

Bærum kommune

► Friluft søy i Lysakerfjorden

Fagrappport Vannutskiftning

Vurdering av strømnings- og spredningsforhold

Oppdragsnr.: 5207080 Versjon: J01 Dato: 2022-06-01



Oppdragsgiver: Bærum kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Ellef Ruud
Rådgiver: Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika
Oppdragsleder: Sylvia Stolsmo, Ingrid Disch Løset
Fagansvarlig: Bård Venås
Andre nøkkelpersoner: Solveig Therese Eiane, Stig Bjørnløw Dalsøren

J01	2022-06-01	For bruk	BVE	STIDAL	SYLSTO, INLOES
A01	2022-04-21	Utkast til fagkontroll og tverrfaglig kontroll	BVE	STIDAL	SYLSTO, INLOES
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Bærum kommune planlegger å etablere en ny friluftssøy mellom Fornebubukta og Lagmannsholmen i Lysakerfjorden. Hensikten med tiltaket er etablering av et nytt friluftsområde for å møte behovet fra en voksende befolkning på Fornebu og samtidig gjenbruke overskuddsmasser fra infrastrukturprosjekter i nærheten. Denne fagrapporten vurderer mulige endringer i vannutskiftingen i området i driftsfasen.

Det er gjort en faglig vurdering ut fra de ulike drivmekanismene for vannutskifting i kystnære områder inndelt i faktorene: bølger, ferskvannsstilstrømning, tidevann og vannstandsendringer, trykkdrevet strøm, vind og ytre strømmer. Tidsoppløste 3D-data fra beregningsmodellen FjordOs, som dekker hele Oslofjorden, er analysert spesifikt for Lysakerfjorden.

Det konkluderes med at den viktigste faktoren for vannutskifting i området er ferskvannsstilstrømningen fra Lysakerelven. Variasjoner i salinitet lokalt i Lysakerfjorden oppstår også ved varierende vannføring og påvirker spredningsmønsteret i fjorden. Vinden har også en viss betydning for vannutskifting rundt den framtidige friluftssøya og i Fornebubukta.

Analysene konkluderer med at det i perioder med normal og høy tilstrømning av ferskvann fra Lysakerelven er god utskifting av vann mellom det aktuelle området og fjorden utenfor. Situasjonen vil kunne være annerledes i perioder med lite vannføring i elva, særlig når dette sammenfaller med lite vind.

En ny friluftssøy slik den per nå er tenkt utformet vil ikke endre på vannutskiftingen i nærområdet i betydelig grad. Det bemerkes imidlertid at bredden på sundet mellom Fornebulandet og friluftssøya, og utformingen av selve friluftssøya kan være viktig for vannutskiftingen. Slik planene foreligger nå vil det hovedsakelig være god vannutskifting, men denne vil kunne reduseres om sundet gjøres smalere eller øya mindre «strømlinjeformet».

Innhold

1	Bakgrunn	5
2	Vurdert tiltak	6
3	Drivkrefter for vannutskifting	9
3.1	Bølger	9
3.2	Ferskvannsstilstrømning	9
3.3	Tidevann og vannstandsendringer	10
3.4	Trykkdrevet strøm	11
3.5	Vind	11
3.6	Ytre strømmen (kyststrømmen)	12
4	Analyse av data fra FjordOs	13
4.1	Modellen FjordOs	13
4.2	Typiske situasjoner	15
4.2.1	<i>Perioder med høy vannføring i Lysakerelven</i>	<i>15</i>
4.2.2	<i>Perioder med lav vannføring i Lysakerelven</i>	<i>17</i>
4.3	Statistikk for strømstyrke og retning	21
5	Andre analyser	23
5.1	Strømmålinger	23
5.2	CFD-simuleringer	24
6	Diskusjon	26
7	Konklusjon	27
8	Referanser	28

1 Bakgrunn

Bærum kommune planlegger å etablere en ny friluftssøy mellom Fornebubukta og Lagmannsholmen i Lysakerfjorden. Hensikten med tiltaket er etablering av et nytt friluftsområde for å møte behovet fra en voksende befolkning på Fornebu og samtidig gjenbruke overskuddsmasser fra infrastrukturprosjekter i nærheten.

Planprogram for detaljregulering av ny friluftssøy ble fastsatt den 30.mai 2017. Som en del av reguleringsprosessen ønsker kommunen at tiltaket skal konsekvensutredes.

Ettersom prosjektet har vært endret i løpet av prosessen baseres konsekvensutredningen på tiltaksbeskrivelse som er i tråd med dagens stand av planleggingen.

Flere konsekvensutredninger utføres av Norconsult, basert på grunnlag mottatt fra Bærum kommune, Bærum kommunes Ressursbank, NGI og andre sidestilte konsulenter.

Forliggende konsekvensutredning omfatter virkninger av tiltaket både i anleggs- og driftsfasen.

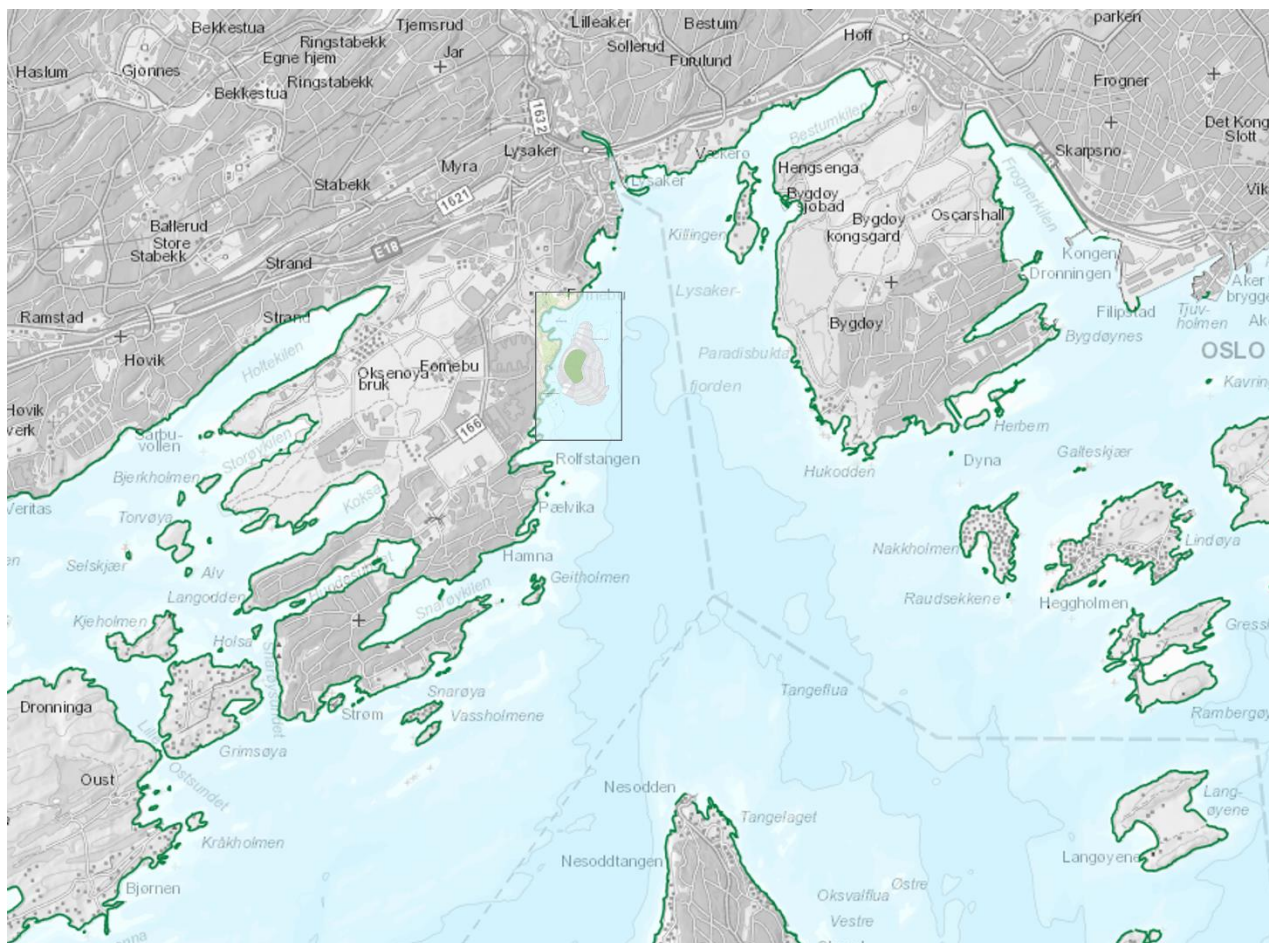
2 Vurdert tiltak

Det vurderte tiltaket i denne rapporten er en friluftssøy anlagt i Lysakerfjorden, på østsiden av Fornebulandet like sør for Fornebukta. Rapporten tar for seg mulig påvirkning på vannutskiftningen, og dermed indirekte vannkvaliteten, i området rundt tiltaket.

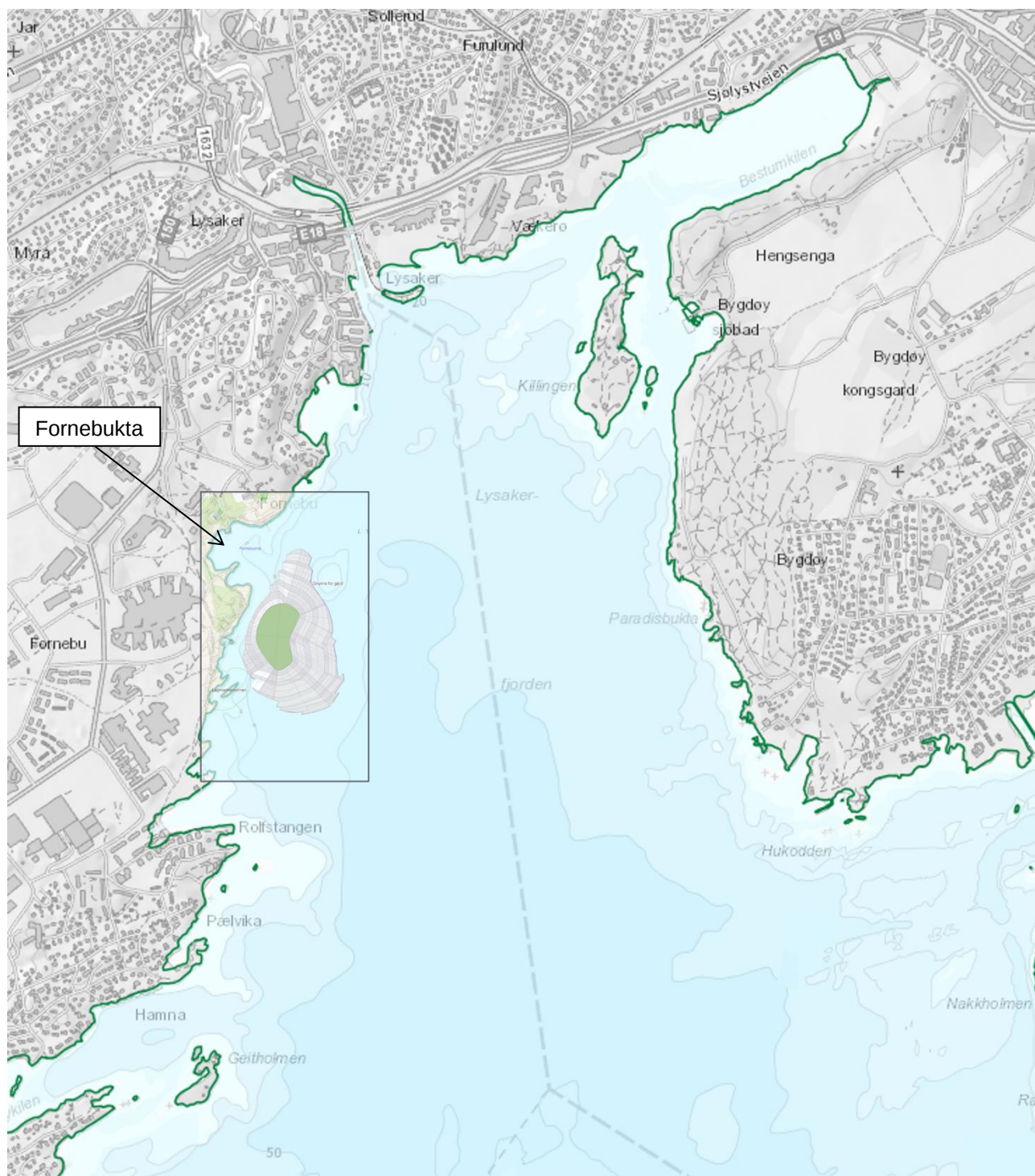
Indre Oslofjord representerer i seg selv et relativt innelukket havområde med utfordringer når det gjelder vannutskiftning og vannkvalitet. I vurderingene som gjøres i denne rapporten ses det kun på relativ effekt av de foreslåtte endringene, dvs. av kystlinje og batymetri (undervannstopografi), sett opp imot dagens situasjon. Det gjøre altså ikke noen vurdering av vannkvalitet i området rundt friluftssøya eller i fjorden som helhet, men om tiltaket vil kunne gjøre forholdene dårligere.

Lysakerfjorden har en dybde på fra rundt 20 - 30 m i nord, utenfor Lysakerelvens munning, til mer enn 50 m midtfjords øst for Fornebubukta og videre sørover. Innover mot Fornebu avtar dybden med varierende helning. Noen steder, som f.eks. mellom Rolfstangen og Rolfsflua, er det relativt lange og grunne områder, mens generelt sett er det langs store deler av strekningen en forholdsvis jevnt avtagende dybde inn mot land.

Figur 2.1 og Figur 2.2 viser Lysakerfjorden med den planlagte friluftssøya tegnet inn. Området over vann er det nær ovale området i senter, mens blått skravert område viser fyllingsfoten under vann.



Figur 2.1 Lysakerfjorden og fjordområdene rundt med friluftssøy tegnet inn. Grønt område er tørt land, mens grått felt er fyllingsfoten under vann. Bakgrunn fra <https://kart.kystverket.no/>.



Figur 2.2 Lysakerfjorden med friluftssøy tegnet inn. Grønt område er tørt land, mens grått felt er fyllingsfoten under vann.

3 Drivkrefter for vannutskiftning

Forhold som påvirker strømforhold og vannutskiftningen i fjorder og kystområder kan skjematisk deles inn i de seks kategoriene listet opp under. Det bemerkes at listen er satt opp i alfabetisk rekkefølge, og at viktighetsgraden av de ulike faktorene varierer mellom ulike lokasjoner og typer av tiltak.

- Bølger
- Ferskvannsstilstrømning
- Tidevann og vannstandsendringer (stormflo)
- Trykkdrevet strøm
- Vind
- Ytre strømmer (kyststrømmen)

Videre i kapitlet diskuteres de ulike drivkreftene hver for seg i lys av forholdene i Lysakerfjorden, og spesielt nær friluftssøya og Fornebukta. Flere av disse mekanismene har sammenhenger seg imellom (vind skaper bølger osv.), men vi mener inndelingen er et egnet verktøy for en systematisk analyse i denne typen arbeid.

Det er viktig å påpeke at alle vurderingene her gjelder forholdene i tiltaksområdet. Utbygningen er så liten, sett opp imot hele Lysakerfjorden, at strømforholdene i fjorden som helhet i praksis vil være upåvirket av tiltaket.

3.1 Bølger

Bølger kan ha påvirkning på vannutskiftning i grunne områder inn mot land. Dette er tilfelle hvis områdene ligger åpent til slik at vinden har nødvendig strøklengde for å bygge opp bølger.

Bølger setter i gang vannbevegelser ned til dybder på typisk en halv bølgelengde, mens bølgehøyden bestemmer hvor kraftige disse bevegelsene er. Det meste av bølgebevegelsene er sirkulære bevegelser og effekten er begrenset med tanke på det å bidra til direkte horisontal transport av vann - det er altså vanligvis tenker på som vannutskiftning. Inne ved land vil bølger som treffer land med skrå vinkel også gi opphav til langsgående strøm langs kysten («longshore drift»).

Ved friluftssøya og i Fornebukta er det relativt liten strøklengde for vinden i de fremherskende vindretningene (S og NNØ) og Fornebukta ligger beskyttet for bølger fra sør. Friluftssøya vil skape en ytterligere hindring for bølger inn mot Fornebukta, men det vurderes at dette vil være av minimal betydning.

3.2 Ferskvannsstilstrømning

Når det gjelder ferskvannsstilstrømning så er det ingen betydelige tilførsler av ferskvann inne i selve tiltaksområdet. Lysakerelven påvirker derimot i sterk grad forholdene i området. Hoffselva bidrar også noe, men har betydelig mindre vannføring og ligger lengre unna, slik at virkningen ikke er sammenlignbar i størrelse.

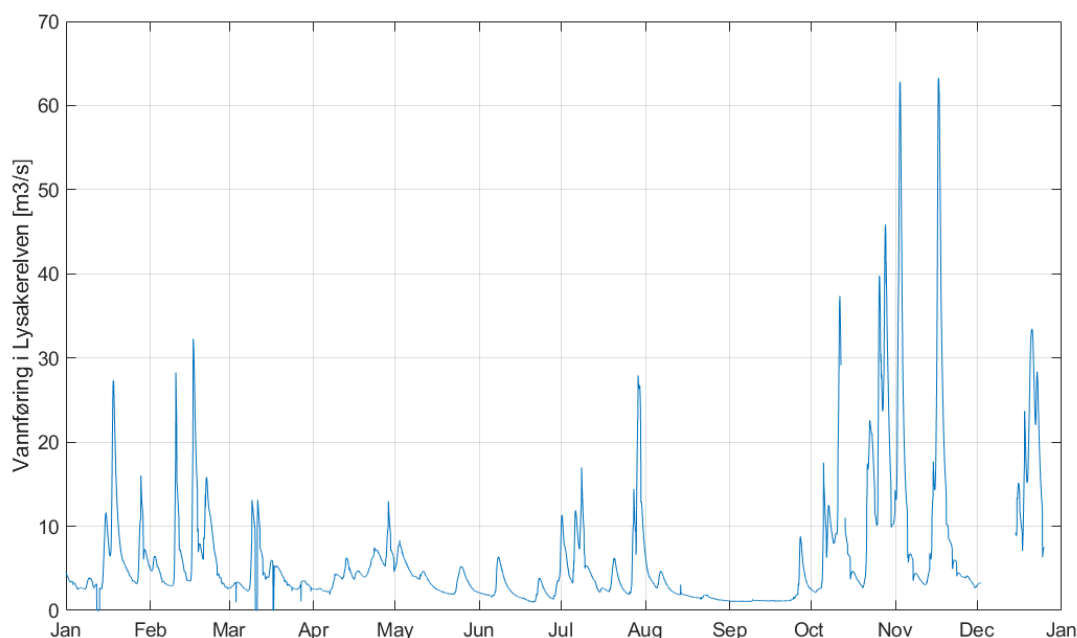
Variasjonene i vanntilførsel fra Lysakerelven påvirker strømningsmønsteret i hele Lysakerfjorden, både direkte gjennom strømhastigheten den setter opp, og indirekte gjennom den påvirkningen tilført ferskvann har på salinitet og temperatur, og dermed tetthetsforskjeller og hydrostatisk trykk i fjorden (diskuteres i kapittel 3.4). Disse forholdene varierer naturlig nok mye med sesong og nedbørsmengder, og det samme vil effekten på vannutskiftningen gjøre..

Figur 3.1 viser variasjonene i vannføring i Lysakerelven gjennom året 2020. En ser tydelig et par perioder med store høstflommer, og en del andre perioder med stor vannføring, både vinter og sommer. En kan i

tillegg legge merke til en tørr periode gjennom det meste av august og september. I denne perioden viser målingene ca. 1 m³/s vanntilførsel.

Det er så stor vannføring i elva at det nærliggende å tro at Lysakerelven har betydelig effekt på vannutskiftingen i tiltaksområdet i perioder hvor det er betydelig vannføring i elva. På samme måte vil effekten være neglisjerbar i perioder som august til september 2020.

Normalvannføringen er ca. 4 m³/s (<https://atlas.nve.no/>) og overflatearealet typisk 4 km². Overslagsmessig tilsier dette at i underkant av 10 cm dybde av fjorden byttes ut hvert døgn. I virkeligheten vil det transporteres enda mer enn dette da strøm i tilført vann alltid trekker med seg mer vann fra omgivelsene («entrainment» på engelsk), samt at tetthetsforskjellen mellom ferskvann og saltvann også setter opp strømning utover ren fortrenkning. Total sett tilsier dette at det både i perioder med høy og normal vannføring vil vannet i de øvre lagene av hele fjorden effektivt skiftes ut relativt hyppig. Dette vil ikke hindres av utbygningen av en friluftsløp.



Figur 3.1 Vannføring i Lysakerelven gjennom 2020 (<http://sildre.nve.no/>).

3.3 Tidevann og vannstandsendringer

De astronomiske tidevannsforskjellene i Oslofjorden er små. Midlere tidevannsforskjell mellom lav- og høyvann er 28 cm, mens høyeste astronomiske forskjell er 72 cm. Statistisk sett er høyeste og laveste vannstand hvert år ca. én meter over og under middelvann (<https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva>).

Virkningen vannstandsendringer har på vannutskifting avtar dessuten innover i fjorden (proporsjonal med overflatearealet på «innsiden»). Store vannstandsendringer vil flytte noe vann inn og ut av området og bidrar til en viss liten utskifting. Utbygningen av friluftsløpa påvirker ikke denne effekten, vannstanden endrer seg like mye uansett.

3.4 Trykkdrevet strøm

Trykkdrevet strøm er strøm som forårsakes av forskjeller i tetthet (densitet) som igjen oppstår på grunn av lokale horisontale variasjoner i salinitet og temperatur. I kyst- og brakkvannssoner, slik som i Lysakerfjorden og Oslofjorden, er saliniteten vanligvis en langt viktigere faktor for dette enn temperaturen og er derfor det som diskuteres i denne rapporten.

I tiltaksområdet vil spesielt raske variasjoner i vanntilførsel fra Lysakerelven påvirke saliniteten i fjorden utenfor munningen og dermed strømningsmønsteret i denne sonen

Utbygningen av friluftssøya antas derimot å ha liten effekt på forholdene i tiltaksområdet når det gjelder trykkdrevet strøm. I perioder hvor det er høyere salinitet i Fornebukta enn ute i Lysakerfjorden, pga. stor tilførsel av lett ferskvann, vil dette skape et pådriv ut og inn av Fornebukta uavhengig av friluftssøya. Friluftssøya blokkerer ikke åpningen inn mot Fornebukta for slik vannutskiftning.

3.5 Vind

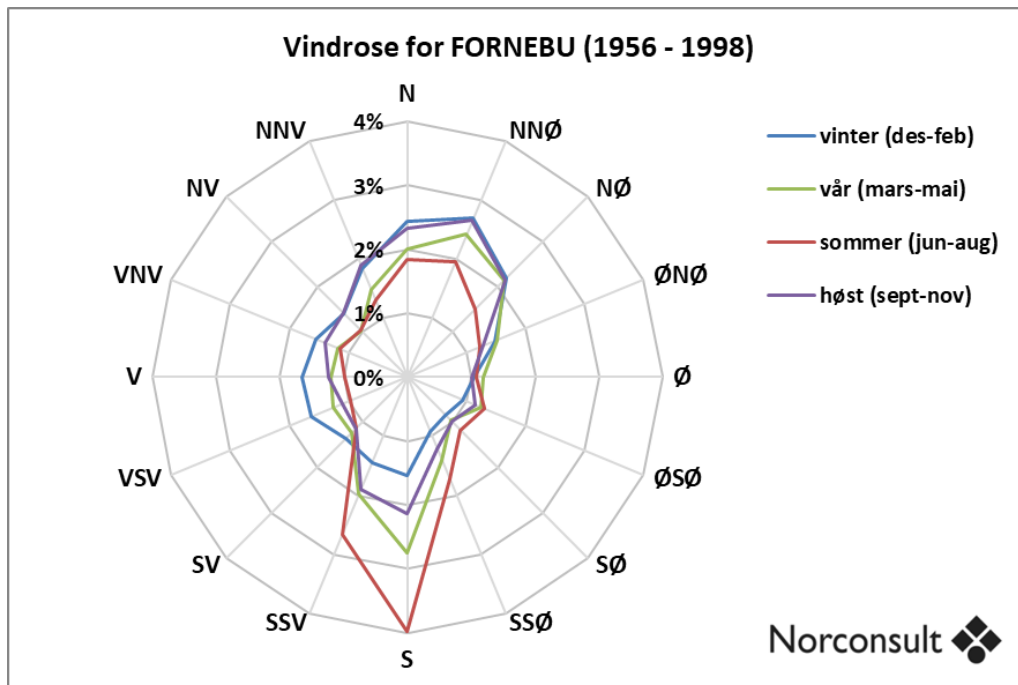
Vind setter opp strøm langs vannoverflaten. Strømhastigheten (og bølgene) er avhengig både av hastigheten og varigheten av vinden. Dybden av overflatestrømmen øker dessuten med varigheten av konstante vindforhold. Som en konsekvens av at den vinddrevne strømmingen går langs overflaten, settes det vanligvis opp motgående strøm under dette sjiktet, som omtales som kompensasjonsstrøm.

Figur 3.2 viser en vindrose fra Fornebu lufthavn i perioden denne var operativ. En kan se at de fremherskende vindretningene går langs Lysakerfjorden og Vestfjorden, dvs. omtrent retning sør og nord-nordøst. Vinden fører altså i utgangspunktet overflatevann i disse retningene. Det er alltid en viss dreining av vannstrømmen mot høyre (på den nordlige halvkule) for strømrretningen pga. Coriolis-krefter, men effekten av dette vil være små med de strømhastighetene og avstandene som er aktuelle i disse områdene.

En overordnet vurdering for områdene rundt Fornebu, er at vinddrevet strøm kan være av en viss betydning for vannutskiftningen rundt friluftssøya og Fornebukta. Dette er til tross for at det blåser relativt lite i Oslo-området. Målt middelvind på Fornebu er 2,2 m/s og er dermed enda noe lavere enn Blindern som har 2,7 m/s.

Friluftssøya kan videre tenkes å redusere vinddrevet utskiftning i Fornebukta noe ved vind fra sør. Det nye sundet mellom Fornebulandet og friluftssøya er derimot «strømlinjeformet» og såpass bredt oppe langs vannoverflaten at det virker rimelig at akselerasjonene gjennom sundet vil kompensere relativt godt for blokkeringen øya skaper.

Vindpåvirkningen i selve sundet vil bli svært god, så vannutskiftningen i området lokalt her vil bli bedre enn i dag. Det er vanskelig å si noe veldig presist om endringene i Fornebukta, ut fra en slik vurdering, men i det store og det hele er det vanskelig å se for seg at vindpåvirkningen blir mye endret fra dagens situasjon.



Figur 3.2 Vindrose fra Fornebu lufthavn (data fra klima.no).

3.6 Ytre strømmer (kyststrømmen)

Kyststrømmen, dvs. den ytre strømmen langs norskekysten, vil ikke direkte påvirke forholdene så langt inn i Oslofjorden på noen måte. Lysakerfjorden er derimot såpass åpen at den påvirkes av områdene ut mot Nesodden, og strømforholdene i Vestfjorden og Bunnefjorden. Utskifting av dypvann i indre Oslofjord (Vestfjorden, Bunnefjorden og tilhørende områder) styres av storskala drivkrefter. Friluftssøya vil ikke påvirke disse effektene på noen signifikant måte.

4 Analyse av data fra FjordOs

4.1 Modellen FjordOs

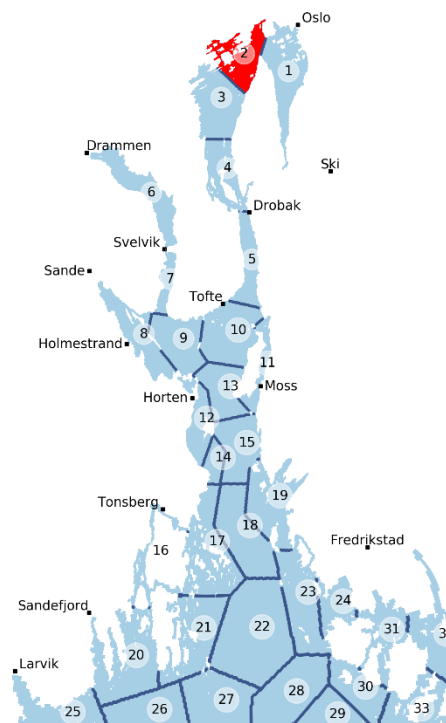
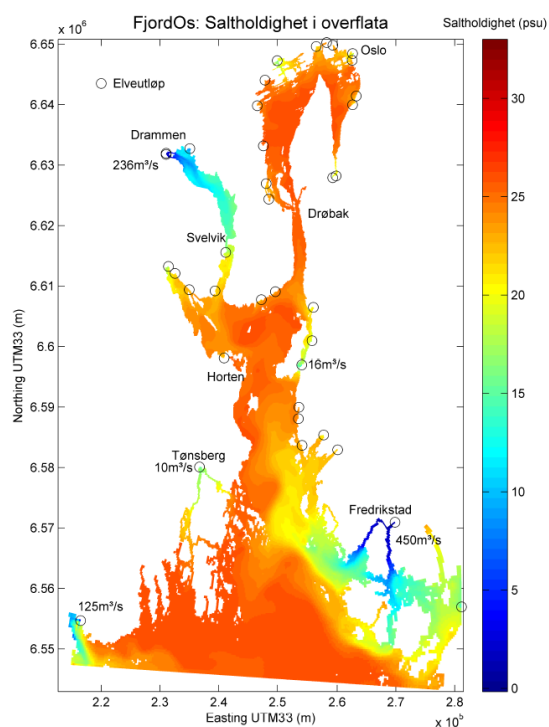
For å vurdere virkningen av tiltaket er data fra strømningsmodellen FjordOs hentet inn og analysert. FjordOs er en numerisk modell bygget opp rundt modellen Regional Ocean Modeling System (ROMS). ROMS er en havmodell basert på grunnleggende likninger for strømning (kontinuitet og Navier-Stokes likninger) og transportlikninger for salinitet og temperatur m.m. Modellen benyttes og utvikles av forskere over hele verden.

I FjordOs er ROMS satt opp og testet spesifikt for hele Oslofjorden, dvs. for området vist i Figur 4.1. Horisontalt varierer oppløsningen på modellens beregningsnett fra rundt 300 meter i sør, ut mot Skagerak, til ca. 70 meter i Lysakerfjorden. Det er 42 terrengfølgende lag vertikalt. Vertikal oppløsningen er dermed proporsjonal med dybden, med fineste oppløsningen langs overflaten, eksempelvis ca. 25 cm i midten av Lysakerfjorden. FjordOs henter inn data fra en meteorologisk modell (AROMEMetCoOp) for innflytelsen av atmosfæren langs vannoverflaten, og en havmodell (NorKyst800) for forholdene ved den ytre havgrensen mot Skagerak. Det er lagt inn tidsvarierende vannføringsdata for 37 elver langs fjorden.

FjordOs er utviklet av i samarbeid mellom en rekke partnere som er listet opp på modellens hjemmeside (<https://fjordos.usn.no/>). 3D-data for bl.a. strøm, salinitet og temperatur ligger her åpent tilgjengelig med én times oppløsning for perioden fra 2014 til 2020.

I dette arbeidet er data lastet ned for hele 2020 og benyttet i egne analyser for Lysakerfjorden spesifikt. Det ble utviklet egne datarutiner i Matlab for å laste inn, pakke ut, analysere og presentere dataene. Som tekniske referanse for dette arbeidet ble rapporten *A high-resolution, curvilinear ROMS model for the Oslofjord* [1] benyttet.

Det er viktig å innse at datasettet ikke er en eksakt representasjon av forholdene i Oslofjorden, eller for Lysakerfjorden isolert. Dataene kan derimot ses på som en «virkelighetsnær representasjon» av de faktiske forholdene. Dataene suppleres med egne faglige vurderinger for å sette resultatene i en større sammenheng.



Figur 4.1 Venstre: modellområdet til FjordOs med elveutløp markert (figuren viser salinitet i overflaten ved et spesifikt tidspunkt og er hentet fra referanse [1]). Høyre: modellens delsegenter for nedlasting av data (<https://fjordos.usn.no/>). Lysakerfjorden ligger i sone 2.

4.2 Typiske situasjoner

Figurene som vises dette kapitlet, er stillbilder fra en video som viser dataene langs overflaten (i det øverste laget av modellen) for hele året 2020. I venstre del av figurene vises strømhastighet som farger i henhold til skalaen fra 0 til 0,4 m/s. Strømretningen er vist med vektorpiler med lengde proporsjonal med hastigheten. I høyre del av figurene er saliniteten (i psu) gitt fra 0 til 30, tilsvarende et saltinnhold på ca. 0 til 30 g/kg vann.

Friluftssøya er skissert med lilla farge i figurene for å lette tolkning av resultatene. Det påpekes at det ikke er kjørt noen nye simuleringer av FjordOs med friluftssøya, og det antas at dette ikke er mulig siden området er for lite til å kunne løses opp i denne modellen.

De horisontale aksene i figurene er gitt i meter og i henhold til et lokalt koordinatsystem med origo nær nordenden av friluftssøya. Den horisontale oppløsningen i Lysakerfjorden er rundt 70 meter i dette området. Dette gir en begrenset oppløsning av kystlinjen og for å illustrere dette er faktisk kystlinje vist med svarte stiplet strek.

Når en ser på videoen av strømmingen, er det første en legger merke til hvor variable forholdene er. Vannets mønster skifter og «flakker» generelt flere ganger om dagen. Dette ses tydelig i strålen fra Lysakerelven i perioder med høy vannføring derfra, men også i andre perioder hvor det er andre og svakere drivkrefter som styrer strømforholdene.

For å illustrere det en ser i videoen er det plukket ut karakteristiske situasjoner som diskuteres nærmere her. For å få et virkelig godt inntrykk av dynamikken er det derimot, naturlig nok, klart best å se videoen.

4.2.1 Perioder med høy vannføring i Lysakerelven

Den første av de to store høstflommene i 2020 kulminerer 2. november. Figur 4.2 viser situasjonen kl. 02, like etter at vannføringen begynner å stige raskt. Det går på dette tidspunktet 40 m³/s i elva. En ser i den venstre figuren at det begynner å danne seg en stråle utover i fjorden. Det aller mest interessante sees allikevel i den høyre figuren, hvor en ser at den raske tilførselen av ferskvann starter å presse og/eller tynne ut saltvann fra fjordens overflatesjikt.

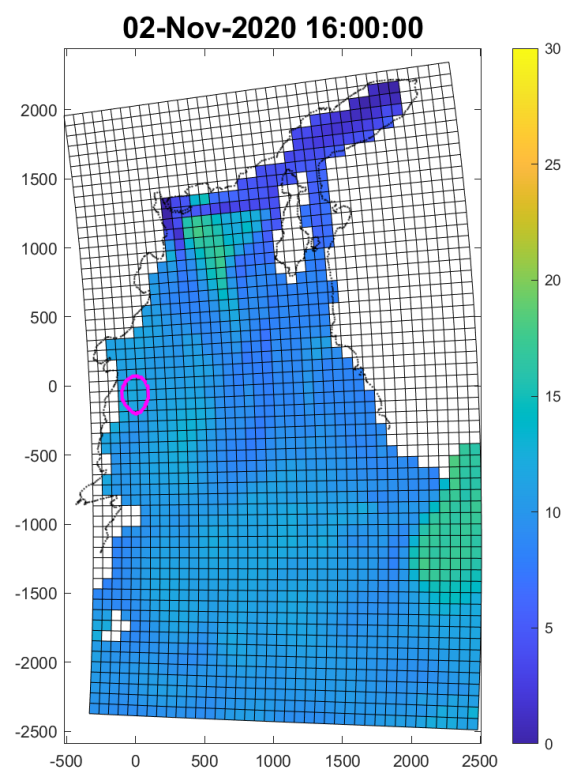
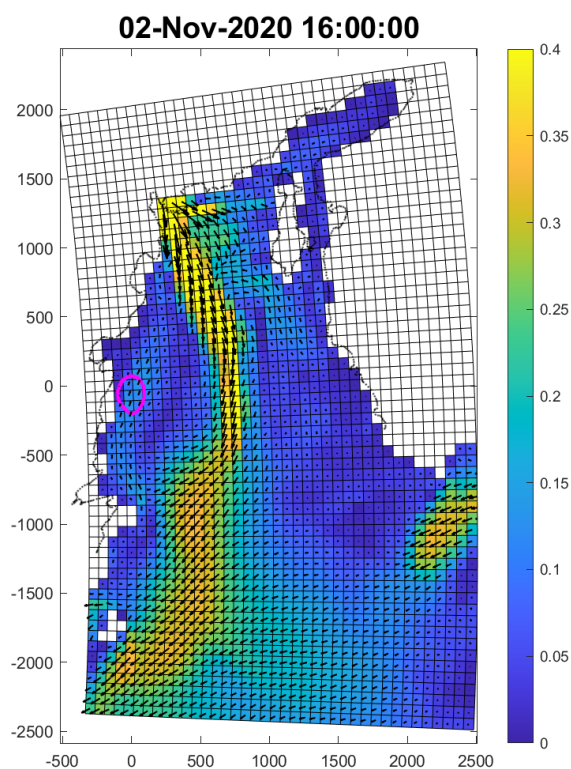
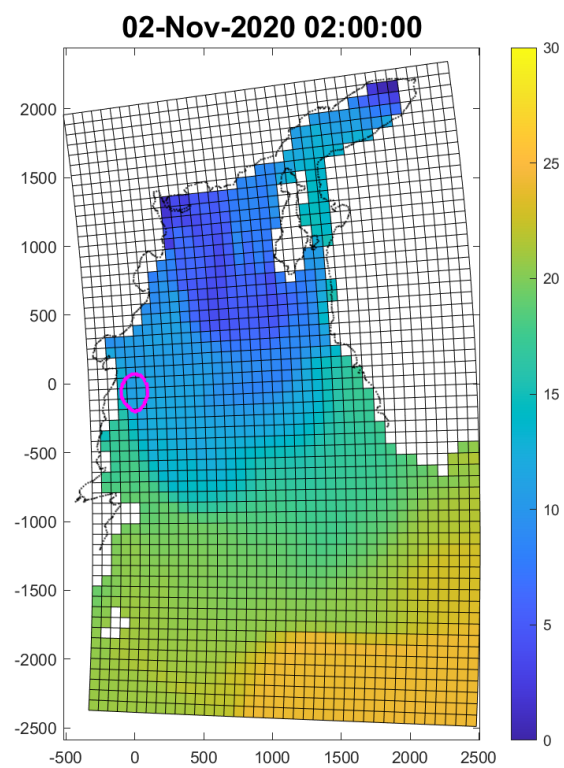
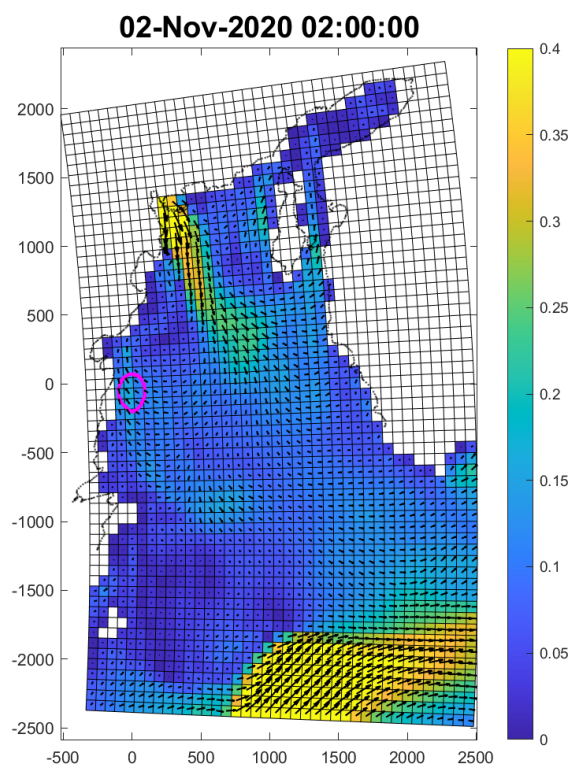
Den neste figuren viser situasjonen kl. 16. På dette tidspunktet er det brakkvann med salinitet rundt 10 langs overflaten i hele Lysakerfjorden. Det er maksimal vannføring på 63 m³/s i Lysakerelven og rundt 2 m/s vind fra sør. En ser er en lang stråle fra Lysakerelven som sikksakker seg sørover fjorden og inn mot sørsiden av Fornebulandet. Strømhastigheten er helt oppe i rundt 40 cm/s i denne strålen. Strømmingen setter opp en virvel på innsiden mot Fornebulandet, noe som gir en nordgående strøm på rundt 10-15 cm/s på stedet der friluftssøya er planlagt.

I en slik situasjon virker det klart at friluftssøya vil kunne begrense denne strømmen forbi Fornebukta noe. I en slik situasjon er det derimot svært god vannutskiftning i området som helhet og mye vann vil akselereres gjennom sundet mellom friluftssøya og land. Totalt sett vil vannutskiftningen være god.

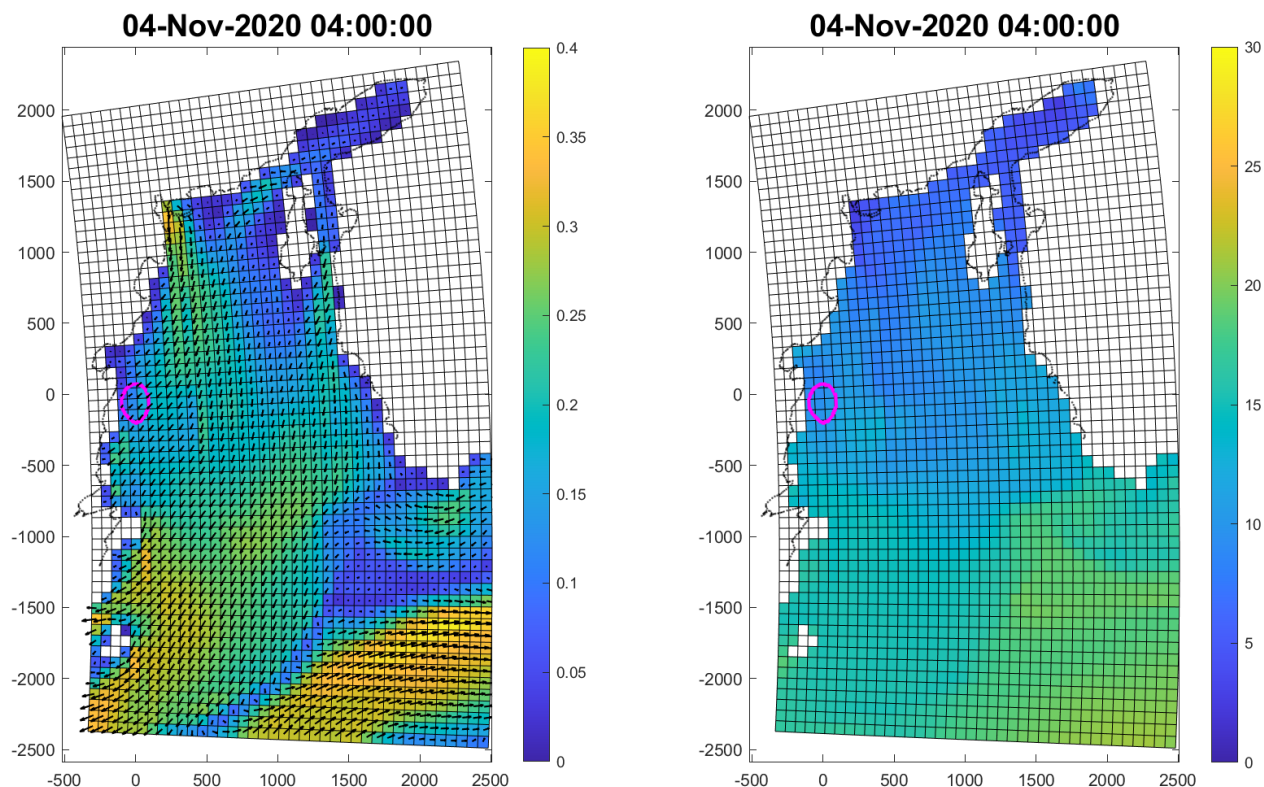
Strømningsbildet holder seg noenlunde slik 2. og 3. november, altså med en stadig flakkende stråle som svinger i øst-vest retning og med varierende styrke på den nordgående strømmen ved friluftssøya.

4. november derimot skifter strømningsbildet og en har situasjonen i Figur 4.3 kl. 04. På dette tidspunktet er vannføringen i Lysakerelven nede i 19 m³/s (og det er nær vindstille). Saltvannet utenfra presser seg noe tilbake inn i Lysakerfjorden og vannet fra elva strømmer sørover langs Fornebulandet og forbi friluftssøya.

I slike situasjoner vil Fornebukta ligge åpen til for tilført vann fra nord og området rundt friluftssøya derfor ha god vannutskiftning.



Figur 4.2 To tidspunkt med høy vannføring i Lysakerelven. Strøm (venstre) og salinitet (høyre) langs overflaten.



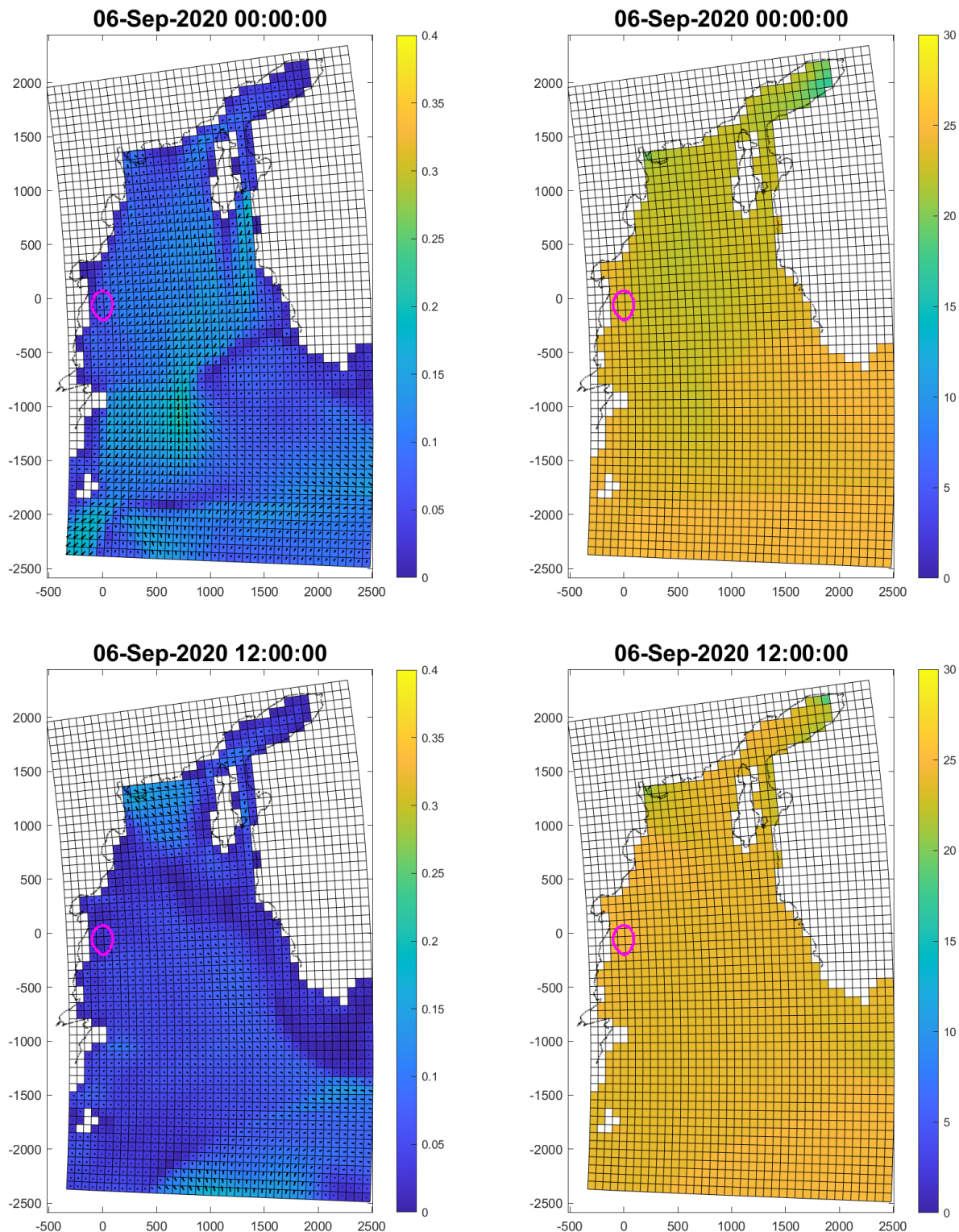
Figur 4.3 Et annet tidspunkt med høy vannføring i Lysakerelven. Strøm (venstre) og salinitet (høyre) langs overflaten.

4.2.2 Perioder med lav vannføring i Lysakerelven

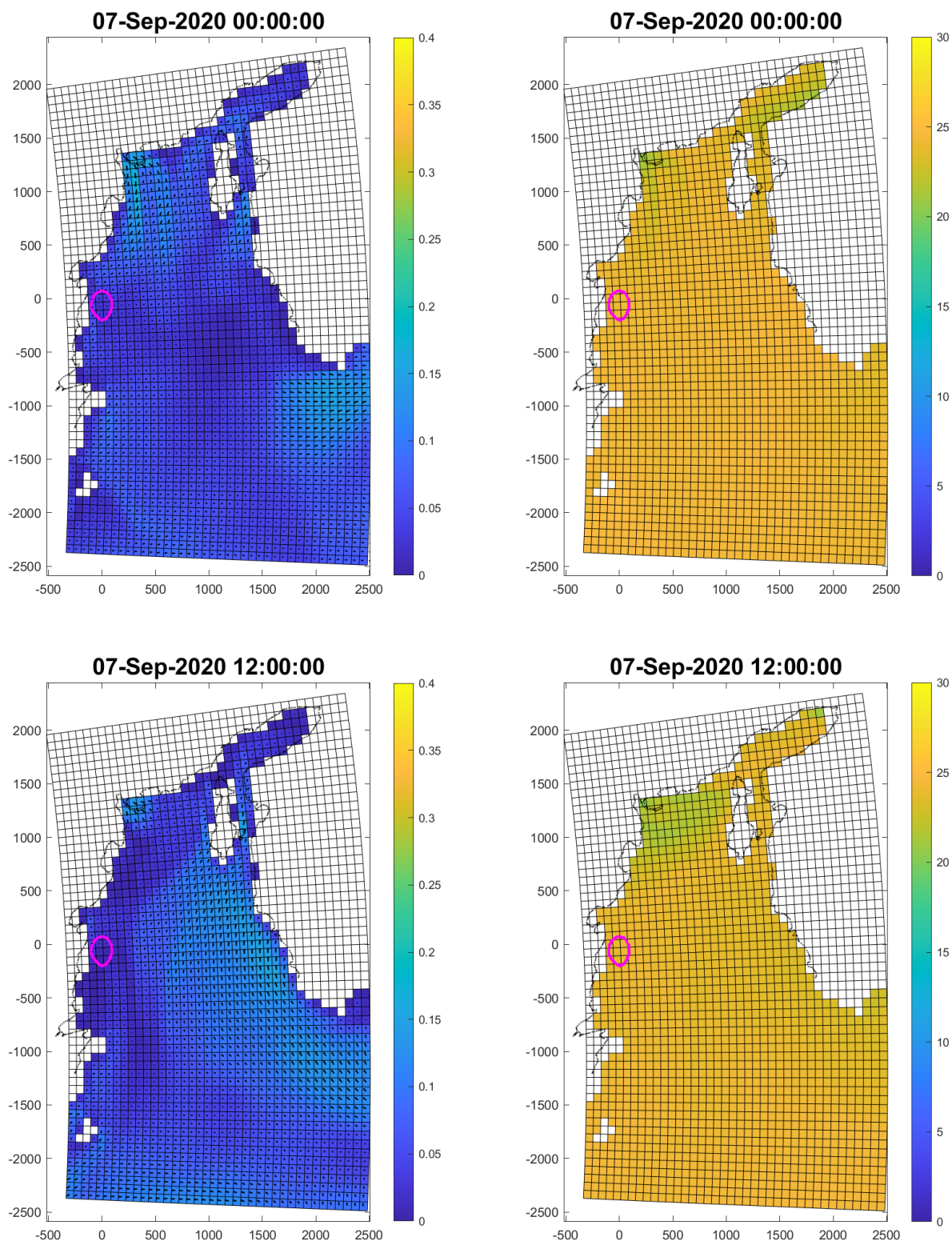
Situasjonene i forrige delkapittel var med høy vannføring i Lysakerelven. Det virker naturlig at utskiftningen ved friluftsfly og i Fornebukta er god uansett ved slike forhold. Det kan derfor være enda mer relevant å se på hendelser med lav vannføring. I dette kapitlet vurderes noen slike situasjoner sett opp mot variasjoner i vindstyrke, som kan være en drivkraft når ferskvannstilstrømningen er liten.

Den 6. og 7. september er det vannføring på ca. 1 m³/s hele dagen og 2 - 3 m/s vind med variabel retning. Dette er altså vindstyrker rundt middelvind, men kategoriseres som en lav vindstyrke generelt sett. Retningen varierer også i løpet av perioden slik at det er liten tid til å akselerere vannet i noen spesiell retning.

En ser i Figur 4.4 og Figur 4.5 at det er forholdsvis konstant salinitet på mellom 20 og 25 i overflaten begge disse dagene. Dataene sier videre at det er 2 - 4 cm/s strømfart ved friluftsfly, med varierende strømrretning.



Figur 4.4 To tidspunkt med lav vannføring i Lysakerelven. Strøm (venstre) og salinitet (høyre) langs overflaten.

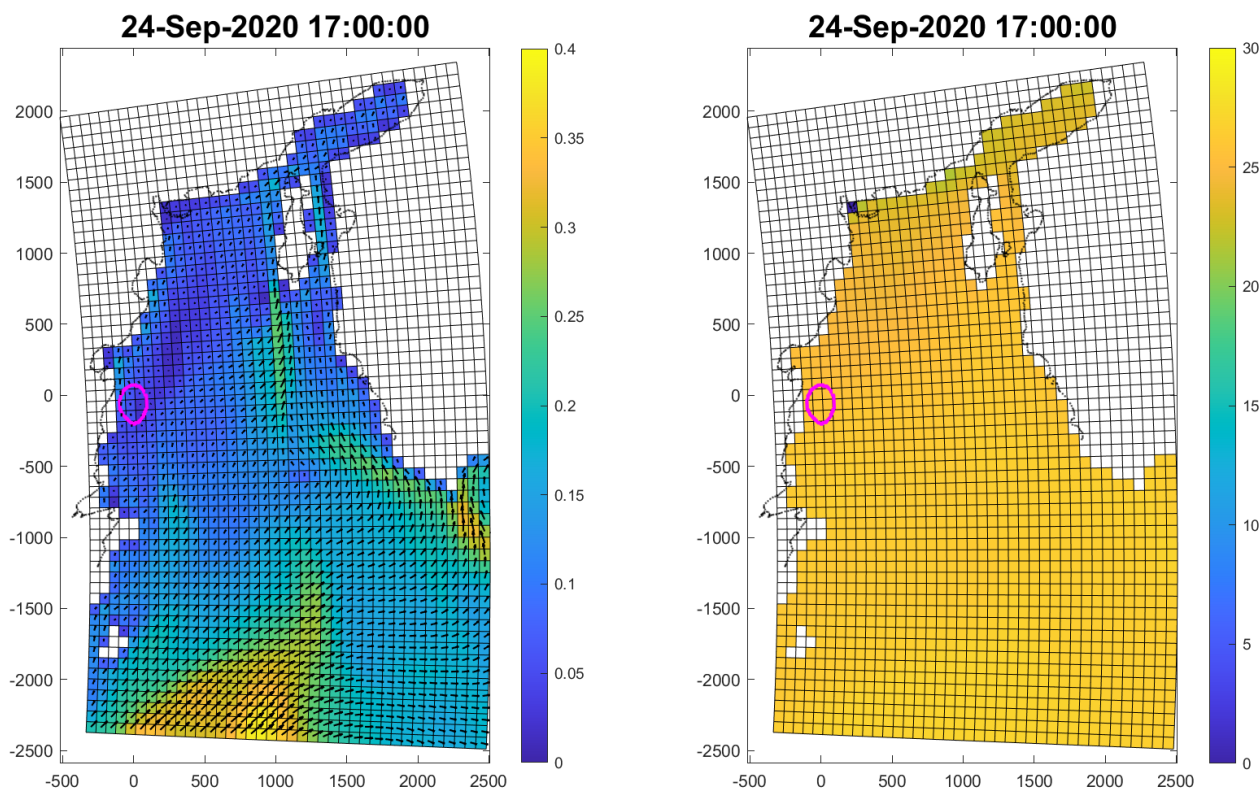


Figur 4.5 To tidspunkt med lav vannføring i Lysakerelven. Strøm (venstre) og salinitet (høyre) langs overflaten.

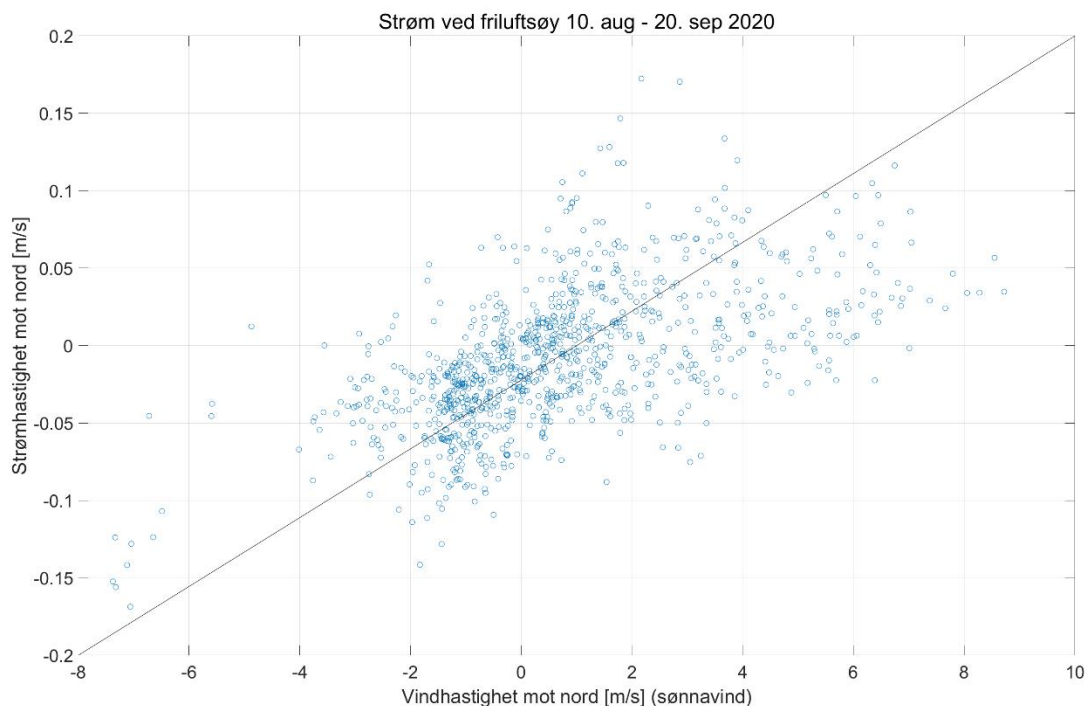
Figur 4.6 viser en situasjon hvor vannføringen fortsatt er lav (1,4 m³/s), men frisk bris fra sør (10,5 m/s fra 176 grader). En ser her en del strøm nordover langs overflaten. Ved friluftssøya er det 6 cm/s strøm nordover.

Som en kan se i Figur 3.1 er det i hele perioden fra rundt 10. august til 20. september liten vannføring i Lysakerelven. I Figur 4.7 er strømdata ved friluftssøya plottet som funksjon av samtidig vindhastighet i denne perioden. Siden vi primært er interessert i strømning gjennom det nye sundet og utskiftning i Fornebukta er sammenlikningen gjort mellom nord-sørgående komponent av både strøm og vind med positiv verdi mot nord (vind mot nord = sønnvind).

Den svarte linjen er en lineær tilpasning med strømhastighet lik 2,2 % av vindhastigheten, og en hastighet på 2,2 cm/s mot sør ved vindstille. En slik sammenheng ser altså ut til å være representativ for datasettet, selv om det er klart at det er stor spredning av dataene rundt denne linjen i og med kompleksiteten i flere samvirkende drivkrefter. Det virker som om vinden kan bidra med en hastighet på 1 - 3 % av vindhastigheten, noe som også tilsvarer er typiske verdier en finner i litteraturen. I et delvis innelukket område som Lysakerfjorden virker det naturlig at det vil være stor variasjon i sammenhengen da nordgående vann vil gå sørover et annet sted med mindre det skjer vertikale omveltninger.



Figur 4.6 Tidspunkt med lav vannføring i Lysakerelven, men frisk bris (10,5 m/s) fra sør. Strøm (venstre) og salinitet (høyre) langs overflaten.



Figur 4.7 Korrelasjonsplott av strøm- og vindhastighet.

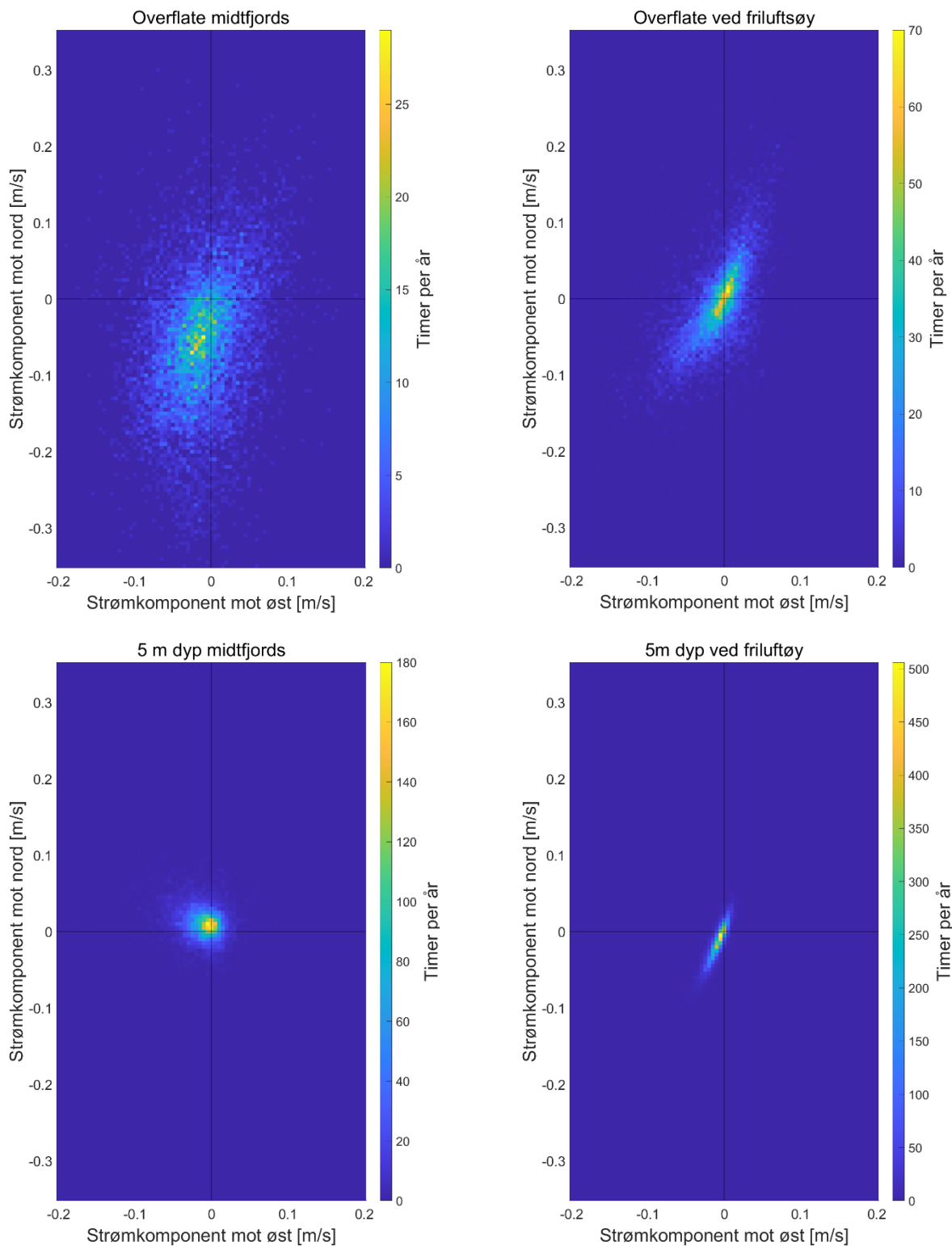
4.3 Statistikk for strømstyrke og retning

Figur 4.8 viser «strømroser» her plottet som 2D histogrammer av strøm i retningene øst-vest (x-aksen) og nord-sør (y-aksen). Fargeskalaen viser her hvor mange ganger de ulike kombinasjonen av strøm i de to retningene finnes i datasettet for 2020.

En ser i figuren at midtfjords beveger vannet seg hyppigst mot sør-sørvest, og sekundært mot nordøst. Ved friluftssøya går strømmen hyppigst mot sørvest, og dette noe oftere enn mot nord-nordøst. Årsaken til strømmingen sørover midtfjords virker opplagt å være utstrømningen fra Lysakerelven, men det kan se ut som om en har noe overvekt av dette også ved friluftssøya. Hastighetene ved friluftssøya er anslagsvis rundt halvparten av den en finner midtfjords.

Når en ser på korresponderende forhold ved 5 meters dyp, ser en at det er svært lave hastigheter midtfjords. Strømmen går i hovedsak nordover, altså innover. Det antas at dette kan være trykkdrevet strømming som skyldes at det vanligvis er lavere salinitet i Lysakerfjorden enn utenfor, og derfor en horisontal forskjell i hydrostatisk trykk som presser vann innover mot Lysaker.

På 5 meters dyp ved friluftssøya har vannet en svært smal retningsfordeling. Fordelingen ligner på fordelingen langs overflaten, men er smalere og har en tydeligere overvekt mot sørgående strøm.



Figur 4.8 2D histogram av strøm hastighet ("strømroser") fra FjordOs gjennom hele 2020. Til venstre data fra en posisjon midtfjords og til høyre ved friluftssøya. Oppe data fra overflate og nederst data fra 5 m dyp.

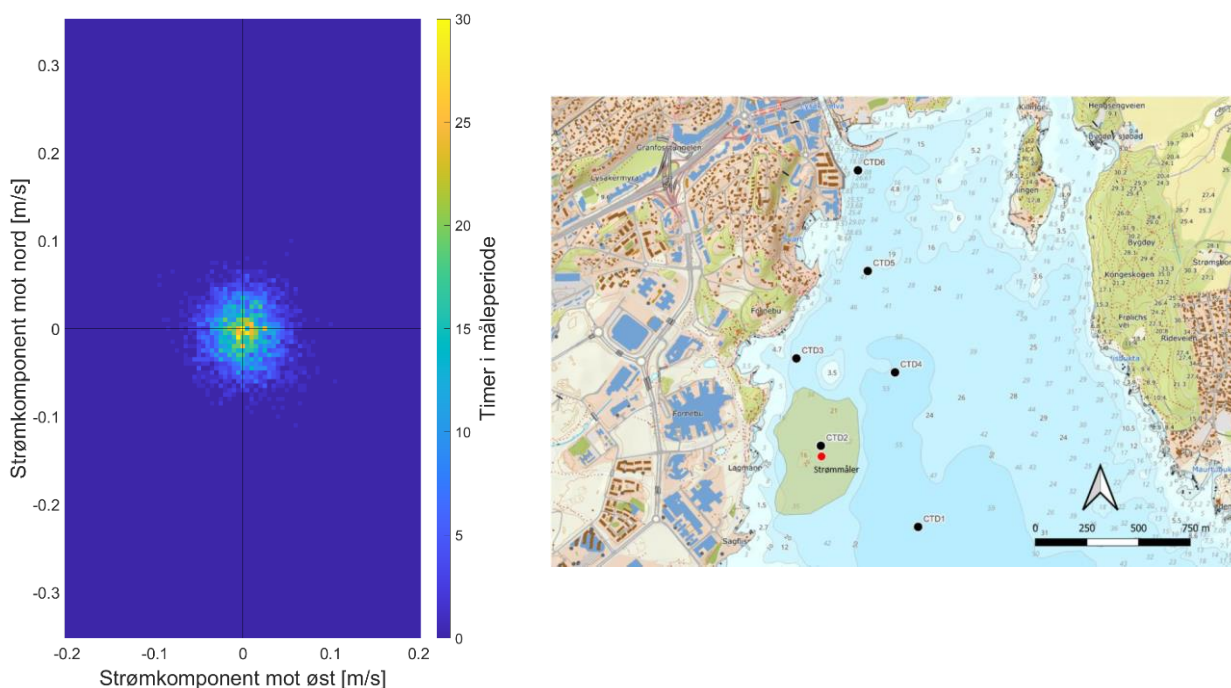
5 Andre analyser

5.1 Strømmålinger

Norconsult plasserte ut en strømmåler 12.11.2021 på bunnen like ved sørlig ende av friluftssøya. Måleren ble tatt opp igjen 10.12.2021. Målingene ble utført med en 400 kHz Aquadopp Current Profiler fra Nortek. Dette er en akustisk Doppler måler som registrerer hastighet og retning på vannstrømmen i mange posisjoner langs et vertikalt profil opp fra måleren.

Det er vanskelig å måle vannstrømmen i overflatesjiktet og finnes dessverre ikke data for dette. Figur 5.1 viser målt hastighet på 5 meters dyp. En ser ikke et like klart bilde i disse målingene som i dataene fra FjordOs. Dette kan delvis skyldes at det var lite vanntilførsel i Lysakerelven i denne perioden, men det er også erfaringen at det generelt er mer variabilitet i målinger enn i modellresultater.

I denne rapporten fokuseres det mest på strømmen nær overflaten da den vurderes å være styrende for volumflukser/vannutskifting rundt friluftssøya. Dette siden strømhastighetene der er størst og retningsbildet mer uniformt inn-ut av området. Strømningsmålingene på større dyp gir derfor begrenset informasjon om problemstillingen.



Figur 5.1 2D histogram fra strømmåling på 5 m dyp til venstre. Høyre figur viser måleposisjonen med en rød prikk. NB figuren er basert på en tidligere fyllingsgeometri.

5.2 CFD-simuleringer

Det ble utført et betydelig arbeid for å sette opp en CFD-modell av strømmingen i området (CFD fra eng. Computational Fluid Dynamics). Dette ble gjort med programvaren ANSYS CFX (www.ansys.com) som er et ledende såkalt generelt CFD-program. Betegnelsen «generelt» innebærer at programmet kan settes opp for, og analysere, nærmest alle typer problemstillinger knyttet til strømninger i fluider.

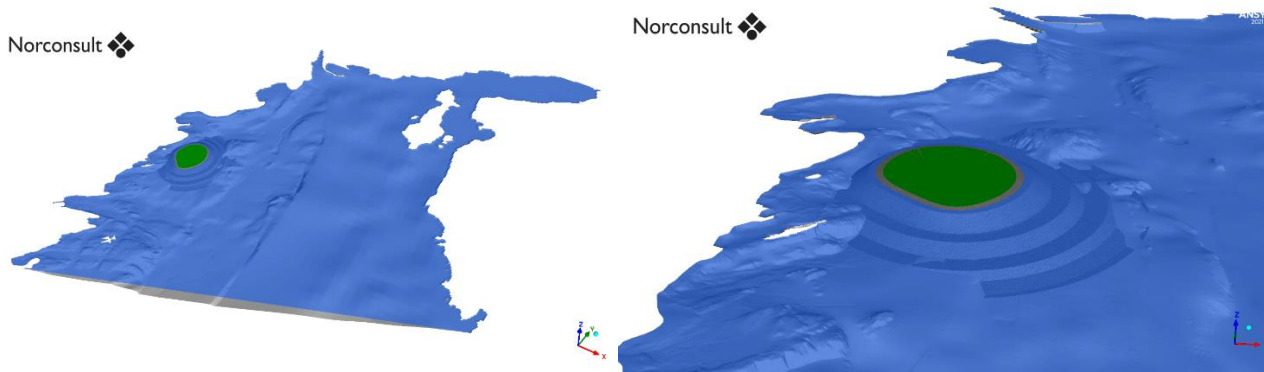
Dataene fra FjordOs ble benyttet for å «drive» modellen, dvs. sette verdier langs ytterkantene som beskriver omverdenens påvirkning på området. CFD-modellen ble kjørt ned til rundt 8 m horisontal oppløsning (fire ganger finere en FjordOs).

Analysen ble utført ved å kjøre samme perioder med og uten friluftssøy, og se hvilken effekt etableringen av øya har ved helt like ytre forhold. Arbeidet ble utført som en slik relativ analyse da det er svært vanskelig å kvantifisere vannutskiftningen på noen god måte, og heller ikke finnes noen etablerte grenseverdier for god/dårlig vannutskiftning. Figur 5.2 viser CFD-modellen med friluftssøy. Legg merke til at CFD-analysene er utført med en tidligere fyllingsgeometri, men at denne avviker lite fra den endelige.

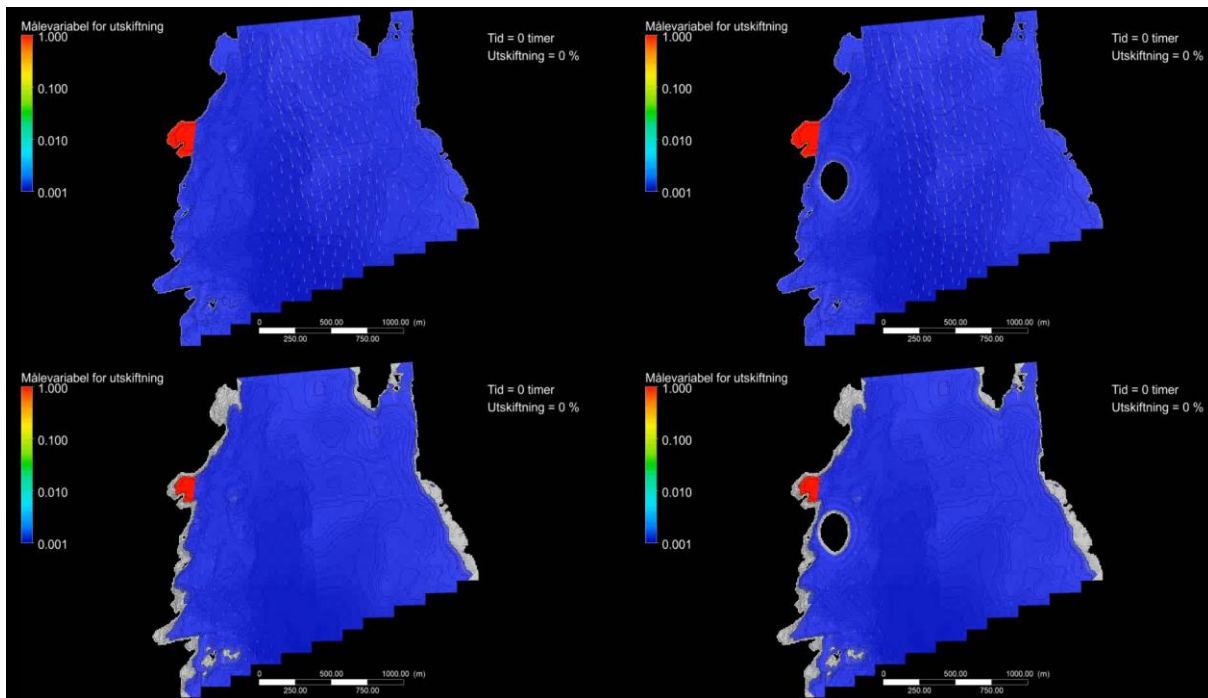
Som et eksempel på analysene viser Figur 5.3 og Figur 5.4 simuleringer av én konkret situasjon med relativt høy vannføring i Lysakerelven. Figurene viser spredning og uttynning av vann som ved starttidspunktet er i Fornebukta (Figur 5.3) ett døgn senere (Figur 5.4). En ser at strømningsbildet tydelig påvirkes av friluftssøya, men at vannet i Fornebukta skiftes ut ca. like raskt med og uten øy.

Det ble besluttet t å ikke basere analysene i denne rapporten på CFD-modellen. Dette da det viste seg vanskelig å vite om strømningsmønsteret ble representert på en god nok måte, og at det bør utføres et større forskningsarbeid for å gjøre denne typen modellering klar for praktisk bruk. Uten å gå inn i detaljene så skyldes usikkerheten det brede, mens svært tynne sjiktet med lett ferskvann som kommer ut av Lysakerelven. Det er vanskelig å representere dette viktige området på en god måte mht. forholdstall mellom vertikal og horisontal oppløsning av beregningsnettet («mesh») og med tilgjengelige turbulensmodeller.

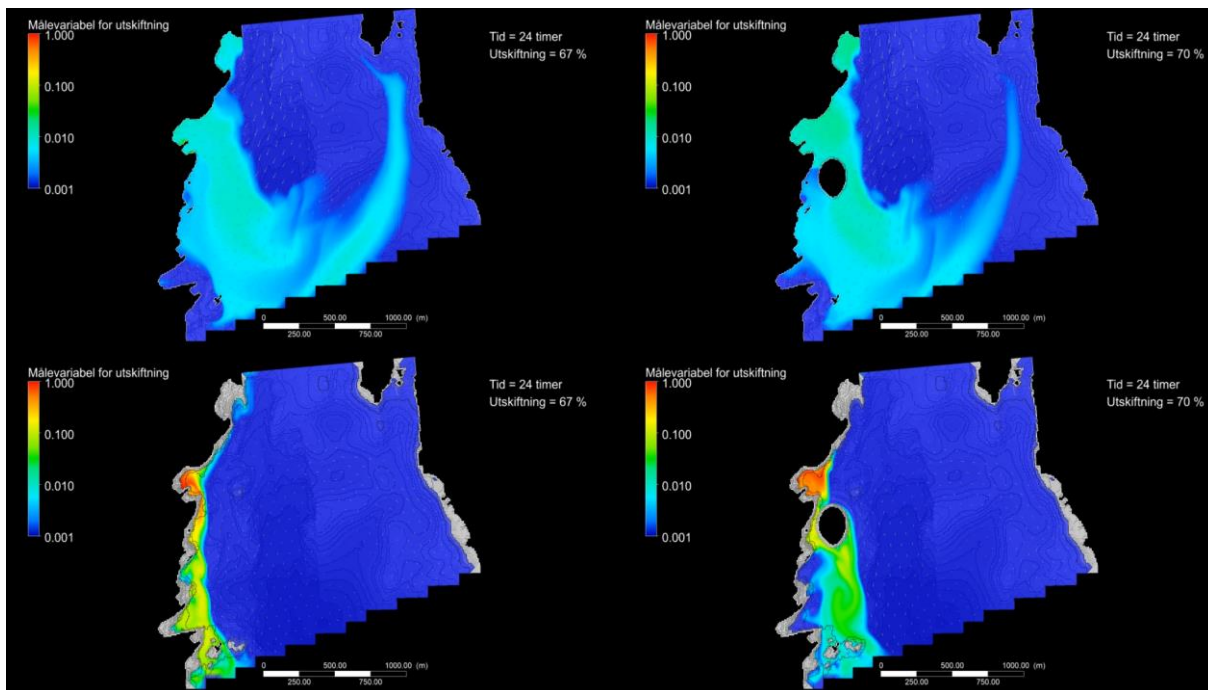
Resultatene fra arbeidet gir til tross for usikkerheter gode indikatorer for det overordnede bildet. Resultatene tyder på god vannutskiftning i Fornebukta, med og uten friluftssøya, i perioder med stor utstrømming fra Lysakerelven.



Figur 5.2 Illustrasjoner av Lysakerfjorden med friluftssøy fra CFD-modelleringen.



Figur 5.3 Eksempel på en foreløpig analyse av vannutskifting i Fornebukta. Vann i Fornebukta «markeres» med konsentrasjon lik 1 ved start av analysen (26. oktober 2020). De to øverste figurene viser konsentrasjon langs vannflaten og de to nederste på 5 m dyp. Figurene til venstre er dagens situasjon og figurene til høyre med friluftssøy.



Figur 5.4 Eksempel på en foreløpig analyse av vannutskifting i Fornebukta. Figurene viser konsentrasjonen av vannet som ble markert, ett døgn senere. De øverste figurer viser konsentrasjon langs vannflaten og de nederste på 5 m dyp. Figurer til venstre er dagens situasjon og figurer til høyre med med friluftssøy. NB det er benyttet logartimisk skala.

6 Diskusjon

Friluftsliv er liten i forhold til Lysakerfjorden som helhet og vurderes å ikke ha noen signifikant effekt på vannutskiftingen i Lysakerfjorden totalt sett. Den har altså ikke virkning på områder som ligger andre steder i fjorden enn evt. i umiddelbar nærhet. Det er derfor bare områdene rundt friluftsliv og Fornebukta som er diskutert i denne rapporten.

Ulike mekanismer som kan skape vannutskifting ble presentert og belyst i kapittel 3. Disse mekanismene var hhv. bølger, ferskvannstilstrømning, tidevann og vannstandsendringer (stormflo), trykkdrevet strøm, vind og ytre strømmer.

I kapittel 4 ble data fra strømmodellen FjordOs analysert. Ut fra resultatene herfra virker det klart at den største drivkraften for vannutskifting i Lysakerfjorden, både som helhet og i Fornebukta spesifikt, er tilførsel av ferskvann fra Lysakerelven. Dette er den andre vurderte mekanismen i kapittel 3: ferskvannstilstrømning. Beregninger viser at både i perioder med høy og normal vannføring vil vannet i de øvre lagene av hele fjorden effektivt skiftes ut relativt hyppig. Dette vil ikke hindres av utbygningen av en friluftsliv.

I perioder med lite tilslag fra Lysakerelven slik det f.eks. var i perioden august til september 2020 vil det kunne være betydelig mindre utskifting. Dette gjelder både i Fornebukta, Lysakerfjorden og i Oslofjorden generelt (andre elver i området antas å korrelere med Lysakerelven). FjordOs-dataene er det derimot en ikke ubetydelig vannbevegelse i fjorden også i disse periodene med mer «subtile drivkrefter».

Tetthetsforskjeller i vannet i Lysakerfjorden er viktig for dynamikken i hvordan vannet fra Lysakerelven sprer seg. En ser at det i perioder med rask endring i vannføring fører til at strålen fra elvemunningen flakker mye. Tetthetsdrevet strøm har nok slik sett en påvirkning på forholdene i fjorden, men er vanskelig å skille fra mekanismen omtalt som ferskvannstilstrømning.

Den neste mekanismen som nok bidrar en del til vannutskiftingen, og det også i perioder med lav vannføring i Lysakerelven, er vinden. Figur 4.7 antyder at det er en korrelasjon og at strømhastigheten typisk vil kunne være 1 - 3 % av vindhastigheten ved friluftsliv. Ved vind fra sør kan friluftsliv tenkes å lage en lesone for denne strømmen på nordsiden av øya. Sundet mellom Fornebulandet og friluftsliv vurderes derimot til å være stor nok til å kompensere for denne effekten ved at vann vil akselereres gjennom det. Sundet ligger i retning med den fremherskende vinden og at utfyllingen er «strømlijeformet» vurderes til å gi forholdsvis bra vinddrevet vanntransport gjennom sundet.

Det er viktig at dette sundet ikke gjøres mindre. Broen som skal bygges over sundet må sikre relativt fri passering av vann under broen. Det må altså være begrenset del av vannoverflaten som blokkeres av bropilarer eller pongtonger. Disse kan muligens utformes spesielt for å lette strømning av vann forbi broen.

For perioder med svært lite vannføring i Lysakerelven kan det ikke utelukkes at utbygningen av øya kan redusere vannutskiftingen i Fornebukta noe. Det virker imidlertid som mest sannsynlig at en evt. slik effekt vil være svært liten og ikke signifikant.

Det bør også nevnes at det i perioder med mye nedbør kan være utslipp av overvann fra VEAS sitt dykkede utslippspunkt like utenfor Lysakerelvets munning. Spredningen ved slike hendelser er undersøkt tidligere («Vurdering av VEAS sitt dykkede overløp av avløpsvann i Lysakerfjorden», NIVA, 2014). Slik spredningen er beskrevet i denne rapporten vil vannet bli forholdsvis jevnt forurensset i områdene langs Fornebu. Det er viktig å legge merke til at evt. forurensset vann utenfra vil spre seg langsommere, både inn og ut av evt. områder med begrenset vannutskifting. Det vurderes at ingen av alternativene i denne rapporten vil påvirke spredningen av slikt avløpsvann fra VEAS.

7 Konklusjon

Det er gjort en faglig vurdering ut fra de ulike drivmekanismene for vannutskifting i kystnære områder (bølger, ferskvannsstilstrømning, tidevann og vannstandsendringer, trykkdrevet strøm, vind og ytre strømmer). Tidsoppløste 3D data fra beregningsmodellen FjordOs, som dekker hele Oslofjorden, er hentet inn og analysert spesifikt for Lysakerfjorden.

Den viktigste faktoren for vannutskifting i området er ferskvannsstilstrømningen fra Lysakerelven. Variasjoner i salinitet lokalt i Lysakerfjorden, oppstår ved varierende vannføring, og påvirker også spredningsmønsteret i fjorden. Vinden har også en viss betydning for vannutskifting lokalt i området rundt den framtidige friluftssøya og i Fornebukta.

Analysene konkluderer med at det i perioder med normal og høy tilstrømning av ferskvann fra Lysakerelven er god utskifting av vann mellom det aktuelle området og fjorden utenfor. Situasjonen vil kunne være annerledes i perioder med lite vannføring i elva, særlig når dette sammenfaller med lite vind.

En ny friluftssøy slik den per nå er tenkt utformet vil ikke endre på vannutskiftingen i nærområdet i betydelig grad. Det bemerkes imidlertid at bredden på sundet mellom Fornebulandet og friluftssøya, og utformingen av selve friluftssøya kan være viktig for vannutskiftingen. Slik planene foreligger nå vil det hovedsakelig være god vannutskifting, men denne vil kunne reduseres om sundet gjøres smalere eller øya mindre «strømlinjeformet».

8 Referanser

- [1] L. P. Røed, N. M. Kristensen, K. B. Hjelmervik og A. Staalstrøm, «A high-resolution, curvilinear ROMS model for the Oslofjord,» FjordOs technical report No. 2, MET report No. 4/2016, Norwegian Meteorological Institute, 2016.