

Maailmanlopun ennustuksia

Koska tulee tuho – ja miten?

HANNU TANSKANEN
NASA/ESA/SOHO, kuvat

Jättimäiset asteroidit uhkaavat maapalloa – ainakin tieteiskirjallisuudessa ja katastrofielokuvissa. Mutta myös tiedemiehet ovat alkaneet laskea todennäköisyyksiä sille, milloin jättiläisasteroidi iskeytyy planeettamme pintaan tai joku muu luonnonkatastrofi vie meiltä kaikki elämän edellytykset. Samalla on ryhtytty etsimään keinoja, joilla totaalinen tuho voitaisiin estää.

Katastrofielokuvissa urheat sankarit pelastavat ihmiskunnan tai ainakin sen rippeet, iski Maahan sitten meteoriitti tai joku muu vitsaus. Useimmat vakavasti otettavat tiedemiehet kehittävät kuitenkin pistämään jätit hattuun, sillä mullistuksia sattuu, mutta aikaskaala on sellainen, että syytä suureen huoleen ei ole.

Jotkut tiedemiehet ovat toista mieltä. Jos Cambridgen yliopiston astronomi ja kosmologi **Sir Martin Rees** olisi kuka hyvänsä 62-vuotias tieteentekijä, hänen ennusteensa pysähtyisivät kotipiiriin. Mutta tämä seitsemän kirjaa ja yli 500 alan artikkelia kirjoittanut kuninkaallinen astronomi on yksi alan guruista, ja hänen näkemyksensä otetaan yleensä tiedemaailmassa hyvinkin vakavasti.

Martin Reesin mukaan ihmiskunnalla on vain 50:50-mahdollisuus selvitä hengissä kolmannen vuosituhannen toiselle vuosisadalle. Katsotaanpa tekniikan näkökulmasta eräitä Reesin kauhuvisioita ja pohditaan, miten tekniikka voisi pelastaa meidät tuholta.

Tähtitieteilijänä Rees ei voi välttää esittelemästä jo klassisia kauhuskenaarioita törmäyskurssilla olevasta taivaankappaleesta tai yl-

lättään poksahdusta lähitähdestä. Hän ei kuitenkaan pysähdy tähän, vaan tarjottimella ovat myös ihmisen oman teknologian aiheuttamat vaarat: bioaseet, nanokoneet ja mustan aukon tapaturmainen syntyminen laboratorioissa.

Maan ilmakehään iskeytyy joka yö keskimäärin sata miljoonaa kappaletta tähtienvälistä rojua, mutta ne ovat onneksi valtaosin hiekanjyvän kokoisia. Me näemme ne vain tähdenlennoiksi kutsuminamme nopeina välähdyksinä yötaivaalla, jossa planeettamme ilmakehä höyrystää ne. Yhteensäkin nämä kivet painavat vain muutaman tonnin.

Kerran vuodessa halkaisijaltaan 2–3 metrin kokoinen lohkarie tärisyttää yläilmakehää pienen ydinpömpin voimalla, ja kymmenen prosentin todennäköisyydellä saamme niskaamme tällä vuosisadalla satametrisen kallion, joka maahan törmätessään pystyisi tuhoamaan New Yorkin kokoisin kaupungin ydinosaan.

Yksi mahdollisuus viidestäuhannesta on, että tulevan sadan vuoden aikana koko sivilisaatiomme pyyhkäisee olemattomiin halkaisijaltaan 1–2 kilometrin kokoinen asteroidi tai komeetta murskaavalla sadan tuhannen megatonnin räjähdysvoimallaan. Viime

vuosina on alettu vakavasti pohtia, voimmeko tehdä mitään, jos tällainen tuomiopäivä Maata uhkaa.

Kannattaako ylipäänsä huolestua tapahtumasta, joka mahdollisesti uhkaa vasta vuosimiljoonien päästä? Todennäköisyys ei kuitenkaan koskaan kerro, tapahtuuko se miljoonan vuoden vai kymmenen vuoden kuluttua. Todennäköisesti tuho ei tule täysin yllättäen, koska pystymme jo havainnoimaan ja luetteloimaan uhkaavan kokoiset kappaleet varsin luotettavasti.

Yhdysvaltain avaruushallinnon NASA:n niin sanottu PHA-luettelo (Potentially Hazardous Asteroids) listaa huhtikuun 2004 päivityksensä satamäärin kappaleita, jotka vuoteen 2178 mennessä tulevat lähemmäs kuin 0,05 AU:n päähän Maasta. AU eli astronominen yksikkö on Auringon ja Maan keskietäisyys eli 149 597 870 km, ja vastaavasti Kuun keskietäisyys Maasta on 0,0026 AU. Alle satametriset ja yli kymmenkilometriset voimme jättää huomioon ottamatta, koska pienemmät eivät ole vakava uhka ja suuremmille emme kuitenkaan voisi tehdä yhtään mitään

Testiasteroidi suistetaan radaltaan

Tieteiselokuvien esittämä mene-



IDA on 52 km:n kokoinen asteroidi, jolla on jopa oma pikku kuunsa. Tällaisen järkäleen törmääminen Maahan merkitsisi sivilisaatiomme loppua. Onneksi Ida on kuitenkin meihin nähden kaukaisella ja turvallisella radalla.



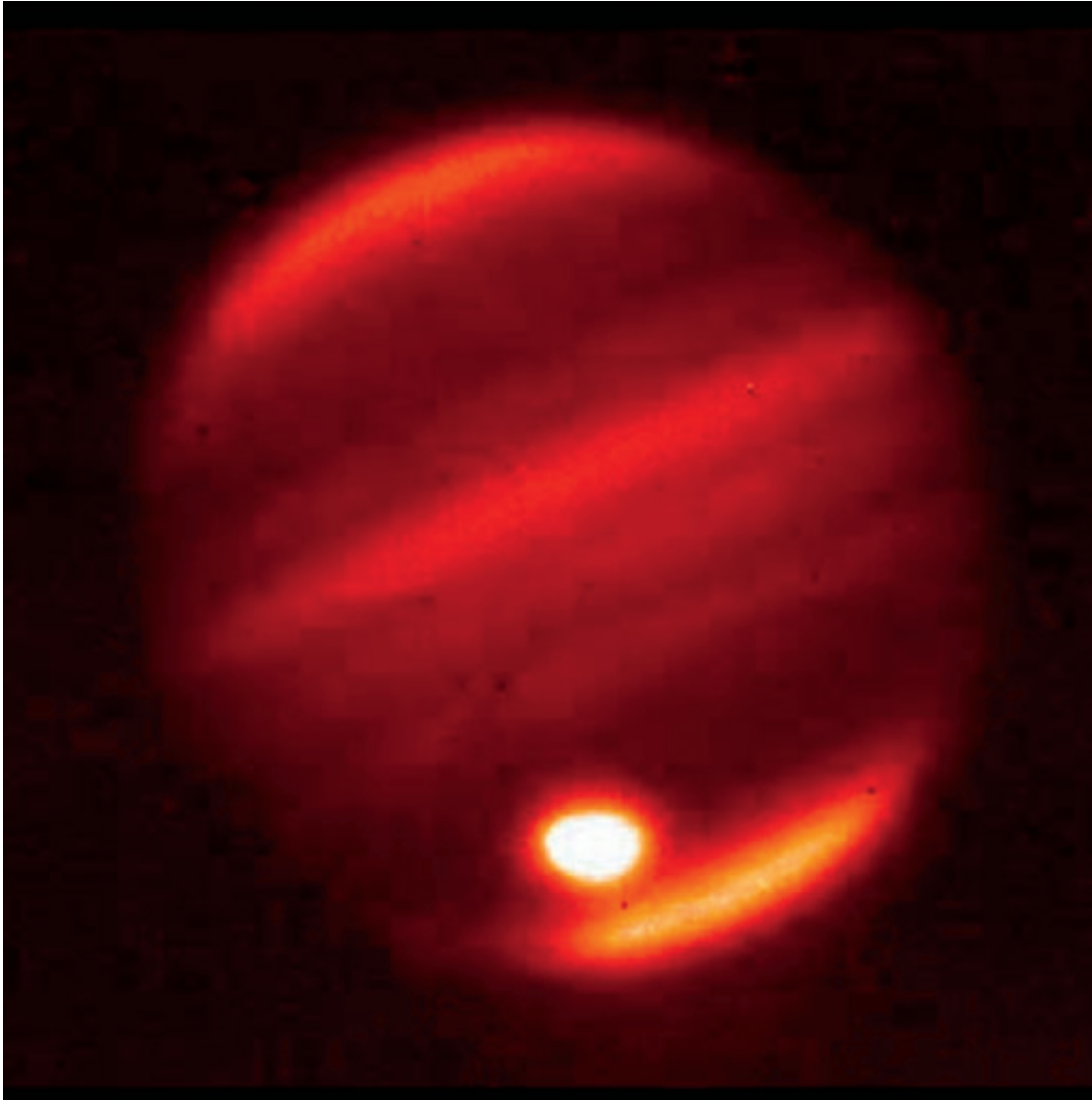
Mustien aukkojen tutkija

■ **SIR Martin Rees**, Astronomer Royal vuodesta 1995 ja Cambridgen Trinity Collegen johtaja vuodesta 2004 alkaen, valmistui samasta laitoksesta ja jatkoi opintoja USA:ssa, palasi Britanniaan Sussexin yliopiston professorille ja 1991 takaisin Cambridgeen. Rees aateloitiin 1992.

Hän on julkaissut yli 500 tutkimusta, muun muassa kosmisesta mikroaaltotaustasta, galaksien muodostumisesta ja kvasaareista. Kvasaaritutkimuksissaan hän puolusti voimakkaasti laajenevan maailmankaikkeuden mallia. Rees myös ehdotti ensimmäisenä, että kvasarien voimanlähteenä on valtava musta aukko.

Suuren yleisön keskuudessa Rees tunnetaan erityisesti astronomian ja yleensäkin tieteen popularisoijana. Hän on julkaissut alalta seitsemän kirjaa, joista viimeisin on pessimistisillä ennustuksillaan suurta huomiota herättänyt *Our Final Hour* vuodelta 2003. Reesiltä on suomennettu kaksi kirjaa, *Ennen alkua* (Ursa, 1997) ja *Avaruuden avainluvut* (WSOY, 2000).





HEINÄKUUSSA 1994 törmäsi jättilplaneetta Jupiteriin hajonneen komeetta Shoemaker-Levy 9:n osia ainakin 21 kappaletta, joista suurimmat olivat lähes kaksikilometrisiä. Ne aiheuttivat Jupiterin kaasukehään maapallon kokoisia räjähdyspilviä (kuvan hehkuva pilvi 14 000 km), jotka säilyivät vuosia. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun voitiin suoraan havainnoida planeettaan törmäävää taivaankappaletta aurinkokunnassamme.

telmä, jossa uhkaavasti lähestyvä avaruuden kivenjätkäle hajotetaan ydinaseella, voi olla viimeinen keino, jos lohkare pääsee yllättämään meidät liian lyhyellä varoitusajalla. Menetelmällä on kuitenkin monia vakavia haittapuolia, eikä tulos olisi sen paremmin ennustettavissa kuin kontrolloitavissakaan. Ydinräjähdys saattaisi radalta suistamisen sijaan hajottaa asteroidin useaksi kappaleeksi, minkä jälkeen meillä olisi yhden ongelman sijasta monta ongelmaa.

Marraskuussa 2003 arvostettu tiedelehti *Scientific American* esitti ensimmäisen vakavan suunnitelman pienen, tähtikarttoihin yksinkertaisella B 612 -nimellä merkityn asteroidin suistamisesta koemielessä radaltaan. Artikkelin kirjoittajina ei ollut "huhuaa-miehiä" vaan Apollo 9:n Kuuuhun laskeutumisalusta 1969 ohjannut **Russell Schweickart**, kansainvälisellä avaruusasemalla toimi-

nut astronautti **Edward Lu** ja kolme muuta tunnettujen yliopistojen professoria Yhdysvalloista. Menetelmää ehdotetaan testattavaksi vuonna 2015.

Kun pieni voima vaikuttaa tarpeeksi pitkään ja oikeaan suuntaan, se saa aikaan radanmuutoksen suurellekin kappaleelle.

Ensimmäinen ongelma on lento asteroidille. Asteroidien ja komeettojen nopeudet vaihtelevat suuresti niiden sijainnin mukaan. Jupiteriin törmänneet Shoemaker-Levy-komeetan parikilometriset kappaleet törmäsivät siihen Jupiterin valtavalalla pakonopeudella 60 km/s. Keskimäärin kuitenkin asteroidien sauttamiseen tarvitaan 15 km/s nopeusmuutos, joka on suurempi kuin pakonopeus Maasta. Kemiallisilla raketeilla tämä ei onnistu, vaan tarvitaan ydinreaktoria käyttävä ioniraketti. Suurimmilla nykyisillä raketeilla (Titan 4, Ariane 5, Proton) saadaan

kiertoradalle noin 20 tonnia massaa.

Tästä eteenpäin ja asteroidin tyrkäämiseen radaltaan tarvitaan raketti, jonka niin sanottu ominaisimpulssi on 10 000 s. Parhaiden kemiallisten rakettien impulssi avaruuden tyhjössä on noin 425 s. Eräs kehittyvä oleva kandidaatti on VASIMIR (Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket) -moottori, joka käyttää radioaaltoja plasman ionisoimiseen ja kiihdyttämiseen aina impulssin arvoon 30 000 s.

B 612 on noin kaksisataametrisen asteroidi, jonka massa on kymmenen miljardia kiloa. Tarvitaan kuitenkin vain kahden ja puolen newtonin voima (jolla nostaisi juuri ja juuri maitolasin pöydältä) työntämään asteroidia menosuuntaansa kolmen kuukauden ajan, jotta riittävä ratanopeuden muutos (0,2 cm/s) saadaan aikaan. Tällainen asteroidin radan muutos hivenen suuremmaksi aiheuttaa sen, että kahdentoista

vuoden kuluttua se on kohtaamis-pisteessään maapalloon 6 720 km jäljessä, ja koska tämä on maapallon halkaisijan puolikas, sujahtaa asteroidi hiuksenhienosti Maan ohi.

Samana asiaa ajaa, jos asteroidia jarrutetaan samalla voimalla, jolloin rata "edistää" ja Maa ohitetaan toiselta puolelta. Asiassa on vain yksi ongelma: asteroidi pyörii kymmenien kierrosta vuorokaudessa, ja sen vuoksi raketin suihku puhaltelisi milloin mihinkin suuntaan. Tämä aiotaan ratkaista sillä, että asteroidin pyörimisakseli siirretään radan suuntaiseksi, jolloin se ei haittaa. Pyörimisen kokonaan pysäyttäminen voisi olla syntyvien vuorovesivoimien takia suurempi riski.

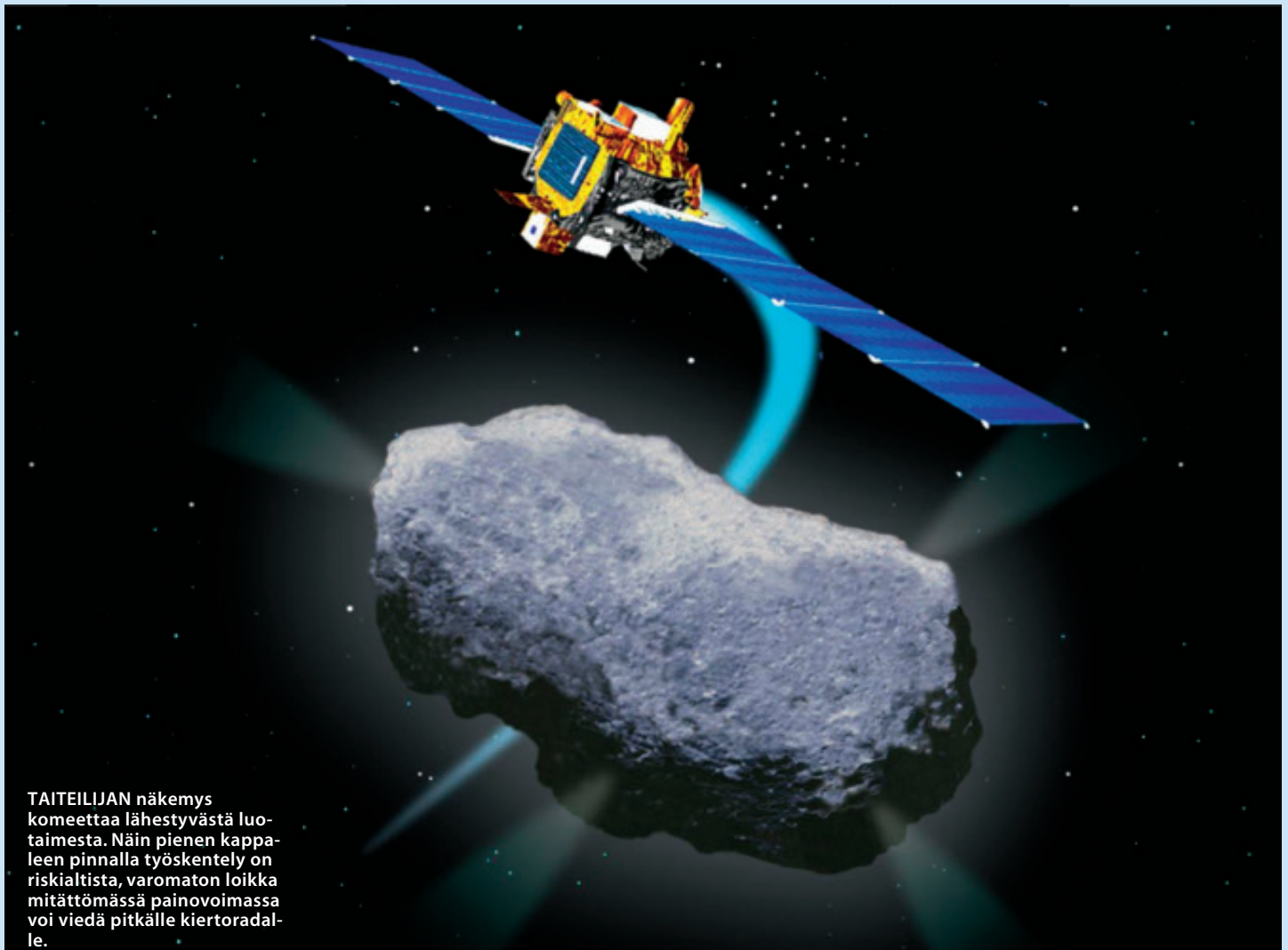
Entä jos Aurinkomme räjähtää?

Tähdet päättävät toisinaan päivänsä räjähtämällä väkivaltaisesti, samalla ne haihduttavat paitsi oman planeettakuntansa, myös kaiken muun valovuosien säteellä. Tähtitieteilijät rauhoittavat ja sanovat, että oma keskustähtemme Aurinko on vasta viriilin ikänsä puolivälissä, ja sen voidaan olettaa pokahtavan noin 5 000 000 000 vuoden päästä. Henkivakuutusta ei siis aivan heti tarvitse ottaa.

Tieteiskirjailijoille annettiin kuitenkin neljä vuosikymmentä aikaa kehitellä maailmanlopun visioita niin sanotun neutriinoparadoksin nimissä. Jo 1920-luvulla oli tyydyttävästi selitetty fyysikko **Arthur Eddingtonin** työn pohjalta Auringon sisustan ydinreaktiot. Siinä oli vain yksi kauneusvirhe: energiaa tuli liian paljon. Vuosikymmen myöhemmin **Wolfgang Pauli** ehdotti, että hypoteettinen neutriino-niminen hiukkanen kuskaisi energian pois Auringon sisuksista. Vuonna 1956 tällainen hiukkanen lopulta löydettiinkin, ja kaikki tuntui olevan taas kohdallaan, kunnes joku pilasi ilon: neutriinoita virtasi Auringosta vain kolmannes vaadituista.

Vakavasti otettavien tieteiskirjailijoiden grand old man **Arthur C. Clarke** tarttui tilaisuuteen ja veisti tästä "neutriinoparadoksista" huijan tieteisromaanin, jossa Aurinkomme sisässään pesivän "syövän" takia räjähtäisi novaksi 3000-luvun alussa. Ihmiskunta joutuisi sen jälkeen kamppailemaan olemassaolostaan muissa aurinkokunnissa, jonne uuden ajan avaruusarkit sitä kilvan kiidättävät.

Clarcken ilon pilasi lopullisesti vasta Kanadan Ontariossa sijaitseva Sudbryn neutriino-observatorio, jossa vuoden 2002 marraskuussa lo-



TAITEILIJAN näkemys komeettaa lähestyvistä luotaimista. Näin pienen kappaleen pinnalla työskentely on riskialtista, varomaton loikka mitättömässä painovoimassa voi viedä pitkälle kiertoradalle.

Asteroidien torjuminen

■ **VAIKKA** asteroidin hajottaminen ydinaseilla saattaa kuulostaa hyvältä keinolta, sillä on muutamia vakavia haittapuolia. Jos kuitenkin havaitsemme asteroidin vain muutamia kuukausia ennen sen iskeytymistä Maahan, ydinaseisku jäisi ainoaksi mahdollisuudeksi. Asteroidin vieressä räjähtävä suuri ydinlataus saattaisi antaa riittävän potkun, jotta asteroidin rata muuttuisi tarpeeksi.

Kineettisen iskun käyttö tarkoittaa, että asteroidiin törmäytetään suurin mahdollinen raketti suurimmalla mahdollisella nopeudella ja toivotaan iskun poikkeuttavan asteroidin radaltaan. Oikeaan kohtaan osuminen suurella kohtaamisnopeudella on kuitenkin ongelma, ja saattaisimme vain lohkaista palan taivaankappaleen kulumasta.

On myös ehdotettu, että asteroidin



pinnalle rakennettaisiin massalinko. Se sinkoaisi asteroidin omaa materiaa ulos suurella nopeudella, ja reaktiivoima siirtäisi rataa. Etuna olisi, ettei massaa tarvitse viedä sinne Maasta. Tämä keino vaatii kuitenkin suuritehoista energianlähdettä, lisäksi systeemin rakentaminen asteroidin pinnalle asettaisi ava-

ruusinsinööritaidot kovalle koetukselle.

Ablaatio puolestaan olisi metodi, jossa asteroidin pintaa höyrystettäisiin joko auringonvalon polttopisteeksi kokoavalla jättimäisellä peilillä tai suuritehoisella laserilla sen lähellä kelluvalta asemalta. Tämän metodin kiintoisimpana puolena on, ettei asteroidin pyöri-

ASTEROIDIN torjuntaretken ensimmäinen osa Maata kiertävälle radalle voitaisiin tehdä esimerkiksi avaruussukkulalla. Jatkoa varten täytyy lastiruumasta kuitenkin kaivaa esiin ydinkäyttöinen ioniraketti, jonka impulssi riittää jatkolippuun asteroidille ja asteroidin siirtämiseen. Kuvassa avaruussukkulalla Atlantis nousussa.

misliike olisi ongelma. Haittoina olisi säteilytysaseman paikallaan pitämiseen tarvittava polttoaine ja höyrystyvän materiaalin kerääntyminen peilin pinnalle.

Auringon säteilypaineen käyttö tapahtuisi joko asteroidin pinnalle rakennetulla heijastavalla avaruuspurjeella, tai sitten koko asteroidin pinta peitettäisiin heijastavalla maalilla. Maalia tarvittaisiin kuitenkin valtava määrä, ja sen levittäminen olisi vaikeaa.

Yksi keino on laskeutua asteroidille ja työntää se syrjään rakettimootoreilla.

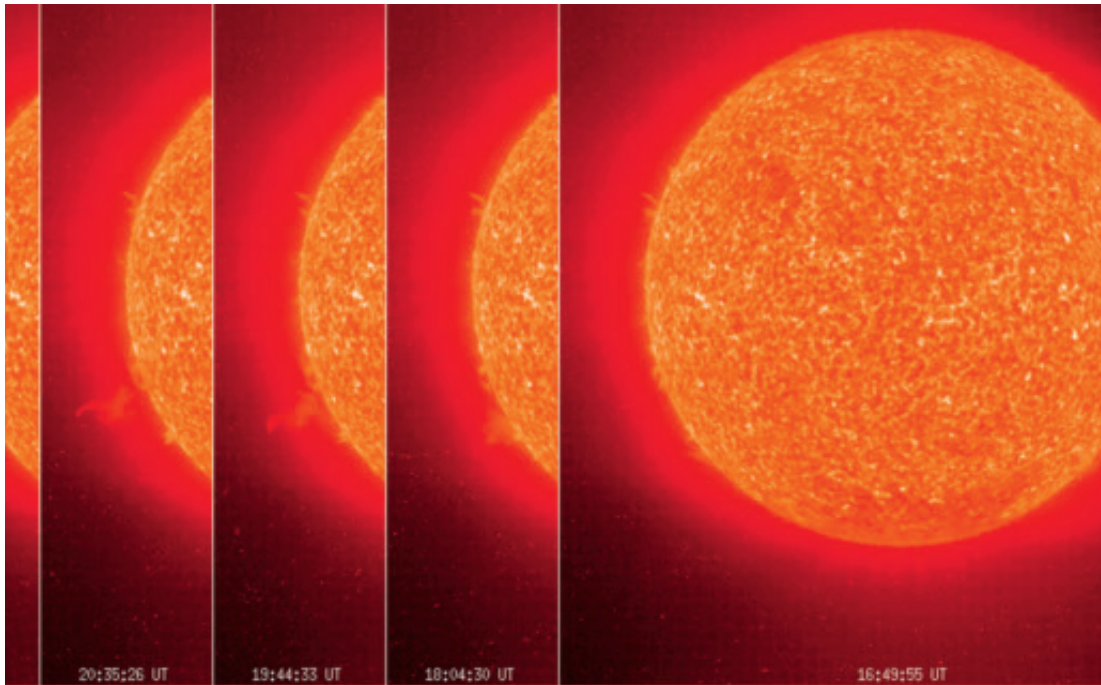
pullisesti todistettiin, että neutriinoja tuli Auringosta aivan oikea määrä. Neutriinoja oli kuitenkin kolme eri lajia, aiemmin olimme pys-

tyneet havainnoimaan vain yhden niistä. Maailma oli siis pelastettu.

Mitä tapahtuisi, jos Aurinkomme muuttuisi novaksi? Päivänpuolella

silloin ovat ihmiset ehtisivät kenties nähdä Auringon äkkiä kasvavan koko taivaan kokoiseksi ennen kramatoitumistaan. Yöpuolen asukkaat

saivat muutaman tunnin armonaikaa. Ensin Kuu ryhtyisi loistamaan toisena aurinkona, sitten taivaanranta ympäröisi tuhatasteiseksi



RÄJÄHTÄÄKÖ Aurinko joskus? Ei ainakaan 5 000 000 000 vuoteen, vakuuttavat kosmologit. Aurinko läheltä katsottuna on varsin pelottava näky, kuten tässä aurinko-observatio SOHO:n ottamassa infrapunakuvasarjassa. Valolta ja muulta säteilyltä vie matka mutkikasta polkua Auringon ytimestä pinnalle vuosimiljoonia, mutta pinnalle pääsee Maahan vain kahdeksan minuuttia. Ytimen reaktioiden kehittämät lähes massattomat ja varauksettomat neutriinot tekevät matkan pinnalle parissa sekunnissa. Niitä havainnoimalla saamme teleskoopin tähtien sisuksiin.

muuttuneen ilmakehän yläääninopeudella kohti ryntäävä tulimuuri.

Aurinko novana on kuitenkin puhtaasti tieteistarinaa. Nykyisen käsityksen mukaan Aurinko kuuluu tähtiin, jotka elämänsä lopussa laajenevat punaiseksi jättiläistähdiksi. Lopputulos on Maan ja muiden sisäplaneettojen kohdalla sama kuin nova-visiossa, mutta se tapahtuu pitkän ajan kuluessa.

Supernova, synnyttäjämme ja tappajamme

Elämän olemassaolon mahdollistavat raskaat alkuaineet syntyivät räjähtävien tähtien sisustan miljaridiasteisissa pätseissä. Jos tällainen äärimmäisen väkivaltainen kosmologian ilmiö leimahtaisi omassa galaksissamme, emme selviäisi. Hieman kauempana tapahtuva muheka relativististen hiukkasten kuuro tuhoaisi kaiken elävän Maan pinnalta. Teoriassa voisimme siirtyä Maan kuoreen, merien alle ja palata Nooan arkin varustus mukana meidän karsittuun kärkeen.

Tästäkin on sorvattu huppea sci-fi, jossa jo miljardi vuotta sitten Maan päällä kehittynyt vertaisemme sivilisaatio pakeni Maan kuoreen saolevalle sanotun Mohorovicin epäjatkuvuusalueelle ja jäi sinne. Sivilisaatio kehitti teknologian, joka meillä ilmenee ufoina. Paikka on saanut nimensä **Andrea Mohorovicic** -nimisestä geologista, joka havaitsi maankuoren järjestysaaltojen



MUSTAT aukot ovat avaruuden kummajaisia, joissa kokonainen tähti tai jopa miljonnat tähdet ovat puseruneet äärimmäiseen tilaan, josta valokaan ei pääse karkaamaan. Voisiko minikokoinen musta aukko syntyä vahingossa hiukkaskiihdytmissä Maan päällä ja nielaista kitaansa koko maapallon?

kulussa mielenkiintoisen poikkeaman, joka oli selitettävissä vain tyhjällä tilalla merien alla.

Supernovat sytyvät taivaalla niin satunnaisesti, että tuorein tutkimus käyttää niitä, tai käytännössä niiden valokuvauslevylle aiheuttamien "hot-spottien" epäsuoraa havainnointia.

voittoa todellisten satunnaislukujen kehittelyyn. Meidät meren alle ajavan supernovan suihku voi hyvinkin olla jo matkalla vuoden tai miljoonan vuoden päässä, mutta tiedämme sen vasta, kun valonnopeus tavoittaa meidät.

Miten todennäköistä törmäys on?

■ ARVIOT maapallon tuhoavasta asteroiditörmäyksen mahdollisuudesta vaihtelevat suuresti, ja arviot tarkentuvat koko ajan muun muassa NASA:n NEO (Near Earth Objects Program) -ohjelman myötä. Uusimpien arvioiden mukaan noin kilometrin kokoisen kappaleen törmäys tapahtuisi keskimäärin kerran sadassa tuhannessa vuodessa.

Sir Martin Reesin aikatarajaksi määrittelemään "tuhovuoteen" 2100 mennessä törmäyksen todennäköisyys olisi siis yksi tuhannesta. Kilometrinen asteroidi ei vielä aiheuta "dinosaurustuhoa". Siihen tarvitaan kymmenen kertaa suurempi, ja jos materiaali on sama, massaltaan tuhatkertainen asteroidi. Sellaisen törmäyksen aikajana lasketaan 50–100 miljoonaa vuotta, eli törmäyksen todennäköisyys laskee voimakkaasti kappaleen koon kasvaessa. Todennäköisyys sille, että törmäys tapahtuu tämän vuosisadan aikana, olisi parhaimmillaan yksi miljoonasta.

Todennäköisyyksiä voi verrata lottoon. Jos lottoamme yhden seitsemän ruskon rivin 39 mahdollisesta, todennäköisyys voittaa pääpotti on 1:15 380 937, eli näin monta erilaista riviä pitäisi tehdä, jotta voitto varmasti osuisi kohdalle. Toisaalta jos lottoaisimme saman perusrivin koko sen sadan vuoden ajan, jonka odotamme asteroidia, rivejä tulisi yhteensä 5 200 ja todennäköisyys kallistuisi loton puolelle.

Kasvihuoneilmiö, biotuhon vai kotoperäinen musta aukko?

Sir Martin Rees ei erikseen mainitse Maan tuhoajaksi kasvihuoneilmiötä, ja syy on ilmeinen. Kasvihuoneilmiöstä ollaan tiedemiespiireissäkin niin erimielisiä, että on vaikea sanoa, missä tiede loppuu ja politiikka alkaa. Ja politiikkaanhan ei kukaan itseään kunnioittava tiedemies sekaannu.

Ainoa asia, josta ollaan jokseenkin yksimielisiä, on se, että maapallon keskilämpötila näyttää nouseen viimeisen vuosisadan kuluessa, joka sattuu olemaan myös ihmisen teollisen toiminnan kulta-aikaa.

Ihminen tuottaa hiilidioksidia. Se aiheuttaa auringon säteilyn voimistunutta säilymistä maan pinnalla ja lämpötilan nousua. Lämpötilan nousu kiihdyttää entisestään hiilidioksidin kehittymistä monenlaisissa prosesseissa. Eksoottisimpiin prosesseihin kuuluu toisen voimakkaan kasvihuonekaasun eli metaanin vapautuminen merenpohjan klaraateista. Metaanin ja kylmän veden paineessa muodostuu omituisia yhdistettä, joka näyttää jäältä, mutta joka palaa kuin kuiva puu.

Klaraateilla huimimmat visionäärit selittävät jopa Bermudan kolmion katoamiset. Äkkiä vaikkapa maanvyöryn vapauttamana purkautuva metaani tekee merivedestä niin hötelöä, että laivat kolahtavat oitis pohjaan ja lentokoneet tippuvat taivaalta, kun metaani räjäyttää moottorit ja tukehduuttaa miehistöt. Teoriaa ei liene koskaan todennettu muualla kuin laboratoriossa.

Kasvihuoneilmiö-teorian vastustajat vetoavat moniin muihin ilmiöihin, joista lämpötilan nousu voi johtua. Synnä voivat olla muun muassa Auringon toiminnan vaihtelut. Muistissa ovat muun muassa dinosaurusten ajan rehevät saniaiset, vuosien 1550–1700 pieni jääkausi, jolloin Thames ja Itämeri usein jäätyivät, sekä vuodet 1645–1717, jolloin niin sanotun Maunderin minimin aikana rekisteröitiin auringonpilkkuja poikkeuksellisen vähän.

Usein viitataan myös niin sanottuun kaupunkiharhaan, sillä useimmat mittausasemat ovat urbaanilla alueella. Merien yllä ja avaruudessa satelliitein tehdyt mittaukset eivät osoita ilmakehän lämmenneen.

Biotuhosta muodossa tai toisessa Sir Martin Rees on niin varma, että hän on lyönyt asiasta vedon. Hän on tuhat dollaria köyhempi, jos viimeistään vuonna 2020 ei vähintään miljoona ihmistä menehdy tavalla tai toisella keinotekoisesti tehtyihin

Tuomiopäivän sanansaattajat

■ KULUVAN vuoden aikana Maan on ohittanut kaksi astronomisesti läheltä liippaavaa asteroidia. Vuonna 2004 FH-niminen, kolmikymmenmetrinen kokkare lähes hipaisi geostationäärisiä satelliitteja ohittaessaan Maan vain 43 000 kilometrin etäisyydeltä 18. maaliskuuta ja 4,6 x 2,4-kilometrinen Toutatis-asteroidi noin neljä kertaa Kuun etäisyydeltä 29. syyskuuta.

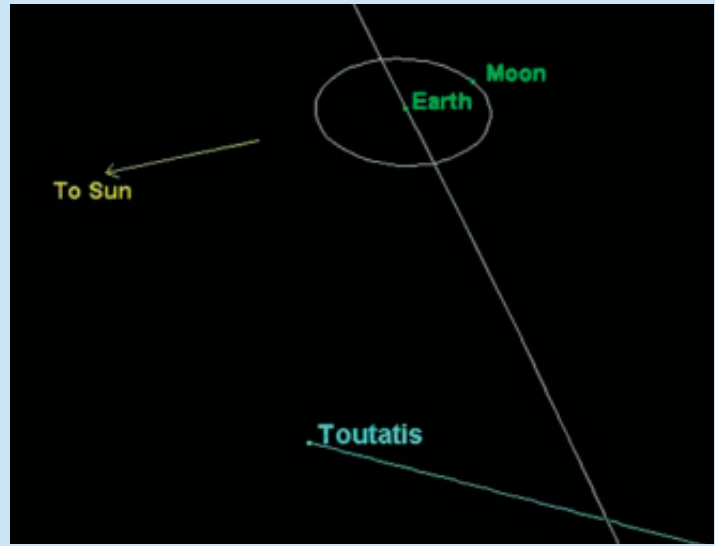
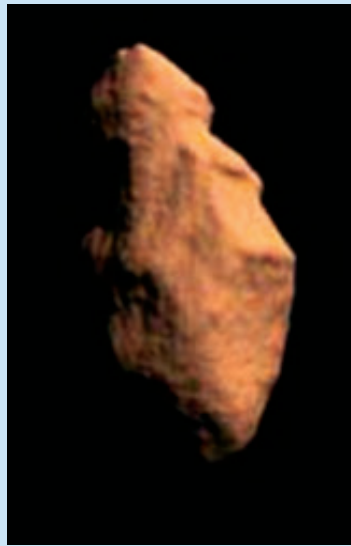
”Avaruussora” eli kappaleet pölyhiukkasten koosta useisiin senttimetreihin palavat ja haihtuvat täysin ilmakehän kitkan vaikutuksesta noin 100 kilometrin korkeudessa.

Kappaleet, joiden halkaisija on muutamia metrejä, räjähtävät yleensä suurella voimalla vahinkoa aiheuttamatta korkealla ilmakehässä. Palasia näistä tosin saattaa tulla Maahan asti. Liike-energian suuruudesta antaa kuvaa Kanadan Yukonin territoriossa tammikuussa 2000 halkaisijaltaan 2–3-metrinen meteoriitti, jonka räjähdysvoimaksi arvioitiin 4–5 kilotonnia trotyyliä, mikä vastaa pientä ydinasetta.

Kymmenien metrien kokoiset kappaleet hajoavat myös useimmiten jo ilmakehässä, joskin ne ehtivät lähemmäs maan pintaa. Esimerkkinä tällaisesta on noin 60-metriseksi arvioitu kappale, joka kesäkuussa 1908 syöksyi Tunguskan alueelle Siperiaan. Se räjähti noin kuuden kilometrin korkeudessa kymmenen megatonnin eli suuren vetypommin voimalla ja kaatoi yli 2 000 neliökilometriä metsää. Uusimpien laskelmien mukaan vastaavan kokoluokan törmäyksen mahdollisuus tällä vuosisadalla on 20 prosentin luokkaa.

Halkaisijaltaan yli satametriset asteroidit muodostavat vieläkin suuremman uhan, koska ne pystyvät usein tunkeutumaan maahan asti. Törmäys synnyttäisi 100 megatonnin räjähdysenergiaa. Mereen pudotessaan asteroidi synnyttäisi hyökyaallon, tsunamin, joka saattaisi tappaa miljoonia ihmisiä rannikkoalueilla.

Kilometrin ja sitä suurempien asteroidien räjähdysenergia olisi 100 000 megatonnia eli enemmän kuin kaikkien yhteenlaskettujen ydinaseiden energia. Törmäys saattaisi pyyhkäästä pois koko sivilisaation. Tällainen ”tuomiopäivän sanansaattaja” kenties hävitti dinosaurukset, ja on yksi mahdollisuus viidestä tuhannesta, että sellainen sattuu tämän vuosisadan aikana.



TOUTATIS-asteroidi, 4,6 x 2,4-kilometrinen lohkarie ohitti Maan vain neljän Kuun etäisyyden päästä 29. syyskuuta 2004. Kuva on Coldstonen- ja Arcibon-radioteleskooppien tutkakuviista yhdistetty videoanimaatio.



NOIN 50 000 vuoden ikäinen Arizonan Barringer-kraatteri on ehkä maailman tunnetuin jälki komeetan iskemästä. Tämän halkaisijaltaan yli kilometrisen kuopan teki noin 30-metrinen lohkarie. Samankokoinen 2004 FH-niminen asteroidi ohitti 18. maaliskuuta Maan geostationääristen satelliittien korkeudelta eli 40 000 km:n päästä.

män vuosisadan aikana.

Huomattavasti suurempiakin asteroideja on kuitenkin liikkeellä. 3,8 miljardia vuotta sitten Kuuhun osui esine,

jonka koko oli 90 kilometriä ja joka synnytti Brittein saarten kokoisen kraatterin. Vastikään keksitty pikkuplaneetta Chiron on halkaisijaltaan 180 kilomet-

riä, ja se kulkee epävakaa radalla Saturnuksen lähellä. Sen törmäys Maahan aiheuttaisi hirvittävän katastrofin.

mikro-organismeihin. Kova veto ja aika huima väite!

Mikrobien manipulointi geenimuunnoksin voi koska hyvänsä aikaansaada ”kalman kouran”, joka laboratorion karanteenissa tappaa ihmisiä. Tavallisesta, yleistä epähygieenisyyttä osoittavasta kolibakteerista, jonka petrimaljojen punaiselle kasvualustalle muodostamat harmaan kiiltävät läikät kertovat, onko vesi ui-

makelpoista, tulee kauhu elokuvien ihmisiä nesteyttävä e-coli O157:H7-versio. Voiko avaruudesta siis tulla ihmiskunnan lopettava superpöppö?

Reesin huolistalla ovat korkealla sijalla myös nanokoneet, bakteerin kokoiset minirobotit, jotka parantamisen sijaan päättävätkin, että ihminen kaipaa uudelleenmuotoilua. Näistä varoitteli jo nanotekniikan guru **K. Eric Drexler** 1980-luvulla ja

Michael Crichton kirjoitti samasta teemasta kauhukirjan.

Entäpä äärimmäinen uhka: ihmisen tapaturmaisesti kehittämä minikokoinen musta aukko, joka karkaa ja nielaisee koko pallomme. Vision esittäjä, Princetonin yliopiston fyysikko **Frank Wilczek** julkaisi 1999 ennusteen siitä mahdollisuudesta, että Brookhavenin ydinlaboratorion RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider)

pystyisi kehittämään atomia pienempiä, ”outokaisiksi” (strangelet) kutsuttuja hiukkaskummajaisia, jotka kasvavat syömällä ympäröivää materiaa. Brittien päivälehdet kertoivat, että tämä ”tuomiopäivän kone” saattaisi tuhota koko planeettamme.