

Aurinko – muuttuva mahtitekijä

Aurinko on tärkein elämään vaikuttava tekijä maapallolla, joka tuottaa koko eliö- ja kasvikunnalle sopivan ilmaston ja muun elinympäristön. Aurinko tuottaa suoraan tai välillisesti suuren osan ihmisen käyttämästä energiasta. Esimerkiksi öljy, hiili, maakaasu, turve ja puu ovat luontoon varastoitunutta aurinkoenergiaa. Tuuli- ja vesivoiman virtausliikkeen energialähteenä on Auringon lisäksi maapallon pyörimisliike. Vain ydinenergia on peräisin muista, jo ammuin räjähtäneistä tähdistä, ei Auringosta. Auringon oma energialähde on tunnettu jo vuosikymmeniä: Auringon ytimessä toimii ydinfuusioreaktio, jossa vety-ytimet yhtyvät helium-ytimiksi. Tällöin osa massasta vapautuu energiaksi Einsteinin kuuluisan kaavan $E=mc^2$ mukaan.

Magneettinen tähti

Vaikka Auringon energiantuoton perusteet on selvitetty, Auringon toiminnassa on vielä suuria avoimia kysymyksiä. Aurinko on magneettinen tähti, jonka magneettista toimintaa ja sen vaihteluita, ns. magneettista aktiivisuutta ymmärretään vielä varsin huonosti. Eriyisen tärkeiksi nämä vaihtelut tekee se, että niillä on suora yhteys Auringon säteilemän energian vaihteluihin. Emme siis voi pitää Auringon energiantuottoa tai muita vaikutuksia vakioisena taustatekijänä edes lyhyellä aikajänteellä.

Auringon muuttuvaa toimintaa on havainnoitu siitä lähtien kun tutkijat kuten Galileo Galilei suuntasivat vastikään kehitetyt kaukoputket Aurinkoon ja havaitsivat siellä ajoittain esiintyviä tummia laikkuja, auringonpilkkuja. Auringonpilkkut ovat alueita, joissa Auringon sisällä syntynyt tiheä magneettikenttä on purskahtanut pinnan läpi. Koska magneettikentällä on suuri energiatiheys, näissä alueissa lämpöenergia on heikentynyt. Ne ovat siis muuta pintaa kylmempiä ja sen vuoksi näkyvät tummempina ja säteilevät vähemmän energiaa. Viimeaikaiset satelliittimittaukset osoittavat odotusten vastaisesti Auringon säteilyenergian kasvavan pilkkumäärän kasvaessa. Tämä johtunee siitä, että pilkkut sisältävät vain osan sisältä nousevasta magneettisesta energiasta, josta suurempi osa häviää lämpöenergiaksi. Pilkkujen lähellä onkin havaittu muuta ympäristöä hieman kuumempia laajoja alueita.

Jo 1800-luvulla havaittiin auringonpilkkujen määrän vaihtelevan noin 11-vuotisen jakson eli aurinkosyklin mukaan. Pilkkusyklien pituus ja korkeus vaihtelevat kuitenkin suuresti. Viimeisen neljän vuosisadan aikana vaihtelun ääripäät sijoittuvat 1600-luvun ja 1900-luvun loppupuolille. Melko pian Galilein mittausten jälkeen 1600-luvun puolivälistä 1700-

luvun alkupuolelle auringonpilkkujen määrä väheni dramaattisesti ja pilkkujen syklisyys katosi moneksi kymmeneksi vuodeksi. Auringonkaltaisten tähtien havainnot osoittavat tällaisten hiljaisten kausien, ns. suurten minimien, kuuluvan niiden toimintaan.

Poikkeuksellista aktiiviteettia

Viimeisten 70 vuoden aikana aurinkosykliit ovat olleet korkeampia kuin muulloin 400 vuoden aikana. Auringon kiihtyneelle toiminnalle on olemassa muutakin tukea. Esimerkiksi Maan magneettikentän lyhytaikainen häiriöisyys on kasvanut selvästi viimeisen sadan vuoden aikana. Tätä häiriöisyyttä tuottavat Auringosta virtaavan hiukkasvuon, ns. aurinkotuulen ja sen mukana kulkevan Auringon ulkoisen magneettikentän vaihtelut. Auringon magneettikenttä vaikuttaa myös ns. galaktisiin kosmisiin säteisiin eli erittäin nopeisiin atomiytimiin, jotka syntyvät kaukana aurinkokunnan ulkopuolella. Voimakas kenttä vaikeuttaa kosmisten säteiden pääsyä Maan lähiavaruuteen. Mittaamalla kosmisten säteiden määrän vaihtelua voidaan epäsuorasti tutkia Auringon magneettikentän suuruutta. Näitä mittauksia tehdään myös Oulussa Linnanmaan kosmisten säteiden havaintoasemalla.

Kosmiset säteet tuottavat ilmakehässä tapahtuvissa hiukkastörmäyksissä eräitä merkkityimiä, ns. kosmisiä isotooppeja, joista osa varastoituu tutkimukselle sopiviin pitkäaikaisvarastoihin. Tärkeimmät isotooppivarastot ovat puulustojen hiili-14 ja mannerjään beryllium-10. Mitattujen isotooppimäärien avulla päästään useiden tuhansien vuosien taakse Auringon menneisyyteen. Oulun yliopistossa on kehitetty malli, joka yhdistää isotooppien ja auringonpilkkujen lukumäärän. Tulosten mukaan nykyinen suuri aktiiviteetti on varsin harvinaista mutta ei aivan ainutlaatuista. Suurempaa aktiivisuutta esiintyi jääkauden lopun jälkeen, viimeksi n. 9000 vuotta sitten. Voimme kuitenkin sanoa Auringon elävän tällä hetkellä varsin poikkeuksellista aikaa. Nopeat, vain muutaman kymmenen vuoden aikana tapahtuvat suuret muutokset näyttävät olevan tyyppisiä. Voidaan ennustaa, että nykyinen aktiivisuustaso ei jatkune enää paria sykliä kauempaa.

Auringon ilmastovaikutukset

Auringon muuttuva toiminta vaikuttaa maapallolla monella tavalla. Säteilyn kokonaismäärän vaihtelun lisäksi säteilyn ultravioletiosan vaihtelu on merkittävää ja suhteellisesti paljon suurempaa kuin näkyvän valon vaihtelu. UV-valon vaihtelu vaikuttaa ylemmän ilmakehän, mm. otsonin määrän muutokseen, sekä erilaisten kytkentöjen kautta alemman ilmakehän ja ilmaston muutokseen. Auringon aktiivisuuden vaihtelu voi vaikuttaa merkittävästi ilmaston muutokseen myös kosmisten säteiden kautta. Kosmisten säteiden tuottama ilmakehän ionisaatio voi merkittävästi kiihdyttää pilvien muodostusta. Pilvien

määrän onkin havaittu vaihtelevan samaan tahtiin kosmisten säteiden määrän kanssa. Auringon aktiivisuuden merkitystä viimeaikaiselle ilmastonmuutokselle on kuitenkin vaikea arvioida. IPCC-panelin raportinkin mukaan Auringon ilmastopakote on heikoimmin tunnettuja tekijöitä. Raportin perustana käytetyt ilmastomallit ovat myös erittäin puutteellisia pilvien osalta, eivätkä ota huomioon em. yhteyttä.

Viime aikoina on saatu merkittävää lisänäyttöä sille, että ilmaston pitkäaikaisella kehityksellä ja Auringon toiminnan (kosmisten säteiden) vaihtelulla on usein suurta samankaltaisuutta. Tällaisia tuloksia on saatu mm. erilaisten kuivuus- ja sadekausien esiintymisestä. On myös alustavia tuloksia siitä, että tällaisilla aurinkoperäisillä ympäristömuutoksilla olisi ollut merkitystä eräiden kulttuurien kehitykselle ja tuholle. On jopa esitetty, että ihmisen kulttuurimuutos metsästäjästä maanviljelijäksi noin 10000 vuotta sitten johtuisi samaisista syistä. Joka tapauksessa Auringon magneettisen toiminnan muutosten ja niiden seurausten tutkimus avaa uusia näköaloja ja on vasta alkutekijöissään.