

PÄIVÄTÄHTI AURINKO

AURINKO - LÄHIN TÄHTI

Kesäisellä taivaalla polstava Aurinko on aurinkokuntamme keskuskaappale, meitä lähinnä oleva tähti, josta elämä maapallolla on täysin riippuvainen. Muut aurinkokunnan kaappaleet kiertävät Aurinkoa ja näkyvät ainoastaan siksi, että Aurinko valaisee niitä. Muuhin Unnurnadan sattoihin miljardelin tähtiin verrattuna Aurinko on aivan tavallinen, mutta sijainniltaan syvästi hyvin merkittävä siksi, että sen ominaisuudet ja erityisesti pinnan ilmiöt voidaan tehdä melko helposti yksityiskohtaisia havainnoja.

AURINGON SYNTY JA KEHITYS

Aurinko syntyi vajaa viisi miljardia vuotta sitten tiivistymällä tähtienvalaisesta kaasusta. Painovoiman vaikutuksesta yhä tiheämmäksi käyneen kaasun ja pölypilven keskiosassa paine ja lämpötila nousivat vilmein niin korkeiksi, että ydinreaktiot käynnistyivät. Aurinko alkoi tuottaa energiaa ja säteillä valoa. Syntymässä olevaa Aurinkoa ympäröineestä kaasun- ja pölykiekosta tiivistyivät myös planeetat, kuut sekä tu-

hansten kilometrien korkeuteen Auringon pinnasta. Protuberanssit voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin:

- **penssaaliprotuberanssit**, joissa kaasuvaijooa hitaasti alaspäin ja jotka saattavat kestää useita päiviä
- **silmukkaprotuberanssit**, jotka esiintyvät pilkkuporien välisissä magneettikentän silmukoissa
- **purkausprotuberanssit**, joissa kaasua sinkoutuu Auringon pinnasta suurella nopeudella ylöspäin.

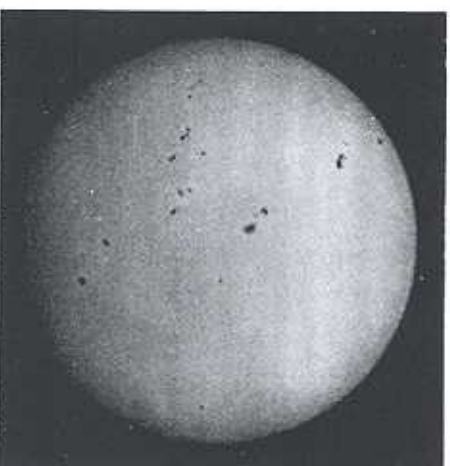
Protuberanssit näkyvät parhaiten Auringon reunalla. Auringon pintaa vasten protuberanssit näkyvät tummina "matoina", filamentteina. Plagealueet, protuberanssit ja filamentit näkyvät parhaiten havaittoessa Aurinkoa H α -viivan aallonpituudella kaapekstraalisen suodattimen lävitse.

Vaimakkaimpia Auringon aktiivisuuden muotoja ovat kirkkain leimaduksina näkyvät flarepurkaukset, jotka kestävät sekunnista joihinkin kymmeniin minuuttia. Flarepurkauksissa vapautuu magneettikenttään varastoitunutta energiaa. Ne havaitaan kaikilla aallonpituusalueilla ja lisäksi niiden yhteydessä sinkoutuu avaruuteen runsaasti protoneja ja elektroneja. Purkaukset aiheuttavat maapallollakin erilaisia ilmiöitä. Röntgensäteily aikaansaa ionosfäärissä muutoksia, jotka häiritsevät radion lyhytaalloikkennettä ja parin vuorokauden kuluttua purkauksesta maapallon saavuttavat hiukkaset aiheuttavat revontulia.

Teksti Markus Hortaikainen

VAROITUS!

AINOA TURVALLINEN TAPA HAVAITA AURINKOA TAVALLISELLA KAUKOPUTKELLA ON HEIJASTAA AURINGON KUVA SEN LÄPI ESIMERKIKSI VALKOISELLE PAHVILLE



Aurinko kuvattuna näkyvässä valossa 17.1990. Auringon pinnalla näkyy granulaatiota, pilkkurunmia ja fokula-alueita sekä reunatummenneminen. (Kuva: Matti Morkkainen)

hannet pikkuplaneetat ja komeetat. Vastasyntyneen Auringon pinnalta puhaltaneen voimakkaan aurinkotulen pyyhkäisessä ylliseldäneen kaasun tähtienväliseen avaruuteen, aurinkokunta muotoutui sellaiseksi kuin me sen tunnemme.

Aurinko on loistanut nykyisellään noin 4,5 miljardia vuotta ja jatkaa säteilemistään vielä ainakin yhdeksän miljardia vuotta. Aurinko punaiseksi jättäytyäkseen, nieläisten sisänsä Merkuruksen, Venuksen, Maan ja ehkä Marsinkin. Jättäytyäkseen pöytävesä Aurinko puhaltaa uljaimat kerroksensa avaruuteen laajenevaksi kaasupilveksi, ns. planeetoitukseksi sumuksi. Jäljelle jää muopallon kokoinen, vähitellen jäähtyvä valkoinen kääpiö. Sellaiset ovat auringonmassaisten tähtien elämänsäkaaren päättepisteitä.

AURINGON TUTKIMUS

Auringon "tutkimuksen" alku voidaan sijoittaa vuosituhonsien taakse, jolloin kiinalaiset tekivät ensimmäisiä mustilippa-aurinkossa näkemistään tummista pilkkusta. Säännöllisempiä havaintoja Auringosta on tehty 1600-luvulta lähtien, jolloin mm. Gallien Gallien suuntasi ensimmäisen keran aikaeilisen kaukoputken kopti Aurinkoa ja osoitti, että jo kiinalaisten näkemät tummat pilkut ovat Auringon pinnan ilmiöitä. Kuluneiden liki 400 vuoden aikana tiedämys Auringosta on lisääntynyt valtavasti ja tällä hetkellä se on eräs tärkeimmistä tähtitieteen tutkimuskohteista.

Nykyään Auringosta tehdään havaintoja kaikilla sähkömagneettisen säteilyn aallonpituuksilla gammasäteilystä radioaaltoihin saakka. Auringosta ja muista tähdistä soodaan eniten tietoa tutkimalla niiden spektrejä. Kun Auringon valo kulkee esimerkiksi prismän läpi, hajooa se spektriksi, jonka värit ovat tutut sateenkaaresta. Tarkasteleessa lähemmin Auringon ja tähtien spektrejä havaitaan, että niissä näkyy suuri määrä tummia viivoja. Spektriviivojen voi-

mokkuudet ja leveydet kertovat säteilevän aineen koostumuksesta ja ominaisuuksista, mm. lämpötilasta ja liikkeestä. Sähkömagneettisen säteilyn lisäksi havaitaan Auringosta tulevia hiukkasia, mm. neutriinoina. Uusin tutkimusala on Auringon vörsätelijä tutkiva helioseismologia, jonka avulla saadaan tietoa Auringon sisäosista.

AURINGON RAKENNE

Aurinko on valtava kaasupallo, jonka sisäosissa aine on kokonaan ionisoitunutta plasmaa. Auringon massasta on vetyä 71%, heliumia 27% ja muita alkuaineita loput 2%. Auringon massa on 99,9% koko aurinkokunnan massasta. Halkaisijaltaan se on 109 kertaa Maasta suurempi. Auringon ylimessä vallitseva noin 15 miljoonan asteen lämpötila, 100 miljardin ilmakäden paine ja tiheys, joka on 160 g/cm³ eli 160 kertaa veden tiheyttä suurempi, mahdollistavat fuusioreaktiot, joissa vety-ytimet yhdyvät muodostaen heliumiytimiä. Reaktioissa osa massasta muuttuu energiaksi, joka kulkeutuu Auringon pinnalle ja säteilee avaruuteen. Auringon ylimessä syntyneen energian kulkeutuminen pinnalle kestää noin miljoona vuotta. Auringon havaitusta säteilytehosta voidaan laskea, että ylimessä muuttuuta joka sekunti energiaksi neljä miljoonaa tonnia aihetta. Syntyvät energia etenee kohti pintaa aluksi säteilemällä. Auringon uloimmassa kerroksessa energia kulkeutuu ylöspäin kaasun pystysuorien virtausten mukana. Kuuma kaasu nousee pinnalle, jossa se energian säteilyssä ovanuuteen, jätettyä ja laskeutuu takaisin alempiin kerroksiin lämmetkseen uudelleen.

AURINGON ATMOSFAARI

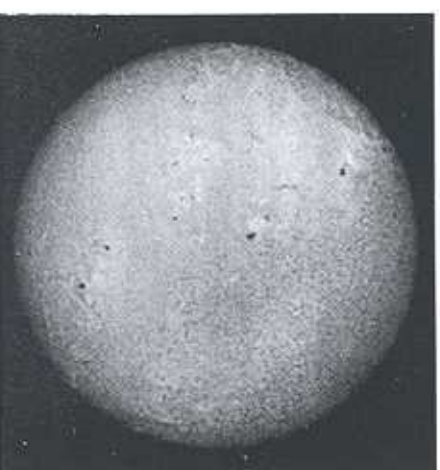
Auringon atmosfääri eli uloimmat kaasukerrokset ovat fotosfääri, kromosfääri ja korona. Fotosfääri eli valokohd on noin 500 km paksuinen kerros. Juuri sen kohdalla Auringon kaasu muuttuu tiheyden pienentymässä lämpötilaksi ja siksi me näemme fotosfäärin Auringon "pintana". Fotosfäärin alaosassa lämpötila on noin 8000 astetta. Ylöspäin mentäessä lämpötila laskee ja fotosfäärin ylösisä se on enää

4500 astetta. Näillä alueilla Auringon lämpötila on alimmillaan. Kaasuvirtaukset näkyvät fotosfäärin rakeisuutena, granulatioona. Keskimäärin tuhannen kilometrin läpimitäisten rakeiden eli granuloidien keskellä kaasu virtaa ylöspäin ja reunalla alas-päin. Yksittäisen granuloidin elinikä on vain muutamia minuutteja, joten granulatiion ulkonäkö muuttuu jatkuvasti. Fotosfäärissä on havaittavissa myös reunaaurinkonemien. Se aiheuttaa sitä, että Auringon reunalla nähdään ylempää, viileämpiä kerroksia tulevaa säteilyä ja siksi reuna näytetään Auringon keskiosaa tummemmalta.

Fotosfäärin yläpuolella on noin 500 km paksuinen kromosfäärin eli väkiköhdän kerros, jossa lämpötila jälleen nousee noin 6000 asteeseen. Sen yläpuolella alkaa parintuhannen kilometrin paksuinen siirtymäkerros, jossa kromosfääri muuttuu vähitellen koronaksi. Normaalisti kromosfääri ei näy lainkaan, sillä sen heikko säteily peittyi fotosfäärin huomattavasti voimakkaamman säteilyn alle. Täydellisen aurinkonpimennyksen aikana on mahdollista nähdä kromosfääri lyhyen hetken juuri ennen ja jälkeen täydellisen vaiheen, jolloin kuu peittää fotosfäärin näkyvistä. Tällöin kromosfääri näkyy kuuta ympäröivänä kaappana, punertavana nauhana. Sillä nimiä myös vedyn H- α -viivan 656,3 nm aallonpituudella, koska tällä aallonpituudella fotosfääri säteilee hyvin heikosti, mutta kromosfääri puolestaan säteilee voimakkaasti. Kapeakaistaisilla suodattimilla, jotka päästävät lävitseen säteilyä vain tällä aallonpituudella, voidaan siten havaita kromosfäärin ilmiötä fotosfäärin häntsemättä. Myös kromosfäärin on kaartaatoinen granulatiion peitossa, mutta rakeet ovat suurempia kuin fotosfäärissä. Kromosfäärin granuloidien ympärillä on spikuloita, tuhansien kilometrien korkeuteen kohoavia vetykaasuleskejiä, jotka näkyvät pinnallisen Auringon reunalla.

Kromosfääri muuttuu ylösisäsaan vähitellen koronaksi, joka ulottuu jatkuvasti havaittujen useiden miljoonien kilometrien etäisyydelle Auringosta. Vaikka korona on

pääosissa hyvin harvaa vetykaasua, nousee sen lämpötila jopa miljoonan asteeseen, sillä atomit ovat silinä hilvassa liikkeessä. Normaalisti Auringon pinnan säteily peittää alleen koronan, jonka kirkkaus on vain työdenkuun luokkaa, mutta täydellisen aurinkonpimennyksen aikana kuun peittäessä fotosfäärin ja kromosfäärin, näkyy korona Aurinkoa ympäröivänä valokunuruna. Ylöspäin mentäessä korona muuttuu vähitellen aurinkotuleksi, joka ulottuu kaasuplaneettoihin saakka.



Aurinko kuvattuna H- α -viivan valossa 1.7.1990. Auringon pinnalla näkyy kromosfäärin granulatiota, piloge-alueita sekä filamentteja.

AURINGON AKTIIVISUUS

Helipolminn havaittava Auringon aktiivisuuden muoto ovat aurinkonpilkut, joista kinnalaiset tekivät merkintöjä alkukirjoituksissa jo tuhansia vuosia sitten. Aurinkonpilkut ovat fotosfäärin ympäristöään viileämpiä alueita, jotka näkyvät tummilta siksi, että silinä vertaa niitä kuumempaan ja siten myös kirkkaampaan ympäristöön. Todellisuudessa aurinkonpilkujenkin kohdalla lämpötila on liki 4500 astetta, siis noin 1500 astetta ympäröivää fotosfääriä alhaisempi. Pikkujen pienempi lämpötila aiheuttaa voimakkaasta paikallisesta magneettikentästä, joka hidastaa kaasun pystysuoria virtauksia, jolloin kuumempaa kaasua ei pääse enää pinnalle ja lämpötila laskee.

Tavallisesti aurinkonpilkkuissa on keskellä tummempi alue, umbra ja sen ympärillä

voileampi penumbra. Pienillä pilkuilla penumbraa ei tosin aina ole. Pienimmät aurinkonpilkut ovat painintuhannen kilometrin läpimitäisiä, suurimpien halkaisijoiden ollessa noin 100000 km. Pilkkujen elinikä vaihtelee muutamasta päivästä useisiin viikkoihin; isotimmat pilkut ovat tavallisesti myös pitkäikäisempiä. Useinmiten pilkut esiintyvät pareittain tai ryhmässä, josta suurimpien läpimitä voi olla yli 200000 km.

Pilkkujen määrä vaihtelee Auringon aktiivisuuden mukana noin 11 vuoden jakossaa. Aurinkonpilkukajaksen alkaessa ilmestyvät ensimmäiset pilkut korkeille leveysasteille. Jakson kuluessa ja aktiivisuuden kasvossa pilkkujen esiintymisalue siirtyä vähitellen lähemmäs ekvaattoria. Aurinko pyöri hitaasti akselinsa ympäri, joten pilkut näyttävät vaihtavan Auringon kiekon ylä- ja idästä länteen. Aurinko ei kuitenkaan pyöri kuten kiinteä kappale. Pyöriminen on nopeinta ekvaattorilla, missä pyöröhdysaika on 25 vuorokautta ja hitainta navoilla, missä yksi pyöröhdys kestää 31 vuorokautta.

Pilkkujen runsautta ja samalla myös Auringon aktiivisuutta kuvataan aurinkonpilkuluvulla

$$R = 10 g + f$$

missä **g** on pilkkuryhmien lukumäärä ja **f** yksittäisten pilkkujen lukumäärä. Jakson aikana pilkkuluku vaihtelee minimin nolasta, jolloin Auringon pinnalla ei näy yhtään pilkua, maksimin jopa kolmeensataan, jolloin Auringon Maahan näkyvällä kielekällä saattaa olla toistakymmentä pilkkuryhmää ja useita kymmeniä, jopa satoja yksittäisiä pilkkuja.

Auringon aktiivisuutta on seurattu jo 1600-luvulta lähtien. Vaikka pilkkukajaksen pituus keskimäärin onkin 11 vuotta, on se ollut lyhyimmillään vain 7 vuotta ja pisimmillään jopa 17 vuotta. Aktiivisuuden vaihtelu on yli 250 vuoden ajan ollut varsin säännöllistä, mutta 1600-luvulla oli kymmenien vuosien pituinen ajanjakso, jolloin aurinkonpilkkuja ei ollut juuri lainkaan. Tätä jaksoa kutsutaan Maunderin minimiksi. Tällaisia Auringon aktiivisuuden hiljaisia kausia on ollut