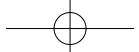


8. oktober 2005 ble en trist dag for polarforskerne. Utskytingen av den lenge etterlengtede Cryosat-satellitten gikk ikke som planlagt. Bare et par timer etter utskytingen, krasjet transportraketten for is-satellitten i polhavet på grunn av en feil i utsendingsprosedyren. Cryosat ble tapt før den nådde sin omløpsbane, og med satellitten forsvant svarene polarforskerne håpet på.

HÅPER PÅ NY IS-SATELLITT

Tekst og foto: Andrea Taurisano,
glasiolog ved Norsk Polarinstitut
Illustrasjon: ESA-P CARRIL Copyright



ETTER RAKETT **K**RASJ



Det var allerede i 1999 at European Space Agency (ESA) ga grønt lys for Cryosat-satellitten, etter at den var foreslått av internasjonale forskere, ledet av Prof. Duncan Wingham fra University College London. Dette skulle være den første satellitten som fullt og helt var tilegnet overvåkingen av endringer i tykkelsen av polare isdekker, iskalotter og sjøis. Kretsende 717 km over jordas overflate i en fart på mer enn syv km/sek, skulle satellitten samle inn data i en treårsperiode, og registrere endringer i isykkelsen med en nøyaktighet på opptil 1-3 centimeter per år.

De ambisiøse oppdragskravene ble laget for å muliggjøre presise målinger av massebalansen i de enorme innlandsregionene av de polare isdekkene. Der er den årlige akkumuleringen av snø lav, og det er fortsatt usikkerhet om hvorvidt en positiv eller negativ trend er i gang. Videre er det nødvendig å kunne fastslå høyden på sjøisens overflate over havnivået svært nøyaktig for å kunne kalkulere sjøisens tykkelse.

Europeiske forskere og ESAs ingeniører tok utfordringen med å utvikle en ny og avansert radarhøydemåler, et instrument som også å kunne brukes i fly for å kontrollere avstanden fra landjorda. Den avanserte høydemåleren på Cryosat skulle sende ut impulser av mikrobølger og måle forsinkelsen av ekkoet som blir reflektert fra jordens overflate, med en presisjon på mindre enn ett nanosekund. Styrken og formen på de reflekterte mikrobølgene skulle også måles. All denne informasjonen ville blitt konvertert til distanser mellom sensoren og punktet på jordens overflate, som skulle sendt tilbake det reflekterte ekkoet. Til slutt ville distansen ha blitt konvertert til faktisk høyde over overflaten, noe som ville krevd at man kjente satellittens posisjon nøyaktig.

Alt dette skulle utføres ved å bearbeide signaler fra et nettverk av radiosendere og lasersporingsstasjoner, spredt

forskerne håpet på forsvant med satellitten, tok det ikke lang tid før man forsto at ikke alt var tapt. De eksisterende radarhøydemålerne fungerer til tross for tykke skyer og polarnatten. Men disse krever mye valideringsarbeid. Mikrobølger blir effektivt reflektert av isen, men kan trenge gjennom flere meter tørr snø som dekker de polare isbreene flere måneder i året. Dette åpner døren for usikkerhet om hva radarhøydemåleren faktisk måler.

For å kunne sammenligne høydedata samlet inn av Cryosat over samme punkt gjentatte ganger, ville glasiologene trengt bedre forståelse av endringer i egenskapene til snøen, endringer som kan skje i perioden mellom to målinger. Islag kan dannes inni snømassene som et resultat av tilfeldig smelting og tilfrysing, mens skare ofte er et resultat av storm. Disse og andre trekk kan reflektere mikrobølgene på en måte som simulerer responsen fra bre-is og resultere i feilberegninger av breens høydeendringer.

Forandringer i snøakkumuleringen, både i tid og rom, samt endringer i snøens karakteregenskaper måtte derfor undersøkes hvis målingene gjort av Cryosat skulle være så nøyaktige som instrumentet teoretisk kunne tillate. Valideringen av den nye radarhøydemåleren for å overvåke sjøis var like utfordrende. For å kunne fastslå tykkelsen på sjøisen, må både snø- og is-egenskapene, samt tettheten, være nøyaktig kjente.

På grunn av dette hadde ESA allerede startet et inter-nasjonalt forskningsprogram myntet på kalibrering og validering av Cryosat, ved å vurdere usikkerheten i de radarbaserte målingene av sjøisens tykkelse og landisens høydeendringer. Problemet ble taklet ved å kombinere landbaserte og flybårne undersøkelser i utvalgte testområder. Blant disse finner vi Austfonna iskalott på Svalbard, hvor forskere fra Norsk Polar-institutt og Universitetet i Oslo gjennomfører feltarbeid. Her

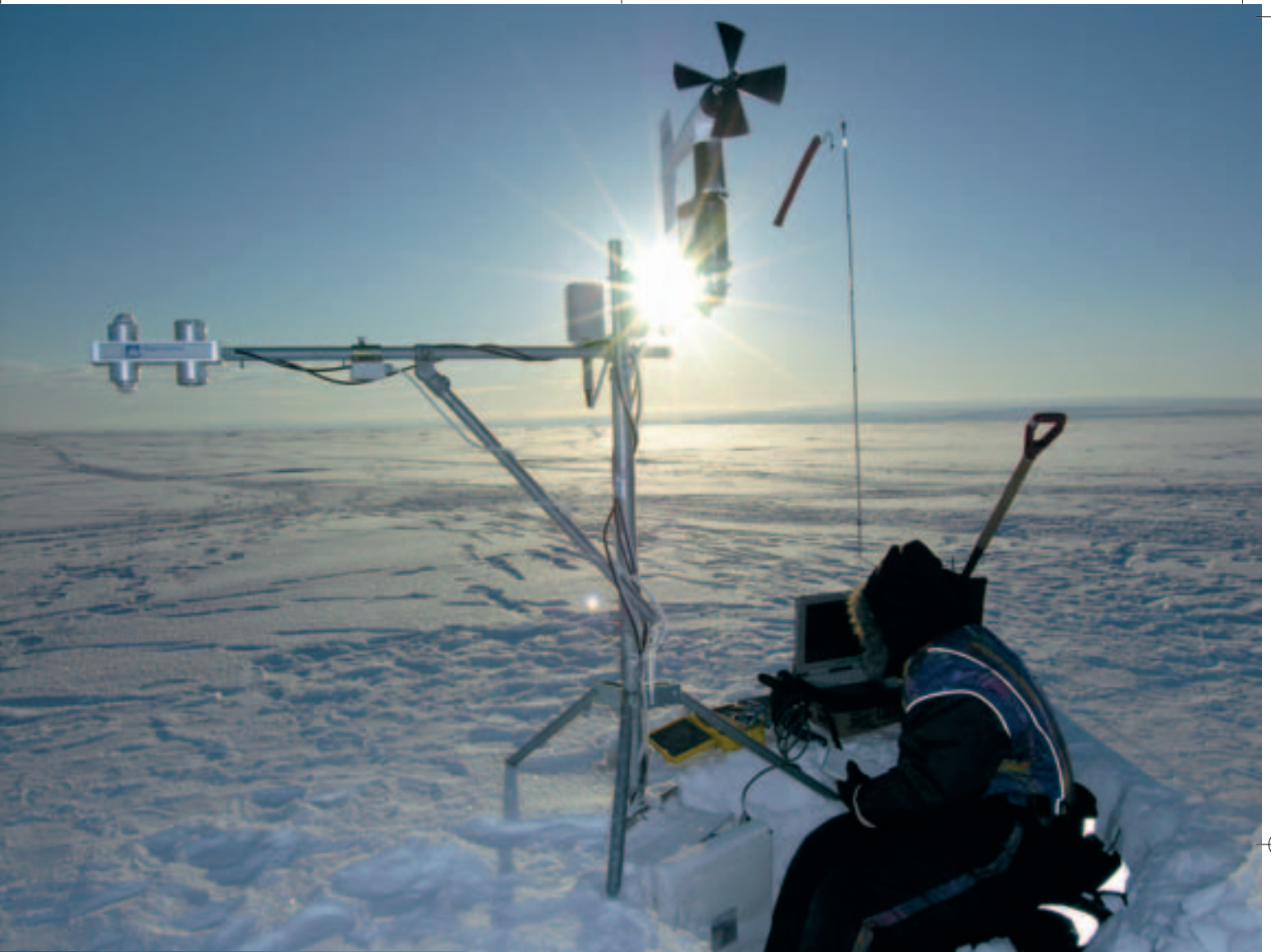


rundt på kloden. Ifølge ESAs plan skulle den nye radarhøydemåleren fly i et nesten polart kretsløp, noe som ville gjort det mulig å måle isbreer og sjøis i inntil 88 breddegrader. Samtidig ville muligheten til å veksle mellom tre virksomme metoder, avhengig av karakteregenskaper ved overflaten, sørget for data også fra de bratte og dynamisk aktive grenseområdene på isdekket, der tidligere satellitter slo feil.

Men som nevnt innledningsvis gikk ikke dette som planlagt. 8. oktober 2005, bare et par timer etter utskytingen, krasjet raketten som transporterte Cryosat i polhavet. Selv om man umiddelbart regnet med at mange av svarene polar-

blir tradisjonelle glasiologiske målinger kombinert med svært avanserte geofysiske forskningsmetoder.

Snøakkumuleringen tvers over iskalotten, og den indre strukturen av de øvre islagene, blir kartlagt ved bruk av en Ground Penetrating Radar (GPR). Dette instrumentet, som også ofte blir brukt i arkeologi og geologi, sender ut mikrobølger med en valgt frekvens og registrerer forsinkelse og egenskaper til de reflekterte bølgene, som er en funksjon av de fysiske karakteregenskapene av det undersøkte materialet, blant dem tetthet og vanninnhold. Derfor er GPR i stand til å gi et todimensjonalt bilde av den indre strukturen i snø og is.



For å kunne utføre målinger tvers over en iskalott på 8.000 km blir en GPR-enhet montert på en slede som blir tauet av en snøscooter, mens en 800 MHz antenne blir dratt direkte over snøoverflaten.

For å kunne utføre målinger tvers over en iskalott på 8.000 km? blir en GPR-enhet montert på en slede som blir tauet av en snøscooter, mens en 800 MHz antenne blir dratt direkte over snøoverflaten. En datamaskin blir brukt for å lagre datafiler ved regelmessige intervaller. Til slutt brukes Global Positioning System (GPS) for å navigere langs profilene som skal måles. Dette er uunnværlig i et miljø som ikke har noen referansepunkter og der sikten plutselig kan minke til bare et par meter.

Nok en GPS-stasjon blir brukt i hovedleiren på isbreen, og koordinatene derfra refereres til kjente geodetiske punk-

ter. De korrigerede GPS-dataene fra hovedleiren kan senere brukes til å forbedre nøyaktigheten av alle GPS-målinger som er foretatt på iskalotten, ned til en nøyaktighet på mindre enn en centimeter, en metode som kalles Differensial GPS. Enda viktigere er det at forskerne kan kalkulere tidsmessige endringer i høyden på isbrens overflate, ved å måle de samme profilene hver vår. Og fordi data om snødybden også samles inn samtidig, kan forskjellene i høyde i de to årene enten bli tolket som virkelige endringer i tykkelsen på isbreen eller som et resultat av forskjeller i snøakkumulering.

For å kunne sette disse forskjellene inn i et større perspektiv, må svingningene i snøakkumulering for lengre tidsperioder undersøkes. Dessverre må forskerne klare seg uten meteorologiske registreringer fra slike avsidesliggende hjørner av Arktis. Derfor gjøres dette gjennom å trekke ut informasjon fra det som i stedet er tilgjengelig - selve isen. Gjennom analysen av forholdene i oksygen-isotopene og påvisningen av radioaktive lag fra kjernefysiske prøver på 1960-tallet samt Tsjernobyl-ulykken i 1986, blir den årlige snøakkumuleringen for de siste tiårene rekonstruert. Dette er tilstrekkelig til å gjøre Cryosat-forskerne bevisste på den tidsmessige snøvariasjonen de muligens må ta med i betraktningen mens de tolker data fra radarhøydemåleren.

Beveger vi oss fra de høye iskalottene til havnivået, ser vi at Norsk Polarinstittutt også utfører målinger av tykkelsen på sjøisen i Framstredet, området mellom Grønland og Svalbard. Her forlater det meste av sjøisen (som blir dannet i Nordishavet) Nordpol-området etter flere års drift. Siden tidlig på 1990-tallet har istykkelsen blitt målt uavbrutt ved fire steder i Framstredet, ved hjelp av automatiske sonarer. Disse langtidsmålingene blir støttet av faktisk feltarbeid hvor istykkelsen måles direkte i hull som er drillet inn i flere meter tykk is, eller indirekte ved geofysiske metoder som elektromagnetisk profilering.

Men Cryosat-forskerne har i dag enda flere spennende verktøy til sin rådighet. På grunn av viktigheten av valideringsarbeidet, hadde ESA før utskytingen av satellitten utrustet dem med en radarhøydemåler som var identisk med den de hadde bygd for Cryosat. Tvilling-instrumentet ble fløyet over test-breen og sjøisen, en operasjon som betjenes av Alfred Wegener-instituttet i Bremerhaven (Tyskland). Ved å sammenligne flybaserte målinger med data som samles inn i felt på samme tid, hadde valideringen av Cryosat begynt allerede før satellitten forlot ESAs testsenter for romfart, dessverre på vei mot sin altfor tidlige slutt.

Arbeidet som de norske forskerne utfører på Svalbard og på sjøisen øst for Grønland, er bare en del av den store internasjonale innsatsen som er fremmet av ESA for valideringen av Cryosat. Dette inkluderte også eksperimenter på Grønland og i arktisk Canada. Disse eksperimentene var ikke helt uten risiko og ubekvemmeligheter. Typisk feltarbeid på 80° nord består av utmattende dager i iskaldt vær, skiftende med lange frustrerende dager som forskerne opplever når de må holde seg inne i teltene eller på forskningsskipet grunnet sterke stormer. Ikke desto mindre føler de seg privilegerte. For ikke bare er deres innsats verdifull for vitenskapen, men den gir dem også mulighet til å oppleve den spesielle naturen i polarområdene, bestående av barskhet, men også skjønnhet som nær tar pusten fra en.

Den altfor tidlige slutten for Cryosat var et uforutsett problem for polarglasiologene, som ikke kommer til å få endelige svar på sine spørsmål på flere år. Likevel er alle dataene som er samlet for valideringen av Cryosat svært viktige, fordi de gir forskerne en bedre forståelse av snøprosessene og av massebalansen av polarisbreer. Og de vet at anstrengelsene deres vil være enda viktigere om ESA gir grønt lys for en ny Cryosat-utfordring. Dette er selvsagt forskernes håp.



GPS-måling av kjente referansepunkter øker nøyaktigheten for alle GPS-målinger som gjøres på breen.

Merknad: Artikkelen presenterer forfatterens synspunkter og ikke ESAs offisielle standpunkter. Forfatteren ønsker å takke dr. Sebastian Gerland ved Norsk Polarinstittutt for informasjon om sjøis-eksperimentene.

For mer informasjon om satellitten, se ESAs Cryosat nettsider på www.esa.int/cryosat

Mulighet for dramatiske innvirkninger

Oldtidens og moderne sivilisasjoner kunne utvikle seg og nå sin prakt takket være de forholdsvis gunstige og stabile klimaforholdene som satte inn etter siste istid for ca 10.000 år siden. Likevel inntraff klimaendringer i mer beskjeden grad, sammenlignet med de som inntraff i fjernere geologiske epoker, og som utløste forfallet eller migrasjonen av hele folkeslag. Derfor innså menneskeheten, selv før utviklingen av moderne vitenskap, at livet og overlevelsen var avhengige av klimaforhold og av komponenter i jordas system som er under direkte innflytelse av klimaforandringer.

Kryosfæren er uten tvil en av de komponentene som tydeligst røper klimatiske vekselvirkninger, både ved å regulere klimaet og ved å tilpasse seg det på samme tid. Isbreer dekker i dag 10 % av landjorda, og de enorme isdekkene i Antarktis og Grønland står for om lag 98 % av den totale ismassen. De to kontinentale isdekkene er sammen med sjøisen også blant de mest

reflekterende objekter på jorda, og deres effekt på planetens energibalanse er enorm: endringer enten i omfang eller karakteregenskaper i overflaten av polarisen kan resultere i endringer i det globale klimaet.

Da de polare isdekkene utgjør om lag 75 % av jordas ferskvannsreservoar, har disse en voldsom mulighet til å påvirke mønsteret for havets strømminger og med dette innvirke på de globale atmosfæriske forutsetningene. Endringer i havets strømminger og saltholdighet, enten som resultat av at isdekkene smelter eller på grunn av reduksjon av sjøisen, ville igjen virke inn på økosystemet og til slutt på deler av verdensøkonomien. Ytterligere bekymringer er forbundet med at havnivået vil stige ved økt smelting av isdekkene i Antarktis og på Grønland, med den foruroligende muligheten at menneskeskapte innvirkninger kan være med å framskynde prosessen.

I massebalansen av de polare isdekkene, altså den årlige forskjellen mellom mengden snø som akkumuleres om vinteren og som forsvinner om sommeren på grunn av snøsmelting og isbrekalving, finnes derfor muligheten for dramatiske innvirkninger på det globale klimaet, på havnivået, på biosfæren og selve menneskelivet.

Sammenhengen mellom isdekker og det globale havnivået er hevet over enhver tvil.

På vei mot en isfri verden?

Sammenhengen mellom isdekker og det globale havnivået er hevet over enhver tvil. Under den siste istids høydepunkt for ca. 20.000 år siden, med isdekker over nord Amerika og Skandinavia sammen med de større isdekkene i Antarktis og Grønland, var havnivået ca. 120 meter lavere enn hva det er i dag. I dag representerer isdekkene i Antarktis og på Grønland en mulig økning av havnivået på ca. 80 meter. Havnivået i dette området steg med 10 cm bare i løpet av det siste århundret.

Sammenlignet med disse figurene burde smeltingen av lokale isbreer, som de i Skandinavia, Svalbard, i Alpene eller i Himalaya føre til en beskjeden stigning av havnivået. Men disse isbreene er svært interessante ettersom de reagerer på klimaendringer mye tidligere enn de store isdekkene. De små lokale isbreene som er spredt rundt på kloden er derfor bedre klimaindikatorer. Faktisk har de trukket seg betydelig tilbake siden begynnelsen av 1900-tallet, som et resultat av økte temperaturer. Imidlertid har isbreer i noen deler av verden periodevis økt. Dette skjedde på kysten av Norge på 1990-tallet, som skyldtes økt nedbør på vinteren, og antyder

at det er mer sannsynlig at slike isbreer vil overleve et varmere globalklima.

Den pågående tendensen på de to store isdekkene er i stedet mer uklart. Ferske studier fra NASA har påvist rask fortykning langs kantene, men balanse eller til og med økning i de sentrale områdene. Videre kan de endringene vi observerer på Grønland eller i Antarktis i dag være konsekvensen av klimaendringer som skjedde for tusenvis år siden. Satellittobservasjoner, supplert med luft- og bakkebaserte målinger, er uansett den eneste måten å måle endringer som skjer i slike enorme områder.

Og hva med sjøisen? Satellittobservasjoner viser at det har vært en reduksjon av sjøisutstrekningen i de siste tiårene, men det er for tiden ikke klart om det også har vært en lik tendens i tykkelsen. Både reduksjon og økning i sjøistykkelse har faktisk blitt lokalt observert, men forskerne kan ikke si om det finnes en generell tendens på grunn av at eksisterende satellitter ikke kan måle sjøistykkelsen så nøyaktig som dens utstrekning. Dette problemet bør også bli løst av de nye satellittene forskerne venter på.