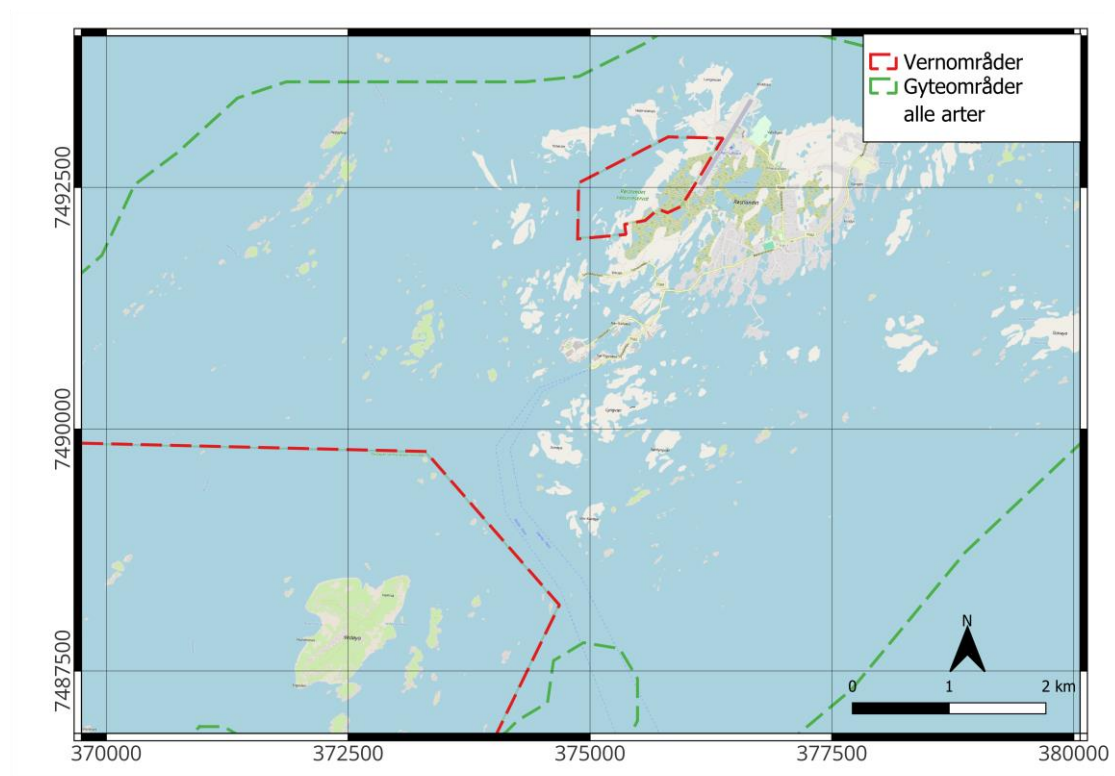


13801627-03 Spredningsmodell utdypning Røst



Multiconsult

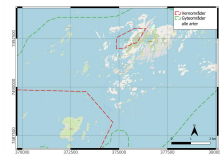
Rapport

Februar 2026

13801627-03 Spredningsmodell utdypning Røst

Utarbeidet for
Representert ved

Kystverket
Multiconsult



Prosjektleder	Mathias Singsaas Frøseth
Forfatter	Thomas Heggem
Kvalitetsansvarlig	Charlotta Lövestedt, Sina Saremi

Prosjektnummer	13801627-03
Godkjennelsesdato	12.02.2026
Revisjon	1.0

INNHOUDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag	1
2	Introduksjon	2
3	Inngangsdata.....	4
3.1	Batymetri	4
3.2	Miljøkrefter	4
3.3	Sedimentdata	4
4	Modelloppsett.....	5
4.1	Modelleringsperiode.....	5
4.2	Hydrodynamisk modell.....	5
4.2.1	Beregningsnett.....	5
4.2.2	Sedimenttransport.....	8
5	Resultat av sedimentmodelleringen	13
5.1	Nettosedimentering	13
5.2	Maksimalt suspendert sedimentkonsentrasjon (SSC)	14
5.3	Overskridelse av konsentrasjoner.....	19
5.3.1	Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 2 mg/l.....	19
5.3.2	Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 5 mg/l.....	25
5.3.3	Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 10 mg/l.....	30
5.3.4	Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 100 mg/l.....	34
5.3.5	Tidsserier av suspendert sedimentkonsentrasjon	38
6	Endring av strømmønster som følge av molo.....	43
7	Diskusjon og konklusjon	45
8	Referanser	47

FIGURER

Figur 2.1	Utdypningsområder og deponi for løsmasser rundt vestsiden av Røstlandet.	2
Figur 2.2	Verneområder (rødt), gyteområder for alle fiskearter (mørkegrønt), ålegras (lysegrønt) og større tareforekomster (gult) rundt Røstlandet.	3
Figur 4.1	Beregningsnett for utdypningsområdene.	5
Figur 4.2	Kombinert sigma og z-lag. Sigmaglagene består av 10 lag og gir en konstant oppløsning ned til 20 meters dyp. Under dette tar z-lagene over, og øker gradvis i størrelse mot bunnen. Dette for å forsikre at mudringen blir representert korrekt, samt at partikkelspredningen vil være størst i de øverste lagene grunnet høyere strømhastighet.	6
Figur 4.3	Strømroser fra modellen for posisjonen for supplerende strømmålinger (Norconsult, 2025). Strømrosen er hentet ut fra hele modellperioden.	7
Figur 4.4	Strømroser fra modellen for posisjonen «Glea» (Norconsult, 2023). Strømrosen er hentet ut fra hele modellperioden.	7
Figur 4.5	Strømroser fra modellen for posisjonen «Farleden» (Norconsult, 2023). Strømrosen er hentet ut fra hele modellperioden.	7
Figur 4.6	Signifikant bølgehøyde for ett tidspunkt fra spektralbølgemodellen for Røstlandet .	8
Figur 4.7	Inndeling av utdypningsområdene i sedimentsoner.	9
Figur 5.1	Nettosedimentasjonens utbredelse og tykkelse.	14
Figur 5.2	Maksimum SSC ved bunnen, oversikt.	15
Figur 5.3	Maksimum SSC ved bunnen, med fokus på verneområdet i nord og utgruningsområdene Liggehavn, Pir Vest, Snuareal, Brødran og Trettskjæret.	15
Figur 5.4	Maksimum SSC ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør, med Kvaløygrunnen og Ramningen sør inkludert.	16
Figur 5.5	Maksimum SSC ved overflaten, oversikt.	16
Figur 5.6	Maksimum SSC ved overflaten, med fokus på verneområdet i nord og utgruningsområdene Liggehavn, Pir Vest, Snuareal, Brødran og Trettskjæret.	17
Figur 5.7	Maksimum SSC ved overflaten, med fokus på verneområdet i sør, med Kvaløygrunnen og Ramningen sør inkludert.	17
Figur 5.8	Maksimum SSC midlet over vannsøylen, oversikt.	18
Figur 5.9	Maksimum SSC midlet over vannsøylen, med fokus på verneområdet i nord og utgruningsområdene Liggehavn, Pir Vest, Snuareal, Brødran og Trettskjæret.	18
Figur 5.10	Maksimum SSC midlet over vannsøylen, med fokus på verneområdet i sør, med Kvaløygrunnen og Ramningen sør inkludert.	19
Figur 5.11	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 27 døgn.	20
Figur 5.12	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	21
Figur 5.13	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.	21
Figur 5.14	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved overflaten.	22
Figur 5.15	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved overflaten, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	22
Figur 5.16	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved overflaten, med fokus på verneområdet i sør.	23
Figur 5.17	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.	23
Figur 5.18	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	24
Figur 5.19	Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på verneområdet i sør.	24
Figur 5.20	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 21 døgn.	25

Figur 5.21	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	26
Figur 5.22	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.	26
Figur 5.23	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved overflaten.	27
Figur 5.24	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved overflaten, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	27
Figur 5.25	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.	28
Figur 5.26	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	28
Figur 5.27	Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på verneområdet i sør.	29
Figur 5.28	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 18 døgn.	30
Figur 5.29	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	31
Figur 5.30	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.	31
Figur 5.31	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved overflaten.	32
Figur 5.32	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved overflaten, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	32
Figur 5.33	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.	33
Figur 5.34	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	33
Figur 5.35	Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på verneområdet i sør.	34
Figur 5.36	Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 4 døgn.	35
Figur 5.37	Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	35
Figur 5.38	Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.	36
Figur 5.39	Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved overflaten.	36
Figur 5.40	Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.	37
Figur 5.41	Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.	37
Figur 5.42	Valgte punkter for å hente ut tidsserier av suspendert sedimentkonsentrasjon (SSC).	38
Figur 5.43	Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon, signifikant bølgehøyde og skjærspenning langs bunnen for Røst vest. Maksverdien (99,7 percentilen) er inntegnet i figuren for den suspenderte sedimentkonsentrasjonen, samt når vannstanden overstiger 1,2 meter på posisjonen.	39
Figur 5.44	Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon, signifikant bølgehøyde og skjærspenning langs bunnen for Verneområde. Maksverdien (99,7 percentilen) er inntegnet i figuren for den suspenderte sedimentkonsentrasjonen, samt når vannstanden overstiger 1,2 meter på posisjonen.	40
Figur 5.45	Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon for Røst nord, ved overflaten, midlet over vannsøylen og ved bunnen. Maksverdien (99,7 percentilen) er inntegnet i figuren.	41

Figur 5.46	Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon for Røst nordøst, ved overflaten, midlet over vannsøylen og ved bunnen. Maksverdien (99,7 persentilen) er inntegnet i figuren.	42
Figur 5.47	Forskjell i nettostrøm i vannsøylen for perioden 05.01.2017 til 01.02.2017. Vektorpilene viser forskjellens retning, mens konturene viser endringen i strømmen.	43
Figur 5.48	Forskjell i nettostrøm i vannsøylen for perioden 14.11.2017 til 11.12.2017. Vektorpilene viser forskjellens retning, mens konturene viser endringen i strømmen.	44
Figur 6.1	Maksimum SSC ved bunnen, uten inkludering av bølger på resuspensjon.	46

TABELLER

Tabell 4-1	Fordelingen av kornstørrelse for bløtbunn og generert ved sprenging av fjellbunn.....	9
Tabell 4-2	Massevolum som skal fjernes fra utdypningsområdene.	11
Tabell 4-3	Antall operasjonsdager ved de tre utdypningsområdene	12

1 Sammenheng

Formålet med denne rapporten er å undersøke sedimentspredningen som følge av utdypning av områdene nær Liggehavn og gruntområder i innseilingen til Røstlandet. Totalt er det 8 areal som skal utdypes, enten ved mudring eller sprengning, eller ved en kombinasjon av disse to.

Det er modellert effekten av utdypning i områdene over en periode på 7 måneder, fordelt på to lektere. Modellåret er satt til 2017, og inngangsdata for strøm er hentet fra Norwegian Seas (Rugbjerg, Uhrenholdt, & Arenas, 2017), atmosfæriske data fra NORA3 (Haakenstad, Øyvind Breivik, Furevik, & Bohlinger, 2021) og bølgespekter fra DHIS Global Wave Model (DHI, 2024). Løst sediment ved Liggehavn, snuarealet og Brødran blir gravd opp med bakgraver på rigg, og legges i splittlektet. Massene blir deponert i Glea. Fjell og steingrunn vil bli boret og sprengt løs, og fjernet med lekter fra snuarealet, Brødran, Pir Vest, Trettskjæret, Svinøybakken, Kvaløygrunnen og Ramningen sør.

For løst sediment er det anslått at 5 % av massen vil bli spredd ut i vannsøylen ved heving opp fra havbunnen. For fjell anslås det at 0,2 % av den totale massen blir til små partikler på under 2 cm ved sprengning (Madsen, et al., 2016). Av disse blir 5 % spredd utover i vannsøylen under mudring.

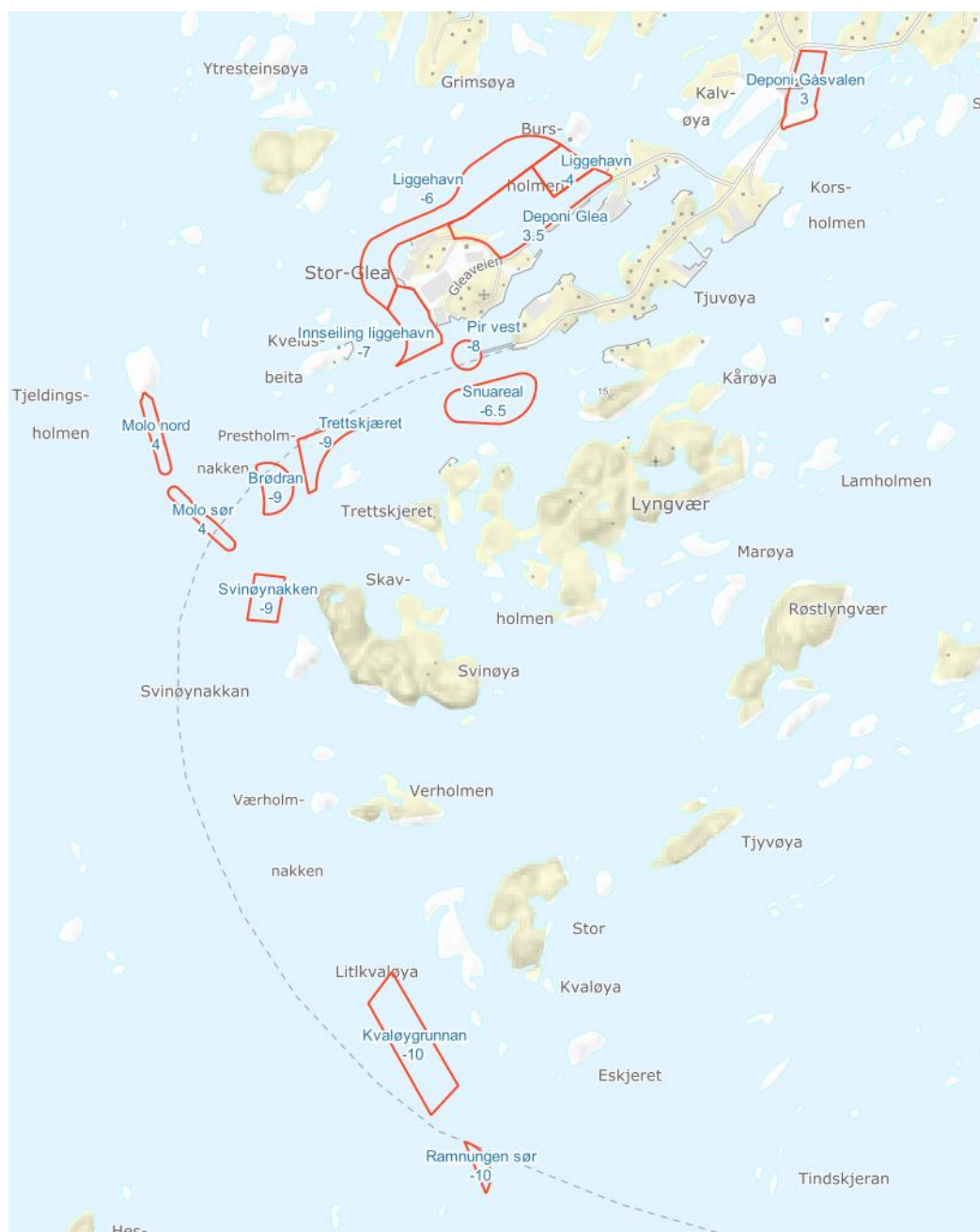
Resultatet fra sedimentspredningsmodellen viser at det forekommer hyppig resuspensjon og dermed stor utbredelse av suspendert sedimentkonsentrasjon. For samlet tid hvor konsentrasjonen overstiger 2 mg/l er varigheten opp mot 27 døgn i utdypningsområdet Liggehavn, 20 dager innenfor gyteområdet i nord, 10 dager innenfor ålegrasområdet i nord, og 3 dager for ålegrasområdet i øst. For verneområdet i sør er det et lite område med varighet opp mot 4 dager mot land. For høyere konsentrasjoner reduseres både den samlede varighetens utstrekning og samlet tid. De høyeste konsentrasjonene er langs bunnen, og er 100 mg/l for verneområdet og 50 mg/l i ålegrasområdet i nord. For ålegraset i øst er makskonsentrasjonen 10 mg/l, mens for verneområdet i sør er det små areal med konsentrasjoner opp mot 5 mg/l. I gyteområdet i nord er det et lite areal med konsentrasjon på 100 mg/l ved bunnen.

Den høyeste verdien av sedimenttykkelse som følge av spill fra mudringen er 360 mm, i umiddelbar nærhet til land innenfor utdypningsområdet Liggehavn. Det er ingen nettosedimentering i verneområdene, gyteområdene eller innenfor ålegrassonene.

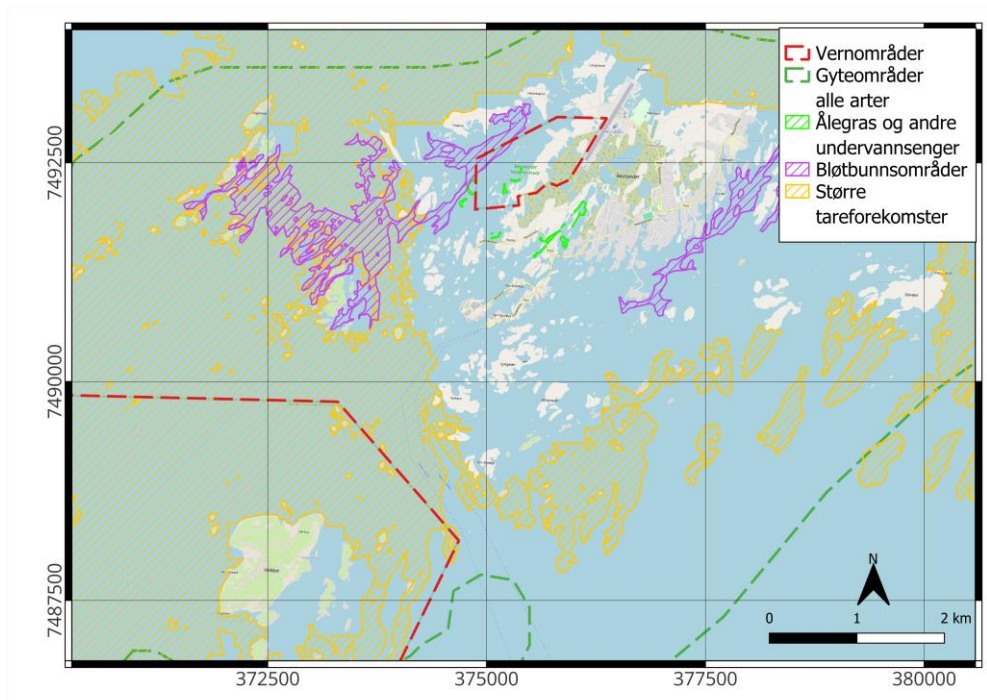
Strømpåvirkningen av moloen har blitt undersøkt i to perioder med gjennomsnittlig høy strøm. Ved å undersøke nettostrømmen over tid og dyp viser effekten seg til å være relativt høy, men i lokal utstrekning. Det er ingen betydelig påvirkning av moloen i strømfeltet 500 meter ut fra konstruksjonen.

2 Introduksjon

DHI AS har som underleverandør til Multiconsult AS fått i oppdrag å modellere sedimentspredning som følge av utdypning av 8 gruntområder på vestkysten av Røstlandet. Det er gruntområdene Liggehamn (tre delområder), snuareal for ferje, Brødran, Pir Vest, Trettskjæret, Svinøynakken, Kvaløygrunnen og Ramningen sør. Løsmassene vil bli mudret opp, og deponert i Glea, Figur 2.1. Grunnlaget for dette er å dype ut for skipstrafikk i disse områdene. Den umiddelbare konsekvensen er at sedimenter fra massen som blir fjernet vil bli spredd i vannsøylen under mudringen, og deretter transportert med strømmen i området. Rundt Røstlandet er det både verneområder, gyteområder for flere fiskearter og særegen bløtbunnsfauna, Figur 2.2. Det er disse områdene som er av særlig interesse for modelleringen.



Figur 2.1 Utdypningsområder og deponi for løsmasser rundt vestsiden av Røstlandet.



Figur 2.2 Verneområder (rødt), gyteområder for alle fiskearter (mørkegrønt), ålegras (lysegrønt) og større tareforekomster (gult) rundt Røstlandet.

DHI har benyttet sin egenutviklede hydrodynamiske modell (DHI, 2021) for å skape en lokal modell rundt Røst. Randbetingelser er hentet fra Norwegian Seas (Rugbjerg, Uhrenholdt, & Arenas, 2017), meteorologiske data fra met.nos NORA3 hindcastmodell (Haakenstad, Øyvind Breivik, Furevik, & Bohlinger, 2021) samt spektralbølger fra DHIS global wave model (DHI, 2024). Modellperioden er satt fra desember 2016 og ut året 2017.

Rapporten er delt opp i følgende seksjoner

- Avsnitt 3 beskriver inngangsdata til modellen (batymetri, drivende krefter og sedimentdata)
- Avsnitt 4 beskriver modelloppsett for sedimenttransport, inklusivt beregningsnett, drivning, sedimentfraksjoner og antagelser for sedimentutslipp.
- Avsnitt 5 beskriver resultatene av sedimentmodelleringen.
- Avsnitt 6 omhandler diskusjon og konklusjon.

3 Inngangsdata

I denne seksjonen presenteres dataene som er brukt for å modellere sedimentspredningen, samt antagelsene for utgrunningen.

3.1 Batymetri

Batymetridata er hentet fra Kartverket, med en oppløsning på 50x50 meter. For interesseområdene har Multiconsult levert bunnkartlegging, med en oppløsning på 2x2 meter. For interesseområdene er det overlevert dybde data med en oppløsning på 5x5 meter, fra Kystverket. Det er flere gruntområder rundt Røstlandet der det ikke eksisterer bunnkartlegging. I disse områdene har det blitt satt et dyp på 1 meter.

Dypet rundt øya er hovedsakelig grunt, med store områder mellom 0-10 meters dyp. For å sørge for at strømningsbildet blir mest mulig korrekt, er det derfor brukt dybdeverdier som tilsvarer dagens situasjon.

3.2 Miljøkrefter

DHI har tidligere modellert hele Norskekysten med en oppløsning på 8 km offshore og 2 km nær kysten. Modellen Norwegian Seas har blitt kjørt for flere år, der 2017 ble valgt for denne studien. Ved grensene for modellområdet ble strømhastighet og -retning, overflateheving, salinitet og temperatur benyttet som drivende krefter (Rugbjerg, Uhrenholdt, & Arenas, 2017).

Atmosfærisk data ble hentet fra norsk meteorologisk institutt NORA3 hindcast-modell (Haakenstad, Øyvind Breivik, Furevik, & Bohliger, 2021). Data inkluderer vindhastighet og -retning ved 10 meters høyde, lufttrykk og lufttemperatur.

For å inkludere effekten av bølger på resuspensjon og spredning er spektralbølger fra DHI Global Wave Model (DHI, 2024). Denne har et beregningsnett med variabel oppløsning, ca. 50 km x 50 km utenfor kysten av Norge. Data herfra ble benyttet som inngangsverdier langs grensen på beregningsnettet. Modelldata er tilgjengelig for perioden 1979 til 2025.

3.3 Sedimentdata

Det har blitt foretatt kjerneprøver ved Vitjet av Multiconsult (Hegelund, 2024). Denne viser at sedimentet hovedsakelig består av sand og skjellsand, med en vannprosent på 60-70 %. Andelen grovere partikler er høyere ved toppen av kjerneprøven enn ved bunnen. Dette er reflektert i modelleringen.

For fjellgrunnen anslås det at det meste av sprengsteinen vil bli mellom 200 mm til 800 mm tykk. Fra tidligere erfaring vil 1 -4 % av sprengningsvolumet ha en partikkelstørrelse på under 2 cm, avhengig av blokkstørrelse. I denne studien er det valgt 2 %. Fra knusingsforsøk i DHI ble det anslått at 10 % av partiklene under 2 cm i størrelse, har en tykkelse på under 125 µm (Madsen, et al., 2016). Det er disse partiklene som er av interesse, da de vil drive mest med strømmen.

4 Modeloppsett

Studien for sedimentspredning har blitt utført ved hjelp av DHIs tredimensjonale hydrodynamiske modelleringsverktøy MIKE 3 FM (DHI, 2021).

Den hydrodynamiske modellen benyttes for å undersøke hvordan spredningen av suspendert sedimentkonsentrasjon (SSC) spres i området. Dette som følge av grabbing og slipp av løssediment fra utgruningsområdene.

I de neste avsnitt beskrives modelloppsettet.

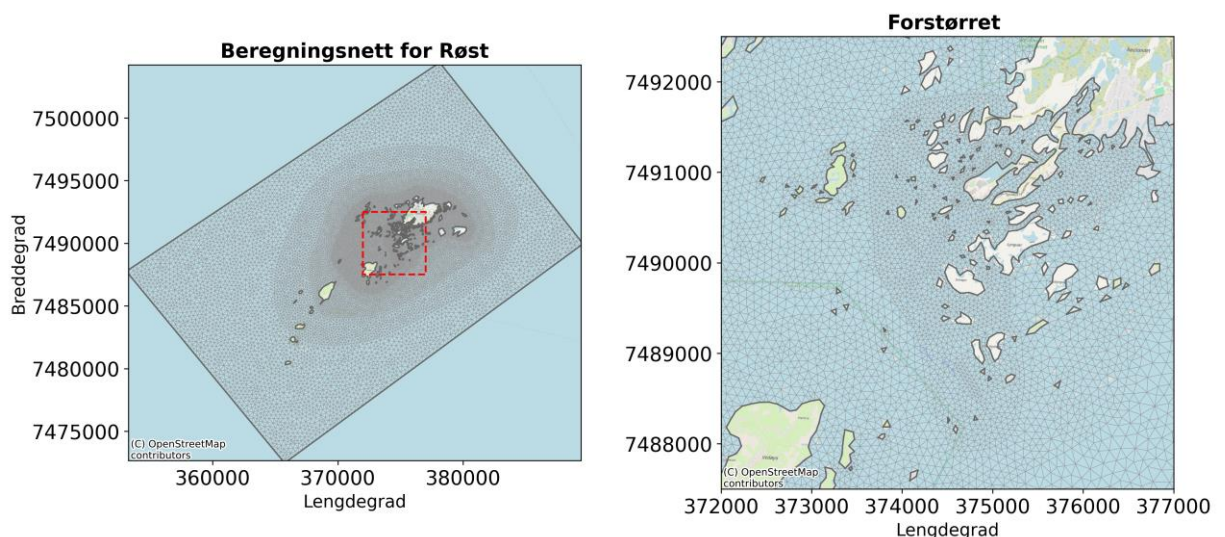
4.1 Modelleringsperiode

For modelleringsformålet er data fra Norwegian Seas benyttet, modellresultatene er for hele 2017. Det er antatt at utdypningen vil starte i vinterperioden, og vedvare over en periode på 7 måneder med sammenhengende operasjoner. Den hydrodynamiske modellen er derfor kjørt fra desember 2016 til slutten av desember 2017.

4.2 Hydrodynamisk modell

4.2.1 Beregningsnett

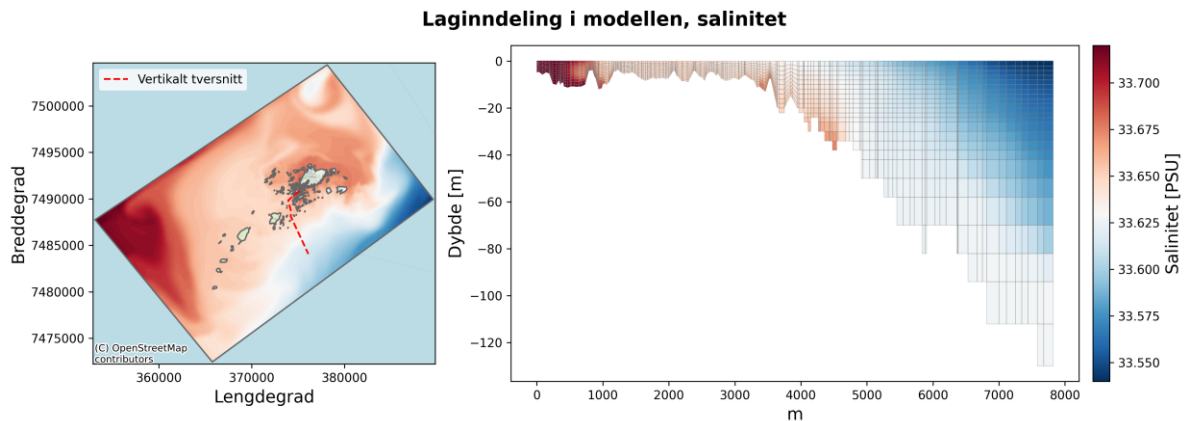
Modellen består av et beregningsnett av ca. 37 700 celler, Figur 4.1. I ytterkanten har cellene en sidelengde på ca. 350 meter. Dette gir en tilstrekkelig oppløsning for å riktig strømbilde i modellen. Oppløsningen blir finere inn mot interesseområdene, og de minste cellene har en sidelengde på 25-30 meter. Dette antas å gi en tilstrekkelig oppløsning for å beregne strømmens horisontale gradient i områdene med sedimentspredning.



Figur 4.1 Beregningsnett for utdypningsområdene.

Modellens vertikale oppløsning består av en blanding av såkalte sigma og z-lag. Sigmalagene går ned til 20 meters dyp og har hver en oppløsning på minimum 2 meter. Alle vanddyp under 20 meter vil ha 10 lag, uavhengig av dybde. Dette medfører tilstrekkelig laginndeling både ved grunnere og dypere områder. Under dette tar z-lagene over. De starter med lik oppløsning og blir gradvis blir grovere med økende vanddyp, til et

maksimum på 18 meter i lagtykkelse (Figur 4.2). For områdene i umiddelbar nærhet til Røstlandet er oppløsningen under 1 meter eller finere. Den høyere oppløsningen i de øverste lagene er for å fange opp sedimentspredningen ved mudring. Dette fordi det forventes høy strømhastighet i og mye spredning i områdene under 10 meter i dybde.



Figur 4.2 Kombinert sigma og z-lag. Sigmalagene består av 10 lag og gir en konstant oppløsning ned til 20 meters dyp. Under dette tar z-lagene over, og øker gradvis i størrelse mot bunnen. Dette for å forsikre at mudringen blir representert korrekt, samt at partikkelspredningen vil være størst i de øverste lagene grunnet høyere strømhastighet.

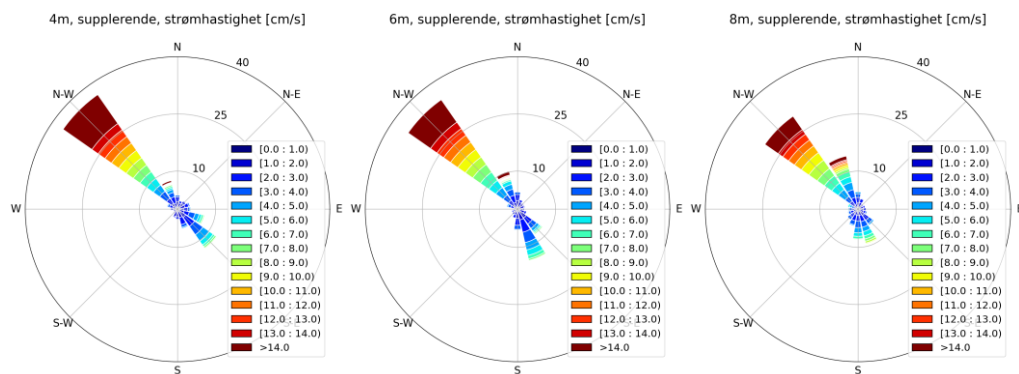
4.2.1.1 Strømmodell

Langs modellens åpne grenser er det hentet inn dynamiske grensebetingelser (varierer i tid og rom) fra tidligere storskala modell (se seksjon 3.2). Disse parameterne inkluderer

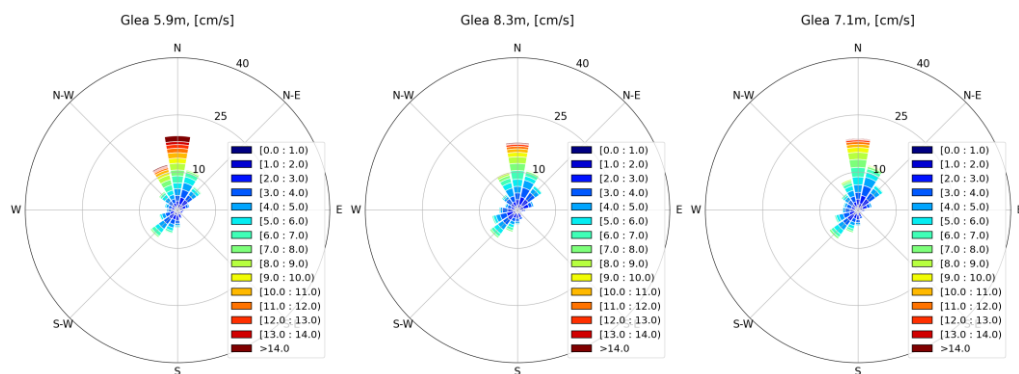
- Vannivå
- Strømhastighet og -retning
- Vanntemperatur
- Salinitet

Vind er hentet fra meteorologisk institutts NORA3-modell, med en tidsoppløsning på 1 time. I modelloppsettet blir verdiene interpolert til minste tidssteg, i dette tilfellet 10 minutter.

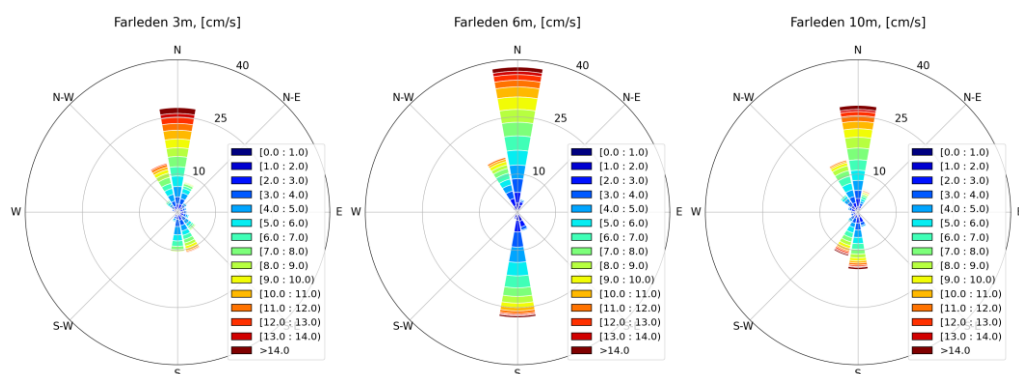
Resultatene fra strømmodellen er presentert under. Det er hentet ut strømrøser for tilsvarende posisjon og dyp som Norconsult har målt for Glea og Farleden (Norconsult, 2023) og supplementerende strømmålinger (Norconsult, 2025). Strømmålingene er utført i forskjellig tid fra modelleringsåret, men de presenterte strømrøsene viser mye av den samme karakteristikken i forhold til på hastigheter og hovedstrømsretning. Med tanke på at modellen er utført i forskjellig tid regnes det modellerte strømfeltet som godt for formålet.



Figur 4.3 Strømroser fra modellen for posisjonen for supplerende strømmålinger (Norconsult, 2025). Strømrosen er hentet ut fra hele modellperioden.



Figur 4.4 Strømroser fra modellen for posisjonen «Glea» (Norconsult, 2023). Strømrosen er hentet ut fra hele modellperioden.



Figur 4.5 Strømroser fra modellen for posisjonen «Farleden» (Norconsult, 2023). Strømrosen er hentet ut fra hele modellperioden.

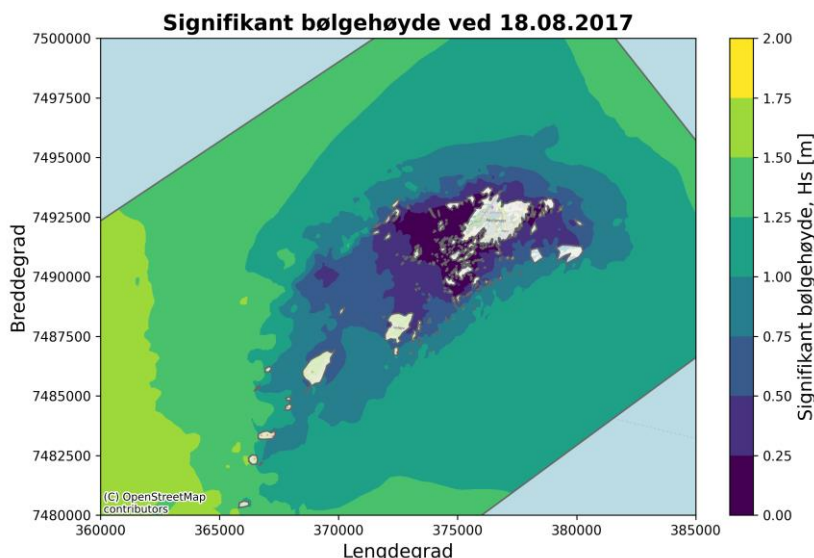
4.2.1.2 Bølgemodell

Fra den globale bølgemodellen har følgende grensebetingelser blitt hentet inn:

- Signifikant bølgehøyde H_s
- Topperioden
- Gjennomsnittlig bølgeretning
- Standardavvik for bølgeretningen

I tillegg er dybdegjennomsnittlig strømhastighet inkludert i modellen.

For Røstlandet betyr gruntområdene at det er mer beskjedne bølgehøyder som når inn til interesseområdene, Figur 4.6.



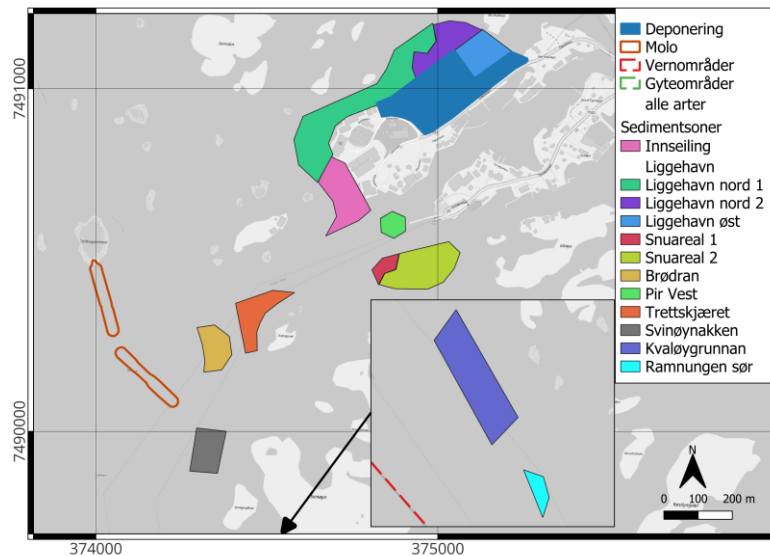
Figur 4.6 Signifikant bølgehøyde for ett tidspunkt fra spektralbølgemodellen for Røstlandet

4.2.2 Sedimenttransport

Modellen er beregnet med en "frikoblet" metode, der de hydrodynamiske kreftene beregnes først over hele modellperioden og lagres. Deretter benyttes MIKE 3FM Mud Transport Module (MT) til å beregne sedimenttransport og -spredning basert på resultatene fra den hydrodynamiske- og spektralbølgemodellen. For resuspensjon vil både strøm og bølgehøyde indusere en skjærspenning mot havbunnen. Når denne overstiger en kritisk verdi, vil partiklene resuspenderes. For den kombinerte bølge-strøminduserte spenningen er det den kvadratiske middelverdien som benyttes (Soulsby, et al., 1993). For å unngå overdreven resuspensjon gjelder denne kun for signifikante bølgehøyder større enn 1 meter.

Det er utført flere bunnprøver i området for å bestemme kornfordeling og kjemiinnhold i bunnprøvene (Norconsult, 2023) (Norconsult, 2025). Kornfordeling er angitt i kategoriene mindre enn 2 μm , mellom 2 og 63 μm og større enn 63 μm . For å få mer korrekt synkehastighet er det utvidet med en inndeling til, 63 til 250 μm og over 250 μm . Dette for å få mer korrekt fordeling av tyngre partikler som vil spres lite fra mudringsområdet. Kornfordelingen av dette ble en konservativ tilnærming basert på en fordelingskurve levert av Multiconsult.

Fra bunnprøvene tatt ved utdypningsområdene er det satt opp en representativ kornfordeling, Figur 4.7 og Tabell 4-1. Disse er inndelt i gjennomsnittlig partikkelstørrelse mellom like partikler. Ved heving av sedimentgrabb fra havbunnen vil de fineste partiklene bli ført vekk med strømmen og bidra til den suspenderte sedimentkonsentrasjonen og videre deponeres i området. De største partiklene vil synke relativt fort og relativt rett ned. I denne studien er det derfor større fokus på partikler med en kornstørrelse på rundt 250 μm og mindre.



Figur 4.7 Inndeling av utdypningsområdene i sedimentsoner.

Sedimentfordelingen av de fineste partiklene er presentert i Tabell 4-1. Merk at større partikler enn 2 cm er ikke representert for fjellbunn, da disse ikke vil bli suspendert i vannmassen. Fallhastigheter for de to groveste partiklene er beregnet etter Stokes-loven (Lamb, 1994). Fallhastigheter for de to fineste fraksjonene er estimert basert på de minste flokkulerte partiklene.

Tabell 4-1 Fordelingen av kornstørrelse for bløtbunn og generert ved sprenging av fjellbunn

Type	Leire	Silt	Finsand	Grovsand
Partikkelstørrelse [mm]	0 – 0,002	0,002 – 0,063	0,063 - 0,25	>0,25
Synkehastighet [mm/s]	0.1	0.5	3.0	56.2
Fordeling bløtbunn				
Innseiling liggehavn [%]	1,35	22,65	19,76	56,24
Liggehavn nord sone 1 [%]	0,96	31,18	17,64	50,22
Liggehavn nord sone 2 [%]	5,50	78,55	4,15	11,80
Liggehavn vest [%]	0,00	56,80	11,23	31,97
Snuareal sone 1 [%]	0,60	12,63	22,56	64,21
Snuareal sone 2 [%]	0,00	43,00	14,82	42,18
Brødran [%]	2,70	27,90	18,04	51,36
Fordeling hardbunn (Snuareal; Brødran, Pir Vest, Trettskjæret, Svinøybakken, Kvaløygrunnen, Ramningen sør)				
Finpartikler fra fjellbunn (opptil 2 cm) [%]	7,17	57,57	33,96	1,3

Bløtsedimentet skal mudres med bakgraver på rigg. Det er anslått at denne vil ekskavere 100 m³/time. Sedimentet vil bli videre transportert med splittlekter til deponeringssonen. For en konservativ tilnærming er det antatt at det ikke behøves noen ventetid for fylling og dumping av lekter. Antagelsene er basert på typiske størrelser på lekter og sedimentgrabb. Det er også beskrevet at dreneringen av deponeringsområdet vil bli utført i slik grad at ingen partikler vil bli spredd ut av deponeringsområdet.

For delområdene Snuareal; Brødran, Pir Vest, Trettskjøret, Svinøynakken, Kvaløygrunnen og Ramningen sør består bunnen enten fullstendig av fjellbunn, eller en kombinasjon av fjellbunn og bløtbunn, Tabell 4-2. Etter at bløtbunnen er fjernet, skal fjellbunnen sprenges ut til dyp mellom 6,3 og 10,3 meter fra sjøkartnull for områdene sør for Glea og Liggehavn, og mellom 4,3 og 7,3 for Liggehavn, Figur 2.1. Dette utføres ved å først borre hull, og deretter sette ladning. Det antas at blokkstørrelse vil være mellom 200 og 800 mm tykk. Sprengingen vil danne finpartikler; ved en blokkstørrelse på 210 mm blir 0,4 % av totalt volum konvertert til partikler med en korndiameter på under 2 cm. Ved en blokkstørrelse på 680 mm blir 0,1 % konvertert til samme partikkelstørrelse (Madsen, et al., 2016). I denne studien er det antatt at 0,2 % blir konvertert. Dette er en konservativ tilnærming.

Fra et knusingsforsøk DHI har utført, er omtrent 10 % av partikler under 2 cm, 125 µm og mindre. Dette medfører at fra det totale volumet av fjellmasse, vil kun 0,2 % bli til finpartikler under sprenging. Ved løfting av disse blokkene vil finpartiklene bli «vasket» av.

Resuspensjon kan også forekomme i perioder med høye strømhastigheter langs bunnen. I modellen skjer dette når skjærspenningen ved bunnen overstiger 0,1 N/m².

Spredning fra mudringsprosessen tar sted når grabben løfter sediment/blokker fra bunnen og ut av vannet. Det er antatt at 5 % av finpartiklene vil bli fordelt opp gjennom hele vannsøylen under mudringen.

For oppdelingen av fjellbunnen i blokker vil dette skje under en kort tidsperiode når ladningen går av. Med tanke på den korte varigheten samt størrelsesorden på denne mot mudring og deponeringsprosessen, har selve partikkelspredning fra sprenging blitt neglisjert. For å ha minst mulig nedetid er det alltid en lektetilgjengelig for å deponere løsmasse. Mudringen pågår i 6 timer om gangen, fra mandag til lørdag, med opphold på søndag. Dette for at mudringsperioden skal få med seg sesongvariasjon. Mudringsperioden Det er satt av noen timer nedetid ved flytting mellom utdypningsområdene, ellers er det antatt at mudringsarbeidet blir utført fortløpende. Dette er en konservativ tilnærming, da det vil medføre en høyere andel suspendert sedimentkonsentrasjon enn ved flere opphold som følge av sprengningsarbeid, rigging, osv.

Tabell 4-2 angir volumet som skal fjernes på de tre interesseområdene.

Tabell 4-2 Massevolum som skal fjernes fra utdypningsområdene.

Type	Bløtbunn [m3]	Fjellbunn [m3]	Sum [m3]
Innseiling liggehavn	22127	0	22127
Liggehavn nord 1	58159	0	58159
Liggehavn nord 2	16044	0	16044
Liggehavn vest	11642	0	11642
Snuareal 1	3114	3114	6228
Snuareal 2	24134	24134	48267
Brødran	4188	4188	8375
Pir Vest	0	3130	3130
Trettskjæret	0	9792	9792
Svinøynakken	0	5000	5000
Kvaløygrunnen	0	3180	3180
Ramnungen sør	0	10016	10016

Tabell 4-3 presenterer antall dager ved kontinuerlig mudring. Totalt vil mudringsarbeidet foregå over 58,1 dager for bløtbunn og 26,1 dager for hardbunn. Merk at det er noe overlapp mellom bunntypene.

Tabell 4-3 Antall operasjonsdager ved de tre utdypningsområdene

Delområde	Mudring bløtbunn, antall dager	Mudring hardbunn, antall dager
Innseiling liggehavn	9,2	-
Liggehavn nord 1	24,2	-
Liggehavn nord 2	6,7	-
Liggehavn vest	4,9	-
Snuareal 1	1,3	1,3
Snuareal 2	10,1	10,1
Brødran	1,7	1,7
Pir Vest	-	1,3
Trettskjæret	-	4,1
Svinøynakken	-	2,1
Kvaløygrunnen	-	1,3
Ramnungen sør	-	4,2
Sum	58,1	26,1

5 Resultat av sedimentmodelleringen

I dette avsnittet presenteres resultatene fra sedimentspredningen under mudring og deponering. Figurene viser følgende:

- Nettosedimenteringen (tykkelse) en måned etter arbeidet er utført.
- Maksimum av suspendert sedimentkonsentrasjon (SSC, 99,7 persentil) ved vannoverflaten, ved bunnen, og som middelverdi av dybden gjennom hele vannsøylen.
- Samlet tid for konsentrasjonen av SSC som overstiger 2, 5, 10 og 100 mg/l ved same dyp som over.

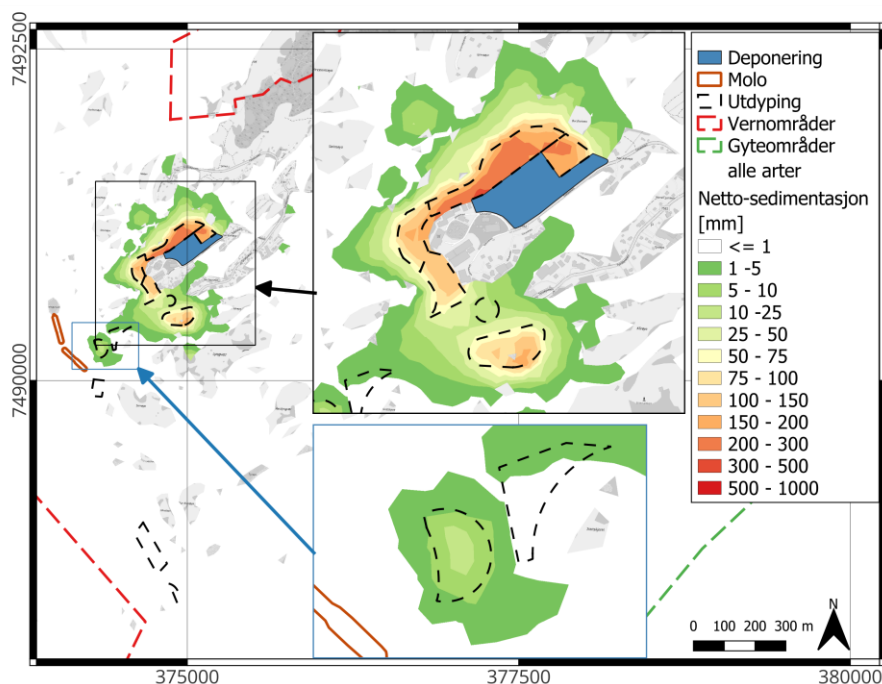
Det er noe forhøyede verdier av suspendert sedimentkonsentrasjon i viker rundt omkring på Røstlandet. Disse konsentrasjonene er overdrevent i modellen, og er diskutert i kapittel 7. I de neste delkapitlene er det derfor fokusert på utdypningsområdene og interesseområdene som definert i Figur 2.2.

5.1 Nettosedimentering

Deponeringskartet inneholder sedimenter spredd under mudrings- og deponeringsprosessen fra utdypningsområdene, Figur 5.1. Det er hovedsakelig sedimentering fra mudring av bløtsediment, på grunn av det er mer partikler som spres ved denne sedimenttypen. De tykkeste lagene med sediment fra utdypningsområdene er å finne i Liggehavn nord, som forventet. Det er her mest sediment blir mudret bort, samt at mindre blir resuspendert bort fra deponiet. Helt inne ved deponiet er det et lite område på 360 mm, mens det gradvis reduseres ut til ca. 200-250 mm ved utdypningsgrensen. Deretter reduseres det relativt hurtig ned mot 5 mm. Det samme ses ved snuområdet og Brødran, men med mer beskjedne verdier og utbredelse. Utenfor utdypningsområdene strekker deponert masse med en tykkelse over 1mm 500 meter nord for Liggehavn og 300 meter øst for snuarealet.

For sprengningsområdene er partikkelmengden i så liten grad at det ikke blir noe netto deponering, men spres i området.

Øst for Glea er det registrert ålegras. Det er ingen deponering innenfor disse områdene. Det samme gjelder verneområdene i nord og vest.



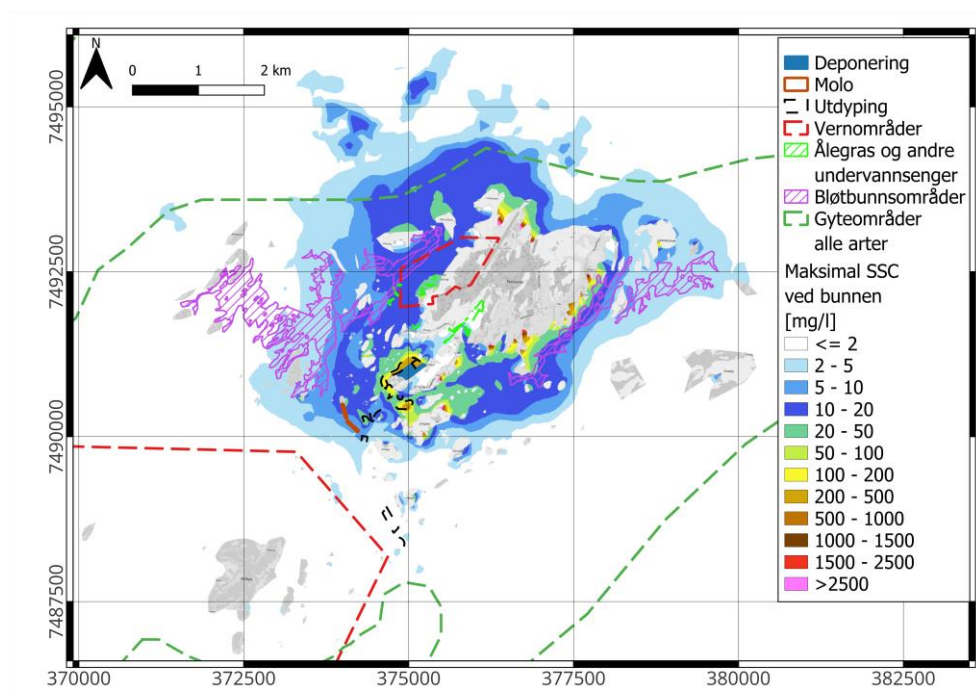
Figur 5.1 Nettosedimentasjonens utbredelse og tykkelse.

5.2 Maksimale suspendert sedimentkonsentrasjon (SSC)

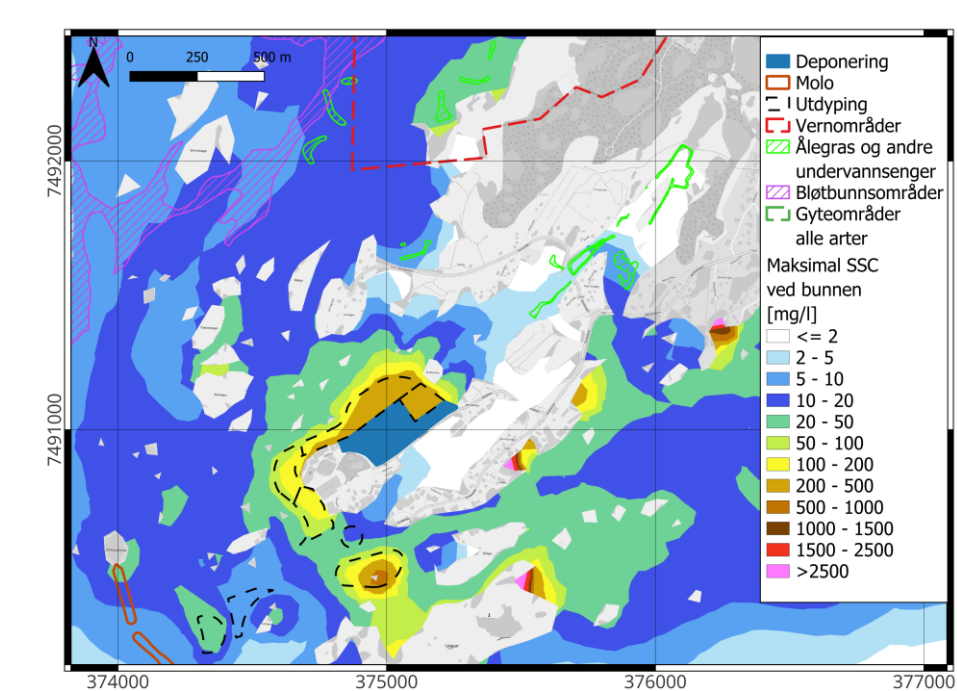
Den maksimale konsentrasjonen av suspendert sediment er funnet ved å ta den høyeste verdien (99,7 persentilen) ved hver beregningscelle. Den representerer derfor ikke ett enkelt tidssteg, men en samling av høyeste konsentrasjon uavhengig av tid.

De høyeste verdiene befinner seg langs bunnen, Figur 5.2 til Figur 5.4. Dette er som forventet, siden det er relativt grunt rundt Røstlandet, og det vil være mye resuspensjon. De høyeste verdiene befinner seg i umiddelbar nærhet til mudringsområdene, samt i vikene rundt i modellen. Det sistnevnte kommer seg av at bølgene som treffer disse bølgene i modellen vil være større enn de er i virkeligheten (grunnet oppløsningen i modellen) og derfor påvirke resuspensjonen her inne i for stor grad. Kombinert med tynne sigmalag, 10 cm hvis dypet i cellen er 1 meter, blir den største konsentrasjonen overdrevent høy. I verneområdet i nord er det registrert maksimalkonsentrasjon på opptil 50 mg/l i de grunnere områdene og 100 mg/l nær land. For ålegraset i samme området er konsentrasjonen opp mot 50 mg/l. For verneområdet i sør er det bare sporvis konsentrasjoner opp mot 5 mg/l. For ålegraset øst for Glea er inntreffer det en maks konsentrasjon på 10 mg/l. De høyeste konsentrasjonene for utdypningsområdene inntreffer i Liggehavn nord og snuarealet, og har en konsentrasjon på opptil 500 mg/l ved bunnen. For gyteområdet i nord er den maksimale konsentrasjonen langs bunnen opp mot 70 mg/l, men med et lite område akkurat på grensen in ni gyteområdet på 100 mg/l.

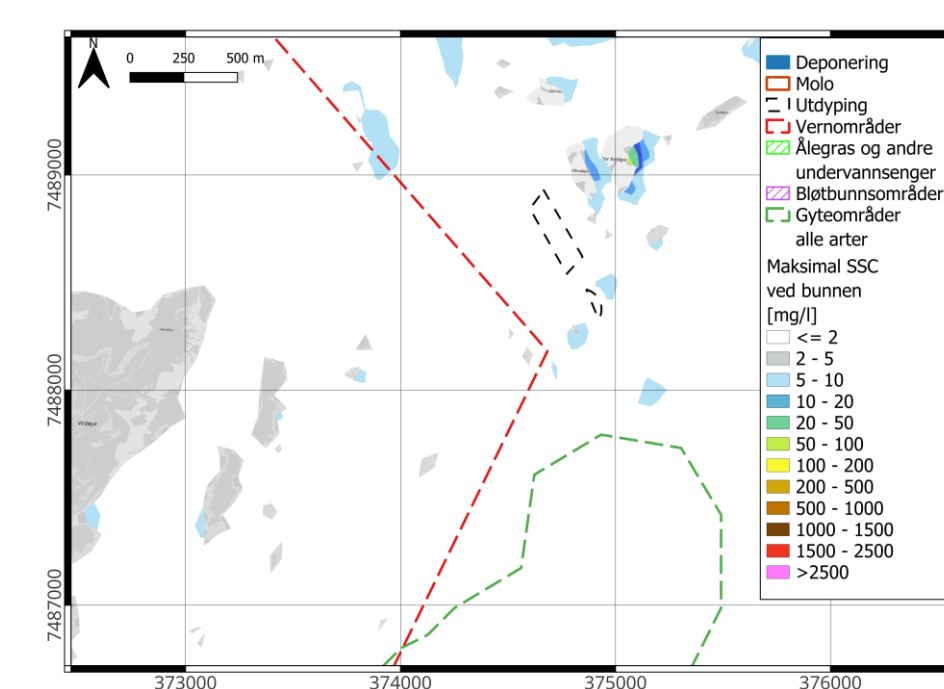
For overflaten er det ingen konsentrasjoner innenfor verneområdene eller i sonene det er registrert ålegras, Figur 5.5 til Figur 5.7. Dette kommer seg av at partiklene hovedsakelig synker ned mot bunnen og blir resuspendert av en kombinasjon av strøm og bølger. På overflaten er de høyeste konsentrasjonene registrert i Liggehavn nord og snuarealet, med verdier på opptil 125 mg/l.



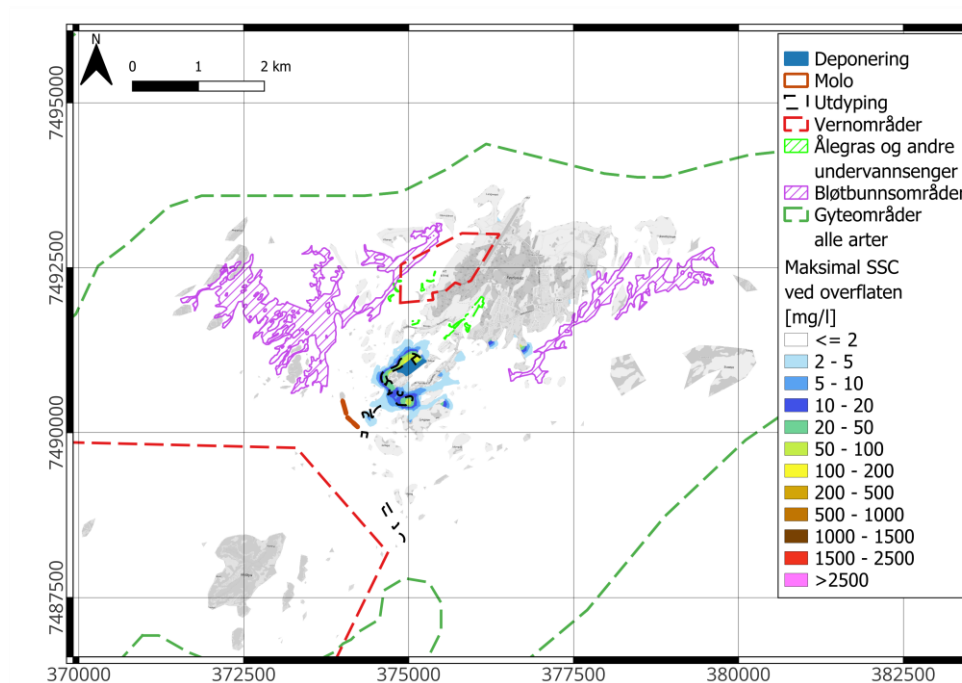
Figur 5.2 Maksimum SSC ved bunnen, oversikt.



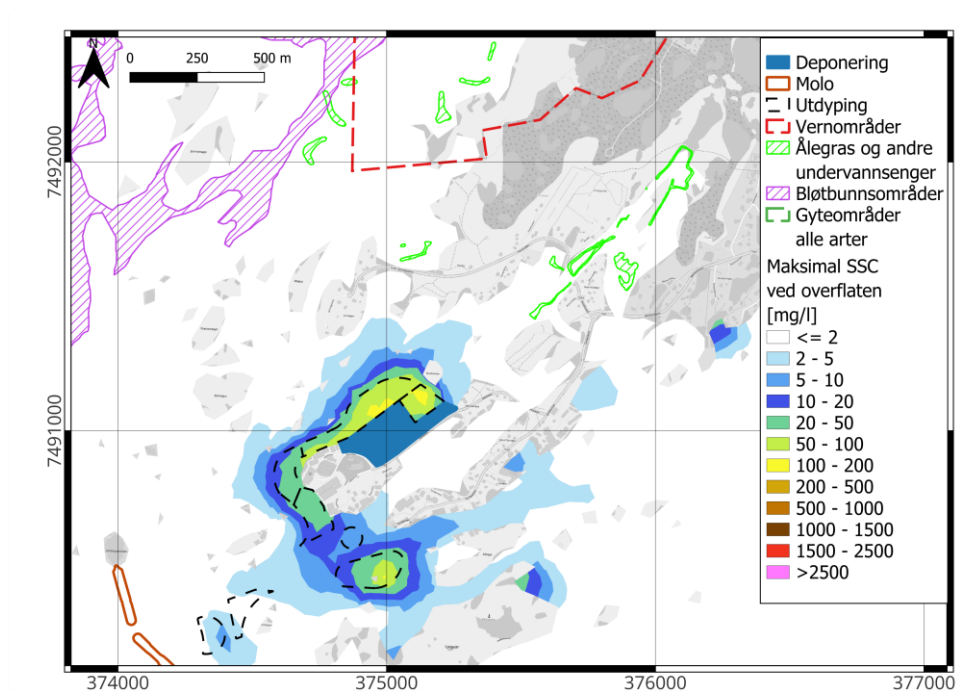
Figur 5.3 Maksimum SSC ved bunnen, med fokus på verneområdet i nord og utgruningsområdene Liggehavn, Pir Vest, Snuareal, Brødran og Trettskjæret.



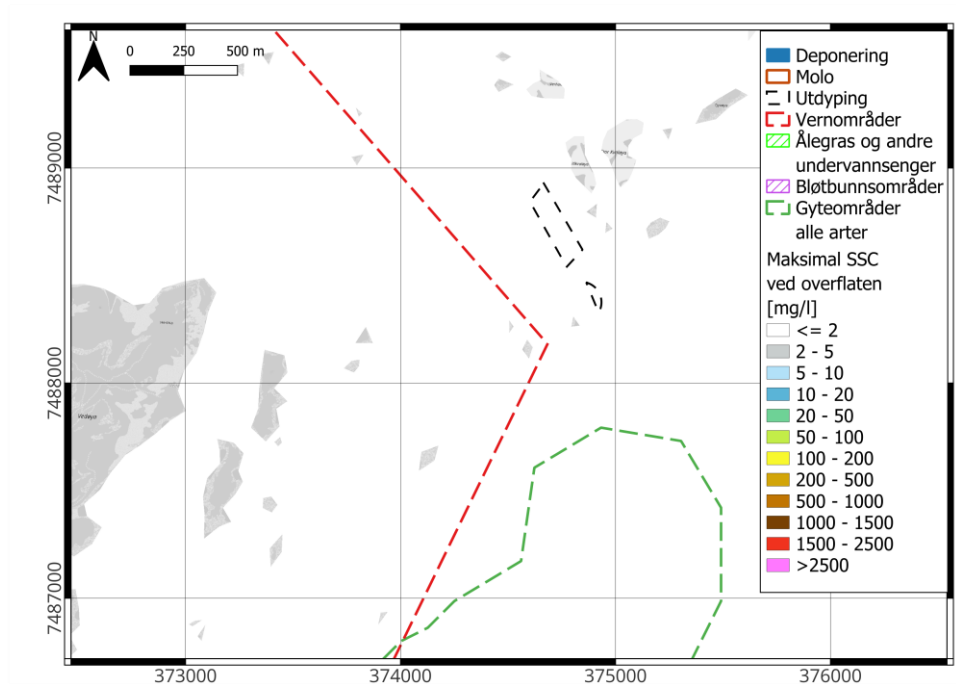
Figur 5.4 Maksimum SSC ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør, med Kvaløygrunnen og Ramningen sør inkludert.



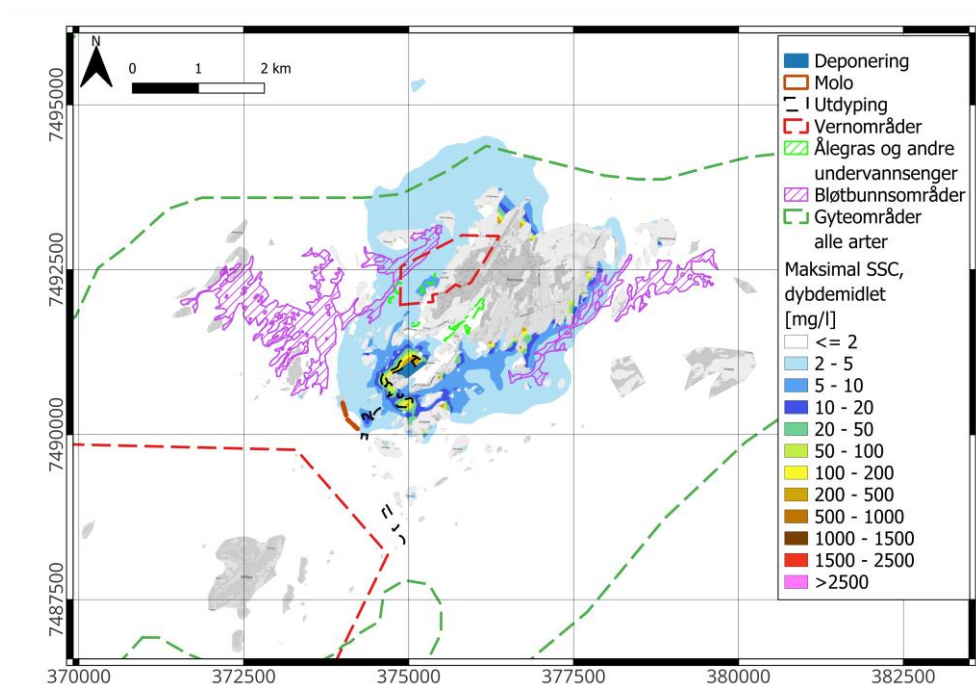
Figur 5.5 Maksimum SSC ved overflaten, oversikt.



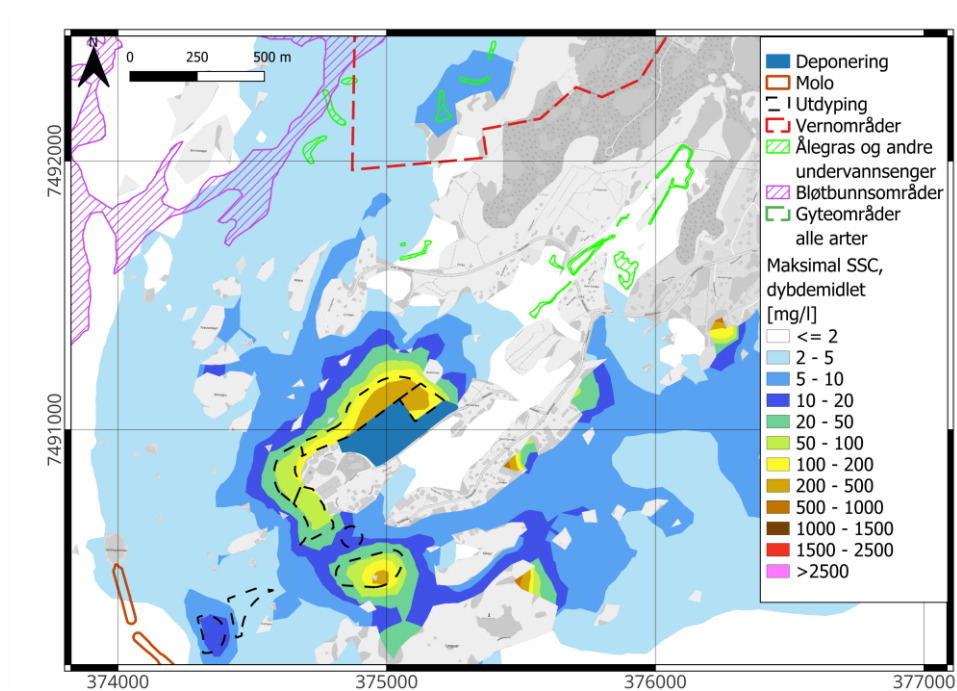
Figur 5.6 Maksimum SSC ved overflaten, med fokus på verneområdet i nord og utgrunningsområdene Liggehavn, Pir Vest, Snuareal, Brødran og Trettskjæret.



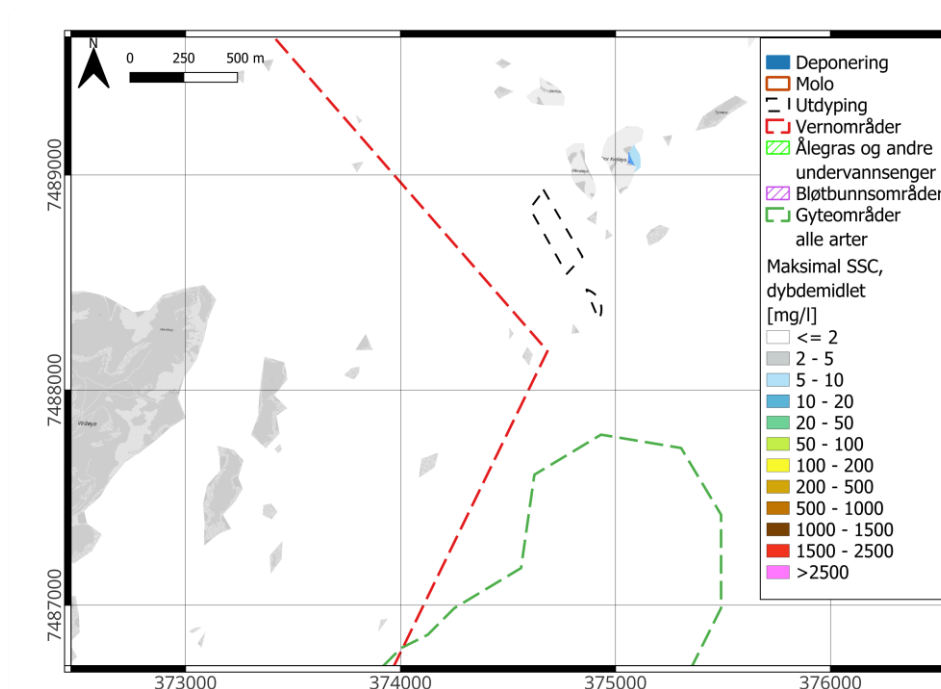
Figur 5.7 Maksimum SSC ved overflaten, med fokus på verneområdet i sør, med Kvaløygrunnen og Ramningen sør inkludert.



Figur 5.8 Maksimum SSC midlet over vannsøylen, oversikt.



Figur 5.9 Maksimum SSC midlet over vannsøylen, med fokus på verneområdet i nord og utgruningsområdene Liggehavn, Pir Vest, Snuareal, Brødran og Trettskjæret.



Figur 5.10 Maksimum SSC midlet over vannsøylen, med fokus på verneområdet i sør, med Kvaløygrunnen og Ramningen sør inkludert.

5.3 Overskridelse av konsentrasjoner

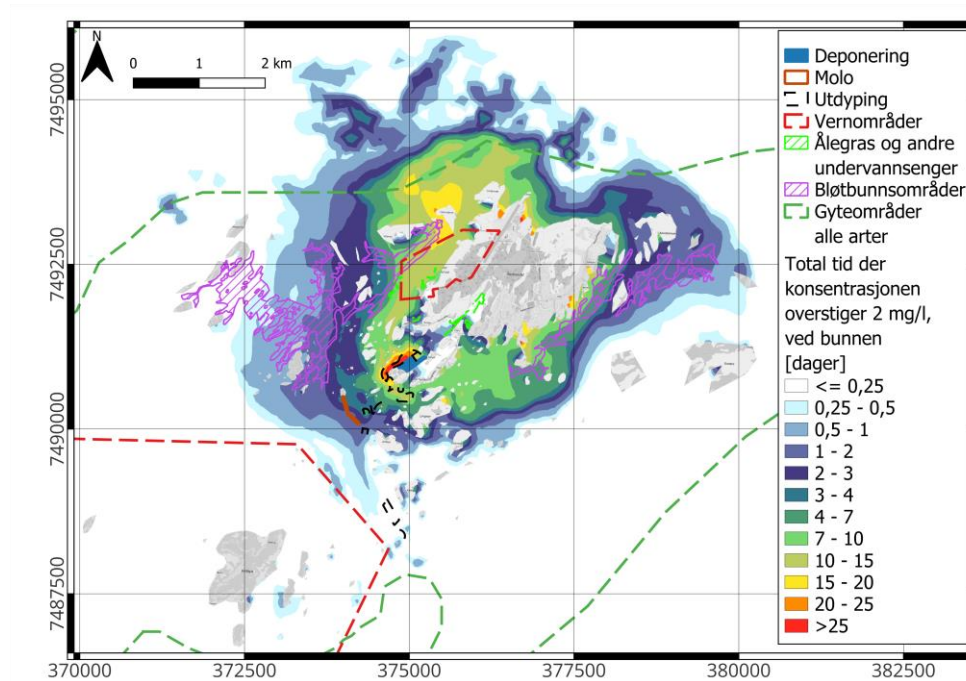
De følgende kapitlene beskriver den samlede tiden konsentrasjonene overstiger en angitt grenseverdi. Dette er beregnet over en periode på 8 måneder, en måned etter at mudringsoperasjonen er avsluttet. Dette for å sørge for at mest mulig av partiklene har sedimentert.

5.3.1 Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 2 mg/l

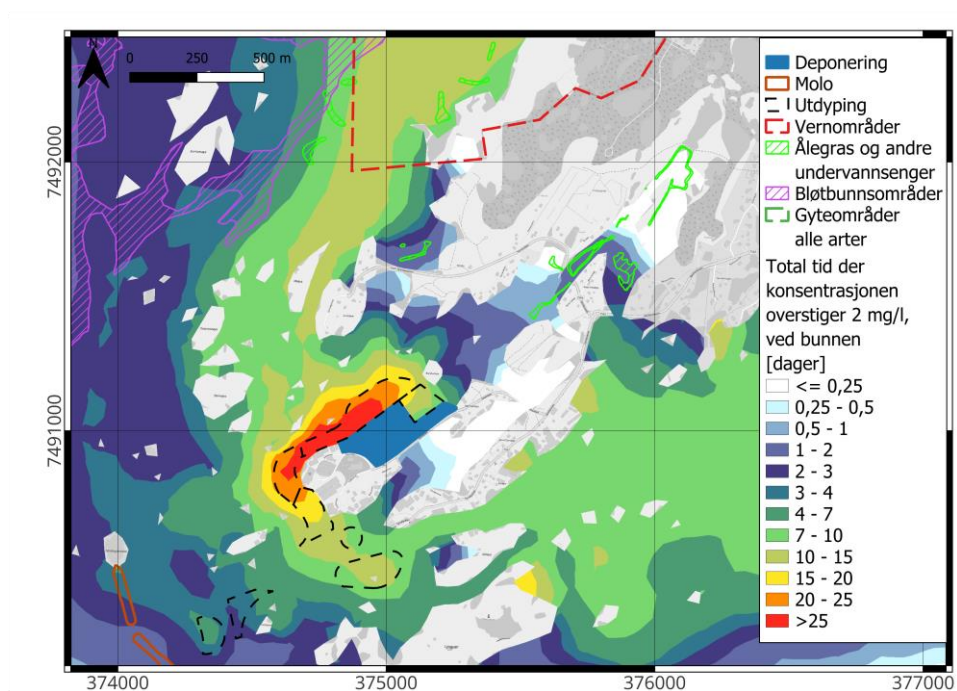
Figur 5.11 til Figur 5.12 viser samlet tid hvor konsentrasjonen overstiger 2 mg/l. Av modellens samlede varighet på 211 døgn, overskrider maksimalt 27 døgn denne konsentrasjonen. De høyeste verdiene er i umiddelbar nærhet til Liggehavn for bunnen, Figur 5.11. Nord for verneområdet i nord samt i flere vikene det verdier på opptil 25 dager, dette kommer seg av gruntområder og resuspensjon som følge av bølgepåvirkningen. I gyteområdet i nord er det små arealer der samlet varighet er opp mot 7 dager. De høyeste verdiene er mot grensen, der er samlet varighet 20 dager der konsentrasjonen overstiger 2 mg/l. For ålegrasområdene er den totale tiden opptil 10 dager for områdene innenfor verneområdet i nord, og 2 til 3 dager for områdene i øst. For verneområdet i sør er det noen mindre områder med samlet varighet opp til 2 dager, med et lite område opp til 3 dager nær land. Dette kommer seg av resuspensjon av bunnpartikler som følge av bølgepåvirkning.

Dette ses tydelig ved Figur 5.15 til Figur 5.16, der tiden ved overflaten er vist. Her er utbedringen mye mer beskjeden, med en maksimumsverdi på 15 dager. Det er ingen påvirkning innenfor verneområdet i nord eller sør ved overflaten. Det samme gjelder ålegrasområdet øst for Glea.

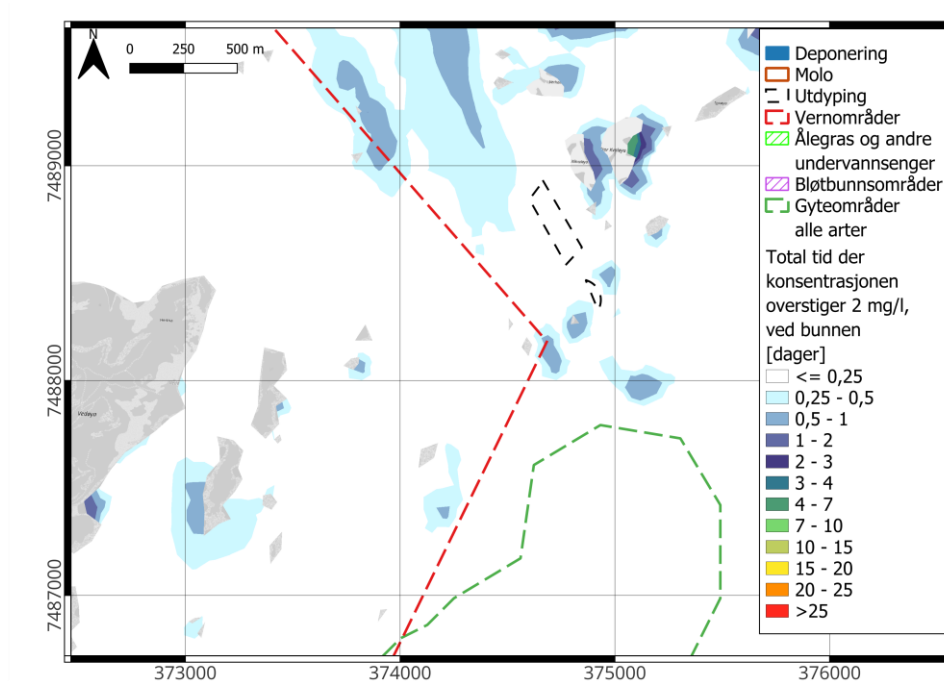
For den gjennomsnittlige verdien gjennom vannsøylen er denne påvirket av bunnverdiene, Figur 5.17 til Figur 5.19. Også her er de lengste varighetene innenfor utdypningsområdet til Liggehavn. Men verdiene avtar raskere, og utbredningen er noe lavere. For verneområdet i nord og ålegraset her inne er den samlede tiden lavere enn 7 dager. For ålegraset i øst er varigheten hovedsakelig mindre enn 12 timer. For gyteområdet i nord er det så vidt et felt som overstiger 3 dager. Hovedsakelig er verdien på grensen til gyteområdet 1 til 2 dager. Det er noen flekker med varighet opp mot 1 dag lengre inn i området, nær gruntområdene her ute.



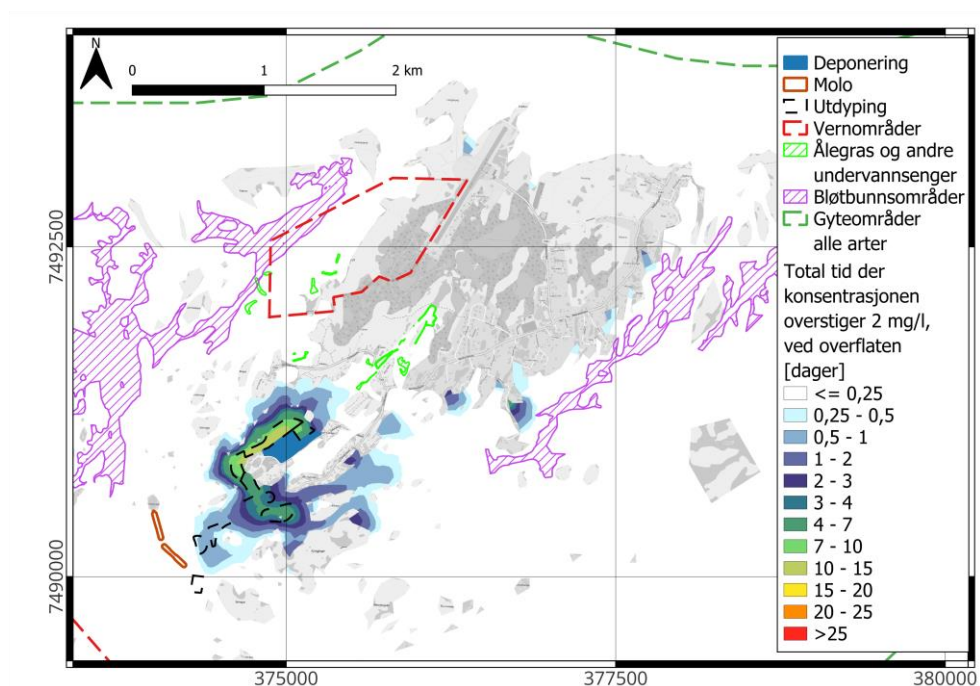
Figur 5.11 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 27 døgn.



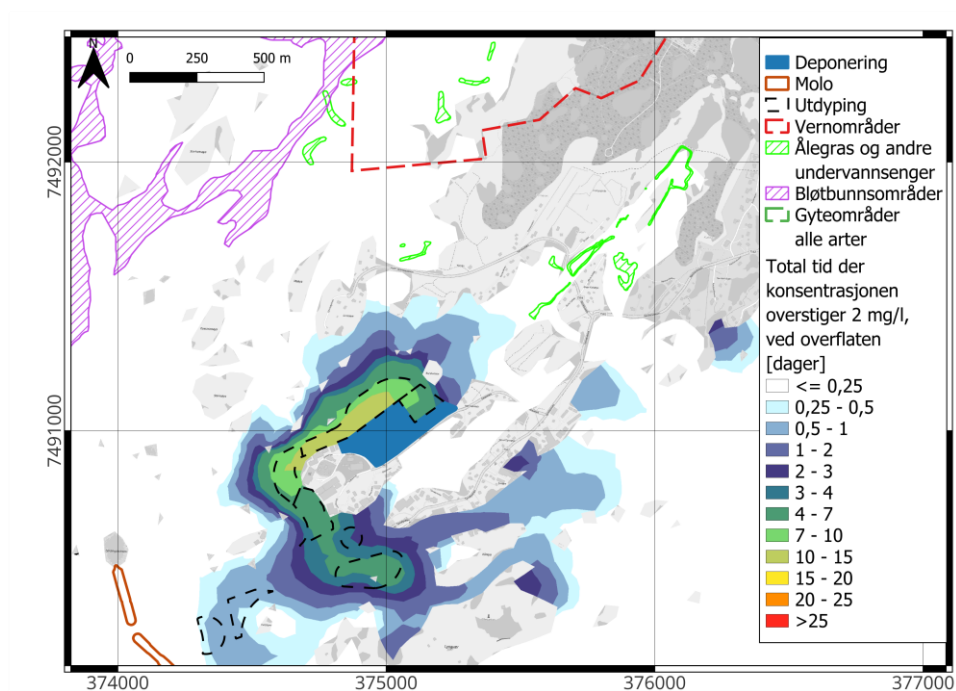
Figur 5.12 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



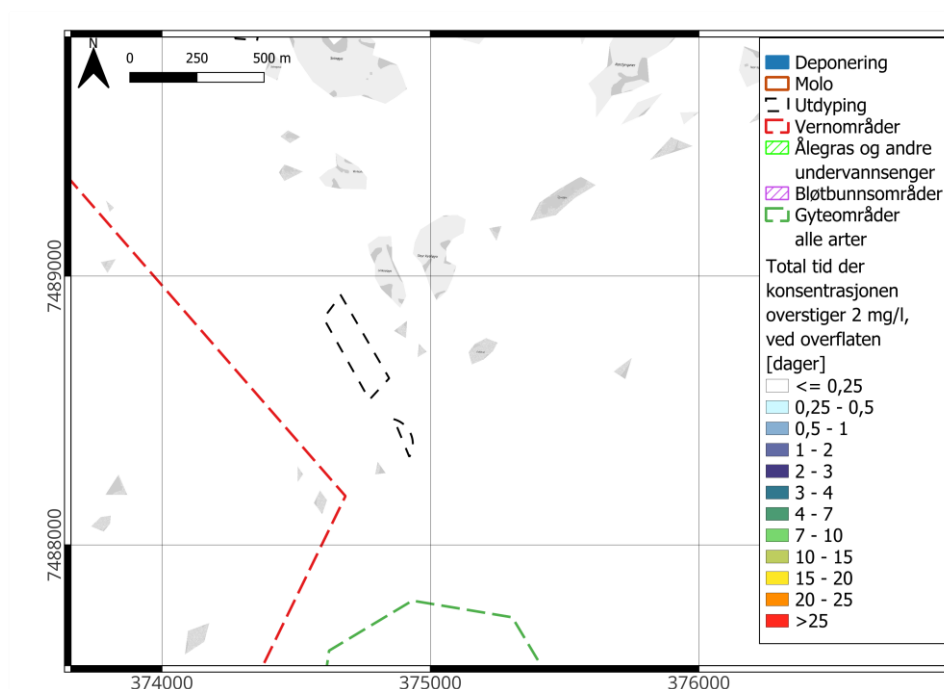
Figur 5.13 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.



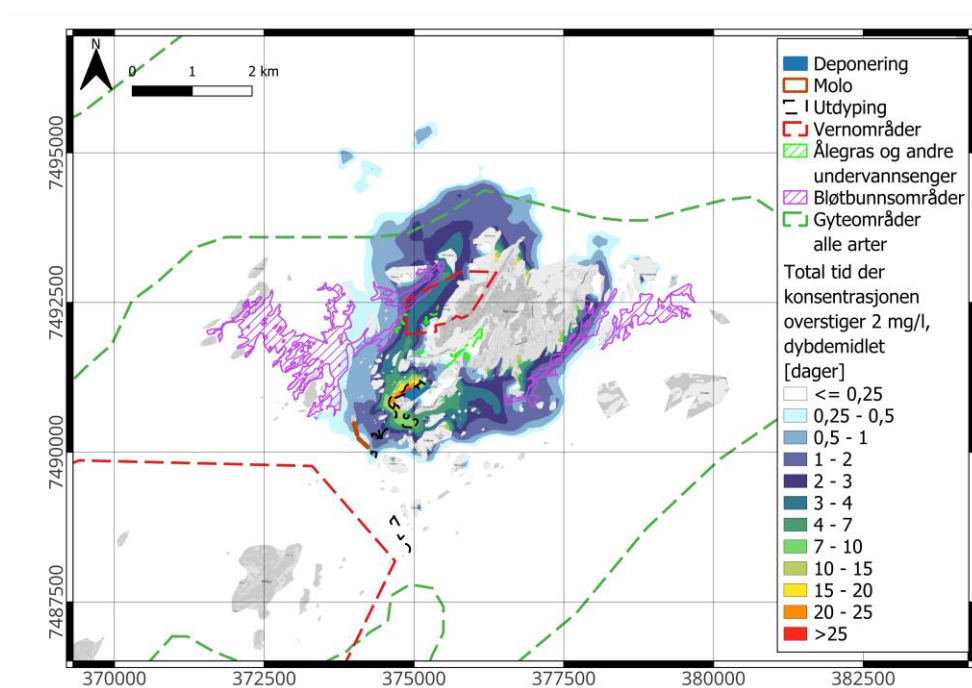
Figur 5.14 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved overflaten.



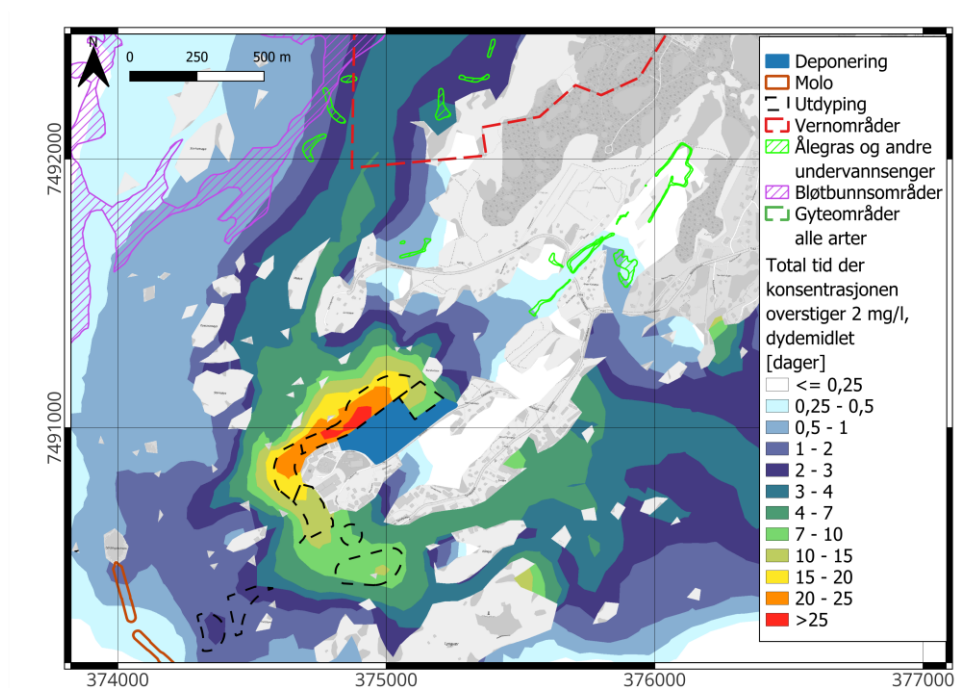
Figur 5.15 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved overflaten, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



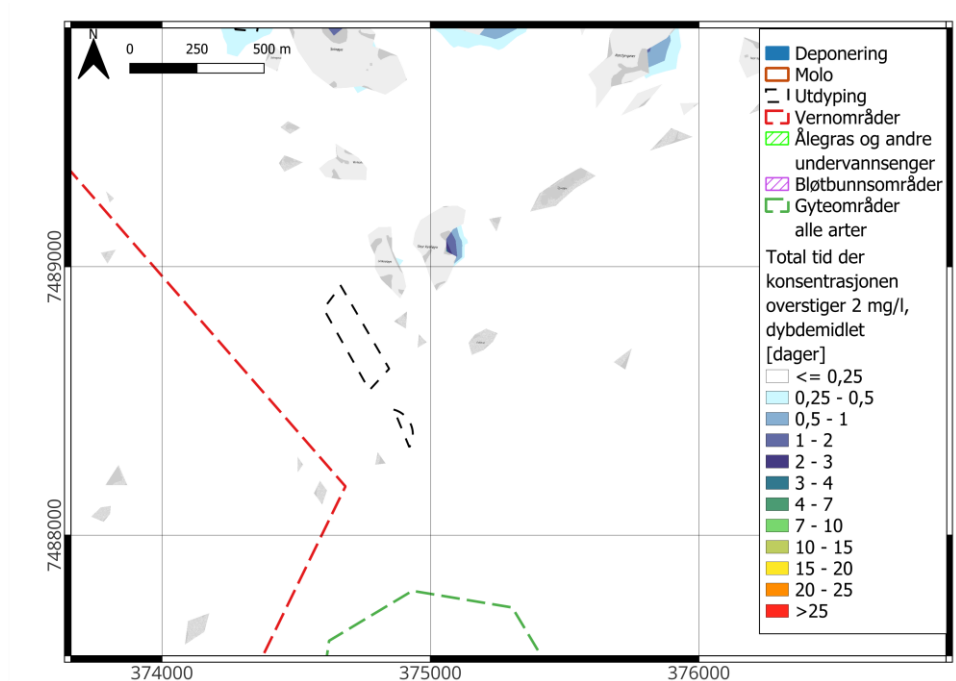
Figur 5.16 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l ved overflaten, med fokus på verneområdet i sør.



Figur 5.17 Total tid der konsentrasjonen overskrider 2 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.



Figur 5.18 Total tid der konsentrasjonen overstiger 2 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehamn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



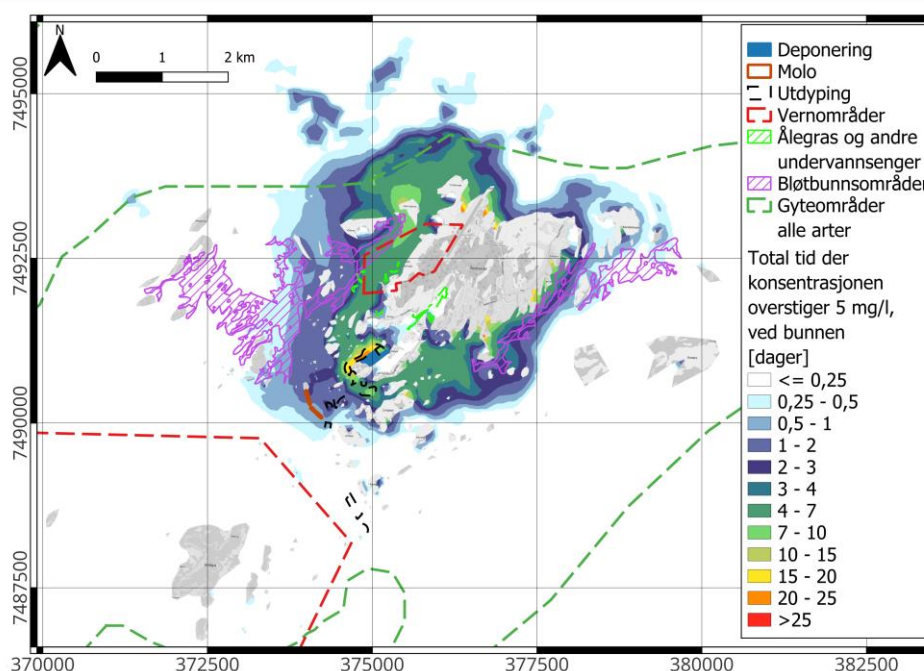
Figur 5.19 Total tid der konsentrasjonen overstiger 2 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på verneområdet i sør.

5.3.2 Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 5 mg/l

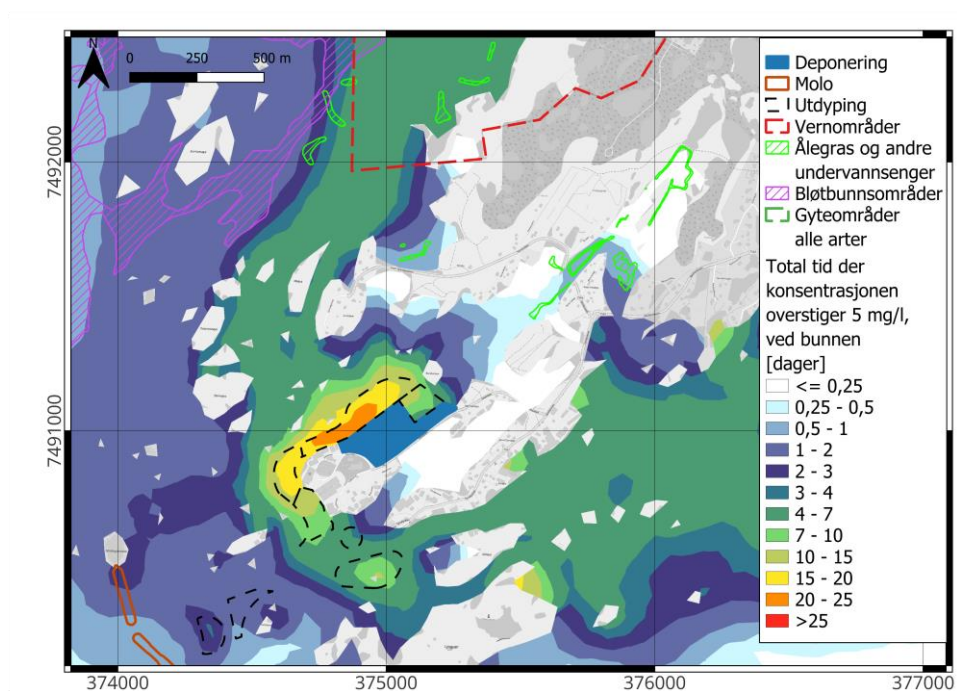
Figur 5.11 til Figur 5.27 viser samlet tid hvor konsentrasjonen overstiger 5 mg/l. Av modellens samlede varighet på 211 døgn, overskrider maksimalt 21 døgn denne konsentrasjonen. For bunnen er de høyeste verdiene i umiddelbar nærhet til Liggehavn, lik for 2 mg/l. Samlet tid over 20 dager er i et betydelig mindre område, og er i hovedsak innenfor mudringssonene og i viker der kombinasjonene av lite dyp, små elementer og bølgepåvirkning gir resuspensjon. Innenfor verneområdet er det en varighet på opptil 7 dager for ålegraset. For gyteområdet i nord er det et lite område som akkurat overstiger 7 dager, ellers er det igjen noe høyere samlet varighet på gruntområdene innenfor området og på grensen, mellom 4 og 3 dager. For området øst for Glea er varigheten opp til 2 dager i ålegrasområdet. I verneområdet i sør er det en samlet tid opp mot 12 timer ved bunnen, men kun sporvis i grunne områder.

For samlet tid over 5 mg/l i overflaten er dette kun i umiddelbar nærhet til mudringsområdene, og ingen påvirkning i verneområdene, ålegraset eller gyteområdene i nord og sør. For Liggehavn er maksimalverdien 8 dager, mens for snuarealet er den 4 dager. Igjen er det større påvirkning i grunnere områder pga. resuspensjon og mindre vanddyp, Figur 5.24.

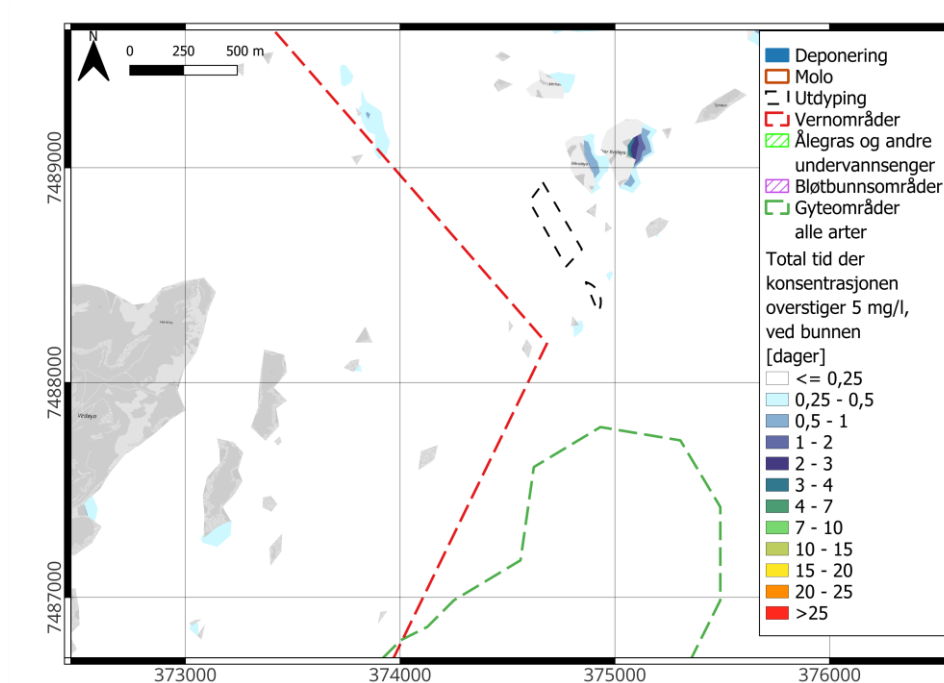
For den gjennomsnittlige verdien gjennom vannsøylen er det kun sporvis områder med varighet over 1 dag i verneområdet og ålegraset i nord. Hovedsakelig er samlet varighet under 12 timer. For gyteområdet er det så vidt noen felt med samlet varighet mellom 12 timer og 1 dag. Den høyeste samlede varigheten er innenfor utdypningsområdet til Liggehavn, omtrent 18 dager. For ålegraset i øst er det ingen varighet over 3 timer.



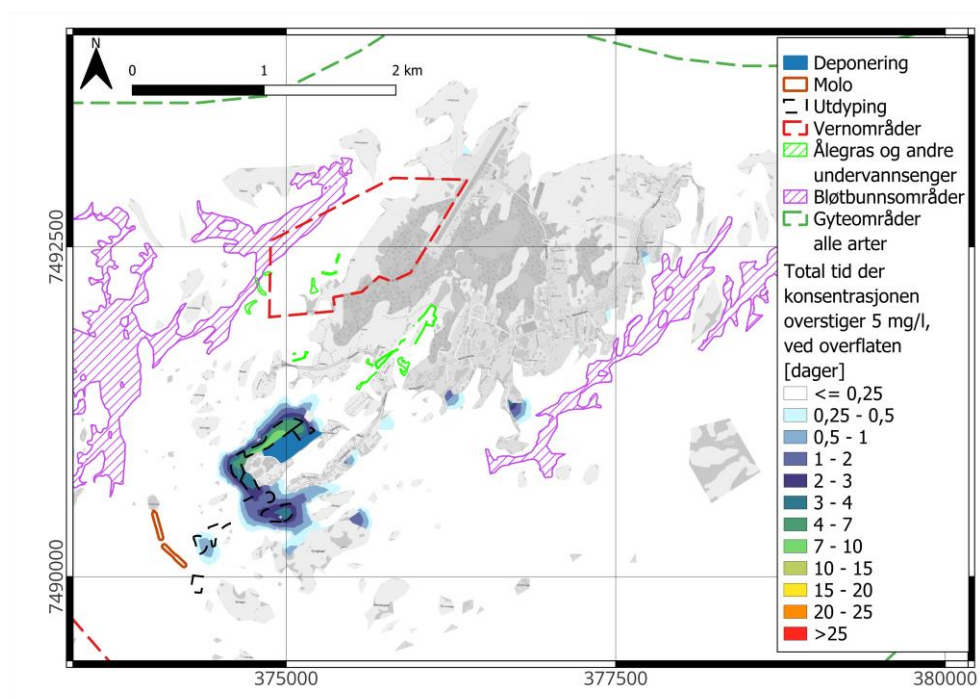
Figur 5.20 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 21 døgn.



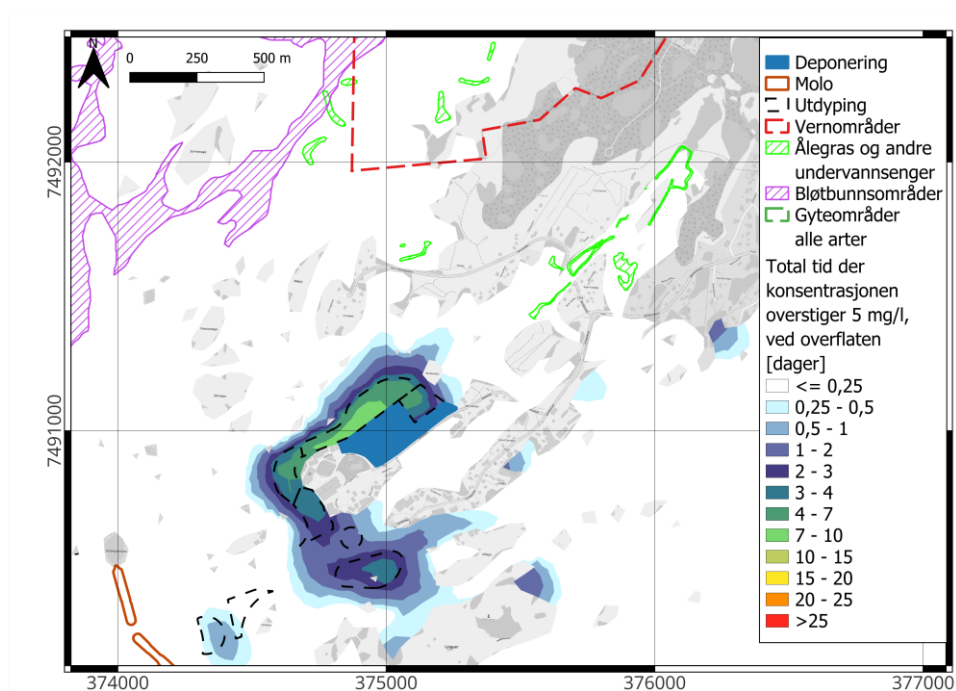
Figur 5.21 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



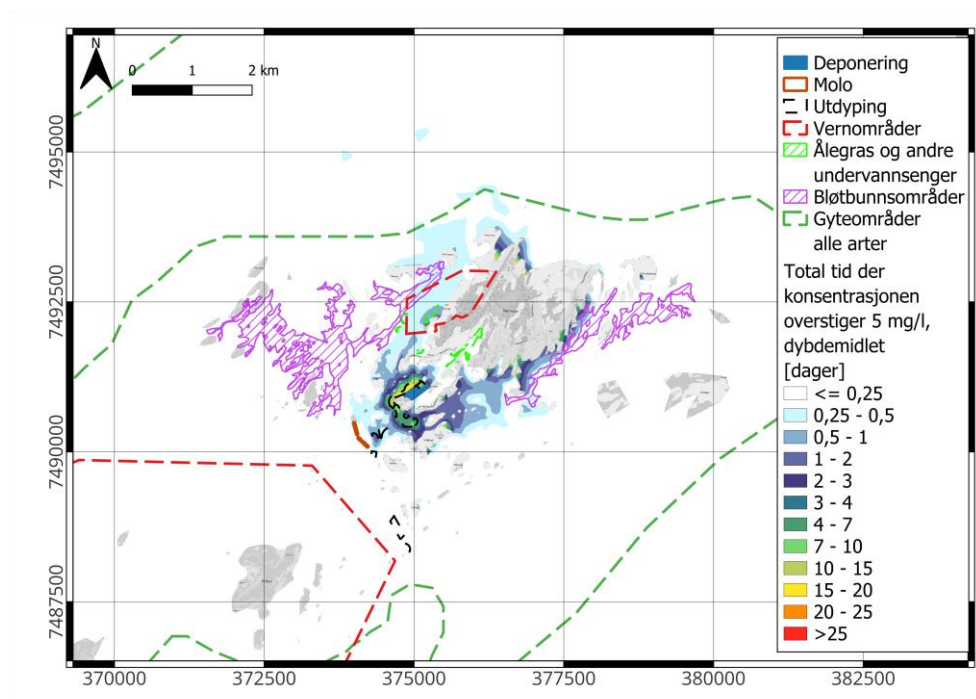
Figur 5.22 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.



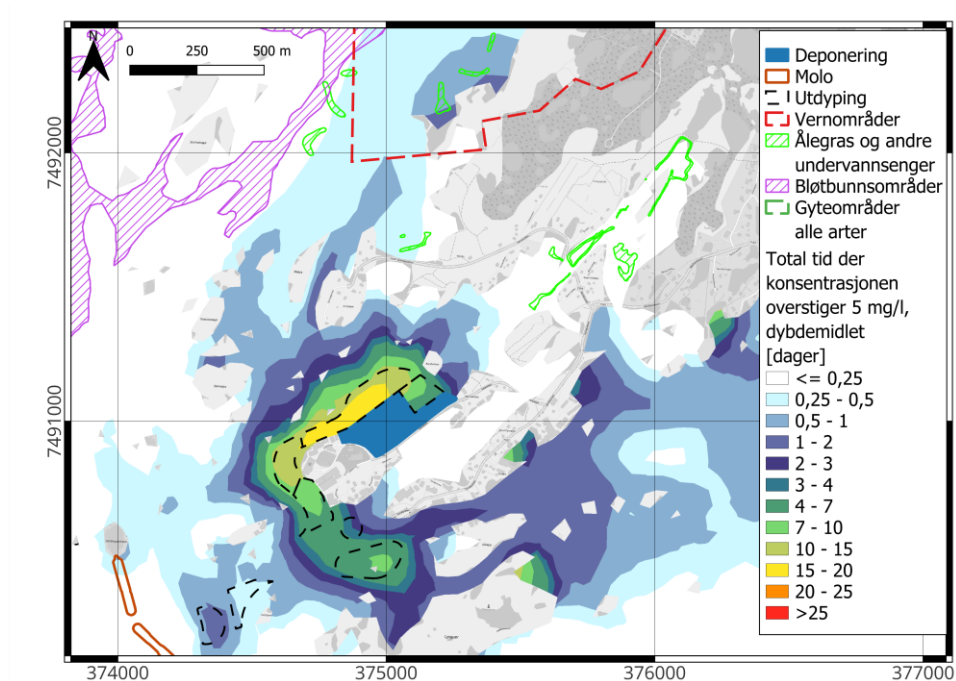
Figur 5.23 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved overflaten.



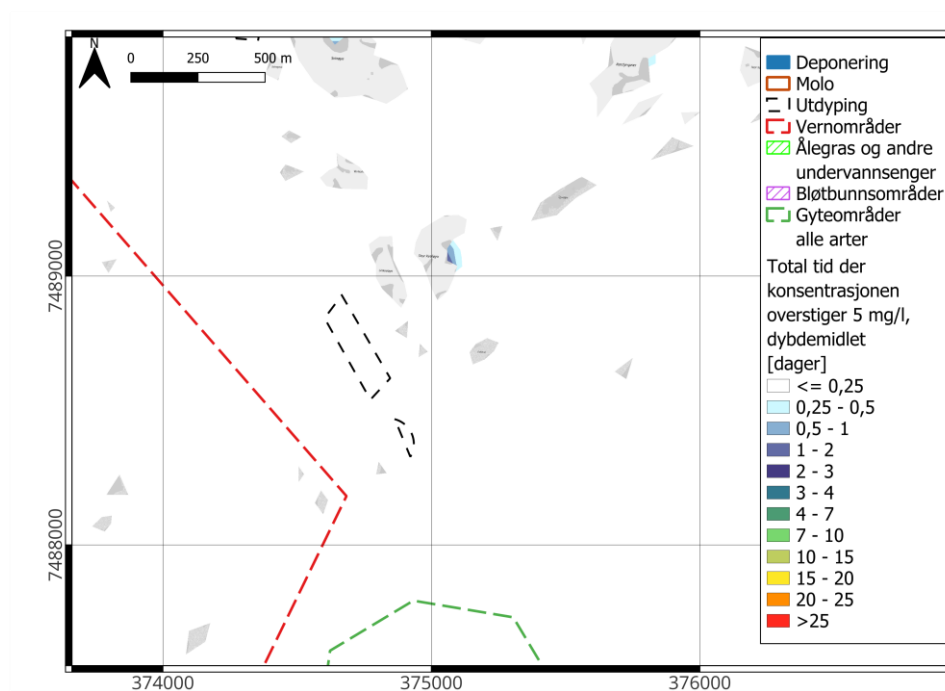
Figur 5.24 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l ved overflaten, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



Figur 5.25 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.



Figur 5.26 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



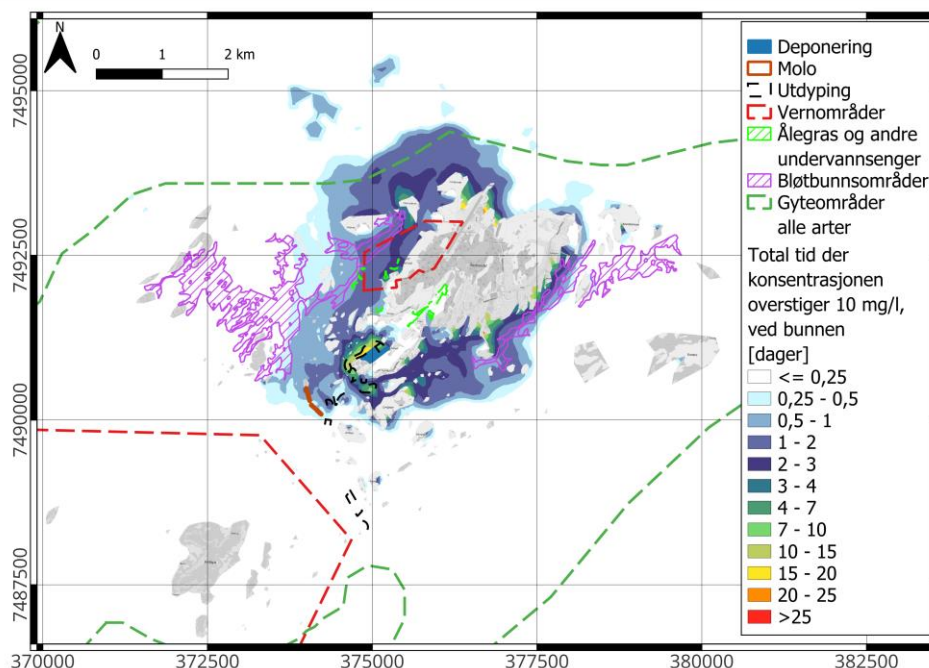
Figur 5.27 Total tid der konsentrasjonen overskrider 5 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på verneområdet i sør.

5.3.3 Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 10 mg/l

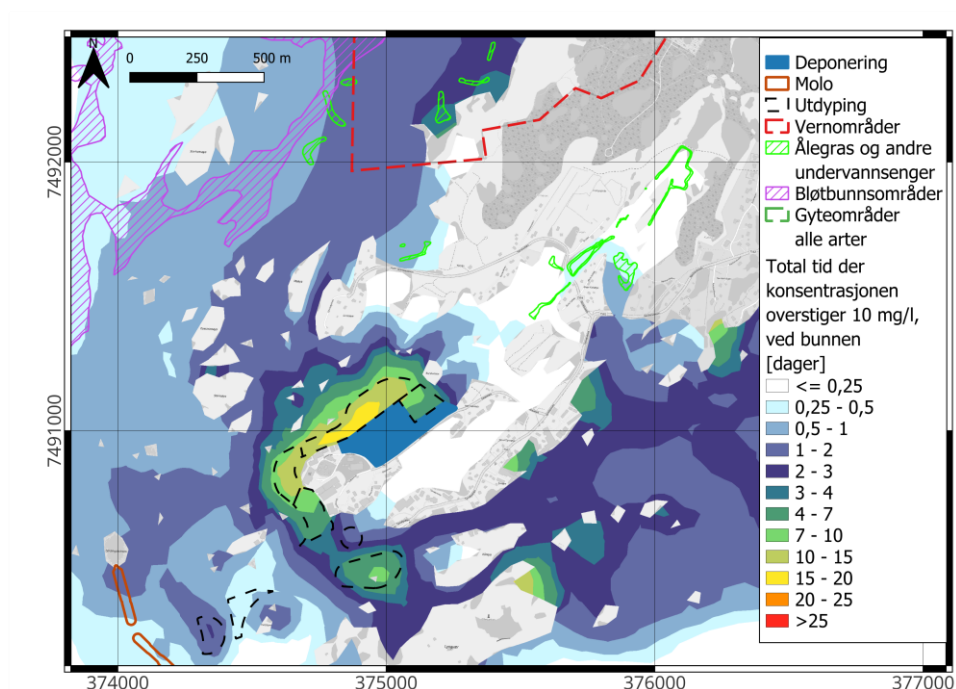
Figur 5.28 til Figur 5.34 viser samlet tid hvor konsentrasjonen overstiger 10 mg/l. Av modellens samlede varighet på 211 døgn, overskrider maksimalt 18 døgn denne konsentrasjonen. For samlet varighet ved bunnen er de høyeste verdiene i umiddelbar nærhet til Liggehavn, men med mindre utbredning enn tidligere. Innenfor verneområdet i nord er det en varighet på opptil 4 dager for ålegraset. For gyteområdet i nord er det et lite område som akkurat overstiger 2 dager. For området øst for Glea er varigheten opp til 1 dag i ålegrasområdet, men samlet varighet er hovedsakelig under 12 timer. I verneområdet i sør er det ingen samlet varighet over 6 timer.

For samlet tid over 10 mg/l i overflaten er dette kun i umiddelbar nærhet til mudringsområdene, og ingen påvirkning i verneområdene, ålegraset eller gyteområdene i nord og sør. For Liggehavn og snuarealet er maksimalverdien 5 dager. Igjen er det større påvirkning i grunnere områder pga. resuspensjon og mindre vanddyp, Figur 5.24.

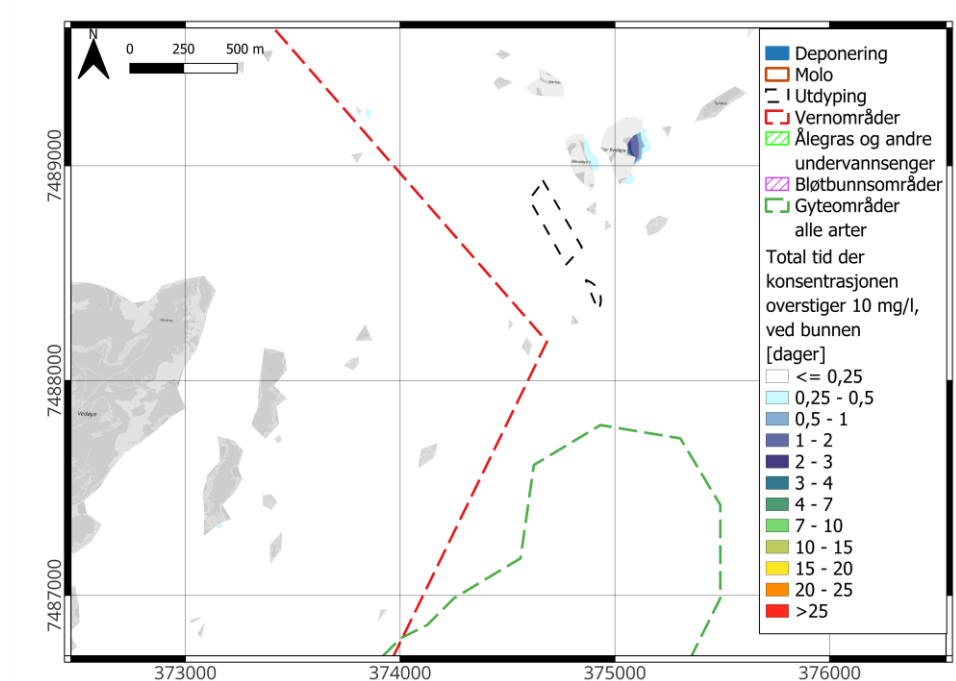
For den gjennomsnittlige verdien gjennom vannsøylen er det kun et lite område med varighet mellom 6 og 12 timer i verneområdet og ålegraset i nord. Det er et ørlite felt mot land der varigheten er opp mot 1 dag, men ikke innenfor ålegrasområdet. For gyteområdet i nord, verneområdet i sør og resterende ålegrasområder er det ingen samlet varighet over 6 timer.



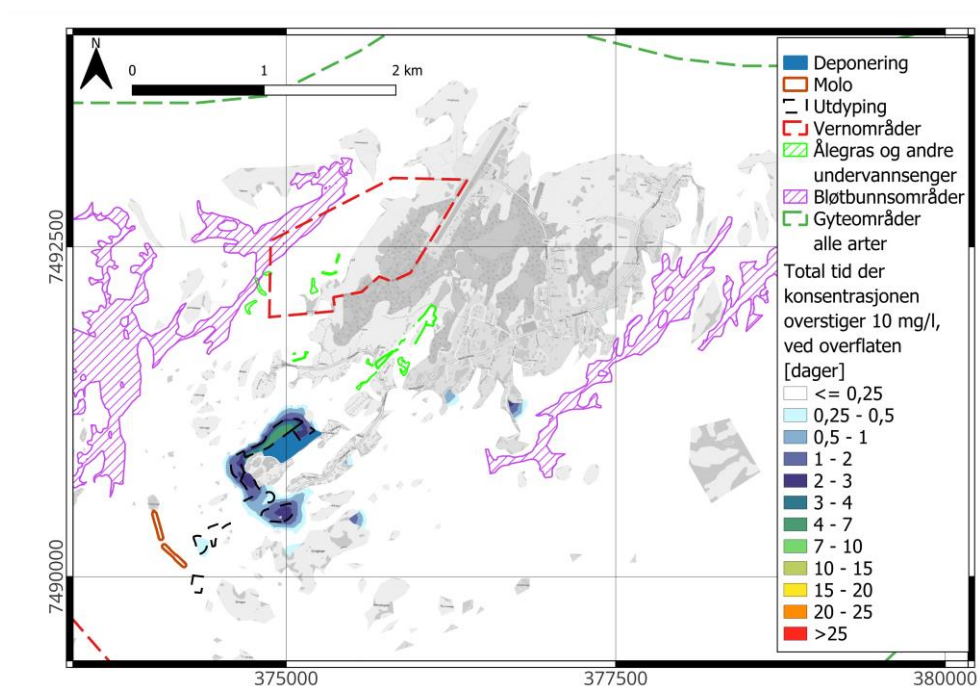
Figur 5.28 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 18 døgn.



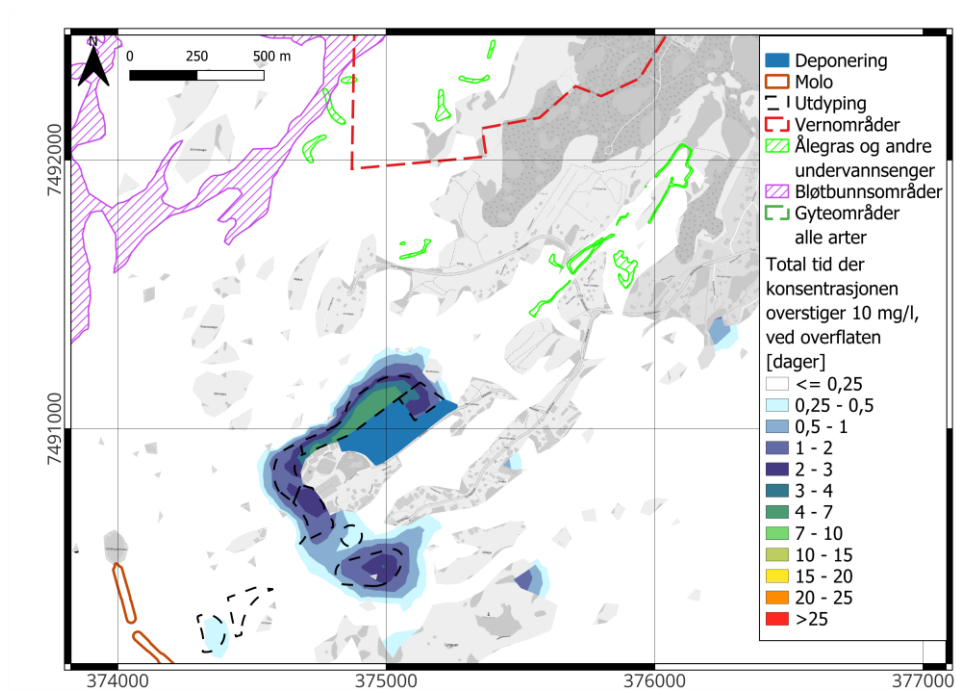
Figur 5.29 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



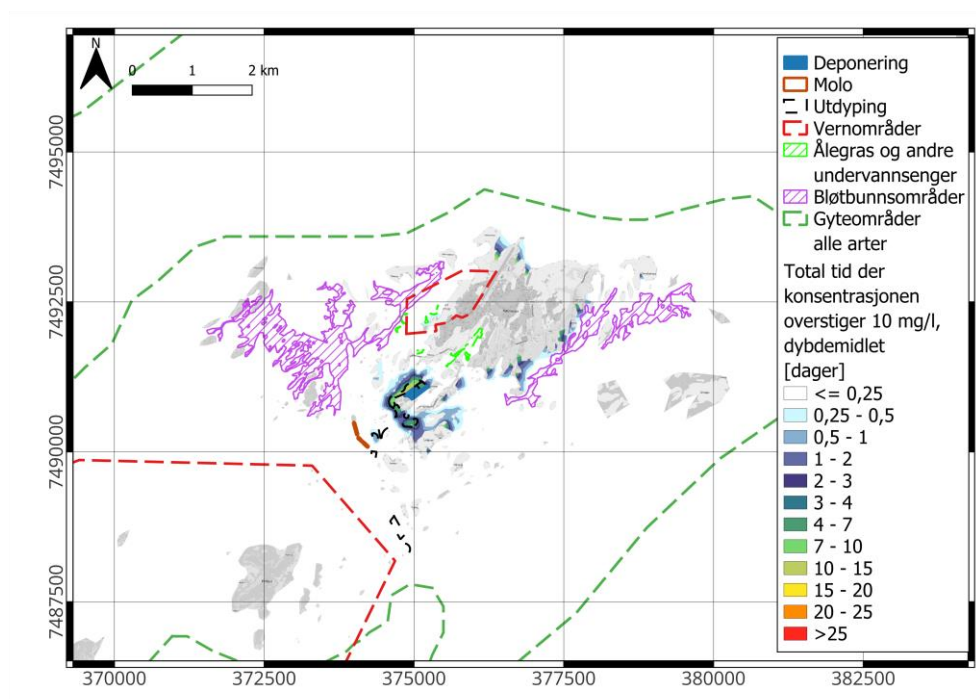
Figur 5.30 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.



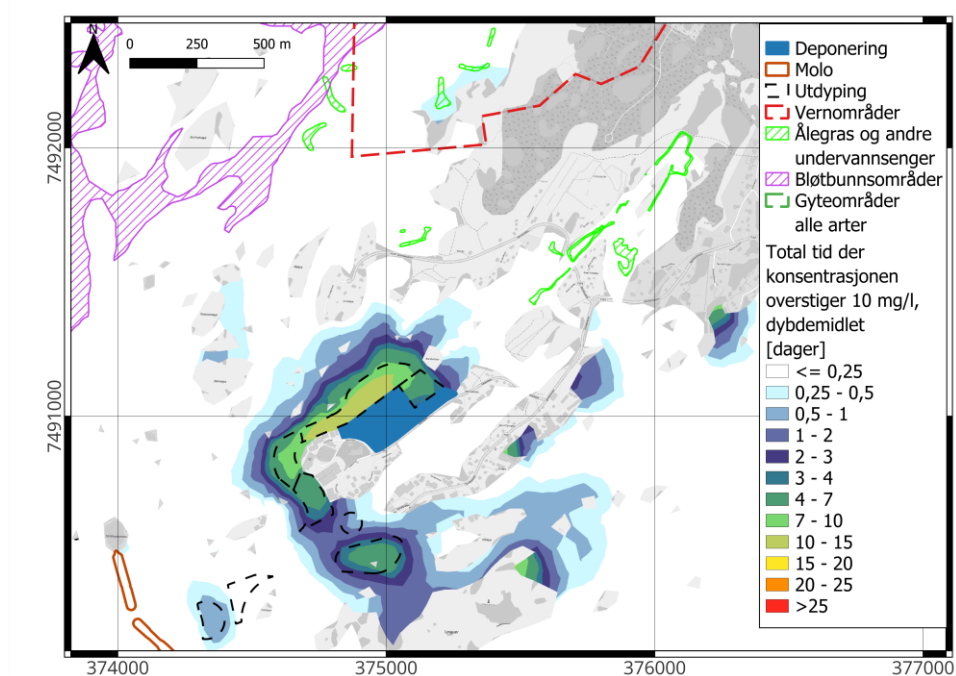
Figur 5.31 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved overflaten.



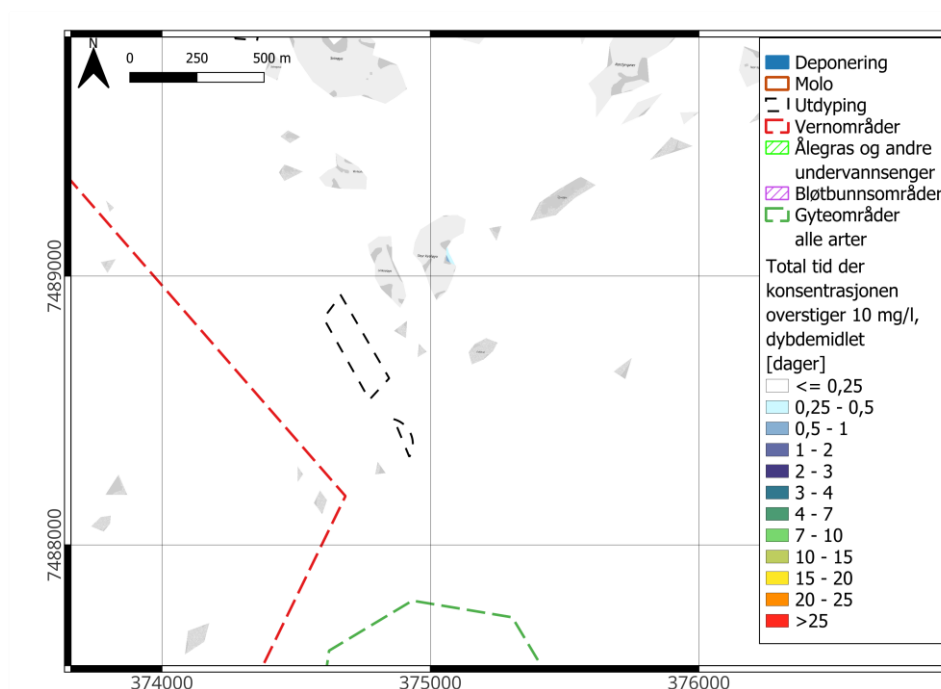
Figur 5.32 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l ved overflaten, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



Figur 5.33 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.



Figur 5.34 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.

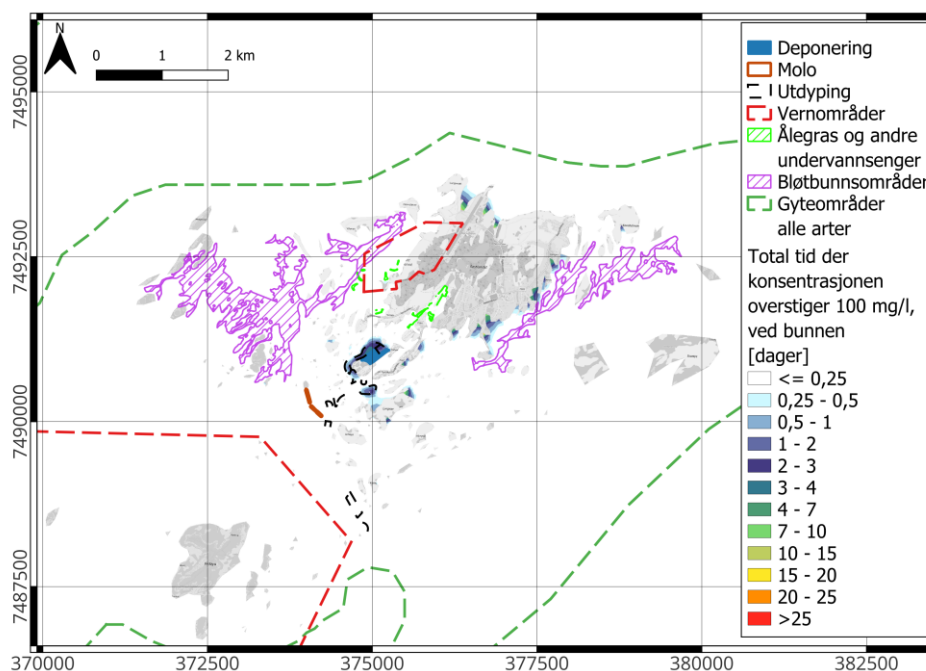


Figur 5.35 Total tid der konsentrasjonen overskrider 10 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på verneområdet i sør.

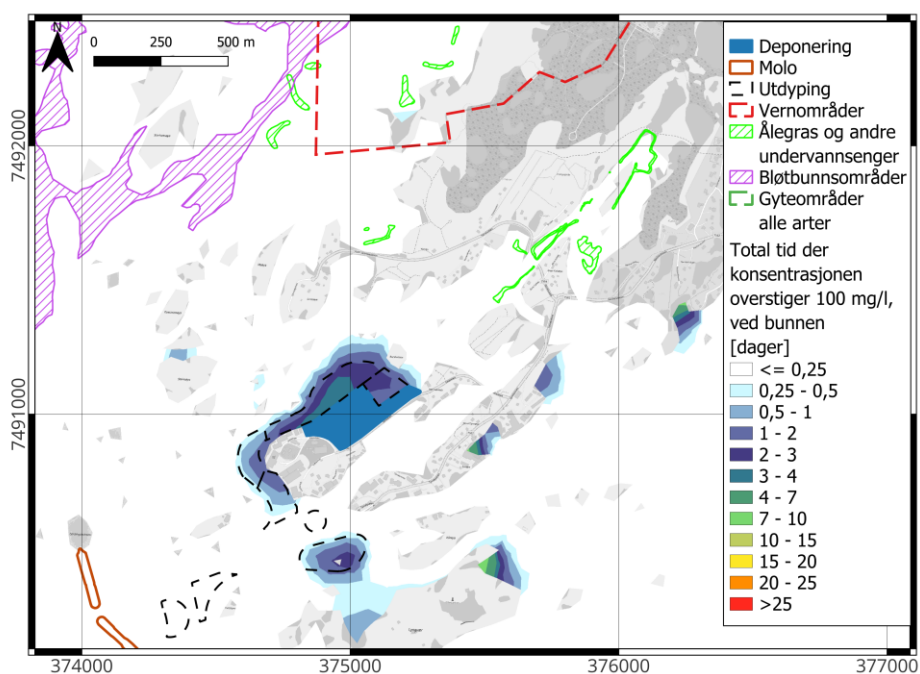
5.3.4 Samlet tid der konsentrasjonen overstiger 100 mg/l

Figur 5.36 til Figur 5.41 viser samlet tid hvor konsentrasjonen overstiger 100 mg/l. Av modellens samlede varighet på 211 døgn, overskrider maksimalt 4 døgn denne konsentrasjonen. Den lengste samlede varigheten er også her for bunnen, ved Liggehavn. Verdier av samlet varighet over 6 timer har beskjeden utstrekkelelse utenfor mudringsområdene, og inntreffer hovedsakelig i grunne sund og viker. Det er ingen samlet varighet over 6 timer med denne konsentrasjonen innenfor gyteområdet i nord, verneområdet i nord og sør, og innenfor ålegrasområdene.

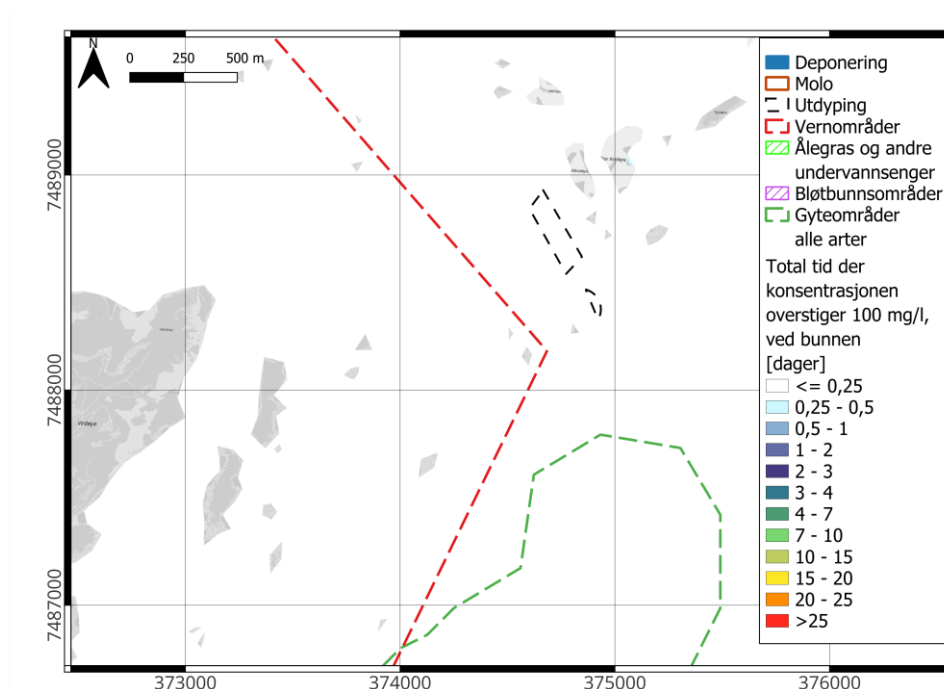
Ved overflaten er det kun små områder der samlet tid varer opp mot ett døgn. Samlet befinner disse områdene seg innenfor utdypningsområdene, Figur 5.39. For den gjennomsnittlige verdien gjennom vannsøylen er denne relativt lik i utbredelse som for bunnen, men arealene strekker seg ikke like langt ut fra land og den samlede varigheten er mindre. Her er den smalede varigheten i Liggehavn 2,5 døgn og for snuarealet under 2 døgn, Figur 5.41. Også for overflaten og den midlede verdien gjennom vannsøylen er det noen påvirkning i interesseområdene ved denne konsentrasjonen.



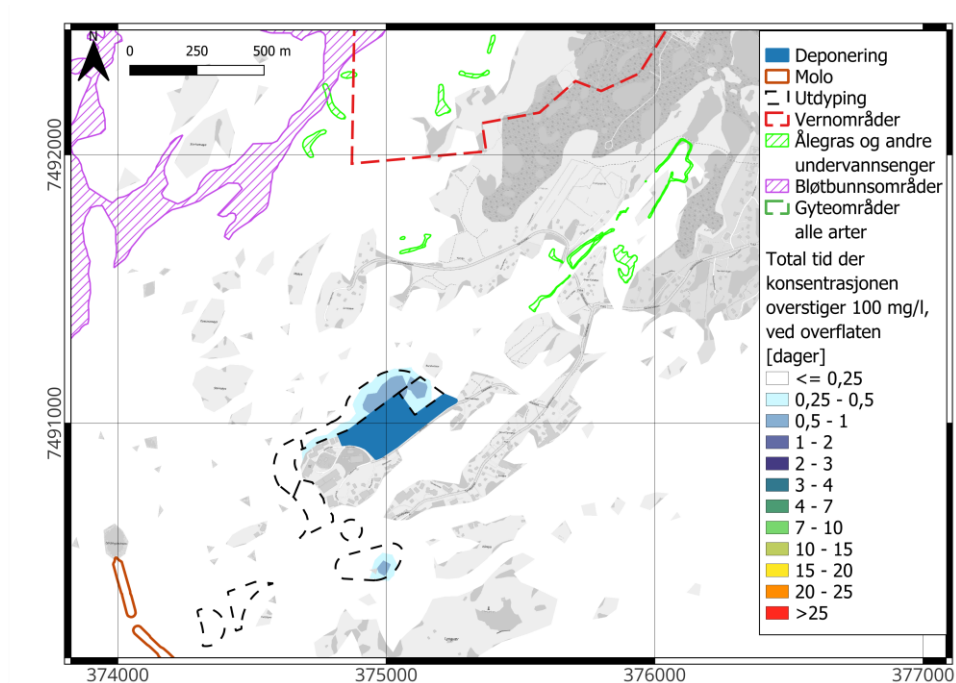
Figur 5.36 Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved bunnen. Maksimalverdien er ca. 4 døgn.



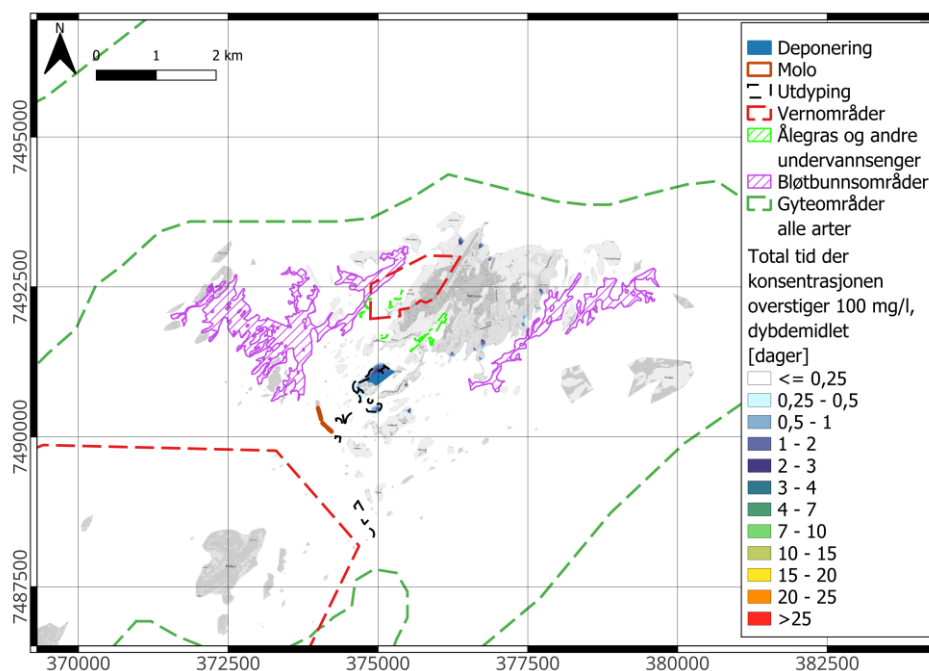
Figur 5.37 Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved bunnen, med fokus på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.



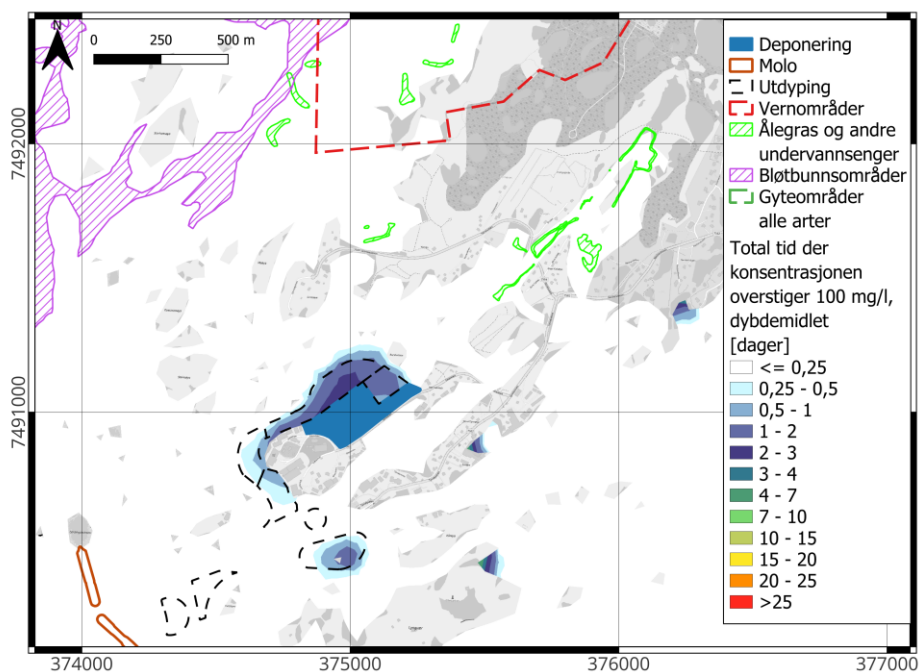
Figur 5.38 Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved bunnen, med fokus på verneområdet i sør.



Figur 5.39 Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l ved overflaten.



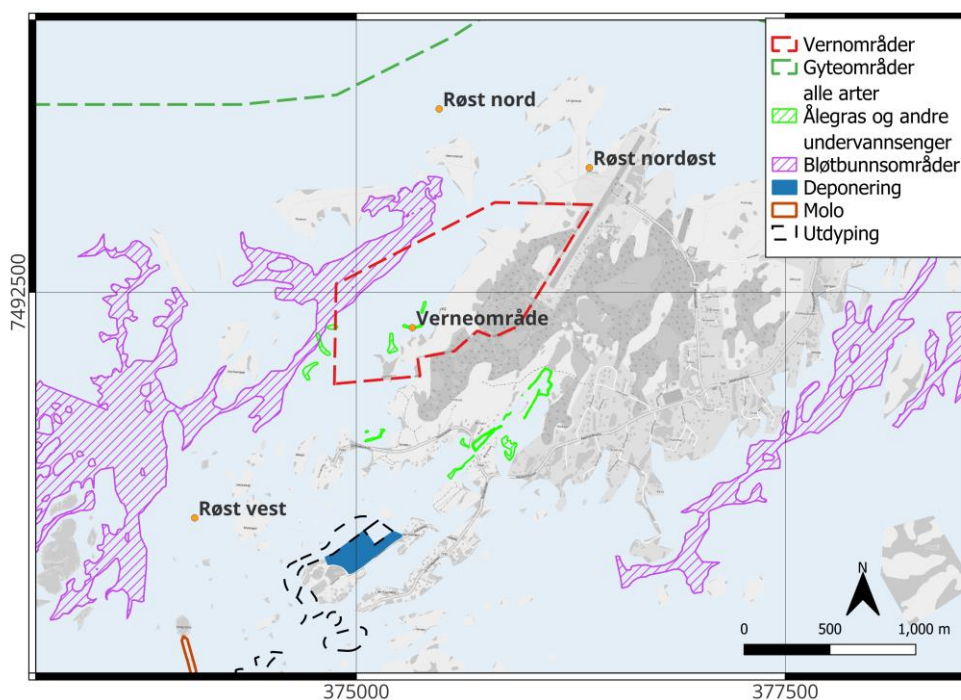
Figur 5.40 Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle.



Figur 5.41 Total tid der konsentrasjonen overskrider 100 mg/l, midlet over vannsøylen for hver beregningscelle. Fokuset er på Liggehavn, ålegrassoner og verneområdet i nord.

5.3.5 Tidsserier av suspendert sedimentkonsentrasjon

For å undersøke sedimentkonsentrasjonen i vannsøylen og varigheten av denne er det hentet ut tidsserier for fire punkt, Figur 5.42. Dette for å belyse om den samlede varigheten i tidligere plott er sammenhengende, eller om resuspensjon er den drivende effekten av konsentrasjonen ved bunnen, overflaten og gjennom vannsøylen. Tidsseriene begynner ved oppstart av mudringsoperasjonene og går til en måned etter at siste mudringsoperasjon er ferdig.

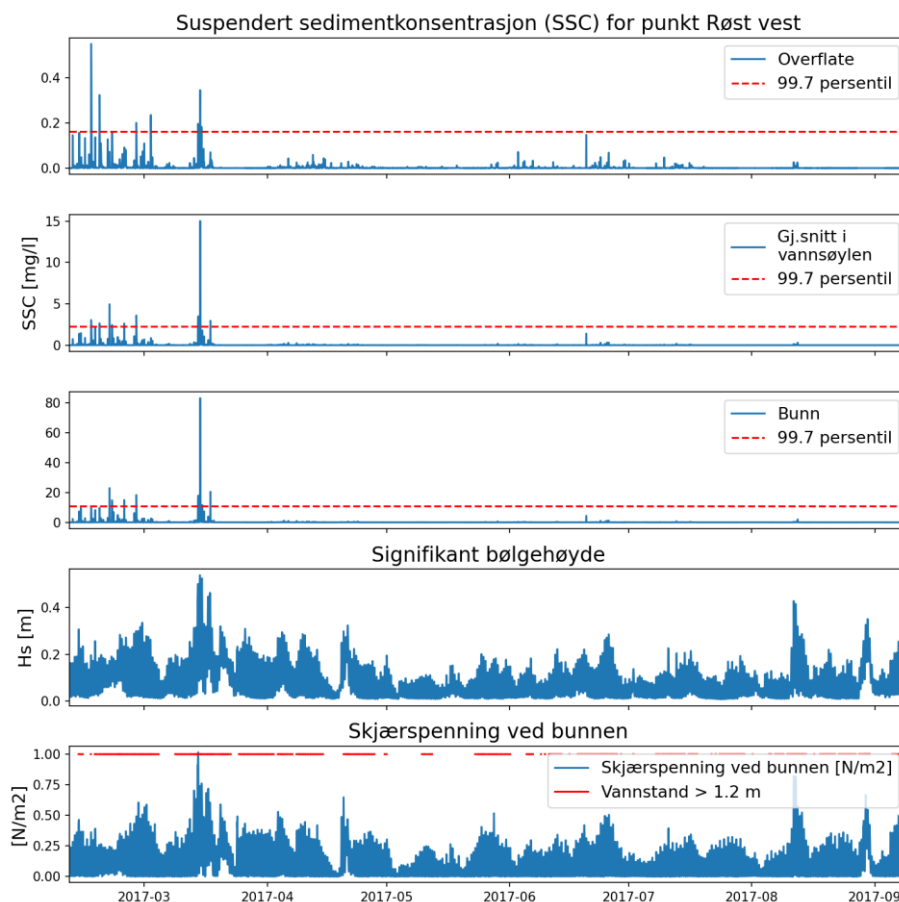


Figur 5.42 Valgte punkter for å hente ut tidsserier av suspendert sedimentkonsentrasjon (SSC).

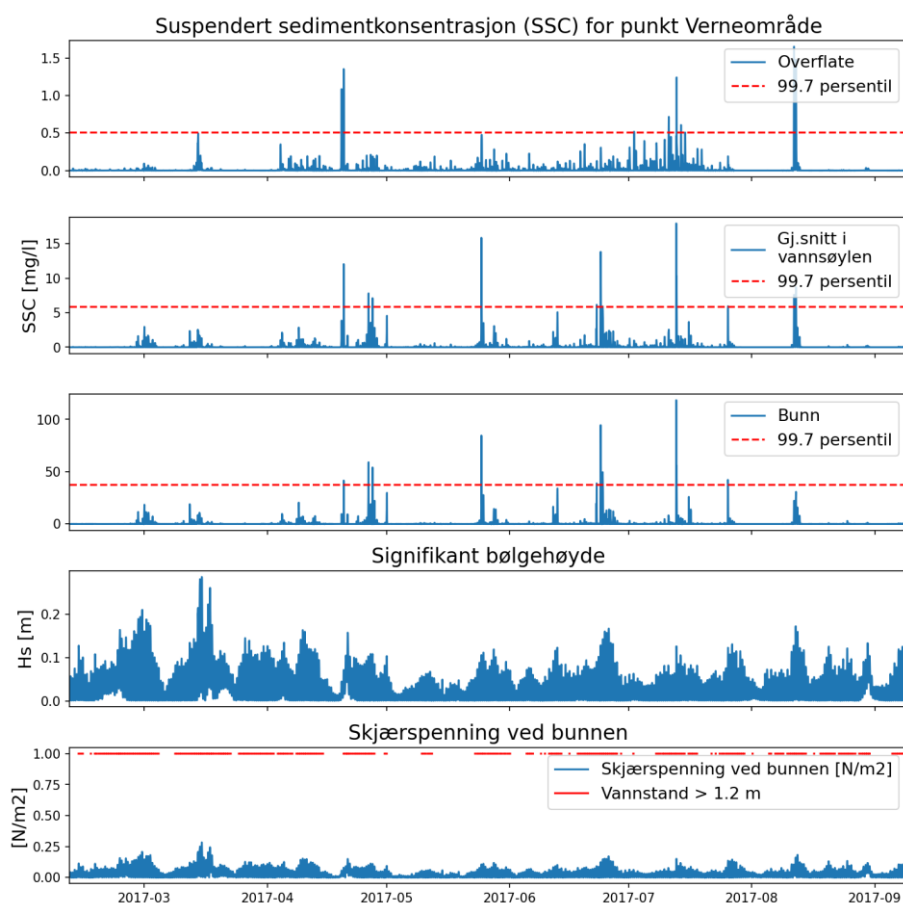
For Røst vest er det tydelig at de høyeste konsentrasjonene skjer i starten av mudringsfasen, med påvirkning av resuspensjon. Dette skjer tydelig ved å sammenligne skjærspenning og signifikant bølgehøyde. Videre vil modellen kun hensynta bølgenes påvirkning på skjærspenningen ved bunnen når vannstanden på posisjonen er over 1 meter. For å vis periodene der dette inntreffer er det valgt en noe forhøyet verdi for å unngå at det fremstår som en heltrukken linje, 1,2 meter. Verdiene for bunnen er utenfor datasettet som helhet, men er innenfor hva som er forventet, Figur 5.43.

For Verneområdet er trenden tilsvarende, Figur 5.44. De høyeste verdiene med suspendert sedimentkonsentrasjon samsvarer med forhøyet skjærspenning langs bunnen og toppverdier for signifikant bølgehøyde, med unntak i starten av mudringsperioden. Dette skyldes trolig at nok partikler ikke har blitt transportert hit så tidlig i perioden.

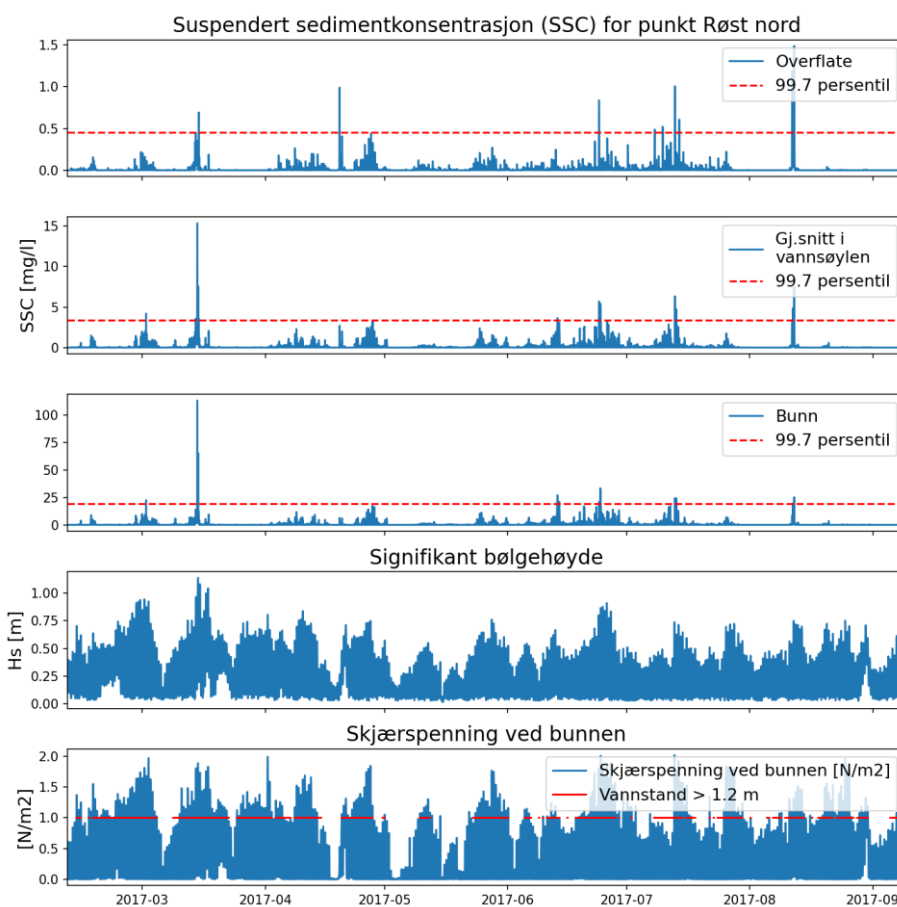
For Røst nord og nordvest inntreffer maksimalverdiene på samme tidspunkt, også når det er registrert topper av signifikant bølgehøyde. Men konsentrasjonen langs bunnen på Røst nordøst er mye høyere, Figur 5.46. Dette kommer seg av at elementvolumet her er veldig lite. Dybden i cellen er omtrent 1 meter, noe som gir et bunnlag på ca. 10 cm i tykkelse. Videre er oppløsningen i modellen i dette området 30 meter i lengdeplan, noe som medfører at det blir målt høyere bølger her enn det vill vært i virkeligheten. Alt dette bidrar til en forhøyet verdi av suspendert sedimentkonsentrasjon, og det er dette en ser i modellen i de grunnere områdene.



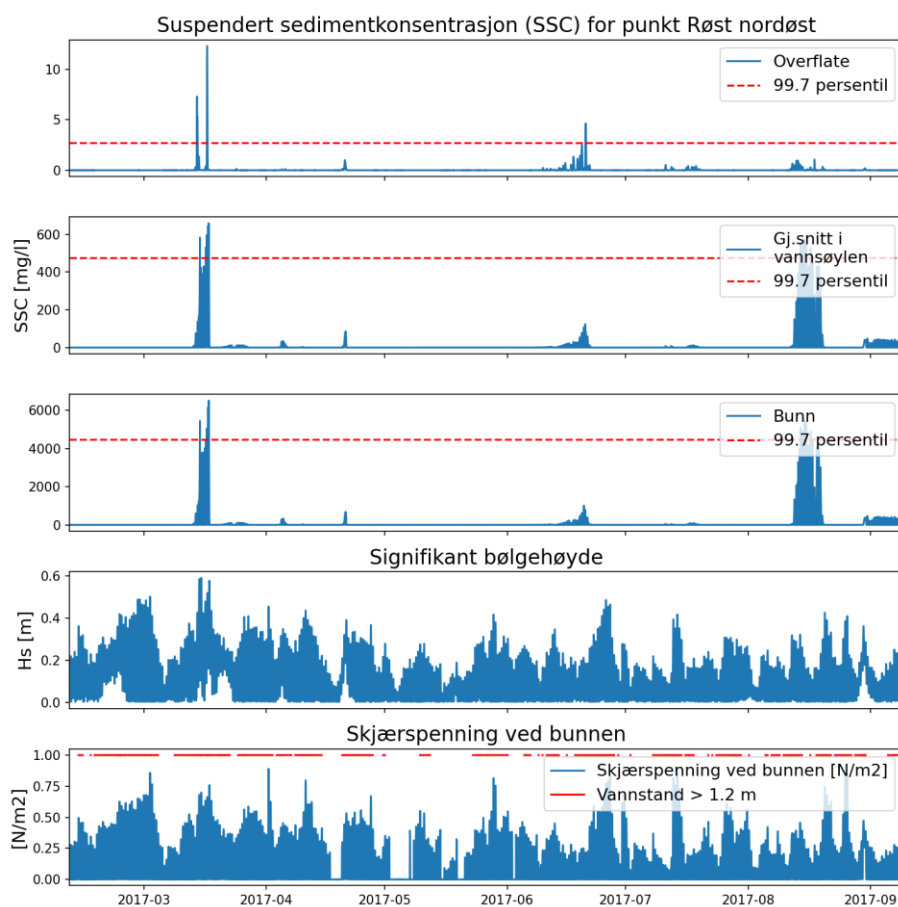
Figur 5.43 Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon, signifikant bølgehøyde og skjærspenning langs bunnen for Røst vest. Maksverdien (99,7 persentilen) er inntegnet i figuren for den suspenderte sedimentkonsentrasjonen, samt når vannstanden overstiger 1,2 meter på posisjonen.



Figur 5.44 Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon, signifikant bølgehøyde og skjærspenning langs bunnen for Verneområde. Maksverdien (99,7 persentilen) er inntegnet i figuren for den suspenderte sedimentkonsentrasjonen, samt når vannstanden overstiger 1,2 meter på posisjonen.



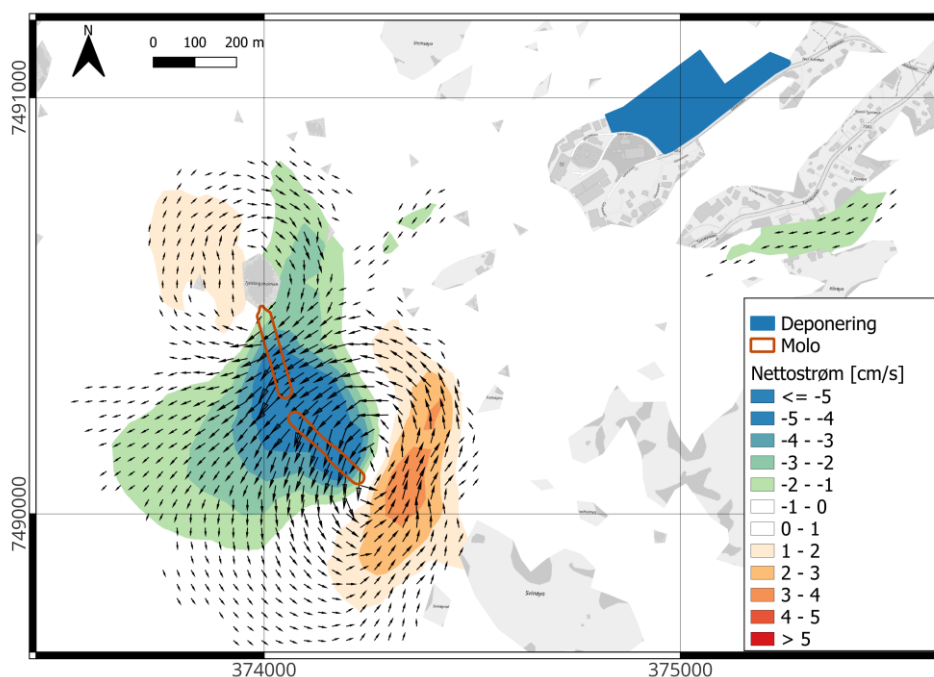
Figur 5.45 Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon for Røst nord, ved overflaten, midlet over vannsøylen og ved bunnen. Maksverdien (99,7 persentilen) er inntegnet i figuren.



Figur 5.46 Tidsserie for suspendert sedimentkonsentrasjon for Røst nordøst, ved overflaten, midlet over vannsøylen og ved bunnen. Maksverdien (99,7 persentilen) er inntegnet i figuren.

6 Endring av strømmønster som følge av molo

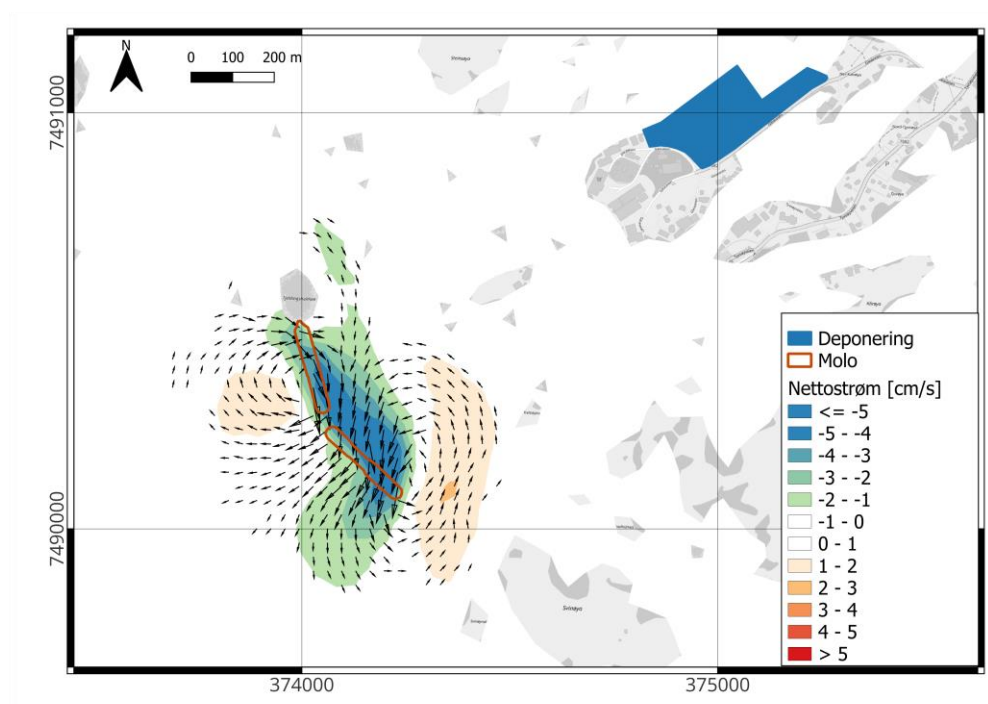
For å beregne effekten av moloen på det lokale strømfeltet er det satt inn to strukturer i modellen som tillater ingen transport gjennom disse i vannsøylen. Moloene vil da fungere som en vegg, som er en konservativ tilnærming. Fra strømmodellen er det hentet ut to perioder der det er påvist høy strømhastighet i nærheten av moloene, 05.01.2017 til 01.02.2017 og fra 14.11.2017 til 11.12.2017. Fra disse periodene er nettostrømmen beregnet, både for strømfeltet med og uten molo, for den dybdegjennomsnittlige strømmen, Figur 6.1 og Figur 6.2. Figurene viser både endring i hastighet (fargeskala) og retning (skalarer). For perioden 05.01.2017 til 01.02.2017 viser det seg en netto reduksjon av strømhastigheten i umiddelbar nærhet til moloene, Figur 6.1 Det er også en mindre hastighetsreduksjon nær Glea på omtrent 1,5 cm/s. For nær moloen er reduksjonen omtrent 6,0 cm/s. Dette medfører en hastighetsøkning på begge sidene av moloen, som følge av at strømmen ikke lenger kan gå gjennom åpningen mellom øyene som før. Det er også en mindre reduksjon i nettostrøm gjennom åpningen mellom moloen, som forventet. Hastighetsøkningen er på omtrent 4,0 cm/s for feltet i sør og 1,6 cm/s for feltet i nord.



Figur 6.1 Forskjell i nettostrøm i vannsøylen for perioden 05.01.2017 til 01.02.2017. Vektorpilene viser forskjellens retning, mens konturene viser endringen i strømmen.

For perioden 14.11.2017 til 11.12.2017 er trenden tilsvarende, men med noe forskjellig strømmønster, Figur 6.2. Også her er den største reduksjonen i nettostrøm gjennom moloen, med en medfølgende økning i nettostrømhastighet for å komme rundt strukturene. Hastighetsøkningene er på rundt 2 cm/s, mens reduksjonen er størst i umiddelbar nærhet til moloene, opptil 8 cm/s.

Modellen viser at endringen av strømmønsteret som følge av moloen først og fremst blir en lokal effekt, med små ringvirkninger til området rundt. Utstrekningen er omtrent 500 meter rundt moloene.



Figur 6.2 Forskjell i nettostrøm i vannsøylen for perioden 14.11.2017 til 11.12.2017.
Vektorpilene viser forskjellens retning, mens konturene viser endringen i strømmen.

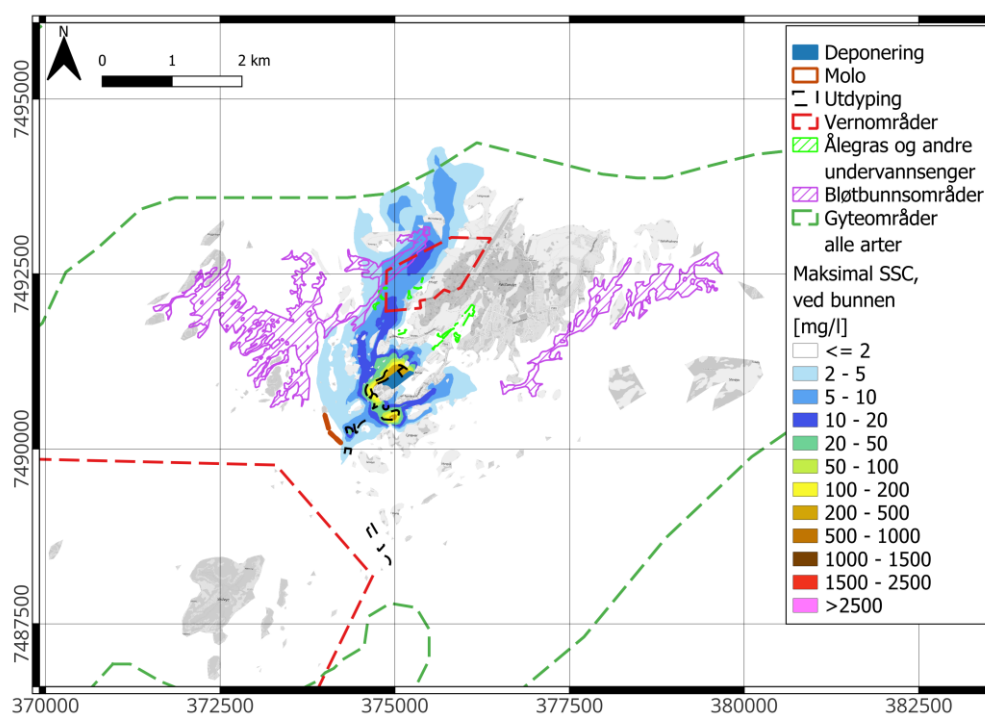
7 Diskusjon og konklusjon

Fra resultatene for spredningsmodelleringen av Røst er det tydelig at det forekommer resuspensjon som følge av strøm og bølgepåvirkning. Totalt sett blir verneområdet nord for Glea påvirket i samlet tid opptil 7 dager for konsentrasjoner av suspendert sedimentkonsentrasjoner over 2 mg/l ved bunnen. Dette gjelder også for ålegrasområdene her inne. Øst for Glea er samlet varighet mer beskjeden, opptil 3 dager for ålegrasområdene ved samme konsentrasjon langs bunnen. For verneområdet i sør er det mer beskjeden varigheter langs bunnen, kun sporvis områder med opptil 1 dag. For gyteområdet i nord er maksvarigheten langs bunnen opp mot 20 dager for konsentrasjoner over 2 mg/l. Varigheten avtar relativt fort innover i gyteområdet, og generelt reduseres den stødig ved økende grenseverdier for konsentrasjoner.

For nettosedimentering spres dette seg opptil 600 meter utenfor mudringsområdene, men det er ikke registrert noe sedimentlag på over 1 mm i noen av verneområdene eller interesseområdene.

Endringen av nettostrøm ble undersøkt i to perioder på 25 dager der det var registrert høye strømverdier. Strukturer ble satt inn i modellen som forhindrer noe transport gjennom disse, og effekten kan tydelig ses på strømbildet. Det er derimot hovedsakelig en lokal effekt, og påvirker ikke strømbildet i større grad 500 meter unna moloene. Det er en liten endring i nettosstrøm i en av periodene i sundet sør for Røst, som en reduksjon på 1 cm/s.

Fra resultatene er det tydelig at resuspensjon påvirker mye av spredningen av sediment, og da særlig som følge av bølgepåvirkning av dette. Dette er mest tydelig i grunnere viker rundt Røstlandet, men påvirker også resten av modellen. Ved å utføre samme spredningsmodell, men fjerne effekten av bølger blir utbredelsen av maksimal sedimentkonsentrasjon ved bunnen betydelig lavere. Trolig overdimensjonerer modellen effekten av bølger på resuspensjon, noe som gir en konservativ løsning. Denne effekten vil videre avta når sedimentet føres ut av modellen eller sedimenteres.



Figur 7.1 Maksimum SSC ved bunnen, uten inkludering av bølger på resuspensjon.

8 Referanser

- DHI. (2021). *Scientific documentation of MIKE 3 Flow Model FM*.
- DHI. (2024). *EUDP Global Atlas of Siting Parameters Offshore. DHI Global Wave Model: Set-up, Calibration and Validation*.
- DHI. (2024). *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model - FM Mud Transport Module - Scientific Documentation*. DHI.
- Haakenstad, H., Øyvind Breivik, B. R., Furevik, M. R., & Bohlinger, P. A. (2021). Nonhydrostatic High-Resolution Hindcast of the North Sea, the Norwegian Sea, and the Barents Sea. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 60(10), 1443-1464. doi:<https://doi.org/10.1175/JAMC-D-21-0029.1>
- Hegelund, O. J. (2024). *Stamsund-Risøyrenna med gjennomseiling Raftsundet – Geotekniske grunnundersøkelser for Vitjet farled. Kystsaksnr.: 2021/1957*. Multiconsult.
- Lamb, H. (1994). *Hydrodynamics (6th Edition)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Madsen, M., Christensen, B. B., Birkeland, M., Møhlenberg, F., Goodley Dannisøe, J., & Elssäßer, B. (2016). *Stad Skipstunell. Marin konsekvensvurdering. Numerisk modellering a influens*. DHI.
- Norconsult. (2023). *Miljøteknisk sedimentundersøkelse - Røst fiskerihavn*.
- Norconsult. (2023). *Strømmålinger - Røst havn*.
- Norconsult. (2025). *Røst fiskerihavn: Supplerende sedimentundersøkelser*.
- Norconsult. (2025). *Røst fiskerihavn: Supplerende strømmålinger*.
- Rugbjerg, M., Uhrenholdt, T., & Arenas, J. A. (2017). *Norwegian Seas 3D Hydrodynamic Model. Hindcast 2006-2014*. DHI.
- Soulsby, R. L., Hamm, L., Klopman, G., Myrhaug, D., Simons, R. R., & Thomas, G. P. (1993). Wave-current interaction within and outside the bottom boundary layer. *Coastal engineering*, 21(1-3), 41-69.

