

Modellert spredning av flytende og partikulært utslipp ved Videild

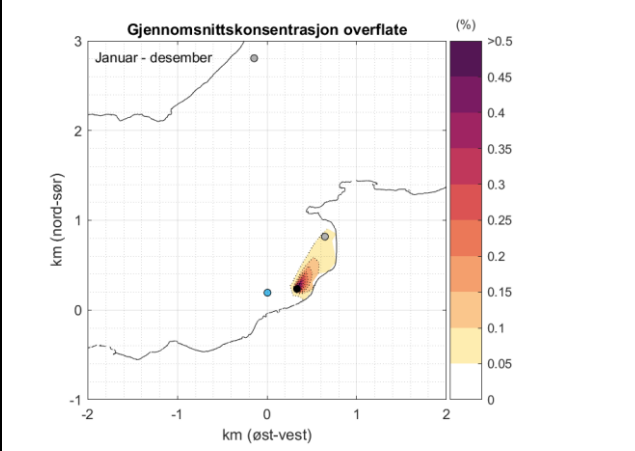
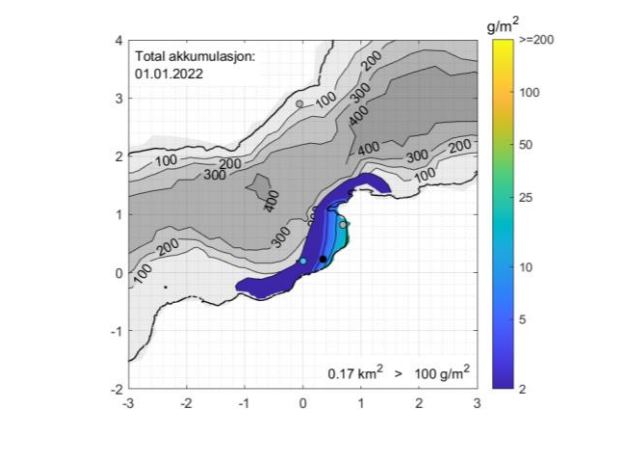
Lokalitet: Videild

Kunde: MOWI ASA



ÅKERBLÅ

Rapport			
Rapportbeskrivelse og navn	Modellert spredning av flytende og partikulært utslipp ved Videild. SM-MN-Videild-1102075670-6001-01-001.pdf		
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse	
001	04.08.23	Første utgivelse	
Rapportdistribusjon	Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.		
Lokalitet			
Lokalitetsnavn	Videild	Lokalitetsnummer	12223
Kommune	Vanylven	Fylke	Møre og Romsdal

Sammendrag	
 <p>Gjennomsnittskonsentrasjon overflate (%) Januar - desember</p>	 <p>Total akkumulasjon: 01.01.2022</p> <p>0.17 km² > 100 g/m²</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Innlagringsdypet er mellom overflaten og 9 m. ○ Den delen av utslippet som når overflaten er godt fortynnet. ○ Spredningen veksler mellom å gå inn og ut Rovdefjorden og utslippsvannet holder seg på sørsiden av fjorden. ○ Utslippene av flytende næringssalt er ikke ventet å påvirke de naturlige bakgrunnsnivåene i fjorden betydelig. ○ Partikulært utslipp akkumuleres i Sundnesbøgen, men belastningen er svært lav. 	

Oppdragsgiver			
Selskap	MOWI ASA; Postboks 4102 Sandviken, 5835 BERGEN		
Kontaktperson	Ole Martin Dahle	Ole.martin.dahle@mowi.com	
Oppdragsansvarlig			
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413; 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 963 554 052		
Rapportansvarlig	Lisbeth Håvik	Lisbeth.havik@akerbla.no	
Kontrollert av	Inga Utkilen	Inga.Utkilen@akerbla.no	

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
2. Områdebeskrivelse	6
3. Metode	8
3.1 Spredning og fortykning av flytende utslipp.....	8
3.2 Modelling av primærfortynning.....	8
3.3 Modelling av sekundærfortynning	9
3.4 Spredning av partikulært utslipp	9
3.5 Modelloppsett og inngangsdata.....	10
3.5.1 Bunndata og modellstørrelse.....	10
3.5.2 Inngangsdata primærfortynning.....	11
3.5.3 Inngangsdata sekundærfortynning	11
3.5.4 Utslipet.....	12
4. Resultater – flytende utslipp	13
4.1 Innlagringsdyp.....	13
4.2 Gjennomsnittlig påvirkning	14
4.3 Daglig spredning	14
4.4 Vurdering av konsentrasjoner av fosfor og nitrogen.....	16
4.5 Konsentrasjoner av utslippsvann ved inntakspunkt	18
4.6 Nabolokalitet Voldnes.....	20
5. Resultater – partikulært utslipp	22
5.1 Bunnpåvirkning etter ett år med produksjon.....	22
5.2 Påvirkning i Sundnesbogen.....	23
6. Konklusjon	25
6.1 Flytende utslipp.....	25
6.2 Partikulært utslipp	25
7. Vedlegg – Resultater fra strømodellering	26
7.1 Strømresultater	26
7.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten	29
7.3 Modellert strøm sammenlignet med målinger	30
8. Vedlegg - Havnivå	32
9. Vedlegg - Ferskvannstilsig	34
10. Vedlegg - Usikkerhetsvurdering	35

10.1	Inngangsdata for strømmodell.....	35
10.2	Strømmodell.....	35
11.	Referanser.....	36

1. Innledning

Åkerblå AS har på oppdrag fra MOWI utført modellering av fortynning og spredning av utslippsvann for utslipp ved settefiskanlegget Videild i Vanylven kommune. I tillegg er det modellert bunnpåvirkning fra partikulært utslipp.

Formålet med rapporten er å beregne spredning og fortynning av avløpsvann fra planlagt utslippsposisjon. Konsentrasjonen av suspenderte næringssalt blir beregnet basert på konsentrasjonen i utslippsvannet. Dette vurderes opp mot klassegrensene i Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018). I tillegg er det gjort en grundig vurdering av påvirkningen utslippet har på eget inntak, og på nærliggende lokalitet Voldnes. Til slutt vises bunnpåvirkningen i form av spredning av partikulært utslipp fra anlegget; modellert både med og uten nedbrytning.


Modelleringen presenterer en tilnærming av forholdene basert på inngangsdata. Resultater bør også vurderes ut fra lokalkunnskap og erfaring.

2. Områdebeskrivelse

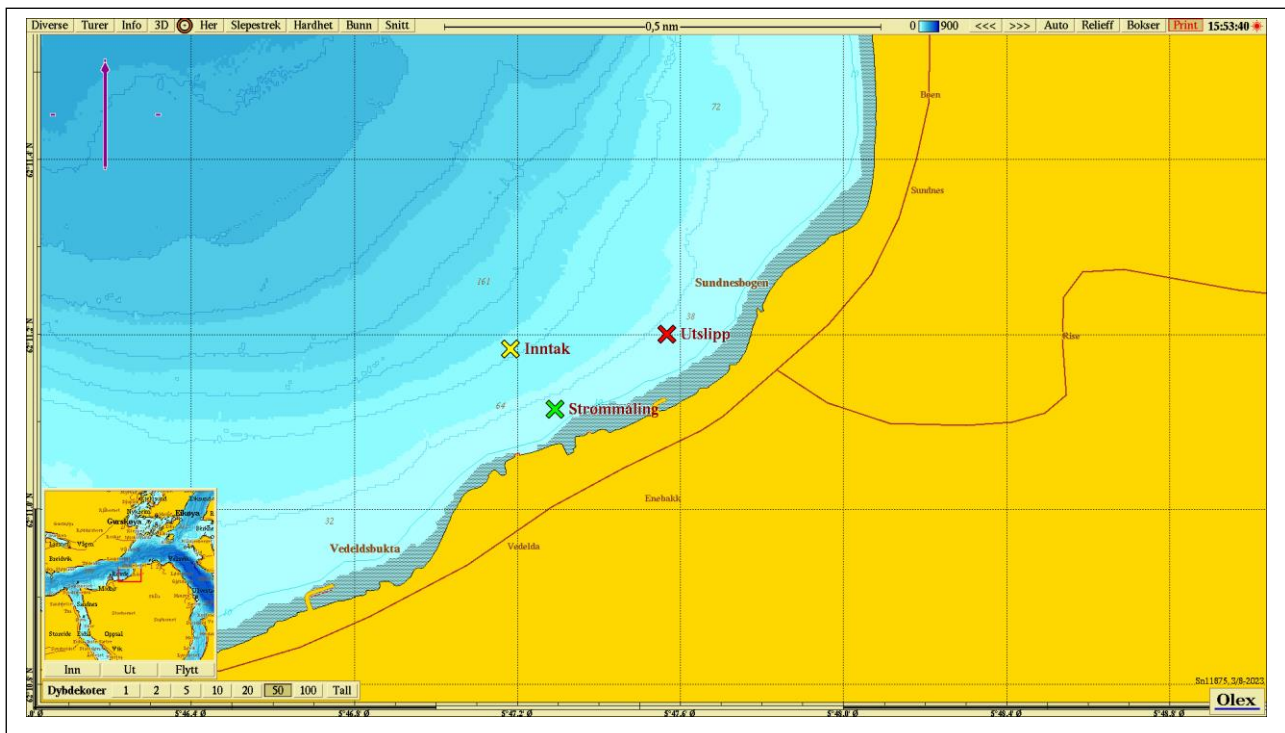
Anlegget på Videild ligger i Vanylven kommune i Møre og Romsdal. Lokaliteten ligger på sørsiden av Rovdefjorden (Figur 2.1). Omkring 5 km øst for lokaliteten går Rovdefjorden over i Voldsfjorden og videre nordøstover i Vartdalsfjorden. Mot vest går Rovdefjorden over i Hallefjorden. Ved lokaliteten er Rovdefjorden omkring 2.4 km bred.

Det er bratte skråninger på begge sider av fjorden og dypet øker til > 400 m sentralt i Rovdefjorden.



Figur 2.1: Oversiktskart over området rundt lokaliteten, vist med . Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Det er simulert utslipp fra en utslippsposisjon ved omkring 30 m dyp (Figur 2.2). Utslippsposisjonen ligger 330 m øst for det omkring 100 m dype sjøvannsinntaket.



Figur 2.2: Oversiktskart over området ved lokaliteten. Rødt kryss viser utslippspunkt, gult kryss viser inntakspunkt og grønt kryss viser strømmåleposisjonen. Dybden er vist med blå konturer. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

3. Metode

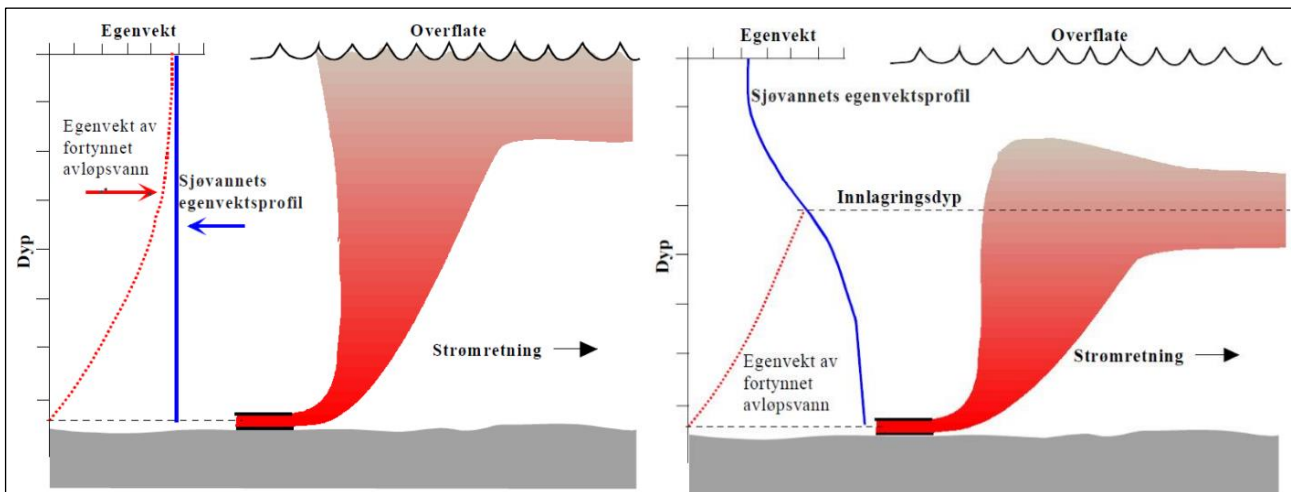
3.1 Spredning og fortynning av flytende utslipp

Ved utslipp til en resipient er det vanlig å skille mellom to prosesser; primærfortynning og sekundærfortynning (Miljødirektoratet 2013). I den umiddelbare nærheten av utslippet foregår primærfortynningen. Her skjer fortynningen som regel raskt ved turbulent horisontal og vertikal bevegelse drevet av utslippsvannets hastighet ut av utslippsrøret og tetthetsforskjeller mellom utslippsvann og resipient. Når utslippsvannet fortynnes og tetthetsforskjellen er utjevnet, vil den vertikale bevegelsen opphøre og utslippet har da nådd innlagringsdypet. Etter innlagring starter sekundærfortynningen som hovedsakelig er et resultat av horisontal spredning i resipienten. Sekundærfortynningen er avgjørende for hvor stort område som påvirkes av utslippet og om f.eks. strandsoner kan bli påvirket.

I denne rapporten vil resultat fra både primær- og sekundærfortynning av utslippet bli presentert. Etter primærfortynningen i nærheten av utslippspunktet vil utslippsvannet følge strømmen i området og gradvis fortynnes videre.

3.2 Modellering av primærfortynning

Utslippsvann med lav saltholdighet er lettere enn sjøvann og vil stige opp mot overflaten. Det er en relativt rask prosess og foregår i et begrenset område, som regel innenfor noen få titalls meter. Det skjer en innblanding av saltvann underveis slik at tetthetsforskjellen utjevnes. Figur 3.2.1 illustrerer hvordan innlagring av utslippsvann med lav saltholdighet fra et utslipp ved bunnen foregår (Miljødirektoratet 2013).



Figur 3.2.1: Illustrasjon av ferskvannsutslipp til sjøvann. Venstre: ingen vertikal lagdeling i sjøen (konstant egenvekt) og utslippet når til overflaten. Høyre: vertikal lagdeling (egenvekten øker med dypet) og innlagringen av utslippsvannet skjer dypere i vannsøylen.

Den vertikale lagdelingen i sjøen er bestemt av saltholdighet og temperatur og dette er med på å avgjøre hvilket dyp det fortynnede utslippsvannet innlagres. Hvis resipienten ikke har betydelig lagdeling kan utslippsvannet trenge gjennom til overflaten (Figur 3.2.1, venstre). Hvis utslippspunktet er tilstrekkelig dypt og resipienten har vertikal lagdeling (Figur 3.2.1, høyre), vil utslippsvannet stige til tettheten i det fortynnede utslippsvannet er lik tettheten til resipienten. Fordi utslippsvannet har en vertikal hastighet, vil det kunne fortsette litt høyere opp i vannsøylen før det synker ned igjen og spres videre horisontalt. Dypet der utslippsvannet er i likevekt med resipienten kalles innlagringsdypet.

Beregning av primærspredning er gjort med den numeriske modellen Visual Plumes, utviklet av U.S. Environmental Protection Agency (Frick 2003).

Informasjon om utslippet som brukes i beregningene er:

- Rørdiameter
- Utslippsvannets saltholdighet og temperatur
- Utslippsmengde

Det trengs følgende informasjon om resipienten:

- Utslippsdyp
- Vertikalprofil av salinitet og temperatur i resipient
- Strømhastighet i resipient

Det største usikkerhetsmomentet i forbindelse med beregning av innlagringsdybde og primærfortynning er saltholdighet i vannsøylen over utslippspunktet. Saltholdigheten kan variere med tidevann, i tillegg til sesongvariasjoner som følge av smeltevann og nedbør. Dette indikerer at ulike innlagringsdyp er sannsynlige basert på årstid og fordeling av ferskvann i vannsøylen.

3.3 Modellering av sekundærfortynning

For å bestemme transport og sekundærspredning av utslippet er det laget en strøm- og spredningsmodell for lokaliteten ved hjelp av programvaren Delft3D-FLOW (Deltares, 2018). Delft3D-FLOW er en tredimensjonal, hydrodynamisk modell som gir strømfelt over et stort område og flere dybdenivå. I modellen løses Navier-Stokes-ligningene for strømmen basert på Boussinesq-tilnærmelsen (Lesser, et al. 2004), sammen med ligninger som beskriver temperatur, saltholdighet og spredning av utslipp. Det at modellen omfavner et stort område og kan kjøres for lange tidsperioder, gjør at man får med variasjoner og unike forhold ved hver enkelt lokalitet. Tidssteget i modellen er satt til 1 minutt, og turbulensparametrene er tilpasset området for å få en realistisk beskrivelse av strømmen.

Delft3D-FLOW benytter inngangsdata fra atmosfæren, havet og ferskvannstilsig til å beregne strømmen i tre dimensjoner (Delft3D-FLOW 2018). Den vertikale bevegelsen antas å være liten i forhold til den horisontale slik at vertikal akselerasjon kan neglisjeres. Bevegelsen styres av trykkgradienter beregnet fra variasjon i havnivå, temperatur og saltholdighet. Effektene fra jordrotasjon er inkludert ved hjelp av Corioliskraften. Turbulensen i strømmen er i modellen tatt hensyn til ved bruk av en såkalt k-epsilonmodell.

3.4 Spredning av partikulært utslipp

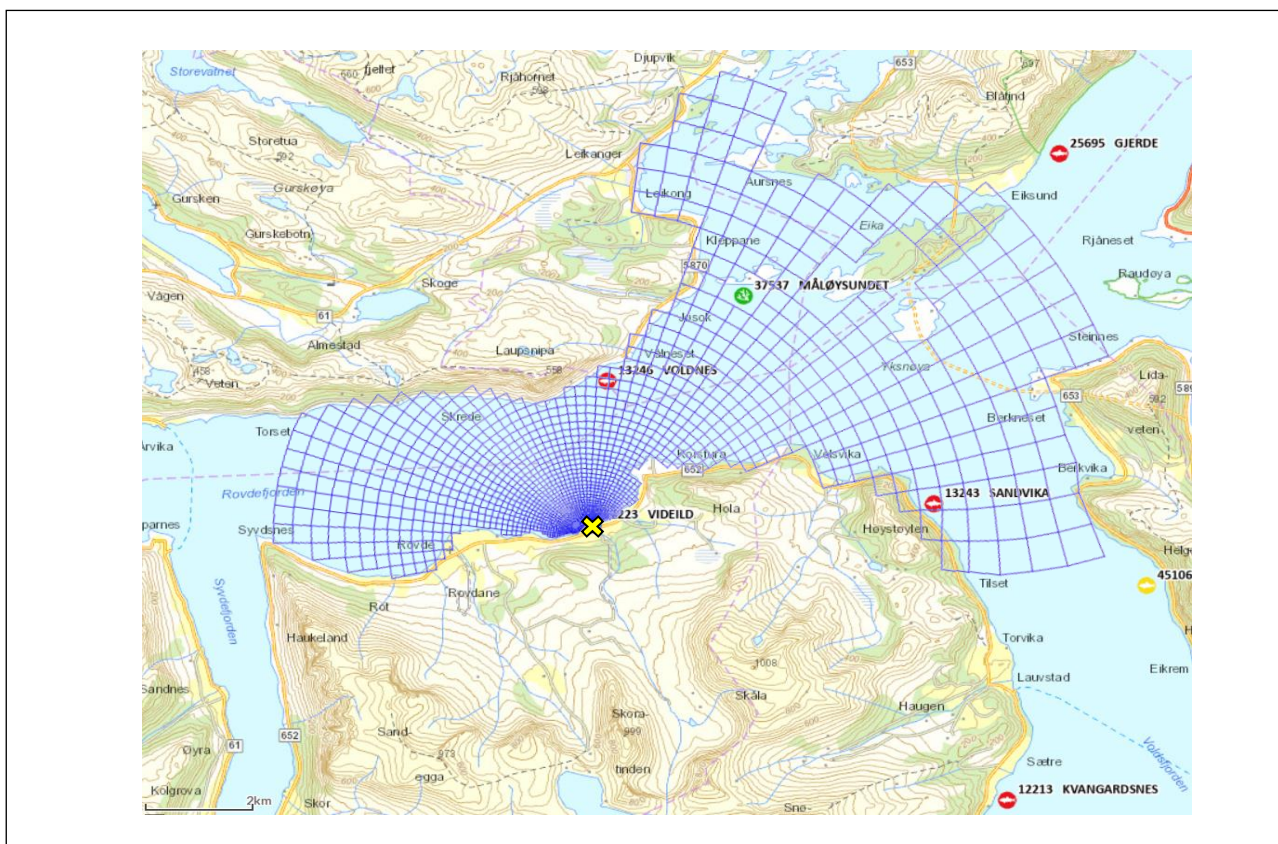
Sedimentering av partikulært utslipp (TOC) modelleres med D-Water Quality (D-WAQ) modulen (tilhørende Delft3D-FLOW). I denne modulen løses ligninger for reaksjon, diffusjon og adveksjon av sedimentene for alle tidssteg i hele domenet. Denne ligningen beregner sedimentering basert på horisontale og vertikale hastigheter i tillegg til å inkludere en gradvis nedbrytning av det biologiske materialet både på bunnen og mens det fremdeles er suspendert i vannmassene.

3.5 Modelloppsett og inngangsdata

3.5.1 Bunndata og modellstørrelse

Den tredimensjonale strømmodellen som er laget for området dekker hele Rovdefjorden vest til Syvdsnes. Mot nordøst strekker modellen seg forbi Aursnes, mot øst til åpningen av Vartdalsfjorden og i sørøst til Voldsfjorden. Modellen har et horisontalt rutenett med oppløsning på 20 m × 20 m rundt lokaliteten og avtagende oppløsning utover til maksimalt 700 m × 660 m ved randsonene i nordøst og sørøst (Figur 3.5.1).

For å beskrive variasjon i dybden er det valgt en såkalt sigmamodell med 15 dybdelag. Dybdelagene følger terrenget og varierer i tykkelse proporsjonalt med dypet (se Tabell 3.5.1). Bunndata brukt i modellen er hentet fra Kartverket, og tilpasset oppløsningen i modellen ved hjelp av interpolasjon. Nærmest lokaliteten er det benyttet Olexdata oppgitt fra kunde. I grenseområdet er bunntopografien tilpasset dybdenivået i modellen NorKyst800, for å få en konsistent beskrivelse i randsonene.



Figur 3.5.1: Rutenett benyttet for å modellere spredning fra lokaliteten. Lokaliteten er markert med ✕. Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy, med kartdatum: WGS84.

Tabell 3.5.1: Fordeling og prosentvis tykkelse av vannlag i modellen for et valgt dyp på 100 m. Nederst er det i alt 10 vannlag som hver utgjør 8% av den totale dybden.

Vannlag	Tykkelse (%)	Tykkelse ved 100 m dyp (m)	Dybde (m)
1	2	2.0	0 - 2.0
2	3	3.0	2.0 - 5.0
3	4	4.0	5.0 - 9.0
4	5	5.0	9.0 - 14.0
5	6	6.0	14.0 - 20.0
6-15	80	80.0	20.0 - 100.0

3.5.2 Inngangsdata primærfortynning

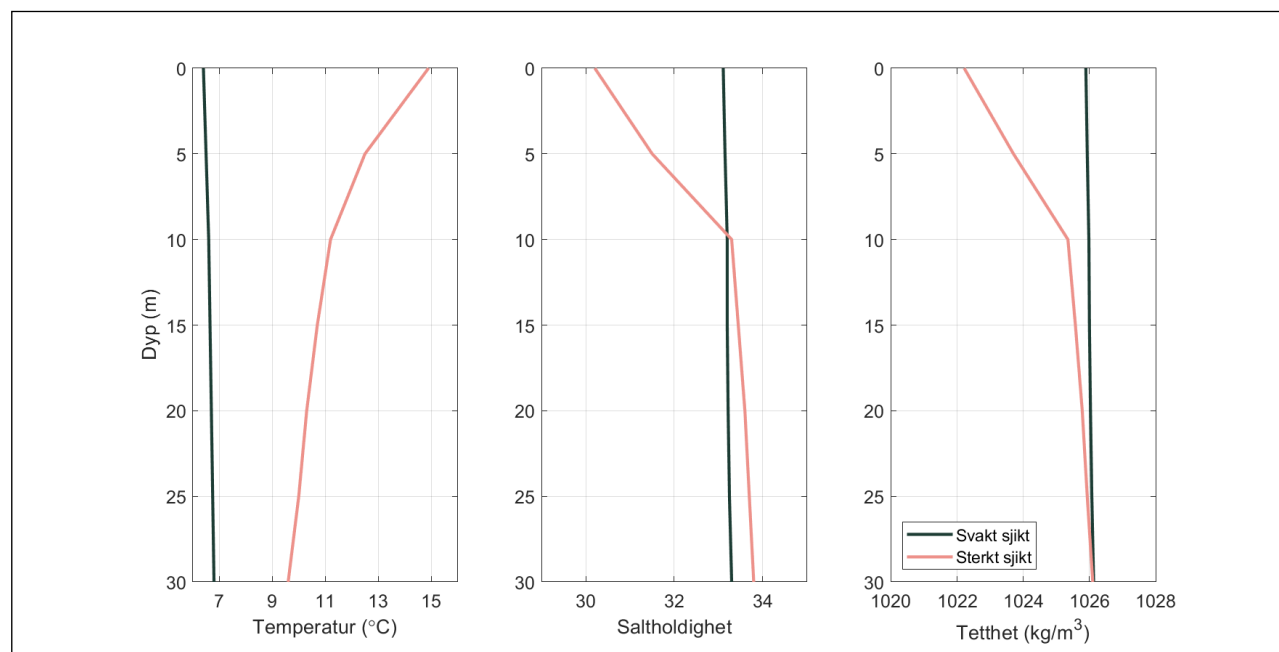
Informasjon om utslippet er listet i Tabell 3.5.2.

Tabell 3.5.2: Data om utslippet benyttet i modelleringen.

Inngangsdata for primærfortynning	
Rørdiameter	800 mm
Vannføring	0.085 m ³ /s
Saltholdighet	11
Temperatur	12 °C

For beregninger av primærfortynning og innlagingsdyp kreves informasjon om strøm, samt hydrografiske profiler, dvs. informasjon om temperatur og saltholdighet med dyp, som inngangsdata. For utslippet fra Videild er typiske strømdata hentet fra målt bunnstrøm fra august – september 2022 (Åkerblå AS 2022). Innlagingsdypet er beregnet for signifikant minimumsstrøm (1 cm/s), gjennomsnittsstrøm (3.5 cm/s) og signifikant maksimumsstrøm (6 cm/s).

Hydrografiske profiler er hentet fra NorKyst800 for en posisjon rett nord for lokaliteten. Innlagingsdypet blir beregnet for to ulike profiler; en med sterkt sjikt (rosa), en med svakt sjikt (svart) (Figur 3.5.2).



Figur 3.5.2: To ulike vertikallprofiler av temperatur, saltholdighet og tetthet brukt i simuleringen av primærspredningen for å finne innlagingsdyp.

3.5.3 Inngangsdata sekundærfortynning

Den hydrodynamiske modellen er drevet av randbetingelser, det vil si tidevann, vind og varmeutveksling med atmosfæren, samt ferskvannstilførsel. Inngangsdata for havet hentes fra havmodellen NorKyst800 (Meteorologisk Institutt 2020, Albretsen, et al. 2011). Dette er timesdata med oppløsning på 800 m × 800 m, som omfatter havnivå, strømhastighet, temperatur og saltholdighet. Dataene interpoleres for å tilpasses gitternett med høyere oppløsning i Delft3D-FLOW.

Atmosfæriske data er hentet fra Meteorologisk institutt, MEPS (Met.no 2020). Dette er data for vind, temperatur, lufttrykk, luftfuktighet og skydekke, og er gitt med intervall på 3 timer og med oppløsning på 2.5 km × 2.5 km. Også disse dataene interpoleres for å tilpasses gitternettet i strømmodellen.

Informasjon om ferskvannstilsig fra elvene i området er hentet fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE Atlas 2020) med daglig vannføring i hver elv. Vannet blir sluppet ut i en gittercelle i modellen, og er med på å styre lagdelingen i vannsøylen. Oversikt over bidrag fra elver som er inkludert i modellen er vist i kapittel 9.

For å unngå ustabilitet i starten av modellkjøringen er modellen først kjørt med en oppstartsperiode på en måned (desember 2020). Resultatene fra denne kjøringen er deretter brukt som inngangsverdi for den endelige modellkjøringen. Etter oppstartsperioden er strømmodellen kjørt for januar 2021 til og med desember 2021.

3.5.4 Utslippet

Utslippets- og inntaksposisjon er vist i Figur 2.2 og Tabell 3.5.3. For en årlig produksjon av 6100 tonn er vannstrømmen simulert med 0.085 m³/s. Mengden fosfor, nitrogen og TOC er hentet fra Rådgivende Biologers notat «Grunnlag for modellering av nytt utslipp Mowi avd. Rovde» (Rådgivende Biologer AS 2023) (Tabell 3.5.4).

Tabell 3.5.3: Utslippets- og inntaksposisjon benyttet i modelleringen. Siste kolonne viser dypet der rørene ligger (bunndyp).

	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)	Bunndyp (m)
Utslipp	62° 11.200'	5° 47.567'	30
Inntak	62° 11.183'	5° 47.183'	100

Tabell 3.5.4: Utslippsmengder for fosfor, nitrogen og TOC.

Utslippsmengde (m ³ /s)	Fosfor (mg/L)	Nitrogen (mg/L)	TOC (mg/L)
Høy rensegrad	7.4	51.5	46.7
Lav rensegrad	11.1	77.2	146.9

Andelen TOC som går til utslipp ved Videild er modellert å ha gått gjennom et filter med størrelse 60-90 µm. I simuleringen av spredning av TOC må det legges til grunn en synkehastighet for partiklene som baserer seg på partikkelstørrelse.

Partikler med lav synkehastighet vil generelt spres lenger enn partikler med høy synkehastighet og valget av synkehastighet vil dermed påvirke den simulerte utstrekningen av påvirkningsområdet og mengden sedimentert TOC i en gitt posisjon. Det ble testet ulike synkehastigheter, og resultatene viste at mønsteret til påvirkningsområdet ble likt ved ulikt valg av hastigheter, men detaljene i utstrekningen varierte noe. Videre i rapporten er resultatene vist for synkehastigheten på 5m/dag. Det er vurdert at en representativ synkehastighet for partikler av denne størrelsen er på 5m/dag (Bach, et al. 2012).

4. Resultater – flytende utslipp

Det er foretatt simulering av utslipp fra utslippsposisjonen for hele 2021 (Figur 2.2). Utslippsraten er satt til $0.085 \text{ m}^3/\text{s}$.

Resultatene er vist med konsentrasjon av utslippsvann på utvalgte dager i løpet av året, og med gjennomsnittsverdi for konsentrasjon for hele året. Spredningen er vist ved overflaten med konsentrasjonsnivå opp til 0.5 %. Dette nivået er valgt som en representativ verdi for fortynningen, men merk at nær utslippspunktene vil det være korte perioder med høyere nivå.

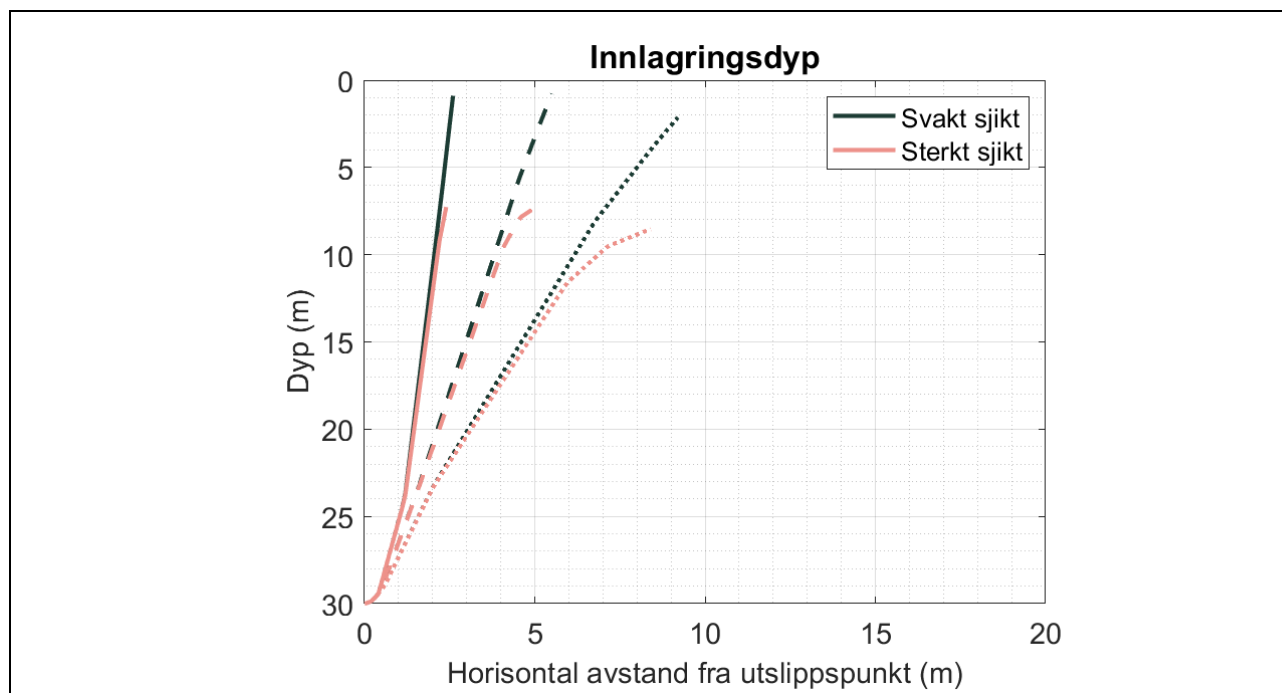
Ut fra innholdet av oppløst nitrogen og fosfor i utslippet og fortynningsgraden av utslippsvannet, er tilført mengde av disse stoffene i resipienten beregnet. Konsentrasjonene vil bli vurdert opp mot Tabell 9.26 i «Klassifisering av miljøtilstand i vann» (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018).

For å vurdere vannslektskapet mellom Videild og nabolokaliteten Voldnes vises det tidsserier av konsentrasjoner av utslippsvann og fordeling av utslippsvannets alder der. I tillegg vil vannslektskapet mellom utslippet og inntaksposisjonen bli vurdert.

4.1 Innlagringsdyp

Innlagringsdypet er beregnet for to ulike vertikallprofiler (Figur 3.5.2) for tre ulike strømhastigheter. Innlagringsdypet varierer mellom overflaten (svak strøm og uten sjikt) og 9 m (sterk strøm og sterkt sjikt, Figur 4.1.1), beregnet fra et utslipp fra 30 m.

Videre i rapporten analyseres spredning av vannmasser fra innlagringsdypet beregnet med svakt sjikt og gjennomsnittlig strømhastighet (nær overflaten). I sekundærfortynningen vil sjiktningen og strømhastighetene variere både i tid og rom. Dette fører til at utslippet fortynnes og spres både horisontalt og vertikalt.

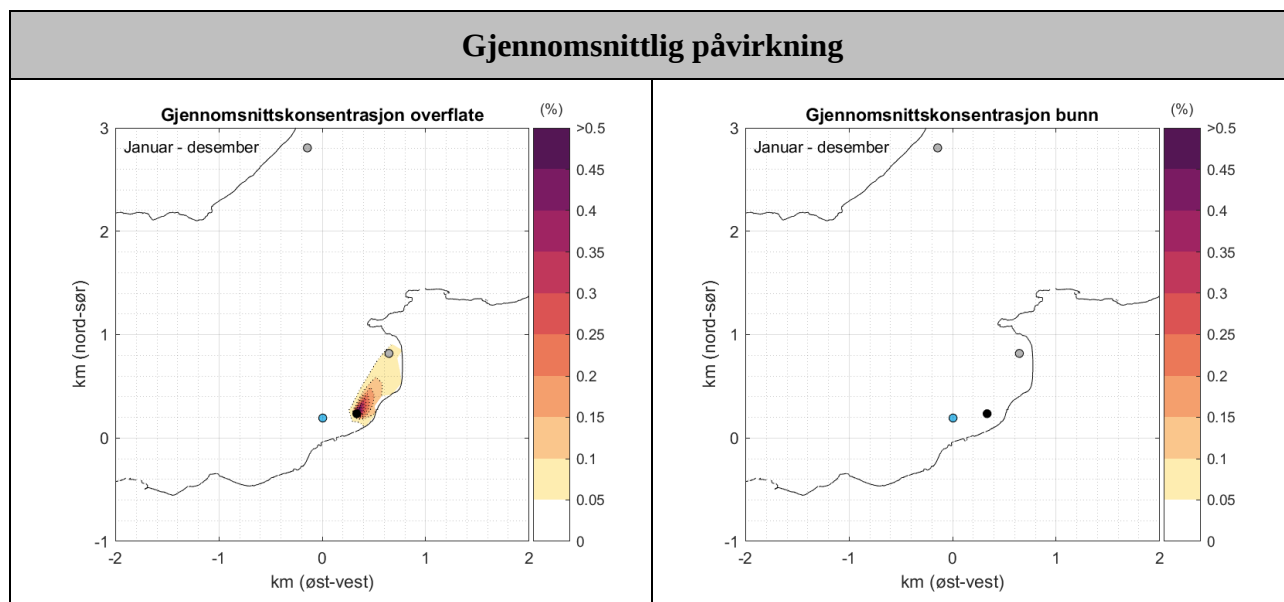


Figur 4.1.1: Beregnet innlagringsdyp med vertikallprofilene vist i Figur 3.5.2. Heltrukne linjer viser svak strøm (1 cm/s), stiplete linjer gjennomsnittsstrøm (3.5 cm/s) og prikkete linjer sterk strøm (6 cm/s).

4.2 Gjennomsnittlig påvirkning

Spredningen av utslipp varierer i løpet av døgnet og påvirkes av tidevannet og vindpådraget. For å finne ut i hvor stor grad fjorden blir berørt av utslipp, er gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av året, over hele modellområdet, beregnet for overflaten og bunnen.

Utslippsmengdene fra Videild er lave, og gjennomsnittskonsentrasjonen er lav ($< 0.5\%$) (Figur 4.2.1). Ved overflaten går utslippet i gjennomsnitt mot nordøst i retning Sundneset. Ved bunnen er det i gjennomsnitt ikke spor av utslippet.



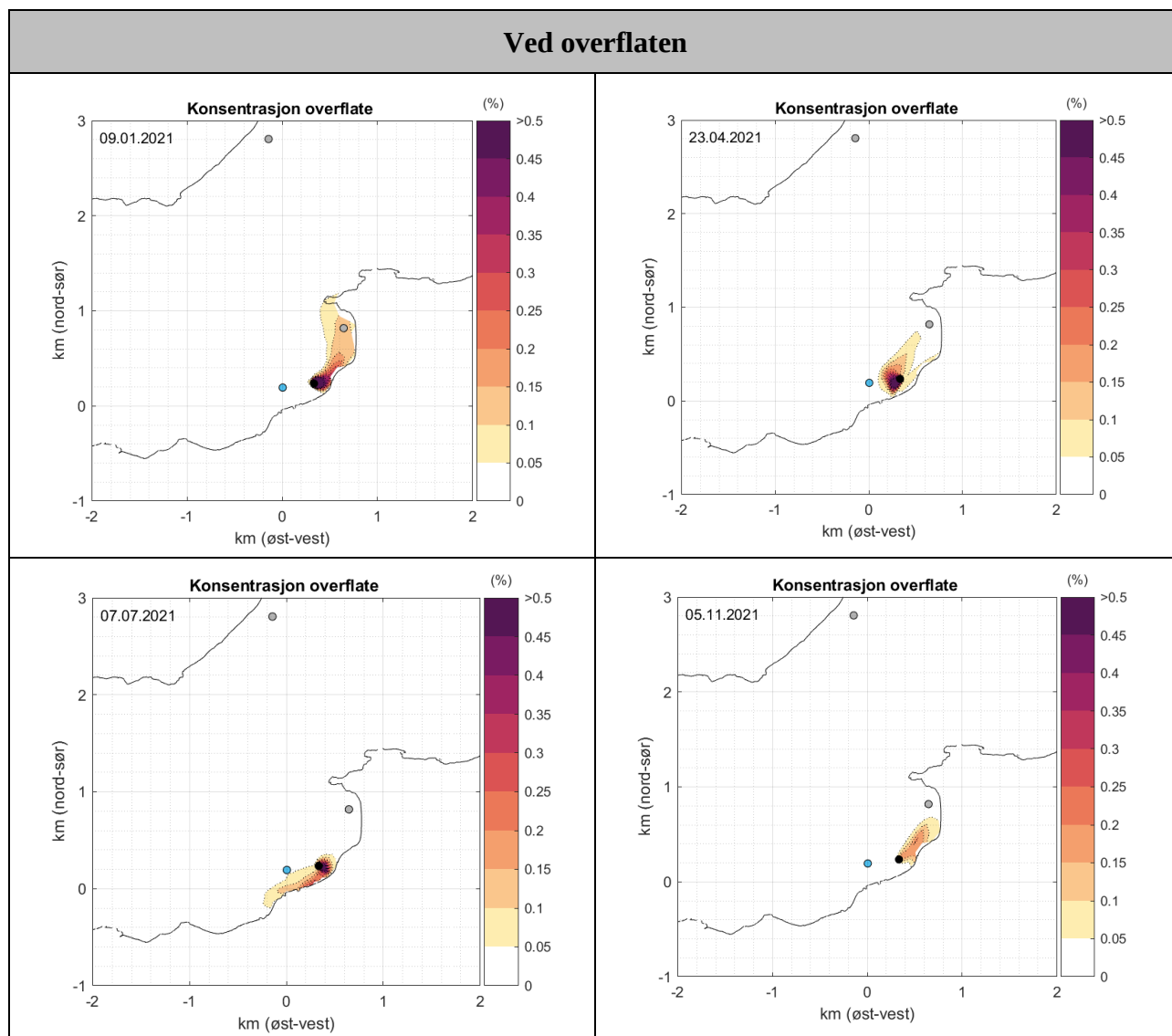
Figur 4.2.1: Gjennomsnittlig konsentrasjon gjennom hele 2021 ved overflaten og bunnen. Konsentrasjoner av utslippsvann er vist med fargeskala fra 0 til 0.5 %. Utslippspunktet er vist med svart prikk, og inntaksposisjon blå prikk. Nabolokaliteten Voldnes og posisjonen brukt for videre analyse av bunnpåvirkningen i Sundnesbogen er vist med grå prikker.

4.3 Daglig spredning

Spredningen av utslipp varierer i løpet av de simulerte periodene og påvirkes av tidevannet og direkte påvirkning fra vind. Figur 4.3.1 viser konsentrasjonen av utslippsvann i overflaten for fire utvalgte dager gjennom året. Disse dagene er valgt grunnet ulike strømforhold og spredning. Konsentrasjonen er volumandelen (%) av utslippsvann i resipienten.

Ved overflaten veksler utslippet fra anlegget på Videild på å spres inn og ut Rovdefjorden (Figur 4.3.1). Det er lite tegn til spredning av vannmassene på tvers av fjorden, og utslippet holder seg i hovedsak øst for Åsevika og sørvest for Sundnesneset (konsentrasjoner $> 0.05\%$). Det er hyppigere høye konsentrasjoner nordøst for utslippsposisjonene enn mot vest. Det er ingen tegn til opphopning av avløpsvann i området.

Ved bunnen er det kun sporadisk spor av utslippet innerst i Sundnesbogen. På grunn av svært lave (ofte $< 0.05\%$) konsentrasjoner ved bunnen er dette ikke vist.



Figur 4.3.1: Konsentrasjon av utslippsvann ved overflaten på dagene 09.01, 23.04 og 07.07 og 05.11.2021. Konsentrasjoner av utslippsvann er vist med fargeskala opp til 0.5 %. Utslippspunktet er vist med svart prikk og inntaksposisjonen med blå prikk. Nabolokaliteten Voldnes og posisjonen brukt for videre analyse av bunnpåvirkningen i Sundnesbøgen er vist med grå prikker.

4.4 Vurdering av konsentrasjoner av fosfor og nitrogen

For å kunne vurdere miljøpåvirkningen av utslippet i resipienten er konsentrasjonsnivået av nitrogen og fosfor beregnet. Dette er basert på innholdsmengden av næringssaltene i utslippsvannet og fortynningen i resipienten. I «Veileder for Klassifisering av miljøtilstand i vann» (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018) er grenseverdier for ulike tilstandsklasser gitt i Tabell 9.26. Disse grenseverdiene er gitt for overflatelaget, for vinter og sommer. Myndighetene har satt som mål at alle vannforekomster skal ha miljøtilstand «God» eller «Svært god» (Vannforskriften, (2021)).

I Vann-nett.no er Rovdefjorden listet som en beskyttet fjord. Denne vannforekomsten har samlet «Moderat» økologisk tilstand og er klassifisert med middels presisjon. Vannforekomsten har tilstandsgrad «Svært god» for innholdet av totalt nitrogen. Det er også oppgitt «Svært god» tilstand for fosfor. I løpet av sommersesongen vil primærproduksjon forbruke næringssalter og senke konsentrasjonene av fosfor og nitrogen. Modelleringen tar ikke hensyn til primærproduksjon og resultatene fra modelleringen er slik et konservativt estimat.

Konsentrasjonen av nitrogen og fosfor i utslippsvannet avhenger av rensegraden som blir valgt i rensenanlegget. Beregningene i denne rapporten baserer seg på en høy rensegrad (40 % for nitrogen og 60 % for fosfor), og en lavere rensegrad (10 % for nitrogen og 40 % for fosfor). Se tabell 3.5.4 for detaljene om utslippsmengdene.

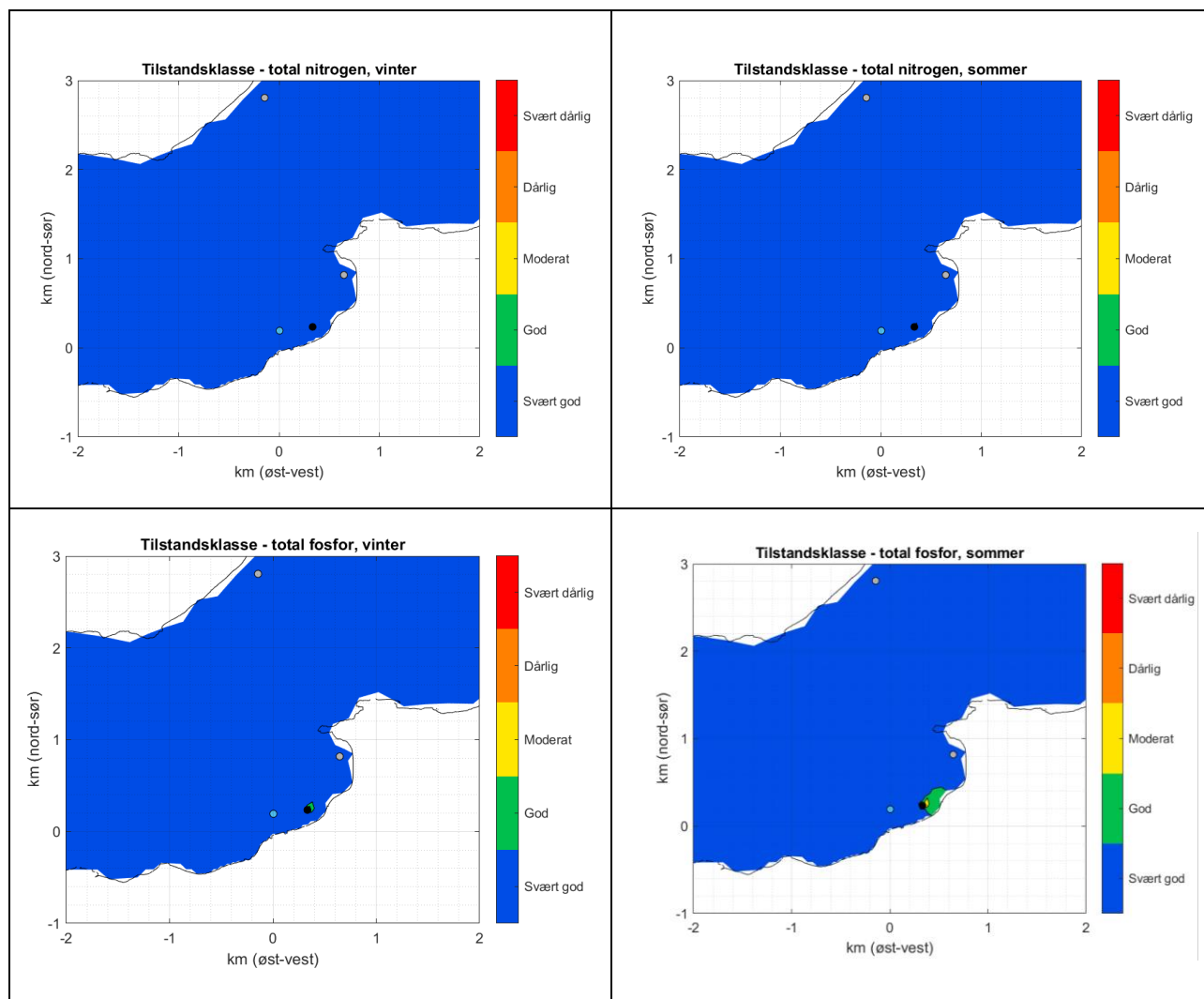
Spredningen av næringssalt følger samme mønster som utslippet. Ved den laveste rensegraden vil en konsentrasjon av avløpsvann på 0.5 % i overflaten tilsvare en økning i konsentrasjonen av næringssaltene på 386 µgN/l og 56 µgP/l. I gjennomsnitt er overflatekonsentrasjonen lavere enn 0.2 % i de øverste 10 m. Dette tilsvarer en økning på 154 µgN/l og 22 µgP/l. I kortere perioder vil det kunne være høyere konsentrasjoner.

I vurderingen av påvirkningen fra utslippet ved Videild på konsentrasjonen av næringssalt i fjorden legges tilførte næringssalt fra utslippet til gjennomsnittsverdiene for bakgrunnsnivået «Svært god» (Tabell 4.4.1). Denne summen gir informasjon om det er forventet at den tilførte mengden næringssalt endrer tilstandsgraden for næringssalt i fjorden.

Figur 4.4.1 viser det at det for total nitrogen, sommer og vinter, ikke er forventet en endring i tilstandsgraden på grunn av utslippet fra Videild. For fosfor er det et lite område rett ved utslippsposisjonen som gir reduksjon fra tilstandsklasse «Svært god» til tilstandsklasse «God» om vinteren. Om sommeren er det også et lite område som blir redusert til «Moderat» for fosfor. Disse resultatene baserer seg på den lavere rensegraden og uten opptak av næringssalt fra primærproduksjon. I tilfellet høy rensegrad vil det ikke lenger være områder som blir redusert til «moderat».

Tabell 4.4.1: Oversikt over konsentrasjoner ved gjennomsnittlig tilstandsgrad for vannforekomst Rovdefjorden.

	Tilstand sommer	Gjennomsnitt sommer	Tilstand vinter	Gjennomsnitt vinter
Nitrogen	«Svært god»	< 250 µg/L	«Svært god»	< 291 µg/L
Fosfor	«Svært god»	< 11.5 µg/L	«Svært god»	< 20 µg/L



Figur 4.4.1: Kart over tilstandsklasse for summen av gjennomsnittlig bakgrunnsnivå og gjennomsnittlig tilført mengde næringsalter for lavere rensegrad. Utslippspunktet er vist med svart prikk, og inntaksposisjon blå prikk. Nabolokaliteten Voldnes og posisjonen brukt for videre analyse av bunnpåvirkningen i Sundnesbogen er vist med grå prikker.

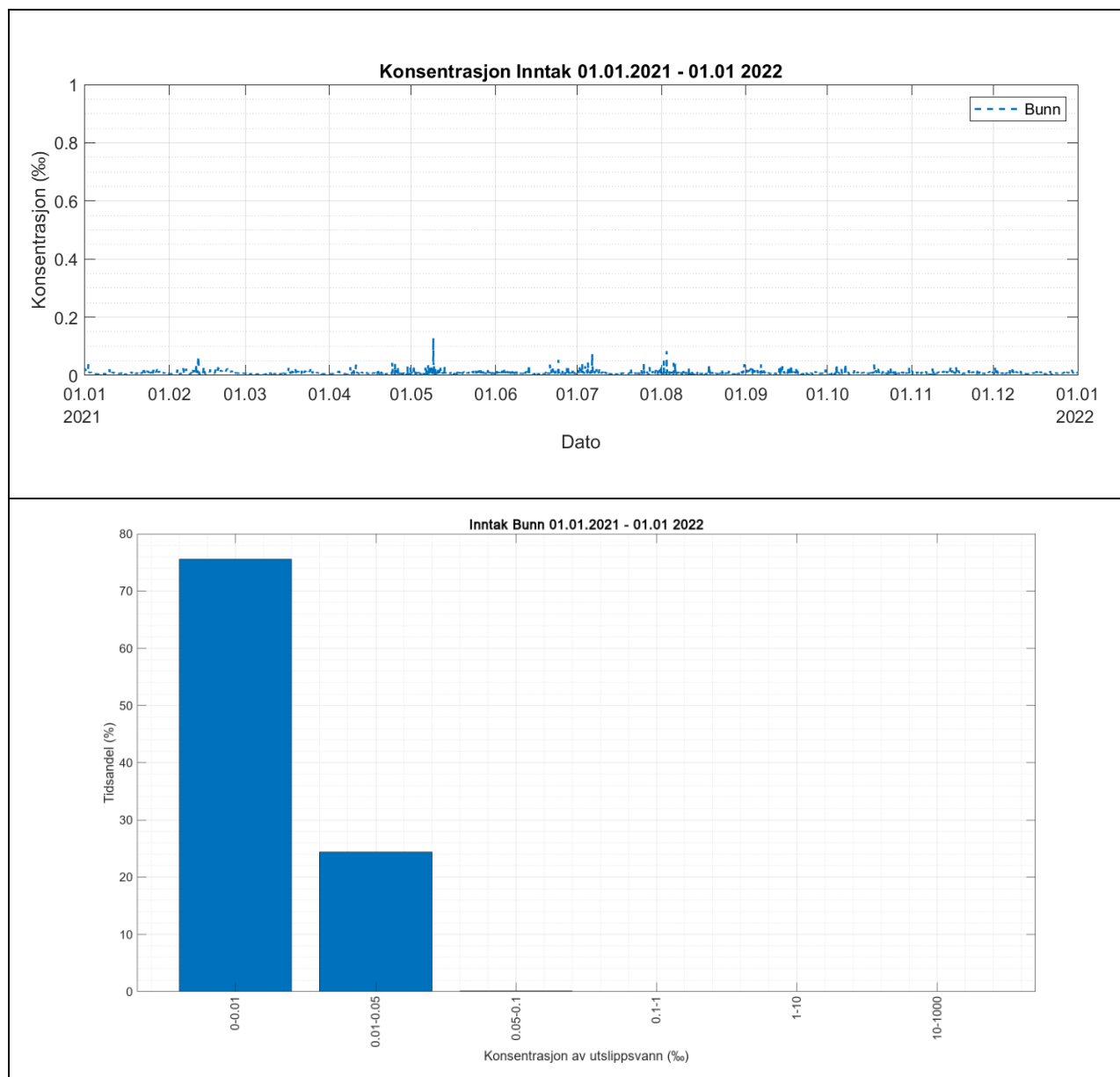
Med utgangspunkt i tilstandsgraden i Rovdefjorden (Vann-nett.no 2022) og klassegrensene for innhold av totalt nitrogen og total fosfor (Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018) konkluderes det med at det er lite sannsynlig at det modellerte utslippet fra produksjonen ved Videild vil endre tilstandsgraden i fjorden permanent til «moderat». Det kan i korte perioder være lokal reduksjon i tilstandsklasse ved utslippsposisjonen, men god sirkulasjon og fortynning i fjorden gjør at dette området med negativ influens er lite.

I denne modelleringsrapporten vurderes bare tilført mengde fra utslippet i forhold til klassegrensene og ikke direkte målinger av nitrogen og fosfor. For å endelig bestemme forventet konsentrasjon av nærings salt i resipienten må observerte bakgrunnsnivå sammenlignes med tilførte nærings salt fra utslippet.

4.5 Konsentrasjoner av utslippsvann ved inntakspunkt

Tidsserier av konsentrasjon av utslippsvann ved inntaket er vist gjennom året i øvre panel i Figur 4.5.1. Konsentrasjonen av avløpsvann ved inntaksposisjonen er svært lav, og holder seg lav gjennom hele året.

I nedre panel i Figur 4.5.1 er konsentrasjonsfordelingen for hele året vist. Denne sier noe om frekvensen av de ulike konsentrasjonene ved inntakspunktet. Konsentrasjoner opp til 0.01 ‰ har høyest frekvens for utslippsvann. Dette er svært lave konsentrasjoner.



Figur 4.5.1: Tidsserie av konsentrasjon av utslippsvann ved inntaket gjennom 2021 (oppe). Fordeling av konsentrasjoner av utslippsvann (nede).

For å se nærmere på grenseverdier for konsentrasjoner er det beregnet en persentilfordeling. Persentilfordelingen av konsentrasjon av utslippsvann ved inntaket (Tabell 4.5.1) viser at 95 % av tiden er konsentrasjonene under 0.016 ‰.

Tabell 4.5.1: Persentilfordeling av konsentrasjoner (%) ved inntaket.

Persentil	Utslipp
1	0.003
10	0.004
20	0.005
30	0.006
40	0.007
50	0.007
60	0.008
70	0.009
80	0.011
90	0.014
95	0.016
99	0.025

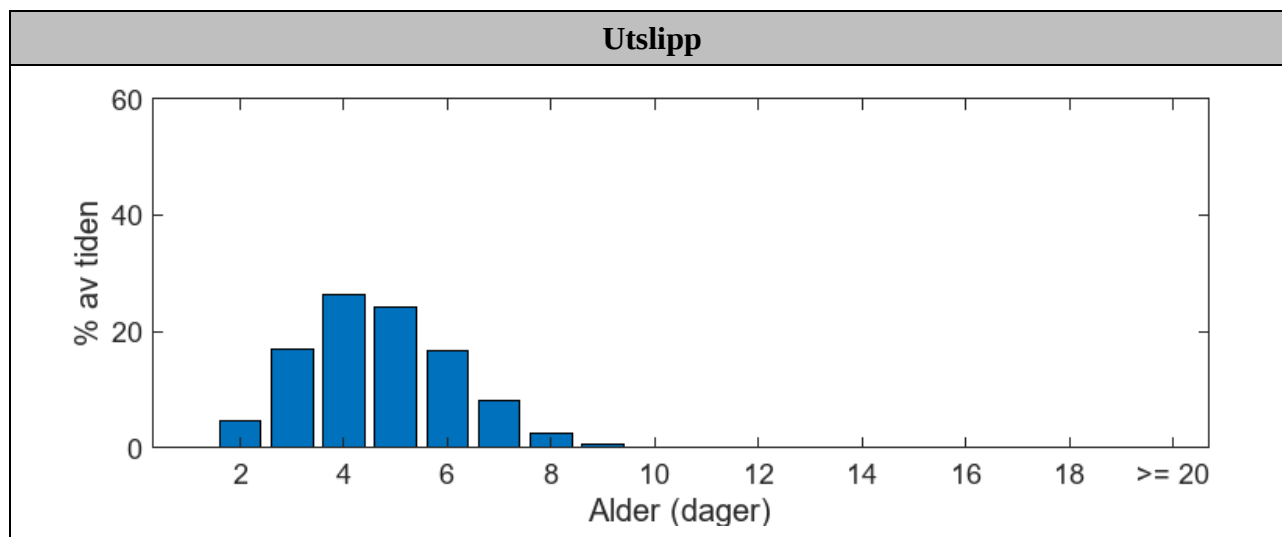
Verdiene i Tabell 4.5.2 viser prosent av data i ulike intervaller av konsentrasjon med ulike varighet. Utslipet har hyppigst konsentrasjoner mellom 0 – 0.01 ‰ som varer mellom 24 t – 7 d ved inntaksposisjon.

Tabell 4.5.2: Prosent (%) av data i konsentrasjonsintervall med gitt varighet ved inntaket.

Konsentrasjon (%)	10 min – 30 min	30 min – 1 t	1 t – 2 t	2 t – 3 t	3 t – 24 t	24 t – 7 d	≥ 7 d
0 - 0.01	0.4	0.7	1.2	1.6	26.7	37.5	7.3
0.01 - 0.05	0.6	1	1.7	1.3	15.9	3.8	0
0.05 - 0.1							
0.1 - 1							
> 1							

Ved å beregne utslippsvannets alder kan man vurdere hvorvidt det er forventet at patogener i vannet vil være aktive når de når inntaksposisjonen. Dette kan benyttes videre i biosikkerhetsvurdering.

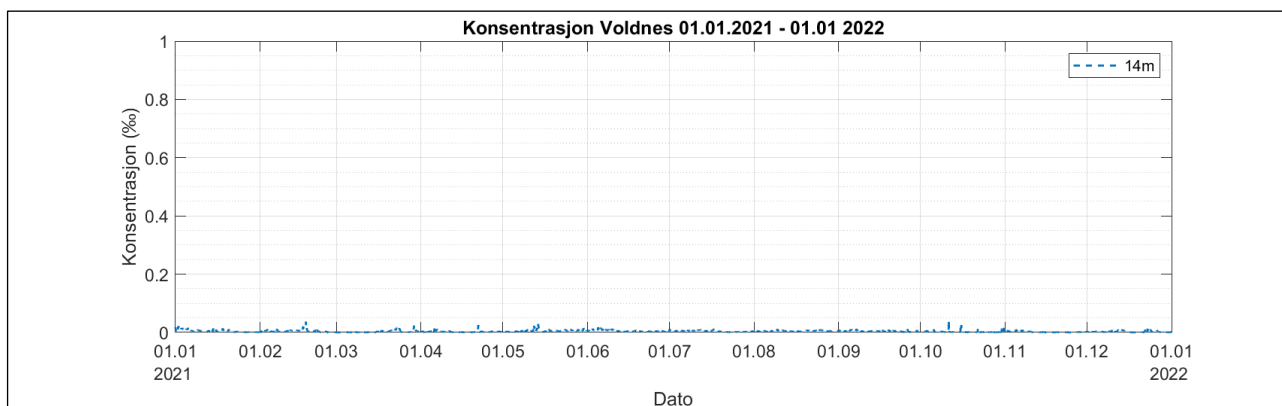
Den mest vanlige alderen til utslippsvannet ved inntaksposisjonen er 4 dager (Figur 4.5.2).



Figur 4.5.2: Utslippsvannets alder ved inntaksposisjon.

4.6 Nabolokalitet Voldnes

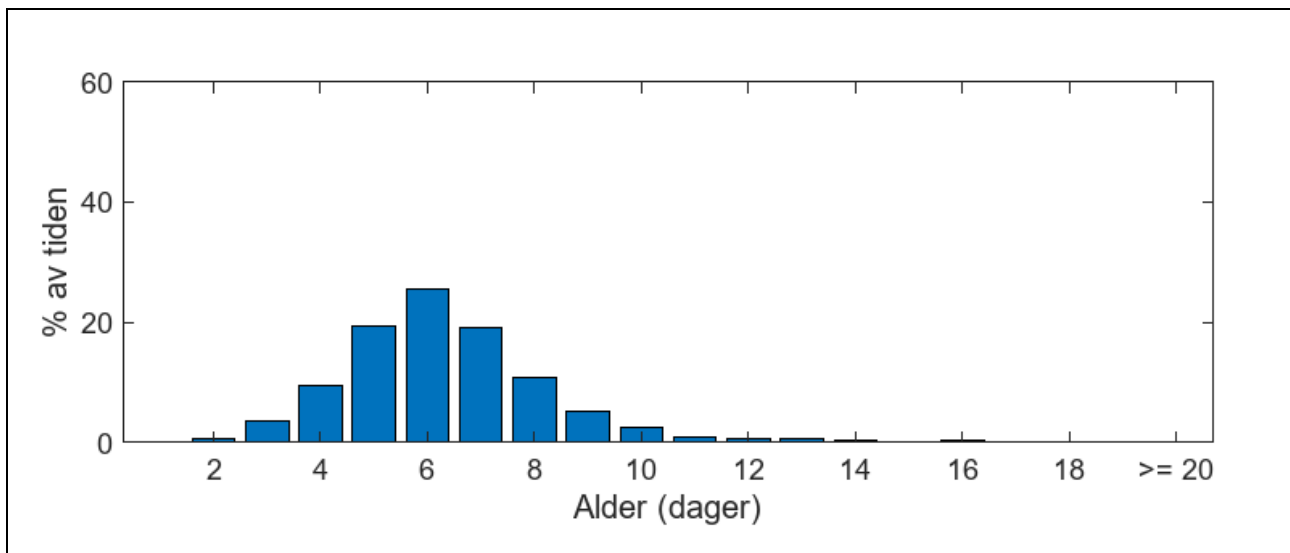
Konsentrasjonen av utslippsvann sammen med estimat av utslippsvannets alder ved Voldnes danner bakgrunnen for å vurdere påvirkningen fra Videild på nabolokaliteten. Siden utslippet i stor grad holder seg på sørsiden av Rovdefjorden er det svært lave konsentrasjoner av avløpsvann som når Voldnes.



Figur 4.6.1: Tidsserie av konsentrasjon av avløpsvann ved lokaliteten Voldnes.

Figur 4.6.1 viser at konsentrasjonene holder seg under 0.05 %. Dette er så lave konsentrasjoner at det er vurdert unødvendig, og gi lite merverdi å gjøre videre varighetsanalyse.

Ved å beregne utslippsvannets alder kan man si noe om hvor lang tid vannet i gjennomsnitt bruker fra utslippspunktet til Voldnes. Basert på dette kan sannsynligheten for at vannet kan ha ulike aktive virus sykdommer og eventuelt lus vurderes. Dette kan gjøres i en biosikkerhetsvurdering (ikke utført her). For Voldnes er den mest vanlige alderen på utslippsvannet 6 dager. Dette er vist i Figur 4.6.2.



Figur 4.6.2: Fordeling av utslippsvannets alder ved Voldnes.

5. Resultater – partikulært utslipp

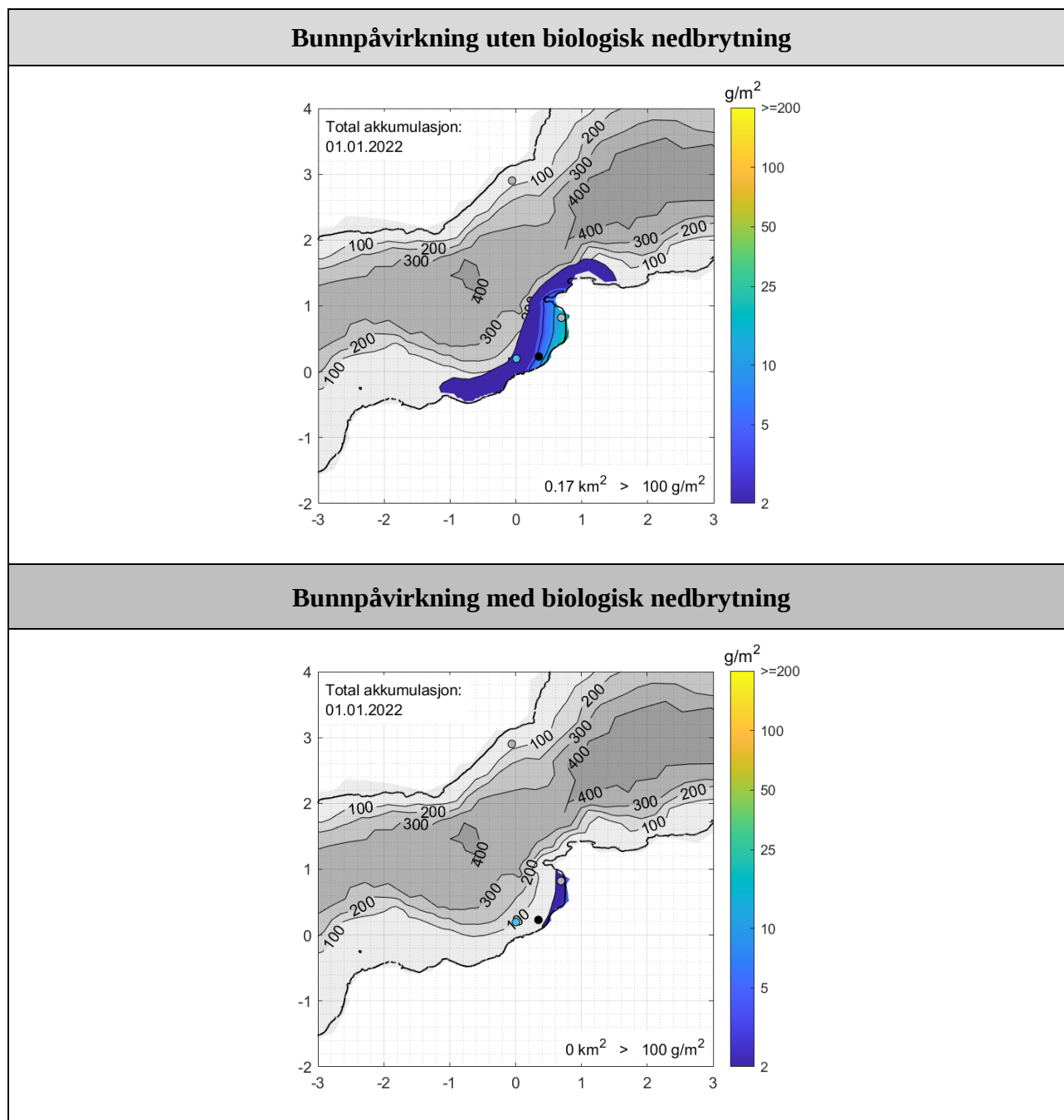
5.1 Bunnpåvirkning etter ett år med produksjon

I produksjonen ved settefiskanlegget vil det bli sluppet ut finpartikler bestående av organisk materiale (TOC). I Figur 5.1.1 er utbredelsen av påvirkningsområdet for modellering uten (oppe) og med (nede) biologisk nedbrytning av utslippsmaterialet er vist. Påvirkningsområdet er her definert som en påvirkning ned til 2 g/m² i løpet av ett år. En påvirkning på 2 g/m² er svært lite, men likevel inkludert for å vise full utstrekning av påvirkningsområdet. Resultatene blir vist for et utslipp av TOC tilsvarende den lavere rensegraden. Dette er en konservativ tilnærming og på grunn av den lave påvirkningen er resultatene fra høyere rensegrad ikke vist.

I simuleringen uten biologisk nedbrytning er påvirkningsområdet 1600 m langt fra den sørvestlige enden til den nordøstlige. Utslipet legger seg langs land, med størst påvirkning i Sundnesbogen. Største dyp som blir påvirket ligger vest for Sundnesneset med en påvirkning ned til omkring 250 m dyp.

Når biologisk nedbrytning inkluderes reduseres utstrekningen til påvirkningsområdet til et lite område innerst i Sundnesbogen som er omkring 350 m langt. Belastningen i tilfellet med biologisk nedbrytning er svært lav.

Utsprekningen av påvirkningsområdet samsvarer med strømforholdene ved lokaliteten med strøm hovedsakelig i nordøst/østlig og sørvest/vestlig retning (se kapittel 7).

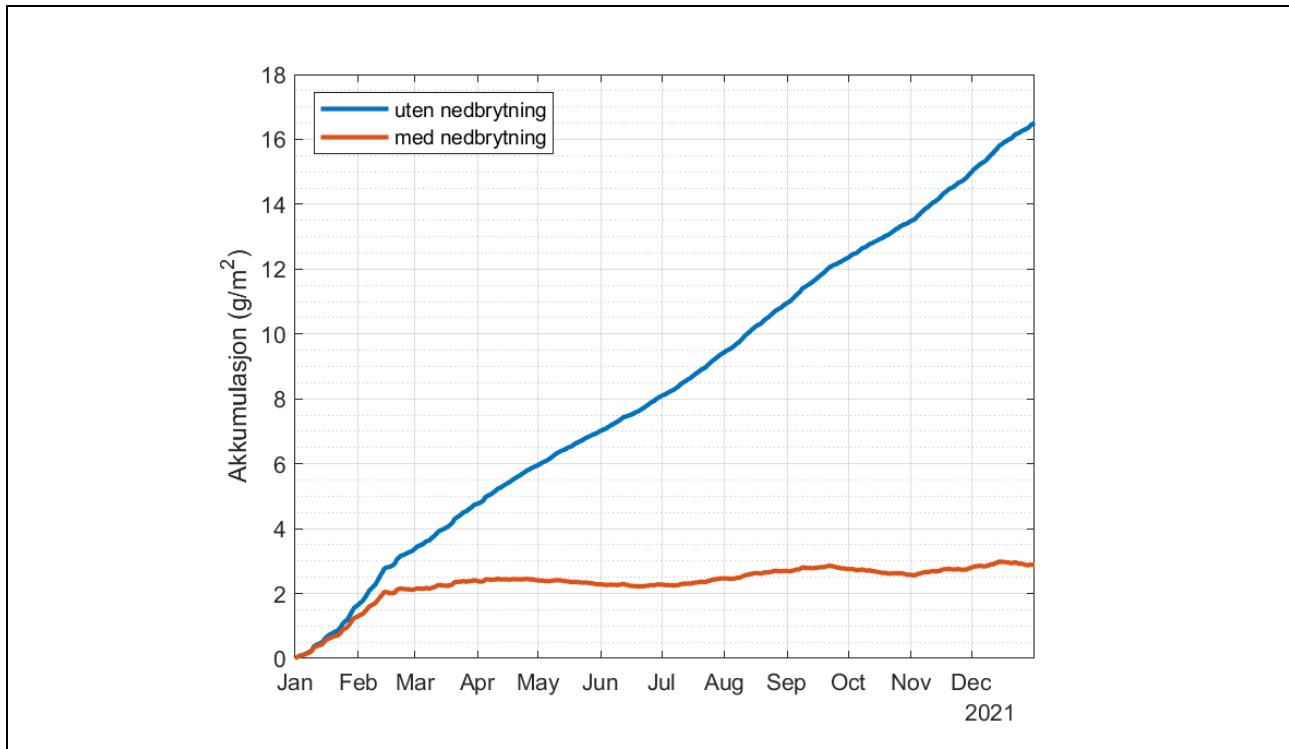


Figur 5.1.1: (Oppe) Bunnpåvirkning uten biologisk nedbrytning og (nede) bunnpåvirkning med biologisk nedbrytning ved lokaliteten. Den svarte prikken viser utslippsposisjonen og den blå prikken viser inntaksposisjon. Nabolokaliteten Voldnes og posisjonen brukt for videre analyse av bunnpåvirkningen i Sundnesbogen er vist med grå prikker.

5.2 Påvirkning i Sundnesbogen

En tidsserie av akkumulasjonen av organisk materiale i Sundnesbogen (posisjonen er markert med grå prikk i Figur 5.2.1) viser at påvirkningen øker jevnt med produksjonen gjennom året, og at det totalt akkumuleres 16 g/m^2 i løpet av ett år i simulasjonen uten nedbrytning av biologisk materiale (Figur 5.2.1). Når biologisk nedbrytning av det biologiske materialet inkluderes reduseres påvirkningen innerst i Sundnesbogen til rundt 3 g/m^2 på ett år (Figur 5.2.1). I begge tilfellene er det svært lav belastning fra partikler.

Oksygenforholdene ble målt i september 2022 av Åkerblå AS (2022). I denne målingen ble det funnet gode oksygenforhold til bunnen (40 m) og det er derfor forventet at forholdene ligger til rette for biologisk nedbrytning av det biologiske materialet.



Figur 5.2.1: Tidsserie av organisk belastning innerst i Sundnesbogen uten og med biologisk nedbrytning.

6. Konklusjon

6.1 Flytende utslipp

Konsentrasjonene av avløpsvann på overflaten vil i gjennomsnitt være under 0.5 % ved utslipp fra settefiskanlegget på Videild. Det er størst påvirkning nær utslippspunktet på sørsiden av Rovdefjorden. Det er ingen tegn til opphoping av avløpsvann.

Med utgangspunkt i tilstandsgraden i Rovdefjorden (vann-nett.no) og klassegrensene for innhold av totalt nitrogen og total fosfor (Direktoratsgruppen vanddirektivet 2018) konkluderes det med at det er lite sannsynlig at utslippet på Videild vil endre tilstandsgraden for nitrogen og fosfor i fjorden til «moderat». Nær utslippsposisjonen vil det bli en belastning som ved den laveste rensingen kan gi «moderat» tilstand. Dette er ikke nok til å påvirke vannforekomsten som helhet til å endre tilstandsklasse.

Inntakspunktet ligger forholdsvis nær utslippspunktet ved Videild. Det er likevel små vannmengder og god fortykning slik at utslippet har svært lave konsentrasjoner ved inntakspunktet. Konsentrasjonen er < 0.01 ‰ mer enn 75 % av tiden. Ved inntaksposisjon er den mest vanlige alderen til vannet 4 dager.

Voldnes er den nærmeste lokaliteten til utslippspunktet. Det er svært lave konsentrasjoner (< 0.05 ‰) av avløpsvann som når Voldnes. Gjennomsnittlig tid for vannet å krysse fjorden er 6 dager.

6.2 Partikulært utslipp

Påvirkningen fra finpartikler i utslippet holder seg i langs land i Sundnesbøgen. Belastningen er svært lav, også i tilfellet uten biologisk nedbrytning av materialet.

7. Vedlegg – Resultater fra strømmodellering

7.1 Strømresultater

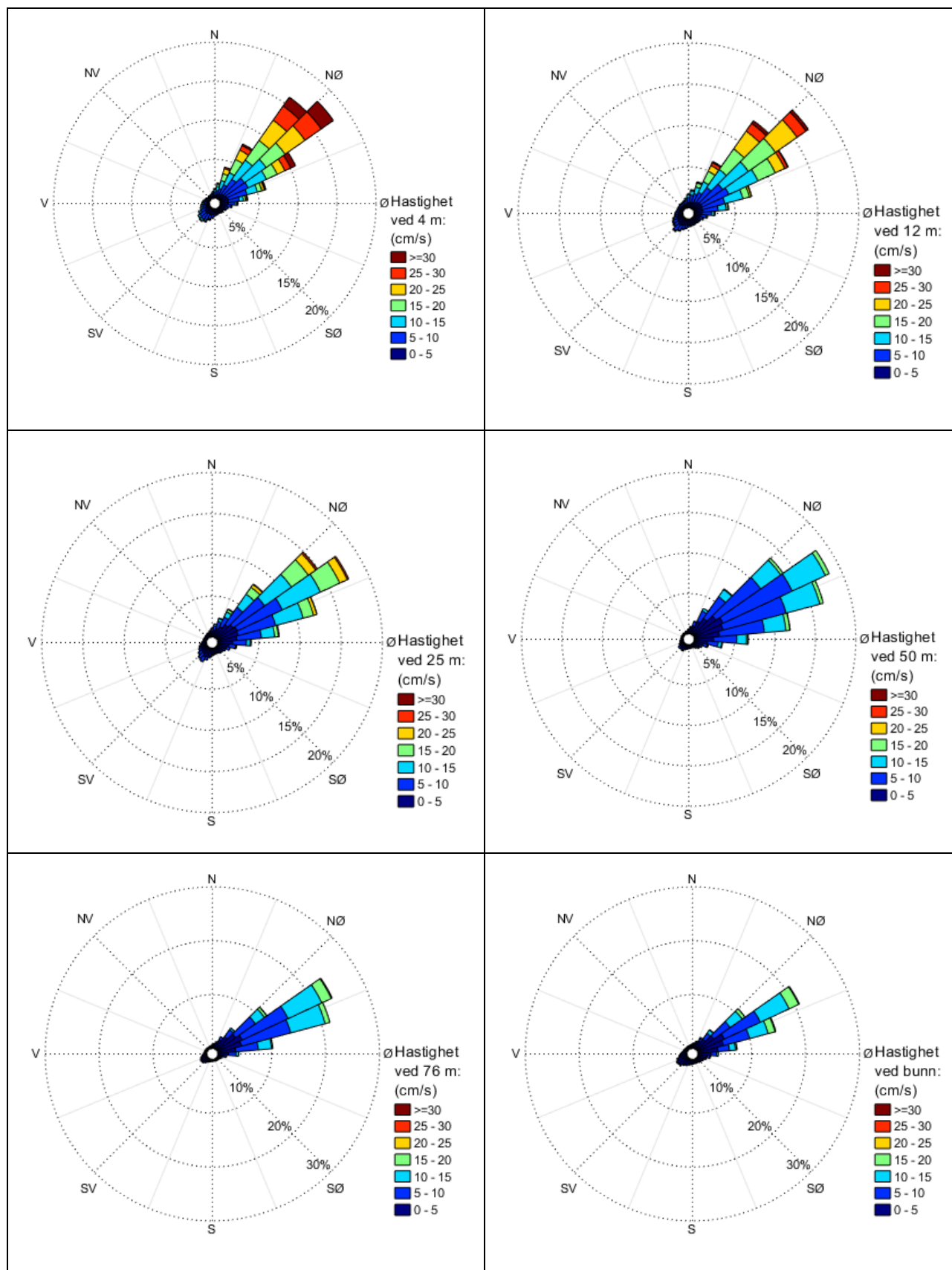
Tabell.1 viser modellerte strømdata fra inntaksposisjonen (Figur 2.2). Gjennomsnittshastigheten er 12.5 cm/s på 4 m dyp, og den signifikante makshastigheten 23.1 cm/s. Strømhastigheten avtar med dypet og nær bunnen har strømmen en gjennomsnittshastighet på 5.9 cm/s.

Strømrosene viser at den dominerende retningen er mot nordøst ved alle dyp (Figur 7.1.1).

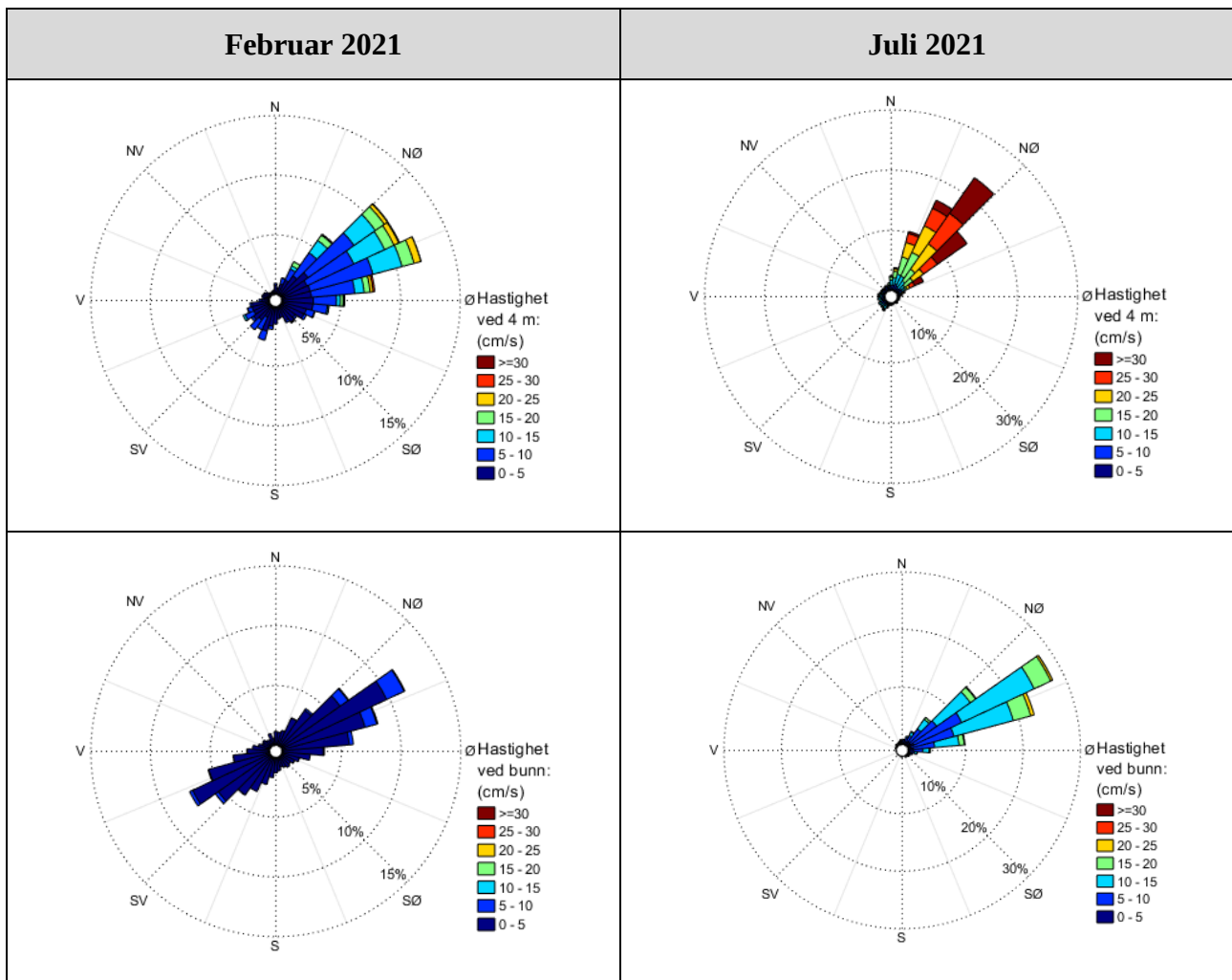
Styrken på strømmen varierer gjennom året. Hastigheten i overflaten har størst variabilitet av alle dyp som følge av pådrag fra varierende vindmønster. En sammenligning mellom modellert strøm for februar og juli 2021 ved to ulike dyp viser at både styrke og retning kan variere mellom de ulike tidsperiodene (Figur 7.2.2). Slike endringer gjennom året illustrerer dynamikken i fjorden, og modellering gjennom hele året fanger opp påvirkningen på spredningen av utslippene.

Tabell 7.1.1: Strømverdier fra simuleringer ved inntaksposisjonen (Figur 2.2) for perioden 01.01.21 – 01.01.22.

Dyp (m)	4	12	25	50	76	Nær bunnen
Gjennomsnitt (cm/s)	12.5	10.6	7.9	6.7	6.6	5.9
Sign. maks (cm/s)	23.1	19.2	14.4	11.1	11.8	11.5
Sign. min (cm/s)	4	3.4	2.6	2.6	2.1	1.6
Std. avvik (cm/s)	8.7	7.2	5.5	3.9	4.3	4.6
% < 1 cm/s	1.4	1.9	2.9	3.4	5	8.6



Figur 7.1.1: Strømroser av simulert strøm ved inntaksposisjonen (Figur 2.2) for perioden 01.01.21 – 01.01.22. Dypet er gitt over fargeskalaen.

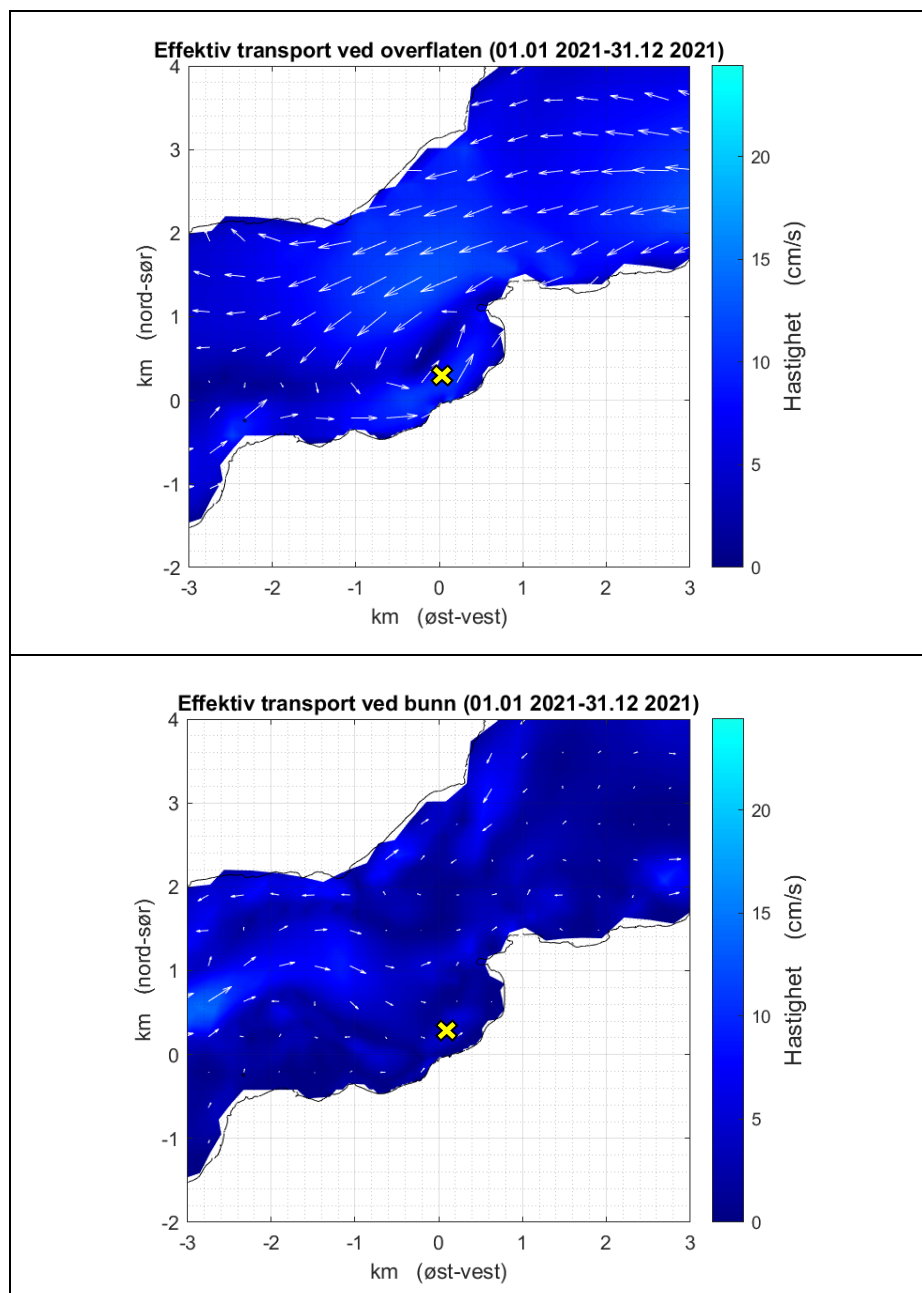


Figur 7.1.1: Sammenligning av strømhastighet ved inntaksposisjonen for februar og juli 2021 ved 4 m (oppe) og nær bunnen (nede).

7.2 Simulert strøm i området rundt lokaliteten

Det er registrert strøm i hele det modellerte området for hver sjette time i simuleringperioden. Ut fra dette er den effektive transporthastigheten beregnet. Effektiv transporthastighet er et mål på den gjennomsnittlige styrken og retningen til strømmen i hele vannsøylen gjennom måleperioden. I Figur 7.2.1 er effektiv transporthastighet vist ved overflaten (oppe) og ved bunnen (nede). Det gule krysset viser omtrentlig plassering av inntaksposisjonen.

I overflaten er den dominerende strømmen ved lokaliteten mot nordøst. I Rovdefjorden er dominerende strømretning vestover og ut fjorden. De motgående strømretningene ved inntaksposisjonen og sentralt i fjorden er et resultat av at det oppstår en bakevje sørvest for Sundnesneset. Ved bunnen er det svak strøm, med en dominerende retning inn Rovdefjorden.



Figur 7.2.1: Effektiv transporthastighet ved overflaten (oppe) og ved bunnen (nede). Omtrentlig plassering av inntaksposisjonen er vist med gult kryss.

7.3 Modellert strøm sammenlignet med målinger

Det er utført strømmålinger ved Videild i tidsrommet fra 15.08.22 - 14.09.22 av Åkerblå AS (2022). Posisjonen for strømriggen ligger sørvest for utslippsposisjonen ved omtrent 35 m dyp (Figur 2.2). Målingene er gjort 1 m over bunnen. Simulasjonen dekker ikke måleperioden og målingene sammenlignes derfor med modellert strøm ved tilsvarende dyp i samme tidsperiode i 2021 (15.08.21 – 14.09.21, Tabell 7.3.1). Denne strømmåleposisjonen ligger ikke direkte ved planlagt utslippspunkt. Det er likevel vurdert at posisjonen er representativ for utslippsposisjon på grunn av kort avstand og lignende bunnndyp.

Styrken i strømmen samsvarer generelt bra i modellen og fra observasjonene for den korte sammenligningsperioden (Tabell 7.3.1).

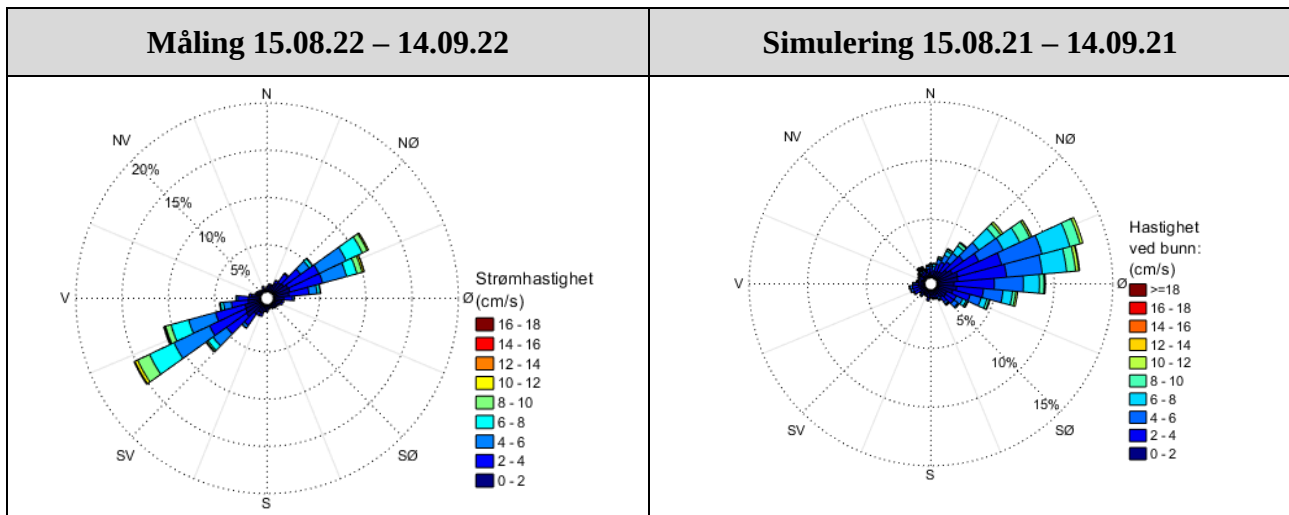
En sammenligning av strømroser fra observasjonene og modellen (Figur 7.3.1) viser motsatt dominerende strømretninger (nordøst/øst – sørvest/vest) for målingene, mens simulasjonen har betydelig mer strøm mot nordøst. Strømmen følger i begge tilfellene batymetrien.

Grunner til avvik mellom målinger og modellresultater:

- Forskjellen mellom målt og simulert strømretning kan forklares delvis ved ulik periode for målinger og simulering. Det er forskjellig værforhold fra år til år, som blant annet kan gir forskjellig tilførsel av ferskvann i fjorden. Det er ikke ventet at strømmen i ulike tidsperioder vil ha lik karakter.
- Simuleringene har en oppløsning på 20 m x 20 m (og grovere) og det kan være variasjoner i strømmen innenfor denne skalaen som strømmodellen ikke fanger opp. Også i tid er det variasjon i både strømhastighet og retning, så det er ikke forventet at en modell stemmer eksakt både i tid og rom.
- Kompliserte bunnforhold: Størst avvik kan forventes å opptre i måleposisjoner som er nært land og hvor det er relativt komplisert batymetri. Målepunktet ligger på skrånende bunn relativt nært land. En slik bunntopografi vil føre med seg variasjoner i strøm over ganske korte avstander, noe som gjør det viktig å vurdere strømmen over et område og ikke bare i et punkt.

Tabell 7.3.1: Sammenligning av målte og simulerte strømverdier i posisjonen for strømmålingen (Figur 2.2).

	Målinger 15.08.22 – 14.09.22	Simuleringer 15.08.22 – 14.09.22
Dyp	1 m over bunnen	2 m over bunnen
Gjennomsnitt (cm/s)	3.4	4.1
Signifikant maks (cm/s)	6.1	7.2
Signifikant min (cm/s)	1.1	1.5
< 1 cm/s (%)	14.1	8.6

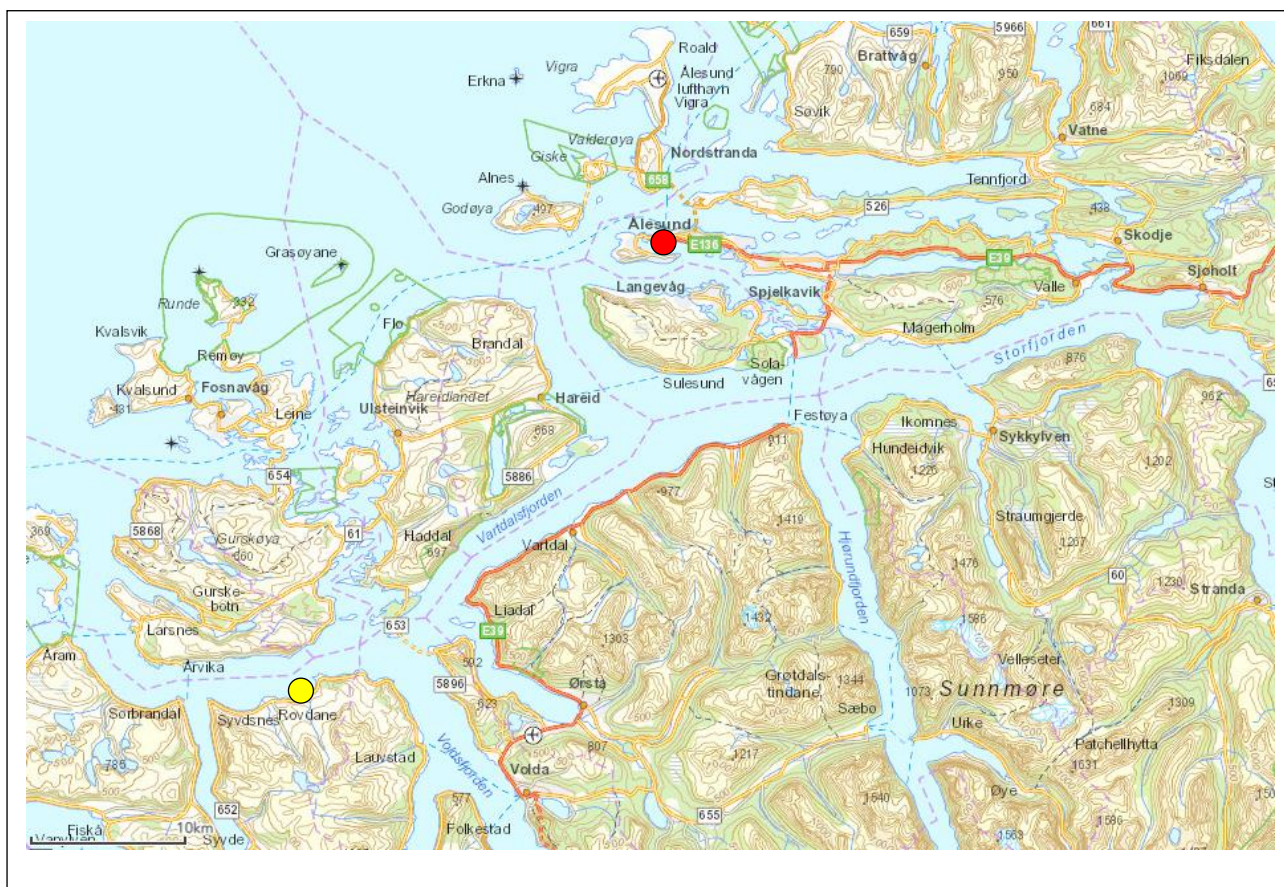


Figur 7.3.1: Sammenligning av strømrøser fra måling og fra simulering. Posisjonen er markert i Figur 2.2.

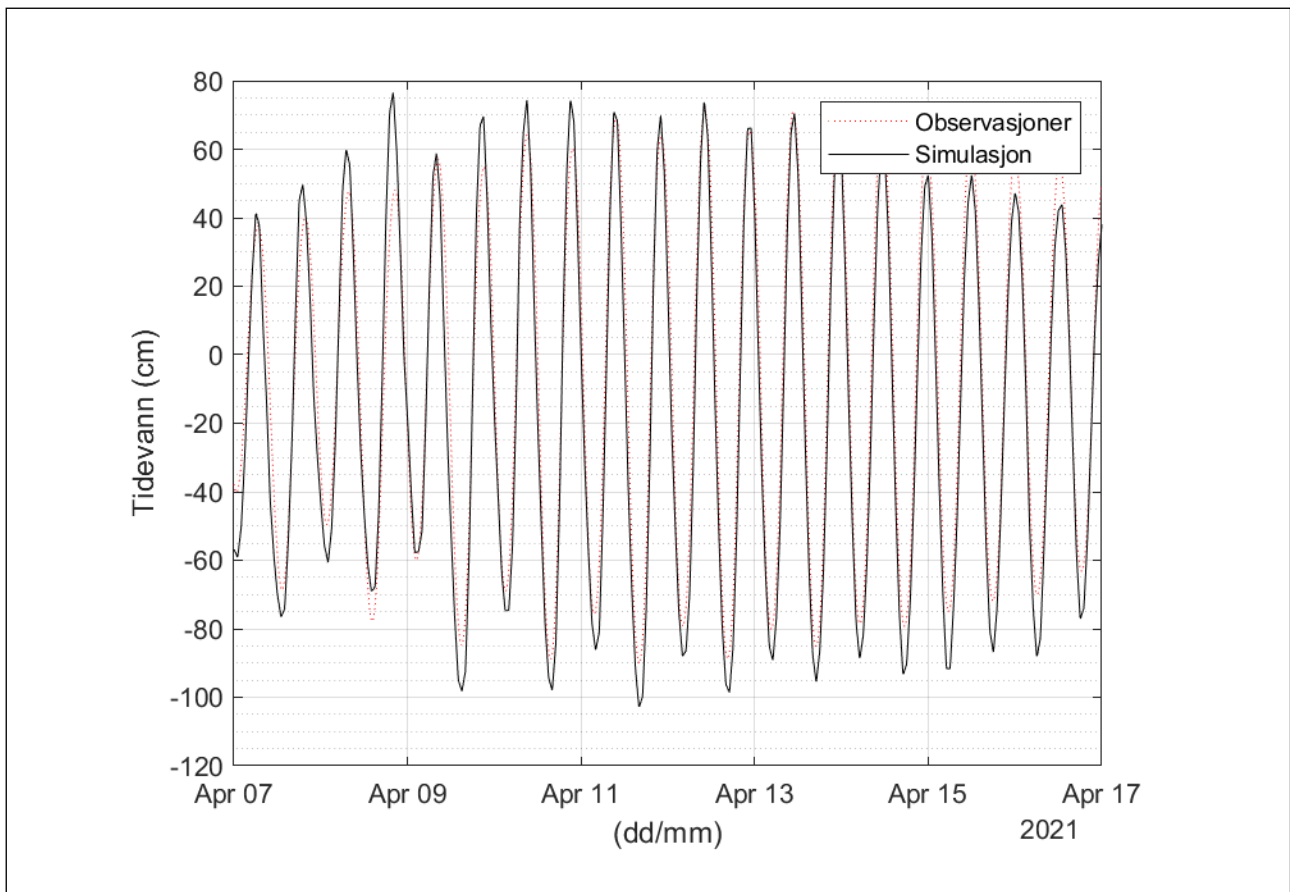
8. Vedlegg - Havnivå

Strømmen i simuleringene blir blant annet drevet av havnivå og en sammenligning med observasjoner er med på å evaluere modellytelsen. Kartverkets nærmeste observasjonspunkt ligger i Ålesund, 37 km nordøst for Videild (Figur 8.1). På grunn av avstanden er det gjort en korreksjon for forskjeller i havnivå, og tidevannet justert med en høydekorreksjonsfaktor på 0.98 og fremskyndet med 5 minutt (Kartverket 2021).

Det er noe avvik mellom modellresultatene og målingene, men ikke mer enn hva som er forventet med modellering av strømforhold og tidevann. Et utsnitt av tidsserien viser at vannstanden i modellen veksler mellom være litt høyere og lavere enn observert vannstand (Figur 8.2). Forskjellen mellom målt og simulert vannstand for hele simuleringsperioden er beregnet til å være 7 % i gjennomsnitt. Det er ikke ventet at denne forskjellen har signifikant betydning for modelleringen for lokaliteten.



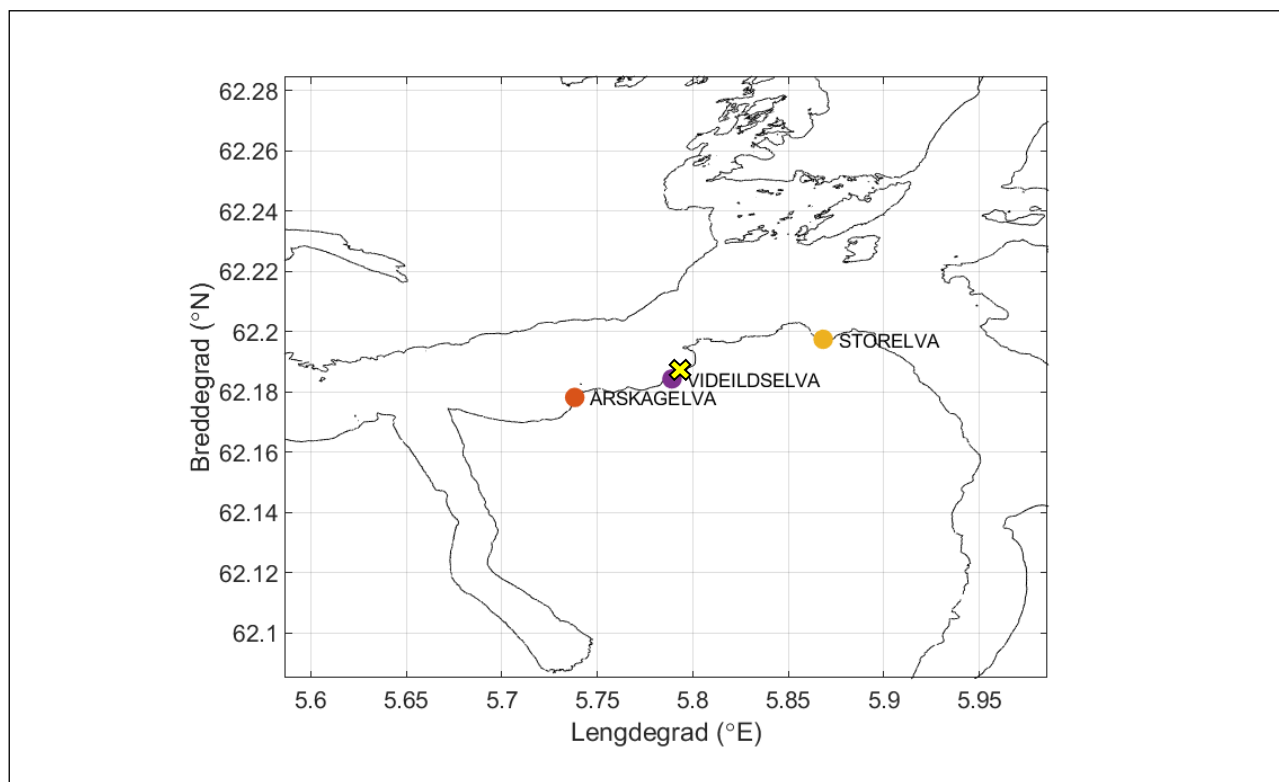
Figur 8.1: Oversiktskart fra Videild og nordover. Punkt for vannstandsmåling i Ålesund er vist med rød prikk og punkt med korreksjon vist med gul prikk. Kartet er hentet fra Fiskeridirktoratets kartverktøy med datum WGS84.



Figur 8.2: Havnivå sentralt i anlegget i perioden 07.04.2021 - 17.04.2021. Svart linje er resultatene fra modellering. Rød prikket linje er tidevannstabell.

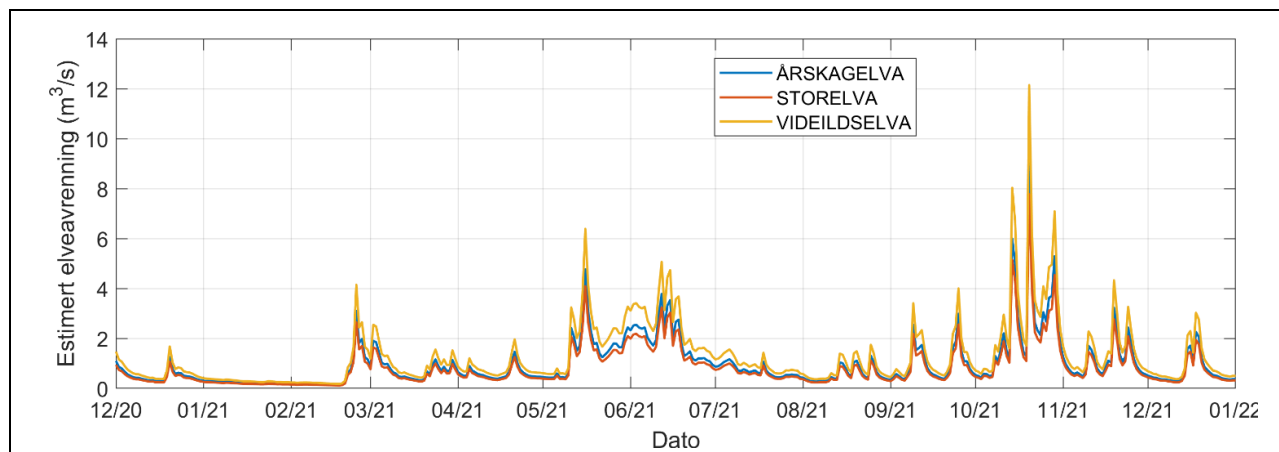
9. Vedlegg - Ferskvannstilsig

Tilførsel av ferskvann i overflaten er med på å drive sirkulasjonen i en fjord, og vassdrag som tilfører ferskvann til det modellerte området er markert i Figur 9.1.



Figur 9.1: Oversikt over vassdrag som bidrar med ferskvann i modellen. Lokaliteten er markert med X.

Tidsserie av vannføring i elvene som er inkludert i modellen er vist i Figur 9.2.



Figur 9.2: Vannføring i løpet av 2021 fra de største elvene i området.

10. Vedlegg - Usikkerhetsvurdering

Usikkerheter i resultater fra modellering kommer fra usikkerhet i inngangsdata til modellene og fra modellene selv. Modellresultatene blir sjekket opp mot målinger for verifisering og kalibrering, og vurdert hvorvidt de er egnet til videre bruk eller ikke.

10.1 Inngangsdata for strømmodell

Usikkerhetsmomenter i inngangsdata kommer fra:

- Værdata
- Randbetingelser i havnivå, strøm, saltholdighet og temperatur
- Bunndata

Usikkerhetene er fanget opp ved å modellere strømforholdene i et stort område rundt utslippspunktet med en høyere oppløsning i nærheten av utslippspunkt. Initialverdier for både hav og atmosfære er interpolert fra et gitter med lavere oppløsning, noe som vil føre med seg usikkerhet.

10.2 Strømmodell

Det kan være variasjon innenfor rutenett som ikke er fanget opp av modellen. 3D-modellen har en oppløsning på omtrent 20 m x 20 m (og grovere) horisontalt i 15 dybdevarierende lag med størst variasjon ved overflaten. Havstrømmen kan være mer kompleks enn det som fanges opp i modellen. Modellen har størst oppløsning nær overflaten der den fanger opp en detaljert sjiktingen i vannlagene. Nær bunnen er det grovere oppløsning dette kan påvirke resultatene i områder med komplisert og varierende bunntopografi.

Med en lokalitet over en bratt skråning er det vanskelig å fange strømmønsteret nærme bunn tilstrekkelig ved å bare se på strøm i et punkt. Spesielt vanskelig er bunnstrømmen, som endres mye over korte avstander på grunn av skråningen. Dette gjør det ekstra viktig å modellere strømmen med høy oppløsning over et større område, og ikke bare bruke punktmålinger.

11. Referanser

- Åkerblå AS. 2022. «Strømrapport, Måling av bunnstrøm (34 m) ved Videild i august - september 2022.»
- Albretsen, Jon, Ann Kristin Sperrevik, André Staalstrøm, Anne D. Sandvik, Frode Vikebø, og Lars Asplin. 2011. *NorKyst-800 Repost No.1 User Manual and technical descriptions*. Bergen: Fisken og Havet, Havforskningsinstituttet.
- Bach, Lennart Thomas, Ulf Riebesell, Scarlett Sett, Sarah Febiri, Paul Rzepka, og Kai Georg Schulz. 2012. *An approach for particle sinking velocity measurements in the 3-400 um size range and considerations on the effect of temperature on sinking rates*. Springer, Marine Biology.
- Delft3D-FLOW. 2018. *Delft3D Open Source Community*. 24 01. https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/Delft3D-FLOW_User_Manual.pdf.
- Direktoratsgruppen vanndirektivet . 2018. *Klassifisering av miljøtilstand i vann*.
- Frick, W.E, m. fl. 2003. *Dilution models for effluent discharges, 4th edition (Visual Plumes)*. U.S Environmental Protection Agency.
- Kartverket. 2021. *Kartverket.no*. <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- Klima- og miljødepartementet, Olje- og energidepartementet. 2021. *Lovdata.no*. Funnet 2022.
- Lesser, G P, J A Roelvink, J.A.T.M. van Kester, og G. S. Stelling. 2004. «Development and validation of a three-dimensional morphodynamic model.» *Coastal Engineering*.
- Met.no. 2020. *MetCoOp Ensemble Prediction System*. <http://thredds.met.no/thredds/metno.html>.
- Meteorologisk Institutt, Havforskningsinstituttet. 2020. *ROMS NorKyst800m coastal ocean fields*. <http://thredds.met.no/thredds/fou-hi/norkyst800m.html>.
- Miljødirektoratet. 2013. «Veileder for fastsetting av innblandingssoner.»
- NVE Atlas . 2020. <https://atlas.nve.no/>.
- Rådgivende Biologer AS. 2023. «Grunnlag for modellering av nytt utslipp Mowi avd. Rovde.»
- Vann-nett.no. 2022. *Vannforekomst*. Funnet 2022.