



**FJORDOS**

# Strømforhold i Moss havn



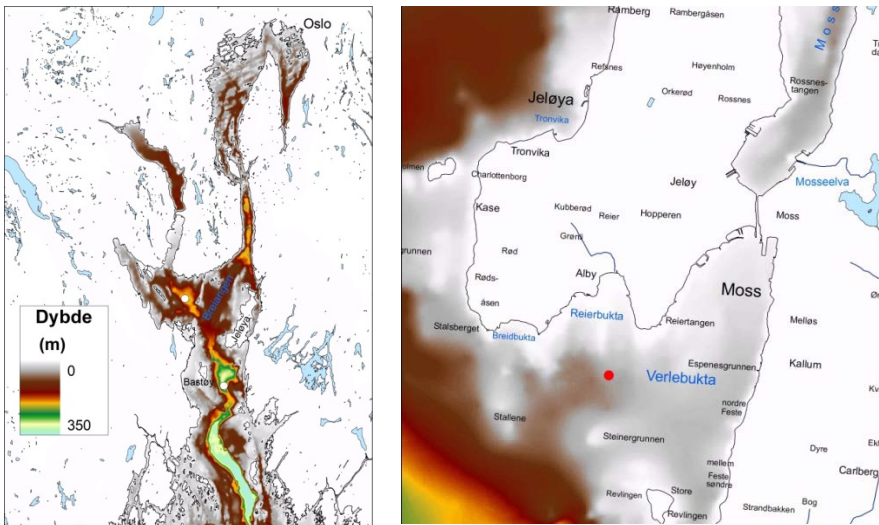
Foto: Moss Havn

*André Staalstrøm (NIVA) og Karina Hjelmervik (HIVE)*

*Oktober 2013*

# Innledning

Moss ligger på østsiden av Breiangen i Oslofjorden, på innsiden av Jeløya (Figur 1). Jeløya er kun skilt fra fastlandet av en 30 meter bred og 4-5 m dyp kanal. Nord for kanalen, innenfor Jeløya, ligger Mossesundet. Sør for kanalen ligger Verlebukta. Det viktigste havneanlegget i Moss befinner seg innerst i denne bukta. Hensikten med dette skrevet er å gi litt generell bakgrunnsinformasjon om hva som forårsaker strømmen, og hvordan en strømmodell settes opp.

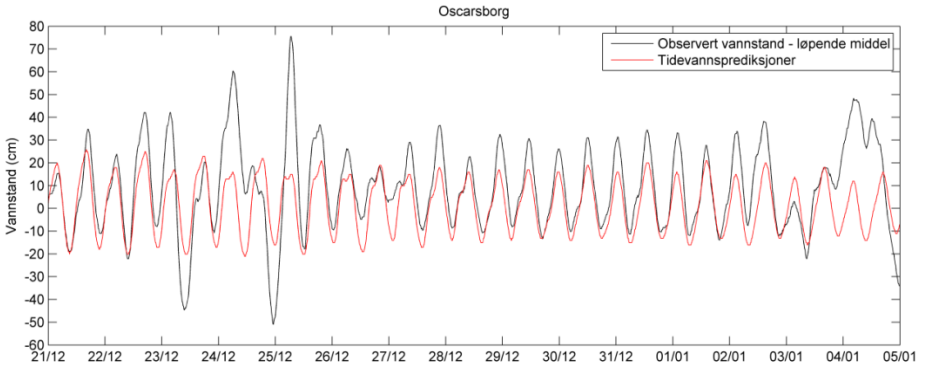


**Figur 1.** Kart over Oslofjorden (til venstre) og området rundt Moss (til høyre). Fargeskalaen angir dybden i meter. De hvite prikkene angir to stasjoner i overvåkingsprogrammet for Ytre Oslofjord, OF-4 ved Bastøy og OF-5 i Breiangen. Den røde prikken angir en stasjon i Verlebukta hvor vi henter ut modellresultater.

## Hva forårsaker strømforholdene?

Tidevannet er kanskje den mest kjente årsaken til strømmer i kystfarvann. Når vannstanden går opp og ned i for eksempel en fjord, må store mengder vann strømme inn og ut av fjorden. Vannstanden måles på 23 stasjoner langs Norskekysten ([www.sehavniva.no](http://www.sehavniva.no)), hvor stasjonene Oscarsborg, Oslo havn, Viken og Helgeroa er nærmest Moss havn. Figur 2 viser målt vannstand ved Oscarsborg. Forskjellen mellom høy- og lavvann er ikke mer en typisk 25-30 cm i Oslofjorden, men på grunn av værrets virkning kan forskjellen bli en god del større. For eksempel var forskjellen mellom lavvann og det påfølgende høyvann natt til første juledag i 1999 hele 127 cm ved Oscarsborg!

Utenom helt spesielle hendelser som dette, blir ikke tidevannstrømmen spesielt sterk i Oslofjorden. For eksempel kan middelstrømmen gjennom et snitt mellom Horten og Jeløya beregnes. Overflatearealet av fjorden innenfor dette snittet er omtrent  $510 \text{ km}^2$ . Mellom lavvann og høyvann fylles hele dette arealet opp med rundt 30 cm med vann. Alt dette vannet må passere mellom Horten og Jeløya hvor tverrsnittarealet er omtrent  $400\,000 \text{ m}^2$ , i løpet av 6 timer (bortsett fra en liten del som kan gå gjennom Mossekanalen). Middelstrømmen blir da 1-2 cm/s. I enkelte trange sund kan tidevannstrømmen bli mye sterkere, slik som i Svelvikstrømmen og over Drøbakerskelen.

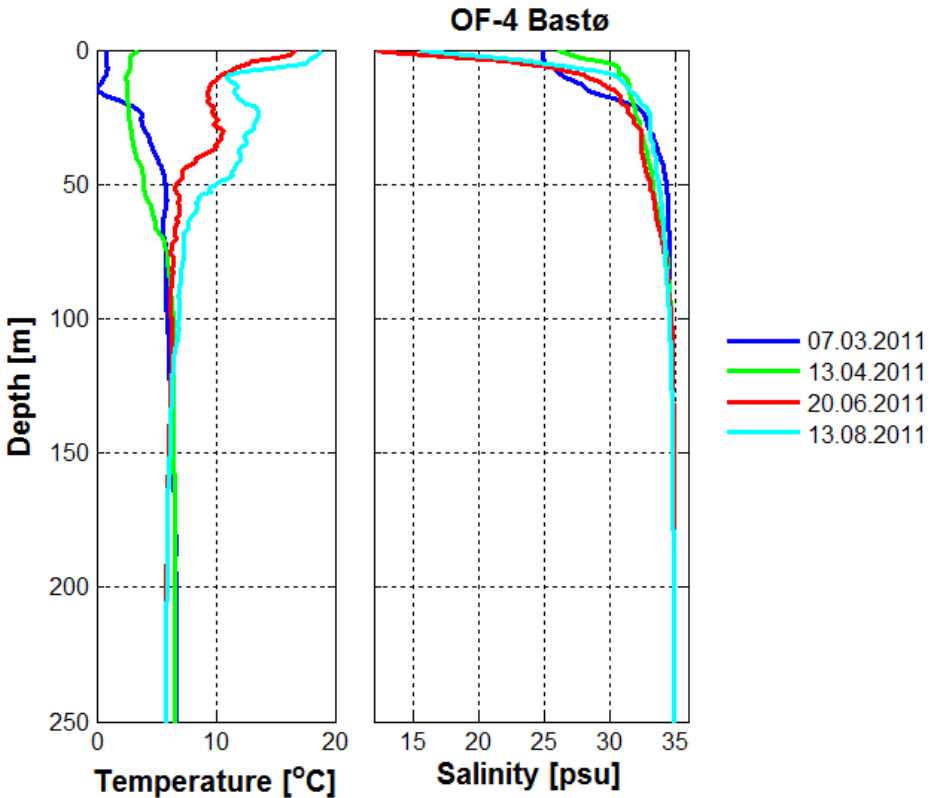


**Figur 2.** Vannstand ved stasjonen Oscarsborg i Oslofjorden i rundt årsskiftet 1999/2000. Den svarte linja viser observert vannstand trukket fra et løpende middel over 48 timer. Den røde linja viser tidevannsprediksjonene. Forskjellen mellom den røde og den svarte linja forårsakes av værets virkning.

En annen viktig effekt er de meteorologiske forholdene. Når det blåser dannes det som kjent, bølger på overflata, men vinden drar også med seg det øverste vannet og kan på den måten lage vannbevegelser. Vinden kan nemlig stue opp vann i noen områder, og dra ut vann fra andre. Dette kan i enkelte tilfeller påvirke sirkulasjonen i hele fjorden ved at underliggende vannmasser blir presset ned eller sugd opp. Vannstanden i Oslofjorden kan endre seg mer på grunn av meteorologiske forhold, enn av selve tidevannseffekten - uten at det nødvendigvis skapes sterke strømmer siden dette gjerne skjer over lengre tidsrom. For eksempel kan et værsystem med et kraftig lavtrykk ute i Skagerrak heve vannstanden utenfor fjorden. Dette vil da forplante seg hele veien inn i fjorden. Når dette fenomenet kombineres med kraftig pålandsvind, kalles det stormflo.

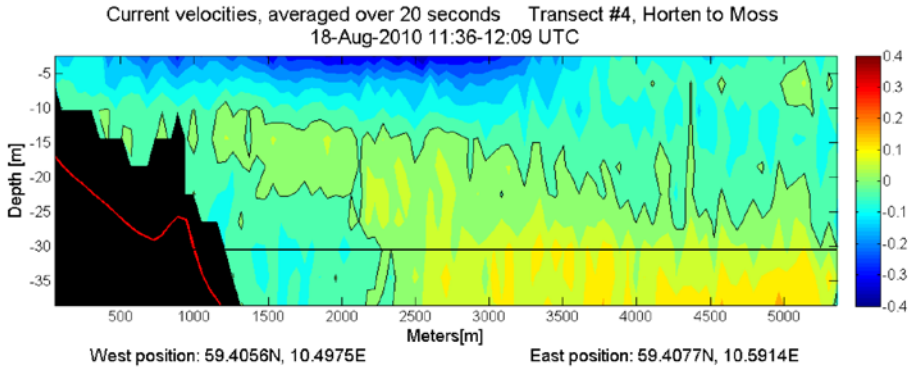
Vinden har også den effekten at det blander vannet i de øverste meterne. Vannets lagdeling, eller sjiktning, er viktig i havet. På grunn av tyngdekraften så vil lettere vann legge seg over tyngre vann. Ferskvannstilførselen fører med seg vann som er lettere enn saltvannet, og det dannes lagdeling i vannet. Ved å måle saltholdighet og temperatur i forskjellige dyp ved faste stasjoner, kan man overvåke utviklingen i vannmassene. For dette formålet benyttes instrumenter som kalles CTD, som måler konduktivitet, temperatur og trykk. Dybden kan beregnes fra trykket og saltholdigheten kan beregnes fra konduktiviteten, temperaturen og trykket. Noen slike stasjoner for overvåkningsprogrammet for Ytre Oslofjord er vist i Figur 1. Data fra disse stasjonene kan lastes ned fra internett ([www.aquamonitor.no/ytreoslofjord/](http://www.aquamonitor.no/ytreoslofjord/)). Når det er høy ferskvannstilførsel blir overflatevannet ferskere, enn det blir ved lavere ferskvannstilførsel. Figur 3 viser profiler av saltholdighet fra stasjon OF-4 ved Bastøy. Vi kan se at saltholdigheten øker med dypet, siden saltholdigheten avgjør vekten til vannet, og lettere vann legger seg som sagt over tyngre vann. Vi ser også at mellom april og juni 2011 har vannet blitt ferskere helt ned til omtrent 50 meters dyp.

I noen fjorder er det slik at det kommer ut en elv innerst i fjorden. Ferskvannet legger seg da på toppen og strømmer ut av fjorden, og i tillegg drar dette med seg en del underliggende vann utover. For å kompensere for dette dannes det en strøm inn i fjorden et sted under ferskvannslaget. En slik sirkulasjon kalles estuarin sirkulasjon. Et godt eksempel på dette er Drammensfjorden.



**Figur 3.** *Eksempler på temperatur- og saltholdighetsprofiler fra OF-4.*

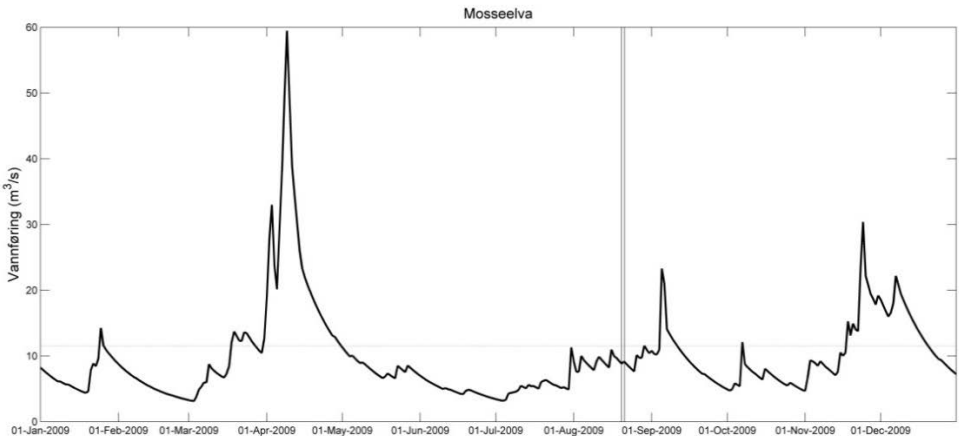
Indre Oslofjord derimot mangler en slik kraftig kilde til ferskvann. Her er faktisk tilfellet helt motsatt, hvor landets to kraftigste elver har utløp utenfor denne delen av fjorden.



**Figur 4.** Øyeblikksbilde av målte strømforhold mellom Horten og Jeløya (Grinde, 2011).

Forholdene i Moss havn vil være påvirket av ferskvann som strømmer ut fra Drammensfjorden. Figur 4 viser strømmålinger som er foretatt med en profilerende strømmåler som var festet til Universitetet i Oslo sitt forskningsfartøy Trygve Braarud (Grinde, 2011). Figuren viser strømstyrken i et snitt mellom Jeløya og Horten. Her er det tydelig at vannet strømmer ut i overflatelaget med en strømstyrke på 40 cm/s, noe som er mye høyere enn den beregnede tidevannstrømmen på 1-2 cm/s.

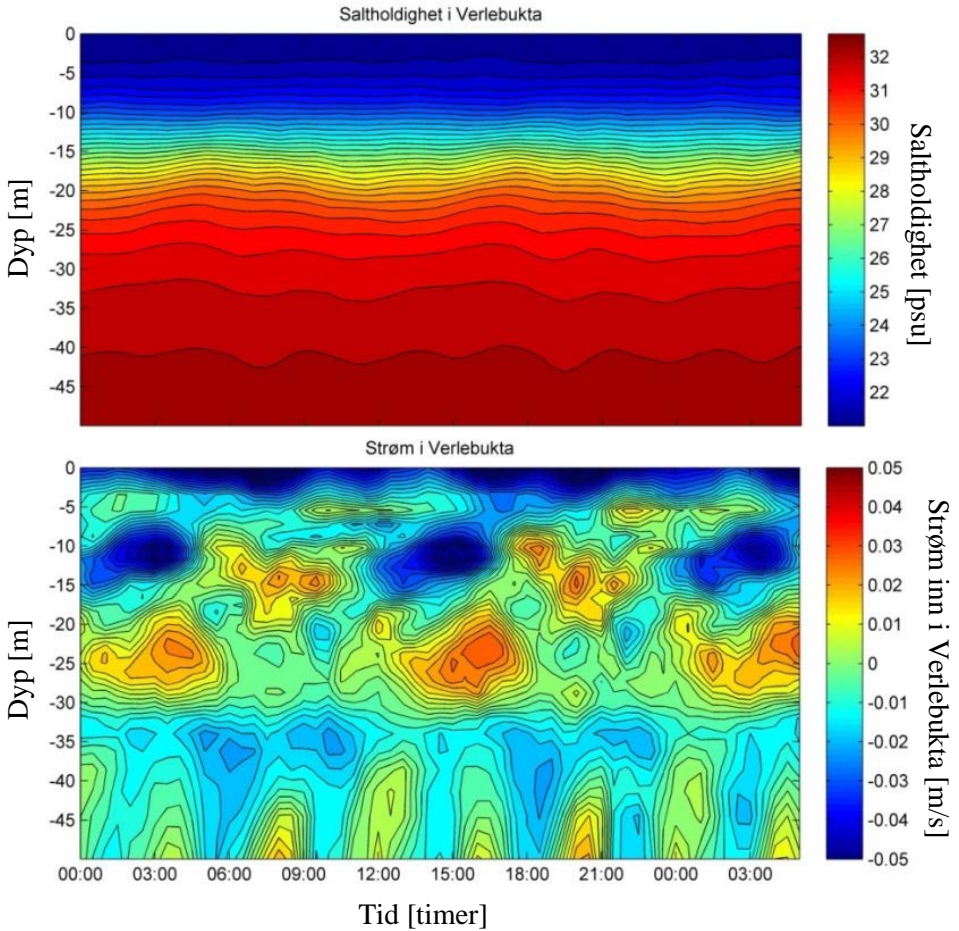
Forholdene i Moss havn vil også være påvirket av Mosseelva, som renner ut helt sør i Mossesundet, rett nord for kanalen. Figur 5 viser modellert vannføring i Mosseelva. De vertikale linjene i figuren angir en periode hvor strømmen i Oslofjorden har blitt modellert med en havmodell med 75 m horisontal oppløsning. Vi skal komme tilbake til dette, men først skal vi se på



**Figur 5.** Modellert vannføring i Mosseelva. Data er hentet fra en modellering utført av NVE.

hvordan Mosseelva kan påvirke strømmen i overflatelaget ute i Verlebukta. På kartet til høyre i figur 1 har vi tegnet inn en rød prikk. Figur 6 viser modellresultater i dette punktet og viser hvor komplisert strømbildet kan være. Øverst ser vi saltholdigheten. Det er tydelig at overflatelaget er ferskere enn vannmassene dypere ned. Vi ser også at saltholdighetsflatene bølger opp og ned. Dette kalles indre bølger. Nederst i figur 6 ser vi strømmen ut og inn av Verlebukta. I overflata ser vi at det hele tiden strømmer ut av Verlebukta. Dette skyldes mest sannsynlig ferskvann fra Mosseelva som renner gjennom kanalen og sørover. Noe annet som er tydelig fra figuren, er at strømmen varierer med dypet og at strømbildet kan være ganske komplisert. Det at strømmen varierer med dypet henger sammen ved de indre bølgene som vi ser når vi studerer saltholdigheten.

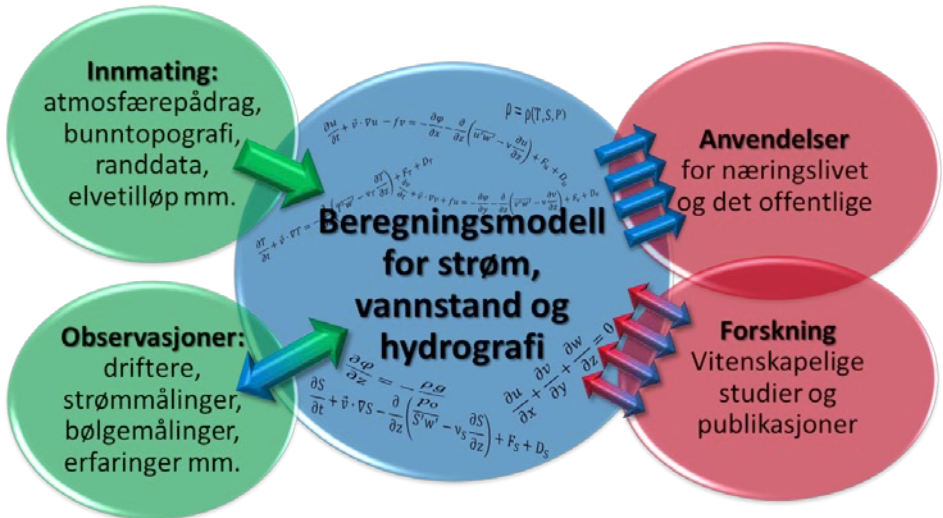




**Figur 6.** Øverst: Saltholdigheten i Verlebukta som funksjon av dyp og tid. Nederst: Strømstyrken inn i Verlebukta som funksjon av dyp og tid. Rødt er strøm inn i bukta og blått er strøm ut. Resultatene er fra en havmodell med 75 m horisontal oppløsning hvor verdiene er hentet ut i det røde punktet i figur 1.

# Hvordan settes en havmodell opp?

Dataene som vi har brukt, for å lage figur 6 er beregnet med en havmodell. For at en havmodell skal gjøre disse beregningene må de samme kreftene som forårsaker strømforholdene i virkeligheten, legges inn i modellen. Dette gjøres ved at havmodellen mates med flere typer data som topografi, startbetingelser, grenseflatebetingelser, vindpådrag og elvetilløp (Figur 7). Modellen bruker avanserte ligninger for å varsle strøm, vannstand, iskonsentrasjon og hydrografi (saltholdighet og temperatur) i hele modellområdet.



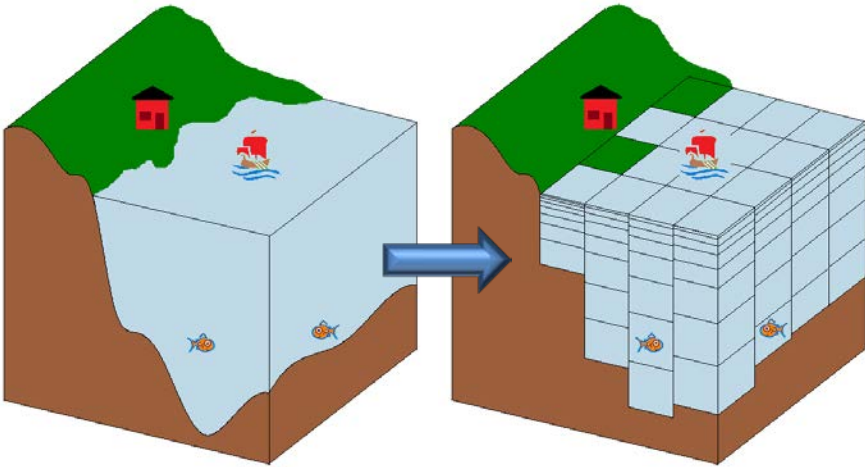
**Figur 7.** Skisse av hvordan en havmodell settes opp



I en havmodell brukes et gitter der havet deles opp i bokser både vertikalt og horisontalt (Figur 8). I hver boks skal det regnes ut representative verdier for temperatur, saltholdighet, trykk, tetthet og strøm. Størrelsen på boksene er avgjørende for hvordan dataen kan brukes. Jo mindre bokser, jo mer detaljert blir resultatet – omtrent som størrelsen på pikslene i et digitalt bilde. Siden det tar tid å regne ut de representative verdiene i hver boks, øker beregningstiden når størrelsen på boksene minker. Det gjelder derfor å finne en balanse mellom hva som er gjennomførbart med tanke på beregningstid og hva det er behov for.

Topografien inneholder informasjon om hvor dypt det er. Nøyaktig dybde data er avgjørende for å regne ut massefluksen gjennom en fjord eller fjordarm. En kompleks kystlinje kombinert med terskler og skrenter under havoverflaten setter krav til både til valg av gitter og detaljnivå.

For at ligningene i havmodellen skal kunne løses, må det legges inn startbetingelser og grenseflatebetingelser. Startbetingelsene inneholder informasjon om hydrografi, strøm, iskonsentrasjon og vannstand fra starttidspunktet til modellen. Hver av variablene i modellen må få en verdi i hver eneste gitterboks. I mange tilfeller hentes startbetingelser fra en modell som dekker et større område eller fra en tidligere kjøring av modellen. Startbetingelsene kan også konstrueres ut fra observerte verdier. For eksempel så kan målt saltholdighet fra en CTD stasjon slik som OF-4 som er vist i figur 3 legges inn som startbetingelse.



**Figur 8.** Eksempel på hvordan havet kan deles opp i bokser horisontalt og vertikalt

Grenseflatebetingelser inneholder informasjon om hydrografi, strøm, iskonsentrasjon og vannstand langs ytterkanten av modellområdet. I denne randsonen må hver av modellens variabler få spesifisert en verdi ikke bare for starttidspunktet, men for hele simuleringsperioden. Disse kan også hentes fra observasjoner eller fra modeller som dekker et større område. Det er gjennom disse spesifiserte verdiene at drivkrefter kan legges inn i modellen. For eksempel så kan man la vannstanden på randen variere opp og ned med tidevannsyklusen. Disse svingningene vil forplante seg inn i modellområdet, og man får beregnet vannstandsvariasjoner inne i modellområdet.

Vi nevnte tidligere at også vind og elver påvirker strømforholdene. Elver legges inn i modellen ved at det tilføres ferskvann til et valgt gitterpunkt i

---



modellen som tilsvarer elveutløpet. Vinden kan legges inn i modellen ved at det påføres vinddrag på vannet i de øverste gitterboksene i modellen.

Observasjoner kan brukes til å assimilere havmodellene, dvs. oppdatere modellen med målinger mens modellen kjører slik at målingene flettes inn i utregningene og resultatene justeres underveis. Observasjoner kan være vannstand-, hydrografi- eller strømmålinger.

Den viktigste havmodellen for norske forhold er kystmodellen NorKyst-800. Denne modellen dekker hele norskekysten med et horisontalt gitter hvor rutene er 800 m ganger 800 m (Albretsen, m. fl. 2011). Denne modellen kjøres daglig av met.no og resultatene legges ut på yr.no.

## Utfordringer og veien videre

Omfattende ombygginger i Moss havn er under planlegging. I den forbindelse må vi også se på hvordan strømmønsteret i havnebassenget endrer seg som følge av ombyggingen. I prosjektet FjordOs ([www.fjordos.no](http://www.fjordos.no)) settes en havmodell opp for området rundt Moss havn. Det er forventet at en slik lokal modell gir mer informasjon om lokale forhold enn modeller som dekker hele fjorden. Planen er å kjøre modellen for eksisterende havneutforming, samt for de alternative utformingene av havnen for å se hvilke innvirkninger utbyggingen har på strømmen i havnebassenget.

Siden kystkonturen er kompleks, bør gitteret inneholde små bokser. Til den lokale modellen for Moss havn er det laget et gitter med trekantede bokser horisontalt (Figur 9). Kanalen og et område sør for kanalen er tatt med i modellen fordi strømmen gjennom kanalen har en del å si for strømmen i havnebassenget.

Det arbeides med data for innmating og med å sy modellen sammen slik at den kan kjøres. En avgjørende faktor er hvilke randdata som legges på rendene av modellen. Moss havn ligger relativt værutsatt til når bølger, strøm og vind kommer sørfra. Her må vi se på flere forskjellige scenarier.

I prosjektet blir det også engasjert en masterstudent som skal sammenligne kunnskapen som lokalkjente har, med resultatene fra modellen.



**Figur 9** Gitteret til den lokale modellen som settes opp for Moss havn.



## Videre lesning

Albretsen, J., Sperrevik, A. K., Staalstrøm, A., Sandvik, A. D., Vikebø, F., & Asplin, L. (2011). NorKyst-800 Rapport nr. 1: Brukermanual og tekniske beskrivelser. Fisken og Havet nr 2/2011.

([http://brage.bibsys.no/imr/handle/URN:NBN:no-bibsys\\_brage\\_18433](http://brage.bibsys.no/imr/handle/URN:NBN:no-bibsys_brage_18433))

Grinde, L. 2011: Validation of the Numerical Ocean Weather Prediction (NOWP) Model for the Oslofjord, Norway, operated by the Norwegian Meteorological Institute, Master oppgave i fysisk oseanografi, Universitetet i Oslo. (<https://www.duo.uio.no/handle/10852/12595>).

### **FjordOs hovedfinansjør:**



REGIONALE FORSKNINGSFOND  
**OSLOFJORDFONDET**