T E M A H E F T E

# DEN STORMFULLE SOLEN

Av solforsker og nestleder for SOHO Pål Brekke

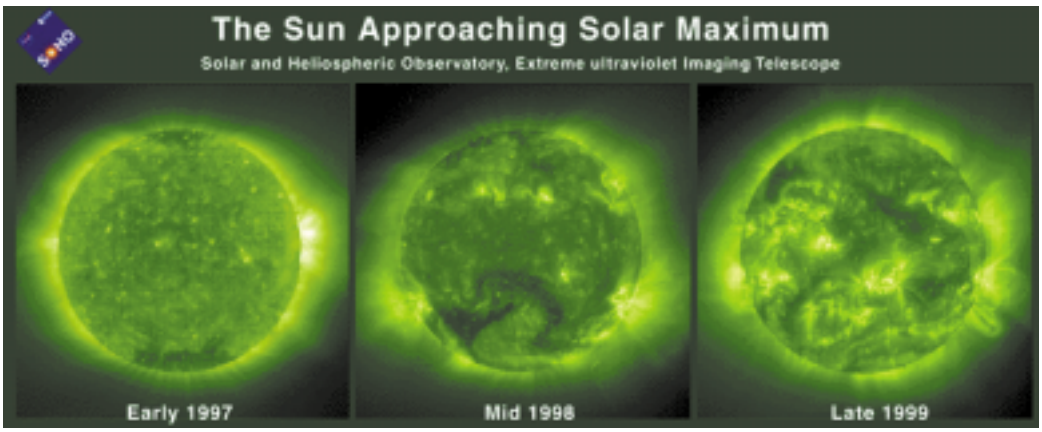
# DEN STORMFULLE SOLEN

**Av solforsker og nestleder for SOHO Paal Brekke,**
**SOHO Deputy Project Scientist (European Space Agency - ESA)**

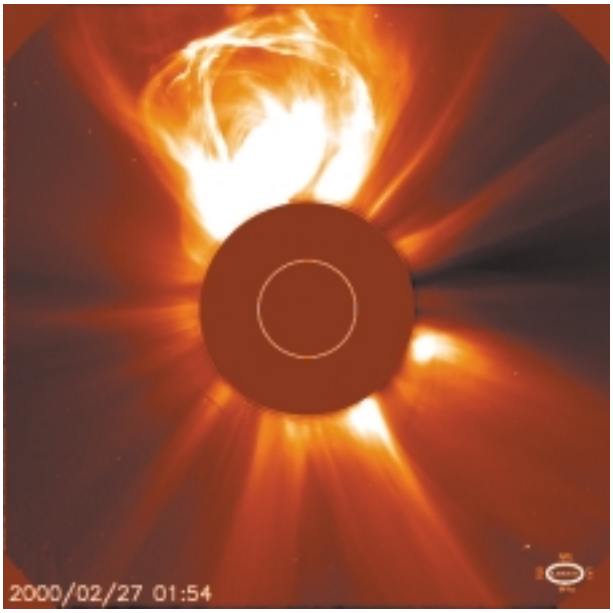
Solen er svært viktig for oss alle, fordi den er kilden til alt liv på jorden og styrer vårt klimasystem. Den sørger for fotosyntesen i plantene og er opphavet til all næring og fossilt brensel. Men stormer på solen kan også forstyrre systemer vi her på jorden er helt avhengige av.

Hvert ellevte år går solen gjennom en aktivitetsperiode som kalles "solmaksimum", etterfulgt av en rolig fase, "solminimum". Under solmaksimum er det mange flekker på solen, under solminimum er det få. Dette gjør at vi ved å observere antall flekker får et bilde av solens aktivitet. Solflekker ser vi som mørke områder på solens overflate. De dannes når magnetfeltene like under overflaten vris og bryter igjennom overflaten.

Solflekkene er bare et element i solaktiviteten. Flekkene er omgitt av ekstra lyse områder som sammen med solflekker kalles "aktive områder". Solen sender ut ekstra mye energi når den er aktiv. Økt solaktivitet innebærer også hyppigere solutbrudd: En dramatisk frigjøring av energi som tilsvarer en million hundremegatonns kjernefysiske eksplosjoner. Vi ser også en økning av såkalte koronamasseutblåsning. Slike utbrudd kan romme mer en ti milliarder tonn elektrisk gass, som med en fart på over fem millioner kilometer i timen forårsaker de mest dramatiske effekter på Jorden. De kan påvirke kraftforsyning, satellittkontroll, navigering og globale telekommunikasjonssystemer.



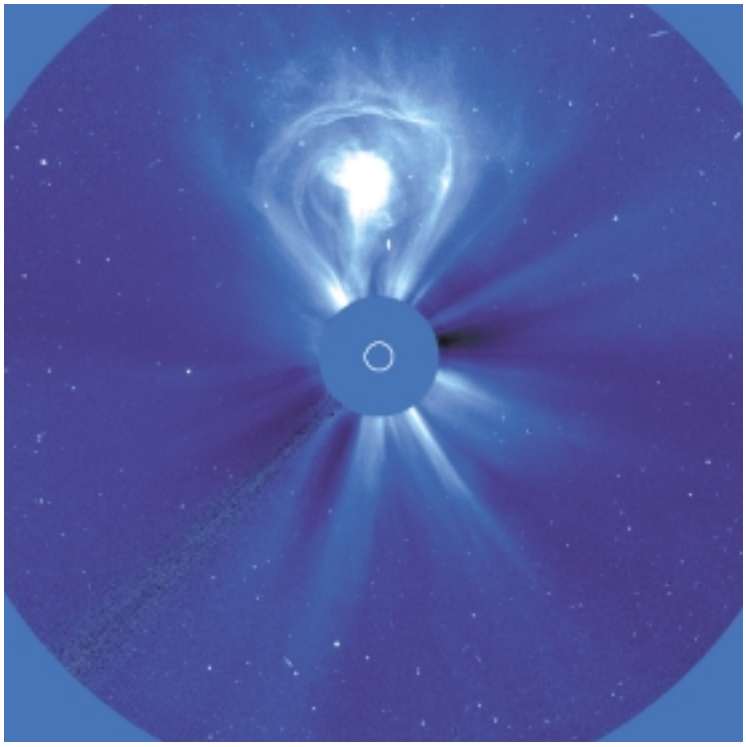

SOLEN OBSERVERT I ULTRAFIOLETT LYS FRA SATELLITTEN SOHO. BILDENE VISER SOLENS VARME ATMOSFÆRE (KORONAEN) OG ILLUSTRERER TYDELIG HVORDAN SOLENS UTSTRÅLING HAR ØKT FRA 1997 (NÆR SOLMINIMUM) TIL 1999 (NÆR SOLMAKSIMUM). DENNE ØKTE UTSRÅLINGEN FØRER BLANDT ANNET TIL FORANDRINGER I OZONMENGDEN OG TEMPERATUR I JORDENS ATMOSFÆRE. (EIT/SOHO/ESA/NASA)




En kraftig koronamasseutblåsning fra solen der milliarder av tonn gass skytes ut med en fart på over fem millioner kilometer i timen. Bildene er tatt med en koronagraf som dekker det sterke lyset fra solen med en sirkelformet skive. Solen selv er markert med den hvite sirkelen. På denne måten kan en studere det ellers svake lyset fra koronaen. Bildet viser en tidlig fase der gassen har nådd noen få solradier. (LASCO/SOHO/ESA/NASA)

Reaksjonene i verdensrommet på disse solekssplosjonene går under fellesnavnet, "romvær". Dette fagfeltet er meget aktuelt, fordi man nå er mer klar over hvor sårbare mange moderne teknologiske systemer er overfor solstormene. På samme måte som meteorologene utarbeider værvarsler for de kommende dager, lages det også romværvarsler som benyttes blant annet av satellittpersonale og kraftnettoperatører.

Den solsyklus vi er inne i nå er den 23. siden moderne målinger startet. Den var forventet å bli minst like sterk som de to foregående, og dermed en alvorlig trussel for vårt teknologibaserte samfunn. Videre er den en trussel for mennesker i rommet, da solen enkelte ganger sender ut høyenergetiske partikler som i verste fall kan drepe astronauter. Etter en moderat begynnelse, har aktiviteten økt dramatisk. Sommeren 2000 opplevde vi noen av de kraftigste utbruddene siden det siste solmaksimum, 1990. Minst en satellitt ble totalskadd mens en rekke andre hadde store problemer inntil operatørene gjenvant kontrollen. Enkelte strømforsyningsnett i USA fikk skader. Tidlig i 2001 forventes solen å nå sin høyeste aktivitet. Erfaringer tilsier at de mest følbare virkninger på jorden vil gjøre seg gjeldende i slutten av maksimumssyklusen. Samtidig som solstormer virker forstyrrende på vårt samfunn, fører de også til økt nordlysaktivitet. Dette betyr at vi vil kunne se nordlys helt sør i Norge de neste par årene.

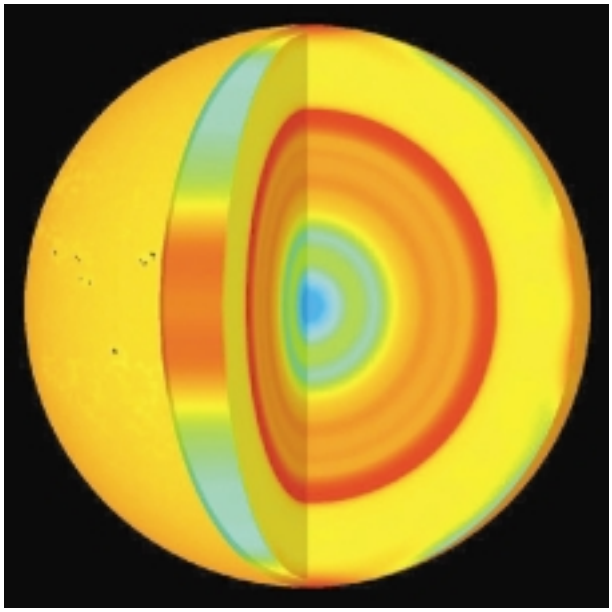


Dette bildet er tatt 6 timer senere og viser at gasskyen har nådd ut til 23 solradier. (LASCO/SOHO/ESA/NASA)

## FORSKERNE ANTAR AT VIRKNINGENE FRA SOLEN IKKE BEGRENSER SEG TIL SATELLITTER OG KRAFTFORSYNING

Selv om solflekkene og de aktive regionene i seg selv bare skaper mindre endringer i solens utstråling, kan den magnetiske aktiviteten som foregår i de aktive områdene gi dramatiske forandringer i mengden ultrafiolett- og røntgenstråling. Disse endringene påvirker temperatur, dynamikk og sammensetning av jordens ytre atmosfære. For eksempel vil en forandring i solens UV-stråling føre til endringer i ozonmengden i atmosfæren. Dette vil kunne påvirke klimaet på jorden. Videre er det ting som tyder på at solen styrer mengden av skyer, noe som igjen påvirker mengden solenergi som når ned til bakken. De siste 150 år kan dermed økt solaktivitet ha spilt vesentlig rolle i jordens økte oppvarming. Hvor stor, er naturligvis viktig å finne ut, ved siden av å vurdere menneskeskapte klimaendringer. For å kunne svare på dette, er det viktig å forstå hvordan solen forandrer seg over tid, noe som krever kontinuerlig overvåking over flere titalls år.

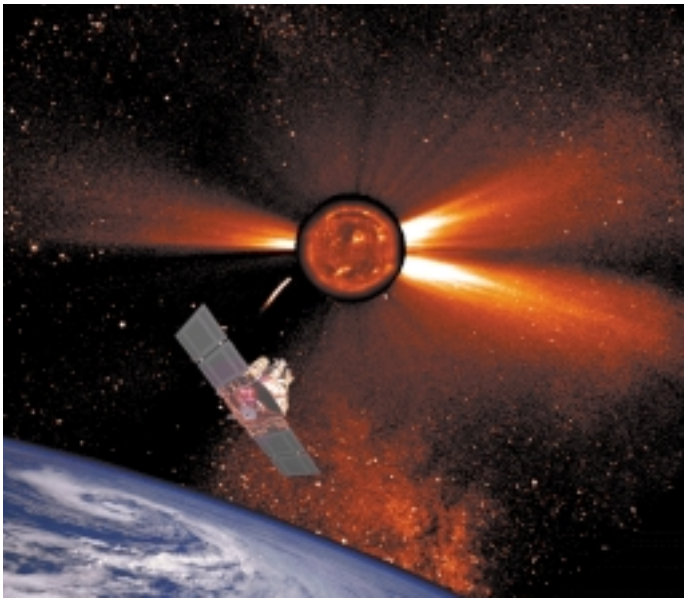
## SOLENS INDRE



SOHO HAR GJORT DET MULIG Å "SE" INN I SOLENS INDRE SLIK AT VI KAN STUDERE STRUKTUR OG TEMPERATURVARIASJONER. DETTE ER VIKTIG FOR Å FORSTÅ HVORDAN ENERGIEN I SOLENS FORPLANTER SEG UTOVER OG FOR Å FÅ SVAR PÅ HVORFOR SOLEN VARIERER. (MDI/SOHO/ESA/NASA)

Særlig to fremskritt har ført til en revolusjon i vår forståelse av solen. Den første er en teoretisk modell av måten solens magnetiske felt samvirker med stoffene i solen. Den andre er en rekke observasjoner fra tre solsatellitter i rommet, YOHKOH, (Japansk, britisk, amerikansk) SOHO (European Space Agency/NASA) og TRACE (NASA)

Disse har gitt oss oppsiktsvekkende nye bilder og spektra med en mengde ny informasjon om vår livgivende stjerne.
**SOHO - satellitten** har innledet en ny era i solseismologi, studiet av solens indre, ved hjelp vibrasjonene på overflaten. Her studerer en lydbølger som forplanter seg i solens indre på samme måte som seis-



SOHO KAN OBSERVERE SOLEN 24 TIMER I DØGNET FRA SIN SPESIELLE BANE UTE I ROMMET. DETTE BILDET VISER SOLEN, KORONAEN OG EN KOMET SOM ER I FERD MED Å BRENNE OPP I DEN VARME SOLATMOSFAEREN. (ESA/NASA)

mologer studere jordens indre. SOHO har vist at solens indre roterer på en måte ingen hadde tenkt seg. Vi visste at overflaten ved ekvator roterer hurtigere enn ved polene. Men dypere lag roterer på samme måte som faste legemer. De forskjellene i rotasjon som finner sted i ca. 2/3 avstand fra solens kjerne, forårsaker turbulens. Dette er stedet der "dynamoen" som utvikler solens magnetiske felt sannsynligvis befinner seg. Dessuten har observasjoner av solens struktur like under overflaten gjort det mulig å oppdage solflekker før de kan sees på overflaten.

## SOHO-SATELLITTEN

All forskning til tross, er det mye vi fortsatt ikke vet om solen. Særlig er vi opptatt av å kunne forklare hvorfor solatmosfæren har en temperatur på flere millioner grader, når solens overflate bare holder ca. 6000 grader. Og videre, på hvilken måte solatmosfæren danner "solvind", en konstant strøm av ladete partikler som fyller hele solsystemet. SOHO- satellitten har begynt å gi svar på noen av disse spørsmålene. (Du kan se noen av de ferskeste bildene på http://soho.nascom.nasa.gov/)
Siden solen påvirker oss på så mange måter, er det svært viktig å vite mest mulig om den. Opphavet til, og egenskapene ved solens forandringer, er en av solfysikkens store mysterier. Selv om vi kjenner mange detaljer i solflekkmønsteret, er vi fortsatt ikke i stand til å forutsi hvor kraftig fremtidige solmaksimum vil bli. Det er derfor satt igang nye prosjekter som skal gi oss mer kunnskap om solen og hvordan den påvirker oss.
Et nytt spennende NASA-prosjekt har fått navnet, "Å leve med en stjerne." Dette inkluderer en rekke oppskytninger av romfartøyer som skal overvåke solen.

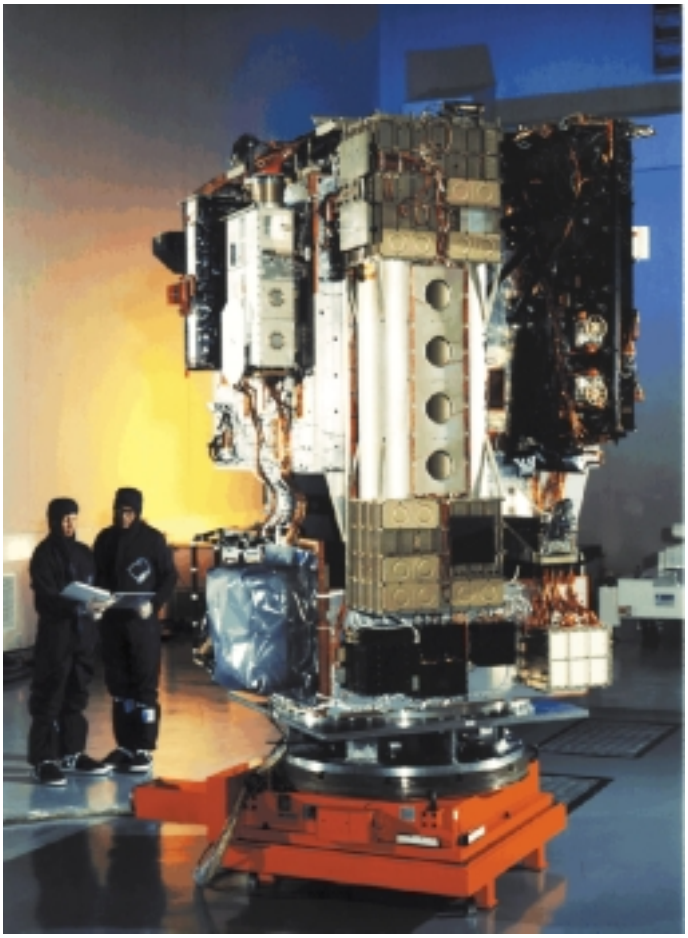
SOHO-SATELLITTEN ER HISTORIENS STØRSTE OG MEST KOMPLISERTE ROMOBSERVATORIUM FOR SOLSTUDIER. FORMÅLET MED SOHO ER Å LÆRE MER OM SOLES INDRE, MEKANISMENE SOM DANNER OG VARMER OPP KORONAEN (SOLES YTRE ATMOSFÆRE), OG ÅRSAKENE TIL AT SOLVINDEN BLIR TIL OG AKSELERERES. SOHO BLE TIL SLUTT SKUTT OPP FRA CAPE CANVERAL 2. DESEMBER 1995 (ESA)

## EFFEKTER PÅ TEKNOLOGISKE SYSTEMER

Solstormer kan ha en rekke ulike effekter på ulike systemer som vi på jorda er helt avhengige av. Blant annet kan solstormer gi dramatiske effekter på telekommunikasjon. Det er kjent at transatlantiske kabler som blant annet overfører telefonsamtaler og banktransaksjoner er sårbare under geomagnetiske stormer.

All telekommunikasjon som går via satellitt vil være også være sårbar. Et godt eksempel er satellitten Galaxy IV som 19 mai 1998 falt ut under en solstorm da den kom ut av stilling. Satellitten overførte signalene til 80% av alle personsøkere i USA, (ca. 35 millioner) og overførte videre flere TV kanaler samt Reuters nyhetsnettverk. Det tok nesten 1 døgn før en reserve-satellitt tok over.

Spesielt leger på sykehusene baserer seg på personsøkere. Ironisk nok var datteren til en av sjefsforskerne ved NASA høygravid på denne tiden, og da barnet skulle ut, klarte hun ikke å nå legen. Dette er et eksempel på at systemer vi er avhengige av, kan bryte sammen på grunn av solstormer.



Bildet viser den øverste delen av SOHO satellitten under byggingen i Europe.
Det er denne delen hvor alle de 12 ulike teleskopene og instrumentene sitter. Norge deltar i 3 av de 12 instrumentene.
(ESA)

## OVERSIKT OVER ANDRE EFFEKTER FRA SOLSTORMER

- Nordlys (og sørlys!), gir oss et dynamisk og elegant bilde av geomagnetiske stormer forårsaket av solaktivitet. Elektroner og ioner i jordens magnetosfære pumpes inn mot jorden nær polområdene. Når partiklene støter mot molekylene og atomene i den tynne, høye atmosfæren, får de dem til å gløde i mange farger.

- Kommunikasjonssystemer: Radiokommunikasjon kan falle ut i flere timer. All kommunikasjon via satellitter lammes om satellitten faller ut.- Kraftnett: store fluktuasjoner i magnetfeltet induserer kraftig strøm i kraftsystemet og kan slå ut strømforsyningen.

- Søk etter olje og gass vanskeliggjøres p.g.a. store fluktuasjoner i jordens magnefelt.

- Navigasjonssystemer: Systemer som LORAN og OMEGA påvirkes dramatisk under geomagnetiske stormer. Verdensomspennende navigasjonssystemer, som GPS, viser unøyaktig og blir mindre pålitelige.

- Dyr: Alle dyr som bruker jordens magnetfelt til å navigere, får problemer. Brevduer er kjent for å miste retningssansen under geomagnetiske stormer, da de benytter jordnes magnetfelt til å finne veien hjem.

## NORGES BIDRAG TIL SOHO-PROSJEKTET

SOHO er et samarbeidsprosjekt mellom den europeiske romorganisasjonen ESA og NASA. Sonden ble skutt opp 2. desember 1995 fra Cape Canaveral Air Station i Florida. Sonden er plassert i en halobane rundt det skalte Lagrange punktet L1, ca. 1.5 millioner km fra jorden i retning Solen. Herfra kan Solen observeres kontinuerlig uten avbrudd, i motsetning til satellitter i jordbane. Dette er spesielt viktig for helioseismologiinstrumentene ombord, som er avhengig av svært lange ubrutte observasjonsserier.

Forskere på Astrofysisk institutt ved Universitetet i Oslo deltar aktivt i arbeidet med SOHO. Med midler fra Norges forskningsråd har instituttet stått for bygging av bakkesegmentet (styringsdelen) for et av hovedinstrumentene på SOHO, CDS. Forskere ved ITA har i tillegg stått for utbyggingen av store deler av programvaren for reduksjon av data fra CDS og er videre involvert i to andre instrumenter (SUMER og VIRGO).

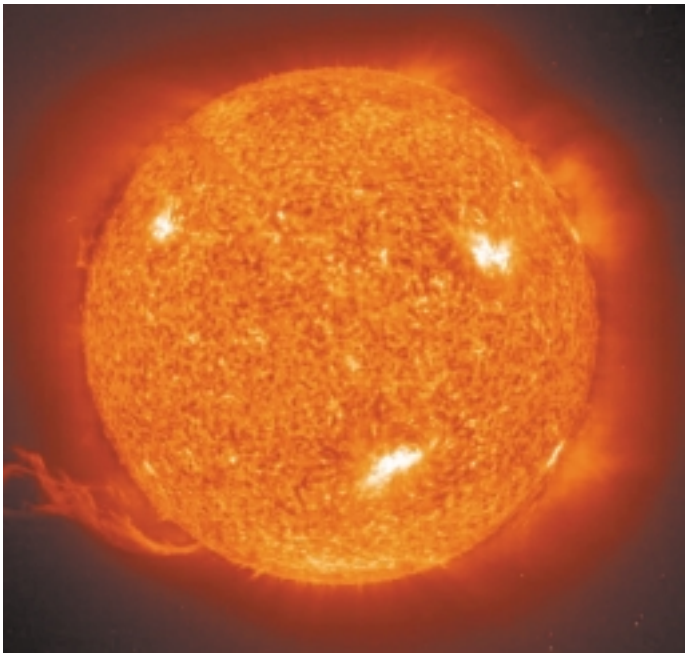
Totalt bidrar Norge med omtrent 100 millioner kroner til SOHO.

Deltagelsen i CDS koster omtrent 15 millioner kroner, mens norsk industri har levert varer og tjenester for ca. 80 millioner kroner. Dette illustrerer hvordan romforskning knytter grunnforskning og industri, som igjen fører til kompetanseoppbygging over et bredt felt av virksomhet.

## SOLARMAX

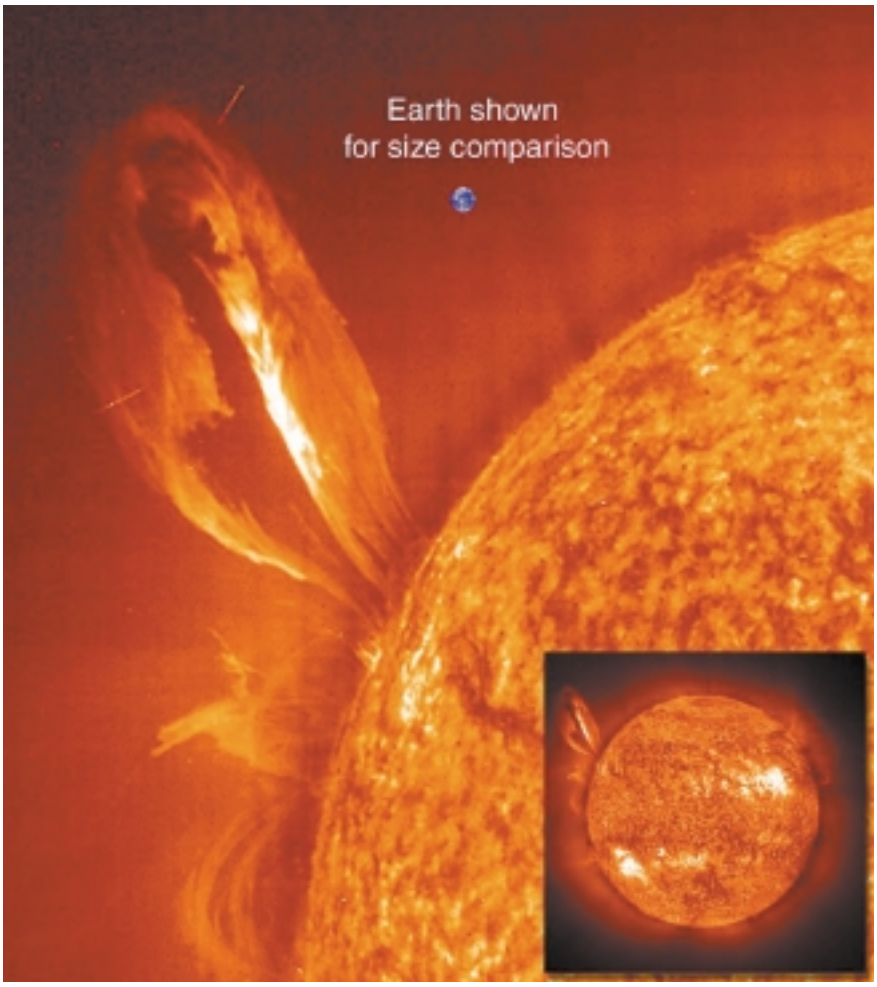
"SolarMax", handler om menneskets kamp for å forstå vår nærmeste stjerne. Filmen behandler hele emnet: Fra tidlige tiders hedenske soltilbedelse og frem til nåtiden, hvor romteleskoper har gitt oss en ny forståelse av Solen.

For første gang vil du kunne iaktta Solen som den tar seg ut fra rommet. Det er et syn du ikke kunne forestille deg i din villeste fantasi.



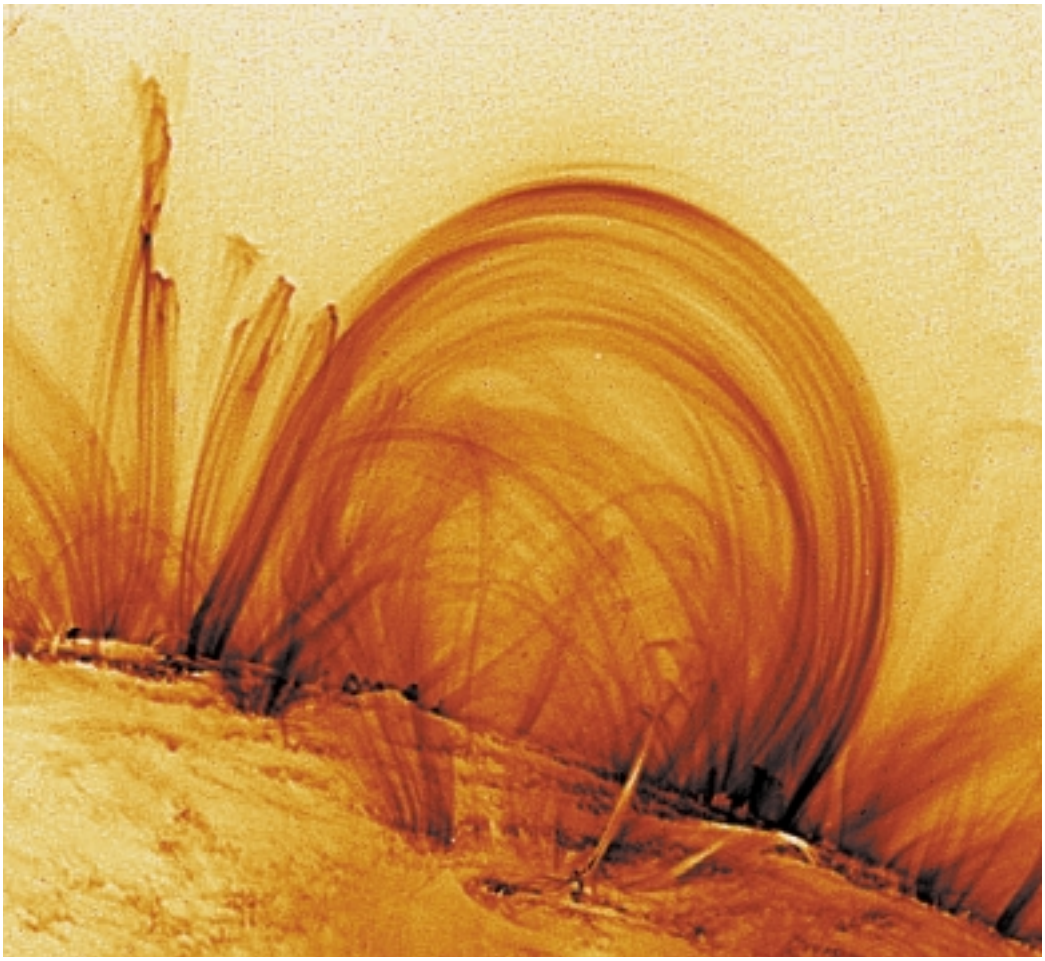
Solens kromosfaere observert fra SOHO. Den store "flammetungen" nede til venstre er en protubernas som er i ferd med å slynges ut fra solen (EIT/SOHO/ESA/NASA)

I den nye film SolarMax vil du kunne se Solen, som du aldri før har sett den. Filmteamet har hatt adgang til de mest fantastiske bilder blant annet fra SOHO satellitten, som er et samarbeidsprosjekt mellom ESA og NASA .




Solstormer kan gi en rekke effekter på ulike systemer som vi på jorda er helt avhengige av. Solstormer kan blandt annet gi dramatiske effekter på telekommunikasjon. EIT/SOHO/ESA/NASA)

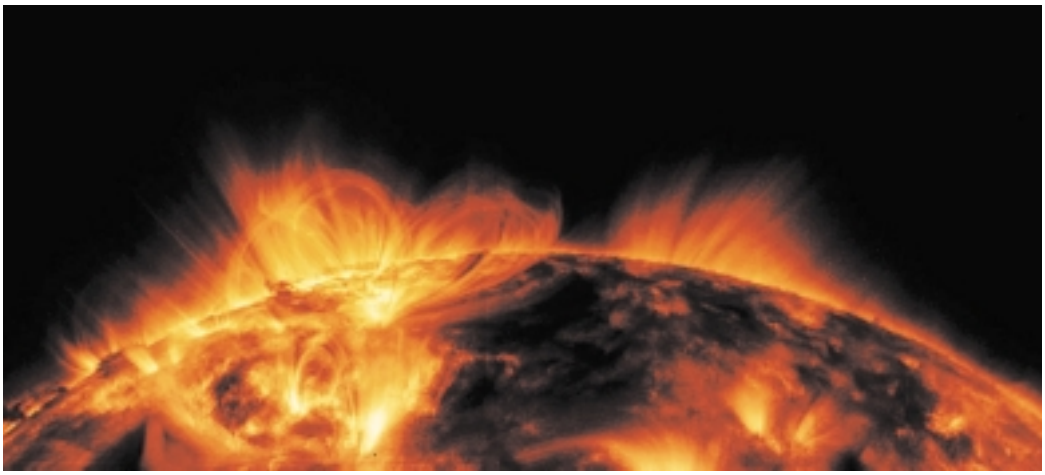
Nærbilde av en plasmaløkke ved Solens overflate. Den varme, elektrisk ledende gassen følger de magnetiske feltlinjene nær Solens overflate.
(TRACE/NASA)



For du vil oppleve fantastiske filmopptak, og oppleve et grufullt, oransjerødt uhyre, som spyr om seg med glødende gasser og ildstråler.

Du vil sannsynligvis sitte i salen og ikke vite om Solen er din venn eller fiende. Svaret er at Solen er begge deler. Solen kan skape liv og ødelegge liv. Og vi mennesker kan i mellomtiden anstrenge oss for å prøve og forstå denne iltre ildkulen.

Dokumentarfilmen "SolarMax" vil gi deg svar på mange spørsmål. Vet du f.eks. at Solen synger? Eller vet du hva en solflekk er, og at solstormer kan drepe astronauter og ødelegge satellitter?



Solens aktivitet er ekstra voldsom når Solen når sitt maksimum i en syklus på 11 år. Dette skjer nå, og Solens utbrudd kan være farlige for f.eks. både astronauter og elektrisitetsforsyning overalt på Jorden. (TRACE/NASA og Heliographic Productions)

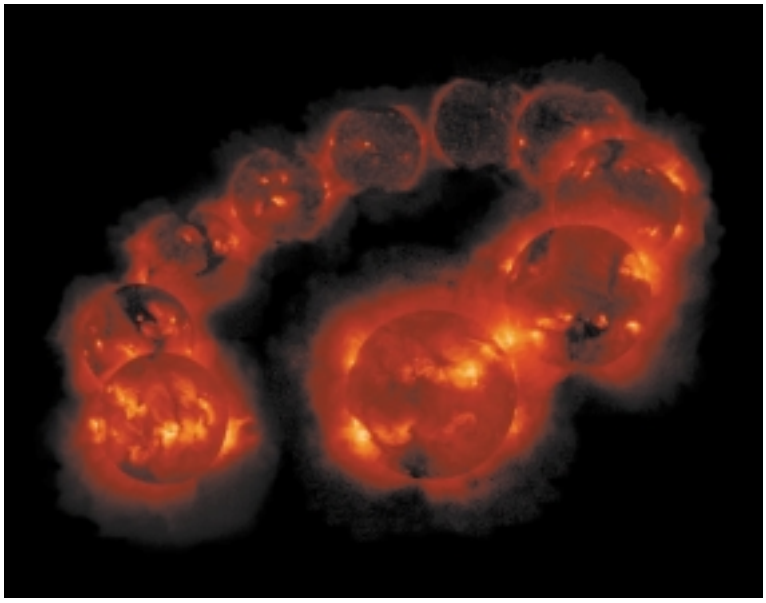
Filemen tar oss med fra Aristoteles, Galileis og Nicolas Copernicus' forståelse av Solsystemet til moderne vitenskapsfolks nyeste teorier om Solen som livets motor. Vi får f.eks. se unike bilder fra SOHO, TRACE og solteleskopet ved Kitt Peak i Arizona. Videre ser vi bilder fra vingene til NASAs Pathfinders soldrevne fly. Vi hører også om solformørkelser, solflekker og solstormer, og ser hvordan Solen som ledd i en 11-årig syklus bygger opp til sitt maksimum våren 2001.

## SOLMAKSIMUM ER NÅ!

"SolarMax" er en meget aktuell film. For jo mer vårt liv blir avhengig av teknologi og satellittkommunikasjon, jo mer har vi behov for å forstå Solen. For 11 år siden, da Solen sist hadde sitt maksimum, førte enorme elektriske utladninger til at seks millioner kanadiere måtte klare seg uten strøm i 9 timer. Utgiftene til reparasjon var på over 10 milliarder kroner.

Siden det siste solmaksimum er det kommet ytterligere 2000 satellitter i rommet, og mange er nervøse for om solen kan gjøre satellitter ubrukelige og umuliggjøre radio kommunikasjon. Derfor blir det i disse år på internasjonalt plan satt flere og flere ressurser av til solforskning. Norske forskere er med i første rekke i dette betydningsfulle, vitenskapelige arbeide.

Bildeserien viser hvordan mengden av røntgenstrålin varierer fra solmaximum i 1991 (solbildet til venstre) til solminmum i 1996 (øverst) og til nær solmaximum i 1999 (til høyre). Denne variasjonen i utsråling vil påvirke Jordens atmosfaere og føre til variasjoner i temperatur og dymanikk (Yohkoh/IAS/NASA).



## FRA MACHU PICCHU TIL ROMTELESKOPER

Filminstruktør og producer John Weiley har gjennom ESA (Den europeiske romorganisasjonen) og NASA fått adgang til opptak fra romobservatoriet SOHO, som er i kretsløp omkring Solen. Filmteamet fikk tilgang på unike og hittil usette bilder som ble tatt over en periode på 28 dager, spesielt med tanke på IMAX -filmen. Disse epokegjørende opptakene er kombinert med bilder av fortidens, nåtidens og fremtidens solobservatorier overalt på Jorden.

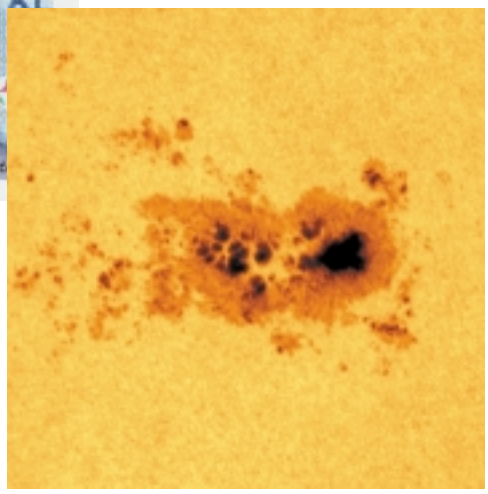
SolarMax forteller om menneskets kamp for å forstå Solen fra de tidligste tider til i dag. Fra inkaenes solobservatorium ved Machu Picchu i Andesfjellene til våre moderne teleskoper f.eks. i Kitt Peak i Arizona. (Heliographic roductions)

Gjennom mange måneders arbeide har teamet besøkt blant annet Machu Picchu i Andesfjellene i Peru, Solens Øy i Titicacasjøen, New-grange i Irland, soloppgang over Futamiguara-klippene i Japan, Nicholas Copernicus' arbeidsplass og instrumenter i Polen, en total solformørkelse over Aruba i Caribien, en ringformet formørkelse over det nordlige Australia samt nordlys over Grønland. Fantastiske filmsekvenser fotografert under midnattssolen i Tromsø i Norge. Teamet har altså vært på alle kontinenter for å bygge opp denne universelle historien om Solen. Norske forskere er aktivt med i forskningen, og bidro også i produksjonen av filmen.

Nordlys er et synlig tegn på at Solen har solstormer. Filmen SolarMax viser flere scener i filmen med det flotte nordlyset - blant annet en scene, hvor vi ser nordlyset fra romfergen. (TRACE/NASA)

"SolarMax" er en produksjon skapt av det australske filmselskapet "Heliograph Production" i samarbeide med Museum of Science and Industry i Chicago. En skal også legge merke til den flotte musikken som fremføres av Sidney Symfoniorkester, og som er komponert av Nigel Westlake som her hjemme nok er mest kjent for musikken i de to filmene om "Heldiggrisen Babe". Mer om filmen på www.solarmovie.com

Den norske forskeren Kristian Birkeland var den første som koblet solen som årsak til nordlyset. I 1896 publiserte han sin teori etter å ha produsert kunstig nordlys i sitt laboratorium.



Nærbilde av en solflekk gruppe. Det sentrale, sorte området i en solflekk kalles umbraen (helskyggen), og det mørkegrå området utenom, kalles penumbraen (halvskyggen). Strukturen i den øvrige sol overflate kalles granulasjon. Man kan nesten fornemme den boblende bevegelse av gassene i Solens overflate. (MDI/SOHO/ESA/NASA)

## KORTE FAKTA OM SOLEN

- Solen er det største objektet i solsystemet og inneholder over 99 prosent av solsystemets masse.

- Solen er 150 millioner kilometer unna Jorden.

- Hvis man tar 109 planeter som er like store som Jorden, og legger dem på rekke og rad, får man Solens diameter. Hvis man skal fylle hele Solens indre opp med planeter på størrelse med Jorden, må man bruke 1,3 millioner planeter.

- Solens ytre, synlige lag kalles fotosfæren og har en temperatur på ca. 6000 grader.

- Solenergi blir skapt i Solens innerste kjerne. Temperaturen (15 millioner grader) og trykket (340 milliarder ganger jordens lufttrykk ved havoverflaten) er så intenst at det oppstår kjernereaksjoner.

- Energi som er skapt i Solens kjerne, tar en til to millioner år på å nå ut til overflaten.

- Hvert sekund blir 700 millioner tonn hydrogen omformet til helium. I denne prosessen blir 5 millioner tonn omdannet til energi. Solen blir - som tiden går - derfor lettere og lettere.

- Solflekker er mørke fordypninger i fotosfæren med en temperatur på ca. 4500 grader.

Solen, vår stjerne, en av millioner andre stjerner i vår galakse (Heliographic Productions)

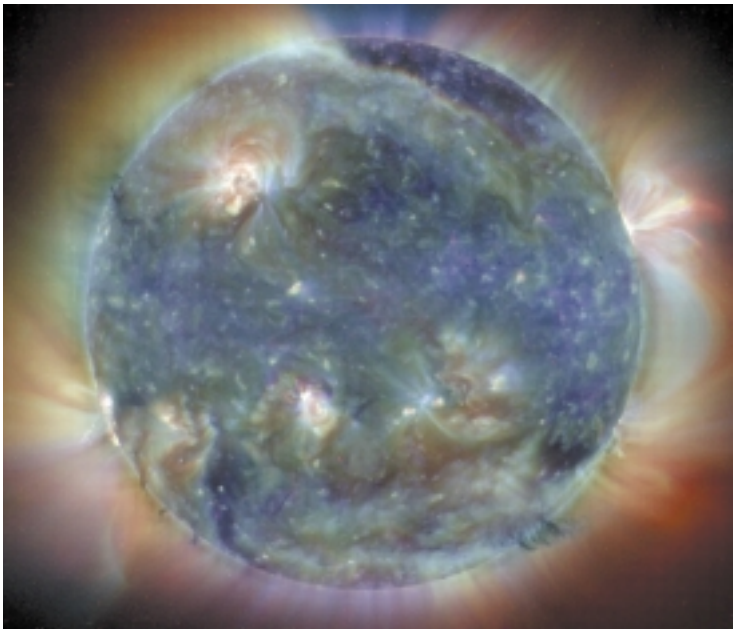
- Koronaen er den ytterste del av Solens atmosfære og strekker seg langt ut i rommet. Koronaen kan kun ses ved total solformørkelse.

- Solen har tilsynelatende vært aktiv i 4,6 milliarder år, og har nok brennstoff til i hvert fall fem milliarder år til.

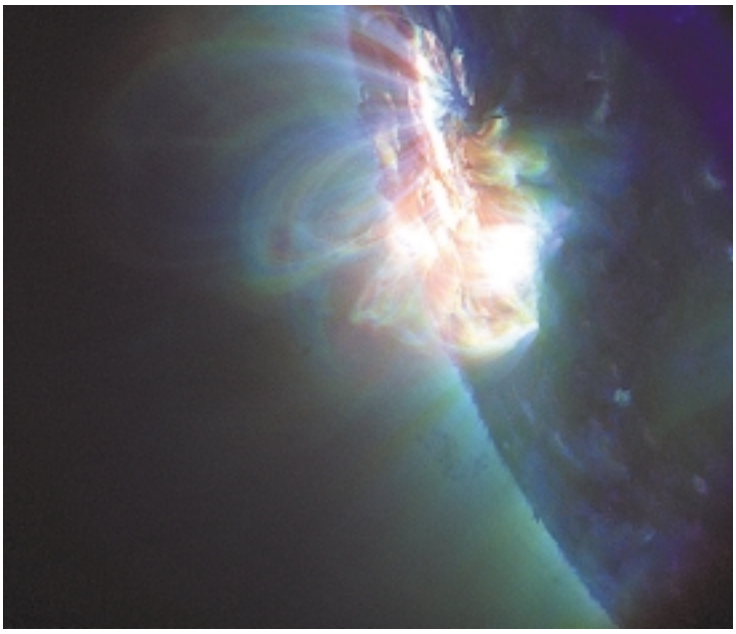
- Ved overflaten varierer solens rotasjonsperiode fra 25 dager ved ekvator til 36 dager ved polene. Dypt nede synes alt å rotere i en syklus på 27 dager.

- Solen består av 92,1 prosent hydrogen og 7,8 prosent helium (hvis man regner med antallet partikler). Oksygen, karbon, nitrogen, neon, jern, silikater, magnesium, svovel og sporstoffer utgjør den siste prosenten.

- Filmtittelen "Solarmax" refererer til solmaksimum, toppen av den 11 årige syklus som solen gjennomgår.



Solens varme atmosfære - "koronaen". (EIT/SOHO/ESA/NASA)



Nærbilde av den varme del av Solens atmosfære, som kalles koronaen. Fargene angir plasma (elektrisk ledende gass) ved forskjellige temperaturer. Grønn er 1.000.000 grader, blå er 1.500.000 grader og rød er 2.000.000 grader. (TRACE/NASA)

Det forrige "solarmax" eller solmaksimum var i 1989.
Det nåværende solmaksimum forventes å nås tidlig i 2001.

Solen er solsystemets sentrale stjerne. Solen er dannet samtidig med resten av solsystemet og er en stjerne som alle andre. Den eneste grunn til at den ser så mye større ut, sett her fra Jorden, er enkel: Den er mye nærmere oss.

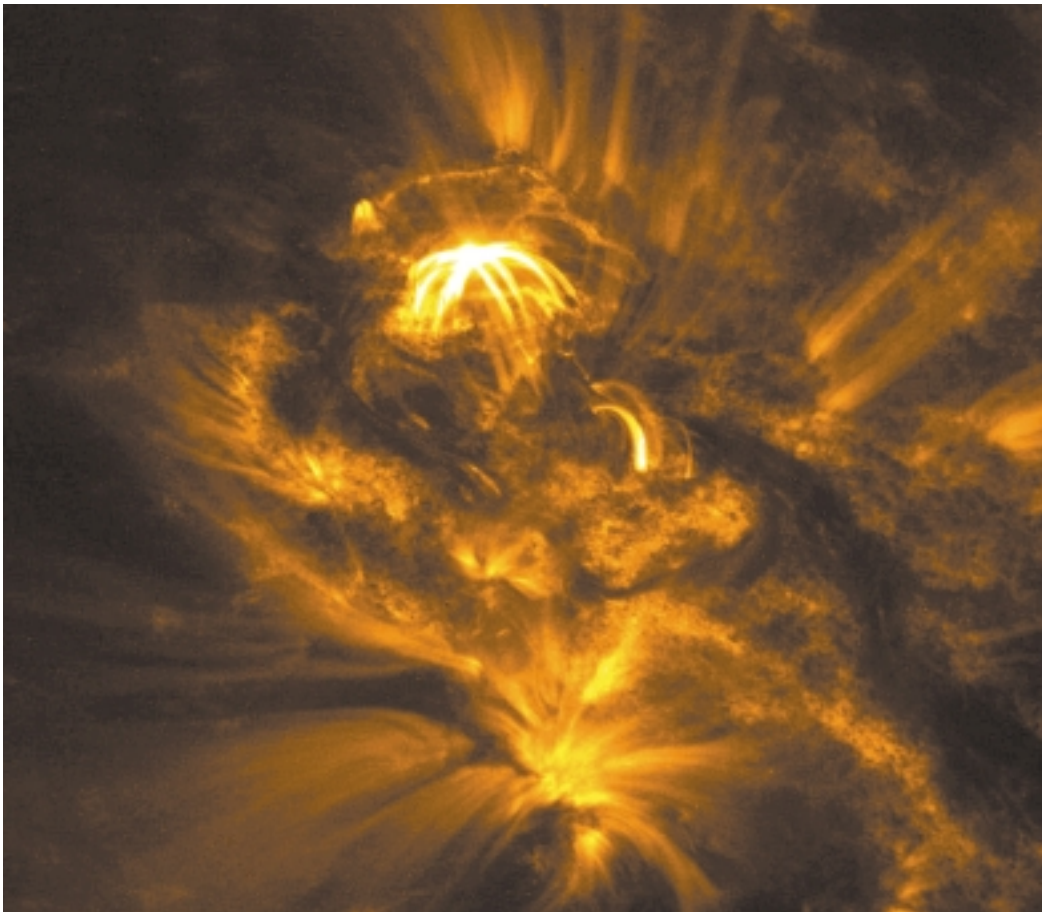
Solen lager sin energi ved kjernereaksjoner i sitt indre, hvor stort trykk og høy temperatur sørger for rette betingelser. Her presses hydrogenatomer sammen, og via en fusjonsprosess frembringes helium. Slike kjernereaksjoner lager den energien som trenger ut gjennom Solens mange lag og endelig slipper fri fra Solens overflate som lys i nesten alle bølgelengder, deriblant det lyset vi ser.

Fra Jordens overflate kan man se det kraftige synlige lyset som Solens glødende overflate sender ut . Det er bare en del av den energien Solen sender ut. Det synlige lyset har bølgelengder fra 4000 Ångstrøm (fiolett) til 7000 Ångstrøm (rødt). Alle mellomliggende bølgelengder representerer de forskjellige farger i spektret (blått, grønt, gult, orange, rødt).

Kortere bølgelengder enn 4000 Ångstrøm kalles ultrafiolett, røntgen og gammastråling.

Lengere bølgelengder enn 7000 Ångstrøm kales infrarød, mikro- og radiobølger.

Nærbilde av den varme gassen som ligger over solflekker på Solens overflate.
(TRACE/NASA)



# FYSISKE DATA OM SOLEN

**Fysiske størrelser**

| | |
|---|---|
| Radius | 696.400 km |
| Masse | $1{,}989 \times 10^{30}$ kg (hvilket svarer til 330.000 ganger Jordens masse) |
| Massetetthet | 1,41 g/cm3 |

**Temperaturer**

| | |
|---|---|
| Kjernen | 15.000.000°C |
| Overflaten | 6000°C - ned til 4500°C i solflekkenes sentrum. |

**Kjemisk sammensetning (overflaten)**

| | |
|---|---|
| Hydrogen | 72% (etter masse) |
| Helium | 26% (etter masse) |

**Energiproduksjon**

| | |
|---|---|
| Samlet utstråling | $3{,}87 \times 10^{26}$ W |
| Massetap | 4,5 millioner tonn/sek |

**Rotasjonsperiode**

| | |
|---|---|
| Gjennomsnitt | 27 dager (dette er sannsynligvis også rotasjons-perioden for de lagene som ligger dypere under Solens overflate) |
| Ved polene | 35.2 dager |
| Ved ekvator | 25.1 dager |

**Svingninger**

| | |
|---|---|
| Solflekk -periode | 11 år og 22 år |
| Korte | Mange forskjellige, for eks. 5 min. |

NASAs fly, Pathfinder, er på vei opp til å slå en rekord på 24 kilometers høyde som er dobbelt så høyt som en jumbojet normalt flyr. Flyet drives utelukkende av sollys. Det er en ny verdensrekord og en ny utfordring i å finne nye, billige energiformer .

NOTATER:

Holmensgate 1, Aker Brygge Oslo Telefon 23 11 66 00 - Faks 23 44 55 66

Grafisk design/Trykk: Ås Trykk AS