

Stardusts hemmelige mission og fremtidens rumrejser

Af Kim Nielsen, Utah State University, USA.

Da rumkapslen "Stardust", tidligt om morgenen den 16. januar i år, vendte tilbage til Jorden efter næsten 7 år i rummet var det med stor mediebevågenhed fra hele verden. Rumkapslens primære formål var at indsamle kometstøv fra kometen Wild 2 og derefter vende tilbage til Jorden, hvilket gjorde den til den første "robotmission", designet til at hjembringe kosmisk materiale, siden Apollomissionerne medbragte materiale fra Månen. Men Stardust havde også et andet formål, som mange ikke er bekendt med.

Stardust gennemtrængte Jordens øverste atmosfære med en hastighed tæt på 13 km/s og var dermed det hurtigste menneskeskabte objekt siden Apollorumkapslerne til at gennemtrænge Jordens atmosfære. Som følge af den høje hastighed og den stigende tæthed af Jordens atmosfære dannes der en chokfront foran kapslen. I chokfronten omdannes atmosfærens molekyler til atomer og denne gas opvarmes til adskillige tusinde grader. Denne varme gas overfører varme til kapslen, hvilket kan foregå på tre måder:

1. Konvektion fra den varme gas til den koldere kapsel,
2. Gassen i choklaget rekombinerer til mindre aktive molekyler på kapslens yderside og afgiver dermed varme,
3. Intens stråling fra choklaget.

For at kunne modstå de ekstreme temperaturer er rumkapslen beskyttet af et materiale man kalder "Thermal Protection System", TPS, der betyder varmebeskyttelsessystem. Udviklingen af dette beskyttelsessystem er et af NASAs højeste prioriteter med henblik på fremtidige rummissioner, bl.a. for den næste generation af rumfærger, "Crew Exploration Vehicle" eller CEV. Forskellige materialer har været brugt ved tidligere missioner. Af interessante eksempler kan nævnes "Galileo" rumsonden, som udforskede Jupiters atmosfære og derefter brændte op (disintegrerede) da dens TPS system ikke længere kunne modstå temperaturen i choklaget (ca. 16.000 grader på sit højeste). Galileo var en succeshistorie men der er også tilfælde, hvor TPS har fejlet. Det mest kendte eksempel er rumfærgen Columbia som stort set faldt fra hinanden da den trængte ind i den øverste atmosfære. Rumfærgernes TPS består af tusinde små kakler, som har den egenskab, at man kan varme den ene side op til mere end 1000 grader mens den anden side forbliver kold. Problemet med disse kakler er, som man så med Columbia, at de er skrøbelige og varmen fra chokregionen kan overføres til rumfærgen, hvis de revner eller falder af.

TPS materialer er gennemtestet i laboratorier men kun få er blevet testet under virkelige forhold da det er umuligt at producere den øvre atmosfæres naturlige forhold i et laboratorium. Man skal helt tilbage til

NASAs "FIRE 2" i 1965 for at finde et succesfuldt eksperiment, hvor man – fra rumfartøjet – målte varmetilførslen mens fartøjet gennemtrængte jordens atmosfære. De senere års tilbagevendende fartøjer som "Genesis" og "Stardust" har givet mulighed for at studere TPS materialer i detaljer, som det hidtil ikke har været muligt. Til dette formål blev et forskningshold bestående af ca. 25 fysikere samlet for at studere både Genesis og Stardusts rejse igennem atmosfæren. Deres opgave var hovedsagligt at studere overfladetemperaturen, de fysiske forhold i choklaget, og bestemme mængden af gas eller brudstykker fra TPS materialet.

Overfladetemperaturen kan bestemmes ud fra kapslens varmestråling. Ifølge Plancks strålingslov er varmestrålingen en funktion af overfladens absolutte temperatur. Ved at måle kapslens intensitet som funktion af bølgelængden kan man derfra udlede dens temperatur. Dette temperaturspektrum er kontinuert, hvorimod et liniespektrum er diskret. Et liniespektrum vil give information om, hvilke materialer der udsender lys med den tilsvarende bølgelængde. Kapslens liniespektrum vil derfor vise atmosfærens molekyler, som bliver varmet op tæt ved kapslen. Men dette spektrum vil også afsløre partikler/brudstykker fra kapslen. Disse partikler findes ikke naturligt i atmosfæren og er dermed et fingeraftryk for eventuelle brudstykker/partikler som falder af kapslen under turen igennem atmosfæren.

Jordens atmosfære absorberer en del af den udsendte stråling og især vandamp fra troposfæren (den nederste del af atmosfæren, op til ca. 10-15 km højde) absorberer en stor del af den infrarøde stråling. For at undgå dette problem blev kapslens spektrum observeret fra luften ved hjælp af specielt udstyrede flyvemaskiner. De blev udstyret med optiske instrumenter, som var følsomme i hele det teoretiske spektrum af kapslen – fra ultraviolet til infrarødt. Disse instrumenter har tidligere været brugt med stor succes i lignende missioner bl.a. til meteorstormen "Leoniderne", hvor det første nærinfrarøde spektrum af et meteor blev målt.

Genesis

Vores første mission for at studere TPS materialer var i forbindelse med Genesis kapslen. Som de fleste sikkert ved, så forløb landingen ikke som planlagt da kapslens faldskærm ikke virkede efter hensigten og kapslen

styrte direkte ned i ørkenen i Utah. Denne fejl havde ikke indflydelse på vores opgave. Uheldigvis var der ikke opdaterede informationer mellem selve Genesis forskningsholdet og vores hold, hvilket bevirkede at man ikke havde kapslens opdaterede position. Dette betød, at flyets kurs var forskudt i forhold til Genesis og kun ét instrument ombord fik brugbare data. Genesis missionen gav ikke spektroskopiske målinger men man var i stand til at evaluere den gennemsnitlige overfladetemperatur som funktion af højden i atmosfæren. Desuden var det observeret, at TPS materialet forblev varmere længere tid end forventet, hvilket gav information om varmeledningsevnen af det anvendte TPS materiale. Genesis missionen viste sig at være en lærerig oplevelse med henblik på den næste mission: Stardust.



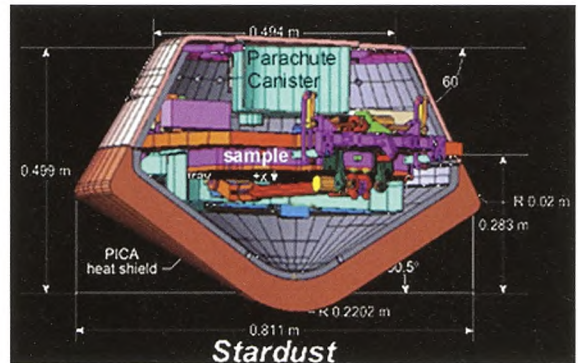
Figur 1. Illustration af Stardust kapslens indtrængning igennem Jordens atmosfære [1].



Figur 2. Mike Taylor og Mitsumu Ejiri fra Utah State University i færd med at kalibrere de optiske instrumenter ombord på University of North Dakota's DC-8 (tidligere NASAs flyvende observatorium).

Stardust

Stardust kapslens varmeskjold var opdelt i to dele. Kapslens front bestod af et nyt TPS materiale kaldet "Phenolic Impregnated Carbon Ablator", PICA. Stardust var den første rumrejse der afprøvede dette materiale. Resten af kapslen havde det samme beskyttende lag som der blev brugt på Mars Pathfinder og Mars Exploration Rover missionerne. Dette materiale er vel testet og blev også brugt på Viking missionerne til Mars i 1970'erne.



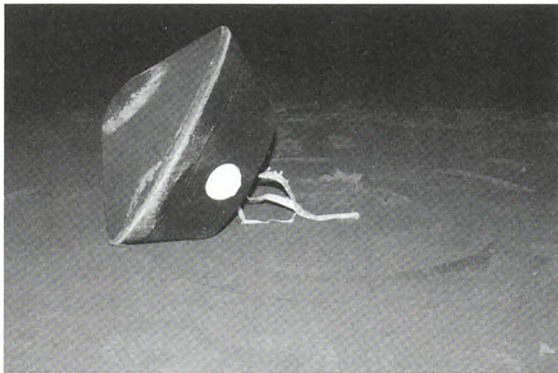
Figur 3. Skitse over kapslens opbygning. Kapslens front er dækket af et TPS materiale kaldet PICA [2].

Strålingen fra Stardust er forventet til at være domineret af den stærke termiske sortlegemestråling fra kapslens overflade, der dækker alle bølgelængder men er mest dominerende i det nærinfrarøde. Derudover forventer man at se linie- og båndspektre fra den varme plasma omkring kapslen og materiale fra TPS materialet. Under nedgangen igennem atmosfæren er der tre faser som betragtes mht. maksimum varmetilførsel:

1. Høj hastighed, lav atmosfærisk tæthed (før maksimum). I dette tilfælde forventer man at se stråling fra atmosfærens molekyler
2. Høj hastighed, moderat tæthed (ved maksimum), hvor sortlegemestrålingen fra kapslens overflade dominerer
3. Lav hastighed og høj tæthed. Her vil man forvente at den høje temperatur under maksimum er blevet fordelt over kapslens TPS og gennemsnitstemperaturen er faldet og man vil observere en tilsvarende aftagende intensitet af den termiske stråling.



Figur 4. Billede af Stardust taget med et af Utah State Universitetets instrumenter (snap-shot fra en videooptagelse).



Figur 5. Stardust efter landing i Utahs ørken [1].

De endelige resultater vedrørende overfladetemperatur og detaljeret spektrum er stadig under udforskning men de første resultater tyder på, at det nye TPS materiale klarede de ekstreme betingelser bedre end forventet.

Efter denne succesfulde mission ser vores forskningshold frem til når den japanske "Hayabusa" kapsel vender hjem til Jorden – i 2010 – efter dens møde med asteroiden Itokawa 1998SF36.

Litteratur

- [1] Stardusts hjemmeside,
<http://stardust.jpl.nasa.gov/home/index.html>
- [2] Forskningsholdets hjemmeside om Genesis, Stardust og Hayabusa, <http://reentry.arc.nasa.gov>
- [3] Genesis' hjemmeside,
<http://genesismission.jpl.nasa.gov>
- [4] Japans rumforskningsorganisations hjemmeside om Hayabusa, <http://www.isas.jaxa.jp/e/enterp/-missions/hayabusa/>



Kim Nielsen er ph.d.-studerende ved Utah State University, USA, under vejledning af Dr. Michael Taylor. Hans primære forskningsområde er dynamik i den øvre atmosfære med speciale i atmosfæriske tyngdebølger i natteguld, lysende natteskyer (NLC), og nordlys. Han har ekspertise i brug og udvikling af diverse optiske instrumenter under lave lysforhold.

Præsidentens beretning ved SNU generalforsamling den 3. april 2006

Et givtigt år for SNU

I det forløbne år har foreningen stået for et alsidigt foredragsprogram, der begyndte allerede den 24. januar med et foredrag om August Krogh af professor Erik Hviid Larsen fra KU. Sæsonen 2004/2005 stod jo i jubilæets og dermed det historiske lys, og foråret fortsatte efterårets serie om fremragende danske videnskabsmænd og -damer. Det andet foredrag blev holdt den 14. februar og satte fokus på Inge Lehmann – det blev holdt af professor Claus Hammer fra KU. Den 14. marts havde vi så et lidt alternativt arrangement, hvor professor Thomas Söderqvist fra Medicinsk Museum fokuserede på, hvad man kan lære af forskerbiografier – idet han dog også som eksempel mere konkret omtalte Niels Jernes usædvanlige karriere. Herefter var der af kalendermæssige årsager en lille pause, indtil vi den 9. maj hørte om Emil Chr. Hansen og gærforskningen ved Carlsberg Laboratoriet – foredraget blev holdt af professor Morten Kielland-Brandt fra Carlsberg Laboratoriet. Sæsonen blev afsluttet den 31. maj med et foredrag af professor Albert Gjedde fra AU, der handlede om Peter Ludvig Panum.

I efteråret kørte så et nyt tema, med fokus på Jordens overlevelse, hvor vi den 19. september hørte om udvikling af bølgeenergi-anlæg ved institutleder Peter Frigaard fra Aalborg Universitet, den 10. oktober om Tsunamier ved Erik Schou Jensen, den 31. oktober om Jordens vand og drikkevand ved geolog Walter Brüsich fra GEUS, derefter den 21. november havde besøg af

professor Peter Westh fra RUC, der talte om Livets matrice, og endelig afsluttede sæsonen med endnu et foredrag af Walter Brüsich om specielt Danmarks drikkevand.

Alt i alt en givtig sæson med rigtig spændende foredrag – desværre med en lavere tilslutning end tidligere år, hvilket vi i høj grad tilskriver, at vi ikke længere udsender det lille SNU-Nyt før hvert foredrag, men har indskrænket antallet af udsendelser til 3 gange om året – én gang før hver sæson starter, og én gang før generalforsamlingen. Dette er sket af portomæssige årsager, da reglerne jo blev lavet om, så vi ikke længere kan få reduceret takst ved udsendelse af det lille SNU-Nyt, men skal betale fuld brevtakst, og det ville betyde en væsentlig stigning i vores løbende driftsomkostninger at udsende SNU-Nyt med samme hyppighed som før. I lyset af Selskabets gode økonomi vil det dog blive overvejet at genindføre udsendelserne af SNU-Nyt i den kommende sæson.

Økonomisk set har året været godt for SNU, og vores medlemstal er steget. Vi ønsker at følge videre op på denne udvikling, hvis det er muligt.

Hvad angår bladet KVANT, har Selskabets revisor foreslået en beskedent kapitalindsprøjtning, og de deltagende foreninger er blevet enige om at foretage denne. Bladet har også haft et godt år, med let stigende annoncemængde og rigtig mange gode artikler.

Alt i alt et godt og positivt år for SNU.

Dorte Olesen