

2018

NORSK VITENSKAPELIG NYTTE AV ESAS VITENSKAPSPROGRAM

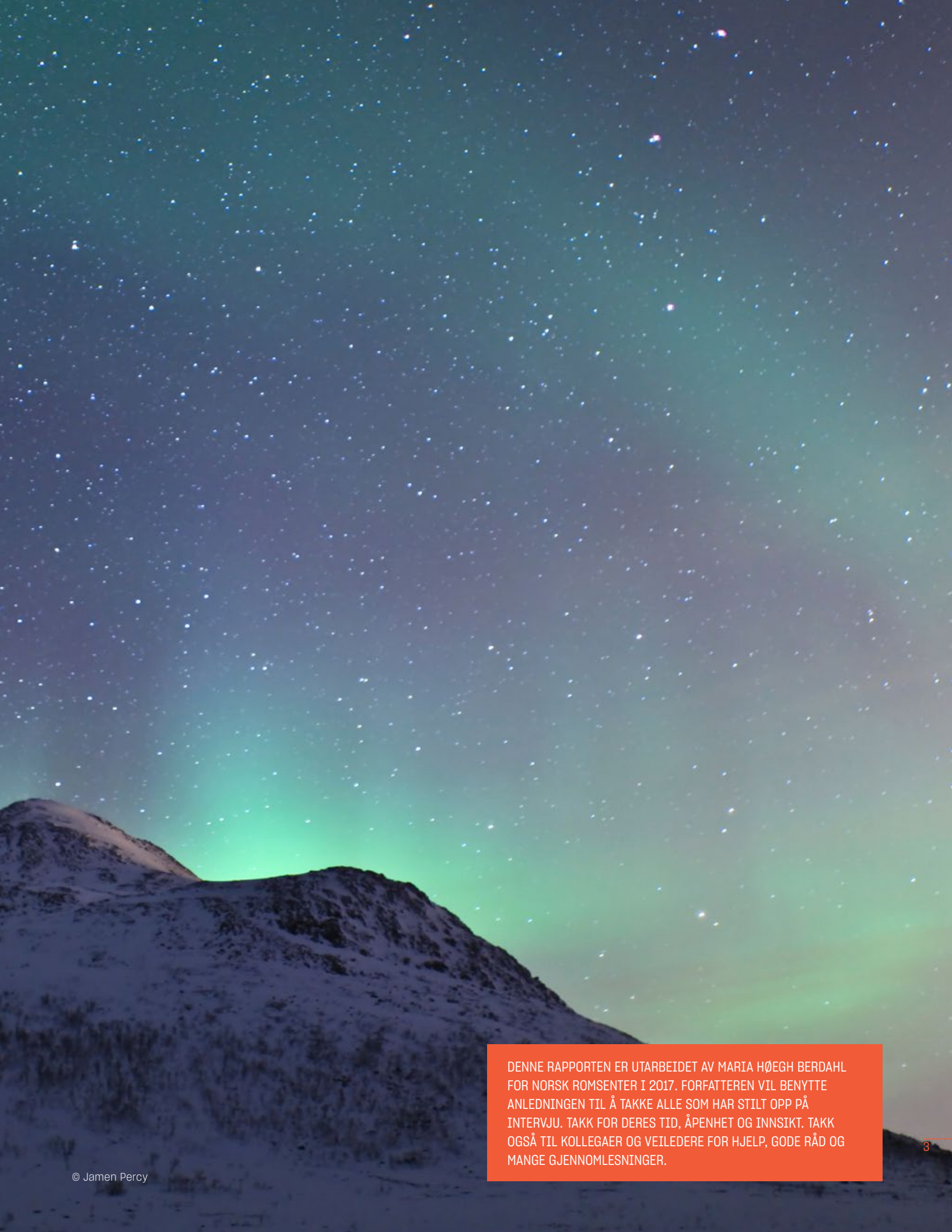
– En kvalitativ analyse av 30 års deltakelse

NRS-rapport (2018) 3

INNHALDSFORTEGNELSE

Innledning	4
Kilder og metode	6
Vitenskapelig nytte i norske forskningsmiljø	7
Solfysikk	7
SOHO – Solar and Heliospheric Observatory	7
Hinode (Solar-B)	8
IRIS – Interface Region Imaging Spectrograph	9
Solar Orbiter	9
Oppsummering solfysikk	9
Romfysikk	12
Cluster	12
Double Star	14
Cassini-Huygens	14
Rosetta	15
Chandrayaan-1	15
BepiColombo	16
JUICE – Jupiter ICy moons Explorer	16
ASIM – Atmosphere-Space Interactions Monitor	16
SMILE – Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer	17
Oppsummering romfysikk	17
Astrofysikk	18
IUE – International Ultraviolet Explorer	18
EXOSAT	18
Hubble	18
XMM-Newton – X-ray Multi-Mirror satellitt	18
Hipparcos	18
INTEGRAL – The International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory	20
Planck	20
Euclid	20
JWST – James Webb Space Telescope	21
Oppsummering astrofysikk	21
Fundamentalfysikk	21
Kort om industrielle ringvirkninger	22
Var norske forskere forberedt på å delta i ESA-prosjekter?	23
Norske forskeres varierende syn på ESA	24
Samhandlingen med ESA	25
Veien fra vitenskapelig målsetting til høsting	26
Vitenskapelig nytte og ringvirkningseffekter	27
Rammebetingelser for norsk romforskning	28
Strategi og politikk	28
Økonomi	29
Oppsummering og veien videre	30
Vedlegg	32





DENNE RAPPORTEN ER UTARBEIDET AV MARIA HØEGH BERDAHL FOR NORSK ROMSENTER I 2017. FORFATTEREN VIL BENYTTE ANLEDNINGEN TIL Å TAKKE ALLE SOM HAR STILT OPP PÅ INTERVJU. TAKK FOR DERES TID, ÅPENHET OG INNSIKT. TAKK OGSÅ TIL KOLLEGAER OG VEILEDERE FOR HJELP, GODE RÅD OG MANGE GJENNOMLESNINGER.



INNLEDNING

Norge ble fullverdig medlem av ESA (European Space Agency) i 1987. Denne utredningen ser nærmere på Norges utnyttelse av og erfaringer med ESAs vitenskapsprogram fram til i dag. Funnene vil også sees i sammenheng med målene som er fremhevet i «Norsk romstrategi 2020», som er utarbeidet av Norsk Romsenter, og Meld. St. 32 (2013–2014) «Mellom himmel og jord: Norsk romvirksomhet for næring og nytte». Rapporten vil tjene som et underlag til regjeringens pågående arbeid med en ny nasjonal romstrategi, som også vil omhandle forskning og utvikling. Videre vil rapporten være et støttedokument for dialogen mellom Norsk Romsenter (NRS), Norges forskningsråd (NFR), forskningsmiljøene og ESA.

ESAs vitenskapsprogram er obligatorisk for alle ESAs medlemsland. Altså betaler landene inn sin del uavhengig av engasjement i ESAs frivillige programmer og landets forskere og industri står fritt til å involvere seg i Vitenskapsprogrammets prosjekter. Etter 30 år som ESA-land er det nødvendig å danne seg et bilde av Norges deltakelse i Vitenskapsprogrammet, med fokus på vitenskapelig nytte. Når det gjelder norsk industriell nytte har vi ganske god oversikt, mens den vitenskapelige nytten er mer diffus. Grunnene til dette er blant annet at forskningen foregår på så mange forskjellige steder, ulike felt og nivåer. En forskningsgruppe kan være involvert i større eller mindre skala, f.eks. være underleverandør til deler av en forskningssatellitt, eller bruke ESA-data i en del av et annet prosjekt. Dermed ligger det en utfordring i at stadig større mengder data er åpnet og fritt tilgjengelig – *nyttene av dataene* blir større og mer utbredt, men også langt vanskeligere å måle. Deretter kommer utfordringen med hvordan og etter hvilke kriterier *nyttene av forskningen* kan måles. Til slutt skal det ikke utelukkes at å vurdere effektene og omfanget av akkurat Vitenskapsprogrammet ikke har kommet i første rekke siden vi allikevel er med, og at miljøene selv tenker på ESA som en enhet, uavhengig av program.

Etter 30 år som ESA-land er det nødvendig å danne seg et bilde av Norges deltakelse i Vitenskapsprogrammet, med fokus på vitenskapelig nytte.

Rapportens hovedproblemstilling «hvilken vitenskapelig nytte har norske forskere hatt av ESAs vitenskapsprogram?» vil besvares i flere deler. For det første er det et poeng å kartlegge norsk deltakelse i ESAs vitenskapelige ferder, da det ikke finnes noen fullstendig (nedskrevet) oversikt over dette fra før. Deretter beskrives den vitenskapelige nytten denne deltakelsen har medført, så nøyaktig det lar seg gjøre. Følgende elementer vektlegges:

- Vitenskapelige publikasjoner og siteringer
- Studentinvolvering (hovedfag/master- og doktorgrad hovedsakelig)
- Økt kunnskap om emnet
- Kompetanseheving i forskningsgruppa
- Om prosjektet førte til nye prosjekter
- Om man var fornøyd med resultat og arbeid underveis
- Om forskningsgruppene fikk de rollene de ønsket
- Internasjonal annerkjennelse og samarbeid
- Økt finansiering / nye stillinger
- Annet som er relevant for det enkelte prosjekt

Disse kriteriene varierer i målbarhet. Der noen enkelt lar seg definere, må andre beskrives slik at betydningen for det enkelte prosjekt kommer frem. Resultatene er ikke en kvantitativ sammenligning, men en kvalitativ analyse og vurdering av hvert enkelt prosjekt og fagområde. Det er derfor relevant å ta med all informasjon om prosjektene, både det som kan måles, og historien rundt. Denne informasjonen er hovedsakelig skaffet til veie gjennom intervjuer av nøkkelpersoner fra forskningsmiljøene, kunnskap ved Norsk Romsenter og tilgjengelig skriftlig dokumentasjon.

I rapporten diskuteres det også hvorfor enkelte miljøer er mer involvert i ESA-prosjekter enn andre, hvordan norske forskere forholder seg til ESA og hvorfor situasjonen ble som den ble. Videre drøftes mulige tiltak for å øke engasjementet i ESA, der det er formålstjenlig med høyere grad av involvering. Til sammen vil dette gi et helhetlig bilde av hva Norge faktisk har høstet vitenskapelig av Vitenskapsprogrammet samt hvor og hvorfor muligheter har gått tapt. Dette bildet skal hjelpe Norsk Romsenter og Norges forskningsråd med å optimalisere den framtidige nytteverdien av å delta i Vitenskapsprogrammet. Et poeng her er å se hvordan miljøene med høy grad av involvering har arbeidet og om dette er overførbart til andre forskningsgrupper. Konkrete ønsker og forslag fra miljøene selv vil også drøftes.

KILDER OG METODE

Analysen i denne rapporten bygger hovedsakelig på samtaler med representanter fra alle norske forskningsmiljø med større aktiviteter innen romforskning. Personene er, eller har vært, aktive ved UiO, UiB, UiT, UiS, UNIS og FFI. I tillegg er tilgjengelig dokumentasjon fra prosjektene og miljøene brukt som underlag og utfyllende informasjon.

Av skriftlige kilder bør spesielt nevnes: serien «Space Research in Norway», som ble utgitt av Norsk Romsenter i årene 1979 til 2000, statusrapporter fra Forskningsrådets Romforskningsprogram, Birkelandsenterets årsrapporter og diverse PRODEX-rapporter. Øvrig skriftlig materiale inkluderer publikasjonslister, mailkorrespondanse, lister over doktor- og mastergradsstudenter, siteringsstatistikk, brev og innlegg framskaffet av miljøene selv, i tillegg til diverse nettsider.

Det har vært utfordringer knyttet til tilgang på skriftlig dokumentasjon, som statusrapporter fra prosjektene og annen omtale sammenfattet av miljøene mens prosjektet pågikk. Flere av rapportene fra eldre prosjekter er ikke digitalisert, brukes ikke i annet arbeid og er vanskelige å få tak i. De spesifikke hendelsene av betydning for denne utredningen er ikke nødvendigvis viktig for instituttene selv å dokumentere, f.eks. om prosjektet førte til nye prosjekter eller hvor mange masterstudenter som var involvert. Der det finnes statistikk, som for publikasjoner og doktorgradsstipendiater, er det ikke alltid knyttet til det enkelte prosjekt, så konkrete tall er oftest utelatt her fordi det allikevel ikke representerer et sammenligningsgrunnlag. Av tilgjengelige rapporter beskriver mange kun de deler av prosjektet som er hensiktsmessige med tanke på finansiering, og det er ikke alltid sammenfallende med hva som er nyttig informasjon for denne utredningen. Et element som gjør *nyttjen av dataene* vanskelig å beskrive, er at de er åpent tilgjengelige og ofte bearbeidet av andre, slik at dataenes opprinnelse mistes av syne. Omtalen av kvantitative størrelser i denne rapporten er gjort så nøyaktig det var mulig og samtidig gi en sammenlignbar fremstilling av de enkelte prosjekter. Øvrige beskrivelser vil også variere i detaljnivå.

Hovedvekten av utredningen bygger derfor på semi-strukturerte dybdeintervju av personer fra de forskjellige forskningsgruppene. Steinar Kvaales bok «Doing interviews» ble brukt som underlag for utvikling av metode. Rundt 30 forskere ble intervjuet i gjennomsnittlig en time hver og intervjuene ble deretter transkribert. Forskerne ble valgt ut på bakgrunn av sin erfaring med ESA, og/eller rolle i gruppa,

for å danne et best mulig bilde av hvorvidt og hvordan gruppa har jobbet med ESA samt deres framtidige planer. Intervjuformen ble valgt fordi det var behov for å diskutere den enkeltes situasjon, oppfatning og prosjekter, og samtidig sikre et visst sammenligningsgrunnlag.

En viktig del av analysen bygger på om prosjektene ble oppfattet som vellykkete, om noe kunne blitt gjort annerledes og hvordan det var å forholde seg til ESA. Det har også vært vesentlig å kartlegge «de lange linjene» - om et prosjekt førte til et annet og hvilke kontakter som stod bak initiativene. Subjektivitet har altså vært ønskelig for arbeidet, men byr også på utfordringer. For å sikre en mest mulig representativ omtale av prosjektene har flere personer fra samme gruppe blitt intervjuet så langt det lot seg gjøre. En naturlig konsekvens av at prosjektene pågikk for en stund tilbake, er at gjenfortellingen kan bli noe vag og detaljer kan ha gått tapt. Denne usikkerheten ble også redusert ved at flere personer fra hver gruppe ble intervjuet.

Etter noen innledende kartleggingsintervjuer, ble det klart at en viss anonymitet var ønskelig for at deltakerne skulle føle seg trygge på å kunne oppgi den informasjonen de synes var relevant. Det ble derfor laget et samtykkeskjema som alle intervjuobjekter har signert (se vedlegg 2). Ingen navn nevnes i rapporten, og personlige meninger vil ikke framkomme på enkeltnivå, men som del av en helhet.



Space Research in Norway er en rapportserie utgitt av Norsk Romsenter i perioden 1979–2000. Rapportene beskriver situasjonen og planer innen norsk romforskning og romvirksomhet. © Maria H. Berdahl

En viktig del av analysen bygger på om prosjektene ble oppfattet som vellykkete, om noe kunne blitt gjort annerledes og hvordan det var å forholde seg til ESA. Det har også vært vesentlig å kartlegge «de lange linjene».

VITENSKAPELIG NYTTE I NORSKE FORSKNINGSMILJØ

Her følger en sammenfatning av vitenskapelig nytte av ESAs vitenskapsprogram i norske forskningsmiljø, fordelt på de ulike temaene i Vitenskapsprogrammet: solfysikk, romfysikk, astrofysikk og fundamentalfysikk. Alle relevante faktorer beskrevet i innledningen vil inkluderes i omtalen av det enkelte prosjekt, ved hvert enkelt institutt. Samlet skal dette gi et helhetlig bilde på hva norske forskere har bidratt med, både teknisk på instrumenter og vitenskapelig, samt ringvirkninger og forskernes oppfatning av prosjektet.

SOLFYSIKK

ESAs solfysikkferder består av diverse romobservatorier som studerer solas struktur og prosesser. Norske solforskere har vært sterkt involvert i ESA-prosjekter helt siden Norge ble medlem, og samtidig vært sentrale i å få solsatellittene Hinode (Japan) og IRIS (USA) akseptert som flernasjonale prosjekter («collaborative missions») i Vitenskapsprogrammet. Det norske fagmiljøet innen solfysikk er konsentrert ved ITA (Institutt for teoretisk astrofysikk, UiO) og er internasjonalt ledende. Forskerne har vært, og er, involvert i de fleste solfysikkferder ESA har hatt del i siden 1987: SOHO, Hinode, IRIS og Solar Orbiter.

SOHO - Solar and Heliospheric Observatory

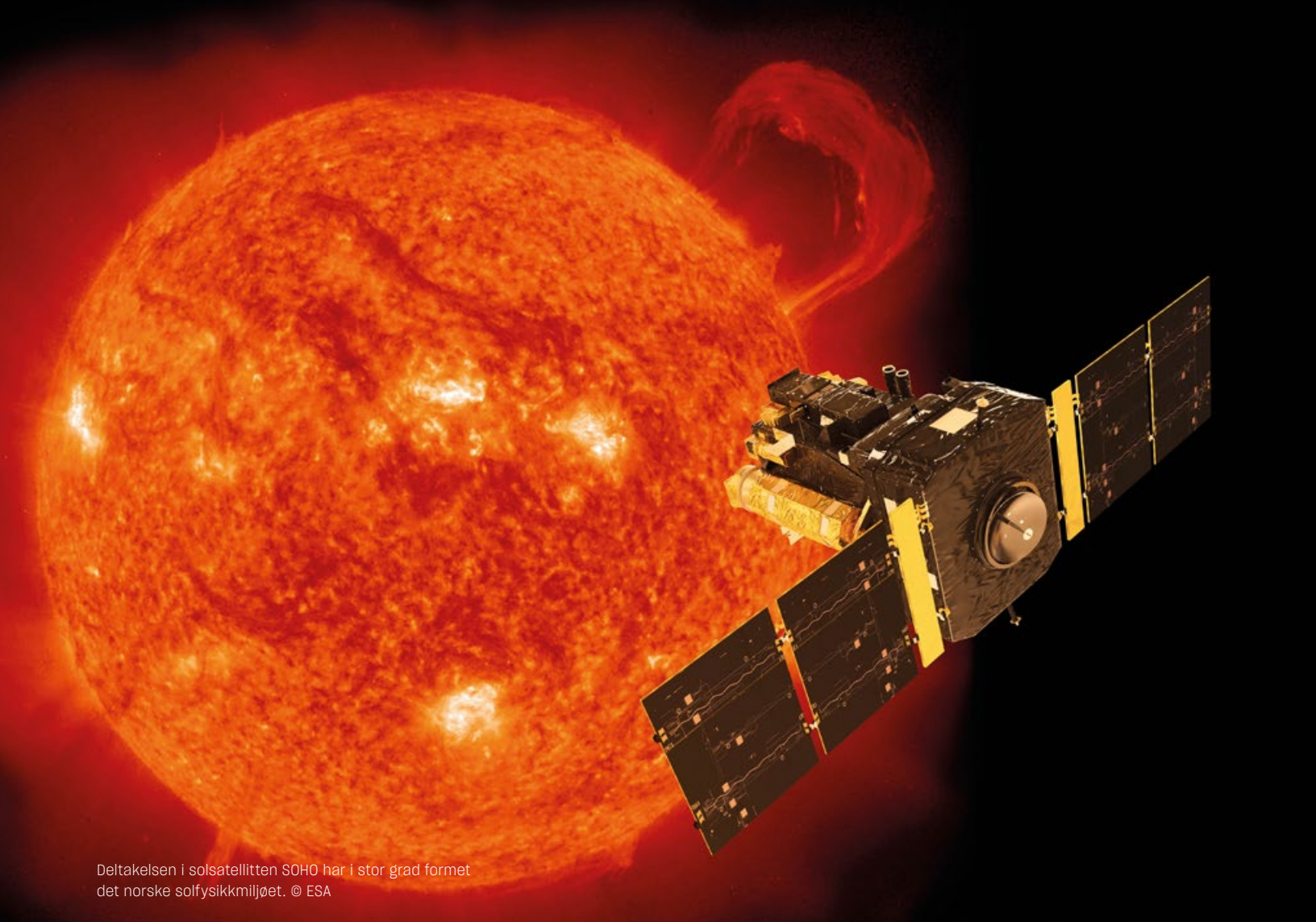
SOHO er en del av det første hjørnesteinsprosjektet i ESAs vitenskapsprogram, Horizon 2000, og et samarbeidsprosjekt med NASA. Romsonden ble skutt opp i 1995 for å undersøke solas indre struktur, dens ytre atmosfære (koronaen) og opphavet til solvinden. Forskere ved ITA (UiO) var med i utviklingen av tre av SOHO-instrumentene: CDS (Coronal Diagnostic Spectrometer), SUMER (Solar Ultraviolet Measurements of Emitted Radiation) og VIRGO (Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations). Mye av arbeidet var planlagt allerede før Norge var fullverdig medlem av ESA, slik at man kunne starte opp prosjektene umiddelbart etterpå. Den tidlige oppstarten skyldtes både at enkeltpersoner fikk gjennomslag hos politiske myndigheter, og at norske forskere hadde teknisk erfaring fra amerikanske HRTS (High-Resolution Telescope and Spectrograph) på sonderaketter og Spacelab 2 på Romferga.

ITAs deltakelse i SOHO inkluderer instrumentering, oppbygging av bakkeselement, databehandling og programvareutvikling. På CDS var de norske forskerne med fra definisjonsfasen og bidro i planlegging og gjennomføring av prosjektet, samt i bygging og testing av bakkeselementet. Senere deltok de i daglig styring av instrumentet, drift av bakkeselementet og databehandling. Gruppen hadde opprinnelig kun en mindre rolle i SUMER, men denne økte betraktelig da norske forskere utviklet programvare for enkelte funksjoner på instrumentet før arbeidsgruppen som opprinnelig skulle gjøre det. Programvaren ble brukt internasjonalt, og forskerne fra ITA ble Co-I på prosjektet. På VIRGO utviklet norske forskere en av sensorene, som de har hatt det vitenskapelige ansvaret for også i ettertid.

Det er enighet i gruppa om at SOHO hadde en enorm forskningsmessig betydning. Samlet statistikk over publiseringer fra ITA viser med tydelighet at både antall artikler, og ikke minst siteringer, økte kraftig fra 1990-tallet. Stort sett hele solfysikkmiljøet var involvert i prosjektet, og de fleste master- og doktorgradsoppgaver på solfysikk i Norge var i en 10-års periode basert på SOHO-data. I den første boka med forskningsresultater fra SOHO, er Norge nasjonen med flest forfattere¹. Det påpekes at langsiktig finansiell støtte fra Forskningsrådet har vært essensielt for å holde et såpass høyt aktivitetsnivå.

Deltakelsen i SOHO blir beskrevet som «helt avgjørende» for miljøets utvikling og ledende posisjon i dag.

¹ Fleck, B., Svestka, Z. (1997). *The first results from SOHO*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers



Deltakelsen i satsatellitten SOHO har i stor grad formet det norske solfysikkmiljøet. © ESA

Samlet sett er de involverte svært fornøyd med hva de fikk ut av SOHO. Både omfanget av resultater og roller overgikk det som var forventet og planlagt. Kunnskap og erfaringer fra de ulike delene av SOHO-prosjektet har gitt vitenskapelig ekspertise som direkte har åpnet for lignende roller på andre prosjekter. Solfysikkgruppa fikk et godt innblikk i mange deler av et romprosjekt - forskerne var med å taktisk bestemme hva som skulle observeres, utformet programvare og jobbet tett på dem som bygde instrumentene. På denne måten fikk de god innsikt i hvordan instrumentene fungerte og prosessen for øvrig. Deltakelsen i SOHO blir beskrevet som «helt avgjørende» for miljøets utvikling og ledende posisjon i dag.

Ved UiT gjorde en liten gruppe teoretiske beregninger for UVCS (Ultraviolet Coronagraph Spectrometer) på SOHO. Studien gikk over et par år på tidlig 1990-tall. Romfysikkgruppa ved UiB benyttet seg også i noen grad av data og bilder fra SOHO.

Hinode (Solar-B)

Hinode, før kalt Solar-B, er et japansk solteleskop som ble skutt opp i 2006. Den overordnede oppgaven er å undersøke den ytre solatmosfæren og solas magnetiske aktivitet. Solfysikkgruppa ved ITA (UiO) ble gjennom personlige kontakter og på bakgrunn av sin erfaring med spektroskopi og programutvikling fra SOHO, tilbudt

en rolle på UV-spektrometeret EIS (Extreme-ultraviolet Imaging Spectrometer). Etter et norsk initiativ ble Hinode-prosjektet tatt inn i ESAs vitenskapsprogram. Hinode Science Data Centre Europe ble lagt til UiO og ITA, noe som har gitt en unik utnyttelse av data, spesielt siden arkivsystemet er utviklet der. Gjennom samme avtale ble hovedstasjonen for nedlesing av data lagt til SvalSat på Svalbard, som er driftet av KSAT. Beliggenheten på Svalbard har hatt mye å si for prosjektet som helhet, da plasseringen gir nesten fire ganger mer data fra satellitten enn det Japan eller USA alene kunne bidratt med fra sine nedlesingsstasjoner. Dette har økt det vitenskapelige utbytte for forskere verden over, og har hatt positive industrielle konsekvenser for Norge. Senere har data også blitt lest ned til KSATs Troll-antenne i Antarktis.

Gjennom Hinode-prosjektet fikk forskerne ved ITA videreutviklet sin kompetanse på spektrometriske instrumenter og modellering. De var med helt fra begynnelsen i utviklingen av programvaren til EIS. I tillegg opparbeidet de kompetanse på databasehåndtering og dataarkiv gjennom arbeidet med Hinode Science Data Centre Europe. Denne kunnskapen har hevet nivået i miljøet ytterligere, og gjort dem til attraktive partnere i senere prosjekter. Med Hinode-prosjektet har antall publiseringer per år fortsatt å øke, og har i likhet med SOHO lagt grunnlaget for en rekke master- og doktorgradsavhandlinger.

Hinode-prosjektet ville neppe blitt tatt inn i ESA uten norske sol-forskeres engasjement. Denne ESA-forankringen har vært til nytte for både norsk industri, norske forskere og solfysikere i andre ESA-land.

IRIS - Interface Region Imaging Spectrograph

IRIS består av et solteleskop og spektrograf designet for å utforske kromosfæren. Mekanismene bak koronaens oppvarming er dårlig forstått, og den viktigste vitenskapelige målsettingen med IRIS er å skape større klarhet i dette. Solteleskopet er et NASA-prosjekt som ble skutt opp i 2013. Solfysikkgruppa ved ITA var med fra planleggingsstadiet av IRIS, da forskerne ble kontaktet av amerikanske kollegaer allerede før forslaget var sendt inn. Dermed deltok de i å utforme prosjektet, og la også vekt på numerisk modellering i søknaden til NASA. Nettopp kompetansen innen numerisk modellering var en årsak til at de ble invitert med i prosjektet, i tillegg til erfaringen med utvikling av programvare for EIS på Hinode og SUMER på SOHO. Deltakelsen i IRIS, og nedlesing av data fra SvalSat, ble først finansiert over PRODEX, og senere av ESA direkte. Dataene fra IRIS kommer også inn via SvalSat og lagres i Hinode Science Data Centre Europe.

Gruppa ved ITA har ansvaret for modelleringsdelen av IRIS-prosjektet, et arbeid som omtales som svært fruktbart. Publiseringssraten har vært god gjennom hele prosjektet, og da magasinet *Science* hadde IRIS-spesialutgave i oktober 2014, med noen av de første resultatene, var norske forskere med på alle fem artiklene². Også i dette prosjektet har det blitt skrevet flere masteroppgaver, og både doktorgradsstudenter og post-doktorer er involvert. Antall oppgaver og publikasjoner er forventet å øke, da dette er et relativt nytt prosjekt med mye data som ennå ikke er bearbeidet. Så langt har prosjektet bidratt til ny kunnskap om sola og blir beskrevet som svært viktig vitenskapelig.

Solar Orbiter

Solar Orbiter skal gå i en elliptisk bane rundt sola, nærmere enn noe annet romfartøy før den, hvilket har bydd på store tekniske utfordringer. Målet med ferden er å undersøke hvordan sola danner og kontrollerer heliosfæren. Prosjektet er ledet av ESA med støtte fra NASA, og forventet oppskyting er i 2020. Solfysikkmiljøet ved ITA er med i utviklingen av programvare for to av instrumentene: SPICE (Spectral Imaging of the Coronal Environment) og PHI (Polarimetric and Helioseismic Imager).

Observasjoner fra satellitten vil bearbeides og gjøres tilgjengelige via Hinode-datasenteret. I dette prosjektet har gruppa ansvaret for hele telemetrikjeden, fra binære data til ferdige arkivdata.

Da NASA trakk seg ut av SPICE ble solforskerne ved ITA spurt om å ha ansvaret for drifts- og databehandlingsfasen for hele instrumentet, noe de måtte takke nei til da det ville krevet 5-6 heltidsansatte bare for dette ene prosjektet. Nå leder de en del av «operational team». SPICE er et lignende instrument som CDS på SOHO, derfor ble ITA tilbudt å ta

over driftsfasen. Det påpekes at erfaringen med databasehåndtering fra Hinode var avgjørende for at de tidlig ble invitert til å delta i SPICE.

Ved UiT skal støvplasmagruppa utvides med en forsker som hovedsakelig skal bruke data fra Solar Orbiter for å se på støvplasma rundt sola.

Oppsummering solfysikk

Oppsummert kan vi si at norske forskere har hatt svært god nytte av solfysikkferdene til ESA, noe som også påpekes av alle involverte. Solfysikkgruppa ved ITA er et miljø som i stor grad baserer seg på ESA-prosjekter, satt i gang av den produktive deltakelsen i SOHO. Erfaring, kunnskap og kontakter fra ett prosjekt har ledet til deltakelse i det neste, og nå blir gruppa som regel tilbudt roller i nye prosjekter, ofte større enn ITA har kapasitet til å ta. Forskerne har fått de rollene de ønsket i prosjekter og omfanget av resultater har vært som forventet, eller mer. Vitenskapelig sett har resultatene vært svært gode, med mye ny og viktig kunnskap, noe som vises i omfanget av publiseringer i prestisjetunge journaler, grants og priser til miljøet. Mulighetene de har fått gjennom SOHO, Hinode og IRIS blir fremhevet som helt avgjørende for å forme miljøet til det det er i dag.

Viktige momenter fra dette kapittelet:

- Norske forskere har deltatt på instrumenter på SOHO, Hinode, IRIS og Solar Orbiter
- Den vitenskapelige utnyttelsen har vært svært god
- Solfysikkgruppa ved ITA (UiO) har jobbet fokusert inn mot ESA siden midten av 1980-tallet



Den japanske solsatellitten Hinode undersøker solas korona og magnetiske aktivitet. Det europeiske datasenteret for satellitten ligger ved ITA (UiO) og dataene leses ned på SvalSat på Svalbard. © JAXA

² *Science*, 17. oktober 2014.



Nedlesingsstasjonen SvalSat på Svalbard er verdens største nedlesingsstasjon for satellitter i polar bane. Data fra blant annet solsatellittene Hinode og IRIS leses ned her. © KSAT



ROMFYSIKK

ESAs romfysikkferder omfatter ubemannet utforskning av det nære verdensrom, planeter og andre legemer i solsystemet. I Norge forskes det på romfysikk ved UiO, UiB, UiT, UNIS og NTNU. Romfysikkgruppa som fantes ved FFI ble sakte faset ut etter år 2000. Norske forskere har vært involvert i rundt halvparten av ESAs romfysikkferder, ofte med hovedvekt på deltakelse i den tekniske delen av prosjektet. Den vitenskapelige utnyttelsen varierer noe.

Cluster

Cluster var en del av det første hjørnesteinsprosjektet i ESAs vitenskapsprogram, og består av fire satellitter som studerer magnetosfæren. Satellittene var klare i 1996, men gikk tapt da bæreraketten Ariane 5 eksploderte like etter oppskyting. Det ble raskt besluttet at satellittene skulle bygges opp igjen og de har nå vært i drift siden 2000. I Norge deltok forskere fra FFI, UiO og UiB i utviklingen av instrumenter på Cluster, alle innen plasmafysikk. Cluster var en stor satsing i ESA akkurat i perioden Norge ble medlem og vitenskapelig sett passet prosjektet de norske miljøene bra - dermed ble det en stor satsing her til lands også. Mesteparten av arbeidet med instrumentbygging og testing ble gjort på begynnelsen av 90-tallet, og gjenoppbygging fram mot år 2000.

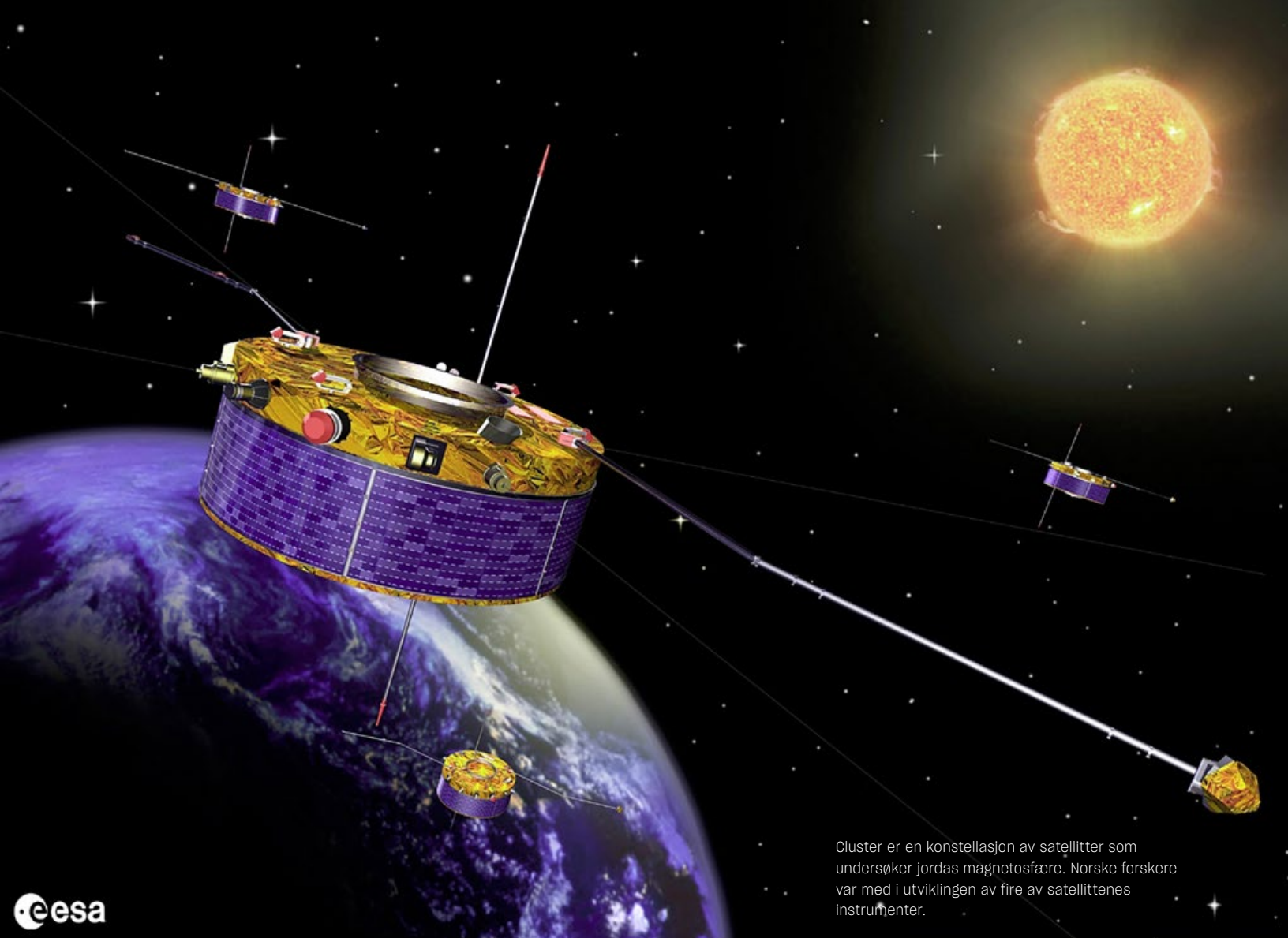
FFI utviklet deler til to instrumenter på Cluster: ASPOC (Active Spacecraft Potential Control) og PEACE (Plasma Energy Angle and Composition Experiment). Først var gruppa involvert i PEACE - et elektronspektrometer, som de utviklet en styringschip til. Forskerne ble invitert til å foreslå løsninger til eksperimentet av den britiske hovedleverandøren og ble til slutt valgt ut til det endelige instrumentteamet. Prosjektet blir beskrevet som utfordrende og givende, hvor læringskurven var bratt. For å møte de tekniske spesifikasjonene måtte forskerne ta i bruk helt ny teknologi, som var utfordrende der og da, men har vært svært nyttig for dem senere. Etterhvert ble de også invitert med på ASPOC, en ioneemitter, som sendte ut positive ioner for å holde det elektriske potensialet til satellitten nær potensialet til plasmaet rundt. Denne teknologien er viktig for å sikre så nøyaktige målinger som mulig. FFI ble invitert med på ASPOC gjennom kontakter ved ESTEC, på bakgrunn av sin erfaring med elektronakseleratorer på Spacelab. Forskere deltok aktivt i forskningsplanlegging, testing og idriftsettelsesfasen av instrumentene. Hver av Cluster-satellittene hadde to elektronspektrometre og én ioneemitter, altså bidro FFI til å lage og sette i drift hele 12 instrumenter. Det å kunne involvere seg tidlig, med støtte fra Forskningsrådet, blir framhevet som en fordel.

Da satellittene ble operative, hadde FFI gjennomgått en strategisk omstrukturering, slik at grunnforskning innen romfysikk ikke lenger var et satsingsområde. Derfor ble det ingen fornyet forskningsaktivitet på Cluster ved FFI. De involverte er allikevel fornøyd med det forskningsarbeidet som ble gjort i utfasingsperioden - både målt i antall artikler, og ikke minst i den nye kunnskapen prosjektet bragte med seg. Erfaringen fra Cluster har kommet til nytte senere, spesielt i arbeidet med de norske småsatellittene, men også i FFIs faglige rådgivning til Forsvaret når det gjelder blant annet romvær.

Ved UiO var romfysikkgruppa involvert i bygging og testing av EFW (Electric Fields and Wave experiment), hvilket gav dem innpass i konsortiet for instrumentet. Gruppa ble involvert i prosjektet gjennom det svenske romforskningsinstituttet IRF Uppsala, Swedish Institute of Space Physics i Uppsala, som de hadde jobbet med tidligere (bl.a. på svenske FREJA og ESRO-1). I konsortiet fant forskerne ved UiO et felt hvor ingen andre hadde noe særlig kompetanse, dem selv inkludert, nemlig EGSE (Electronic Ground Support Equipment); testutstyr for eksperimentet. Alle instrumenter skal gjennomgå et omfattende program for å teste og kalibrere instrumentene før oppskyting, og for å sjekke ut eksperimentet etter at satellittene er i bane. Det er derfor nødvendig med inngående kjennskap til både instrumentets hardware og programvare. Gruppa fikk dermed kompetanse på noe det var behov for på flere prosjekter, som Rosetta og BepiColombo.

Blindernforskerne påpeker at den tekniske kunnskapen fra Cluster har vært essensiell for gruppa også i prosjekter som ikke er tilknyttet ESA. I tillegg ble minst to personer fast ansatt som en følge av deltakelsen i Cluster, og tre masteroppgaver og to doktorgrader ble produsert basert på Cluster-data. Mange skulle gjerne sett at det var blitt gjort mer vitenskapelig arbeid på Cluster, men det ble ikke innvilget finansiering til dette. Det er opprettet en omfattende database på Cluster-data ved UiO, som oppdateres jevnlig. Denne databasen benyttes stadig i vitenskapelige artikler, hovedsakelig skrevet ved andre forskningsinstitusjoner enn UiO.

Romfysikkmiljøet ved UiB var med på å utvikle IES, elektronspektrometeret på RAPID (Research with Adaptive Particle Imaging Detectors) til Cluster-satellittene. Forskerne ved UiB ble involvert i Cluster rundt 1987 gjennom kontakter og kompetanse fra tidligere prosjekter (blant annet ESRO-1), og kunne bidra med et velegnet mikroelektronikklaboratorium. Laboratoriet ble også videreutviklet i løpet av prosjektet. Da satellittene kom i drift var romfysikkmiljøet i Bergen midt i et generasjonsskifte, noe som har virket inn på den vitenskapelige utnyttelsen av prosjektet. Den vitenskapelige produksjonen basert på Cluster-data resulterte i færre master- og doktorgradsoppgaver enn hva ambisjonen var i denne perioden.



Cluster er en konstellasjon av satellitter som undersøker jordas magnetosfære. Norske forskere var med i utviklingen av fire av satellittenes instrumenter.

Rundt 2004 gjorde gruppa ved UiB en omorganisering av Cluster-prosjektet, hvor den blant annet tok koordineringsansvaret for den norske deltakelsen; organiserte søknader, holdt årlige møter og stilte krav til publisering. Denne omorganiseringen har resultert i større utnyttelse av dataene og en økning i antall publiseringer. Det benyttes nå Cluster-data i forskning ved Birkelandssenteret ved UiB, som er et Senter for fremragende forskning (SFF). Også flere mindre prosjekter er tilknyttet Cluster ved instituttet, herunder et bokprosjekt støttet av Forskningsrådet. Det blir påpekt at erfaring, kontakter og samarbeid fra Cluster har vært viktig i senere prosjekter, som ASIM og SMILE, og var en medvirkende årsak til at SFF-søknaden til UiB vant fram.

Norske forskningsmiljø har utvilsomt hatt stor nytte av de teknologiske erfaringene fra Cluster. For mange var det en inngang til store satellittprosjekter, eller et stort neste steg i den retning. Flere ble ansatt i forbindelse med prosjektet, og mange av dem jobber fortsatt med romforskning. Det påpekes at Cluster gav verdifulle erfaringer med romteknologi, og gode kontakter, som nesten uten unntak har kommet godt med i senere prosjekter. I tillegg var Cluster et samlande prosjekt for romforsknings-Norge, på en måte ingen andre prosjekter har vært.

Når det kommer til den vitenskapelige høstingen er ikke konklusjonen like entydig. De fleste institutt har på et tidspunkt mistet tråden i prosjektet, og har i varierende grad plukket den opp igjen. Det er flere forskjellige oppfatninger om utfallet av Cluster-prosjektet, også ved samme institutt, og det er lite statistikk tilgjengelig. Gjennomgående er man er fornøyd med nivået på det som faktisk ble gjort, men ønsker at det skulle blitt gjort mer, at utbyttet ikke stod i forhold til innsatsen. Årsaken til at mye ble uforløst kan delvis forklares med for få forskningsmidler. Ofte fikk grupper som hadde deltatt på instrumenter avslag på søknader om finansiering til forskningen. En annen faktor som har spilt inn er administrasjon internt i forskningsgruppene. Romfysikk-Norge har opplevd et generasjonsskifte i den tiden Cluster-prosjektet har pågått, og arbeidet har ikke alltid blitt overført til andre i gruppa.

Cluster-data er nå åpent tilgjengelige og ofte bearbeidet av andre, hvilket øker bruken, og nytten, av dem, men som også gjør omfanget vanskeligere å måle. Det finnes blant annet eksempler på medforfattere som ikke er klar over at deler av datagrunnlaget i artikkelen stammer fra Cluster.

Årsaken til at mye ble uforløst kan delvis forklares med for få forskningsmidler.

Det er verdt å merke seg at deltakelse i Cluster i starten var en stor satsing - Norge hadde nettopp blitt medlem i ESA og i denne første perioden ble det avsatt godt med midler til norske romforskningsmiljø. Det er godt mulig at den norske vitenskapelige høstingen av Cluster hadde vært større dersom oppskytningen i 1996 var vellykket.

Double Star

Double Star var et kinesisk prosjekt støttet av ESA, hvor to satellitter supplerte Cluster-satellittene. Prosjektet fulgte etter Cluster i 2003 og hadde en betydelig rompolitisk dimensjon ved at ESA og Kina samarbeidet tett. Gruppene ved både FFI og UiO brukte reservedeler fra Cluster-satellittene og leverte de samme instrumentdelene som til Cluster. De var også med på uttesting og kalibrering av instrumentene. Double Star var et langt mindre prosjekt enn Cluster for norske forskere.

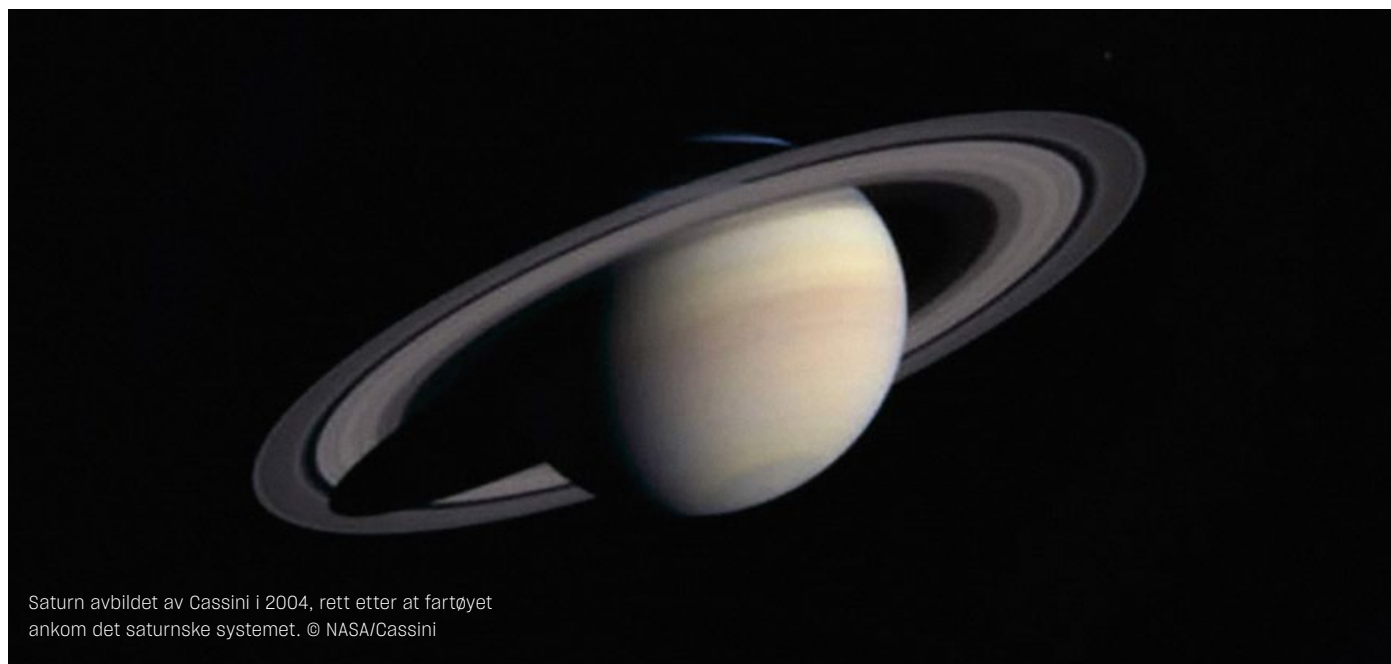
Cassini-Huygens

Cassini-Huygens var et samarbeidsprosjekt mellom NASA, ESA og ASI (det italienske romsenteret) for å utforske det saturnske systemet, skutt opp i 1997. ESAs bidrag var hovedsakelig Huygens-proben som landet på Saturn-månen Titan i 2005. FFI utviklet deler til ELS (Electron Spectrometer) på Cassini, og var med i spesifiseringen av ASI (Atmospheric Structure Instrument) på Huygens. ELS var en del av CAPS (Cassini Plasma Spectrometer) som gjorde målinger av plasma rundt Saturn og noen av månene. Arbeidet på Cassini ble gjort i samme konsortium som PEACE på Cluster. Det ble gjort vitenskapelig arbeid ved FFI på data fra Cassini helt til det første året med målinger fra Saturn, deretter ble aktiviteten avviklet som følge av forskningspolitiske beslutninger. Arbeidet med Huygens ble avsluttet etter kort tid grunnet manglende finansiering. De involverte

i prosjektene er fornøyd med utfallet av Cassini-delen, men ønsket også å bidra eksperimentelt i Huygens. Cassini-prosjektet blir beskrevet som svært omfattende, men også det ESA-prosjektet gruppa fikk aller mest ut av med tanke på teknisk kompetanse, blant annet i forbindelse med de senere AIS-satellittene.

Ved UiT var en liten gruppe involvert i konsortiet for støvplasma-proben CDA (Cosmic Dust Analyzer) på Cassini. Forskerne ble invitert inn i konsortiet på bakgrunn av sin ekspertise på støvplasma. Disse publiserte vitenskapelig i planleggings- og cruise-fasen av Cassini. To doktorgradsstudenter var involvert i prosjektet. Da Cassini var framme ved målet i 2004 var fokuset i gruppa for øvrig på andre prosjekter, og doktorgradsstudentene ikke lenger ansatt. Gruppa publiserte noe basert på Cassini-data etter 2004, men for få timeverk gjorde at forskningen på støvplasma rundt Saturn i praksis ble lagt til side, til fordel for andre prosjekter ved instituttet. Denne prioriteringen var stort sett de involverte forskernes egen, men i noen grad også drevet av nasjonale prioriteringer. Det påpekes også at Cassini-ferden tok så lang tid at det var nødvendig å involvere seg i andre prosjekter i mellomtiden. Arbeidet med ESA blir på tross av dette beskrevet som godt og åpent, og en fin arena for internasjonale forskere å møtes. ESA-prosjektene opplevdes også som godt gjennomførte og planlagt.

Romfysikkgruppa ved UiO hadde kontakter til Cassini-prosjektet, og det ble skrevet en masteroppgave basert på Cassini-data. På det aktuelle tidspunktet (rundt 2005) hadde blindernforskerne for mange andre prosjekter til å gjøre øvrig vitenskapelig arbeid på Cassini-data, men har opprettholdt tilknytningen til prosjektet og har nylig vært medforfattere på artikler.



Saturn avbildet av Cassini i 2004, rett etter at fartøyet ankom det saturnske systemet. © NASA/Cassini



Rosetta og landeren Philae ankom kometen 67P/Tsuryumov-Gerasimenko i 2014, etter en 10-års ferd.
© ESA

Rosetta

Rosetta var en ferd dedikert til å følge, gå i bane rundt og lande på en komet. Oppskytingen ble utsatt som følge av Cluster-ulykken, og man måtte da finne en annen komet som ferdens mål. Valget falt på 67P/Tsuryumov-Gerasimenko, og Rosetta ble endelig skutt opp i 2004. I 2014 var den fremme ved målet, og frigjorde proben Philae som landet på kometen. Rosetta fortsatte å sirkle rundt 67P/Tsuryumov-Gerasimenko til ferdens slutt i 2016.

Celestmekanikkgruppa ved ITA, UiO, var med i Rosetta-konsortiet fra 1995 til 2008, og jobbet med baneberegninger. Hele miljøet i celestmekanikk var involvert, og hovedvekten av arbeidsmengden var på Rosetta i denne perioden. Prosjektet blir omtalt som produktivt med tanke på publikasjoner og doktorgradsarbeid, selv om det var noe dødtid da oppskyting ble forsinket. To doktorgradsstudenter var involvert i prosjektet. Forskerne var en del av en internasjonal forskningsgruppe, gjennom RSI (Radio Science Investigation), og samarbeidet beskrives som godt og vitenskapelig produktivt. I RSI ble det forsket på bruk av radioobservasjoner til å blant annet måle avstanden til kometkjernen, måle formen, og bestemme massen til kometen ut ifra tiltrekningen på Rosetta. Da faglig ansvarlig for celestmekanikk gikk av med pensjon, ble det tatt en avgjørelse om å ikke videreføre gruppa på bakgrunn av intern strategi ved ITA. Dermed ble det ikke høstet vitenskapelig på dette feltet i Norge, ettersom gruppa ble lagt ned før Rosetta var kommet fram.

Romfysikkgruppa ved UiO var underleverandør på LAP-instrumentet (Langmuir Probe), som hørte til under Rosetta Plasma Consortium (RPC). Bidraget var et samarbeid med romforskningsinstituttet ved universitetet i Uppsala, og en videreføring av samarbeid og roller fra

Cluster-prosjektet. Ingeniørene fra UiO hadde igjen ansvaret for å utvikle instrumentets EGSE (Electronic Ground Support Equipment). De deltok også i idriftsettelsesfasen, og leverte programvare for å dekode data fra hele RPC. I utgangspunktet ble de tilbudt en langt større rolle av gruppa i Uppsala, som de måtte takke nei til grunnet underbemanning. Forskerne ved UiO har vært involvert i prosjektet siden 2000, og henter stadig over data fra RPC til sin database. Gruppa var ikke aktiv i konsortiet mens Rosetta var på vei mot kometen, men ble aktiv igjen i 2014, som følge av intern overføring av en Co-I-rolle. Arbeidet i konsortiet blir beskrevet som godt og produktivt, til tross for at forskerne fra UiO kom med på et så sent tidspunkt at de ikke hadde noen reell mulighet til å velge forskningsområde eller påvirke sin rolle. Studenter på alle nivåer har vært involvert i prosjektet, fra bachelor til postdoc. For tiden er det to mastergradsstudenter, to PhD-kandidater og én postdoc tilknyttet gruppa. Gruppa er fornøyd med antall publiseringer, forskerne er ofte medforfattere på artikler, og begge mastergradsstudentene har også publisert internasjonalt.

Ved UiT var støvplasmagruppa involvert i Rosetta på tilsvarende måte som for Cassini. Forskerne var involvert i planleggingen, og skrev begrunnelse for støvinstrumentet MIDAS (Micro-Imaging Dust Analysis System). Da Rosetta nådde målet var de sysselsatt med andre prosjekter, men deltok i noen grad i diskusjonen omkring de første observasjonene med MIDAS.

Chandrayaan-1

Chandrayaan-1 var Indias første ferd til månen, og ble skutt opp i 2008. Elektronikk til spektrometeret SIR-2 (Spectrometer InfraRed-2) ble utviklet på mikroelektronikkklubben ved UiB. Gruppa ved UiB kom med på prosjektet gjennom kontakter ved



Jordiske gammaglimt knyttet til lynnedslag ble oppdaget på 1990-tallet. Instrumentene på ASIM skal undersøke disse fra den internasjonale romstasjonen. © Paul Lampard

det tyske Max Planck-instituttet i Lindau, på bakgrunn av sin generelle kompetanse på FPGAer – en type digital krets. Arbeidet var svært effektivt – det tok kun få år fra prosjektet ble definert til det var avsluttet, til tross for store tekniske problemer underveis. Prosjektet ble lagt opp med høy grad av studentinvolvering, rundt fem mastergradsstudenter og en doktorgradsstudent arbeidet med SIR-2. «Reklameeffekten» prosjektet hadde blir framhevet, arbeidet fikk mye omtale i media, både nasjonalt og i lokalaviser, hvilket trolig dro opp søkertallet til både romfysikk og mikroelektronikk. I tillegg blir det av de involverte omtalt som konstruktivt å være underleverandør – de fikk startet utvikling av elektronikken umiddelbart, siden fasen med designkrav og kvalitetskontroller allerede var utført ved Max Planck-instituttet. Gruppen ved Max Planck-instituttet tok seg også av det meste av dokumentasjon og statusrapportering, slik at UiB-forskerne kunne konsentrere seg om leveransen. Det ble publisert vitenskapelige artikler i utviklingsfasen av prosjektet, også gjennom master- og doktorgradsstudenter. Forskerne fra UiB gjorde ingen selvstendig analyse av data fra Chandrayaan-1, hovedsakelig fordi de var involvert i prosjektet for det tekniske aspektet, men også dels grunnet administrative endringer ved universitetet, blant annet pensjonerings.

BepiColombo

BepiColombo skal sendes ut i 2018 for å utforske Merkur, og er et samarbeidsprosjekt mellom ESA og japanske JAXA. Romfysikkgruppen ved UiO utviklet deler til PWI (Mercury Plasma Wave Instrument),

i samarbeid med gruppa i Uppsala. Arbeidet var en videreføring av det som ble gjort på Rosetta og Cluster. Gruppen ved UiO leverte EGSE-utstyr, og utviklet medfølgende programvare. I ettertid har det ikke vært forskningsaktivitet på prosjektet ved UiO, men gruppa som nå jobber med Rosetta ønsker å gjenoppta prosjektet med modellering når BepiColombo starter ferden til Merkur høsten 2018. Slik kan forskerne være klare for dataanalyse så fort de første dataene kommer en gang etter 2025. Blindernforskerne har en plass i konsortiet ettersom de leverte teknisk utstyr, og vil forsøke å involvere seg på et tidligere tidspunkt enn i Rosetta, slik at de har større innvirkning på forskningen denne gangen.

JUICE - Jupiter ICy moons Explorer

JUICE skal skytes opp i 2022 og være fremme ved Jupiter-systemet i 2030, hvor sonden skal undersøke Jupiter og dens fire største måner. Norske forskere har ikke vært involvert i vitenskapelige instrumenter på JUICE, men det er fortsatt muligheter for deltakelse i forskningsfasen. Planetologi-gruppa ved UiO (CEED - Centre for Earth Evolution and Dynamics) planlegger et prosjekt med kratertelling på Jupiters måner, i samarbeid med en fransk forskningsgruppe den jobber med i ESAs ExoMars-ferd. Prosjekter tilknyttet Jupiters magnetfelt kan være aktuelle for andre norske romfysikkmiljø.

ASIM - Atmosphere-Space Interactions Monitor

ASIM består av to instrumenter som til sammen skal gi innsikt i lynnedslag og jordiske gammaglimt, med målinger i både optiske

og høyenergetiske frekvenser. Eksperimentet ble montert på den Internasjonale Romstasjonen (ISS) i april 2018, og ligger under romstasjonsprogrammet i ESA. Romfysikkgruppa ved UiB er PI på MXGS (Modular X-ray and Gamma Sensor), instrumentet som skal måle røntgen- og gammastråling. Den ble tilbudt dette prosjektet gjennom personlige kontakter og på bakgrunn av tidligere erfaring med røntgenforskning. Oppstarten av prosjektet var i 2004, og det startet med én ingeniør som jobbet 30 %. Siden har omfanget vokst betraktelig, både med hensyn på personell, finansiering, ansvar og vitenskapelig arbeid. Fra rundt 2006 har det vært doktorgradsstudenter tilknyttet prosjektet, mens masterstudenter har vært tilknyttet helt fra den tidlige fasen.

Det ble bygget opp en forskningsgruppe rundt røntgenstråling fra elektriske utladninger, hvor ASIM er en sentral del. Denne gruppa er nå en del av Birkelandssenteret. ASIM blir beskrevet som en avgjørende brikke for å få et SFF, som nå gir gruppa økte muligheter for vitenskapelig arbeid, både med ASIM og andre prosjekter.

SMILE - Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer

SMILE skal undersøke vekselvirkningen mellom solvinden, jordas magnetosfære og ionosfæren. Målingene skal bidra til en bedre forståelse av fenomenet romvær. Satellitten er et kinesisk prosjekt, men er tatt inn i ESAs vitenskapsprogrammet som et flernasjonalt prosjekt. Forventet oppskyting er i 2021. Ved UiB utvikles det en mekanisk dør som skal installeres foran SXI-instrumentet på SMILE. Foreløpig er arbeidet hovedsakelig av teknisk art, men det planlegges å utnytte data fra satellitten ettersom det vitenskapelige formålet med SMILE er midt i forsknings- og kompetanseområdet til Birkelandssenteret. Forskerne ved UiB ble invitert til oppstartsmøtet for SMILE på bakgrunn av sin ekspertise innen ionosfæremålinger, og ble deretter med i en arbeidsgruppe i prosjektet. UiB fikk bedre kjennskap til SMILE gjennom deltakelse i Solar System Exploration Working Group (SSEWG), og ble senere spurt av ESA om å bidra med en liten mekanisk del på satellitten. Tilbudet kom fordi man ønsket å fordele kostnadene og spre den vitenskapelige utnyttelsen. Erfaring fra ASIM blir beskrevet som vesentlig for å få tilbudet fra den britiske forskningsgruppa som er leder arbeidet med SXI.

Oppsummering romfysikk

Det er ingen entydig konklusjon hva vitenskapelig nytte angår av norsk deltakelse i ESAs romfysikkferder. På den ene siden har forskningsgruppene hatt stor nytte av å delta i instrumenteringen, også utover den tekniske kompetansen de oppnådde. Gode kontakter, kunnskap om ESA-prosesser, økt studentinvolvering og -interesse, samt som inngang til flere romprosjekter er blant effektene som nevnes. På den andre siden har den vitenskapelige høstingen av prosjektene vært varierende. Det er mange og ulike grunner til dette, men det deler seg hovedsakelig i to kategorier:

utilstrekkelig finansiering eller at forskningsgruppa ikke har stått løpet ut. Det siste er i flere tilfeller et utslag av at pådriveren for gruppa er pensjonert innen ferden er framme og leverer data. I andre tilfeller er det en prioritering gjort av gruppa selv, ettersom den på gitte tidspunkt er fullt sysselsatt i andre prosjekter. I enkelte tilfeller har også analysedelen av ferden vært utenfor deres kompetanseområde, og det var kun den i tekniske delen gruppa opprinnelig ønsket å involvere seg.

Der man har hatt vitenskapelig høsting, har veien dit vært kronglete. Det har ikke vært noen klar linje mellom teknisk deltakelse og vitenskapelig utnyttelse. Få prosjekter har blitt fulgt opp kontinuerlig og hvis de er blitt tatt opp igjen har man allerede tapt kompetanse og/eller posisjoner i konsortier. Unntaket her er prosjektene ved FFI som ble arbeidet med sammenhengende til grunnforskningen ble faset ut fra år 2000. Når miljøene først er inne i den vitenskapelige delen av prosjektene igjen, beskrives arbeidet som fruktbart og møtes med engasjement fra studenter.

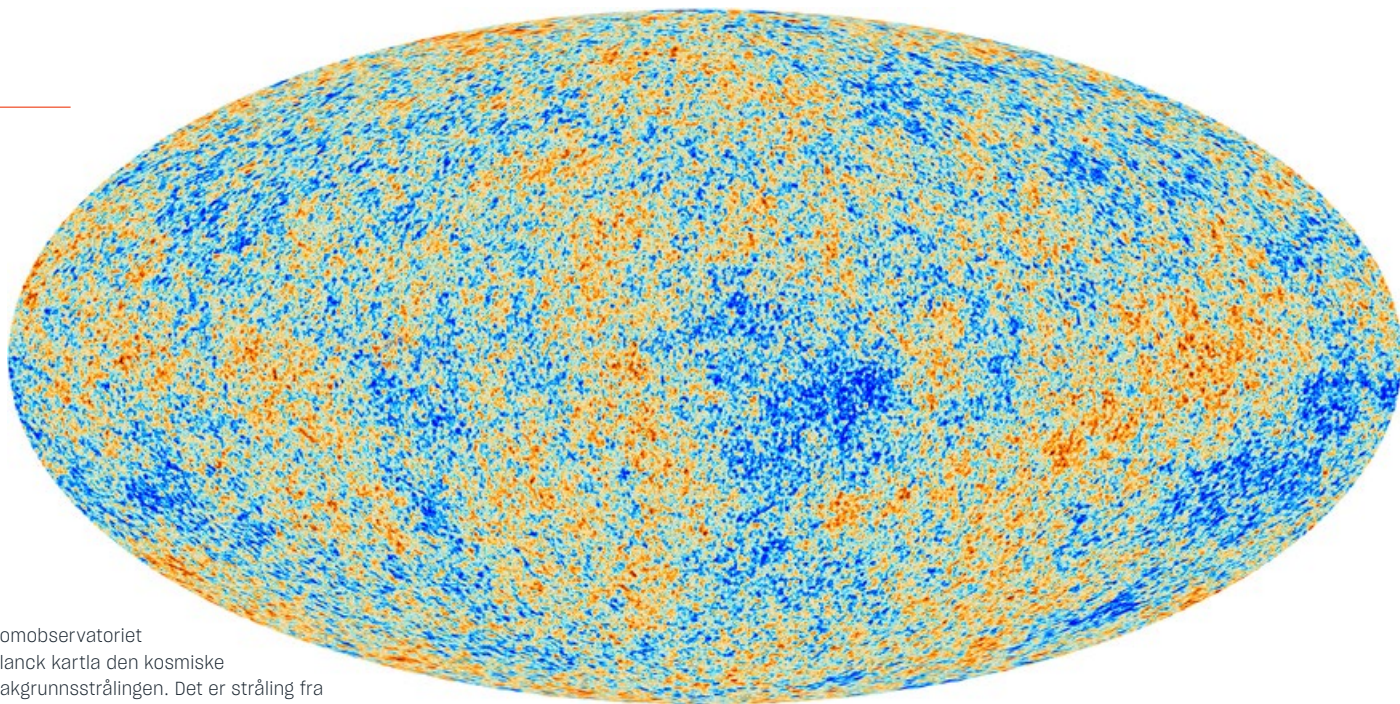
Norske romfysikk-forskere har i dag et godt grunnlag for å kunne dra nytte av målinger fra ASIM (2018), SMILE (2021) og BepiColombo (2025). Her vil det være viktig å stå løpet ut.

Viktige momenter fra dette kapittelet:

- Norske forskere har deltatt med instrumentbygging på Cluster, Double Star, Cassini-Huygens, Rosetta, Chandrayaan-1, BepiColombo, SMILE og ASIM. Det planlegges forskningsarbeider på JUICE
- Den vitenskapelige nytten har variert, med god uttelling på den tekniske siden
- De største utfordringene har vært knyttet til intern administrasjon (ofte pensjonering) og utilstrekkelig forskningsfinansiering



Nordlys © Jamen Percy



Romobservatoriet
Planck kartla den kosmiske
bakgrunnsstrålingen. Det er stråling fra
universets barndom for ca. 13,4 milliarder år siden.
Ørsmå variasjoner i temperatur representeres her med forskjellige farger
- rødt er litt varmere enn gjennomsnittet og blått litt kaldere. Disse
temperaturvariasjonene ved universets begynnelse indikerer dagens
fordelingen av synlig masse. © ESA

ASTROFYSIKK

ESAs astrofysikkferder består av en rekke romobservatorier som måler kosmiske fenomener i ulike bølgelengder. I Norge har forskere ved ITA (UiO) deltatt aktivt i slike prosjekter, spesielt det siste tiåret. Det har også vært noe deltakelse ved UiT, UiB og UiS, både med instrumentbygging og utnyttelse av data.

IUE - International Ultraviolet Explorer

IUE var et samarbeidsprosjekt mellom ESA, NASA og det britiske romsenteret. Satellitten ble skutt opp i 1978 for å analysere ultrafiolett lys fra stjerner. Norge var ikke med i ESA da prosjektet startet, men kunne allikevel søke om observasjonstid siden det var åpent for alle. Forskere fra både ITA (UiO) og UiT benyttet seg av dette, med analyse av lange tidsserier av egne observasjoner fra IUE. Etter målinger fra HRTS, var IUE en av de viktigste kildene til satellittdata ved ITA gjennom mesteparten av 80-tallet og deler av 90-tallet. Gruppen ved ITA benyttet observatoriet aktivt fra det ble operativt i 1979, til det ble skrudd av i 1996, og analyserte blant annet lange observasjonsserier av stjernen Betelgeuse i ultrafiolett lys. Det ble utført noen samobservasjoner i røntgen med ESA-satellitten EXOSAT.

Ved UiT var det noe aktivitet med enkelte prosjekter som gikk over lang tid og man supplerte IUE-målinger med bakkeobservasjoner fra observatoriet i Skibotn. Støtteobservasjoner med VLA (Very Large Array) ble også gjort i noen tilfeller. Samlet sett var den vitenskapelige aktiviteten rundt IUE i Norge relativt omfattende og langvarig, og et av få prosjekter det var mulig å delta i før fullverdig ESA-medlemskap.

EXOSAT

EXOSAT var et romobservatorium som målte i røntgen fra 1983-86. Forskere fra ITA (UiO) benyttet seg av data fra EXOSAT, hovedsakelig som et supplement i IUE-prosjektene.

Hubble

Romteleskopet Hubble observerer i synlig, infrarødt og ultrafiolett lys, og er et samarbeidsprosjekt mellom NASA og ESA. Teleskopet skulle skytes opp i 1986, men ble forsinket som følge av Challenger-ulykken samme år. Endelig oppskyting ble i 1990 og teleskopet har siden blitt oppgradert flere ganger. Forskere ved ITA (UiO) begynte å forberede seg til å bruke teleskopet i 1984, etter invitasjon fra ESA. Et forberedende tiltak var å ta i bruk programvaren MIDAS for å kunne behandle data fra Hubble. Da teleskopet endelig kom i drift var i midlertid de aktuelle forskerne opptatt med andre tidkrevende prosjekter. Senere ble det brukt noe data fra Hubble, blant annet ved UiO og UiT, uten egen observasjonstid. Fra 2012 har det ved ITA vært aktivitet knyttet til Hubble med tildelt observasjonstid, hvor representanter fra instituttet både har deltatt og ledet ulike prosjekter. Denne aktiviteten har resultert i en rekke vitenskapelige artikler.

XMM-Newton - X-ray Multi-Mirror satellitt

XMM-Newton er et røntgenteleskop skutt opp i 1999. Forskere fra både ITA (UiO) og UiB benytter noe data fra denne satellitten i sin forskning, ofte kombinert med data fra andre satellitter, som Cluster og Planck.

Hipparcos

Hipparcos ble skutt opp i 1989 for å kartlegge egenskapene og posisjonen til over 100 000 stjerner. Forskere ved både UiT og UiO hadde vitenskapelige prosjekter av mindre omfang med bruk av Hipparcos. Det var ingen deltakelse på instrumentsiden.



Hubble: the Lagoon Nebula. © ESA/NASA/Hubble

INTEGRAL - The International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory

INTEGRAL ble skutt opp i 2002 og er et romteleskop designet for observasjon av høyfrekvent stråling (gammastråler). Romfysikkgruppa ved UiB utviklet veto-systemet til instrumentet IBIS (Imager on-Board the INTEGRAL Satellite). Veto-systemet bestod av en kodet maske som skulle stenge ute all uønsket stråling. Arbeidet ble gjort i samarbeid med ITA (UiO), og intensjonen var å starte en forskningsgruppe på høyfrekvent astrofysikk ved ITA, mens gruppa ved UiB hadde hovedansvaret for instrumenteringen. De vitenskapelige målene ble presisert fra første søknad, men prosjektet ble ikke viderefinsiert etter at veto-systemet var levert. Dette hadde direkte negative konsekvenser for gruppa ved UiB, mens det ved ITA blir understreket som svært uheldig at man aldri fikk høstet vitenskapelig av prosjektet.

Senere har gruppa ved UiB hatt nytte av erfaringer og kontakter fra prosjektet i forbindelse med ASIM.

Planck

Romobservatoriet Planck kartla den kosmiske bakgrunnsstrålingen for å bidra til forståelsen av universets opprinnelse og utvikling. Satellitten ble skutt opp i 2009 og virket til den ble skrudd av i 2013. Forskere ved ITA (UiO) kom med i konsortiet for LFI (Low Frequency Instrument) gjennom personlige kontakter, og tok ansvaret for EGSE (Electronic Ground Support Equipment) for instrumentet. Utviklingen av EGSE ble gjort av Kongsberg Spacetec i Tromsø under ledelse av ITA og med støtte fra Forskningsrådet. Samtidig ble forskningsmiljøet på kosmologi ved ITA bygget opp. Flere faste ansettelser ble allokert til gruppa etter intern omorganisering ved instituttet og to doktorgradsstipendiater ble engasjert. Gruppa fikk da anledning til å konsentrere seg om dataanalyse fra Plancks forgjengere, COBE og WMAP, i tillegg til arbeid med lignende data fra bakkebaserte instrumenter. Dette gjorde forskerne ved ITA godt forberedt til den vitenskapelige delen av Planck. De samme forskerne ledet blant annet arbeidet med en metode for databehandling som ble brukt gjennom hele prosjektet.

Både enkeltforskere og gruppa som helhet har fått større roller i LFI-konsortiet enn opprinnelig planlagt, og opplever at de har innflytelse der. Forskerne ved ITA er godt fornøyd med det vitenskapelige utbyttet av Planck og viser til en gjennomsnittlig publiseringsrate på rundt 30 artikler i året knyttet til prosjektet. Så langt har også instituttet skrevet ni doktorgrader og rundt 14 mastergrader basert på Planck-data. Ytterligere seks doktoravhandlinger er forventet ferdigstilt de nærmeste årene. Kosmologi er et tema som trekker studenter og ESA-prosjektene (Planck og Euclid) framheves som gode drivere for dette, framfor å basere studiene på ren teori. Gruppa har også fått et langt større internasjonalt nettverk gjennom Planck-prosjektet. Forskerne har kommet inn i et fellesskap de ellers ikke ville hatt tilgang til, som beskrives som helt avgjørende for forskningsarbeidet i gruppa.

Forskerne tilknyttet kosmologigruppa ved UiS bruker bearbejdet Planck-data i sin forskning, men er ikke medlem av konsortiet.

Euclid

Euclid skal kartlegge hvordan mørk materie og mørk energi fordeler seg i universet ved å se 10 milliarder år tilbake i tid. Planlagt oppskytning er i 2021. Kosmologigruppa ved ITA (UiO) har vært involvert i prosjektet siden 2008, med andre ord før det ble offisielt vedtatt i 2012. ITAs involvering omfatter forskningsplanlegging, instrumentbygging og databehandling. Det norske bidraget til satellitten er mekaniske deler til instrumentet NISP (Near-Infrared Spectrometer and Photometer), bygget av CMR Prototech under ITAs ledelse. Denne gangen blir utviklingen finansiert gjennom PRODEX og direkte gjennom ESA. En del av dataene vil lastes ned til Hinode Science Data Centre, hvor det også utvikles et arkivsystem for Euclid-data. Det var viktig å finne ut hva Norge kunne bidra med teknologisk sett for å sikre den vitenskapelige deltakelsen. ITA vurderte de industrielle mulighetene i samarbeid med Norsk Romsenter. Det begynte med en instrumentdel som dessverre ikke ble romkvalifisert og den aktuelle bedriften gikk ut av romsektoren. Det endelige Euclid-oppdraget til Prototech kom på forespørsel fra Frankrike.

Tidlig involvering trekkes frem som en klar fordel. Det gir mulighet til å være med på å spesifisere teknologien og et unikt innblikk i hvordan satellitten er bygget opp og nøyaktig hva instrumentene kommer til å måle.



Institutt for teoretisk astrofysikk (ITA) på tidlig 1950-tall. © ITA/UiO

Nå forbereder gruppa seg på dataanalyse på tilsvarende vis som for Planck – blant annet gjør forskerne numeriske simuleringer som brukes til å teste hvordan data fra Euclid best skal kunne brukes for å skille mellom forskjellige teorier for den mørke energien. I tillegg ansettes nye doktorgradsstudenter og postdoktorer til prosjektet, for å bygge opp kunnskap og metodikk til Euclid begynner å sende data. Gruppa har allerede publisert noe på det forberedende arbeidet til Euclid.

Tidlig involvering trekkes frem som en klar fordel. Det gir mulighet til å være med på å spesifisere teknologien og et unikt innblikk i hvordan satellitten er bygget opp og nøyaktig hva instrumentene kommer til å måle. Denne kunnskapen kommer godt med når dataene senere skal analyseres. I konsortiet møtes tverrfaglige arbeidsgrupper fra alle deler av prosjektet, fra de som utvikler mekaniske deler til dem som skal analysere data. En slik arbeidsmåte gir bedre innsikt i prosjektet som helhet. Konsortiet blir også beskrevet som velfungerende og inkluderende, blant annet med tanke på rollefordeling og vitenskapelige diskusjoner.

JWST – James Webb Space Telescope

JWST skal være oppfølgeren til Hubble-teleskopet. NASA, ESA og det kanadiske rombyrået har samarbeidet om prosjektet siden 1996. Ferdigstillingen av teleskopet blir stadig utsatt, planlagt oppskytningsdato er nå 2020. Norske forskere er ikke med på instrumentsiden av JWST, men flere planlegger prosjekter med bruk av data, blant annet ved ITA (UiO) og UiB.

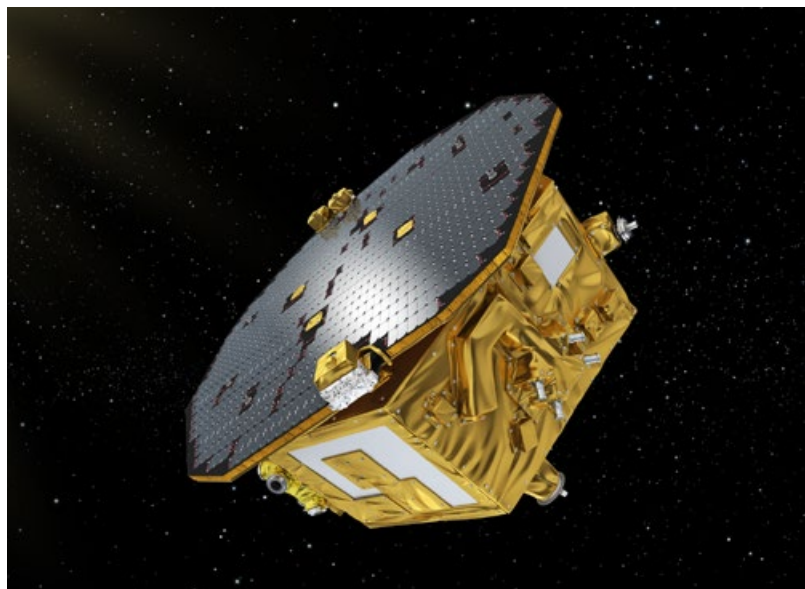
Oppsummering astrofysikk

Samlet sett kan vi si at norske forskere har hatt god vitenskapelig avkastning av de astrofysiske ferder de har involvert seg i, selv om unntak finnes. Fra utelukkende vitenskapelig arbeider med IUE og Hipparcos, har miljøet ved ITA (UiO) tatt del i alle stadier av prosjektet med Planck og Euclid, og også sørget for industriinvolvering. Kosmologigruppa ved ITA har i stor grad blitt bygget opp rundt disse prosjektene, og økt både i antall ansatte og studenter. Det vitenskapelige arbeidet i gruppa har også blitt hevet, både i nivå og omfang. Vitenskapsfinansieringen har på dette feltet stort sett vært tilfredsstillende.

Det har også vært tilfeller av prosjekter som ikke førte fram til den vitenskapelige høstingen som var planlagt, noe som blant annet gjaldt for INTEGRAL. Det er viktig å ta lærdom av slike prosjekter og forbedre de deler av prosessen det er mulig å påvirke.

Viktige momenter fra dette kapittelet:

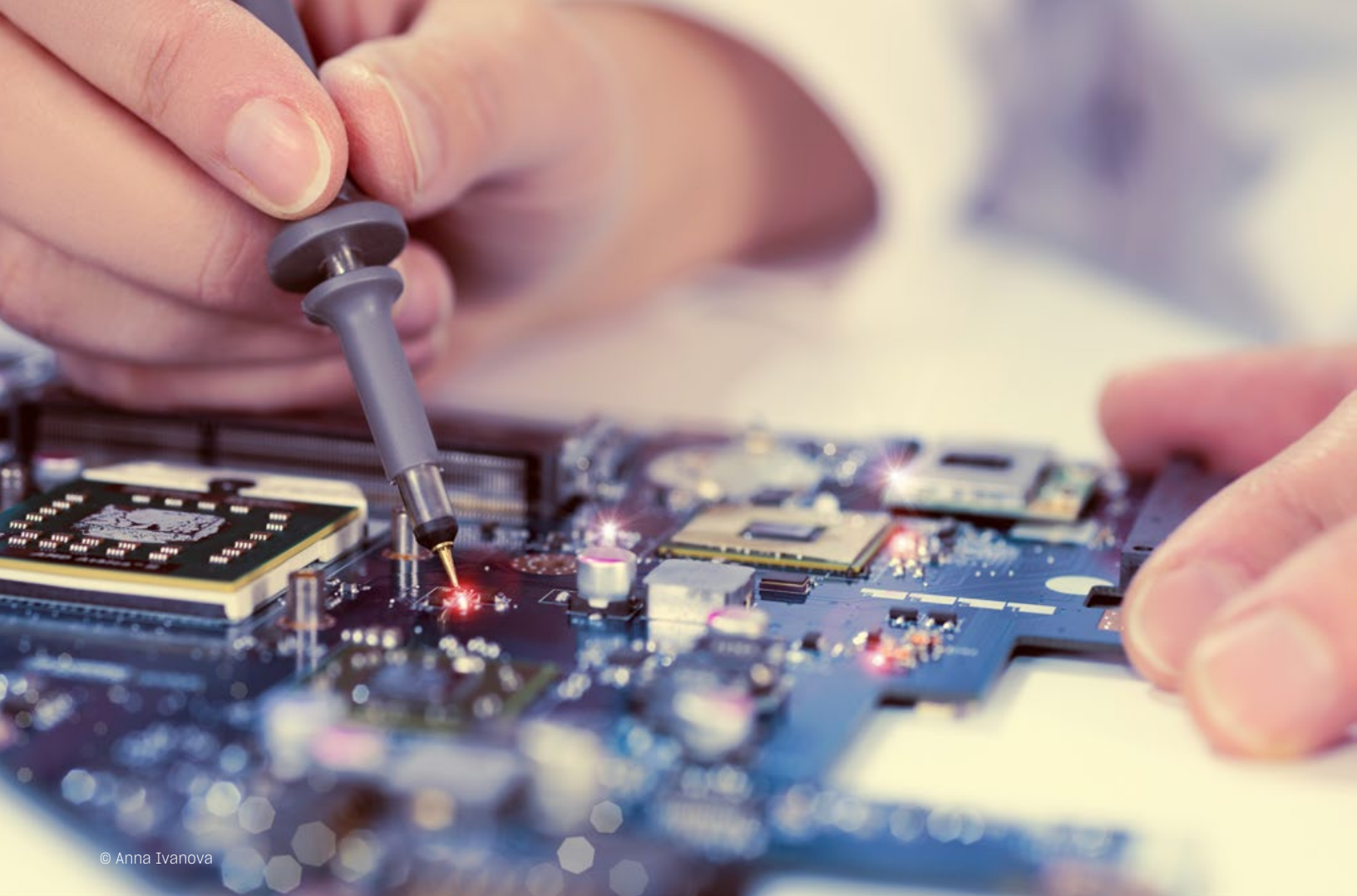
- Norske forskere har deltatt i instrumentbygging på INTEGRAL, Planck og Euclid, og vitenskapelig analyse på: IUE, EXOSAT, Hubble, XMM-Newton, Hipparcos og Planck. Det planlegges vitenskapelig utnyttelse av Euclid og JWST
- Den vitenskapelige høstingen har vært god, med noen unntak
- Teoretisk forberedelse, tidlig involvering og arbeid i konsortiene blir trukket fram som fordeler



Romfartøyet LISA Pathfinder testet ut teknologi for å måle gravitasjonsbølger i verdensrommet. Romobservatoriet LISA vil følge etter og gjøre målinger fra 2034. © ESA/C. Carreau

FUNDAMENTALFYSIKK

Fundamentalfysikk er den nyeste kategorien i Vitenskapsprogrammet og foreløpig er det kun én ferd som er plassert i denne – LISA (Laser Interferometer Space Antenna). LISA skal brukes til å observere gravitasjonsbølger, planlagt oppskytningsdato er i 2034. En teknologi-forberedende ferd, LISA Pathfinder, ble gjennomført i 2015–2017. Kosmologigruppa ved UiS har siden 2015 vært involvert i planleggingen av LISA og blant annet holdt seminar for konsortiet i 2015. Nå som prosjektet er endelig vedtatt av ESA, vil forskerne ved UiS delta i konsortiet med bidrag til forsknings- og dataanalyse-arbeidsgruppene, samt organisatoriske oppgaver. Kosmologigruppa ved ITA (UiO) er også interessert i å delta i prosjektet.



© Anna Ivanova

KORT OM INDUSTRIELLE RINGVIRKNINGER

Denne rapporten er viet forskningsaktiviteten relatert til Vitenskapsprogrammet, men den industrielle involveringen bør også nevnes, spesielt siden den ofte er tett knyttet til det vitenskapelige arbeidet. Det er over tid dokumentert god ringvirkning av ESA-opppdrag til norsk industri. Følgende eksempler bør trekkes frem:

- Store norske kontrakter på SOHO og Cluster, som Kongsberg Spacetecs programmeringsarbeid på CDS på SOHO
- Oppdrag fra Vitenskapsprogrammet til KSAT har utgjort en betydelig del av Norges industrielle retur i dette programmet, eksempelvis samarbeidet med UiO på Hinode- og IRIS-data
- Prototechs bidrag til NISP på Euclid, i samarbeid med UiO, fullføres i disse dager
- ASICs fra IDEAS til instrumentet RADEM på JUICE og gammadetektorer til BepiColombo
- Motorer fra Kongsberg Defence & Aerospace (KDA) som dreier solcellepanel etter sola, levert til Rosetta, JUICE og BepiColombo. KDA har også utviklet viktig utstyr til GAIA

For flere av bedriftene har oppdragene til Vitenskapsprogrammet vært krevende og har løftet bedriften teknologisk. Forskningens behov for nye målinger, eksperimenter eller simuleringer kan virke teknologisk drivende også for industrien og derigjennom åpne nye markedsmuligheter utover forskerens umiddelbare behov. I tillegg har Norges obligatoriske andel av ESAs vitenskapsprogram økt over tid, slik at det i årene framover er betydelige midler tilgjengelig for oppdrag til norsk industri i dette programmet.

For flere av bedriftene har oppdragene til Vitenskapsprogrammet vært krevende og har løftet bedriften teknologisk.



Ariane 5 er den europeiske bæreraketten. © ESA – S. Corvaja

VAR NORSKE FORSKERE FORBEREDT PÅ Å DELTA I ESA-PROSJEKTER?

Norge ble assosiert medlem i ESA i november 1981, og fullt medlem i januar 1987. I denne innledende perioden ble det gjort flere tiltak for å legge til rette for medlemskapet, inkludert den offentlige utredningen *NOU 1986:1 Norsk romvirksomhet*. Norge deltok i noen ESA-prosjekter fra -81 til -87, men hadde begrensede styringsmuligheter. Innbetalingene til ESA økte i hele perioden og det ble lagt opp til en normalisert deltakelse innen år 2000. Fra 1982 var det et nasjonalt mål om å dreie romforskningen inn mot ESA-prosjekter. Det var betydelige budsjetter til romforskning i NTNf og senere Forskningsrådet.

Noen norske forskningsgrupper hadde som allerede nevnt romerfaring fra samarbeid med NASA og det tidlige ESRO-samarbeidet om forskningssatellittene ESRO-1 og ESRO-2. Enkelte gjorde også forberedelser inn mot ESA i tida med assosiert medlemskap. Solfysikerne ved ITA (UiO) begynte å se på mulighetene for å involvere seg i SOHO fra 1983, og fikk finansiell støtte til en forstudie av vitenskapelige muligheter i prosjektet. Fra 1986 var SOHO en hovedprioritet ved instituttet, industri ble involvert i prosjektet, og det var allerede en person i CDS science advisory team.

Cluster blir også omtalt som et viktig prosjekt i nasjonale rapporter (*Space Research in Norway*), men det eneste ESA-prosjektet som er spesifikt beskrevet innen romfysikk før 1987 er radarsatellitten ERS-1. Romfysikkgruppa ved UiO begynte å se på mulighetene for å delta i Cluster i 1985, og ble med i konsortiet for EFW fra 1987. Cluster blir beskrevet som et betydelig prosjekt utover mot slutten av 80-tallet, men UiO-forskerne har en del andre store prosjekter i tillegg.

FFI var involvert i sine spesifikke instrumenter på Cluster i 1987 og startet forberedelsene en stund før dette, gjennom deltagelse i en Cluster-relatert ioneemitter på det Japanske Geotail-prosjektet. Romfysikkgruppa ved UiB planla å involvere seg i Cluster fra 1986, og begynte det konkrete arbeidet i 1987. Fra 1988 blir det beskrevet som et stort prosjekt for gruppa.

Fra intervjuene blir SOHO omtalt som langt mer planlagt for enn Cluster fra norske forskeres side. Solfysikerne beskriver en bevisst fokusering inn mot SOHO som starter flere år før medlemskapet var et faktum. I romfysikkmiljøene varierer beskrivelsene noe, men de fleste mener de ikke fokuserte mye på Cluster før akkurat rundt den tida Norge ble fullverdig medlem, et syn som reflekteres i «*Space Research in Norway*»-rapportene. Flere nevner at de var svært interessert i å delta i Cluster fra begynnelsen av. Støtten fra Forskningsrådet blir betegnet som viktig for å involvere seg i instrumentene.



ESOC (European Space Operations Centre) er hovedkontrollsenteret til ESA og ligger i Darmstadt, Tyskland. © ESA

NORSKE FORSKERES VARIERENDE SYN PÅ ESA

I løpet av de kvalitative intervjuene som ligger til grunn for denne utredningen har ESA som organisasjon blitt omtalt i svært ulike ordelag. ESA har stort sett blitt beskrevet med sterke ord – alt fra «uvurderlig» til «skremmende», og sjeldent som «helt greit». Gjennomgående er det gruppene med høyest grad av involvering som har det mest positive synet på ESA, og gruppene som står utenfor systemet som finner organisasjonen mest avskrekkende.

Noe av skepsisen mot ESA kommer av lite eller mangelfull informasjon om hvordan ESA fungerer og hvilke muligheter man har for å delta i prosjekter. ESA-systemet er komplisert og ikke spesielt intuitivt, og ESA er en stor organisasjon, så det er forståelig at det kan virke overveldende og lite fristende å involvere seg i, eller at man ikke helt vet hvordan man skal gå fram. Her kan NRS bidra med mer detaljert informasjon, som for eksempel informasjonsbrev direkte til

miljøene, eller «veikart» med mulige veier inn i prosjekter og gangen i dem. Romsenterets nettsider kan oppdateres med aktuelle ESA-prosjekter og nye muligheter, søknadsfrister og hvordan prosjektene ligger an. Det er et uttrykt ønske i miljøene om mer av denne typen informasjon.

Et annet forslag å ta i betraktning, er å holde et (årlig) seminar om ESA med fokus på Vitenskapsprogrammet. Her kan aktuelle prosjekter presenteres, man kan gi en innføring i søknadsprosess, og forskningsgruppene kan få anledning til å presentere sin relevante forskning for hverandre. Slike arrangement holdes årlig i andre ESA-land og er ønsket av forskerne selv. Et slikt arrangement vil potensielt øke andelen norske forslag til Vitenskapsprogrammet, og knytte det norske romforskningsmiljøet tettere sammen. Dette vil kunne stimulere til å danne større konstellasjoner på tvers av universitetene og åpne for muligheten for sammen å søke kontrakter og sende inn forslag i ESA. På denne måten kan det være mulig for norske miljøer å ha ansvar for større deler av ESA-prosjekter og konkurrere på lik linje med grupper i større ESA-land.

ESA har stort sett blitt beskrevet med sterke ord – alt fra «uvurderlig» til «skremmende», og sjeldent som «helt greit».

SAMHANDLINGEN MED ESA

De norske forskningsmiljø som har hatt høyest utbytte av ESA-prosjekter viser noen fellestrekk som kan oppsummeres i fire punkter. Gruppene har:

- Jobbet strategisk mot deltakelse og funnet «sin plass» i ESA
- Blitt involvert tidlig i prosessen
- Et godt administrativt arbeid
- Opplevd initiativ og støtte nasjonalt (fra blant annet NRS)

De gruppene som har fokusert på ESA-deltakelse har hatt et bevisst forhold til hva de kan tilby i prosjektene. Noen har konsentrert seg om utnyttelse av data og minimert andre deler av prosjektet, som den tekniske. Andre har spesialisert seg på en del av en type instrument som er mye brukt, en metode eller et fysisk fenomen. Gruppene har gjerne hatt en aktiv rolle i arbeidsgrupper og konsortier. Ofte har gruppene kommet inn i prosjekter via kontakter fra andre prosjekter, også utenom ESA, eller blitt tilbudt roller i prosjekter på bakgrunn av erfaringer gjort i tidligere prosjekter. Det påpekes at et ESA-prosjekt ofte leder til det neste.

Disse gruppene er også godt organisert, de er gode søknadsskrivere og det er noen som har mer ansvar for det administrative arbeidet. Det er en del administrativt arbeid med prosjekter av denne størrelsen og det er de klar over. Det påpekes allikevel at det administrative arbeidet står til det vitenskapelige utbyttet, og at arbeidsmengden er størst i det første prosjektet.

I tillegg har gruppene «blitt sett» og støttet, både finansielt, men også i systemet. De har fått veiledning og råd, blant annet fra NRS. Gruppene som er mest involvert i ESA er gjerne også veldig fornøyd med Romsenterets innsats. De føler seg godt ivaretatt og at noen har talt deres sak i diverse sammenhenger.

Mange peker også på viktigheten av å bli med i prosjektet i en tidlig fase, slik at man har mulighet til å påvirke hva som skal måles, driften, sin egen rolle, velge hvilke data man vil analysere og ha bedre oversikt når dataene begynner å komme ned.



Værsatellitten MetOp-C testes for ekstrem kulde i vakuum før oppskyting. © ESA/G. Porter

VEIEN FRA VITENSKAPELIG MÅLSETTING TIL HØSTING

Et romprosjekt kan grovt sett deles inn i tre faser: planlegging, konstruksjon, og operasjon/analyse/forskning. De mest omfattende prosjektene kan ha en varighet på opptil 30 år fra idéstadiet til vitenskapelig høsting. I ESA er det en forutsetning at landene bidrar i instrumentbyggingen for å få umiddelbar tilgang til data. Norske forskere har vært involvert i alle faser av forskjellige ESA-prosjekter, men ikke nødvendigvis fra ende til annen i samme prosjekt. Av og til har det vært forskernes ønske å kun involvere seg i deler av prosjektet, eller de har valgt å prioritere andre prosjekter etterhvert. I andre situasjoner har det vært intensjonen å følge opp prosjektet, men det har av ulike grunner blitt avbrutt. Utfordringene i kontinuitet deler seg stort sett i to kategorier: problemer med finansiering eller at nøkkelpersoner i forskningsgruppa er blitt pensjonert før dataene blir tilgjengelige.

Det første problemet er i noen grad relatert til at nasjonale forskningsprioriteringer kan skifte gjennom den relativt lange tiden fra vedtak og byggestart til vitenskapelig høsting. Derfor oppfordres det til i større grad både å skrive og vurdere søknader som en helhet, altså å ta i betraktning både den tekniske og den vitenskapelige delen av prosjektet, selv i de tilfeller hvor analysedelen ligger langt fram i tid. Et slikt fokus vil gi forskerne større forutsigbarhet og sikre kontinuitet i prosjektene, men også kreve større forpliktelse fra både NRS, NFR og forskerne selv. Forhåpentligvis vil man da i større grad kunne unngå situasjoner hvor det forberedende og tekniske arbeidet senere oppfattes som bortkastet bruk av tid og ressurser.

For grupper med mindre erfaring med ESA bør det gjøres oppmerksom på de administrative sidene av ESA-prosjekter, slik at man er forberedt på den type dokumentasjon som kreves. I tillegg bør en være klar over det tidsmessige perspektivet, slik at nødvendig planlegging foretas. Igjen påpekes betydningen av tilstrekkelig informasjon og muligheten av å benytte seg av Romsenteret som støtteapparat og for veiledning.

Pensjoneringsprosessen er ikke til å unngå, heller ikke ved universiteter, og dette må hovedsakelig tas til betraktning hos gruppene selv. Hvis søknadsprosessen legges om som foreslått over, kan det løfte fokus til denne type interne administrasjonsutfordringer, da man på instituttets side også må legges opp til at feltet videreføres. Uansett må perspektivet med personell tas på alvor ved oppstart av lange faglige løp i ESA.

Utfordringene i kontinuitet deler seg stort sett i to kategorier: problemer med finansiering eller at nøkkelpersoner i forskningsgruppa er blitt pensjonert før dataene blir tilgjengelige.



Skjemaet viser de ulike fasene i et romprosjekt: planlegging, konstruksjon og operasjon/analyse/forskning.

VITENSKAPELIG NYTTE OG RINGVIRKNINGSEFFEKTER

Vitenskapelig nytte er i denne utredningen definert som en kombinasjon av:

- Vitenskapelige publikasjoner og siteringer
- Studentinvolvering (hovedfag/master- og doktorgrad hovedsakelig)
- Økt kunnskap om emnet
- Kompetanseheving i forskningsgruppa
- Om prosjektet førte til nye prosjekter
- Om man var fornøyd med resultat og arbeid underveis
- Om forskningsgruppene fikk de rollene de ønsket
- Internasjonal anerkjennelse og samarbeid
- Økt finansiering / nye stillinger
- Annet som er relevant for det enkelte prosjekt

Disse elementene er tidligere i rapporten beskrevet for hvert enkelt prosjekt og institutt. Her følger en diskusjon og oppsummering av hovedpoengene på tvers av forskningsgruppe og prosjekt.

Direkte vitenskapelige arbeider, som publikasjoner og siteringer, har det vært utfordrende å framskaffe nok skriftlig dokumentasjon om for et tilstrekkelig sammenligningsgrunnlag. Ut ifra hva som har framgått av intervjuene, er det på dette punktet prosjektene varierer i størst grad. Det er ofte blitt publisert vitenskapelig i utviklingsfasen eller den tekniske fasen av prosjekter, men i flere tilfeller har ikke data fra selve ferden blitt benyttet. I andre tilfeller utgjør dataanalyse fra ESA-satellitter størsteparten av gruppas vitenskapelige arbeid, som hos solfysikk og kosmologi ved ITA (UiO). De gruppene som i stor grad har benyttet seg av ESA-data beskriver det som svært vitenskapelig givende og trekker frem de interessante vitenskapelige aspektene som en av grunnene til å involvere seg i ESA.

Når det gjelder økt kunnskap om emnet, kan vi også her skille mellom det vitenskapelige og det tekniske. Innen solfysikk og kosmologi har norske forskere bidratt til ny forståelse av fenomenene satellittene undersøker, mens i romfysikk har kunnskapen i større grad ligget i det tekniske. Solfysikerne har også konsentrert seg om databehandling og arkiv og i noen grad vært involvert i instrumentbygging. Romfysikerne har også benyttet seg av data fra ferden i mange tilfeller, men den tekniske kompetansen blir mer vektlagt i intervjuene og har tilsynelatende vært mer omfattende (og relevant).

For kompetanseheving i forskningsgruppa spiller den tekniske kunnskapen inn i større grad. Samlet sett har de fleste prosjekter og miljøer hatt godt utbytte på dette punktet. Forskerne påpeker ofte hvordan kompetansen fra prosjektene har kommet dem til gode senere, både i ESA-prosjekter, andre prosjekter og øvrig arbeid ved instituttet.

Gjennomgangen viser klart at ESA-prosjekter ofte fører til nye prosjekter. Når gruppene først er inne i systemet, har kontakter og erfaring fra en type instrument eller metode, er sannsynligheten stor for at de blir tilbudt lignende roller på andre prosjekter.

Gruppene er stort sett fornøyd med arbeidet som ble gjort underveis i prosjektet, spesielt den tekniske delen, med noen unntak. De er også gjerne fornøyd med resultatet på selve satellitten, mens det varierer noe angående det vitenskapelige utbyttet. Det er solfysikk- og kosmologi-miljøene som er mest fornøyd, mens det i romfysikk varierer fra prosjekt til prosjekt.

Når det gjelder rollefordeling i prosjektene, er de fleste fornøyd med det de endte opp med. Enkelte nevner at de kunne ønske seg større roller etterhvert, spesielt innen romfysikk. Solfysikerne har flere ganger blitt tilbudt større roller enn de hadde kapasitet til å ta på seg. Flere nevner at det er god mobilitet i ESA-konsortiene, gode muligheter for å ta på seg større roller og ansvar utover i prosessen.

De gruppene som har vært mest involvert i ESA beskriver økt internasjonal anerkjennelse som en effekt. De fleste representanter fra ulike miljø omtaler nye kontakter og internasjonalt samarbeid som en positiv effekt av ESA-samarbeid.

Solfysikk- og kosmologimiljøene har hatt svært god vitenskapelig nytte av ESAs vitenskapsprogram og det er også disse miljøene som har jobbet mest fokusert inn mot ESA.

Økt finansiering og nye faste stillinger må beskrives med historisk perspektiv. De tidligste prosjektene i Norges ESA-historie, SOHO og Cluster, startet opp med god finansiering, som etterhvert minket noe for Cluster. Etter dette fulgte en periode med mindre finansiering nasjonalt, mens det i de senere år har vært et høyere finansieringsnivå på feltet,

blant annet med SFF-ordningen. Se også kapittelet «Rammebetingelser for norsk romforskning».

Tilgangen på studenter kan si noe om feltets potensiale for å vokse og hvor aktuelt og framtidsrettet det fremstår. Det er uenigheter angående studenttilgangen, også ved samme institutt, men generelt sett ønsker de fleste seg flere studenter. Unntaket er kosmologi, hvor søkermassen utelukkende betegnes som god. Kosmologi er et felt som har fått en del oppmerksomhet de siste årene og som kanskje er mer fundamental og utforsket enn andre fysikkfag. Den praktiske og tekniske tilnærmingen til romforskning trekkes frem som viktig, både for god læring og som trekkplaster, spesielt på lavere utdanningsnivå. For enkelte ESA-prosjekter trekkes reklameeffekten fram, gjerne i prosjekter som har fått en del mediepublisitet.

Samlet sett kan vi si at solfysikk- og kosmologi-miljøene har hatt svært god vitenskapelig nytte av ESAs vitenskapsprogram og det er også disse miljøene som har jobbet mest fokusert inn mot ESA. I romfysikkmiljøene varierer den samlede nytten noe, med best utfall når det kommer til kompetanse på teknologi og instrumentering. Øvrige ringvirkninger, som nye kontakter og internasjonalt samarbeid, er noe de aller fleste trekker frem som positivt ved ESA-relatert arbeid.

RAMMEBETINGELSER FOR NORSK ROMFORSKNING

I løpet av de 30 årene Norge har vært med i ESA har det skjedd en utvikling i forskningsfinansieringen, som kan ha en innvirkning på det vitenskapelige utfallet. Som denne rapporten viser, er det mange tilfældigheter i romvirksomhet og mye som ikke kan planlegges eller styres. Derfor er det ekstra viktig at det som kan styres, fungerer optimalt.

Strategi og politikk

Det kan synes som at grunnforskning relatert til rommet var et større satsingsområde tidligere. Til dels skyldes dette en verdenstrend; det å foreta målinger i rommet var nytt og grensesprengende og det var viktig for Norge å delta i utviklingen. Antakelig ble det også

prioritert å benytte seg av ESA-medlemskapet da Norge først ble medlem. For eksempel ble det innvilget relativt godt med støtte i instrumentering på Cluster, men mindre til utnyttelse av Cluster-data. I dag er kanskje andre områder høyere prioritert, eksempelvis energi og klima, som følge av samfunnsbehov og -utvikling. Romforskerne melder om et stadig større krav til industriinvolvering, teknologi og samfunnsvitenskapelig nytte i søknadsprosesser, også hos Forskningsrådet. Hvorvidt dette er et fordelaktig fokus er en diskusjon langt utenfor omfanget av denne utredningen, men det påpekes at det kan ha en negativ innvirkning på grunnforskningen som man må være bevisst på.

Det overforstående må sees i lys av at det har vært en rivende utvikling på andre områder i ESA. Mens det i Vitenskapsprogrammet blir skutt opp en satellitt eller romsonde ca. annethvert år, sender ESA totalt opp rundt 10 satellitter innen navigasjon og

Det kan synes som at grunnforskning relatert til rommet var et større satsingsområde tidligere. Til dels skyldes dette en verdenstrend; det å foreta målinger i rommet var nytt og grensesprengende og det var viktig for Norge å delta i utviklingen.



Oppskytingen av raketten Ferdinand 1 fra Andøya Raketttskytefelt i 1962. © FFI

jordobservasjon årlig. Disse satellittene har en mer direkte samfunnsnytte og mulighet for serieproduksjon i industrien.

En annen faktor som ofte ble påpekt i intervjuene var baksiden ved «rettferdig fordeling». Med dette menes at forskningsgrupper som jobber med det samme prosjektet får tildelt midler annenhver gang, hvilket gjør planlegging av framgangen i prosjektet utfordrende.

Økonomi

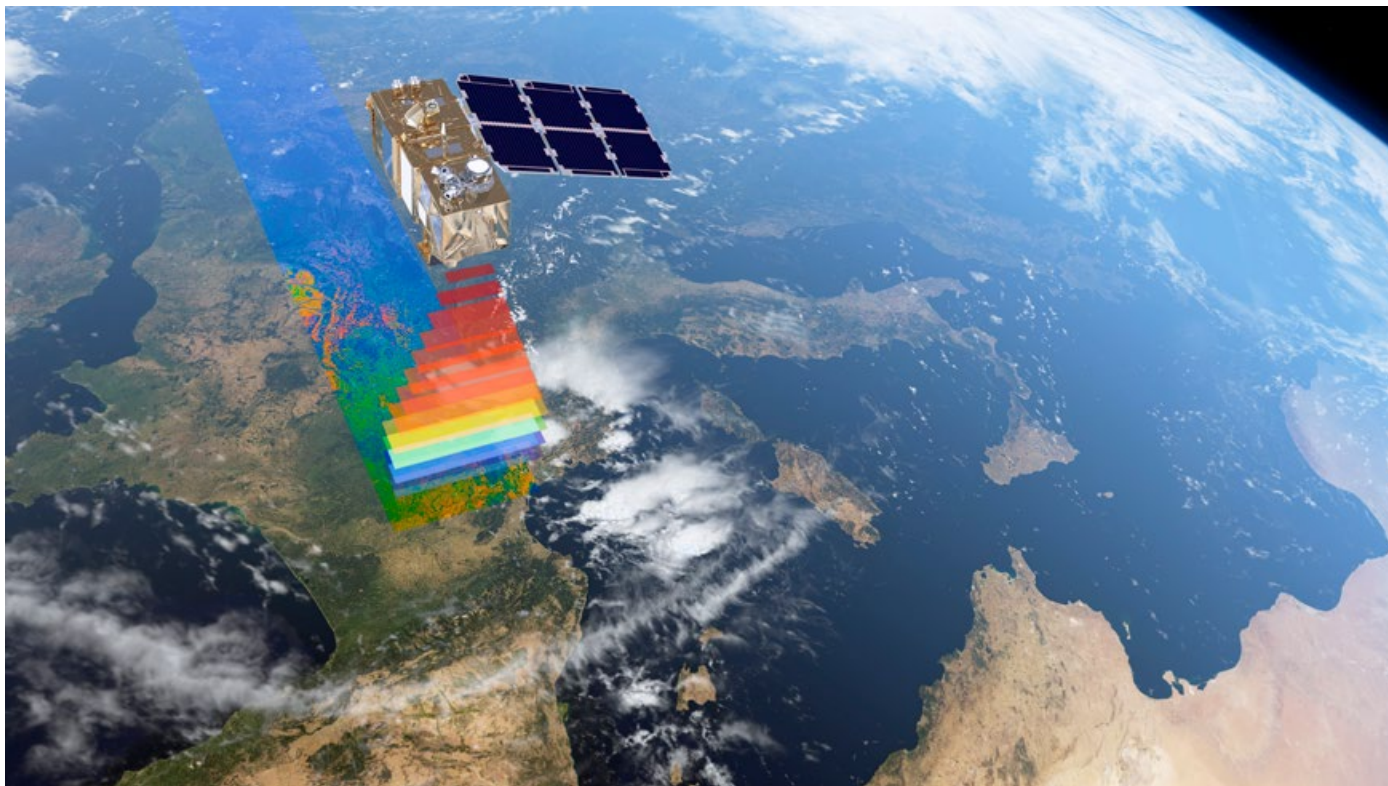
Den norske NNI-andelen i ESA har økt betydelig gjennom hele medlemskapet. Dette har gitt direkte utslag i innbetalinger til Vitenskapsprogrammet, som har doblet seg siden 1990-tallet. Disse midlene dekker satellittbygging, oppskyting og drift, men ikke den vitenskapelige utnyttelsen.

Programmet ROMFORSKNING (tidligere ROMFORSK) i Norges forskningsråd har lenge dekket forskning inn mot ESAs vitenskapsprogram, sonderakettforskning, EISCAT og Nordisk Optisk Teleskop. Jordobservasjon har etter hvert kommet inn som et nytt område i programmet, og har stått for mye av økningen i programmets økonomiske ramme. Andelen av romforskningsprogrammet som er blitt bevilget til forskning relatert til ESAs vitenskapsprogram det siste tiåret, har derfor ikke

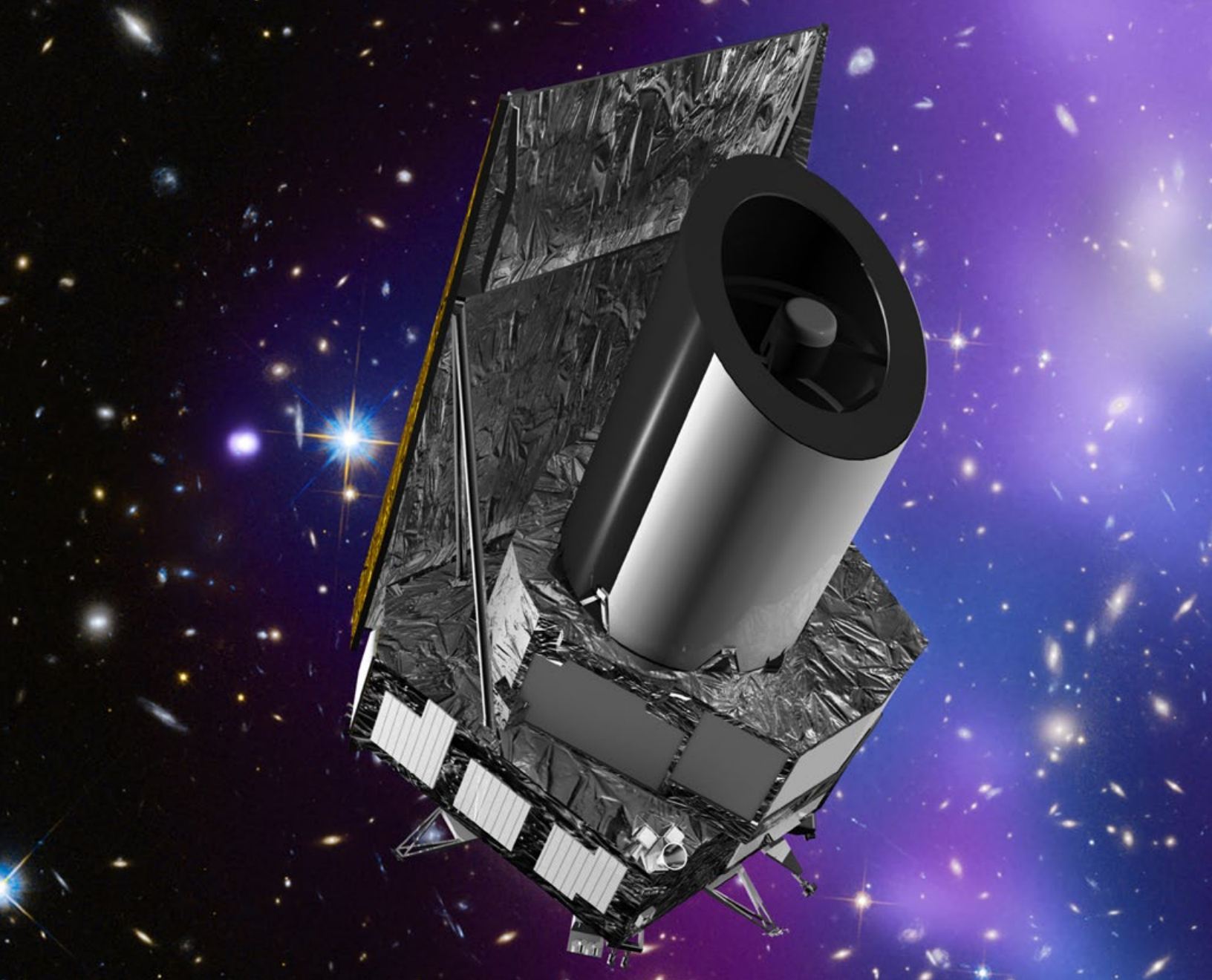
økt i samsvar med den økte innsatsen i Vitenskapsprogrammet. Denne utviklingen har blitt påpekt i de fleste av intervjuene gjort i forbindelse med utredningen.

På den andre siden har Forskningsrådets nye virkemidler SFF og SFI vist seg å bli en viktig ny finansieringskilde for norsk romforskning. Ordningen gir miljøene økt stabilitet, mulighet for kontinuitet i prosjektene og samarbeid på tvers av institutt. Stabilitet og kontinuitet forutsetter allikevel at midlene er tilstede for fagmiljøene utover SFF/SFI-sentrenes levetid på 5-10 år, da ESAs vitenskapsprosjekter kan ha en varighet på opptil 30 år. Det bør også nevnes at det har vært en betydelig norsk økning i det frivillige PRODEX-programmet, for instrumentutvikling knyttet til prosjekter både i ESAs vitenskapsprogram og jordobservasjonsprogrammer.

Ved inngangen til 2018 har norske romforskere et godt utgangspunkt med sentral deltakelse i flere store prosjekter som er planlagt å fly i det kommende tiåret. På ESAs ministerkonferanse i desember 2016 besluttet Norge å videreføre en høy deltakelse i PRODEX-programmet. Vitenskapsprogrammet fikk dessuten en moderat økning. Forskningsrådets program for romforskning er nå et løpende program uten fastlagt sluttdato.



Copernicus er Europas jordobservasjonsprogram. Det bygges en rekke satellitter som skal gi operative tjenester og sikre kontinuerlige målinger av jorda. Sentinel-2 (bildet) måler blant annet forandringer i vegetasjonen. © ESA/ATG medialab



OPPSUMMERING OG VEIEN VIDERE

Dette arbeidet viser at den vitenskapelige nytten av ESAs vitenskapsprogram har variert. Det er variasjoner mellom ulike grupper, ulike prosjekter og tidspunkt. Stort sett har norske forskere hatt godt utbytte av den tekniske delen av prosjektet, som har gitt kompetanseheving i gruppa og ofte god studentinvolvering. Utvidet nettverk og internasjonalt samarbeid er andre positive effekter som gjerne trekkes frem. Et prosjekt leder ofte til et annet, både i og utenfor ESA, selv om dette avhenger av gruppenes engasjement og prioriteringer. Den vitenskapelige høstingen varierer i større grad. De gruppene som er mest involvert har høyest utbytte og er også mest fornøyd, både med ESA og Norsk Romsenter. Noen grupper står helt utenfor systemet og trenger informasjon og hjelp til å involvere seg, så sant det er ønsket av forskerne selv.

Fire punkter står dermed frem som sentrale:

- Det er ønskelig å benytte seg av Vitenskapsprogrammet i større grad, spesielt når de norske innbetalingene øker
- Alle relevante forskningsgrupper bør ha lik informasjon og muligheter til å involvere seg i ESA
- Det er gunstig å involvere seg i prosjekter på et tidlig tidspunkt, men også ressurskrevende, og det kan ta lang tid før det gir vitenskapelig avkastning
- Det bør være en større sammenheng mellom instrumentdeltakelse og forskningsfinansiering

Rapporten viser også at det er mange tilfældigheter som spiller inn i romforskning før vitenskapelig høsting. Derfor er det ekstra viktig at de elementene som kan styres fungerer optimalt. For å bedre tilrettelegge for norsk utnyttelse av Vitenskapsprogrammet foreslås følgende konkrete tiltak:



Stort sett har norske forskere hatt godt utbytte av den tekniske delen av prosjektet. Den vitenskapelige høstingen varierer i større grad.

Stadig nye ferder planlegges i Vitenskapsprogrammet. Euclid (bildet) skal kartlegge mørk materie og mørk energi, forventet oppskytnings er i 2021. Kosmologigruppa ved ITA (UiO) er med i konsortiet. © ESA/C. Carreau

Informere i flere kanaler

- Holde ESA-seminar
- Veikart med søknadsprosesser og hvordan ESA fungerer, og spesifikke prosjekter
- Mer detaljert informasjon på nettsider
- Nyhetsbrev direkte til miljøene
- Støtteordninger for oppstartsfasen av prosjekter
- Vurdere søknader som en helhet mellom instrumentering og vitenskapelig høsting
- Gjøre oppmerksom på de administrative sidene av ESA-prosjekter
- I større grad integrere ESA-tilbud i studiene

Momentene over skal inkluderes i arbeidet med den nye romstrategien og i dialogen mellom Norsk Romsenter og Norges forskningsråd.

VEDLEGG

Norske bidrag i Vitenskapsprogrammet

	FERD	HVEM	HVA	ANALYSE?
Solfysikk	Ulysses			
	SOHO	ITA UiO	CDS, SUMER, VIRGO, bakkesegment	Ja
	PROBA2			
	SolarOrbiter	ITA UiO	Databehandling	
ESA-samarbeid	Hinode	ITA UiO	EIS (programvare), datasenter	Ja
	IRIS	ITA UiO	Programvare, datasenter	Ja
Utforskning av solsystemet	Giotto			
	Cassini-Huygens	FFI, FI UiO, UIT	ELS, støvplasmaberegninger	Noe
	Cluster	FI UiO, FFI, UiB	ASPOC, PEACE, RAPID, EFW	Ja
	SMART-1			
	Double Star	FFI, FI UiO	ASPOC, PEACE, EFW	Ja
	Mars Express			
	Rosetta	FI UiO, UIT	LAP, Baneberegninger, støvplasmaberegninger	Ja
	Venus Express			
	ExoMars TGO			
	BepiColombo	FI UiO	PWI	
	JUICE	CEED UiO	Planlegger forskningsprosjekter	
ESA-samarbeid	Chandryaan-1	UiB	SIR-2	Nei
	SMILE	UiB	SXI, vitenskapelig forberedelse	
Astrofysikk	Cos-B			
	IUE	ITA UiO, UIT		Ja
	EXOSAT	ITA UiO		Noe
	Hipparcos	ITA UiO, UIT		Noe
	Hubble	ITA UiO, UIT		Ja
	ISO			
	XMM-Newton	ITA UiO, UiB		Noe
	INTEGRAL	UiB, ITA UiO	IBIS	Nei
	Herschel			
	Planck	ITA UiO	LFI	Ja
	Gaia			
	CHEOPS			
	JWST	ITA UiO	Planlegger å bruke	
	Euclid	ITA UiO	NISP, teoretisk forberedelse	
Fundamentalfysikk	LISA Pathfinder	UiS	eLISA Consortium	
	LISA	(UiS, ITA UiO)	Planlegger å bruke	
Romstasjonen	ASIM	UiB	MXGS	

Samtykke til å delta i utredning for Norsk Romsenter

Ved å signere dette dokumentet samtykker du til at informasjon oppgitt i intervju kan brukes i utredningen «Hvilken nytte har norske forskningsmiljø hatt av ESAs Vitenskapsprogram?». Oppgaven er utført i regi av Norsk Romsenter. Bakgrunnen for studien er elementer omtalt i Norsk Romstrategi 2020 og Rom for Forskning 2, og iverksettelsen av disse.

Formålet med arbeidet er å undersøke hvordan norske forskningsmiljø har benyttet seg av ESAs Vitenskapsprogram, og hvilken vitenskapelig nytte som er høstet av dette. Formålet er også å se på erfaringene miljøene har med Vitenskapsprogrammet, hva som har vært bra, på hvilke områder det kunne vært bedre, og hvorfor. Dette for å bedre Romsenterets assistanse til norske forskningsmiljøer, og videreutvikling av samarbeidet med ESA. Undersøkelsen gjøres under veiledning av Pål Brekke og Terje Wahl.

Det vil utføres case-studier av enkelte forskningsmiljøers involvering i ESA-prosjekter. Studien vil legge til grunn rapporter og statistikk framskaffet av miljøene selv, samt semi-strukturerte intervjuer av nøkkelpersoner fra gruppene. Det vil bli gjort opptak av intervjuene, som hver vil vare i 45–60 minutter. Opptakene vil kun brukes til denne utredningen, og vil slettes når rapporten er ferdig. Du vil ikke bli sitert uten ditt samtykke. Du kan når som helst trekke deg fra studien uten at du trenger å oppgi grunn, og du kan kreve at opplysninger om deg blir slettet med mindre de allerede er brukt i analysearbeid. Rapporten skal fullføres i løpet av 2017, og vil bli delt med Forskningsrådet og miljøene selv.

Sted og dato:

.....

Utredningsansvarlig:

Maria Høegh Berdahl

maria.berdahl@spacecentre.no

95 14 74 32

Signatur:

.....

Veilederes kontaktopplysninger:

Avd.dir. Terje Wahl

terje.wahl@spacecentre.no

90 12 48 50

Dr. Pål Brekke

paal.brekke@spacecentre.no

90 87 19 61

Utgangspunkt for spørsmål stilt i intervju

- Hvordan, og når, kom du inn i ditt forskningsfelt?
- Hva har vært din spesialitet innen feltet?
- (Kan du trekke frem noen prosjekter du har vært med på?)

- Hva er gruppas største prosjekter? Nå og før.
- Hvor stor er gruppa? Ansatte, stipendiater etc.
- Hvordan er tilgangen på studenter? Hva tror du trekker studenter til miljøet?
- Hvem samarbeider dere med?
- Hvem mottar dere støtte fra til forskningsprosjekter? / Hvordan er finansieringen på prosjekter?
- Hva har vært viktig(st) for at miljøet er der det er i dag?

- Er gruppa involvert i noen ESA-prosjekt? Eller har vært?
Kan du fortelle litt om dem.
 - Hvordan var prosessen med å sette i gang prosjektene?
 - Hvordan valgte dere fokus? Var det store endringer underveis? Fikk dere de roller og resultater som dere hadde planlagt?
 - Hvordan synes du samarbeidet med ESA har vært?
 - Hvor mange (stipendiater/masterstudenter) var involvert i prosjektet? Vet du hva disse gjør nå?
 - Hvor viktig har prosjektene vært for miljøet? Har dere f.eks. opplevd økt internasjonal interesse for miljøet som følge av prosjektet?

- Hvis de ikke har vært involvert i ESA:
 - Har dere vurdert å søke ESA-prosjekter? (Hvorfor ikke?)
 - Har dere sendt inn forslag til Vitenskapsprogrammet? Hvordan var den prosessen?
 - Hva slags inntrykk har du av Vitenskapsprogrammet?

- Har du noen tips til Norsk Romsenter på hva som kan gjøres for å bedre tilrettelegge for ESA-aktiviteter på ditt felt?

Liste over akronymer

ASI	Atmospheric Structure Instrument, på Huygens
ASIM	Atmosphere-Space Interactions Monitor
ASPOC	Active Spacecraft Potential Control, på Cluster
CAPS	Cassini Plasma Spectrometer, på Cassini
CDA	Cosmic Dust Analyzer, på Cassini
CDS	Coronal Diagnostic Spectrometer, på SOHO
Co-I	Co-Investigator
EFW	Electric Fields and Waves, på Cluster
EGSE	Electronic Ground Support Equipment
EIS	Extreme-ultraviolet Imaging Spectrometer, på Hinode
ELS	Electron Spectrometer, på Cassini
ESA	European Space Agency
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
HRTS	High-Resolution Telescope and Spectrograph
IBIS	Imager on-Board the INTEGRAL Satellite
INTEGRAL	The International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory
IRIS	Interface Region Imaging Spectrograph
ITA	Institutt for teoretisk astrofysikk, UiO
IUE	International Ultraviolet Explorer
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JUICE	Jupiter ICy moons Explorer
JWST	James Webb Space Telescope
KSAT	Kongsberg Satellite Services
LFI	Low Frequency Instrument, på Planck
LISA	Laser Interferometer Space Antenna
MIDAS	Micro-Imaging Dust Analysis System, på Rosetta
MXGS	Modular X-ray and Gamma Sensor, på ASIM
NASA	The National Aeronautics and Space Administration
NFR	Norges forskningsråd
NISP	Near-Infrared Spectrometer and Photometer, på Euclid
NNI	Netto Nasjonalinntekt
NRS	Norsk Romsenter

NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
PEACE	Plasma Energy Angle and Composition Experiment, på Cluster
PHI	Polarimetric and Helioseismic Imager, på Solar Orbiter
PI	Principal Investigator
PRODEX	PROgramme de Développement d'Expériences scientifiques
PWI	Mercury Plasma Wave Instrument, på BepiColombo
RAPID	Research with Adaptive Particle Imaging Detectors, på Cluster
RPC	Rosetta Plasma Consortium
RSI	Radio Science Investigation, Rosetta
SIR-2	Spectrometer InfraRed -2
SFF	Senter for fremragende forskning
SMILE	Solar wind Magnetosphere Ionosphere Link Explorer
SOHO	Solar and Heliospheric Observatory
SPICE	Spectral Imaging of the Coronal Environment, på Solar Orbiter
SRN	Space Research in Norway, rapportserie fra NRS
SSEWG	Solar System Exploration Working Group
SUMER	Solar Ultraviolet Measurements of Emitted Radiation, på SOHO
UIB	Universitetet i Bergen
UIO	Universitetet i Oslo
UIS	Universitetet i Stavanger
UIT	Universitetet i Tromsø
UNIS	Universitetsstudiene på Svalbard
UVCS	Ultraviolet Coronagraph Spectrometer, på SOHO
VIRGO	Variability of Solar Irradiance and Gravity Oscillations, på SOHO
VLA	Very Large Array
XMM-Newton	X-ray Multi-Mirror satellitt

Norge ble medlem av ESA (European Space Agency) i 1987 og norske forskningsmiljø og industri fikk dermed anledning til å involvere seg i ESAs vitenskapsprogram. Denne rapporten gir en oversikt over hva norske forskere har bidratt med teknisk i Vitenskapsprogrammet gjennom 30 år, og hvilken vitenskapelig nytte man har hatt av deltakelsen.

Norsk Romsenter
Postboks 113 Skøyen
0212 Oslo
Telefon: 22 51 18 00

NRS-rapport (2018)3
Oslo, august 2018

Omslagsfoto:
Hubble: the Butterfly Nebula. © ESA/NASA/Hubble