

A23092 - Åpen

Rapport

Modellering av strøm og vannslektskap i Sør-Troms (Malangen-Sør).

Sluttrapport

Forfatter(e)

Dag Slagstad

Øyvind Knutsen



SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005350
Telefaks: 93270701

fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Rapport

Modellering av strøm og vannslektskap i Sør-Troms (Malangen-Sør).

Sluttrapport

EMNEORD:
Strømmodellering
Vannslektskap
Hydrodynamikk
Troms

VERSJON
2

DATO
2012-05-25

FORFATTER(E)
Dag Slagstad
Øyvind Knutsen

OPPDRAGSGIVER(E)
Sør-Troms Regionråd

OPPDRAGSGIVERS REF.
Børge Arvesen

PROSJEKTNR
820192

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
16

SAMMENDRAG

Prosjektet "Strømmodellering av området Malangen Sør" har som hovedmålsetning å etablere en høyoppløst hydrodynamisk modell for Sør-Troms, simulere et utvalgt år for å få en forståelse av strømningsforholdene i området. I tillegg skal en simulere vannslektskap mellom oppdrettslokaliteter med hensyn på lakselus og virus.

Rapporten skisserer kort oppsettet for modellen og noen resultater som beskriver strømsystemet i modellområdet.

For mere omfattende informasjon henvises til nettsiden:
www.modsnord.sinmod.no.

UTARBEIDET AV
Dag Slagstad og Øyvind Knutsen

KONTROLLERT AV
Ingrid Ellingsen



GODKJENT AV
Trina Galloway

RAPPORTNR **ISBN**
A23092 978-82-14-05439-2

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR



Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
2	2012-05-04	Denne versjon av rapporten har endret status fra Fortrolig (versjon 1) til Åpen.

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
2	Modelloppsett.....	4
2.1	Strømmodell	4
2.2	Lakselus og virus	5
3	Resultater	6
3.1	Tidevann.....	6
3.2	Strømningsmønster	6
3.3	Tidsserier og strøminformasjon fra enkeltlokaliteter	9
3.4	Maksimal strømfart.....	12
3.5	Strømsannsynlighet	13
3.6	Vannslektskap	14
3.7	Brønnbåtruter	15
3.8	Drift av olje.....	15
4	Oppsummering.....	16
5	Litteratur.....	16

1 Bakgrunn

Prosjektet "Strømmodellering av området Malangen Sør" har som hovedmålsetning å etablere en høyoppløst hydrodynamisk modell for Sør-Troms, simulere et utvalgt år for å få en forståelse av strømningsforholdene i området. I tillegg skal en simulere vannslektskap mellom oppdrettslokaliteter med hensyn på lakselus og virus. Resultatene skal legges ut på en nett-side (www.modsnord.sinmod.no).

Prosjektet er finansiert av Sør-Troms Regionråd gjennom Astafjordprosjektet fase III.

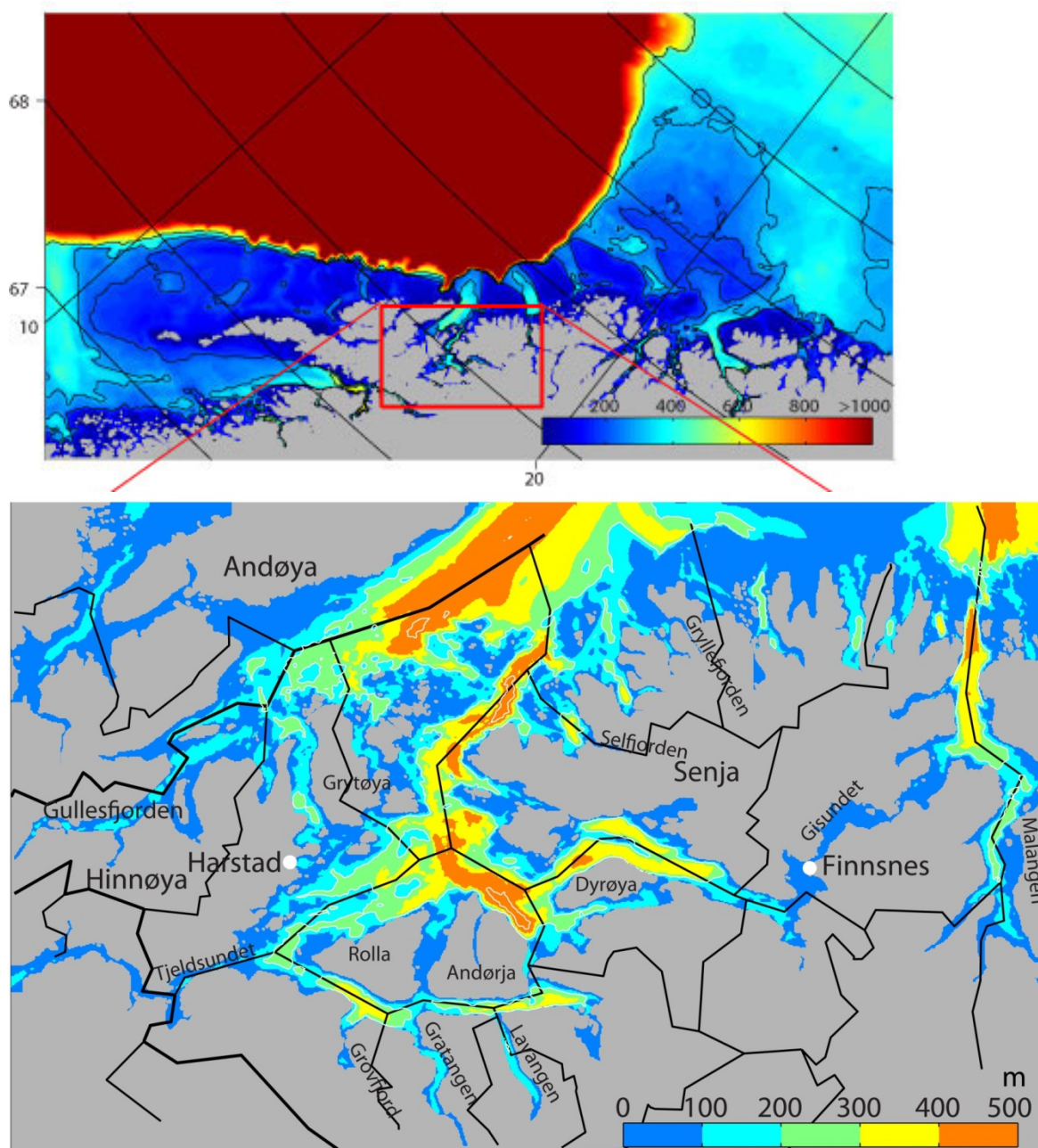
2 Modelloppsett

2.1 Strømmodell

SINMOD er et 3D koblet hydrodynamisk, kjemisk og biologisk modellsystem. Den hydrodynamiske modellen er basert på de primitive Navier-Stokes-ligningene som løses ved endelige differansers metode. Modellen har blitt utviklet ved SINTEF siden 1987 og er etablert for en rekke områder langs norskekysten og Barentshavet. Flere detaljer om modellen finnes i Slagstad og McClimans (2005).

En storskala modell som dekker de nordiske og arktiske havområdene produserer grensebetingelser til en regional modell med en gridoppløsning på 4 km. Denne modellen produserer igjen grensebetingelser til en modell med 800 m horisontal gridoppløsning (se Fig. 1), som igjen tilsvarende produserer betingelser for lokale modeller med 160 m oppløsning.

Modellen drives av tidevann, vind, varmetveksling med atmosfæren, ferskvannsavrenning fra elver og land og av ytre påvirkningskrefter som defineres langs grensene (grensebetingelser). Atmosfæriske data hentes fra ECMWF (European Centre for Medium range Weather Forecasting www.ecmwf.int). Tidevann defineres ved 8 tidevannskomponenter (M2, S2, K1, N2, K2, O1, P1 og Q1) langs de åpne rendene til storskala-modellen (data fra TPXO 6.2, <http://www.coas.oregonstate.edu/research/po/research/tide/index.html>). Ferskvannsavrenning baseres på data fra NVE.



Figur 1. Modellområde for 800m modell (øverst) og 160 m modell for Sør-Troms (nederst). Fargeskalaen angir dybde.

2.2 Lakselus og virus

I prosjektet blir det brukt to typer partikler, som representerer lakselus og virus. De to partikkeltypene antas å flyte fritt med strømmen. Lus-partiklene har i tillegg vertikal adferd og søker mot optimale forhold mellom dybde og saltholdighet i vannet, mens virus-partiklene ferdes fritt med vannmassene.

I løpet av modelleringsperioden slippes partiklene ut hver time for hver partikkeltype fra hver lokalitet som er innmeldt i prosjektet. Utslippsdybden er 2 m under overflaten. Etter at alle partikkelbanene er generert i SINMOD, ser vi på den relative andelen av partikler som forflytter seg mellom lokalitetene. Det regnes som

et treff når en partikkel fra en lokalitet passerer en sirkulær sone med radius på 480 m rundt midtpunktet av et annet anlegg.

I analysen blir det tatt hensyn både til rent slektskap mellom lokaliteter og biologiske forutsetninger for smitteutvikling. I det første tilfellet er lakselus partiklene antatt å være fullmodne og å kunne gi smitte fra utslippøyeblikket, samt at viruspartiklene bærer fullkonsentrasjon av smitte i hele levetiden. I det andre tilfellet gjelder følgende antagelser. Lakseluspartiklene blir sluppet ut i nauplii stadiet der de flyttes med vannmassene til de har oppnådd det smittsomme copepoditt stadiet. Modningstid er beregnet etter Stien et al. (2005) og Amundrud and Murray (2009).

3 Resultater

3.1 Tidevann

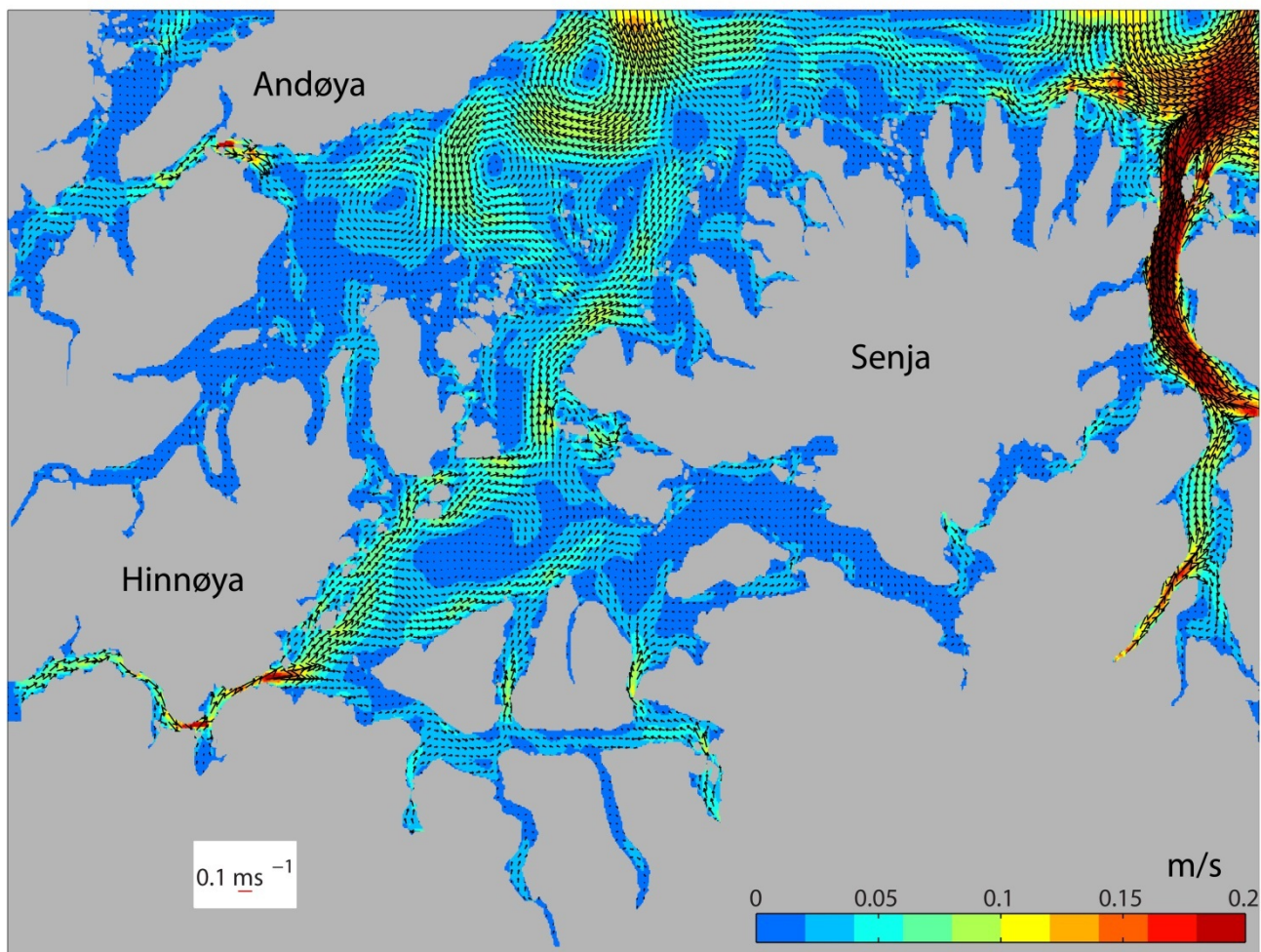
Tidevann (vannstand) i modellen med 800 m oppløsning er sammenlignet mot data fra Sjøkartverket for to stasjoner, Andenes og Harstad. Sammenligningen er gjort ved harmonisk analyse av ca. en måned med modelldata. De simulerte tidevannskomponentene er innenfor 3.1 cm for Harstad og 2.3 cm for Andenes. Se for øvrig prosjektnotat (*Tidevannsanalyse. Sammenligning av harmoniske komponenter fra modell mot observasjoner*) på nettsiden.

3.2 Strømningsmønster

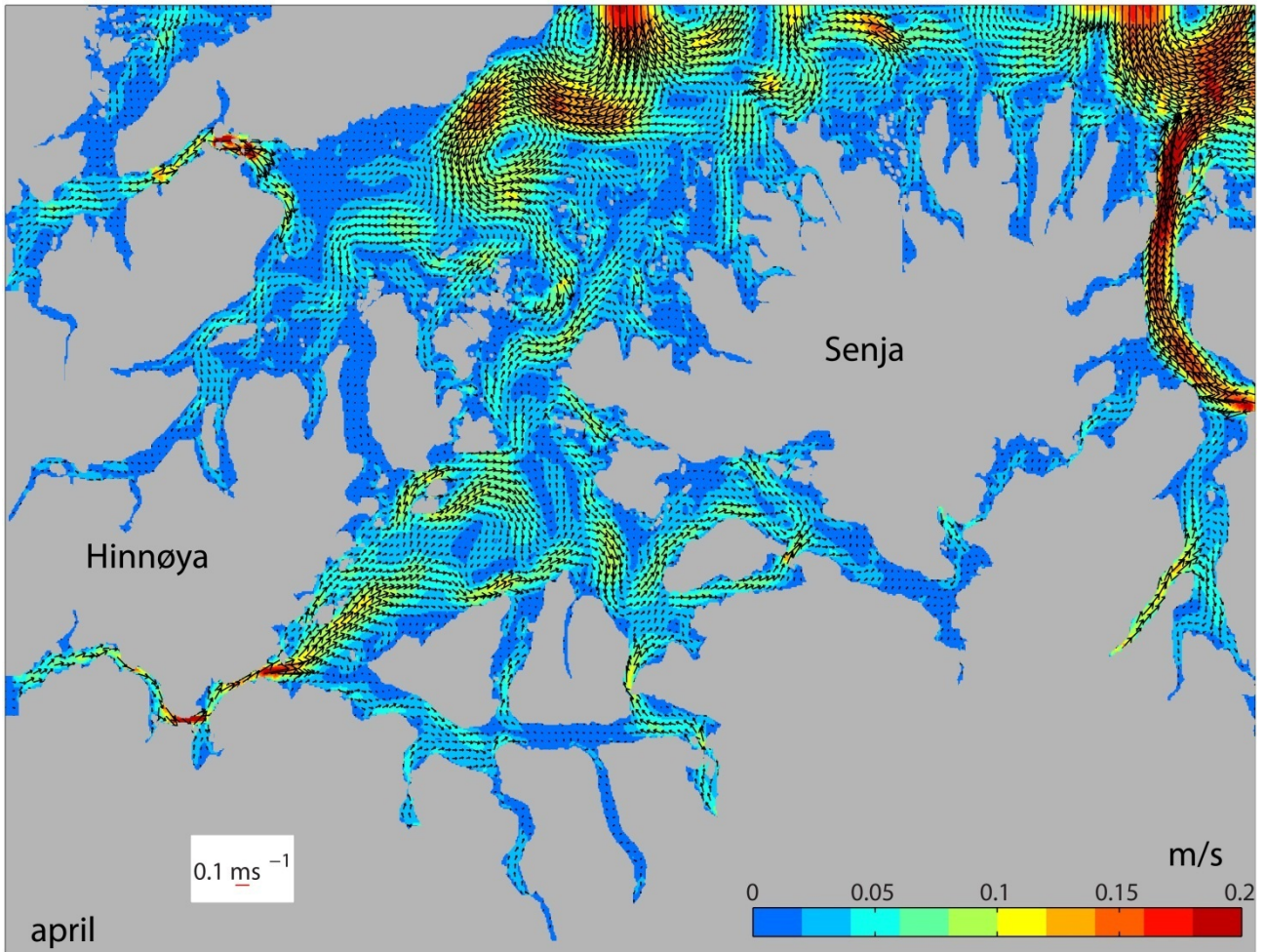
Når en vurderer gjennomsnittlig strøm er det viktig å skille mellom **strømfart** og **strømhastighet**. Beregning av gjennomsnittlig strømhastighet avhenger av strømretningen. I et sund kan midlere hastighet være null hvis hastigheten er den samme i begge retninger i sundets lengderetning. Hvis strømmen har en hastighet på 30 cm/s ved stigende sjø og 30 cm/s i motsatt retning ved fallende sjø vil gjennomsnittshastigheten over en tidevannssyklus være null. Gjennomsnittlig strømfart beregnes derimot uavhengig av retning og vil i dette eksemplet være 30 cm/s.

Modellområdet som er vist i Fig. 1 har flere åpne grenser. Den største, mellom Andøya og Senja gir et dominerende bidrag til strømningsmønsteret i Vågsfjorden og tilgrensende fjorder. Tjeldsundet bidrar med noe ferskere vann fra Vestfjorden. Målselva gir et dominerende bidrag til overflatestrømmen i Malangen.

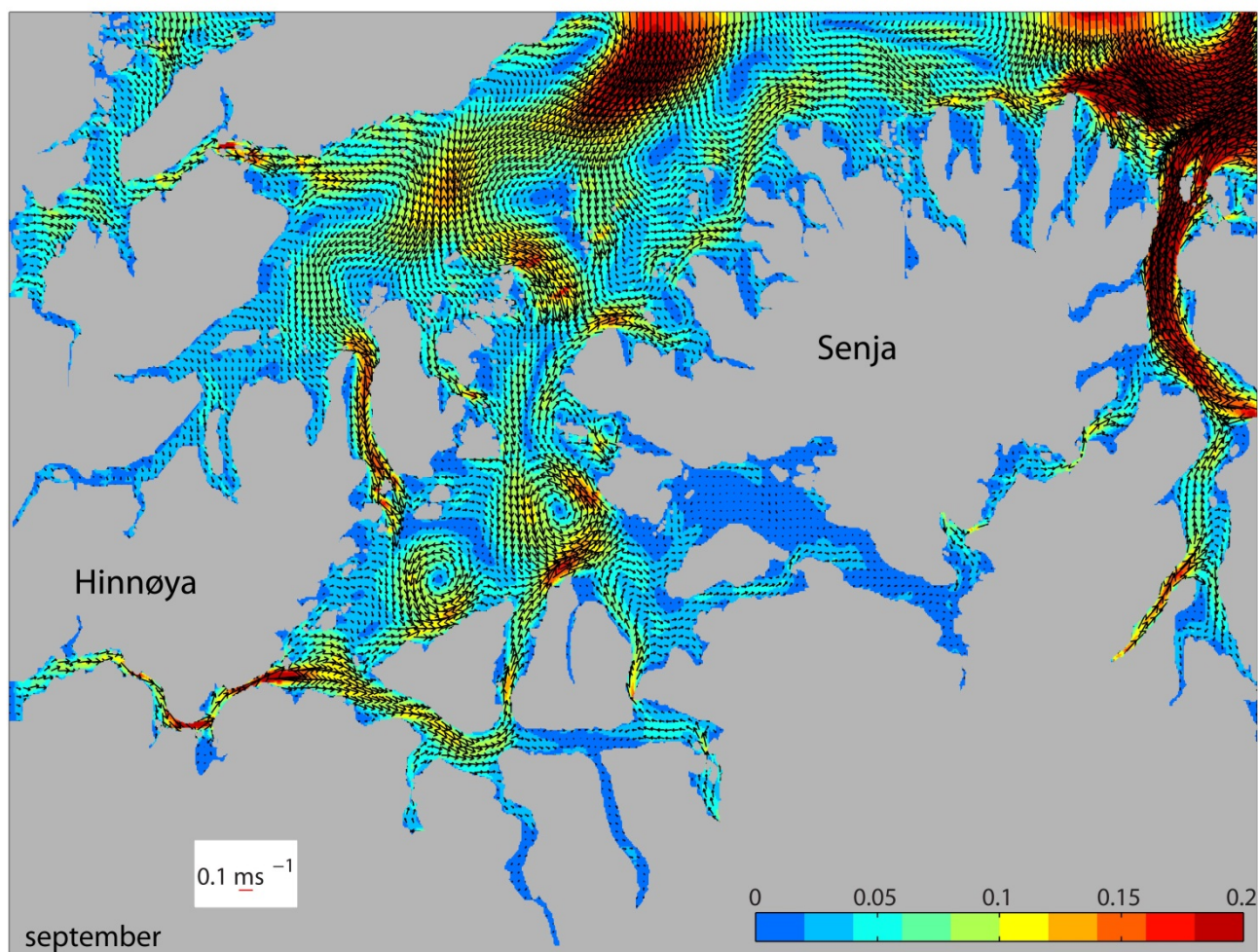
Årsmiddel av strøm i overflaten er vist i Fig. 2. I sør er det innstrømning fra Tjeldsundet som dominerer strømbildet, mens ferskvannet fra Målselva bidrar sterkt til en overflatestrøm som går ut Malangen. Midler en på kortere tidsskala, f. eks en måned blir strømningsbildet straks mere nyansert. Sammenligner overflatestrømmene for april (Fig. 3) og september (Fig. 4) er resultatene ganske forskjellig. Dette skyldes i hovedsak forskjellige vindforhold. Dette illustrerer hvor viktig det er å ha måleperioder (og modellsimuleringer) som er lange nok til å få med de viktigste strømningsmønstre som kan opptre i et område.



Figur 2. Simulert, årsmidlet strømhastighet i overflaten for 2009. Fargeskalaen angir midlere strømhastighet i m/s og pilene peker i strømmens retning. Lengden av pilene viser også hastigheten. De blå områdene har lav middelstrøm.



Figur 3. Simulert gjennomsnittlig strømhastighet i overflaten for april. Fargeskalaen angir hastigheten i m/s.

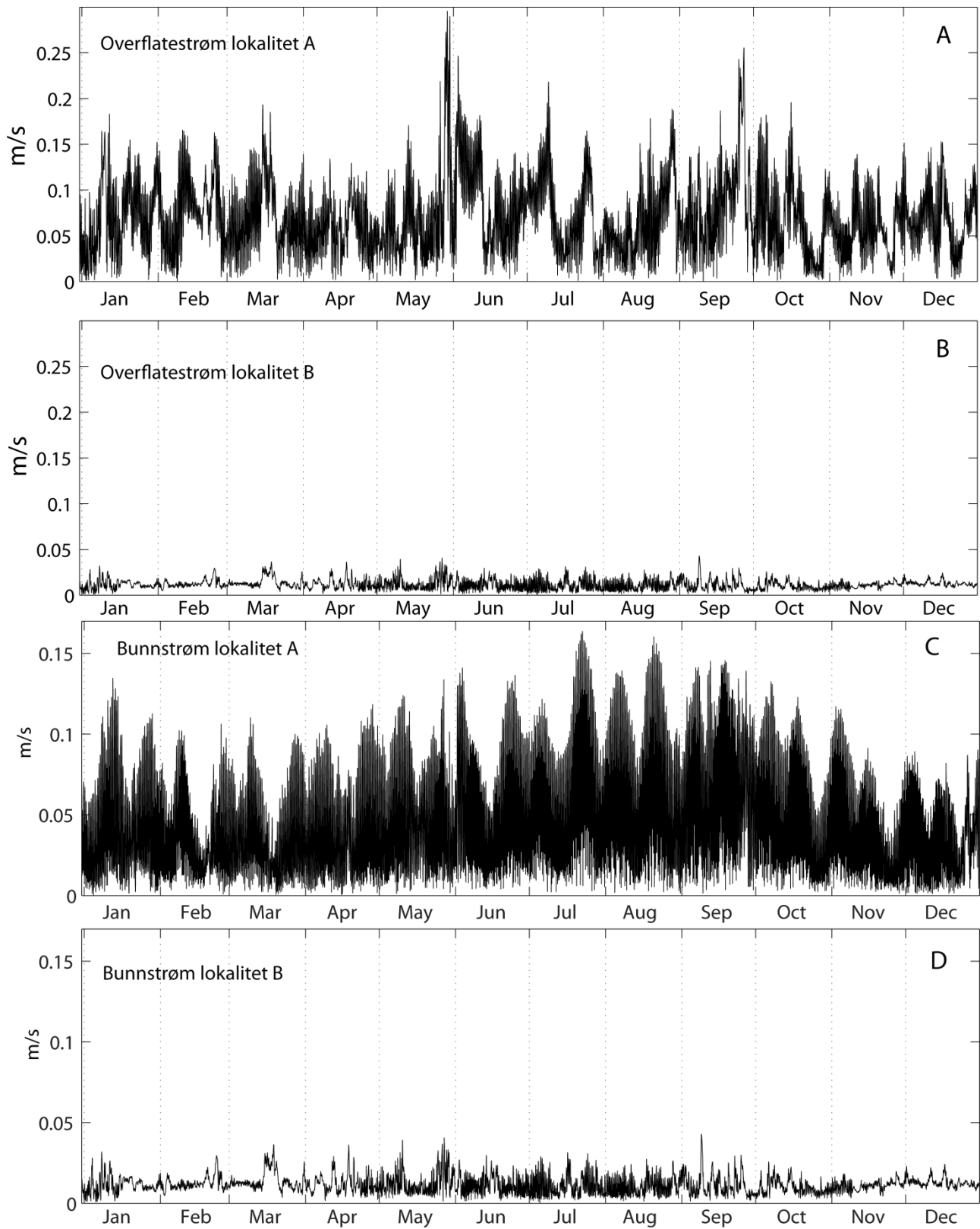


Figur 4. Simulert gjennomsnittlig strømhastighet i overflaten for september. Fargeskalaen angir hastigheten i m/s.

3.3 Tidsserier og strøminformasjon fra enkeltlokaliteter

Før simuleringene startet ble det meldt inn 59 lokaliteter. I tillegg til å studere smittespredning mellom lokalitetene ble det lagret strømfart, temperatur og saltholdighet i flere dyp for hver lokalitet. Fig. 5 viser tidsserier fra to ulike lokaliteter (posisjon er ikke vist). For lokalitet A (Fig. 5A og B) er det relativt høy strømfart. Strømfarten er tydeligvis preget av tidevann og vi ser tydelig et mønster med to strømtopper per måned (spring). Maksimal strømfart i overflaten opptrer i slutten av mai, mens maksimal bunnstrøm ble registrert i juli. Lokalitet B (Fig. 5C og D) har betydelig lavere strømfart og maksimal strømfart i overflata er mindre enn 5 cm/s.

På nett-siden er det gitt midlere og maksimal strømfart over året og for hvert kvartal. En må imidlertid bruke slike data med forsiktighet. Ofte ligger lokalitetene nær land. Den romlige, horisontale oppløsningen i modellen er 160 m. Det betyr at kystlinjen i modellen må tilnærmes med rette linjer med lengde på 160 m (se Fig. 6). Hvis en lokalitet tilfeldigvis blir plassert bak et "nes" som skyldes den romlige diskretiseringen, vil simulert strømfart bli mindre enn i virkeligheten.



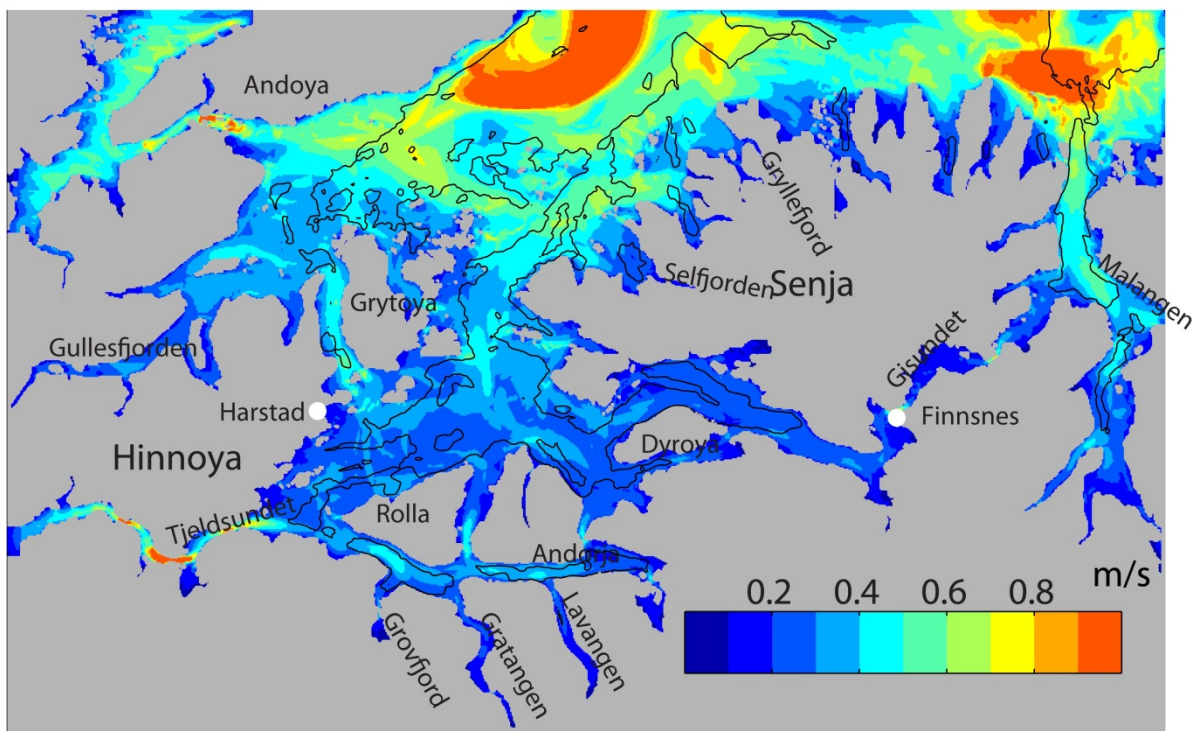
Figur 5. Tidsserier av strøm fra to tilfeldige lokaliteter. Legg merke til at det er ulik skalering på bunnstrøm og overflatestrøm.



Figur 6. Eksempel på modellgrid langs en kystlinje. Modellens ruter er 160×160 m. Kystlinjen i modellen må følge modellens grid-struktur (rød linje). Det betyr at landkonturen blir modifisert i modellen.

3.4 Maksimal strømfart

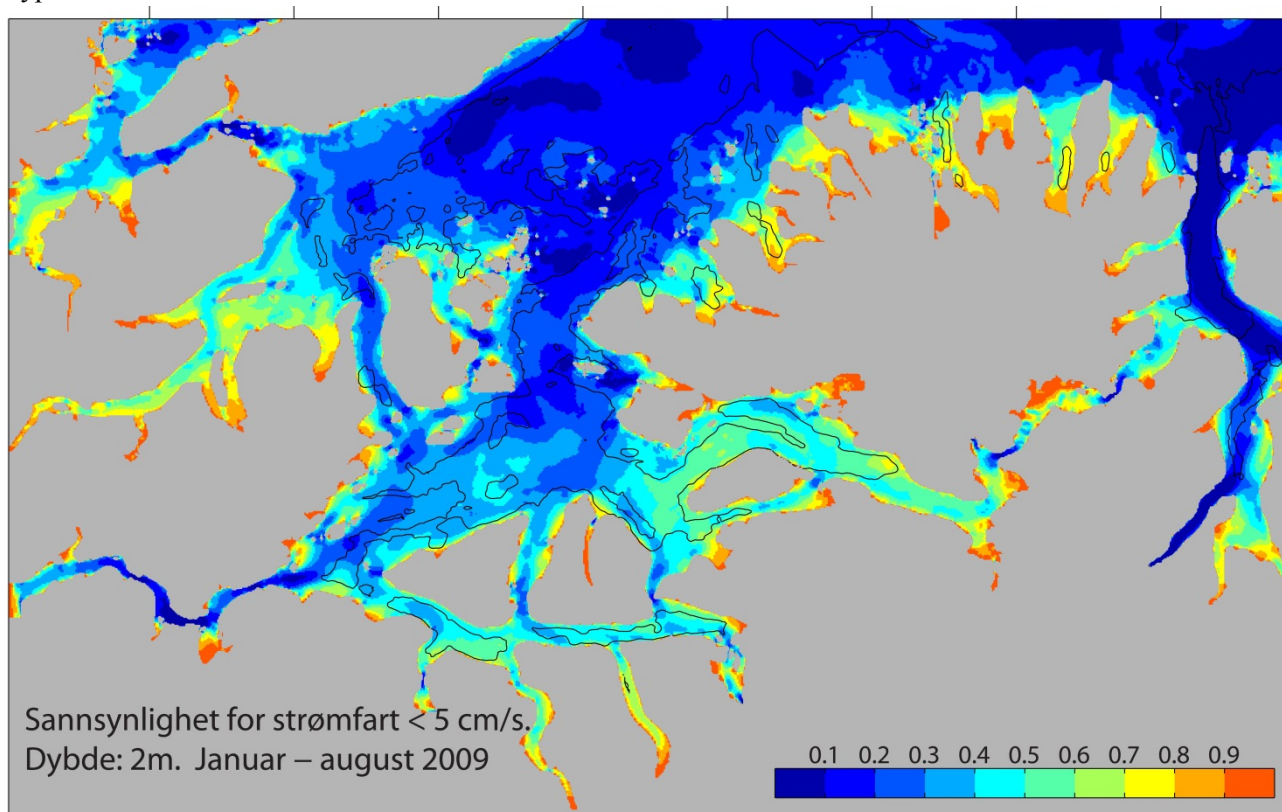
Figur 7 viser maksimal strømfart i overflaten for modellområdet. Vi legger merke til at høy strømfart ut mot kysten (Andfjorden og Malangsdjupet) og i Tjeldsundet med strømfart på rundt 1 m/s. I andre sund er maksimal strømfart mere moderat, rundt 0.5 m/s. Maksimal strømfart for flere dyp og for hver enkelt måned ligger på nettsiden.



Figur 7. Simulert maksimal strømfart i overflaten i løpet av året 2009

3.5 Strømsannsynlighet

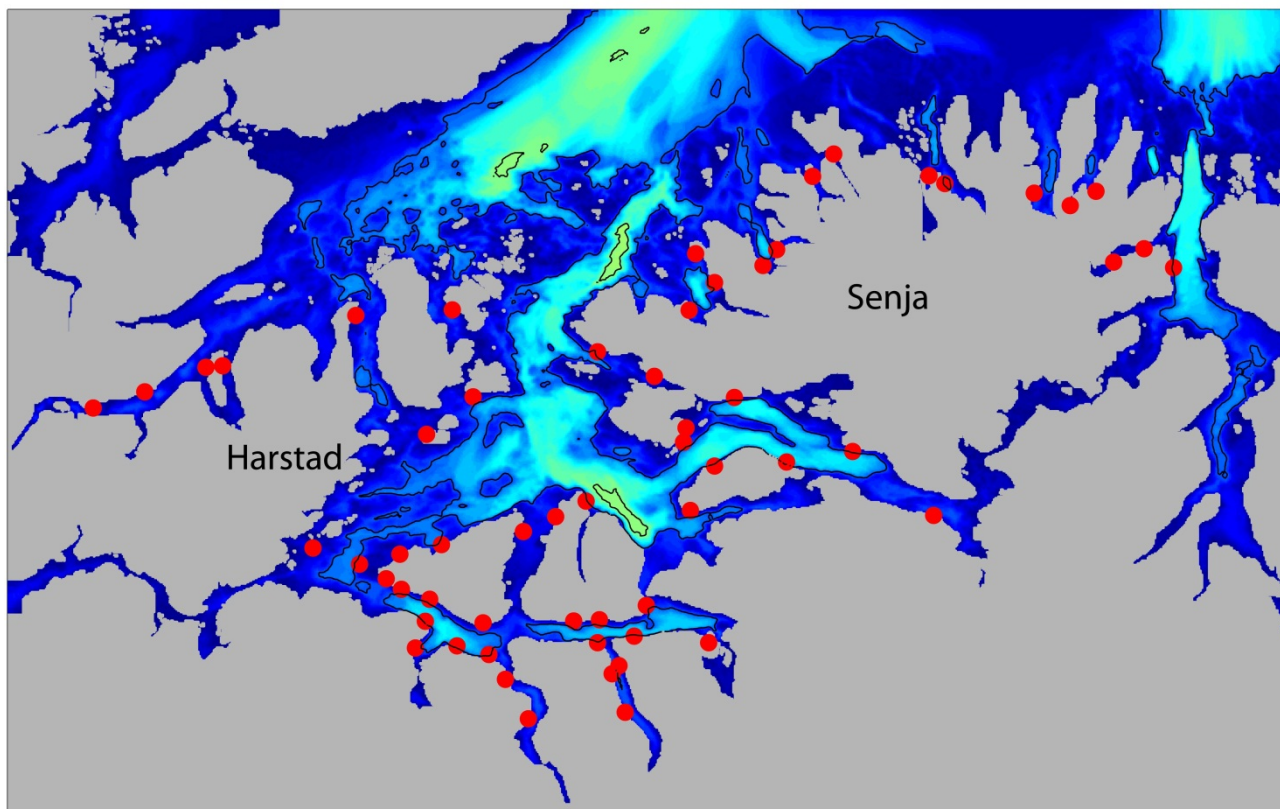
Nyttig informasjon fra modellen er sannsynlighet for at strøm under eller over spesifiserte grenser skal opptre. Figur 8 viser sannsynlighet for at strømfarten er mindre enn 5 cm/s. På nettsiden er det lagt ut figurer som viser sannsynligheten for strømfart mindre enn 5 cm/s og større enn 10 cm/s for hver måned og flere dyp.



Figur 8. Sannsynlighet for strømfarten er mindre enn 5 cm/s i perioden januar-august. Mørkeblå områder indikerer at strømfarten som regel er høyere enn 5 cm/s, mens de røde områdene indikerer at det er stor sannsynlighet for å finne strømfart mindre enn 5 cm/s.

3.6 Vannslektskap

For å studere hvordan smitte i form av virus og lakselus kan spres fra en lokalitet til omkringliggende lokaliteter ble det sluppet partikler fra 59 innmeldte lokaliteter (Fig. 9). Det ble sluppet ut partikler hver halvtime med henholdsvis lus- og virusegenskaper. Dermed er beregningsgrunnlaget for lus og virus 8760 partikler for hver lokalitet for hele året. Sannsynlighet for kontakt mellom lokalitetene er beregnet og ligger på nett-siden for prosjektet.



Figur 9. Oppdrettslokaliteter som er med i denne studien

3.7 Brønnbåtruter

Brønnbåter har en potensiell mulighet for å spre smitte gjennom vann som strømmer gjennom fiskebrønnene og slippes ut i det omliggende vannet.

26 lokaliteter ble valgt for å simulere utslipp av smitte (virus) fra brønnbåt. For å simulere spredning av smitte er det sluppet ut partikler som simulerer virus og pelagisk lakselus. Partiklene transporteres så med strømmen på samme måte som for partikkelutslipp fra oppdrettsanleggene.

Vi har studert drift av partikler for to perioder med ulike vindforhold. Periode I er fra 14. juni til 21. juni. Gjennomsnittlig vindretning er fra nordvest fram til 17. juli. Etter en kort periode med sørøstlig vind får vi vind fra nordøst fra ca. 19. juni. Periode II domineres av sørøstlig vind, bortsett fra en kort periode med nordvest den 28. november. I de eksemplene som er vist her avsluttes spredningsberegningene 18. juni kl. 24 for periode I og 1. desember kl. 24 for periode II. En nærmere beskrivelse av resultatene finnes i et prosjektnotat (*Modellering av strøm i Sør-Troms. Drift av virus og egg/nauplii fra "brønnbåtposisjoner"*) som ligger på nettsiden: www.modsnord.sinmod.no.

Spredning fra de valgte "brønnbåtlokalitetene" er sterkt vindavhengig og det er derfor umulig å komme med en anbefaling om hvilke traseer som vil egne seg for transport av levende fisk. En brønnbåtrute kan under visse omstendigheter være gunstig for noen anlegg, mens andre blir skadelidende.

Hva må til for å kunne gi anbefaling av brønnbåtruter?

1. Siden strømmen i øvre vannlag varierer sterkt med vind (og mengde ferskvann) må en kjenne strømbildet når brønnbåttransporten skal foregå og 2-3 dager fram i tid. Til dette kreves operative modeller, dvs. modeller som simulerer strøm og partikkeltransport daglig ut fra værprognoser (høyopløselige vindfelt).
2. Det må etableres regler for hvordan risiko skal beregnes. To forskjellige ruter vil ofte minske risiko for ett anlegg mens risikoen vil kunne øke for andre anlegg.
3. Hvis utslipp fra brønnbåt kan begrenses til spesielle intervaller må det utvikles et optimaliseringsverktøy som finner den brønnbåtrute med utslipp av "infisert" vann til utvalgte områder som gir minst risiko. Utgifter til alternative seilingsruter må også tas med i optimaliseringen.

3.8 Drift av olje

Olje som slippes ut på sjøen vil ligge på eller nær overflata der vind og strøm får godt tak. Spredning og stranding av oljen vil i stor grad bestemmes av vindmønstret. I perioder med lite vind vil strømmen dominere transporten av oljen. Det ble simulert to eksempler med ulik vindretning på drift av olje fra 10 valgte lokaliteter med to ulike vindmønstre.

Siden oljedrift er sterkt vindavhengig vil områder som Sør-Troms med mange øyer og sund vil et oljeutslipp føre til stranding ganske umiddelbart. Hvis forholdene er slik at oljen driver over en bred fjord, f. eks Vågsfjordbassenget kan det ta et døgn eller to før en får stranding. Dette avhenger igjen av vindstyrken.

Hvis en skal opprette en beredskap for å simulere drift av olje og skadevirkninger av denne er det nødvendig med en operativ strømningsmodell som kobles til en avansert oljedriftsmodell, f. eks. SINTEFs OSCAR. Et slikt koblet modellsystem vil sammen med informasjon om strandtyper (sårbarhet), oppdrettslokaliteter osv. kunne være et meget nyttig verktøy for å styre innsatsen ved et akutt utslipp. Se for øvrig eget prosjektnotat (*Modellering av Strøm i Sør-Troms. Eksempel på drivbaner for olje*) som ligger på nettsiden.

4 Oppsummering

Året 2009 ble valgt som utgangspunkt for simuleringene. Vinteren og senhøsten 2009 og var kald med mye vind fra øst. Årsmidlet av strøm vil sannsynligvis være preget av dette i forhold til et år med mye vind fra sørvest om vinteren.

Resultatene fra strømsimuleringene viser at det kan være store variasjoner i strømmønster gjennom året. Dette styres i stor grad av vindretning og styrke. Noen viktige observasjoner:

1. Strømmen gjennom Tjeldsundet går i hovedsak fra Vestfjorden til Vågsfjorden
2. Det dannes ofte store virvler i Vågsfjordbassenget. Antallet varierer fra 1 til 3 stykker. Det har ikke vært ressurser til å klargjøre de bakenforliggende mekanismer for denne virveldannelsen
3. Overflatestrømmen ut fra Vågsfjorden går i hovedsak ut langs Senja.
4. Strømfarten i fjordene er gjennomgående lav, f. eks Gullesfjorden og Grovfjord-Salangen, men øker merkbart i trange passasjer. Dette synes også å være tilfelle for fjordene på yttersida av Senja.
5. Overflatestrømmen i Malangen er dominert av ferskvannet som kommer fra Målselva. Strømmen er sterk med retning mot kysten. Under dette overflatelaget er strømmen rettet innover i fjorden. Det er generelt lav saltholdighet i Malangen.

Strømmodelleringen og beregning av vannslektskap mellom oppdrettslokaliteter som er gjennomført i dette prosjektet gir et godt grunnlag for å studere andre problemstillinger. Dette kan være:

- a. Simulere spredning av miljøgifter fra f. eks gruveanlegg (krever kobling mot en sedimentmodell)
- b. Bæreevne i form av f. eks. oksygentilstand. Dette krever kobling mot en økologisk modell
- c. Operativ modellering. En modell som henter verdier fra havmodellen til meteorologisk institutt langs de åpne grensene samt høyoppløst vindfelt for så og prediktere strøm og partikkeldrift 2-3 døgn framover i tid.
- d. Videre analyser av vannslektskap ut fra de data som allerede foreligger for å studere spesielle hendelser med hensyn til smittespredning.

5 Litteratur

Amundrud, T. L., and A. G. Murray (2009), Modelling sea lice dispersion under varying environmental forcing in a Scottish sea loch, *Journal of Fish Diseases*, 32(1), 27-44.

Slagstad, D., and T. A. McClimans (2005), Modeling the ecosystem dynamics of the Barents Sea including the marginal ice zone: I. Physical and chemical oceanography, *Journal of Marine Systems*, 58(1-2), 1-18.

Stien, A., P. A. Bjorn, P. A. Heuch, and D. A. Elston (2005), Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout, *Marine Ecology-Progress Series*, 290, 263-275.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no