
RAPPORT

Kvasnes avløpsrenseanlegg

OPPDAGSGIVER ÅLESUND KOMMUNE

EMNE VURDERING AV ALTERNATIVE UTSLIPPSPUNKT

DATO / REVISJON: 12. mai 2022 / 00

DOKUMENTKODE: 10240013-01-RIMT-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Kvasnes avløpsrenseanlegg	DOKUMENTKODE	10240013-01-RIMT-RAP-001
EMNE	Vurdering av alternative utslippspunkt	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Ålesund Kommune	OPPDRAAGSLEDER	Juni Vaardal-Lunde
KONTAKTPERSON	Elin Magdalene Nerem	UTARBEIDET AV	Juni Vaardal-Lunde/ Tone Vassdal/Martin Arntsen
KOORDINATER	62°25.055'N 6°22.148'Ø	ANSVARLIG ENHET	Marint miljø og havbruk

SAMMENDRAG

Sula og Ålesund kommune planlegger å etablere et nytt avløpsrenseanlegg ved Kvasnes i Sula kommune. Avløpet skal føres ut i Storfjorden sør for Kvasneset.

Multiconsult har i denne rapporten gjennomgått eksisterende data og dokumentasjon for å vurdere egnetheten til utslippspunkt som er foreslått i forprosjektet. Basert på denne gjennomgangen, supplerende modelldata fra Havforskningsinstituttet, nye modellberegninger i Visual Plumes og en gjennomgang av naturmiljøet i havet rundt Kvasneset er det også vurdert forskjellige alternative plasseringer av utslippet. Multiconsult har vurdert fire områder: Flisneset, Flisnesholmen, Kvasneset og Lahellestranda.

Multiconsult anser punktene utenfor både Kvasneset og Lahellestranda som aktuelle plasseringer for utslippspunkt. Det er noen fordeler ved å legge utslippet ved Lahellestranda. Dette er grunnet høyere vanntransport mot vest, man kommer nærmere vannforekomst med økologisk tilstand svært god, lenger avstand til viktige naturtyper og lenger avstand fra Vågane som er sårbar mht. ytterligere påvirkning av organisk stoff.

Utslippet vil i hovedsak innlagres i vannsøylen på mellom 20 m og 40 m dybde, ved begge utslippspunktene nevnt ovenfor. Gjennomslag til overflaten kan typisk oppstå noen få dager i månedene mellom oktober og mars, og sjeldnere i april og mai. Risiko for gjennomslag til overflaten er beregnet som liten i sommermånedene fra juni til september. Det vil være en fordel å unngå gjennomslag til overflaten i denne perioden siden sommermånedene oftest er den mest sårbare perioden i forbindelse med yngling og oppvekst. Tilførsel av næringssalter i øvre vannlag i sommerperioden kan også stimulere vekst av ettårige opportunistiske alger, noe som er uønsket, og som kan redusere miljøforholdene for de flerårige tareforekomstene som er viktige naturtyper. Med hensyn til friluftsliv, bading og rekreasjon er det også gunstig at det er vurdert liten sannsynlighet for gjennomslag til overflaten fra juni til september.

Ved å samle mange utslipp med en dårligere rensegrad til et nytt anlegg med sekundærrensing vil dette fjerne organisk utslipp fra resipientene totalt. Det vil være en fordel å overføre utslipp fra vannforekomster med en begrenset kapasitet til en større resipient med bedre kapasitet. Med tanke på fremtidig rensekraft vil det være lettere å tilpasse nye renseløsninger med ett felles renseanlegg. Dette er aspekter som må tas med i vurderingene omkring plasseringen av nytt utslippspunkt, og vurderes opp mot ulemper.

00	12.05.2022	Rapport Kvasnes avløpsrenseanlegg	JVL/TV/MARTIA	MARTIA/JVL/SR	JVL
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Bakgrunn	5
1.1	Anbefalinger fra Rådgivende Biologer	5
1.2	Vurdering av tidligere arbeid og supplerende undersøkelser	6
1.3	Enheter og retninger	7
1.4	Definisjoner	7
2	Strøm og hydrografi	9
2.1	Datagrunnlag	9
2.1.1	Målinger	9
2.1.2	Modelldata	10
2.2	Resultater	13
2.2.1	Hydrografi	13
2.2.2	Strøm	16
3	Innlagringsmodellering	19
3.1	Modellbeskrivelse	19
3.2	Inngangsdata	20
3.3	Resultater	26
3.3.1	Innlagring og fortynning	26
3.3.2	Sensitivitet til strømhastighet, rørdimensjon og utslippsmengde	36
4	Sekundærfortynning og horisontal spredning	41
5	Organisk påvirkning og naturmangfold	43
5.1	Vannmiljø iht. vannforskriften	43
5.2	Utslipp og påvirkning	44
5.3	Tidligere undersøkelser i Sula og Ålesund	46
5.4	Naturmangfold i sjø	47
5.5	Kystnære fiskeridata /økologiske funksjonsområder	48
5.6	Andre undersøkelser	49
6	Diskusjon	51
6.1	Innlagring og fortynning	51
6.2	Naturmangfold	52
6.3	Bakterier i utslippsvann	53
6.4	Vurdering av foreslåtte lokasjoner	53
7	Konklusjon	56
8	Referanser	57
Appendix A.		58

1 Bakgrunn

Sula og Ålesund kommune planlegger å etablere et nytt avløpsrenseanlegg ved Kvasneset, Sula kommune, se Figur 1-1. Avløpet skal føres ut i Storfjorden sør for Kvasneset. Renseanlegget skal i 2050 kunne ha en kapasitet på 70.000 pe og med en forventet rensegrad på rundt 80-90 % av organisk stoff (BOF₅) (1). Kravet for sekundærrenseanlegg ligger på 70 % (2).

I forprosjektet var det blant annet fokus på å finne et utslippspunkt som i størst mulig grad ville hindre gjennomslag til overflaten. I tillegg var det ønskelig at utslippsledningen ikke skulle nå en lengde som medførte at utslippet ville være avhengig av å bli pumpet ut, da det kan føre til økt risiko for oversvømmelse av renseanlegget.

Rådgivende Biologer AS har, i samarbeid med prosjektet, Asplan Viak og med bakgrunn i forprosjektet, kommet med et forslag til utslippspunkt for rensed avløpsvann fra renseanlegget (3). Rådgivende Biologer har i denne forbindelse gjennomført strømmålinger flere steder ved Kvasneset. Det ble samlet inn hydrografidata i sjøområdet ved planlagt utslipp og det er gjennomført modellering av utslippets innlagring og primærfortynning som grunnlag for å finne hensiktsmessig utslippsdybde, utslippssted og utslippsarrangement for avløpsvannet. Det ble videre satt opp en 3-dimensjonal hydrodynamisk modell for å vurdere videre fortynning (sekundærfortynning) og spredning av utslippet. Miljøpåvirkningene av det planlagte utslippet er også vurdert i en egen rapport fra Rådgivende Biologer (4).



Figur 1-1 Oversiktskart for Storfjorden og Sula kommune. Undersøkelsesområdet rundt Kvasneset er markert

1.1 Anbefalinger fra Rådgivende Biologer

Rådgivende Biologer (3) anbefaler å legge utslippet på 60 m dyp i Storfjorden på sørsiden av Kvasneset ca. 280 m fra land. Det anbefales å bruke et enkeltrør uten diffusor, men med noe innsnevring på enden fra fortrinnsvis 705 mm til 555 mm. Det er beregnet at utslippet hovedsakelig vil bli innlagret under overflaten, ca. 84 % - 100 % av tiden avhengig av tidsperiode og tetthetsprofil i sjøen. Størst sannsynlighet mht. gjennomslag til overflaten (4 % - 16 % av tiden) vil skje på vinteren og våren. Gjennom sommeren og høsten vil utslippet innlagres under overflaten. Gjennomsnittlig primærfortynning (antall ganger fortynning) i de situasjonene hvor en har gjennomslag er beregnet til ca. 80 – 200 ganger. Siden det bare er toppen av plumen som i mange tilfeller kommer opp til

overflaten vil fortynningen på overflaten i mange tilfeller være endra større. Videre er fortynningsgraden (sekundærfortynning) inn mot land ved Kvasneset modellert til opp mot 800 ganger og videre inn mot Vågane kan den komme opp i 1500-2000 ganger.

Virkingen fra tilførsel av organisk materiale fra utslippet er antatt å være ubetydelig, og det årlige oksygenforbruket fra det planlagte utslippet er antatt å være ca. 0.05 % - 0.10 % av oksygeninnholdet i resipienten. Tilførsel av næringssalter vil ha god spredning og fortynning fra avløpet. Utslipet vil bidra til den totale mengden næringssalter i området langs land og inn mot Vågane med en størrelsesorden på 1 % - 5 %. Dette medfører at det vil bli vanskelig å skille effekten av utslippet fra naturlig variasjoner i fjorden med hensyn på algevekst. E. coli er antatt å ikke ha en påvist negativ påvirkning på badevannskvaliteten ved Kvasneset eller innover Vågane.

1.2 Vurdering av tidligere arbeid og supplerende undersøkelser

Multiconsult Norge AS skal ved hjelp av supplerende data og nye beregninger, samt en gjennomgang av Rådgivende Biologer sine resultater, vurdere hvorvidt foreslått utslippspunkt for rensset avløpsvann er tjenlig å beholde for det nye anlegget som planlegges. Multiconsult har videre fått i oppgave å vurdere to alternative utslippspunkt i samme avstand fra anlegget på tilsvarende dybde som gitt i forprosjektet, samt et utslipp 500 m vest for foreslått utslippspunkt. Videre skal Multiconsult se på hvilke konsekvenser utslippet vil ha for naturmiljøet i havet og strandsonen i nærområdet.

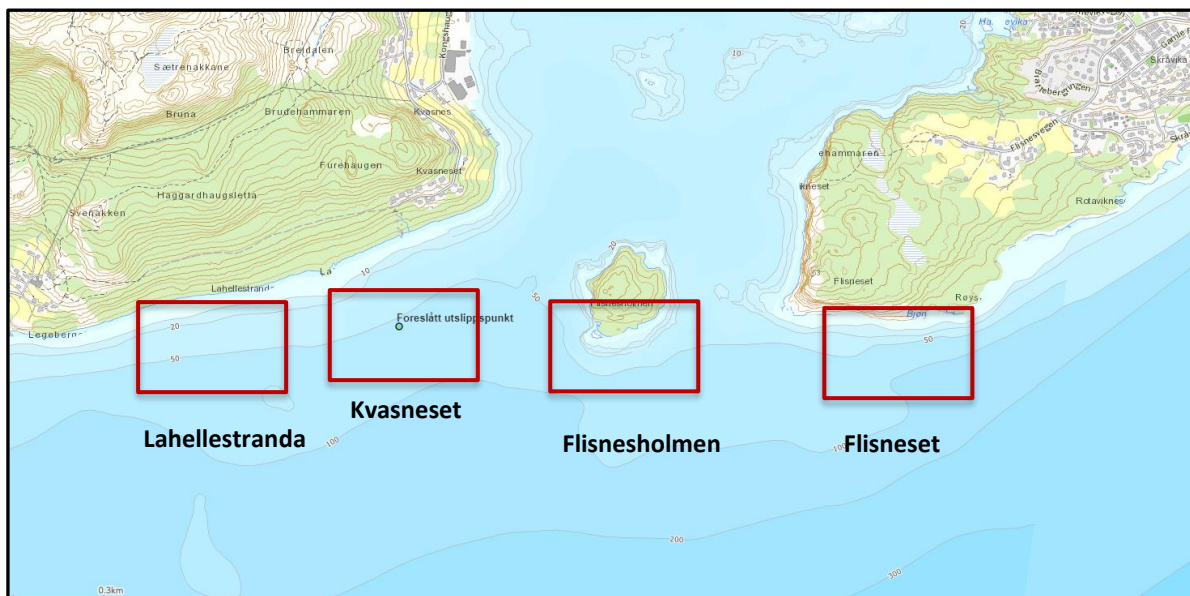
Havforskningsinstituttet sin modell NorFjord160 ((5) og (6)) er brukt for å hente inn supplerende data av strøm og hydrografi fra et større område og for en lengre tidsperiode. Modelleringer av innlagringsdyp er utført basert på tidsserier av hydrografi fra NF160 som dekker flere år med data (2017-2021). Basert på disse resultatene bygges det videre på den kunnskapen Rådgivende Biologer (3) presenterer. Til slutt er det gjort en vurdering av mulig påvirkning på naturmangfold i sjø. Foreliggende studie supplerer datagrunnlag og vurderinger vist i Rådgivende Biologer (3) og styrker grunnlaget for å gjøre vurderinger for plassering av et utslipp med hensyn til naturverdier og miljøforhold.

I denne rapporten vurderes fire områder for utslippsplassering, vist i Figur 1-2:

- Kvasneset (valgt utslippspunkt i forprosjektet)
- Lahellestranda (ca. 500 m vest for Kvasneset)
- Flisnesholmen
- Flisneset

Fordeler og ulemper mellom disse diskuteres, og det vurderes hvilke effekter det har å legge utslippet ved Kvasneset eller henholdsvis vest eller øst for Rådgivende Biologers foreslåtte plassering ved Kvasneset.

Rapporten er organisert som følger. Først beskrives metoder og resultater fra målinger og modelldata av hydrografi og strøm i Kapittel 2. Dette er inngangsdata til modellering av innlagring og primærfortynning, som beskrives i Kapittel 3. I Kapittel 4 beskrives og vurderes modelleringen av spredning og sekundærfortynning som ble presentert i Rådgivende Biologer (3). Det er videre gjort vurderinger rundt organisk påvirkning og naturmangfold i Kapittel 5. I Kapittel 6 blir alternative plasseringer av utslipp, innlagring og mulig påvirkning på omkringliggende naturverdier i sjø diskutert. I Kapittel 7 gir en konkret anbefaling til plassering av utslippsrøret.



Figur 1-2 Oversiktskart over Kvasneset. Undersøkte områder for alternative utslipp er vist med røde rektangler

1.3 Enheter og retninger

Alle parametere er gitt i SI enheter (International System of Units). Strømhastigheter er gitt i cm/s. Alle retninger er gitt i grader (med klokken) relativt til nord. Standard praksis for å presentere retninger er som følgende: Retningen til vind og bølger refererer til retningen de kommer fra, dvs. nordlig vind kommer fra nord. Strømretning er definert som retningen strømmen setter mot, dvs. nordlig strøm setter mot nord.

1.4 Definisjoner

- 10 prosentil:** En prosentil er den verdien som en gitt prosentandel av dataen er mindre eller lik. Det vil si at 10 prosentilen representerer verdien hvor 10 % av dataen er mindre eller lik dette (her: en 10 prosentil hydrografiprofil representerer den profilen hvor det 10 % av tiden er svakere lagdeling).
- BOF5:** Biokjemisk oksygenforbruk over 5 døgn, og et mål på innhold av organisk stoff i vann.
- Gjennomslag:** Hvis en del av plumen når overflaten. Konsentrasjonen ved overflaten vil avhenge av om det er plumsenteret (høy konsentrasjon) eller plumgrensen (lav konsentrasjon) som når overflaten.
- Innlagring:** Plumen når innlagringsdypet når tettheten på væsken i plumen er fortynnet i en slik grad at den har samme tetthet, og dermed er i likevekt med omkringliggende væske.
- Median:** Medianen finner vi ved først å sortere alle dataene i stigende rekkefølge, for så å finne det midterste tallet. På denne måten finner man verdien som deler et utvalg i to deler slik at hver del har like mange elementer. (her: en median hydrografiprofil beskriver profilen hvor halvparten av de øvrige profilene har sterkere lagdeling, mens halvparten har svakere lagdeling).
- Pe:** Personekvivalent. 1 pe tilsvarer utslipp fra 1 person. Mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over 5 døgn, BOF5, på 60 g oksygen pr. døgn.
- Plume:** En væske (her: avløpsvann) som føres ut i en annen væske (her: sjøvann) og beveger seg gjennom denne mens den fortynnes.

- Plumesenter:** Senterlinjen til plumen, der plumen har høyest konsentrasjon (her: stoffer fra avløpsvannet).
- SS:** Suspendert stoff.
- TKB og E. coli** Termotolerante koliforme bakterier (TKB) og *Escherichia coli* (E. Coli) er bakterier som kan brukes som indikator for fekal forurensing, og som stammer fra bakterier som finnes naturlig i tykktarmen hos alle mennesker og varmblodige dyr. TKB er en gruppe bakterier som favner et noe bredere spekter av arter enn E. coli.
- Vannutskifting:** Vannutskiftingen angir mengden vann som strømmer gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden i gitte retninger. Vannutskiftingen gir et bilde på hvor hovedtransporten av vannmassene beveger seg.
- Visual Plumes:** Modellverktøy som er brukt for modellering av innlagringsdyp og primærfortynning til utslippsvannet (nærmere beskrevet under).
- Ytterkant av plumen:** Diameteren til plumen ved innlagring. Ytterkant av plumen er i figurene vist som rett vertikal utstrekning, dette kan avvike noe fra virkeligheten da ytterkant av plumen er avhengig av vinkel og retning på plumen. Ved ytterkant av plumen kan det være vanskelig å skille plumen fra omkringliggende vannmasser. I modellen er ytterkant av plumen definert der hvor konsentrasjonen er lik gjennomsnittlig konsentrasjon ved innlagring.

Årstidene er definert som følger:

Vinter: desember, januar, februar

Vår: mars, april, mai

Sommer: juni, juli, august

Høst: september, oktober, november

2 Strøm og hydrografi

2.1 Datagrunnlag

2.1.1 Målinger

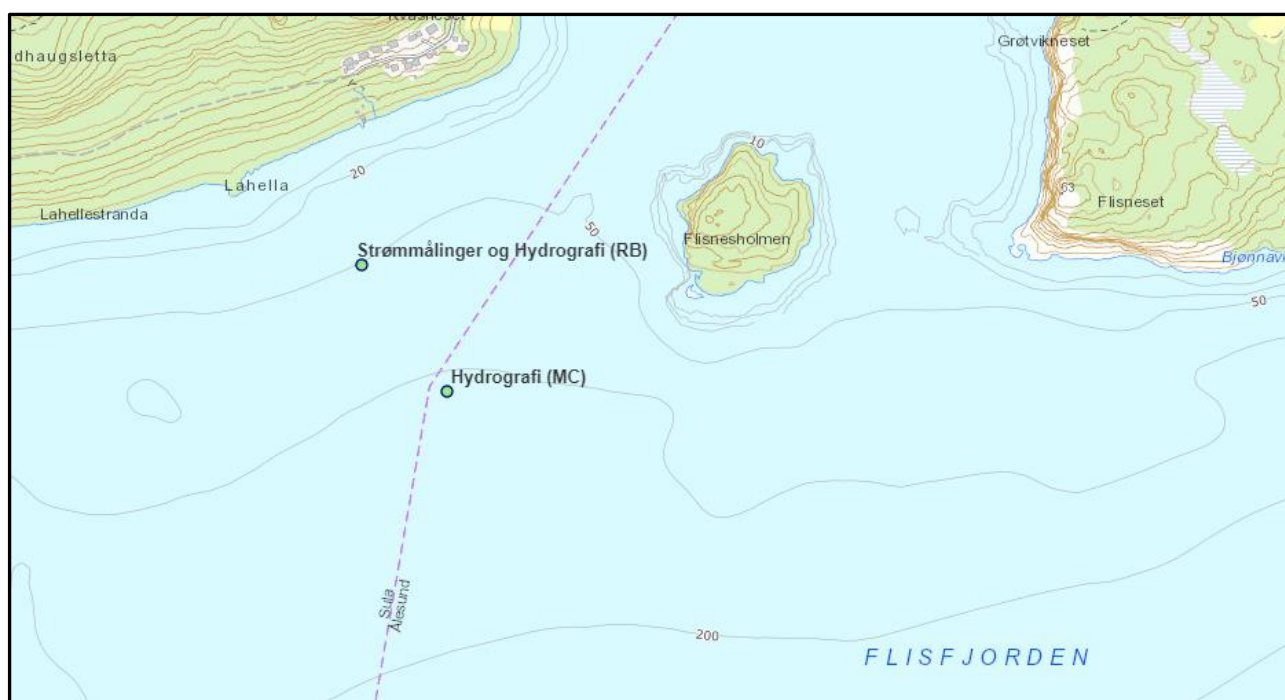
Rådgivende Biologer (3) målte strøm ved Kvasneset, Flisnesholmen, Vågane og Vegsundet. I tillegg har de blitt gjennomført hydrografimålinger (temperatur og salinitet) av Rådgivende Biologer og Multiconsult i perioden 2018-2020 ((3) og (7)). Målingene er brukt for å vurdere hydrografien ved Kvasneset, samt til validering av modelldata.

Se Tabell 2-1 for mer informasjon om målingene og Figur 2-1 for plassering av målingene i kart.

Tabell 2-1 Oversikt over eksisterende målinger av strøm og hydrografi

Parametere	Området	Koordinater (WGS84)	Beskrivelse	Periode	Måleintervall	Midlingsintervall	Kilde
Strøm	Kvasneset	62°25.055'N 6°22.148'Ø	Målinger	09.07.2019- 12.11.2019, 26.03.2020- 05.06.2020	10 min.	90 sek.	RB* (3)
Hydrografi/ CTD målinger	Kvasneset	62°25.055'N 6°22.148'Ø	Målinger	2019: mai, juli, september og november 2020: Januar, mars, mai	-	-	RB* (3)
	Kvasneset	62°24.876'N 6°21.941'Ø	Målinger	2018: juni, juli, august og november 2019: Februar	-	-	MC** (7)

*Rådgivende Biologer, **Multiconsult



Figur 2-1 Oversiktskart med markert strømmålingspunkt

2.1.2 Modelldata

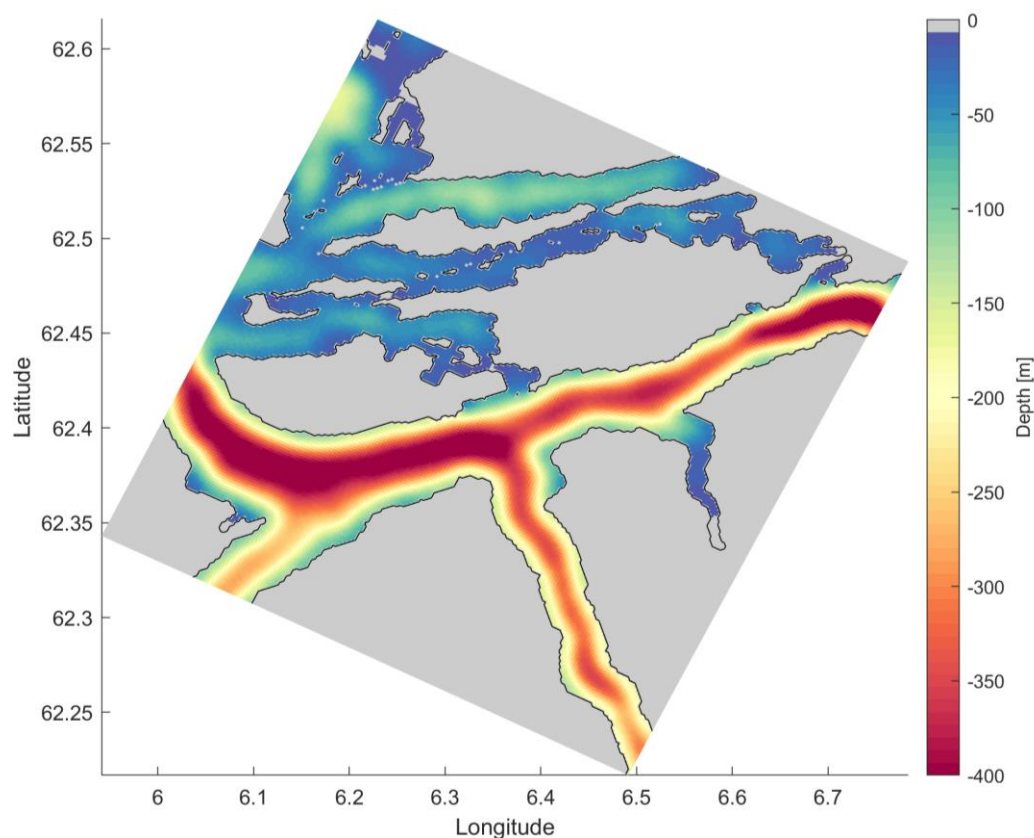
Havforskningsinstituttet sin strømmodell NorFjords160 (heretter kaldt NF160) har en romlig oppløsning på 160 m og 1 times tidsoppløsning (5) og (6)). Simuleringsperioden varer fra 01.04.2017 til 07.07.2021. Modellens oppløsning rundt utslippspunktet vil ikke gjengi topografien av sjøbunnen i detalj, men modellen kan allikevel brukes til å gi en generell beskrivelse av strømhastighet og strømrøtning i fjordområdene og ved utslippspunktet, samt en generell beskrivelse av hydrografien, se Figur 2-2. Sundet mellom Kvasneset og Flisnesholmen, inn mot Vågane, er åpent i modellgridet.

En validering av NF160 med strømmålinger og hydrografimålinger fra målingene ved Kvasneset er nærmere beskrevet i Appendix A. Sammenligningen viser at hydrografien, både lagdeling og sesongvariasjon er generelt godt gjengitt i modellen. Generelt ser stratifiseringen ut til å være noe sterkere i vintermånedene, enn hva målingene skulle tilsi. Strømrøtningen, som i hovedsak følger langs skråningen, samsvarer godt mellom målinger og modell. Gjennomsnittlig- og maksimalstrømhastighet fra modellen er generelt litt svakere enn målingene.

Havforskningsinstituttet har sammenlignet modellene NorKyst800 og NF160 med målinger utført i Sulafjorden og Breisundet, like vest for Kvasneset (8). Havforskningsinstituttet konkludere med at begge modellene samsvarer godt mot målinger utført i Sulafjorden og i Breisundet, som begge er relativt brede i utstrekning, mens det kun er NF160 som kan brukes i de noe smalere farvannene innenfor, f.eks. sør i Vartdalsfjorden. Det påpekes at den horisontale oppløsningen på NF160, medfører at man har mer kontinuerlige, realistiske overganger mellom strømmsterke og strømsvake områder, samt mer naturlige gradienter inn mot land. Dette gir også en forbedring av strømrøtning, hovedsakelig grunnet en mer presis gjengivelse av bunndybden.

Basert på disse sammenligningene og valideringene antas et tilfredsstillende samsvar mellom strømrøtning i måling og modell. Modellen antas å danne et godt grunnlag for fortynnings- og spredningsvurderingene som skal gjøres her.

Det er hentet ut data fra NF160 fra de forskjellige punktene som vurderes for utslipp. Det er i tillegg analysert data fra utvalgt steder på nord og sør-siden av fjorden for å beskrive det generelle strømbildet i fjorden. Figur 2-3 viser modellpunkt for strøm og hydrografi, mens Tabell 2-2 gir informasjon om punktene.



Figur 2-2 Modellbatymetri fra NF160 for et større område rundt Storfjorden

Tabell 2-2 Oversikt over modellpunkt (NF160) for strøm og hydrografi

Parametere	Området	Koordinater (WGS84)	Beskrivelse	Periode	Måleintervall	Midlingsintervall	Kilde
Strøm/ Hydrografi	Kvasneset	62°24.990'N 6°21.810'Ø	NF160	01.04.2017 - 01.07.2021	1 h*	-	HI ** ((5) og (6))
	Flisneset Vest	62°25.032'N 6°23.742'E					
	Flisneset Øst	62°25.344'N 6°24.498'E					
	Lahellestranda	62°24.870'N 6°21.054'Ø					
	Sunde	62°24.750'N 6°20.304'Ø					
	Storfjorden	62°24.486'N 6°23.160'Ø					
	Vest for Hjørundfjorden	62°24.750'N 6°20.304'Ø					
	Øst for Hjørundfjorden	62°22.488'N 6°17.472'Ø					

*Alle timesverdiene av hydrografi fra NorFjords160 er i analysene omgjort til døgngjennomsnitt

** Havforskningsinstituttet



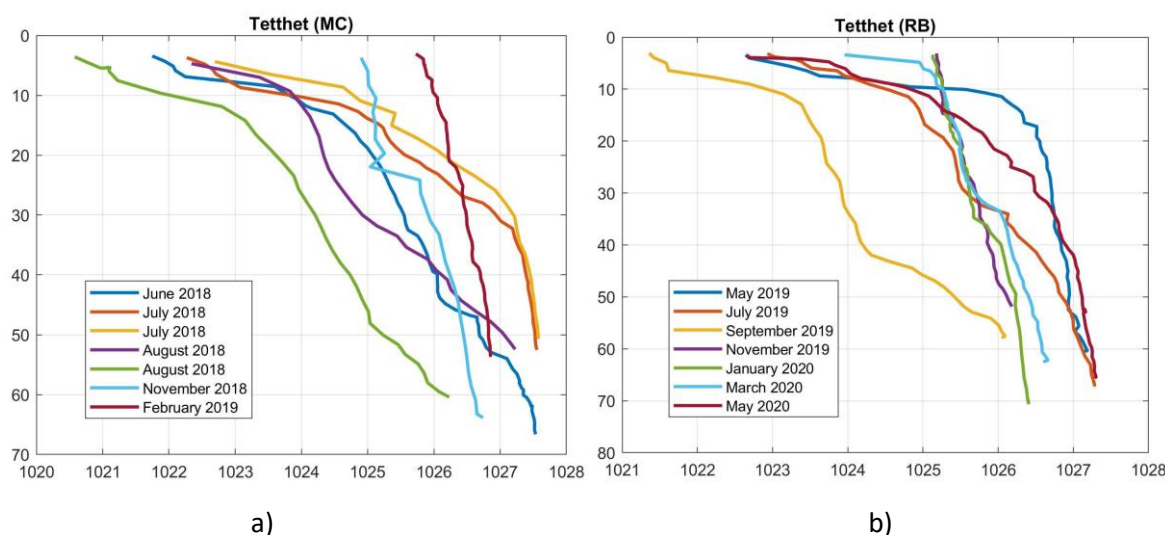
Figur 2-3 Oversiktskart med markerte modellpunkt (NF160). Fra vest: Vest for Hjørundfjorden, Sunde, Lahellestranda, Kvasnes, Storfjorden, Flisneset vest, Flisneset øst og øst for Hjørundfjorden

2.2 Resultater

2.2.1 Hydrografi

Hydrografien i Storfjorden varierer gjennom året med størst naturlig ferskvannsavrenning i sommerhalvåret pga. snøsmelting og en vannsøyle med svakere lagdeling (dvs. liten endring i tetthet fra overflate til bunn) gjennom vinterhalvåret. Det å verdt å merke seg at det er flere vannkraftverk knyttet til Storfjorden og fjordsystemet ellers, noe som vil kunne føre til mindre svingninger i ferskvannsavrenning gjennom året enn hva man forventer i en fjord uten regulerte vassdrag. Avrenningen fra kraftproduksjonen er i følge Møreforskning (9) beskjedne i forhold til den naturlige avrenningen under snøsmeltingen, men i de tørre vintermånedene vil kraftproduksjonen ha en betydning og kan føre til et tykkere overflatelag av ferskvann enn hva som ellers naturlig ville oppstått i fjorden.

Det er utført hydrografimålinger ved Kvasneset i 2018, 2019 og 2020 (7) og (3)). Tetthetsprofilene er vist i Figur 2-4. Som forventet er det tydelig at det er svakest lagdeling i vannmassene i vintermånedene.



Figur 2-4 Tetthetsprofiler fra målinger utført av a) Multiconsult og b) Rådgivende Biologer

Hydrografimålinger gir et øyeblikksbilde av hydrografien i vannsøylen i punktet målingene er utført. Ved å supplere med modelldata av hydrografi som dekker flere år med data, kan også månedlige-, sesong- og årlige variasjoner tas hensyn til.

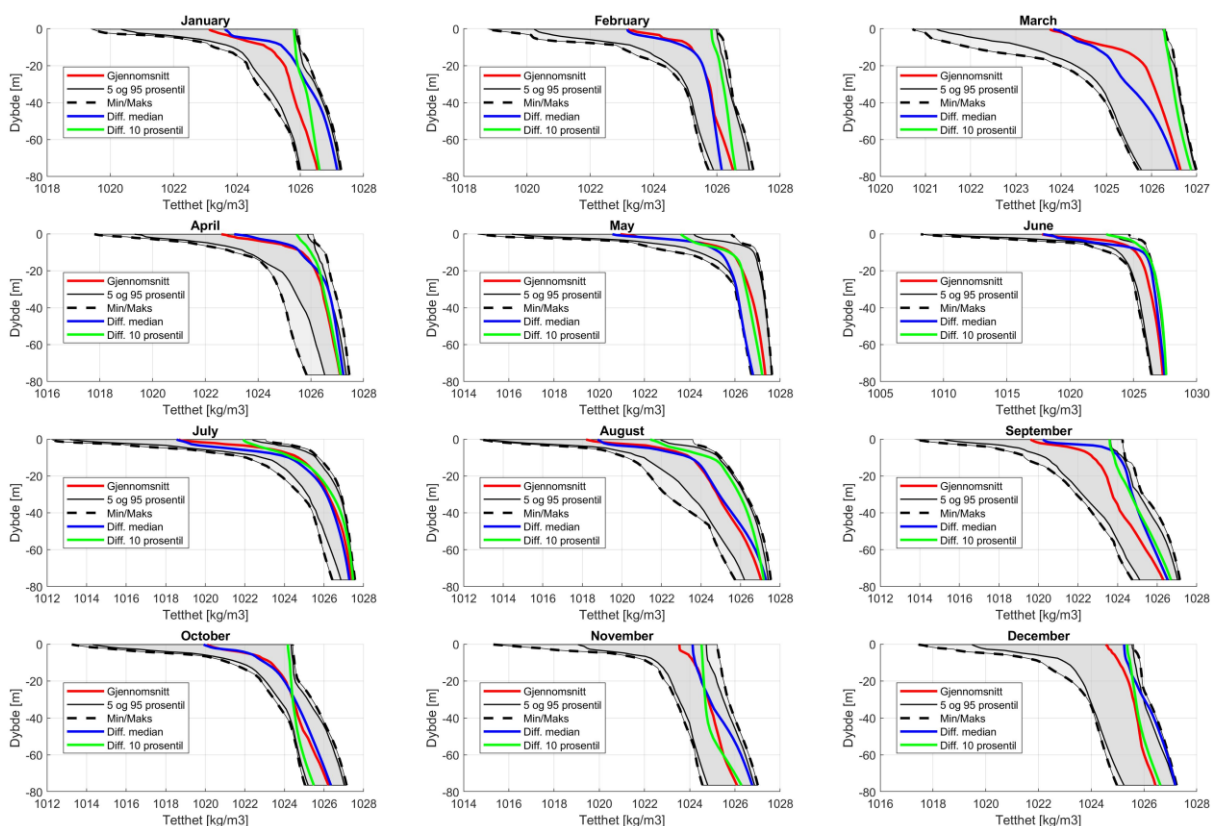
Månedlig variasjon av tetthet ved Kvasneset, basert på 4 år med data fra NF160 er vist i Figur 2-5. Figuren viser gjennomsnittlig tetthetsprofil, minimum og maksimum verdier av tetthet, samt 5 og 95 prosentilen av tetthet ved alle modelldyp.

Både målinger og modelldata viser at hydrografien i området rundt Kvasneset varierer gjennom året (Figur 2-4 og Figur 2-5). Om sommeren er det observert sterkere lagdeling i vannsøylen grunnet ferskvannsavrenning og høyere overflatetemperatur. I enkelte av vintermånedene er det ikke et tydelig overflatelag til stede.

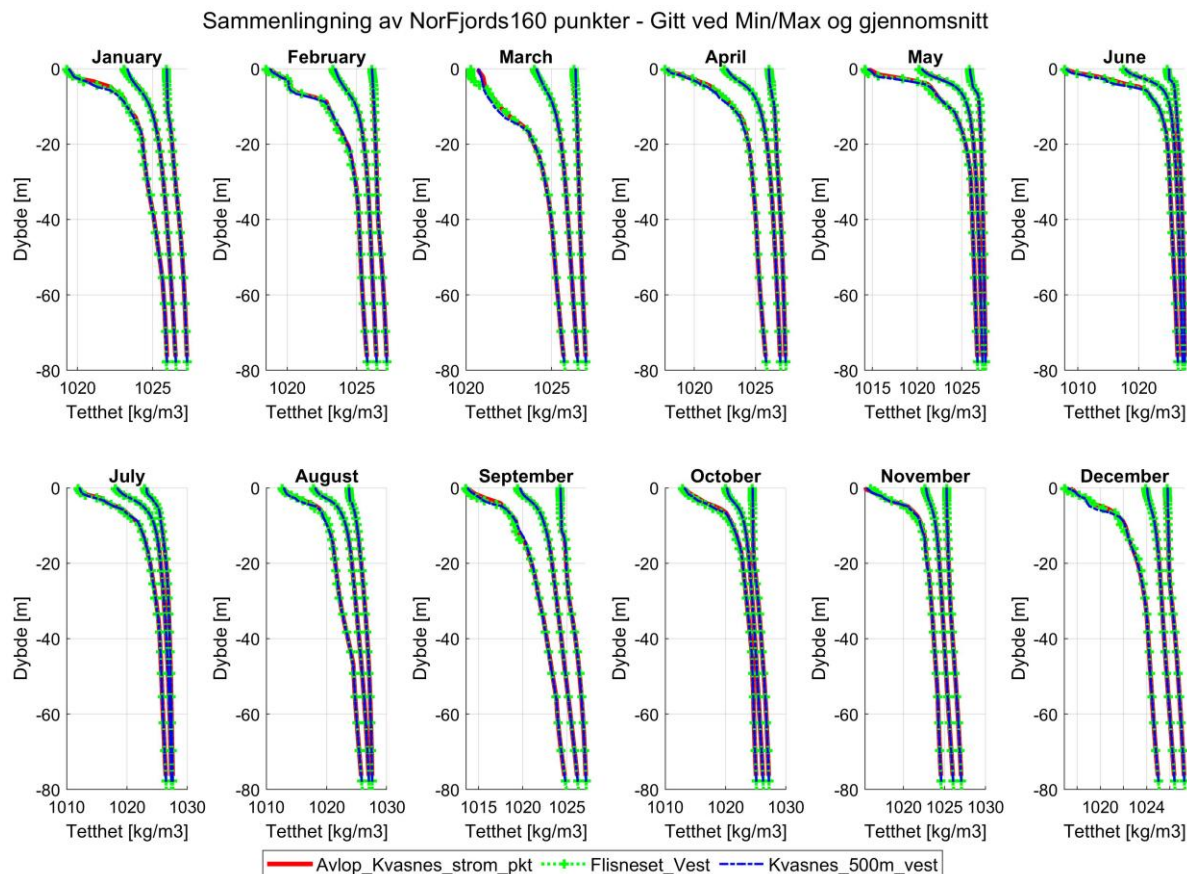
Hydrografidata fra Kvasneset er også sammenlignet med hydrografidata fra Lahellestranda og Flisneset for å vurdere den horisontale variasjonen mellom de undersøkte områdene, se Figur 2-6. Fra figuren observerer man at tettheten i NF160 varierer lite horisontalt fra Lahellestranda i vest til Flisneset i øst. En sammenligning mellom hydrografimålinger utført av Multiconsult (7) ved Sunde og Kvasneset underbygger at hydrografien har liten horisontal variasjon.

En typisk hydrografisituasjon hvor man antar at vannsøyen 50 % av tiden har svakere lagdeling og 50 % av tiden har sterkere lagdeling er gitt som en blå linje i Figur 2-5. Denne er funnet ved å bruke tetthetsprofilen som ligger nærmest medianen av tetthetsdifferansen mellom overflate og bunn, og er heretter benevnt «median hydrografiprofil». Denne tetthetsprofilen vil i mange tilfeller være relativt lik den røde linjen i Figur 2-5, som representerer gjennomsnittlig tetthet per dybde.

En hydrografiprofil med svakere lagdeling er funnet ved å bruke tetthetsprofilen som ligger nærmest 10 prosentilen av tetthetsdifferansen mellom overfalte og bunn, vist som grønn linje i Figur 2-5, heretter benevnt «10 prosentil hydrografiprofil». Dette antas å tilsvare en hydrografisituasjon hvor vannsøylen ca. 10 % av tiden vil ha svakere lagdeling en denne profilen, og dermed større sjanse for høyere innlagring eller gjennomslag.



Figur 2-5 Månedlig tetthetsprofil (2017-2021) for Kvasneset fra NF160. Rød: gjennomsnittlig tetthet, blå: profilen som ligger nærmest median tetthetsdifferansen mellom overflaten og bunnen, grønn: profilen som ligger nærmest 10 prosentilen av tetthetsdifferansen mellom overflaten og bunn. Maksimum og minimum, samt 5 og 95 prosentilen av all data innenfor hver måned er angitt som skravert området



Figur 2-6 Månedlig tetthetsprofiler (gjennomsnitt, maksimum og minimum) fra foreslått utslipp ved Kvasneset (rød), Flisneset (grønn) og Lahellestranda (blå). Data fra NorFjords160 (2017-2021)

2.2.2 Strøm

Det er utført strømmålinger over en periode på ca. 9 måneder av Rådgivende Biologer (3). Resultatene fra målepunktet like ved Kvasneset viser at gjennomsnittsstrømmen i de øverste 10-15 m av vannsøylen var 6-7 cm/s og litt avtakende ned til 40-45 m dybde på mellom 4-5 cm/s. Ved bunn, like over 50 m dybde, er det registrert betydelig høyere strømhastigheter opp mot 25 cm/s. Maksimalstrømmen lå på mellom 30 og 40 cm/s ved 45 m dybde, og ned mot bunnen var det registrert hastigheter over 100 cm/s. Strømretningen varierte en del gjennom måleperiodene. Gjennom sommeren (juli-september) og våren (mars-juni) var vanntransporten i all hovedsak i vestlig og sørvestlig retning på de fleste dybdene. Ved bunnen var strømmen rettet i en mer sørøstlig eller nordvestlig retning. Gjennom høsten (september-november) gikk strømmen i øvre del av vannsøylen mot nordvest, mens lenger ned i vannsøylen (fra ca. 15 m) var den rettet mer i østlig retning.

ROV film fra området (3) viser at bunnen hovedsakelig består av grove masser med stein i forskjellige størrelser og lite finstoff. Dette tyder på at strømmen ved bunnen til tider er tilstrekkelig sterk til å erodere bort det meste av sand og mindre partikler. På tross av dette, stilles det spørsmål om de høye hastighetene målt ved bunnen, like over instrumentet er riktige, eller kan være resultat av målefeil. Svak signalstyrke, høye vertikalhastigheter og stor variasjon i strømretning mellom tilstøtende måleceller nærmest instrumentet tyder på at det kan være en forstyrrelse i enkelte av strålene til instrumentet. På bakgrunn av gjennomgang av kvalitetsparametere og personlig kommunikasjon med instrumentprodusenten (Nortek) er det valgt å se bort fra de aller nederste måledypene i videre analyser. Å se bort fra de nederste måledypene vil gi en noe mer konservativ tilnærming av innlagring enn hva som er utført av Rådgivende Biologer (3) siden inngangsdata av strømhastigheten vil være noe redusert.

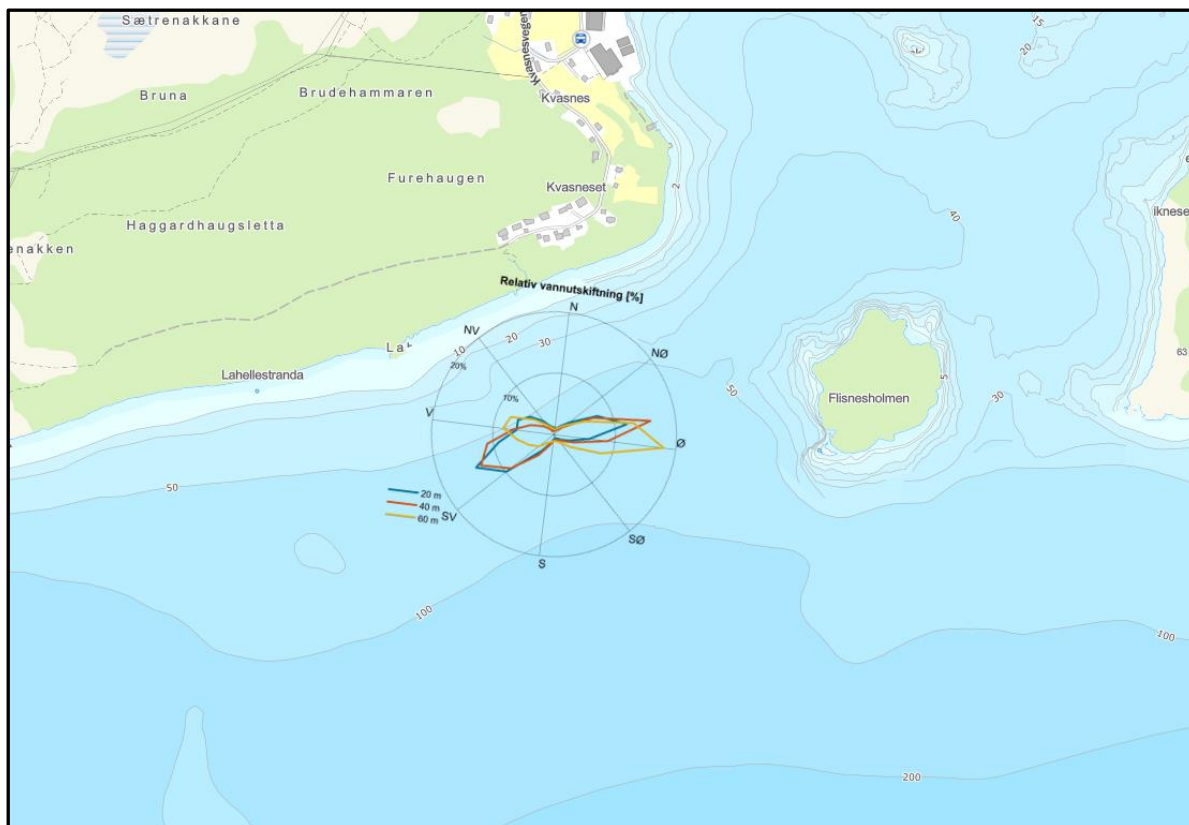
Strømdata fra NF160 er analysert for flere punkter mellom Sunde og Flisneset. Figur 2-7 viser relativ vannutskiftning ved Kvasneset, mens Figur 2-8 viser relativ vannutskiftning ved Flisneset, Kvasneset, Lahellestranda og utenfor Sunde. Figur 2-9 viser utvalgte strømpunkt på nordsiden av Storfjorden, samt to strømpunkt på sørsiden av Storfjorden. Tabell 2-3 gjengir enkel strømstatistikk fra øst mot vest; Flisneset, Kvasneset, Lahellestranda og Sunde.

Ved Flisneset er hovedtransporten av vannmassene mot vest. Det er liten retningsvariasjon i dypet og gjennom året, men strømhastighetene på høst og vinter er noe større enn vår og sommer.

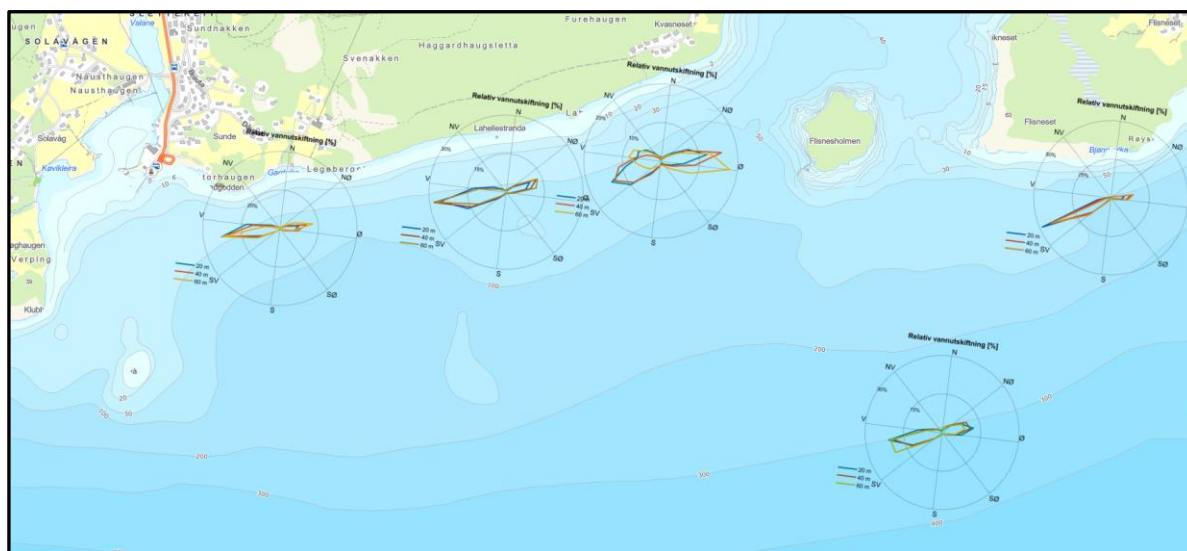
Ved Kvasneset er strømmen noe mer varierende mellom østlig og vestlig retning. Vanntransporten ved 20 m og 40 m har størst transport mot vest, spesielt på våren og sommeren. Ved 60 m dybde er hovedtransporten østover, med de kraftigste strømmene på høsten og vinteren.

Ved Lahellestranda og Sunde veksler strømmen mellom å være rettet mot øst eller vest, mens netto vanntransport er mot vest. Det er liten retningsendring i dypet, og de kraftigste hastighetene er funnet om høsten og vinteren.

For å se på en større del av fjordsystemet er vanntransporten på sørsiden av Storfjorden vist i Figur 2-9. Modelldataen viser en netto vanntransport mot øst på sørsiden av Storfjorden. Dette indikerer at Storfjorden typisk har en hovedtransport innover fjorden på sørsiden og utover fjorden på nordsiden.



Figur 2-7 Relativ vannutskifting (NF160) ved Kvasens for 20 m (blå), 40 m (rød) og 60 m (gul) dybde



Figur 2-8 Relativ vannutskifting (NF160) fra vest; Sunde, Lahellestranda, Kvasneset, Flisneset vest, og lenger ute i Storfjorden, for 20 m (blå), 40 m (rød) og 60 m (gul) dybde



Figur 2-9 Relativ vannutskiftning (NF160) på nordsiden av Storfjorden, fra vest: Sunde, Kvasneets og Flisneset øst. Relativ vannutskiftning på sørsiden av Storfjorden: øst og vest for fjordmunningen til Hjørundfjorden. Relativ vannutskiftning er gitt for 20 m (blå), 40 m (rød) og 60 m (gul) dybde

Tabell 2-3 Strømstatistikk fra Flisneset, Kvasneset, Lahellestranda og Sunde, basert på NF160 (2017-2021)

	Sunde			Lahellestranda			Kvasneset			Flisneset		
Dybde [m]	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	5	3	3	4	3	3	4	3	2	8	6	5
10 prosentil [cm/s]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
30 prosentil [cm/s]	2	2	1	2	2	1	2	2	1	4	3	3
90 prosentil [cm/s]	9	7	5	9	7	5	8	6	4	16	12	10
Maksimumstrøm [cm/s]	42	37	23	34	30	25	32	26	22	53	49	47
Standardavvik [cm/s]	4	3	2	3	3	2	3	2	2	6	5	4
Prosentandel av vannutskiftning mot vest [%]	71	64	60	71	65	61	61	56	42	78	70	67
Prosentandel av vannutskiftning mot øst [%]	29	36	40	29	35	39	39	44	58	22	30	33

3 Innlagringsmodellering

3.1 Modellbeskrivelse

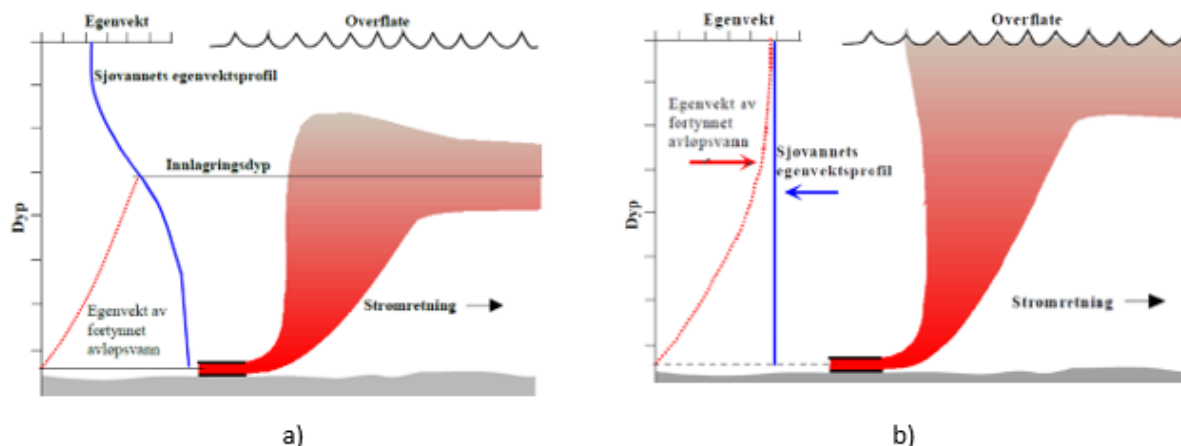
Formålet med modellberegningene er å anslå realistiske innlagringsdyp for utslippsvannet, samt grad av fortynning. For å beregne utslippsstrålens bane under forskjellige forhold, er modellverktøyet Visual Plumes (10) benyttet. Modellen er utviklet av EPA (United States Environmental Protection Agency). Den har vært benyttet i vurderinger knyttet til en rekke utslipp, og under gitte forutsetninger vist godt samsvar mellom modellresultater og observasjoner (11).

Resultatene fra Visual Plumes gir vertikal spredning av avløpsvannet, innlagringsdyp og primærfortynning som foregår fra utløpet av avløpsrøret og til det innlagres.

Utslippsvannet fra renseanlegget vil ha en lavere tetthet enn det lokale sjøvannet i Storfjorden. Utslippsvannet vil derfor få en positiv oppdrift og begynne å stige i det vannet kommer ut av røret. Etter hvert som utslippsvannet stiger, vil det blandes og fortynnes med de omkringliggende vannmassene. Dermed vil egenvekten øke. Samtidig som egenvekten øker, avtar egenvekten på sjøvannet omkring, som følge av lagdeling i vannsøyla. Siden det fremdeles er bevegelsesenergi i utslippsvannet vil det fortsette å stige, selv etter likevektspunktet er nådd. Etter hvert som bevegelsesenergien avtar, når utslippet sin maksimale høyde i vannsøylen og dens negative oppdrift fører til at det deretter vil synke tilbake forbi likevektspunktet. Dypet hvor utslippsvannet er nøytralt kalles innlagringsdyp (gitt som «trap level» i Visual Plumes), se Figur 3-1 a). Det er i fasen før det fortynnede utslippsvannet når innlagringsdyp at fortynningen er mest effektiv, og kalles primærfortynning. Etter oppnådd innlagringsdyp vil det videre fortynnes og spres horisontalt med strømmen vekk fra utslippsområdet. Visual Plumes stopper modelleringen når plumesenteret eller ytterkant av plumen kommer i kontakt med overflaten, eller når plumen innlagres. Plumesenter og ytterkant av plumen er gitt som «centerline» og «average plume boundary» i Visual Plumes.

Det er flere forhold som avgjør dybden utslippsvannet vil innlagres på. Raskere fortynning av utslippsstrålen medfører at utslippet raskere oppnår nøytral oppdrift, og dermed dypere innlagring. Fortynningen avhenger av strålens hastighet ut av røret, vannmengden som slippes ut, samt strømhastighet og lagdeling i vannsøyla. Hvis vannsøyla har en sterk lagdeling (typisk sommersituasjon i norske fjorder) vil innlagringen skje raskere enn ved svak lagdeling (typisk vintersituasjon i norske fjorder). Samtidig vil høy strømhastighet i resipienten føre til raskere og mer effektiv fortynning og dermed en noe dypere innlagring, samt høyere fortynning før innlagring.

Det er ved lave strømhastigheter og svak lagdeling i vannsøylen at det forventes innlagring nærmest overflaten. Disse forholdene gir også størst mulighet for gjennomslag, se Figur 3-1 b).



Figur 3-1 Illustrasjon av utslipp til sjøvann (12). a) viser en situasjon med vertikal lagdeling (egenvekten øker med dypet) og innlagring av utslippsvannet, mens figur b) viser en situasjon uten vertikal lagdeling i vannmassen (konstant egenvekt) der utslippsvannet når helt til overflaten uten innlagring (gjennomslag til overflaten)

3.2 Inngangsdata

For å beregne innlagring og fortynning med Visual Plumes trengs informasjon om:

- Rørledningens diameter,
- utslippsmengde,
- vanddybde og hvordan utslippsledningen er orientert i forhold til strømretningen,
- salinitet og temperatur på utslippsvannet,
- lagdeling i vannsøylen/resipienten (profil av saltholdighet og temperatur),
- strømhastighet i vannsøylen/resipienten.

Tabell 3-1 gir prosentandel av tiden det antas at hver av inngangsdataene i modellen vil opptre. Alle kombinasjonene av inngangsdata til Visual Plumes er gitt i Tabell 3-2, mens Tabell 3-3 viser hvor ofte man antar at forskjellige modellerte kombinasjonene av inngangsdata er mindre fordelaktig med hensyn til innlagring.

Modellerte kombinasjoner i Visual Plumes, basert på utslippsmengde, strømhastighet og tetthetsprofil, antas å kunne opptre alt i fra ca. 1 dag per år til ca. 55 dager per år.

Rådgivende Biologer (3) har utført mange forskjellige tester i Visual Plumes som grunnlag for foreslått utslippspunkt. Multiconsult har valgt ut et antall av disse casene og kjørt disse på nytt ved bruk av modelldata (NF160), for å få med månedlig og årlige variasjoner. Det er benyttet en del av de samme inngangsdataene og samme rapporteringsform som brukt av Rådgivende Biologer for å kunne sammenligne resultatene.

Rørdimensjon

Dimensjonene på utslippsrøret påvirker utslippsvannets hastighet ut av røret og dermed blandingsprosessen i det utslippsvannet kommer ut av røret. Mindre diameter på røret vil øke utslippsvannets hastighet ut av røret og dermed gi en økt innblanding og fortynning. Utslipet har dermed en tendens til å bli innlagret dypere i vannsøylen. Hastigheten ut røret må ikke bli for stor da dette kan føre til erodering av sjøbunnen og skader på røret.

Som grunnlag for dimensjonering av utslippsrøret er et rør med 800 mm PE SDR 17 (indre diameter 705 mm) planlagt (personlig kommunikasjon med Asplan Viak). Rådgivende Biologer har anbefalt å bruke en innsnevring på enden til 630 mm PE SDR 17 (indre diameter 555 mm) for å øke hastigheten utslippsvannet har ut av røret. Ved å øke hastigheten på utslippsvannet vil det være større sannsynlighet for at vannmassene innlagres dypere i vannsøylen og sannsynligheten for gjennomslag reduseres. Det er også foreslått å gå ned én rørdimensjon til 710 mm PE SDR 17 (indre diameter 625 mm). Det er på bakgrunn av dette valgt å i dette tilfellet utføre modelleringen med et indre rørdiameter på 625 mm, men det vil også bli diskutert effekten av å bruke andre rørdimensjoner.

Utslippsmengde

Figur 3-2 viser en varighetsprofil av planlagt utslipp (basert på RA3-RA6 og Sula fra (2017-2019)) som viser hvor mange prosent av tiden det antas at utslippet ved Kvasneset vil overskride gitte utslippsmengder. Utslippene som ikke er tatt med i varighetsprofilen (RA15, RA18, RA21 og U4) anses som ubetydelig da utslippsmengdene er vesentlig mindre enn de som angitt i figuren. Utslippsmengde vil være avhengig av vannforbruk og nedbør. Som diskutert i Rådgivende Biologer (3) er utslippet estimert til å overstige 300 l/s og 600 l/s henholdsvis ca. 30 % og ca. 3 % av tiden i 2050. Det er valgt å forholde seg til samme utslippsmengde som benyttet i Rådgivende Biologer (3) med modellering av innlagring, men også ta for seg en typisk lav utslippsmengde på 100 l/s, noe som forventes å oppstå ca. 98 % av tiden i 2050. Et utslipp på 200 l/s, 400 l/s og 500 l/s er også vurdert. Hvor mange prosent av tiden og hvor mange dager i året gitte utslippsmengder antas å forekomme er gitt i Tabell 3-1.

Utslippsdybde og rørets orientering

Utslippsdybden legges til 60 m dybde, som samsvarer med analysene og anbefalingene fra Rådgivende Biologer (3). Røret er vinklet 200°, som er ca. vinkelrett på den dominerende strømmetningen. Ved å legge utslippsrøret 90° i forhold til den dominerende strømmetningen, reduserer man muligheten for at strømmen går inn mot avløpsrøret og bremser opp utslippsvannet. Det vil også bli vurdert innlagring av utslippet om det plasseres på 50 m dybde.

Utslippsvannets tetthet

Utslippet er ferskvann med en tetthet på 1000 kg/m³, med en antatt temperatur på 12°C året rundt.

Hydrografi (temperatur, salinitet og tetthet)

Tetthetsprofilen i sjøen er de viktigste faktoren for hvor i vannsøylen utslippsvannet innlagres. Modellsenarioer med median tetthetsprofiler (typiske situasjoner) og en tetthetsprofiler med svak lagdeling er kjørt (se Kapittel 2.2.1 for beskrivelse av median og 10 prosentil hydrografiprofiler). Hydrografien brukt i modellkjøringene er utelukkende hentet fra NF160. Siden datasettet består av 3 år (2017-2021) med modelldata, har det blitt gjennomført en systematisk gjennomgang av resultatene for å velge ut et representativt datagrunnlag for temperatur- og salinitetsprofiler som inngangsdata for modellkjøringene. Det er kun brukt hydrografidata fra Kvasneset, siden det er liten horisontal variasjon i hydrografi innenfor det aktuelle området.

Strømhastighet i resipienten

Strømhastigheten er en avgjørende faktor for hvor utslippsvannet innlagres. Høyere strømhastighet i vannsøylen ved utslippet fører til mer turbulens som øker innblanding og fortynningen, og utslippet har en tendens til å bli innlagret dypere i vannsøylen. Strømhastigheten i modellen er basert på målinger ved dypeste godkjente måledybde (40-45 m). Det er målt strøm ved Kvasneset i 262 dager (ca. 9 måneder), noe som er tilstrekkelig for å gi et godt bilde av strømforholdene i dette punktet. Siden gjennomslag til overflaten har størst sannsynlighet for å opptre under lave strømhastigheter er det brukt strømdata som tilsvarer gjennomsnittlig strøm (5 cm/s) og 30 prosentil av strømmen (3 cm/s).

Det er valgt å sette modellen opp med lik strømhastighet i hele vannsøyla da både målingene og modelldata viser relativt liten forskjell i dypet.

Diffusor

Rådgivende Biologer (3) viser at det er ulemper knyttet til bruk av diffusor på grunn av behovet for økt trykk og hyppigere vedlikehold. Derfor er nye caser, som presenteres her, kjørt uten diffusor.

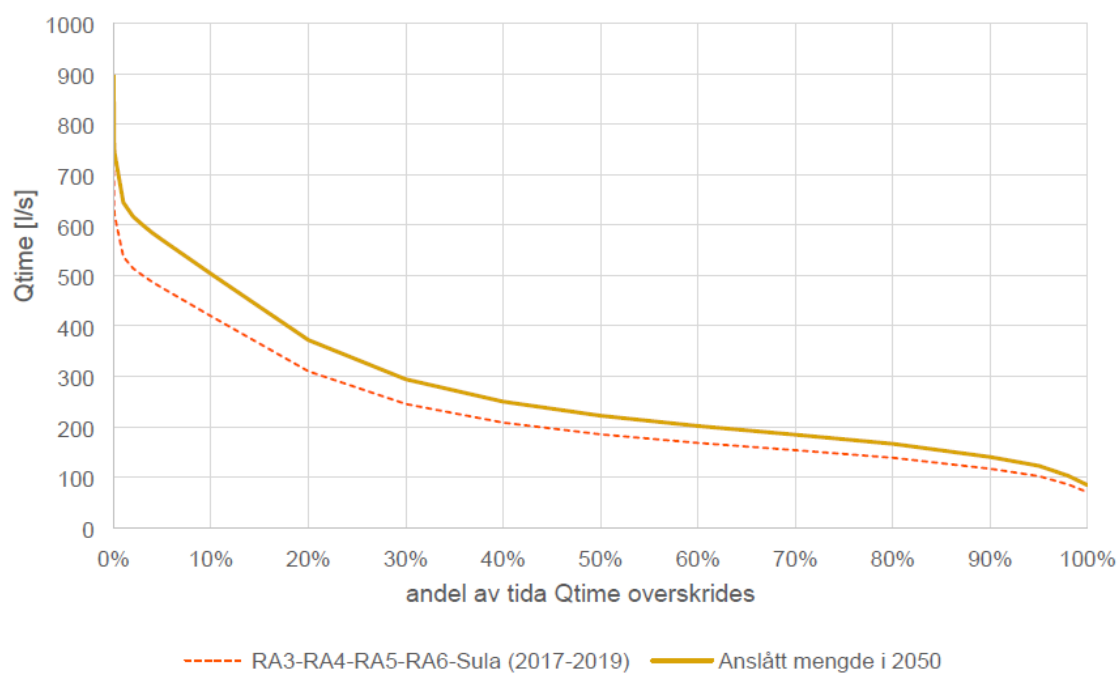
Tabell 3-1 Prosentandel av tiden inngangsdata til Visual Plumes av utslippsmengde (se Figur 3-2), strøm og hydrografi antas å opptre. Gitt som prosent av tiden og antall dager per år

Inngangsdata		% av tiden inngangsdata overskrides	Ca. tilsvarende antall dager per år
Utslippsmengde	100 l/s	98 %	358
	200 l/s	60 %	219
	300 l/s	30 %	110
	400 l/s	20 %	73
	500 l/s	10 %	37
	600 l/s	3 %	11
Strøm	3 cm/s	70 %	255
	5 cm/s	50 %	183
	7 cm/s	30 %	110
Hydrografi	Median Profil	50 %*	183
	Homogen profil (10 prosentil)	10 %**	37

*Antatt at hydrografien 50 % av tiden har sterkere lagdeling

**Antatt at hydrografien har sterkere lagdeling 10 % av tiden

Anslått varighetskurve for utslipp fra Kvasnes RA



Figur 3-2 Varighetskurve fra Asplan Viak sitt prosessnotat Vedlegg 2 (13) for vannmengde fra RA3-RA6 og Sula fra (2017-2019) (blå stiplet linje) og fremtidig anslag for 2050 (oransje linje)

Tabell 3-2 Modellinput til Visual Plumes

	Inngangsdata til Visual Plumes for Kvasneset																
Casenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Utslippsdybde	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	50 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Rør diameter	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	555 mm	705 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm	625 mm
Utslippsmengde	300 l/s	600 l/s	300 l/s	600 l/s	600 l/s	600 l/s	600 l/s	500 l/s	400 l/s	600 l/s	200 l/s	200 l/s	100 l/s	100 l/s	600 l/s	400 l/s	500 l/s
Temp. utslipp	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C	12°C
Salinitet utslipp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vanndybde	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Orientering*	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°	90°
Hydrografi**	Med.	Med.	10pros	10pros	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	Med.	10pros	Med.	10pros	Med.	10pros	10pros
Strømhastighet	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	3 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	5 cm/s	7 cm/s	5 cm/s	5 cm/s
Diffusor	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei	Nei

*Orientering på utslippsrøret ift. Strømmens hovedretning

**Median (Med) tilsvare median hydrografiprofil. 10 prosentil (10pros) tilsvare hydrografiprofilen som antas å oppstå 10 prosent av tiden

Tabell 3-3 Sannsynlighet for at utslippsmengde, strømhastighet og hydrografiprofil opptrer samtidig. Enkelthendelsene, gitt i Tabell 3-1, er antatt å være uavhengig av hverandre (vi ser da bort ifra at høyt utslipp kan ha en sammenheng med mye nedbør og økt stratifisering). Casenummer tilhører caser gitt i Tabell 3-2

Casenummer (Tabell 3-2)	Visual Plume inngangsdata					[% av tiden/ dager per måned (sannsynlighet for overskridelse av alle parametere)	Figur nummer*
	Utslipps- dybde	Rør- dimensjon	Antatt prosentandel av tiden situasjonen overskrides (inngangsverdi i Visual Plumes)				
			Utslipps- mengde	Strøm	Hydrografi		
1	60 m	625 mm	30 % (300 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	8 % < 3 dager	Figur 3-9
2	60 m	625 mm	3 % (600 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-9
3	60 m	625 mm	30 % (300 l/s)	50 % (5 cm/s)	10 % (10 prosentil)	2 % < 1 dag	Figur 3-10
4	60 m	625 mm	3 % (600 l/s)	50 % (5 cm/s)	10 % (10 prosentil)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-10
5	60 m	555 mm	3 % (600 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-12
6	60 m	705 mm	3 % (600 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-12
7	60 m	625 mm	3 % (600 l/s)	30 % (3 cm/s)	50 % (median)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-11
8	60 m	625 mm	10 % (500 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	3 % < 1 dag	Figur 3-13
9	60 m	625 mm	20 % (400 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	5 % < 2 dager	Figur 3-13
10	50 m	625 mm	3 % (600 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-15
11	60 m	625 mm	60 % (200 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	15 % < 5 dager	Figur 3-13
12	60 m	625 mm	60 % (200 l/s)	50 % (5 cm/s)	10 % (10 prosentil)	3 % < 1 dag	Figur 3-14
13	60 m	625 mm	98 % (100 l/s)	50 % (5 cm/s)	50 % (median)	25% < 8 dager	Figur 3-9
14	60 m	625 mm	98 % (100 l/s)	50 % (5 cm/s)	10 % (10 prosentil)	5 % < 2 dager	Figur 3-10
15	60 m	625 mm	3 % (600 l/s)	70 % (7 cm/s)	50 % (median)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-11
16	60 m	625 mm	20 % (400 l/s)	50 % (5 cm/s)	10 % (10 prosentil)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-14
17	60 m	625 mm	10 % (500 l/s)	50 % (5 cm/s)	10 % (10 prosentil)	< 1 % < 1 dag	Figur 3-14

*Henviser til figurer hvor man finner månedlig innlagring av plumsenter for gitt casenummer

3.3 Resultater

3.3.1 Innlagring og fortynning

Figur 3-3 til Figur 3-8 viser utslippsstrålens bane for forskjellige utslippsmengder og hydrografiprofiler. Etter oppnådd innlagringsdyp vil utslippsvannet videre fortynnes og spres horisontalt vekk fra utslippsområdet med strømmen. Resultatene viser at Innlagringen av utslippsvannet i all hovedsak skjer mellom 20 m og 40 m dybde.

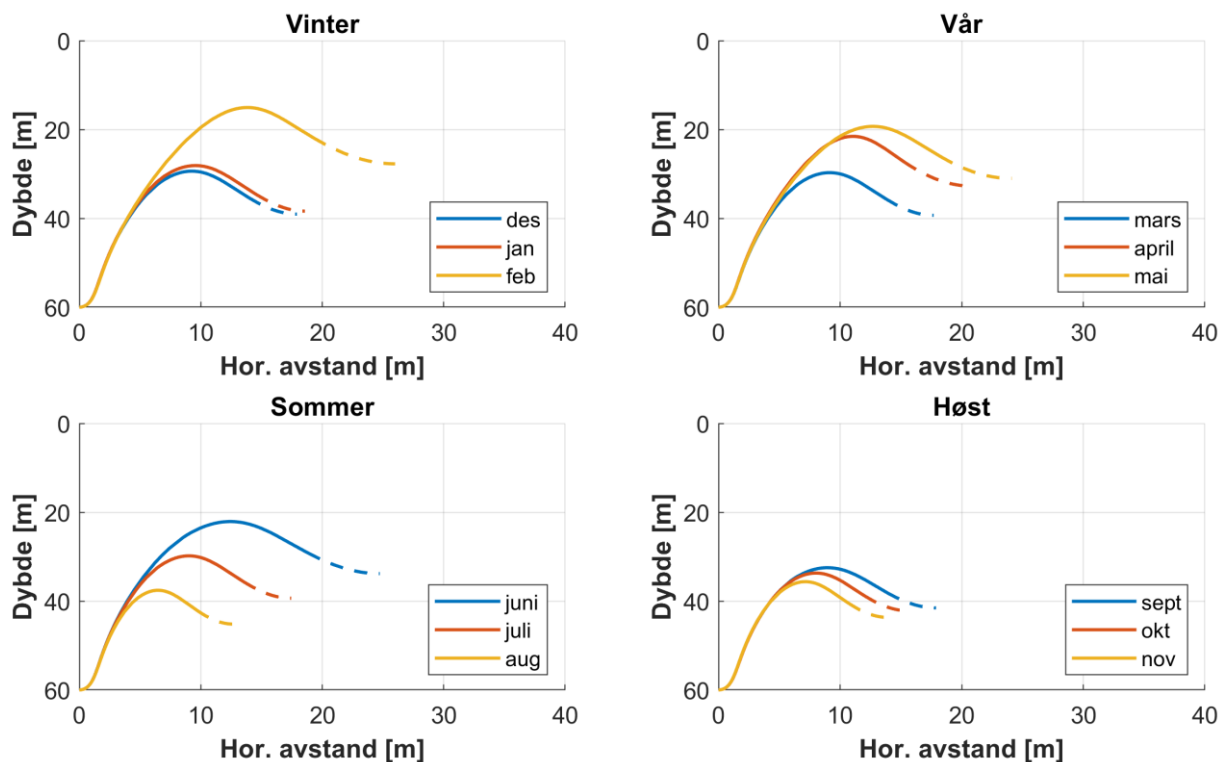
Figur 3-9 viser innlagringsdybde for plumesenteret og ytterkant av plumen, per kalendermåned, for median hydrografiprofil og en gjennomsnittlig strømhastighet. Figur 3-10 viser innlagringsdyp for hydrografiprofiler med svak lagdeling.

Dybde på plumesenteret og ytterkant av plumen (øvre og nedre), antall ganger fortynning og horisontal utstrekning av plumen ved innlagring er gitt i Tabell 3-4 til Tabell 3-9 for forskjellige utslippsmengder og hydrografiprofiler.

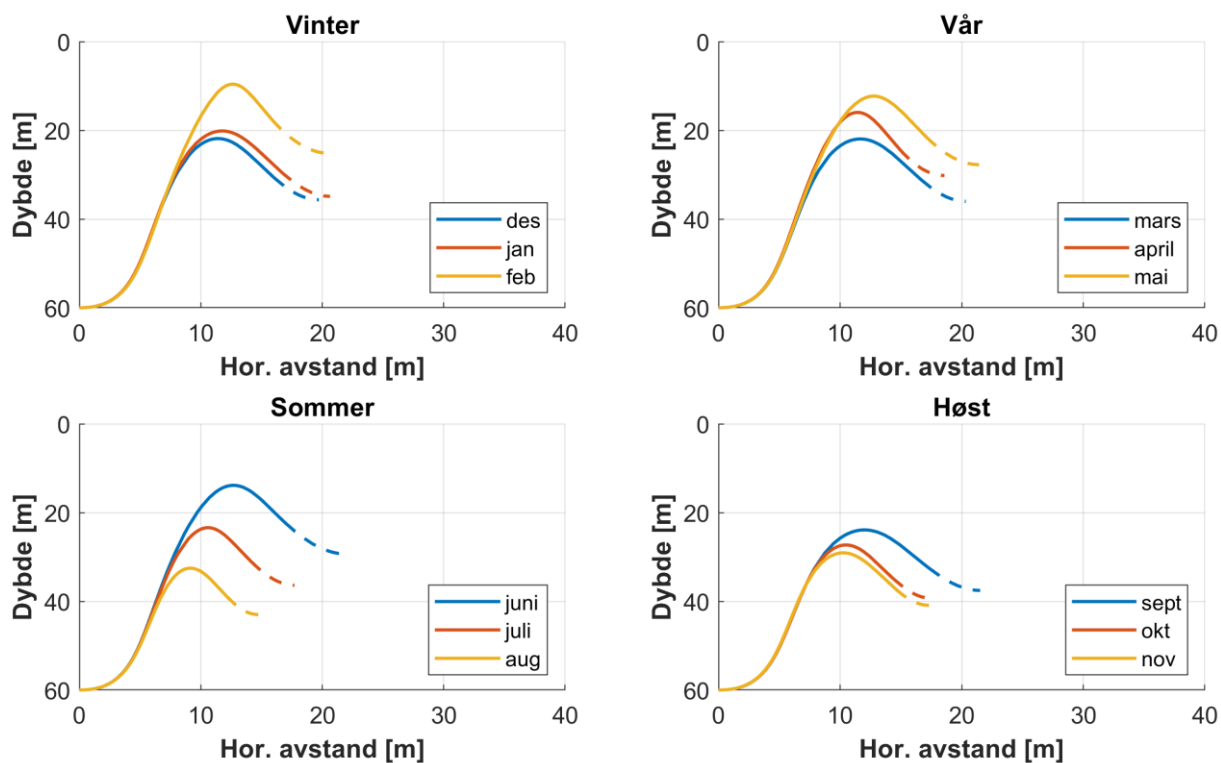
Et utslipp på 100 l/s (overskrideres 98 % av tiden i 2050) og 300 l/s (overskrideres 30 % av tiden i 2050) vil ved en median hydrografiprofil bli innlagret mellom 20 m og 40 m dybde. Økes utslippsmengden til 600 l/s, noe som overskrideres anslagsvis 3 % av tiden i 2050, vil gjennomslag til overflaten kunne oppstå i februar og mai måned. Basert på utslippsstrålen gitt i Figur 3-5 er det rimelig å anta at det kun er ytterkant av plumen som får gjennomslag og at største delen av plumen innlagres under overflaten. Ytterkant av plumen vil være ca. 130x fortynnet når den når overflaten. Fra Tabell 3-3 antas det at en situasjon med 600 l/s utslipp samtidig som en median hydrografiprofil og gjennomsnittlig strøm oppstår mindre enn en dag per måned.

I tilfeller der lagdelingen er svak vil man selv ved et utslipp på 100 l/s kunne få gjennomslag til overflaten i februar, mars, oktober og november. Fra Tabell 3-3 antas det at denne situasjonen oppstår sjeldnere enn 2 dager per måned. Basert på utslippsstrålen gitt i Figur 3-6 er det rimelig å anta at plumesenteret kun når overflaten i mars måned, mens det bare er ytterkant av plumen som når overflaten i februar, oktober og november. Plumesenteret vil være fortynnet ca. 250x før det når overflaten, mens ytterkant av plumen er fortynnet mellom 400x og 600x før den når overflaten.

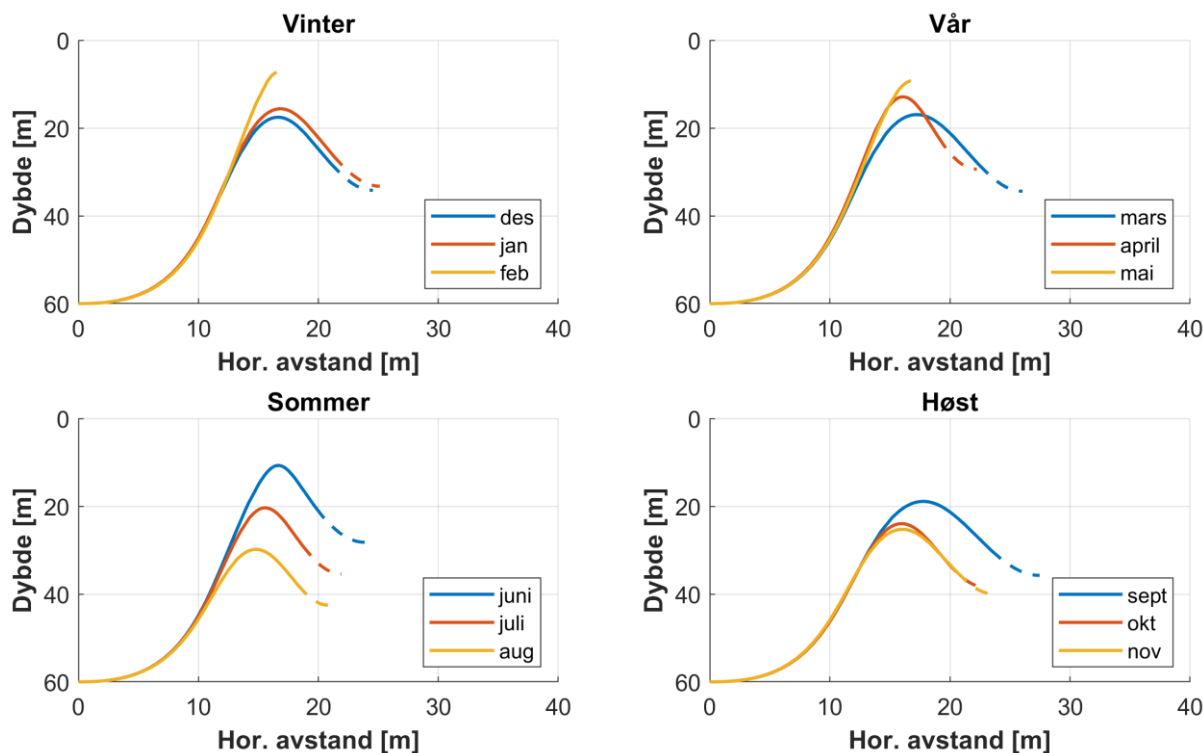
Ved svak lagdeling og et utslipp på 300 l/s eller 600 l/s antas det at gjennomslag til overflaten av plumesenteret kan oppstå mellom oktober og mars, mens en utslippsmengde på 600 l/s i tillegg kan gi gjennomslag av ytterkant av plumen i april og mai. Man må være bevist på at slike situasjoner hvor man har et høyt utslipp kombinert med en hydrografiprofil med svak lagdeling og en gjennomsnittlig strømhastighet, vil oppstå relativt sjeldent. Fra Tabell 3-3 vil en slik situasjon oppstå mindre enn 1 dag per måned for utslipp over 300 l/s. Plumesenteret har en fortynning på mellom 80x og 120x før det når overflaten, mens ytterkant av plumen er fortynnet mellom 130x og 140x før den når overflaten.



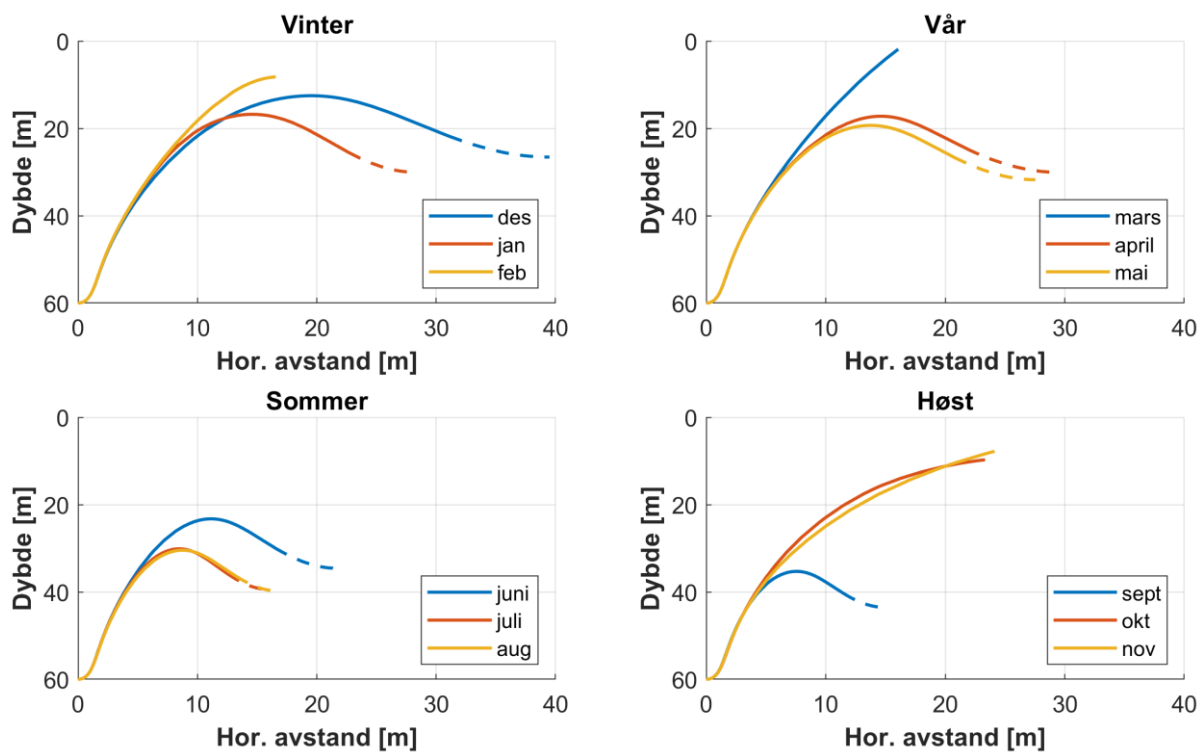
Figur 3-3 Utslipsstråle for et utslipp på **100 l/s** gitt for de fire årstidene. Modelleringen er basert på en **median hydrografiprofil**, strømhastighet på 5 cm/s og rørdiameter på 625 mm (casenummer 13). Grensen mellom heltrukken linje og stiplet linje angir innlagringsdyb. Stiplet linje indikerer hvor plumen synker under likevektsnivå



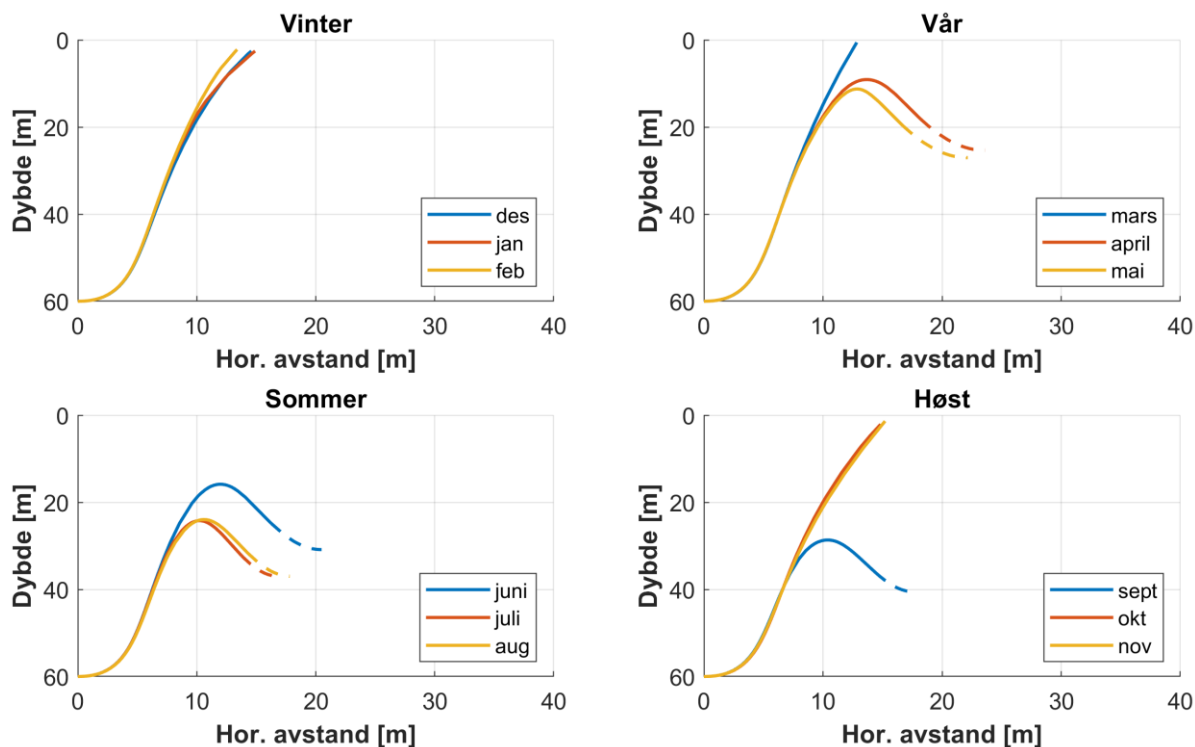
Figur 3-4 Utslipsstråle for et utslipp på **300 l/s** gitt for de fire årstidene. Modelleringen er basert på en **median hydrografiprofil**, strømhastighet på 5 cm/s og rørdiameter på 625 mm (casenummer 1). Grensen mellom heltrukken linje og stiplet linje angir innlagringsdyb. Stiplet linje indikerer hvor plumen synker under likevektsnivå



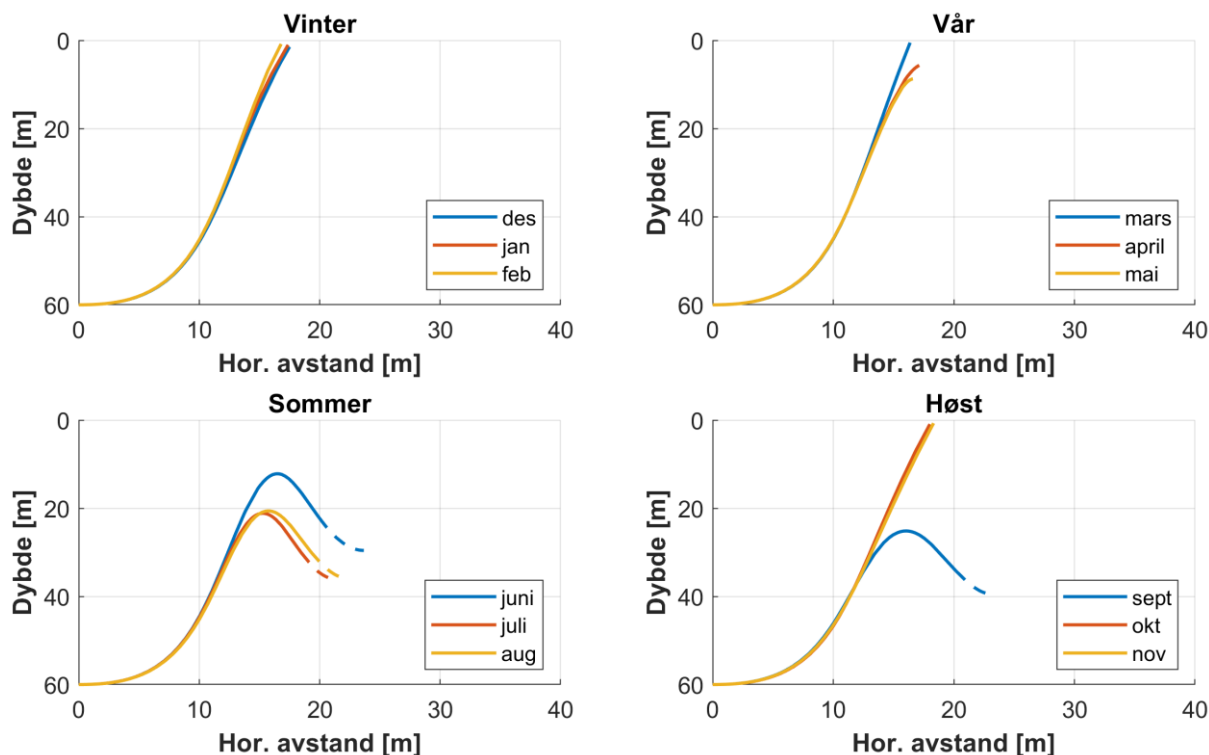
Figur 3-5 Utslipsstråle for et utslipp på **600 l/s** gitt for de fire årstidene. Modelleringen er basert på en **median hydrografiprofil**, strømhastighet på 5 cm/s og rørdiameter på 625 mm (casenummer 2). Grensen mellom heltrukket linje og stiptet linje angir innlagringsdyb. Stiptet linje indikerer hvor plumen synker under likevektsnivå



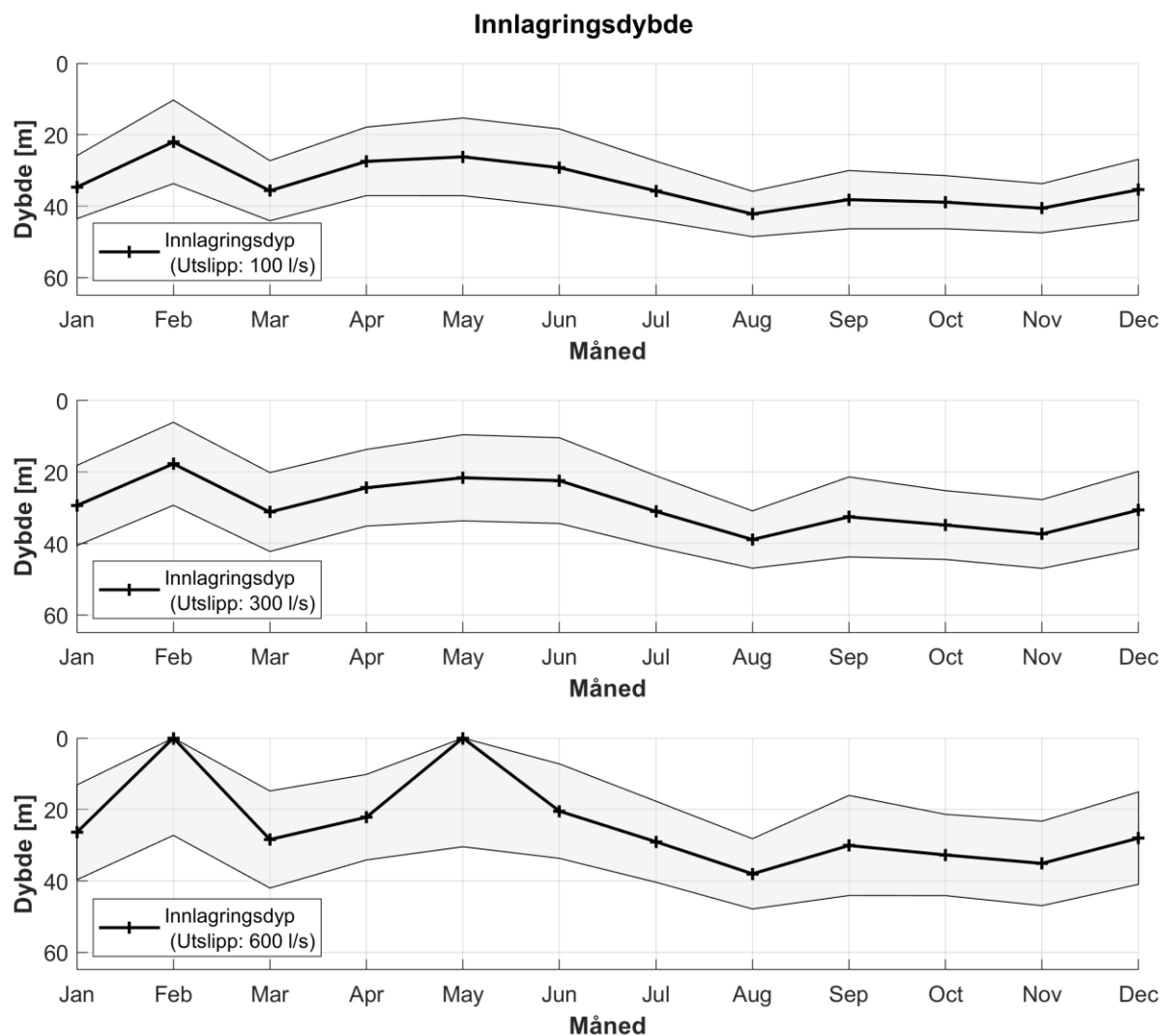
Figur 3-6 Utslipsstråle for et utslipp på **100 l/s** gitt for de fire årstidene. Modelleringen er basert på en **10 prosentil hydrografiprofil**, strømhastighet på 5 cm/s og rørdiameter på 625 mm (casenummer 14). Grensen mellom heltrukket linje og stiptet linje angir innlagringsdyb. Stiptet linje indikerer hvor plumen synker under likevektsnivå



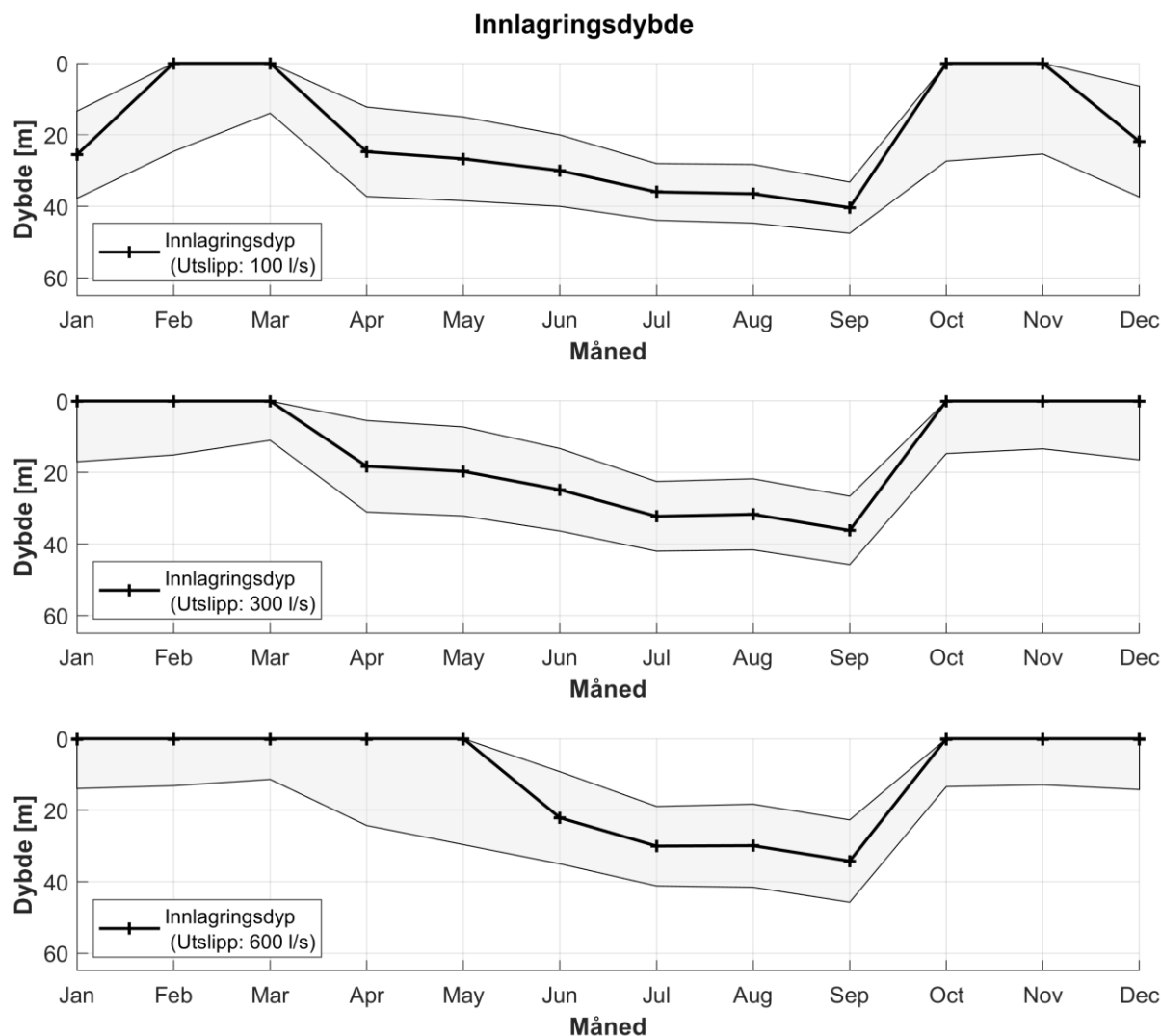
Figur 3-7 Utslipsstråle for et utslipp på **300 l/s** gitt for de fire årstidene. Modelleringen er basert på en **10 prosentil hydrografiprofil**, strømhastighet på 5 cm/s og rørdiameter på 625 mm (casenummer 3). Grensen mellom heltrukket linje og stiplet linje angir innlagringsdyb. Stiplet linje indikerer hvor plumen synker under likevektsnivå



Figur 3-8 Utslipsstråle for et utslipp på **600 l/s** gitt for de fire årstidene. Modelleringen er basert på en **10 prosentil hydrografiprofil**, strømhastighet på 5 cm/s og rørdiameter på 625 mm (casenummer 4). Grensen mellom heltrukket linje og stiplet linje angir innlagringsdyb. Stiplet linje indikerer hvor plumen synker under likevektsnivå



Figur 3-9 Innlagringsdybde (plumesenteret) for utslippsmengder på 100 l/s (casenummer 13), 300 l/s (casenummer 1) og 600 l/s (casenummer 2) for månedlige profiler (**median hydrografiprofil**). Skravert området viser største diameter til plumen i vertikal utstrekning (ytterkant av plumen). Strømhastighet: 5 cm/s. Rørdiameter: 625 mm



Figur 3-10 Innlagringsdybde (plumesenteret) for utslippsmengder på 100 l/s (casenummer 14), 300 l/s (casenummer 3) og 600 l/s (casenummer 4) for månedlige profiler (**10 prosentil hydrografiprofil**). Skravert området viser største diameter til plumen (gjennomsnittlig diameter) i vertikal retning (ytterkant av plumen). Strømhastighet: 5 cm/s. Rørdiameter: 625 mm

Tabell 3-4 Innlagringsdybde, antall ganger fortytning og horisontal utstrekning ved innlagring. Verdier gitt per kalendermåned og for utslippsmengder på 100 l/s (overskrider 98 % av tiden i 2050), en **median hydrografiprofil** og gjennomsnittlig strøm. Grønn markering indikerer innlagring

		Dybde på plumen [m]			Antall ganger fortytning [x fortytning]		Horisontal utstrekning [m]
		Plume-senter	Øvre ytterkant av plumen	Nedre ytterkant av plumen	Plume-senter	Ytterkant av plumen	Plumesenter
Utslippsmengde: 100 l/s	Januar	34.7	25.8	43.5	109.3	242.8	14.6
	Februar	22.0	10.3	33.7	184.5	413.3	19.4
	Mars	35.7	27.3	44.1	98.9	219.5	13.8
	April	27.5	17.9	37.1	140.3	305.7	15.4
	Mai	26.2	15.3	37.1	158.0	355.1	18.3
	Juni	29.2	18.4	40.1	142.8	328.8	18.9
	Juli	35.8	27.4	44.1	98.2	217.6	13.6
	August	42.2	35.8	48.5	61.1	133.2	9.7
	September	38.2	30.0	46.3	85.1	193.0	13.9
	Oktober	38.9	31.5	46.3	77.9	172.8	12.1
	November	40.6	33.7	47.5	69.4	152.5	10.8
	Desember	35.4	26.9	43.9	100.7	223.9	14.0

Tabell 3-5 Innlagringsdybde, antall ganger fortytning og horisontal utstrekning ved innlagring. Verdier gitt per kalendermåned og for utslippsmengder på 300 l/s (overskrides 30 % av tiden i 2050), en **median hydrografiprofil** og gjennomsnittlig strøm. Grønn markering indikerer innlagring

		Dybde på plumen [m]			Antall ganger fortytning [x fortytning]		Horisontal utstrekning [m]
		Plume-senter	Øvre ytterkant av plumen	Nedre ytterkant av plumen	Plume-senter	Ytterkant av plumen	Plumesenter
Utslippsmengde: 300 l/s	Januar	29.4	18.1	40.6	80.7	168.9	16.6
	Februar	17.7	6.1	29.3	107.5	218.9	15.9
	Mars	31.2	20.1	42.2	76.0	159.6	16.7
	April	24.4	13.7	35.1	90.2	184.0	14.9
	Mai	21.6	9.5	33.6	102.3	211.4	17.1
	Juni	22.4	10.4	34.4	95.5	198.9	17.0
	Juli	31.0	21.0	41.0	69.0	142.8	14.1
	August	38.9	30.9	46.9	46.0	94.8	12.1
	September	32.6	21.4	43.7	69.4	148.7	17.3
	Oktober	34.8	25.2	44.5	59.5	124.3	14.3
	November	37.3	27.7	47.0	57.2	120.4	14.6
	Desember	30.7	19.8	41.5	75.2	157.4	16.0

Tabell 3-6 Innlagringsdybde, antall ganger fortytning og horisontal utstrekning ved innlagring. Verdier gitt per kalendermåned og for utslippsmengder på 600 l/s (overskrides 3 % av tiden i 2050), en **median hydrografiprofil** og gjennomsnittlig strøm. Grønn markering indikerer innlagring, gul markering indikerer gjennomslag

		Dybde på plumen [m]			Antall ganger fortytning [x fortytning]		Horisontal utstrekning [m]
		Plume-senter	Øvre ytterkant av plumen	Nedre ytterkant av plumen	Plume-senter	Ytterkant av plumen	Plumesenter
Utslippsmengde: 600 l/s	Januar	26.4	13.1	39.7	67.9	138.7	21.3
	Februar	0.0*	0.0	27.3	64.5	134.6	16.5
	Mars	28.4	14.8	42.0	66.5	137.0	22.4
	April	22.2	10.2	34.1	70.7	141.3	19.1
	Mai	0.0*	0.0	30.4	60.3	127.6	16.8
	Juni	20.5	7.3	33.7	76.1	153.7	19.8
	Juli	29.0	17.7	40.4	56.3	113.6	18.7
	August	38.0	28.2	47.9	40.5	82.0	18.3
	September	30.1	16.1	44.1	62.5	130.8	23.5
	Oktober	32.7	21.4	44.1	50.4	102.8	19.8
	November	35.1	23.3	46.9	49.9	103.0	20.6
	Desember	28.0	15.1	41.0	63.9	130.7	21.0

*Basert på Figur 3-5 er det rimelig å anta at det kun er ytterkant av plumen som når overflaten i disse tilfellene

Tabell 3-7 Innlagringsdybde, antall ganger fortynning og horisontal utstrekning ved innlagring. Verdier gitt per kalendermåned og for utslippsmengder på 100 l/s (overskrides 98 % av tiden i 2050), en **10 prosentil hydrografiprofil** og gjennomsnittlig strøm. Grønn markering indikerer innlagring, gul markering indikerer gjennomslag

		Dybde på plumen [m]			Antall ganger fortynnet [x fortynnet]		Horisontal utstrekning [m]
		Plume-senter	Øvre ytterkant av plumen	Nedre ytterkant av plumen	Plume-senter	Ytterkant av plumen	Plumesenter
Utslippsmengde: 100 l/s	Januar	25.6	13.4	37.8	183.1	420.4	22.7
	Februar	0.0*	0.0	24.7	176.2	431.6	16.6
	Mars	0.0	0.0	13.9	247.9	529.1	16.1
	April	24.8	12.2	37.3	173.8	411.0	21.9
	Mai	26.7	15.0	38.5	159.9	372.9	20.8
	Juni	30.0	20.0	40.0	135.1	302.4	16.6
	Juli	36.0	28.0	43.9	96.8	210.7	12.6
	August	36.5	28.3	44.7	96.0	212.4	13.3
	September	40.4	33.2	47.5	71.2	158.3	11.5
	Oktober	0.0*	0.0	27.3	157.7	508.0	23.3
	November	0.0*	0.0	25.4	208.7	602.5	24.1
	Desember	21.9	6.4	37.4	216.2	549.9	31.2

*Basert på Figur 3-8 er det rimelig å anta at det kun er ytterkant av plumen som når overflaten i disse tilfellene

Tabell 3-8 Innlagringsdybde, antall ganger fortytning og horisontal utstrekning ved innlagring. Verdier gitt per kalendermåned og for utslippsmengder på 300 l/s (overskrides 30 % av tiden i 2050), en **10 prosentil hydrografiprofil** og gjennomsnittlig strøm. Grønn markering indikerer innlagring, gulmarkering indikerer gjennomslag

		Dybde på plumen [m]			Antall ganger fortytning [x fortytning]		Horisontal utstrekning [m]
		Plume-senter	Øvre ytterkant av plumen	Nedre ytterkant av plumen	Plume-senter	Ytterkant av plumen	Plumesenter
Utslippsmengde: 300 l/s	Januar	0.0	0.0	17.0	110.2	238.3	14.9
	Februar	0.0	0.0	15.1	111.0	231.1	13.4
	Mars	0.0	0.0	11.0	117.8	234.1	12.8
	April	18.3	5.5	31.1	110.7	230.0	18.2
	Mai	19.7	7.2	32.2	103.9	216.1	16.7
	Juni	24.8	13.3	36.4	91.6	189.7	16.3
	Juli	32.3	22.5	42.0	68.1	140.4	13.8
	August	31.7	21.8	41.6	67.8	140.5	14.3
	September	36.2	26.6	45.8	56.5	118.7	14.4
	Oktober	0.0	0.0	14.7	112.3	232.1	14.8
	November	0.0	0.0	13.4	115.4	234.7	15.2
	Desember	0.0	0.0	16.4	109.5	233.8	14.6

Tabell 3-9 Innlagringsdybde, antall ganger fortytning og horisontal utstrekning ved innlagring. Verdier gitt per kalendermåned og for utslippsmengder på 600 l/s (overskrides 3 % av tiden i 2050), en **10 prosentil hydrografiprofil** og gjennomsnittlig strøm. Grønn markering indikerer innlagring, gulmarkering indikerer gjennomslag

		Dybde på plumen [m]			Antall ganger fortytning [x fortytning]		Horisontal utstrekning [m]
		Plume-senter	Øvre ytterkant av plumen	Nedre ytterkant av plumen	Plume-senter	Ytterkant av plumen	Plumesenter
Utslippsmengde: 600 l/s	Januar	0.0	0.0	14.0	80.5	161.2	17.4
	Februar	0.0	0.0	13.2	81.0	161.2	16.8
	Mars	0.0	0.0	11.4	82.0	161.0	16.4
	April	0.0*	0.0	24.3	66.4	141.9	17.1
	Mai	0.0*	0.0	29.6	61.7	129.1	16.6
	Juni	22.1	9.2	35.0	73.1	147.4	20.0
	Juli	30.1	18.9	41.2	55.5	111.7	18.5
	August	29.9	18.3	41.6	56.8	115.1	19.3
	September	34.2	22.7	45.7	48.8	100.3	20.2
	Oktober	0.0	0.0	13.4	80.5	160.3	18.0
	November	0.0	0.0	12.9	80.8	160.3	18.3
	Desember	0.0	0.0	14.2	79.3	158.8	17.5

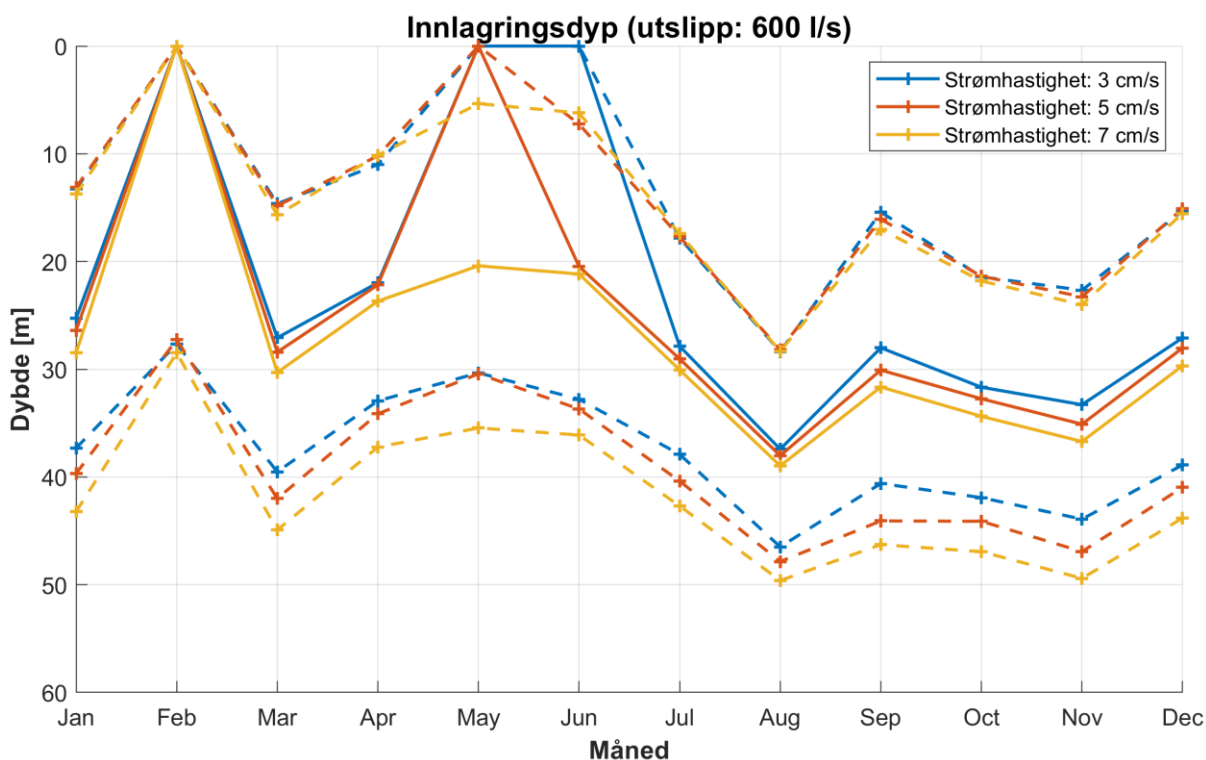
*Basert på Figur 3-8 er det rimelig å anta at det kun er ytterkant av plumen som når overflaten i disse tilfellene

3.3.2 Sensitivitet til strømhastighet, rørdimensjon og utslippsmengde

Konsekvens av endret strømhastighet

Modellen er for alle caser i denne rapporten kjørt med en gjennomsnittlig strømhastighet på 5 cm/s. Det er derfor her valgt å se på sensitiviteten av en lavere og en høyere strømhastighet i forhold til gjennomsnittsstrømmen.

Figur 3-11 viser forskjellen på innlagringsdypet for en strømhastighet på 3 cm/s, 5 cm/s og 7 cm/s, for en median hydrografisituasjon og et utslipp på 600 l/s. Resultatene viser som forventet noen flere tilfeller av gjennomslag ved lavere strømhastighet; i mai og juni er det ikke gjennomslag for 7 cm/s, mens det ved 3 cm/s og 5 cm/s er gjennomslag i mai og for 3 cm/s også i juni. Generelt er det ikke nevneverdig forskjell i innlagringsdyp som følge av endrede strømhastigheter.

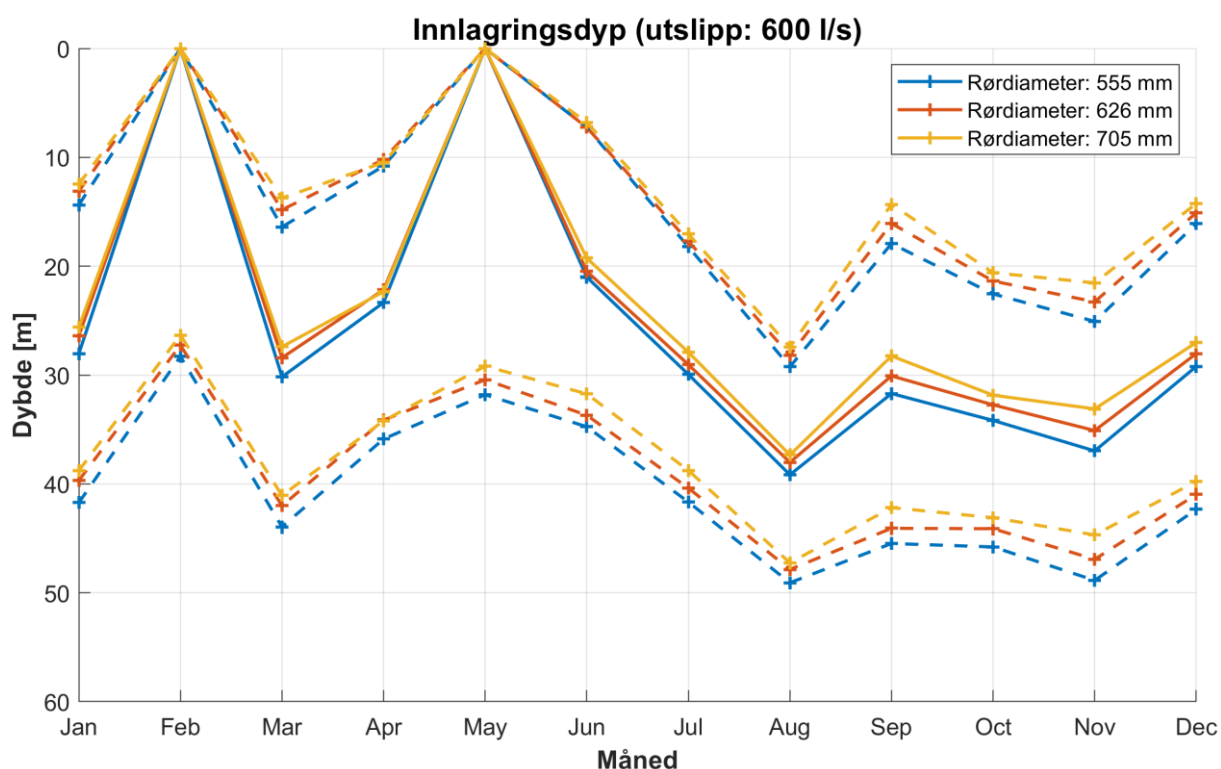


Figur 3-11 Innlagringsdybde (plumesenter) for utslippsmengde på 600 l/s for månedlige profiler (**en median hydrografi profil**). Stiplede linjer viser ytterkant av plumen. Strømhastighet: 3 cm/s (casenummer 7), 5 cm/s (casenummer 2) og 7 cm/s (casenummer 15). Rørdiameter: 625 mm

Konsekvens av endret rørdimensjoner (indre diameter fra 705 mm til 555 mm)

Figur 3-12 viser forskjellen på innlagringsdyp for ulike valg av indre rørdiameter (555 mm, 625 mm og 705 mm) ved en median hydrografi situasjon, en strømhastighet på 5 cm/s og et utslipp på 600 l/s.

Resultatene viser at det er relativt liten forskjell i innlagringsdyp mellom de ulike rørdimensjonene, alt fra noen cm og opp til ca. 4 m. Ved mindre rørdimensjon vil innlagringen skje noen meter lenger ned i vannsøylen og kan dermed i enkelte situasjoner hindre gjennomslag. Det er utført noen flere test-caser med forskjellig rørdiameter enn hva som er gitt i Tabell 3-2. I de fleste tilfeller hvor gjennomslag oppstår vil dette skje uavhengig av rørdimensjon.



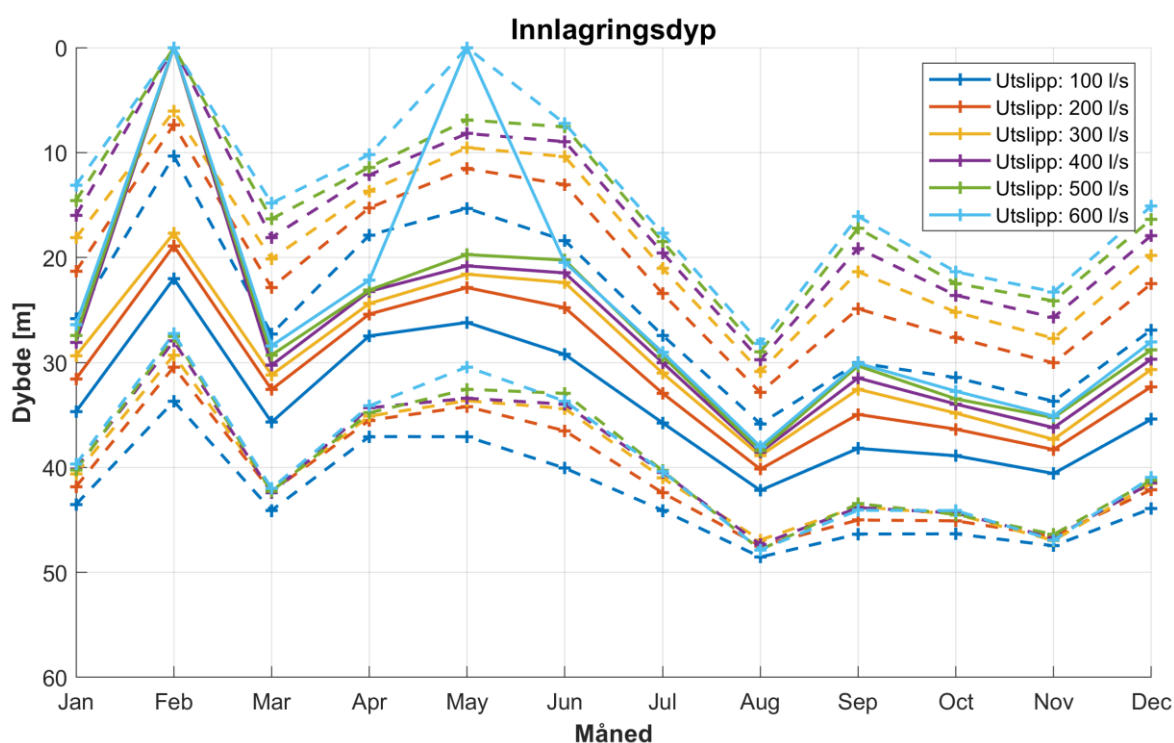
Figur 3-12 Innlagringsdybde (plumesenter) for utslippsmengde på 600 l/s for månedlige profiler (**en median hydrografi profil**). Stiplede linjer viser ytterkant av plumen. Strømhastighet: 5 cm/s. Rørdiameter: 555 mm (casenummer 5), 625 mm (casenummer 1) og 705 mm (casenummer 6)

Konsekvens av forskjellige utslippsmengde

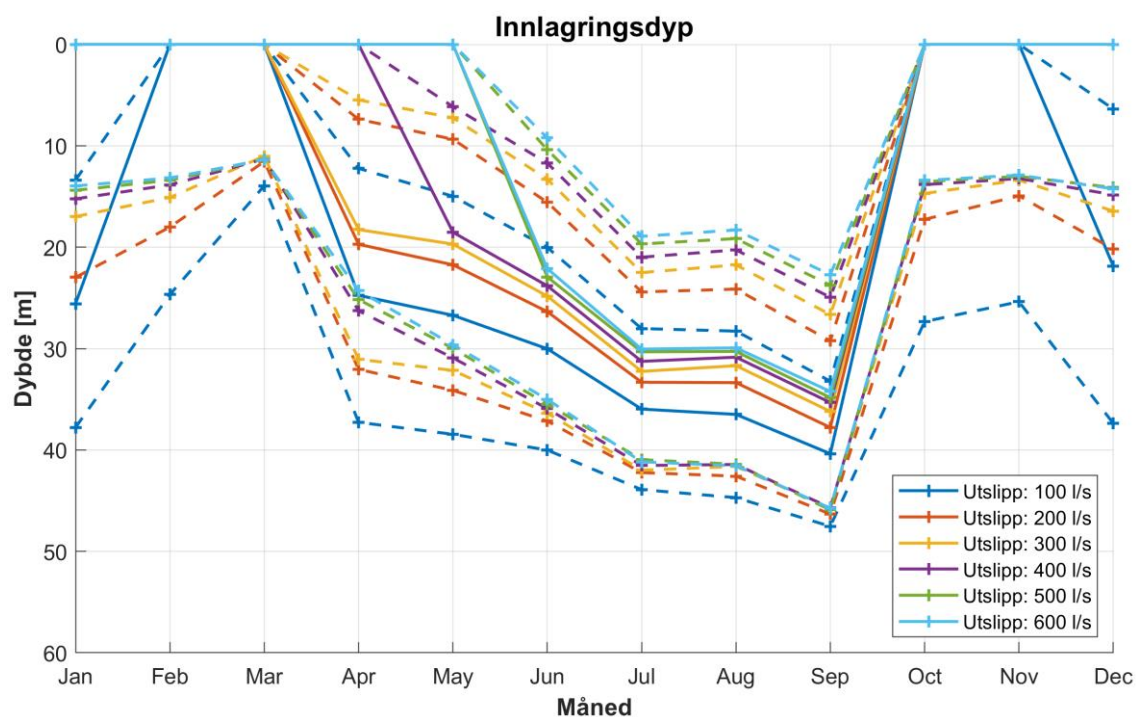
Figur 3-13 viser forskjellen på innlagring med forskjellige utslippsmengder gitt en strømhastighet på 5 cm/s og en median hydrografiprofil, mens Figur 3-14 viser innlagring ved en 10 prosentil hydrografiprofil.

Som forventet vil et mindre utslipp innlagres dypere i vannsøylen. I februar måned, ved en median hydrografiprofil, vil både et utslipp på 500 l/s og 600 l/s kunne få gjennomslag, mens i mai er det kun et utslipp på 600 l/s som vil få gjennomslag. Det forventes at et utslipp på 500 l/s og 600 l/s overskrides henholdsvis 10 % og 3 % av tiden i 2050, se Tabell 3-1.

I tilfellet med svak lagdeling vil gjennomslag til overflaten kunne skje uavhengig utslippsmengde i februar, mars, oktober og november. Er lagdeling svak er innlagringsdybden er mer sensitiv mht. utslippsmengde.



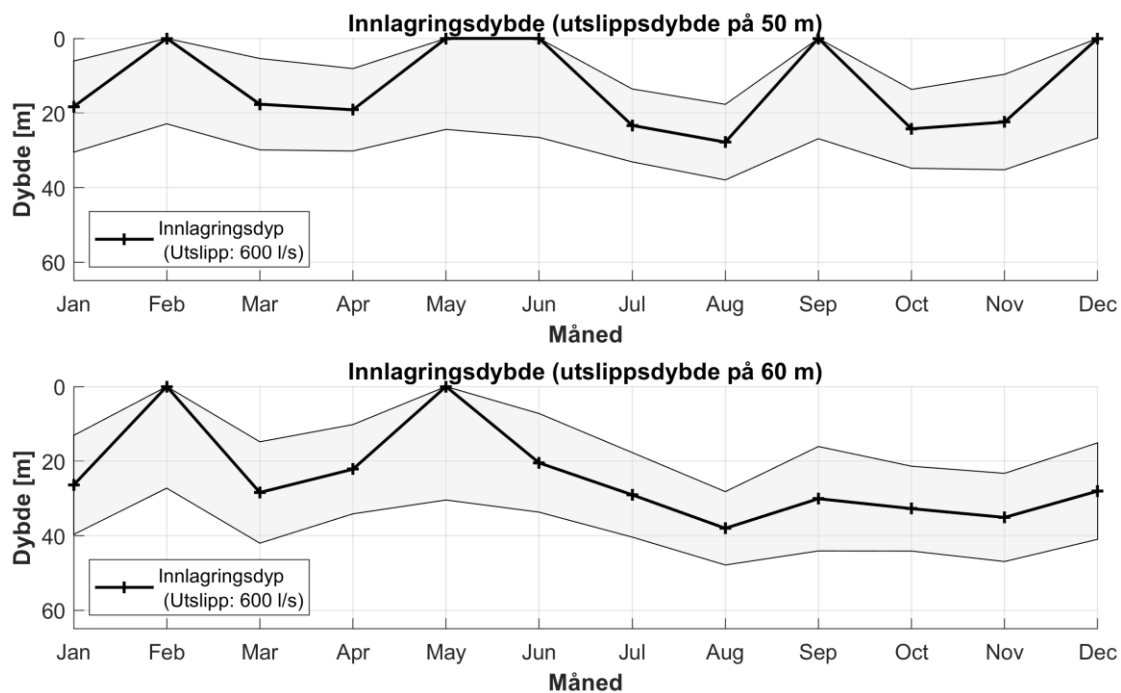
Figur 3-13 Innlagringsdybde for utslippsmengde på 100 l/s (casenummer 13), 200 l/s (casenummer 11), 300 l/s (casenummer 1), 400 l/s (casenummer 9), 500 l/s (casenummer 8) og 600 l/s (casenummer 2) for månedlige profiler (en median hydrografi profil). Stiplede linjer viser største diameter til plumen (gjennomsnittlig diameter) i vertikal retning. Strømhastighet: 5 cm/s Rørdiameter: 625 mm



Figur 3-14 Innlagringsdybde for utslippsmengde på 100 l/s (casenummer 14), 200 l/s (casenummer 12), 300 l/s (casenummer 3), 400 l/s (casenummer 16), 500 l/s (casenummer 17) og 600 l/s (casenummer 4) for månedlige profiler (en 10 prosentil profil). Stiplede linjer viser største diameter til plumen (gjennomsnittlig diameter) i vertikal retning. Strømhastighet: 5 cm/s Rørdiameter: 625 mm

Konsekvens av endret utslippsdybde fra 60 m til 50 m

Figur 3-15 viser innlagringsdyp ved en utslippsdybde på 50 m og på 60 m gitt en median hydrografi profil og en utslippsmengde på 600 l/s. Resultatene viser at utslippsdybden har betydning for hvor utslippsvannet innlagres og at det vil være fordelaktig å plassere utslippet på 60 m dybde for å hindre gjennomslag til overflaten. Jo dypere utslippsrøret bli plassert, desto mindre sannsynlighet vil det være for overslag til overflaten.



Figur 3-15 Innlagringsdybde for utslippsmengde på 600 l/s for månedlige profiler (en median hydrografi profil). Innlagringen er gitt for et utslipp på 50 m og 60 m dybde (casenummer 10 og 2). Skravert området viser største diameter til plumen (gjennomsnittlig diameter) i vertikal retning (ytterkant av plumen). Strømhastighet: 5 cm/s. Rørdiameter: 625 mm

4 Sekundærfortynning og horisontal spredning

Multiconsult er blitt bedt om å gjøre en vurdering av spredningsmodellen som Asplan Viak har satt opp (14), og som er lagt til grunn for vurderinger av horisontal spredning og fortynning av avløpsvannet etter innlagring/gjennomslag rapporten fra Rådgivende Biologer (3).

Asplan Viak har satt opp en 3-dimensjonal hydrodynamisk strømningsmodell med modellverktøyet Finel3D. Formålet med modelleringen var å vurdere horisontal spredning og videre fortynning av avløpsvann etter innlagring/gjennomslag. Modelldomenet omfatter Sulafjorden med tilstøtende fjordområder, samt kysten utenfor. Yttergrensene ligger utenfor kysten. Modellen er drevet av vannstandsdata på grensene og ferskvannsavrenning i fjordene. I tillegg er det simulert effekten av vind på spredning av avløpsvann. Det fremkommer ikke av rapporten om det er benyttet andre grensebetingelser på de åpne grensene mot sjø, som temperatur, salt og strøm.

Det er modellert to forskjellige situasjoner som i rapporten refereres til som vår/vinter-situasjon og høst-situasjon. Forskjellen mellom disse simuleringene er ferskvannsavrenningen i modellen. Dette tenkes å illustrere den økte ferskvannsavrenningen man forventer sein vinter og tidlig vår som følge av snøsmelting. Det fremkommer ikke av rapporten hvor avrenningsdata er hentet og hvordan gjennomsnittet er beregnet.

Rapporten mangler en beskrivelse av hvor lenge hver simulering varte. Det er ikke beskrevet om modellen for eksempel er kjørt til en stasjonær tilstand før data hentes ut. Det er heller ikke beskrevet hvordan hydrografien utvikler seg over tid i modellen, og hvordan modellen eventuelt har blitt kalibrert for å oppnå en realistisk hydrografi.

Modellen er validert mot observasjonsdata, hvor det er gjort sammenligninger av vannstandsdata ved Ålesund for å sikre at modellen gjensker tidevannsvariasjoner tilfredsstillende. Videre er det gjort sammenligninger av resultater for strømstyrke og retning mot målingene presentert i Rådgivende Biologer (3). Strømretninger i modellen vurderes av Asplan Viak til å samsvare greit med strømretninger som er målt, bortsett fra ved Flisnesholmen hvor modellen ser ut til ikke å fange opp strøm i nordøstlig retning. Det er ikke presentert sammenligning av statistiske verdier for strømstyrker. Strømosene for strøm ved Vegsundet, Kvasneset og Flisnesholmen viser at modellert strømstyrke sjelden overstiger 8 cm/s i Vegsundet og ikke overstiger 8 cm/s ved Kvasneset og Flisnesholmen. Utfra strømosene fremstår det som at modellen ikke gir representative resultater for de høyeste strømstyrkene. Gjennomsnittsverdiene ser også ut til å være lavere i modell enn i målinger. Det er sannsynlig at gjennomgående for lave strømhastigheter i modell vil føre til at transport og innblanding av utslippet ikke blir riktig representert. Siden gjennomsnittsverdier og sammenlignende statistikk for øvrig fra modellen ikke er rapportert er det vanskelig å vurdere hvilken konsekvens dette faktisk har for resultatet.

Det er ikke dokumentert hvordan hydrografien er representert i modellen. Ved utslippspunktet er strømretningen i modellen utelukkende mot vest, og dette forklares med «et ferskvannslag på flere titalls meter som render ut mot fjorden» (14). Sammenligner man med hydrografiprofiler som er gjennomført (Fig 15 i (3) og Figur 2-4 over), så observerer man et overflatelag som varierer i tykkelse fra noen få meter til rundt 10 m. Vestlig rettet strøm ved 25 m og 40 m kan ikke forklares som en overflatestrøm drevet av ferskvannsavrenning.

Etter kalibrering/validering av modellen ble det kjørt 6 forskjellige scenarier for å simulere spredning av avløpsvann under forskjellige forutsetninger. Effekten av ferskvannsavrenning, mengde utslippsvann, og vind ble simulert.

Resultatene fra spredningsmodelleringen brukes som grunnlag for å vurdere spredning av fortynnet utslippsvann mot Vågane og mot land for øvrig. Slik det fremstilles i rapporten, er det simulert et utslipp av ferskt avløpsvann på utslippsdyp. Dette stiger og når overflaten for høst-situasjonen og innlagres for vårsituasjonen. Konklusjonen er at utslippsvann som når land sjelden har en fortynningsgrad under 800x, mens utslippsvannet som når lengst inn i Vågane har en fortynningsgrad på opp mot og over 2000x. Fra Figur 32-36 i (14), ser det ut til at fortynningsgraden like etter at utslippsvannet har forlatt røret er i størrelsesorden 500x, mens den like etter innlagring i vår-situasjon allerede er fortynnet til om lag 800x. Like etter gjennomslag i en høstsituasjon (Fig 33 i (14)) er fortynningsgraden i størrelsesorden 1000x. Fortynningsgraden like etter innlagring/gjennomslag i FINEL3D-modellen ser ikke ut til å samsvare med resultatene fra innlagringsmodelleringene gjort med Visual Plumes av Rådgivende Biologer (3), som viser gjennomsnittlig fortynningsgrader i plumen fra 42x til 199x ved gjennomslag eller innlagring for de vurderte scenarioer. Det er dermed usikkert hvor vidt den endelige fortynningsgraden langs land og i Vågane som oppgis i (14) er riktig.

Det mangler en beskrivelse av hvordan den 2-dager lange tidsperioden for utslippssimuleringen er valgt. Det ville vært nyttig å se forskjellen ved gjentatte simuleringer på forskjellige tidspunkt i løpet av en spring nipp tidevannssyklus for eksempel. Det er ikke vist eller diskutert hvordan en endring i utslippsperiode vil kunne slå ut.

Det er modellert et tilfelle med spredning under konstant vindpådrag. Dette for å simulere et mulig høststormtilfelle. Det er ingen beskrivelse av hvordan strøm og hydrografi artet seg i denne simuleringen. Uten validering av hydrodynamikken i dette tilfelle er det vanskelig å trekke konklusjoner fra spredningsresultatene.

Fra kartene som viser fortynningsgraden ut fra utslippspunktet, fremstår det som at utslippet hovedsakelig spres i retning land for alle scenarier. Dette virker lite sannsynlig da dominerende strømretninger ved utslippet går parallelt med land. Man skulle forventet at utslippet vil spres i strømretningen. Dette er ikke problematisert eller diskutert i rapporten.

Det er presentert strømfelt fra overflatestrøm gitt forskjellig utslippsmengder. Resultatene tyder på at strømfeltet i stor grad domineres av utslippsvannet som strømmes til overflaten, og videre spres i alle retninger, med størst spredning mot Vågane. Dette fremstår som et lite realistisk scenario, da utslippet forventes å i større grad følge hovedstrømretningen i fjorden. Det fremkommer for øvrig ikke i modellen om dette er et øyeblikksbilde eller om strømfeltet er integrert over hele utslippsperioden, eventuelt midlet over en annen tidsperiode.

Mangelfull dokumentasjon på modelloppsett, grensebetingelser og validering gjør at Multiconsult har valgt å ikke vektlegge spredningsmodelleringen i analysene i denne rapporten. For å allikevel kunne gjøre en enkel vurdering av hvor utslippet spres med hensyn til strømmen ved utslippsstedet, er supplerende strømdata fra NF160 lagt til grunn for å se på strømretningen ved de forskjellige utslippsalternativene.

5 Organisk påvirkning og naturmangfold

Det planlagte renseanlegget ved Kvasnes skal ta imot avløpsvann fra flere avløpssoner både i Sula- og Ålesund kommuner, se Figur 5-2 og Figur 5-3. Renseanlegget planlegges med sekundærrensing-biologisk med for- og ettersedimentering, og skal tilfredsstille krav etter forurensingsforskriften kap. 14 (2) som gjelder for utslipp til sjø for mer enn 10 000 pe. §14-2 definerer sekundærrensing som en renseprosess der både:

1. BOF₅ -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 70% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 25 mg O₂ /l ved utslipp og
2. KOF_{CR} -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 75% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 125 mg O₂ /l ved utslipp.

Under normale forhold og med stabile driftsforhold forventes det en renseeffekt på 80-90 % både av suspendert stoff (SS) og av BOF₅. Avløpsvannets innhold av suspendert stoff (partikulært materiale), kan være både sedimenterbart stoff og svevestoff (1).

Som kunnskapsgrunnlag for vurdering av organisk påvirkning og naturmangfold er det benyttet tilgjengelig informasjon i offentlige databaser (for eksempel: Vann-Nett (15), Artskart (16), Naturbasekart (17), Fiskeridirektoratet (18) og Norske utslipp (19)). Resultater fra tidligere rapporter som blant annet: Resipientundersøkelse for Ålesund og Sula 2019 (7), Konsekvensutgreiing av marint naturmangfold (4) og Prosessnotat (13) , Modellering av straumtilhøve og innlagring av avløpsvatn (3), Prosessnotat (13) og Norsk vann-rapport 256/2020 (1) Tilstandsklassifisering og verdisetting er oppgitt etter veileder til Vanndirektivet 02-2018 (20), DN-håndbok 19 (21), eller verdisetting i databaser.

5.1 Vannmiljø iht. vannforskriften

Etter vannforskriften §§ 4-6 er miljømål for overflatevann og grunnvann at tilstanden skal beskyttes mot forringelse, forbedres og gjenopprettes med sikte på at vannforekomstene skal minst oppnå god økologisk-, og god kjemisk tilstand.

Planlagt utslippsområde for nytt renseanlegg ligger i vannforekomst- 0301020300-1-C Storfjorden- ytre, i Vannområde Nordre Sunnmøre i Møre og Romsdal og grenser til kommunene Ålesund, Ørsta, Sykkylven og Sula, se Figur 5-1. Vannforekomst Storfjorden- ytre ligger i økoregion Norskehavet sør, nasjonal vanntype H3 (beskyttet kyst /fjord) og saltholdighet >30. Økologisk tilstand registrert i Vann-Nett er god, og kjemisk tilstand dårlig. Miljømål for både økologisk og kjemisk tilstand forventes å nås i 2022-2027. Kjemisk tilstand i en vannforekomst er enten God, Dårlig eller Udefinert.

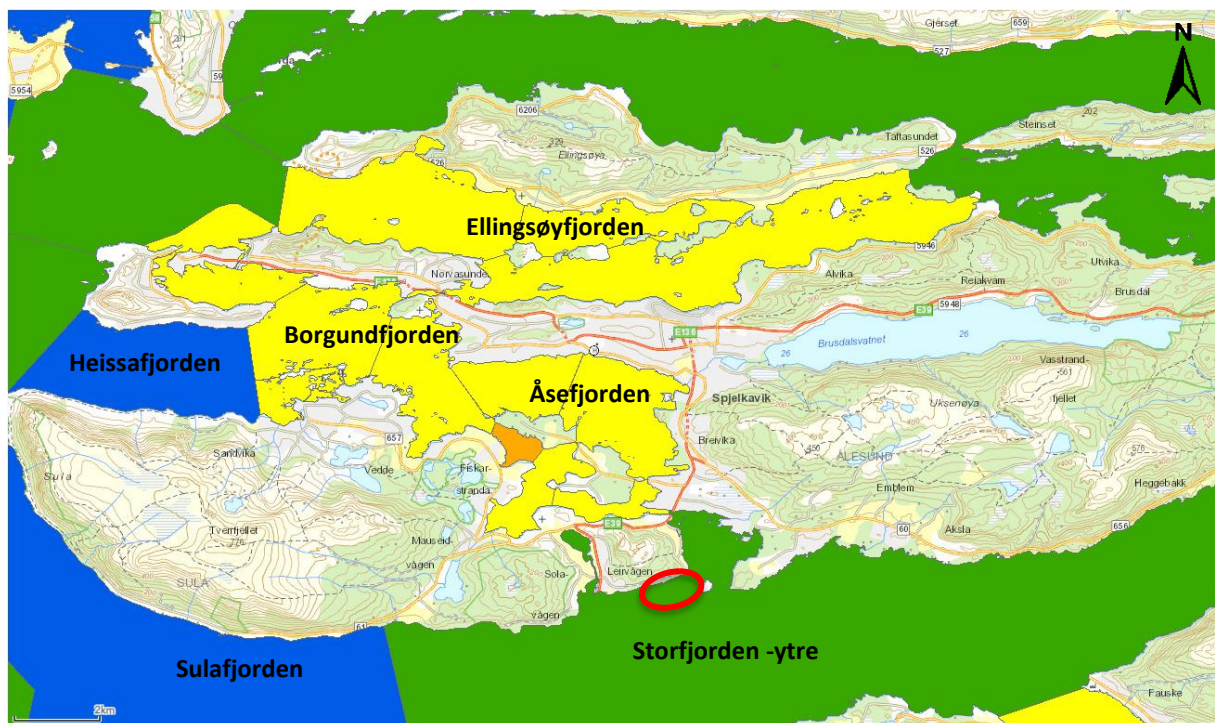
Den kjemiske tilstanden i vannforekomsten Storfjord -ytte er satt til dårlig på grunn av forhøyet nivå av forvaltningsmessig-TBT som er registrert i klasse III-Dårlig fra 2018. Påvirkning på vannforekomst Storfjorden-Ytte er i dag registrert med diffus forurensing fra spredt bebyggelse, punktforurensing fra renseanlegg og fra akvakultur, og alle kilder er vurdert med liten grad av påvirkning på vannforekomsten.

Lengre vest i fjorden ligger vannforekomst 0301020200-1-C Sulafjorden med økologisk tilstand Svært god og kjemisk tilstand udefinert. Påvirkning på vannforekomst Sulafjorden er registrert med diffus avrenning og utslipp fra fiskeoppdrett, punktutslipp fra akvakultur, og punktutslipp fra renseanlegg 2000 pe, der alle kilder er vurdert med liten grad av påvirkning på vannforekomst Sulafjorden.

Vannforekomster der utslipp skal fjernes i Ellingsøyfjorden, Borgundfjorden og Åsefjorden: Valderhaugfjorden ved Ålesund, Ellingsøyfjorden -ytte, Ellingsøyfjorden-Svinøya til Årsetvågen, Ellingsøyfjorden Svinøya til Dyrøya, Borgundfjorden Vest, Langevågen, Åregjerdevågen-Fyllingen, Borgundfjorden -øst, Åsefjorden- ytte, Åsefjorden-indre, og Eidssundet er alle registrert med økologisk tilstand moderat pr. mars 2022, og vannforekomst Tørlevågen er registrert med økologisk tilstand dårlig, se Figur 5-1. Av disse vannforekomstene er det kun Ellingsøyfjorden-Svinøya til Årsetvågen som

har kjemisk tilstand god og Borgundfjorden-øst har udefinert kjemisk tilstand. De andre vannforekomstene i Borgundfjorden og Ellingsøyfjorden har kjemisk tilstand dårlig.

Ved å overføre utslipp fra områder med dårlig tilstand til nytt renseanlegg ved Kvasnes vil dette kunne bidra til å redusere organisk belastning fra eksisterende utslipp i flere vannforekomster som i dag er registrert med økologisk tilstand moderat.



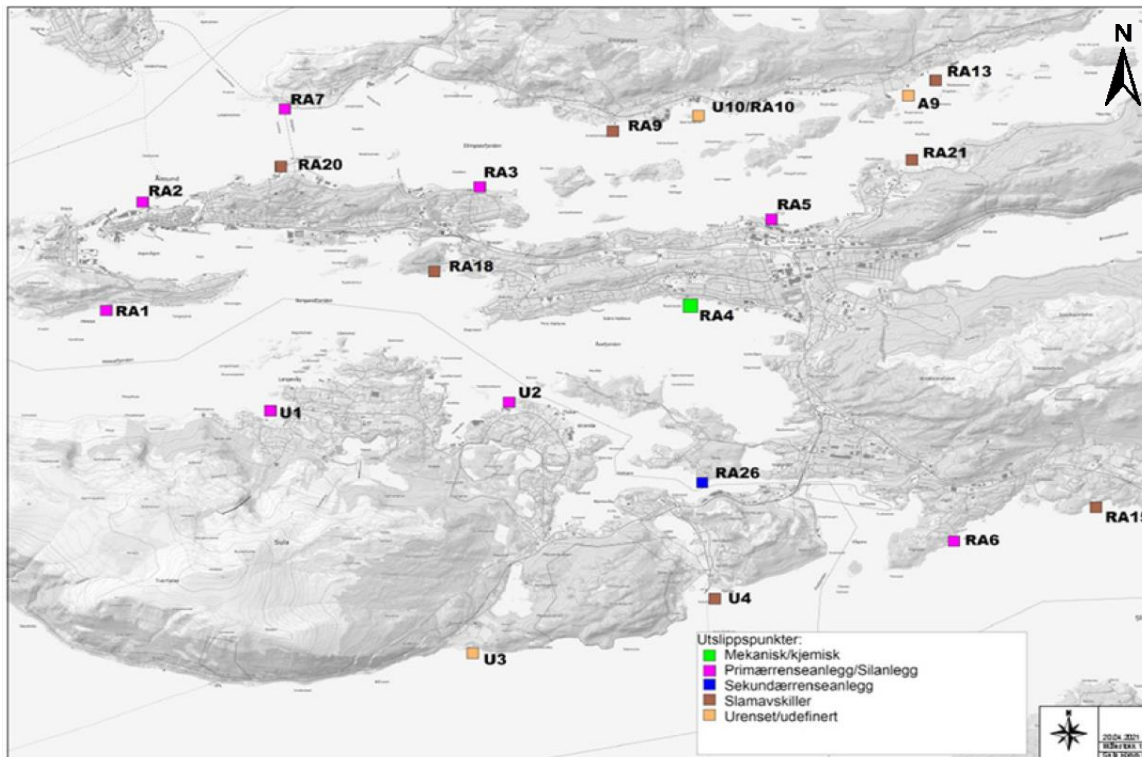
Figur 5-1 Økologisk tilstand i vannforekomst Storfjorden-ytte for utslippsområde, og fjorder i området. Blå farge viser økologisk tilstand «Svært God», Grønn «God», Gul «Moderat» og oransje «Dårlig». Rød sirkel viser ca. område for planlagt utslipp fra nytt renseanlegg. Kilde: Vann-Nett.

5.2 Utslipp og påvirkning

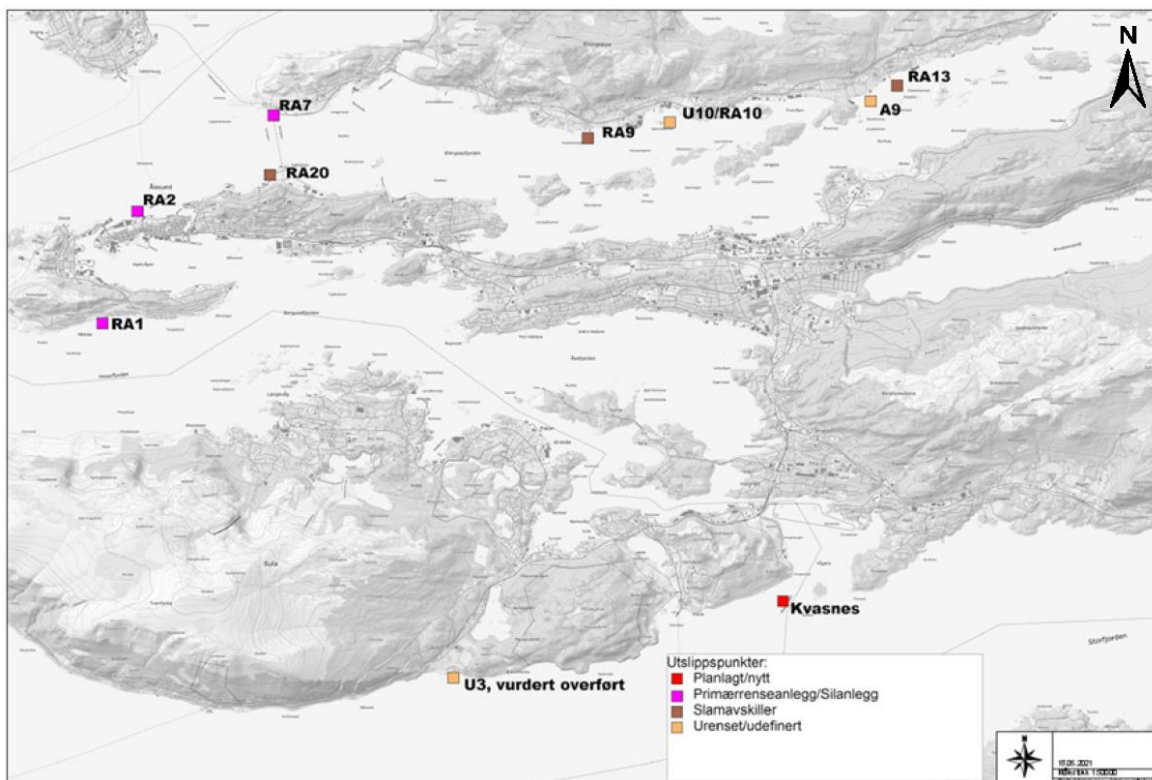
Det er flere kilder til tilførsel av næringssalter og organisk materiale til fjordsystemet Storfjorden og Sulafjorden. Tilførsel av næringsstoffer til fjordområdet kommer fra landbruk og naturlig avrenning fra elver og bekker i området, akvakulturanlegg både i sjø og på land, industri og fiskeribedrifter, samt kommunale og private utslipp til sjøområdene. Figur 5-2 og Figur 5-3 viser eksisterende og fremtidig plassering av kommunale utslipp i Ålesund og Sula kommuner. Fra resipientundersøkelse i 2019 (7) ble det funnet forhøyet organisk innhold, i klasse III til V, ved utslippene til RA2, U1, Å4, RA4, Å1, samt ved S-KH i Vågene, Figur 5-4.

I prosessnotat (13) for nytt renseanlegg er det beregnet et utslipp for et folketall på 48 300 i Ålesund og Sula for 2050. Nytt renseanlegg planlegges også dimensjonert med en reserve på 20 % sammenlignet med beregnet belastning (13). Med et nytt renseanlegg ved Kvasnes planlegges det å overføre utslipp fra Ellingsøyfjorden og renseanlegg som er dimensjonert for rundt 15 000 pe. Fra Åsefjorden og Borgundfjorden fjernes utslipp fra renseanlegg som er dimensjonert for rundt 34 000 pe. Fra Storfjorden reduseres utslipp fra renseanlegg dimensjonert for rundt 19 000 pe. Til sammen utgjør dette overføring fra renseanlegg med en dimensjonering på rundt 68 000 pe, inkludert private slamavskillere. I de 68 000 pe ligger det også en reserve- / bufferkapasitet i dagens renseanlegg som skal overføres til Kvasnes etter det vi forstår. En reduksjon i tilførsel av organiske stoffer til vannforekomster i moderat økologisk tilstand vil være viktig for å bedre miljøforholdene i disse resipientene. Dagens renseanlegg i disse områdene er i hovedsak primærrenseanlegg med filter eller

slamavskiller som gir en mye dårligere rensegrad for suspendert stoff (SS), BOF5, total fosfor og total nitrogen, enn et nytt anlegg vil oppnå (1). I snitt vil en mekanisk rensing bare kunne oppnå en renseeffekt på 35-55 % av suspendert stoff, og kun 15-25 % renseeffekt for BOF5, sammenlignet med 80-90 % både for SS og BOF5 ved et sekundærrenseanlegg (1).



Figur 5-2 Eksisterende kommunale utslipp til sjøområdet i Sula og Ålesund kommuner i 2022.



Figur 5-3 Planlagte utslipp til sjøområdet i Sula og Ålesund kommuner etter at renseanlegg ved Kvasnes er ferdig.

5.3 Tidligere undersøkelser i Sula og Ålesund

Mulig påvirkning som overvåkes i forbindelse med kommunale utslipp er blant annet fjæresamfunn og nedre voksegrense for makroalger, som kan påvirkes av endringer i lysforhold (siktdyp) i vannsøylen og grad av nedslamming på alger og bunn. Forekomst av trådalger som dominerer i ålegrasenger og på hardbunn kan påvirke miljøforholdene for ålegras og tareforekomster negativt. Begge disse naturtypene er viktige marine økosystem med mange ulike arter tilknyttet disse områdene. Økt mengde næringssalter i vannsøylen vil også kunne påvirke vekst av trådalger og andre hurtigvoksende alger som reduserer lysforhold for andre makroalger (tang, tare, fastsittende alger). Et økt organisk innhold i bunnsediment, og redusert oksygen i bunnvann kan blant annet føre til en forringet bløtbunnsfauna og områder der færre arter trives.

I 2018/19 ble det foretatt en resipientundersøkelse med undersøkelser av påvirkning i vannsøyle for næringssalter og bakterier i tre fjordområder fra Ellingsøyfjorden i nord til Sulafjorden i sør. I det videre er det presentert noen av resultatene for fjordområdet ved planlagt utslipp. I undersøkelsen ble det vurdert fjæresamfunn fra flere stasjoner i området ved Kvasneset, Flisnes og Vågane, samt sediment fra sjøbunn med undersøkelser av organisk påvirkning, bunndyr og forurensning. Det ble også undersøkt næringssalter og bakterier i vannsøylen (7). Klassifisering ble utført etter Veileder til vanddirektivet 02:2018 (20).

Bløtbunn: Tre bunnstasjoner i nærområdet til Kvasneset ble analysert for forurensning, organisk innhold og fauna (S-KH, Kvasnes 3 og U4-Sunde) se Figur 5-4. I Kongshaugfjorden / Vågane (S-KH) ble det funnet forhøyede verdier av TBT-forvaltningsmessig, klasse IV-Dårlig, samt et høyt organisk innhold, klasse V-Svært dårlig. For stasjon S-KH i Vågane ble også funnet få bunndyrsarter, noe som indikerer at det bør unngås en økt organisk tilførsel til Vågane. Tilstand for bunndyr var i klasse II god, men på grensen til klasse III-moderat. De to andre sediment-stasjonene ved Kvasnes-3 og U4-Sunde viste gode forhold både mht. bunndyr, klasse I, svært god. Forurensning av miljøgifter og organisk innhold med tilstand god eller bedre for de undersøkte variablene. Ved Kvasneset var det steiner og grus og bratt skråning ned til 60-80 m dyp, og først ved 100 m dyp var det mulig å få opp grabbprøver med finsediment til analyser, noe som indikerte en god vannstrøm ved 60-80 m dybde.

Vannsøyle: De samme tre stasjonene, samt ved utslipp ved Emblem/ Løvik (RA16) ble undersøkt for næringssalter i øvre vannlag både sommer 2018, og vinterperioden 2018/2019. Resultatene viste at Storfjorden hadde lavt innhold av næringssalter i sommerperioden juni-august for de fire undersøkte stasjonene fra 0-15 m dyp, med tilstand god eller svært god. Gjennomsnittlig siktdyp viste beste tilstand I-Svært god for alle målingene, men med noe redusert sikt etter nedbørsperiode i august 2018.

Undersøkelser av tetthet og oksygen viste at det dypeste punktet i Vågane hadde redusert oksygenmetning i bunnvannet sommer-høst 2018 med periodevis under 60 %. Med omrøring på vinteren viste oksygenmetning 85-80 % i bunnvannet. Ved de andre tre stasjonene i Storfjorden var det også noe lavere oksygenmetning nedover i vannsøylen på sommer enn på vinter, men likevel gode oksygenforhold i hele måleperioden. Årlige oksygenmålinger i Sulafjorden og Storfjorden fra 1991 til 1998 av Havforskningsinstituttet viste gode oksygenforhold ved stasjoner Brandal og Emblem, (22) og det samme viste målinger av oksygen ved 433 m i Storfjorden (3).

Strandsone: I Sulafjorden og Storfjorden ble det undersøkt totalt 9 litoralstasjoner fra Løvik/RA 16 til Sulesund. Klassifisering av strandsone for stasjon U4-Sunde og Ra 16-Flisnes viste tilstand II-god, de 7 andre stasjonene i Storfjorden og Sulafjorden hadde tilstand I-svært god. Fra undersøkelsen i 2018 ble det registret tareskogbunn inkludert sukkertareskog på stasjonene. Nedre voksedyp for sukkertaren i Storfjorden og Sulafjorden ble registret ned til ca. 20-25 m.

Bakterier: Kontroll av badevannskvaliteten gjøres av den enkelte kommune i henhold til Forskrift om miljørettet helsevern (Lovdata). Resultater for disse analysene kunngjøres vanligvis på kommunene sine nettsider. Både norsk regelverk og EUs regelverk baseres på at badeplassens og badevannet sin kvalitet skal bedømmes ut fra den målte vannkvaliteten over flere år, se FHI sine nettsider (23). Det norske regelverket for vannkvalitet i friluftsbad ble utformet av Helsedirektoratet i samarbeid med FHI i 1994 (24), og baseres på analyser av TKB/100ml og fekale streptokokker. EU vedtok et nytt badevannsdirektiv i 2006 (25), som baserer kvalitet for badevann i saltvann og brakkvann på grenseverdier for *E. coli* / 100ml, samt intestinale enterokokker. Det er derfor to ulike regelverk som kan benyttes for analyser og bedømming, der både *E. coli* og TKB kan benyttes.

Sammen med resipientundersøkelsen ble det også foretatt undersøkelser av TKB (termotolerante koliforme bakterier) 5 ganger i sommerperioden 2018 ved Kvasneset, Sunde og Løvik/RA16. Analyser viste mindre funn av TKB på alle stasjoner, men med lave verdier under 100 TKB/100 mL som tilsvarer en vannkvalitet som er godt egnet for badevann. Stikkmålinger av kommunen for *E. coli* ved Emblemsanden ved Osen viste lave verdier av *E. coli* fra juni og juli i 2020 og 2021, og tilstand god for badevannskvalitet, fra Ålesund kommune sin nettside.

5.4 Naturmangfold i sjø

I forbindelse med etablering av avløpsrenseanlegg er det utført en konsekvensutredning mht. marint naturmangfold av Rådgivende Biologer (4). Denne utredningen konkluderer med at organisk tilførsel og arealbeslag ifm. renseanlegget vil føre til en samlet konsekvens for påvirkningsområdet med «noe negativ konsekvens».

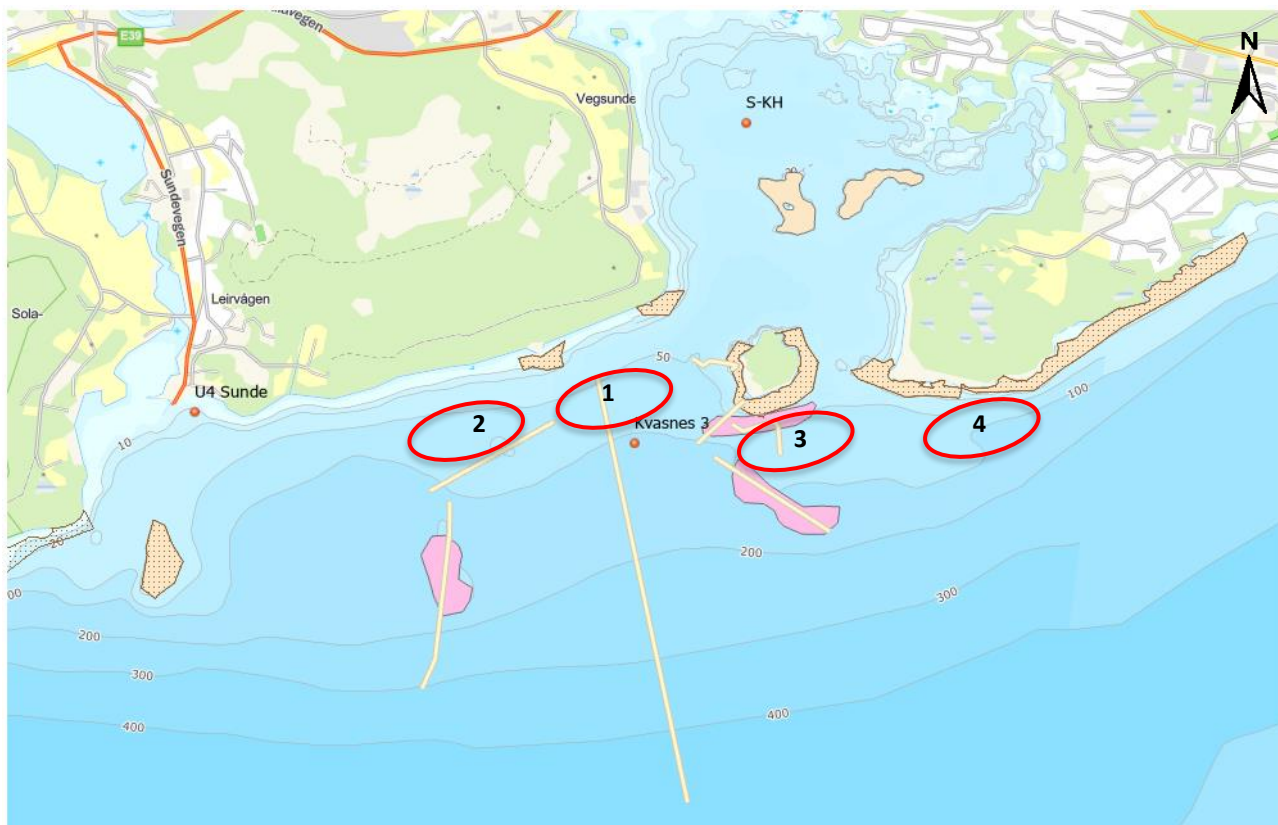
Viktige naturtyper i området fra Lahellestranda, Kvasneset og til Flisneset er registrert med områder for større tareskogforekomster, Se Figur 5-4. Tareforekomster ved Lahella (ID: BM00117434) og Kvasnes (ID: BM00117437) ble av Rådgivende Biologer vurdert som mindre forekomster enn det som er registrert i naturbase, og kunne ikke karakteriseres som større tareskogforekomster etter DN-håndbok 19 (4). Ved Flisneset og Flisnesholmen er det registrert større tareskogforekomster med områdenavn Storfjorden, tareskogforekomster med kun stortare i bølgebeskyttet område. Etter norsk rødliste for naturtyper er nordlig stortareskog rødlistet i kategori nær truet-NT. Menneskeskapte påvirkningsfaktorer som er aktuelle i sør er klimatiske endringer som økte temperaturer og eutrofi, ref. norsk rødliste for naturtyper (26).

I Solavågen er det registrert ålegrassamfunn med verdi lokalt viktig. Det er nedgang i en del forekomster av ålegrasenger i Sør-Norge, men ålegrassamfunn er ikke registrert på rødlisten for naturtyper. Marine undervannsenger påvirkes både fra landsiden og sjøsiden. Fysisk nedbygging og tilhørende utfylling, mudring og dumping ifm. småbåthavner eller andre tiltak kan føre til tappt areal og forringet tilstand til de nærliggende ålegrasengene. Nærhet til båthavner medfører høy miljøgiftbelastning i ålegrassedimentet, i tillegg til økt risiko for invasjon av fremmede arter. Økt avrenning fra land påvirker salinitet og mengden næring, partikler og humus og bidrar til å formørke kystvannet og redusere voksedypet til plantene. Økte nivåer av næringssalter vil kunne gi redusert tilstand for naturtypen i konkurranse med hurtigvoksende alger, ref. norsk rødliste for naturtyper (26). I Solevågen er det også registrert naturtype «poller» med verdi viktig (17). Lokaliteten er stor og intakt og ifølge naturbase er naturtypen generelt sjelden (17).

Ved ROV-undersøkelser i september 2020 (4) ble det observert hornkorall (*Swiftia pallida*). Denne arten er vurdert til sårbar-VU etter norsk rødliste for arter i november 2021, og har dermed fått en høyere kategori sammenlignet med tidligere rødlistestatus. Arten ble observert i dybdeområde 40 til 136 m i området fra sør for Lahellestranda til sør for Flisnesholmen. Trusler for denne arten av hornkorall er oppgitt med: «fiske med garn og bunnredskaper, samt partikkelutslipp fra akvakultur og

kloakk fører sannsynligvis til en pågående reduksjon i habitatets kvalitet og artens forekomstareal» (26). Det kan ikke utelukkes at det også finnes korallforekomster eller andre viktige naturtyper vest for Lahellestranda, da ROV transektene ikke dekker dette området.

Rødlistede arter tilknyttet sjø fra Artskart er registrert med fiskemåke (sårbar-VU) på Flisnesholmen, dvergdykker (sterkt truet-EN) i Solevågen, hornkorall (*Swiftia pallida*) (sårbar-VU), og blålange (sterkt truet-EN) sør for Flisnesholmen.



Figur 5-4 Tidligere undersøkelser og registreringer av viktige marine naturtyper i nærområdet til planlagt utslipp fra renseanlegg. Gule linjer viser ROV-transekt fra Rådgivende Biologer, rosa skravur viser samfunn av hornkorall, gul skravur tareforekomster (4)). Oransje punkt viser prøvestasjoner ved resipientundersøkelse (7)). Områder for foreslåtte utslipp 1. Kvasneset, 2. Lahellestranda, 3. Flisnesholmen 4. Flisneset. Kartkilde: Multiconsult og Rådgivende Biologer

5.5 Kystnære fiskeridata /økologiske funksjonsområder

Økologiske funksjonsområder er etter naturmangfoldloven definert som områder som oppfyller en økologisk funksjon for arter. Funksjonsområder må omfatte sentrale funksjoner i artenes livssyklus, lokalisert til spesifikke områder. Fra Fiskeridirektoratets kart er det gitt informasjon om kystnære fiskeridata, se Figur 5-5.

Gytefelt Tusvika ligger rundt 4 km øst for planlagt utslipp og er et lokalt viktig gytefelt for kysttorsk med verdi C. Gyteområde for torsk Masdal, ligger rundt 11 km sørvest for utslippsområde, men det er ikke oppgitt verdi på dette feltet.

På begge sider av fjorden er det registrert fiskeplasser med passive redskap som settegarn etter breiflabb, lange, brosme, sei og lyr. Samt krabbe, hummer og leppefisk i strandsonen i hele Sula kommune. Ved nærområde til utslipp ved planlagt renseanlegg ved Kvasneset ble det observert hummerteiner høsten 2018. Registreringene for kystnære fiskeridata viser at flere områder også

fungerer som økologiske funksjonsområder; som gyteområder for torsk, samt leve- og oppvekstområder for flere stedbundne arter som krabbe, hummer, leppefisk og flere.

Både Borgundfjorden og Ellingsøyfjorden er registrert med gytefelt for kysttorsk, Borgundfjorden er klassifisert som et nasjonalt viktig gytefelt, verdi A, og Ellingsøyfjorden er et regionalt viktig gytefelt, verdi B. Dette betyr at både Borgundfjorden og Ellingsøyfjorden er økologiske funksjons-områder for kysttorsk. Kysttorsk sør for 62°N er vurdert som livskraftig etter norsk rødliste for arter (26).



Figur 5-5 Kystnære fiskeridata, 1. Gytefelt Tusvika, 2. Fiskeplasser passive redskap, 3. Gyteområde torsk, Masdal. 4. Gytefelt torsk Borgundfjorden. Rød sirkel viser område for planlagt utslipp ved Kvasneset. Kartkilde Fiskeridirektoratet

5.6 Andre undersøkelser

For å få et inntrykk av mulige effekter av utslipp fra et større sekundærrenseanlegg er det blant annet vurdert informasjon fra utslipp og miljøundersøkelser i Bergen og omegn. Bergen kommune følger opp de kommunale utslippene med ulike undersøkelser, og nærmere opplysninger om resipientundersøkelsene kan finnes på nett, blant annet fra siste undersøkelser fra 2017-2020 (27)

Bergen kommune har hatt en oppfølging av kommunale utslipp siden 1970-tallet med prøveprogram Byfjordundersøkelsen ref. Hogne Hjellevann i Bergen kommune. Dette gjør at man kan følge ulike miljøvariabler og se på trender i sjø over lang tid. Med endringer til rensekrav for kommunale utslipp vil undersøkelsene også fange opp eventuelle endringer over tid både i vannsøyle og ved bunnen. Resipientundersøkelser fra tilsvarende renseanlegg kan gi nyttig kunnskap om forventede endringer i miljøtilstand i forbindelse med utslipp fra et sekundærrenseanlegg, selv om strømforhold, dybde og bakgrunnsverdier i vannmiljøet vil være svært ulike for den enkelte resipient.

Fire av renseanleggene i Bergen kommune ble i perioden 2012-2016 oppgradert, fra mekaniske til kjemiske/biologiske anlegg (sekundærrensing). Kravet for renseanleggene i Bergen er sekundærrensing. Se Tabell 5-1 for et utdrag av spesifikasjoner for fire renseanlegg.

Tabell 5-1 Spesifikasjoner sekundærrenseanlegg i Bergen kommune. Kilde Bergen Vann /Bergen kommune

Sekundærrenseanlegg	Kvernevik	Ytre Sandviken	Holen	Flesland
Ferdigstilt, år	2014-2015	2014-2015	2014-2015	2016
Rensekapasitet, pe	56 000	44 000	134 000	156 000
Utslippsdyp, m	45	35-43	32-42	52-54
Antall utslippsrør	1	2	3	2
Indre diameter utslippsrør, mm	494	555	555	705
Diffusor på utslippsrør	nei	ja	ja	nei

Resultater fra målinger av klorofyll i vannsøylen fra i fjorder rundt Bergen i 2011-2020 viste i snitt tilstand god eller svært god for alle nærstasjonene til renseanleggene. For klorofyll- α og siktedyp har det ikke vært noen tydelig endring i utviklingstrend de siste seks årene.

Bergen kommune undersøker rundt 20 ulike badeplasser i sjø for TKB (termotolerante koliforme bakterier), og disse har vist en reduksjon fra 1994 til 2021. De fleste badeplassene har de siste årene kommet i klasse «god», noen i «mindre god», men ingen «ikke akseptabel». Normer for mikrobiell badevannskvalitet etter EUs badevanndirektiv (25) beskriver «god» <100 TKB /100 mL, «mindre god» 100-1000 TKB /100 mL og «ikke akseptabel» >1000 TKB /100 mL (25).

En fordel med å samle utslipp til færre og større renseanlegg, er at utslipp kan flyttes fra dårligere resipienter til områder med større og bedre resipienter. En annen fordel kan være at det blir enklere å møte fremtidens rensekraft, samt økt kontroll med utslipp ved færre renseanlegg, og mulig reduserte rensekostnader på lang sikt.

Som eksempel viste resultater fra tilsyn av kommunale avløpsanlegg i 2021 (28), blant annet: «Nesten halvparten av de kontrollerte kommunene har mangler angående utslipp via overløp, og flere kommuner har ikke tilstrekkelig oversikt over lekkasjeforhold på ledningsnett. Manglende oversikt gir økt risiko for at ledningsnett og renseanlegg blir underdimensjonert for mengden avløpsvann som kommunen har ansvar for å håndtere, slik at utslipp av urensset avløpsvann til resipienter via overløp øker. Tilstrekkelig rensing av alt kommunalt avløpsvann er viktig for å redusere utslipp av organisk stoff, fett og næringssalter til resipientene.» Både Sula og Ålesund kommuner ble kontrollert for kommunale avløpsanlegg i denne kontrollen.

6 Diskusjon

Sula og Ålesund kommune planlegger å etablere et nytt avløpsrenseanlegg ved Kvasnes i Sula kommune. Avløpet skal føres ut i Storfjorden sør for Kvasneset.

Rådgivende Biologer AS har, i samarbeid med prosjektet, Asplan Viak og med bakgrunn i forprosjektet, kommet med et forslag til utslippspunkt for rensed avløpsvann fra renseanlegget (3). De anbefaler å legge utslippet på 60 m dyp ut i Storfjorden på sørsiden av Kvasneset ca. 280 m fra land. Det er anbefalt å bruke et enkeltrør uten diffusor, men med noe innsnevring på enden fra fortrinnsvis 705 mm til 555 mm.

Multiconsult har i denne rapporten gjennomgått eksisterende data og dokumentasjon fra Rådgivende Biologer for å vurdere egnetheten til planlagt utslipp. Basert på denne gjennomgangen, supplerende modelldata fra Havforskningsinstituttet, nye modellberegninger i Visual Plumes og en gjennomgang av naturmiljøet i havet rundt Kvasneset er det vurdert forskjellige plasseringer av utslippet. Multiconsult har på bakgrunn av dette vurdert egnetheten mht. utslippet ved 4 områder: Flisneset, Flisnesholmen, Kvasneset og Lahellestranda, se Figur 1-2.

6.1 Innlagring og fortynning

Det er flere parametere som avgjør om utslippet fra renseanlegget blir innlagret eller gjennomslag til overflaten oppstår. Kombinasjonen av utslippsmengde og lagdeling i vannsøylen (hydrografien) er avgjørende. Strømhastighet, rørdiameter og retning på røret kan også påvirke hvor i vannsøylen utslippsvannet innlagres. Gjennomslag til overflaten er avhengig av at flere uavhengige parametere har «ugunstige» verdier samtidig, hvor de mest avgjørende faktorene er utslippsmengde og lagdeling.

Fortynningen er mest effektiv før utslippet når innlagringsdyp (primærfortynning), og modelleringen viser at utslippet innlagres innen 30 m avstand fra utslippspunktet, hovedsakelig på mellom 20 m og 40 m dybde. Etter innlagring vil vannmassene fortynnes og spres horisontalt med strømmen vekk fra utslippsområdet (sekundærfortynning). Basert på innlagringsmodelleringene er følgende funnet:

- Ved typisk lagdeling (median hydrografisituasjon): Gjennomslag til overflaten kan oppstå i februar hvis utslippsmengden overstiger 400 l/s, og i februar og mai hvis utslippsmengden overstiger 600 l/s. Utslippsmengden overskrider 400 l/s og 600 l/s anslagsvis 20 % og 3 % av tiden i 2050. Simuleringene viser at det i hovedsak kun er ytterkant av plumen som når overflaten i disse tilfellene og at denne vil være fortynnet ca. 130x før den når overflaten.
- Ved svak lagdeling (sjeldnere enn 10 % av tiden): I månedene oktober, november, februar og mars kan gjennomslag til overflaten oppstå allerede ved en utslippsmengde på 100 l/s (overskrides 98 % av tiden i 2050). Simuleringene viser at det i hovedsak kun er ytterkant av plumen som når overflaten i disse tilfellene og at denne vil være fortynnet mellom 400x og 600x før den når overflaten. Gjennomslag til overflaten kan også oppstå i desember og januar om utslippsmengden overstiger 200 l/s (overskrides 60 % av tiden i 2050) og i april og mai dersom utslippsmengden overstiger henholdsvis 400 l/s og 500 l/s (overskrides 20 % og 10 % av tiden i 2050).

Resultatene viser at om man ser bort i fra strømhastighet vil gjennomslag kunne oppstå om lag 10 % av tiden i oktober, november, februar og mars, resterende måneder hvor gjennomslag er simulert, vil gjennomslag oppstå sjeldnere. Strømhastigheten vil store deler av måneden være høyere enn det som er lagt til grunn i simuleringene, og det forventes derfor at dette er et øvre estimat og at man i realiteten vil oppleve gjennomslag sjeldnere.

Videre er det slik at situasjoner med høyt utslipp ofte opptrer i sammenheng med store nedbørsmengder. Store nedbørsmengder vil føre til et ferskere overflatelag i fjorden, som igjen fører

til sterkere lagdeling og dermed redusere sannsynligheten for gjennomslag til overflaten. Dette er også med på å redusere sannsynligheten og viser at de forskjellige inngangsparameterne til modellen ikke er helt uavhengige av hverandre. Man kan også forvente en noe sterkere lagdeling om vinteren enn hva som naturlig vil forekomme i fjorden grunnet de mange regulerte vassdragene i fjordsystemet (9). Dette er gunstig med tanke på innlagring av utslippet og bidrar til å redusere sannsynligheten for gjennomslag til overflaten gjennom vinteren.

Sensitivitetsanalyse viser at forskjellig rørdiameter ikke påvirker innlagringsdypet nevneverdig. Endret strømstrømhastighet kan påvirke innlagringsdypet hvor høyere strømhastigheter vil føre til raskere fortykning og lavere sannsynlighet for gjennomslag til overflaten.

Rådgivende Biologer (3) har anbefalt å legge utslippet til 60 m dybde. Dette vil være fordelaktig både for å hindre gjennomslag til overflaten og for å redusere sannsynligheten for gjennomslag og høyt innlagringsdyp (innlagring nær overflaten) på sommerstid og tidlig høst.

Resultatene fra Multiconsult underbygger det Rådgivende Biologer har rapportert, som gir at utslippsvannet i all hovedsak innlagres under overflaten, men at svak lagdeling eller høyt utslipp kan føre til gjennomslag til overflaten. Det er størst sannsynlighet at gjennomslag av plumesenteret eller ytterkant av plumen vil opptre gjennom vinterhalvåret når vannmassene har svakest lagdeling. I sommerhalvåret fra juli til september er det ingen modellerte caser som fører til gjennomslag. I juni måned er det kun modellcasen med et utslipp over 600 l/s (overskrider 3 % av tiden i 2050) kombinert med lave strømhastigheter (under 3 cm/s) som fører til gjennomslag. Størrelsesorden på fortykning ved innlagring (primærfortynning) er sammenlignbare med Rådgivende Biologer sine beregninger. Sekundærfortynningen gitt av Rådgivende Biologer (3) har Multiconsult valgt å se bort ifra grunnet mangelfull dokumentasjon rundt modelloppsett og resultater. NF160 er i stedet brukt for å vurdere hvordan strømmen påvirker transporten av utslippsvannet.

6.2 Naturmangfold

Etter vanndirektivet er et miljømål at vannforekomster skal oppnå god eller bedre økologisk -og kjemisk tilstand. For de 12 vannforekomstene i Åsefjorden, Borgundfjorden og Ellingsøyfjorden som er i økologisk tilstand moderat eller dårlig, vil en overføring av dagens utslipp føre til redusert påvirkning av organisk tilførsel i indre fjordområder. Det totale utslippet av næringssalter fra dagens utslipp vil bli redusert på grunn av at rensegrad for SS og BOF5 øker fra gjennomsnittlig antatt rundt 50 % til rundt 80-90 % ved nytt sekundærrenseanlegg. For naturmangfoldet i resipientene vil en overføring av utslipp kunne føre til en forbedring lokalt ved utslippsområdene, med mulige effekter som reduserte opportunistiske ettårige alger, redusert partikkelinnhold i vannet og redusert organisk tilførsel til bunnsedimenter. Blant annet for Borgundfjorden gytefelt for torsk, (verdi A) vil det være viktig å beskytte vannforekomstene mot en økt belastning. Det er vurdert at kapasitet til vannforekomst Storfjorden-ytre er god, og det forventes ikke en forringelse av denne vannforekomsten med et utslipp fra et nytt renseanlegg. Det kan ikke utelukkes at det kan oppstå lokale påvirkninger på naturmangfoldet lokalt nært utslippsområdet, men med eksisterende kunnskap vil påvirkningen trolig være begrenset på grunn av god vannutskiftning og antatt relativt sterk bunnstrøm (basert på ROV bilder fra Rådgivende Biologer (3) og sedimentundersøkelser i 2018). Det er forventet at innblanding av utslipp i hovedsak vil skje mellom 20 og 40 m dyp. Risiko for gjennomslag til overflaten er beregnet som liten i sommermånedene fra juni til september. Det er en fordel å unngå gjennomslag til overflaten i denne perioden siden sommermånedene oftest er den mest sårbare perioden i forbindelse med yngling og oppvekst. Tilførsel av næringssalter i øvre vannlag i sommerperioden kan også stimulere vekst av ettårige opportunistiske alger, noe som er uønsket, og som kan redusere miljøforholdene for de flerårige tareforekomstene som er viktige naturtyper. Med hensyn til friluftsliv, bading og

rekreasjon er det også gunstig at det er vurdert liten sannsynlighet for gjennomslag til overflaten fra juni til september.

6.3 Bakterier i utslippsvann

Aktuelle bakterier som kan spres med utslipp fra renseanlegg er *E. coli*, termotolerante koliforme bakterier (TKB), intestinale enterokokker og andre som også kan brukes som indikatororganismer for avføring fra mennesker eller dyr. Bakterier av typer *E. coli* utgjør en viktig del av tarmen sin normale flora hos mennesker og dyr, men det finnes også varianter som kan gi sykdom. Det finnes *E. coli* bakterier som har gener som gjør at de er motstandsdyktige for flere typer antibiotika, og disse bakteriene vil være viktig å overvåke for å unngå at de spres i naturen. Ved å overvåke utslippsvann kan man også få et bilde av resistenssituasjonen i befolkningen, og noe som kan brukes videre for å utforme strategier for å unngå spredning av antibiotika-resistens.

Konsentrasjonen av *E. coli* og andre fekale bakterier i utslippsvannet er vanskelig å beregne for et planlagt utslipp og vil avhenge av hvor stor andel som fanges opp i renseprosessen og reduseres i slam ved Kvasnes renseanlegg, og vil også kunne variere med utslippsmengde. *E. coli* bakterier vil dø utenfor tarmen til et varmblodig dyr, men kan trolig overleve noen uker fritt i naturen. Andre fekale bakterier fra et utslipp kan også overleve lenger enn *E. coli* i naturen.

Som tidligere beskrevet vil innlagring og fortykning av utslippsvannet samt et eventuelt gjennomslag til overflaten avhenge av blant annet vannstrøm i sjø, utslippsmengder og grad av sjiktning i vannsøylen, se Kapittel 3. Modellert strømdata fra NF160 ved utslippsområdet ved Kvasnes og Lahellestranda viser at strømmen i hovedsak går mot nordøst og sørvest i dette området. Det antas at vannet i ytterkant av plumen bare vil nå land når dette sammenfaller med vær og vindforhold som presser vannmasser mot land samtidig med at innlagringen skjer tilstrekkelig høyt opp i vannsøylen. Det forventes også at vannmassene vil være ytterlig fortynnet enn det som er beregnet ved utslippspunkt (primærfortynning), da fortykningen vil fortsette mens vannmassene eventuelt føres mot land (sekundærfortynning). I sommerperioden fra juni til september er det ikke beregnet at yttergrensen av plumen vil nå overflaten, selv med høyt utslipp fra renseanlegget.

Med en overføring av ca. 11 kommunale utslipp i Ellingsøyfjorden, Borgundfjorden, Åsefjorden og Storfjorden til et nytt renseanlegg vil dette kunne føre til en forbedring av badevannskvalitet i områder der utslipp fjernes. De eksisterende utslippene ligger vanligvis grunnere og nærmere land enn nytt planlagt utslipp ved Kvasnes, hvilket øker risiko for gjennomslag til overflaten. Av erfaring fra andre renseanlegg vil det alltid kunne finnes bakterier i vannmassene rundt et utslipp, samt i innlagret utslippsvann i varierende mengder. En overvåking av vannkvalitet i nærområder til utslipp og badeområder vil gi et bedre svar på den faktiske påvirkningen og mulig spredning utenfor utslippsområdet.

6.4 Vurdering av foreslåtte lokasjoner

Flisneset

Vanntransporten ved Flisneset er hovedsakelig rettet mot vest. Dette medfører at et evt. utslipp i området utenfor Flisneset vil transportere vannmassene fra utslippet i hovedsak mot Flisnesholmen, samt at deler av utslippet vil kunne bli transportert inn i Vågane. Siden innlagringen av utslippet stort sett ligger på mellom 20 m og 40 m dybde, vil terskelen mellom Flisneset og Flisnesholmen som ligger på ca. 30 m dybde ikke bidra til å hindre at utslippet transporteres inn mot Vågane. Resipientundersøkelsen fra 2018 (7) viste at bunnsedimentet i Vågane hadde et høyt organisk innhold i sedimentene og området ble vurdert som sårbar mht. ytterligere påvirkning av organiske stoff. Det er derfor ønskelig at utslippet i minst mulig grad blir ført inn mot Vågane, selv om vannmassene vil

være godt fortynnet før de når Vågane. Flisneset ligger også lenger inne i Storfjorden enn de andre undersøkte områdene og derfor lengre borte fra området med vannmasser definert som økologisk tilstand «svært god», i overgangen mellom Storfjorden og Sulafjorden (Figur 5-1). Det er fordelaktig at utslippet plasseres nært vannmasser som er kategorisert med god økologisk tilstand, da kapasiteten til å ta imot et utslipp vil være bedre i disse områdene. Øst for Flisneset er det registrert et lokalt viktig gytefelt for torsk. Langs Flisneset og Flisnesholmen er det i naturbase registrert større tareskogforekomster med verdi viktig. Tareskogen vil normalt vokse fra 30 m dyp og oppover mot overflaten. Utslipp fra renseanlegg vil hovedsakelig følge strømretning langs land, men det kan ikke utelukkes at en innlagring fra 30 m og oppover kan påvirke tareforekomstene negativt mht. partikler og næringsalter over tid.

Flisnesholmen

Det vurderes som uaktuelt å legge utslippet i umiddelbar nærhet til Flisnesholmen, grunnet dokumenterte naturtyper av middels verdi, samt korallforekomster (se Figur 5-4) av svært stor verdi (3). Korallforekomstene er registrert fra 40 m til ca. 135 m dybde, noe som er positivt med tanke på redusert påvirkning fra utslipp som oftest vil innlagres høyere i vannsøylen. Partikler fra et utslipp vil imidlertid kunne sedimenteres i området med koraller, og over tid få en negativ påvirkning på bestanden. I likhet med Flisneset, er det også ved Flisnesholmen naturtyper med tareskog som kan påvirkes negativt av et alternativt utslipp. Et utslipp ved Flisnesholmen kan føre til at deler av utslippet vil kunne transporteres inn mot Vågane.

Kvasneset

Ved Kvasneset er strømmen i hovedsak styrt av tidevannet inn og ut fjorden, med en hovedtransport mot vest fra 40 m og opp mot overflaten. Ved 60 m dybde er hovedtransporten noe mer rettet mot øst. Målingene fra Rådgivende Biologer viser at strømmen ved alle målte dybder har en hovedtransport mot vest gjennom måleperioden på ca. 9 måneder. Siden innlagringen av utslippet stort sett ligger på mellom 20 m og 40 m dybde er det strømmen i dette dybdeintervall som i hovedsak legges til grunn for å vurdere spredning av utslippsvannet. Strømmen veksler mellom østlig og vestlig retning i dette dybdeintervallet, med en noe større vanntransport i vestlig retning. Noe av utslippet kan bli ført inn mot Vågane når strømmen setter mot øst. Sør for Sunde og sørvest for planlagt utslippsområde ved Kvasneset er det registrert viktige naturtyper med større tareskogforekomster og korallsamfunn av hornkorall. Disse har fått verdisetting med hhv. middels- og stor verdi i KU rapport fra Rådgivende Biologer (4). Beregnet relativ vannutskiftning (Figur 2-9), viser at vanntransport fra et utslipp kan transporteres mot de registrerte naturtypene ved Flisnesholmen og mulig kunne påvirke korall- og tareforekomster negativt på grunn av mindre endringer i saltholdighet, partikler og eventuelt næringsalter. Korallforekomster av hornkorall er i hovedsak observert fra 40 m og dypere, noe som er positivt mht. innlagringsdyp for utslipp.

Lahellestranda

Ved Lahellestranda viser strømmodelldata en tydeligere hovedtransport mot vest fra 20 m til 60 m dybde enn ved Kvasneset, se Tabell 2-3. Strømshastigheten øker når man beveger seg vestover fra Kvasneset mot Sunde. Utslippet vil spres i begge retninger (inn og ut fjorden), men jo lenger vest utslippet ligger jo mer fortynnet vil vannmassene være før de når Flisnesholmen eller Vågane. At transporten er mer vestlig rettet og at strømshastighetene er noe høyere nær Lahellestranda kan bidra til at et utslipp her føres raskere ut av Storfjorden, og mot vannforekomst Sulafjorden som har økologisk tilstand svært god, se Figur 5-1. Et utslipp lenger mot vest vil komme nærmere Solavågen og Køykneset. Siden strømmen stort sett vil følge bunnkonturene langs fjorden er det kun tilfeller hvor innlagringen skjer mellom overflaten og 10 m dybde som vil kunne føre utslippsvannet inn i Solavågen

og Kjøvikneset. Sammenlignet med et utslipp ved Kvasneset vil et utslipp lengre vest også være fordelaktig med tanke på at det blir en lengre avstand til naturverdier med tareskog (NT, B-verdi) og korallsamfunn av kornkorall (A-verdi). Det er også observert tilsvarende korallforekomster av hornkoraller sør for utslippsområde ved Lahellestranda, men det ser ut til at strømmen i liten grad vil føre utslippet i denne retningen, se Figur 2-8.

7 Konklusjon

Basert på Rådgivende Biologer sin rapport (3) og supplerende data i denne rapporten, anser Multiconsult punktene utenfor både Kvasneset og Lahellestranda som aktuelle plasseringer for nytt utslippspunkt.

Ved å samle mange utslipp med en dårligere rensegrad til et nytt anlegg med sekundærrensing vil dette kunne redusere utslipp av suspendert stoff, BOF5 og næringssalter fra resipientene totalt. Det vil være en fordel å overføre utslipp fra vannforekomster med en begrenset kapasitet til en større resipient med bedre kapasitet. Med tanke på fremtidig rensekrav vil det være lettere å tilpasse nye renseløsninger med ett felles renseanlegg. Dette er aspekter som må tas med i vurderingene omkring plasseringen av nytt utslippspunkt, og vurderes opp mot ulempene.

Utslipptet anbefales plassert på 60 m dybde, vinklet 200°, for å redusere frekvensen av gjennomslag. Rørdiameter på mellom 555 mm og 705 mm, antas ikke som avgjørende for hvorvidt gjennomslag vil forekomme ved en median hydrografiprofil (en typisk hydrografi situasjon). Ved svak lagdeling kan imidlertid en mindre rørdimensjon i enkelte tilfeller redusere sannsynlighet for gjennomslag til overflaten.

Utslipptet vil i hovedsak innlagres i vannsøylen på mellom 20 m og 40 m dybde, ved begge utslippspunktene nevnt ovenfor. Gjennomslag til overflaten oppstår hovedsakelig grunnet svak lagdeling i vannsøylen eller høy utslippsmengde. Sannsynligheten for gjennomslag er størst i vinterhalvåret, sen høst eller tidlig vår. Gjennomslag kan typisk oppstå noen få dager i månedene mellom oktober og mars, og sjeldnere i april og mai.

Risiko for gjennomslag til overflaten er beregnet som liten i sommermånedene fra juni til september. Det er en fordel å unngå gjennomslag til overflaten i denne perioden siden sommermånedene oftest er den mest sårbare perioden i forbindelse med yngling og oppvekst. Tilførsel av næringssalter i øvre vannlag i sommerperioden kan også stimulere vekst av ettårige opportunistiske alger, noe som er uønsket, og som kan redusere miljøforholdene for de flerårige tareforekomstene som er viktige naturtyper. Med hensyn til friluftsliv, bading og rekreasjon er det også gunstig at det er vurdert liten sannsynlighet for gjennomslag til overflaten fra juni til september.

Det er noen fordeler ved å legge utslippet til Lahellestranda heller enn Kvasneset. Dette er blant annet på grunn av høyere vanntransport mot vest ved Lahellestranda. Strømhastigheten ser også ut til å kunne øke fra Kvasneset mot Sunde. Økt strømhastighet sammen med en mer dominerende strømetning mot vest vil bidra til at utslipper føres raskere ut av Storfjorden, og mot vannforekomst Sulafjorden som har økologisk tilstand svært god. Dette er fordelaktig da kapasiteten til å ta imot et utslipp vil være bedre i disse områdene. Basert på en tidligere resipientundersøkelse fra Vågane (7), vil det være hensiktsmessig å plassere utslippet lengst mulig mot vest. Da vil utslippet fortynnes i størst mulig grad før det eventuelt blir ført inn i Vågane, et område vurdert som sårbar mht. ytterligere påvirkning av organiske stoff.

Viktige naturtyper med hornkorall- og større tareskogforekomster kan bli påvirket av økt partikkelforurensning fra et utslipp, og som over tid kan ha en mulig negativ påvirkning på bestanden. Ved å plassere utslippet lengre vest vil dette kunne redusere påvirkning for disse naturtypene som er registret i området ved Flisnes og Flisnesholmen.

8 Referanser

1. Norsk Vann Rapport 256/2020. Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg.
2. Forskrift om begrensnig av forurensning (forurensningsforskriften). Del 4 avløp.
3. Brekke, E., G. Dam, J. N. Langfeldt & B. Tveranger 2021. Etablering av nytt avløpsrenseanlegg ved Kvasneset i Sula kommune. Måling av straum, modellering av strauttilhøve og innlagring av avløpsvatn. Rådgivende Biologer AS, rapport 3280, 123 sider, ISBN .
4. Rådgivende biologer. Etablering av avløpsrenseanlegg ved Kvasnest , Sula kommune. Konsekvensutgreiing av marint naturmangfald. rapport 3281,2021.
5. L. Asplin, J. Albretsen, I.A. Johnsen, and A.D Sandvik, 2020, The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast, *Ocean Dynamics*, 70, 1151–1167.
6. S. Dalsøren, J. Albretsen, and L. Asplin, 2020, New validation method for hydrodynamic fjord models applied in the Hardangerfjord, Norway, *Estuarine Coastal and Shelf Sci.*, 246, 107028.
7. Multiconsult. 10205051-RIGm-RAP-001-rev01. Resipientundersøkelse i Ålesund og Sula kommuner. 2019.
8. Jon Albretsen og Lars Asplin, 2021. Havforskningsinstituttet. Hvilken betydning har oppløsning for kyst- og fjordmodeller? Validering og representasjonsberegninger av strømmodeller med eksempler fra Sulafjorden, Møre og Romsdal (ISSN: 1893-4536).
9. Dyb, J.E., Tuene, S. og Rønneberg, J.E., 2003. Møreforskning Ålesund. Storfjordundersøkelsen. Del2 – Hydrografi i Storfjorden, historisk oversikt.
10. Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). Environmental Research. Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, US.
11. Berge, J.A., Schaanning, M.T., Staalstrøm, A., 2018. Utslipp til sjø – kan enkle modeller gi tilstrekkelig grunnlag for vurdering av spredning, fortykning og surhetsgrad? *Vann*. 2018, 53 (1) 15-30, Norsk vannforening.
12. Miljødirektoratet 2013. Veileder for fastsetting av innblandingssoner. M46:2013.
13. Asplan Viak. Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund -Renseanlegg. Prosessnotat.
14. Viak, Asplan. Strømning- og spredningsmodell Storfjorden, Oppdrags nr 622533-01. 2020.
15. vann-nett.no.
16. artskart.no.
17. naturbase.no.
18. portal.fiskeridir.no.
19. norskeutslipp.no.
20. Veileder 02:2018, Klassifisering av miljøtilstand i Vann, Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften.
21. DN-Håndbok 19-2001 revidert 2007. Kartlegging av marint biologisk mangfold.
22. Møreforskning Ålesund. Storfjordundersøkelsen. Del 2 - Hydrografi i Storfjorden, historisk oversikt.2003.
23. fhi.no.
24. Vannkvalitetsnormer for friluftsbad" IK-21/94.
25. EUs badevannsdirektiv (Directive 2006/7/EC).
26. artsdatabanken.no.
27. Rådgivende biologer. Resipientovervåking av fjordsystemene rundt Bergen 2017-2020.
28. Miljødirektoratet M-2201 /2022. Resultater fra tilsynsaksjon ved kommunale avløpsanlegg 2021.

Appendix A.

Validering av modelldata fra NorFjords160 fra Havforskningsinstituttet

For å vurdere om den hydrodynamiske modellen NF160 ((8) og (5)) gir representative resultater for strøm og hydrografi i undersøkelsesområder er modelldata validert basert på måldata av hydrografi og strøm.

Hydrografi

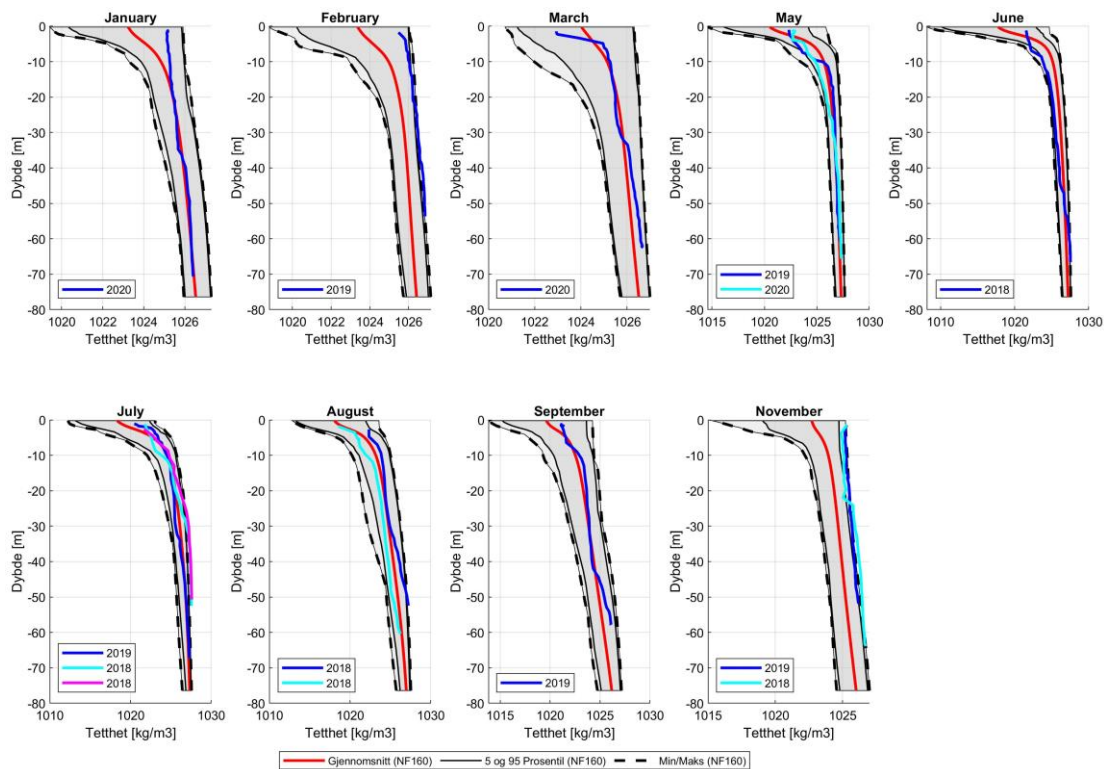
For å vurdere representativiteten av hydrografidata fra NF160 er modelldata sammenlignet med CTD-målinger utført av Multiconsult (7) og Rådgivende Biologer (3). Modelldata er gjort om fra timesverdier til daglig gjennomsnitt for å fjerne variasjoner på kortere tidsskala.

Siden det er tetthetsprofilen som blir brukt i innlagingsberegningene i Visual Plumes, sammenligner vi her tetthetsprofilene fra målinger og utregnet tetthetsprofiler fra NF160 (basert på temperatur- og salinitetsprofilene).

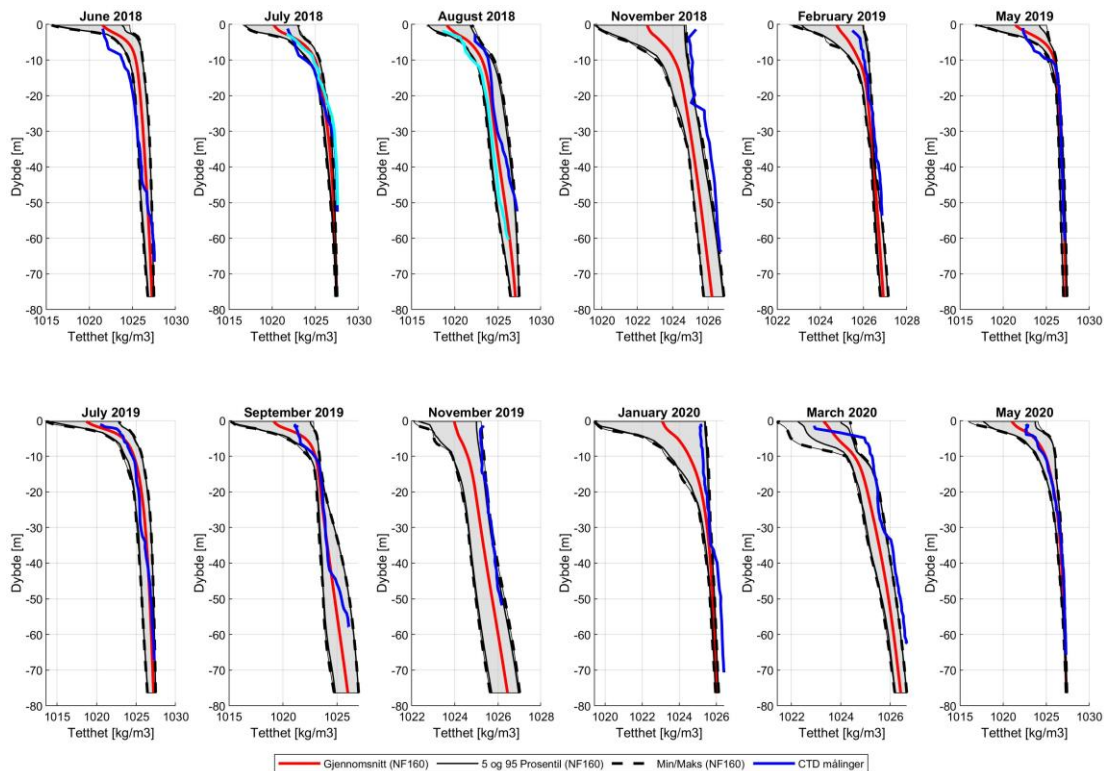
Figur A 1 viser månedlig tetthetsprofiler for alle år med modelldata (2017-2021), sammen med målinger. Figuren viser gjennomsnittlig tetthetsprofil, 5 og 95 prosentilene, samt minimum og maksimum verdier ved hvert dyp. I Figur A 2 er målinger og modelldata vist for samme måned og år, mens Figur A 3 viser overlappende profiler (nærmeste modelltidsskritt til målingene er brukt).

Målinger og modellprofiler for alle år (Figur A 1) viser at målingene stort sett ligger godt innenfor prosentilgrensene. Prosentilgrensene på 5 og 95 angir området hvor 90 % av dataen til modellen ligger innenfor i hver måned. Målte profiler fra februar 2019 og november 2018 og 2019 ligger helt i øvre prosentilgrense av modelldataen når man ser samlet på modelldata for alle år (2017-2021). Trekker man ut modelldata for bare 2019 (Figur A 2) ser man at tetthetsprofilen for februar er noe høy (spesielt lenger ned i vannsøylen), men ligger nærmere modellgjennomsnittet enn om man ser på alle årene. Dette viser at årlige variasjoner oppstår og at modellen klarer å fange dette opp. Ser man nærmere på profilene fra november 2018 og 2019 (Figur A 2) ligger disse i øvre grensen av modelldata når de sammenlignes opp mot både modelldata for alle år (2017-2021) og modelldata for bare det spesifikke året. Det er derfor vist modellprofilen som ligger nærmest i tid til målingene i november (Figur A 3). Sammenlignes overlappende tetthetsprofiler fra november 2018 ser man at profilene er tilnærmet like og at modellen har fangen opp den spesielle situasjonen som er målt ved dette tidspunktet. For november 2019 er tetthetsmålingene en god del høyere enn hva som kommer frem av modellen. Forklaringen kan ha en sammenheng med at det to uker i forkant av målingene knapt var registrert noe nedbør og bare 27 mm de 4 ukene i forkant av målingene (3).

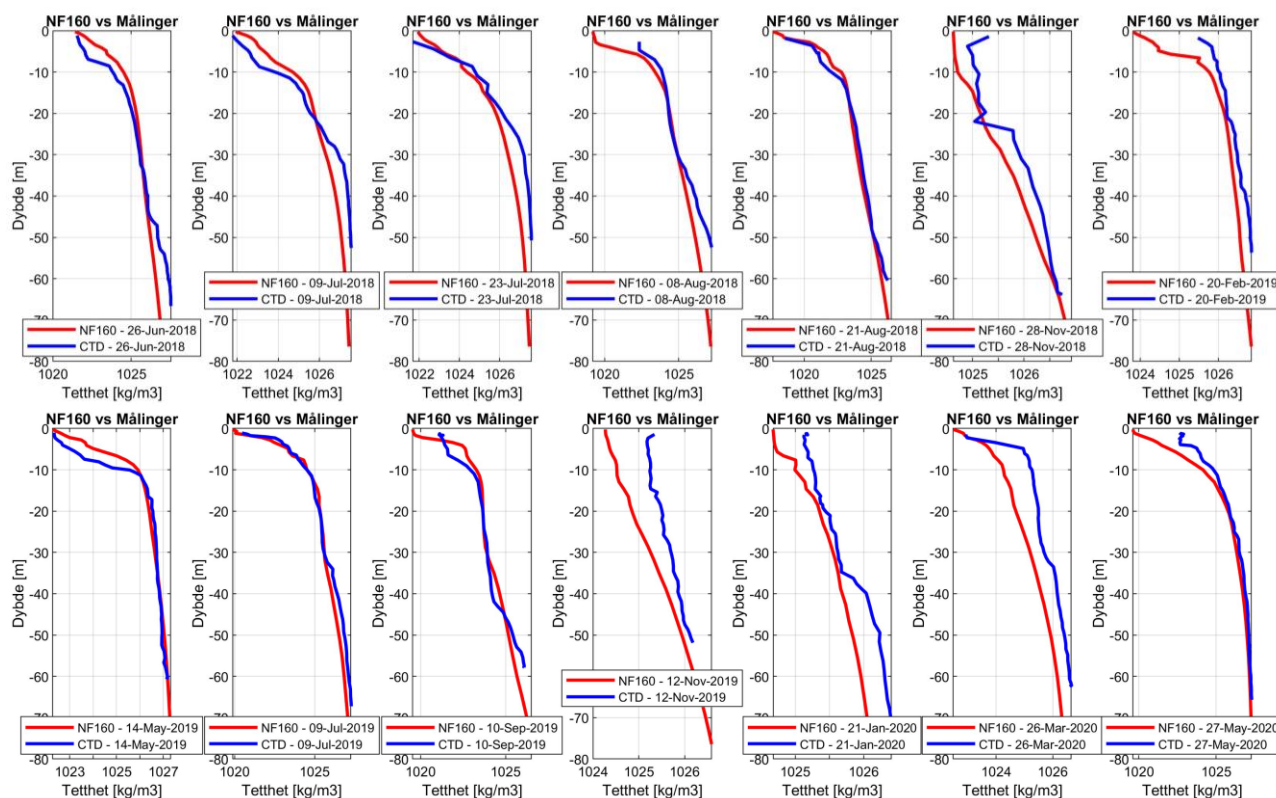
Basert på sammenligningen mellom modelldata og målinger anses hydrografidata fra NF160 å representere området rundt Kvasneset godt.



Figur A 1 Kvasens: Tetthetsprofiler fra NF160 daglig gjennomsnitt, prosentil verdier og maks/min per måned for alle årene (2017-2021), sammen med målinger (7) og (3)). Blå, turkis og rosa linje er målinger



Figur A 2 Kvasens: Tetthetsprofiler fra NF160 daglig gjennomsnitt, prosentil verdier og maks/min per måned for alle årene hvor modelldata overlapper med målinger (7) og (3)). Blå og turkis linje er målinger



Figur A 3 Kvasens: Tetthetsprofiler fra NF160 og målinger (7) og (3)) for overlappende tidspunkt. Rød linje er modelldata (NF160) og blå linjer er målt data

Strøm

Modellopløsningen på 160 m vil begrense nøyaktigheten av den horisontale oppløsningen av modelltopografi ved Kvasneset, men modellen antas allikevel å kunne benyttes for å gi en generell beskrivelse av strømhastighet og strømrretning i fjordområdene og ved utslippspunktet.

Det er valgt å sammenligne strømdata fra 20 m og 40 m dybde, da det er disse dypene som er rapportert, samt det er både måldata og modelldata fra disse dypene.

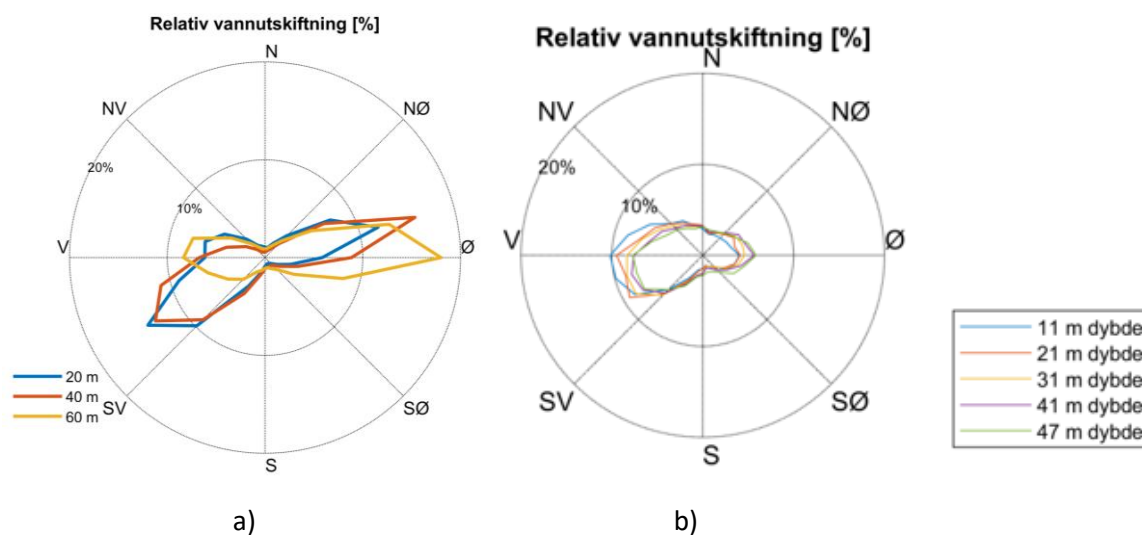
Statistiske parametere for strømhastighet er sammenlignet og vist i Tabell A 1. Dominerende strømrretning fra målinger og NF160 er vist i Figur A 4.

For 20 m og 40 m dybde viser NF160 en vekslende strøm mellom sørvest og øst-nordøst, med en hovedtransport mot sørvest. Målingene (sammensatt data fra Rådgivende Biologer (3)) viser at vanntransporten har en hovedretning mot vest. Det antas at modellpunktet fra NF160, som ligger ca. 80 m øst for målepunktet, kan være noe mer påvirket av sundet mellom Kvasneset og Flisnesholmen enn målepunktet, grunnet modellens horisontale oppløsning. Dette kan muligens forklare hvorfor strømrretningen i modellen er noe vridd mot sørvest i forhold til målingene. Ser man på data fra modellpunktet vest for målingene (ca. 150 m), viser resultatene her at vanntransporten er mer ensrettet mot vest-sørvest, og at hovedtransporten, særlig ved 20 m dybde, i hovedsak er mot vest, se Figur A 5.

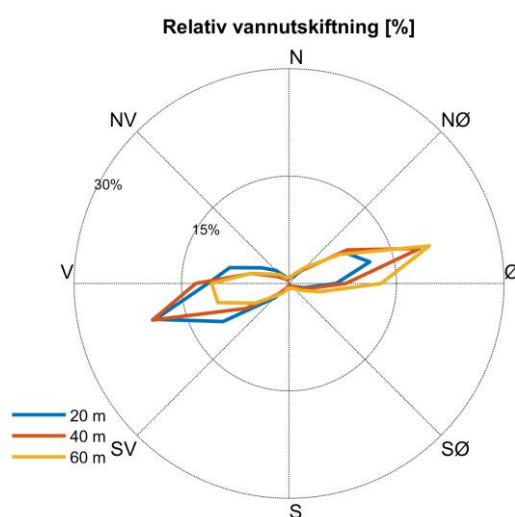
Strømhastighetene i modellen er noe lavere enn i målingene, se Tabell A 1, dette gjelder både gjennomsnitt, prosentil og maksimale strømhastigheter.

Tabell A 1 Statistiske verdier av strømhastighet fra målinger ved Kvasneset (09.07.19-12.11.19 og 26.03.20-05.06.20) og modelldata fra NF160 (10.04.17-01.07.21)

Område	Periode	Dybde [m]	Statistiske parametere for sammenligning av måldata og modelldata									
			Gjennomsnittsstrøm [cm/s]		10 prosentil/ 90 prosentil [cm/s]		Maksimums-strøm [cm/s]		Dominerende strømrretning (mot)		Standard-avvik [cm/s]	
			Målt	Mod.	Målt	Mod.	Målt	Mod.	Målt	Mod.	Målt	Mod.
Kvasneset	Hele	20	6	4	2 / 9	1 / 8	45	32	V	SV	4	3
		40	6	3	2 / 9	1 / 6	45	26	V	SV	3	2
	Overlappende	20	6	4	2 / 9	1 / 8	45	24	V	V	4	3
		40	6	3	2 / 9	1 / 6	45	17	V	SV	3	2



Figur A 4 Vannutskifting gitt for hele perioden med data a) fra modellert strøm fra NF160 og fra b) fra målt strøm ved Kvasneset av Rådgivende Biologer (3), all data



Figur A 5 Vannutskifting fra modellpunktet (NF160) som ligger ca. 150 m vest for målepunktet (62.4158 N 6.3593 Ø). Bare overlappende data med målingene er vist