

Planck-missionens enorme skattekiste

Carol Anne Oxborrow, DTU Space

Satellitmissionen Planck har brugt næsten tre år (2009–2012) på i detaljer at kortlægge den kosmologiske baggrundsstråling (CMB), som er det sidste lys fra Big Bang. De første kosmologiske resultater forventes færdige i januar 2013, men der er allerede blevet udgivet en del andre astronomiske resultater, som dækker himlen bedre end tidligere målinger. Et katalog af punktkilder – herunder flere nye galaksehobe – er et af de vigtigste produkter, men galaktisk støv, stjernedannelsesområder og mange andre slags objekter, studeres ligeledes af Planck.

Planck missionen

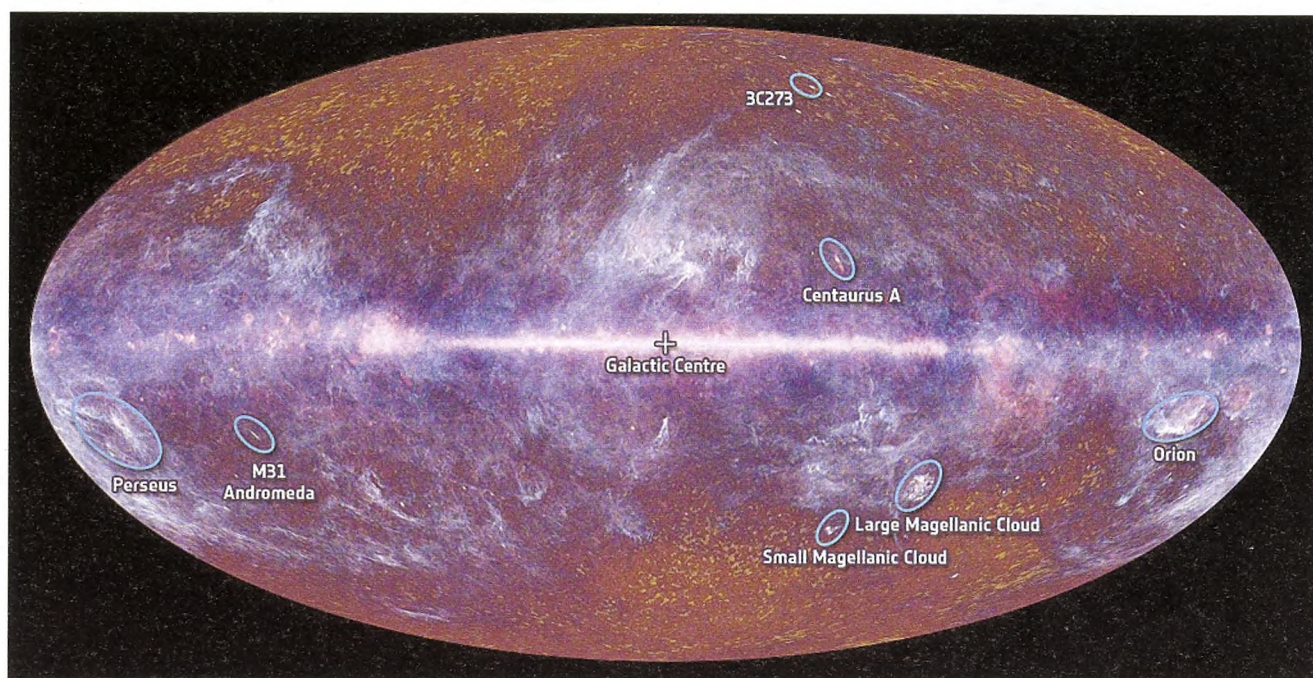
I maj 2009 opsendte det Europæiske Rumagentur (ESA) en Ariane 5 raket med Planck-satellitten som én af dens to passagerer. Den anden var Herschel-satellitten. Plancks mission var på tre år at kortlægge strålingen fra Big Bang med meget større nøjagtighed end tidligere gjort. Denne kosmologiske baggrundsstråling kaldes Cosmic Microwave Background (CMB). De første CMB-resultater fra missionen forventes i januar 2013, men undervejs er der blevet udgivet en sand skattekiste af andre resultater. For der er nemlig et problem med at kigge ud i rummet og tilbage i tiden til den ældste og fjerneste stråling i Universet – for alt der er nærmere og yngre står i vejen for det, man vil studere. I dette tilfælde er det hele det synlige Univers, som står i vejen, men til gengæld får Planck en overvældende strøm af biprodukter med i dataene.

Planck har kortlagt hele himlen fem gange for at

sikre det bedste signal, og for at formindske støj og systematiske effekter fra selve instrumenterne. Den vigtigste del af missionen endte da satellitten løb tør for de kølevæsker, som sikrede de fleste detektorer deres enorme følsomhed. Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen har beskrevet missionen og instrumenterne nøjere i en artikel i Kvant fra maj 2009, da Planck blev opsendt [1].

Plancks himmelkort

Et af de mest imponerende og forventede resultater fra Planck var det første himmelkort, som vises i figur 1. Kortet er konstrueret således, at Mælkevejens centrum (et sort hul ved navn Sagittarius A*) ligger i midten og galaksens stjernefyldte plan strækker sig, vandret over midterlinjen på kortet. Man skal forestille sig at man står i midten af en globus foret med kortet sådan, at de to yderste sider af kortet mødes bag om én, mens toppen og bunden ligger henholdsvis over hovedet og under fødderne. Sådan er vi omringet af universet.



Figur 1. Plancks første himmelkort, baseret på det første års data.

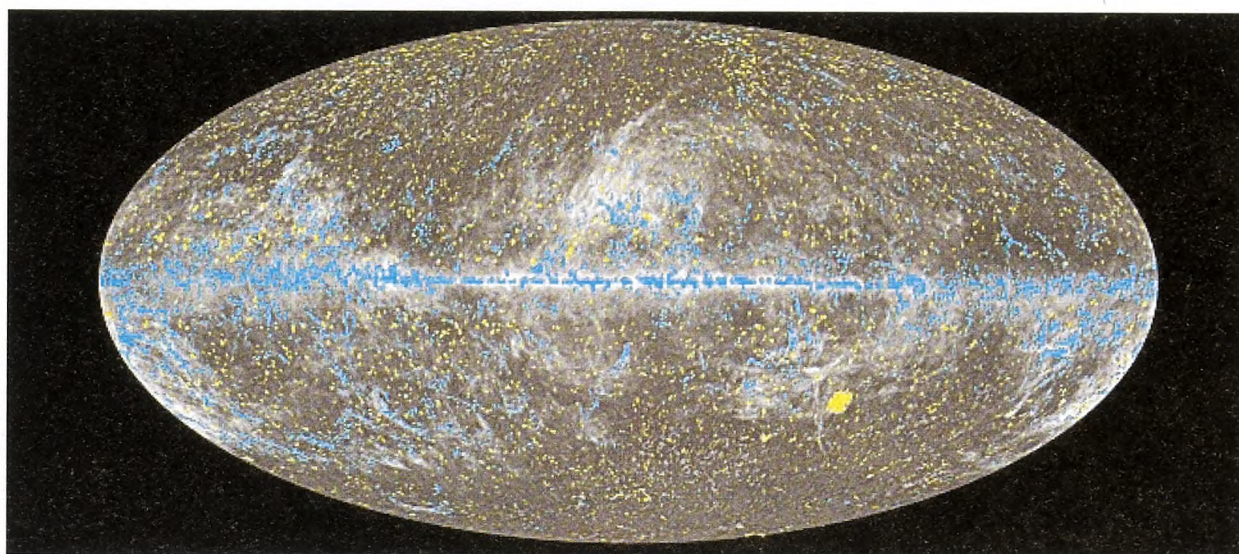
Det vi kan se tydeligst på kortet, er Mælkevejen som fremstår i blå, lilla og hvide nuancer pga. dens forholdsvis høje temperatur. Baggrunden (vist i røde og orange nuancer), er noget koldere. Det er den kosmologiske baggrundsstråling, som er kølet ned til 2,725 K, (omkring -270°C) pga. Universets udvidelse. Det er klart at CMB'en er godt skjult af ikke kun Mælkevejen, men også andre objekter udenfor vores galakse. Nogle af de meste iøjnefaldende objekter vises med navn på kortet.

De store støvfylde områder i Perseus og Orion findes i Mælkevejen, men der kan også ses nogle objekter udenfor galaksen: den Store og Lille Magellanske Sky og Andromeda-galaksen. Det er faktisk på grund af de mange forgrundssignaler, at det først er januar næste år, at Planck projektet vil udgive deres kort over selve CMB'en. At rense himmelkortet for alle de andre

signaler er meget indviklet og foregår på iterativ måde. Det kræver en indgående forståelse af instrumenterne som man først opnår ved grundige analyser.

Kildekataloget

Et af de produkter, som først blev produceret var det såkaldte 'Early Release Compact Source Catalogue', eller ERCSC. Det er simpelthen en liste over de mange punktkilder, som kan findes på himmelkortet. Indenfor Mælkevejen er en punktkilde en stjerne omgivet af støv eller en kold sky, som langsomt forvandler sig, under tyngdekraftens indflydelse, til en stjerne – dvs. objekter på størrelse med et solsystem. Udenfor Mælkevejen ser vi andre galakser som punktkilder, og endnu længere ude er det galaksehobe og supergalaksehobe, som dukker op i kataloget.



Figur 2. Kilder fra Plancks første katalog: de blå er kilder i selve Mælkevejen og de gule er udenfor vores galakse.

Figur 2 viser ERCSCs punktkilder delt op som dem i vores egen galakse (blå) og dem udenfor Mælkevejen (gule). Kataloget beskrives yderligere i [2].

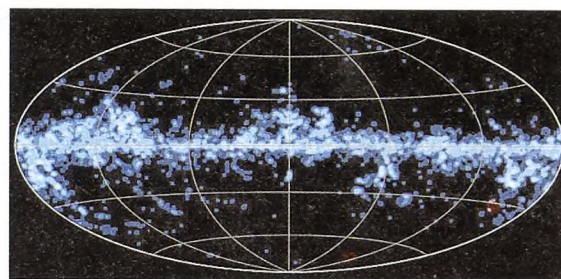
Den store gule plet i midten af den nederste højre kvadrant af himlen er den Store Magellanske Sky, som består af mange enkelte punktkilder. Kataloget indeholder 15.000 enkelte kilder, hvoraf nogle også opdeles i to andre kataloger: Early Cold Cores (ECC) og Early Sunyaev-Zeldovitch (ESZ), som beskrives i de næste afsnit.

Kolde kerner, unge stjerner

Cold Cores er kompakte skyer af gas og støv. De er som navnet siger kolde og tætte, og er langsomt i gang med at falde sammen til stjerner: kolde kerner. At de er kolde er vigtigt på to måder: for det første er Planck udviklet til at måle strålingen fra en meget kold kilde – den kosmologiske baggrundsstråling på 2,725 K. Derfor er satellitten særdeles velegnet til at observere kolde objekter i Universet, som andre missioner, der måler

ved langt kortere bølgelængder, vil overse.

At kernerne er kolde, har desuden stor betydning for deres fremtidige udvikling. Kolde kerner kan nemlig presses sammen af tyngdekraften, mens varme gasskyer hellere vil udvide sig. Plancks katalog over kolde kerner indeholder 915 kandidater. Ligesom med ERCSC har statistiske prøver og simuleringer vist, at katalogerne er mere end 90% pålidelige. Figur 3 viser Plancks himmelkort over kolde kerner.



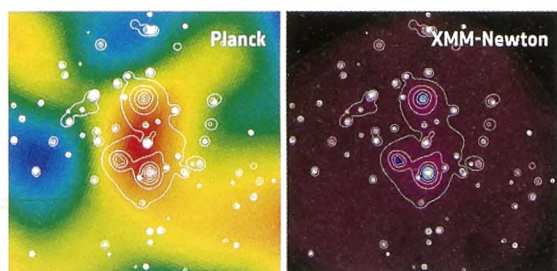
Figur 3. De 915 Planck kandidater for kolde kerner fra Early Cold Cores kataloget.

Beskrivelsen af katalogerne som 'Early' viser, at disse kildelister blev lavet som nogle af de allerførste resultater, således at hele det astronomiske samfund, og ikke bare dem i Planck-projektet, kan bruge katalogerne som guide for deres egne observationer. Der hvor Planck har fundet noget nyt og måske interessant, kan andre rette deres kikkerter mod den fundne position for at lære mere om det nye objekt. Selve Planck-projektet havde aftaler for hurtige opfølgende observationer med andre observatorier og satelliter, og det har allerede givet gode resultater. Formålet var at efterforske nye objekter indenfor få dage efter den oprindelige opdagelse – og dette mål lykkedes for langt de fleste.

Sunyaev-Zeldovich galaksehobe

Det andet under-katalog i ERCSC, ESZ, indeholder galaksehobe opdaget gennem Sunyaev-Zeldovich effekten, som først blev opdaget af to sovjetiske astrofysikere i 1970'erne. Effekten opstår, når fotoner fra CMB'en strømmer igennem den enormt tynde og varme gas, som findes i galaksehobene. De hurtige elektroner i gassen afgiver lidt af deres kinetiske energi til fotonerne, der derved får deres energi øget lidt.

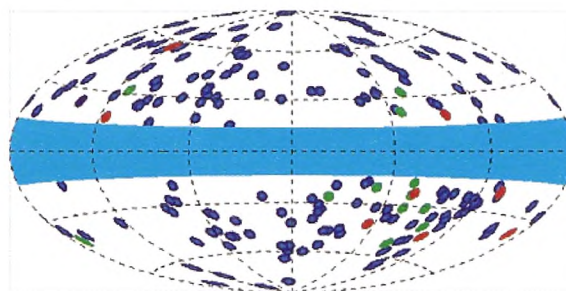
Fotonernes og elektronernes relative energier er sådan, at et kort over CMB'en målt med en detektor, der er følsom for stråling under 217 GHz vil vise kolde pletter, hvor der mangler fotoner, fordi de er blevet flyttet op i energiniveau. Et kort fra en følsom detektor for strålinger over 217 GHz vil omvendt vise de samme områder som lidt varmere, fordi der her er lidt flere fotoner med energi over 217 GHz. Planck-instrumenterne er udstyret med detektorer for ni forskellige frekvenser mellem 40 GHz og 857 GHz. Derfor kan den varme gas i en galaksehob findes ved en systematisk gennemgang af kortene lavet af signalerne under 217 GHz og dem over 217 GHz. Forholdet mellem kortene fra de to forskellige signalfrekvenser viser de steder, hvor baggrunden er henholdsvis for kold eller for varm. Disse steder svarer med stor sikkerhed til den varme gas omkring en galaksehob.



Figur 4. En ny supergalaksehob som blev set af Planck (til venstre) og XMM (til højre).

Figur 4 viser et eksempel på en supergalaksehob fundet med Sunyaev-Zeldovich effekten. Til venstre vises CMB-kortet med en rød plet hvor CMB-fotoner er blevet opvarmet af den høje gastemperatur omkring hoben. Til højre ses billedet af det samme område set af ESAs XMM-Newton-satellit, som detekterer røntgenstråling udsendt af gassen. Med de to datasæt kan vi

konstatere, at der er tale om en supergalaksehob dannet af tre mindre galaksehobe. Supergalaksehoben har fået navnet PLCK G214.6-37.0.

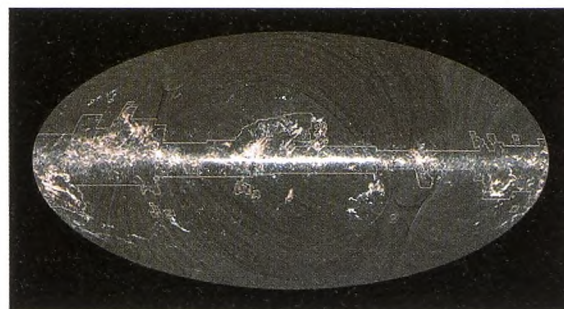


Figur 5. De 189 galaksehobe fundet med Sunyaev-Zeldovich-effekten.

I alt indeholder ESZ kataloget 189 mulige galaksehobe (se figur 5), hvoraf 169 svarer til allerede kendte hobe (blå). Af de mulige 20 nye hobe er 11 blevet bekræftet som ægte hobe af opfølgende observationer med XMM-Newton (grønne), de fleste med usædvanlig form og lavt strålingsniveau, som forklarer deres hidtidige anonymitet [3]. De resterende nye kandidater, vist med rødt, afventer bekræftelse.

Molekylskyer i Mælkevejen

Som det tydeligt ses i figur 1, er der mange signaler fra vores egen galakse i form af diffuse skyer, som ikke er punktkilder. Der er mange komponenter, som bidrager til disse sløragtige strukturer. Mikrobølgestråling i de frekvenser som Planck måler, udsendes af relativistiske elektroner mens de bevæger sig i Mælkevejens magnetfelt. Sammenstød mellem frie elektroner og andre partikler udsender også stråling ved velkendte frekvenser, og de mange skyer af støv udsender sortlegemestråling som dækker mange frekvenser. Adskillige molekyler afgiver stråling med meget veldefinerede frekvenser pga. af de bestemte energiovergange, som opstår når de rammes af lys eller andre partikler.



Figur 6. Plancks himmelkort over CO-molekylskyer (blå) sammen med alle de hidtil bedste kort inden Plancks målinger (rød).

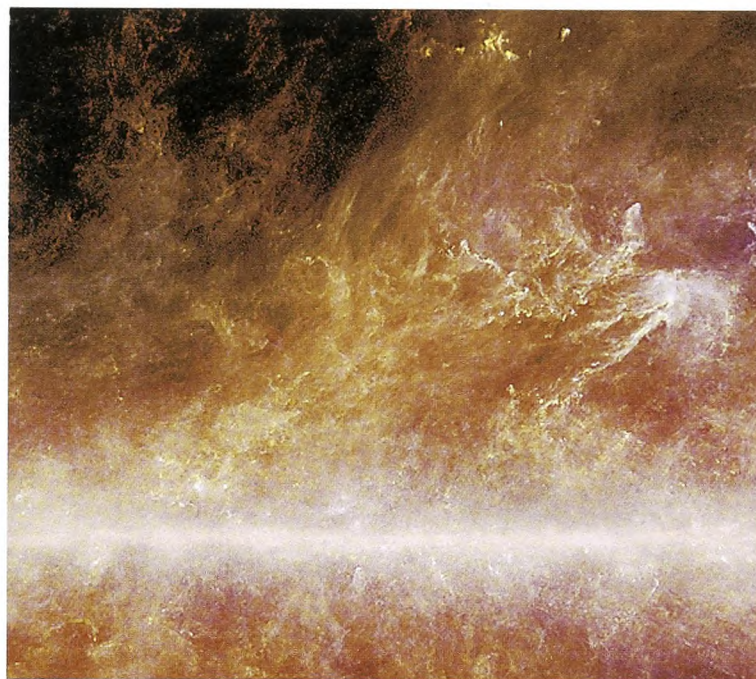
Et af de molekyler som lyser stærkest i Plancks frekvenser er CO, kulilte, som kan detekteres ved flere af Plancks frekvenser takket være flere overgange i molekylerne. Derfor bruges CO som sporsignal for de mange molekylære skyer i Mælkevejen, der faktisk mest består af molekylær brint, som kun stråler svagt.

Figur 6 viser Plancks CO-kort sammen med de hidtil bedste kortlægninger af CO, der kun delvist dækkede himlen. Som figuren viser, har Plancks forbedrede dækning afsløret mange nye skyer i galaksen – skyer som er fødestuer for nye stjerner.

Stjernestøv

En af de stærkeste komponenter i signalet fra Mælkevejen er støv, der består af partikler af aromatiske kulbrinter, som skabes fra de tungere grundstoffer, som dannes i stjernerne. Støvskyer viser, hvor der har været stjerner, men også hvor der er stof til dannelse af nye stjerner – stjerner, som bliver beriget med tungere grundstoffer. Figur 7 viser de flotte støvskyer tæt på

Mælkevejens centrum. Billedet er sammensat af data fra Planck- og IRAS-satellitterne, som begge har målt i infrarøde bølgelængder. Støvet har to komponenter, det kolde støv, der har en temperatur under 10 K (røde nuancer) og den 'varme' komponent omkring 40 K (hvid). Der, hvor der findes flest stjerner som kan opvarme støvet (dvs. i Mælkevejens plan), ses den stærkeste varme komponent, mens det kolde støv holder sig til de ydre kanter af Mælkevejen. Der findes faktisk en tredje komponent af støvet – roterende støv, der udsender mikrobølgestråling, når de aflange støvkorn sættes i gang med at rotere, efter at være blevet ramt af ultraviolette fotoner.



Figur 7. Detalje af støvet omkring Mælkevejens centrum sammensat af data fra Planck og IRAS-satelliten.

Mere at opdage

Desværre kan en lille artikel som denne aldrig dække alt, som findes i Plancks tidlige resultater. Der er meget mere som kun kan nævnes forbigående: Kosmisk Infrarød Stråling (CIB), galaktisk gas mellem stjernerne (ISM), mørk gas i Mælkevejen, gas og støv i de to Magellanske skyer, radiokilder udenfor Mælkevejen, studier af enkelte galaktiske skyer, radiogalakser... osv. Listen er meget lang. Der er udgivet over 20 artikler om Plancks første resultater, hvoraf kun to er nævnt i litteraturlisten nedenfor. For selv at åbne skattekisten, kan du besøge <http://arxiv.org/archive/astro-ph> og søge efter 'Planck Early Results'. Et helt Univers af nye resultater venter.

Litteratur

- [1] Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen (2009), ESA's mikrobølgesatellit PLANCK. KVANT nr. 2, maj 2009.
- [2] The Planck Collaboration (2011), Planck Early Results: The Early Release Compact Source Catalogue. <http://arxiv.org/abs/1101.2041v1>.

- [3] The Planck Collaboration (2011), Planck Early Results: The all-sky early Sunyaev-Zeldovich cluster sample. <http://arxiv.org/abs/1101.2024v1>.



Carol Anne Oxborrow Engelsk ph.d. som har været ansat på DTU Space (det tidligere Danmarks Rumforsknings Institut) siden 1998. Hun arbejder på to ESA-rummissioner, som har store danske bidrag. På INTEGRAL-missionen kalibrerer hun dagligt JEM-X-instrumenterne, som leverer røntgenbilleder af Universets mest voldsomme objekter, neutronstjerner og sorte huller. På Planck-missionen arbejder hun og Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen på at få en detaljeret forståelse af satellittens optiske system.