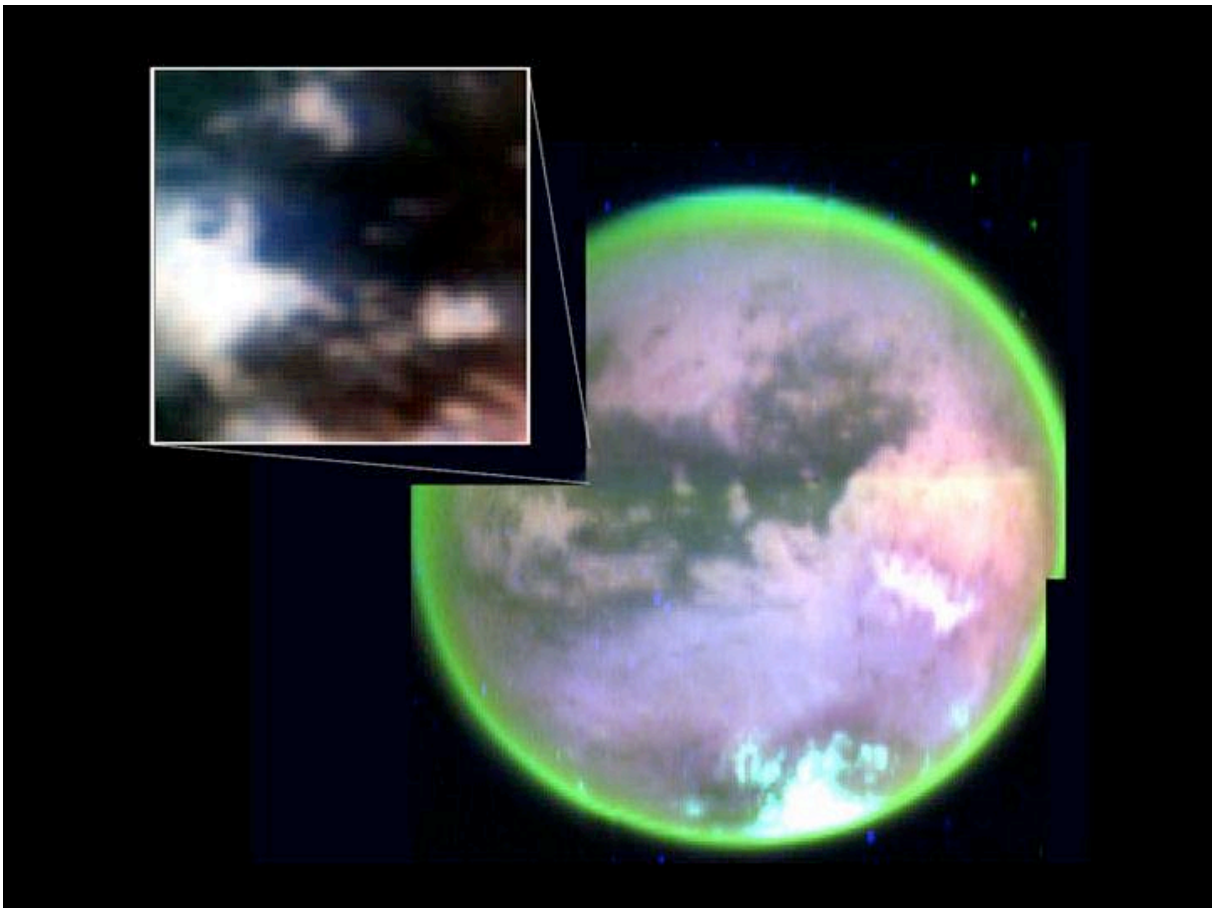


AVARUUSLUOTAIN – RYMDSONDEN 3/2004

Cassini/Huygens -teemanumero



Cassini-luotaimen näkyvän valon ja infrapuna-alueen kuvaavan spektrometrin kuvassa näkyy selkeästi Saturnuksen Titan-kuun pinnan piirteitä sekä mm. metaanipilvimuodostelma etelänavan läheisyydessä. Kuva on kooste kolmen eri infrapuna-alueen aallonpituuden (2, 2,7 ja 5 mikrometriä) väärävärικuvista. Kuvan ottohetkillä Cassinin etäisyys Titanista oli 100 000 – 140 000 km. Pienempi kuva esittää Huygens-luotaimen laskeutumisaluetta (kuva: NASA/JPL/Arizonan yliopisto). Ks. aiheeseen liittyen tässä lehdessä mm. s. 2, 10, 15 ja 17.

Sisältö	
CAPS/IBS: Oulun yliopisto Cassini-hankkeessa.....	2
Pääkirjoitus	3
Puheenjohtajalta	4
IAF General Assembly 2004 Kanada ..	5
Avaruus uutisia	6
<i>Hyppyportti</i> eli Webbi uutisia	7
Urpo Häyrinen on poissa.....	8
Svensk resumé	8
Teemakokonaisuus: Cassini/Huygens –luotain ja Suomi.....	10
CAPS/IBS: Oulun yliopisto Cassini-hankkeessa.....	12
Huygens ja HASI/PPI.....	15
Titanin ionipaon simulointia Ilmatieteen laitoksella.....	17
Contents	
CAPS/IBS: University of Oulu on the Cassini mission	2
Editorial.....	3
The President's section.....	4
IAF General Assembly 2004 Canada ..	5
Space News.....	6
Jumpgate or WWW news	7
Obituary: Urpo Häyrinen	8
Swedish abstracts	8
Special issue: Cassini/Huygens probe and Finland.....	10
CAPS/IBS (continued)	12
Huygens and HASI/PPI.....	15
Simulation of Titan's ion escape at Finnish Meteorological Institute.....	17

Pääkirjoitus

Syksy on tullut ja ehkä talvikin kolkuttelee kohta ovelle, vaikkakin kasvihuoneilmaston voimistuminen niitä arktisia talvia aika lailla taitaa (valitettavasti) leudontaa.

Tässä numerossa suunnataan kuitenkin usean kirjoituksen ja yhteisen teeman merkeissä vielä kylmempiin ympäristöihin eli rengasplaneetta Saturnuksen ympäristöön ja etenkin sen suurimpaan kuuhun eli Titaniin. Suomalaiset ovat monessa mukana, myöskin vahvalla panoksella Cassini/Huygens –luotainyhdistelmässä osaltaan tutkimassa Saturnuksen magnetosfäärin sekä Titanin kaasukehän ominaisuuksia ja ilmiöitä.

Tässä lehdessä on jonkin verran kokeiltu pieniä lisäyksiä ja muutoksia visuaaliseen ilmeeseen ja lehti taitaa olla ensimmäisen teemanumero ainakin pitkään aikaan. Uskoisin, että teemanumeroita tulee jatkossakin, ainakin raketti- ja työntövoimajärjestelmät ja –tekniikka voisivat olla kiinnostavia; antakaa palautetta tästä numerosta ja ehdotuksia sopivista teemoista! Terveisin

Tero Siili, päätoimittaja

Päätoimittaja: Tero Siili – **Toimituksen osoite:** C/o Ilmatieteen laitos / AVA, PL 503, 00101 HELSINKI – **Puhelin:** (09) 19294660 – **Telekopio:** (09) 19294603 – **Sähköposti:** Avaruusluotain@sats-saff.fi

ISSN: 0356-021X – **Painos:** 240 kpl – **Ilmestymistaajuus:** neljä kertaa vuodessa – **Vuosikerran tilaushinta:** 22 € – **Ilmoitushinnat:** tiedustele päätoimittajalta.

Julkaisija:

Suomen avaruustutkimusseura – Sällskapet för astronautisk forskning i Finland – Finnish Astronautical Society, PL 507, 00101 HELSINKI. Kauppalaantie 6-8, 00320 HELSINKI, (09) 5874433, <http://www.sats-saff.fi/>. **Pankkiyhteys:** Nordea 218518-129232

Aineistopäivät vuonna 2004

4/2004 10.12.

Aineistopäivät vuonna 2005

1/2005 28.2.

2/2005 15.5.

Nimellä tai nimimerkillä kirjoitetuissa artikkeleissa esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajan henkilökohtaisia käsityksiä eivätkä välttämättä vastaa seuran tai lehden virallista kantaa.

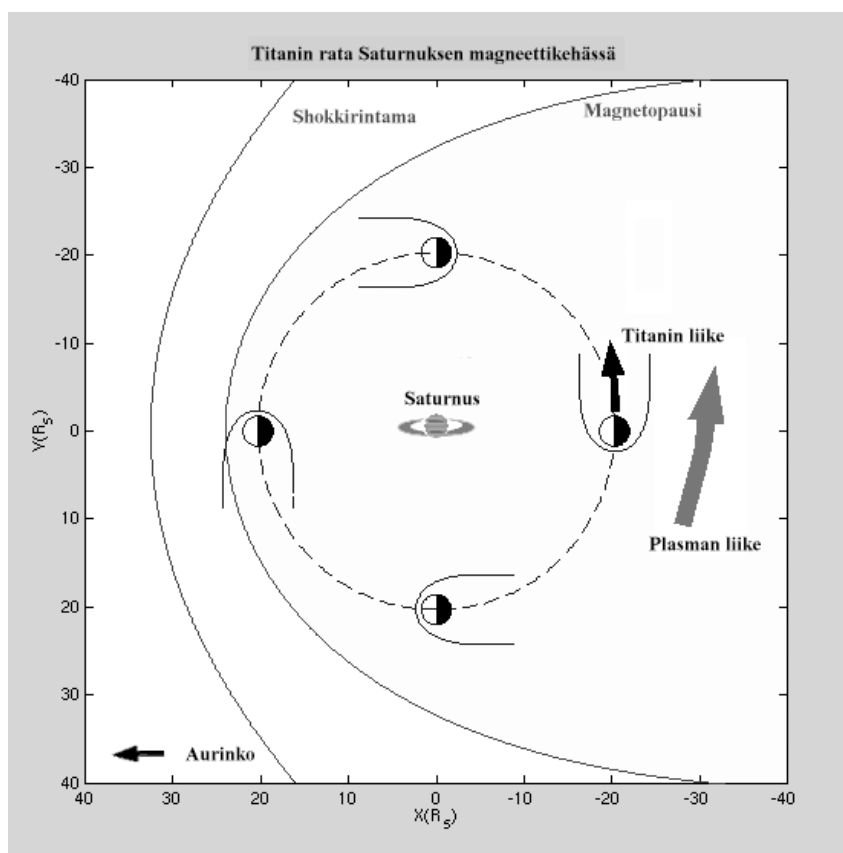
Titanin ionipaon simulointia Ilmatieteen laitoksella

Ilkka Sillanpää

Ilmatieteen laitoksen Avaruustutkimuksen (aiemmin Geofysiikan) osastolla on tehty korkeatasoista Maan yläilmakehän ja magneettikentän tutkimusta jo vuosikymmeniä, mistä tunnetuinta lienee revontulitutkimus. 1980-luvulta lähtien myös avaruusluotainten instrumentteja on osastolla itse rakennettu sekä tilattu suomalaisilta alihankkijoilta. Etenkin happi-ionien mittaukseen tarkoitettu Aspera-mittalaitesarja kuuluu instrumenteistamme menestyksekkäimpiin. Aspera-3 on parhaillaan eurooppalaisessa Mars Express-luotaimessa, joka saapui Marsia kiertävälle radalleen vuoden 2003 lopussa. Mars on myös ollut Ilmatieteen laitoksella mallinnustyön kohteena – niin Marsin säämallien kehittämisessä kuin ionipaon ja aurinkotuuli-vuorovaikutuksen simuloinneissa. Nyt alunperin Marsille kehitettyä plasmavuorovaikutusmallia on sovellettu myös muihin Aurinkokuntamme kohteisiin, kuten Merkuriukseen, Venukseen ja nyttemmin myös Titaniin. Tässä kirjoituksessa esitellään avaruustutkimuksen osastolla viime aikoina tehtyjä Titan-simulaatioita ja sitä, miten nämä simulaatiot auttavat ymmärtämään Titanin plas-

maympäristössä tapahtuvia kiintoisia ja erityislaatuisia ilmiöitä.

Titan on tutkimuskohteena hyvin tärkeä – se on vielä ennen Cassini- ja Huygens-luotainten tuloksia suhteellisen huonosti tunnettu Aurinkokuntamme kappale. Titanin vielä näkemättömän pinnan lisäksi sen vuorovaikutus Saturnuksen magneettikentän kanssa on erityisen kiintoisa. Titanin paksusta kaasukehästä karkaa ennen kaikkea vetyä ja



Titanin rata Saturnuksen magneettikehässä. Kuvassa Aurinko on vasemmalla ja kaari Titanin radasta vain hieman ulospäin on magnetopausi, jota ennen aurinkotuuli kääntyy kiertämään Saturnuksen ja sen magneettikehän. Varsinainen shokkirintama on merkitty magnetopausin ulkopuolelle kaarella. Harmaa nuoli kuvaa plasman liikettä Saturnuksen pyörimissuuntaan. Titan kiertää myös Saturnusta samaan suuntaan, tosin alle kymmenesosalla plasman nopeudesta.

tyypeä sekä neutraaleina atomeina että varauksellisina ioneina. Tämä Titanista karannut vety ja typpi muodostavat renkaan Saturnuksen magneettikehässä Titanin radan ympärille, ja Titanin liikkeessa radallaan se vuorovaikuttaa tämän lähinnä sen omaa perua olevan aineen kanssa. Saturnuksen pyöriminen pyörittää myös sen magneettikenttää reilun kymmenen tunnin pyörähdysajalla. Tämä magneettikentän ja sen mukana ionien liike on hidastunut hieman Titanin radan etäisyydellä (1,20 milj. km Saturnuksesta eli 10 x Saturnuksen halkaisija tai reilut 3 x Kuun etäisyys Maasta) ja vastaa suunnilleen nopeutta 120 km/s Titanin suhteen, Titanin oma ratanopeus kun on vain 5,5 km/s. Kuitenkin tämän Titanin kanssa vuorovaikuttavan plasman lämpötila on hyvin korkea (miljoonia asteita), joten vaikka keskimääräinen nopeus on noin 120 km/s Saturnuksen ympäri, yksittäisten ionien liike poikkeaa tästä rajusti. Sivun 17 kuvassa tilannetta on hahmoteltu ja siitä nähdään että Saturnuksen magneettikehä ylittää vain vähän Titanin radan ulkopuolelle Auringon suunnalla. Itse asiassa Titan saattaa joutua radallaan hetkeksi aurinkotuuleen, jos magneettikehä painuu osittain kasaan erityisen voimakkaan aurinkotuulen paineesta.

Ilmatieteen laitoksella Titan-tutkimukseen käytetty simulaatiomalli on ns. *kvasi neutraali hybridimalli*. Tämä tarkoittaa sitä, että simulaatiossa käytetään makrohiukkasia, jotka edustavat paljon suurempaa määrää positiivisesti varautuneita ioneja ja negatiiviset elektronit taas ikään kuin muodostavat massattoman nesteen, joka paikallisesti neutraloi ionien sähkövarauksen. On järkevää olla mallintamatta yksittäisten elektronien liikettä, koska elektronit ovat hyvin keveitä ja siten herkkäliikkeisinä seuraavat ionien liikettä eivätkä juurikaan vaikuttaisi ratkaisuun Titanin kokoista kappaletta tarkasteltaessa, kun taas paljon massiivisempien ionien liike magneetti- ja sähkökentässä on erilaista esimerkiksi eri puolilla Titania. Simu-

laatiossa hiukkaset ja magneetti- ja sähkökentät vaikuttavat toisiinsa, ja siksi hiukkasten liike ja kenttien kehittyminen lasketaan vuorotelten joka aika-askeleella, niin että kentät ja hiukkasten nopeudet ja tiheydet kehittyvät fysikaalisesti oikein. Haasteena Titan-simulaatioissa on hyvin suuret nopeusvaihtelut ionien välillä ja siitä seuraavat ongelmat esim. plasman syötössä simulaatiolaatikkoon. Aurinkotuulella taas ionien lämpöliike on pientä ja hiukkaset ovat hyvin kiinni magneettikentässä. Siten vastaavia ongelmia ei ollut mallinnettaessa aurinkotuulen vuorovaikutusta Marsin ja Venuksen kanssa. Olemme nyt Ilmatieteen laitoksella onnistuneet mallintamaan Titanin vuorovaikutusta kuumien ionien ja Saturnuksen magneettikentän muodostaman plasman kanssa realistisesti, ja siten olemmekin Titan-tutkimuksen kärkeä koko maailmassa.

Sivun 19 kuvassa on tilanne simulaatioajosta tarkasteltuna sivulta (yläpaneelit) sekä rata-tasossa (alapaneelit). Tässä kuvassa nähdään Titanin plasmavuorovaikutuksen peruspiirteitä. Vasemman puoleisissa paneeleissa on magneettikentän voimakkuus ja ylemmässä niistä myös magneettiset kenttäviivat, kun taas oikean puoleisissa näkyvät plasman virtausviivat ja ionien määrä valkoisella. Virtaus hidastuu ylävirtaan Titanista (kuvissa virtaus saapuu vasemmalta), ja siksi myös kenttäviivat pakkautuvat Titanin kohdatessaan ja magneettikenttä kasvaa virtauksen ylävirran puolella. Magneettikentän pohjois-etelä-epäsymmetria vasemmassa yläpaneelissa johtuu lähinnä valituksi tulleesta tasosta, eikä siis seuraa taipunutta pyrstöä, mikä näkyy selkeästi alemmista paneeleista. Pyrstön taipuminen kohti Saturnusta (eli ylöspäin alapaneeleissa) on seurausta liikuvan magneettikentän aikaansaamasta sähkökentästä (Faradayn laki: $\mathbf{E} = \mathbf{v} \times \mathbf{B}$). Titanille tämä ns. indusoitu sähkökenttä on pois päin Saturnuksesta ja kiihdyttää Titanista pakenevia ioneita tuohon suuntaan. Tällöin liikemäärän säilymiseksi

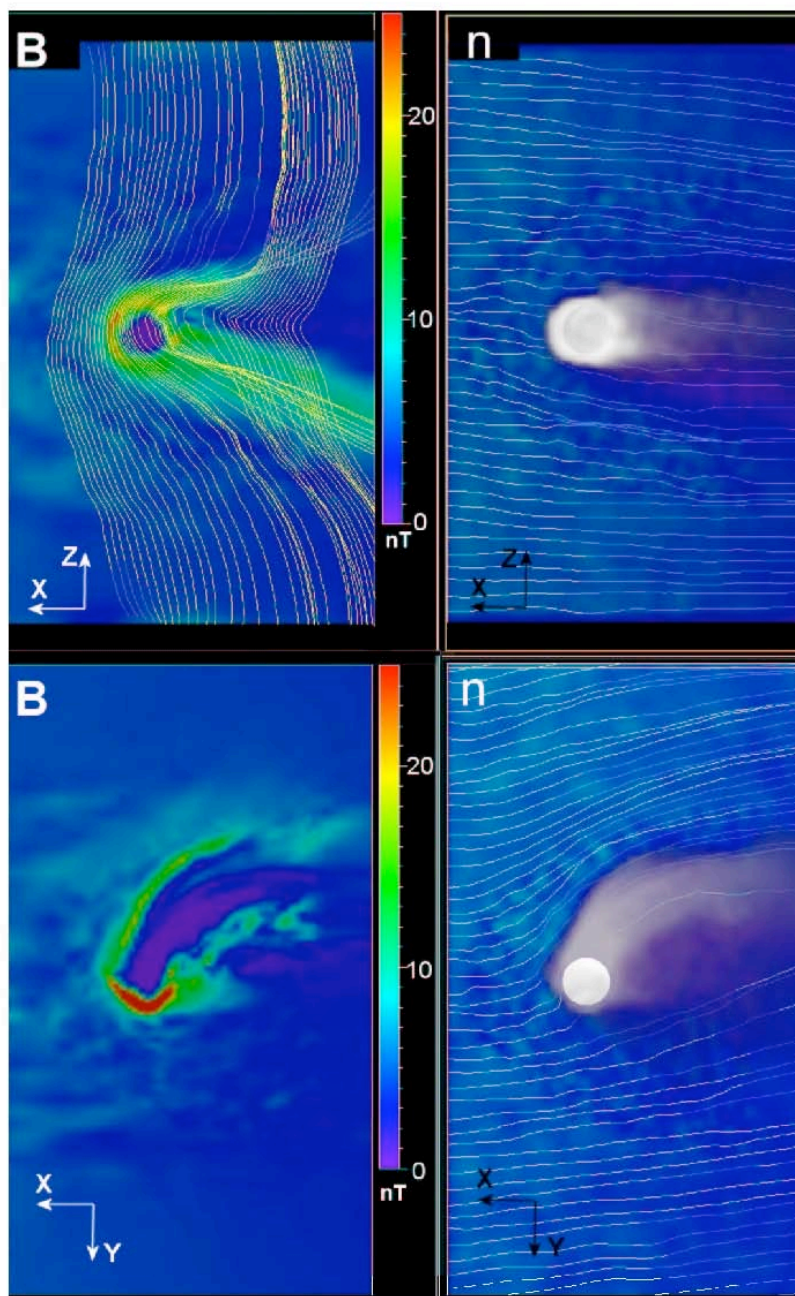
magneettikenttää kuljettava plasmavirtaus kääntyy Saturnukseen päin, kuten on nähtävissä oikeanpuoleisen alapaneelin plasman virtausviivoista.

Kuvasta huomataan myöskin, että heikon magneettikentän alue Titanin takana on tarkalleen samalla kohdalla missä ionien tiheys on runsainta. Myöskin pyrstön kaareva muoto näkyy samanlaisena sekä ioni- että magneettikenttäkuvassa.

Huomion arvoista on myöskin se, että magneettikentän suurimmat arvot ovat Saturnuksesta katsottuna Titanin vastakkaisella puolella (ks. vasen alapaneeli), eivätkä virtauksen alkuperäisen tulosuunnan puolella.

Olemme viime kuukausina tutkineet erityisesti Titanista pakenevien ionien määrää ja Titanin rata-aseman vaikutusta mm. pyrstön muotoon. Olemme selvittäneet Titanissa ionisoituvien molekyylien todennäköisyyttä palata Titanin kaasukehään ja lähettäneet tuoreen artikkelin tulokset kansainväliseen tiedejulkaisuun. Tarkoituksemme on eräiden muiden parannusten lisäksi liittää malliin Titanin plasmaympäristössä tärkeitä ionisaatioprosesseja kuten nopeiden elektronien aiheuttamat ionisaatiot Titanin kaasukehän aivan ylimmissä kerroksissa. Odotamme kiinnostavia tuloksia jo Cassini-luotaimen ensimmäisiltä lähikohtaamisilta Titanin kanssa 26.10. ja 13.12.2004. Mutta mittaus-tuloksia on tulossa paljon enemmänkin Cassinin tulevil-

ta kymmeniltä Titanin ohilennoilta (ks. s. 11).



Magneettikenttä ja ionitiheys erästä simulaatioajosta. Plasmavirtaus tulee kaikissa paneeleissa vasemmalta. Ylemmissä paneeleissa etelä ja magneettikenttä kaukana Titanista ovat alaspäin, ja alemmissä Saturnus on ylhäällä eli pyrstön taipumissuunnassa.