



SINTEF

Målinger i havet

Tor Nordam
SINTEF Ocean



SINTEF

Oversikt

- Hvem er jeg?
- Målinger – Hva måler man?
- Kilder til data
- OceanLab



SINTEF

Hvem er jeg?

- Tor Nordam, 41 år, opprinnelig fra Molde, har bodd halve livet i Trondheim
- Studerte fysikk (og litt kjemi) på NTNU
- Jobbet i SINTEF siden 2013
- Avdeling for klima og miljø, ca 60 personer
 - Fysikere, kjemikere, biologer, ingeniører, samfunnsvitere, etc
- Jobber med transport av forurensning i havet
 - Oljesøl, kjemikalier, plast, etc
- Miljøet vårt har jobbet med oljesøl siden rundt 1980 (utblåsning på Ekofisk Bravo, 1977)
- Jobber mest teoretisk/numerisk, men også litt lab og feltarbeid





SINTEF

Målinger – Hva måler man?

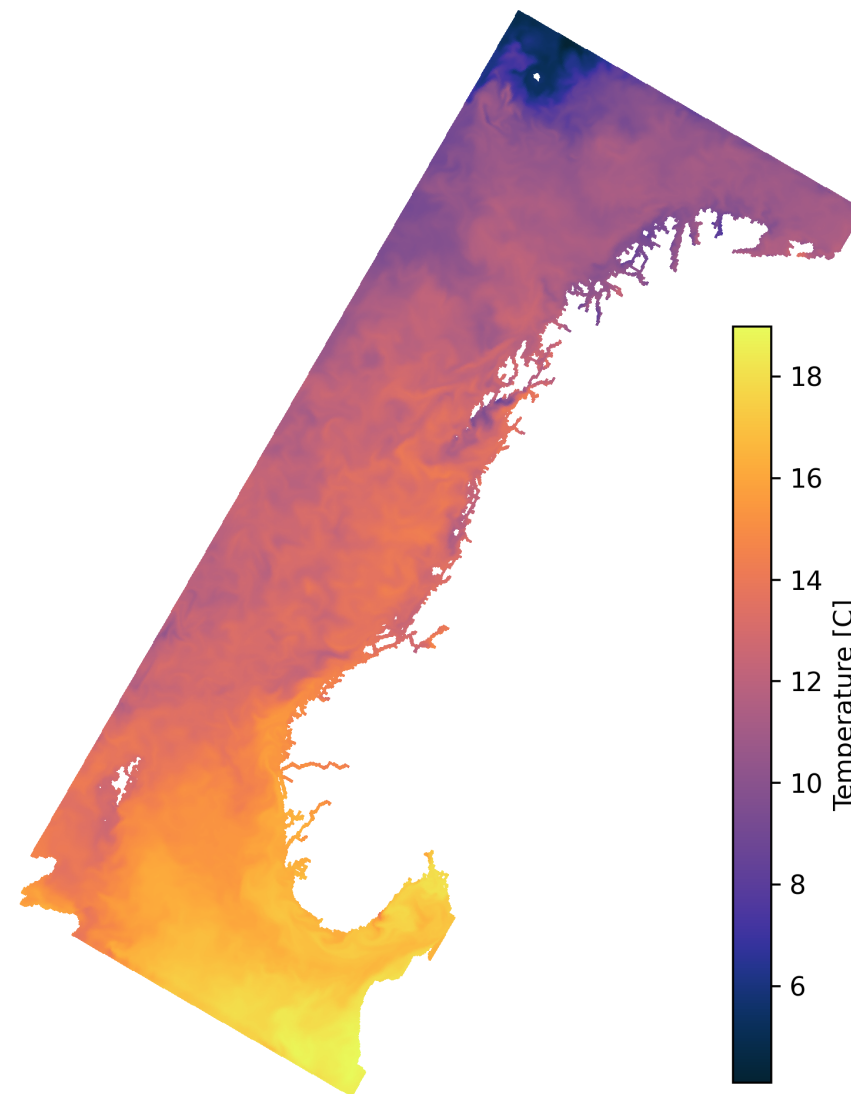
- Temperatur
- Salinitet (saltholdighet)
- Tetthet
- Bølger
- Strøm
- Turbulens
- Klorofyll
- Løste gasser (oksygen)
- Partikler (plankton, alger, mineralpartikler, etc.)
- Og mye, mye mer ...



SINTEF

Temperatur

- Varierer mellom -1.8 (frysepunktet til sjøvann) og 20-30 grader
- Interessant å måle hvis man liker å bade
- Temperaturen til havoverflaten har mye å si for luft temperaturen i kystnære strøk
- Kan måles *in situ* med et enkelt termometer, eller logges med datalogger
- Kan måles fra satelitt basert på infrarød stråling

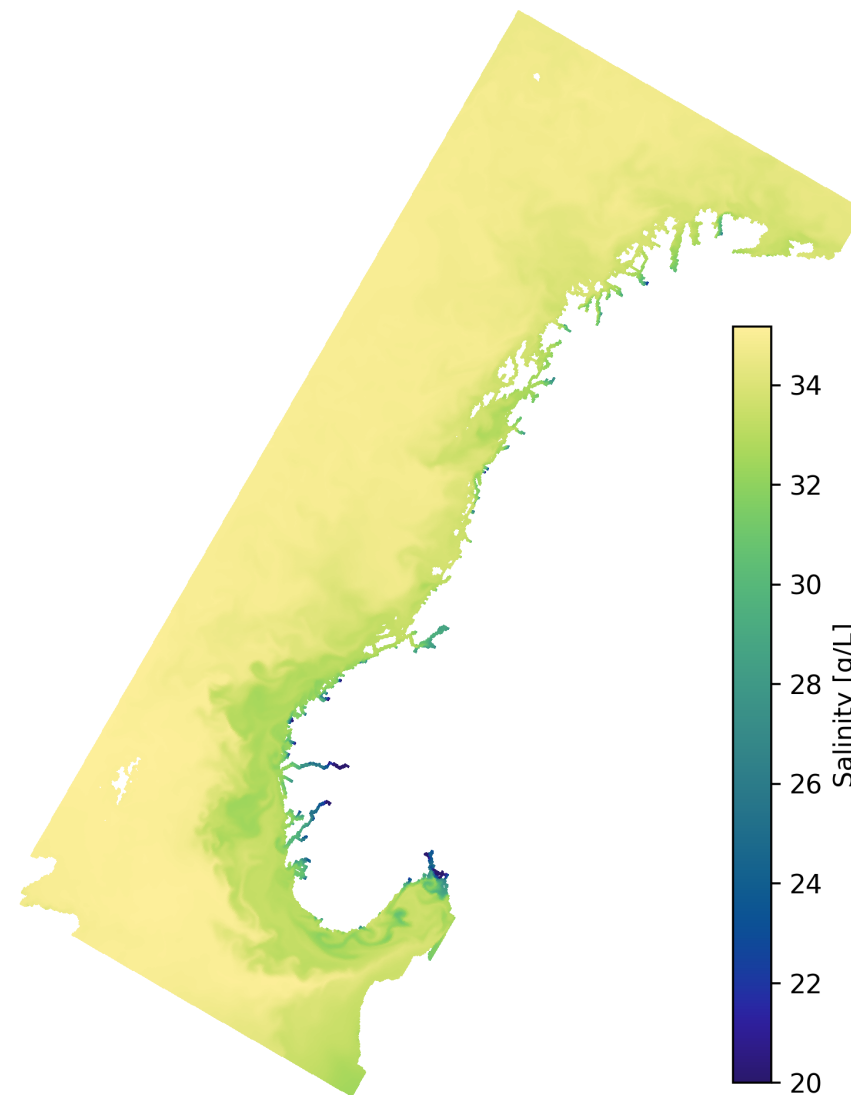




SINTEF

Salinitet (saltholdighet)

- Typisk rundt 35 g/L i åpent hav, lavere nær kysten og i fjorder.
- Saltholdighet i overflatevann varierer mye med årstid, nedbør, smeltevann, etc.
- Middelhavet har høyere salinitet (rundt 38-39 g/L) på grunn av lite nedbør og høy fordamping.
- Typisk oppgitt som ppt, promille, PSU eller g/L (som alt er ca det samme).
- Måles oftest indirekte via ledningsevne (konduktivitet).
- Kan også måles kjemisk (titrering) eller ved å dampe inn sjøvann.

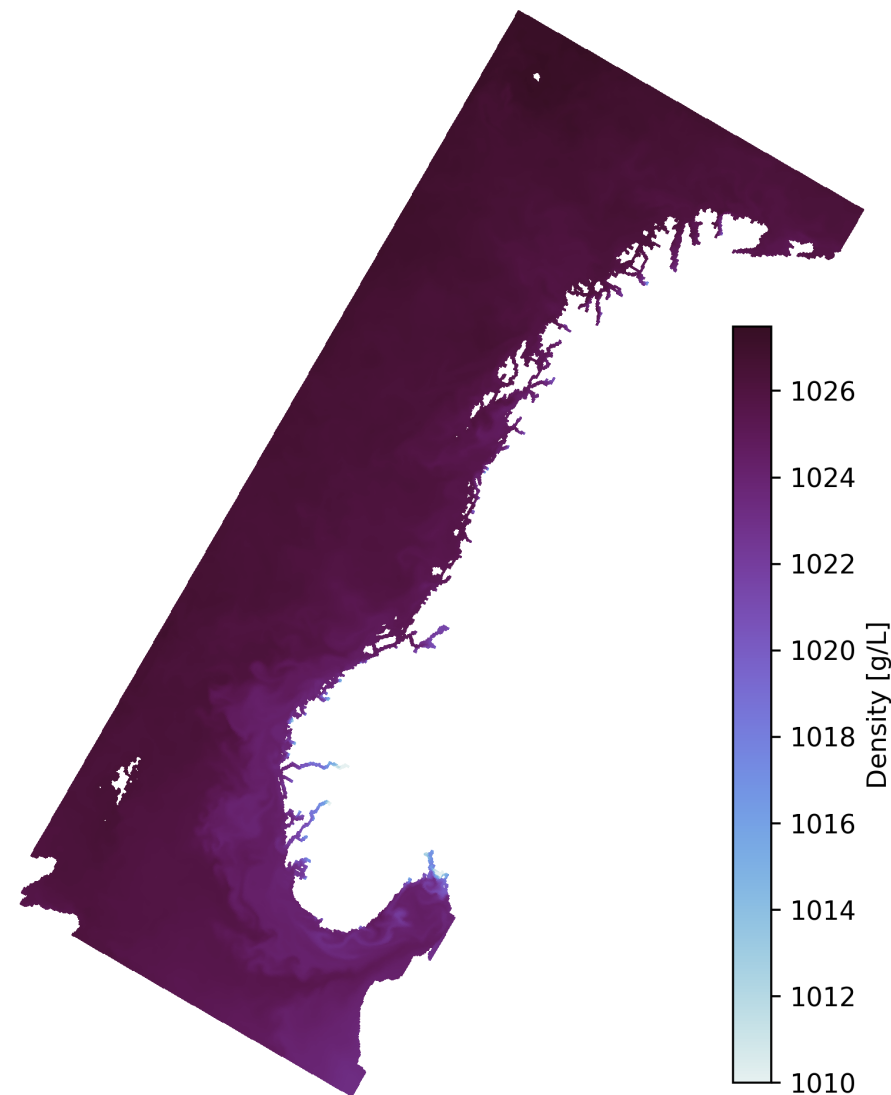




SINTEF

Tetthet

- Typisk rundt 1028 g/L i åpent hav, lavere der saliniteten er lavere.
- Varierer med både temperatur og salinitet (i praksis mest med salinitet)
- Beregnes som regel fra temperatur og salinitet.
- Kan også måles direkte ved f.eks. å veie en liter sjøvann.

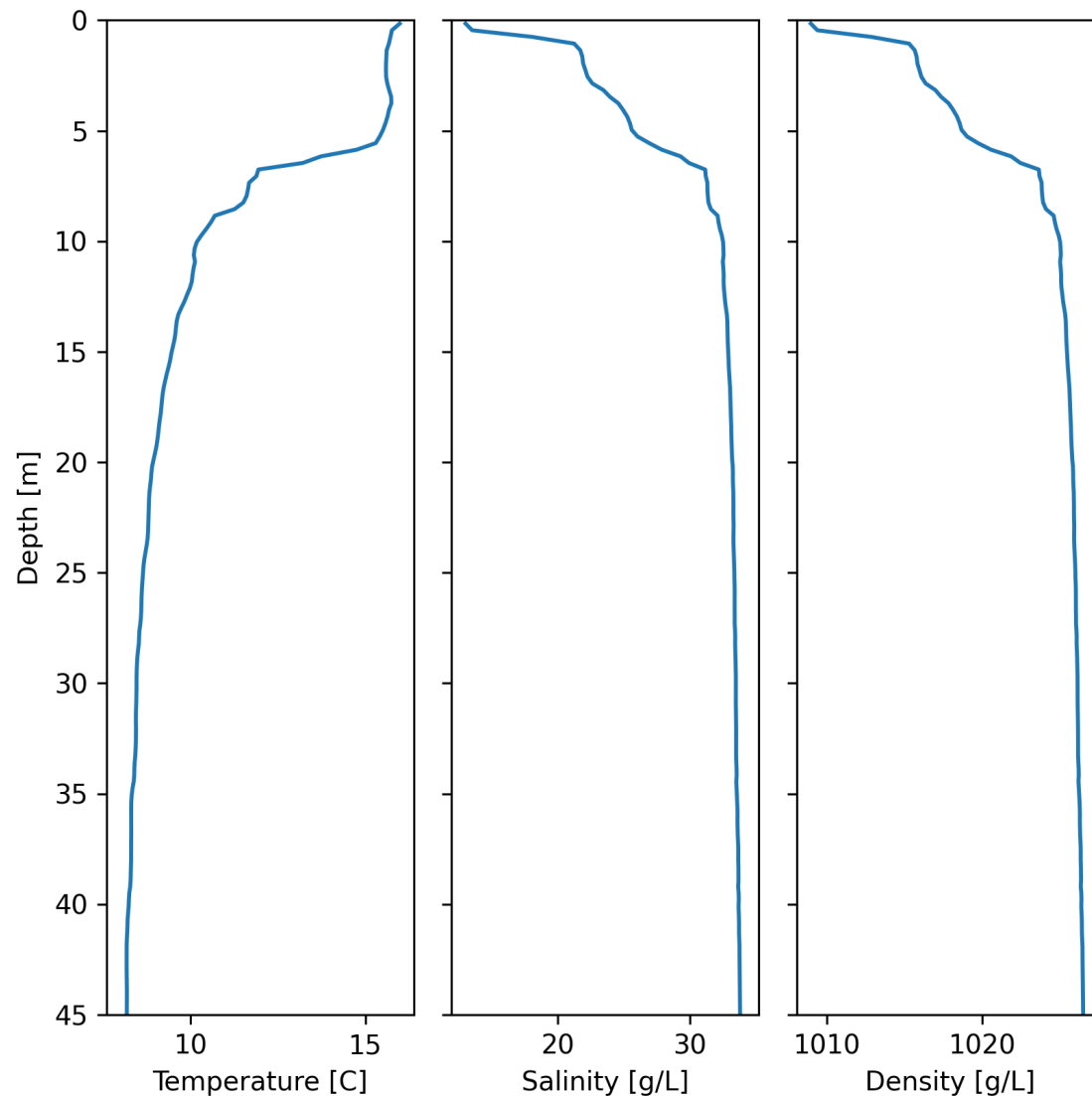




SINTEF

CTD-profiler

- CTD står for Conductivity, Temperature, Depth
- En CTD er et instrument som måler temperatur og salinitet, som funksjon av dyp
 - Temperatur måles direkte
 - Salinitet måles via ledningsevne
 - Dyp måles via trykk
- En måling kalles en CTD-profil
- En CTD-profil er en grunnleggende oseanografisk måling, som sier noe om lagdelingen av havet
- Lagdelingen varierer mye gjennom året, og med lokale forhold som nedbør, smeltevann og temperatur





SINTEF

Bølger

- Bølgemålinger er viktige for f.eks. konstruksjon
- Bølger kan måles direkte ved å måle høyden på vannoverflaten med høy tidsoppløsning (flere titalls målinger i sekundet)
- Kan måles indirekte fra endringer i trykk under bølger
- Kan måles indirekte fra akselerometer i en overflatebøye:
 - Akselerasjon er den deriverte av hastighet
 - Hastighet er den deriverte av posisjon
 - Går motsatt vei ved å integrere akselerasjonen to ganger
 - Noe databehandling er nødvendig for å få fornuftige resultater

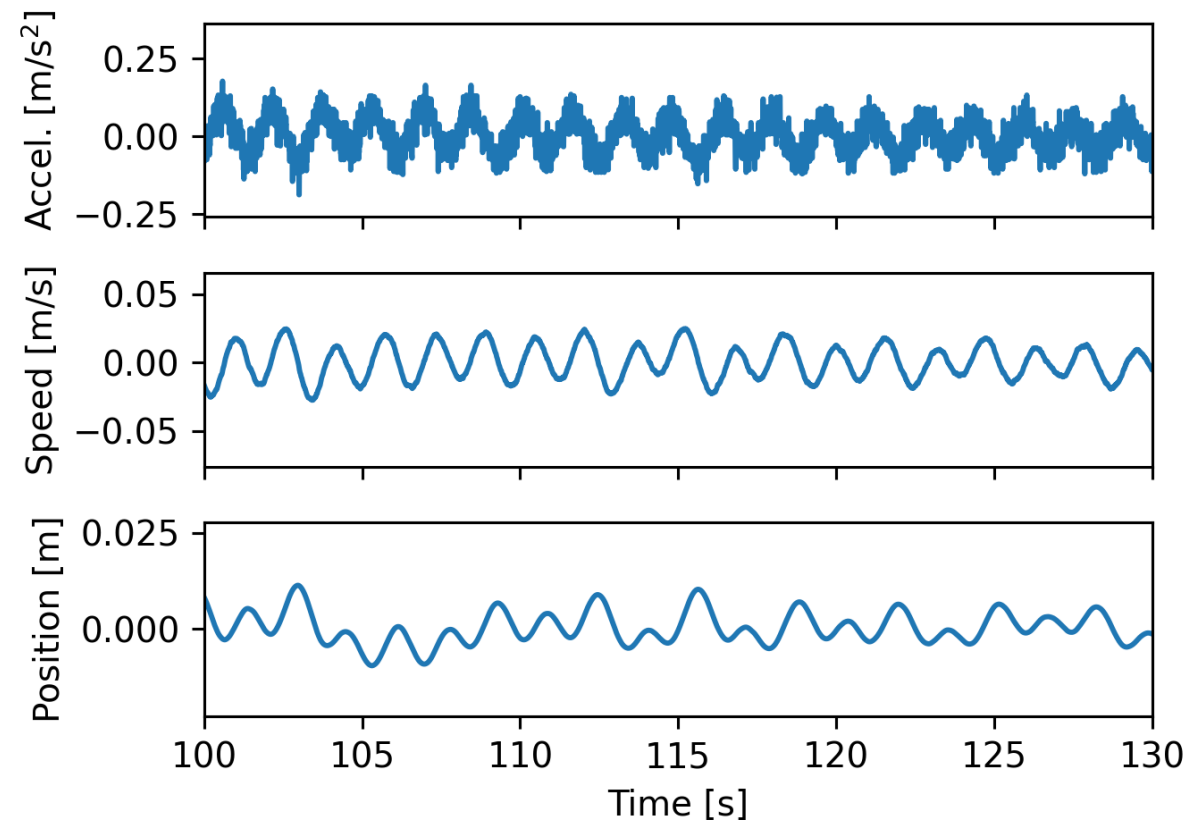




SINTEF

Bølger

- Akselerometerbaserte målinger kan gjøres med enkle midler, f.eks en mobiltelefon i en matboks
- En sensor-app logger akselerometer-data, og eksporterer til f.eks. tekstfil
- Data leses og behandles i f.eks. Python, Matlab eller Excel



```
1 "Time (s)","Acceleration x (m/s^2)","Acceleration y (m/s^2)","Acceleration z (m/s^2)","Absolute acceleration (m/s^2)"$
0 7.607878000E-3,-2.128749847E0,-9.663749695E0,6.862499714E-1,9.919202241E0$
1 1.273387800E-2,-2.128749847E0,-9.663749695E0,6.862499714E-1,9.919202241E0$
2 1.786087800E-2,-2.089999914E0,-9.548749924E0,6.100000143E-1,9.793815639E0$
3 2.298787800E-2,-2.089999914E0,-9.548749924E0,6.100000143E-1,9.793815639E0$
4 2.811487800E-2,-2.128749847E0,-9.434999466E0,4.949999750E-1,9.684823995E0$
5 3.324187800E-2,-1.974999905E0,-9.434999466E0,3.037499785E-1,9.644278283E0$
6 3.836887800E-2,-1.974999905E0,-9.434999466E0,3.037499785E-1,9.644278283E0$
7 4.349587800E-2,-1.822499990E0,-9.472499847E0,1.899999976E-1,9.648101346E0$
8 4.862287800E-2,-1.707499981E0,-9.548749924E0,3.425000012E-1,9.706260224E0$
9 5.374987800E-2,-1.707499981E0,-9.548749924E0,3.425000012E-1,9.706260224E0$
10 5.887687800E-2,-1.631249905E0,-9.548749924E0,4.187499881E-1,9.696130822E0$
11 6.400387800E-2,-1.554999948E0,-9.358749390E0,4.574999809E-1,9.498079870E0$
12 6.913087800E-2,-1.554999948E0,-9.358749390E0,4.574999809E-1,9.498079870E0$
```



SINTEF

Strøm

- Strøm er som regel mye langsommere enn vind
- Typisk under 0.5 m/s, men kan være mye raskere lokalt (flere m/s), for eksempel når tidevannet går gjennom smale sund
- Kan måles på flere måter:
 - Direkte måling med “propell”
 - Kan estimeres fra satelittmålinger av høyden på havoverflaten
 - Indirekte måling med bøyer som driver med strømmen
 - Indirekte måling med akustiske instrumenter

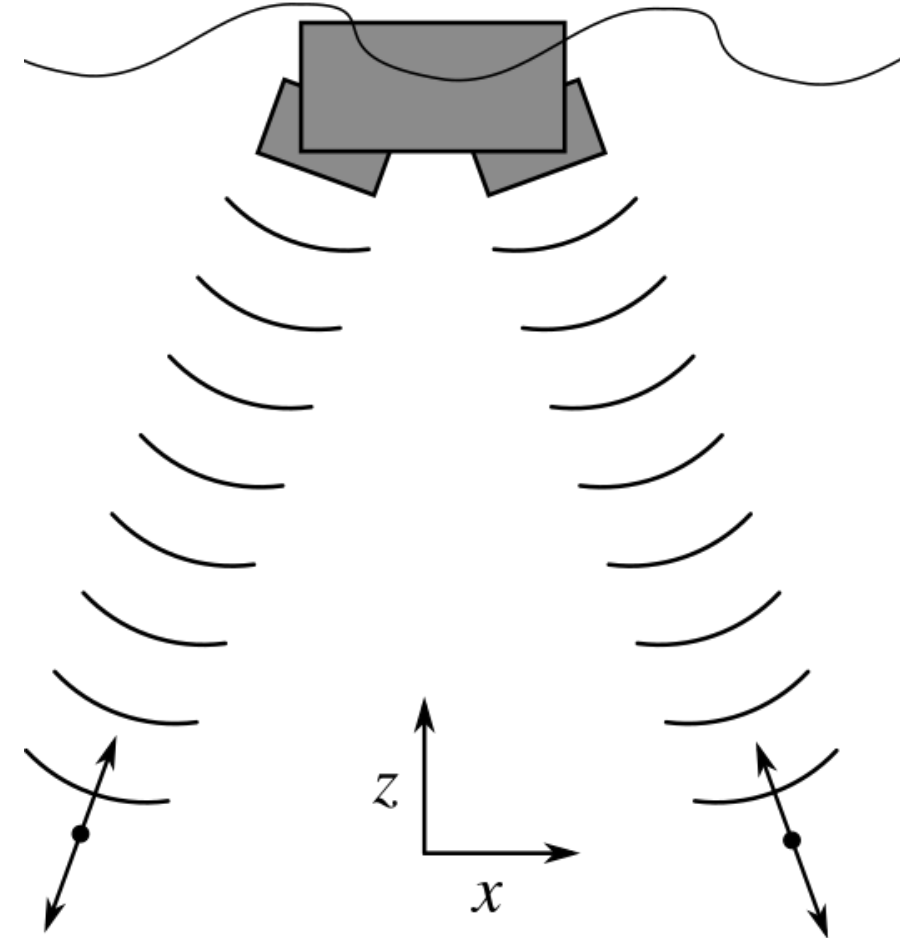




SINTEF

Akustisk strømmåling

- En Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) kan måle strøm i flere dyp, fra like under overflaten
- Sender ut lydimpulser med bestemt frekvens
- Måler frekvensendringen i signalet som reflekteres fra partikler i vannet
- Regner ut strømhastigheten fra Dopplereffekten





SINTEF

Kilder til havdata

- Meteorologisk institutt har modeller for havet
 - Kjører hver dag, litt på samme måte som værvarselet
 - God dekning i norske farvann
 - Data finnes på <https://thredds.met.no>
- Copernicus Marine Service
 - Data for hele verden
 - <https://marine.copernicus.eu>
- World Ocean Atlas
 - Historiske måledata
 - Har data for hele verden, fordelt på måned
- OceanLab (NTNU/SINTEF)
- Norsk marint datasenter (HI)



National Centers for
Environmental Information
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION

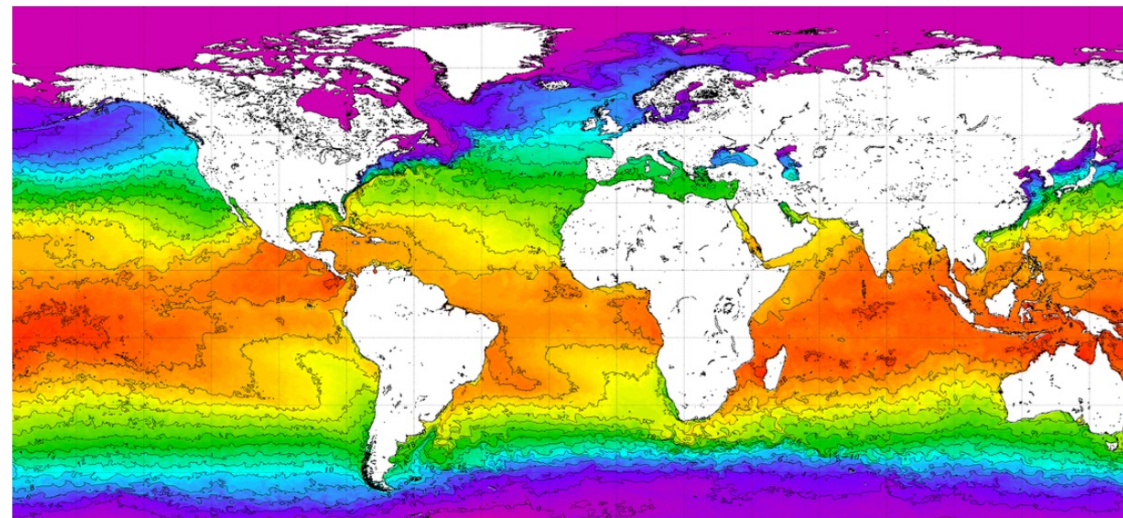
Search NCEI

Home Products Services Resources News Contact About

Home / Products / World Ocean Atlas

World Ocean Atlas

The World Ocean Atlas (WOA) is a collection of objectively analyzed, quality controlled temperature, salinity, oxygen, phosphate, silicate, and nitrate mean based on profile data from the World Ocean Database (WOD). It can be used to create boundary and/or initial conditions for a variety of ocean models, verify numerical simulations of the ocean, and corroborate satellite data.





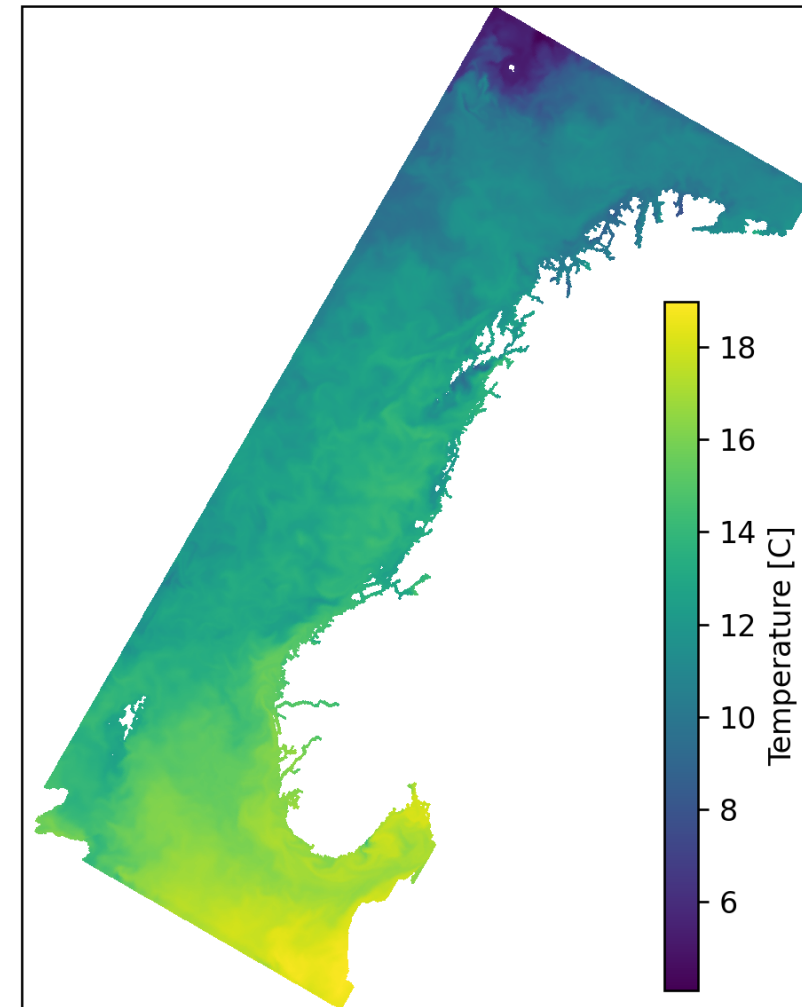
SINTEF

thredds.met.no

- Relativt enkelt å plote data med python
 - xarray for å laste ned data
 - matplotlib for å plote
 - cartopy for å få kartprojeksjon

```
%matplotlib inline
import xarray as xr
import matplotlib.pyplot as plt
import cartopy
import cartopy.crs as ccrs
```

```
# Open data with xarray
url = 'https://thredds.met.no/thredds/dodsC/sea_norshelf_files/norshelf_qck_an_20230906T00Z.nc'
d = xr.open_dataset(url)
# Create map projection
nps = cartopy.crs.NorthPolarStereo(central_longitude=10.0)
# Create figure
fig = plt.figure(figsize=(6,7))
ax = plt.axes(projection=nps)
# Plot temperature data
m = ax.pcolormesh(d.lon_rho, d.lat_rho, d.temp[0,-1,:,:], transform=ccrs.PlateCarree())
plt.colorbar(m, label='Temperature [C]', shrink=0.6, anchor=(-1.75, 0.2))
plt.savefig('temperature_simpler.png', dpi=240)
```



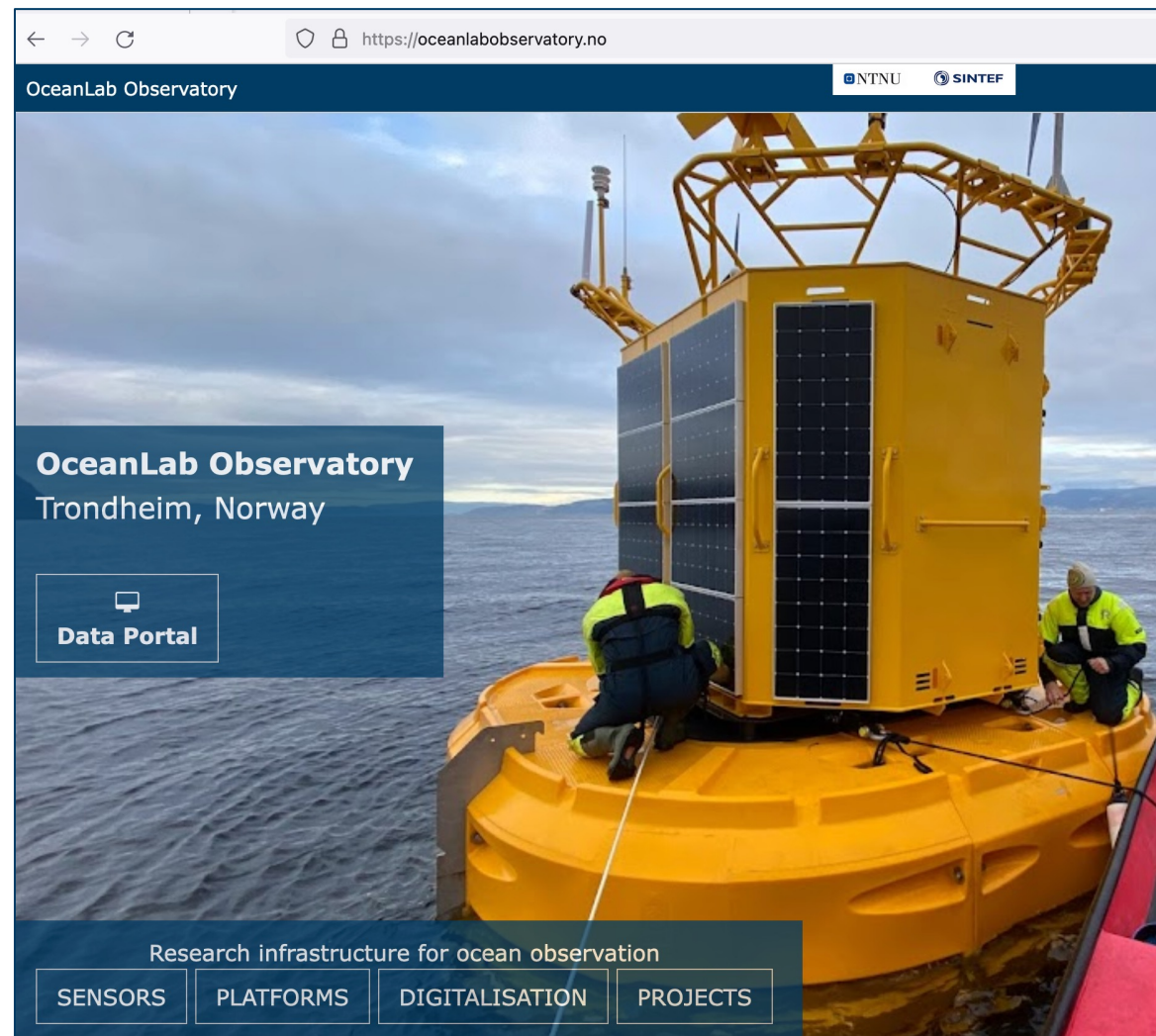
Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

OceanLab

- Et nasjonalt infrastrukturprosjekt med SINTEF og NTNU, finansiert av Forskningsrådet m.fl.
- Har blant annet to målebøyer som står permanent i Trondheimsfjorden
- Noe data er åpent tilgjengelig på oceanlabobservatory.no
 - Gå til Data Portal, og velg sted (Munkholmen, Ingdalen, etc.)





SINTEF

OceanLab

- Bøya ved Munkholmen har en rekke sensorer
- Vind, temperatur, lufttrykk
- ADCP (profilerende strømmåler)
- Ekkolodd
- Bølgemålinger (akselerometer)
- Profilerende vinsj med CTD og plass til andre instrumenter
- God plass til flere instrumenter, både permanent og midlertidig





SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn