

## STATUSNOTAT

**DMU**  
Danmarks  
Miljøundersøgelser

Afdeling for Marin Økologi

J.nr.  
Ref. job; jha

**Statslige modelleringsaktiviteter under NOVANA-programmet**

Den 15. april 2004

I forbindelse med etablering og drift af Det Marine Modelkompleks (MMK) bliver der udført supplerende modelaktiviteter ved DMU (Det Marine Fagdatacenter (M-FDC)), som understøtter den overordnede modellering, der i øvrigt foretages i NOVANA-programmet.

De supplerende modelaktiviteter er ikke en ”kopi” af , hvad der skal gennemføres som en del af den udbudte fysiske modellering under MMK. Det er tidligere fremført, at de supplerende aktiviteter ”understøtter” den overordnede modellering. Ved ”understøtter” skal alene forstås at der med hensyn til fysisk modellering opstilles en model med særlig fokus på horisontale transporter (af vand og næringsstoffer) og vertikal opblanding (turbulens). Som en del af stoftransportberegningerne vil der blive tilkoblet et biologisk modul. Sidstnævnte alene er et middel og ikke et formål. Der er således et element af videns- og kompetenceopbygning i de supplerende aktiviteter. De supplerende modelaktiviteter skal i overensstemmelse med rapporteringskravene for NOVANA-programmet publiceres primo oktober 2005. Selv om der er lang tid til denne frist er opsætningen af modellen i fuld gang.

Statusnotat giver en kort beskrivelse af den anvendte numeriske fysiske model og dens opsætning, samt en beskrivelse af de resultater som modellen vil bidrage med undervejs i NOVANA programmet.

**1. Modelbeskrivelse**

Modellen er baseret på den såkaldte COHERENS-model, der er en open-source model som er blevet udviklet under en række tidligere EU-projekter (Luyten et al., 1999; se evt. <http://www.mumm.ac.be/~patrick/mast/coherens.html>).

*1.1 Fysiske processer*

Modellen løser de primitive ligninger for momentum samt ligningerne for stofbevarelse. Den regionale model er formuleret på et sfærisk Arakawa C-grid. Det vertikale grid er et såkaldt sigma-koordinatsystem, hvor koordinaterne følger den lokale batymetri, dvs. at antallet af vertikale gridpunkter er det samme i hele modellen. I den nuværende opsætning er antallet af

vertikale gridpunkter sat til 20, dvs. at gridsafstanden er 2 meter hvis dybden er 40 meter. Ligningerne løses på et såkaldt f-plan, dvs. at coriolisparameteren er konstant i modeldomænet. Derudover anvendes den Boussinesq'se approksimation, samt antagelserne om inkompressibilitet og hydrostatisk ligevægt.

Den anvendte model er særlig velegnet til beskrivelsen af de processer der foregår i det nedre og øvre grænselag. På grund af det relativt lave vand i området fra Kattegat til Bælthavet, er netop processerne i grænselagene vigtige for at forstå blandingsprocesserne mellem det udstrømmende Østersøvand og det indtrængende Nordsøvand. Grænsebetingelserne i det nedre grænselag er en slip-betingelse hvor bundstresset er kvadratisk relateret til hastighedsfeltet. Den øvre grænsebetingelse er bestemt af de atmosfæriske felter af vind, indstråling, tryk, nedbør og fordampning, og stresset er også her bestemt ved en dragkoefficient samt en afhængighed af vindens hastighed. Blandingsprocesserne i modellen kan beskrives ved flere forskellige turbulensmodeller. Den nuværende opsætning er baseret på en såkaldt k-epsilon model. Selve valget af turbulensmodellen er kritisk for beskrivelsen af blandingsprocesserne, så derfor er valgmuligheden imellem flere mulige turbulensskemaer velegnet til undersøgelser af processerne i de indre danske farvande. Advektionsskemaet i modellen er baseret på det såkaldte TVD-skema, der i modsætning til det enklere upwind-skema er mindre numerisk diffusivt, og derfor velegnet til beskrivelsen af skalar felter nær fronter.

### *1.2 Biologiske processer*

Modellen indeholder et biologisk modul baseret på en kulstof-nitrogen microplankton-detritus model (Tett, 1998). Modellen indeholder en mikrobiel løkke med hhv. bakterier, protozoa og fytoplankton som separate tilstandsvariable. Dermed befinder den biologiske model sig imellem den relativt enkle Fasham model (Fasham et al., 1990) og den relativt komplekse ER-SEM-model der indeholder flere uafhængige tilstandsvariable (Baretta et al., 1995).

### *1.3 Kontaminat og sedimentprocesser*

Modellen indeholder moduler for transporten og spredningen af inaktive sporstoffer samt sedimentation og resuspension af partikler på bunden. Kontaminantmodulet kan f.eks. bruges til bestemmelsen af spredningen fra afgrænsede kilder, f.eks. transport af alger, olie eller lavsalint vand fra bestemte områder som for eksempel Tyske Bugt.

## **2. Opsætning af BALECO**

Den opsætning af modellen vi har foretaget på DMU/MAR, har vi indtil videre valgt at kalde BALECO (BALtic ECOsystem model). Modellens horisontale opløsning er indtil videre begrænset af de beregningsmæssige ressourcer vi har adgang til på DMU, men disse vil blive kraftigt udvidet i løbet af NOVANA-perioden, og vi vil derfor løbende gøre den anvendte opløsning finere.

Modellen er opsat i en regional opsætning der dækker hele Nordsø/Østersø-området, og en lokal opsætning med en finere horisontal opløsning i de indre danske farvande er igangsat:

- Den regionale opsætning dækker Østersø/Nordsø-området fra et snit over den nordlige del af Nordsøen fra England til Norge på  $59^{\circ}$  Nord og et snit igennem den engelske kanal på  $4^{\circ}$  Vest. Hele Østersøen er inkluderet i den regionale model, dvs. at modelområdet når til  $66.1^{\circ}$  Nord og til  $30.5^{\circ}$  Øst, så både den botniske bugt og den finske bugt er inkluderet (se figur 1a). Modellens horisontale opløsning har en gridstørrelse på  $0.068$  længdegrader og  $0.12$  breddegrader, svarende til en gridstørrelse på omkring  $7.5$  km langs længdegraden og nøjagtig  $7.5$  km langs breddegraden.
- Den lokale opsætning er forberedt at dække de indre danske farvande, dækkende et område der er afgrænset af  $9.3^{\circ}$  Øst,  $53.7^{\circ}$  Nord og  $13.4^{\circ}$  Øst,  $57.6^{\circ}$  Nord (se figur 1b). Dette område inkluderer den vestlige Østersø/Arkona til den nordlige del af Kattegat. Gridstørrelsen er her på  $0.024$  længdegrader og  $0.013$  breddegrader, svarende til en gridstørrelse på omkring  $1.5$  km langs længdegraden og nøjagtig  $1.5$  km langs breddegraden.

### 3. Status ultimo april 2004

Modellen er sat op i den regionale opsætning, og foreløbige testkørsler viser at udviklingen af tidevandsamplituden i Nordsøen kan simuleres tilfredsstillende. Dvs. at modellen håndterer de kritiske åbne grænsebetingelser ud mod Atlanterhavet. I selve spinup-fasen af modellen løses der kun for den barotrope del, dvs. primært tidevandskomponenten. Modellen kan efterfølgende genstartes fra det nye initialfelt fra spinup-fasen, der vil have et strømfelt som er i ligevægt med vandstandsvariationerne som skyldes tidevandet. De største floder omkring Østersøen og Nordsøen er inkluderet i modellen.

Til løsningen for massefyldefeltet, dvs. temperatur og salinitet, indgår indstråling, vind, luftfugtighed, nedbør, skydække og lufttryk. Disse felter leveres efter aftale med ATMI/DMU fra deres atmosfæremodel der dækker modelområdet for BALECO. Initialfelter er genereret fra WOA01 (World Ocean Atlas 2001).

### 4. Planlagte aktiviteter

Modellens beskrivelse af de fysiske transporter igennem de indre danske farvande vil blive undersøgt og valideret mod eksisterende data. Især vil modellens beskrivelse af de vertikale og horisontale blandingsprocesser blive undersøgt med fokus på fordelingen af de vertikale turbulente diffusive flukse i de indre danske farvande. I denne forbindelse vil betydningen af den vindgenererede blanding indgå som en vigtig proces.

Modellens biologiske modul vil blive testet i de indre danske farvande. Derudover vil et nyligt udviklet biologisk modul blive inkluderet i BALECO, som er baseret på koblingen mellem

DIN, biomasse, PON og DON (Bendtsen & Lundsgaard, in prep.) og videreudviklet så det tilpasses forholdene i de indre danske farvande.

### **5. Afsluttende bemærkninger**

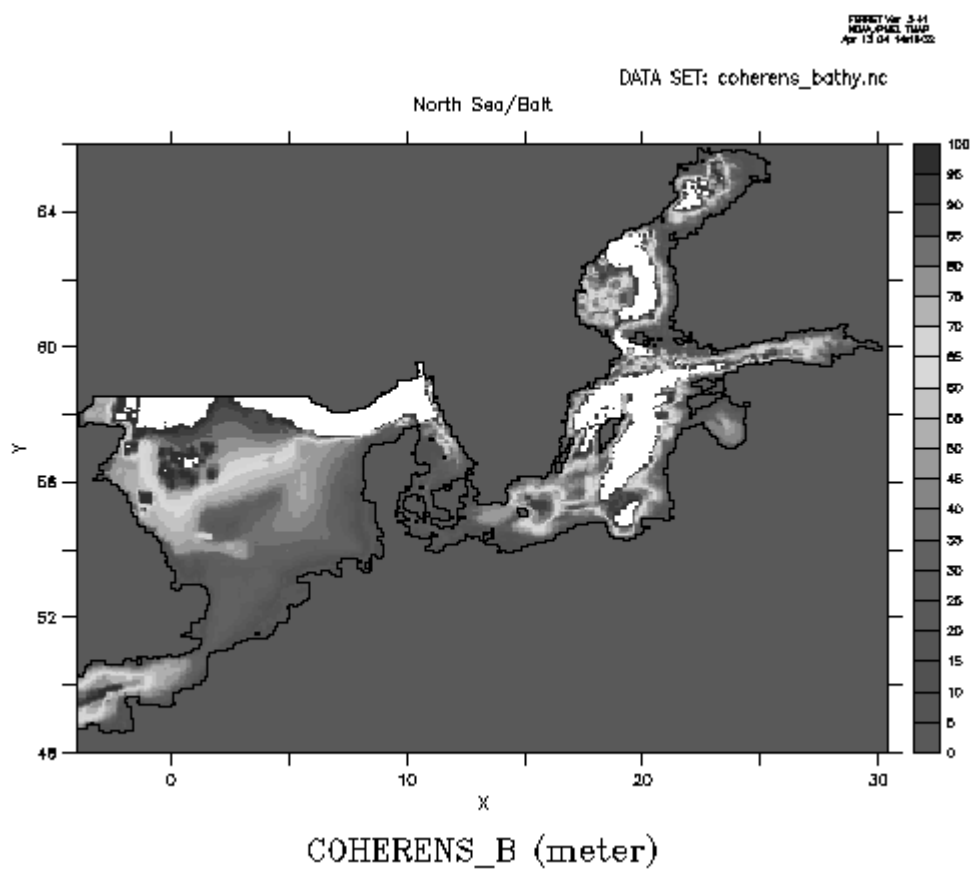
BALECO er en hel ny model der bliver opsat med henblik på at undersøge primært de fysiske og udvalgte biologiske processer i farvandene om Danmark. På grund af de indre danske farvandes beliggenhed mellem Nordsøen og Østersøen er en beskrivelse af forholdene i disse områder nødvendige for at kunne beskrive forholdene lokalt. Derfor er modelopsætningen først og fremmest baseret på en regional model der dækker hele området, og denne vil blive suppleret med en lokal model der har en finere horisontal opløsning i de indre danske farvande. Modellens resultater vil blandt andet indeholde en beskrivelse af de fysiske transporter igennem Bælthavet og Kattegat, samt i den øvrige del af modellen. Samtidig giver modellen adgang til den tredimensionale fordeling af T og S og det todimensionale vandstandsfelt, samt de øvrige tilstandsvariable der bliver inkluderet i modellen.

Videreudviklingen af både den fysiske og biologiske komponent af modellen vil så vidt muligt ske i samarbejde med andre institutioner der anvender numeriske modeller af de danske farvande.

Et sammendrag af resultater fra BALECO skal være klar ultimo september 2005, eventuelt i form af et temabidrag til havrapporten for 2005. BALECO vil således være operationel ved den planlagte midtvejsevaluering af de udbudte MMK-aktiviteter.

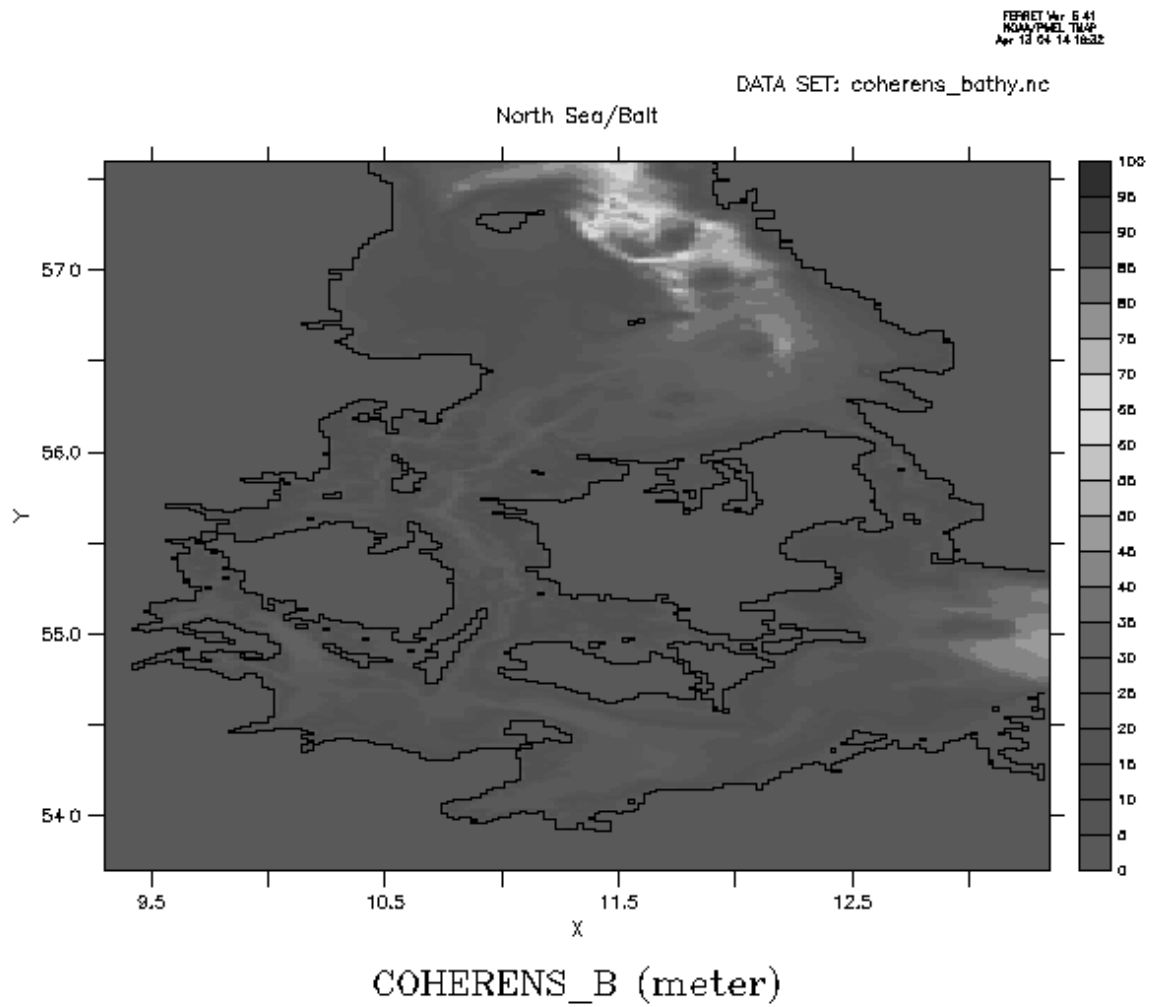
### **Referencer**

- Baretta et al., 1995: The European Regional Seas Ecosystem Model, a complex marine ecosystem model, Netherlands Journal of Sea Research, 33, 233-246.
- Bendtsen & Lundsgaard, 2004, in preparation.
- Fasham et al., 1990: A nitrogen based model of plankton dynamics in the oceanic mixed layer, Journal of Marine Research, 48: 591-639.
- Luyten et al., 1999: A coupled hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf Seas: User documentation, MUMM report, Management Unit of the Mathematical Models of the North Sea, 914 pp.
- Tett P., 1998. Parameterising a microplankton model, Report, Napier University, Edinburgh, 54 pp.
- World Ocean Atlas 2001



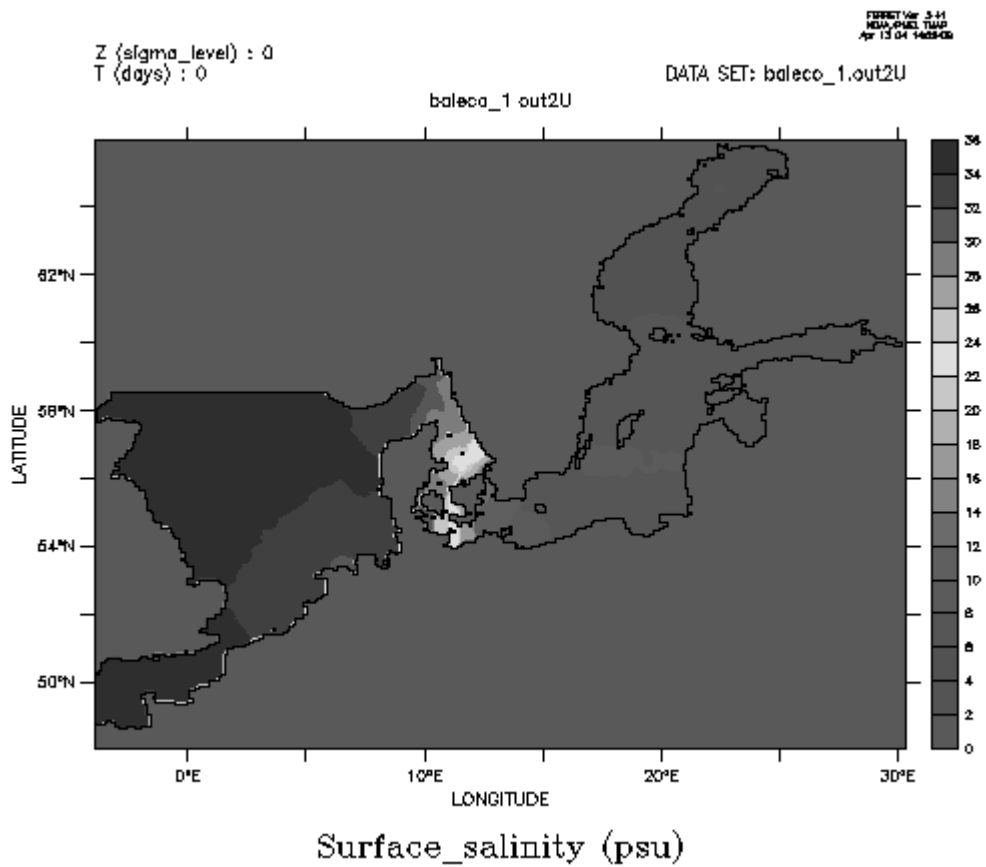
Figur 1a

Den anvendte batymetri i den regionale opsætning. Dybden er vist i meter i intervallet 0 – 100 m. Dybder udover dette interval er ikke kontureret på figuren.



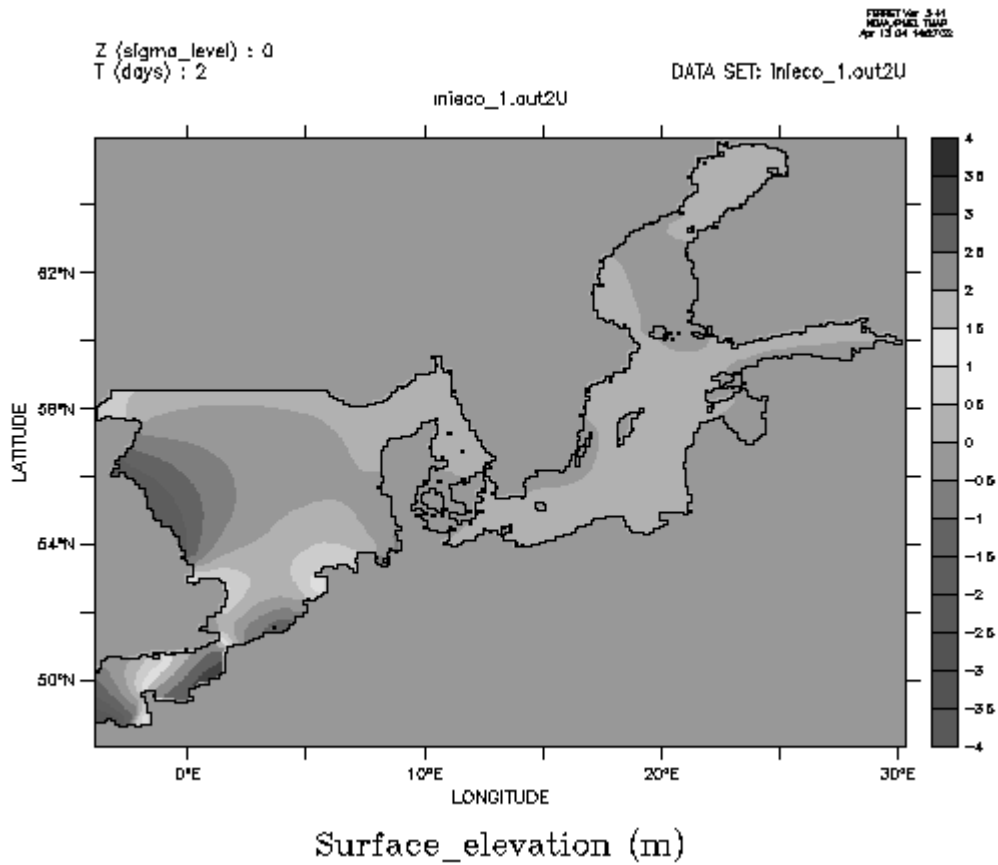
Figur 1b

Den anvendte batymetri i den lokale opsætning, der kun dækker de indre danske farvande.  
Dybde er vist i meter.



Figur 2

Spin-up af modellen fra initialfelter for januar samt tidevandspåvirkning uden anvendelse af meteorologiske felter. Figuren viser overfladesaliniteten.



Figur 3

Den barotrope løsning for modellen viser tidevandsbølgens forplantning ned gennem Nordsøen fra Nordatlanten. Tilsvarende forplanter tidevandsbølgen sig op gennem Den Engelske Kanal. Konturplottet viser vandstanden i meter.