utslipp i punkt HS4, og det minste området berørt ved et utslipp i punkt HS3.



Når det gjelder vannsøylen er utbredelsen og konsentrasjoner av behandlet uorganisk avfall en dynamisk prosess som varierer i tid og rom gjennom utslippets varighet. Generelt vil det under utslippets varighet være relativt høye konsentrasjoner av partikler med relativt høye metallekonsentrasjoner i vannsøylen. Konsentrasjoner og utstrekning av influensområdet vil variere mye avhengig av blant annet rådende strømforhold. Når utslippet opphører, vil konsentrasjonen av partiklene fortynnes raskt og synke ut.

Miljøkonsekvensvurdering

Akutte og utilsiktede utslipp av forurenset materiale vil alltid tiltrekke seg oppmerksomhet fra offentligheten. De som bor i nærheten av, og de som bruker området som berøres, er opptatt av hvilke risiko et slikt utslipp vil ha på deres liv og hverdag. På bakgrunn av resultatene fra sannsynlighetsanalysen og konsekvensanalysen, er det kartlagt sårbare miljøressurser innenfor området som kan påtreffes av forurensning ved en akutt hendelse. De kartlagte miljøressursene er deretter benyttet for å gjøre en vurdering av hvilke risiko et utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall og bunkersolje vil kunne ha på miljøet. Det er sett på verneområder, fiskeområder, fiskeplasser, låssettingsplasser og friluftsområder.



Vurderingene er gjort for hver utslippslokasjon, og baserer seg på vurderinger gjort i forhold til antall områder som berøres og hvor stor andel av kystlinjen som berøres. Det forventes ingen miljøkonsekvenser med restitusjonstid høyere enn ett år. Skaleringen er gjort med bakgrunn i at det er et begrenset område som berøres/overlapper med definerte miljøressurser gitt utslipp i en av de fem utvalgte grunnstøtingslokasjonen.

Verneområdene som overlapper med influensområdene er vernet på bakgrunn av landbasert plante- og dyreliv, og ikke på bakgrunn av marine ressurser. Det er forventet at en grunnstøtingshendelse med utslipp av metaller til sjø vil ha en lokal påvirkning på berørte naturreservat/naturområder på grunn av bergings- og oppryddingsarbeidet i etterkant av hendelsen.

Det er registrert fiskeplasser for aktive og passive redskap innenfor influensområdene for grunnstøttingsscenariene. Hele Grenlandsområdet er underlagt kostholdsråd med hensyn til fisk og skalldyr, men det er allikevel registrerte områder med lokal og regional bruk både for yrkesfiske og fritidsfiske i store deler av fjordområdet. Det forventes at delene av områdene som berøres ved en eventuell ulykke ikke vil brukes i perioden etter en grunnstøtingsulykke, men at fiskere bruker de mange andre definerte fiskeplassene i området.

Det er registrert flere sikrede friluftsområder innenfor influensområdene gitt et utslipp. I tillegg til de sikrede friluftsområdene kan man anta at store deler av skjærgården brukes til bading og utfart i sommerhalvåret. For flere av utslippslokasjonene vil influensområdene trekke mot kystlinjen. Det er forventet at badeplasser og friluftsområder ikke vil brukes i perioden etter en grunnstøtingsulykke, men at brukere vil benytte de mange andre rekreasjonsmulighetene i området. Behandlet avfall/metallene vil synke til bunns og sedimentere, og over tid vil badeplasser og friluftsområder kunne komme tilbake til normal bruk slik det var før grunnstøtingsulykken.

Selv om definerte områder, enten det er vern eller friluft, ikke direkte berøres av et utslipp gitt en grunnstøting, vil et utslipp kunne ha konsekvenser for enkeltindivider innen en art. Det er vanskelig å kvantifisere hvor mye som skal til før f.eks. en sjøfugl vil kunne få kroniske effekter eller omkomme basert på inntak av tungmetaller. Bio-akkumuleringen fører til at de leddene som er høyest opp i næringskjeden vil få de største konsekvensene. Mennesket har en mulighet for å tilegne seg informasjon om tilstanden omkring seg, som andre arter i dyreriket ikke har. Det er allikevel sannsynlig at det er enkeltindivider av fugl, fisk og andre vannlevende organismer som berøres negativt, og ikke hele populasjoner.

For friluftsliv er vurderingen basert på at dette er definert som et utfartsområde. Befolkningens følelser rundt bruken av området etter en skipsulykke er ikke tatt med i betraktningen.

Potensielle utslippsmengder av marin diesel er små (20 m^3), og det forventes ikke å medføre langvarige effekter. Generelt er denne typen hydrokarboner lette og flyktige, noe som tilsier hurtig forvitring i miljøet etter utslipp. Utslipp av marin diesel er vurdert å kun ha ubetydelige og mindre miljøkonsekvenser med høyeste restitusjonstid på inntil 1 år.

2,61E-02



Konsekvens (restitusjonstid)	Sannsynlighet				
	Sjeldnere enn hvert 100. år	Mellom 10 og 100 år	Mellom 1 og 10 år	1-10 ganger per år	Mer enn 10 ganger per år
Svært alvorlig miljøskade (>10 år)					
Alvorlig miljøskade (3- 10 år)					
Moderat Miljøskade (1-3 år)					
Mindre miljøskade (<1 år)		HS1, HS2, HS4, HS5 Vern HS2, HS4, HS5 Friluft HS2, HS3, HS4, HS5 Fiskerier Dieselutslipp (20 m³)			
Ubetydelig miljøskade (0 år)		HS3 Vern HS1, HS3 Friluft HS1, HS2, HS3, HS4, HS5 Fisk HS1 Fiskerier			

1 BAKGRUNN

Forslagsstiller for et mulig deponi i Dalen gruve i Brevik med mottaksanlegg ved Kongkleiv (kai og transporttunnel) er NOAH AS.

I dag behandles og deponeres uorganisk farlig avfall ved NOAHs anlegg på Langøya i Re kommune. Deponeringen skjer i et nedlagt kalksteinsbrudd, og dagens tilgjengelige deponikapasitet for uorganisk farlig avfall vil være fullt utnyttet i 2022. All deponering på Langøya skal ifølge gjeldende tillatelse opphøre innen utgangen av 2028.

Dalen gruve i Brevik er aktuell som fremtidig deponi for behandlet (nøytralisert og stabilisert) farlig uorganisk avfall. Behandlingen vil videreføres som i dag på Langøya, og behandlet avfall vil transporteres til ny kai ved Kongkleiv i Frierfjorden med skip. Fra kai vil det etableres tunnel direkte til Dalen gruve. Konsekvensutredningen vil bidra til å avklare om Dalen gruve er egnet til deponi for nøytralisert og stabilisert uorganisk farlig avfall, og om mottaksanlegg kan etableres ved Kongkleiv.

Analyse og konsekvensutredning for skipsulykke og utslipp til resipient fra transport av behandlet avfall er utarbeidet på grunnlag av planprogram fastsatt av Klima- og miljødepartementet 13.07.2018.

1.1 Planområde

Planområdet over bakken består av et område ved Kongkleiv på østsiden av Frierfjorden, og ligger ca. 7,5 km i luftlinje sør for Porsgrunn by og ca. 2 km i luftlinje nordvest for Brevik sentrum. Planen omfatter også et nivå under bakken, som i hovedsak dekker dagens driftsgrense for gruve og ny adkomsttunnel fra Kongkleiv.

Utredningsområdet (planområdet) er ca. 187 daa over bakken og ca. 4 444 daa under bakken. Ca. 1 840 daa av arealet under bakken ligger under Eidangerfjorden. Planområdets størrelse, både over og under bakken, vil bli redusert ved endelig planforslag etter at beliggenhet til kai og adkomsttunnel fra kai til gruve er endelig fastlagt. Foreslått planavgrensning over bakken/under bakken fremgår av Figur 1-1.



Figur 1-1 Utredningsområdet under bakken omfatter arealet innenfor stiplede strek, mens utredningsområdet over bakken omfatter arealet innenfor heltrukne strek.

Tiltaket vil berøre en relativ begrenset dagsone ved Kongkleiv, hvor det foreslås å etablere nytt kaianlegg med tilhørende logistikkfunksjoner samt tunnel som kobler seg til Dalen gruve. Området er stedvis bratt med til dels tett vegetasjon som ender i skåningen ned mot Frierfjorden.

1.2 Utredningsalternativer

For å kunne gi en mest mulig fyllestgjørende beskrivelse av konsekvensene av et fremtidig deponi for behandlet (nøytralisert og stabilisert) uorganisk farlig avfall og med tydelig referanse til dagens situasjon i Brevik, skal følgende alternativer beskrives:

- *Alternativ 0 (referanse):* Dagens situasjon med gruvedrift i regi av Norcem.
- *Alternativ 1:* Ny kai og tunnel for mottak av nøytralisert og stabilisert uorganisk farlig avfall (avfallsgips) med bruk av gruen til deponi.

Alternativ 0 – referanse

Alternativ 0 defineres her som en videreføring av gruvedriften, mens arealet i Kongkleiv er uberørt. Alternativet vil derfor representere et alternativ der det ikke foretas endringer i forhold til dagens situasjon.

Alternativ 1

Alternativ 1 er en fremtidig situasjon der det bygges ny kai ved Kongkleiv for mottak av nøytralisert og stabilisert uorganisk farlig avfall (avfallsgips), miljøvennlig lossing fra skip og videre transport i tunnel og gruveganger til deponeringssted under kote 0 i Dalen gruve.

Avfallsvirksomheten vil ikke berøre Norcems kaianlegg eller industriarealer over bakken.

1.3 Utredningstema fra planprogrammet del 7.17; Skipsulykke

Det vil gjennomføres en sannsynlighetsanalyse for å beskrive dagens sannsynlighet for skipsulykker i farvannet fra losbordingsfeltet i Langesundbukta og inn til Kongkleiv. Analyseområdet omfatter dermed bevegelsene til skipene som trafikkerer den nye lokasjonen ved Kongkleiv og tar i betraktning ulykker som resulterer i akutt forurensning. Det vil gjennomføres en spredningsmodellering for å se på konsekvenser av utslipp av behandlet avfall, samt en vurdering av miljørisiko av slike utslipp. Det vil også gjøres en vurdering i forhold til effekter et bunkersutslipp fra fartøyene vil ha, dersom en hendelse medfører ødeleggelse og utslipp av drivstofftanker.

Bakgrunn/datagrunnlag:

Data fra Automatisk Identifikasjonssystem (AIS) vil benyttes for å kartlegge skipstrafikken i analyseområdet, målt i utseilte distanser (nm). Utseilte distanser blir videre benyttet som underlag til beregninger av ulykkesfrekvenser. Det vil innhentes informasjon og data for lasten av avfallsgips, samt bunkersinformasjon om fartøyene som trafikkerer området. Kartlegging av sårbare miljøressurser baseres på tilgjengelig informasjon og databaser.

Metode/fremstilling:

Til utregning av sannsynlighet for navigasjonsulykker benyttes analyseverktøyet IWRAP Mk21. IWRAP er et modelleringsverktøy for maritime risikovurderinger og brukes til å estimere hyppigheten av kollisjoner og grunnstøtinger i farvann basert på informasjon om trafikkmengde/-komposisjon og rutegeometri. Spredningsmodelleringen vil gjøres med partikkelspredningsmodellen DREAM (Dose Related Risk and

Effects Assessment Model). Influensområdet fra spredningsmodelleringen vil overlappes med kartlagte miljøressurser, og en kvalitativ miljørisikovurdering utføres.

1.4 Behandlet uorganisk farlig avfall

Det behandlede uorganiske avfallet som fraktes fra Langøya til Kongkleiv består hovedsaklig (>70 %) av flyveaske fra avfallsforbrenning og avfallssyre (fortynnet svovelsyre fra Kronos Titan, Fredrikstad). I forbindelse med nøytralisasjonsprosessen blandes også andre uorganiske avfallstyper inn for nøytralisering og stabilisering. I nøytraliseringsprosessen blandes fortynnet avfallssyre med den basiske flyveasken, og sulfat i syren felles ut som gips. Metallene immobiliseres på grunn av alkalisk pH (pH 9,5-10,5) og utfelte jernhydroksider. Den stabiliserte avfalls-slurrien avvannes til en relativt tørr filterkake (avfallsgips). For ytterligere informasjon om avfallet og behandlingsprosessen henvises det til NGI rapport *Deponi for nøytralisert og stabilisert uorganisk farlig avfall i Dalen gruve, Brevik* (NGI, 2018).

Det behandlede uorganiske avfallet som transporteres ansees ikke som farlig gods, men det har et potensiale for forurensning dersom det slippes til sjø.

1.5 NOAHs risikomatrixe for skade på ytre miljø

Risiko defineres som sannsynligheten for at en hendelse skjer multiplisert med konsekvensen av en slik hendelse. En svært sannsynlig hendelse kan altså representere en lav risiko dersom konsekvensene er små, og motsatt. Risikomatriksen som brukes for å angi alvorligheten av en hendelse i forhold til ytre miljø, og som er brukt i analysen er gitt i Figur 1-2. Matrisen angir sannsynlighet av hendelse, samt konsekvenskategorier. På bakgrunn av sannsynlighet og konsekvens av hendelsen, vil den tildeles en fargekode i matrisen der rød farge viser høy risiko ved en slik hendelse (strakstiltak vil kreves), gul farge viser middels risiko (risikoreduserende tiltak bør vurderes) og grønn farge viser liten risiko (ofte ikke nødvendig å iverksette risikoreduserende tiltak så lenge lover og forskrifter er oppfylt). Sannsynligheten i matrisen er delt inn i kategoriene:

- Hendelse skjer sjeldnere enn hvert 100. år
- Hendelse skjer mellom 10 og 100 år
- Hendelse skjer mellom 1 og 10 år
- Hendelse skjer 1-10 ganger per år
- Hendelse skjer mer enn 10 ganger per år

Miljøkonsekvensene er delt inn i fem skadekategorier med tilhørende restitusjonstid. Restitusjonstid er definert som tiden det tar før en ressurs eller habitat er tilbake til 99 % av tilstanden den var i før hendelsen inntraff. De fem miljøskadekategoriene er:

- *Ubetydelig miljøskade* (ikke målbar miljøskade uten forventet restitusjonstid)
- *Mindre miljøskade* (miljøskade med forventet restitusjonstid mindre enn 1 år)
- *Moderat miljøskade* (miljøskade med forventet restitusjonstid på 1-3 år)
- *Alvorlig miljøskade* (miljøskade med forventet restitusjonstid på 3-10 år)
- *Svært alvorlig miljøskade* (miljøskade med forventet restitusjonstid på mer enn 10 år)

Konsekvens (restitusjonstid)	Sannsynlighet				
	Sjeldnere enn hvert 100. år	Mellom 10 og 100 år	Mellom 1 og 10 år	1-10 ganger per år	Mer enn 10 ganger per år
Svært alvorlig miljøskade (>10 år)					
Alvorlig miljøskade (3- 10 år)					
Moderat miljøskade (1-3 år)					
Mindre miljøskade (<1 år)					
Ubetydelig miljøskade (0 år)					

Figur 1-2 Risikomatrisen som benyttes i foreliggende analyse.

2 SANNSYNLIGHETSANALYSE

2.1 Innledning

Foreliggende kapittel inneholder en sannsynlighetsanalyse for ulykker som kan føre til utslipp ved sjøtransport av behandlet uorganisk farlig avfall i bulk fra Langøya til Kongkleiv. Sannsynligheten og lokasjon for ulykker, samt estimat om akutt forurensning, blir videre benyttet som inngangsdata til konsekvensanalysen.

Formålet med sannsynlighetsanalysen er å beskrive dagens sannsynlighet for navigasjonsulykker forbundet med seilas ut Oslofjorden fra Langøya ved Holmestrand til Kongkleiv i Frierfjorden, heretter kalt analyseområdet. Analyseområdet omfatter dermed bevegelsene til skipene som trafikkerer Langøya-Kongkleiv, lastet med behandlet uorganisk farlig avfall, og tar i betraktning ulykker som resulterer i akutt forurensning.

Til utregningen av sannsynlighet for navigasjonsulykker, blir analyseverktøyet IWRAP Mk2² benyttet, i kombinasjon med et estimat av utslippsmengder. Metodeverket forbundet med utslippsmengder ble utviklet i prosjektet *Sjøsikkerhetsanalysen*, DNV GL (2015b), utarbeidet for Kystverket. Både metodikk for sannsynlighet for ulykker og metodikk for utslippsmengder er kjente og aksepterte i industrien for denne typen analyser.

2.2 Datagrunnlag

Dette kapittelet beskriver inngangsdata som er brukt i modellering og beregning av sannsynlighet for ulykkeshendelser langs en rute fra Langøya til Kongkleiv.

2.2.1 AIS-data

Data fra AIS er brukt for å kartlegge skipstrafikken for det aktuelle analyseområde. Dette systemet sender blant annet ut posisjon og identifikasjonsinformasjon med korte mellomrom, og det er slik mulig å få oversikt over hvor hvert enkelt skip har seilt. Ut fra disse AIS-dataene kan man hente ut både trafikkmengde i antall skip og utseilt distanse, samt fordeling av skipstyper og -størrelser. AIS-data klasse A fra 2016 er benyttet som grunnlag for denne analysen. Svært få fritidsbåter har en AIS enhet ombord, og de vil derfor ikke registreres i statistikken.

AIS er et Automatisk Identifikasjons System og et antikollisjonshjelpemiddel som er innført av FNs sjøfartsorganisasjon IMO for å øke sikkerheten for skip og miljø, samt forbedre trafikkovervåking og sjøtrafikktenester. AIS var opprinnelig, og er fortsatt, et hjelpemiddel for navigatører om bord på fartøy og for de maritime trafikksentralene som overvåker og regulerer trafikken. Etter hvert har man og sett et økende potensial i benyttelsen av historiske AIS data som benyttes stadig mer til analyseformål.

En AIS transponder ombord på et skip skal automatisk og med nødvendig nøyaktighet (noe dårligere nøyaktighet enn for GPS) og oppdateringsrate, forsyne andre skip og kyststaters myndigheter med informasjon fra skipet. Gjennom og både sende sin egen, samt motta andre skips informasjon, kan alle skip med AIS om bord danne et bilde av trafikksituasjonen i sitt nærområde.

Etter krav fra IMO skal fartøyer over 300 brutto registertonn i internasjonal fart, og/eller fartøy som fører farlig eller forurensende last, ha utstyr for sending og mottak av AIS-signaler. De fleste skip har i dag AIS med visse unntak. Det anslås at over 40 000 skip har AIS utstyr klasse A om bord. Klasse B

² IALA Waterway Risk Assessment Programme

som ikke er lovpålagt sender med lavere effekt og lavere oppdateringsfrekvens enn klasse A og benyttes i hovedsak ombord i fritidsfartøy og mindre fiskefartøy. Fiskefartøy over 15 meter skal ha installert AIS klasse A. Kun AIS klasse A er inkludert i denne analysen. Det vil si at fritidsfartøy og mindre fiskebåter er ekskludert fra denne analysen, da de ikke anses å utgjøre noen risiko for et bulkskip gående fra Langøya til fra Brevik.

AIS informasjonen pakkes i standardiserte meldinger og sendes ut ved bruk av internasjonalt reserverte kanaler i det maritime VHF bandet. Statisk, seilingsrelatert informasjon sendes hvert 6. minutt eller ved endring av denne informasjonen. Dynamisk informasjon sendes i intervall på 3 minutter til 2 sekunders oppdateringsrate, avhengig av fartøyets fart og kursendring eller på forespørsel fra basestasjon.

Informasjonen deles inn i tre ulike informasjonstyper:

- **Statisk informasjon:** identitet, skipstype, skipsdimensjoner
- **Dynamisk informasjon:** posisjon, kurs, fart
- **Seilingsdetaljer:** destinasjon, antatt anløpstid, last, dypgående

2.2.2 Landområder

For å kunne modellere fare for grunnstøtinger kreves det også data om hvor det er landområder, øyer og holmer. Dette er hentet ut for det aktuelle området i form av såkalte shape-filer med en oppløsning ned til 50 meter. Med denne fine oppløsningen inkluderes alt av mindre øyer og landdetaljer som kan være utgjøre en grunnstøtingsrisiko langs ruten. Undersjøiske grunner og skjær er ikke inkludert i analysen. Dette er fordi aktuelle grunner og skjær langs ruten, spesielt i innseilingen til Brevik, ligger relativt nærme land slik at en grunnstøting antas å uansett ville treffe landet som ligger «bak» grunnen. Dermed vil antall beregnede grunnstøtinger med eller uten undersjøiske grunner være det samme, og en inklusjon av undersjøiske grunner og skjær vil ikke unødvendig komplisere beregningene.

2.2.3 Aktuelle skipstyper

Gjennom korrespondanse og møter med NOAH har det blitt avklart at aktuelle skipstyper langs strekningen vil være et bulkskip med lengde på omtrent 90 meter. Dette inngår i beregningene når resultatene fra IWRAP brytes ned i skipssegment og -størrelse. I tillegg er det gitt informasjon på omtrent 230 turer langs denne ruten per år.

2.2.4 Drivstoff og lastdata

Forurensning kan forekomme fra både skipets last og fra skipets bunkers. Grunnlagsdata for analysen av eventuelle mengder utslipp etter en hendelse blir basert på info fra NOAH og fra RG Hagland shipbrokers. Disse dataene viser at fartøyene som skal frakte det behandlede uorganiske avfallet fra Langøya til Kongkleiv vil være Miljøvennlige bulkskip (batterihybrid). Fartøyene planlegger å gjennomføre inn- og utseiling til kaien ved Kongkleiv på batteri. Batterikapasiteten er på ca 30 minutter seilingstid. Fartøyene har en total lagringskapasitet til bunkers på 120 m³, fordelt på to lagertanker og en dagtank. Under seiling kan fartøyet ha med seg alt fra 40 til 120 m³ marin diesel, men under en typisk seilas fra Langøya til Kongkleiv vil fartøyet være lastet med 65 m³ bunkers, der det er 30 m³ i hver lagertank og omtrent 5 m³ i dagtanken. Fartøyene brenner marin diesel (MDO).

Informasjon om lastekapasitet er basert på de samme datakildene, og maksimal lastekapasitet av behandlet avfall om bord er anslagsvis 4500 tonn i et lasterom.

2.2.5 Nasjonal ulykkesstatistikk

Ulykkesstatistikk brukes i sannsynlighetsanalysen til å beregne sannsynligheten for akutt utslipp gitt en skipsulykke. Statistikken er basert på uttrekk fra Sjøfartsdirektoratets ulykkesdatabase (SDU) og gjelder for registrerte ulykker med norske og utenlandske skip i norske farvann fra 2004 til 2013. I denne perioden ble det registrert 1 330 ulykker. De aller fleste av disse ulykkene hadde ingen, eller svært lav konsekvens. Eksempler kan være et skip som grunnstøter i lav hastighet og som kom av grunnen selv med kun overfladiske skader på skroget, eller en ferge som kommer borti et kaianlegg i lavhastighet uten noen konsekvens. Metodikken er den samme som ble brukt i Sjøsikkerhetsanalysen for Kystverket. Da antall ulykker i norske farvann ikke har økt siden 2013³ har det ikke vært behov for å oppdatere ulykkesstatistikken denne analysen er basert på, og tiårsperioden 2004 til 2013 er fortsatt ansett som representativ for ulykkesnivået i norske farvann.

Det er stor usikkerhet knyttet til rapportering av nestenulykker, og uttrekket inneholder få hendelser (kun 14 % av totalen), derfor har disse blitt neglisjert i denne analysen. Det er kun valgt å hente statistikk for faktiske ulykker for å få mest nøyaktige data.

2.3 Metodisk tilnærming

Dette kapittelet beskriver metoden som er brukt til modelleringen av sannsynlighet for ulykkeshendelser.

2.3.1 Modellering i IWRAP

For beregning av ulykkesfrekvenser er verktøyet IWRAP Mk2 benyttet. Dette er et modelleringsverktøy for maritime risikoanalyser, som brukes til å estimere hyppigheten av kollisjoner og grunnstøtinger i farvann basert på informasjon om trafikkmengde/komposisjon og rutegeometri.

For detaljert beskrivelse av metodikken i IWRAP henvises det til produktets wiki-sider på nett (IWRAP Mk2, 2015). Disse nettsidene blir kontinuerlig oppdatert med siste endringer i verktøyet og metodisk grunnlag. De neste avsnittene gjengir en overordnet beskrivelse av arbeidsprosessen.

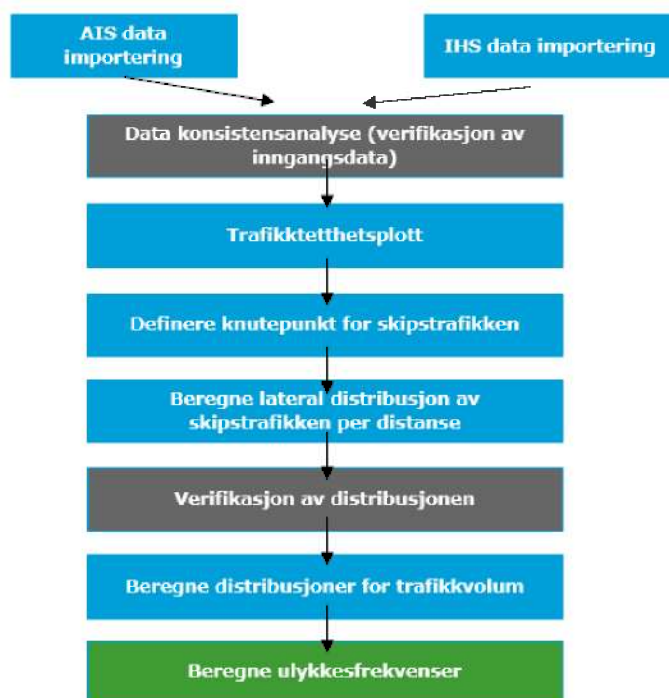
Den anvendte teorien for å beregne hyppigheten av grunnstøting eller kollisjon innebærer bruk av såkalte kausale sannsynligheter (årsaksbestemte parametere) som multipliseres med et teoretisk antall grunnstøting eller kollisjonskandidater. Med andre ord sannsynligheten for en feilhandling av vakthavende, gitt at fartøyet befinner seg i en potensiell kritisk situasjon.

Formelen for dette, likning (1), er

$$F = P \times N, \quad (1)$$

der F er frekvensen av antall hendelser, P er sannsynlighet for feil av vakthavende og N er antall ganger fartøyet befinner seg i en kritisk situasjon. Den numeriske verdien av den kausale sannsynligheten er en fast verdi, men kan variere for ulike geografiske steder, fartøystyper og menneskelig ytelse («human factors»). Figur 2-1 viser stegene som gjøres i analyser ved bruk av IWRAP.

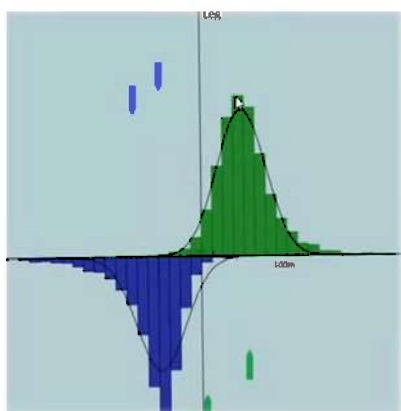
³ Faktisk har antall ulykker (grunnstøtinger, kollisjoner og kontaktskader med kaier, broer og liknende) sunket noe hvert år siden 2013



Figur 2-1 Overordnet arbeidsprosess i IWRAP

Basert på matematiske modeller for estimering av kollisjon og grunnstøtingsfrekvenser beregnes sannsynligheten for ulykke for fartøy som opererer langs bestemte delruter, kalt «legs». Ferdselsveiene på sjøen er videre bygget av en serie av veipunkter som er forbundet med ruter. For hver rute er det et gitt antall skip som trafikkerer som funksjon av størrelse og type, og deres totale spredning på tvers av ruten. Til sammen utgjør hver enkelt «leg» hele ruten.

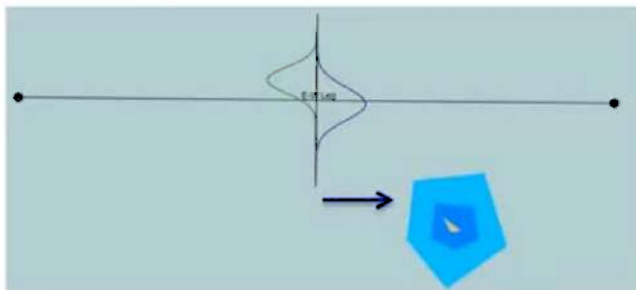
Ruter defineres på bakgrunn av trafikkbildet, som igjen genereres ved hjelp av AIS-data, som beskrevet i kapittel 2.2. Figur 2-2 beskriver en rute hvor trafikken i hver retning er vist som en distribusjon over tverrsnittet av ruten. Jo større andel av trafikken hver vei som overlapper, desto større blir den teoretiske sannsynligheten for kollisjon.



Figur 2-2 Distribusjon av skipstrafikken som en sannsynlighetsfordeling over tverrsnittet av ruten.

For grunnstøting blir den samme fordelingen av skipstrafikken på tvers av hver rute brukt til å beregne sannsynligheten for at fartøyet avviker fra ruten eller ikke svinger ved et gitt rutepunkt/waypoint. Figur

2-3 beskriver en rute hvor trafikken i hver retning er vist som en distribusjon, og der en grunne er tegnet inn langs leden. Dette blir brukt til å bestemme hvor sannsynlig det er at fartøyet vil befinne seg for langt ute til styrbord og treffe grunnen.



Figur 2-3 Distribusjon av skipstrafikken som en sannsynlighetsfordeling over tverrsnittet av ruten. Brukes for å finne sannsynligheten for at fartøyet avviker fra ruten

Følgende type ulykker er inkludert i IWRAP og har blitt benyttet i denne analysen:

- Kollisjon med andre fartøy med AIS klasse A: møtende, passerende og kryssende
- Grunnstøting: i fart/under maskin og drivende grunnstøting

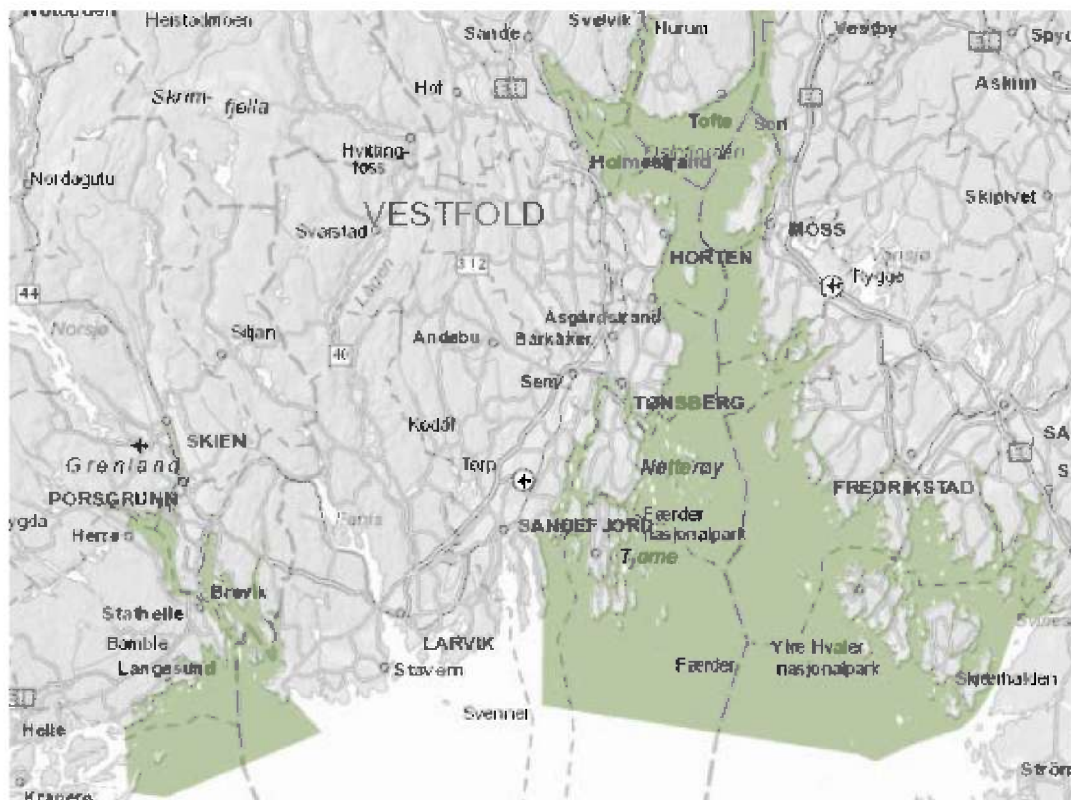
2.3.2 Risikoreduserende effekter i IWRAP

Det er mulig å modellere inn enkelte risikoreduserende faktorer i IWRAP. De mest relevante av disse er plassering av taubåt for reduksjon i drivende grunnstøtingsfrekvens, samt området med VTS-dekning.

Tilsvarende som DNV GLs sannsynlighetsanalyse fra 2015 modelleres det inn en taubåtstasjon ved Slagentangen i Oslofjorden. I tillegg modelleres det inn en tilgjengelig taubåt ved Brevik. Disse taubåtene vil kunne redusere sannsynlighet for drivende grunnstøting noe. Det er derimot ikke den store endringen i sannsynlighet disse representerer, da faktorene som inngår i å bli «reddet» av taubåt i IWRAP er skipets drivhastighet, avstand til taubåt, det drivende skipets avstand til land og taubåtens hastighet. Kombinasjonen faktorene tilsier at effekten av taubåt er størst på åpent farvann, og ikke i trange sund nært land.

I tillegg til effekten av taubåt, dekkes også store deler av ruten av Kystverkets VTS-tjenester⁴, også kalt sjøtrafikksentral. Det er sjøtrafikksentraler i både Horten og Brevik, som således dekker de to store innseilingene langs ruten. De grønne områdene i Figur 2-4 viser dekningen av disse sjøtrafikksentralene. Dette gjelder både for kollisjon og grunnstøting. Basert på DNV GLs arbeid gjort i Vurdering av forebyggende sjøsikkerhetstiltak (DNV GL, 2015) ble det beregnet at dekning av sjøtrafikksentraler gir en reduksjon i antall ulykker på omtrent 35 prosent. Effekten av sjøtrafikksentralene inkluderes ved at det implementeres en såkalt «causality reduction factor», kausalitetsreduksjonsfaktor, i IWRAP for de aktuelle delstrekningene.

⁴ Vessel Traffic Service



Figur 2-4 VTS-dekning fra sjøtrafikksentralene i Brevik og Horten. Kilde: Kystinfo.no

2.3.3 Videre beregninger

Modelleringen i IWRAP gir årlige forventede ulykkesfrekvenser langs hele ruten man modellerer. Disse frekvensene kan også brytes ned på skipstype og størrelsessegment. I tillegg vet man lengden på hvert «leg» langs ruten samt hvor mange skip som har passert innenfor hver skipstype og størrelseskategori, gitt fra AIS-data importert i IWRAP. Ut fra dette er det mulig å estimere, med en relativt stor grad av sikkerhet, den utseilte distansen langs ruten. Denne utseilte distansen brukes for å normalisere ulykkesfrekvensene per seilte kilometer for hvert av skipssegmentene. Ved å gjøre dette vil man få et tall på antall forventede hendelser per år per kilometer for hver av disse segmentene, både i størrelse og skipskategori.

Når den normaliserte frekvensen for både grunnstøting og kollisjon hentes ut for den relevante skipstypen, multipliseres dette så med lengden på strekningen man ønsker å beregne langs. Dette gir så et tall på antall forventede hendelser per år per tur. Til slutt multipliserer man dette igjen med antall turer per år langs denne ruten, og man står så igjen med et tall på antall hendelser per år langs denne ruten. Dette er de endelige ulykkesfrekvensene.

2.3.4 Mengde utslipp etter hendelse

I dette kapittelet er metoden for beregning av mengdene utslipp etter kollisjons- og grunnstøtingsulykker presentert.

Tabell 2-1 viser sannsynlighetsfordelingen av de fire utslippskategoriene. Kategori 1, dvs. ingen utslipp, er basert på registrerte utslippshendelser i SDU over de siste 10 årene, mens kategori 2 til 4 er basert på erfaringsdata fra DNV GL (DNV GL, 2010). Statistikken fra SDU viser at kun 3 % av de 1330

registrerte ulykkene i perioden 2004 til 2013, uavhengig av de to ulykkestypene, resulterer i utslipp. Da er ikke mindre utslipp av smøreolje eller hull på ballasttanker inkludert.

Tabell 2-1 Sannsynlighet for utslippskategori 1 til 4, gitt en grunnstøting eller kollisjon. Merk: Sannsynlighetene er spesifikke for norske farvann.

Utslippskategori	Grunnstøting	Kollisjon
Kategori 1: Sannsynlighet for ingen utslipp	97 %	97 %
Kategori 2: Sannsynlighet for utslipp fra 1 drivstoff/last tank - liten andel	1,5 %	1,2 %
Kategori 3: Sannsynlighet for utslipp fra 1 drivstoff/last tank - stor andel	0,3 %	1,0 %
Kategori 4: Sannsynlighet for utslipp av skipets totale tilgjengelige volum last/drivstoff	1,2 %	0,8 %
Sum	100 %	100 %

Tabell 2-2 viser andelen av last/drivstoff sluppet ut tilhørende sannsynlighetsfordelingen av de fire utslippskategoriene. Tallene er basert på erfaringsdata fra DNV GL på andel utslipp ved ulykke (DNV, 2010).

Tabell 2-2 Utslippsmengder for utslippskategori 1 til 4, gitt en grunnstøting eller kollisjon med utslipp.

Utslippskategori	Grunnstøting	Kollisjon
Kategori 1: Andel av last/drivstoff fra en tank	0	0
Kategori 2: Andel av last/drivstoff fra en tank	0,3	1
Kategori 3: Andel av last/drivstoff fra en tank	0,6	1
Kategori 4: Andel av skipets totalt tilgjengelige volum last/drivstoff	1	1

Verdier i kategori 1-3 er andelen av last/drivstoff sølt fra én tank. For eksempel tilsvarer en verdi på 1 at hele innholdet i én tank er sølt. Verdier i kategori 4 representerer den andelen av last/drivstoff sølt fra det totale tilgjengelige volumet fra alle tanker. Verdiene for kategori 4 er alle lik 1, dette betyr en ulykke hvor all last eller drivstoff på skipet tapes.

Verdiene for kategori 1 til 3 i Tabell 2-1 er oppgitt per tank som inneholder last. Info gitt fra NOAH/Hagland viser at antall tanker om bord på skipene som frakter behandlet avfall fra Langøya til Brevik er en lastetank.

For metodeverket presentert i det ovennevnte, som ble utviklet i Sjøsikkerhetsanalysen (DNV GL, 2015b), ble skipskategorien «oljeprodukttankere», som frakter last i form av petroleumsprodukt, brukt til å estimere utslippsfordeling ved hendelser. Denne tilnærmingen har blitt benyttet i denne analysen og vil representere et konservativt estimat, sammenlignet med utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall som fraktes til Brevik.

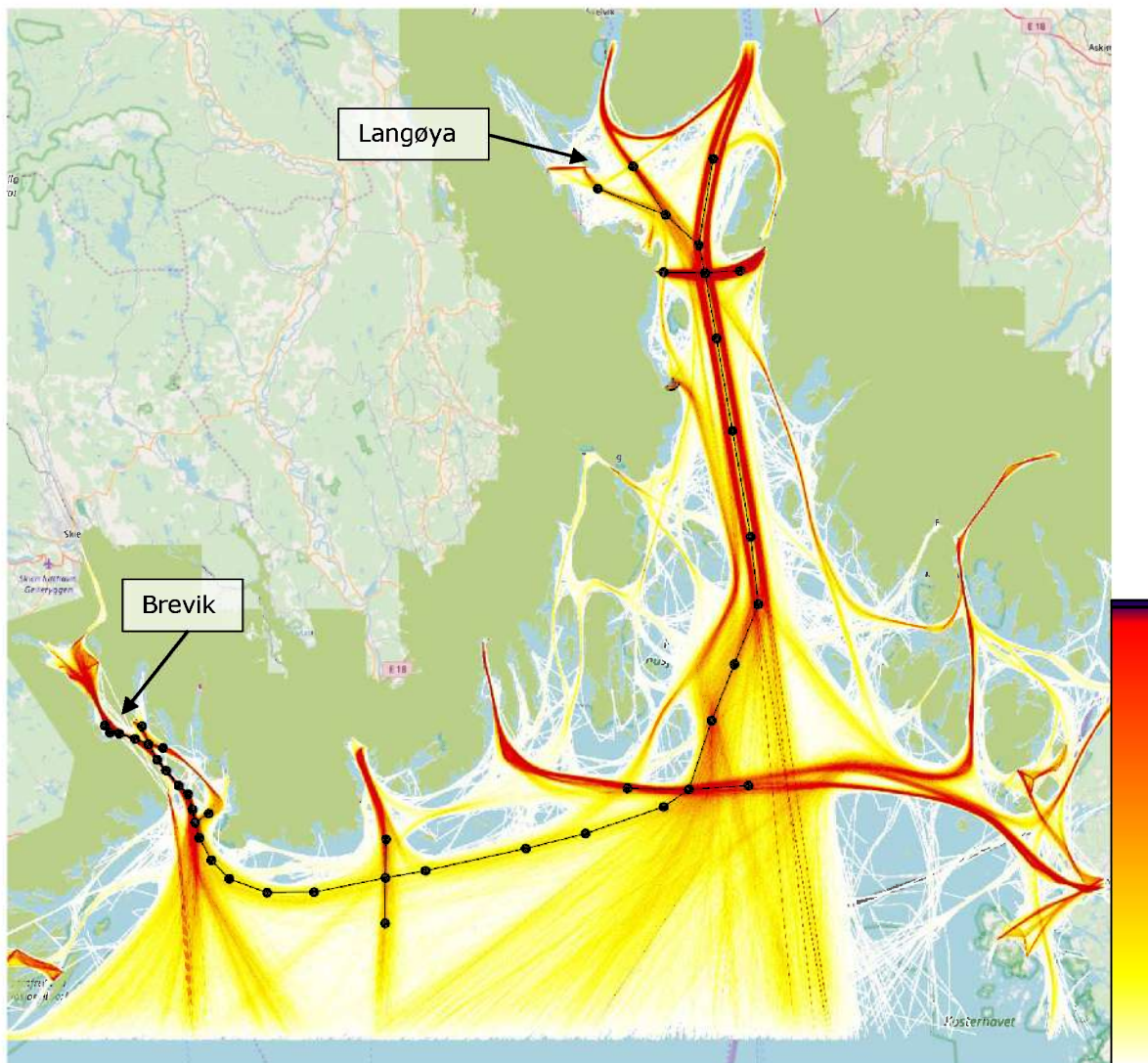
2.4 Resultater

Dette kapittelet presenterer resultatet av analysene. Resultater blir først presentert ved en drøfting av trafikk tettheten. Videre presenteres estimert frekvens for kollisjon og grunnstøtingsulykker.

2.4.1 Trafikk tetthet

Figur 2-5 viser et tetthetsplot over skipstrafikken i området. Hvit og lysegul farge er områder med lite trafikk, og røde og mørkerøde områder er svært trafikkerte strekninger. I tillegg er ruten fra Langøya til

Brevik, representert som «legs» (streker) mellom «waypoints» (sirkler), lagt inn i modellen. I tillegg til selve ruten, er det lagt inn kryssninger langs tyngre trafikkerte strekninger.

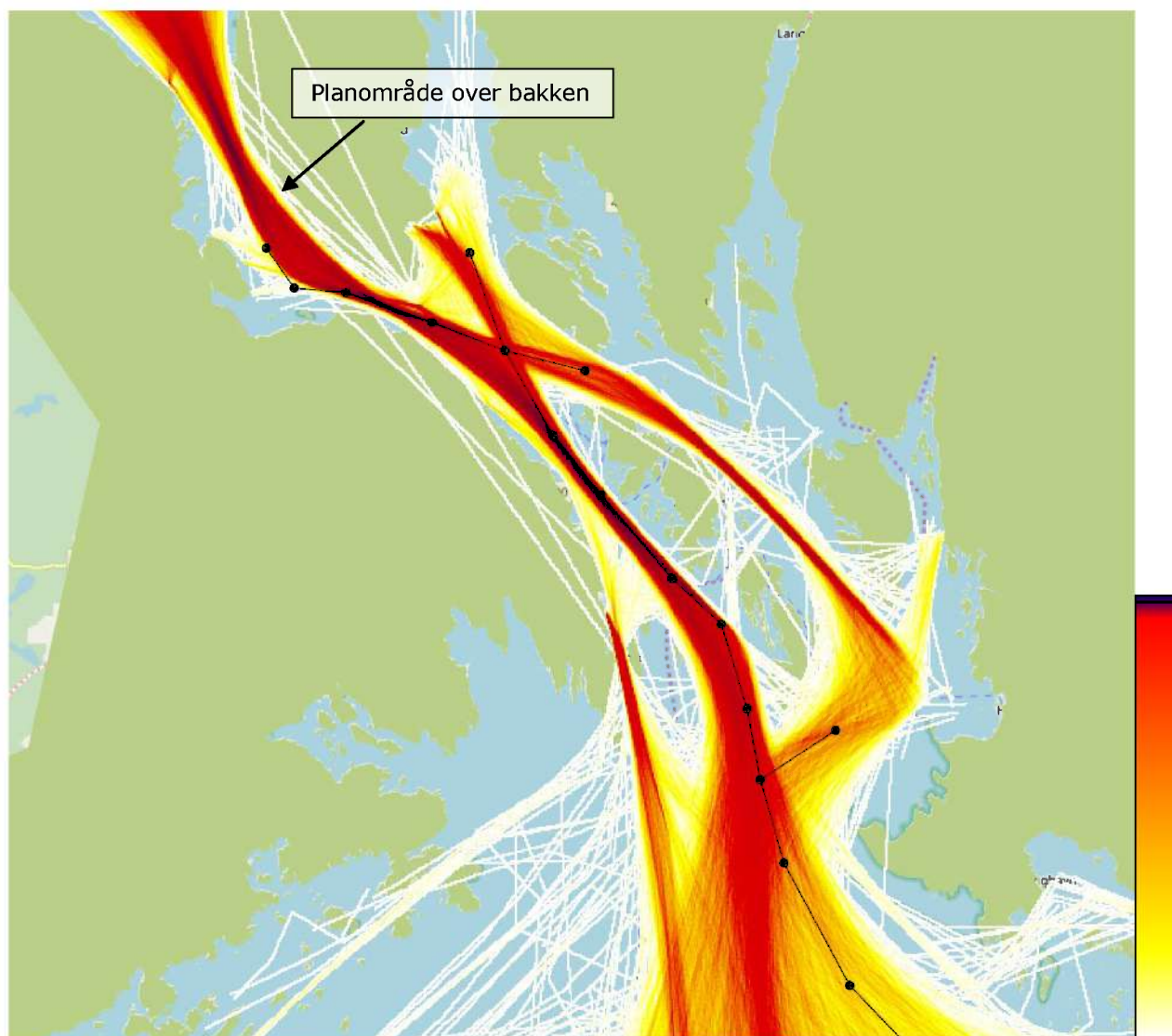


Figur 2-5 Trafikkmønster og trafikk tetthet langs seilingsruten fra Langøya til Kongkleiv, basert på AIS data for 2016. Fargekoden går fra lyst til mørkt, der det mørkeste indikerer høyest tetthet av skipstrafikk.

Fra tetthetsplottet kan vi tydelig se enkelte klare ruter. Spesielt tydelig er trafikkseparasjonssystemet i Oslofjorden, samt der leden deler seg i tre sør for Hurumlandet, men én led videre mot Oslo, én mot Drammen og én mot Langøya/Holmestrand. Strekningene Moss-Horten og Sandefjord-Strømstad, samt innseilingene til Larvik og Porsgrunn er også godt definerte.

Dersom vi fokuserer på trafikken i Langesundsfjorden, i innseilingen mot Brevik, ser vi at trafikken deler seg i to – ett vestre og ett østre løp (Figur 2-6). Nærmere analyser viser at det typisk er større skip som velger å gå det østre løpet og mindre skip som går det vestre løpet, da det østre løpet er noe dypere og ikke fullt så smalt. Vi ser i tillegg innseilingen til Langesund tydelig. Grunnen til at det kan synes at enkelte av skipene har gått over land, er at AIS-dataene har en samplingsfrekvens på omtrent seks minutter, og i flere tilfeller opp mot tolv minutter. Det betyr at et skip kan gå en relativt lang avstand over denne perioden, og således synes å gå over land når skipet i virkeligheten har gått rundt.

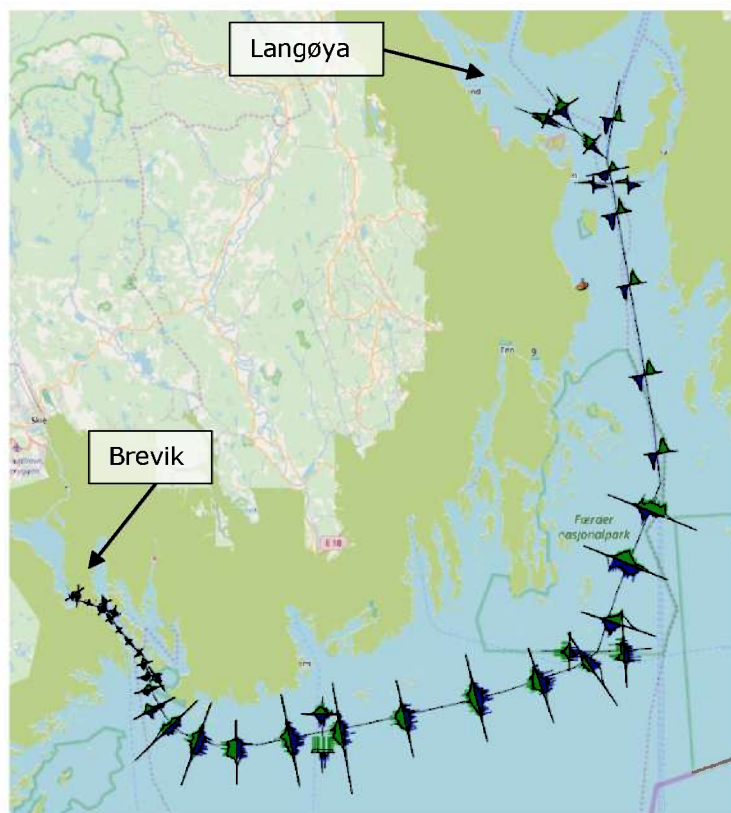
Det foreligger planer om å utvide seilingsleden til Grenlandsområdet ved å etablere en ny led gjennom Gamle Langesund, mellom Langøya og Geiterøya. Målet er en led på 120 -130 meters bredde og dybde 16 meter. Prosjektet inngår i Norsk Transportplan 2018-23 og i Kystverkets handlingsprogram.



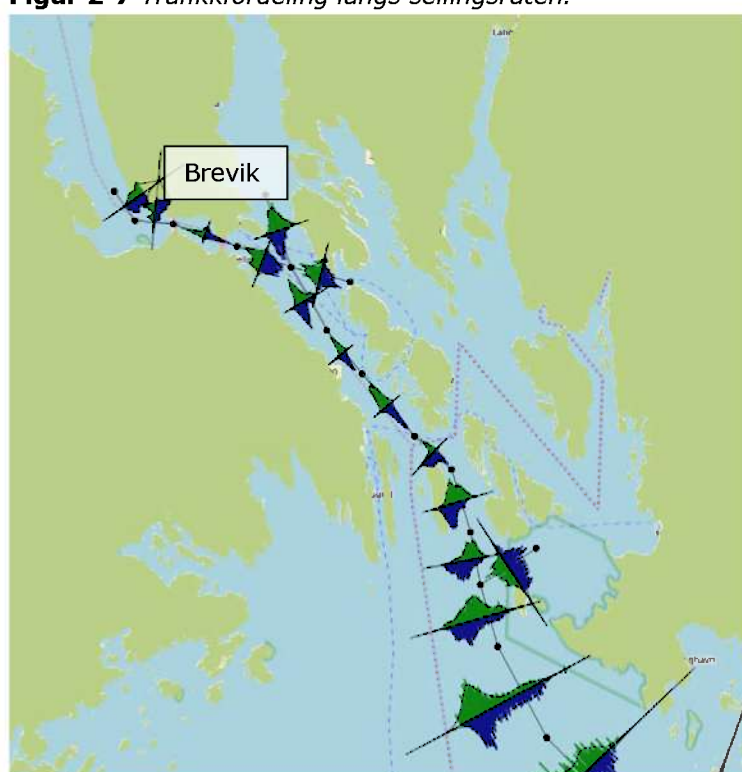
Figur 2-6 Tetthetsplot for innseiling mot Kongleiv, basert på AIS data for 2016. Fargekoden går fra lyst til mørkt, der det mørkeste indikerer høyest tetthet av skipstrafikk.

2.4.2 Trafikkfordeling

Trafikktettheten, som vist i Figur 2-5 og Figur 2-6, inngår i beregningen av trafikkfordeling langs ruten. I Figur 2-7 vises trafikkfordeling langs hele ruten fra Langøya til Brevik. Figur 2-8 viser trafikkfordelingen med fokus på Breviksfjorden. Igjen kan trafikkseparasjonssystemet inn Oslofjorden ses tydelig, samt at det ikke er noen tydelig trafikkfordeling langs resten av ruten. Blå histogrammer er sør- og østgående, og grønne histogrammer er nord- og vestgående. Lange og tynne fordelinger indikerer mye trafikk langs et smalt område. Dette er spesielt tydelig i Brevikstrømmen og resten av innseilingen mot Porsgrunn.



Figur 2-7 Trafikkfordeling langs seilingsruten.



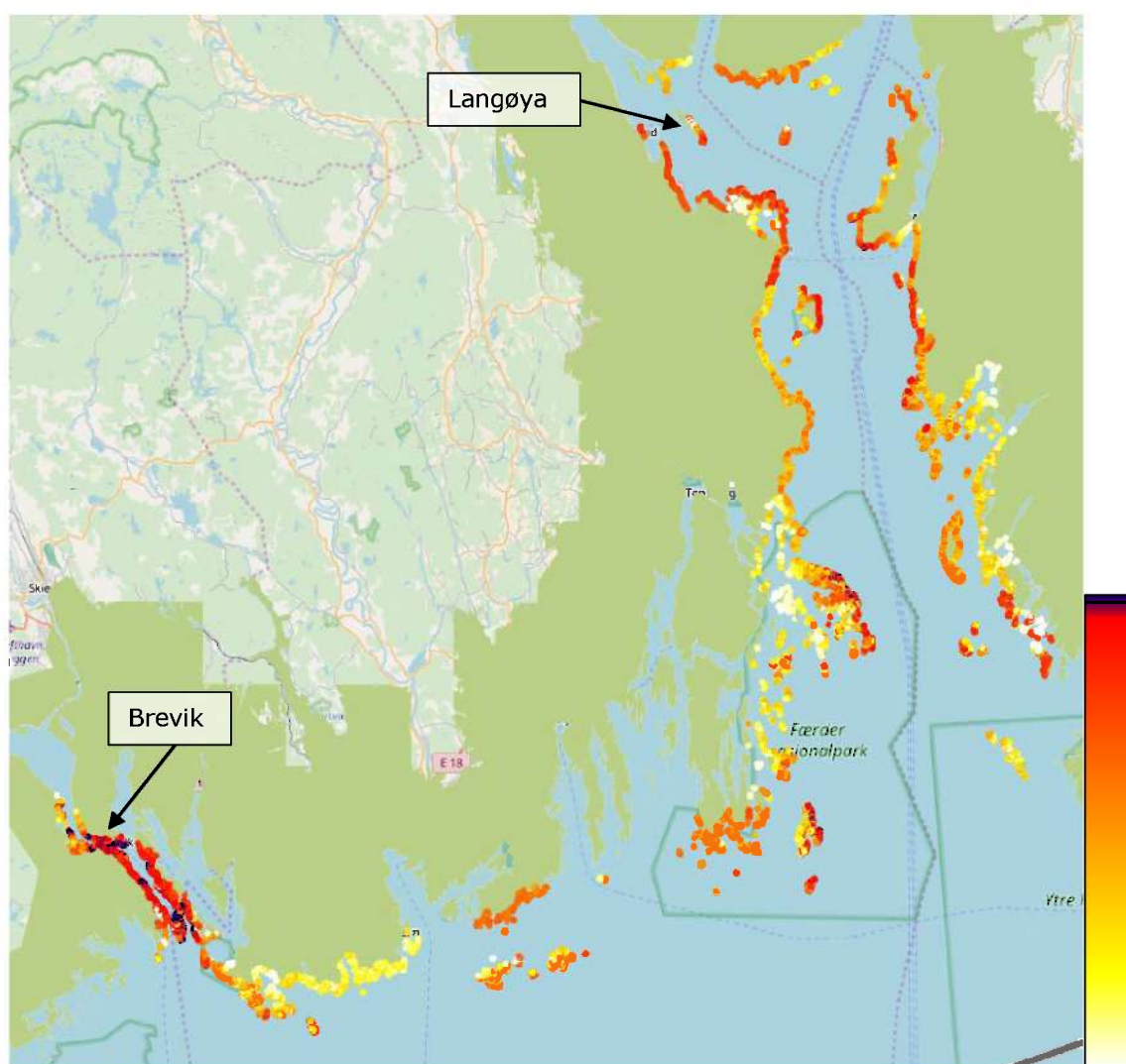
Figur 2-8 Trafikkfordeling inn Breviksfjorden.

En grafisk fremstilling av risikoområdene for grunnstøting og kollisjon vises i neste delkapittel. I disse fremstillingene indikerer mørkerødt områder med høy risiko, og gule og lysegule områder er områder med lav risiko for grunnstøting eller kollisjon. Risiko for grunnstøting indikeres av farger der et skip

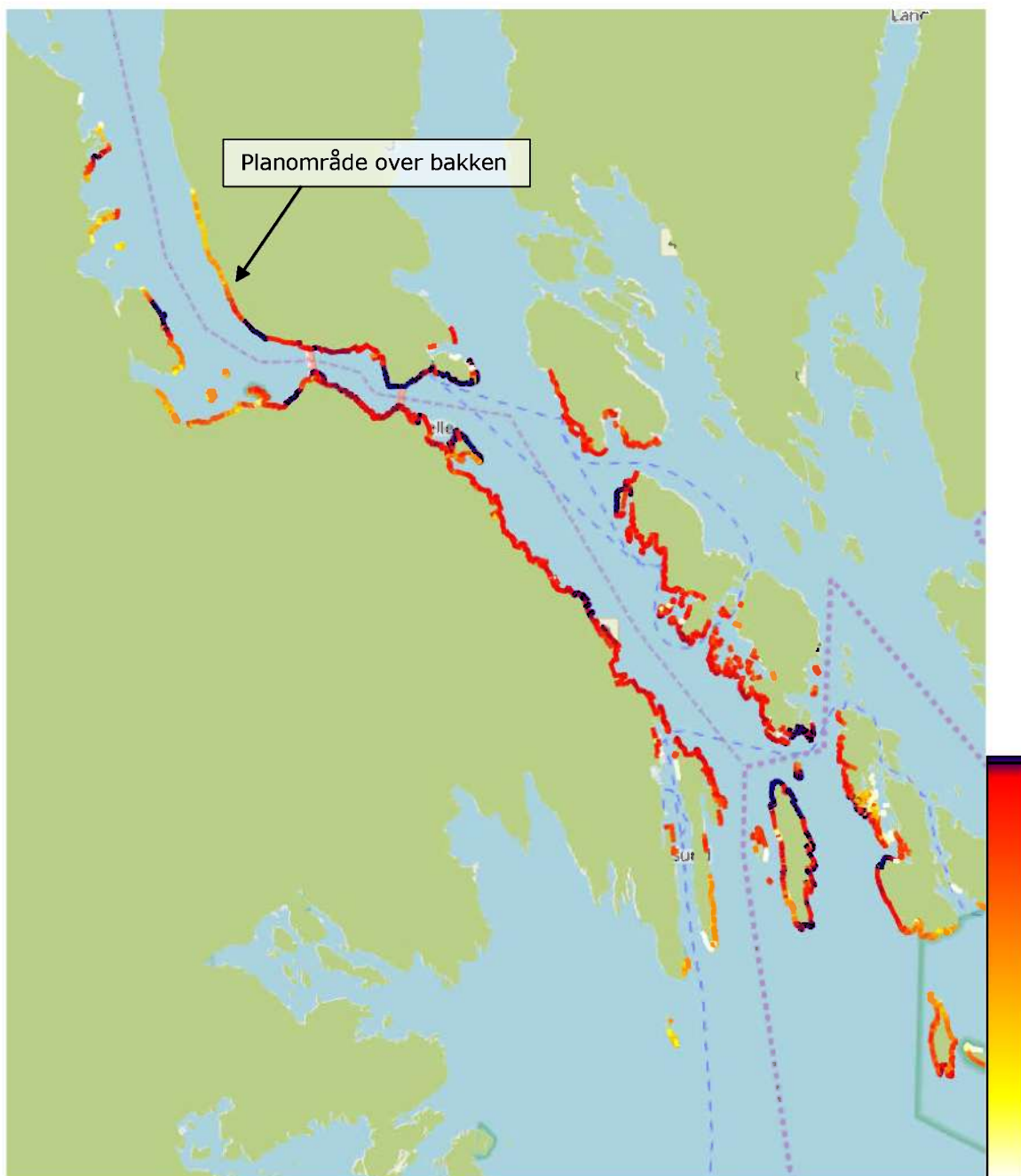
eventuelt ville grunnstøtt på land, kollisjonsrisiko indikeres av farger langs «legs», eller i knutepunkt mellom skipsleder som farger på «waypoints» (uthevede sirkler).

2.4.3 Risikoområder

Fra disse grafiske fremstillingene er det tydelig at det er enkelte områder som bærer tydelig høyere risiko enn andre. Når det gjelder grunnstøting, er området det seiles inn og ut fra Brevik som representert ved høye frekvenser for grunnstøting (se Figur 2-9 og Figur 2-10). Dette er som forventet, da dette er et trangt område med relativt høy trafikk til et så trangt område å være, med mange små øyer og grunner. Spesielt nordøst- og sørøstsiden av Geiterøya, området rundt Brevikbrua og Grenlandsbrua, Brevik by, Øya og Gjermesholmen er områder med høy risiko.

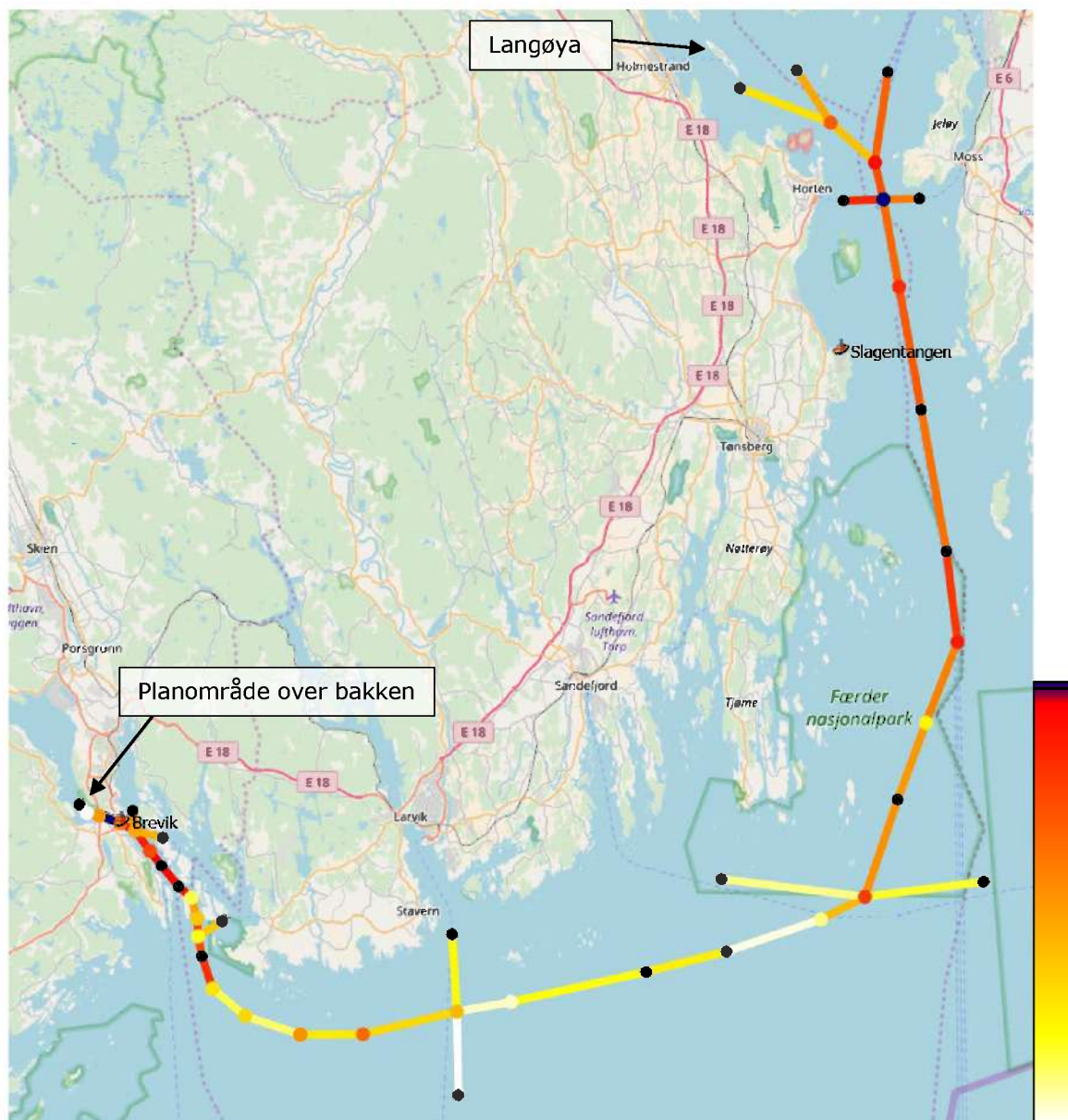


Figur 2-9 Grunnstøtingsrisiko langs seilingsruten fra Langøya til Kongkleiv. Fargekoden går fra lyst til mørkt, der det mørkeste indikerer høyest risiko for grunnstøting.



Figur 2-10 Grunnstøtingsrisiko langs innseilingen til Brevik. Fargekoden går fra lyst til mørkt, der det mørkeste indikerer høyest sannsynlighet for grunnstøting.

For kollisjon med andre skip, er det ikke uventet Moss-Horten-fergeleiet som bærer den høyeste risikoen. I tillegg er området i Ytre Oslofjord fra Jeløy til Færder representert med jevnt over høy risiko. Langs strekningen fra Færder til innseilingen til Brevik er det liten sannsynlighet for kollisjon, med unntak av strekket der ruten krysser fergeleiet mellom Sandefjord og Strømstad (Figur 2-11).



Figur 2-11 Kollisjonsrisiko langs hele seilingsruten. Fargekoden går fra lyst til mørkt, der det mørkeste indikerer høyest sannsynlighet for skipskollisjoner.

Ved innseilingen til Brevik øker kollisjonsrisikoen igjen, grunnet det trange farvannet som gir mindre manøvreringsrom. Av Figur 2-12 kan det virke som at området mellom Breviksbrua og Grenlandsbrua er området med høyest sannsynlighet for kollisjon mellom skip. Dette er sannsynligvis noe overestimert i modellen, da IWRAP benytter seg av en probabilistisk tilnærming basert på trafikk tetthet, og tar ikke hensyn til at det sannsynligvis ikke er mer en ett skip av gangen som kan seile mellom disse to broene.



Figur 2-12 Kollisjonsrisiko langs innseiling til Brevik. Fargekoden går fra lyst til mørkt, der det mørkeste indikerer høyest sannsynlighet for skipskollisjoner.

Basert på trafikkdata og tilhørende fordeling av skipstrafikk, er et miljømessig «worst case scenario» at bulkskipet fra Langøya til Brevik kolliderer med en 200 meter lang olje-/kjemikalietanker i Brevikfjorden. Dette er en skipstype som ifølge DNV GLs estimerer går på tungolje (HFO: *heavy fuel oil*).

2.4.4 Ulykkesfrekvenser

Resultatene fra denne modellen gir ulykkesfrekvensene vist i Tabell 2-2 langs ruten, som viser beregnet antall hendelser per år med tilhørende returperiode *før* ulykkesfrekvensene normaliseres og separeres på de forskjellige skipstypene og størrelsessegmentene. Det er i disse tallene ikke årstidsvariasjoner, og beskriver kun forventet antall ulykker per år, da regneverktøyet IWRAP normaliserer trafikkmengden og ulykkesfrekvensene til ett år.

Tabell 2-3 Ulykkesfrekvenser før normalisering og separering på skipstyper.

Ulykkeshendelse	Antall hendelser per år	Returperiode (år)
Kollisjon	3,40E-3	294
Grunnstøting	5,63E-1	1.77

Når vi normaliserer på utseilt distanse, som beskrevet i Kapittel 2.3.3, og kun velger ut frekvenser for den aktuelle skipstypen, som beskrevet i Kapittel 2.2.3, får vi ulykkesfrekvensene per utseilte kilometer, som vist i Tabell 2-4.

Tabell 2-4 Normaliserte ulykkesfrekvenser per utseilte kilometer.

Ulykkeshendelse	Antall hendelser per år per km
Kollisjon	4,33E-8
Grunnstøting	4,73E-7

Disse frekvensene multipliseres så med antall kilometer for ruten fra Langøya til Kongkleiv, omtrent 115 kilometer, og antall forventede turer per år. I møte mellom NOAH og DNV GL er det beskrevet at det forventes omtrent 230 turer per år. Dette gir til slutt ulykkesfrekvensene sett i Tabell 2-6, i forventet antall hendelser per år samt returperiode mellom hver forventet hendelse.

Tabell 2-5 Endelige ulykkesfrekvenser for seilas mellom Langøya og Brevik.

Ulykkeshendelse	Antall hendelser per år	Returperiode (år)
Kollisjon	2,39E-3	419
Grunnstøting	2,61E-2	38

2.4.5 Mengde utslipp etter hendelse

Beregningen av forventet utslipp av bunkers (MDO) og last (behandlet uorganisk farlig avfall) ved hendelser er basert på metoden beskrevet i kapittel 2.3.4. Sannsynlighetsfordelingen for utslipp viser at det er desidert høyest sannsynlighet, **97 %**, for at det **ikke** blir utslipp ved en eventuell hendelse.

Den høyest sannsynligheten for at en grunnstøtingshendelse ender med akutt utslipp havner i kategori 2. Denne kategorien tilsvarer en utslippsmengde på 30 % av last/drivstoff fra en tank ved en grunnstøtingshendelse. Tilsvarende faller en kollisjonshendelse i samme kategori, som gir en utslippsmengde på 100 % av last/drivstoff fra en tank.

Drivstoffkapasitet og lastekapasitet er basert på samtaler med NOAH og Hagland og beskrevet i kapittel 2.2.4. Basert på denne informasjonen blir resultatet for utslippsmengder som presentert i Tabell 2-6.

Den totale risikoen for en hendelse med utslipp blir dermed et produkt av sannsynlighet og mengde. Det er denne totale risikoen (sannsynlighet multiplisert med utslippsmengde) som har blitt benyttet for utvelgelsen av scenario til konsekvensanalysen. En sammenligning av den totale risikoen ved grunnstøting- og kollisjonshendelse viser at den totale risikoen for grunnstøtingshendelsen er langt høyere enn kollisjonshendelsen (se Tabell 2-5).

Dermed vil grunnstøtingshendelser bli brukt videre i konsekvensanalysen, ved en hendelse i området ved innseiling til Brevik med et utslipp av rundt 20 m³ MDO og med konservativ antakelse at 4500 tonn behandlet avfall (total last) går til sjø.

Tabell 2-6 *Utslippsmengde ved hendelse (for fartøyene NOAH planlegger brukt).*

Hendelse	Utslipp (m ³ MDO)	Utslipp (tonn uorganisk farlig avfall)
Grunnstøtingshendelse	20	4500
Kollisjonshendelse	65	4500

3 KONSEKVENSANALYSE FOR UTSLIPP AV BEHANDLET AVFALL

For vurdering av miljøkonsekvenser ved utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall til sjø ved en ulykke under transport er det benyttet en spredningsmodell. Spredningsmodellen benyttet heter DREAM (Dose-related Risk and Effects Assessment Model) og er utviklet av SINTEF og flere Olje & Gass operatører på Norsk sokkel gjennom mange år. Modellen er en partikkelspredningsmodell som kan modellere utslipp av partikler og kjemikalier, og skjebnen til disse i miljøet. DREAM er en anerkjent (state of the art) modell for modellering av boreoperasjoner og utslipp av produsert vann på Norsk sokkel, men er også benyttet i andre sammenhenger, eksempelvis for spredningsmodellering av utslipp fra prosessindustri. For en mer detaljert beskrivelse av modellen se blant annet <https://www.sintef.no/en/industry/about-us/departments/environmental-monitoring-and-modelling1/dream-dose-related-risk-and-effects-assessment-mod/dream-2/>.

Resultatene fra modelleringene som er gjennomført gir generelt følgende resultater:

- ✓ Sjøbunnen som blir berørt av utslipp av behandlet avfall oppgis som mm tykkelse i områdene som blir berørt.
- ✓ Mengde (kg) metaller pr.m² sjøbunn i området som blir berørt. Kan også regnes om til konsentrasjoner og sammenliknes med norske grenseverdier for negative effekter.
- ✓ Totale vannsøylekonsentrasjoner ved ulike tidssteg av partikler og metaller i områdene som blir berørt. Med totale konsentrasjoner av metaller menes metaller som er bundet til det behandlede avfallet i vannet og metaller som er løst i vann. Modellen er satt opp slik at metallene overveiende er bundet til partiklene i avfallsgipsen. Ved eventuelt behov for å vurdere løste fraksjoner kan dette regnes ut basert på såkalte fordelingskoeffisienter i litteraturen, eller basert på forsøk som er gjennomført (eksempelvis ristetester).

3.1 Lokalteter benyttet i modelleringen

Basert på risikoanalysen av skipstrafikk er det identifisert noen områder med relativt høy sannsynlighet for grunnstøting og kollisjon ved innseilingen til Brevik, se Kapittel 2.4.4. Tentativt kan en grunnstøting eller kollisjon skje på mange ulike geografiske lokaliteter ved innseilingen til Brevik, og som har betydning for hvordan et utslipp av behandlet avfall vil spre seg og synke ut i sjøen. Spredningsforløpet vil også være avhengig av flere faktorer som blant annet drift av båten mens avfallet renner ut i sjøen, hvor lang tid det tar før lasten med behandlet avfall renner ut fra båten med flere. For å få en indikasjon hvordan et utslipp av 4500 tonn behandlet avfall (fulllastet båt) vil spre seg, synke ut i sjøen samt å vurdere mulige miljøkonsekvenser er det valgt ut 5 lokaliteter på bakgrunn av risikoanalysen for en ulykke, se Tabell 3-1 og Figur 3-1.

Tabell 3-1 Oversikt over koordinater og dyp (m) benyttet i modelleringen av et uhellsutslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall.

Lokalitet	Nord (WGS84)	Øst (WGS84)	Dyp (m) ¹⁾	Område
HS1	9.646637	59.060756	40	Frierfjorden
HS2	9.707291	59.049481	18	Blokkhustangen
HS3	9.738536	59.039864	4	Bjørkøya
HS4	9.734686	59.029045	76	Hydal
HS5	9.770672	59.010183	45	Kinnestabben

1: Dypet er hentet fra benyttede dybdata, se Kapittel 3.3.



Figur 3-1 Oversikt over lokaliteter benyttet i modelleringen av et uhellsutslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall.

3.2 Simuleringsperiode

Som nevnt over vil tiden det tar før lasten (4500 tonn) går ut i sjø ha betydning for spredningsforløpet. Andre faktorer av betydning er tid på året (strømretning- og hastigheter), lagdelinger (temperatur og saltholdighet) i vannmassene med flere.

For å inkludere årstidsvariasjoner i havstrømmer er det modellert 24 enkeltmodelleringer for hver av de 5 lokalitetene beskrevet over, to i hver måned fra januar til desember. Resultatene fra analysene er opparbeidet gjennom bruk av DNV GLs SeaFan system som muliggjør en statistisk analyse av resultatene basert på de 24 enkeltsimuleringene (single case scenarioer).

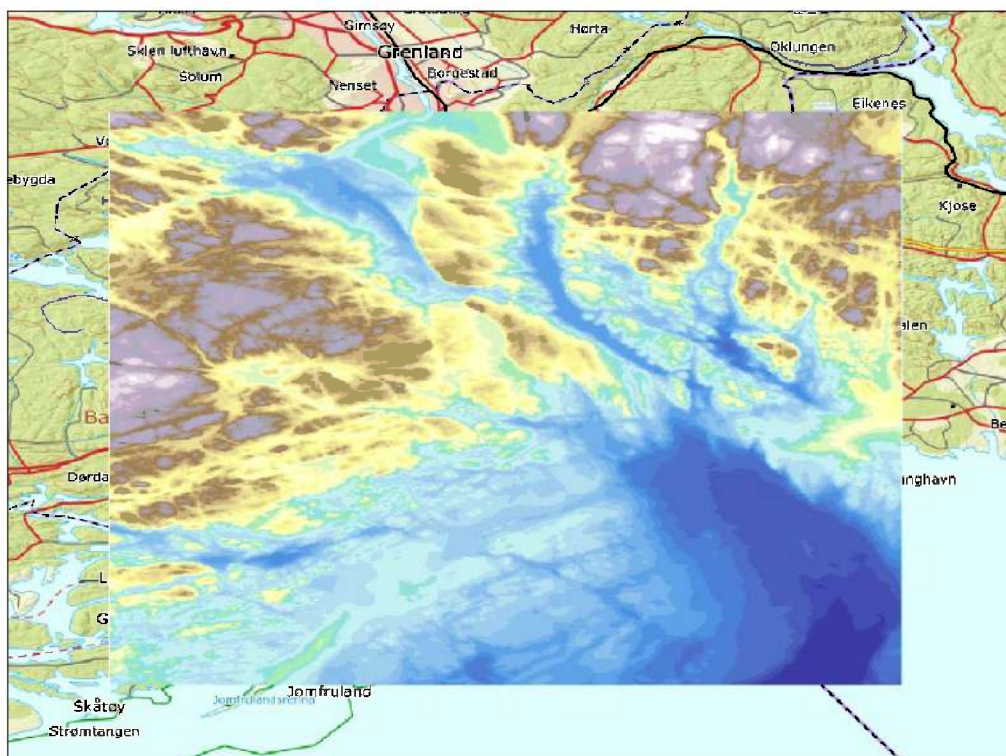
Tiden det tar før 4500 tonn behandlet avfall har gått ut til sjø vet ingen. I simuleringene er det lagt til grunn at ved en ulykke renner 4500 tonn ut til sjøen i løpet av 24 timer. Total modelleringstid benyttet er 2 døgn for å inkludere tid og utsynkning av partikler etter at 4500 tonn behandlet avfall er sluppet ut fra fartøyet. En oversikt over tidspunktene for alle modelleringene er presentert i Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Tidspunkter for de enkelte modelleringene av utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall til sjø.

Måned	Startdato	Varighet (dager)
Januar - mars	7 og 24 hver måned	2
April	7 og 28	2
Mai - november	7 og 24 hver måned	2
Desember	1 og 15	2

3.3 Topografi - terrengmodell

Topografi benyttet i modelleringsområdet er DTM50 (Digital terrengmodell, 50 meters grid) fra Statens Kartverk, se Figur 3-2. For å nyttiggjøre disse dataene i DREAM modellen ble gridet gjort om til et uprojisert grid i geografiske koordinater. Gridstørrelsen som ble valgt var 0,0005 (desimalgrader). Dette tilsvarer ca. 28mX55m. Verdiene fra DTM50 ble interpolert over i det nye gridet. Størrelsen på gridet ble 761 gridceller i bredden og 590 i høyden.



Figur 3-2 Terrengmodell benyttet i modelleringen (DTM50) fra Statens Kartverk.

3.4 Strømdata

Strømdata benyttet i modelleringen er modellert strøm fra Meteorologisk Institutt basert på NorKyst-800 modellen. DNV GL henter på daglig basis resultatfiler fra Meteorologisk Institutt (Metno.no) og har noen års tidsserier med modellert strøm for Norskekysten. NorKyst-800 er en kystmodell som simulerer strøm, saltholdighet og temperatur med 800 meters romlig oppløsning i ulike dybdelag. For detaljer om NorKyst-800, se blant annet <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/116053>. Modelleringen er gjennomført på NorKyst-800 data fra 2015.

3.5 Sentrale fysiske og kjemiske karakteristikka for filterkake

Behandlet uorganisk farlig avfall, som vil transporteres til Kongkleiv, har ingen homogen kornstørrelsesfordeling. Avfallet består av klumper av veldig varierende størrelse samt finere fraksjoner. Figur 3-3 viser et eksempel på behandlet avfall slik det typisk vil være under bulktransporten.



Figur 3-3 Eksempel på behandlet uorganisk farlig avfall slik det typisk vil være under bulktransporten (bilde: NOAHs laboratorium Langøya).

I spredningssammenheng er det generelt mindre partikler som har spredningspotensiale. Store klumper vil teoretisk sett synke fort og spre seg i liten grad. Basert på en teoretisk vurdering av synkehastighet (Stokes lov) ble andelen av behandlet avfall med kornstørrelse <2 mm undersøkt av NOAH. Avfallet ble siktet gjennom sikt med hullstørrelse 2 mm og andelen (vekt) ble bestemt. Forsøket ble gjentatt 5 ganger (5 replikater). Andelen med kornstørrelse <2 mm ble således bestemt til 9,7 %. På materialet <2 mm ble kornstørrelsesfordelingen analysert etter akkrediterte metoder av eksternt laboratorium (ALS Laboratory Group Norway). Analysert kornstørrelsesfordeling (<2 mm) er vist i Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Kornstørrelsesfordeling for partikler <2 mm av behandlet uorganisk avfall.

Kornstørrelse (mm)	% pr. fraksjon	% akkumulert
<0,002	3,96	3,96
0,002-0,004	10,61	14,58
0,004-0,008	18,82	33,40
0,008-0,016	21,07	54,47
0,016-0,032	14,52	68,99
0,032-0,063	10,78	79,77
0,063-0,125	11,94	91,71
0,125-0,250	4,67	96,38
0,250-0,500	1,53	97,91
0,500-1,000	1,13	99,03
1,000-2,000	0,97	100

Kornstørrelsesfordelingen for masser > 2mm er i modellen skjønnsmessig delt inn i 5 klasser som vist i Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Kornstørrelsesfordeling benyttet i modelleringen for partikler >2 mm.

Kornstørrelse (mm)	% pr. fraksjon	% akkumulert
2,000-4,000	3,96	3,96
4,000-8,000	10,61	14,58
8,000-16,00	18,82	33,40
16,00-32,00	21,07	54,47
32,00-64,00	14,52	68,99

Egenvekten til behandlet uorganisk farlig avfall i avvannet form er i modellen satt til 1700 kg/m³ med et vanninnhold på 30 %, se også data i NGI (2016). Det behandlede avfallet inneholder en rekke metaller i høye konsentrasjoner. I modelleringene er de metallene det finnes grenseverdier for i Norske veiledere (Miljødirektoratets veileder M-608) inkludert (arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn)). Konsentrasjonene av disse i behandlet avfall er basert på analyser av materialet og oppsummert i Tabell 3-5. Modelleringen er satt opp slik at metallene er «festet» til avfallspartiklene og vil således følge spredningen av denne.

Tabell 3-5 Konsentrasjonene av utvalgte metaller i behandlet uorganisk farlig avfall. Data fra NOAH og NGI (2016).

Element	mg/kg
Arsen	141
Kadmium	113
Krom	358
Kobber	1272
Kvikksølv	6
Molbyden	24
Nikkel	83
Bly	2561
Sink	13611

3.6 Modellerings grid og tidssteg

Ved modellering blir undersøkelsesområdet delt opp i celler. I alle modelleringene er det benyttet celler på 25*25 meter, dvs. dette er laveste oppløselighet for resultatene. For vannsøylen er det i tillegg modellert for 10 dybdelag, hver på 10 m. Modellen regner resultater hvert 10 sekund og med en «output» hvert 30 minutt.

3.7 Grenseverdier for negative miljøkonsekvenser – metaller

Ved vurdering av konsekvenser av stoffer i miljøet er vanlig praksis å legge såkalte Predicted No Effect Concentration (PNEC) til grunn (European Commission 2003⁵). Generelt kan PNEC defineres som grensen hvor lavere konsentrasjoner av ett stoff ikke forventes å gi negative effekter. PNEC utledes fra kontrollerte laboratorieforsøk med ulike testorganismer. PNEC-verdien settes statistisk på bakgrunn av forsøkene og det legges gjerne inn sikkerhetsfaktorer avhengig av hvor omfattende testingen er.

Ved vurderinger av effekter i miljøet er det vanlig å vurdere det såkalte PEC/PNEC forholdet, hvor PEC er den beregnede konsentrasjonen av et stoff i miljøet (Predicted Environmental Concentration). PNEC-verdier er ikke organismespesifikke. Det betyr at de må forstås som en generell (global) verdi for alle organismene i et økosystem. Videre settes PNEC-verdiene for å gi en beskyttelse av 95 % av artene,

⁵ European Commission 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment - Part 2. 337 pp.

² Limits Outlined by EU REACH(Directive 1907/2006/EC)

som betyr at 5 % av artene kan påvirkes av konsentrasjoner tilsvarende PEC/PNEC =1. Vanlig fremgangsmåte ved slike beregninger er å angi en utslippsrate (mengde pr. tidsenhet) for kjemikalet som vurderes og beregne fortynning, spredningen og konsentrasjon i miljøet. Vanlig praksis er at et PEC/PNEC forhold <1 ikke forventes å medføre negative effekter i miljøet.

Miljødirektoratet har publisert en veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment. Gjeldende veileder er M-608 «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota (levende organismer i miljøet). Veilederen angir klassegrenser for ulike stoffer og elementer. Klassegrensene i veilederen er basert på effekter hvor grensene representerer en forventet økende grad av skade på organismesamfunn. En tolkning av de fem klassene som benyttes i veilederen er vist i tabellen under.

Tabell 3-6 Miljødirektoratets tolkning av klassegrenser i veileder M-608.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids- eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende akutt toksiske effekter

Da klassegrensene er basert på effekter, kan grensen mellom klasse II og III forstås som PNEC for kroniske effekter mens grensen mellom klasse III og IV kan forstås som PNEC for akutte effekter.

Klassegrensene, og dermed PNEC, for metaller i vann og sediment er vist i Tabell 3-7 nedenfor.

Tabell 3-7 Øvre grense for tilstandsklasser i vann (µg/l) og sediment (mg/kg) for metaller i henhold til veileder M-608.

Element	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Vann (µg/l)					
Cr	0,1	3,4	36	358	>358
Cu	0,3	2,6	2,6	5,2	>5,2
Hg*	0,001	0,047	0,07	0,14	>0,14
Pb*	0,02	1,3	14	57	>57
As	0,15	0,6	8,5	85	>85
Cd	0,03	0,2	1)	2)	2)
Ni	0,5	8,6	34	67	>67
Zn	1,5	3,4	6	60	>60
Sediment (mg/kg TS)					
Cr	60	660	6000	15500	15500-25000
Cu	20	84	84	147	>147
Hg*	0,05	0,52	0,75	1,45	>1,45
Pb*	25	150	1480	2000	2000-2500
As	15	18	71	580	>580
Cd	0,2	2,5	16	157	>157
Ni	30	42	271	533	>533
Zn	90	139	750	6690	>6690

- 1) Klasse III Cd verdier avhengig av vannets hardhet: ≤ 0.45 (< 40 mg CaCO₃/L); 0.45 (40 - <50 mg CaCO₃/L); 0.60 (50 - <100 mg CaCO₃/L); 0.9 (100 - <200 mg CaCO₃/L); 1.5 (≥200 mg CaCO₃/L).

- 2) Klasse IV Cd verdier avhengig av vannets hardhet: ≤ 4.5 (< 40 mg CaCO₃/L); 4.5 (40 - < 50 mg CaCO₃/L); 6.0 (50 - < 100 mg CaCO₃/L); 9 (100 - < 200 mg CaCO₃/L); 15 (≥ 200 mg CaCO₃/L). Verdier over tilhøre til klasse V.

3.8 Resultater

Sediment

Resultatene for modellerte tykkelser av behandlet avfall på sjøbunnen etter utslipp av 4500 tonn er presentert i 5 tykkelseskategorier i mm. Kategoriene er valgt da de representerer den beregnede tykkelsen behandlet avfall som tilsvarer grenseverdiene for kroniske effekter (øvre grense klasse II) for metaller i et 2 cm tykt sedimentsjikt, se Tabell 3-7. I tillegg angir kategoriene grad av nedslamming med behandlet avfall i ulike områder. Kategoriene er som følger:

1. 0,11 mm (Zn, sink)
2. 0,6 mm (As og Cd, arsen og kadmium)
3. 1,42 mm (Pb, bly)
4. 2,3 mm (Hg, kvikksølv)
5. > 20 mm (Cr og Ni, krom og Nikkel)

Generelt vil, som forventet, mesteparten av det behandlede avfallet synke ut i nærheten av utslippspunktene, i figurene under angitt som tykkelse > 20 mm. Modellen indikerer oppbygging av en «haug» like ved utslippspunktene med tykkelse 1-2 meter og i enkelte tilfeller tykkere. Dette er naturlig da mesteparten av det behandlede avfallet er større klumper som vil synke raskt ut. Under er generelle resultater for hver lokalitet presentert og en mer detaljert miljøkonsekvensvurdering er beskrevet i Kapittel 4.3.

Vannsøyle

Utbredelsen og konsentrasjoner av behandlet avfall i vannsøylen er en dynamisk prosess som varierer i tid og rom gjennom utslippets varighet. I kapitlene under er det derfor bare vist eksempler på hvordan spredningen i vannsøylen kan se ut på et gitt tidssteg i simuleringen av et utslipp på 4500 tonn behandlet avfall over 2 døgn på de 5 lokalitetene. I eksemplene er det vist totalkonsentrasjonen av sink (Zn) som tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II (se Tabell 3-7) eller høyere. Det understrekes at tilstandsklassene oppgitt i veileder M-608 er basert på vannløselig fraksjon (ofte omtalt som biotilgjengelig fraksjon), slik at et en sammenlikning med totalkonsentrasjoner er konservativt. Konsentrasjonene representerer gjennomsnittet i vannsøylen. Det er valgt å vise sink, da det behandlede avfallet inneholder høye konsentrasjoner av dette metallet (13 611 mg/kg (1,4 %), se Tabell 3-5. Figurer med resultater for de andre metallene er vedlagt i Appendix A.

3.8.1 Lokalitet 1 – Frierfjorden

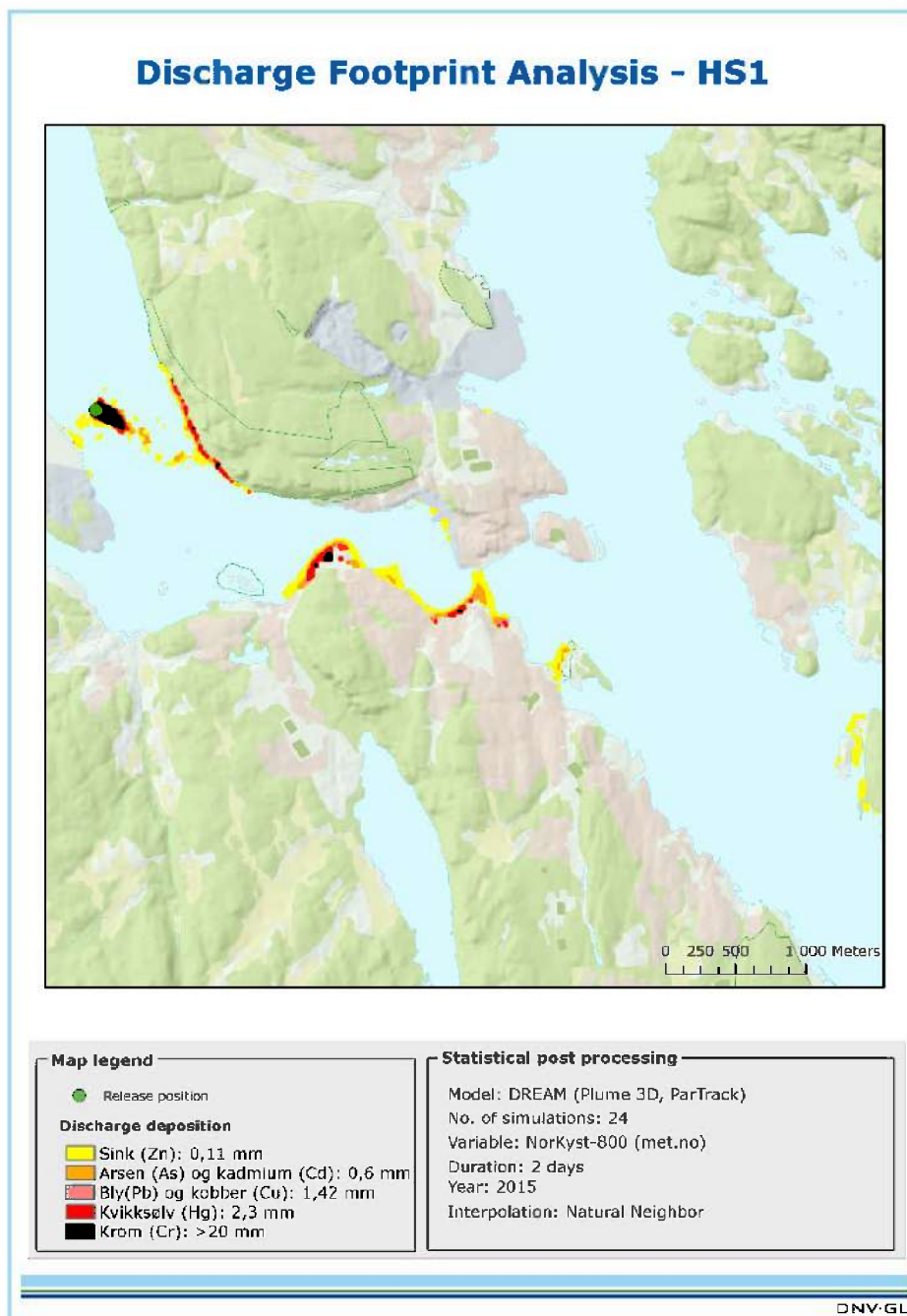
3.8.1.1 Spredning og akkumulering på sjøbunn

I Figur 3-4 er modellert avtrykk på sjøbunnen etter utslipp av 4500 tonn behandlet avfall på lokalitet HS1 presentert. Mesteparten av utslippet er modellert å synke innenfor 250 m fra utslippspunktet.

Arealer hvor konsentrasjonene av metallene i et 2 cm sedimentsjikt tilsvarer øvre grense i tilstandsklasse II (se Tabell 3-7) eller høyere er vist i Tabell 3-8.

Tabell 3-8 Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere. Arealene angir områder hvor konsentrasjonene tilsvarer en risiko for negative effekter i sediment.

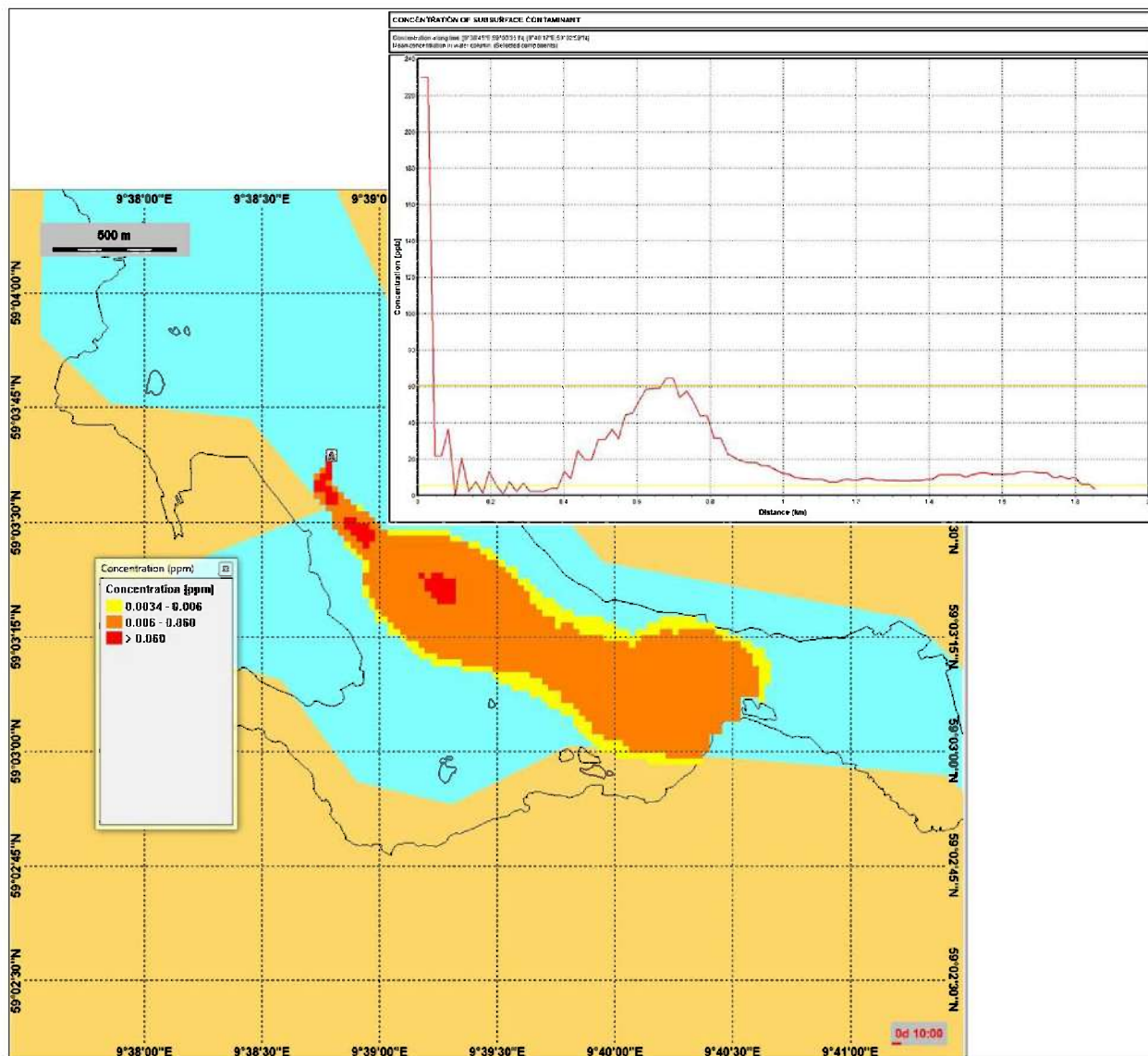
Metall (tykkelse behandlet avfall i mm)	Areal tilstandsklasse II eller høyere (m ²)
Sink (0,11)	233 025
Arsen og kadmium (0,6)	57 825
Bly og kobber (1,42)	20 900
Kvikksølv 2,3	49 825
Krom og Nikkel (>20)	32 375



Figur 3-4 Utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på punkt HS1: Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere i et 2 cm tykt sedimentsjikt. Arealene angir områder som har en risiko for negative miljøeffekter i sediment.

3.8.1.2 Totalkonsentrasjoner i vannsøylen

Et eksempel på gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink (Zn) i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet avfall startet på lokalitet HS1 er vist i Figur 3-5.



Figur 3-5 Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS1. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III, mens orange linje angir øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Resultatene indikerer, som forventet, relativt høye totalkonsentrasjoner av sink som sprer seg fra utslippspunktet og gradvis fortynnes. I eksempelet vist over er influensområdets utstrekning, med totalkonsentrasjoner av sink > 3,4 µg/l (over tilstandsklasse II), i størrelsesorden 2 km med en maksimum gjennomsnittlig konsentrasjon i vannsøylen på 230 µg/l (ppb) nær utslippspunktet før totalkonsentrasjonen faller til rundt 6 µg/l i ytterkanten av influensområdets utstrekning.

3.8.2 Lokalitet HS2 – Blokkhustangen

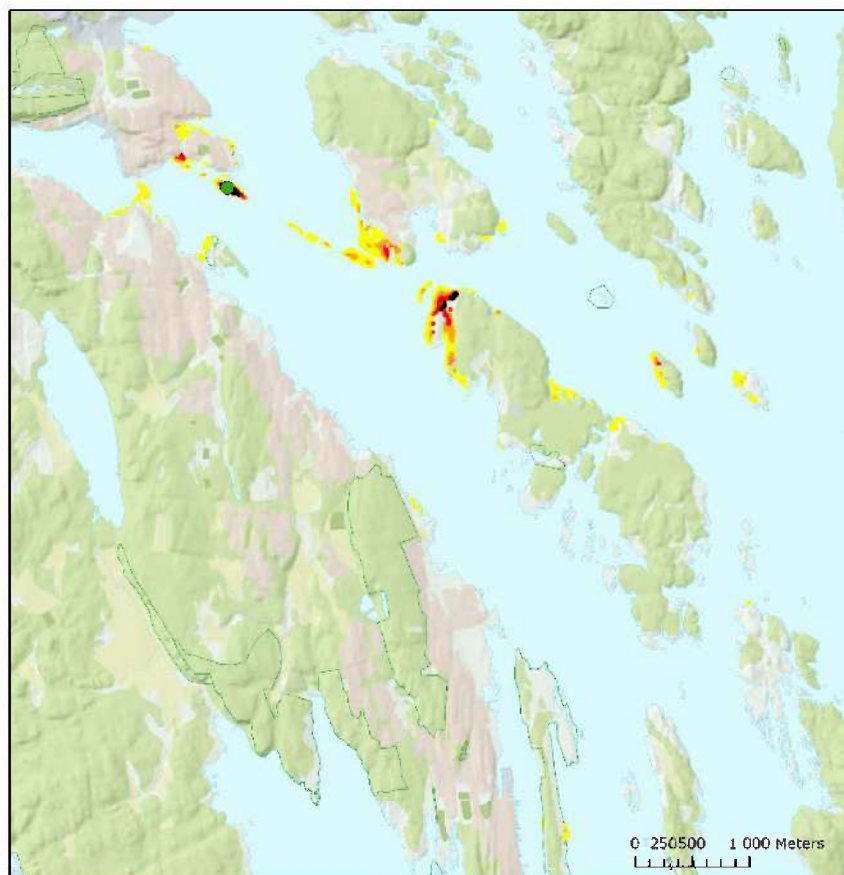
3.8.2.1 Spredning og akkumulering på sjøbunn

I Figur 3-6 er modellert avtrykk på sjøbunnen etter utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på lokalitet HS2 presentert. Mesteparten av utslippet er modellert å synke ut innenfor 125 m fra utslippspunktet. Arealer hvor konsentrasjonene av metallene i et 2 cm sedimentsjikt tilsvarer øvre grense i tilstandsklasse II (se Tabell 3-7) eller høyere er vist i Tabell 3-9.

Tabell 3-9 Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere. Arealene angir områder hvor konsentrasjonene tilsvarer en risiko for negative effekter i sediment.

Metall (tykkelse behandlet avfall i mm)	Areal tilstandsklasse II eller høyere (m ²)
Sink (0,11)	352 725
Arsen og kadmium (0,6)	64 475
Bly og kobber (1,42)	18 250
Kvikksølv 2,3	30 050
Krom og Nikkel (>20)	18 125

Discharge Footprint Analysis - HS2



Map legend

● Release position

Discharge deposition

- Sink (Zn): 0,11 mm
- Arsen (As) og kadmium (Cd): 0,6 mm
- Bly (Pb) og kobber (Cu): 1,42 mm
- Kvikksølv (Hg): 2,3 mm
- Krom (Cr): >20 mm

Statistical post processing

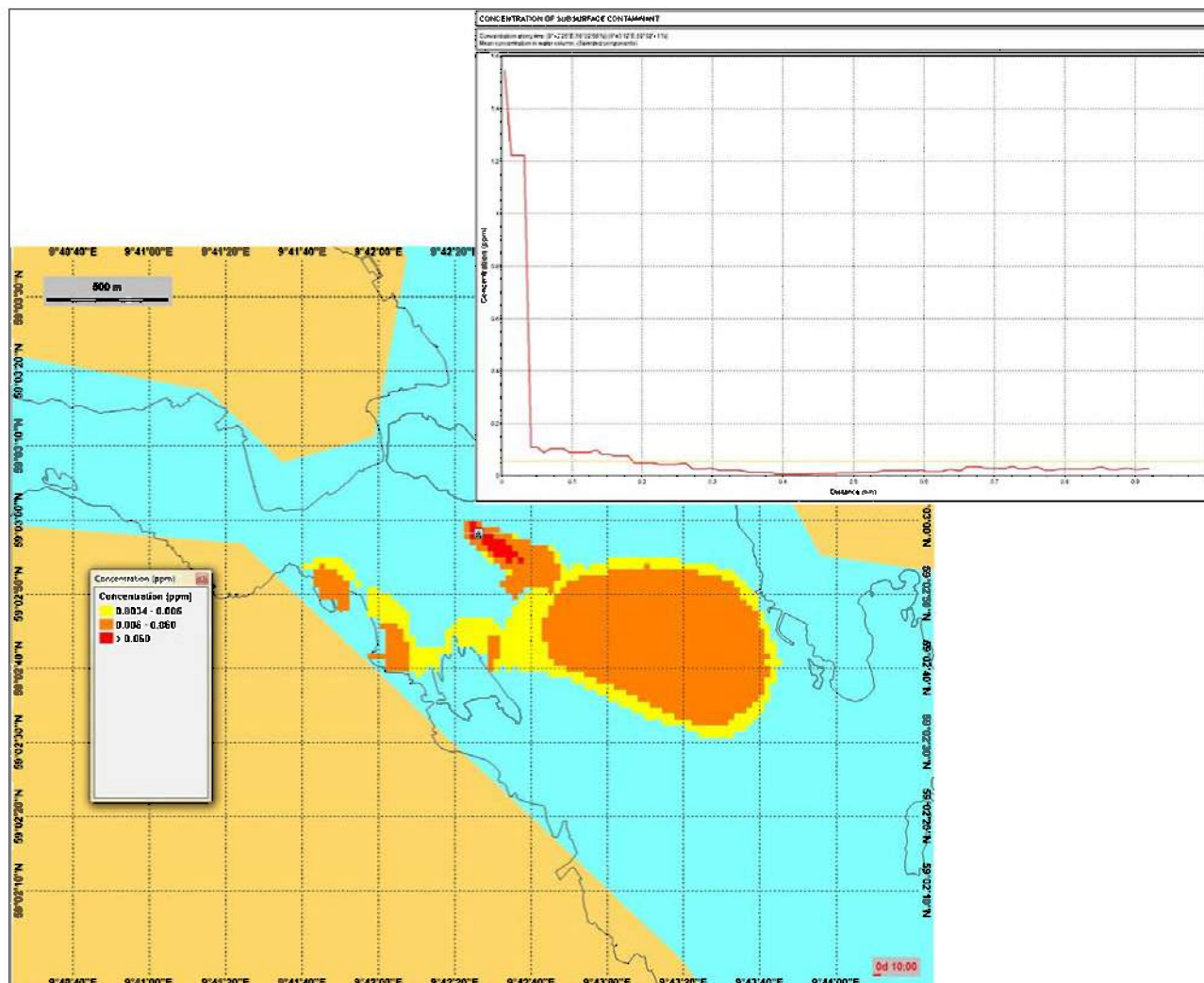
Model: DREAM (Plume 3D, ParTrack)
 No. of simulations: 24
 Variable: Norkyst-800 (met.no)
 Duration: 2 days
 Year: 2015
 Interpolation: Natural Neighbor

DNV-GL

Figur 3-6 Utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på punkt HS2: Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere i et 2 cm tykt sedimentsjikt. Arealene angir områder som tilsvarer en risiko for negative miljøeffekter i sediment.

3.8.2.2 Totalkonsentrasjoner i vannsøylen

Et eksempel på gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink (Zn) i vannsøylen 10 timer etter utslippet av filterkake startet på lokalitet HS2 er vist i Figur 3-7. Influensområdets utstrekning, med totalkonsentrasjoner av sink > 3,4 µg/l, er i størrelsesorden 160 m med en maksimum gjennomsnittlig konsentrasjon i vannsøylen på 1500 µg/l (ppb) før konsentrasjonene synker markant til under 60 µg/l etter ca. 200 m.



Figur 3-7 Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink i vannsøylen 10 timer etter utslippet av filterkake startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområde, orange linje angir øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

3.8.3 Lokalitet HS3 – Bjørkøya

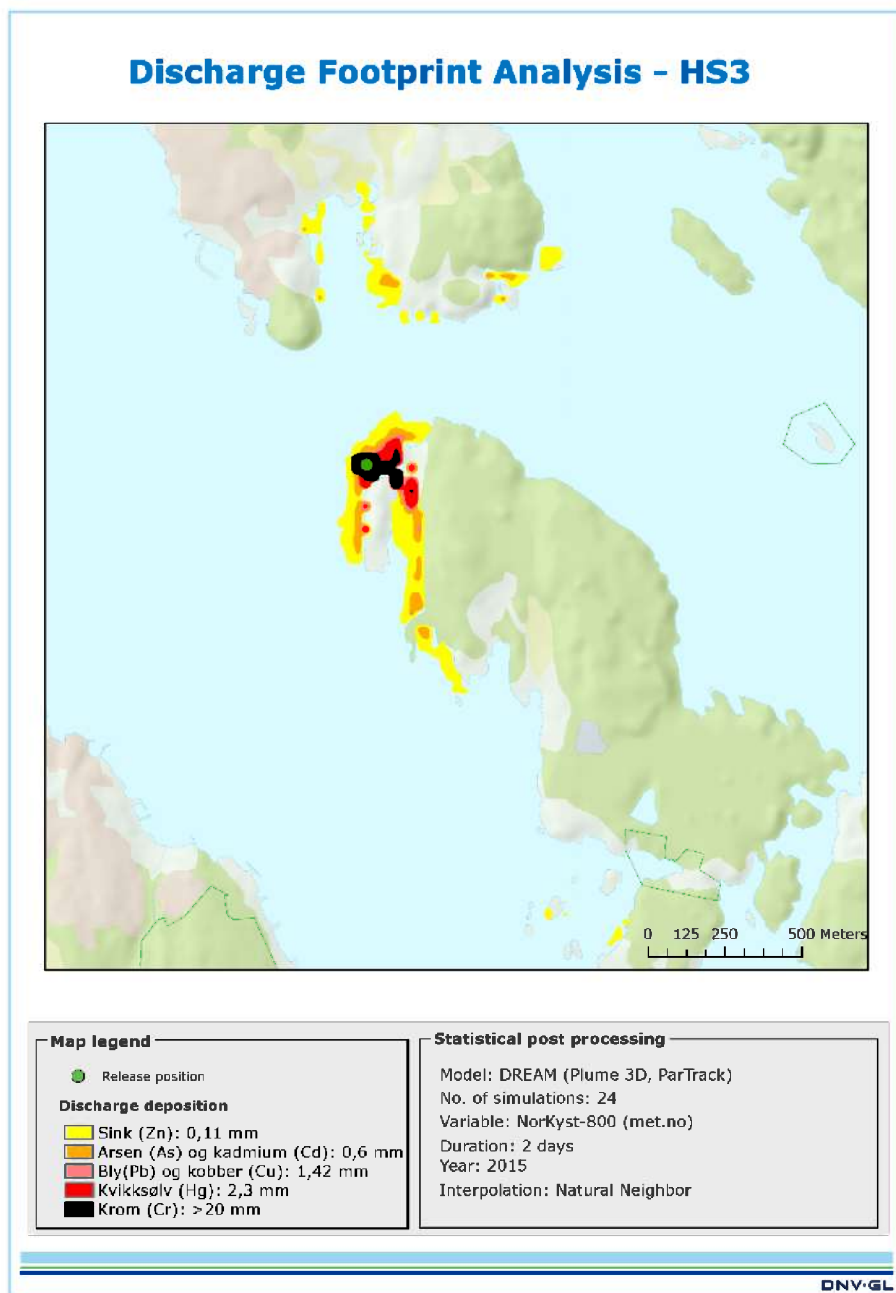
3.8.3.1 Spredning og akkumulering på sjøbunn

I Figur 3-8 er modellert avtrykk på sjøbunnen etter utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på lokalitet HS3 presentert. Dypet på Lokalitet HS 3 er lite (rundt 4 m), så massene synker raskt ut hovedsakelig i nærheten av utslippspunktet.

Arealer hvor konsentrasjonene av metallene i et 2 cm sedimentsjikt tilsvarer øvre grense i tilstandsklasse II (se Tabell 3-7) eller høyere er vist i Tabell 3-10.

Tabell 3-10 Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere. Arealene angir områder hvor konsentrasjonene tilsvarer en risiko for negative effekter i sediment.

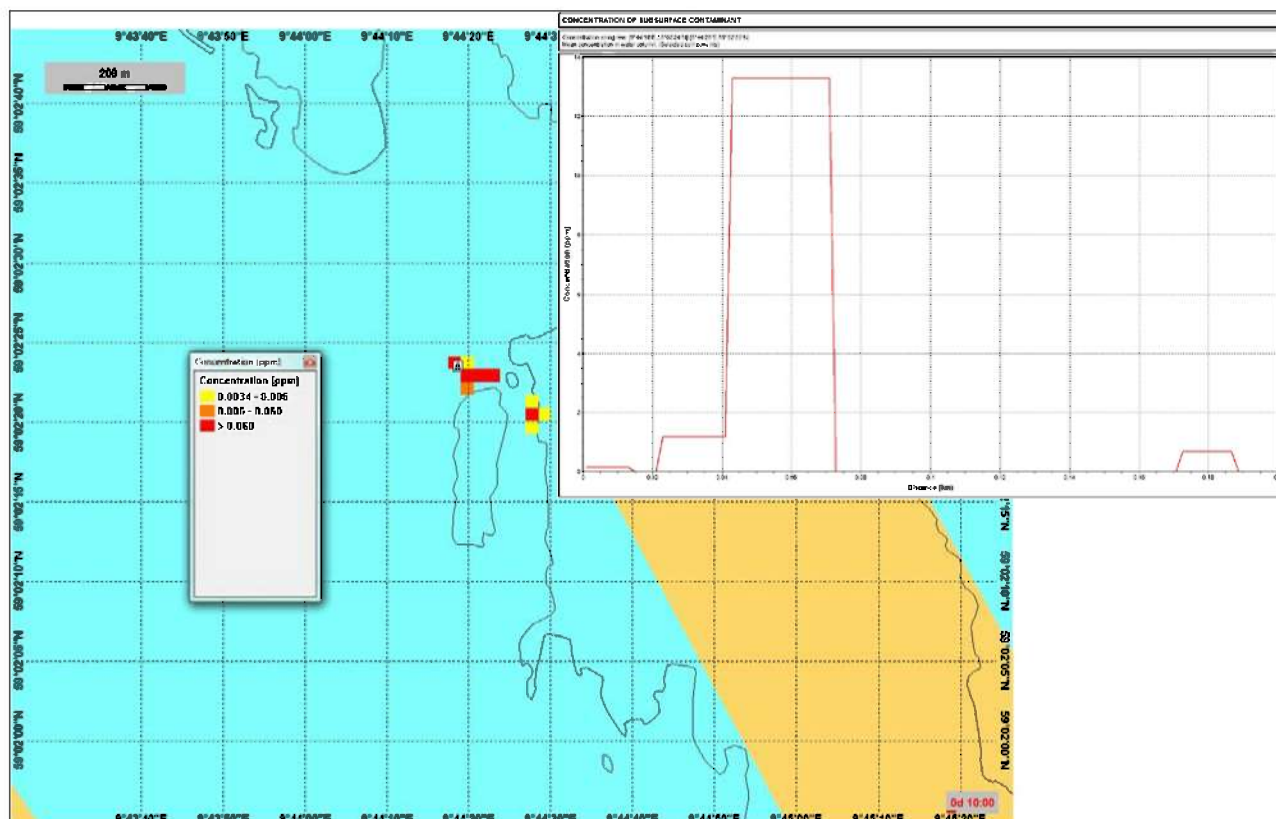
Metall (tykkelse behandlet avfall i mm)	Areal tilstandsklasse II eller høyere (m ²)
Sink (0,11)	97 725
Arsen og kadmium (0,6)	22 000
Bly og kobber (1,42)	4 275
Kvikksølv 2,3	9 450
Krom og Nikkel (>20)	12 550



Figur 3-8 Utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på punkt HS3: Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere i et 2 cm tykt sedimentsjikt. Arealene angir områder som tilsvarer en risiko for negative miljøeffekter i sediment.

3.8.3.2 Totalkonsentrasjoner i vannsøylen

Et eksempel på gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink (Zn) i vannsøylen 10 timer etter utslippet av filterkake startet på lokalitet HS3 er vist i Figur 3-9. Dypet på denne lokaliteten er i størrelsesorden 4 m, som betyr at i modellen vil massene synke raskt ut noe som er årsaken til den relativt bergrensede utstrekningen av influensområdet. En konsekvens av dette er høye vannkonsentrasjoner nær utslippspunktet under hele utslippets varighet (1 døgn). I eksempelet vist her er konsentrasjonene beregnet til rundt 13 000 µg/l eller 13 mg/l i umiddelbar nærhet av utslippet.



Figur 3-9 Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink i vannsøylen 10 timer etter utslippet av filterkake startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

3.8.4 Lokalitet HS4 – Hydal

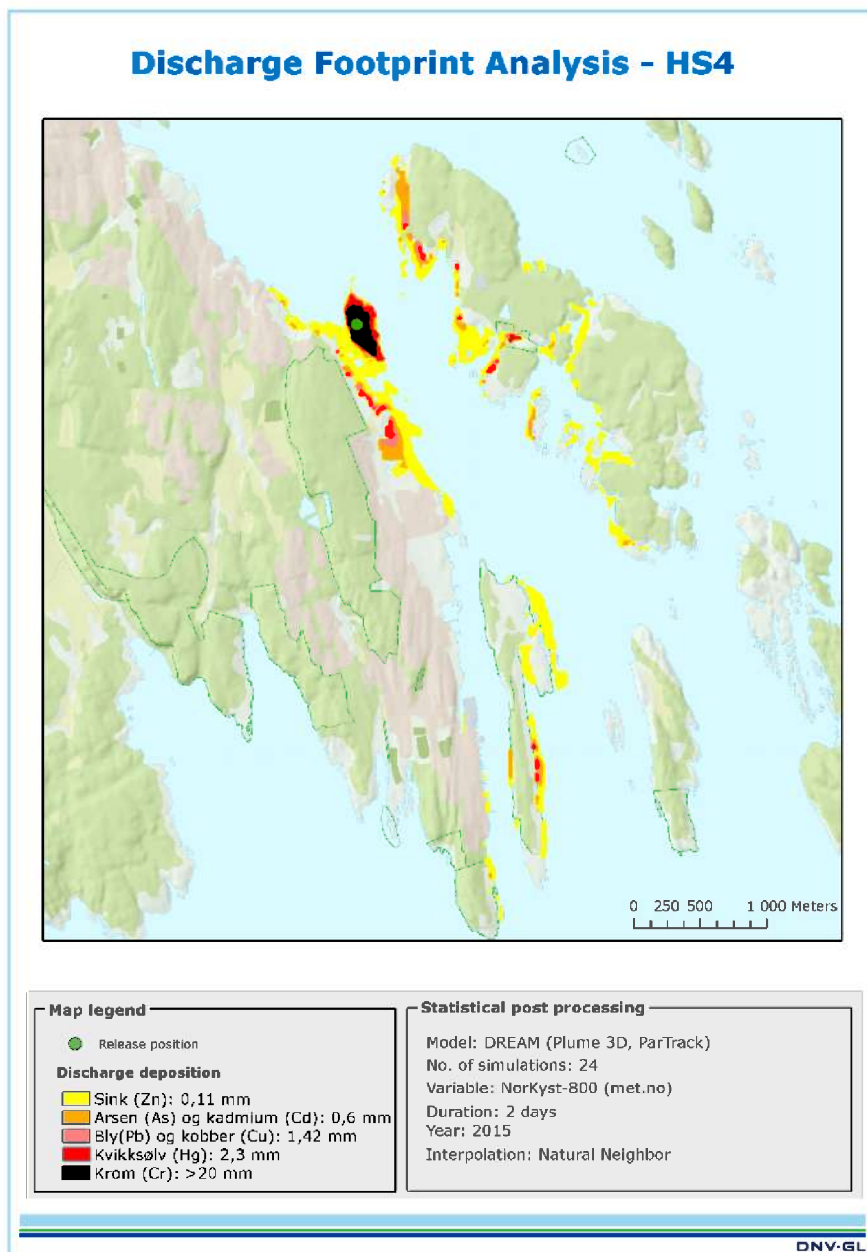
3.8.4.1 Spredning og akkumulering på sjøbunn

I Figur 3-10 er modellert avtrykk på sjøbunnen etter utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på lokalitet HS4 presentert. Mesteparten av utslippet er modellert å synke ut innenfor 300 m fra utslippspunktet.

Arealer hvor konsentrasjonene av metallene i et 2 cm sedimentsjikt tilsvarer øvre grense i tilstandsklasse II (se Tabell 3-7) eller høyere er vist i Tabell 3-11.

Tabell 3-11 Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere. Arealene angir områder hvor konsentrasjonene tilsvarer en risiko for negative effekter i sediment.

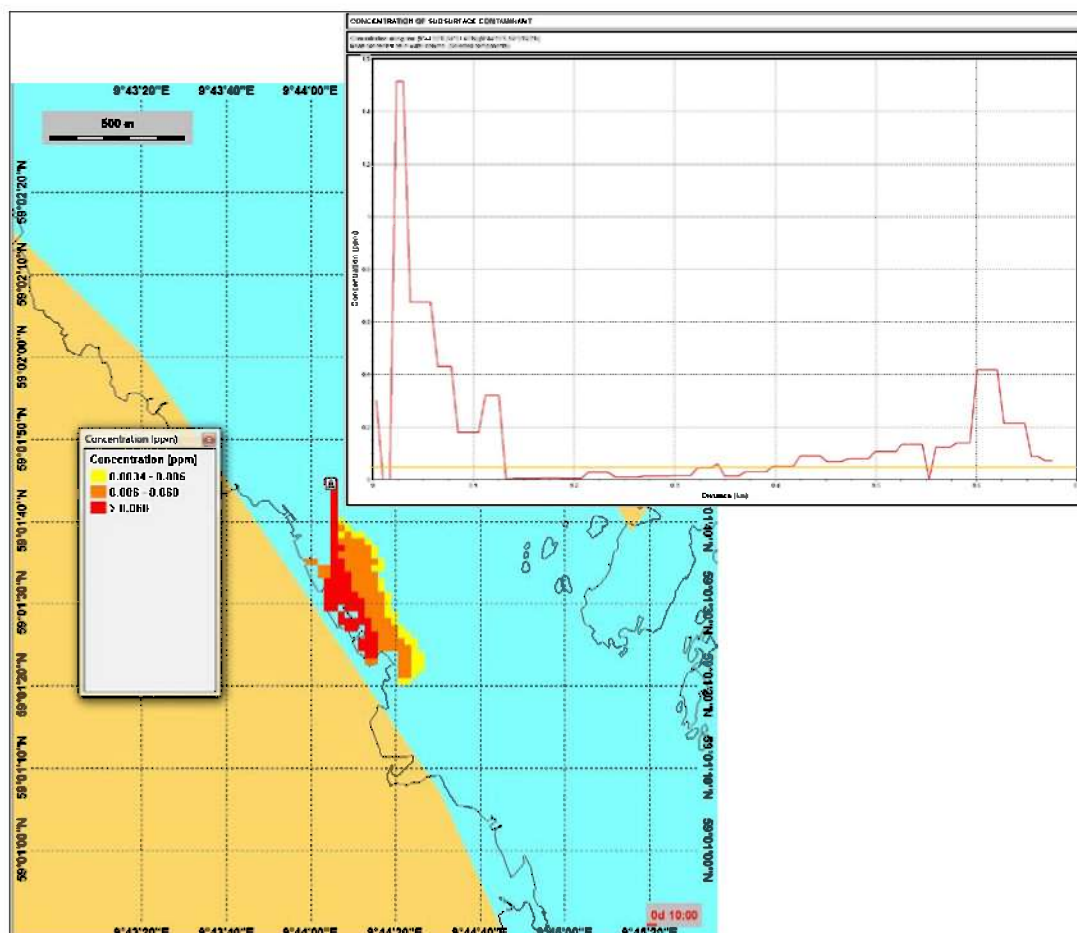
Metall (tykkelse behandlet avfall i mm)	Areal tilstandsklasse II eller høyere (m ²)
Sink (0,11)	718 650
Arsen og kadmium (0,6)	119 925
Bly og kobber (1,42)	43 525
Kvikksølv 2,3	55 300
Krom og Nikkel (>20)	49 950



Figur 3-10 Utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på punkt HS4: Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere i et 2 cm tykt sedimentsjikt. Arealene angir områder som tilsvarer en risiko for negative miljøeffekter i sediment.

3.8.4.2 Totalkonsentrasjoner i vannsøylen

Et eksempel på gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink (Zn) i vannsøylen 10 timer etter utslippet av filterkake startet på lokalitet HS4 er vist i Figur 3-11. Influensområdets utstrekning, med totalkonsentrasjoner av sink > 3,4 µg/l, er i størrelsesorden 900 m med en maksimum med en maksimum gjennomsnittlig konsentrasjon i vannsøylen på 1500 µg/l (ppb) før konsentrasjonene synker til under 100 µg/l etter ca. 100 m, men med en opphopning og relativt høye konsentrasjoner langs land.



Figur 3-11 Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, orange linje angir øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

3.8.5 Lokalitet HS5 – Kinnestabben

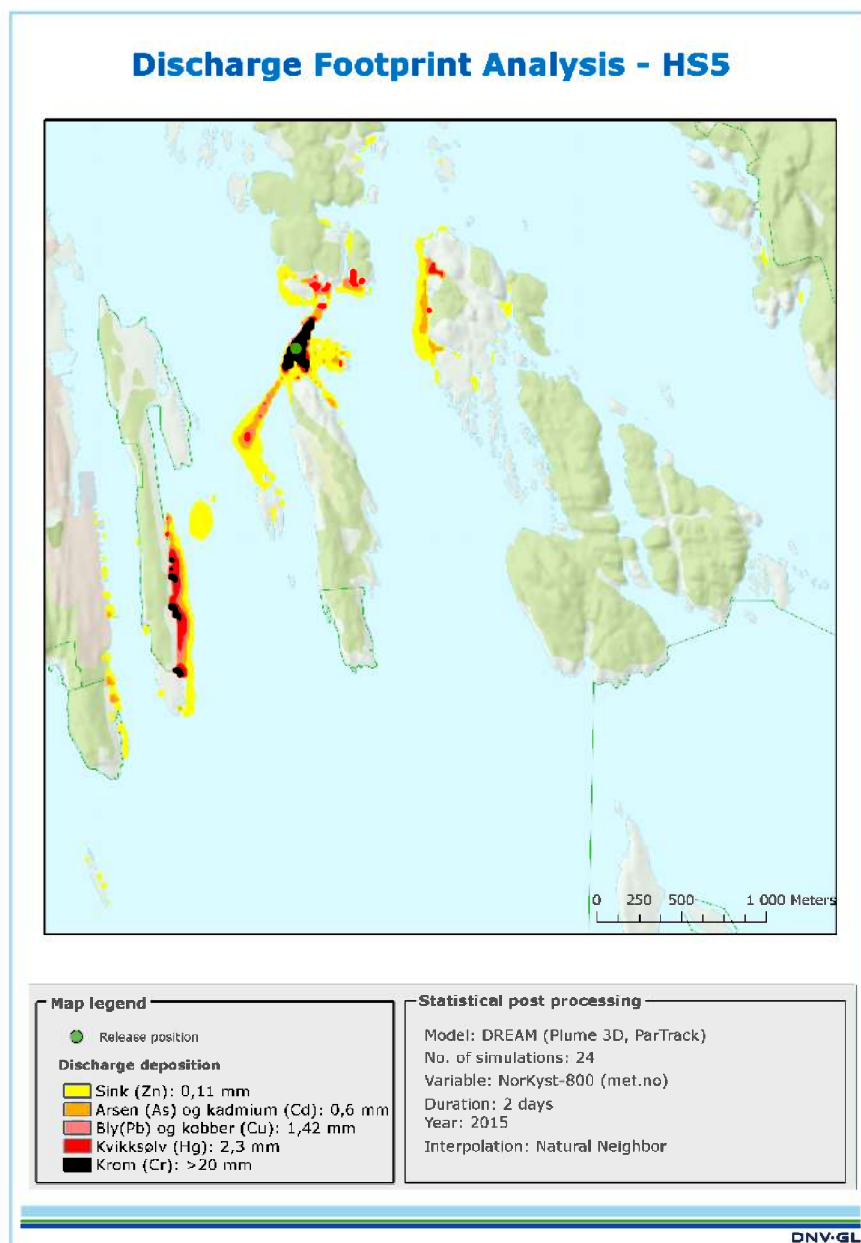
3.8.5.1 Spredning og akkumulering på sjøbunn

I Figur 3-12 er modellert avtrykk på sjøbunnen etter utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på lokalitet HS4 presentert.

Arealer hvor konsentrasjonene av metallene i et 2 cm sedimentsjikt tilsvarer øvre grense i tilstandsklasse II (se Tabell 3-7) eller høyere er vist i Tabell 3-12.

Tabell 3-12 Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere. Arealene angir områder hvor konsentrasjonene tilsvarer en risiko for negative effekter i sediment.

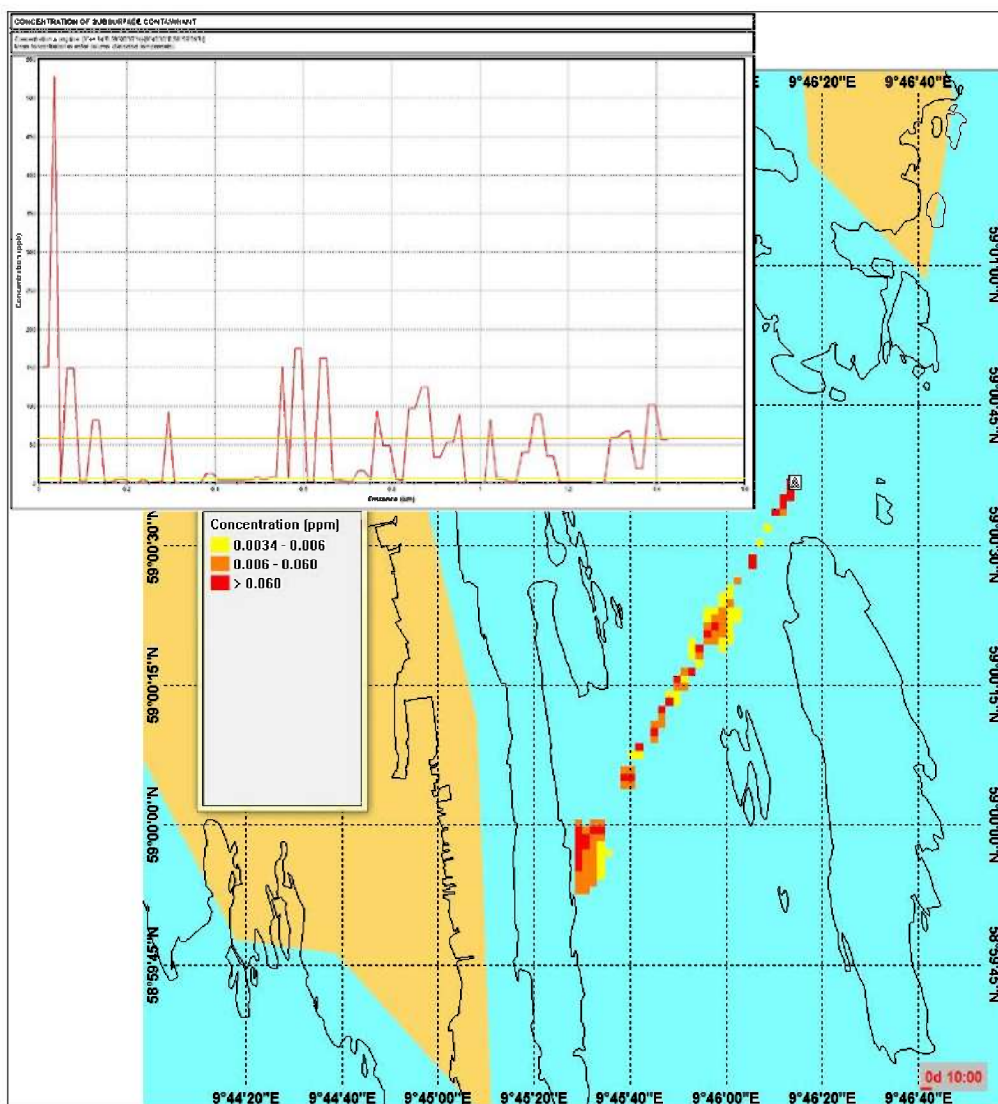
Metall (tykkelsebehandlet avfall i mm)	Areal tilstandsklasse II eller høyere (m ²)
Sink (0,11)	308 375
Arsen og kadmium (0,6)	66 775
Bly og kobber (1,42)	32 950
Kvikksølv 2,3	43 175
Krom og Nikkel (>20)	35 375



Figur 3-12 Utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på punkt HS5: Modellerte arealer hvor konsentrasjonene av de ulike metallene tilsvarer øvre grense tilstandsklasse II eller høyere i et 2 cm tykt sedimentsjikt. Arealene angir områder som tilsvarer en risiko for negative miljøeffekter i sediment.

3.8.5.2 Totalkonsentrasjoner i vannsøylen

Et eksempel på gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink (Zn) i vannsøylen 10 timer etter utslippet av filterkake startet på lokalitet HS5 er vist i Figur 3-13. Influensområdets utstrekning, med totalkonsentrasjoner av sink > 3,4 µg/l, er i størrelsesorden 1600 m med en maksimum gjennomsnittlig konsentrasjon i vannsøylen på 525 µg/l (ppb) og med partikkellommer med varierende konsentrasjoner i influensområdets utstrekning.



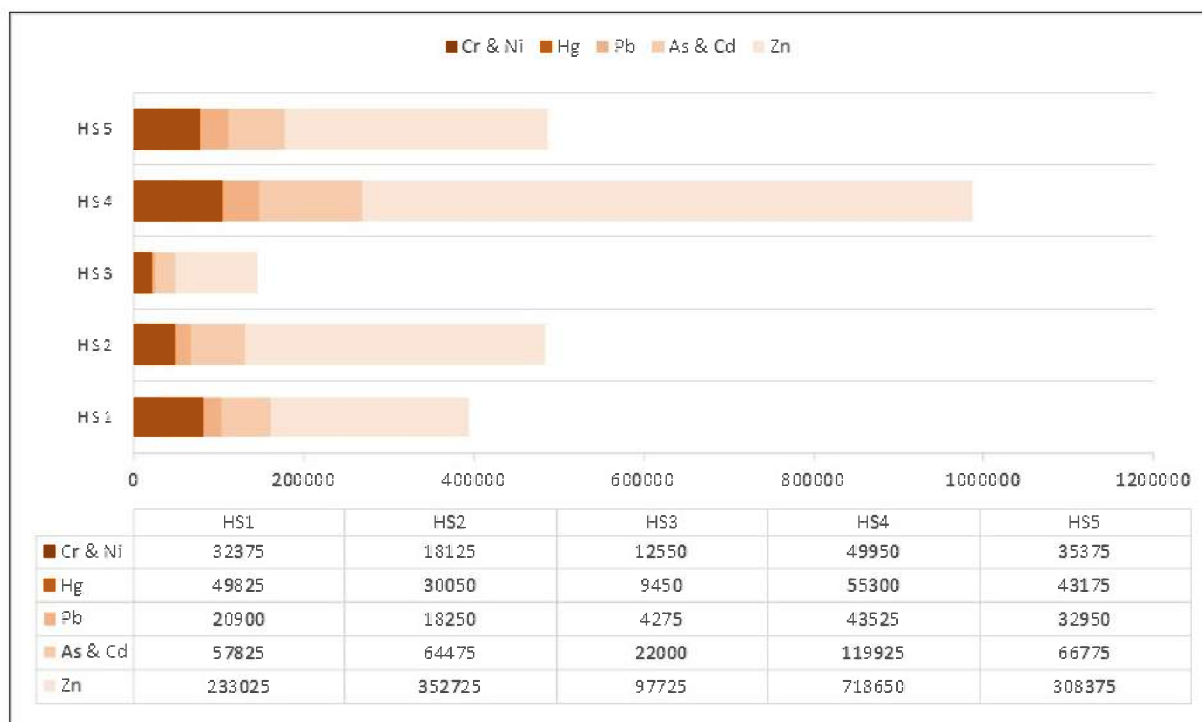
Figur 3-13 Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av sink i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III, mens orange linje angir øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

3.8.6 Oppsummering

Det er modellert utslipp av 4500 tonn behandlet uorganisk farlig avfall på 5 lokaliteter i områder med relativt høy risiko for en skipsulykke under frakt av avfallet inn Grenlandsområdet til Kongekleiv.

Ved en ulykke, hvor det behandlede avfallet går til sjø, viser modelleringsresultatene at i størrelsesorden > 95 % av avfallet vil synke og sedimentere i nærområdet, indikativt 100 – 300 m fra utslippspunktet. Årsaken til dette er at størstedelen (> 90 %) av det behandlede avfallet er relativt store klumper/partikler med høy synkehastighet.

Konsentrasjoner av metaller i det behandlede avfallet er generelt høye og overskrider de konsentrasjonene som forventes å gi negative effekter i henhold til gjeldende veileder (M-608 publisert av Miljødirektoratet). Ved et utslipp vil metallene i avfallet medføre betydelig økte metallkonsentrasjoner i sedimentet. Det er beregnet en konsentrasjon av metallene i et 2 cm sedimentsjikt, der det er modellert at avfallet vil sedimentere ut på sjøbunnen. Det biologiske mest aktive laget er overflatelaget selv om noen dyr også lever dypere i sedimentet. Overflatelaget av sedimentet er vanlig å bruke som utgangspunkt for konsekvensvurderinger. Det største arealet berørt ved en ulykke ved punkt HS4 og det minste ved punkt HS3. For Punkt HS1, HS2 og HS5 er det relativt små forskjeller. Modellert totalareal for utslipp ved HS4 er 1 km² og ved HS3 0,15 km², se Figur 3-14.



Figur 3-14 Sjøbunnsarealer (m²) hvor konsentrasjoner av metaller overskrider grenseverdiene for negative effekter i overflatelaget av sedimentet (0-2 cm) ved utslipp av 4500 tonn filterkake på punkt HS1-HS5.

Generelt vil det under utslippets varighet være relativt høye konsentrasjoner av partikler med relativt høye metallekonsentrasjoner i vannsøylen. Konsentrasjoner og utstrekning av influensområdet vil variere mye avhengig av blant annet rådende strømforhold. Når utslippet opphører, vil konsentrasjonen av partiklene fortynnes raskt og synke ut.

4 MILJØKONSEKVENSVURDERING FOR UTSLIPP AV BEHANDLET AVFALL

Akutte og utilsiktede utslipp av forurenset materiale vil alltid tiltrekke seg oppmerksomhet fra offentligheten. De som bor i nærheten av, og de som bruker området som berøres, er opptatt av hvilke risiko et slikt utslipp vil ha på deres liv og hverdag.

På bakgrunn av resultatene fra sannsynlighetsanalysen og konsekvensanalysen, er det kartlagt sårbare miljøressurser innenfor området som kan påtreffes av forurensning ved en akutthendelse (DNV GL, 2018). De kartlagte miljøressursene er deretter benyttet for å gjøre en vurdering av hvilke risiko et utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall og bunkersolje vil kunne ha på miljøet. Det er sett på verneområder, fiskeområder, fiskeplasser, låssettingsplasser og friluftsområder.

Det har tidligere blitt utført en sannsynlighet- og konsekvensanalyse for frakt av flyveaske og syreslam i bulk inn Oslofjorden og til Langøya (DNV GL, 2015d). I foreliggende analyse er det valgt å inkludere hele seilingsruten fra Langøya til Brevik i sannsynlighetsanalysen, men da innseiling inn Oslofjorden ble dekket i forrige analyse er det nå fokusert på farvannet fra losbordingsfeltet i Langesundsbukta og inn til Kongkleiv i konsekvensanalysen og miljørisikovurderingene.

4.1 Miljøressurser i området

4.1.1 Datagrunnlag

Miljøressursdata i området er hentet fra følgende datakilder:

- Naturbase (Miljødirektoratet)
- Yggdrasil (Fiskeridirektoratet)
- Kystinfo (Kystverket)
- Rødlisten (Artsdatabanken 2015)

4.1.2 Verneområder

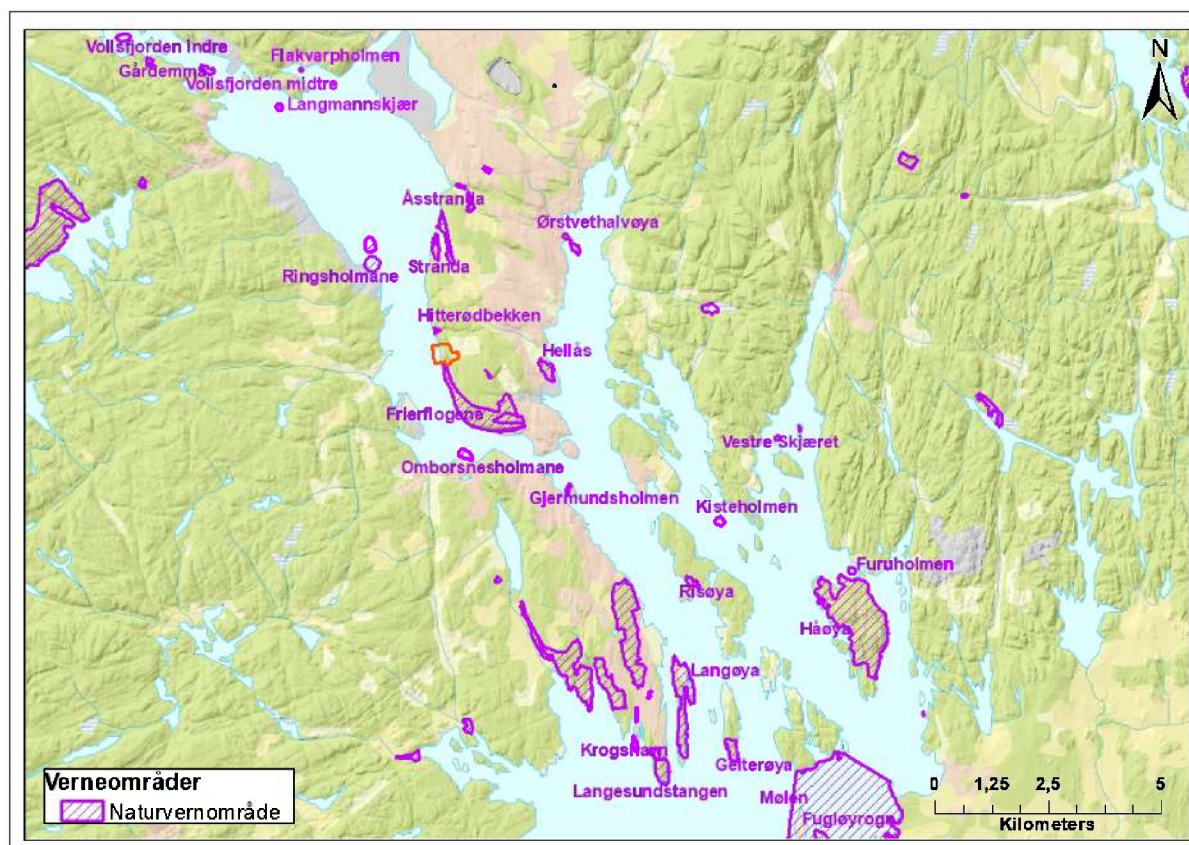
Verneområder rangeres i ulike kategorier, og innenfor analyseområdet finnes flere biotopverneområder, naturreservater, og fugle- og dyrefredningsområder. Følgende verneområder er definert innenfor analyseområdet (se Figur 4-1):

- **Flakvarpholmen biotopvernområde** - Formålet med biotopvernområdet er å beskytte en viktig holme for sjøfugler mot forstyrrelser i hekketiden.
- **Langmannskjær naturreservat** - Formålet med fredningen er å bevare livsmiljøet for plante- og dyrelivet i området, særlig ut fra hensynet til sjøfuglene og deres hekkeplasser.
- **Vollsfjorden midtre fuglefredningsområde** - Formålet med fuglefredningsområdet er å ta vare på fuglelivet og fuglenes livsmiljø knyttet til et viktig hekkeområde for en rekke sjøfuglarter. Viktig hekkelokalitet for fiskemåke.
- **Gårdemma naturreservat** - Formålet med fredningen er å bevare et tilnærmet urørt naturområde med sitt biologiske mangfold i form av naturtyper, økosystemer, arter og naturlige økologiske prosesser.

- **Vollsfjorden indre fuglefredningsområde** - Formålet med fuglefredningsområdet er å ta vare på fuglelivet og fuglenes livsmiljø knyttet til et viktig hekkeområde for en rekke sjøfuglarter. Viktig hekkelokalitet for stormåker, spesielt sildemåke.
- **Ringsholmane dyrefredningsområde** - Formålet med fuglefredningsområdet er å ta vare på fuglelivet og fuglenes livsmiljø knyttet til et viktig hekkeområde for en rekke sjøfuglarter.
- **Åsstranda naturreservat** - Formålet med fredningen er å bevare en forekomst av alm-lindeskog som er tilnærmet uberørt.
- **Stranda naturreservat** - Formålet med fredningen er å bevare et område med sitt biologiske mangfold i form av spesielle naturtyper, økosystemer, arter og naturlige økologiske prosesser.
- **Hitterødbekken naturreservat** - Hitterødbekken naturreservat har særskilt vitenskapelig verdi som referanseområde, og er egenartet i sin form av kystnær alm-lindeskog og med en bekkekløft med funn av flere nasjonalt sett sjeldne vårfluearter.
- **Frierflogene naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare et område med en rekke verdifulle og representative vegetasjons- typer, interessante geologiske forhold og et landskap som er egenartet og av stor verdi for forskning og undervisning.
- **Omborsnesholmane naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare livsmiljøet for sjøfugl og plante- og dyrelivet. Hekkeplass for sjøfugl, med fredselsforbud 15.april til 15.juli.
- **Gjermundsholmen naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare et tilnærmet urørt naturområde med sitt biologiske mangfold i form av naturtyper, økosystemer, arter og naturlige økologiske prosesser. Området har særskilt vitenskapelig verdi som referanseområde og er egenartet i form av lavvegetasjon, havstrand og kalktørrenger med flere sjeldne plantearter.
- **Hellås naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare et tilnærmet urørt naturområde med sitt biologiske mangfold i form av naturtyper, økosystemer, arter og naturlige økologiske prosesser. Området har også særskilt vitenskapelig verdi som referanseområde og er egenartet i form av kalkfuruskog og kalktørrberg/kalktørreng med sjeldne plantearter og funn av flere sjeldne biller tilknyttet skogbunn og død ved. Området har spesiell fauna av årevinger og sommerfugler.
- **Ørstvethalvøya plante- og dyrefredningsområde** - Formålet med fredningen er å bevare en forekomst med sjeldne planter og dyr og deres livsmiljø. Området har lavvegetasjon, kalkfuruskog og kalktørrberg/kalktørreng med flere sjeldne plantearter. I tillegg har området betydning for å bevare artsmangfoldet av sjeldne lavararter på nasjonalt nivå, samt sjeldne insektarter.
- **Kisteholmen biotopvernområde** - Formålet med biotopvernområdet er å beskytte en viktig holme for sjøfugler mot forstyrrelser i hekketiden.
- **Risøya plantefredningsområde** - Formålet med fredningen er å bevare en forekomst med sjeldne planter og deres livsmiljø. Området har velutviklede strandenger og strandsumper med stor artsrikdom.
- **Vestre Skjæret naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å ta vare på livsmiljøet for sjøfugl, plante- og dyreliv. Hekkeplass for sjøfugl med ferdselsforbud 15.april til 15.juni.
- **Håøya naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare et skogområde som økosystem med alt naturlig plante- og dyreliv. Av spesielle kvaliteter kan nevnes at området er

kystnært med stor variasjon av lite påvirkete skogtyper, blant annet den sørligst forekommende spontane bøkeskog i landet.

- **Furuholmen naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare livsmiljøet for plante- og dyrelivet i området, særlig ut fra hensynet til sjøfuglene og deres hekkeplasser. Hettemåker og fiskemåker dominerer.
- **Langøya landskapsvernområde med dyre- og plantelivsfredning** - Formålet med vernet er å bevare et vakkert og egenartet kystlandskap med kalkfuruskog, kalkbergvegetasjon, kalktørrenger og havstrandvegetasjon, med et stort antall kravfulle og sjeldne plante- og insektarter.
- **Geiterøya naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare en uvanlig stor og konsentrert forekomst av barlind.
- **Langesundstangen naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare en viktig lokalitet for forståelse av Oslofeltets fossilførende bergarter og et skogområde som økosystem med alt naturlig plante- og dyreliv.
- **Mølen dyrefredningsområde** - Formålet med fuglefredningsområdet er å ta vare på Viktig trekk- og overvintringsområde for vannfugl.
- **Fugløyrogn naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare livsmiljøet for plante- og dyrelivet i området, særlig ut fra hensynet til sjøfuglene og deres hekkeplasser. Øya ligger innenfor Mølen dyrefredningsområde.
- **Krogshavn naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare livsmiljøet for plante- og dyrelivet i området, særlig ut fra hensynet til sjøfuglene og deres hekkeplasser.



Figur 4-1 Verneområder og naturreservat med tilknytning til sjø innenfor analyseområdet (Naturbase). Lokasjon for utredningsområdet over bakken er også vist i figuren med rød strek.

4.1.3 Fisk og fiskeri

Det er ikke registrert gytefelt for kysttorsk, gyteområder, oppvekst og beiteområder eller fiskeplasser i Frierfjorden (Fiskeridirektoratet, 2018) (se Figur 4-2). Nærmeste gytefelt for kysttorsk er i Ormerfjorden og Langangsfjorden. Utenfor Frierfjorden er det mange fiskeplasser både for passive og aktive redskap.

Kartleggingen av gytefelt for kysttorsk skjer gjennom en kombinasjon av intervjuundersøkelser og verifisering i felt gjennom blant annet egg-tellinger og undersøkelser av kjønnsmodning av fisk fanget i aktuelle områder. I hovedsak er det Fiskeridirektoratet som har gjennomført intervjuundersøkelser med fiskere og Havforskningsinstituttet som har foretatt verifisering. Ved verdisetting benyttes et system med inndeling i tre klasser; A, B og C, der A=svært viktig, B=viktig og C=lokalt viktig.

Gytefelt kysttorsk:

- Ormerfjorden (Middels viktig gytefelt) BM verdi C, gytefeltverdi 2
- Langangsfjorden – Eggholmene (Mindre viktig gytefelt) BM verdi C, gytefeltverdi 1

Gyteområder er samlet inn av Fiskeridirektoratets regionskontor basert på intervju av i hovedsak fiskere. For å bli registrert som gyteområde har fiskerne rapportert å ha fått fisk med rennende rogn eller beskriver områder hvor det ved visuell observasjon er registrert fiskerogn på havbunnen (for eksempel silderogn).

Gyteområder:

- Ormerfjorden, kilde Langesund fiskerlag 25.5.2012, lokal bruk

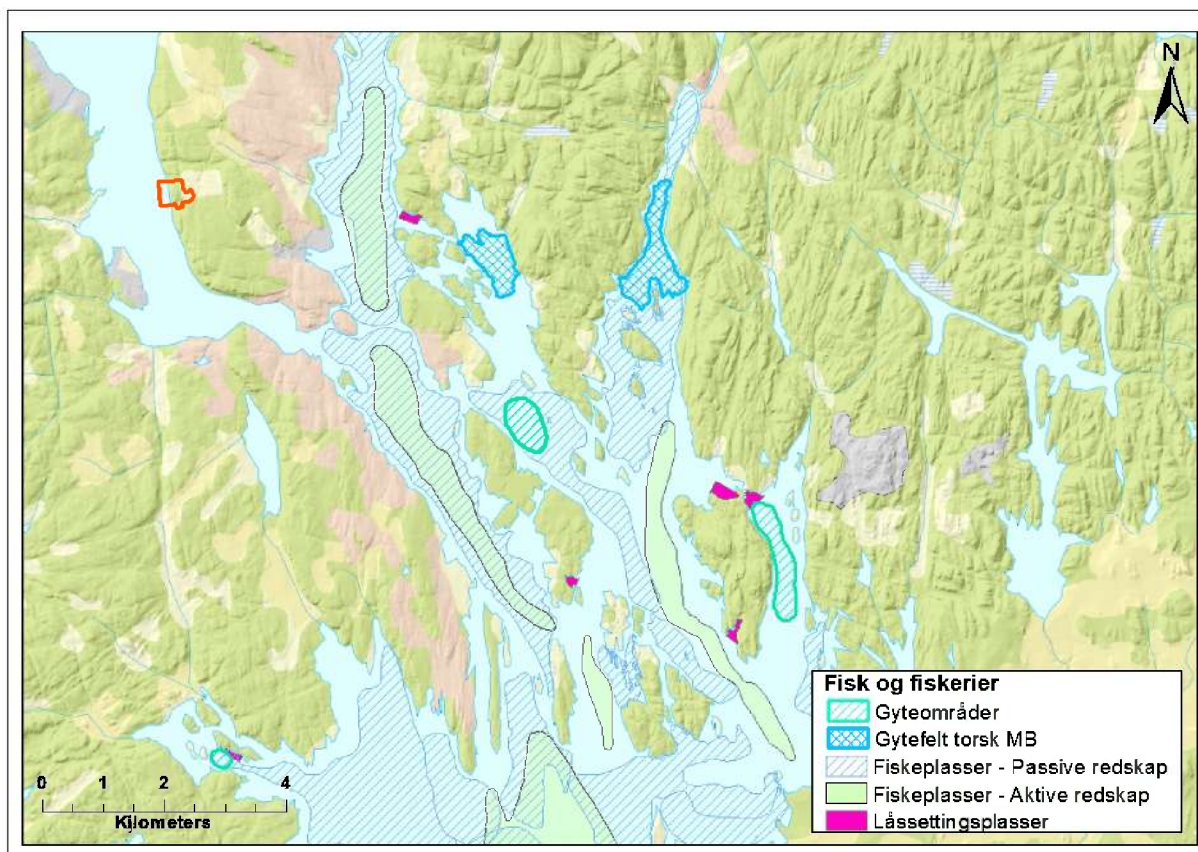
- Mørjefjorden, kilde Langesund fiskerlag 25.2.2012, lokal bruk
- Mølen, kilde Fiskerlag og fisker 1.1.2011.

Områder definert som fiskeplasser hvor det drives eller har vært drevet yrkes-, fritids- og eller turistfiske med aktive og passive redskaper, og som kan påregnes brukt i fremtiden er også vist i Figur 4-2. Eksempler på aktive redskap er snurrevad, snurpenot eller reketrål, og eksempler på passive redskap er garn og line (Fiskeridirektoratet, 2018). Data blir samlet inn av Fiskeridirektoratets regionskontorer basert på intervju med i hovedsak fiskere og fiskerlag.

En låssettingsplass er definert som en plass nær strandlinjen hvor topografiske og hydrografiske forhold er slik at et notsteng kan låssettes der, dvs fisken kan oppbevares i noten/innhengningen til den er klar for omsetning. En låssettingsplass karakteriseres av at den er godt skjermet for vær og vind, ikke har for mye strøm og har tilstrekkelig dybde, oksygen og saltholdighet. Data blir samlet inn av Fiskeridirektoratets regionkontor basert på intervju med i hovedsak fiskere.

Alle datasett for gytefelt, gyteområder, fiskeplasser og låssettingsplasser er under kontinuerlig utarbeiding og det legges ut data fra nye områder etter hvert som de er registrert og kvalitetssikret.

Det er ikke registrerte akvakulturlokasjoner i analyseområdet (Fiskeridirektoratet/Naturbase).



Figur 4-2 Gytefelt for kysttorsk, gyteområder og oppvekst og beiteområder innenfor analyseområdet. Figuren viser også fiskeplasser for aktive og passive redskaper innenfor analyseområdet (Fiskeridirektoratet/HI). Lokasjon for utredningsområdet over bakken er også vist i figuren med rød strek.

4.1.4 Friluftsliv

Det er ikke definert sikrede friluftsområder eller kartlagte friluftsområder i Frierfjorden. Det er derimot definert sikrede friluftsområder i Breviksfjorden og Eidangerfjorden (Figur 4-3). De nærmeste definerte friluftsområdene er:

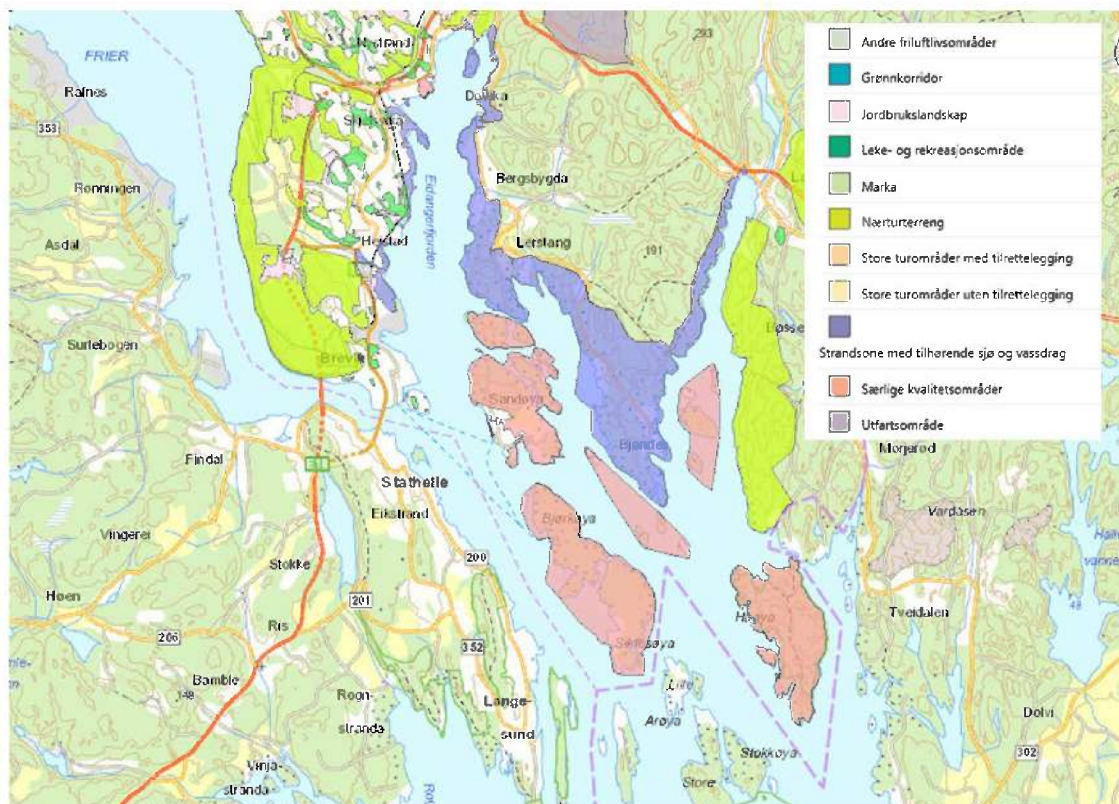
- **Kattøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en uregistrert brukergruppe og bruksfrekvens.
- **Olavsberget** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en uregistrert brukergruppe og bruksfrekvens.
- **Røtuaåsen** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Mule Varde** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Røra/Strandjordet** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret, har en regional brukergruppe og svært høy bruksfrekvens.
- **Brønnstadbukta** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Ulesundeiendommen** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en uregistrert brukergruppe og bruksfrekvens.
- **Dikken/Sandøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Sildevika** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Siktesøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Veaholmen** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Bukkøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med lav bruksfrekvens.
- **Lille Bukkøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Rognlia** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert brukerfrekvens.
- **Håøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med høy bruksfrekvens.
- **Ødegården** ligger i Larvik kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med svært høy bruksfrekvens.
- **Stokksund** ligger i Larvik kommune. Området er statlig sikret og har en lokal brukergruppe med lav bruksfrekvens.

- **Tangen fort** ligger i Bamble kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Krogshavn** ligger i Bamble kommune. Området er statlig sikret og med uregistrert bruksfrekvens.
- **Jypleviktangen** ligger i Bamble kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.



Figur 4-3 Statlig sikrede friluftsområder (Naturbase) i analyseområdet. Lokasjon for utredningsområdet over bakken er også vist i figuren med rød strek.

Figur 4-4 viser også registrert bruk av området for fritidsaktivitet og rekreasjon. Kongkleiv ligger ved en bratt fjellskrent der kaianlegget til NOAH er planlagt som en flytekai festet til den rette fjellskrenten der tunnellen fra Dalen gruve kommer ut. Området er vanskelig tilgjengelig og har mangel på infrastruktur, og området for den planlagte kaien har derfor kun tilgang fra sjøsiden. Planområdet ligger innenfor den trafikkerte seilingsleden som går inn til industriområdene lenger inn i Frierfjorden, og det er ingen småbåthavner i den delen av fjorden der planområdet ligger. På toppen av skrenten ligger Frierflogene, et naturvernområde som benyttes som nærturterreng.

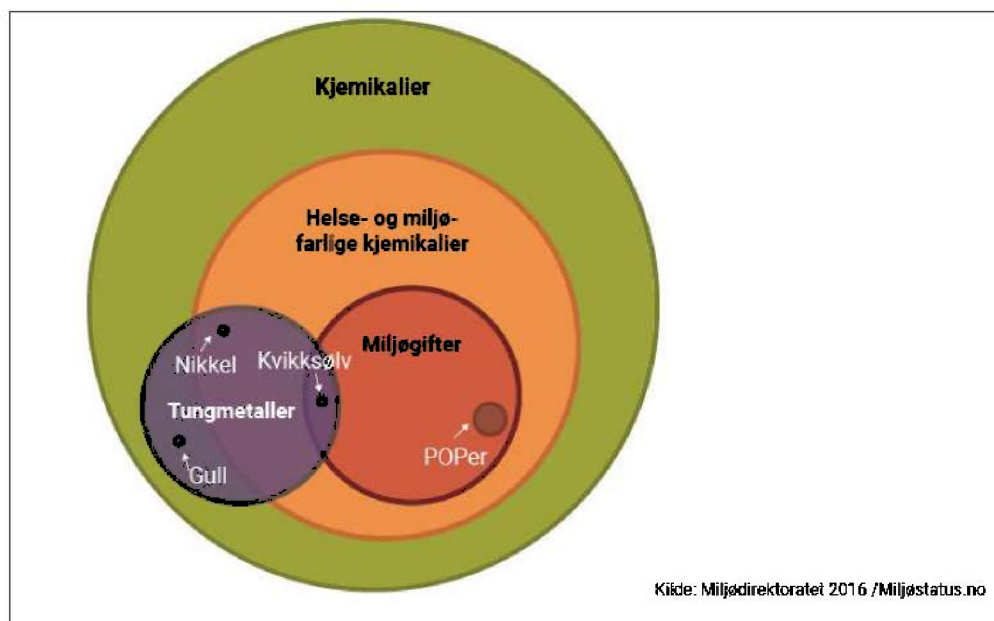


Figur 4-4 Andre kartlagte friluftsområder (Naturbase).

4.2 Tungmetaller

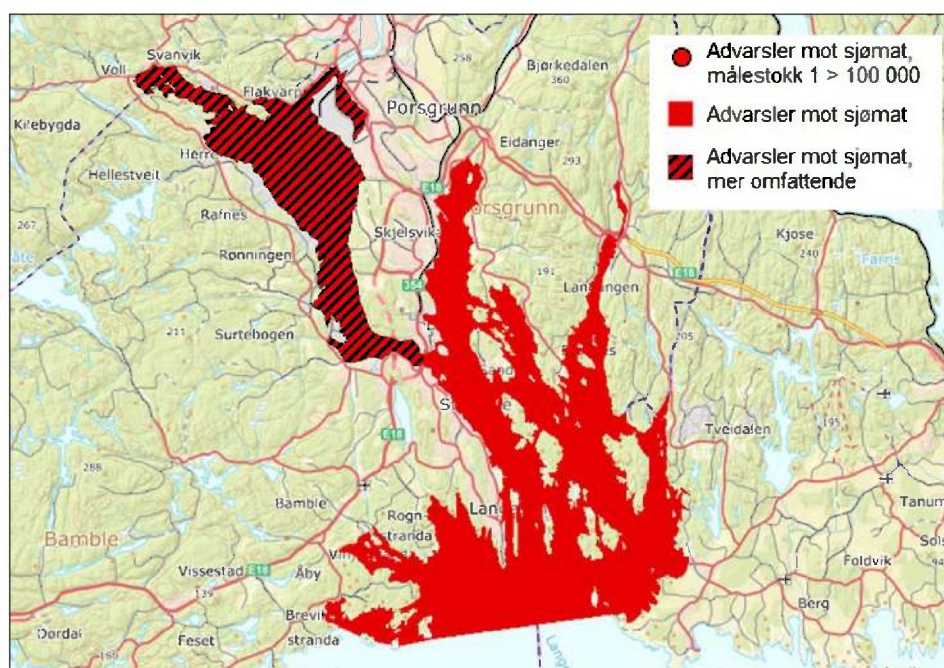
Tungmetaller er definert som metaller med tetthet $>5 \text{ g/cm}^3$, det vil si fem ganger større tetthet enn vann. Noen tungmetaller fungerer som mikronæringsstoffer, men kan være giftige i høye konsentrasjoner. Andre tungmetaller er miljøgifter og har negative effekter på både helse og miljø, f.eks. bly, kadmium, kvikksølv og krom, men andre tungmetaller igjen, som gull, ikke regnes som giftig. Figur 4-5 viser sammenhengen mellom kjemikalier og miljøskadelige kjemikalier, og at noen grupper (som tungmetaller) kan opptre i flere kjemikaliegrupper.

Kunnskapen om effekter av miljøgifter og andre forurensninger på naturen har økt sterkt fra problemet ble oppdaget på 1960-tallet og fram til i dag. Miljøgifter er kjemiske stoffer som enten er syntetiske og derfor ikke forekommer naturlig, eller naturlig forekommende stoffer som slippes ut i sterkt oppkonsentrert form. Nesten uten unntak har kjemiske stoffer som fanges opp av økosystemet, som miljøgifter og annen forurensning direkte negativ effekt på alle organismer. Miljøgifter kan imidlertid virke på organismene på mange ulike måter. Fordi mange miljøgifter ikke forekommer naturlig, finnes heller ikke effektive prosesser for å bryte dem ned. Derfor akkumuleres de i organismene, sterkere og sterkere desto høyere opp i næringskjedene man kommer. Bioakkumulerte miljøgifter kan gi store utslag for dyr som lever av dyr, mens de (i de mengdene de forekommer i norsk natur) ikke har noen effekt på planter og dyr på lavere trofiske nivåer (planteetere).



Figur 4-5 Sammenhengen mellom kjemikalier og miljøskadelige kjemikalier. Størrelsen på sirklene viser ikke det reelle størrelsesforholdet mellom kjemikaliegruppene. POP står for persistente organiske miljøgifter.

Mattilsynet advarer mot å spise selvfanger fisk og skalldyr fra rundt 30 forurensede fjorder, havner og innsjøer. Grenlandsfjordene er underlagt kostholdsråd fra Mattilsynet (Figur 4-6). Kostholdsrådet er hovedsakelig basert på forurensning av klorerte forbindelser og særlig dioksiner, men kan også gjelde tungmetaller. For Frierfjorden er det enda mer omfattende advarsler på grunn av den veldig dårlige tilstanden i fjorden.



Figur 4-6 Advarsler mot fisk og sjømat fra forurensede områder (Miljøstatus.no, 2013).

4.3 Vurdering av miljøkonsekvenser gitt et utslipp av behandlet avfall til sjø

Basert på risikoanalysen av skipstrafikk inn Grenlandsfjorden og inn til Kongkleiv er det identifisert områder med høyere sannsynlighet for grunnstøting enn ellers langs seilingsleden. Tentativt kan en grunnstøting eller kollisjon skje på ulike geografiske lokaliteter ved innseilingen til Brevik, noe som har betydning for hvordan et utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall vil spre seg og synke ut i sjøen. Det er derfor valgt ut fem lokasjoner (se Figur 3-5) som er modellert med tanke på utslipp til sjø av det behandlede avfallet. Det er viktig å merke seg at det ikke samtidig vil skje en skipsulykke i alle fem punktene, men at de fem punktene er modellert med tanke på å representere mulige hendelser i hele innseilingen i Grenlandsfjordene.

Influensområdene fra modelleringene er i foreliggende kapittel vist for hver lokasjon sammen med kartlagte sårbare områder i Grenlandsfjordene. Den største delen av det behandlede avfallet som går til sjø vil synke til bunns basert på partikkelstørrelse (Tabell 3-3), men den finere fraksjonen vil kunne spres med strømmen til andre områder.

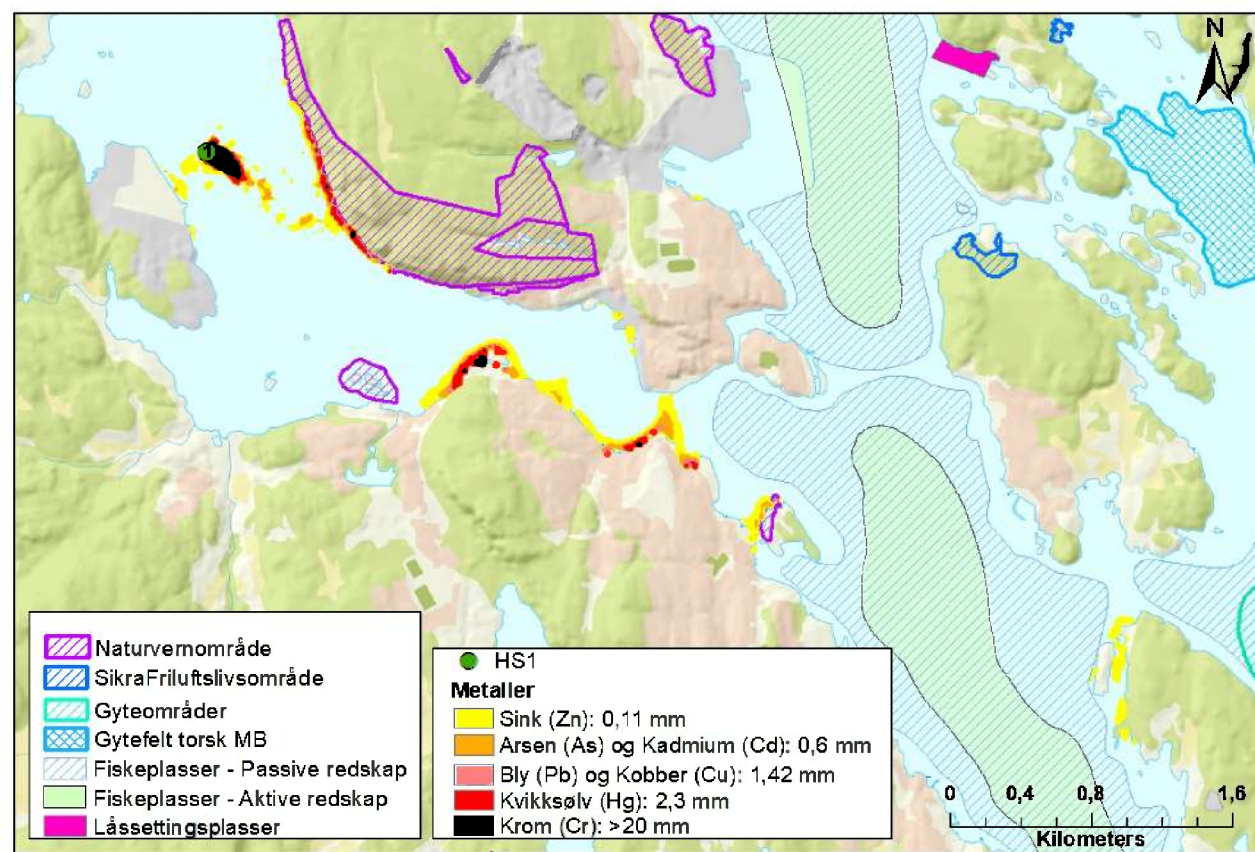
4.3.1 Lokalitet HS1 – Frierfjorden

Ved et akutt utslipp i lokalitet Frierfjorden (HS1) vil det kunne spres partikler og metaller (tilsvarende øvre grense for tilstandsklasse II eller høyere) til to definerte naturvernområder, Frierflogene naturreservat og Gjermundsholmen naturreservat (Figur 4-7). De to naturreservatene er vernet for å bevare skog og landskap og er ikke definert på bakgrunn av marine interesser.

- **Frierflogene naturreservat** - Formålet med naturreservatet er å bevare et område med en rekke verdifulle og representative vegetasjons- typer, interessante geologiske forhold og et landskap som er egenartet og av stor verdi for forskning og undervisning.
- **Gjermundsholmen naturreservat** – Formålet med naturreservatet er å bevare et tilnærmet urørt naturområde med sitt biologiske mangfold i form av naturtyper, økosystemer, arter og naturlige økologiske prosesser. Området har særskilt vitenskapelig verdi som referanseområde og er egenartet i form av lavvegetasjon, havstrand og kalktørrenger med flere sjeldne plantearter.

En grunnstøtingshendelse med utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall til sjø vil i tillegg til potensiell spredning av metaller, kunne ha en lokal påvirkning på området som følge av bergings- og oppryddingsarbeid i etterkant av hendelsen. En slik operasjon vil være tidsbegrenset, og vil erfaringsmessig vare fra noen uker til måneder avhengig av omfanget av operasjonen.

HS1



Figur 4-7 De ulike miljøressursene (verneområder, fisk, fiskeplasser og friluftsliv) sammen med modellert spredningsavstand av metaller fra behandlet uorganisk farlig avfall (fra konsekvensanalysen). Modelleringen er gjennomført for lokasjon 1 Frierfjorden (HS 1).

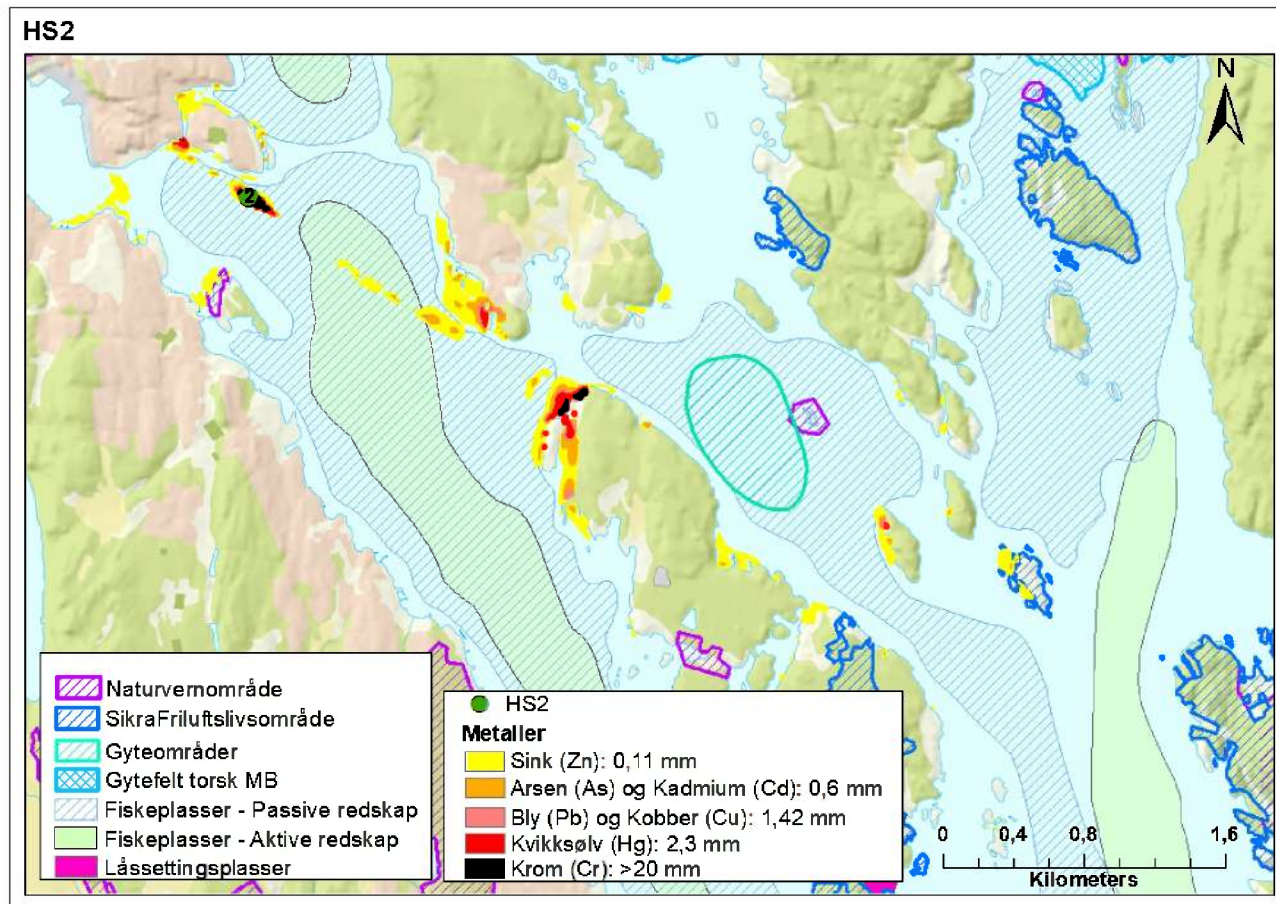
4.3.2 Lokalitet HS2 – Blokkhustangen

Ved et akutt utslipp i lokalitet Blokkhustangen (HS2) vil det kunne spres partikler og metaller (tilsvarende øvre grense for tilstandsklasse II eller høyere) til et definert naturvernomsråde, Gjermundsholmen naturreservat og til et sikret friluftslivsomsråde, Veaholmen (Figur 4-8). Naturreservatet er vernet for å bevare skog og landskap og er ikke definert på bakgrunn av marine interesser. Friluftsområdet er statlig sikret og bruken er regional.

- **Gjermundsholmen naturreservat** – Formålet med naturreservatet er å bevare et tilnærmet urørt naturområde med sitt biologiske mangfold i form av naturtyper, økosystemer, arter og naturlige økologiske prosesser. Området har særskilt vitenskapelig verdi som referanseområde og er egenartet i form av lavvegetasjon, havstrand og kalktørrenger med flere sjeldne plantearter.
- **Veaholmen** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.

Deler av definerte fiskeplasser for både passive og aktive redskaper kan berøres gitt at et utslipp skjer ved Blokkhustangen.

En grunnstøtingshendelse med utslipp av behandlet avfall til sjø vil i tillegg til potensiell spredning av metaller, kunne ha en lokal påvirkning på området som følge av bergings- og oppryddingsarbeid i etterkant av hendelsen. En slik operasjon vil være tidsbegrenset.

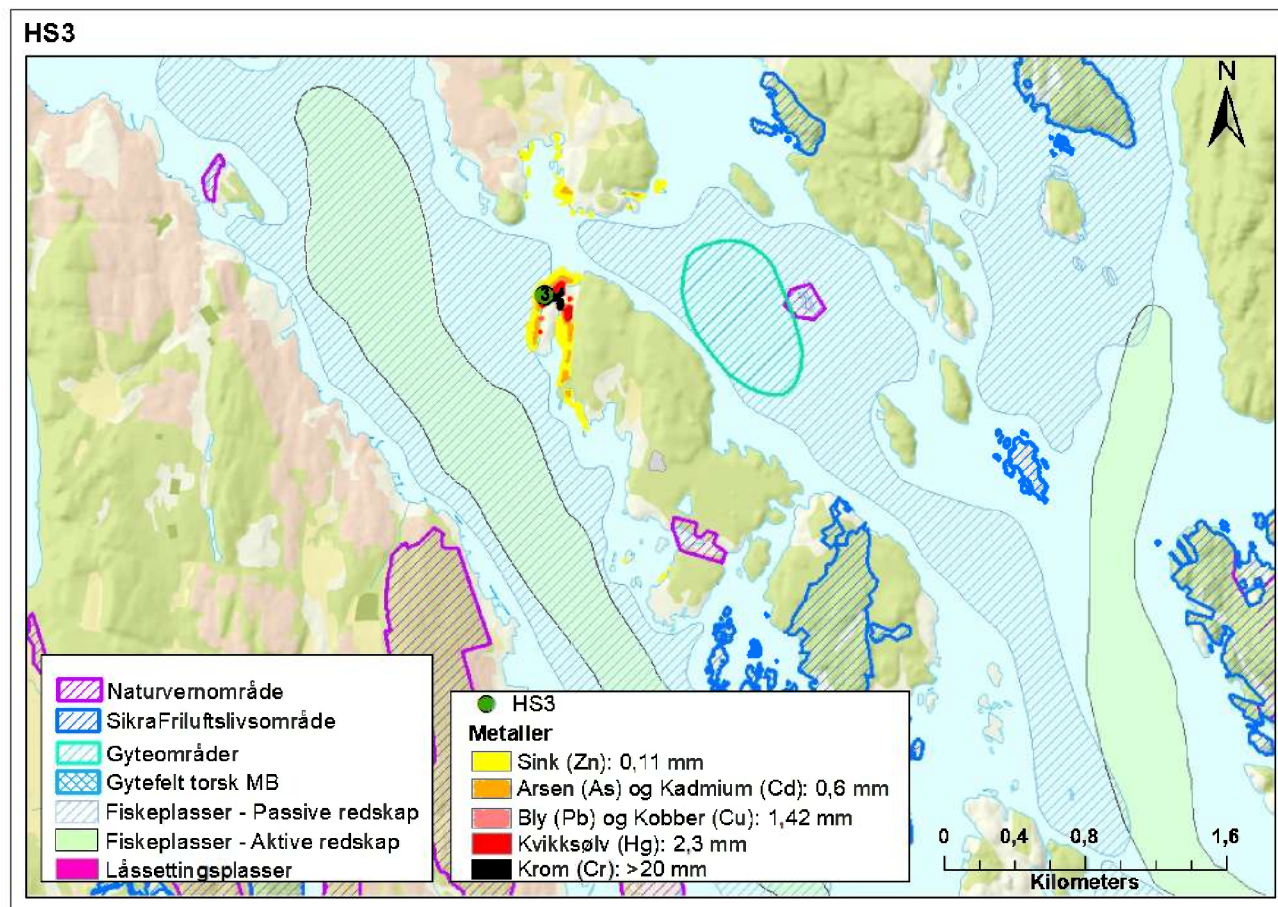


Figur 4-8 De ulike miljøressursene (verneomsråder, fisk, fiskeplasser og friluftsliv) sammen med modellert spredningsavstand av metaller fra behandlet uorganisk farlig avfall (fra konsekvensanalysen). Modelleringen er gjennomført for lokasjon 2 Blokkhustangen (HS 2).

4.3.3 Lokalitet HS3 – Bjørkøya

Ved et akutt utslipp i lokalitet Bjørkøya (HS3) vil det kunne spres partikler og metaller (tilsvarende øvre grense for tilstandsklasse II eller høyere) til definerte fiskeplasser for både passive og aktive redskaper (Figur 4-9).

En grunnstøtingshendelse med utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall til sjø vil i tillegg til potensiell spredning av metaller, kunne ha en lokal påvirkning på området som følge av bergings- og oppryddingsarbeid i etterkant av hendelsen. En slik operasjon vil være tidsbegrenset.



Figur 4-9 De ulike miljøressursene (verneomsråder, fisk, fiskeplasser og friluftsliv) sammen med modellert spredningsavstand av metaller fra behandlet uorganisk farlig avfall (fra konsekvensanalysen). Modelleringen er gjennomført for lokasjon 3 Bjørkøya (HS 3).

4.3.4 Lokalitet HS4 – Hydal

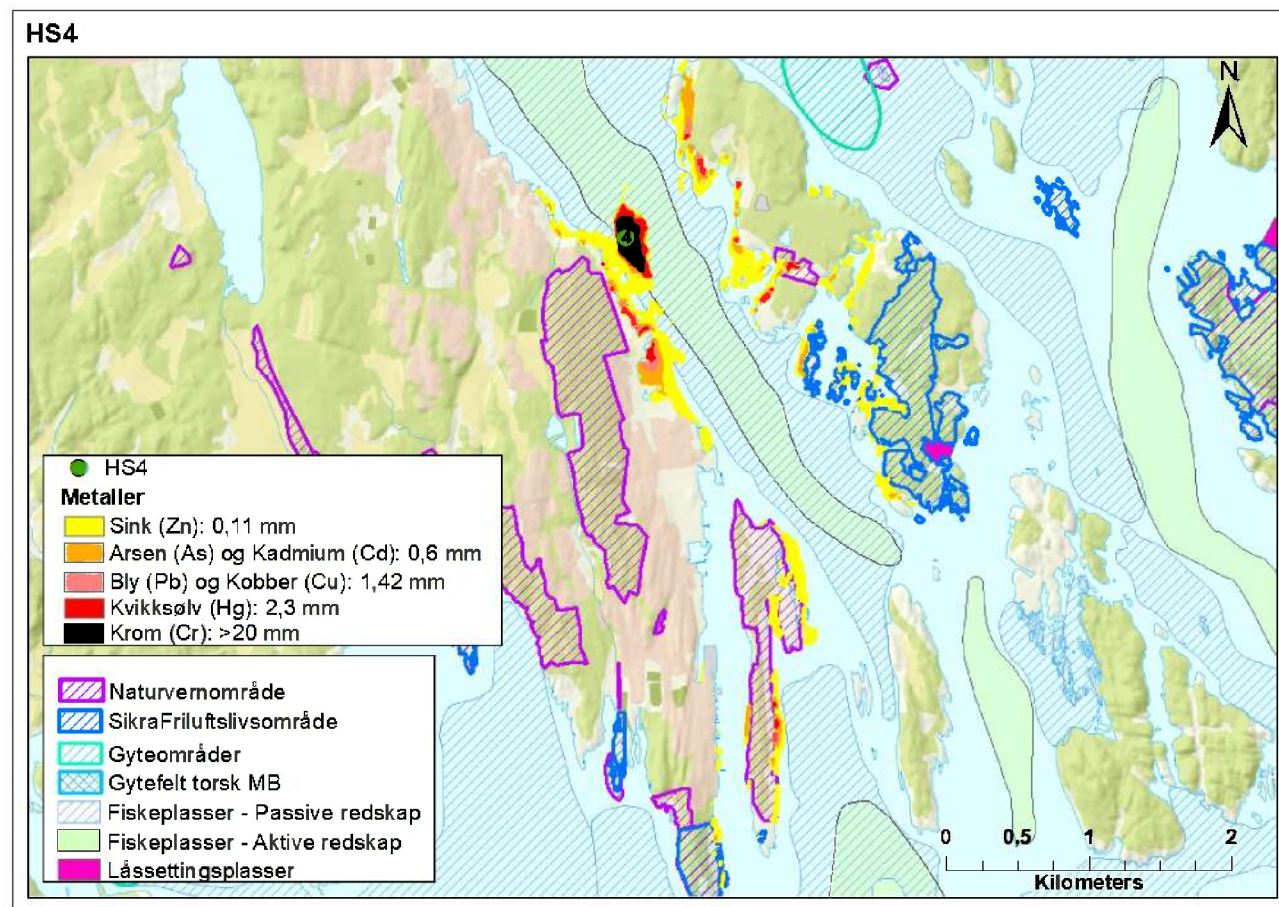
Ved et akutt utslipp i lokalitet Hydal (HS4) vil det kunne spres partikler og metaller (tilsvarende øvre grense for tilstandsklasse II eller høyere) til to definerte dyre- og plantefredningsomsråder, Risøya plantefredningsomsråde og Langøya landskapsvernområde med dyre- og plantefredning, og to sikrede friluftsområder; Siktesøya og Tangen fort (Figur 4-10). De to omsrådene er vernet for å bevare planter og insekter og er ikke definert på bakgrunn av marine interesser. Friluftsområdene er statlig sikret og bruken er regional.

- **Risøya plantefredningsomsråde** - Formålet med fredningen er å bevare en forekomst med sjeldne planter og deres livsmiljø. Omsrådet har velutviklete strandenger og strandsumper med stor artsrikdom.
- **Langøya landskapsvernområde med dyre- og plantelivsfredning** - Formålet med vernet er å bevare et vakkert og egenartet kystlandskap med kalkfuruskog, kalkbergvegetasjon, kalktørrenger og havstrandvegetasjon, med et stort antall kravfulle og sjeldne plante- og insektarter.
- **Siktesøya** ligger i Porsgrunn kommune. Omsrådet er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.

- **Tangen fort** ligger i Bamble kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.

Deler av definerte fiskeplasser for både passive og aktive redskaper kan berøres gitt at et utslipp skjer ved Hydal.

En grunnstøttingshendelse med utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall til sjø vil i tillegg til potensiell spredning av metaller, kunne ha en lokal påvirkning på området som følge av bergings- og oppryddingsarbeid i etterkant av hendelsen. En slik operasjon vil være tidsbegrenset.



Figur 4-10 De ulike miljøressursene (verneområder, fisk, fiskeplasser og friluftsliv) sammen med modellert spredningsavstand av metaller fra behandlet uorganisk farlig avfall (fra konsekvensanalysen). Modelleringen er gjennomført for lokasjon 4 Hydal (HS 4).

4.3.5 Lokalitet HS5 – Kinnestabben

Ved et akutt utslipp i lokalitet Kinnestabbel (HS5) vil det kunne spres partikler og metaller (tilsvarende øvre grense for tilstandsklasse II eller høyere) til et definert dyre- og plantefredningsområde, Langøya landskapsvernområde med dyre- og plantefredning, og to sikrede friluftsområder; Siktesøya og Tangen fort (Figur 4-11). Langøya er vernet for å bevare planter og insekter og er ikke definert på bakgrunn av marine interesser. Friluftsområdene er statlig sikret og bruken er regional.

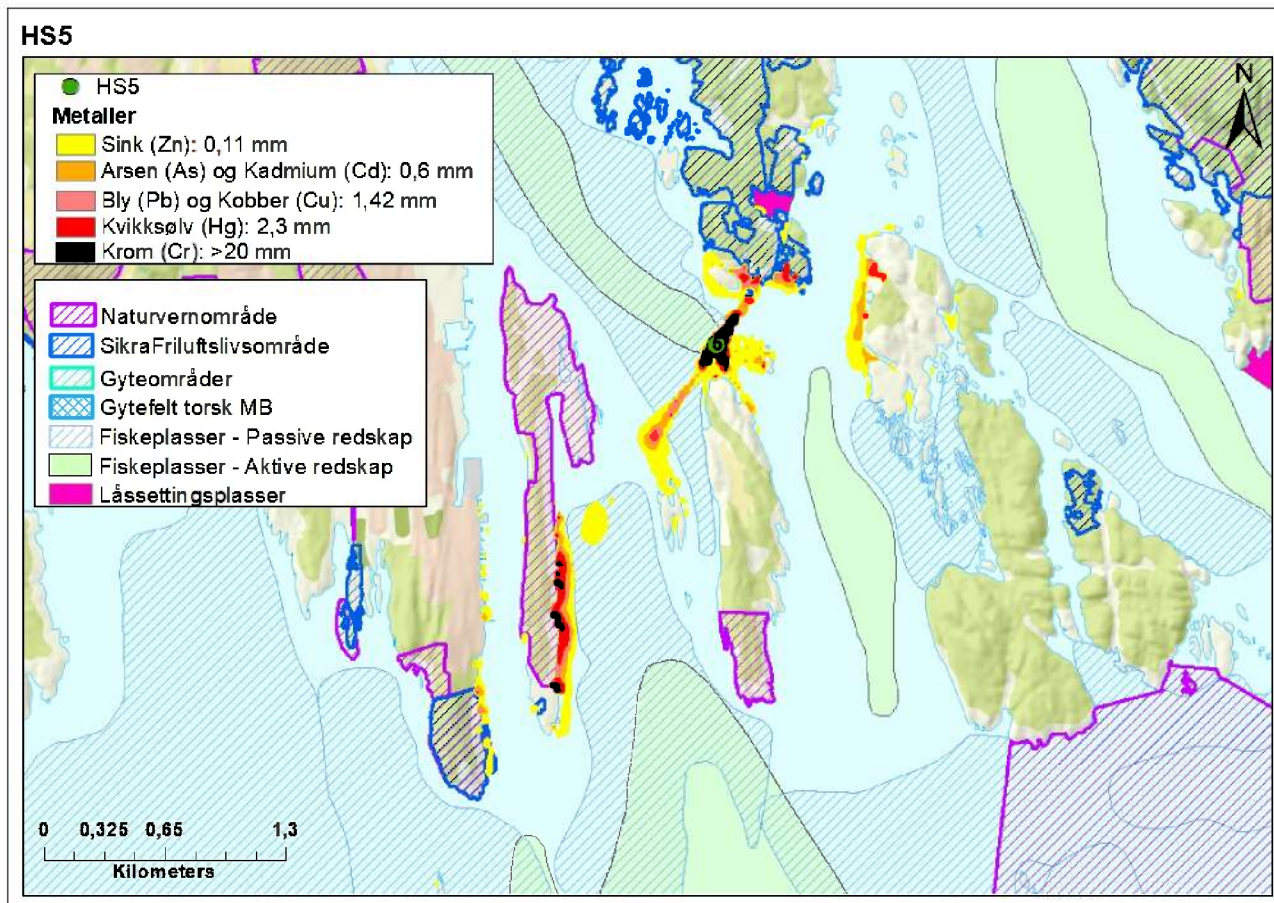
- **Langøya landskapsvernområde med dyre- og plantelivsfredning** - Formålet med vernet er å bevare et vakkert og egenartet kystlandskap med kalkfuruskog, kalkbergvegetasjon,

kalktørrenger og havstrandvegetasjon, med et stort antall kravfulle og sjeldne plante- og insektarter.

- **Siktesøya** ligger i Porsgrunn kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.
- **Tangen fort** ligger i Bamble kommune. Området er statlig sikret og har en regional brukergruppe med uregistrert bruksfrekvens.

Deler av definerte fiskeplasser for både passive og aktive redskaper kan berøres gitt at et utslipp skjer ved Kinnestabben. Det er også en låssettingsplass som vil kunne berøres.

En grunnstøtingshendelse med utslipp av behandlet uorganisk farlig avfall til sjø vil i tillegg til potensiell spredning av metaller, kunne ha en lokal påvirkning på området som følge av bergings- og oppryddingsarbeid i etterkant av hendelsen. En slik operasjon vil være tidsbegrenset.



Figur 4-11 De ulike miljøressursene (verneomsråder, fisk, fiskeplasser og friluftsliv) sammen med modellert spredningsavstand av metaller fra behandlet uorganisk farlig avfall (fra konsekvensanalysen). Modelleringen er gjennomført for lokasjon 5 Kinnestabben (HS 5).

4.4 Oppsummering miljøkonsekvenser

Ved vurderinger av effekter i miljøet er det vanlig å vurdere det såkalte PEC/PNEC forholdet, hvor PEC er den beregnede konsentrasjonen av et stoff i miljøet (Predicted Environmental Concentration). PNEC-verdier er ikke organismespesifikke. Det betyr at de må forstås som en generell (global) verdi for alle organismene i et økosystem. Videre settes PNEC-verdiene for å gi en beskyttelse av 95 % av artene, som betyr at 5 % av artene kan påvirkes av konsentrasjoner tilsvarende $PEC/PNEC = 1$.

Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (M-608) angir klassegrensene for ulike stoffer og elementer. Klassegrensene i veilederen er basert på effekter hvor grensene representerer en forventet økende grad av skade på organismesamfunn. Definisjon på de fem klassene som benyttes i veilederene er vist i tabellen nedenfor. Da klassegrensene er basert på effekter, kan grensen mellom klasse II og III forstås som PNEC for kroniske effekter, mens grensen mellom klasse III og IV kan forstås som PNEC for akutte effekter.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids- eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttidseksponering	Omfattende akutt toksiske effekter

Influensområdene fra modelleringene angir områder der det forventes metaller tilsvarende øvre grense for tilstandsklasse II eller høyere.

Verneområdene som overlapper med influensområdene er vernet på bakgrunn av landbasert plante- og dyreliv, og ikke på bakgrunn av marine ressurser. Det er forventet at en grunnstøttingshendelse med utslipp av metaller til sjø vil ha en lokal påvirkning på berørte naturreservat/naturområder på grunn av bergings- og oppryddingsarbeidet i etterkant av hendelsen.

Det er registrert fiskeplasser for aktive og passive redskap innenfor influensområdene for grunnstøttingsscenariene. Hele Grenlandsområdet er underlagt kostholdsråd med hensyn til fisk og skalldyr, men det er allikevel registrerte områder med lokal og regional bruk både for yrkesfiske og fritidsfiske i store deler av fjordområdet. Det forventes at delene av områdene som berøres ved en eventuell ulykke ikke vil brukes i perioden etter en grunnstøttingsulykke, men at fiskere bruker de mange andre definerte fiskeplassene i området.

Det er registrert flere sikrede friluftsområder innenfor influensområdene gitt et utslipp. I tillegg til de sikrede friluftsområdene kan man anta at store deler av skjærgården brukes til bading og utfart i sommerhalvåret. For flere av utslippslokasjonene vil influensområdene trekke mot kystlinjen. Det er forventet at badeplasser og friluftsområder ikke vil brukes i perioden etter en grunnstøttingsulykke, men at brukere vil benytte de mange andre rekreasjonsmulighetene i området. Behandlet avfall/metallene vil synke til bunns og sedimentere, og over tid vil badeplasser og friluftsområder kunne komme tilbake til normal bruk slik det var før grunnstøttingsulykken.

Selv om definerte områder, enten det er vern eller friluft, ikke direkte berøres av et utslipp gitt en grunnstøtting, vil et utslipp kunne ha konsekvenser for enkeltindivider innen en art. Det er vanskelig å kvantifisere hvor mye som skal til før f.eks. en sjøfugl vil kunne få kroniske effekter eller omkomme basert på inntak av tungmetaller. Bio-akkumuleringen fører til at de leddene som er høyest opp i næringskjeden vil få de største konsekvensene. Mennesket har en mulighet for å tilegne seg informasjon om tilstanden omkring seg, som andre arter i dyreriket ikke har. Det er allikevel sannsynlig at det er

enkeltindivider av fugl, fisk og andre vannlevende organismer som berøres negativt, og ikke hele populasjoner.

For friluftsliv er vurderingen basert på at dette er definert som et utfartsområde. Befolkningens følelser rundt bruken av området etter en skipsulykke er ikke tatt med i betraktningen.

Fjordene i Grenlandsområdet har miljømål om forbedring av kjemisk og økologisk tilstand. For å kunne oppnå disse miljømålene må tilførsel av miljøgiftene til området avta. Hvor raskt nivåene avtar er avhengig av de fysiske parametere i området (strømningsforhold, sedimentasjon etc). En grunnstøting med utslipp av last til sjø vil kunne gi økt tilførsel av metaller til et allerede belastet område. Dette vil kunne føre til økning i tiden det tar før miljømålet oppnås. Det er imidlertid et begrenset område som vil berøres.

Figur 4-12 gir en oppsummering av miljøkonsekvensvurdering for de kartlagte miljøressursene i området. Vurderingene er gjort for hver utslippslokasjon, og baserer seg på vurderinger gjort i forhold til antall områder som berøres og hvor stor andel av kystlinjen som berøres. Det forventes ingen miljøkonsekvenser med restitusjonstid høyere enn et år. Skaleringen er gjort med bakgrunn i at det er et begrenset område som berøres/overlapper med definerte miljøressurser gitt utslipp i en av de fem utvalgte grunnstøtingslokasjonen. Figur 4-12 viser også sannsynligheten for grunnstøting fra sannsynlighetsanalysen i kap. 2.4. Frekvensen på $2,61E-02$ har en returperiode på 38 år, det vil si at det er sannsynlighet for at et slikt scenario kan skje hvert 38 år med seilingsaktivitet.

$2,61E-02$



Konsekvens (restitusjonstid)	Sannsynlighet				
	Sjeldnere enn hvert 100. år	Mellom 10 og 100 år	Mellom 1 og 10 år	1-10 ganger per år	Mer enn 10 ganger per år
Svært alvorlig miljøskade (>10 år)					
Alvorlig miljøskade (3- 10 år)					
Moderat Miljøskade (1-3 år)					
Mindre miljøskade (<1 år)		HS1, HS2, HS4, HS5 Vern HS2, HS4, HS5 Friluft HS2, HS3, HS4, HS5 Fiskerier			
Ubetydelig miljøskade (0 år)		HS3 Vern HS1, HS3 Friluft HS1, HS2, HS3, HS4, HS5 Fisk HS1 Fiskerier			

Figur 4-12 Beregnede miljøkonsekvenser for kartlagte miljøressurser i analyseområdet. Frekvensen for grunnstøting på $2,61E-02$ har en returperioden på 38 år (det er sannsynlighet for at et slikt scenario kan skje hvert 38 år med seilingsaktivitet). Fargekodene i matrisen er som følger: rød farge viser høy risiko ved en slik hendelse (strakstiltak vil kreves), gul farge viser middels risiko (risikoreduserende tiltak bør vurderes) og grønn farge viser liten risiko (ofte ikke nødvendig å iverksette risikoreduserende tiltak så lenge lover og forskrifter er oppfylt).

4.5 Vurdering av miljøkonsekvenser ved et bunkersutslipp

Fartøyene som skal frakte det behandlede avfallet fra Langøya til Kongkleiv vil være batterihybridfartøy. Fartøyene planlegger å gjennomføre inn- og utseiling til kaien ved Kongkleiv på batteri.

Batterikapasiteten er på ca 30 minutter seilingstid. Ved Kongkleiv kai vil motorer slås av, og lossing vil skje med elektrisk gravemaskin. Fartøyene vil lade batteriene når de ligger til kai. Fartøyenes hybridløsning er batteri og konvensjonell bunkers i form av marin diesel. Fartøyene har en total lagringskapasitet til bunkers på 120 m³, fordelt på to lagertanker og en dagtank. Under seiling kan fartøyet ha med seg alt fra 40 til 120 m³ marin diesel, men under en typisk seilas fra Langøya til Kongkleiv vil fartøyet være lastet med 65 m³ bunkers, der det er 30 m³ i hver lagertank og omtrent 5 m³ i dagtanken. Fartøyene har enkelt skrog (RG Hagland shipbrokers, 2018).

Marin diesel olje (MDO) er et lett destillert petroleumsprodukt. Lette hydrokarboner er relativt vannløselige og flyktige, og vil raskt etter et utslipp fordampe og blandes ned i vannmassene hvor de etter kort tid løses opp og fortynnes. Generelt er lette hydrokarboner ansett som mer akutt toksiske enn tunge hydrokarbonkomponenter, da de inneholder monoaromatiske hydrokarboner (benzene, toluene og xylene) som er lettopptakelige for organismer. Men de er samtidig svært flyktige og vil forvitte/fordampe raskt, slik at eksponeringstiden blir kort og konsekvensene små. Tyngre hydrokarbonkomponenter anses som mer skadelige for miljøet, da de er biotilgjengelige og har lang levetid på overflaten og i vannmassene.

For vurdering av miljøkonsekvenser for bunkersutslipp benyttes en miljøskadematrise opparbeidet for Kystverket i samfunnsøkonomiske analyser (Vista 2016; Tabell 4-1). Matrisen viser forventet spredningsradius (buffersone) et utslipp med ulike volum og ulike bunkerstyper vil kunne gi. Matrisen viser også grad av miljøskade som kan forventes ved slike utslipp, basert på sårbarheten til ressursene som vurderes. Store utslipp er naturlig nok forventet å gi størst spredningsradius, og disse utslippene vil også bidra til høyest miljøskade, spesielt ved utslipp av tungoljer.

Tabell 4-1 Matrise for vurdering av miljøskade som følge av oljeutslipp fra skipsfart i områder med ulik sårbarhet (kilde: Vista 2016).

Utslippstype	Volum (tonn)	Miljøfølsomhet				Spredningsradius (buffersone) (km)
		Liten	Moderat	Høy	Svært høy	
Marin diesel	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2 000-10 000					75
	10 000-50 000					100
Råolje	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2 000-10 000					75
	10 000-50 000					100
Bunkers	10-100					10
	100-500					25
	500-2 000					50
	2000-10 000					75
	10 000-50 000					100

Noter: Fargekodene tilsvarer liten (lys gul), middels (mørkere gul), stor (brun/oransje) og svært stor (rød) miljøskade.

I sannsynlighetsanalysen (kap 2.3.4) ble det beregnet at ved en grunnstøtingshendelse vil det forventes at 30 % av drivstoff fra fartøyet vil slippes ut. Lagt til grunn at fartøyet frakter 65 m³ marin diesel, vil det forventes et utslipp på inntil 20 m³ marin diesel ved en grunnstøting.

Et slikt utslipp forventes å ha størst påvirkning innenfor en radius på 10 km fra utslippsstedet avhengig av opptredende vind- og strømningsforhold. Utslippet vil kunne berøre alle definerte verneområder, sikrede friluftsområder og fisk og fiskeriområder vist i kap. 4.1. Influensområdet kan karakteriseres ved moderat til høy sårbarhet (for olje), og utslipp mellom 10-100 tonn marin diesel vil forventes å gi mindre miljøkonsekvenser med restitusjonstid på inntil 1 år (Figur 4-13). Figuren viser også sannsynligheten for grunnstøting fra sannsynlighetsanalysen i kap. 2.4. Frekvensen på 2,61E-02 har en returperiode på 38 år, det vil si at det er sannsynlighet for at et slikt scenario kan skje hvert 38 år med seilingsaktivitet.

2,61E-02



Konsekvens (restitusjonstid)	Sannsynlighet				
	Sjeldnere enn hvert 100. år	Mellom 10 og 100 år	Mellom 1 og 10 år	1-10 ganger per år	Mer enn 10 ganger per år
Svært alvorlig miljøskade (>10 år)					
Alvorlig miljøskade (3- 10 år)					
Miljøskade (1-3 år)					
Mindre miljøskade (<1 år)		Diesel- utslipp (20 m3)			
Ubetydelig miljøskade (0 år)					

Figur 4-13 Beregnede miljøkonsekvenser gitt et utslipp av diesel iht. analysert utslippsscenario. . Frekvensen for grunnstøting (fra sannsynlighetsanalysen) på 2,61E-02 har en returperioden på 38 år (det er sannsynlighet for at et slikt scenario kan skje hvert 38 år med seilingsaktivitet).

5 REFERANSER

DNV (2010). Analyse av sannsynlighet for akutt oljeutslipp fra skipstrafikk langs kysten av Fastlands-Norge. Rapport nr./DNV Referanse.nr.: 2010-0085/12NA8X8-3.

DNV GL (2015). Miljøkonsekvensvurdering av sjøtransport i bulk til NOAH på Langøya- Ulykkesutslipp av aske og syre/syreslam. DNV GL rapport 2015-0827.

DNV GL (2015b). Sjøsikkerhetsanalysen. Analyse av sannsynligheten for ulykker med tap av menneskeliv og akutt forurensning fra skipstrafikk i norske farvann. Rapport nr. 2014-1317.

DNV GL (2015c). Sjøsikkerhetsanalysen. Vurdering av forebyggende sjøsikkerhetstiltak. Rapport nr. 2014-1402.

DNV GL (2015d). Risikovurdering av sjøtransport av aske i bulk til NOAH på Langøya – Sannsynlighetsanalyse, konsekvensanalyse og miljørisikovurderinger. DNV GL rapport nr. 2015-1249.

Fiskeridirektoratet. Kartløsning med informasjon over sjøområder. <http://kart.fiskeridir.no>

RG Hagland Shipbrokers, 2018. Informasjon om skipstyper, lastekapasitet og bunkerskapasitet på fartøy som skal brukes i frakt av filterkaker fra Langøya i Oslofjorden til Kongkleiv ved Brevik.

Havforskningsinstituttet. Verifisering av fiskedata i fiskeridirektoratets kartløsning.

IWRAP Mk2 (2015). Wikipedia webside for IALA verktøyet IWRAP Mk2.

Miljødirektoratet, 2016. Veileder- M608. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M608/M608.pdf>

Naturbase. Kartfestet informasjon om utvalgte natur- og friluftslivsområder. <http://kart.naturbase.no/>

NGI, 2018. Deponi for nøytralisert og stabilisert uorganisk farlig avfall i Dalen gruve, Brevik. NGI rapport 20160127-01-R, rev0.

NOAH, 2018. Resultater av tester for partikkelstørrelsesfordeling og utlaking av tungmetaller fra filterkaker.

SINTEF. DREAM modellen, Dose-related Risk and Effects Assessment Model. <https://www.sintef.no/en/software/dream/>

Vista 2016. Verdsetting av miljørelatert velferdstap ved oljeutslipp fra skip: Kalkulasjonspriser for samfunnsøkonomiske analyser. Vista Analyse rapport nr 2016/22.

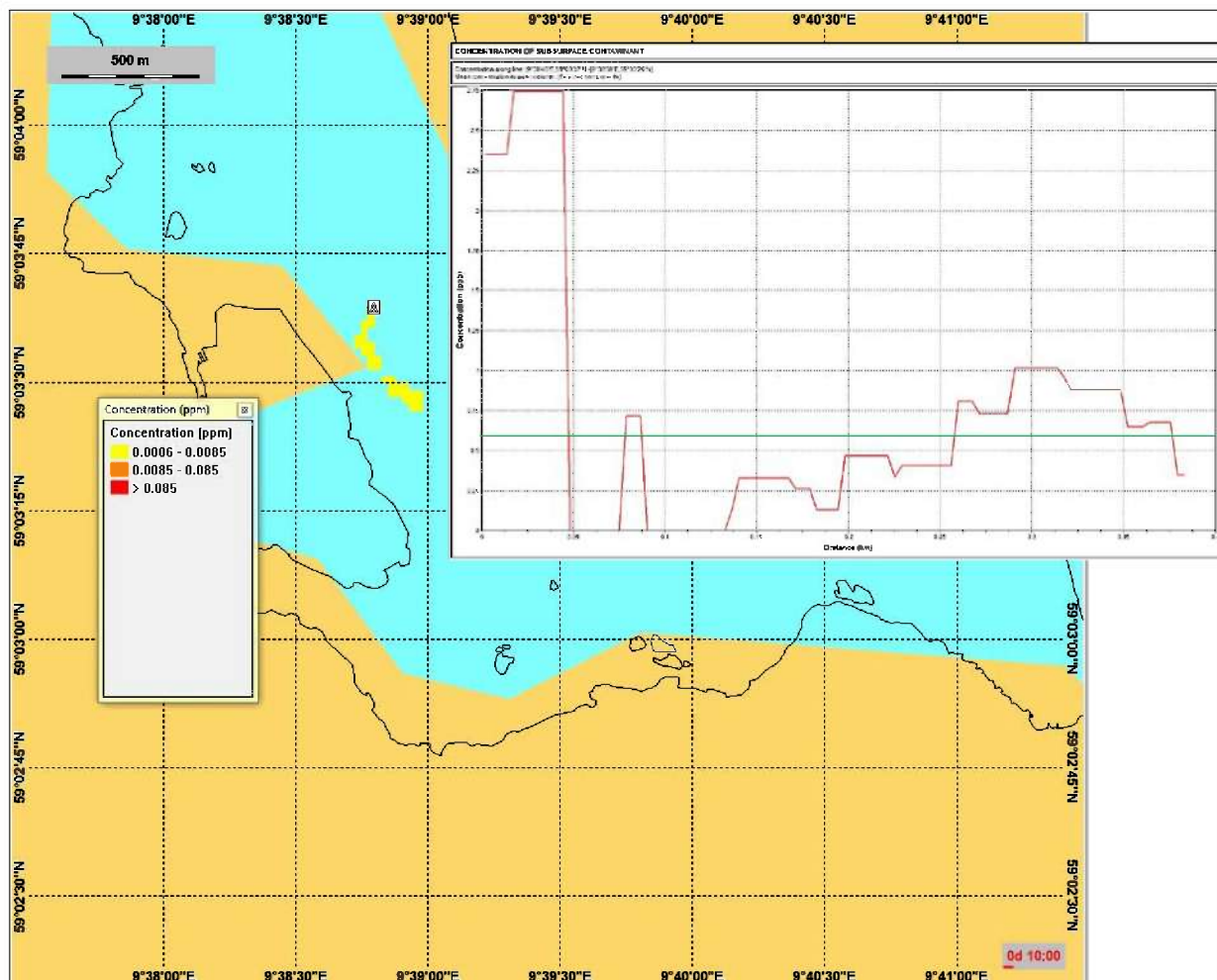


APPENDIX A

Figurer- gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen

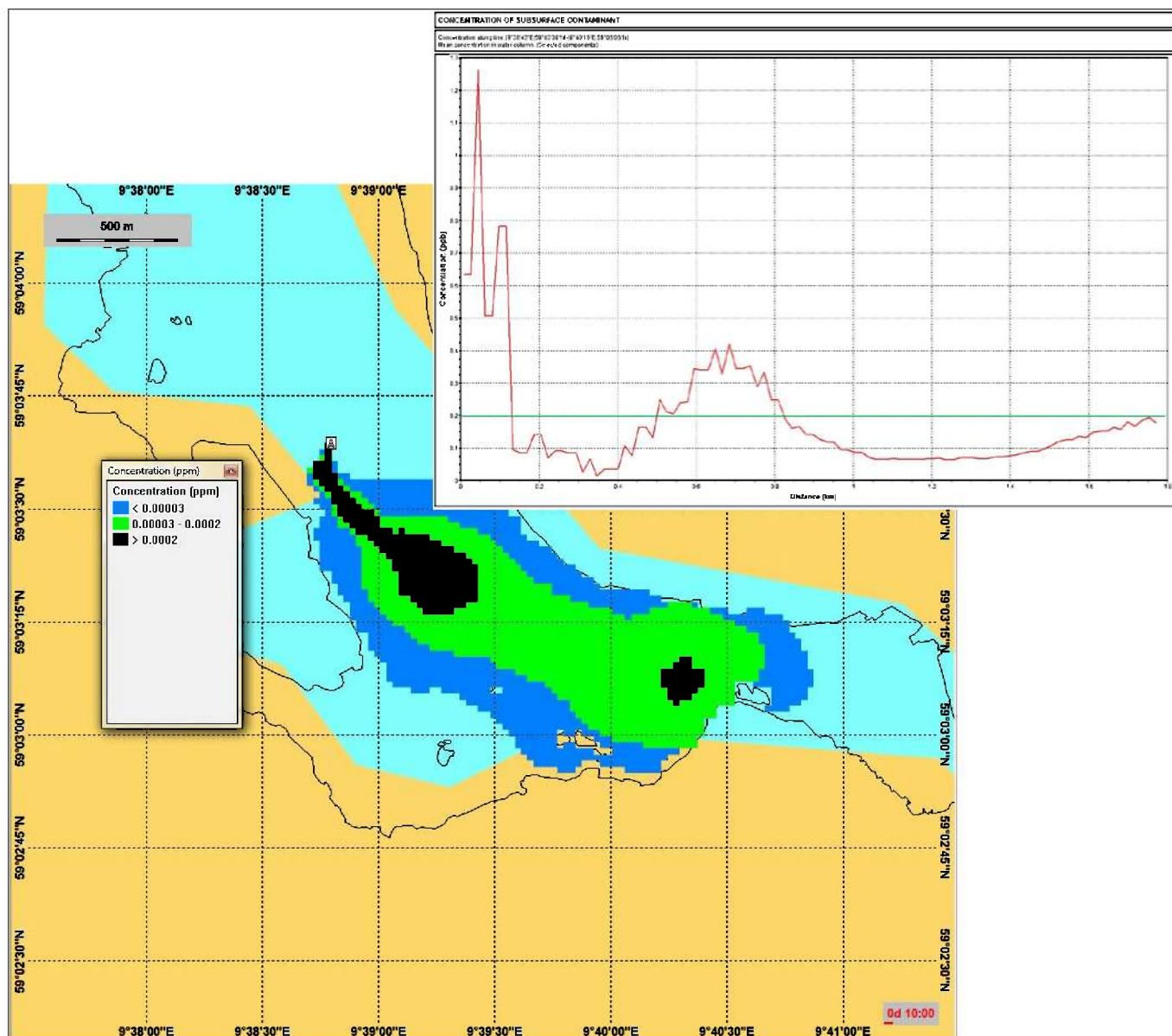
Gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen - Lokaltet HS1

Arsen (As)



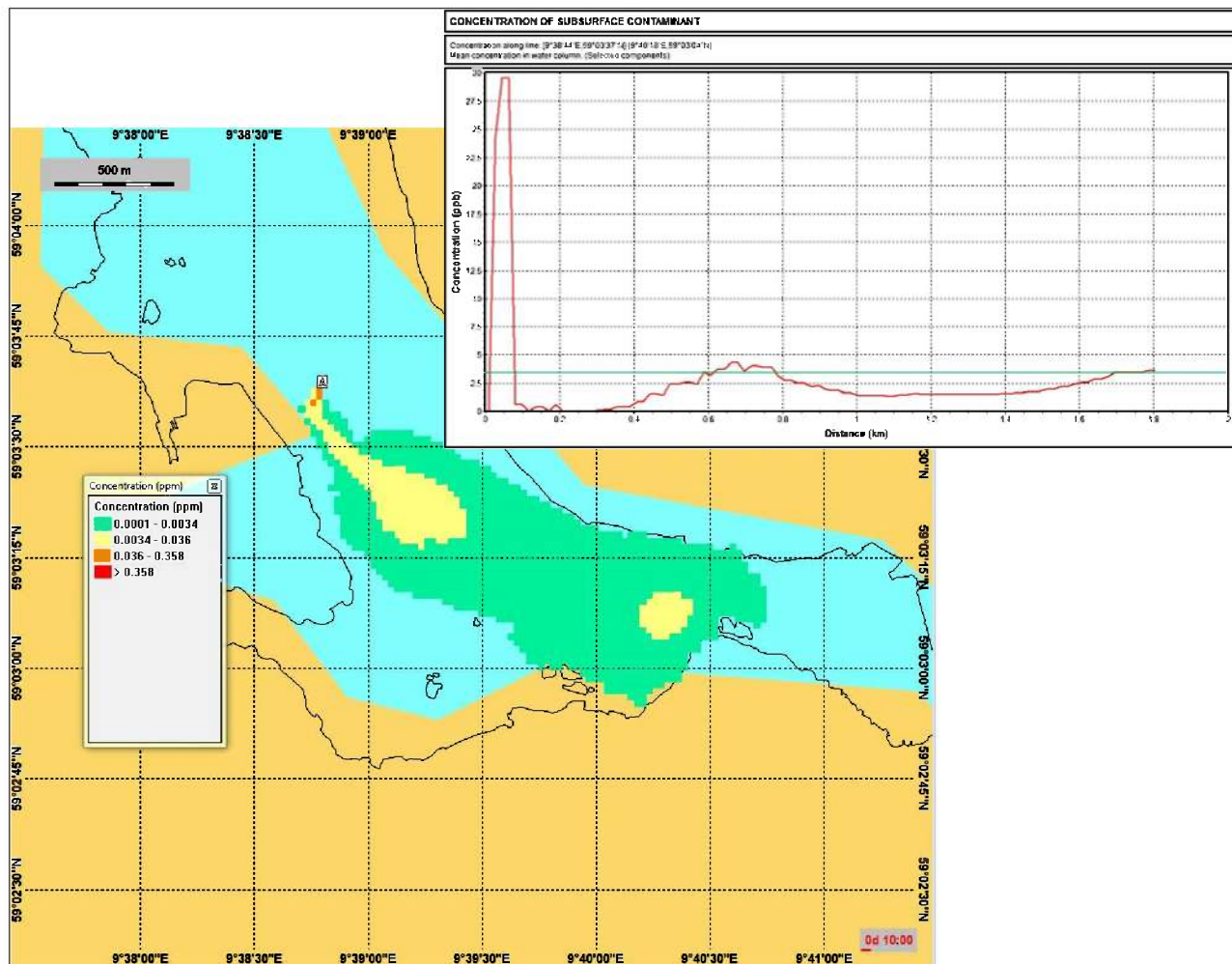
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av arsen i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS1. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kadmium (Cd)



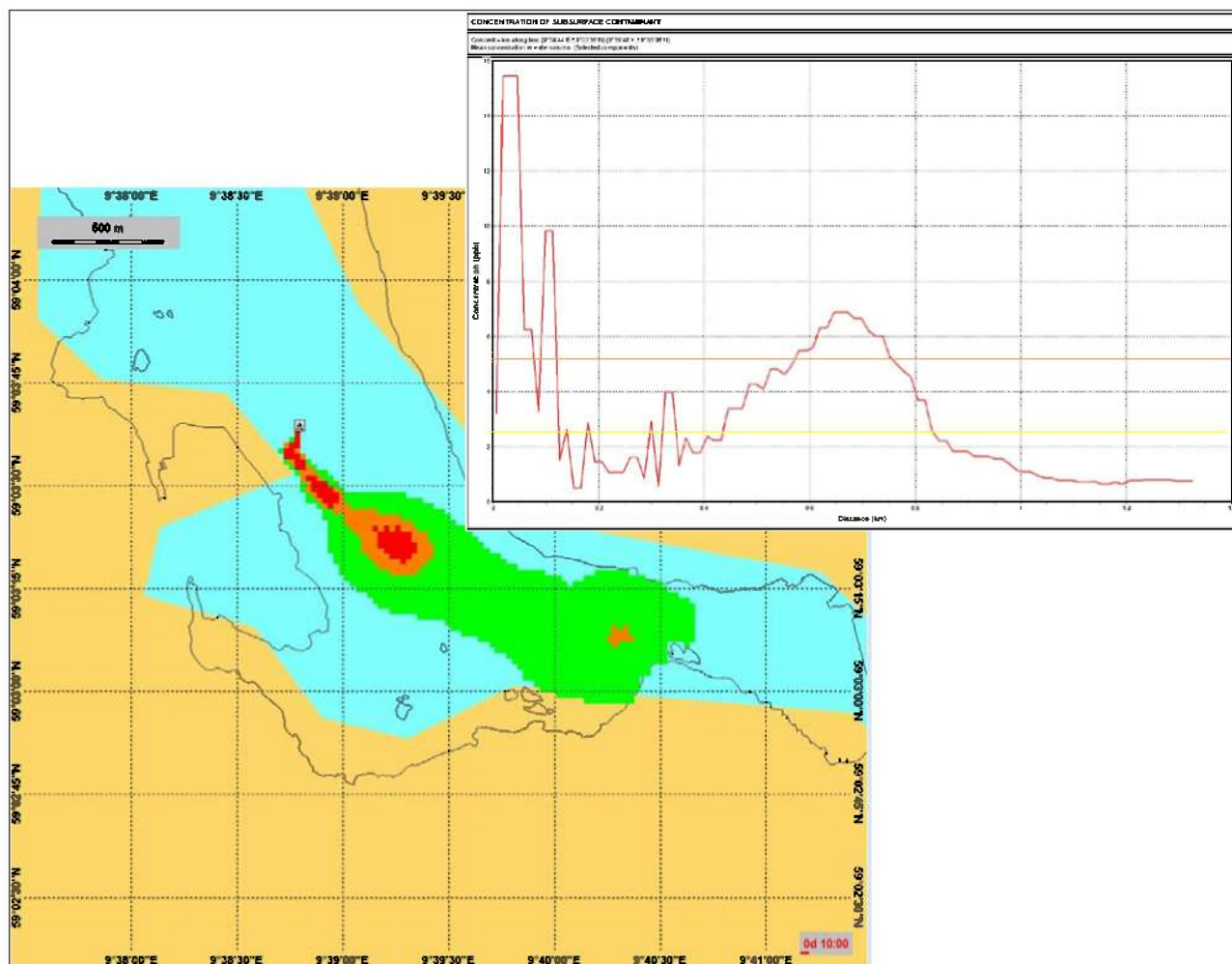
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kadmium i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS1. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene I (blå), II (grønn) og høyere en øvre grense klasse II (svart). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II (ikke satt grenser for høyere tilstandsklasse da det er avhengig av vannets hardhet). Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Krom (Cr)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av krom i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS1. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kobber (Cu)

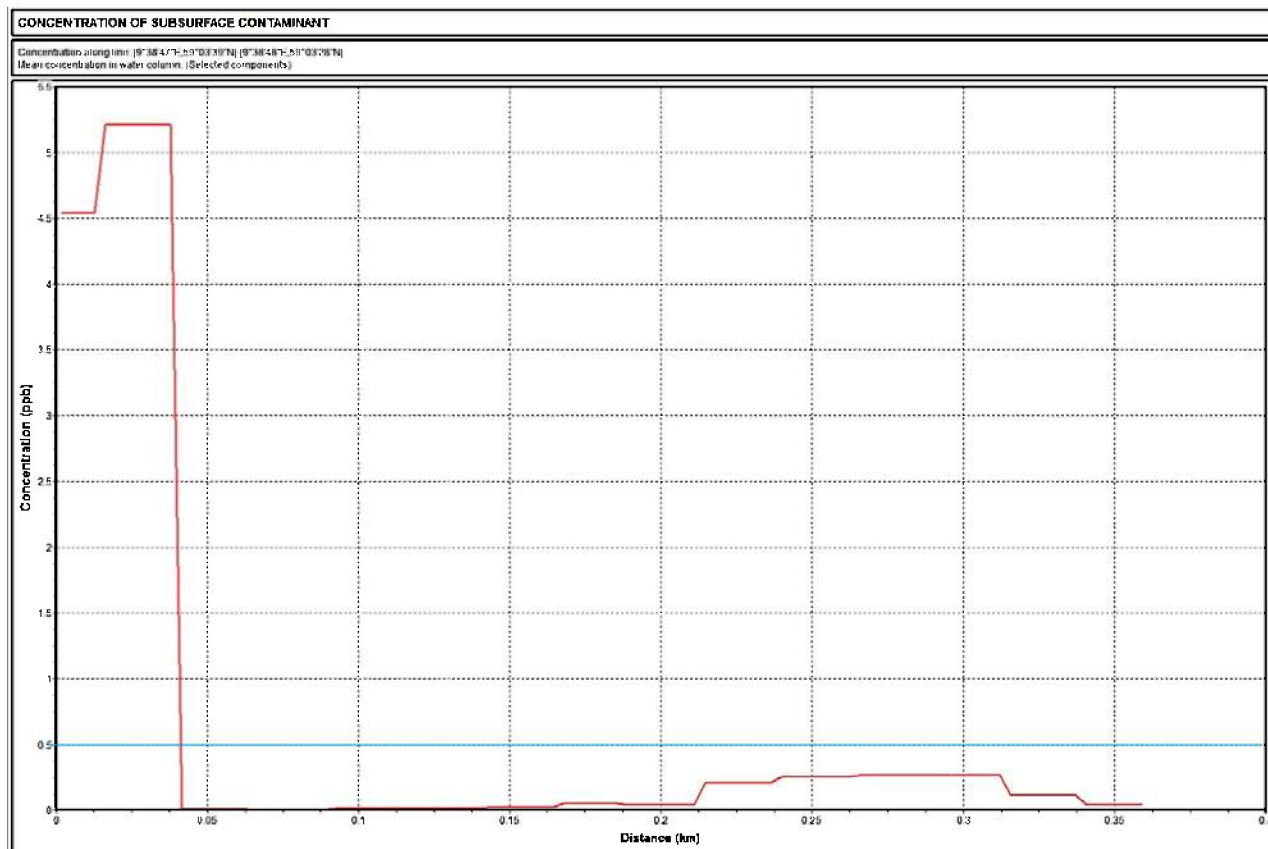


Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kobber i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS1. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III, orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

DNV GL – Rapportnr. 2018-0678, Rev. 00 – www.dnvgl.com

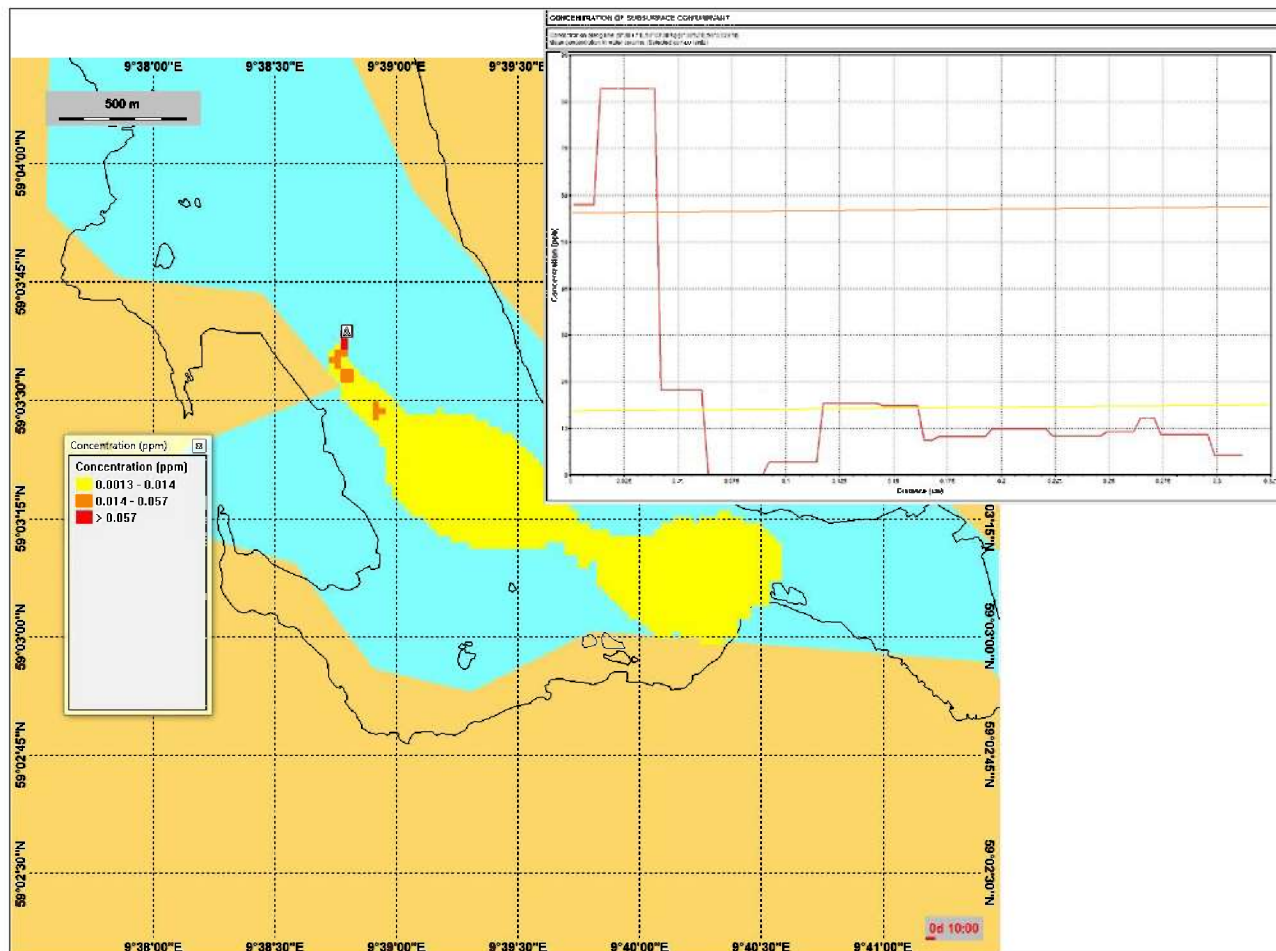
Nikkel (Ni)

Det er generelt ikke modelert nikkelkonsentrasjoner over tilstandsklasse II i vannsøylen. Behandlet uorganisk farlig avfall inneholder relativt lite nikkel.



Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av nikkel i et tverrsnitt gjennom influensområdet, blå linje angir øvre grense tilstandsklasse I.

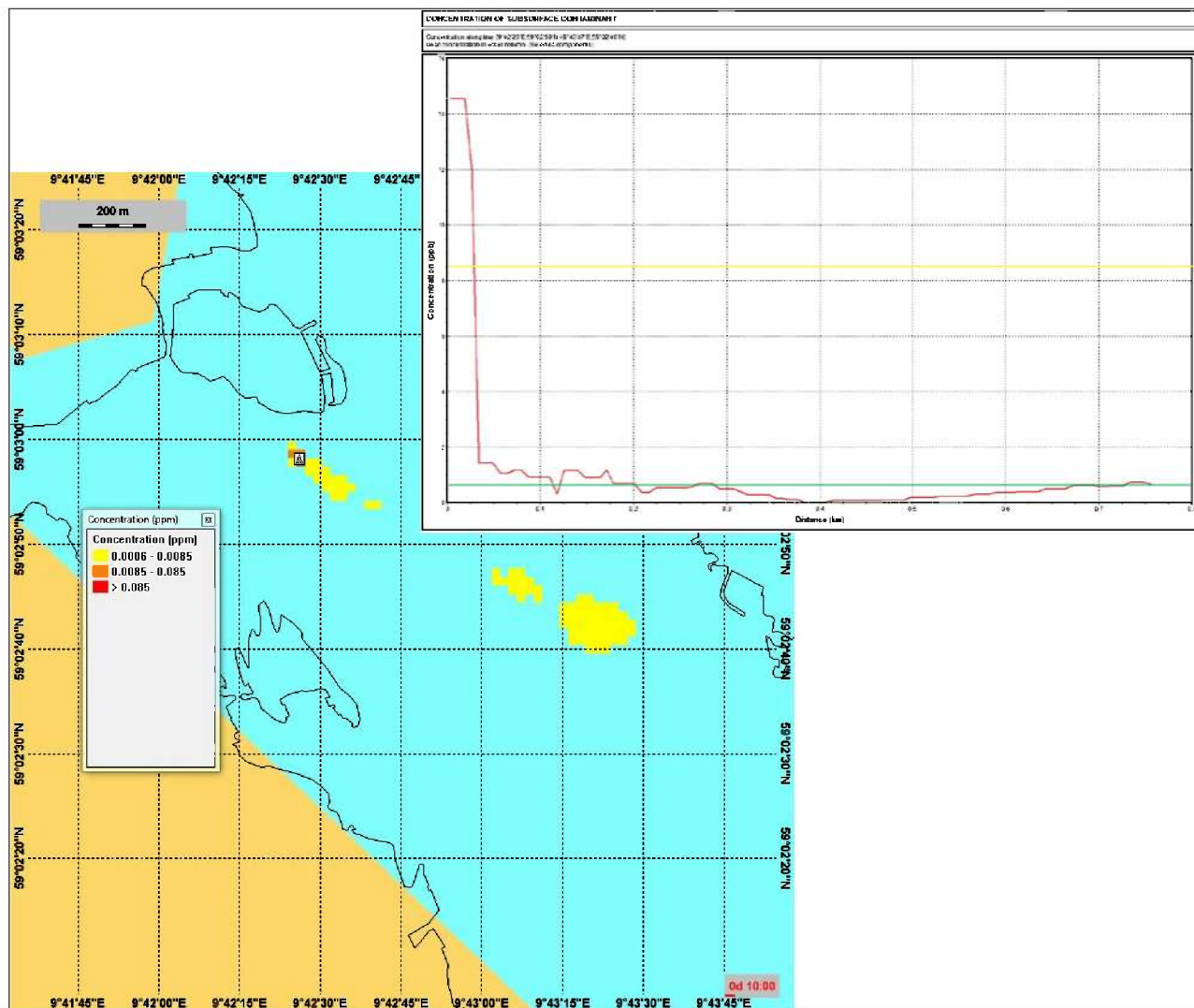
Bly (Pb)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av bly i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS1. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III, orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

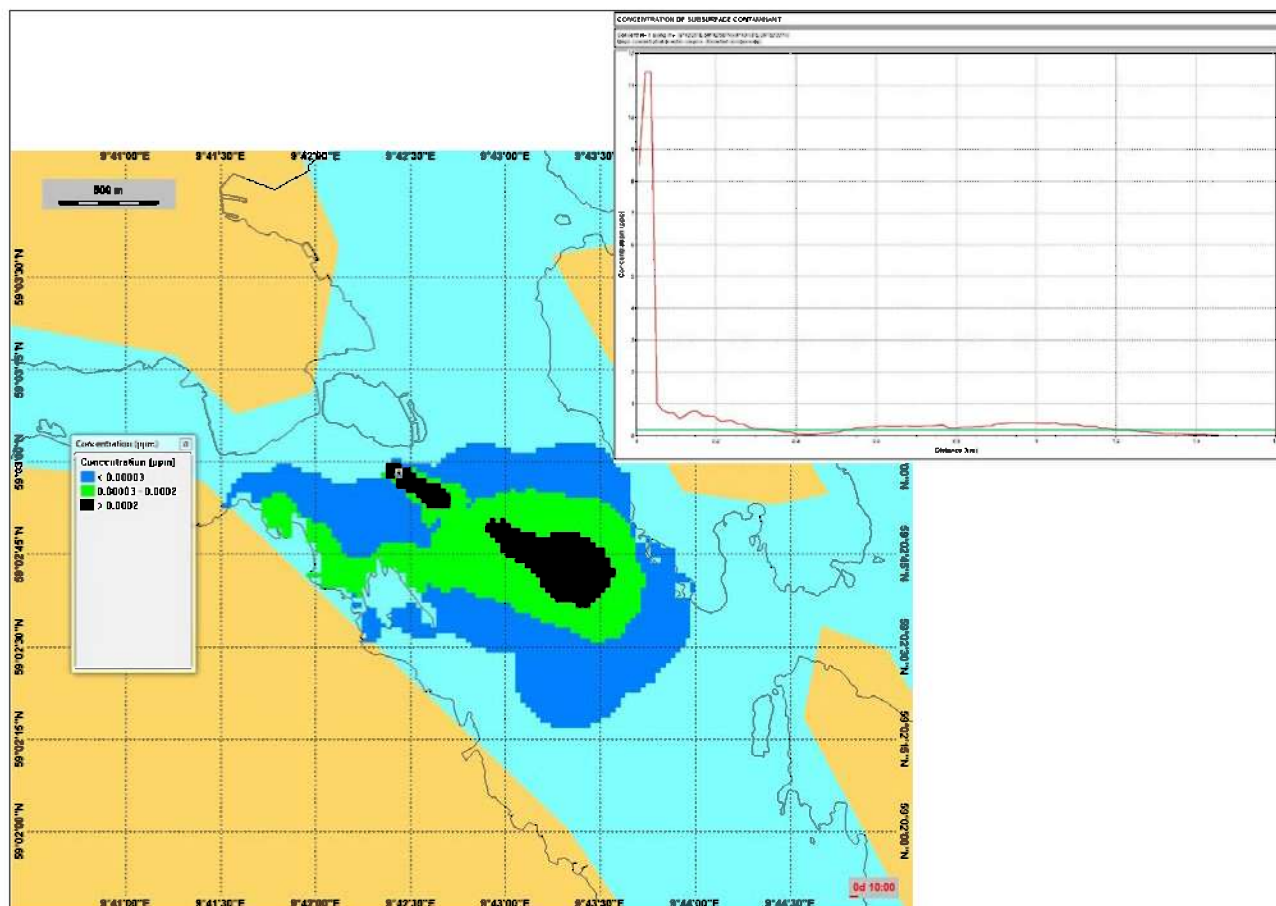
Gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen - Lokaltet HS2

Arsen (As)



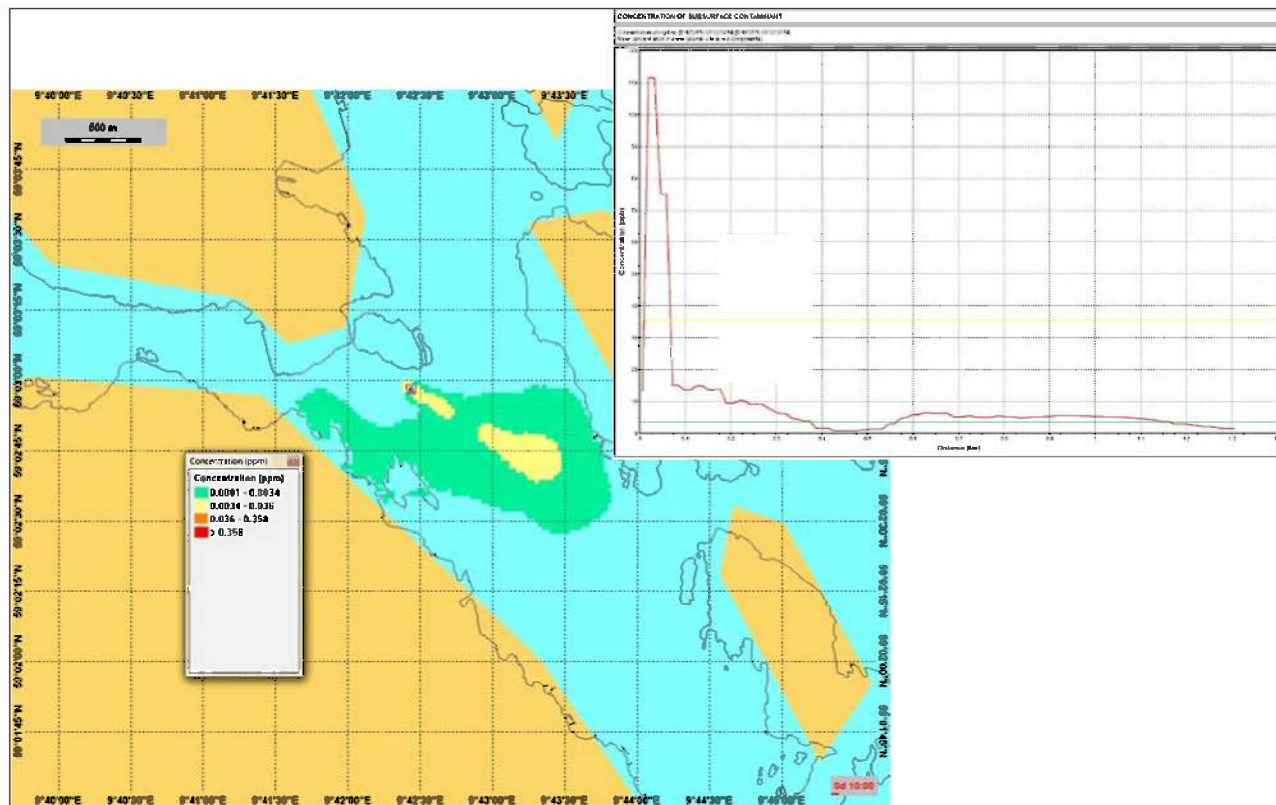
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av arsen i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje øvre grense tilstandsklasse III. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kadmium (Cd)



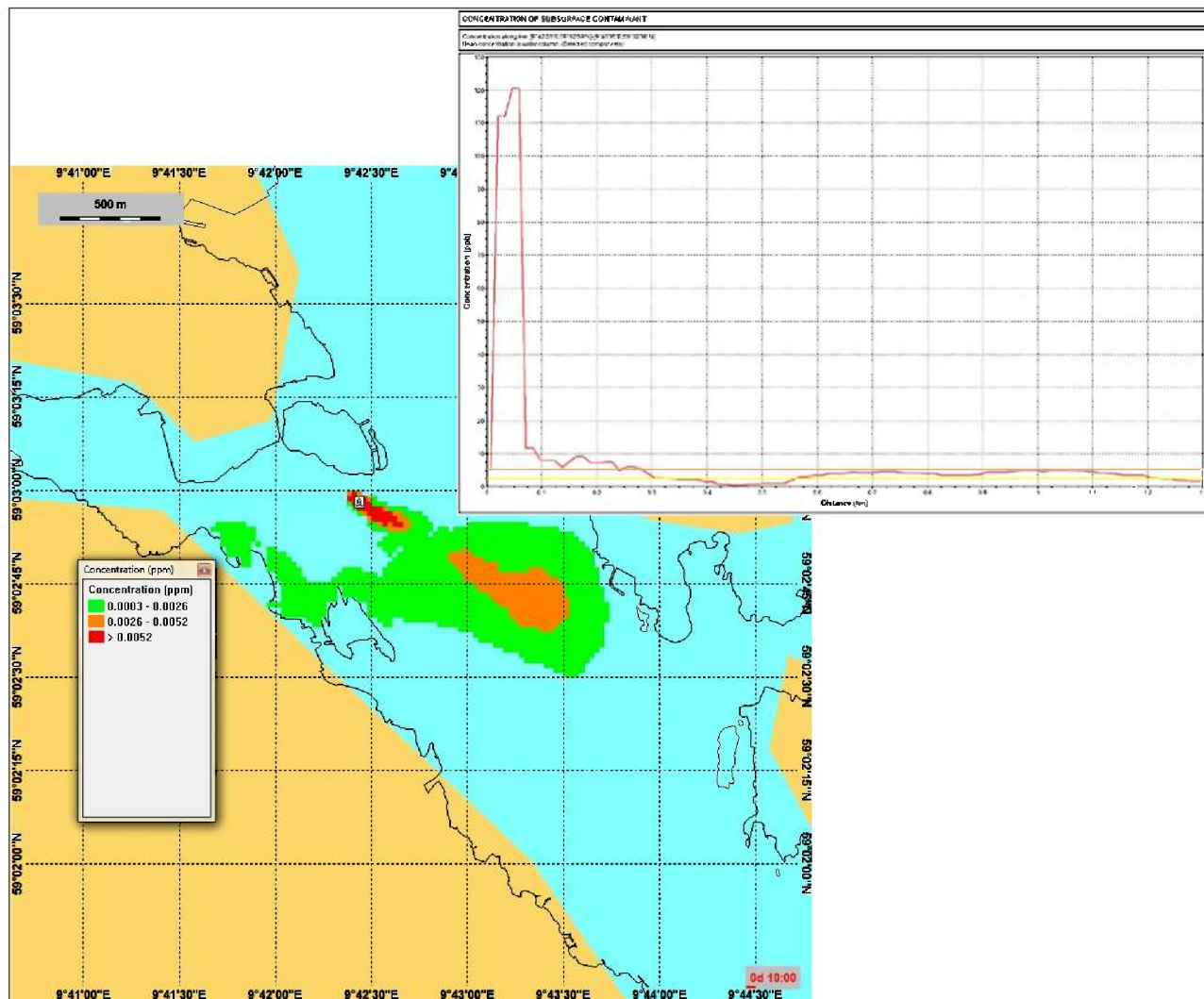
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kadmium i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene I (blå), II (grønn) og høyere en øvre grense klasse II (svart). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II (ikke satt grenser for høyere tilstandsklasser da det er avhengig av vannets hardhet). Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Krom (Cr)



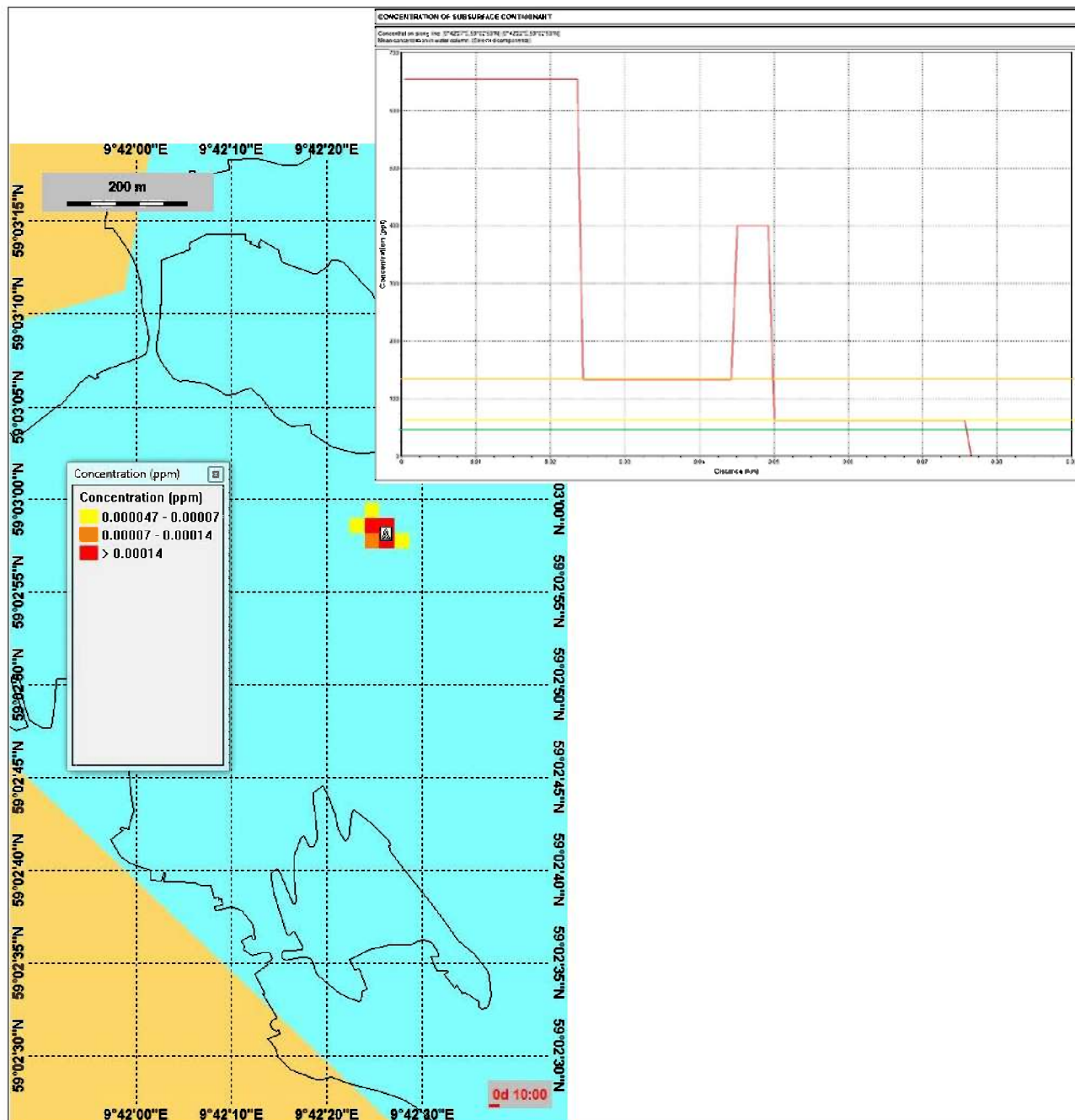
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av krom i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II (grønn), III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje øvre grense tilstandsklasse III. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kobber (Cu)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kobber i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II og III (grønn), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

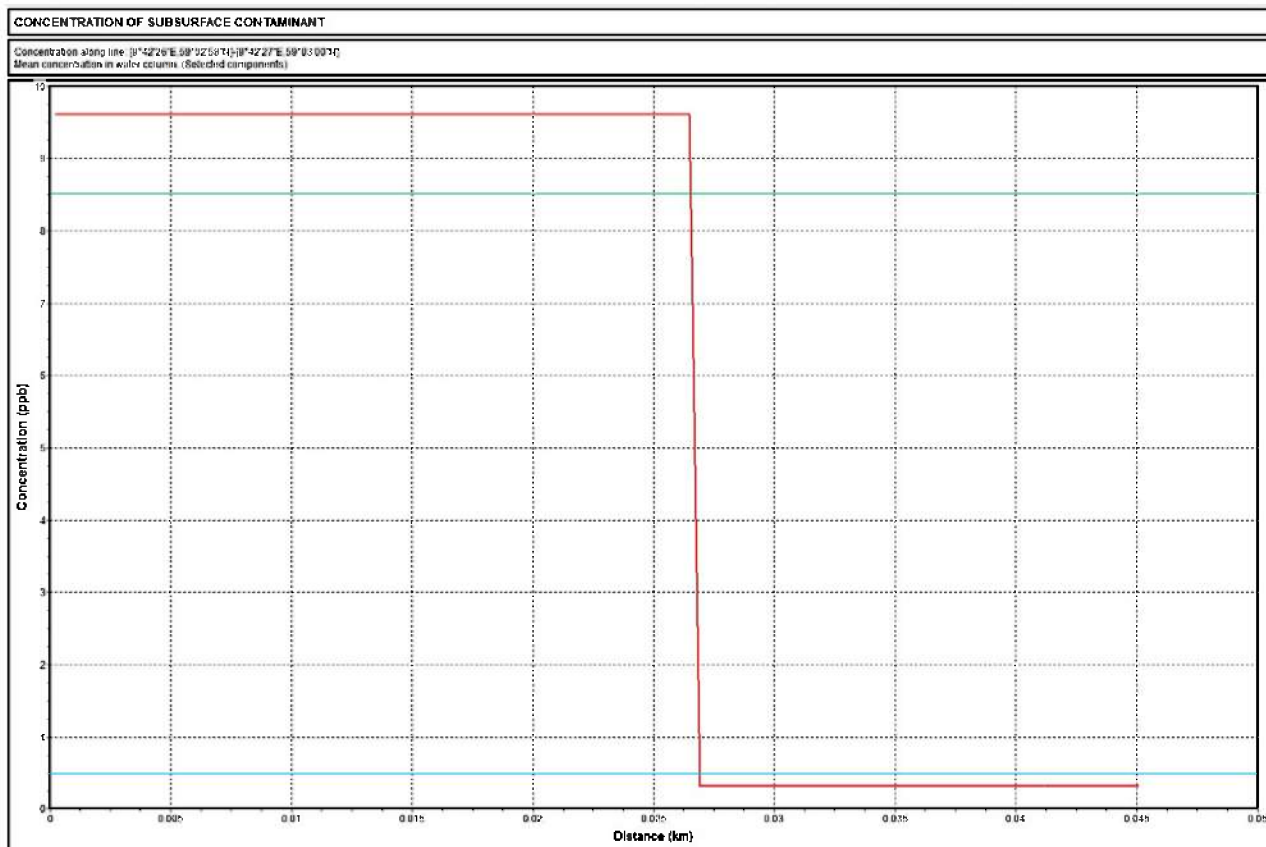
Kvikksølv (Hg)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kvikksølv i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

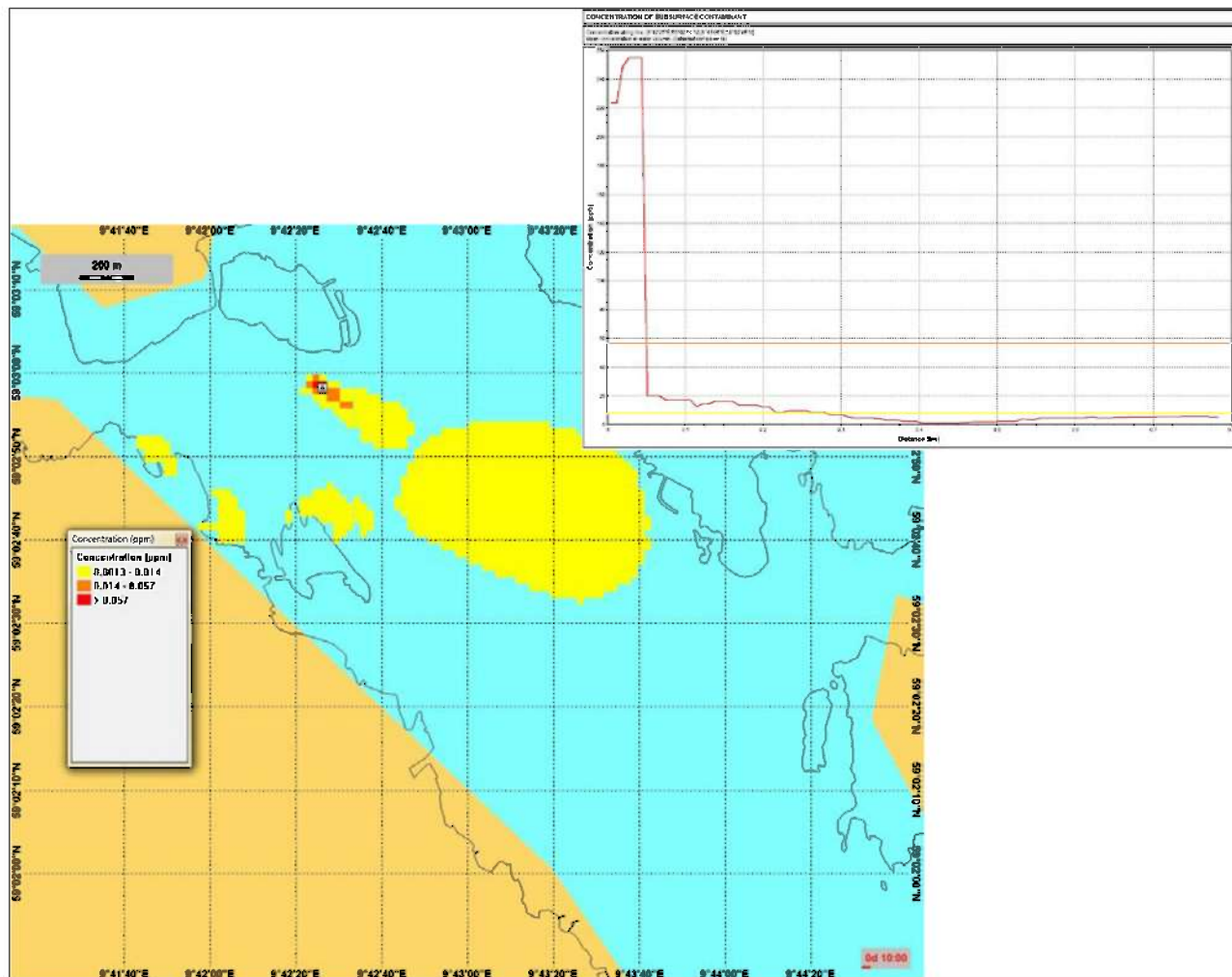
Nikkel (Ni)

Det er generelt ikke modelert relativt lave konsentrasjoner av nikkel i vannsøylen. Behandlet uorganisk farlig avfall inneholder relativt lite nikkel.



Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av nikkel i et tverrsnitt gjennom influensområdet, blå linje angir øvre grense tilstandsklasse I, grønn linje øvre grense tilstandsklasse II.

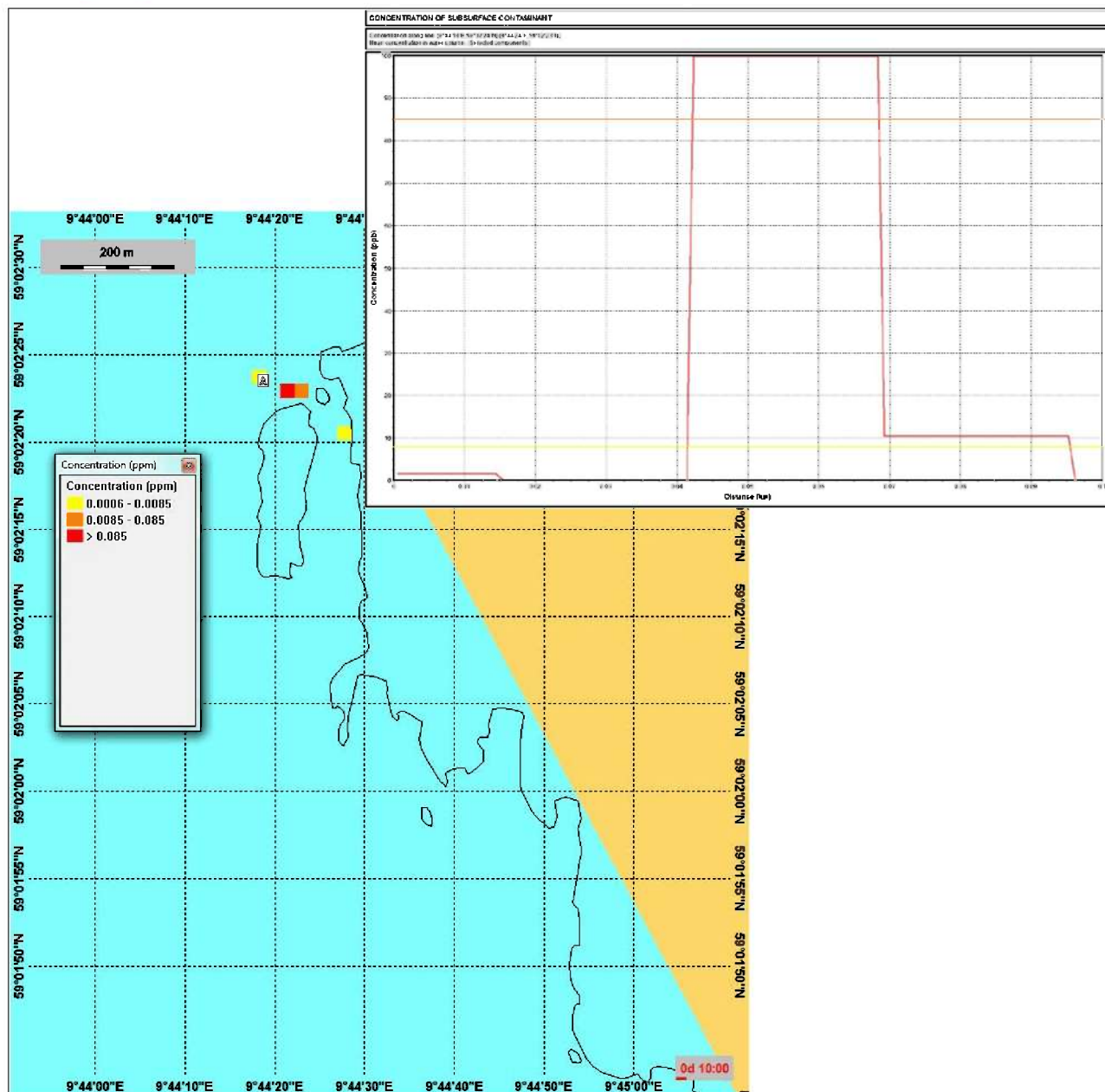
Bly (Pb)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av bly i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS2. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

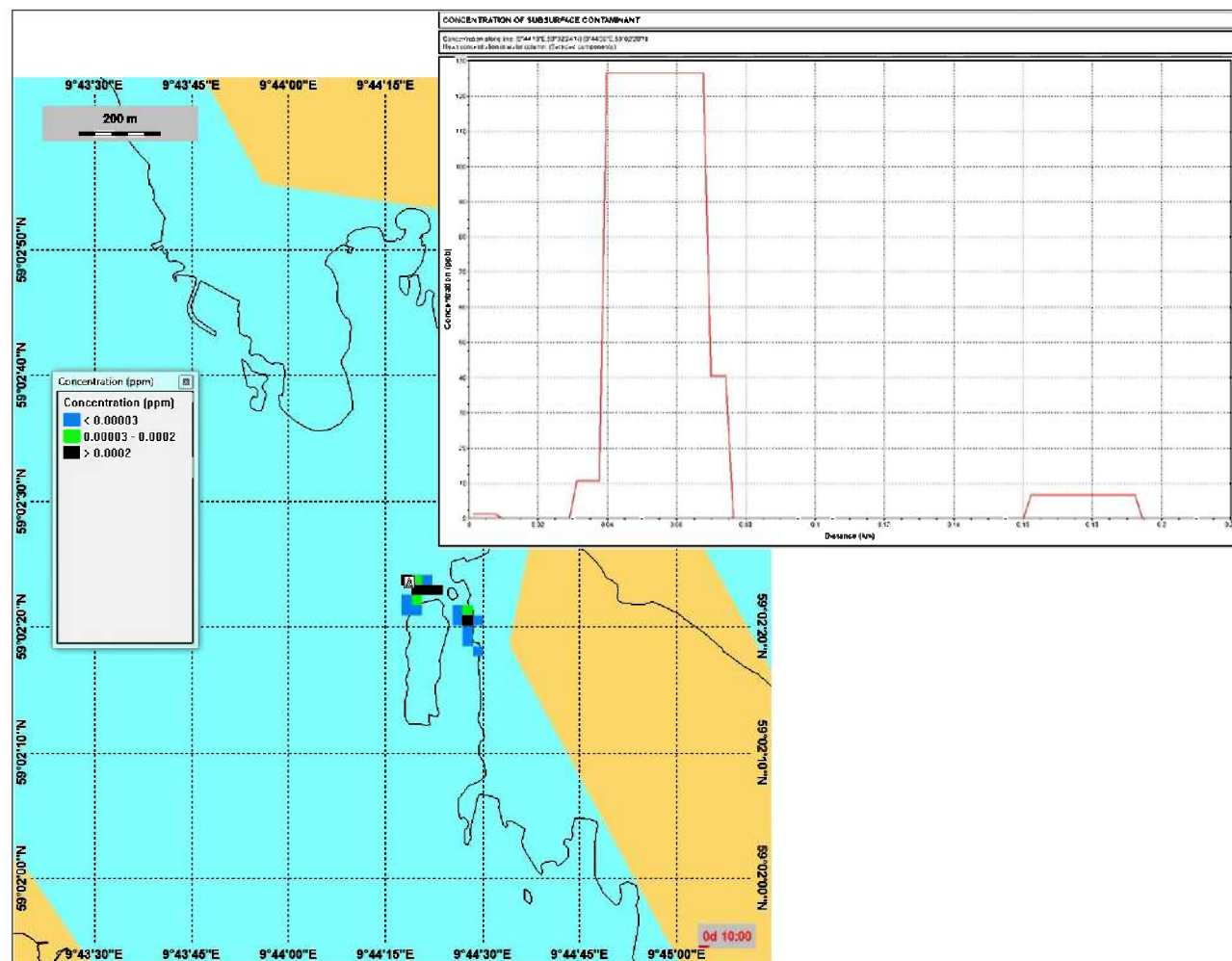
Gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen - Lokaltet HS3

Arsen (As)



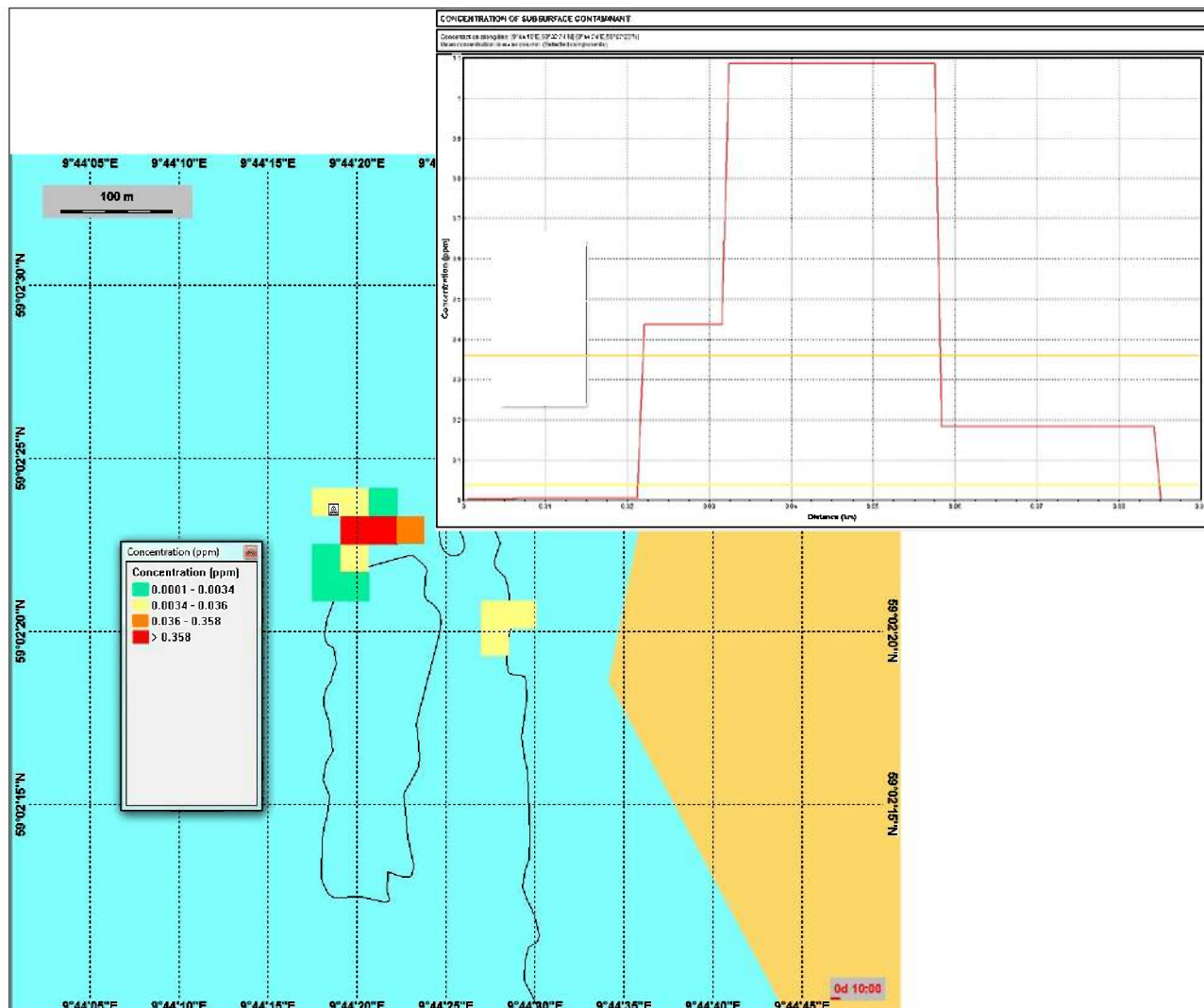
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av arsen i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kadmium (Cd)



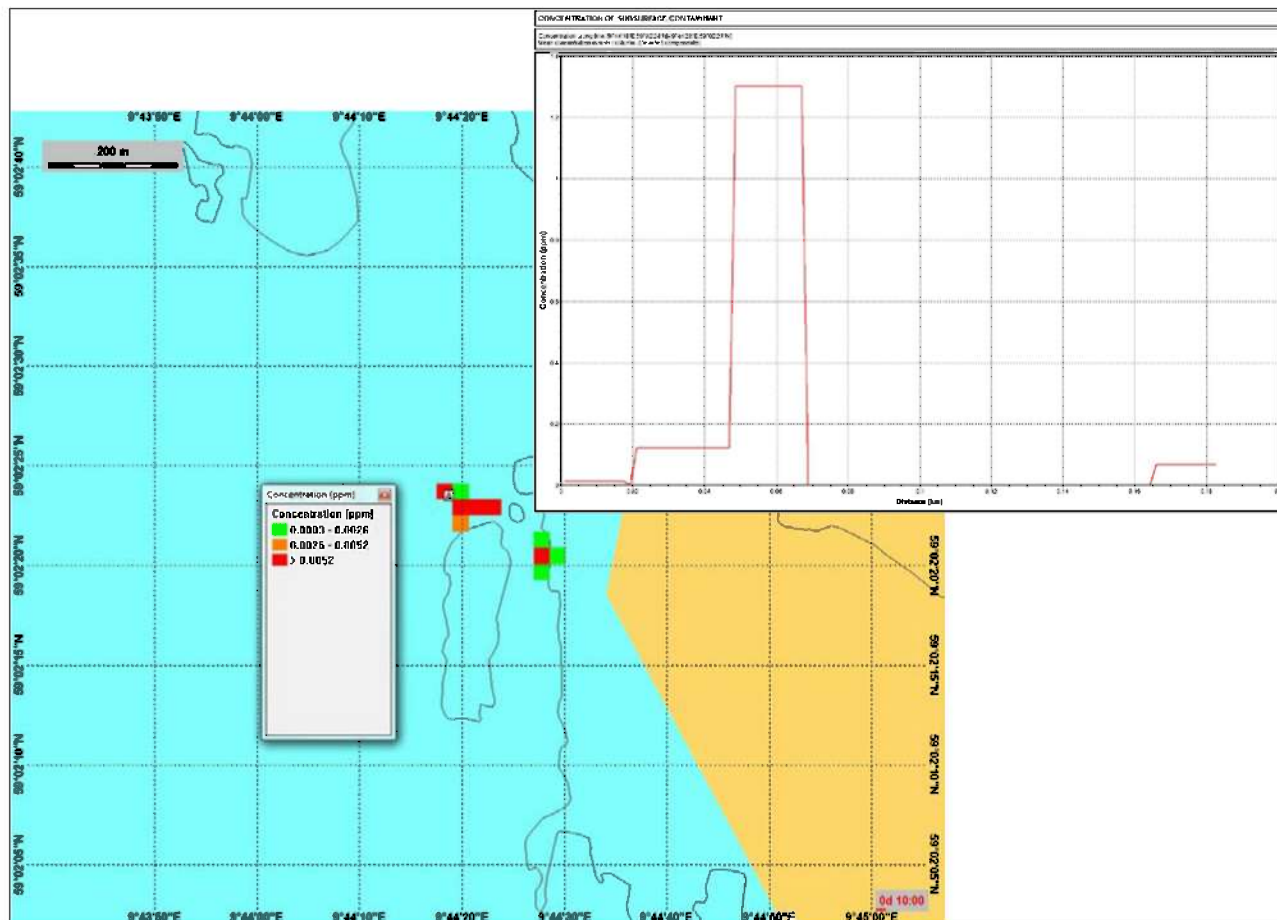
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kadmium i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene I (blå), II (grønn) og høyere en øvre grense klasse II (svart). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Krom (Cr)



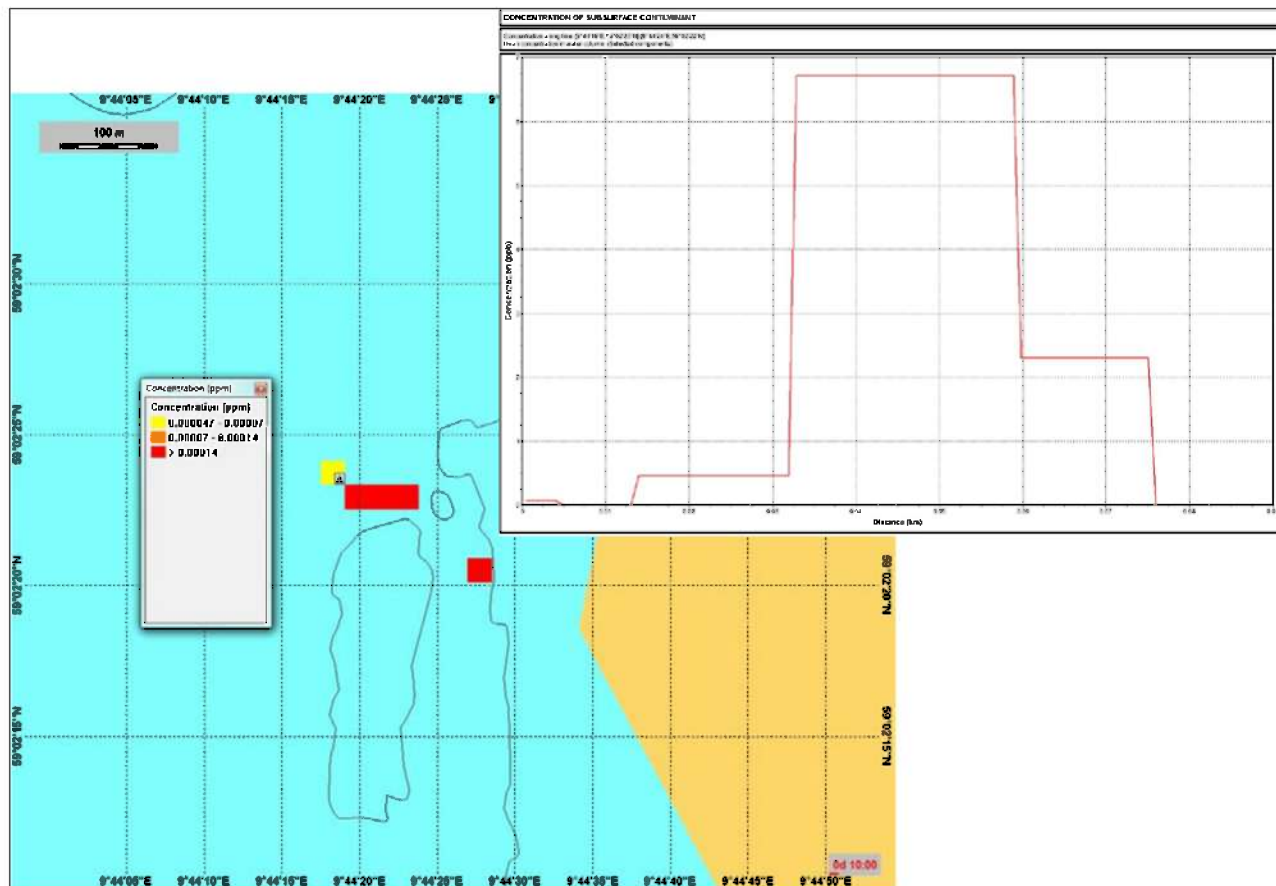
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av krom i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II (grønn), III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kobber (Cu)



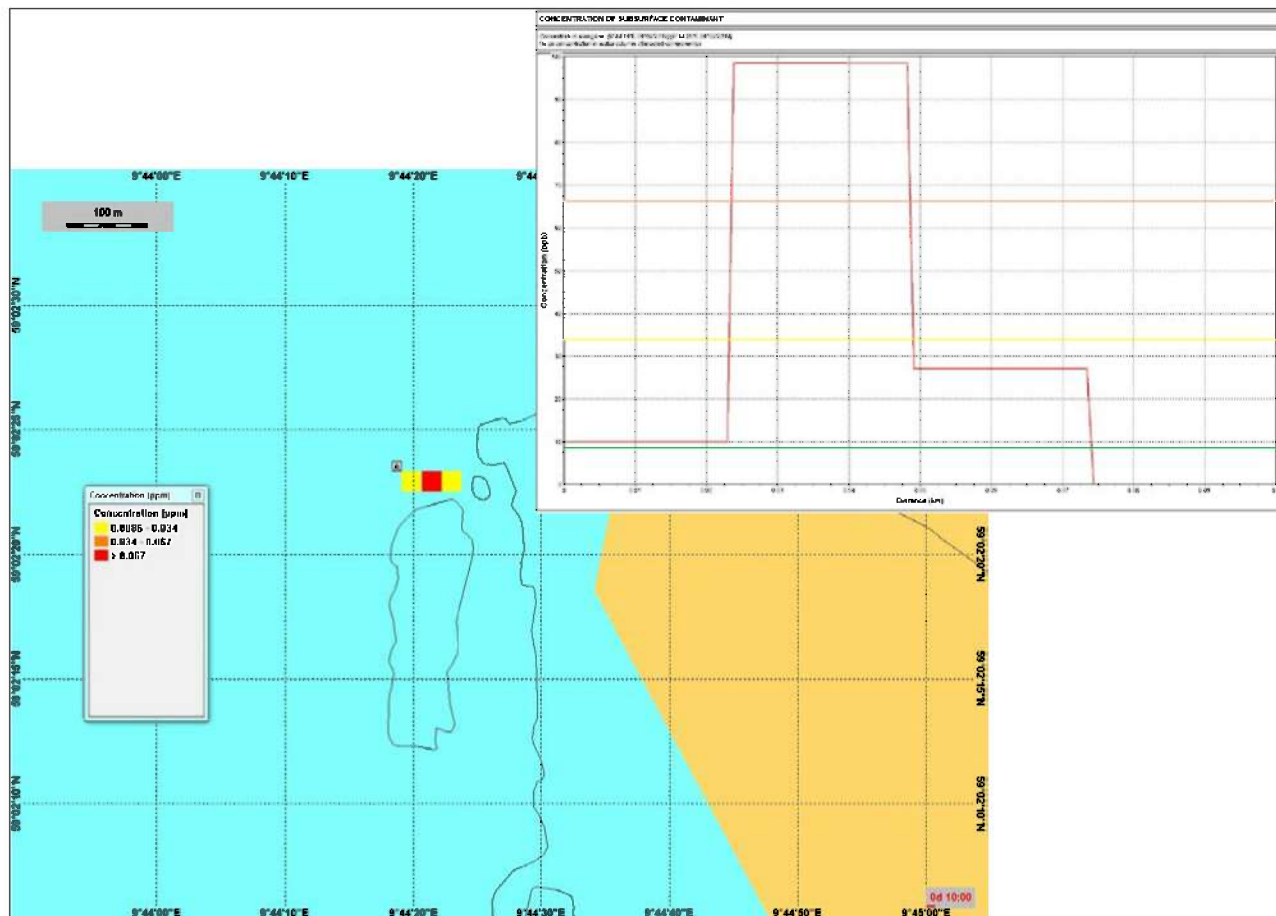
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kobber i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II og III (grønn), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kvikksølv (Hg)



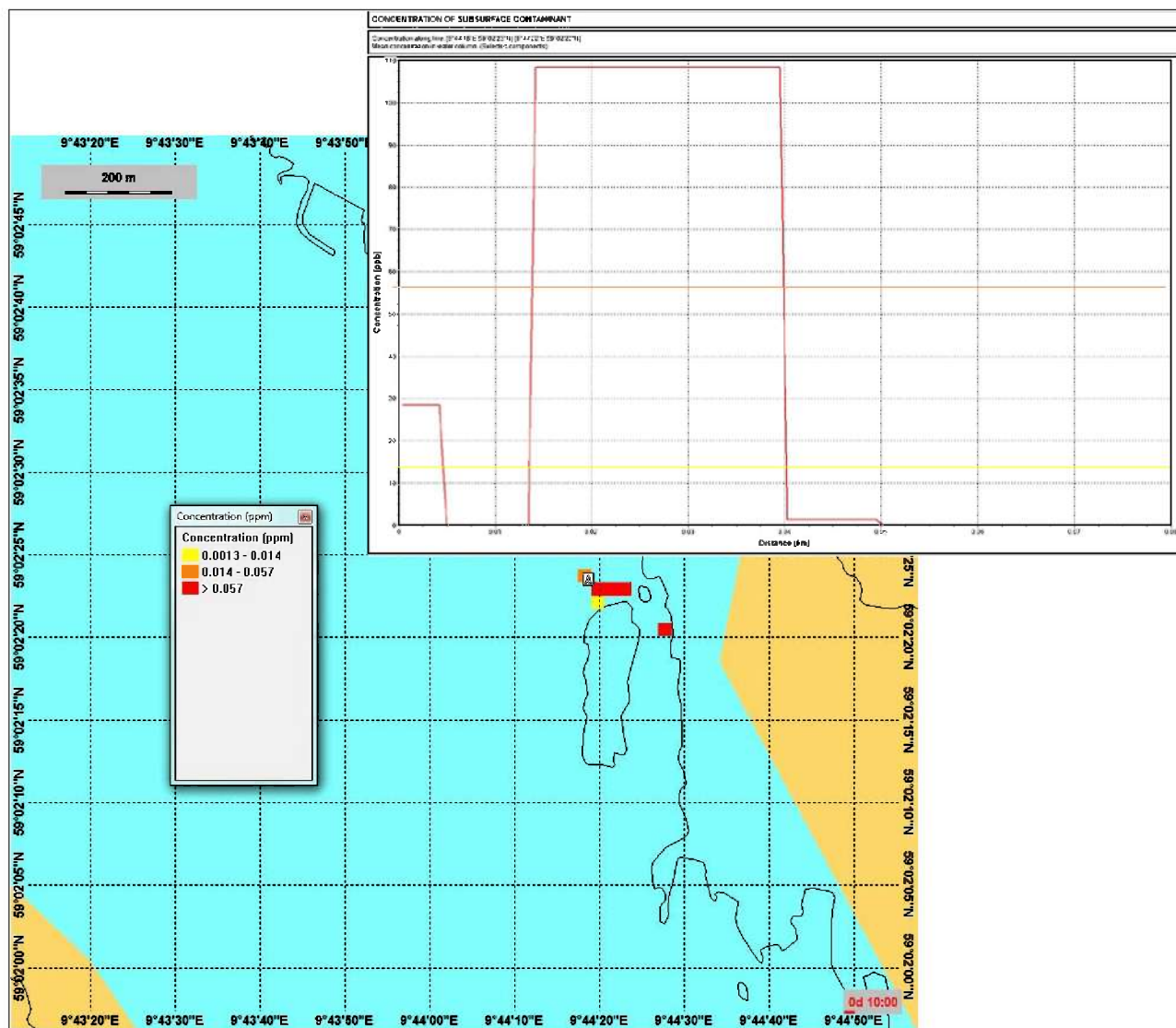
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kvikksølv i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Nikkel (Ni)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av nikkel i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

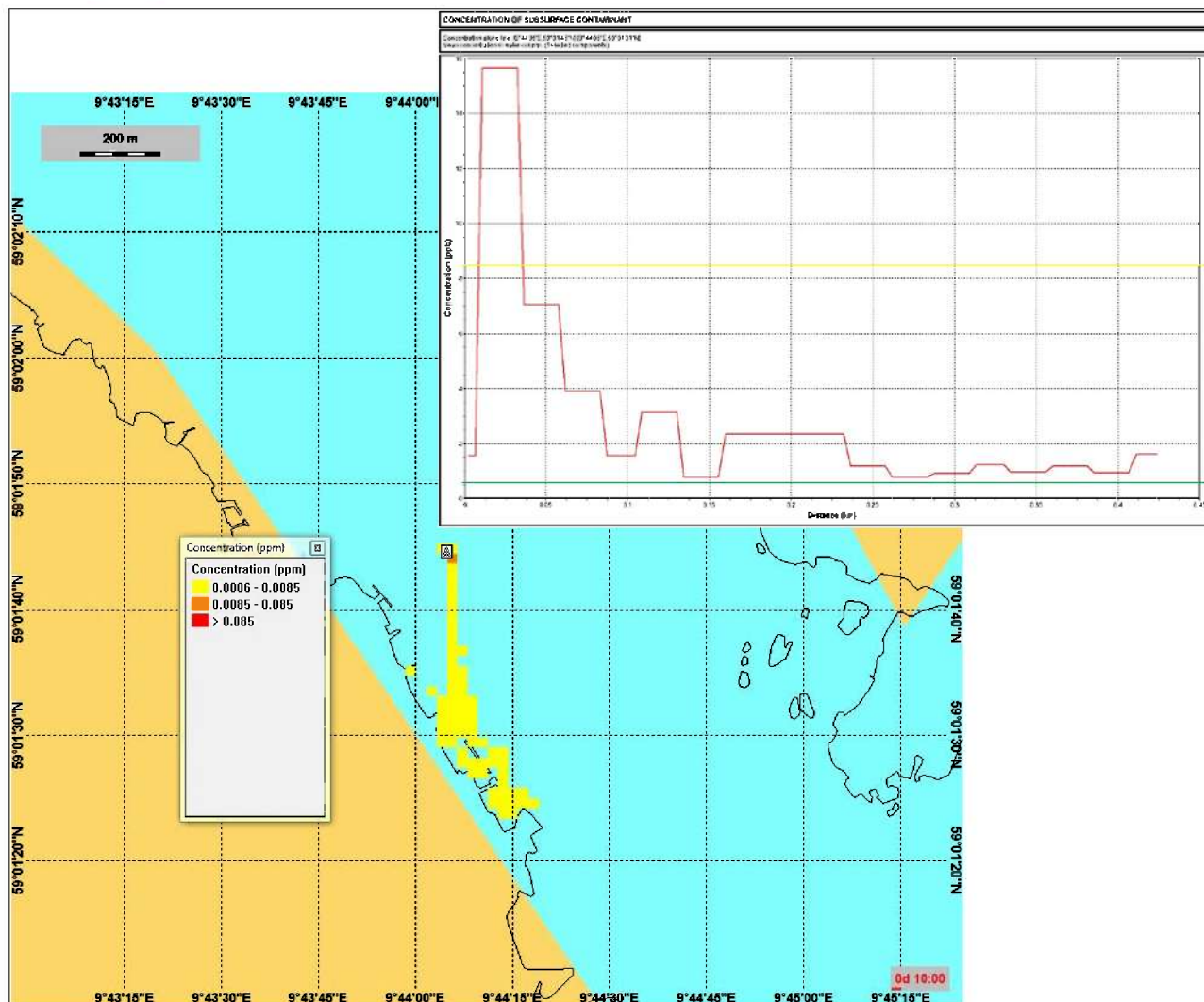
Bly (Pb)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av bly i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS3. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

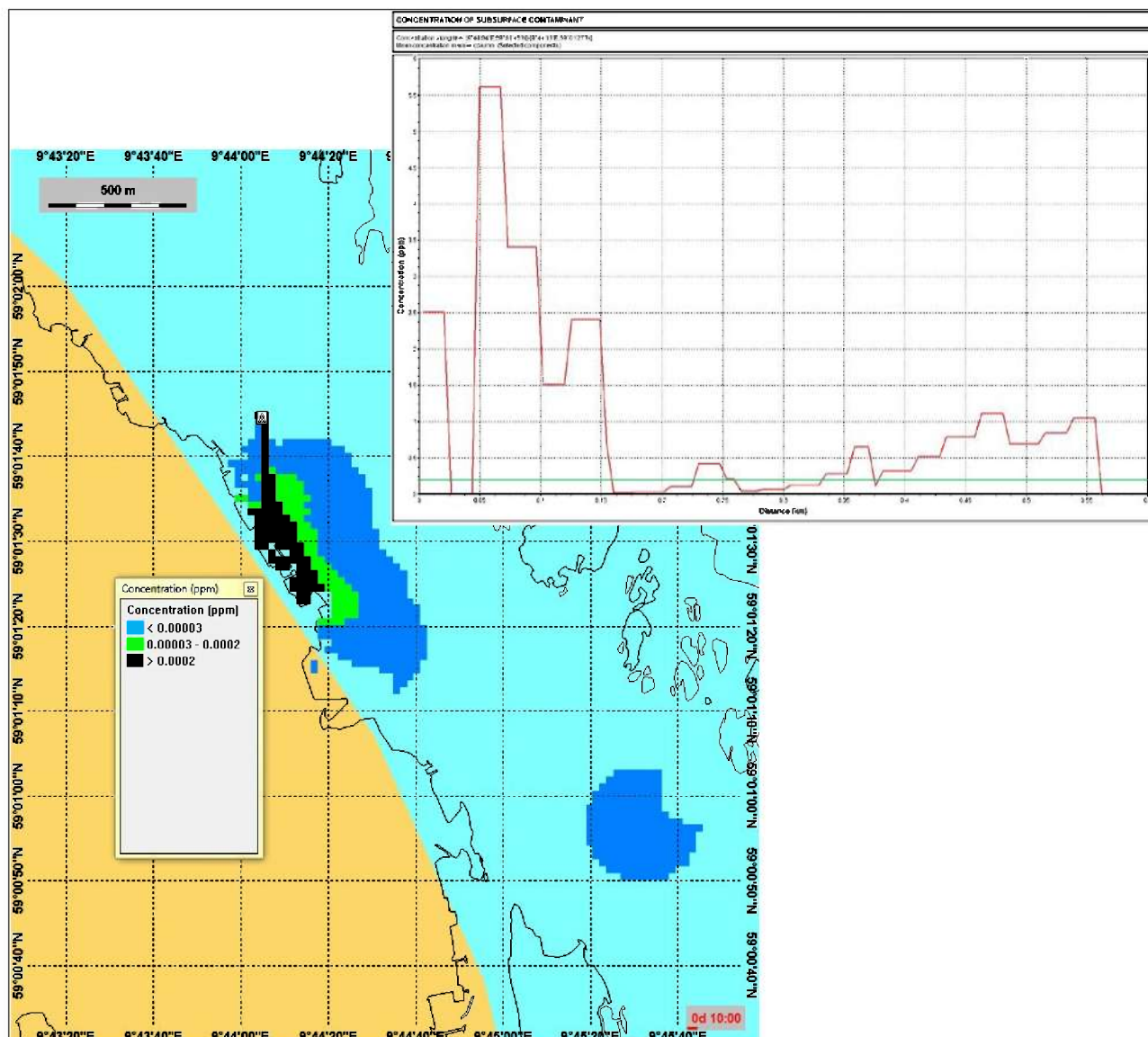
Gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen - Lokaltet HS4

Arsen (As)



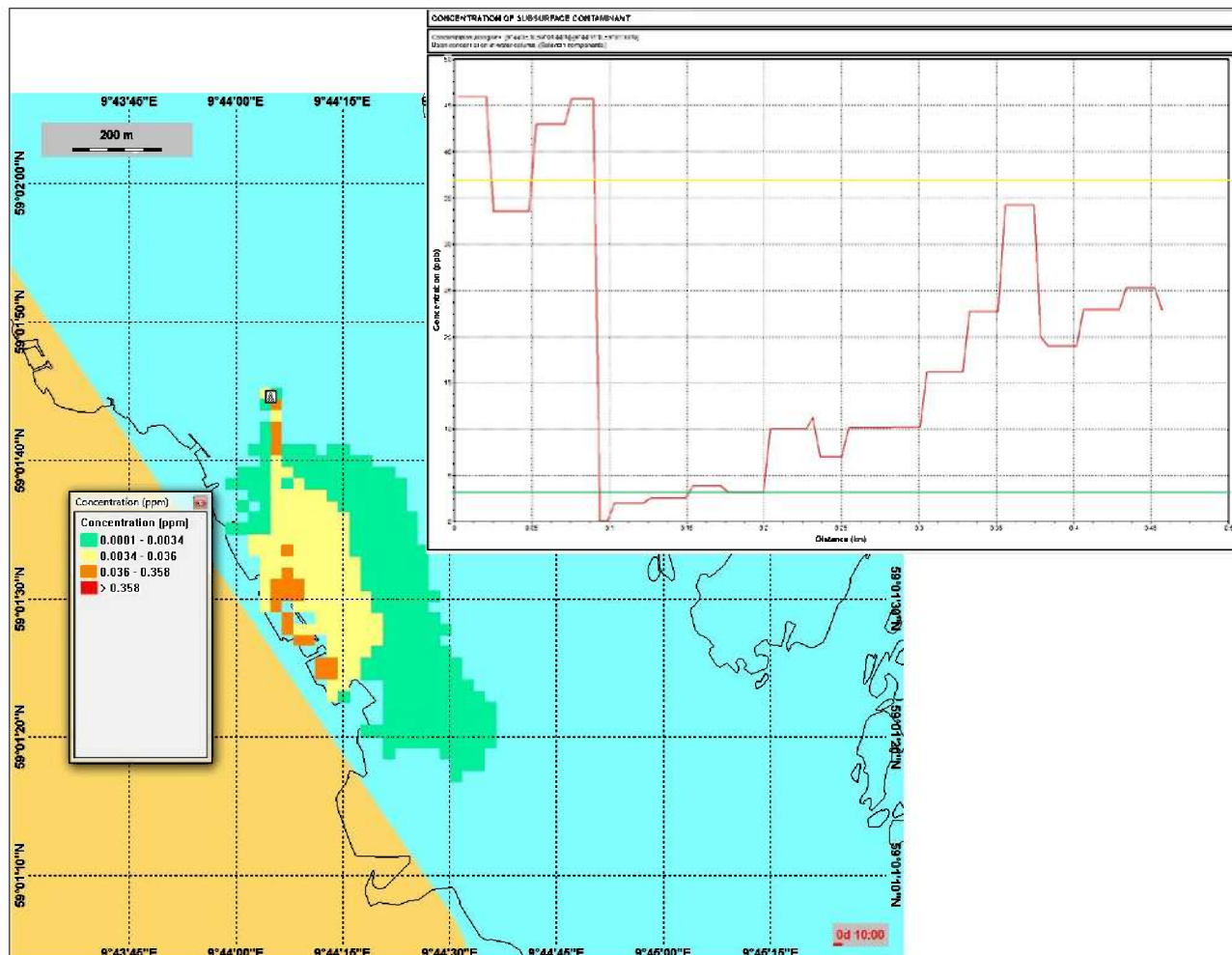
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av arsen i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje øvre grense tilstandsklasse II og gul linje øvre grense tilstandsklasse III. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kadmium (Cd)



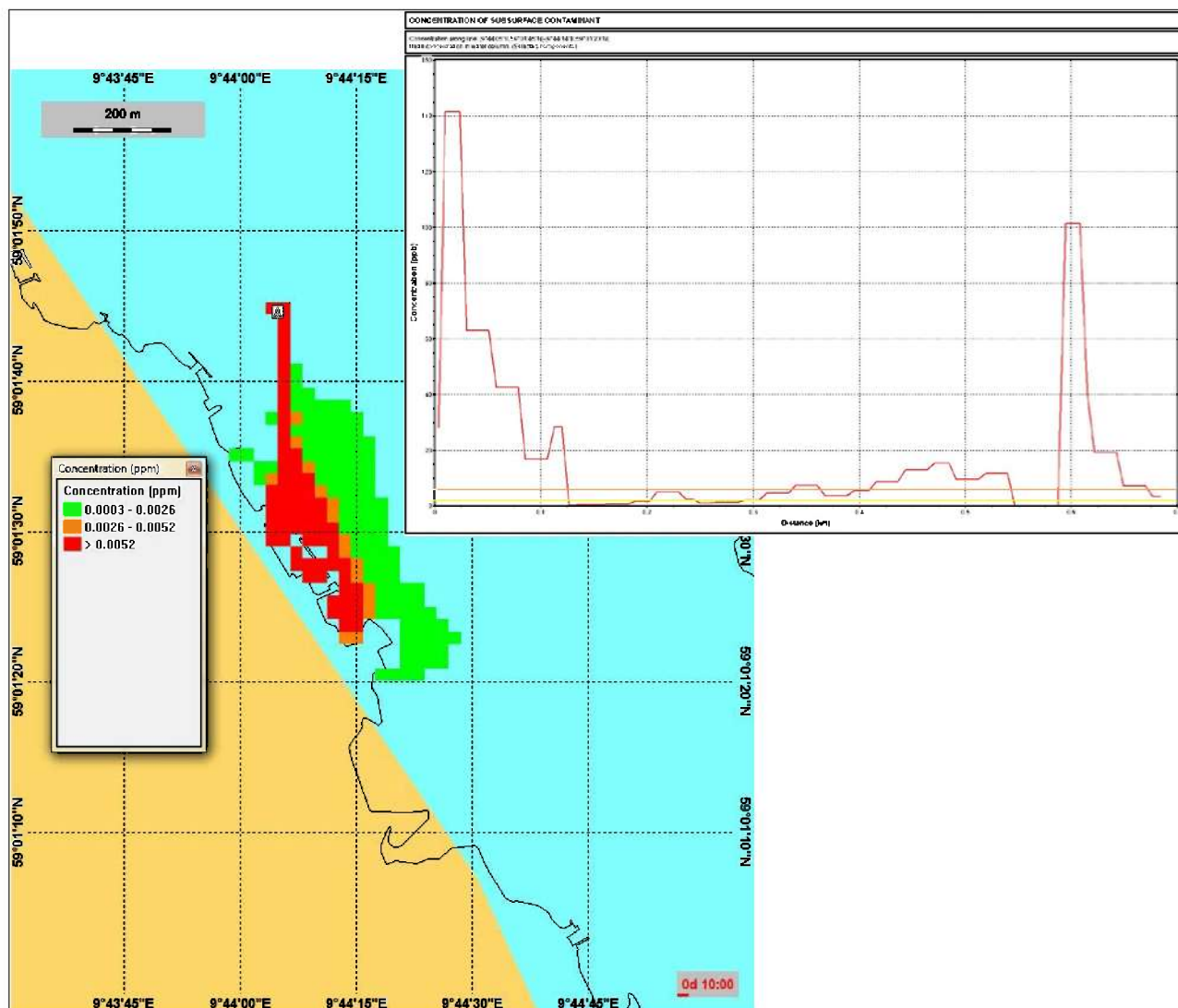
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kadmium i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene I (blå), II (grønn) og høyere en øvre grense klasse II (svart). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II (er ikke angitt høyere tilstandsklasser da det er avhengig av vannets hardhet). Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Krom (Cr)



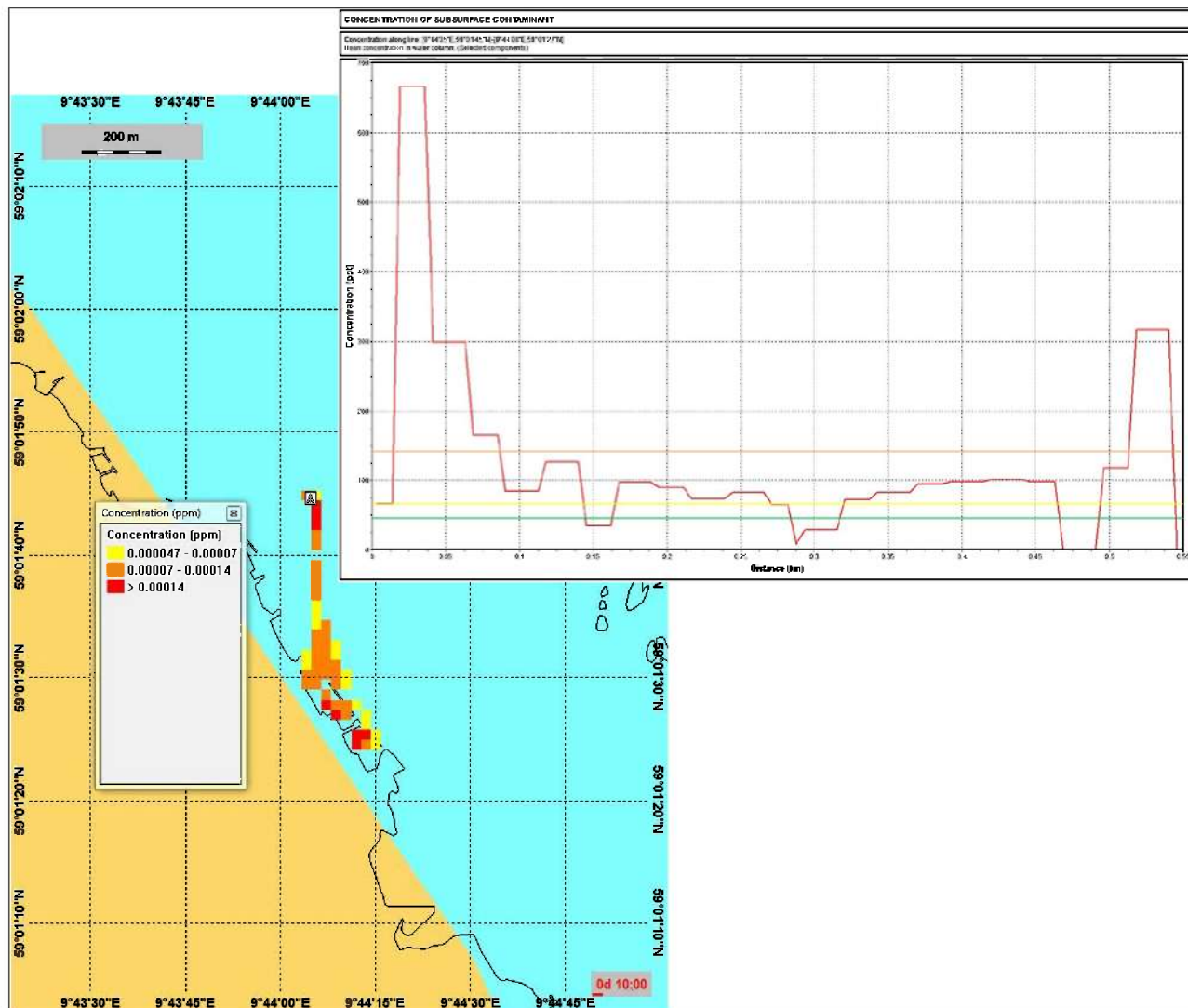
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av krom i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II (grønn), III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje øvre grense tilstandsklasse II og gul linje øvre grense tilstandsklasse III. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kobber (Cu)



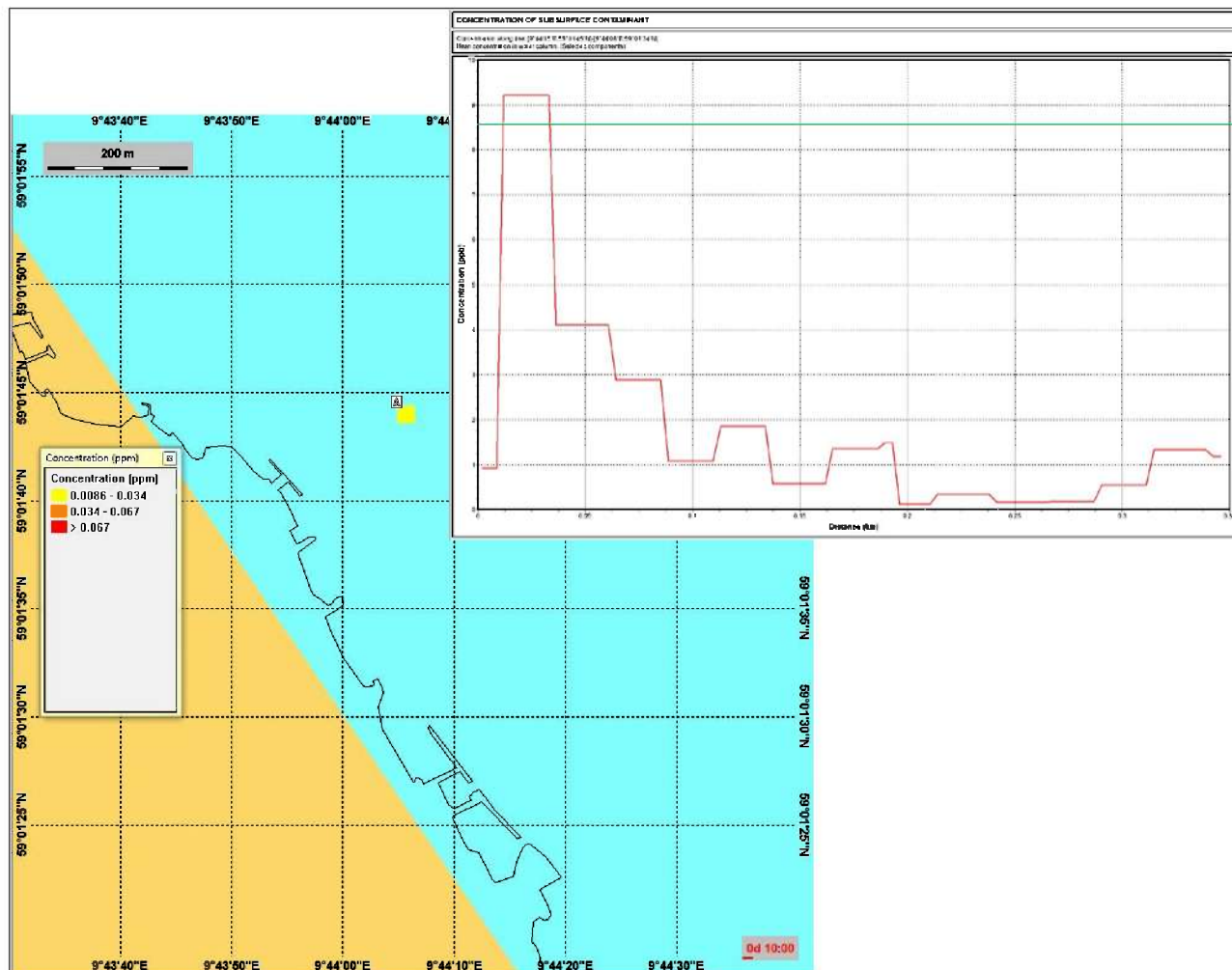
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kobber i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II og III (grønn), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kvikksølv (Hg)



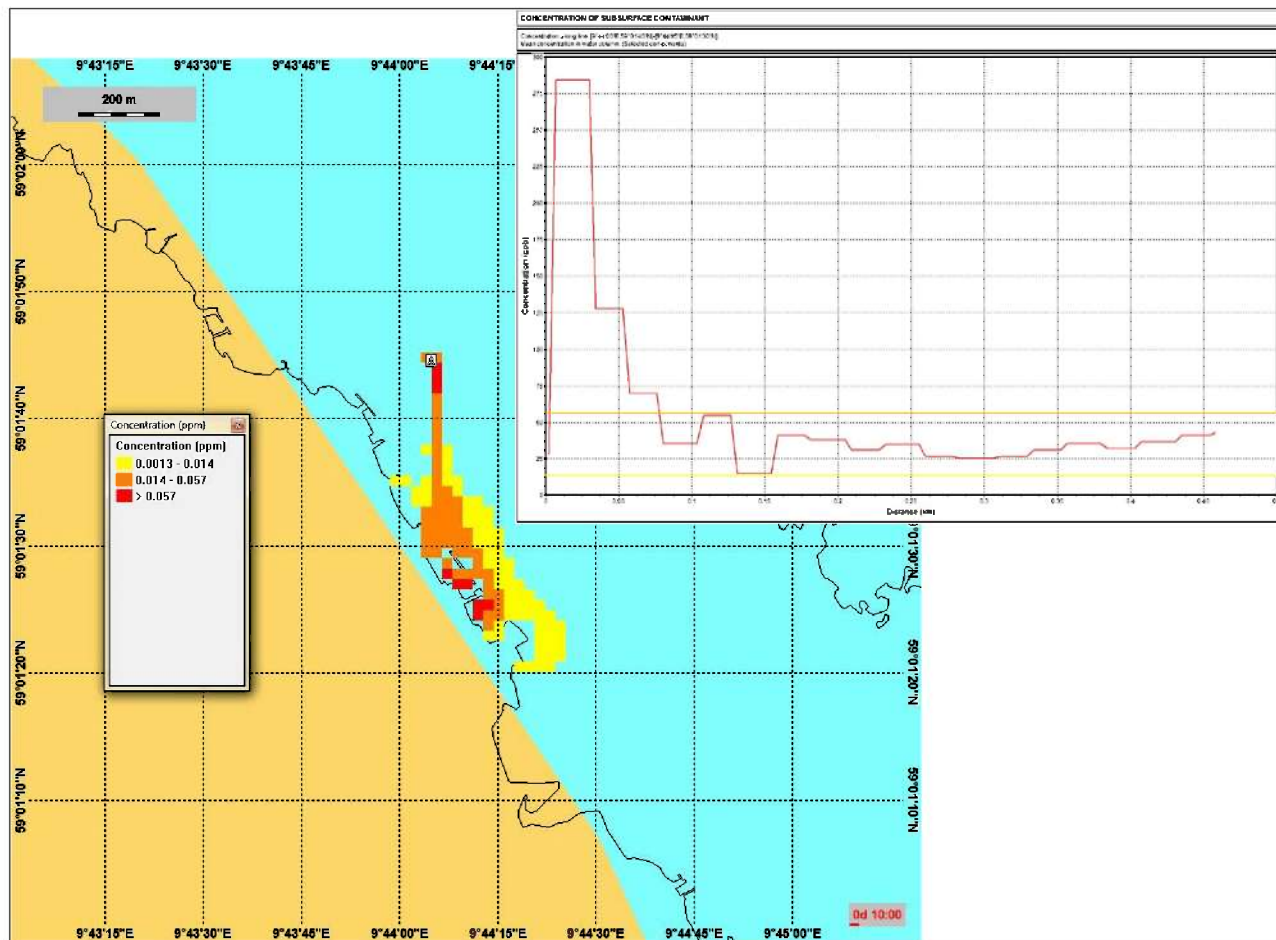
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kvikksølv i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Nikkel (Ni)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av nikkel i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

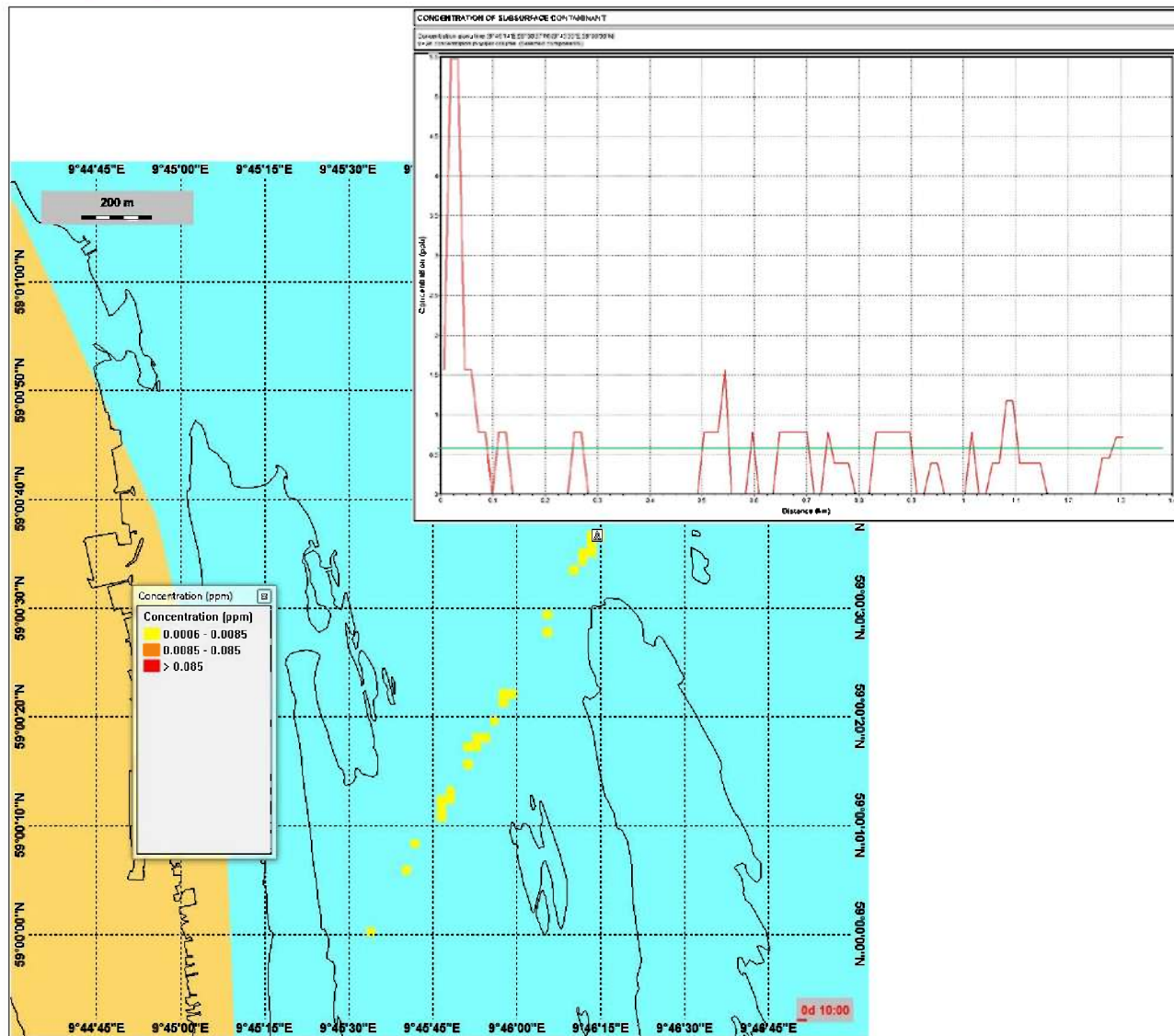
Bly (Pb)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av bly i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS4. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje angir øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

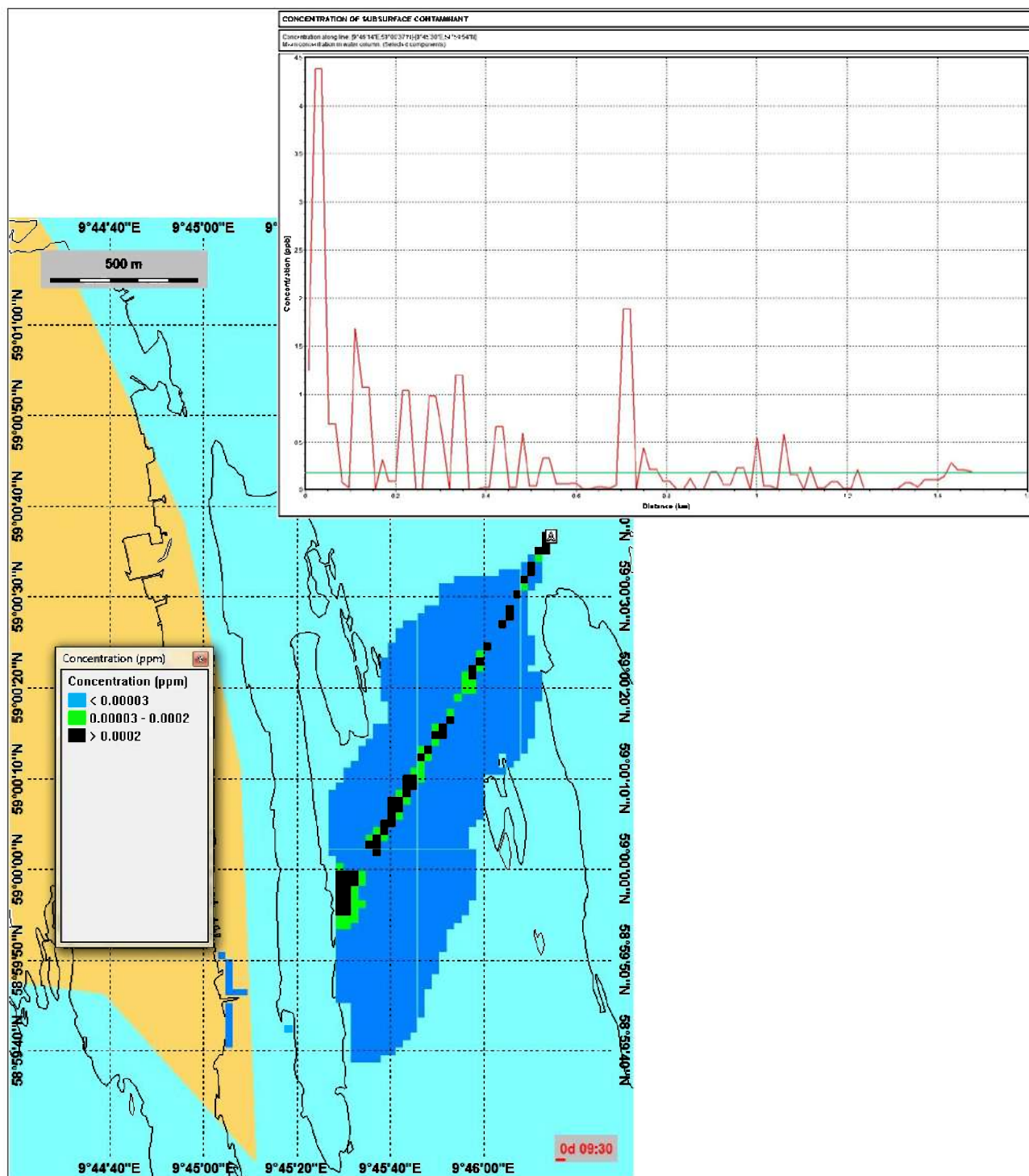
Gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av metaller i vannsøylen - Lokaltet HS5

Arsen (As)



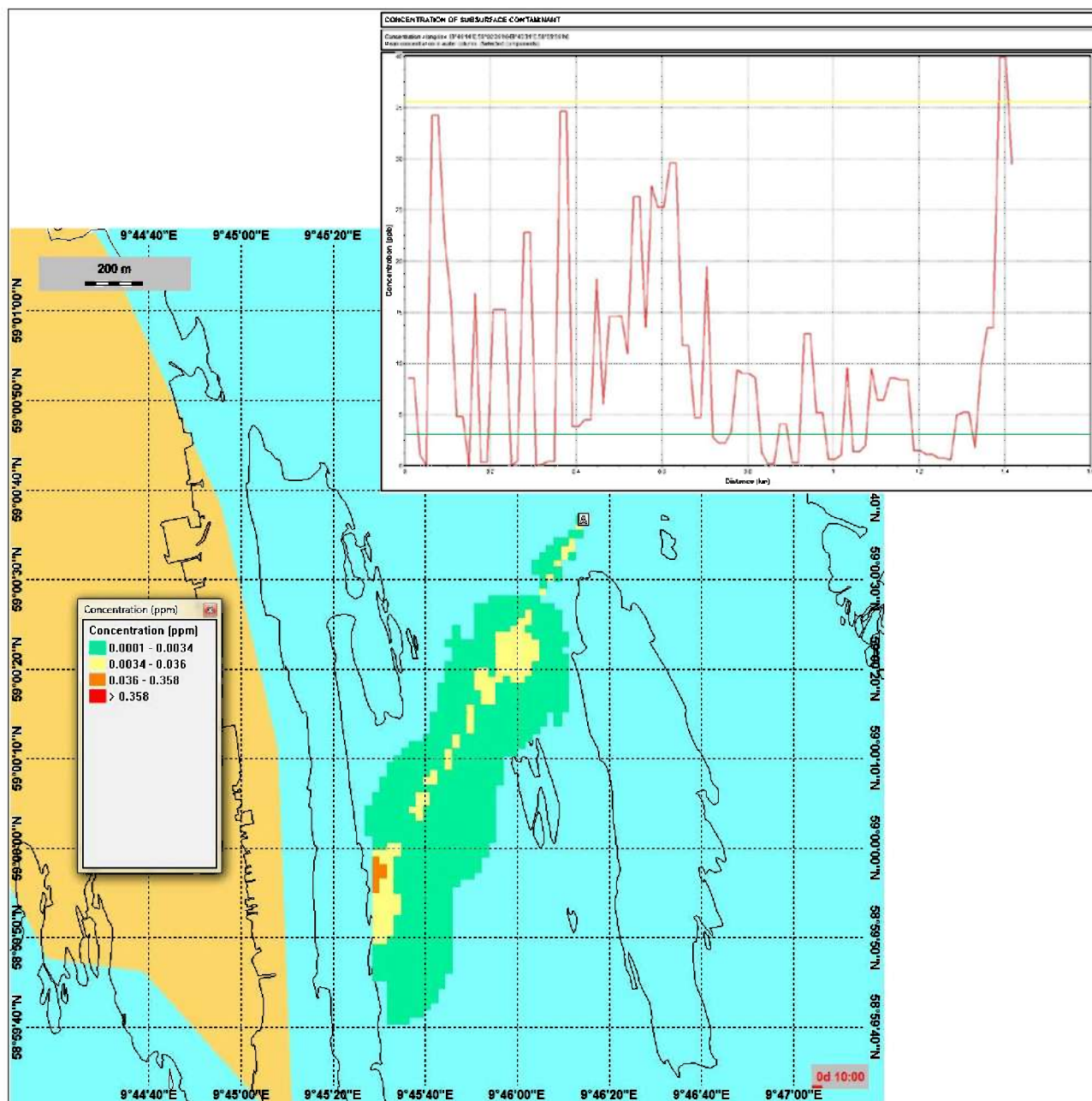
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av arsen i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kadmium (Cd)



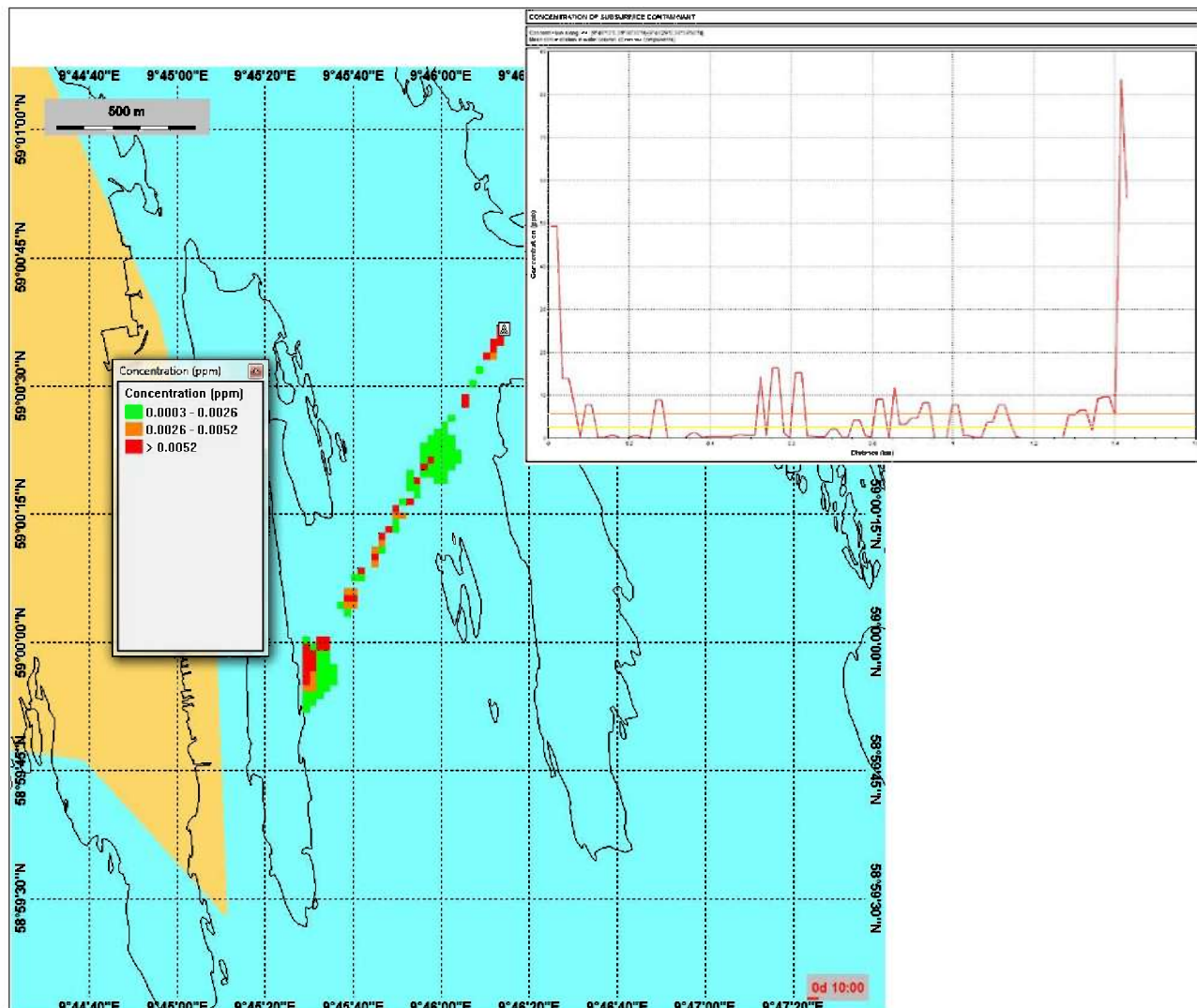
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kadmium i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene I (blå), II (grønn) og høyere en øvre grense klasse II (svart). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II (er ikke angitt høyere tilstandsklasser da det er avhengig av vannets hardhet). Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Krom (Cr)



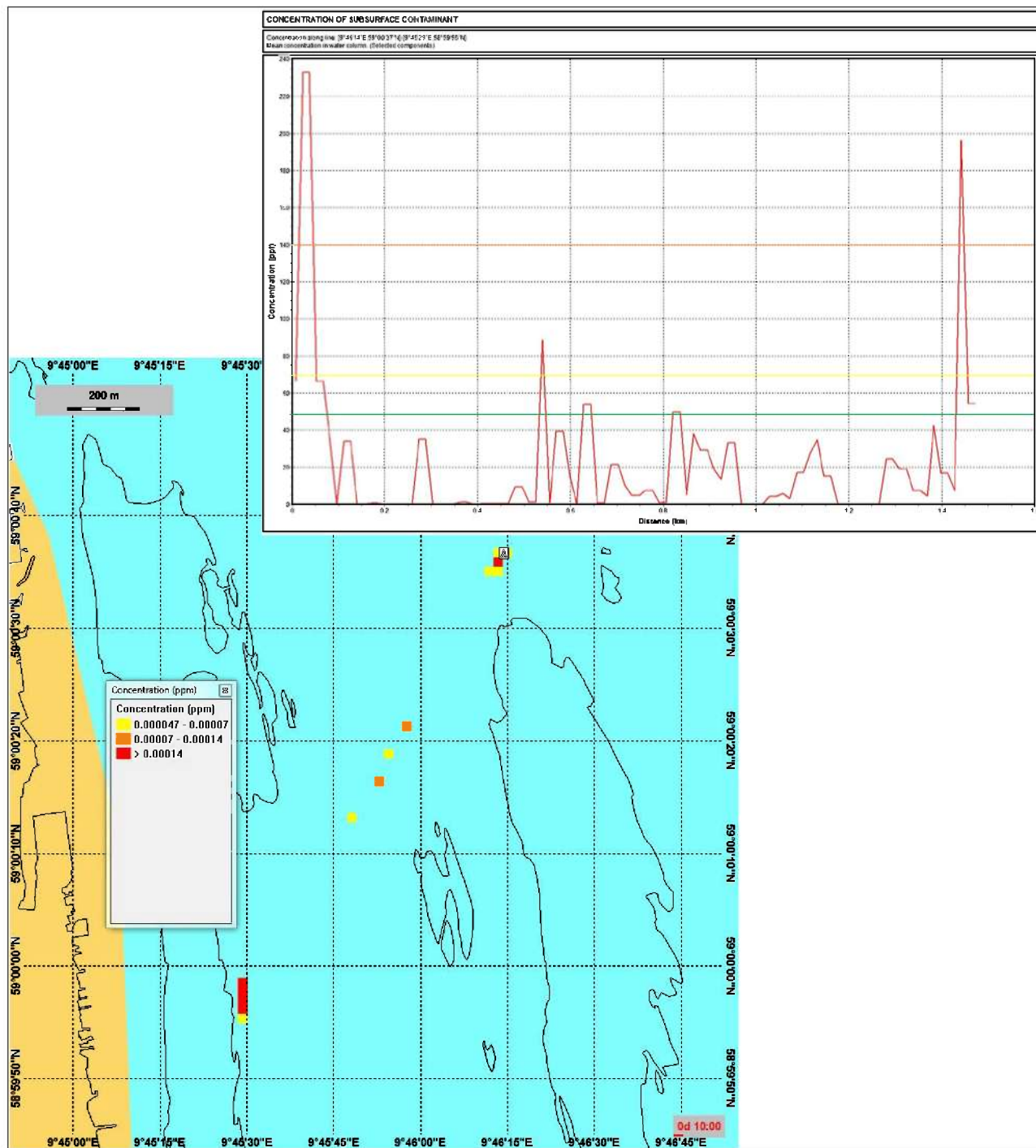
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av krom i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II (grønn), III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje øvre grense tilstandsklasse II og gul linje øvre grense tilstandsklasse III. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kobber (Cu)



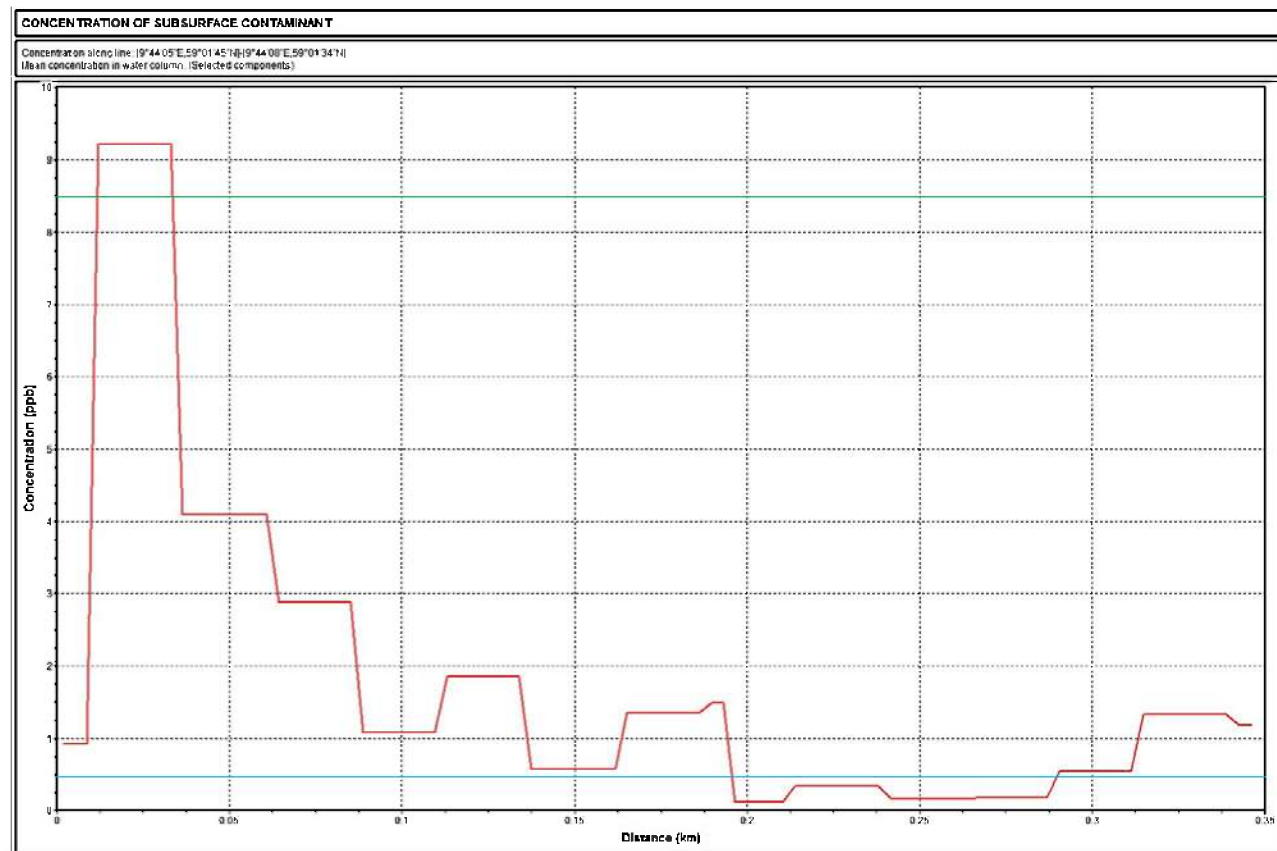
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kobber i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene II og III (grønn), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Kvikksølv (Hg)



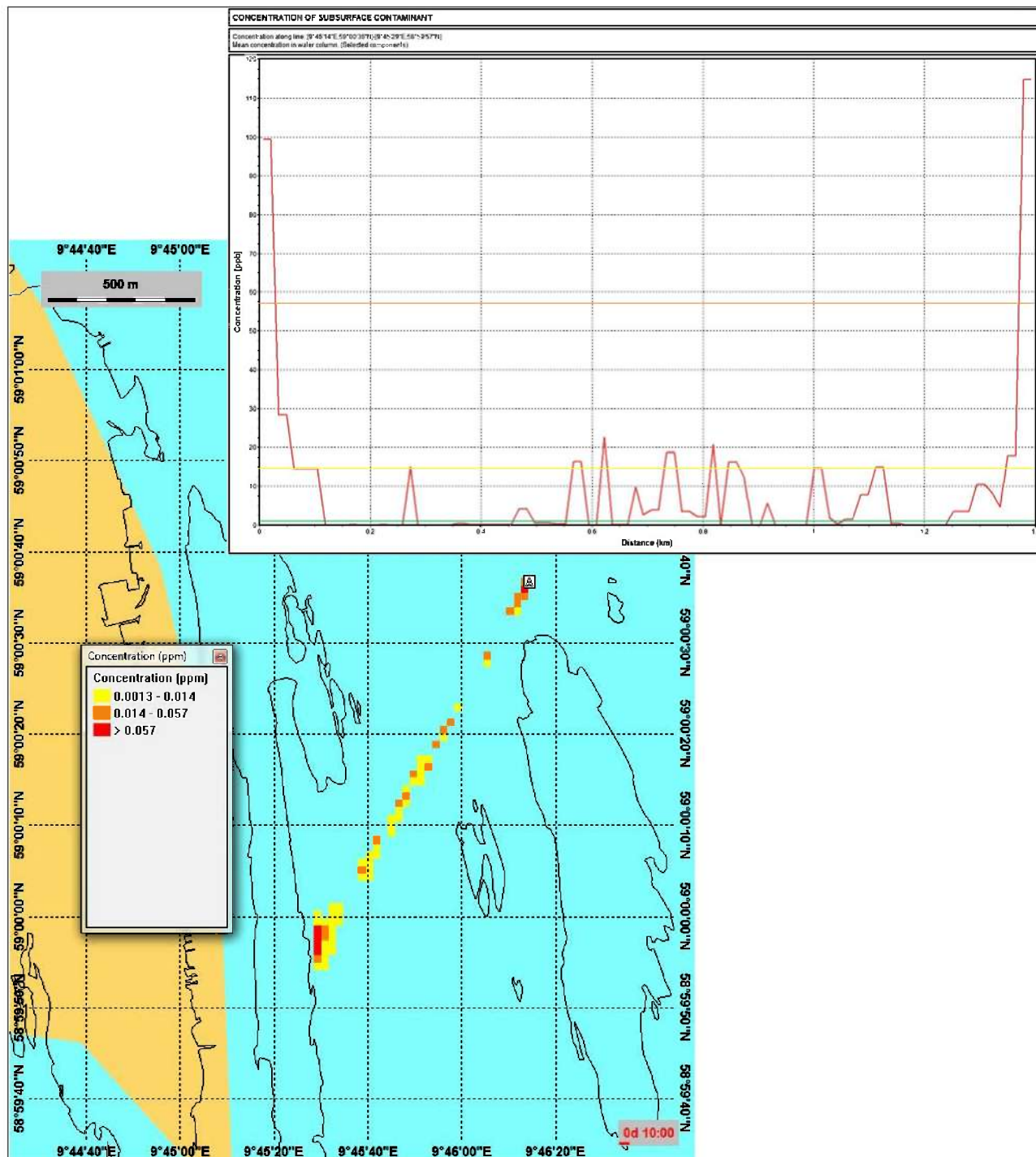
Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av kvikksølv i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.

Nikkel (Ni)



Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner av nikkel i et tverrsnitt gjennom influensområdet, blå linje angir øvre grense tilstandsklasse I, grønn linje øvre grense tilstandsklasse II.

Bly (Pb)



Gjennomsnittlig totalkonsentrasjon av bly i vannsøylen 10 timer etter utslippet av behandlet uorganisk farlig avfall startet på lokalitet HS5. Konsentrasjonsintervallene angir tilstandsklassene III (gul), IV (orange) og V (rød). Grafen viser gjennomsnittlige totalkonsentrasjoner i et tverrsnitt gjennom influensområdet, grønn linje angir øvre grense tilstandsklasse II, gul linje angir øvre grense tilstandsklasse III og orange linje angir øvre grense tilstandsklasse IV. Merk at svarte konturlinjer angir fastlandsgrensen.





About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.