

Tyngdemålinger og måling af havniveau med GPS og laser

Af projektleder, statsgeodæt, mag.scient. Rene Forsberg, Danmarks Rumcenter

Togtben 8-18

Øvrige deltagere

Arne V. Olesen, G. Strykowski og O. Andersen, Danmarks Rumcenter

Baggrund

Danmarks Rumcenter har med succes gennemført tyngde- og GPS-/lasermålinger på 2. del af Galathea 3-togtet, fra Perth og hele vejen tilbage til København (fig. 1). Udstyret har stort set virket upåklageligt med kun nogle mindre problemer med gravimeter og laser på grund af kondens og saltvand samt enkelte tilfælde, hvor udstyret blev slukket på grund af manglende måletilladelser. Målingerne har været udført delvist ubemandede, og der har været uvurderlig hjælp fra Farvandsvæsenets søopmålere med tilsyn og data-backup på de ubemandede togtben.

Formålet med målingerne har været at sikre en global referenceprofil for tyngdekraftens variationer, som er essentiel til at kalibrere satellitmålinger af tyngdefeltet (fig. 2). Målingerne af tyngdekraften bidrager samtidig til at bestemme geoide og havstrømme samt Jordens indre struktur (supplement til seismiske målinger). Ved at have moderne, nøjagtige målinger bundet op på absolutte målinger i land kan man tillige "redde" ældre tyngdemålinger, hvor referenceniveau ofte er usikkert. Målingerne foretaget på Galathea 3 er meget nøjagtige – $1 \mu\text{g}$ – først og fremmest fordi det i alle havneanløb fra og med Perth er lykkedes at fremskaffe de nødvendige tyngdereferenceniveauer på land fra de nationale geodætiske myndigheder i Australien, New Zealand, Chile, Ecuador og USA - og lave de fornødne tilslutningsmålinger i havnene.

Der er tillige indsamlet data med geodætisk GPS-udstyr, som tillader højdebestemmelse af skibet med få decimeters nøjagtighed. Højden er overført fra GPS-antennen på VÆDDERENS bro med en laser monteret ved indgangen til styrehuset i styrbord side. Roll og pitch for skibet er logget fra Farvandsvæsenets system. Ved at kombinere GPS og laser kan der løbende måles bølger samt havets højde i GPS-systemet (ellipsoidehøjder). Disse højder varierer primært på grund af tyngdefeltet, som kendes fra tyngdemålingerne. Forskellen – den dynamiske havtopografi – er genereret af de større havstrømme, og det er, så vidt vi ved, første gang, dynamisk havtopografi måles systematisk på globalt plan på denne

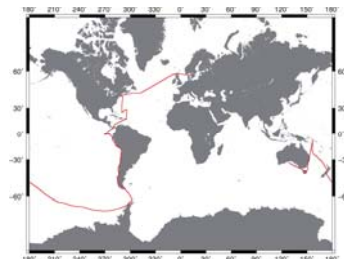


Fig. 1. Indsamlede tyngdedata og GPS-højder baseret på de målte GPS-data.

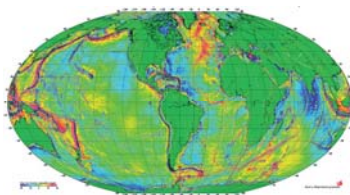


Fig. 2. Marine tyngdefeltsvariationer bestemt med satellit-radarmåling. Farveskala er -60 til $60 \mu\text{g}$.

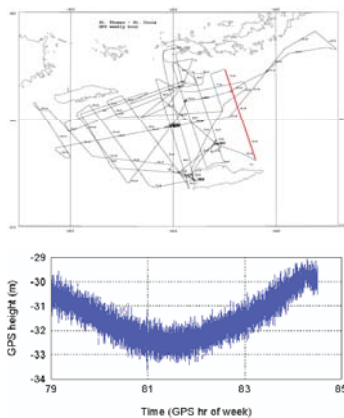


Fig. 3. Eksempel af måling af havets højde, fire timer profil nord for St. Croix (vist med rødt foroven). Højden af havet er vist på den nederste graf. Der ses bølger med 5-10 s periode overlejret med et signal fra tyngdefeltet.

Oversigt over togben med aktiviteter fra tyngdeprojektet

Togben	Dato	Deltager	Bemærkning
8-9 Perth-Hobart- Sydney	22/11-11/12 06	Arne V. Olesen	Installation af udstyr, havneties i Perth og Sydney, GPS-data mangler i starten
10 Sydney-Gizo		Ubemandet	Gravimeterfejl ca. halvvejs pga. kondensproblemer, ellers ok
11 Gizo-Christchurch	29/12-8/1 06/07	Rene Forsberg	Ok
12 Antarktis		Ubemandet	Datalogging afbrudt i argentinsk farvand
13 Valparaiso-Antofagosta	8/2-13/2	Gabriel Strykowski	Ok
14 Antofagosta-Galapagos		Ubemandet	Udstyr slukket en del af vejen
15 Galapagos- St.Thomas	2/3-17/3	Ole Andersen	Ok, ingen base ties mulige i Panama
16 St. Thomas-St. Croix		Ubemandet	Ok, gravimeter i 1-sec mode
17 St. Thomas-Boston		Ubemandet	Gravimeterfejl sidste dage på ben
18 Boston-København	11/4-25/4	Gabriel Strykowski	Ok



Gravimeter.



GPS-antenne (grøn) forrest på bro.
Fotos: Arne V. Olesen

måde. Et eksempel på målte højder nord for St. Croix er vist i fig. 3.

Status for processering

GPS- og tyngdeprocessering er i gang og forventes afsluttet i løbet af 2007. Processeringsarbejdet er omfattende, da der skal benyttes præcise satellitbaner og GPS-referencedata fra det globale geodætiske GPS-trackingsystem (IGS), ligesom der forestår et større arbejde med evaluering og filtrering af tyngdedata og tilknytning til havne-ties. Den forskningsmæssige udvikling omkring forbedret GPS-positionsbestemmelse vil blive udført i samarbejde med en kinesisk gæsteforsker (X. Zhang) fra Universitetet i Wuhan.

Eksterne bidragydere og tak

Tyngdemålingerne var sponsoreret af *US National Geospatial-Intelligence Agency*, som har doneret gravimeterudstyr til DRC i forbindelse med løbende samarbejde med DRC om tyngdefeltsbestemmelse i Grønland og globalt. Rejser og fragt mv. var dækket af *Forskningsrådet for Natur og Univers*, som tillige har dækket rejseudgifter til kinesisk post.doc. Vi takker Farvandsvæsenets søopmålere – Uni Bull, Henrik Agner, Henrik F. Holm og Per Larsen - for hjælp med tilsyn af vores udstyr. *Geoscience Australia*, *Land Information New Zealand*, *Istituto Geographico Militar Chile*, *IGM Ecuador* samt *US NGA* har ydet hjælp og praktisk assistance med fremskaffelse af referencetyngdepunkter på land.