

HEIKKI OJA

# TULIPALLOJA TAIVAALLA

TÄHTITIETEELLINEN  
YHDISTYS URSA

**TULIPALLOJA  
TAIVAALLA**

*Kannen valokuva  
Smithsonian Astrophysical Observatory*

URSAN JULKAISUJA IX

HEIKKI OJA

# TULIPALLOJA TAIVAALLA



Helsinki  
Tähtitieteellinen Yhdistys Ursa ry

## SISÄLTÖ

Lukijalle .....	7
-----------------	---

### Osa I: VIERAITA AVARUUDESTA

<b>1. Tulipalloja Suomen yllä</b> .....	11
Baltian bolidi .....	15
Palosenmäen meteoriitti .....	20
<b>2. Lentävät tähdet</b> .....	23
Avaruuden kivet pommittavat maapalloa .....	23
Meteorinmetsästys – mielenkiintoinen harraste .....	29
Kamerat kuvaavat tulipalloja .....	35
Tulevatko kaikki tulipallot ulkoavaruudesta .....	39
Mitä teet kun näet tulipallon .....	40
<b>3. Kun meteori putoaa maahan</b> .....	45
Meteoriittisateet .....	48
Onko meteoriiteista vaaraa .....	50
Löydöt ja putoukset .....	52
Kiviä, rautoja ja kivirautoja .....	54
Ilmakehän jäljet .....	59
Maailman suurimmat meteoriitit .....	61
<b>4. Suomen meteoriitit</b> .....	69
Turun salaperäinen kivi .....	69
Neljä kiveä kymmenessä vuodessa .....	70
Meteoriitti lasten leikkikaluna .....	78
Malmikilpailut tuovat tulosta .....	81
Haverön harvinainen kivi .....	85
<b>5. Sinäkin voit löytää meteoriitin</b> .....	89
Hukattuja mahdollisuuksia .....	89
Meteoriitit rapautuvat .....	91
Mistä kannattaa etsiä .....	94
Miten tunnet meteoriitin .....	98
Mitä teet jos löydät meteoriitin .....	101



6.	<b>Mitä avaruuden kivet kertovat</b> .....	105
	Suomalaista meteoriittitutkimusta .....	105
	Meteoriittien rakenne ja kemia .....	110
	Aurinkokunnan ja meteoriittien synty .....	113
	Merkillisiä säännönmukaisuuksia .....	114
7.	<b>Jättiläismeteoriitit</b> .....	117
	Tunguskan räjähdys .....	117
	Jos alla olisi ollut Helsinki .....	122
	Salaisuutta selvitetään .....	125
	Ratkaisu lähestyy .....	130
	Sihote-Alinin rautasade .....	137
8.	<b>Arpia maapallon pinnalla</b> .....	143
	Arizonan meteoriittikraatteri .....	143
	Kallio räjähtää .....	147
	Lappajärven kraatteri .....	151
	Suuret kraatterit .....	155
	Tektiitit .....	162
	Asteroidien törmäykset .....	165

## Osa II: IHMISEN JÄLKIÄ TAIVAALLA

9.	<b>Avaruusromua</b> .....	173
	Tekokuu putoaa .....	175
	Ruukin romu .....	177
10.	<b>Raketit pelottelevat</b> .....	181
	”Marsilaisten pääesikunta” .....	181
	Raketti nousee avaruuteen .....	182
	Suomen suosituin ufo .....	185
	Kirjallisuutta .....	191
	Sanastoa .....	195
	Hakemisto .....	197
	Tähtitieteellinen yhdistys Ursa ry .....	201

## LUKIJALLE

Ajatus tulipalloista kertovan kirjan kirjoittamisesta sai alkunsa, kun työssäni Helsingin yliopiston tähtitieteen laitoksella kävin läpi yleisöltä tulleita havaintokertomuksia ”oudoista valoilmioista”. Viime vuosina Suomessa on nähty useita komeita valopalloja, jotka ovat sitten osoittautuneet milloin epätavallisiksi tähdenlennoiksi, milloin avaruusraketeiksi.

Kun tutustuin tarkemmin tulipalloista ja meteoriiteista kertoviin kirjoihin, huomasin luonnolliseksi laajentaa kirjan aiheen meteoriitteihin ja suuriin meteoriittikraattereihin. Niinpä syntyi käsissäni oleva kirja. Kirja tulipalloista ja meteoriiteista, Tunguskan räjähdyksestä ja jättiläiskraatteista, avaruusromusta ja avaruusraketeista.

Kirjassa koetetaan esitellä erilaisia avaruudessa kiertäviä kappaleita ja niiden vaikutusta maapalloomme. Lähdemme liikkeelle muutamasta poikkeuksellisesta tähdenlennosta ja kerromme tavallisista, nopeista meteoreista. Laskeudumme meteoriittien mukana maanpinnalle ja kerromme Suomeen pudonneista meteoriiteista. Haastattelemme suomalaista asiantuntijaa prof. Birger Wiikiä ja etenemme suurempiin meteoriitteihin. Kerromme suurimmista kappaleista, joita tällä vuosisadalla on maapalloon osunut, ja sitten selostamme vielä mahtavampien meteoriittien iskujälkiä, suuria kraattereita. Kirjan toisessa osassa puhumme ihmisen rakentamien tekokuiden tuhoutumisesta ja niiden lähettämisestä.

Kirjan yhtenä tarkoituksena on kertoa meteoriittien putoamisesta ja tuntomerkeistä siinä toivossa, että maastamme saataisiin talteen jälleen uusia avaruuden kiviä. Niitä voi tälläkin hetkellä olla suomalaisten piirangeilla tai kiviaidoissa.

Toisena tarkoituksena on kertoa valoilmioista kiinnostuneille ihmisille, minkätyyppisiä ovat tavallisimmat taivaalla näkyvät äkilliset kirkkaat valot. Ne eivät suinkaan ole tuntemattomia ”ufoja”, vaan niille yleensä löytyy helposti luonnollinen selitys.

Kirjan tekemisessä on saatu apua monilta asiantuntijoilta Suomessa ja ulkomailla. Ratkaiseva merkitys oli prof. Birger Wiikillä, joka neuvoillaan, kommentaillaan ja muulla vaivannäöllään oli korvaamattomana tukena kaikissa kirjan tekovaiheissa.

Haluan kiittää myös LuK Crister Ahlsvedia, DI Seppo Eloa, FK Kari

Kailaa, FM Juhani Kyröläistä, dos. Martti Lehtistä, yo. Markku Lindqvistä, LuK Seppo Linnaluotoa, dos. Tapio Markkasta, toim.joht. Nils Mederiä ja toimittaja Heimo Tauriaista, jotka lukivat käsikirjoituksen tai sen osia ja esittivät parannusehdotuksia. Martti Lehtinen antoi lisäksi valokuvia ja mielenkiintoisia tietoja Lappajärven kraatterista. Lappajärvestä antoi aineistoa myös Seppo Elo, sekä Haverön meteoriitista ja Sääksjärvestä prof. Heikki Papunen.

Kirjan kuvitus on koottu monesta eri lähteestä. Ulkomaiset asiantuntijat suhtautuivat kiitettävän myönteisesti kuvapyyntöihin. Heidän nimensä on mainittu kuvien yhteydessä. Erityisesti haluan kiittää tri V.Buchwaldia Kööpenhaminasta ja tri T.Tönnissonia Tartosta.

Monet Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan jäsenet olivat apuna valokuvien hankkimisessa. Kari Kaila vietti yhden sunnuntai-aamun Birger Wiikin ja kirjoittajan kanssa kivimuseon meteoriittikokoelmaa kuvaamassa. LuK Tuomas Lamminpää antoi käyttöön parhaat meteorikuvansa.

Hyvin suuri merkitys kirjan synnyssä on myös niillä kaikilla henkilöillä, jotka oudon valoilmion nähtyään ovat kertoneet siitä Tähtitieteen laitokselle Helsinkiin. Vain osa parhaista havainnoista on voitu mainita kirjan sivuilla, mutta kaikki ne sadat havainnot ja pienen aktiivisen avustajaryhmän keräämät lehtileikkeet, jotka kirjoittajalla on ollut käytössään, ovat auttaneet yleiskuvan luomisessa Suomen taivaan valoilmioista.

Helsingissä maaliskuussa 1978

Heikki Oja

## OSA I

### VIERAITA AVARUUDESTA



## I. TULIPALLOJA SUOMEN YLLÄ

Kesäkuun kuulas yö öli taittumassa aamuksi. Pohjoinen taivas oli vaalea, etelässä kumotti kuu.

Suomenlahden ulkoluodolla kaksi valpasta silmäparia tähyili taivaalle. Parikymmentä minuuttia yli puolenyön tähyilijöiden näköpiiriin tuli outo valo. Kun he huomasivat valon, se oli vain pieni piste eteläisellä taivaanrannalla. Se kuitenkin hiljakseen kirkastui ja näytti tulevan suoraan kohti.

Vasta tulipallon sujahtaessa idän puolelta katsojien ohi he näkivät sen todelliset mitat: täydenkuun kokoinen loimottava pallo, joka veti perässään tulista laahusta. Miesten kohdalla pallo hajosi useaan osaan ja jatkoi aavemaisesti äänetöntä kulkuaan suoraan kohti pohjoista loistavana helminauhana.

Takimmaiseta valot sammuiuat, ensimmäinen ja kirkkain valo häipyi pohjoisen taivaan vaaleuteen. Valon kulku taivaanrannalta toiselle oli kestänyt lähes viisi minuuttia.

Tämä tapahtui torstaina kesäkuun 2. päivänä 1977. Saman valon näkivät sadat yölliset liikkujat eri puolilla Etelä-Suomea. Ilta-Sanomats kertoi Espoossa nähdyistä ufoista, Uuden Suomen mukaan oli nähty "liekehtiviä palloja Vantaan taivaalla". Tamperelainen Aamulehti kirjoitti: "Outoja valoja kummasteltiin Pohjanmaalla", ja Vaasa-lehdessä puhuttiin "oudosta oliosta yötaivaalla".

Helsingin yliopiston tähtitieteen laitos sai ilmiöstä toistasataa havaintokertomusta. Alla on katkelmia muutamista kirjeistä.

Henriitta Kihlström Aminneforsista Tammisaaren läheltä oli istumassa autossa. "Katsahdan taivaalle ja näen suuren kirkkaan valon kiitävän meitä kohti. Olin katsellut kuuta ja tuuminut, että se oli kirkas ja näkyi hyvin kesäyön vaalealla taivaalla, mutta tämä valo oli huomattavasti kirkkaampi. Lentokone se ei ole. Ehdin siinä sulkea pois säähavaintopallot, satelliitit

*A.Tihomirovin ottama valokuva Baltian holidista. Kuva otettiin Zenit-E kameralla 250 GOST-filmille, aukko 1/3,5 ja valotusaika 1-2 s. Tulipallo on hajonnut laajaksi parveksi, jonka pituus on noin 20 km ja leveys 2 km. Bolidi jättää jälkeensä 50-100 km pitkän vanan. Kuvassa tulipallo on putoamassa Ilmen-järven yllä. (Kuva M.Joeveer ja T.Tönnisson, Eesti Loodus maaliskuu 1977).*



ja Sputnikin, koska mikään mainituista ilmanalassa liikkuvista rojuista ei aiemmin ollut näyttänyt tuollaiselta.

Juuri kun avaan suuni ja huudahdan: Mikä toi on! huomaan valossa muutoksen. Mikä toi on, sanon toisen kerran ja mitä minä näenkään. Siellä kiittääkin nyt kaksi valoa peräkkäin samalla korkeudella ja kuten näyttää tulihäntä perässään. Kun tajusin, että niitä oli kaksi, olin ällistynyt siitä, että valoille oli ennättänyt venähtää sellainen välimatkakin.

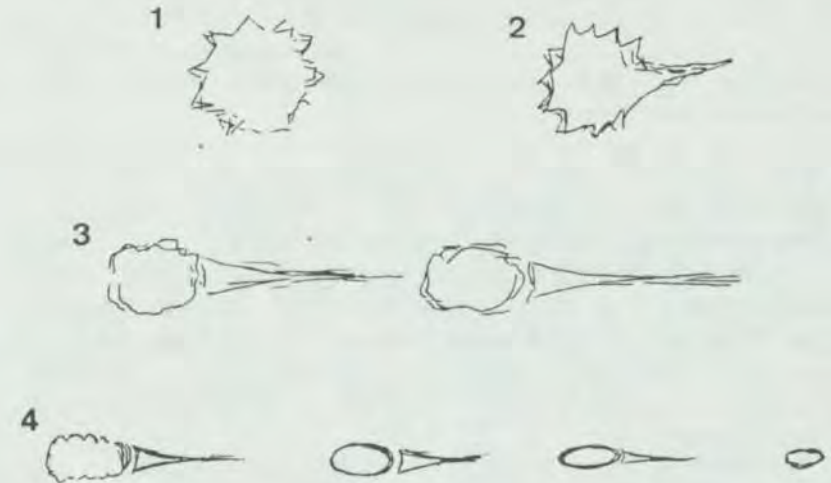
Ei se ainakaan ole lentokone, totean ääneen. Ei edes palava lentokone, sanoo ystävättäreni. Kunnellaan lisää. Hän sammuttaa auton moottorin ja avaa sivuikkunan. Siirrän katseeni sivuikkunaan, koska valot ovat siirtyneet näköpiirissä suoraan edestä vasemmalle . . .

Huomasin ilmiön vieläkin jakautuneen. Viimeistä osaa tuskin näkyi, eikä sillä ollut häntää. Valot liikkuvat peräkkäin vaakasuoraa rataa ja häipyivät vasemmalla näköpiirissä olevan pilven taakse.

Havainnon kesto-aika oli mielestäni runsaat 20 sekuntia. Ehdimme sanoa muutaman lauseen, sammuttaa moottorin ja veivata ikkunan auki ja vielä tarkkailla valoja.”

Jussi Naukkarinen oli Puumalassa Saimaan rannalla. ”Olin menossa venerantaan noin klo 00.15, kun havaitsin etelätaivaalla n. 30 asteen korkeudella lähestyvän valorykelmän, jota hetken luulin suihkuvärittäjämoodostelmaksi olettaen auringon säteiden ulottuvan koneiden tasolle. Kappaleita oli aluksi useita, ainakin 5–7. Heti kuitenkin tajusin, että kysymyksessä täytyy olla avaruudesta tulevien esineiden, sillä näistä jotkut olivat liekeissä muodostelman kärjessä olevan pääkappaleen palaessa suurella, kirkkaalla ja väritykseltään lähinnä vihreällä tai turkoosilla liekillä. Pääkappaletta lähinnä sen perässä seurasi samaa rataa kulkien punahehkuinen piste, joka katosi näkyvistä ylhäällä, ehkä lännen suunnalla. Se ei liekehtinyt, ja lienee kadonnut osaksi taivaan vaaleuden takia. Huomioni oli keskittynyt pääkappaleen seuraamiseen, joka jatkoi lopulta yksin matkaansa kadoten vaalealle pohjoistaivaalle kuten tavanomainen maata kiertävä tekkokuu. Valoilmiö oli näkyvissä noin 30 sekuntia, vaikka havaitsinkin sen vasta melko ylhäällä.”

Esa Kiuru kirjoittaa Hartolasta Päijänteen itärannalta: ”Istuin ystäväni kanssa metsätielle parkkeeratussa autossa. Auton etuikkuna oli etelään päin. Ja niinpä vain näimme metsänreunan takaa, suoraan etelästä, nousevan näkyviimme kaksi perätysten kulkevaa valoilmiötä. Hyppäsin välittömästi autosta ulos saadakseni paremman kuvan tapahtumasta. Valojen kulkusuunta minuun nähden oli lähes kohtisuoraan ylitse. Etummainen valo ei vielä ollut edennyt kohdallenikaan, kun jälkimmäinen kuin huomaamatta sammui. Jäljelle jäänyt valo lensi ylitseni ja huomattavasti ennen näkökenttääni loppumista sekin sammui. Koko aikana ei kuulunut



*Henrietta Kihlströmin piirroksia kesäkuun 1977 tulipallosta. Ensimmäisessä kuvassa valo näyttää tulevan suoraan kohti, toisessa sillä alkaa erottua pyrstö. Tulipallon kulkiessa idän puolelta ohi kohti pohjoista se hajoaa ensin kahteen (3) ja sitten neljään osaan (4).*

mitään ääntä.”

Etelä- ja Keski-Suomessa ei tulipallojen sammumista voitu kunnolla nähdä, koska pohjoinen taivas oli niin vaalea. Siksi Tähtitieteen laitos oli hyvin iloinen saadessaan kirjeen pohjoisesta Aino Järvelältä. Hän kirjoittaa: ”Tämä paikka on Rovaniemeltä 80 km pohjoiseen Kittilän tietä. Aloin kirjoittamaan havainnosta, jonka näin toinen päivä kesäkuuta torstaina. Olen yksinäinen vanha ihminen, mieheni hukkui eikä ole naapureita. Valvon ja mietin pitkään illalla, ei voi saada unta. Oli kello 12 niin istuin vielä keinutuoliin. Katsoin ulos, näin eteläisellä taivaalla hyvin matalalla kirkkaan punaisen pallon. Säikähdin vielä, että mikä tuo on, paljon isompi kuutamaa. Otin almanakan ja katsoin. Ei ole täyden kuun aika ja sen pitäisi olla lännessä tähän aikaan. Ja se oli pyöreä kuin kuu. Ja sitten se alkoi laidoista mennä rosoiseksi joka puolelta ja niinkuin alkaisi hajota ja viimein se katosi. Mietin että kyllä tämä on maailmanlopun merkkiä.”

Valoilmiön tapahtumapäivänä kesäkuun toisena oli Helsingin yliopiston Tähtitieteen laitoksella puhelin kuumana. Saimme kymmeniä puhelinsoittoja, joissa toinen toistaan hehkevämmin värein kuvailtiin yöllä nähtyjä kummajaisia.



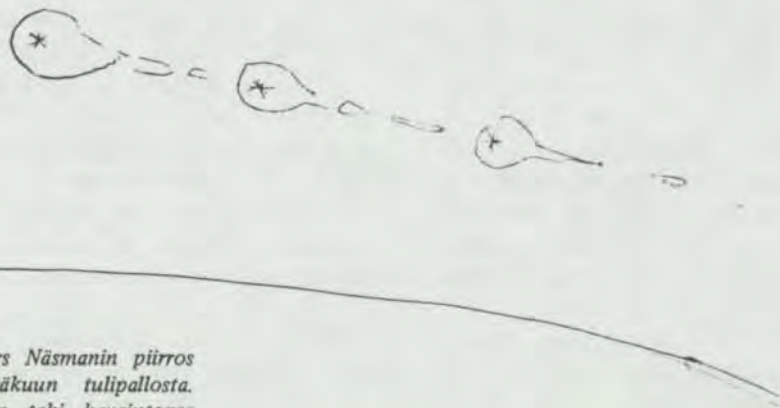
Koska kirkas tulipallo voi joskus merkitä meteoriitin putoamista maahan, oli tapahtumaa syytä tutkia tarkemmin. Tietotoimistojen ja lehtien kautta pyydettiin yleisöä lähettämään havaintojaan Tähtitieteen laitokselle. Ilahduttavan runsaasti saimmekin kirjeitä, joita lopulta oli tutkittavanamme toistasataa.

Ensiksi piti määrätä tapahtuman kellonaika. Se vaihteli eri havaitsijoiden ilmoituksissa kymmeniä minuutteja, mutta aikojen keskiarvo ja muutamat tarkimmat havainnot sopivat hyvin yhteen: tulipallo ylitti Etelä-Suomen klo 0.18 kesäkuun 2. päivänä 1977.

Lentoradan määrittämisessä olivat hyväksi avuksi yllämainittu Esa Kiurun kirje ja 3–4 muuta havaintoa, joissa kerrottiin valon menneen suunnilleen pään päältä yli. Nämä havainnot oli tehty Loviisan-Porvoon seudulla ja Lahden lähellä. Niinpä voitiin päätellä, että tulipallo oli lentänyt suunnilleen Lahti-Jyväskylä-linjaa. Saatu rata on merkitty sivulla 20 olevaan karttaan.

Vaikeampaa oli tulipallon lentokorkeuden määrittäminen. Monissa kirjeissä oli kyllä annettu suunta- ja korkeuskulma-arvioita, mutta tällaisten äkillisten ilmiöiden tapauksessa niiden tarkkuus ei voi olla hyvä. Korkeuskulma-arvioista ja tunnetuista etäisyyksistä laskettiin kuitenkin korkeus parhaiden havaintojen perusteella. Näytti siltä, että valon korkeus ei lentoradan loppupäässä ollut juuri sen alempi kuin etelässäkään, valo kulki siis suunnilleen vaakasuoraa rataa ilmakehässä. Arvioiden keskiarvoksi saatiin korkeus 90 km, mutta hajonta oli parikymmentä kilometriä.

Nopeuden tarkka arviointi oli lähes mahdotonta. Havaitsijoiden lähettämät arviot vaihtelivat välillä 3 km/s . . . 33 km/s. Niistä ei kannatta-



Lars Näsmanin piirros kesäkuun tulipallosta. Hän teki havaintonsa meren rannalla Helsingissä.

nut mitään keskiarvoa ruveta edes laskemaan. Paras keino oli käyttää alussa mainittujen tähyilijöiden arvioimaa kulkuaikaa horisontista toiseen. Koska tämän matkan taittamiseen kului useita minuutteja, on lentonopeus ollut ilmeisesti selvästi alle 10 km/s. Tulipallo on siten iskeytynyt ilmakehään lähes pienimmällä mahdollisella nopeudella, joka avaruudesta tulevalle kappaleella voi olla. Taivaanmekaniikasta tiedetään, että ulkoavaruudesta tulevan kappaleen nopeus ilmakehään osumishetkellä on ainakin 11 km/s, kun taas maapallon kiertoradalta ilmakehään palaava kappale kulkee vähintään 8 kilometrin sekuntinopeudella. Nopeus tietysti alkaa ilmakehässä heti hidastua.

Yhteenvetona voidaan sanoa, että kesäkuun 2. päivänä klo 0.18 Etelä-Suomen yli kulki suunnilleen etelästä pohjoiseen tulipallo, jonka lentokorkeus oli vajaat 100 kilometriä ja lentonopeus ehkä 5–10 kilometriä sekunnissa. Tulipallo hajosi Suomen yllä useaan osaan, jotka peräkanaa jatkoivat lentoaan pohjoiseen. Takimmaisat sammuiivat ensiksi, etummainen valopallo hävisi jossain Jyväskylän-Oulun välillä yli 50 km korkeudella.

Mikä kesäkuun tulipallo sitten oikein oli? Monet havaitsijat esittivät jo kirjeessään käsityksen, että se oli maahan putoavaa avaruusromua, siis tekokuun tai raketin jäännös. Tunnetut satelliittiasiantuntijat Geoffrey Falworth Englannista ja Jean Meeus Belgiasta kuitenkin kertoivat, että tähän kellonaikaan ei mitään avaruuskappaletta Suomen kohdalle pudonnut. Tulipallon on täytynyt olla luonnon omaa aikaansaannosta.

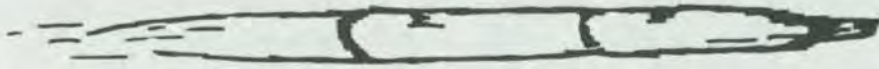
Kesäkuun valoilmio oli yksi niistä sadoista poikkeuksellisen kirkkaista tähdenlennoista, joita maapallolla vuosittain havaitaan. Näin kirkkaita tähdenlentoja kutsutaan tieteellisellä nimellä *bolidi*. Toinen käytössä oleva nimi on *tulipallo*, joka hyvin kuvaa niiden ulkonäköä.

Kesäkuun tulipallo oli kuitenkin parissa suhteessa epätavallinen. Se oli tavattoman kirkas: näin kirkkaita tulipalloja nähdään vuosittain vain muutamia. Ja ennen kaikkea se oli erittäin hidas. Tähdelennoista kertovassa kirjallisuudessa mainitaan aikaisemmin vain pari tulipalloa, jotka ovat kestäneet useita minuutteja. Kumma kyllä, toinenkin hidas tulipallo on viime vuosina kulkenut Suomen yli. Tämä tapahtui helmikuussa 1976, ja senkertainen tulipallo sai nimen Baltian bolidi.

### Baltian bolidi

Helmikuun 11. päivänä 1976 koko Etelä-Suomea hämmästytti kirkas valo, joka liikkui hitaasti kohti etelää. Taivas oli suuressa osassa aluetta kirkas ja ilta tummenemassa, kun klo 17.50 näkyville tuli loistava valo-





*Helsingkiläisen Jorma Ryskeen piirros Baltian bolidista.*

piste. Sen kulku pohjoisesta horisontista eteläiseen kesti lähes minuutin.

Heikki Karppinen oli Helsingin Munkkiniemessä odottamassa bussia ja seurasi esineen kulkua yli puolen minuutin ajan. Se jätti kirkkaan valkoisen vanan, joka välillä pöllähti leveämmäksi. Lopussa esine näytti hajoavan: isommasta vaaleasta pisteestä irtosi pieniä osia kuin uudenvuoden ilotulituksessa.

Risto Kurki Kotkasta näki valon kulkevan melkein suoraan ylitseen. Hän oli liikkeellä autolla Kotkan ja Karhulan välillä ja pysäytti sen havaitessaan ylämäessä loistavan valon tulevan suoraan kohti. Kulkusuunta oli luoteen ja pohjoisen välistä kaakon ja etelän väliin. Esineestä ei tullut mitään ääntä. Se oli pyrstötähden näköinen ja siinä oli hajallaan punertavia täpliä. Etupuolella näkyi myös kellertäviä ja kirkkaita valoja. Etelään lentäessään esine muuttui punertavammaksi ja himmeni meren yllä olevaan usvaan.

Jorma Ryske tarkkaili ilmiötä Maunulan kirjaston luona Helsingissä. "Esineen perässä suihkusi pitkä, oranssinkellertävä kipinäpyrstö, joka oli parhaimmilla 30<sup>o</sup> pituinen. Hieman pyrstön edessä näin valon vilkahtavan kaksi kertaa esineen molemmin puolin ja olin näkevinäni esineellä hieman pitkulaista muotoa. Minkäänlaista ääntä en kuullut", kirjoittaa Ryske. Hän on myös piirtänyt esineestä kuvan, joka nähdään yllä.

Markku Lindqvist, kokenut meteorihavaintaja, näki valon ikkunastaan Vantaalla. "Objekti lähestyi hitaasti pohjoisluoteesta muistuttaen lähinnä kirkasta lentokoneen laskeutumisvalonheitintä. Korkeimmillaan itätaivaalla objektin korkeus oli 40–50<sup>o</sup>. Erityisempää muotoa en saatanut havaita. Pyrstö oli tässä vaiheessa keltainen. Nyt näkyi myös jonkinlaiset "lisäkkeet", objektin toisella puolella punainen, toisella vihreä. Lennon loppuvaiheessa objektin väri muuttui keltaisesta oranssinpunaiseksi. Pyrstön pituus oli noin 20<sup>o</sup>. Ennen sammumista objektista mahdollisesti irtosi jotain, koska havaitsin pari pienehköä "purskahdusta". Lopullinen sammuminen tapahtui noin 10<sup>o</sup> korkeudessa kaakossa meren päällä. Havaitsin ilmiötä 30–40 sekuntia."

Altti Kallioinen Vantaalta kuvaa ilmiötä värikkäästi: "Haluaisin sanoa tämän olleen tähän asti parhain taivaankannella havaitsemistani poikkeaa-



*Altti Kallioisen piirros helmikuun 1976 tulipallosta eli Baltian bolidista. Kuvasta näkyy selvästi miten tulipallo on jo Suomen kohdalla hajonnut moneen osaan, jotka lentävät leimuavana parvena kohti etelää.*

vuoksista neljäkymmenen ikävuoteni aikana, ottaen huomioon kaikki auringonpimennykset, pyrstötähdet ja ihmisen avaruuteen lähettämät erilaiset esineet.

Se mikä näkemässäni oli mielestäni erikoista aikaisempiin meteoriittivilauksiin, "tähdententoihin" nähden oli juuri tuo hidas, maanläheinen vaakalento. Ainakin minun näkemykseni mukaan kysymyksessä oli mieluummin meteoriparvi kuin yksi kiinteä kappale. Parvea johti isohko kiinteä osa, jonka ympärillä siitä vähän erillään ja jäljessä muita pienempiä paloja, kaikilla loistava oranssinkellertävä kirkas ja pitkä pyrstö. Tämän vuoksi asian yhteydessä käytetty sana "romu" saa mielessäni erittäin osuvan sijan."

Reino Karhunen Kouvolasta ja Pentti Petelius Kuusankoskelta näkivät myös valon lennon. Tulipallo kulki heidän ylitseen vähän koillisen puolelta. Suomalaiusten tekemien havaintojen perusteella voidaan siten sanoa, että tulipallo ylitti Etelä-Suomen suunnilleen luoteesta kaakkoon Kouvolan ja Kotkan itäpuolella. Lentokorkeudeksi voidaan havaintojen perusteella arvioida noin 100 km.

Tulipallo jatkoi lentoaan Suomenlahden eteläpuolelle. Eestissä se herätti suurta huomiota. Mihkel Jõeveer ja Teofilus Tõnnisson kirjoittivat valopallosta laajan artikkelin Eesti Loodus (Eestin Luonto)-lehteen. Tri Tõnnisson lähetti myös ystävällisesti käytettäväksemme kaksi valokuvaa, jotka Neuvostoliitossa tulipallosta onnistuttiin ottamaan.

Tulipallo nähtiin kaikkialla Eestissä klo 17.52 aikoihin yli minuutin ajan. Lentonrata oli tällöin lähes vaakasuora. Tarton observatorioon tuli ilmiöstä kolmisensataa havaintoa. Niiden perusteella lentokorkeudeksi saatiin noin 100 km ja nopeudeksi 7–13 km sekunnissa.

Paitsi Eestissä ja muissa Baltian tasavalloissa, tulipallo nähtiin myös mm. Leningradissa, Pihkovassa, Novgorodissa ja muissa kaupungeissa.



*A. Katchanovskin ottama valokuva Baltian bolidista Suomenlahden yllä. Kuva otettiin Kievkameralla 65 GOST-filmille, aukko 1/5,6 ja valotusaika 1/50 sekuntia. Tulipallo on hajonnut jo noin puolen kilometrin läpimittaiseksi parveksi ja se jättää jälkeensä 7 km pitkän vanan. (Kuva M.Jõeveer ja T.Tönnisson, Eesti Loodus maaliskuun 1977).*



Havaintajat kuvasivat bolidia hyvin kirkkaaksi ja sanoivat sillä olleen pyrinäinen pryrstö ja siitä lähteneen monenvärisiä kipinöitä.

Neuvostoliittolaisten havaintojen mukaan bolidin lento kesti yli 100 sekuntia (siis runsaat puolitoista minuuttia), kun tavallinen meteori sammuu alle sekunnissa. Pulkovan observatorion johtaja Vladimir Krat uskoo, että tulipallo alkoi hehkua 120 km korkeudessa. Ennen kuin se saavutti ilmakehän tiheät kerrokset, se halkesi kahteen osaan, ja suuri joukko pienempiä kappaleita sai aikaan komean ilotulituksen.

Tulipallo jatkoi lentoaan Leningradin ja Novgorodin ohi kaakkoon. Eteläisin seutu jossa se nähtiin oli Kalininin provinssin luoteisosa. Täällä tulipallo hajosi ja sammui noin 25 km korkeudessa. Jos jotain palasia putosi maan pinnalle, ne löytyvät täältä. Toistaiseksi mitään ei ole löydetty.

Koko lennon aikana tulipallosta ei kuultu mitään ääniä.

Koska helmikuun tulipallo kulki Baltian maiden ohi, Leningradskaja Pravda-lehdessä sille annettiin nimi Baltian bolidi.

Odottamaton valoilmio sai monet havaintajat jälleen pois tolaltaan. Hyvin monet ihmiset sekä Suomessa että Eestissä olivat näkevinään valopallon kyljessä selvän ikkunarivin. Vantaan lentoasemalla alkoi taas heti tulipallon näkymisen jälkeen kiertää huhu, että valo oli kulkenut aivan kentän yli, koska eräs kilometrin korkeudessa ollut lentokone oli nähnyt sen alapuolellaan. Ja Helsingin edustalla monet kulkijat väittivät, että meren jälle oli pudonnut tulipallosta hehkuvia kappaleita. Kuitenkin

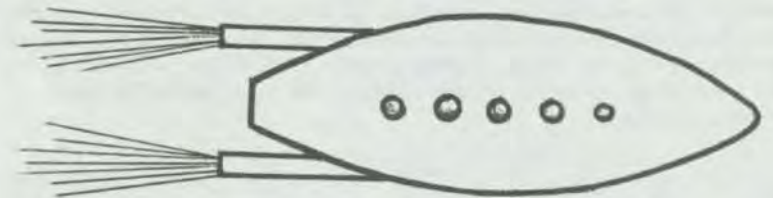
tulipallo oli kulkenut parinsadan kilometrin päässä Helsingistä!

Oliko tällä kertaa kysymyksessä avaruusromu vai luonnollinen meteori? Esimerkiksi Reino Karhunen, joka oli sattunut näkemään vuonna 1967 suurta huomiota herättäneen satelliitin tuhoutumisen ilmakehässä, piti tätäkin tekokuuna. Niin suuressa määrin se hänen mukaansa muistutti vuoden 1967 ilmiötä.

Tähtitieteen laitos lähetti taas kyselyn Englantiin. Geoffrey Falworth kertoi, että kyseiseen aikaan ei Suomen yllä ollut mitään avaruuskappaletta tullut ilmakehään. Baltian bolidi oli siis luonnollinen avaruudesta tullut kappale. Samaan tulokseen tulivat neuvostoliittolaiset tähtitieteilijät.

Tulipallon lentorata ja alhainen nopeus antoivat tri Teofilus Tönnissonin mukaan aiheen olettaa, että kyseessä oli Maan kiertolainen, joka radaltaan syöksyi ilmakehään. On kuitenkin mahdollista, että meteori tuli kauempaa avaruudesta. Helmikuun tulipallolla voi päivämääränsä perusteella olla jotain yhteyttä Cyrillidien parveen (9.2.1913) tai Sihote-Alinin meteoriittiin (12.12.1947), joista kerrotaan myöhemmin tässä kirjassa (s. 40–43 ja 137–141).

Edellä kuvatut kaksi suomalaista tulipalloa ovat olleet hyvin erikoisia tapauksia hitaan liikkeensä ja vaakasuoran lentoratansa takia. Kolmas Suomessa viime vuosina nähty tulipallo oli sen sijaan tavallisempi, koska se iskeytyi paljon jyrkemmin ilmakehään ja kesti vain kymmenisen sekuntia. Se on kuitenkin näistä kolmesta ainoa, jonka palasia todennäköisesti säilyi ehjänä maahan asti.



*Baltian bolidin kirkas valorykelmä erehdytti monet havaintajat näkemään siinä ihmiskäden (tai vieraiden olentojen) aikaansaannoksia. Helsingin tähtitieteen laitokselle tuli monia piirroksia, joissa valon kyljessä oli ikkunarivi. Sama ilmiö nähtiin myös Suomenlahden eteläpuolella. Eestiläinen A.Tooma tulkitsi bolidin tämännäköiseksi ilmalaivaksi. (Kuva M.Jõeveer ja T.Tönnisson, Eesti Loodus helmikuun 1977).*





Parin viime vuoden aikana Suomen taivaalla on nähty kolme erittäin kirkasta tulipalloa. Karttaan on piirretty niiden rata maamme yllä. Baltian bolidi jatkoi lentoaan aina Moskovan länsipuolelle asti, Iisalmen pohjoispuolelle lentänyt meteoriitti putosi Palosenmäen kylän lähellä ja kesäkuun 1977 tulipallo hajosi ilmakehässä jossain Jyväskylän pohjoispuolella.

### Palosenmäen meteoriitti

Marraskuun 15. päivän iltana 1976 koko Keski-Suomi välähti kirkkaaksi, kun voimakas tulipallo iskeytyi ilmakehään Kuopion itäpuolella. Se syöksyi kaakosta luoteeseen Iisalmen ohi ja sammui Iisalmen pohjoispuolella. Meteoriitinkappale syöksyi maahan Palosenmäen kylän lähellä.

Koko Oulun läänissä tulipallo nähtiin huikaisevan kirkkaana leimah-

duksena etelän tai kaakon suunnalla. Tulipallon perässä näkyi liekehtivä pyrstö. Kaleva-lehden toimitukseen Ouluun tuli puolisen sataa pelästynyttä puhelinsoittoa, joissa kyseltiin oudon ilmiön aiheuttajaa.

Iisalmen seuduilla oltiin aivan tulipallon kulkulinjan alapuolella. Lainaamme seuraavassa Iisalmen Sanomien kuvausta tapahtumasta.

”Outo valoilmio näyttäytyi Ylä-Savon taivaalla maanantai-iltana kello 23.15. Joka pitäjässä ihmeteltiin sekaisin tuntein, mistä oikein on kysymys. Tienoot valaistuivat sinisiksi valopallon kiitäessä kohti pohjoista. Valtava pamaus vavistutti taloja ja ikkunat helisivät.

Pentti Itkonen oli Varpaisjärvellä tulossa Kuopion suunnasta kirkonkylään, kun valo leimahti. Idän puoleisella taivaalla lensi etelän-pohjoisen suunnassa lähes auringon kokoinen pallo, välähti hetken ja jätti jälkeensä kirkkaan juovan. Se kaarsi viistoon maata kohti ja rupesi tummumaan. Esineestä irtosi kymmenkunta kappaletta säkeniä.”

Taksiautoilija Erkki Säisä Palosenmäen kylällä Vieremällä näki ainoana meteoriitin putoamisen. Hän oli juuri saanut autonsa talliin, kun öinen taivas muuttui hetkessä kirkkaan valkoiseksi, kertoo Iisalmen Sanomat. Samalla kuului melko voimakas sihisevä ääni. Rakennuksen takaa ilmestyi keskitaivaalla noin puolen metrin mittaiselta vaikuttanut pitkulainen kappale, joka kirkkaasti hehkuen syyti säkeniä ympärilleen.

Ilmiö eteni melko nopeaa vauhtia luoteeseen ja sammui ennen putoamistaan. Se ei kadonnut taivaanrannan taa, vaan näytti putoavan Palosenmäen maastoon. Kohta tämän jälkeen kuului tössähtävä ääni, joka Säisän mukaan muistutti kiven putoamista jäiselle tantereelle.

Putoamispaikkaa etsittiin seuraavana päivänä, mutta mitään ei löytynyt. Sitten tuli lumisade, joka peitti mahdolliset putoamisjäljet alleen, ja etsinnöistä oli toistaiseksi luovuttava.

Prof. Birger Wiik Geologiselta tutkimuslaitokselta sai heti tiedon tapahtumasta. Lumisateen takia ei kuitenkaan mitään voitu tehdä ennen kevättä 1977, jolloin paikalle lähetettiin laitoksen nuori tutkija Crister Ahlsved. Ahlsved vietti puolisen viikkoa Vieremällä haastatellen tapauksen silminnäkijöitä ja tutkien oletettua putoamispaikkaa. Paikka saatiin määrittäytyä melko tarkasti. Ahlsvedin ohjeiden perusteella oli Palosenmäen maastoa haravoimassa mm. koululaisryhmiä, mutta etsinnät jäivät tuloksettomiksi.

Meteoriitti on voinut olla hyvin pieni tai se on voinut särkyä maahan osuessaan sirpaleiksi, jolloin sen löytäminen on hyvin hankalaa. Nyt kun putoamisesta on jo kulunut pari vuotta, on kasvillisuus peittänyt maastoon tulleet jäljet ja sään kulutus syönyt meteoriitinkappaleita. Niiden tunnistaminen on entistä hankalampaa, ja ne jäävät ilmeisesti ikuisiksi ajoiksi löytämättä.



## 2. LENTÄVÄT TÄHDET

Aurinkoamme kiertää planeettojen joukossa valtavat määrät pieniä kappaleita. Niiden koko vaihtelee satojen kilometrien läpimittaisista pikkuplaneetoista eli asteroideista pienempiin pölyhiukkasiin.

Kun avaruudesta tuleva kappale osuu Maan ilmakehään, se alkaa hajota ja loistaa kirkkaalla valolla. Sen aiheuttamaa valoilmiota sanotaan *meteoriksi* eli *tähdenlennoksi*. Kaikkein kirkkaimpia tähdenlentoja sanotaan bolideiksi tai tulipalloiksi.

Tässä luvussa kerromme tulipalloista ja meteoreista, ja seuraavassa luvussa käsittelemme maahan asti selvinneitä avaruuden kiviä, *meteoriihteja*.

### Avaruuden kivet pommittavat maapalloa

Läpi ihmiskunnan historian on säilynyt kertomuksia taivaalta pudonneista kivistä ja taivaalla nähdystä kirkkaista tulisista palloista. Niiden alkuperää ei kuitenkaan osattu aina oikein selittää. Aina 1800-luvun alkuun asti uskottiin, että meteorit ovat ilmakehän omia ilmiöitä ja että meteoriihit ovat syntyneet jollain tapaa tiivistymällä ilmakehän yläosissa, josta ne sitten putoavat maahan.

Vasta 1800-luvun alkuvuosina alettiin yleisesti hyväksyä selitys meteorittien tulosta maapallon ulkopuolelta. Tämän ajatuksen voimakas puolestapuhuja oli esimerkiksi Pietarin akatemiassa toiminut E.F.Chladni. Huhtikuussa 1803 sattui Ranskassa voimakas meteoriihtisade, jossa satoja kiviä putosi maahan. Sen silminnäkijöinä oli myös muutamia tiedemiehiä, joiden oli nyt hyväksyttävä se tosiasia, että meteoriihit tulevat avaruudesta.

Tämän päivän ihmiselle on aivan selvää, että avaruudessa on muitakin kappaleita kuin isot planeetat ja kiintotähdet. Olemme saaneet tietää tuhansista pikkuplaneetoista ja sadoista komeetoista. Avaruusaluukset ovat

*Kirkas tähdenlento Etelä-Suomen yllä elokuun 10. päivänä 1975. Meteorin lentoradassa näkyy epätavallista mutkittelua. (Kuva Tuomas Lamminpää).*



käyneet ilmakehän ulkopuolella tekemässä mittauksia pienimmistä avaruuden hiukkasista, ja kaikkialla Kuun ja lähiplaneettojen pinnalla olemme nähneet jälkiä mahtavasta meteoriittipommituksesta.

Maapallon pinnalle asti avaruuden kivet kuitenkin vain harvoin pääsevät. Tehokkaana esteenä (ja samalla erinomaisena suojana ihmiselle) on ilmakehä. Se jarruttaa kosmisella nopeudella tulevat hiukkaset ja polttaa niistä useimmat tuhaksi jo kymmenien kilometrien korkeudella.

Avaruudessa risteilee pikkukappaleita kaikenlaisilla radoilla. Osa niistä on pyöreillä planeettamaisilla radoilla, jotka kulkevat samaan suuntaan kuin maapallon rata, ja nämä osuvat Maahan pienillä nopeuksilla. Osa taas on komeettamaisilla, hyvinkin soikeilla radoilla, joista jotkut kulkevat päinvastaiseen suuntaan kuin planeetat yleensä. Näillä radoilla olevat meteoroidit iskeytyvät maapallon ilmakehään suurilla nopeuksilla.

Maapallon nopeus radallaan Auringon ympäri on noin 30 km sekunnissa. Jos maapallon saavuttaa takaapäin suunnilleen samalla nopeudella liikkuva hiukkanen, se osuu ilmakehään noin 11 km sekuntinopeudella. Tämä nopeus johtuu maapallon omasta vetovoimasta, joka kiihdyttää lähelle tulevia kappaleita.

Jos taas kappale on avaruudessa liikkeellä vastakkaiseen suuntaan kuin maapallo, sen suhteellinen nopeus on jopa 70 km/s. Todellinen osumisnopeus on Maan vetovoiman takia vielä tätäkin suurempi. Näitä suurella nopeudella maapalloon osuvia kappaleita ei ole kuitenkaan paljon, koska vastakkaiseen suuntaan kulkevat radat eivät ole pitkillä aikaväleillä pysyviä, vaan planeettojen aiheuttamat häiriöt heittävät sellaisilla radoilla olevat kappaleet pois.

Tavallisimmin maapalloon osuvien meteoroidien nopeus on parisenkymmentä kilometriä sekunnissa.

Avaruuden kivet voivat iskeytyä ilmakehään eri kulmassa. Useimmat tulevat hyvin jyrkillä kulmilla, jolloin ne kulkevat melkein pystysuoraan ylhäältä alas. Toiset tulevat loivemmin, ja äärimmäisenä tapauksena ovat sellaiset meteoroidit, jotka tulevat aivan maanpinnan suuntaisena, kulkevat jonkin matkaa ilmakehässä ja jatkavat lentoaan takaisin avaruuteen.

Viimeksi tällainen maapalloa "hipova" meteoroidi nähtiin Yhdysvalloissa elokuussa 1972. Loistettuaan kirkkaana päivänvalossa näkyvänä valopisteenä tuhansien hämmästyneiden katsojien yläpuolella, se yli minuutin ajan ilmakehää kynnettyään pompahti takaisin avaruuteen ja jatkoi lentoaan vain vähän hidastuneella nopeudella. Tulipallosta ehdittiin ottaa satoja valokuvia ja jopa elokuvanpätkiä. Meteoroidi oli alimmillaan ilmakehässä noin 60 km korkeudella. Paitsi maanpinnalta, sen havaitsi myös eräs avaruudessa kiertänyt satelliitti, jonka antamien tietojen perusteella kappaleen ominaisuudet voitiin melko hyvin laskea. Meteoroidin

### Aurinkoa kiertäviä kappaleita: sanastoa

<b>asteroidi</b>	on pikkuplaneetta, jonka koko on parinsadan metrin ja tuhannen kilometrin välillä.
<b>bolidi</b>	eli tulipallo on poikkeuksellisen kirkas tähdenlento.
<b>komeetta</b>	tarkoittaa samaa kuin pyrstötähti.
<b>meteori</b>	eli tähdenlento on se valoilmio, jonka avaruudesta ilmakehään syöksyvä hiekansiru aiheuttaa.
<b>meteoriitti</b>	on avaruuden kivi, joka selviää ehjänä maan pinnalle asti.
<b>meteoroidi</b>	tarkoittaa Aurinkoa kiertävällä radalla olevaa meteoriittia, siis asteroidia pienempää kappaletta.
<b>mikrometeoroidi</b>	tarkoittaa pienimpiä avaruudessa kiitäviä hiekansiruja tai pölyhiukkasia.
<b>pikkuplaneetta</b>	on toiselta nimeltään asteroidi (tai planetoidi).
<b>planeetta</b>	-nimi on varattu aurinkokuntamme yhdeksälle suurimmalle planeetalle eli kiertotähdelle.
<b>pyrstötähti</b>	eli komeetta on lumesta, jäästä ja pölystä koostunut harva pallo, josta irtoaa kaasua ja pölyä pyrstöksi.
<b>tulipallo</b>	eli bolidi on epätavallisen kirkas tähdenlento.
<b>tähdenlento</b>	tarkoittaa samaa kuin meteori.

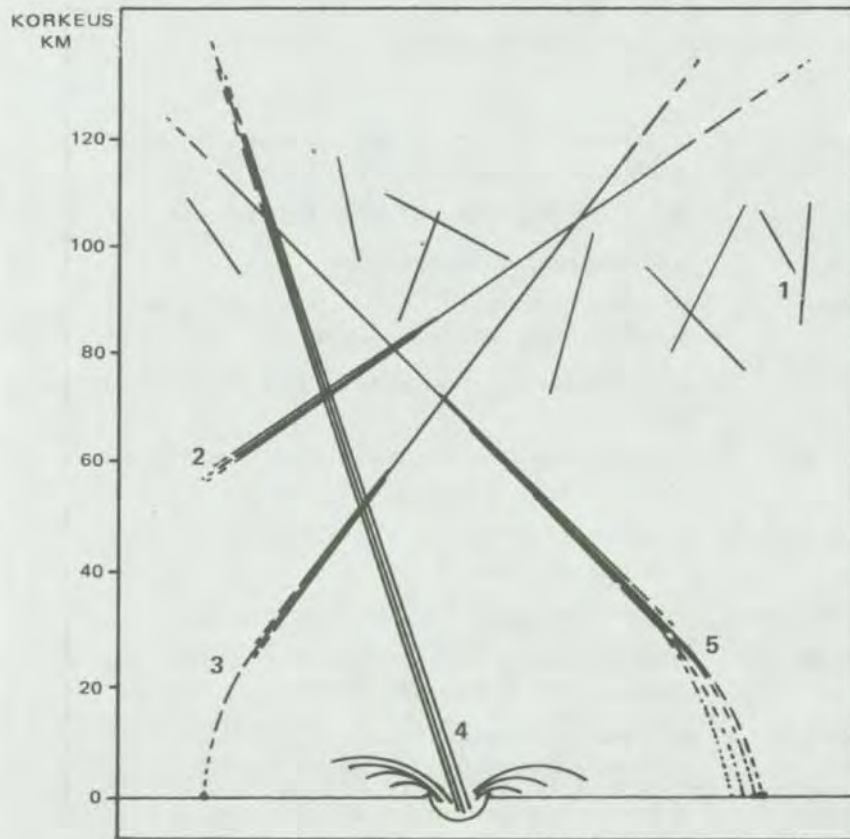
Tarkemmat määritelmät näille ja muille kirjassa käytettäville termeille löytyvät kirjan lopussa olevasta sanastosta.

massa oli ilmeisesti tuhansia tonneja ja läpimitta kymmeniä metrejä. Se olisi maahan osuessaan aiheuttanut melkoisen kraatterin!

Amerikkalaisen tulipallon nopeus oli noin 15 km/s. Ensimmäisessä luvussa kuvatut suomalaiset tulipallot ovat olleet vieläkin hitaampia ja tulleet melkein yhtä loivasti ilmakehään. Ne ovat kuitenkin olleet heikompa ainetta, koska ne ovat hajonneet kokonaan jo lentonsa aikana.

Minkälaista ainetta avaruudessa kiitävät kappaleet oikein ovat? Aikaisemmin luultiin, että ne ovat kaikki hyvin tiiviitä metalli- tai kivimöykkyjä,





Meteorien lento ilmakehässä. 1. Tavallisia meteoreja eli tähdenlentoja. 2. Tulipallo, joka tuhoutuu kokonaan ilmakehässä. 3. Tulipallo, jonka kosminen nopeus hidastuu parinkymmenen kilometrin korkeudella vapaaksi putoamiseksi. Tulipallon ydin putoaa meteoriittina maahan. 4. Suuri meteoriitti, jolla on vielä maahan osuessaan kosminen nopeus, synnyttää meteoriittikraatterin. 5. Suuresta tulipallosta irtoaa Lennon aikana pölyä ja kappale hajoaa parinkymmenen kilometrin korkeudessa meteoriittisateeksi. – Mukailtu Krinovin kirjasta *Principles of Meteoritics*.

samanlaisia kuin maahan asti säilyneet meteoriitit. Parin vuosikymmenen ajan on kuitenkin tämä kuva jatkuvasti muuttunut. Jo 50-luvun alussa huomattiin, että monet meteorit, jotka saatiin valokuvatuksi ja joista siten saatiin tarkempia tietoja, hajosivat ja hidastuivat ilmakehässä aivan liian nopeasti ollakseen kovin kiinteitä kappaleita. Aluksi puhuttiin ”pölypalloista”, nykyään tämänlaisia meteoreja sanotaan ”komeettamaisiksi”.

Komeetan ytimen ajatellaan koostuvan erilaisista jäistä ja jäiden seassa olevasta pölystä ja ehkä isommistakin kappaleista. Kuvaava vertaus on ”likainen lumipallo”.

Tämänhetkisen käsityksen mukaan useimmat nähdystä tulipalloista ja meteoreista ovat juuri isompia tai pienempiä likaisia lumipalloja, hyvin harva-aineisia kappaleita, joilla ei ole mitään mahdollisuutta selviytyä ilmakehän läpi. Ne tuhoutuvat kaikki hyvin korkealla.

Vain kaikkein kiinteimmät kivet ja rautakappaleet, joita maapallon ilmakehään osuvista meteoroideista on pieni osa, selviytyvät osittain ehjinä pinnalle asti.

Mitkä ilmiöt aiheuttavat sen valon, joka nähdään meteorina, tähdenlentona? Tiedämme, että itse avaruudesta tuleva kappale on niin pieni, että sitä on satojen kilometrien päästä mahdotonta nähdä edes kaukoputkella. Kuitenkin tämä kappale voi piirtää taivaalle kymmenien tai satojen metrien levyisen vanan.

Meteori alkaa näkyä yleensä 100–120 km korkeudessa. Täällä ilmakehän tiheys on jo niin suuri, että kosmisella nopeudella ilmakehän molekyyliin törmäävä meteoroidi alkaa hajota. Sen pinnan lämpötila kohoaa tuhansiin asteisiin, ja osa aineesta muuttuu suoraan höyryksi. Tämä hehku kaasu leviää eteenpäinkiihtyvän kappaleen taakse vanaksi. Samaan vanaan irtoaa myös kappaleen pinnasta pieniä sulia pisaroita, joista osa myös muuttuu kaasuksi ja osa tiivistyy pieniksi kiinteiksi palloiksi.

Tämä hehku kaasu ja pisarat sekä kappaleen liike-energian ionisoimat ilmakehän hiukkaset muodostavat sen tulipallon, jonka me taivaalla näemme. Lisäksi kiinteistä pikku pisaroista muodostuu pölyvana, joka päiväsaikaan nähdyissä tulipalloissa jää usein tunneiksi leijumaan taivaalle pitkänä sumupilvenä. Ennen suihkukoneiden aikakautta taivaalla näkyvä sumuvana oli aina merkinä ilmakehään syöksyneestä meteoriitista.

Avaruudesta tullut kappale siis koko ajan hajoaa tunkeutuessaan syvemmälle ilmakehään. Komeettamainen aine rikkoutuu kokonaan jo korkealla, kivet ja rautakappaleet jatkavat syöksymistään ilmakehän tiheämpiin kerroksiin.

Meteoroidin eteen muodostuu ilmatyyny, jossa ilma puristuu hyvin suureen paineeseen. Tämä paine ajaa kappaleesta irtoavat osat voimakkaasti ulospäin ja samalla aiheuttaa itse kappaleeseen suuria rasituskia. Useimmiten rasitukset ovat niin kovia, että kivi hajoaa moneen osaan, jotka jatkavat parvena lentoaan. Ne voivat myös heti jäädä jälkeen etummaisesta kappaleesta, kuten kävi ensimmäisessä luvussa kuvatussa kesäkuun tulipallossa. Tällöin taivaalle muodostuu kuin helminauha, jossa isompia ja pienempiä palloja kiittää tulijyrstö perässään peräkkäin eteenpäin.

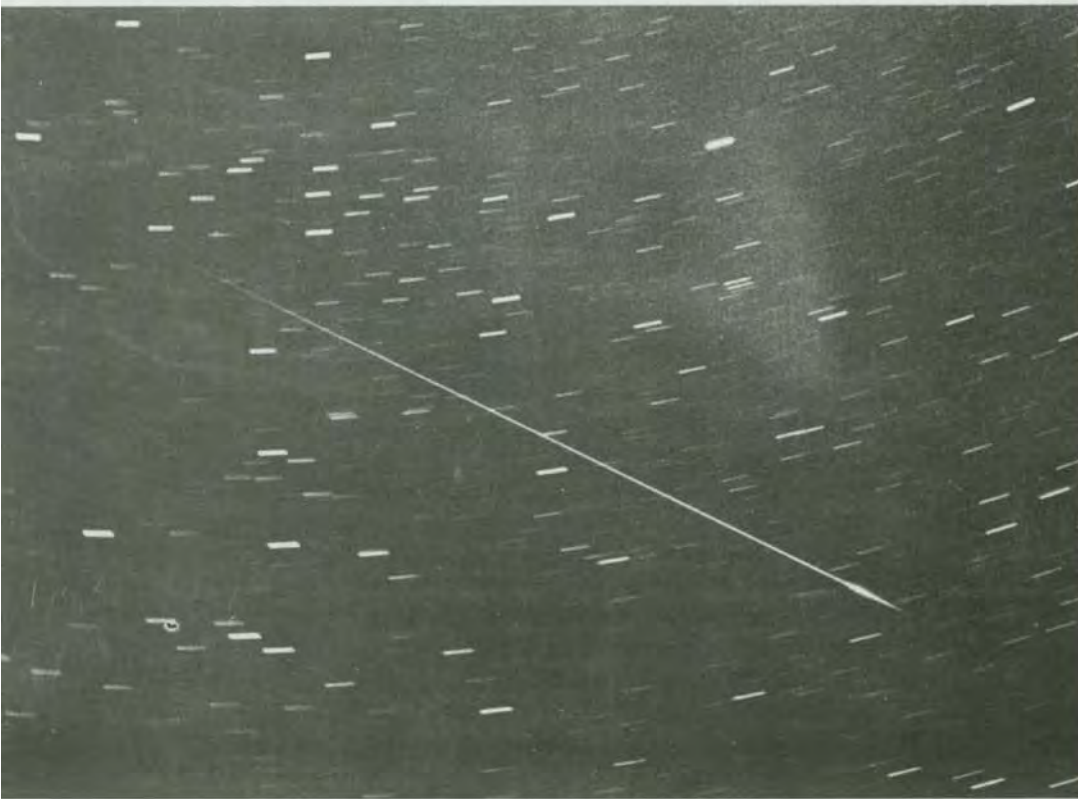
Tullessaan noin 60 km korkeuteen meteori aiheuttaa tihentyneeseen



ilmaan iskuaallon, samanlaisen kuin esimerkiksi ääntä nopeammin liikkuvat lentokoneet tai kivääristä lähtevä luoti. Meteorin aiheuttama iskuaalto on kuitenkin voimakkaampi kuin näiden ihmisten tekemien esineiden vaikutus. Nopeinkaan lentokone ei juuri ylitä yhden kilometrin sekuntinopeutta, kun taas meteoreilla tavallinen nopeus on jopa parikymmentä kilometriä sekunnissa.

Iskuaalto etenee äänen nopeudella ilmakehässä, ja maan pinnalla se kuullaan pamauksina ja jyrinä.

Ääni-ilmiöt liittyvät siten tulipalloon, joka on tullut alle 60 km korkeuteen maanpinnasta. Tätä ylempänä ilma on niin harvaa, että se ei pysty kuljettamaan ääniaaltoja. Esimerkiksi Baltian bolidista ja kesäkuun tuli-



*Tuomas Lamminpään ottama kuva komeasta tulipallosta 12.8.1973. Tähtenlennon loppupäässä (oikealla) näkyy meteorin viimeinen leimahdus, joka merkitsee sen lopullista hajoamista.*

pallosta ei Suomessa saatu varmoja äänihavaintoja, mikä osoittaa niiden liikkuneen ilmeisesti yli 60 km korkeudella Suomen yli.

Ilmanvastuksen takia avaruudesta tulevan kappaleen nopeus koko ajan hidastuu. Tavallisesti kosminen nopeus on jo parinkymmenen kilometrin korkeudella maanpinnasta hidastunut tavalliseksi vapaaksi putoamiseksi (mikäli kappaleesta on enää tällöin mitään jäljellä). Hidastuminen merkitsee myös tulipallon sammumista. Tämän jälkeen kappale putoaa sananmukaisesti kuin kivi. Sen nopeus on viimeisillä kilometreillä enää vajaat 100 metriä sekunnissa (muutamia satoja kilometrejä tunnissa). Tämä on myös se nopeus, jolla se iskeytyy maahan. Kulkusuunta on myös muuttunut lähes pystysuoraksi, olipa se alkuun miten vino tahansa.

Mutta ennen kuin kerromme maanpintaan tulleista meteoriiteista, katsotaan miten tulipalloista ja tähdenlennoista on saatu havaintoja.

### Meteorinmetsästys – mielenkiintoinen harraste

Avaruudesta ilmakehään iskeytyvät hiukkaset ovat kooltaan hyvin erilaisia. Siksi niiden aiheuttamat ilmiötkin vaihtelevat suuresti. Pienimmät pölyhiukkaset eivät aiheuta mitään havaittavia ilmiöitä – itse asiassa ne eivät edes tuhoutu ilmakehään osuessaan, vaan niiden nopeus vain hidastuu ja ne jäävät leijumaan ilmakehän yläosiin pudotakseen sieltä vähitellen maanpinnalle.

Hieman suuremmat hyväset, ehkä millimetrin kymmenesosan suuruiset, aiheuttavat jo kaukoputkessa näkyvän leimahduksen. Ne jättävät myös jälkeensä taivaalle jonkin aikaa kestävästä ionisoituneesta kaasusta muodostuneen vanan. Tämä vana voidaan tutkalla havaita, koska se heijastaa radioaaltoja. Niinpä meteoritutkimuksessa on jo kauan käytetty tutkatekniikkaa hyväksi. Sillä saadaan tietoja pienemmistä avaruuden hiukkasista kuin valokuvaamalla tai visuaalihavainnoilla (siis paljaalla silmällä) ja siten arvokasta tietoa meteorien kokonaismäärästä.

Tavalliset tähdenlennot eli meteorit, joita jokainen voi ihailla selkeinä öinä loistavina vilahduksina öisellä taivaalla, aiheutuvat ehkä muutamien millien läpimittaisista kappaleista. Näidenkin tutkiminen on tärkeää kokonaiskuvan saamiseksi avaruuden ainejakautumasta. Meteorit ovat kuitenkin usein niin heikkovaloisia, että valokuvaustekniikalla niitä ei aina pystytä tallentamaan. Siksi tähtitieteelliset laitokset eivät tämänkokoisia tähdenlentoja yleensä tutki.

Tässä tulevat tähtitieteen harrastajat avuksi. Heillä on usein intoa makaila selkeinä öinä tuntikausia meteoreja metsästävässä. Kun näitä harrastajien havaintoja tehdään säännöllisesti hyvin monissa paikoissa

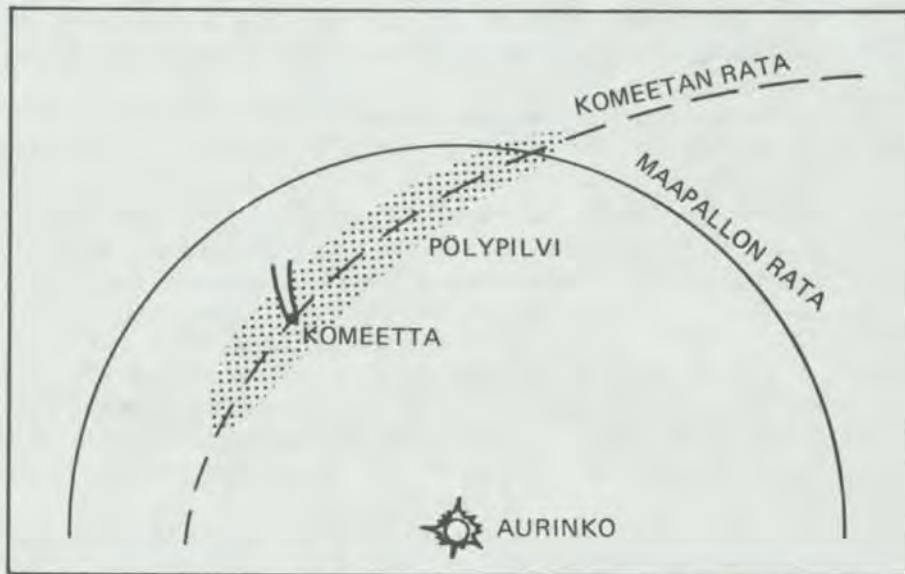


maapallolla, saadaan meteorien esiintymisestä hyvä yleiskuva kokoamalla havaintotulokset yhteen.

Paljain silmin näkyviä meteoreja sattuu muutaman minuutin tai kymmenen minuutin välein. Enemmän tähdenlentoja on näkyvissä aamupuolella yötä kuin iltayöllä.

Harrastajat ovat keskittyneet lähinnä *tähdenlento*parvien eli tähtisateiden tutkimiseen. Tällöin edellämainittujen *satunnaisten* eli *sporadisten* meteorien lisäksi nähdään enemmän tai vähemmän meteoreja, jotka näyttävät tulevan tietystä taivaan kohdasta. Tähdenlentoarville annetaan yleensä nimi sen tähdistön mukaan, jossa niiden *säteily*piste, *radiantti*, näyttää sijaitsevan.

Tähdenlentoarvet tulevat samasta taivaan kohdasta siitä syystä, että niiden aiheuttajina olevat hiukkaset liikkuvat Auringon ympäri samaa rataa pitkin. Nämä hiukkaset ovat nykyisten käsitysten mukaan hajonneiden komeettojen jäännöksiä. Kuten edellä jo mainittiin, komeetan ydin on jäistä ja pölystä koostuva löyhä kappale. Aina Auringon lähelle tullessaan komeetta lämpenee ja osa jäästä höyrystyy avaruuteen. Tällöin vapautuu myös pölyhiukkasia, jotka leviävät nauhaksi komeetan etu- ja takapuolelle pitkin sen rataa. Tarpeeksi monen auringonohituksen jälkeen



Tähdenlentoarvet ovat peräisin hajoavista komeetoista. Irtoava pöly leviää yhä suuremmalle alueelle pitkin komeetan rataa, ja maapallon osuessa pölypilveen syntyy tähtisateita.



Leonidien tähdenlentoarvi näkyi lokakuussa 1933 todellisena meteorimyrskynä. Tähdenlennot näyttävät tulevan samasta taivaan pisteestä, radiantista. Sama parvi aiheutti 1966 Yhdysvalloissa nähdyn meteorimyrskyn. (Kuva L.Rudaux ja G. de Vaucouleurs, *Astronomie*).

koko komeetta on voinut hajota pölypilveksi tai sen ydin on muuttunut näkymättömäksi pikkuplaneetan kaltaiseksi kappaleeksi, jossa ei ole enää haihtuvia jäitä.

Pölypilvi on aluksi keskittynyt komeetan alkuperäisen paikan ympärille. Jos maapallo sattuu kulkemaan tämän kohdan läpi, meillä nähdään loistava tähtisade, oikea meteorimyrsky. Näitä luonnon ilotulituksia näkyy ehkä kymmenkunta vuosisadassa. Viimeisin sattui vuonna 1966 Yhdysvalloissa, jossa marraskuun 17. päivän aamutunteina alkoi taivaalla



leimahdella meteoreja valtavalla tiheydellä. Parhaimmillaan hämmästyneet havaitsijat näkivät kymmeniä meteoreja sekunnissa – yli 1000 minuutissa.

Komeetan jälkeensä jättämä pölypilvi hajautuu melko nopeasti yli koko radan. Parisataa vuotta komeetan hajoamisen jälkeen nähdään maapallolla vuosittain luotettava, mutta ei erikoisen vaikuttava tähdenlentoparvi, jossa nähdään ehkä joitain kymmeniä meteoreja tunnissa.

Kun pölypilven syntymisestä on kulunut muutamia tuhansia vuosia, parvi on jo hajonnut ympäri avaruuden osaksi satunnaisia meteoreja. Aina kuitenkin tulee uusia komeettoja ja uusia tähtisateita.

Oheisessa taulukossa on lueteltu huomattavimmat tämänhetkiset tähdenlentoparvet. Siinä on myös mainittu se komeetta, joka parven on aiheuttanut, jos sellainen tunnetaan. Taulukossa mainittu radiantti on se piste, josta parven meteorit näyttävät tulevan. Itse meteori voi kuitenkin näkyä vaikka toisella puolella taivasta, mutta kun eri meteorien suuntia jatketaan taaksepäin, nähdään niiden tulopisteen sattuvan lähelle mainittua radianttia.

Suomessakin on innokkaita meteorien metsästäjiä. Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan piirissä toimii meteorijaosto, jonka vetäjänä on

**Taulukko 2.1. Voimakkaimmat tähdenlentoparvet.** Parven nimen jälkeen on annettu se tähdistö, jossa parven radiantti eli säteilypiste sijaitsee. Parven meteoreja voi nähdä kolmannessa sarakkeessa ilmoitettuna aikana, parhaiten maksimiyönä. Toiseksi viimeisessä sarakkeessa on tunnissa näkyvien parven meteorien lukumäärä ja viimeisessä komeetta, josta meteorit ovat peräisin. (Tiedot Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan vuosikirjasta Tähdet 1977).

Parvi	Radiantin sijainti	Näkyvissä	Maksimi	Meteoreja tunnissa	Komeetta
Kvadrantidit (bootidit)	Karhunvartija	1.–5.1.	3.–4.1.	30–40	–
Lyridit	Lyyra	19.–25.4.	22.4.	10	Thatcher
Eta-akvaridit	Vesimies	1.–12.5.	5.5.	5–10	Halley
Perseidit	Perseus	20.7.–18.8.	12.8.	40–50	Swift-Tuttle
Kappa-cygnidit	Joutsen	17.–24.8.	20.8.	5	–
Orionidit	Orion	17.–26.10.	21.10.	10–15	Halley
Tauridit	Härkä	10.10.–5.12.	1.11.	5	Encke
Leonidit	Leijona	14.–20.11.	17.11.	10	Tempel-Tuttle
Geminidit	Kaksoset	7.–15.12.	13.–14.12.	40–50	–
Ursidit	Pieni Karhu	17.–24.12.	22.12.	5	–

vantaalainen Markku Lindqvist. Jaosto tekee havaintoja ja lähettää tuloksensa eteenpäin kansainväliseen keräyskeskukseen Englantiin.

Näytteenä suomalaisten meteorinmetsästäjien urotöistä voidaan lainata Tähtiaika (nyk. Tähdet ja Avaruus)-lehdessä julkaistua havaintokertomusta vuodelta 1972. Siinä Markku Lindqvist kuvailee yrityksiä havaita *giacobinidleri* tähdenlentoparvea:

”Sunnuntai 8.10. Toivorikkaina ahtautuivat Sotungin havaitsijat autombiliin ja suunnistivat kohti havaintopaikkaa. Taivas oli vielä suurimmaksi osaksi pilvetön. Mukana oli aitoa skottilaistakin, sillä eräs saarivaltakunnan innokas meteorihavaitsija, George H. Spalding, oli tullut maahamme nimenomaan nähdäkseen mahdollisimman komeita giacobinidejä. Uhkarohkeita Ursan uroksia oli matkassa viisi kappaletta, valmiina uhmaamaan tulisimpiakin kivisateita.

Auto jouduttiin jättämään noin puolen kilometrin päähän varsinaisesta havaintopaikasta. Polunjuonteissa kiemurtelevana karavaanina rytysi joukko kohti päämääräänsä, mutta taivaalla rytyisivät myös pilvet...

Perillä ollaan, kello on 16.55. Otsalle on kihonnut erinäinen joukko



Tuomas Lamminpään tähdenlentokamera. Kameran yläpuolella oleva potkuri leikkaa kuvakentän poikki useita kertoja sekunnissa ja estää filmin liiallisen valottumisen taivaan hajontavalosta sekä jättää meteorien jälkiin mustia väljuovia, joista niiden nopeus voidaan laskea.



hikihelmiä. Skottikin käy aika kuumana ja huokaukset ovat täysin metsäsuomalaisia.

Vilvoittelun ja säätilan arvioinnin jälkeen (pilvirintama lännessä jonkin verran lähestynyt) alamme laittaa havaintovälineistöä paikoilleen. Viisi kameranjalustaa jököttää tuota pikaa peruskalliolla odottaen isäntiään, joiden on määrä aloittaa työnsä noin kello 19.30. Tällöin alkaa olla tarpeeksi pimeää valotusta ajatellen. Tuikitärkeitä visuaalihavaintoja varten on paikalle kannettu kaksi Vetelää-Veikkaa (50-luvun vastine nykypäivän Lepo-Lasseille), että kaksi ihmeellistä, pumpattavaa ilmapatjaa, joilla on huomattavasti miellyttävämpi maata kuin paljaalla, yöniljakaalla kalliolla. Jokainen, joka on yrittänyt havaita lähellä zeniittia näkyviä tähdenlentoja, tietää, ettei se niskan väsymättä käy ilman em. apuvälineitä.

Koska tarkoitus oli havaita meteoreja aina puoleenyöhön saakka, oli jokainen varannut runsaasti päällelantavaa. Tähän kohtaan onkin syytä pistää muistutus lämpimän vaatetuksen tarpeellisuudesta. Melko uusi kämmensääntö sanoo näin: "Oj te meteorihavaintajat kaikki, tää sääntö muistakaa: ei teille dralon, silkki tai nylon kelpaa, vaan kohti radianttia ain villass' ja turkislakiss' tähyelkää!"

Myös oli mukaan varattu reippaasti sisällepantavaa. Oli etelän hedelmää, pohjolan vihannesta, leipää, lihaa ja juotavaa.

18.30 olivat kaikki välineet paikoillaan ja havaintajat asettuneet paikoilleen. Vaihteeksi pohjoisesta tullut pilvisyysvyöhyke oli ehtinyt jo zeniittiin saakka. Muuten sää oli varsin miellyttävä, oli tyyntä, ja lämpötila + 10°C. Kello 19:ään mennessä voi sanoa taivaasta olleen noin 6/8 osaa pilvessä ja aika ajoin oli tilanne vieläkin huonompi. Niinpä pidimme välillä pienen ruokailutaun. Ankarasti ahmi ursalaisen suu leipää sekä särvintä ja tottuneesti kallisti tarkka käsi palanpainiketta.

Kello 19.30 ilmaantui pilviverhoon useampia repeämiä ja oitis tarkkasi kuusi silmäparia himokkaasti taivaalle. Vaan eipä näkynyt tähdenlentoja, ehei. Vain muutama satelliitti teki taivaltaan tähtien lomitse. 20.09 näkyi sitten yksi heikko tähdenlento, muttei sekään ollut giacobinidi. Ja heti tämän havainnon jälkeen nousi mahtava sumupilvi, näkyvyys laski noin 50 metriin. Voimallinen kosteus ympäröi ryhmän ja kamerat oli nopeasti laitettava suojaan. Odottelimme sen jälkeen vielä puolisen tuntia sään mahdollista selkiytymistä, mutta toive oli turha.

Kello 20.45 kaikkensa yrittänyt ryhmä, voimattomana julmille säätekijöille, poistui hiljaisesti manailien havaintopaikalta. Paluureitti ei tarjonnut pimeässä ja sakeassa sumussa erikoisen loistavia polkuretkitunnelmia. Joka tapauksessa koko ryhmä selvisi kallionkoloista ja ryteiköistä ilman tappioita sivistyksen piiriin.

Tällä kertaa ei havainto-onni ollut hymyillyt meille, korkeintaan vain käkättänyt pirullisesti kämmenensä suojassa. Mutta me vannoimme näyttävämme vielä kerran . . ."

## Kamerat kuvaavat tulipalloja

Komeettojen jälkeensäjättämissä pölypilvissä hiukkaset ovat niin harvaa ja heikkoa ainetta, että ne tuhoutuvat jo korkealla ilmakehässä. Siksi tähtisateiden kuvaaminen ei tuo vastausta kysymykseen, millaisen valoilmion aiheuttaa maahan asti selviävä meteoriitti tai onko mahdollista valokuvahavaintojen perusteella löytää uusia vastapudonneita meteoriitteja.

Meteoriittien putoamiset ja kirkkaat tulipallot sattuvat täysin sattumanvaraisesti, ja siksi niiden kuvaamiseksi on pystytettävä laajoja kameraverkkoja. Ensimmäinen tällainen verkko asennettiin Tshekkoslovakiaan 50-luvun alussa. Kahdelta eri asemalta kuvattiin kameroilla taivasta. Tutkijoille tuli yllätyksenä kirkkaiden tulipallojen valtava määrä. Niitä oli kymmeniä kertoja enemmän kuin oli osattu odottaa. Yllättävä oli myös havaittujen tulipallojen nopea hajoaminen. Ne näyttivät olevan suurimaksi osaksi harvaa komeettamaista ainetta, joka nopeasti tuhoutuu.

Kesti kahdeksan vuotta, ennen kuin tshekkoslovakialaiset tutkijat onnistuivat kuvaamaan ensimmäisen tulipallon, josta myös löydettiin maahan pudonnut meteoriitti. Tämä tapahtui huhtikuun 7. päivänä 1959, viisitoista minuuttia sen jälkeen kun kamerat oli illalla kytketty toimintaan. Satoja kertoja kuuta kirkkaampi tulipallo ilmestyi kameroiden kuvakenttään, kulki siinä runsaat viisi sekuntia ja sammui hajoavaksi parveksi. Puolitoista minuuttia myöhemmin kuultiin meteorin aiheuttamat voimakkaat pamaukset, ja Pribramin kylän lähellä maahan satoi useita pieniä meteoriitteja.

Tämän tapauksen innottamana laajennettiin tshekkoslovakialainen kameraverkko kattamaan koko maan ja lisäksi osia Itä- ja Länsi-Saksaa, ja Yhdysvaltojen keskiosiin perustettiin ns. Preeriaverkko. Kumpikin kameraverkko kattoi noin miljoonan neliökilometrin alueen, siis kolme kertaa Suomen pinta-alan. Tutkijat toivoivat voivansa kuvata muutaman keran vuodessa sellaisen tulipallon, josta myös saataisiin talteen meteoriitti.

Toisin kuitenkin kävi. Vuodesta toiseen kamerat kuvasivat taivasta ja toinen toistaan mahtavampia tulipalloja, mutta useista etsinnöistä huolimatta kirkkaimmatkin tulipallot jäivät pelkiksi valoilmioiksi. Avaruudesta tulevat suurimmat kappaleet olivat vielä heikompaakin ainetta kuin oli laskettu, ja tuhansien tai kymmenienkin tuhansien tonnien massat hajosivat kokonaan ilmakehään.



Yhdysvaltain keskiosissa oleva kameraverkko kuvasi 3.1.1970 komean tulipallon, jonka aiheuttanut meteoriitti myöhemmin löydettiin Lost Cityn läheltä. Kirjan kannessa näkyy yhdeksän sekuntia kestänyt tulipallo. Sen poikki kulkevat katkokset ovat aikamerkkejä, joiden avulla tulipallon nopeus voitiin määrittää. Viereisessä kuvassa tulipallon lennon loppuvaiheet kameran kuvaamana. Kirkkaimman tulipallon oikealla puolella nähdään siitä irronnut heikompi osa. Maasta löytyi kaikkiaan neljä meteoriitin kappaletta, joista suurin nähdään alla. (Kuvat R.E.McCrosky ja C.Y.Shao, Smithsonian Astrophysical Observatory).



Onni potkaisi seuraavan kerran vuoden 1970 alkupäivinä, tammikuun 3.päivänä, kun amerikkalainen kameraverkko kuvasi kuun kirkkaudella loistaneen tulipallon, joka yhdeksässä sekunnissa saavutti huippunsa ja himmeni jälleen näkymättömiin. Tulipallon jäljen loppuosa häipyi näkyvistä tasaisesti himmeten, ilman tavallisesti nähtävää loppuleimähäntä, joka merkitsee meteorin hajoamista (kts. oheiset kuvat).

Valokuvista voitiin laskea kappaleen rata ja mahdollisen meteoriitin putoamispaikka. Yksi kameraverkon hoitajista, Gunther Schwartz, ajoi lumisten teiden läpi autollaan lasketun putoamispaikan lähellä olevaan kylään, Lost Cityyn, ja jatkoi matkaansa lähifarmeille kysyäkseen oliko siellä nähty meteoriitin putoamista. Schwartzin ei kuitenkaan tarvinnut ajaa kauaksi, kun hän hämmästyksensä näki etsityn meteoriitin maakaavan suoraan edessään lumisella tiellä! Näin yksinkertaisesti löytyi ensimmäinen meteoriitti, jonka putoamispaikka laskettiin valokuvien avulla. Myöhemmin löydettiin vielä kolme muuta meteoriitista irronnutta kappaletta, yhteiseltä painoltaan 17 kg.



Vaikka putoavan meteoriitin kuvaaminen onkin odotettua harvinaisempi tapahtuma, on maapallolla tällä hetkellä jo puolisen tusinaa kameraverkkoa. Yhdysvaltain Preeriaverkko lakkautettiin varojen puutteen takia pari vuotta sitten, mutta uusi verkko on perustettu Keski-Eurooppaan, Kanadaan, Britteihin saarille ja Neuvostoliittoon. Ne tutkivat tietysti myös tulipallojen ja kirkkaiden meteorien yleisiä ominaisuuksia, kokojakautumaa jne.

Kertyneen valtavan valokuva-aineiston perusteella on mm. voitu päätellä, että avaruuden pölyä tulee maapallon ilmakehään ehdottomasti eniten mahtavina komeettamaisina möykkyinä, jotka hajoavat korkealla pölyksi, eikä niinkään erillisinä mikrometeoreina. Esimerkiksi kirkkain koskaan kuvattu tulipallo, Tshekkoslovakiassa nähty Sumavan tulipallo, oli noin 200 tonnin painoinen kappale ainetta, jonka tiheys oli vain viidesosa veden tiheydestä. Se murentui pölyksi jo yli 50 km korkeudessa. Tällainen harva jättiläispallo (läpimitaltaan parikymmentä metriä) voi pysyä koossa vain avaruuden painottomuudessa. Maan päällä se romahtaisi kasaan omasta painostaan.

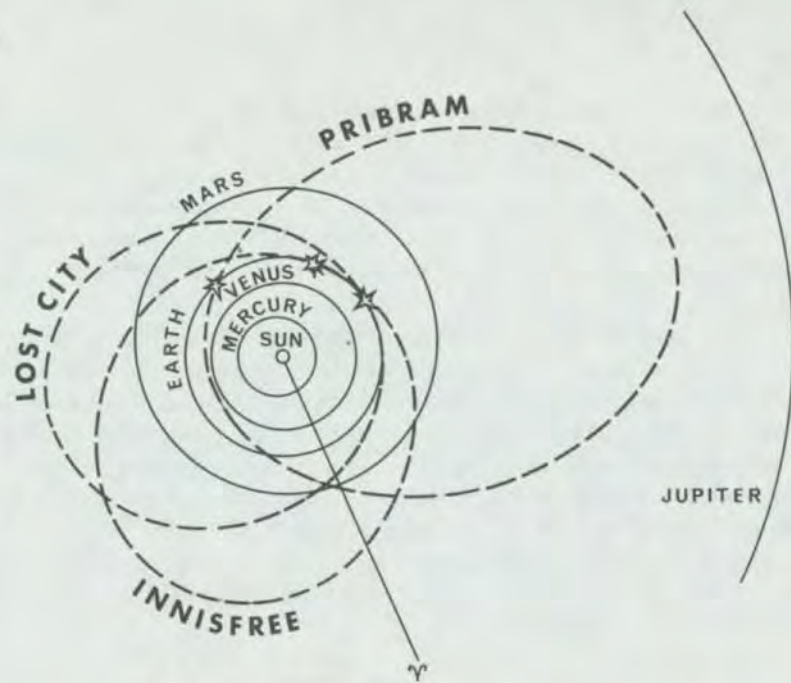
Tulipallohavaintojen perusteella on laskettu, että maapalloon sataa suurina pölypaloina ainetta noin 100 tonnia päivässä. Tämä on noin kymmenen kertaa niin paljon kuin aikaisemmin oli laskettu mikrometeorien antavan.

Kolmas valokuvattu meteoriitin putoaminen sattui Kanadassa vuoden 1977 alussa. Helmikuun 5. päivän iltana Kanadan preerioiden yllä kulki kirkas tulipallo. Sen jättämä jälki löydettiin kahdelta kanadalaisen meteoriverkon ottamalta filmiltä, ja näiden perusteella voitiin laskea putoamispaikka. Kaksi viikkoa putoamisen jälkeen, ensimmäisenä etsintäpäivänä, löysivät tutkijat kahden kilon painoisen kiven lumen päältä vain parinsadan metrin päässä ennustetusta osumiskohdasta. Meteoriitti oli ponnahtanut jäätyneestä maasta takaisin puolimetrisen lumen pinnalle. Meteoriitti sai nimen Innisfree lähimmän kylän mukaan. (Kts. kuva s. 88).

Tulipalloja kuvaavat kameraverkot kattavat vasta pienen osan maapallon pinta-alasta. Lisähavaintojen saamiseksi ja uusien putoavien meteoriittien havaitsemiseksi olisi saatava yhä uusia alueita kameran valvovien silmien alle.

Suomeen on ruvettu suunnittelemaan myös tulipalloverkkoa. Se ei olisi kuitenkaan automaattinen, kallis järjestelmä, vaan perustuisi tähtitieteen harrastajien omatoimisuuteen ja yhteistyöhön. Mallina voisi pitää lähinnä Englannin verkkoa. Britteihin saarilla on 50 paikassa asema, jossa on yksi koko taivaan kuvaava kamera (ns. all-sky kamera eli suomalaisittain *alli*) tai yhdeksän laajakulmakameraa. Asemaa hoitaa joku tähtitieteen harrastaja, joka on omalla kustannuksellaan myös pystyttänyt laitteet.





Maapallolla on onnistuttu valokuvaamaan jo kolmen meteoriitin putoaminen. Kuvista on meteoriittien rata avaruudessa saatu tarkasti lasketuksi. Tähän piirrookseen on merkitty Pribramin, Lost Cityn ja Innisfreen kivien rata ja kohta, jossa ne ovat iskeyntyneet maapallon ilmakehään. Kaikkien radan uloin piste on asteroidivyöhykkeellä. (Kuva Ian Halliday, National Research Council of Canada).

Suomalaisilla harrastajilla olisi kullakin yksi kamera, "alli", joka peilin kautta kuvaisi koko taivaan. Alkuun kukin asema voisi olla paljolti käsikäyttöinen, harrastaja seisoi kameran vieressä vaihtamassa filmiä. Myöhemmin voisi kukin parantaa oman laitteensa automatiikkaa, jolloin voitaisiin käyttää hyväksi mahdollisimman monet selkeät yöt.

Toistaiseksi suomalaisten tulipallojen havaitseminen on kuitenkin täysin sattuman kauppaa. Tulipallo tulee arvaamatta, ja sen näkijänä on useimmiten vain tavallisia suomalaisia, joilla ei ole kokemusta tähtitieteellisten havaintojen teosta.

Jotta näistä jokamiehen havainnoista saataisiin mahdollisimman paljon irti, on oheiseen laatikkoon laadittu tärkeimmät ohjeet, mihin seikkoihin tulipallon lennosta kannattaa kiinnittää huomiota. Havaintoselostus on paras tehdä mahdollisimman pian tulipallon kadottua, kun sen näkyminen on vielä selkeänä mielessä. (Ohjeet seuraavalla aukeamalla).

Kari Kailan rakentama all-sky kamera eli alli. Alhaalla näkyvän peilin läpimitta on 20 cm. Normaaliobjektiivilla varustettu kamera, kuvaa pallopeiliä, jolloin filmille muodostuu koko taivaasta pyöreä kuva.



### Tulevatko kaikki tulipallot ulkoavaruudesta?

Viime vuosina nähtyjen hitaiden suomalaisten tulipallojen yhteydessä on esitetty ajatus, että kappaleet ovat olleet avaruusromua, joka palaa takaisin ilmakehään. Tarkistukset ovat osoittaneet, että satelliitinkappaleita ne eivät kuitenkaan ole voineet olla.

Mutta liikkuuko maapallon kiertoradalla muita kappaleita, luonnollisia Maan kuita, jotka voivat joutua ilmakehään? Ajatus maapallon muista kuistahan on jo vanha. Kuuta on yritetty etsiä lähinnä Kuun paikan molemmilla puolilla olevista ns. Lagrangen pisteistä, joissa olevat kappaleet voisivat pysyä pitkiäkin aikoja vakaasti kiertoradalla. Muualla Maa-Kuu-järjestelmässä kappaleisiin vaikuttaa niin suuria häiriöitä, että ne ajautuvat joko ilmakehään tai järjestelmän ulkopuolelle. Esimerkiksi kaikki tekokuut joutuvat tuhansien tai viimeistään miljoonien vuosien kuluttua pois Maan kiertoradalta.

Mutta lyhyitä aikoja voivat luonnollisetkin kappaleet tietysti pysyä kiertoradalla, jos ne sinne jotenkin alkuaan pääsevät. Kysymys Maan luonnollisista kiertolaisista heräsi voimakkaana henkiin tämän vuosisadan alus-



sa, kun Pohjois-Amerikassa havaittiin yksi kaikkien aikojen kummallisimpia tulipalloilmiöitä.

Helmikuun 9 pntenä 1913, Pyhän Cyrilin päivänä, hämmästyivät monet kanadalaiset nähdessään hitaasti liikkuvia valopalloja kulkemassa taivaalla luoteesta kaakkoon. Toronton yliopiston tähtitieteen professori C.A.Chant, joka keräsi tulipalloista saadut havaintokertomukset yhteen, selosti ilmiötä seuraavasti.

"Kyseisen päivän iltana klo 21.05 luoteisella taivaalla tuli näkyviin leimuavan punainen kappale, joka nopeasti kasvoi tullessaan lähemmäksi ja jonka havaittiin sitten vetävän perässään pitkää häntää . . . Se liikkui eteenpäin täysin vaakasuoraa rataa pitkin erikoisella, majesteettisella,

### Mitä teet kun näet tulipallon

Tulipallosi sanotaan tähdenleiktoa, joka on yhtä kirkas tai kirkkaampi kuin taivaan kirkkain valopiste, planeetta Venus. Tulipallo jättää taivaalle loistavan vanan ja katoaa tavallisesti parissa sekunnissa.

Havaintoselostus kannattaa tehdä kaikista mielestäsi epätavallisista tähdenlennoista. Kiinnostavimpia ovat hyvin pitkän juovan jättävät valot, hyvin kirkkaat valot tai hyvin hitaat valot.

1. Pane muistiin ilmiön tapahtumapaikka taivaalla. Paras tapa on piirtää tulipallon reitti tähtitaivaalla tuttujen tähdistöjen suhteen. Toinen mahdollisuus on arvioida tulipallon *alku-* ja *loppupisteen* ilmansuunta (esim. kompassin avulla) ja kulmakorkeus taivaanrannasta. Merkitse muistiin tulipallon lentosuunta.
2. Kuuluiko ääntä (pamauksia, jyrinää, suhinaa)? Muista, että ääni voi tulla pitkän ajan, jopa minuuttien, päästä. Koeta arvioida miten pitkän aikaa valoilmion jälkeen ääni tuli.
3. Kuinka kirkas valo oli (tähtiin tai täysikuuhun verrattuna)?
4. Miten tulipallo käyttäytyi (hajoaminen, väri, pyrstö jne)?
5. Merkitse muistiin ilmiön kellonaika ja arvioi sen kesto aika.
6. Sano tarkasti se paikka missä havainto tehtiin.
7. Anna oma nimesi, osoitteesi ja puhelinnumerosi.

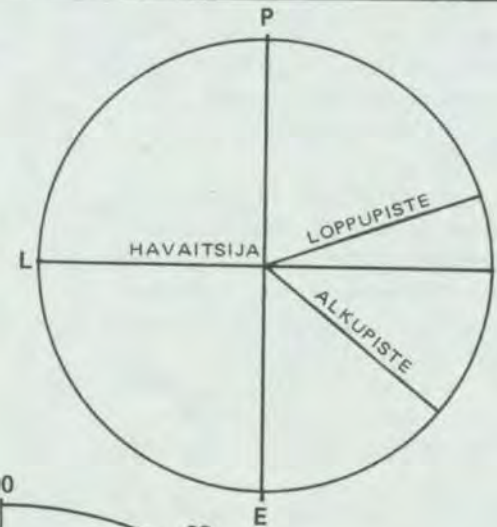
Tulipallohavainnot lähetetään osoitteella

Helsingin yliopiston Tähtitieteen laitos/H.Oja  
Tähtitorninmäki  
00130 Helsinki 13.

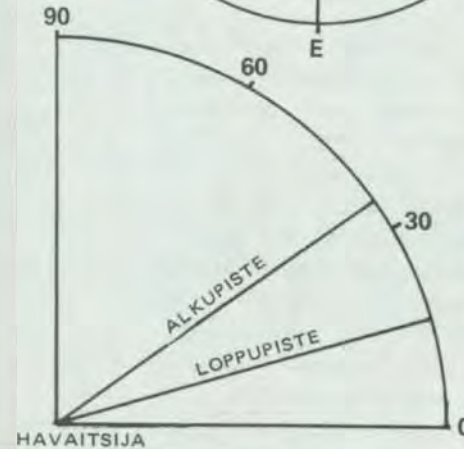
arvokkaalla määrätietoisuudella; ja jatkaen matkaansa vajoamatta ilmeisesti yhtään lähemmäksi maanpintaa se liikkui kaakkoon missä se yksinkertaisesti katosi kaukaisuuteen . . .

Ennen kuin tämän ensimmäisen meteorin aiheuttama hämmästyys oli mennyt ohi, lisää kappaleita nähtiin tulossa lounaasta, ja ne tulivat näkyviin täsmälleen samasta kohdasta kuin ensimmäinen. Eteenpäin ne liikkivat samaa määrätietoista tahtia, kaksittain tai kolmittain tai neljittäin, tuliset pyrstöt perässään, joskaan ei niin pitkät tai kirkkaat kuin ensimmäisen tapauksessa. Ne kaikki kulkivat samaa rataa ja katosivat samaan pisteeseen kaakkoiselle taivaalle. . .

Useat henkilöt kertoivat, että pitkän kulkuksen keskellä oli hieno iso



*Havainnon alku- ja loppupisteen ilmansuunta: Paina mieleesi suunnat havaintohetkellä joidenkin maastomerkkien (puiden, mäkien, rakennusten jne.) suhteen ja käy myöhemmin samalla paikalla kompassin kanssa. Tee itsellesi oheisenlainen piirros, johon merkitset ilmansuunnat.*



*Havainnon alku- ja loppupisteen kulmakorkeus: Tee itsellesi pahvista tai paperista oheisenlainen (vähän suurempikokoinen) piirros. Mene piirroksen kanssa havaintopaikalle ja aseta se silmiesi eteen niin, että sen alareuna on vaakasuorassa. Arvioi nyt tulipallon alkupisteen korkeus taivaanrannasta ja loppupisteen korkeus muistissasi olevan mielikuvan perusteella. Lähetä molemmat piirrokset havaintokertomukseksi mukaan.*



tähti ilman häntää ja että samanlainen kappale oli myös kulkueen viimeisenä . . .

Juuri kun kappaleet olivat katoamassa, tai vähän sen jälkeen, monin paikoin kuultiin selvä jyrisävä ääni, kuin kaukainen ukkonen tai sillalla rämisevät vaunut . . .

Koko näytelmän kestoa on vaikea arvioida, mutta se oli ehkä runsaat 3 minuuttia.”

Tästä oudosta tapahtumasta saatiin havaintoja Pohjois-Atlantilla kulkeneista laivoista, Bermudan saarilta ja jopa Etelä-Atlantilta Brasilian edustalta. Cyrillidit, kuten tulipalloja ruvettiin sanomaan, kulkivat siis viitisentuhatta kilometriä ilmakehässä suunnilleen maanpinnan suuntaisena.

John O’Keefe, joka selosti ylläolevia havaintoja tammikuussa 1961 ilmestyneessä Sky and Telescope-lehdessä, veti ilmiöstä sen ehdottoman johtopäätöksen, että tulipalloina nähtyjien kappaleiden oli täytyntä ennen ilmakehään osumistaan olla suunnilleen ympyränmuotoisella Maan kiertoradalla.

Miten Aurinkoa kiertävällä radalla oleva meteoroidi voi joutua maapallon kiertoradalle? Teoriassa tämä ei ole mahdotonta. Maa-Kuu-järjestelmä voi todella siepata juuri oikeanmuotoisella radalla olevan kappaleen omaan piiriinsä. Yleensä siepatut kappaleet kyllä pakenevat takaisin avaruuteen jonkin aikaa Maata kierrettyään, mutta muutama harva kappale on tietysti aikojen kuluessa voinut pysyä Maan kiertoradalla ja joutua lähemmäksi Maata olevalle radalle. Ilmanvastus vetää tällaisen kappaleen, samoin kuin tehtävänsä täyttäneet tekokuut, sitten ilmakehään. Osumisnopeus on nyt vain noin 8 kilometriä sekunnissa, kun ulkoavaruudesta tulevilla kappaleilla se on vähintään 11,2 km/s.

Edelläkuvattu painovoimakenttien avulla tapahtunut sieppaus on kuitenkin erittäin epätodennäköinen. Paremmat mahdollisuudet joutua hitaalla nopeudella ilmakehään on avaruudesta tulevalle kappaleella seuraavalla tavalla: Kappale osuu maapallon ilmakehään hipoen, samalla tavoin kuin aikaisemmin kuvattu amerikkalainen tulipallo. Ilmakehässä kulun aikana sen nopeus hidastuu ja se ehkä särkyy useiksi kappaleiksi. Nämä kappaleet ponnahtavat takaisin avaruuteen, mutta nyt niiden nopeus on voinut hidastua niin pieneksi, että ne ovatkin matalalla Maan kiertoradalla ja joutuvat pian uudelleen ilmakehään.

Tämänkaltainen ”ponnahdustekniikka” ei nykyään perustu enää pelkkiin laskuihin, vaan sitä on käytännössä kokeiltu. Neuvostoliittolaiset Zond-alukset, jotka 1960-luvun lopulla kiersivät Kuun ja palasivat Maahan, ohjattiin hyvin loivassa kulmassa ilmakehään. Ne ponnahtivat takaisin avaruuteen, lensivät siellä parituhatta kilometriä ja vasta sitten sukelsivat



*Kanadan yllä helmikuussa 1913 kulkeneen ihmeellisen Cyrillidien parven sattui näkemään myös taiteilija, tähtitieteen harrastaja Gustav Hahn, joka ikuisti havainnosta ylläolevan piirroksen. (Kuva J.A.O’Keefe / K.Kamper.)*

lopullisesti alas. Tämä tehtiin aluksiin kohdistuvien rasiusten vähentämiseksi, ja kokeilut onnistuivat hyvin. Samoin kävi Yhdysvaltain Skylab-avaruusaseman kantoraketille v. 1975. Sen laskettiin palaavan ilmakehään Intian valtameren yllä. Siellä se käväisisikin ilmakehässä, mutta ponnahti takaisin ylös ja laskeutui vasta Atlantin yllä ilmakehän tiheisiin osiin.

Cyrillidit ovat siten voineet olla tavallisen ulkoavaruudesta tulevan kappaleen osia. Meteoroidi on osunut ensimmäisen kerran ilmakehään Tyynen meren autioiden vesialueiden yllä, missä sitä ei kukaan ole havainnut, ja hajonnut samalla useaan osaan. Osat ovat uudelleen tulleet hyvin loivalla kulmalla alas Kanadan yllä ja aiheuttaneet erikoislaatuisen näytelmän.





### 3. KUN METEORI PUTOAA MAAHAN

Kuten edellisessä luvussa kerrottiin, suurin osa avaruudesta tulevista kappaleista tuhoutuu jo korkealla ilmakehässä. Ne ovat liian heikkoa ainetta selvitäkseen ehjänä hurjan jarrutuksen ja kuumentamisen aiheuttamista rasituksista.

Vain kiveä tai metallia olevat avaruuskappaleet voivat päästä maapallon pinnalle. Nekään eivät pääse sinne muuttumattomina. Tavallisten meteoriittien massasta paljon yli puolet katoaa ilmakehässä. Suurilla meteoriiteilla, varsinkin rautaisilla, häviö on pienempi, ja pienillä sekä heikommilla meteoriiteilla häviö on suurempi.

Tavallisesti 10–30 kilometrin korkeudella ilmakehä on hidastanut alunperin kosmisen nopeuden tavalliseksi vapaaksi putoamiseksi. Hidastuksen viimeinen vaihe on kaikkein kiivain, ja se aiheuttaa kappaleisiin suurimmat rasitukset. Monien meteoroidien lento päättyykin täydelliseen hajoamiseen tällä korkeudella.

Jotkin kappaleet kuitenkin selviävät myös viimeisestä jarrutuksesta ja putoavat enemmän tai vähemmän ehjinä alas.

Parinsadan kilometrin tuntinopeudella maanpintaan osuva kappale aiheuttaa melkoisen tömähdyksen. Kovaan maahan, esim. kallioon, osuessaan meteoriitti yleensä hajoaa kappaleiksi. Myös tavalliseen sora- tai hiekkamaahan putoava kappale usein pirstoutuu. Suohon, savimaahan tai veteen tulevilla kivillä on parempi mahdollisuus selvitä ehjinä.

Meteoriitin tunkeutumisvyvyys riippuu sekä meteoriitin koosta että maan kovuudesta. Monet pienet meteoriitit jäävät aivan maan pinnalle tekemättä siihen edes kunnan painautumaa. Esimerkiksi muutamat Ruotsiin ja Suomeen talvella pudonneet meteoriitit ovat osuneet jään pintaan ja jääneet siihen täysin näkyviin.

Parinkymmenen kilon painoinen kivi aiheuttaa jo pienen kuopan, jonka syvyys on yleensä suunnilleen samansuuruinen kuin itsensä meteoriitin halkaisija. Usein meteoriitti pompahtaa ylös tekemästään kuo-

*Koillis-Kiinaan, Kirinin maakuntaan, putosi maaliskuussa 1976 mahtava kivimeteoriittisade. Suurin kivi painoi lähes kaksi tonnia ja teki putodessaan savimaahan tämän 2 m läpimittaisen ja 6,5 m syvän kuopan. Kuvassa Kiinan tiedeakatemia jäseniä tutkimassa kuoppaa (Lehtikuva).*



pasta ja jää makaamaan maahan sen viereen.

Sadan kilon painoinen meteoriitti tunkeutuu jo noin metrin syvyydelle ja tonnin painoinen 3–4 metrin syvyydelle. Ne tekevät yleensä käytävämäisen kolon, jonka pohjalta itse kivi sitten löydetään.

Maahan pudonnut meteoriitti ei ole tulisen kuuma, kuten yleensä luullaan, vaan viileä. Avaruudessa maapallon etäisyydellä kiertävä kappale on suunnilleen nollan Celsius-asteen lämpöinen, koska Auringon lämpösäteily kumoaa avaruuden kylmyyden. Ilmakehässä meteoroidin ulkopinnan lämpötila kyllä kohoaa tuhansiin asteisiin, mutta lämpövaikutus ei pääse tunkeutumaan kovin syvälle, koska jarrutus on pian ohi. Tavallisestihan lento ilmakehän läpi kestää vain muutaman tai muutaman kymmenen sekuntia. Tässä ajassa rautameteoriitti ehtii lämmitä noin senttimetrin ja kivi vain muutaman millimetrin syvyyteen. Lämmitys loppuu siinä vaiheessa, kun nopeus on hidastunut vapaaksi putoamiseksi. Sen aikana meteoriitin ulkokerrokset ehtivät jo taas jäähtyä, koska putoaminen parinkymmenen kilometrin korkeudesta maahan kestää minuutin tai pari.

Tavallisen meteoriitin voi siten ottaa käteensä heti putoamisen jälkeen, ja se tuntuu viileältä. Vain joskus kivi tuntuu kuumalta, eikä tunneta yhtään varmaa tapausta, että meteoriitti olisi jättänyt putoamispaikkaan palamisjälkiä.

Kun ihmiset ovat läheltä nähneet meteoriitin putoamisen, he ovat kuvanneet sitä taivaalta tippuvaksi tummaksi möhkäleeksi, joka iskeytyy maahan heittäen vähän multaa ympärilleen. Isommat kappaleet aiheuttavat tietysti komeamman ilmiön. Esimerkiksi maailman suurin kivimeteoriitti, joka putosi pari vuotta sitten Kiinaan, osui jäätyneeseen peltoon ja teki siihen 2 m läpimittaisen, yli 6 m syvän kuopan (kts. kuva s. 44). Lähellä seisonet työläiset näkivät multakappaleita lentävän satojen metrien päähän, ja paikalle kohosi 50 m korkea sienimäinen pölypilvi, joka vähäksikin aikaa peitti kaiken näkyvistä. Tämä meteoriitti aiheutti pudotessaan hurjan tärähdysen, joka rikkoi läheisessä kylässä ikkunoita ja paiskoi ovia auki.

Meteoriitin putoamiseen liittyy monenlaisia ääni-ilmiöitä. Näistä ensimmäiseksi ilmestyy salaperäinen suhina tai sirinä, jonka monet ovat kuulleet jo tulipallon nähdessään. Suhinan synty on kuitenkin täysi salaisuus, sillä mikään ääni ei voi edetä ilmakehän läpi niin nopeasti, että se saavuttaisi havaitsijan samaan aikaan kuin valo. (Tulipallon aiheuttama iskuaalto, jyrinä, tulee vasta useita minutteja myöhemmin). Monet tutkijat ovatkin tulkinneet tämän salaperäisen suhinan pelkäksi psykologiseksi ilmiöksi: ihmiset luulevat kuulevansa suhinaa kun näkevät kirkkaan tulipallon.



*Mikkelin lähelle putosi 1910 kaksi meteoriittia, joista suurempi, noin 10 kilon suuruinen kappale, teki soramaahan tämän puoli metriä syvän kuopan. Itse meteoriitti löytyi kuopan pohjalta kappaleina. Meteoriitin ja toisen putoamiskuopan kuva sivulla 79. Kuopan reunalle on mittakaavaksi asetettu tulitikkulaatikko. (Kuva L. Borgström).*

Muut meteoriitteihin liittyvät äänet ovat luonnollisempia ja helposti selitettävissä.

Minuutin tai pari tulipallon näkymisen jälkeen voidaan kuulla yksi tai useampia kovia pamauksia, kuin kanuunan laukauksia. Ne aiheutuvat ilmakehän tiheitä kerroksia kyntävän meteoriitin aiheuttamista iskuaalloista, samanlaisista kuin ääntä nopeammat lentokoneet aiheuttavat särkiessään äänivallin.

Pamausten jälkeen tulee jatkuva ukkosmainen ääni, joka muistuttaa ohikiitävän pikajunan jyrinää. Se tuntuu yleensä kulkevan taaksepäin pit-



kin tulipallon kulkemaa reittiä. Tämä johtuu tietysti siitä, että kauempana syntynyt ääni saavuttaa havaitsijan vasta myöhemmin kuin lähellä syntynyt ääni.

Tulipallon hajoaminen viimeisessä jarrutusvaiheessa kuullaan usein monena pamauksena. Tämän jälkeen aiheuttaa putoava kivi osumispaikan lähellä kuultavan viheltävän äänen, jota on verrattu putoavien pommien ääneen. Ja viimeksi, kun meteoriitti iskeytyy maahan, lähelläolijat kuulevat tämän selvänä tömähdyksenä.

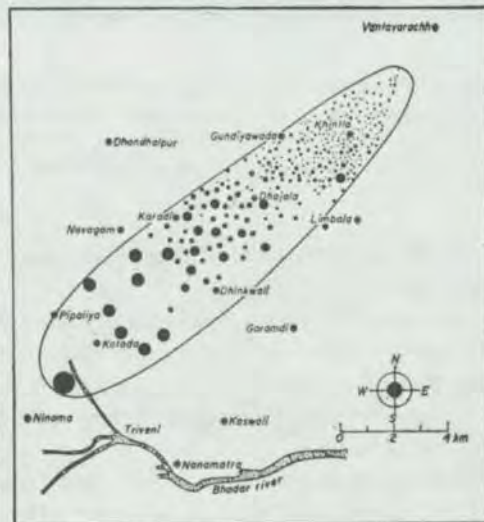
Erilaisten äänien kuulumisjärjestys riippuu havaitsijan sijaintipaikasta. Aivan putoamispaikan vieressä oleva henkilö kuulee ensiksi vihellyksen ja tömähdyksen, vasta sitten pamahdukset ja jyrinän. Tämä tietysti johtuu äänen hitaasta kulusta ilmakehässä.

## Meteoriittisateet

Kun meteoroidi hajoaa ilmakehässä, siitä irtoavat hiutaleet ovat usein niin pieniä, että ne tuhoutuvat kokonaan. Tällöin havaitaan vain yksi meteoriitti, joka saavuttaa maan pinnan.

Noin puolet kaikista putoavista meteoriiteista on kuitenkin sellaisia, jotka tulevat alas kahtena tai useampana kappaleena. Tällöin avaruudesta tullut kivi on ilmakehässä hajonnut suurempiin kappaleisiin, jotka jatkavat lentoaan erillisinä. Usein nämä erilliset kappaleet hajoavat vielä edelleen pienemmiksi palasiksi, jolloin maahan voi tulla satoja tai tuhansia meteo-

Tammikuussa 1976 putosi Intian länsiosaan Djahalan kylän lähelle voimakas meteoriittisade. Kivet tulivat koillisesta ja muodostivat pudotessaan tyypillisen hajontaellipsin. Pienimmät kivet putosivat nopeimmin ja suurimmat jatkoivat matkaansa ellipsin etupäähän. Suurin kivi painoi 12 kg. (Kuva N.Bhandari ja G.M.Ballabh, Bull. Astr. Soc. India 5, 3.).



riitinkappaleita. Tällöin puhutaan *meteoriittisateesta*.

Jos hajonnut meteoriitti tulisi maahan kohtisuoraan ylhäältäpäin, sen kappaleet leviäisivät ympyränmuotoiselle alueelle. Koska kuitenkin useimmat meteoriitit tulevat jyrkemmässä tai loivemmassa kulmassa vinotain maahan, kappaleet leviävät pitkulaiselle alueelle ja muodostavat niin sanotun hajoamisellipsin.

Ellipsin sisällä pudonneiden kappaleiden koko vaihtelee. Koska ilmanvastus hidastaa pienet kappaleet nopeammin kuin suuret, ellipsin takapäässä on pienempiä meteoriitteja ja suurimmat löytyvät sen etupäästä (Kts. oheinen piirros Dhajalan meteoriittisateesta).

Historian tunnetuimpia meteoriittisateita ovat olleet Ranskassa L'Aiglessa sattunut sade 1803, joka voimakkaasti vaikutti siihen, että yleisesti hyväksyttiin meteoriittien tulo maapallon ulkopuolelta, avaruudesta. Toinen kuuluisa meteoriittisade sattui 1868 Puolassa Pultuskissa. Näissä molemmissa maahan satoi parituhatta pientä kivikappaleetta.

Tällä vuosisadalla on sattunut kolme mahtavaa meteoriittisadetta. Vuonna 1947 putosi Itä-Siperiaan Sihote-Alinin rautameteoriitti monena tuhtana kappaleena. Se levisi noin 6 x 2 kilometrin suuruiselle alueelle (kts. s. 141).

Paljon suuremmat ellipsit syntyivät Allenden ja Kirinin meteoriiteista. Ne olivat molemmat kiveä, joka hajosi hyvin suureksi määräksi erikokoisia kappaleita ilmalentonsa aikana ja levisi satojen neliökilometrien alueelle.

Allenden meteoriitti putosi loistavana tulipallona Pohjois-Meksikoon helmikuun 8. päivänä 1969. Se hajosi ilmassa ja putosi maahan kappaleina, joiden koko vaihteli 110 kilosta pariin grammaan. Hajoamisellipsin pituus oli yli 40 km. Suurimmat meteoriitit olivat taas ellipsin etupäässä, pienimpiä satoi rakeenkokoisina kappaleina ellipsin takapäähän 5–10 sekunnin ajan.

Kirinin meteoriitti, maailman suurin kivimeteoriitti joka mainittiin jo aiemmin, levisi suuremmalle alueelle kuin yksikään toinen havaittu meteoriittisade. Tämä meteoriitti tuli ilmakehään suunnilleen maanpinnan suuntaisena, näkyi hitaana, kirkkaana tulipallona lähes minuutin ajan ja hajosi katsojien yläpuolella ilmassa useita kertoja leimahdellen pienemmiksi paloiksi.

Kirinin meteoriitin putoamisalue oli yli 70 km pitkä, 8 km leveä ellipsi, jonka pinta-ala oli noin 500 neliökilometriä. Parissa kuukaudessa alueelta poimittiin satoja meteoriitteja.

Vieläkin mahtavammista sateista on maapallolle jäänyt jälkiä. Lou-nais-Afrikassa oleva Gibeonin kraatterikenttä on aiheutunut suuresta rautameteoriittiparvesta, joka on levinnyt 400 km pitkälle, 100 km leveälle alueelle.





*Haverön meteoriitti putosi elokuussa 1971 Turun eteläpuolelle Nauvoon. Se teki maanviljelijä Tor-Erik Anderssonin kalustovajan kattoon 30 x 40 cm suuruisen aukon. Kolme kirvesmiestä, Albert Backlund (keskellä meteoriitti kädessään), Nils-Erik Bergman ja Rainer Bergman, olivat kahvitunnillaan lähellä rakennusta. He kuulivat kiven putoamisen ja löysivät sen vajasta viiden minuutin kuluttua putoamisesta. (Kuva Turun Sanomat).*

## Onko meteoriiteista vaaraa

Useasti esitetään kysymys, ovatko putoavat meteoriitit vaaraksi ihmiselle.

Tähän täytyy heti vastata, että ei niitä kannata pelätä. Mahdollisuus, että meteoriitti putoaisi juuri sinun päähäsi, on häviävän pieni. Edes ihmiskunnan historiassa ei ole ainuttakaan varmaa tapausta, että meteoriitti olisi tappanut ihmisen.

Vähältä tämä on kuitenkin joskus pitänyt. Yhdysvalloissa putosi 1954 neljän kilon painoinen meteoriitti, joka lävisti talon ulkokaton ja sisäkaton, osui radioon rikkoen sen ja ponnahti siitä sänkyyn, jossa eräs nainen oli nukkumassa peiton alla. Naisen käsi ja kylki haavoittuivat meteoriitista niin pahoin että hänet oli vietävä sairaalaan.

Braunaun rautameteoriitti, joka putosi Tshekkoslovakiaan 1847, osui sekin taloon, tunkeutui katon läpi, ja putosi huoneeseen, jossa oli kolme lasta nukkumassa. Nämä tietysti kokivat järkyttävän heräämisen, mutta eivät onneksi sattuneet olemaan meteoriitin tiellä. Se jatkoi vielä matkaansa lattian alle.

Vuonna 1924 Yhdysvalloissa putosi kymmenkiloinen kivi tielle, josta hautajaissaattue oli juuri kulkenut. Hautajaisvieraat näkivät kaikki tapauksen viereiseltä hautausmaalta.

Autoonkin meteoriitti on osunut. Sillä kertaa auto ei tosin ollut liikkeessä, vaan tallissa. Tämä sattui Yhdysvalloissa 1938. Kahden kilon painoinen meteoriitti lävisti autotallin katon, auton katon ja istuimen ja jäi kiinni istuimen jousiin!

Rakennuksiin on osunut ainakin kymmenkunta meteoriittia. Koska niiden putoamisnopeus ei ole kovin suuri, ne eivät myöskään ole aiheuttaneet suurta vahinkoa. Esimerkiksi Suomeen 1971 pudonnut Haverön meteoriitti lävisti ulko- ja sisäkaton ja putosi kalastajan nuottalaatikkoon. Japanissa 1949 osui kahden gramman suuruinen minimeteoriitti ikkunaan, teki siihen parin sentin läpimittaisen kauniin pyöreän reiän ja putosi lattialle.

Useimmat maapalloon osuvat meteoriitit putoavat tietysti mereen, koska merta on maapallon pinta-alasta yli puolet. Maa-alueistakin suuret osat ovat autiomaita, viidakkoita ja muita asumattomia alueita. Siksi todennäköisyys osua johonkin kaupunkiin on melko pieni. Kuitenkin esimerkiksi Konstantinopoliin on pudonnut yksi meteoriitti.

Tavalliset pienet meteoriitit eivät pysty aiheuttamaan suurtakaan vahinkoa, vaikka ne osuvat asutulle alueelle. Toisin on kuitenkin laita jättiläismeteoriittien. Nämä tulevat maanpintaan niin suurilla nopeuksilla, että ne aiheuttavat siinä räjähdysten. Tällöin tuho vaikutus voi levitä kymmenien kilometrien alueelle kuten kävi esimerkiksi Siperiassa 1908 Tunguskan räjähdyksessä. (Tästä ja muista jättiläismeteoriiteista kerrotaan erikseen luvuissa 7 ja 8). Jättiläismeteoriitit ovat kuitenkin hyvin harvinaisia, niitä sattuu ehkä kerran tuhannessa vuodessa. Niidenkin aiheuttama vaarmomentti on siksi mitättömän pieni verrattuna esimerkiksi maapallolla vuosittain sattuviin maanjäristyksiin, tuhotulviin tai muihin luonnon suuronnettomuuksiin.



## Löydöt ja putoukset

Maapallolle putoaa vuosittain arvioiden mukaan parituhatta meteoriittia. Näistä saadaan talteen kuitenkin vain ehkä kymmenkunta. Saman verran suunnilleen myös löydetään aikaisemmin pudonneita meteoriitteja, jotka ovat voineet maata maassa satoja vuosia. Kaikkiaan maapallolla saadaan siis vuosittain talteen parikymmentä meteoriittia.

Heti putoamisensa jälkeen talteensaattua meteoriittia kutsutaan *putoukseksi* ja myöhemmin sattumalta löydettyä meteoriittia *löydöksi*.

British Museumin julkaisemassa maailman meteoriittien luettelossa, jonka Max Hey on koonnut ja jonka uusin painos ilmestyi 1966, on kaikkiaan noin 800 putousta ja 1100 löytöä. Tämän luettelon jatko-osa ilmestyi 1977 ja nosti putousten määrän 850:een ja löytöjen määrän 1250:een. Näiden lisäksi luetteloissa on parisataa ”epäilyttävää” tapausta. Ne ovat kiviä tai rautoja, joita joku on epäillyt meteoriitiksi, mutta joiden meteoriittiluonnetta ei ole varmuudella todettu.

Mainituissa luvuissa ei ole vielä mukana kuin muutama viime vuosina Etelämantereelta löydetty meteoriitti (kts. s. 95). Niiden mukaanlaskeminen nostaa tunnettujen meteoriittien määrän vieläkin korkeammaksi.

Meteoriitteja putoaa maapallolle kaikkina vuoden- ja vuorokauden-aikoina. Niiden talteensaamisessa on kuitenkin selvä huippu keväällä, touko-kesäkuussa. Selitys tähän on selvä: se kuvastaa ihmisten toimintoja. Keväällä tehdään eniten peltotöitä pohjoisella pallonpuoliskolla, ja ihmiset ovat paljon ulkosalla. Siksi myös meteoriittien putoamiset huomataan paremmin, ja maanmuokkaustöiden yhteydessä taas helpommin löydetään maahan kaivautuneita, aikaisemmin pudonneita kiviä.

Eniten meteoriittien putoamisia, yli 300, on nähty Euroopassa. Tämä tietysti kuvastaa maanosamme tiheää asutusta. Eniten löytöjä taas on tehty Pohjois-Amerikassa, noin 700, kun muualla maapallolla on löydetty yhteensä paljon vähemmän meteoriitteja. (Viime vuosina Etelämantereen on kuitenkin osoittautunut meteoriittien aarreaksi, kts. s. 95). Tämän arvellaan johtuvan siitä, että eurooppalaiset ottivat rautameteoriitit talteen jo vanhoina aikoina eikä niitä ole säilynyt meidän päiviimme asti. Amerikassa sen sijaan oli miljoonia neliökilometrejä neitseellistä maata, josta 1800- ja 1900-luvulla on sitten löydetty satoja meteoriitteja. Oman osansa varsinkin Yhdysvaltain suurelle löytömäärälle muodostaa muutamien innokkaiden meteoriittinkerääjien, pääasiassa H.H.Niningerin, järjestelmällinen toiminta avaruuden kivien talteensaamiseksi.

Meteoriiteille annetaan kaikille oma nimi. Tavallisesti nimeksi otetaan putoamis- tai löytöpaikan lähin asutusalue, esim. kylä tai postitoimipaikka.

Kun meteoriitteja löydetään yhä tiheämmin, on harvaan asutuilla alueilla jo ruvennut tulemaan vaikeuksia, kun usealle eri meteoriitille kuuluisi sama nimi.

Suomalaiset meteoriitit kulkevat virallisissa kansainvälisissä luetteloissa usein ruotsalaisilla nimillä, jotka niille alunperin annettiin. Esimerkiksi Mikkelin lähelle 1910 pudonnut meteoriitti sai nimen St.Michel ja Huittisiin 1901 pudonnut nimen Hvittis. Tieteellisissä julkaisuissa käytetään aina näitä alkuperäisiä nimiä eikä niitä ole syytä muuttaa.

Talteensaattuja meteoriitteja säilytetään kivimuseoissa tai yliopistojen kokoelmissa. Niistä irrotetaan yleensä heti löydön jälkeen kappaleita, jotka lähetetään eri puolille maailmaa parhaiden tiedemiesten tutkittavaksi. Eri maiden kokoelmat myös vaihtavat keskenään meteoriittien kappaleita saadakseen kokoelmansa edustavammiksi. Tässä vaihdossa täytyy tietysti kummallakin maalla olla tarpeeksi suuria meteoriitteja, jotta niiden kappaleita on varaa lähettää muualle. Esimerkiksi Suomessa olisi yksi iso uusi meteoriitti tai kunnan meteoriittisade hyvin tervetullut (varsinkin jos se olisi jotain harvinaisempaa laatua), koska viime aikoina suomalaiset meteoriitit ovat olleet melko pieniä.



*Helsingin yliopiston kivimuseossa on näytteitä sadoista eri meteoriiteista. Kuvassa meteoriittikokoelman hoitaja prof. Birger Wiik tarkastelee näytteillä olevia kappaleita. (Kuva Kari Kaila).*



## Kiviä, rautoja ja kivirautoja

Maapallolle putoavat meteoriitit ovat kaikki erilaisia. Mitkään kaksi eri paikkoihin pudonnutta meteoriittia eivät ole aivan samanlaiset. Niillä on kuitenkin monia yhteisiä ominaisuuksia, joiden perusteella lähellä toisiaan olevat voidaan luokitella yhteen.

Meteoriitit jaetaan koostumuksensa mukaan tavallisesti kolmeen pääryhmään: rautameteoriitteihin, kivimeteoriitteihin ja kivirautameteoriitteihin. Aikaisemmin näitä ryhmiä kutsuttiin usein nimillä sideriitit, aero-liitit ja sideroliitit, nykyään käytetään lyhyesti nimiä rauta, kivi ja kivi-rauta.

*Rautameteoriitit* ovat nimensä mukaan pääasiassa rautaa. Seassa on tavallisesti kymmenkunta prosenttia nikkeliä ja ehkä prosentti muita aineita. Rautameteoriitti on siten hyvin painava, sen tiheys on lähes 8 grammaa kuutiosenttimetrissä.

Rautameteoriitit jaetaan edelleen kolmeen eri luokkaan sen perusteella, paljonko ne sisältävät nikkeliä. Tavallisin rautameteoriitti, ns. *oktahedriitti*, sisältää noin 8 % nikkeliä. Nimensä tämä meteoriittiluokka on saanut siitä, minkälaiseen rakenteeseen eri rautaseokset ovat meteoriitissa kiteytyneet. Kaksi muuta rautameteoriittiluokkaa ovat *heksahedriitit* ja *ataksiitit* (kts. taulukko s. 58).

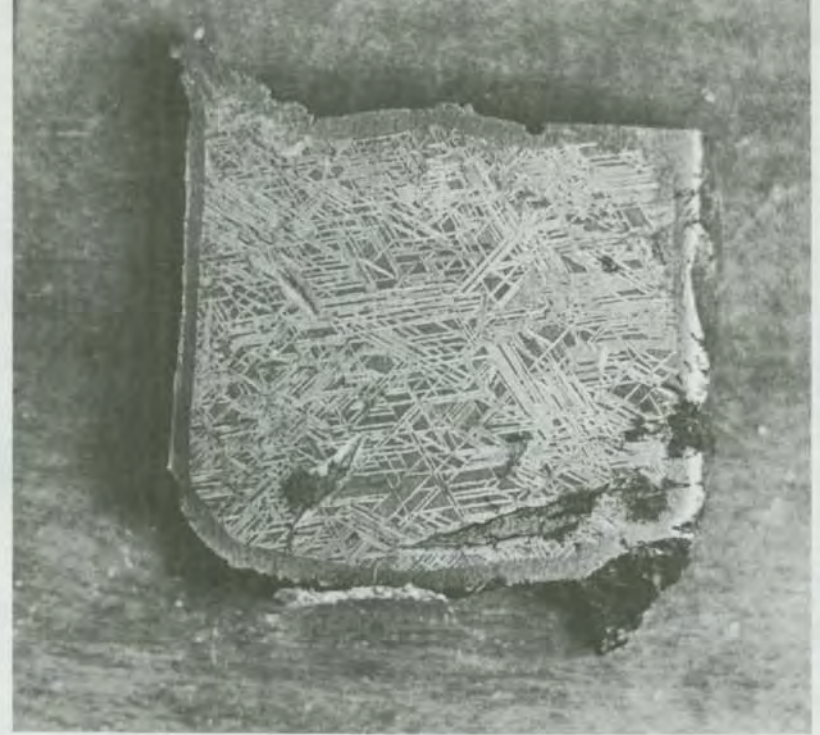
Käsittelemätön rautameteoriitti on melko ilmeeton painava möykky, mutta kun se hiotaan ja sitten syövytetään vähän pintaa jollain hapolla, aine alkaa elää. Siihen muodostuvat silmiinpistävät ns. *Widmanstättenin kuviot*. Ne muodostavat kauniin säännöllisen verkon ja johtuvat hieman toisistaan poikkeavien rautaseosten jakautumisesta: tummat kohdat ovat erilaista ainetta kuin vaaleat kohdat.

*Kivimeteoriitit* muistuttavat paljolti maanpäällisiä kiviä. Niissä on enimmäkseen samoja tuttuja mineraaleja kuin tavallisissa kivissä, vaikka muutama maapallolle vieras mineraalikin on löytynyt.

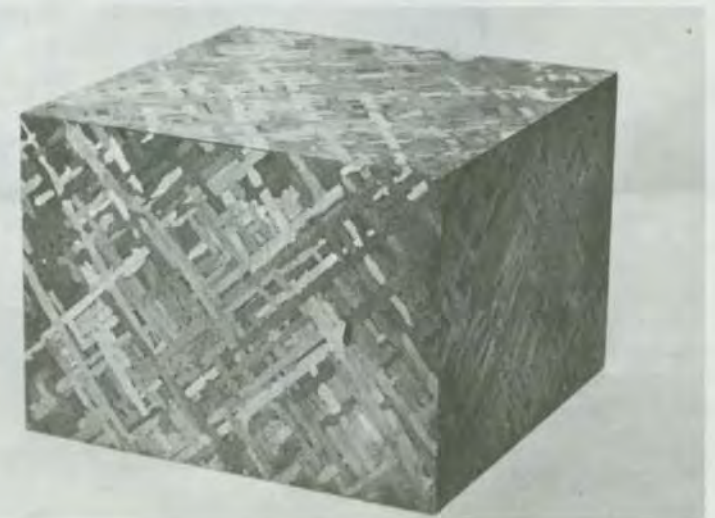
Kivimeteoriitit poikkeavat maapallon kivistä lähinnä kahden ominaisuutensa puolesta: Niissä on runsaasti rautaa ja nikkeliä ja ne sisältävät useimmiten pieniä pyöreitä jyväsia, ns. *kondreja*.

Kivimeteoriittien rautapitoisuus on tavallisesti noin kaksikymmentä prosenttia, josta puolet on metallista rautaa. Tähän ominaisuuteen perustuu helpoin tapa erottaa se maanpäällisestä kivistä: innostunut meteoriitinetsijä kantaa aina mukanaan pientä taskumagneettia ja kokeilee sillä kaikkien oudonäköisten kivien rautapitoisuuden.

Metalli, lähinnä rauta ja siihen sekoittunut nikkeli, on kivimeteoriiteissa pieninä jyväsinä tai hiutaleina, jotka erottuvat hiotulla pinnalla



Kun rautameteoriitin pinta hiotaan tasaiseksi ja sitten syövytetään, siitä tulevat näkyviin luonteenomaiset Widmanstättenin kuviot. Yllä Yhdysvalloissa Texasista löytyneen Carltonin meteoriitin hienojakoisia kuviota. Meteoriitin ulkoreunoilta kuviot ovat kadonneet, koska noin puolen senttimetrin paksuinen kerros on ilmalennon aikana sulanut. Alla Grönlannista löydetyin Cape Yorkin meteoriittisateen Agpalilik-kappaleen karkeampijakoista kuviota. Molemmat meteoriitit ovat oktahedriittejä ja kumpikin näyte on noin 6 cm leveä. (Kuvat Kari Kaila ja V.F.Buchwald).





Tavallisten kivimeteoriittien, kondriittien, tunnusmerkkejä ovat pyöreät silikaattimineraaleista muodostuneet herneet tai jyvässet, kondrit. Kuvassa 1899 Porvoon lähelle pudonneen Bjurbölen meteoriitin pieni kappale, jossa erottuu yksi suurempi ja useita pienempiä kondreja. Kuva on suunnilleen luonnollisessa koossaan. (Kuva Kari Kaila).



kiiltävinä pisteinä. Myös itse meteoriitin kiviaines on osittain jakautunut pieniksi, muusta rakenteesta erottuviksi jyviksi, kondreiksi. Niiden koko vaihtelee millimetrin murto-osista useisiin senttimetreihin, ja muoto on tavallisesti pallomainen tai hieman pitkulainen.

Kivimeteoriitit koostuvat pääosaltaan tavallisista mineraaleista kuten oliviinista, pyrokseenista ja maasälvästä. Vain tarkoilla tutkimuksilla voidaan meteoriittien mineraalit erottaa maapallolla muodostuneista mineraaleista.

Kivimeteoriitti, joka sisältää jyväsiä, kondreja, on nimeltään kondriitti. Toinen, harvinaisempi kivimeteoriittien luokka ei sisällä selvästi erotuvia jyvviä ja siksi sille on annettu nimi akondriitti. Akondriitit sisältävät



Orimattilasta 1974 löydetyn kivimeteoriitin hiottua pintaa suunnilleen luonnollisessa koossaan. Vaaleina näkyvät pikku läiskät ovat metallista rautaa, joka on kivimeteoriiteissa pieninä hiutaleina tai siiruinä. (Kuva Kari Kaila).

metallista rautaa vain prosenttia tai pari.

Rautameteoriitit koostuvat siis lähes 100-prosenttisesti rautanikkeli-seoksesta ja kivimeteoriitit taas noin 90-prosenttisesti kiveästä. Sellaisiakin meteoriitteja kuitenkin on, joissa on suunnilleen yhtä paljon kiveä ja metallista rautaa. Niitä sanotaan luonnollisesti *kivirautameteoriiteiksi*. Ne ovat kuitenkin paljon harvinaisempia kuin kivet tai raudat.

Kivirautameteoriiteissa on joko selviä metallikimpaleita kivimäisen aineen keskellä tai päinvastoin, kivimäisiä möykkyjä rautakudoksessa. Kiviraudat ovat ilmeisesti syntyneet yhdistymällä useiden muiden meteoriittityyppien aineesta.



Kivirautameteoriiteissa on suunnilleen yhtä paljon kiveä ja rautaa, jotka usein muodostavat mielikuvituksellisia kuvioita. Tässä 1902 Marjalahteen pudonneen meteoriitin hiottua pintaa. (Kuva L.H.Borgström/D.Nyblin).



**Taulukko 3.1. Meteoriittien jakautuminen eri luokkiin sekä kuhunkin luokkaan kuuluvien meteoriittien putousten ja löytöjen lukumäärä. Taulukko perustuu British Museumin meteoriittiluetteloon (Hey 1966) ja sen täydennysosaan (Hutchison-Bevan-Hall 1977). Lukuihin ei ole laskettu mukaan "epäilyttäviä" tapauksia, joiden meteoriittiluonnetta ei ole varmistettu. Taulukosta puuttuvat myös melkein kaikki Etelämantereelta löydetty ns. Yamato-meteoriitit.**

Meteoriittiluokka	Putoukset	Löydöt	Yhteensä
<b>Raudat</b>	<b>46</b>	<b>595</b>	<b>641</b>
Ataksiitit	1	34	35
Oktahedriitit	32	457	489
Heksahedriitit	6	42	48
<b>Kiviraudat</b>	<b>11</b>	<b>66</b>	<b>77</b>
Pallasiitit	4	43	51
Lodraniitit	1	—	1
Mesosideriitit	6	21	27
<b>Kivet</b>	<b>791</b>	<b>587</b>	<b>1378</b>
Kondriitit	685	558	1243
Enstatiittikondriitit	11	8	19
Oliiviinibrontsiittikondriitit	254	263	517
Oliiviinihypersteenikondriitit	291	224	515
Amfoteriitit	54	19	73
Hiilikondriitit	33	8	41
<b>Akondriitit</b>	<b>67</b>	<b>18</b>	<b>85</b>
Kalsiumköyhät akondriitit			
Aubriitit	8	1	9
Diogeniitit	9	1	10
Chassigniitit	1	—	1
Ureiliitit	4	4	8
Kalsiumrikkaat akondriitit			
Nakhiitit	1	2	3
Angriitit	1	—	1
Eukriitit	24	6	31
Howardiitit	17	3	20
<b>Kaikki meteoriitit yhteensä</b>	<b>854</b>	<b>1253</b>	<b>2107</b>

Oheisesta taulukosta nähdään, mitkä ovat tavallisimpia meteoriitteja. Siihen on merkitty eri ryhmiin kuuluvien putousten ja löytöjen kokonaisuudet uusimman koko maapallon kattavan luettelon mukaan.

Taulukosta näkyy selvä ero pudonneiden ja löydettyjen meteoriittien jakautumassa. Kun löydettyistä meteoriiteista suurin osa on rautoja, on pudonneista meteoriiteista rautoja vain viittisen prosenttia. Ero on selitettävissä kahdesta syystä johtuvaksi. Ensinnäkin rautameteoriittien tunnistaminen maasta on paljon helpompaa kuin kivien ja siksi niitä löydetään enemmän. Rautameteoriitit myös säilyvät maassa paljon kauemmin kuin kivet. Kivien rapautuminen on melko nopeaa, niin että ne hajoavat tunnistamattomaksi hiekaksi. Raudat sen sijaan pysyvät ehjinä paljon kauemmin.

Putouksien jakautuma antaa oikean kuvan avaruudesta tulevien meteoriittien todellisesta jakautumasta: Melkein kaikki maapallolle tulevat meteoriitit ovat kiviä, rautoja on vain harvassa ja kivirautoja vieläkin harvemmassa.

### Ilmakehän jäljet

Ilmakehän läpi tapahtunut hurja syöksy jättää meteoriitteihin selvät jäljet. Maan päälle päässyt kivi ei suinkaan ole, kuten jo aiemmin todettiin, koko avaruudessa kiitänyt kappale, vaan ainoastaan pieni osa siitä. Laskelmien mukaan vain kaikkein suurimmat meteoriitit pääsevät suunnilleen kokonaisuina maahan, muista katoaa ilmakehään ainakin puolet massasta.

Törmätessään kosmisella nopeudella ilmakehään meteoroidi koko ajan pinnaltaan sulaa. Kun sen vauhti sitten parinkymmenen kilometrin korkeudessa hidastuu ja pinnan lämpötila laskee, meteoriitin uloin sulana ollut kerros jähmettyy *kuoreksi*. Useimmilla pudonneilla meteoriiteilla on ollut selvä millimetrin muutaman kymmenesosan paksuinen sulamiskuori. Se usein poikkeaa väritään muusta meteoriitista, se on tavallisesti tummempi.

Monet meteoriitit putoavat ilmakehän läpi nopeasti kieppuvina möykkyinä, koska niillä on avaruudessa jo ollut pyörimisliike. Tällaiseen meteoriittiin ilmakehän jarrutus vaikuttaa joka puolelle. Muutamat meteoriitit ovat sen sijaan avaruudessa pyörineet hitaammin ja niillä on ollut sopiva muoto, jolloin ne ilmakehän läpi lentäessään ovat pysyneet samassa asennossa. Tavallisin tällainen suuntautunut muoto on kartio. Jos avaruuden kivi sukeltaa ilmakehään kartion kärki edellä, se pysyy maahan asti tässä asennossa.

Suuntautuneilla kivillä ilmakehän vaikutus tuntuu tietysti eniten





*Ilmalennon aikana sulanutta rautaa, joka on valunut pitkin meteoriitin pintaa ja jäähmettynyt uudelleen. Kuva on otettu erään Sihote-Alinin meteoriittipalasen pinnasta. Se on suurennettu noin 25-kertaiseksi eli kuva-alueen leveys on n. 4 mm. (Kuva APN).*

etupuolella, ja nämä meteoriitit ovat putoamisen jälkeen helposti tunnistettavissa. Niiden etukärjen ympärillä on usein selviä virtauskuvioita, kun sulanut aines on valunut pitkin taaksepäin. Sulamiskuori on myös erilainen etu- ja takapinnalla.

Tavallisia ilmakehän jälkiä meteoriittien pinnalla ovat myös *sulamiskuopat*, ns. regmaglyptit. Ne ovat kuin peukalolla pehmeään saveen painettuja kuoppia. Tyypillinen läpimitta on pari senttimetriä. Usein sulamiskuopat ovat hyvin loivia tai puuttuvat kokonaan, mutta toisinaan ne muodostavat voimakkaasti aaltoilevan pinnan, joka on hyvin selvä meteoriitin tunnusmerkki.

Ilmakehä vaikuttaa kaikkiin avaruuden kiviin *pyörivistä*. Vaikka Aurinkoa kiertävät meteoroidit ovat luultavasti särmikkäitä, mitä erimuotoisimpia kappaleita, ovat useimmat maahan tulleet meteoriitit hyvin pyöreäkulmaisia ja pehmeämuotoisia. Teräviä särmii näkyy meteoriiteissa vain niissä kohdin, missä ne ovat maahan osuessaan tai ilmalennon viime vaiheissa pirstoutuneet.

Lennon lopussa haljenneelle pinnalle ei myöskään ehdi muodostua



*Maailman suurin kivimeteoriitti, 1770 kg painava Kirinin meteoriitti, joka maaliskuussa 1976 putosi Kiinaan. Pinnassa näkyvät selvinä ilmalennossa syntyneet sulamiskuopat, regmaglyptit. Mittakaavana oleva viiva on n. 30 cm pitkä (Lehtikuva).*

kunnollista sulamiskuorta. Siksi usein meteoriittien kappaleet ovat osittain pyöreitä, sulamiskuoren peittämiä, osittain taas raa'an särmikkäitä.

### Maailman suurimmat meteoriitit

Suomeen on pudonnut kymmenkunta meteoriittia, jotka ovat olleet paria lukuunottamatta hyvin pieniä, muutaman kilon painoisia kappaleita (kts. seuraava luku). Maailmasta on kuitenkin löydetty muutamia hyvinkin



mahtavia meteoriitteja.

Suurimmat meteoriitit ovat rautoja. Tämä voi johtua siitä, että avaruudessa olevista meteoroideista juuri rautakappaleet ovat kooltaan suurimpia. Paljolti tässä on kuitenkin ilmakehän vaikutusta. Raudat ovat hyvin lujia ja säilyvät usein ehjinä syöksyessään maan pinnalle. Kivet sen sijaan hajoavat helpommin ilmakehässä, muuttuvat suureksi osaksi pölyksi tai repeävät tuhansiksi pikkukappaleiksi. Kuten aikaisemmin on todettu, meteoroidien, siis avaruudessa kiitävien kappaleiden, ehdoton enemmistö on vieläkin harvempaa pölymäistä ainetta, joka tuhoutuu kokonaan jo korkealla ilmakehässä.

Oheisessa taulukossa on lueteltu maailman suurimpia meteoriitteja. Mahtavin rauta löytyi tämän vuosisadan alussa Lounais-Afrikassa. Tämä Hoban meteoriitti on niin painava, lähes 60 tonnia, että sitä ei ole yritetty kuljettaa löytöpaikalta minnekään. Hoban meteoriitti on laattamainen, 3 x 3 metrin levyinen ja metrin paksuinen. Sen alkuperäinen paino on ollut noin 90 tonnia, mutta noin kolmasosa meteoriitista on rapautuneena sora- ja meteoriitin vieressä.

Hoban meteoriitti on pudonnut maahan hyvin pienellä nopeudella,



Maailman suurin meteoriitti, ns. Hoban meteoriitti. Se on pudonnut vuosituhansia sitten Lounais-Afrikkaan (Namibiaan) ja painaa yli 50 tonnia. (Kuva American Museum of Natural History).

koska se ei ole hajonnut, vaikka se putosi kalliolle. Se tunkeutui noin metrin syvyyteen maahan.

Mielenkiintoisia meteoriitteja ovat myös Grönlannin pohjoisosasta löydetyt Cape Yorkin rautameteoriitit. Niistä suurin on 31 tonnin painoinen Ahnighito. Sen läheltä, noin parinkymmenen kilometrin läpimittaiselta alueelta, on löytynyt vielä seitsemän muuta samaan putoukseen kuuluvaa rautakappaletta. Niiden yhteispaino on noin 58 tonnia. Eskimot

*Taulukko 3.3. Maailman suurimmat meteoriitit. Taulukossa annetaan meteoriitin nimi, löytöpaikka, löytövuosi ja massa. Rautojen ja kivirautojen painot tarkoittavat suurimpien ehjien kappaleiden painoa, kivien painot ovat suurimpien pudonneiden kivien painoja, vaikka ne olisivatkin pudotessaan särkyneet.*

Meteoriitti	Löytövuosi	Massa tonnia
<i>Löydetyt raudat</i>		
Hoba, Namibia	1920	54
Cape York (Ahnighito), Grönlanti	1818	31
Mbosi, Tanganjika	1930	26
Bacubirito, Meksiko	1863	22
Cape York (Agapalilik), Grönlanti	1963	20
Armanty, Ulko-Mongolia	1935	20
Campo del Cielo, Argentiina	1969	18
Campo del Cielo, Argentiina	1576	15
Willamette, USA	1902	14
Chupaderos, Meksiko	1852	14
Mundrabilla, Australia	1966	12
Morito, Meksiko	1600	11
<i>Pudonneet raudat</i>		
Sihote-Alin, NL	1947	1,7
<i>Löydetyt kiviraudat</i>		
Bitburg, Saksa	1805	1,5
Huckitta, Australia	1937	1,4
<i>Pudonneet kivet</i>		
Kirin, Kiina	1976	1,8
Norton County, USA	1948	1,0
<i>Löydetyt kivet</i>		
Long Island, USA	1891	0,6
Leonora, Australia	1968	0,5





*Grönlannista löydetyn Cape Yorkin meteoriittisateen suurin kappale, Ahnighito, näytteillä museossa New Yorkissa. Se painaa yli 30 tonnia. (Kuva American Museum of Natural History):*

olivat tehneet pienimmistä paloista itselleen veitsiä ja muita työkaluja, koska heillä ei ollut käytössään muuta rautaa. Amiraali, tutkimusmatkailija R.E.Peary onnistui siirtämään suurella vaivalla kolme näistä meteoriiteista viime vuosisadan lopulla New Yorkiin, missä esimerkiksi Ahnighito on näytteillä museossa – vaa’an päälle asetettuna, niin että kaikki voivat nähdä sen painon. Neljäs vuosisadan vaihteessa löydetystä suurista meteoriiteista vietiin Kööpenhaminaan.

Toiseksi suurin Cape Yorkin meteoriitti, 20 tonnin painoinen Agpalilik, löytyi 1963. Tanskalainen meteoriittitutkija V.F.Buchwald oli 60-luvun alussa systemaattisesti etsimässä alueelta uusia rautoja, ja hän löysi tämän suuren kappaleen vastikään jään alta vapautuneena. Se kuljetettiin suurilla ponnistuksilla rannikolle ja edelleen Kööpenhaminaan, jossa se on nähtävissä Mineralogisen museon pihalla.

Australialainen Mundrabillan meteoriitti löytyi kahtena osana, jotka olivat parinsadan metrin päässä toisistaan ja painoivat 12 ja 5 tonnia. Suuri rautameteoriitti oli hajonnut juuri ennen maanpintaa. Näiden kappaleiden ympäristöstä kymmenien kilometrien säteeltä on löytynyt lukemattomia pieniä meteoriitinsirpaleita.

Kaikki yllämainitut meteoriitit ovat maanneet maassa ehkä tuhansia vuosia ennen niiden löytymistä. Yhtä mahtavia rautakappaleita ei ole historiallisina aikoina taivaalta pudonnut.



*Pohjois-Grönlantiin pudonnutta Cape Yorkin Agpalilik-meteoriittia kuljetetaan löytöpaikalta kohti rannikkoa elokuussa 1965. Vaikea jäättilanne keskeytti Agpalilikin matkan kahdeksi vuodeksi ja vasta elokuussa 1967 onnistuttiin luotsaamaan laiva jäiden läpi rantaan ja nostamaan meteoriitti sen kannelle. (Kuva V.F.Buchwald).*

Suurin rautameteoriitti ja toiseksi suurin meteoriitti, jonka putoamista ihmिसilmä on ollut todistamassa, osui vuonna 1947 Neuvostoliittoon Sihote-Alinin alueelle parisataa kilometriä Vladivostokista pohjoiseen. Maanpinnalle satoi arvioiden mukaan yhteensä noin 70 tonnia rautaa, mutta meteoriitin pääosa räjähti muutaman kilometrin korkeudessa hajalle eikä jättänyt jälkeensä suuria palasia. Painavin Sihote-Alinin meteoriiteista painoi 1745 kg (Tästä meteoriitista kerrotaan vielä erikseen ”Jättiläismeteoriittien” luvussa. Siellä kuvaillaan myös suurin historian aikana maapallolle tullut avaruusmassa, Tunguskan komeetta.)

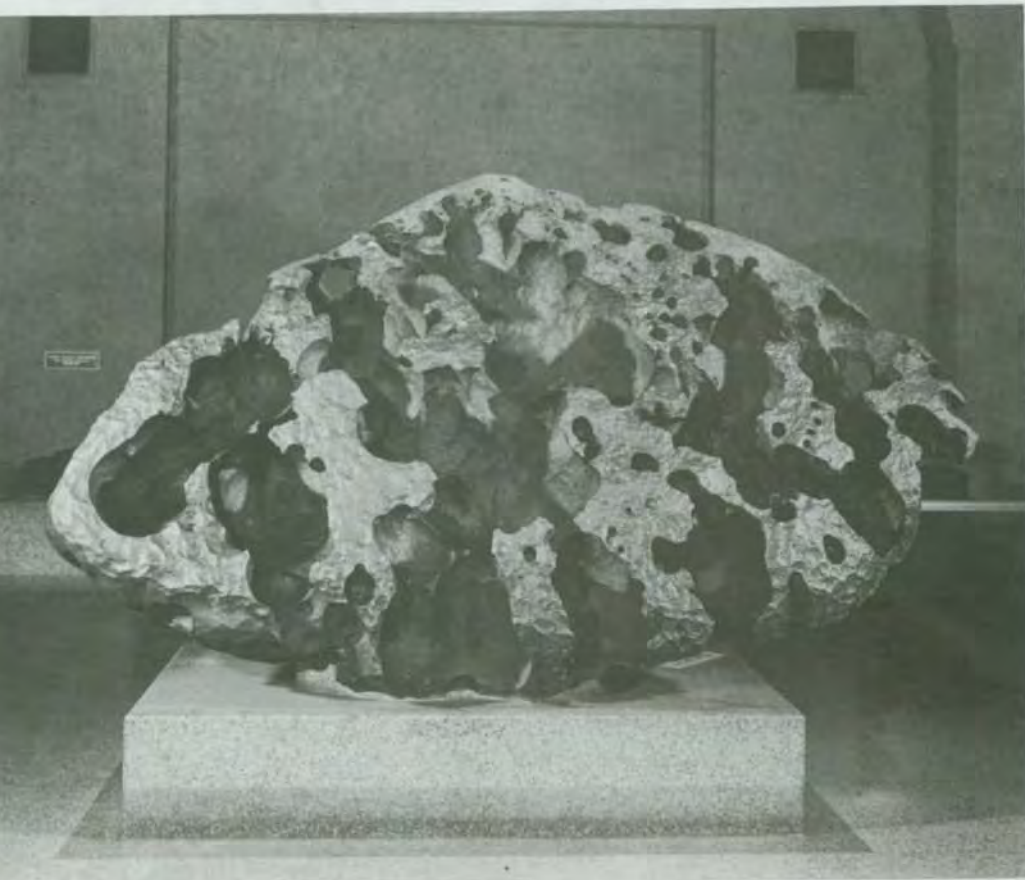
Kivimeteoriitit putoavat yleensä, kuten edellä jo todettiin, useina pienempinä kappaleina. Vaikka vielä vapaan putoamisen aikana kivillä olisi suuri massa, ne särkyvät pintaan osuessaan. Näin kävi esimerkiksi Nortoniin, Yhdysvaltain Kansasin osavaltioon 1948 pudonneelle kivelle. Suuren meteoriittisateen isoin kappale oli pudotessaan noin tonnin painoinen, mutta se hajosi maahan osuessaan pieniksi paloiksi. Se teki maahan kahden metrin läpimittaisen ja kahden metrin syvyisen kuopan. Samasta



meteoriiittisateesta säilyi ehjänä 594 kilon suuruinen kivi.

Näyttää siltä, että juuri noin puolen tonnin massa on suurin mahdollinen massa, joka kivimeteoriitin pudotessa säilyy ehjänä. Esimerkiksi suurin tunnettu kivimeteoriitti, aikaisemminkin jo pariin kertaan mainittu Kirinin meteoriitti, hajosi sekun maassa. Tämä kivi painoi noin 2000 kg ja oli mitoiltaan noin 1 x 1 x 1 m. Se synnytti pudotessaan yli 6 m syvyisen kuopan, josta palasina saatiin talteen 1770 kg kivenkappaleita. (Kuva s. 61).

Samasta Kirinin sateesta putosi myös 400 kg ja 124 kg painoiset kivet.



Yhdysvalloista Oregonista löytynyt Willametten rautameteoriitti. Se painaa noin 14 tonnia. Sään kulutus on laajentanut pinnalla olleet sulamiskuopat syviksi rei'iksi. (Kuva American Museum of Natural History).

Talteensaatujen kivien kokonaismassa on noin 2700 kg. Kiven massa ennen särkymistä ilmakehässä on arvioitu yli neljäksi tonniksi.

Suunnilleen neljä tonnia painoi ilmakehään osuessaan myös Allenden meteoriitti (kts. s. 49). Siitä saatiin talteen noin 1000 kg kiviä, joista suurin painoi 110 kg.

Kun puhutaan suurimmista meteoriiteista, täytyy tietysti mainita myös se 100 m pitkä ja 40 m korkea rautamöhkäle, jonka eräs ranskalainen retkikunta löysi tämän vuosisadan alussa Saharan erämaasta. Tämä Chinguettin tai Adrarin meteoriitti sijaitsi lähellä suurta Auouelloulin kraatteria, joka on myöhemmin todistettu törmäyksen synnyttämäksi. Jos tällainen Adrarin jättiläismeteoriitti todella olisi olemassa Saharan hiekassa, se olisi ehdottomasti maailman suurin meteoriitti. Myöhemmät retkikunnat eivät kuitenkaan ole löytäneet siitä jälkeäkään.

Toisen jättiläismäisen raudankappaleen arveltiin 1920-luvulla löytyneen porauksissa Arizonan kuuluisan meteoriittikraatterin pohjan alta (kts. luku 8). Arviot sen läpimitasta vaihtelivat 100 metristä kilometriin!

Näin suurten meteoriittien säilyminen maan pinnalle asti on kuitenkin osoitettu mahdottomaksi. Kun jättiläismäinen kappale tulee avaruudesta maapallon ilmakehään, sen nopeus ei paljontaan ehdi hidastua ennen pintaan osumista. Kun kosmisella nopeudella tuleva meteoriitti iskeytyy maahan, se räjähtää kokonaisuudessaan hajalle. Se synnyttää kraatterin ja jättää jälkeensä vain lukemattomia pieniä meteoriittinsirpaleita, ellei kaasuna täysin jäljettömiin.



# SUOMEEN PUDONNEET METEORIITIT



## 4. SUOMEN METEORIITIT

Suomesta on kahdensadan vuoden aikana saatu talteen kaksitoista meteoriittia. Näistä yhden alkuperä on salaisuuden peitossa, ja lopuista yhdestätoista on kuusi ollut putousta ja viisi löytöä.

Meteoriittien löytöpaikat on merkitty oheiseen karttaan. Niiden keskittyminen Etelä-Suomeen ei suinkaan kuvasta maassamme olevien meteoriittien todellista jakautumaan, vaan asutuksen tiheyttä. Meteoriitteja on täytynyt pudota kaikkialle Suomeen yhtä paljon, ja niitä on maassa kätöksä luultavasti satoja tai tuhansia.

### Turun salaperäinen kivi

Suomen vanhin meteoriitti on hyvin salaperäinen kappale. Meteoriittiluettelot tietävät kertoa, että Pariisin luonnonhistoriallisessa museossa on yhden gramman suuruinen pala Turusta peräisin olevaa kivimeteoriittia, joka on löydetty ennen vuotta 1840. Muuta tästä kivistä ei sitten tiedetäkään.

Prof. Wiik arvelee, että Turun meteoriitti on ollut hyvin kaunis kivi, jota on säilytetty Turun yliopiston kokoelmissa. Turun palossa 1827 kivi kuitenkin tuhoutui. Siitä oli ehditty lähettää ulkomaille tutkittavaksi pieniä kappaleita, ja niin Pariisissa on säilynyt mainittu gramman pala.

Toisesta suomalaisesta meteoriitista tiedetään jo enemmän, ja tämän pienen meteoriittisateen yksi kivikin on vielä tallessa Helsingin yliopistossa.

Joulukuun 16. päivänä 1813 kello kymmenen maissa aamulla kaksi maanviljelijää Savitaipaleen pitäjässä Saimaan rannalla kuuli taivaalta pauksen, joka muistutti ukkosen jyrähdystä tai usean kiväärin laukausta. Kun he katsoivat ylös, he näkivät läheneviä mustia pilviä, joista kuului jyrinää ja jotka kiitivät nopeasti kaakkoon päin. Kun pilvet katosivat,

*Suomeen pudonneet meteoriitit. Meteoriitin nimen alla on sulkeissa putoamispaikojen suomalainen nimi, jos se poikkeaa meteoriitin nimestä.*



loppui myös ääni. Samat pamaukset kuultiin myös muualla lähiseuduilla.

Pari tuntia myöhemmin löysivät jäällä kävelleet talonpojat jään pinnalle hajonneita kiviä. Ne kivet, jotka olivat osuneet kovaan jäähän, olivat särkyneet kappaleiksi, mutta pehmeään lumeen osuneet kivet olivat pysyneet ehjinä.

Tämä meteoriittisade sai nimen *Luotolax* lähellä sijainneen Luotolahden kylän mukaan. Luotolahden meteoriitteja ei ilmeisesti ollenkaan kaikkia kerätty talteen jäältä, vaan ne painuivat myöhemmin pohjaan. Kivistä suurin on kuitenkin edelleen tallella. Oheisessa kuvassa nähdään 1800-luvun puolivälissä tehty piirros siitä. Piirroksessa näkyy selvästi musta sulamiskuori ja virtauskuvioita. Meteoriitin sisäosa on vaaleanharmaata tai valkoista kiveä.

Kivi on niin pehmeää, että sitä voi sormillaan murentaa. Birger Wiik teki 1960-luvun lopulla Savitaipaleen meteoriitista uuden kemiallisen analyysin. Se vahvisti aikaisemman luokituksen, jonka mukaan Luotolax on melko harvinainen *howardiittien* luokkaan kuuluva akondriitti (kivi-meteoriitti, joka ei sisällä selviä jyviä). Näitä meteoriitteja tunnetaan maapallolta vain noin kaksikymmentä.

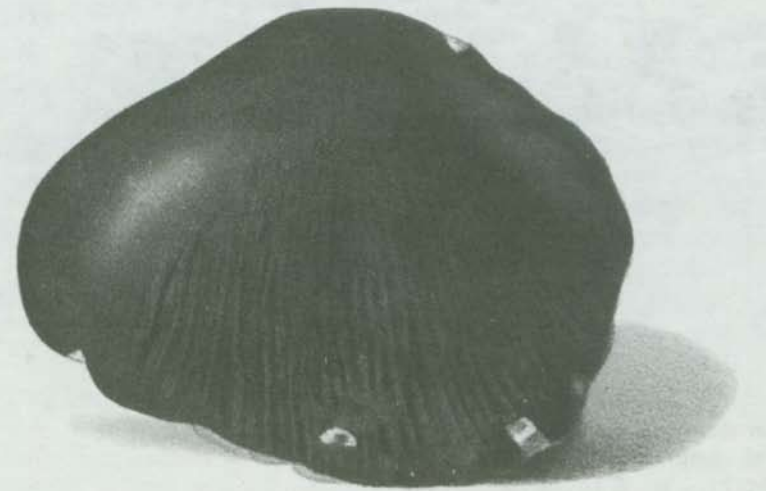
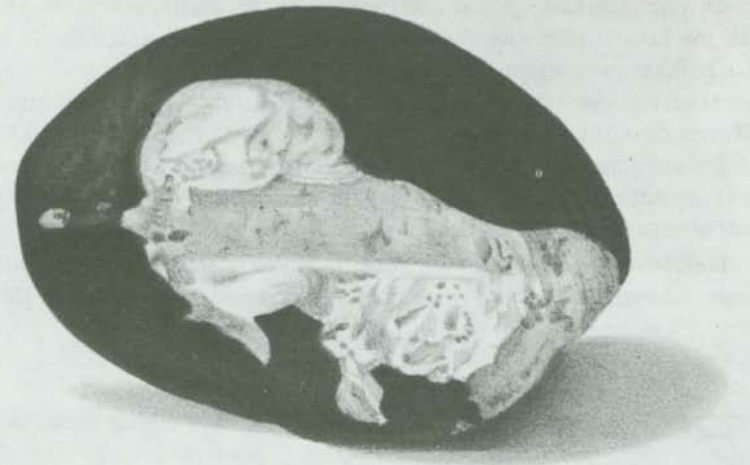
#### Neljä kiveä kymmenessä vuodessa

1800-luvun alun jälkeen oli Suomen meteoriittirintamalla pitkän aikaa hiljaista. Vasta vuosisadan viimeisenä vuonna iskeytyi maamme etelärannikolle uusi meteoriitti. Tätä seurasi runsaan kymmenen vuoden sisällä vielä kolme muuta putousta.

*Bjurbölen* meteoriitti ilmestyi näkyviin maaliskuun 12. päivänä 1899 kirkkaana valopisteenä Itämeren yllä. Helsingissä se herätti suurta huomiota. Päivälehti kertoo:

”Suuri, loistava meteoori, varustettuna pitkällä loimoavalla pyrstöllä, kiiti eilen klo puoli 10 illalla kaupunkimme yli luoteisesta kaakkoon. Meteoori loi ympärilleen häikäisevää valoa aivan kuin suuren suuren sähkölampun. Pilvet näyttivät kullankarvaisilta, levisivät puoleen ja toiseen. Noin minuutin kuluttua ilmestymisestään meteoori sinkoili pieniksi pirstaleiksi kauhealla jyrinällä, jota kesti monta minuuttia. Pamaus pani talot tutisemaan perustuksiaan myöten, ihmiset riensivät peloissaan asunnoistaan kaduille ja pihoilta. Mikä luuli Viaporissa ampua jyskyttävän, mikä taas kerrassaan maailmanlopun tulleen.

Mikäli olemme kuulleet, on sama ilmiö havaittu kaupungin länsi- ja itäpuolisilla seuduilla. Tarkemman selon saamiseksi sen luonteesta kehoitamme kansalaisia tšekäläiseen ilmatieteelliseen observatorioin lähettämään



*Luotolahden meteoriitti von Wrightin piirtämänä. Kuvassa näkyy kauniisti meteoriittien tavallisia tunnusmerkkejä: tumma sulamiskuori, vaalea sisus ja kuoressa olevat virtausjäljet. (Kuva A.E.Arppe).*



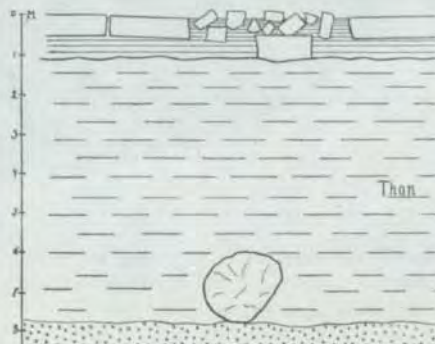
tietoja siitä, milloin ja kauanko ilmiö näkyi, kauanko oli ilmestymisen ja jyrinän väliä, kauanko jyrinää kesti sekä mihin suuntaan ilmiö kulki. Hyvä olisi, jos katsoja piirustuksella osoittaisi mikä suunta meteororilla oli katsojan paikkaan verrattuna.”

Ahkerasti kansalaiset lähettivätkin havaintojaan ”observatorioin”, sillä meteorin kulusta saatiin hyvä selko. Se nähtiin tulipallona kaikkialla Itämeren ympäristössä ja Etelä-Suomessa. Helsingin kohdalla tulipallo oli täydenkuun kokoinen, mutta paljon kirkkaampi. Se ohitti Helsingin eteläpuolelta parinkymmenen kilometrin korkeudelta.

Meteoriitti iskeytyi noin 7 kilometriä Porvoon eteläpuolelle Bjurbölen talojen edustalla olevaan merenlahteen. Seuraavana aamuna löytyi jäästä



*Bjurbölen meteoriitin jäähän tekemä avanto (yllä). Meteoriitti lävisti puoli metriä paksun jään ja vajosi lähes kahdeksan metrin syvyydelle pohjamutaan (vieressä). (Valokuva Suomen Kuva-palvelu, piirros W.Ramsay ja L.H.Borgström).*



rannan läheltä 3–4 metrin läpimittainen avanto, jonka ympärille oli roiskunut pohjamutaa.

Meteoriitti oli iskeytynyt läpi 40 cm paksun jään, jonka alla oli puoli metriä vettä, pohjamutaa ja sitten savea. Kepeillä koettelemalla saatiin selville, että savikerros ulottui kahdeksan metrin syvyyteen, mutta tunnustelemalla ei aluksi meteoriittia itseään löydetty.

Koska putoamispaikka oli kuitenkin varma, rakennettiin puupalkeista vedenpitävä kaivo, joka upotettiin avannon läpi pohjamutaan ja saveen. Pumpaamalla koetettiin kaivon sisäpuoli tyhjentää vedestä ja liejusta. Tämä ei täysin onnistunut, mutta lopulta sukeltaja löysi meteoriitin ja nosti sen palaset ylös.

Bjurböle on Suomen ehdottomasti suurin meteoriitti ja kuuluu koko maapallon kymmenen suurimman kiven joukkoon. Sen talteensaatujen palasten yhteispaino oli 328 kg. (Myöhemmin osoittautui, että tarkasta vahtimisesta huolimatta nostotyössä mukana olleet työmiehet olivat omine lupineen ottaneet meteoriitin palasia ja myyneet ne eri ihmisille Porvoon tienoilla. Tämän puuttuvan massan mukaanlaskeminen nostaa Bjurbölen kiven painon noin 400 kiloon.)

Suurimmat ehjät kappaleet painoivat 80, 21, 18 ja 17 kg. 80-kiloinen kivi on 30–40 senttimetriä paksu, ja koko meteoriitti on alunperin ollut vajaan metrin läpimittainen kappale. Se että kyseessä oli todella vain yksi kivi, joka jäähän osuessaan rikkoutui, näkyy kivien ulkopinnasta: osaa peittää musta sulamiskuori, osa on puhdasta murtumakohtaa.

Läpimärän meteoriitin annettiin pelastamisen jälkeen jonkin aikaa kuivua ennen kuin sitä ruvettiin tutkimaan. Bjurböle on tavallinen kivi-meteoriitti, joka sisältää pyöreitä jyviä, siis kondriitti. Jyväset vaihtelevat pienimpienistä hitusista herneen ja sormenpään kokoisiin asti, ja niitä on meteoriitissa hyvin tiheässä. Itse kivimassa on hyvin pehmeää ja musertuu jauhoksi sormien välissä.

Paitsi jyviä, kondreja, on Bjurbölen meteoriitissa myös eripaksuisia tummia suoniam. Nämä ovat myös hyvin tavallinen meteoriitin tunnusmerkki.

Bjurbölen meteoriitin palasia lähetettiin heti tutkittavaksi myös ulkomaille. Eräs ranskalainen tutkija kiirehti nopeasti julkaisemaan saamistaan näytteestä tehdyt tulokset. Tämä harmitti suomalaista tutkijaa Wilhelm Ramsayta niin, että hän oman julkaisunsa alkusanoissa huomauttaa myrkyllisesti: ”Toivon, että tuo Biérbélen meteoriitin kuvaus ei vähennä mielenkiintoa tähän Bjurbölen meteoriitista kertovaan julkaisuun.”

Kaksi Bjurbölen kylän talonmestajaa, joiden maille meteoriitti putosi, saivat kalojen kutupaikkojen kokemasta vahingosta korvaukseksi 500 mk, jonka he heti luovuttivat kylän kansakoulun käyttöön.





Bjurbölen meteoriitin suurimmat kappaleet, painoltaan 80 ja 21 kg. Osa meteoriihtien pintaa peittää tumma sulamiskuori. Suurin kappale on Helsingin yliopiston kivimuseossa ja 21-kiloinen pala Tukholman valtionmuseossa. (Kuva W.Ramsay ja L.H.Borgström).

Runsas kaksivuotinen Bjurbölen meteoriitin jälkeinen Etelä-Suomessa taas pamahti. Huittisten kirkonkylän lähelle putosi pilviseltä taivaalta 14-kiloinen kivi.

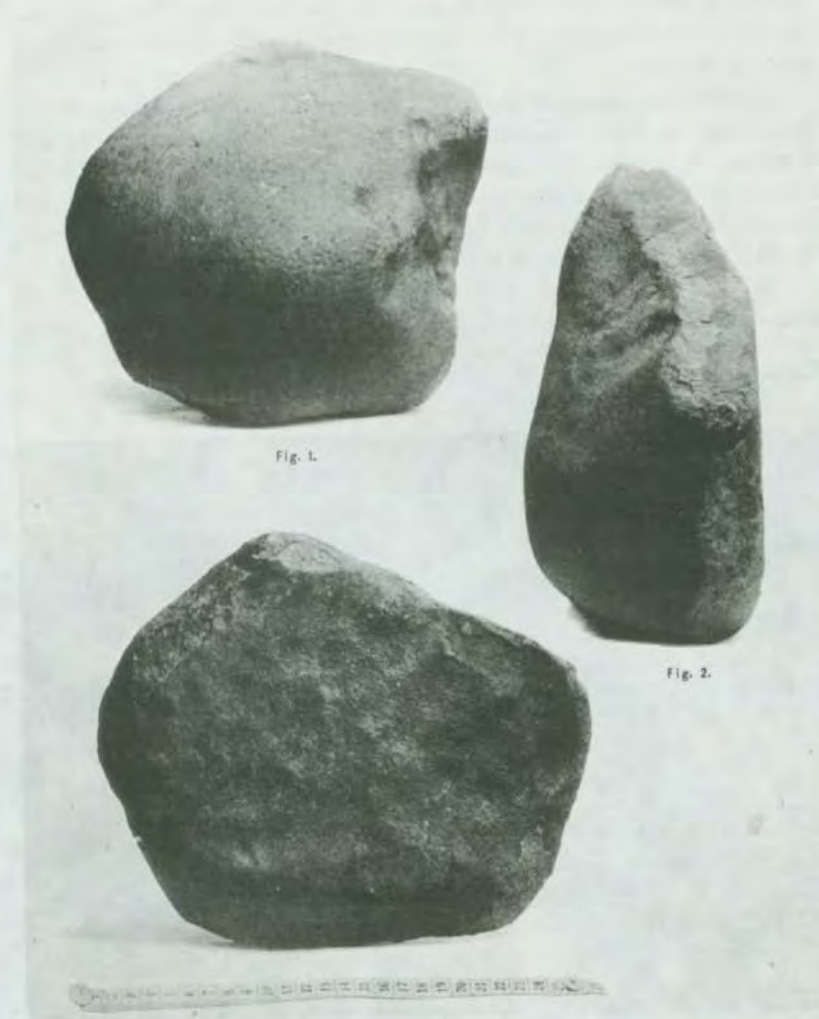
Lokakuun 21. päivänä 1901 vähän ennen kello kahtatoista kuului lounaissuomalaiset taivaalta kovan pamauksen ja pitkäaikaista jyrinää, ikään kuin pikajuna olisi pilvien päällä ollut kiitämässä.

Putoamispaikan lähellä kuultiin viheltävä ääni, joka tuntui tulevan niin läheltä, että ihmiset kumartuivat väistääkseen putoavaa esinettä. Kukaan ei kuitenkaan huomannut mihin meteoriitti tipahti.

Pari päivää myöhemmin meni eräs maanviljelijä pellolleen kyntääkseen sitä. Tällöin hän huomasi pellossa kummallisen reiän. Uteliaana miehenä hän kaivoi maata siltä kohdalta ja löysi puoli metriä syvältä maasta ehjän kovan kiven. Meteoriitti oli tunkeutunut parinkymmensenttisen mullan läpi kovaan savimaahan.

Huittisten meteoriitti sai nimensä kirkonkylän ruotsalaisen nimen mukaan: Hvittis.

Huittisten meteoriitti on parikymmentä senttiä leveä, kymmenisen senttiä korkea, pyörityneen matalan kartion muotoinen kivenmurikka. Se



Huittisten meteoriitti eri suunnista nähtynä. (Kuva L.Borgström).

on selvä suuntautunut meteoriitti. Etupuoli (kartion kärki) on sileä ja sitä peittää ohut musta kuori. Laakea takapuoli on paksun kuoren peitossa ja siinä näkyy polttavankuuman ilman kovettamia sulamiskuoppia.

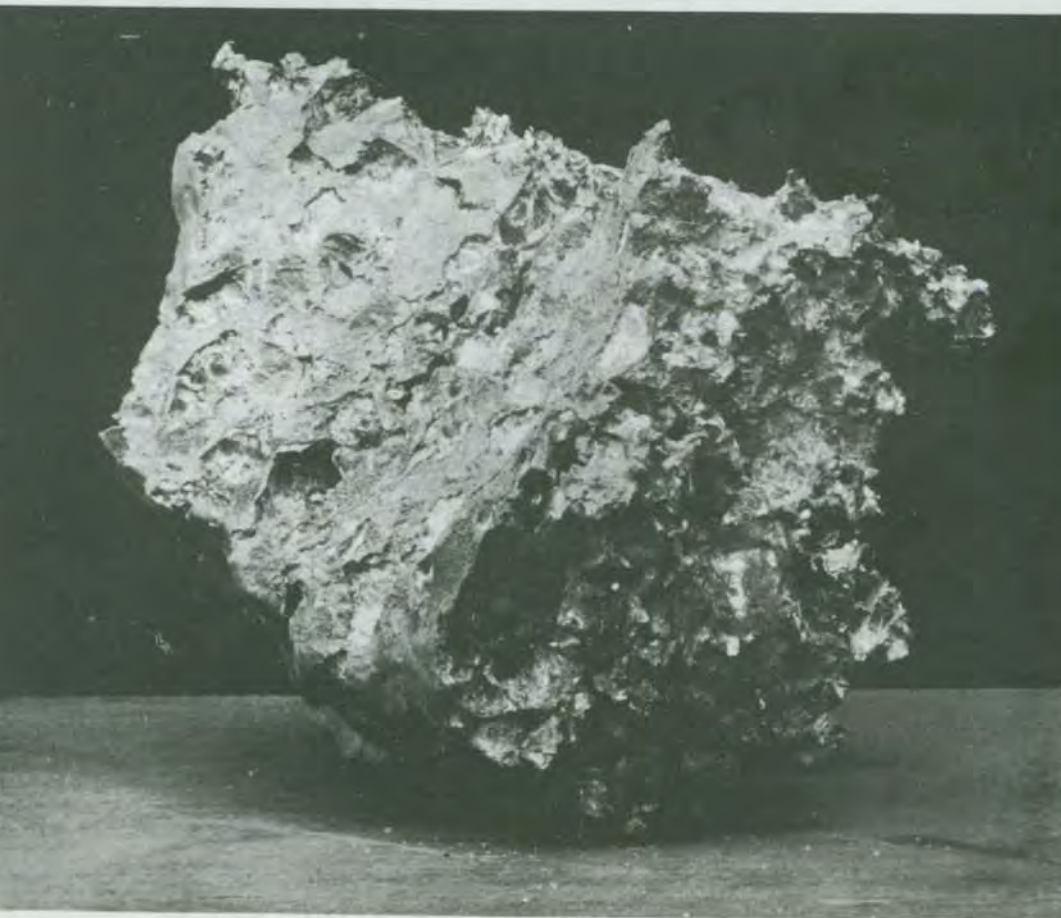
Huittisten meteoriitti on paljon kovempaa kiveä kuin Bjurbölen tai Luotolaxin meteoriitti. Sen rikkominen vasarallakin onnistuu vain vaikein. Myöskään kiviaineksen seassa olevat jyvät eivät ole yhtä isoja,



runsaita ja helposti irrotettavissa kuin Bjurbölen kivessä. Huittisten meteoriitti luokitellaan ns. *enstatiittikondriitiksi*, joita maapallolta tunnetaan parikymmentä.

Täyttä vuottakaan ei ehtinyt kulua Huittisten meteoriitin putoamisesta, kun taas uusi avaruuden kappale iskeytyi silloisen Suomen alueelle. Kesäkuun 1. päivänä 1902 putosi iso meteoriitti Laatokan luoteispuolelle, Jaakkiman pitäjässä sijaitsevan Marjalahden rantaan. Tämä *Marjalahden* meteoriitti on toiseksi suurin Suomen meteoriiteista ja ainoa kivirautameteoriitti, joka maastamme on löydetty.

*Kappale Laatokan rannalle 1902 pudonnutta Marjalahden meteoriittia. Meteoriitti on kivirauta, pallasitti. Vasemmassa kyljessä näkyy sulamiskuorta. (Kuva L.H.Borgström/D.Nyblin).*



Putoaminen tapahtui vähän auringonlaskun jälkeen, kello 22.05 maissa. Meteoriitin tulo nähtiin suurena tulipallona tummalla itätaivaalla. Viborgs Nyheter kertoo:

”Komea luonnonilmiö näyttäytyi täällä, kirjoitetaan meille Kurki-joelta [noin 30 km putoamispaikan lounaispuolelta], noin kello 10 illalla kesäkuun 1:senä. Se oli hehkuvan pallon muotoinen ja sitä seurasi kapea mutta pitkä tulijuova. Tulipallo, jonka näennäinen läpimitta oli noin puolet kuun läpimitasta, liikkui suunnilleen vaakasuorassa etelästä pohjoiseen pilvettömällä itätaivaalla noin 25 asteen korkeudella taivaanrannasta. Sitten se näytti hajoavan tai räjähtävän ja muutamaa minuuttia myöhemmin kuultiin koillisesta ukkosenkaltaista jyrinää. Vielä melko kauan räjähdysen jälkeen näkyi tulipallon kulkemalla kohdalla valkoinen, pitkä savun- tai pilvenkaltainen massa, joka näytti olevan jäännöstä tulipalloa seuranneesta tulijuovasta.”

Meteoriitin tulo nähtiin koko Kaakkois-Suomessa. Putoamispaikan lähellä Marjalahden rannalla oli maanviljelijä Koppisen talo. Koppinen näki meteoriitin aiheuttaman tulipallon ja sitten hänen silmiensä edessä itse meteoriitti iskeytyi rantakallioon. Siitä sinkosi kaikkiin suuntiin valtava kipinä sade, ja suurin meteoriitin kappale ponnahti viidenkymmen metrin päähän veteen.

Kun tieto tapahtumasta tuli Helsinkiin, lähetettiin tohtori H.Berg-hell Geologisesta tutkimuslaitoksesta heti paikan päälle. Vaikka hän matkusti nopeasti, oli yksi meteoriitinkappale jo joutunut vieraisiin käsiin. Eräs kauppamies oli siepannut sen, koska hän oli uskonut sen olevan arvokasta platinaa. Kauppamies oli raaputtanut mielestään arvottomat kivosat meteoriitista irti ja jättänyt jäljelle vain kovan metallin. Onneksi tämäkin kappale saatiin lopulta talteen.

Marjalahden meteoriitin suurimmat kappaleet painavat 23 ja 5 kiloa. Meteoriitti oli kallioon osuessaan hajonnut moneen kappaleeseen. Kaikkien talteensaatuisten palasten massa oli yhteensä 45 kg.

Palasia yhteensovittamalla saatiin selville meteoriitin likimääräinen muoto. Se oli ilmalentonsa lopulla ollut hyvin tylppä kartio tai pyramidi, jonka läpimitta on noin 50 cm ja korkeus noin 20 cm. Meteoriittia peitti helposti irtoava sulamiskuori.

Marjalahden meteoriitti on siis kivirauta, *pallasitti*. Sen pääosa on nikkelirautaa, joka muodostaa kiemuraisena runkona noin 80 prosenttia meteoriitin massasta. Loput 20 % on haurasta kiveä, oliviinia.

Neljäs vuosisadan vaihteen meteoriitti putosi *Mikkelin* lähelle kuniina kesäiltana 1910.

Heinäkuun 12. päivänä puoli kahdeksan maissa illalla nähtiin Kaakkois-Suomessa loistava valopallo, joka veti vertoja samaan aikaan näkyvissä



olleelle auringolle. Tulipallo syttyi yli 100 km korkeudessa, kiiti nopeasti melko jyrkästi alas suunnilleen etelästä pohjoiseen ja sammui noin 30 km korkeudessa. Muutamat havaitsijat näkivät tulipallon ennen katoamistaan hajoavan kahteen osaan.

Pari havaitsijaa kuuli tulipallon nähdessään outoa sihinää, vaikka itse meteoriitin aiheuttama jyrinä tuli vasta useita minutteja myöhemmin. Tällainen ääni on kuultu myös muiden tulipallojen yhteydessä, vaikka sen alkuperää ei tiedetä.

Tulipallojen katoamisen jälkeen kuultiin pari kovaa pamausta ja sitten jyrinää.

Meteoriitti tipahti kahtena osana kymmenisen kilometriä Mikkelistä lounaaseen. Toisen kappaleen putoamispaikasta noin 200 metrin päässä oli heinäpellolla maanviljelijä Daniel Honkanen. Hän kuuli ilmasta kovaa melua ja näki mustan esineen, joka näytti tulevan suoraan kohti, mutta sitten katosi. Kohta kuului selvä tömähdys, kun meteoriitti iskeytyi maahan.

Kun Honkanen ja hänen seurassaan olleet naiset olivat selvinneet sähkökähdyksestään, he lähtivät etsimään äänen aiheuttajaa. Pian löytyikin pellon reunasta kuoppa, jonka pohjalla oli hajonneena seitsemän kilon painoinen kivi. Se oli tehnyt soramaahan 60 cm syvän kuopan.

Vähän myöhemmin löytyi kahden kilometrin päästä metsästä toinen samanlainen kuoppa, jonka pohjalta saatiin talteen 10 kilon verran kivensirpaleita.

Kivet olivat eronneet toisistaan jo korkealla ilmassa, ennen kosmisen nopeuden hidastumista, koska niitä peittää kauttaaltaan sulamiskuori. Irtoamiskohdassa kuori ei kuitenkaan ole niin hyvin kehittynyt kuin muualla.

Mikkelin kivet ovat sen verran kovaa ainetta, että niitä ei sormin saa hajalle, mutta vasaralla tämä onnistuu helposti. Kiviaineksen seassa on pieniä metallijyväsiä. Mikkelin kivet on luokiteltu tavallisiksi kondriiteiksi.

### Meteoriitti lasten leikkikaluna

Pari vuotta Mikkelin meteoriittien jälkeen, 1913, löytyi Suomesta taas uusi avaruuden kivi. Pienviljelijä Jooseppi Lyytinen oli kaivamassa ojaa suoniityllä *Varpaisjärven* pitäjässä Iisalmen lähellä, kun hänen lapionsa osui outoon kiveen. Kun suossa ei muuten pitänyt kiviä olla ja tämä oli vielä niin kummallisen näköinen, otti Jooseppi kiven talteen ja vei sen kotimökkiinsä keittiön nurkkaan.

Pitäjän kirkkoherra sai kuulla kivistä ja epäili sitä meteoriitiksi. Hän



*Mikkelin meteoriitti putosi vuonna 1910 maahan kahtena osana, jotka painoivat noin 7 ja 10 kg. Pienempi osa teki yllä näkyvän puolen metrin syvyisen reiän pellon reunaan. Kuopan vierellä Daniel Honkanen, joka näki meteoriitin putoamisen. Mikkelin meteoriitin kappaleet nähdään alla. Kumpikin hajosi maahan osuessaan palasiksi, jotka on koottu kuminauhoilla yhteen. Kiviä peittää tumma sulamiskuori, joka on paikoitellen karissut pois. Kumpikin kivi on läpimitaltaan 10–20 cm. (Kuvat L.H.Borgström).*





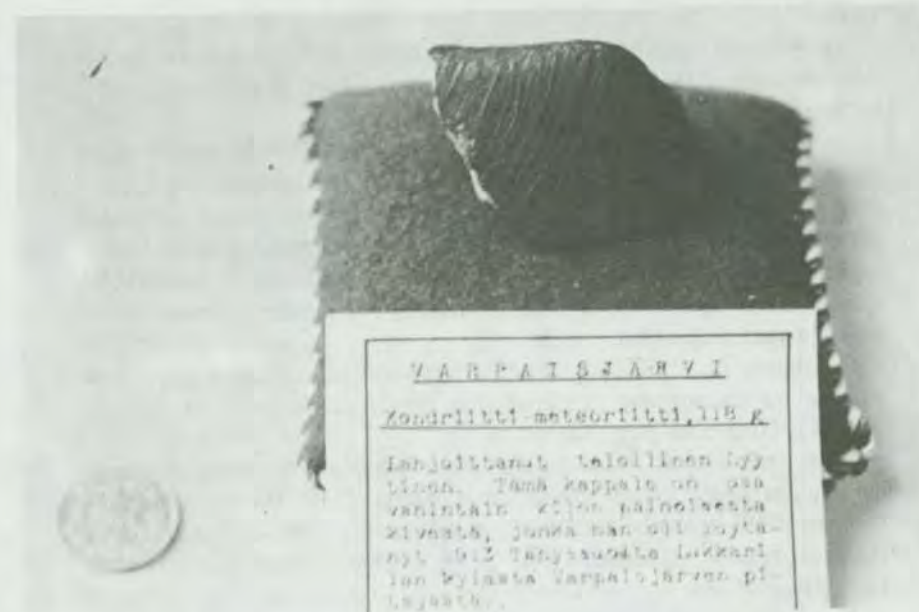
hakkasi kivistä pienen kappaleen irti ja lähetti Geologiselle tutkimuslaitokselle Helsinkiin. Täällä kivi heti tunnistettiin mielenkiintoiseksi suuntautuneeksi kivimeteoriitiksi. Eräs nuori tutkija lähetettiin Varpaisjärvelle mittaamaan ja kuvaamaan meteoriittia. Koska Jooseppi ei kuitenkaan tahtonut luopua kivistään, sitä ei saatu Helsinkiin tutkittavaksi.

Varpaisjärven meteoriitin myöhemmät vaiheet muodostavat hyvin opettavaisen tarinan. Kivistä ei kuultu mitään yli kolmeenkymmeneen vuoteen, ennen kuin meteoriittitutkija Walter Wahl 1948 Kuopiossa käydessään otti sen kohtalosta selvää. Wahl löysi Jooseppi Lyytikäisen vanhan veljen, joka muisti kiven hyvin. ”Hän sanoi että kivi oli yli kaksikymmentä vuotta maannut lattialla keittiön nurkassa, mutta että Jooseppi Lyytikäisen kuoltua mökki oli myyty ja myöhemmin myyty vielä uudelleen”, selostaa Wahl. ”Useita vuosia sitten kulkiessaan mökin ohi hän oli nähnyt sen lojumassa kivi- ja tiilikasan päällä talon lähellä. Me [Lyytikäisen veli ja Wahl] menimme sinne yhdessä ja etsimme kiveä useita tunteja. Etsintämme aikana talon nykyinen emäntä palasi kotiin, ja kuultuaan mitä haimme, hän sanoi että kerran, useita vuosia sitten, keittiötä siivotessaan hän oli päättänyt päästä eroon tuosta mustasta kivistä, joka oli aina ollut harmina lattiaa lakaistessa, ja huolimatta perimätiedosta, että kivessä olisi ollut jotain ihmeellistä, jotkut ihmiset jopa uskoivat sen pudonneen taivaalta, hän viimein kantoi sen ulos kivikasaan. Viimeinen kerta kun hän oli nähnyt sen oli noin kaksi vuotta aikaisemmin, kun hän näki pienten poikiensa ja heidän ystäviensä leikkivän kivellä, ja hän oli huomannut, että he olivat onnistuneet rikkomaan sen useaan osaan. Sitten pojilta kysyttiin asiasta, mutta he osasivat kertoa vain sen, että kivi, joka oli aikaisemmin ollut kova, oli useita talvia ulkona oltuaan ja jäädyttyään pehmennyt niin, että he pystyivät kaivelemaan sen valkoista sisustaa veitsellä ja sitten se hajosi palasiksi ja muutamat pojat veivät palat mukanaan. Kukaan pojista ei kuitenkaan pystynyt löytämään ainuttakaan palasta tuosta vanhasta mustasta kivistä.”

”Tämän meteoriitin kohtalo”, kirjoittaa Wahl, ”osoittaa miten turhaa on kunnioittaa meteoriitin löytäjän toiveita saada pitää se muistona kotimökissään sen sijaan, että se vietäisiin museoon. Tämä kivi oli – kuten säilynyt kappale osoittaa – poikkeuksellisen hyvin suuntautunut kivi ja siksi huomattavan mielenkiintoinen”.

Varpaisjärven meteoriitti oli alkuperäisenä suunnilleen lapsen pään kokoinen, kartiomainen, parin kilon painoinen kivenmurikka. Sen pintaa peitti musta sulamiskuori, jossa oli hyvin selviä virtauskuvioita.

Kirkkoherran irtihakkaama pala on parin sentin mittainen kappale kartion ”helmasta”, etu- ja takapuolen reunasta. Pala painaa vain 120 grammaa. Tästäkin jouduttiin noin viidesosa käyttämään tutkimuksiin,



*Ainoa säilynyt kappale kauniista, mutta kovaonnisesta Varpaisjärven meteoriitista. Palasessa näkyvät selvät virtauskuviot, jotka ovat syntyneet suuntautuneen meteoriitin ilmalennossa. (Kuva Kari Kaila).*

jotka Wahl ja Wiik tekivät 1940-luvun lopulla.

Varpaisjärven meteoriitin mielenkiintoisin piirre on sen paksu, erittäin hyvin muodostunut kuori, ja virtausjäljet. Ne molemmat johtuvat siitä, että kartiomainen meteoriitti on koko ilmalentonsa aikana ollut kärki edellä. Kun se on pudonnut pehmeään suohon, ei kuori ole myöskään vahingoittunut.

Musta sulamiskuori on etupuolella noin puolen millimetrin ja takapuolella yli millimetrin paksuinen. Meteoriitin sisäosa on kovaa valkoista kiveä, jossa on harvassa pieniä mineraali- ja rautanikkeliyyviä. Varpaisjärven meteoriitti luokitellaan tavalliseksi kondriitiksi.

### Malmikilpailut tuovat tulosta

Suomalaisten meteoriittien talteensaaminen on selvästi yhteydessä siihen, onko maassamme innokkaita meteoriittitutkijoita. Vuosisadan vaihteen kivistä saatiin tarkat tiedot selville L.H.Borgströmin työn an-



siosta.

1940-luvulla innostui meteoriiteista Walter Wahl ja sen jälkeen on Suomen meteoriittien talteenottamisesta huolehtinut Wahlin ainoa oppilas Birger Wiik.

Useimmat viimeaikaiset meteoriitit ovat olleet löytöjä. Ne on saatu talteen malminetsintäkilpailujen ansiosta. Näissä kilpailuissa yleisöä pyydetään lähettämään kaikki mielenkiintoiset löytämänsä kivet tutkittavaksi esimerkiksi Geologiselle tutkimuslaitokselle, Outokumpu Oy:lle tai Rautaruukki Oy:lle. Tarkoituksena on tietysti malmien etsiminen, mutta koko ajan pidetään silmällä myös sitä, sattuuuko jokin yleisön lähettämistä kivistä olemaan meteoriitti.

Parhaista kivilöydöistä maksetaan sievoinen palkkio. Myöskin meteoriiteista on Geologinen tutkimuslaitos tietysti maksanut palkkion, viimeksi (1960-luvulla) noin 300 mk.

Malmikilpailujen tuloksena on Suomesta löydetty tähän mennessä neljä uutta kiveä. Näistä vanhin on vuodelta 1938. Maanviljelijä Kalle Kunnari löysi syksyllä pellostaan *Metsäkylässä*, Vehkalahden pitäjässä Haminan lähellä, ruosteisen kiven. Se painoi kilon verran ja oli muodoltaan pallomainen. Kunnari lähetti kiven Geologiselle tutkimuslaitokselle ja kysyi olisiko se mahdollisesti rautamalmia. Alustavissa tutkimuksissa kivi lyötiin perusteellisesti hajalle ja osaksi jauhettiin. Koska kivistä löytyi nikkeliä, lähetti malmiosaston johtaja kolme kesäpulaista etsimään kiven



*Valkealan meteoriitin 1962 löytyneitä palasia. Ne ovat osia pienestä meteoriittisateesta, joka on sattunut satoja vuosia sitten löytöpaikan kohdalla. (Kuva B. Wiik).*

emäkalliota. "Tämä on luultavasti ainoa kerta historiassa, jolloin on yritetty löytää meteoriitin emäkalliota", toteavat Wiik ja Mason Geologi-lehden artikkelissaan.

Opiskelijat palasivat syksyllä tyhjin toimin Helsinkiin. Professori Väyrynen näki kuitenkin onneksi kiven jäännökset ja totesi heti, että se on kivimeteoriitti – tyypillinen kondriitti. Kiven tutkiminen jäi maailmansodan puhkeamisen takia myöhemmäksi. Sen suorittivat 1950- ja 60-luvun alussa Birger Wiik ja Brian Mason, amerikkalainen tutkija.

Kaksi seuraavaa suomalaista meteoriittia löydettiin 1960-luvun alussa, toinen etelästä, toinen pohjoisesta.

Toukokuussa 1962 löysi maanviljelijä Olavi Vaija pellostaan Anttilan kylästä, *Valkealan* pitäjässä lähellä Kouvolaa, ruosteisen kiven. Hän oli lukenut lehdestä ohjeita malminetsijöille ja siksi hän penkoi myös pellon reunalle kerättyjä kivikasoja. Niistä löytyi toinen samanlainen kivi. Outokumpu Oy:ssä näyte tutkittiin tavallisena malmina, ennen kuin mineralogi Yrjö Vuorelainen totesi, että kyseessä on meteoriitti.

Vaija löysi pellostaan vielä pari uutta kiveä. Kaikki palaset saatiin (ehjinä tai jauhettuina) Geologiselle tutkimuslaitokselle. Kivien yhteispaino on runsaat 700 grammaa. Ehjänä säilynyt kivi on muodoltaan pyöritynyt ja osoittaa, että se ei ole palanen suuremmasta kivistä vaan itsenäinen meteoriitti. Valkealan meteoriitti, kuten kiveä ruvettiin kutsumaan, on siis ollut meteoriittisade. Todennäköisesti löytöpaikan lähellä on vielä kätkössä lisää pikkumeteoriitteja.

Valkealan meteoriitti on melko ruostunut, joten se on maannut maassa jo kauan aikaa. Siinä on yllättävän vähän rautaa tavallisiin kivimeteoriitteihin verrattuna, ja siksi Wiikin tutkimusten perusteella se voidaan luokitella harvinaiseen *amfoteriittien* aliryhmään kuuluvaksi.

Ihmeellistä kyllä tähän samaan ryhmään kuuluu myös kolmas malmikilpailujen tuloksena saatu meteoriitti, *Sallan* kivimeteoriitti. Se löydettiin Valkealaa seuraavana vuonna, 1963.

Sallan kiven löysi maanviljelijä Kauko Piisilä Sallan pitäjän Salmivaaran kylästä. Se oli ruosteinen, kolmen kilon painoinen kivi, joka lojui aivan maanpinnalla. Piisilä lähetti kiven malminetsintäilmoitusten perusteella Otanmäki Oy:n konttoriin Rovaniemelle. Täällä se todettiin meteoriitiksi.

Sallan meteoriitti on puolipallo, jonka tasainen osa on paljon vähemmän ruosteessa kuin pallomainen osa. Siksi oli luultavaa, että kivi on puolikas alunperin suuremmasta kappaleesta, joka on ilmentonsa lopulla hajonnut. Salmivaaran maastosta löytyikin myöhemmin puuttuvan puolikkaan osia. Sallan meteoriitin talteensaattujen kappaleiden kokonaispaino on seitsemän kiloa, ja vieläkin joitakin palasia voi olla kätkössä maassa





*Sallan meteoriitin suurin kappale. Se ehdittiin ennen tunnistamista sahata neljään osaa. (Kuva B.Wiik).*

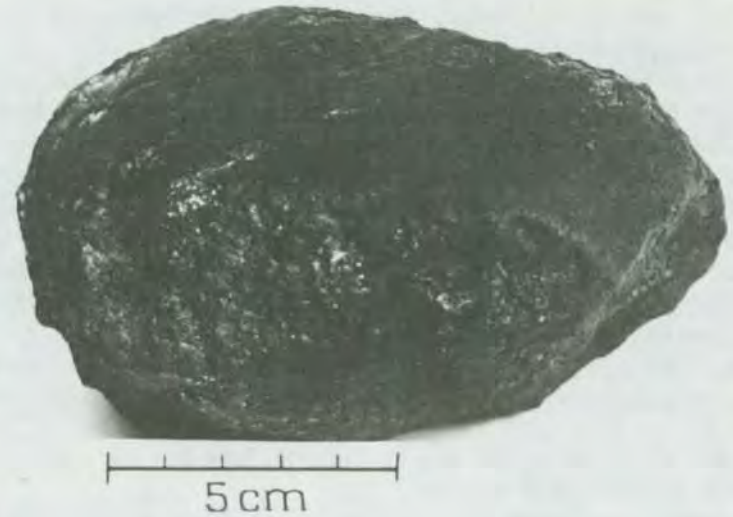
tai kiviaidoissa.

”Kaikki uudet kivimeteoriitit ovat voimakkaasti ruostuneita ja ovat varmasti maanneet maassa satoja vuosia”, kirjoittaa Wiik. ”Ruosteisuudesta huolimatta kaikissa on silti melko tuoreena säilynyttä ainetta sisällä. Tämä koskee ennen kaikkea Sallaa, joka sitäpaitsi on suurin ja siksi sillä on merkitystä vaihdoissa ulkomaisten museoiden kanssa.”

Neljäs malmikilpailuista saatu ja viimeisin Suomessa yleensä talteen otettu meteoriitti löytyi 1974 *Orimattilasta*. Keijo Virtanen Mallusjoelta löysi kiven kesällä talon vierelle kaivettavasta vesimontusta. Millä syvyydellä kivi oli alunperin sijainnut, ei ole tarkkaa tietoa, mutta itse kaivettu kuoppa oli yhden metrin syvyinen.

Virtanen lähetti kiven, joka oli vajaan kahden kilon painoinen, 10 x 10 x 25 cm suuruinen särmiltään pyörästynyt kappale, tutkittavaksi Outokumpu Oy:lle. Täällä mineralogi Yrjö Vuorelainen totesi kiven meteoriitiksi, tavalliseksi kondriitiksi.

Maisteri Stenberg kävi löytöpaikalla Orimattilassa. Talon isäntä kertoi hänelle, että 10–15 vuotta sitten oli paikalla havaittu meteoriitin putoaminen läheiselle pellolle. Pudonneita kiviä ei silloin löydetty, mutta ilmeisesti nyt löytynyt meteoriitti liittyy tuohon samaan putoukseen. Pellossa voi olla vielä useita meteoriitinpalasia löytämättä.



*Haverön meteoriitti, joka on suurimmaksi osaksi tumman sulamiskuoren peitossa. (Kuva H.Papunen).*

### Haverön harvinainen kivi

Haverön meteoriitti putosi maanantaina, elokuun 2. päivänä 1971, kello 15.45 iltapäivällä. Kolme miestä Haverön saarella, Turusta 25 km etelään, kuuli taivaalta ihmeellistä ääntä. Se oli aluksi kuin kaukaista ukkosta, mutta muuttui pian vihellykseksi ja sitten kuin lähestyvän suihkukoneen jylinäksi.

Äkkiä taivaalta sukelsi tumma kappale, joka jysähti miesten vieressä olevan rakennuksen kattoon kovalla ryminällä. Räsähdyksen jälkeen miehet näkivät heikon sinisen savukiekhuran kohoavan katon yllä.

Miehet menivät kaksikerroksiseen latoon, johon kivi oli pudonnut, ja näkivät sen kattoon tekemät reiät. Se oli pudonnut tiilikaton läpi ja romahtanut lattian 5 cm paksujen lankkujen läpi. Tiilikatossa oli noin 40 senttimetrin reikä. (Kts. kuva s. 50).

Lattialla oli nuottalaatikko, jonka kannessa miehet näkivät myös reiän. Ja täältä laatikosta löytyi kymmenen senttimetrin läpimittainen musta kivi. Tuskin viittä minuuttia oli ehtinyt kulua putoamisesta, kun



miehillä oli meteoriitti kädessään. Se tuntui lämpimältä käteen.

Talon omistaja Andersson, jonka katolle meteoriitti putosi, lahjoitti kiven Turun yliopistolle tutkimuksia ja säilytystä varten.

Vain kaksi muuta henkilöä lounaissaaristossa oli huomannut meteoriitin putoamiseen liittyviä ilmiöitä. Parinkymmenen kilometrin päässä putoamispaikasta oli eräs mies nähnyt loimuavan pyrston seuraaman tulipallon putoamisen ja kuullut kuin kaukaisen ukkosen ääntä. Eräs toinen taas oli kuullut pelkän äänen.

Haverön meteoriitti painoi puolitoista kiloa. Mustan kuorensa alla se on tummanharmaata tasaisennäköistä kiveä. Kiven joukossa on vähän rautaa ja myös hiilipitoisia aineosia, mm. pienenpieniä timantteja. Hiilipitoinen aine esiintyy parin millimetrin paksuisina hiutaleina.

Haverön meteoriitti luokitellaan harvinaisiin *ureiliitteihin*, joita maapallolta aikaisemmin tunnettiin vain viisi. Ureiliitit ovat erikoisia ki-

**Taulukko 4.1.** Suomeen pudonneet meteoriitit. Paino tarkoittaa tallessa olevien kappaleiden yhteismassaa.

Nimi ja putoamispaikka	Läytövuosi	Löytö vai putous	Kivien lukumäärä	Paino kg
1. Turku	ennen 1840	?	1?	0,001
2. Luotolax, Savitaipale	1813	put.	useita	0,8
3. Bjurböle, Porvoo	1899	put.	1	328
4. Hvittis, Huittinen	1901	put.	1	14
5. Marjalahti, Jaakkima	1902	put.	1	45
6. St.Michel, Mikkeli	1910	put.	2	17
7. Varpaisjärvi	1913	löytö	1	0,1
8. Metsäkylä, Vehkalahti	1938	löytö	1	1
9. Valkeala	1962	löytö	useita	0,7
10. Salla	1963	löytö	2	7
11. Haverö, Nauvo	1971	put.	1	1,5
12. Orimattila	1974	löytö	1	1,9

vimeteoriitteja, joissa ei ole kondreja, pyöreitä jyväsiä. Ne ovat ainoita meteoriitteja, joissa on timantteja ja ainoita akondriitteja, joissa on niin paljon rautaa, että ne ovat voimakkaasti magneettisia.

Jo pari päivää putoamisen jälkeen olivat prof. Neuvonen Turun yliopistosta ja prof. Wiik Geologisesta tutkimuslaitoksesta lähettäneet Haverön harvinaisen kiven palasia tutkittaviksi eri puolille maailmaa. Esi-merkiksi Yhdysvalloissa tutkittiin meteoriitissa olevaa lyhytikäistä radioaktiivisuutta. Sen perusteella voitiin päätellä, että ennen maapalloon osumistaan kivi oli ollut hyvin soikealla Aurinkoa kiertävällä radalla, jonka uloin piste oli neljä kertaa niin etäällä Auringosta kuin Maan rata.

Oheisissa taulukoissa on yhteenvetona Suomeen pudonneiden meteoriittien tiedot. Taulukossa 4.1. ovat perusasiat ja taulukossa 6.1. (sivulla 111) on meteoriittien kemiallinen koostumus lähinnä Birger Wiikin analyysien perusteella.





## 5. SINÄKIN VOIT LÖYTÄÄ METEORIITIN

Amerikkalainen meteoriittitutkija Elbert King sanoo pari vuotta siten ilmestyneessä kirjassaan *Space Geology* (Avaruusgeologia) seuraavasti: ”Tunnistettujen ja tutkittujen meteoriittien kokonaismäärä on surkean pieni. Uusia ja tutkimattomia kiviä tarvittaisiin välttämättä. Jos sinulla on kivi, jota epäilet meteoriitiksi tai jos tiedät sellaisesta, monet museonhoitajat tai korkeakoulujen tutkijat olisivat mielissään, jos saisivat tilaisuuden tutkia kiveä ja määrätä sen alkuperän.”

Meteoriittitiede on viime vuosina avaruuslentojen ansiosta kokenut uuden nousukauden. Suurvallat ovat valtavasti hakeneet näyttöä Kuusta ja lähettäneet automaattialuksia Venuksen ja Marsin pinnalle saadakseen tietoja aurinkokuntamme synnystä ja kehityksestä.

Meteoriitit ovat aivan *ilmaisia* luonnon kiviä, joita avaruuden syvyyksistä jatkuvasti sataa maapallolle. Niiden saaminen tutkittavaksi on kuitenkin suurimmaksi osaksi sattuman varassa, koska meteoriittien putoamispaikkaa ja -aikaa ei voida ennustaa. Suomesta on saatu kahdensadan vuoden aikana talteen edellisessä luvussa kerrotut kaksitoista kiveä, vaikka niitä on tänne pudonnut ilmeisesti sadoittain.

### Hukattuina mahdollisuuksia

Päivänvaloon on tullut tapauksia, joissa ihmiset ovat nähneet meteoriitin putoamisen, mutta kukaan ei ole ottanut sitä talteen tai ei ainakaan ole lähettänyt tutkittavaksi.

Svante Karhunen Kemijärveltä muistaa erään tapauksen lapsuudestaan, jolloin Kiuruveden Sulkavanjärven kylässä olevaan pieneen Koijärveen putosi iso meteoriitti. Tämä oli vuoden 1912 paikkeilla.

*Kanadaan pudonnut Innisfreen meteoriitti havaittiin kameraverkostolla, jonka kuvien perusteella putoamispaikka voitiin laskea. Vajaa kaksi viikkoa putoamisen jälkeen, 17.2.1977, meteoriitinkappale löytyi läheltä laskettua putoamiskohtaa. Innisfreen meteoriitti (kuvassa) oli osunut lumen läpi jäätyneeseen maahan ja ponnahtanut siitä takaisin lumen pinnalle. Putoamiskohdan ympärillä on irtomaata ja meteoriitin sirpaleita. (Kuva Ian Halliday, National Research Council of Canada).*



Eräs köyhä suutari oli sunnuntaipäivänä ongella omalla rannallaan. Hän näki äkkiä hehkuvan meteoriitin putoavan taivaalta ja iskeytyvän kapean järven vastarannalle lähelle Ylätaipaleen venehuonetta. Meteoriiitti osui järveen parin metrin syvyiseen kohtaan ja nosti ilmaan korkean vesipatsaan. Vielä iltapäivällä venevaja oli kauttaaltaan kattoineen päivineen läpimärkä, joten löiskahdus oli ollut melkoinen.

Suutari pelästyí kovasti ja arveli Jumalan rankaisseen häntä pudottamalla tulipallon taivaasta varoitukseksi, koska hän oli ollut kirkkoaikana ongella, kertoo Karhunen. Meteoriiitin putoaminen pääsi pian unohtumaan, koska siihen aikaan maaseudulla ei ollut mitään tiedotusvälineitä, ei edes puhelinta.

Lieneekö taivaalta tullut kivi edelleen siellä Kojjärven pohjassa vai onko veden vaikutus jo kokonaan rapauttanut sen? Mene ja tiedä.

Toinen mahdollinen meteoriitin putoaminen veteen sattui kymmenkunta vuotta sitten Lieksan lähellä, Vuonislahden Korpijärvellä. Talonväki oli ollut Korpilammen lähellä heinäkorjuutöissä. Äkkiä oli kuulunut jotain ääntä ja lammesta oli noussut iso vesipatsas. Pellolla oli useita silminnäkiöitä ja siellä ollut hevonen oli myös vauhkootunut heti tapahtumahetkellä.

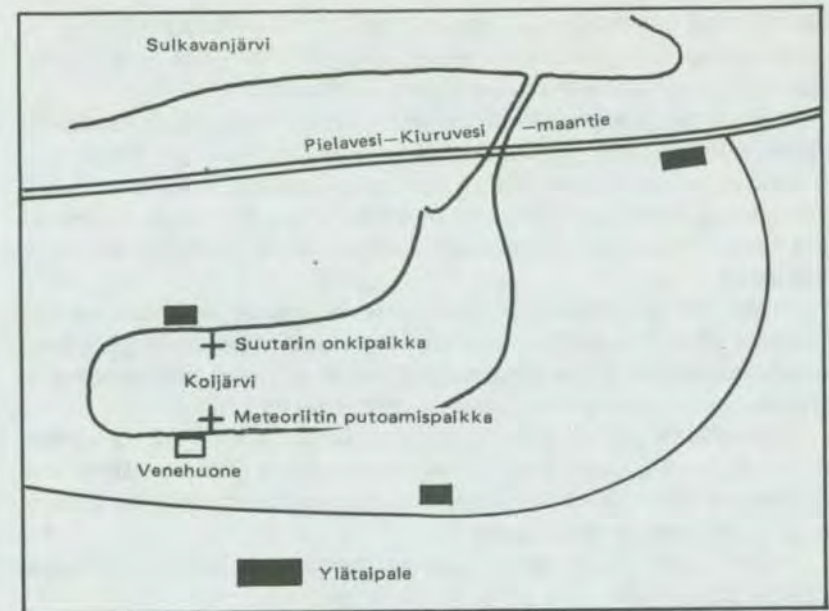
Tämän Korpilammen läpi laskee joki ja itse lampi on hyvin matala ja mutapohjainen. Meteoriiitin löytäminen pohjamudasta voi olla vaikeaa, varsinkin kun sen tarkka putoamispaikka ei luultavasti ole tiedossa. Kesällä tullut meteoriitti ei jättänyt samanlaista "paikkamerkkiä" kuin esimerkiksi Bjurbölen meteoriitti, jota osattiin etsiä sen tekemän avannon kohdalta.

Kolmas esimerkkitapaus sattui pari vuotta sitten. Jyväskylässä ilmestyvässä Keskisuomalainen-lehdessä oli 25.4.1974 seuraavanlainen uutinen (jonka Timo Keski-Petäjä lähetti kirjoittajan tiedoksi):

**"Vihreä kivi porautui jähähän.** Avaruudesta tullut kappale on iskeytnyt jähähän Varkauden ja Joroisten raja-alueella. Kappale putosi vain parinkymmenen metrin päähän pilkkionkijasta, joka löysi putoamiskohdasta reiän. Tutkittuaan reikää kairansa kanssa onkimies osui kovaan kiveen, joka oli värliltään vihreä.

Kivi oli porautunut 50 cm:n syvyyteen. Se oli halkaisijaltaan 4 cm ja muistuttaa järvimalmin pasutusjätettä. Kalamies sanoi kuulleen ensin viheltävän äänen ja sen jälkeen pienen paukahduksen esineen pudotessa jähälle."

Pilkkimies on siis poiminut meteoriitin ylös ja jopa kertonut siitä sanomalehdelle. Mutta entä sitten? Hän on varmaan vienyt sen kotiinsa ja pannut ehkä talteen lipaston laatikkoon. Lojuuko "Suomen kolmastoista meteoriitti" edelleen siellä pilkkimiehen piirongilla vai onkohan emäntä



*Svante Karhunen on piirtänyt tämän kartan lapsuudessaan tapahtuneesta meteoriitinputoamisesta.*

jo heittänyt sen kiusankappaleen menemään, kuten kävi Varpaisjärven meteoriitille? Pilkkimiestä ei ole toistaiseksi onnistuttu jäljittämään.

## Meteoriitit rapautuvat

Yhdysvalloissa tehdyt laskelmat osoittavat, että jokaiselle maapallon alueelle osuu meteoriittisade parintuhannen vuoden välein. Meteoriittisateen kivet hajoavat tietysti laajalle alueelle, mutta miljoonankin vuoden aikana pitäisi jo jokaiselle neliökilometrille kertyä suuri joukko meteoriitteja.

Meteoriitit kuitenkin hajoavat melko nopeasti. Ne ovat tulleet avaruudesta, missä ne eivät ole lainkaan joutuneet kosketuksiin kosteuden ja maassa olevien kemikaalien kanssa. Maapallolla vesi alkaa heti tehdä tuhoaan pudonneessa kivessä, ja jonkin ajan kuluttua meteoriitti on rapautunut täysin tunnistamattomaksi hiekaksi.

Jos kivimeteoriittien sulamiskuori on pudotessa jäänyt ehjäksi, ei kosteus pääse aluksi tunkeutumaan kiven sisään. Tällöin rapautuminen pääsee



alkuun vasta useiden vuosien kuluttua, kun kuori vähitellen säröytyy ja alkaa rapistua pois meteoriitin päältä. Alta paljastuu kiven huokoisempi sisus, jonne vesi pääsee nyt helpommin tunkeutumaan.

Meteoriitti menettää silmiinpistävän ulkonäkönsä (tumman virtaviivaisen sulamiskuoren ja vaaleanharmaan sisuksen, jossa on tummempia jyväsia ja metallihituisia) usein jo muutaman kuukauden maassaolon jälkeen. Kuori alkaa ruostua ruskeaksi, koska se sisältää rautaa. Sisäosa alkaa samoin hapettua ja tummenee vähitellen paljolti muiden maan kivien kaltaiseksi.

Paitsi kosteus, myös lämpötilanvaihtelut pyrkivät rapauttamaan meteoriittia. Kuten muutkin kivet, ne lämmitessään laajenevat ja kylmetessään supistuvat. Nämä muutokset aiheuttavat kivessä halkeamien syntymisen, joiden kautta taas kosteus paremmin pääsee sisälle.

Haitallisinta on, jos meteoriitti on pudonnut korkeille leveysasteille (kuten Suomeen), jossa maa on osan vuotta jäässä. Tällöin jäätyvä vesi laajetessaan rikkoo kiveä hyvin nopeasti, ja murentuminen toi tapahtua jo muutamassa kymmenessä vuodessa.

Myös kasvit voivat tunkea juuriaan meteoriitin sisään ja pahentaa entisestään tilannetta.

Kauanko meteoriittien rapautuminen kestää? Amerikkalainen meteoriittienkerääjä H.H.Nininger on kertonut kivistä, jotka jo parinkymmenen vuoden kuluttua putoamisestaan ovat melkein täysin rapautuneet. Näin käy varsinkin pienille, pudotessaan hajonneille ja heikkoa kiviainesta oleville meteoriiteille.

Vahvemmat kivet säilyvät satoja tai tuhansia vuosia. Säilymisaika riippuu paljon ilmastosta, johon kivi on pudonnut. Kun radioaktiivisilla menetelmillä on tutkittu Yhdysvaltain eteläosiin kuiville tasangoille pudonneita meteoriitteja, niiden iäksi on saatu keskimäärin noin 5000 vuotta. Kosteammilla paikoilla rapautuminen voi olla kymmenen kertaa näin nopeaa.

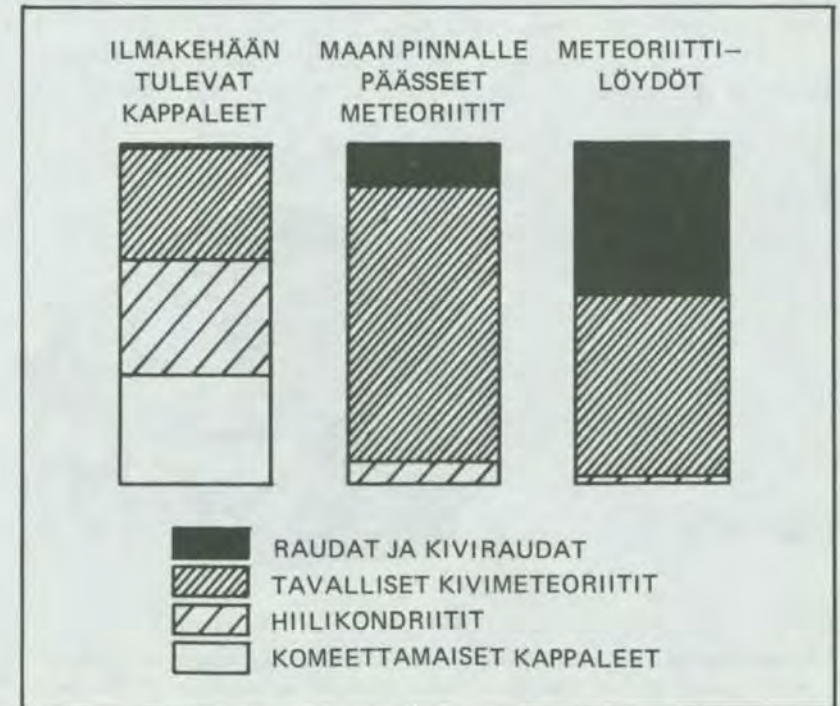
Edellä on puhuttu koko ajan kivimeteoriiteista, jotka muodostavat maahan tulevien meteoriittien valtaosan. Rautameteoriitit ovat kuitenkin paljon kestävämpiä. Radioaktiivinen ajanmääräys on antanut muutamille kuivassa ilmastossa olleille raudoille iäksi satojatuhsia ja jopa miljoonia vuosia. Varsinkin suurimmat rautameteoriitit hapettuvat vain pinnaltaan, mutta säilyvät hyvin pitkiä aikoja sisäosiltaan muuttumattomina.

Oheisessa piirroksessa on esitetty vielä kerran, miten meteoriitin koostumus vaikuttaa sen säilymiseen. Ensimmäisessä piirroksessa on maapalloon osuvien meteoroidien jakautuma. Nähdään, että suurin osa avaruudesta ilmakehään osuvista kappaleista on hyvin heikkoa ainetta, komeettamaista pölyä tai haurasta hiilipitoista kiveä. Komeettamainen aine ja

suurin osa hiilipitoisesta aineesta tuhoutuu täysin jo ilmakehässä. Toisessa pylväässä on annettu maan pinnalle päässeiden meteoriittien jakautuma, joka on saatu todistetuista meteoriittien putouksista. Valtaosa nähdystä putouksista on siis tavallisia kivimeteoriitteja. Kolmannessa pylväässä nähdään sitten maanpinnan olojen vaikutus meteoriittien talteen saamiseen. Meteoriittilöydöistä on rautoja yli puolet. Tämä kuvaa tietysti rautameteoriittien parempaa säilymistä, mutta osittain myös sitä, että raudat on helpompi tunnistaa meteoriiteiksi kuin kivet.

Paljonko Suomen kokoiselta alueelta sitten pitäisi löytyä meteoriitteja? Tai paremminkin täytyy kysyä, paljonko Suomen kokoisella alueella on meteoriitteja; niiden löytyminen ja talteen saaminen on sitten aivan toinen asia.

Vertailukohdaksi voidaan ottaa eräs 75 kilometrin läpimittainen alue Yhdysvalloista, josta järjestelmällisesti etsittiin meteoriitteja. Viiden vuoden aikana tältä alueelta löytyi 99 meteoriitinkappaletta. Ja nämä olivat vain löydetty palaset. Kuinka monta kiveä jäi vielä maan kätköön, sitä



*Ilmakehän ja sään vaikutus avaruudesta tuleviin kappaleisiin. (Kts. tekstiä).*



ei osaa kukaan sanoa.

Tältä perustalta voidaan arvioida, että jos Suomessa olisi kuiva ilmasto, maaperässämme voisi olla miljoonia meteoriitteja. Jos otetaan huomioon maamme kostean ilmaston rapauttava vaikutus ja jääkauden häviötyö, voidaan meteorittien määräksi arvioida ehkä kymmenentuhatta.

Suomen maaperässä on siis kätkössä, löytämättöminä, meteoriitteja ehkä viiden kilometrin välein (paljon tiheämmässä kuin sivulla 68 olevassa kartassa rasteripisteitä).

Useimmat näistä meteoriiteista ovat aivan pinnassa tai korkeintaan metrin syvyydellä. Vain harvat suuret meteoriitit tunkeutuvat tätä syvemmälle Suomen soraiseen maahan.

### Mistä kannattaa etsiä

Vielä puoli vuosisataa sitten meteoriittien talteensaaminen oli kaikilla maapallolla täysin sattuman varassa. Kenellekään ei tullut mieleenkään, että niitä voisi systemaattisesti etsiä.

1920-luvulla amerikkalainen opettaja Harvey Nininger näki loistavan tulipallon ja innostui meteoriiteista. Hän ryhtyi pian täystoimiseksi me-



*Yksi japanilaisten retkikuntien Etelämantereelta 1969–75 löytämistä meteoriiteista. Tämä on tavallinen kivimeteoriitti, jossa erottuu tumma sulamiskuori ja sisäosan jyvämäinen rakenne. Kaikkiaan japanilaiset löysivät Yamato-vuorten juurelta tuhatkunta meteoriitinpalasta, joista suurimmat olivat useiden kilojen painoisia. (Lehtikuva).*

teoriitinsijäksi. Aluksi hän koetti tavoittaa kaikki vastapudonneet meteoriitit, joiden kulku nähtiin taivaalla tulipalloina. Niiden etsintöjen yhteydessä kävi joskus niin, että pudonnutta kiveä haettaessa löytyikin aivan toinen, aikaisemmin pudonnut meteoriitti. Tästä Nininger sai aatteen, että joiltain suotuisilta alueilta kannattaisi ruveta vartavasten etsimään maassa olevia meteoriitteja.

Niningerin työ on kantanut hyvän hedelmän. Puolen vuosisadan aikana hän on apulaisineen kerännyt lähinnä Yhdysvaltain keskiosista useita satoja avaruuden kiviä. Hyvänä esimerkkinä tehokkaasta etsinnästä on ylempänä mainittu 75 kilometrin läpimittaisen alueen haravointi Yhdysvaltain New Mexicon osavaltiossa.

Tällä alueella on parinkymmenen sentin multakerros ja sen alla kova savimaa. Aluetta on aikaisemmin ahkerasti viljelty, mutta 1930-luvulla kuivuuden aikana tuuli puhalsi monin paikoin mullan pois ja paljasti kovan savipinnan. Näin tulivat näkyviin myös mullan seassa olleet kivet. Koska alueella ei juuri muuten kiviä ole, maasta löydetty kivet ovat usein meteoriitteja.

Viiden vuoden aikana Niningerin perustama Amerikan Meteoriittilaboratorio kävi järjestelmällisesti läpi tätä New Mexicon aluetta ja löysi yhtä vaille sata meteoriitinkappaletta, jotka kuuluvat ainakin 57 eri putoukseen. Suurin osa löydöistä oli tavallisia kondriitteja, mutta joukossa oli muutamia harvinaisempiakin meteoriitteja.

Toinen kuiva tasanko, josta meteoriitteja on haettu, on Länsi-Australiassa sijaitseva Nullarborin tasanko. Tämä on asumaton autiomaata, jossa elää vain muutamia kuljeskelevia alkuasukkaita. Tiedemiehet ovat kouluttaneet alkuasukkaat tunnistamaan meteoriitit, ja eräskin moottoripyörällä tasankoa matkaava kaniininmetsästäjä on kymmenen viime vuoden aikana löytänyt yli 20 uutta meteoriittia. Näiden löytöpaikkoja tutkittaessa on vielä poikkeuksetta saatu talteen myös muita, eri putouksiin kuuluvia meteoriitteja.

Varsinainen meteoriittien aarreaitta on kuitenkin löytynyt Etelämantereelta. Mistään muualta ei siellä jään päälle kiviä voi tulla, joten kaikki jäätiköiltä tavatut kivet ovat meteoriitteja. Etelämantereelle putoavat meteoriitit säilyvät vielä usein ehjinä, koska ne putoavat jälle tai sitä peittävään pehmeään lumeen.

Suurin osa kivistä painuu tietysti jään sisään. Koska jää liikkuu, kivet kulkeutuvat jäätiköiden mukana aikojen kuluessa Etelämantereen reunoille.

Useimmat Etelämantereen jäätiköt poikivat veteen, jonne myös meteoriitit joutuvat. Miljoonia avaruuden kiviä lojuu merenpohjalla mantereiden reunojen alla! Joissain paikoissa jäätiköt kuitenkin törmäävät



rannikolla oleviin vuoristoihin ja liukuvat niitä ylöspäin. Myrskyt kuluttavat koko ajan jäätikön etureunaa pois, ja tällöin paljastuu jään pinnalta tummia kivenmurikoita – meteoriitteja.

Vuosina 1969–75 japanilaiset tutkijat etsivät meteoriitteja Yamato-vuorten jäätiköiltä. Ja tulos oli mahtava: saaliiksi on saatu noin tuhat meteoriitinpalasta! Tämä on valtava määrä, kun sitä vertaa koko maapallolta aiemmin löydettyyn noin 2000 meteoriittiin. Vaikka osa Yamato-meteoriitteja onkin siruja yksistä ja samoista putouksista, voi uusien erillisten meteoriittien määrä nousta useilla sadoilla.

Etelämanner-ajatuksen keksijä amerikkalainen Edward Olsen kävi työtovereineen talvella 1976–77 vastakkaisella puolella mannerta kuin japanilaiset, McMurdon salmen rannalla, ja löysi hänkin yksitoista uutta meteoriittia. Näistä yksi on suurimpia kivimeteoriitteja, joita maapallolta on saatu talteen. Se painaa 407 kiloa, ja löydettyäessä se oli kymmeninä ruskeina palasina jään päällä. Uusin retkikunta oli paikalla vuosien 1977 ja –78 vaihteessa, ja sen jäsenet löysivät heti ensimmäisenä etsintäpäivänään 21 meteoriitinpalasta, joista suurin oli 7–8 kg painoinen.

Suomessa ei tietenkään ole vastaavia paikkoja, joista meteoriittien kerääminen kävisi kuin puolukoiden poiminta. Maamme on pääosin metsää, suota ja järveä, jonne meteoriitti yleensä hyvin tehokkaasti häviää.

Enimmän osan suomalaisista meteoriittilöydöistä ovat tehneet pelolla työskennelleet maanviljelijät. Varsinkin kyntöaikaan auran terät kääntävät nurin maan pintakerroksen ja paljastavat siinä mahdollisesti piilevät avaruuden kivet esille. Siksi kaikkien maanviljelijöiden tulisi entistä tarkemmin vilkaista pellostaan nousevia kiviä.

Meteoriitteja tulee usein esiin myös muunlaisissa maansiirtotöissä. Kiviä voi löytyä ojankaivuussa, tienrakennuksessa, talojen perustoja kaivettaessa, viemäritöissä jne. Tällaisissa toiminna mukana olevien täytyisi myös kulkea silmä tarkkana.

Pilkkimiesten on syytä talvella katsoa hyvin pitkään kaikkia jäältä löydettyjä kiviä. Vaikka jotkut epäillyt tapaukset ovat paljastuneet rannalta heitetyiksi kiviksi, voi varsinkin laajemmalla järvenselältä löytyvä kivi hyvinkin olla meteoriitti.

Ainoa alue Suomessa, joka nopeasti ajatellen tuntuisi otolliselta meteoriittien nimenomaiselle metsästämiselle, on Suomen pohjoisin osa, Tunturi-Lappi. Täällä on tuhansia neliökilometrejä lähes peitteetöntä aluetta, johon putoavat meteoriitit eivät maan kovuuden takia useinkaan pääse tunkeutumaan kovin syväälle. Koska kasvillisuus on hyvin vähäistä, pitäisi meteoriittien jäädä lojumaan maan pintaan näkyviin.

Suomen Lapissa on vaikeutena tietysti meteoriittien tunnistaminen. Maassa on lukemattomia sään kuluttamia kiviä, välillä pinta on yh-



*Suomen järvien talviset jäät voivat olla otollisia paikkoja vastapudonneiden meteoriittien löytämiseen, koska jälle ei juuri muuten kivi kulkeudu. Kuvassa näkyy Pieksämäen Peipusjärvestä helmikuussa 1970 löytynyt avanto, jota arveltiin meteoriitin aiheuttamaksi. Pohjasta yritettiin löytää pudonnutta kappaletta, mutta tavattiin vain maanpäällisiä pohjakiviä. Tutkijat totesivat lopuksi, että todennäköisesti kyse oli ns. uveavannosta, itsestään syntyneestä avannosta, joka voi johtua pohjassa olevasta lähteestä tms. (Kuva Pressfoto).*

tenäistä kiviröykkiötä. Sinne suurikin määrä meteoriitteja naamioituu hyvin tehokkaasti.

Tuoreimmat meteoriitit voivat kuitenkin erottua esimerkiksi putoamisesta aiheuttamansa jäljen, silmiinpistävän ulkomuodon tai muun vastaavan seikan takia. Ainakin tämän kirjan kirjoittaja aikoo seuraavan keran Lapissa samoillessaan tarkkailla, paitsi mahtavia maisemia, myös maanpintaa hyvin vainuavalla ilmeellä.

Oman lukunsa muodostavat tietysti ne paikat, joihin meteoriitin on nähty tai arveltu putoavan. Näistä paikoista kannattaa etsintä suorittaa tiheällä kammalla, koska löytämisen todennäköisyys on hyvin suuri. Tällaisia paikkoja ovat mm. tässäkin kirjassa mainittu Vieremän Palosenmäen maasto, jonne meteoriitin jopa kuultiin putoavan, ja Lieksan lähellä oleva Korpilampi. Meteoriitteja voi olla paljon maassa myös Tomionjo-kilaaksossa, koska Ruotsin puolelta on vastaavalta kohdalta löydetty laajan rautameteoriittisateen aiheuttama sirontakenttä.



## Miten tunnet meteoriitin

Miten sitten meteoriitin erottaa tavallisesta maan kivistä? Tunnusmerkkejä on esitelty jo aikaisemmin tässä kirjassa, mutta kootaan ne vielä yhteen etsijöille vihjeeksi.

Meteoriitti on ensinnäkin yleensä painavampi kuin tavallinen kivi. Tämä johtuu kivessä olevasta metallista. Rautameteoriitit, jotka ovat melkein puhdasta rautanikkeliseosta, ovat tietysti helpoimmin tunnistettavissa: ne ovat hyvin painavia rautamöykkyjä. Viime vuosikymmeninä ovat kuitenkin tehtaat ja kotitaloudet syytäneet luontoon sellaisia määriä metallijätteitä, että ensin kannattaa tarkistaa, näkyykö löydetyssä raudankappaleessa ihmiskäden jälkiä. Jos niitä ei löydy ja palanen muutenkin näyttää epäilyttävältä, se kannattaa lähettää tutkittavaksi.

Kivimeteoriittienkin sisältämä rauta riittää nostamaan niiden painon suuremmaksi kuin maanpäällisillä kivillä.

Meteoriittien metallipitoisuuden saa helposti selville pienellä magneetilla, jota rauta vetää puoleensa. Kompassin neulan kiertäminen kiven lähellä on toinen tunnusmerkki. Taskumagneetti tai kompassi kuuluu siis meteoriitinmetsästäjän vakiovarusteisiin.

Tarkemmissa etsinnöissä esimerkiksi suurten meteoriittisateiden taapahtumapaikoilla on käytetty miinaharavia ja muita metallinilmaisimia, jotka löytävät pieniäkin meteoriitinpalasia.

Rautapitoisuuden jälkeen selvimpiä meteoriitin tunnusmerkkejä ovat ilmalennon aiheuttamat jäljet. Kun hehkuvan kuuma, valtavaan paineeseen tiivistynyt ilmamassa nuolee parin sekunnin ajan meteoriitin pintaa tulisella kielellään, se jättää selvät merkit.

Kiveen muodostuu sulamiskuori, joka on vajaan puolen millimetrin paksuinen tumma kerros, joka kauttaaltaan peittää ehjän meteoriitin pinnan. Jos kivi on lennon loppuvaiheissa hajonnut, rikkoutuneilla pinnoilla kuori on vähemmän selvä tai puuttuu kokonaan.

Kuori on tuoreena melkein musta, kivimeteoriiteilla usein ruskehtava tai jopa punertava. Rautameteoriiteilla on yleensä ohuempi kuori, joka voi vivahtaa siniseen.

Kivien kuori on yleensä himmeä, mutta joillain akondriiteilla (jyviä sisältämättömillä kivillä) se voi olla lakankiiltävä.

Iän mukana kuori muuttuu harmaaksi ja ruskeaksi, ja kauan maassa olleen kivimeteoriitin kuori muistuttaa ruislimpun pintaa. Joskus kiven pehmeämpi sisus rapautuu ensin pois, jolloin jäljellä voi olla vain kovempi kuori joko osittain ehjänä tai pieninä palasina.

Nopea syöksy ilmakehän läpi synnyttää meteoriittien usein myös sulamiskuoppia, ns. regmaglyptejä. Ne muistuttavat pehmeään saveen tehtyjä sormenpainalluksia, ja niiden koko vaihtelee muutamasta millimetristä useisiin sentteihin.

Sulamiskuoppien sijasta pinta voi joskus olla yhtenäistä aaltoilevaa kuviota. Toisilla meteoriiteilla taas pinta on aivan sileä ilman mitään painanteita.

Ilmakehä syö alassyöksyssä tavallisesti pois paljon yli puolet meteoriitin alkuperäisestä massasta. Jäljelle jää reunoiltaan pyörästynyt kappale. Jos kivi hajoaa lennon loppuvaiheissa, halkeamapinnat erottuvat rosoisina ja särmikkäinä.

Selvimmän tunnistettava muoto on suuntautuneilla meteoriiteilla, jotka ovat löydettyinä tavallisesti kartiomaisia. Ne ovat syöksyneet kärki edellä läpi ilmakehän, ja niiden kyljissä on joskus jähmettyneenä sulanutta kiveä pisaroina tai virtauskuviaina.

Kivimeteoriittien sisus on useimmiten vaaleampaa ainetta kuin kuori. Selvimpiä meteoriittiaineksen tunnusmerkkejä ovat pienet jyvät, kondrit. Ne koostuvat eri mineraaleista ja niiden koko vaihtelee mikroskooppisista hituksista herneenkokoisiin. Tyypillinen koko on ehkä millimetrin luokkaa ja muoto pyöreä tai pitkulainen.

Kivimeteoriiteissa on usein myös ohuita tummia suonina, jotka risteilevät kuin ohuet langat kiven murtuneilla pinnoilla.

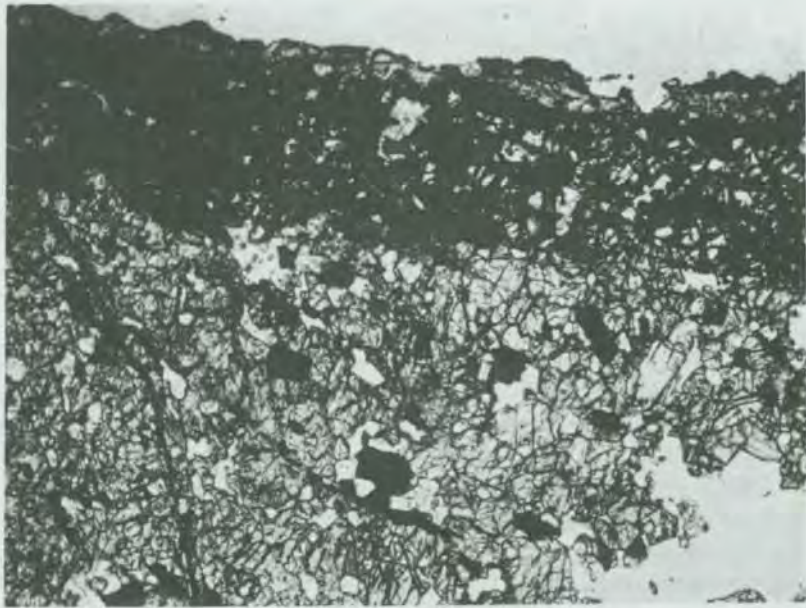
Kivimeteoriitissa oleva metallinen rauta ei ole jakautuneena tasaisesti kiviaineeseen, vaan se on selvinä erillisinä metallijyväsina tai hitusina. Nämä jyvät näkyvät selvimmän kiiltäväksi hiotulla pinnalla, ja ne ovat pehmeämpää ainetta kuin ympäröivä kivi.

Ilmakehän jättämät jäljet meteoriiteista katoavat melko pian, kun kivi rupeaa rapautumaan. Raudat ovat tavallisesti löydettyinä ruostekerroksen peitossa. Samoin kivimeteoriiteissa on ruostetta, koska niissäkin on runsaasti rautaa.

Tässä olivat selvimmät meteoriittien tunnusmerkit, jotka ovat maallikollekin havaittavissa. Kaikilla meteoriiteilla ei ole tietenkään kaikkia yllämainittuja ominaisuuksia. Joltain puuttuu kuori, joltain magneettisuus, joltain kivimeteoriitilta kondrit. Kuitenkin jokaisella avaruuden kivellä on joitain selviä ominaisuuksia, joiden perusteella vastapudonnut meteoriitti pystytään aina erottamaan maanpäällisistä kivistä.

Pitkään maassa ollut kivi on jo vaikeammin tunnistettavissa. Meteoriittiluonteen varmistamiseksi joudutaan usein kiveä tutkimaan mikroskoopilla tai tekemään kemiallinen analyysi. Tottunut mineraalientutkija näkee mikroskoopilla heti kiven meteoriitiksi. Samoin meteoriitin kemiallinen koostumus poikkeaa maan kivistä. Tavallisin testi on mitata





Ohueksi hiottu kappale Mikkelin meteoriittia. Kuva on suurennettu noin 35-kertaiseksi, joten kuva-alueen leveys on noin 3 mm. Ylhäällä näkyy tummaa sulamiskuorta. Kiven sisäosassa näkyy eri mineraaleista muodostuneita tummia ja vaaleita jyvii sekä tummia suonia. (Kuva L.H.Borgström).

raudan nikkelpitoisuus: kaikessa meteoriittiraudassa on vähintään 4 % nikkeliä, kun taas maanpäällinen rauta sisältää sitä korkeintaan 2–3 %.

Laboratoriokokeet pystyvät aina erottamaan meteoriitin tavallisesta kivistä, vaikka se olisi kuinka rapautunut.

Mitkä ovat sitten todelliset mahdollisuudet jonkun innokkaan suomalaisen meteoriitinmetsästäjän saada täysosuma? Tässä on varoituksen sana paikallaan. Älkää olko liian toiveikkaita. Tuhat ensimmäistä epäilyttävää kiveä ovat melko varmasti maanpäällistä alkuperää. Mutta tietysti se tuhannes ja ensimmäinen kivi voi sitten osoittautuakin jo meteoriitiksi.

Suomenkin maaperästä on löydetty paljon meteoriiteiksi sanottuja kiviä, joiden alkuperä on kuitenkin paljon lähempänä. Samoin välillä kerrotaan meteoriitin putoamisesta, mutta paikalta ei kuitenkaan löydetä meteoriitinkappaleita. Esimerkkinä tällaisesta on lokakuussa 1972 sattunut tapaus, josta kerrottiin Tähtiaika (nyk. Tähdet ja Avaruus)-lehdessä 3/1974.

Lopen pitäjän Läyliäisten kylässä löysi erään talon poika aamulla,

### Mitä teet jos löydät meteoriitin

Jos löydät maasta epäilyttävän kiven, katso ensin onko sillä seuraavia ominaisuuksia.

1. Onko kivi painavampi kuin muut samankokoiset kivet?
2. Onko kivessä metallista rautaa? Tämän saat selville pienellä magneetilla. Kauan maassa olleissa kivissä rauta näkyy ruskeana ruosteena.
3. Onko kivessä jälkiä nopeasta lennosta ilmakehän läpi: sulamiskuorta tai sellaisen jäännöksiä, sulamiskuoppia, virtausjälkiä? Onko kiven muoto pyöristynyt?
4. Onko paikalla merkkiä siitä, että kivi olisi pudonnut taivaalta: kuoppaa, rikkoutunutta kasvillisuutta tai puita?
5. Onko kivi koostumukseltaan rakeinen? Näkyykö siinä pieniä, muusta rakenteesta poikkeavia jyvii tai tummia suonia?
6. Onko kivessä metallihitussia? Tämän saat helpoiten selville hiomalla pienen alueen kiveä sileäksi vaikkapa hiontapaperilla. Metallijyvät näkyvät kiiltävinä pisteinä, joihin esim. neulan kärki jättää selvän jäljen.

Mitä useampiin ylläolevista kysymyksistä vastaat myöntävästi, sitä todennäköisemmin löytämäsi kivi on peräisin avaruudesta. Ja vaikka se ei sitten osoittautuisikaan meteoriitiksi, sillä voi olla arvoa malminetsinnän kannalta.

Jos kivi on suuri, hakkaa siitä irti parin sentin mittainen palanen. Pienet kivet voit lähettää kokonaisena. Pakkaa kivi huolellisesti ja toimita malminkeräystä harjoittavan yhtiön (esim. Rautaruukki, Outokumpu, Otanmäki) lähimpään konttoriin tai Geologiselle tutkimuslaitokselle (os. Kivimiehentie 1, 02150 Espoo 15). Mukaan voit laittaa lapun, jossa sanot epäileväsi kiveä meteoriitiksi.

Kivi tutkitaan ja sinulle toimitetaan myöhemmin tieto, mitä tutkimukset ovat osoittaneet. Jos kivesi on todella uusi meteoriitti, olet parisataa markkaa rikkaampi ja saat nimesi Suomen meteoriittitutkimuksen historiaan.

pellon reunasta kuopan, jonka vierellä oli savuavaa turvetta. Kylän asukkaat kaivoivat paikan kauttaaltaan ylös löytääkseen kaikki mahdolliset kivet.

Kuopasta löydettyjä kiviä lähetettiin tutkittavaksi mm. Geologiselle





*Putosiko tähän meteoriitti vai ei? Lopen pitäjän Läyliäisten kylässä löydettiin lokakuussa 1972 pellon reunasta kuoppa, jota arveltiin meteoriitin aiheuttamaksi. Tutkitavaksi lähetetyt kivet olivat kuitenkin kaikki maanpäällistä alkuperää. (Kuva Kari Helander).*

tuutkimuslaitokselle, mutta täällä ne todettiin maanpäällisiksi kiviksi. Myöhemminkään tutkituista Läyliäisten kivistä ei ole löydetty avaruudesta kotoisin olevia kappaleita. Ovatko meteoriitinpalat edelleen kuopassa tai kylän asukkaiden hallussa vai onko kyseessä ollut inhimillinen erehdys? Asia sietäisi tutkia tarkemmin.

Pienenpienistä mahdollisuuksista huolimatta meteoriitinmetsästys voi olla kiintoisaa puuhaa. Vaikka se on neulan etsimistä heinäsuovasta, siinä on kuitenkin poikaiän aarteenetsinnän mehevä maku. Ja joskushan Suo-

mestakin joku meteoriitin aina löytää!

Tunnustukseksi meteoriittien löytäjille Geologinen tutkimuslaitos antaa palkinnon, jonka suuruus voi olla useita satoja markkoja. Esimerkiksi Sallan meteoriitin löytäjälle maksettiin 60-luvun alussa 250 mk. Bjurbölen talonisännät saivat tuntuva summan, jonka he sitten lahjoittivat kylän kansakoululle. Mikkelin meteoriitin löytäjä pyysi sen sijaan palkkioksi jotain taivaallista, ja hänelle Geologisen tutkimuslaitoksen silloinen johtaja, vanha prof. Sederholm, lahjoitti perheeraamatun.





## 6. MITÄ AVARUUDEN KIVET KERTOVAT

Meteoriittien tutkimisella on keskeinen osa aurinkokuntamme syntyvaiheiden selvittämisessä. Maapallolle on pudonnut sellaisia meteoriitteja, jotka ovat ilmeisesti muuttumattomina säilyneet planeettojen syntyajoilta, jolloin aurinkokunta oli vasta tiivistymässä suuresta sumu- ja pölypilvestä. Muualla, planeetoissa ja kuussa, aine on erilaisten voimien vaikutuksesta kokenut suuriakin muutoksia. Siksi juuri meteoriitit voivat selkeimmin kertoa aurinkokuntamme alkuajoista.

Mitä meteoriitit sitten kertovat? Miten syntyi aurinkokunta, miten syntyivät itse meteoriitit? Näitä ja monia muita asioita kysyimme tunnelta suomalaiselta meteoriittitutkijalta, Geologisen tutkimuslaitoksen Kemian osaston johtajalta, professori H. Birger Wiikiltä.

### Suomalaista meteoriittitutkimusta

– *Tässä kirjassa on sinun lisäksi mainittu jo pari muuta suomalaista meteoriittitutkijaa. Voitko kertoa vähän tarkemmin heistä ja omista vaiheistasi meteoriittitutkijana.*

– Suomessahan on aina ollut yksi tai kaksi meteoriittitutkijaa. 1800-luvulla oli Arppe, joka tutki Luotolahden meteoriittia. Mutta hänen tutkimuksensa jäivät siihen, koska 1800-luvulla ei ollut muita meteoriitteja (paitsi sitten Bjurböle).

Luotolaxhan joutui yliopiston kokoelmiin kenraalikuvernöörin kokoelmista. Vanha kreivi Fabian Steinheil oli kiinnostunut meteoriiteista ja hän lahjoitti koko kokoelmansa ja siinä oli Luotolax mukana. Arppe sen analysoi. Siitähän mainitaan jo tässä kirjassa.

Sitten putosi Bjurböle – onneksi! Tämä tapahtui 1899, ja Wilhelm Ramsay, joka silloin oli geologian professori, otti sen tutkittavaksi. Hänen oppilaansa oli Leonard Borgström, nuori maisteri, joka oli syntynyt 1870-

*Suomeen pudonneita meteoriitteja on näytteillä Helsingin yliopiston kivimuseossa (Snellmanink. 5, Suurkirjon vieressä). Akseli Gallen-Kallelan piirtämässä kauniissa vitriinissä ovat maamme meteoriitit Turun ja Haverön kiviä lukuunottamatta. (Kuva Kari Kaila).*





*Suomalainen meteoriittitutkija, prof. L.H.Borgström (kuvassa oikealla), metsästä-  
mässä meteoriitteja Kanadassa vuosisadan alussa.*

luvulla. Borgströmin lanko taas oli Walter Wahl, joka joutui Åbo Akademin kemian professoriksi ja myöhemmin Helsinkiin professoriksi. Nämä langokset, Borgström ja Wahl, olivat innostuneita meteoriittutkijoita. Vaikka he olivat suunnilleen samanikäisiä, he julkaisivat tutkimuksensa hyvin eri aikaan: Borgström vuosisadan alussa ja Wahl sen puolivälissä.

Borgström oli kiinnostunut meteoriitteihin liittyvistä ilmiöistä ja niiden mineralogiasta. Hänhän tuli myöhemmin Helsingin yliopiston mineralogian professoriksi. Tärkeimpiä piirteitä hänessä oli, että hän rupesi vaihtamaan ulkomaisten museoiden kanssa meteoriitteja. Bjurbölehän joutui Yliopistoon, koska se ei mahtunut Geologiselle tutkimuslaitokselle, johon se oikeastaan kuului. Borgström sai luvan ruveta vaihtamaan sen kappaleita ulkomaisten museoiden kanssa. Sillä tavalla hän kokosi aikamoisen kokoelman meteoriitteja. Tällä hetkellä Yliopistossa on noin 450 eri meteoriitin kappaletta – se on paljon enemmän kuin muiden pohjoismaiden muse-



*Professori Walter Wahl kuvattuna 1956. (Lehtikuva).*

oissa.

Borgström oli hyvin energinen ja hän käytti myös omaisuuttaan tähän työhön. Hän oli aika varakas mies niin kuin Wahlkin oli, ja molemmat uhrasivat paljon omia rahojaan tähän harrastukseensa. Ja molemmat lahjoittivat myöskin yksityiset kokoelmansa Helsingin yliopistoon.

Sitten 20-luvulla Borgström vähän väsyi. Minä muistan kun hän sanoi minulle kerran 30-luvulla, että ei niitä kannata analysoida, ne ovat kaikki samanlaisia. Hän tarkoitti kondriitteja. Hänellä oli se käsitys, että yleisimmät kivimeteoriitit, kondriitit, ovat samanlaisia. Hän oli siinä väärässä, mutta hän kuoli siinä uskossa.

Hänen lankonsa Wahl oli kiinni kemian opetuksessa, mutta sitten pääsi eläkkeelle 1940-luvun puolivälissä. Hän myöskin eli siinä uskossa, että kivimeteoriitit ovat samanlaisia. Kun hän pääsi eläkkeelle, hän sai aikaa ruveta taas meteoriittitutkimukseen, jota hän ei ollut harjoittanut 20- ja 30-luvulla ollenkaan.



Hän tarttui siis nuoruutensa rakkauteen meteoriittitutkimukseen, ja häntä rupesi ensiksi harmittamaan, että kondriiteista oli julkaistu niin paljon erilaisia koostumuksia. Hän otti yhteyden minuun, se oli vuonna 1948, ja pyysi, että minä rupeaisin analysoimaan kivimeteoriitteja, että saataisiin pois nämä erilaisuudet. Hän oli sitä mieltä, että ne johtuivat vääristä analyyseistä.

No minä ryhdyin työhön innolla ja esitin sitten tulokset Wahlille. Hän minua torui, kun nämä erilaisuudet jäivät: kivet olivat jonkin verran erilaisia. Hän murisi ja murisi. Lontoon kongressissa 1948 hän esitti, että muutkin ryhtyisivät tutkimaan kiviä että saataisiin järjestykseen varsinkin nämä analyysit. Ja muutkin ryhtyivät analysoimaan meteoriitteja Wahlin kehoituksesta, varsinkin amerikkalaiset Chicagon yliopistossa.

Vuonna 1953 Urey ja Craig julkaisivat sitten hyvin tärkeän kirjoituksen, jossa kondriitit jaetaan kemiallisesti kahteen, H- ja L-ryhmään. H merkitsee High iron (paljon rautaa) ja L Low iron (vähän rautaa). Samaan tulokseen minäkin olin päässyt.

Nämä H- ja L-ryhmät ovat todellisuutta. Kondriitit ovat erilaisia. Paitsi näitä suuria ryhmiä on joitain pienempiäkin ryhmiä. Kannatti siis ryhtyä uudelleen analysoimaan meteoriitteja.

Wahl kirjoitti tästä ja tyytyi sitten todellisuuteen. Mutta hän myöskin ryhtyi tutkimaan kondriittien rakennetta ja huomasi siinä breksioitumisilmiöitä, siis että on erilaisia kiviaineita samassa kivessä – tuollaisia läikkiä. On siis meteoriitteja, jotka ovat koostuneet eri luokkien osista, seoskiviä. Hän kirjoitti siitä suuren julkaisun. Hän myöskin oli mukana perustamassa sitten *Geochimica et Cosmochimica Acta*-lehteä, jossa meteoriittijulkaisuja julkaistaan. Tämä on paisunut suureksi lehdeksi ja on tärkeimpiä meteoriittilehtiä.

Wahl ehti elää vielä kun Sputnikit ja kuulennot tapahtuivat. Hän seurasi kiinteästi vielä ensimmäistä Apollo-lentoa Kuuhun 1969. Kun ensimmäiset kemialliset tulokset tulivat, hän soitti aina minulle ja kysyi kaikenlaista. Hän jopa ehti olla mukana siinä näyttelyssä, jossa Helsingissä oli esillä muutama kuunäyte. Se oli syksyllä 1969. Mutta vuonna 1970 keuhkolla hän kuoli 92-vuotiaana.

Hän torui minua viimeiseen saakka mutta minä aina hyödyin hänen kovasta kritiikistään. Hänen ansiostaan minä myöskin jouduin Amerikkaan ensimmäiselle matkalle, joka oli hyvin tärkeä alku.

Minun oma innostukseni meteoriitteihin johtui siitä, että minä olen kivikemisti ja löysin näistä meteoriiteista otollisia näytteitä tähän harrastukseeni. Professori Walter Wahl siis minut veti tähän mukaan vuonna 1948. Ja muut innostuttivat minut siihen eri paikoissa.

Tietysti ei voida odottaa, että Suomessa olisi paljon meteoriittitutki-



*Professori Birger Wiik Helsingin yliopiston kivimuseossa tammikuussa 1978.  
(Kuva Kari Kaila).*



joita. Sehän on hyvin kapea ala, siitä ei elä. Mutta sivuaineena jollekulle kemistille, astronomille, mineralogille, se voisi olla tehtävä. Toivottavasti Suomessa aina on joku meteoriiteista innostunut tutkija.

Suomesta on suuria mahdollisuuksia löytää lisää meteoriitteja. Kuten tässä kirjassa aikaisemmin sanotaan, varsinkin Lapista, jossa ne voivat olla ihankin pinnassa.

– *Missä Suomeen saatuja meteoriitteja säilytetään?*

– Suomen meteoriitit on koetettu saada yhteen paikkaan, Helsingin yliopiston kivimuseoon. Siellä ne ovat yhdessä kauniissa lasikaapissa, on niitä vähän laatikoissakin. On toivottavaa, että kaikki Suomen meteoriitit sinne joutuvat. Sehän on yhdentekevää kuka ne löytää ja kuka ne tutkii ja mihin laitokseen ne oikeastaan kuuluvat. Pääasia on, että ne ovat yhdessä paikassa. Nehän ovat koko Suomen kansan omaisuutta.

Tällä hetkellä on niin, että pari kappaletta on muualla. Haverö on Turussa ja se kummallinen Turun meteoriitti on Pariisissa, mutta kaikki muut ovat Helsingissä.

Koko ajan on myös saatu lisää meteoriitteja ulkomailla vaihtamalla. Olen vaihtanut uusia kappaleita suomalaisia meteoriitteja vastaan. Salla on ollut siinä hyvänä aineena. Sehän on hyvin kaunis, kun se leikataan siivuiksi ja sitten hiotaan. Viimeksi Kööpenhaminassa käydessäni sain taas yhden grönlantilaisen meteoriitin.

## Meteoriittien rakenne ja kemia

– *Oheisessa taulukossa on suomalaisten meteoriittien kemiallinen koostumus, joka on saatu selville valtaosin sinun omilla tutkimuksillasi. Sinä olet tutkinut myös kuukiviä. Mitä nämä tutkimukset ovat tuoneet esille?*

– On niin onnellista, että meillä Suomessa on sekä kondriitteja että vähän harvinaisempia luokkia edustettuina. Nämä kemialliset analyysit käsittelevät eri luokkia. Luotolahtihan oli kummallinen, howardiitti. Siinä oli hyvin vähän nikkeliä ja äkkinäinen ihminen voisi sanoa, että sehän on tavallista basalttia. Mutta onhan siinä eroavuuksia, varsinkin hivenaineissa, joita ei viime vuosisadalla osattu vielä analysoida ollenkaan. Hivenaineet tarkoittavat siis harvinaisempia alkuaineita.

Sitten ne kondriitit. Niiden koostumus on kertakaikkiaan erilainen kuin maallisten kivien. Se on kumma, että maapallolta ei ole löytynyt yhtään kivilajia, joka olisi verrattavissa meteoriitteihin. Meteoriittien kaikki luokat ovat erilaisia kuin kaikki maalliset luokat. Meillä on siis karkeasti sanottuna kaksi eri kivilajia: maalliset kivet ja meteoriitit. Ja

**Taulukko 6.1.** Suomalaisten meteoriittien kemiallinen koostumus. Arvot on pyöristetty lähimpään 0,1 prosenttiin, Marjalahten ja Mikkelin meteoriitit ovat L.H.Borgströmin analyysoimia ja Orimattilan meteoriitti C.Ahl-svedin analyysoima, kaikki loput ovat B.Wiikin tutkimia.

	Luotolax howardiitti	Bjurböle oliivinihypersteenikondr.	Hvittis enstaatiittikondr.	Marjalahti pallasitti	St. Michel oliivinihypersteenikondr.	Varpaisjärvi oliivinihypersteenikondr.	Metsäkylä Oliivinihypersteenikondr.	Valkeala amfoteriitti	Salla amfoteriitti	Haverö ureiitti	Orimattila oliivinihypersteenikondr.
Rauta Fe	13,2	20,1	22,6	75,7	22,2	21,9	23,9	21,2	21,6	14,9	28,3
Pii Si	23,5	–	19,8	3,8	18,4	18,3	16,2	18,1	18,1	18,8	16,6
Magnesium Mg	9,0	–	14,7	5,7	14,8	14,4	13,9	14,8	14,7	23,5	12,8
Kalsium Ca	4,9	–	1,0	–	1,2	1,3	1,2	1,6	1,2	0,1	1,2
Alumiini Al	4,8	–	–	–	1,8	2,3	1,0	1,1	0,6	0,1	1,1
Natrium Na	0,3	–	–	0,0	1,0	0,6	0,5	0,7	–	0,0	0,5
Kalium K	–	–	–	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1
Rikki S	0,4	–	3,6	–	2,2	2,5	2,0	2,3	2,2	0,2	2,1
Nikkeli Ni	0,0	1,1	–	5,7	1,2	1,1	1,6	1,0	1,1	0,1	1,6
Koboltti Co	–	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
Titaani Ti	0,4	–	–	–	0,0	0,1	0,1	0,1	–	0,0	0,1
Mangaani Mn	0,4	–	0,2	–	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Kromi Cr	0,6	0,3	0,3	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
Fosfori P	0,0	–	–	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,1
Hiili C	–	–	0,4	–	–	–	–	–	0,1	1,8	–
Vety H	–	–	–	–	–	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	–
Happi O	42,4	–	–	8,6	36,3	36,4	38,5	38,0	39,1	39,5	34,7

nyt tulivat vielä kuukivet. Mehän olimme aika varmoja siitä, että kuukivet olisivat jonkin meteoriittiluokan näköisiä. Mutta eivät olleet. Kuukivet olivat taas oma luokkansa. Meillä on nyt siis kolme luokkaa. Niin kuin minä sanoin, Kuu on kolmas maailma.

Minä toivoin, että Kuun pinnasta olisi löytynyt edes jokin meteoriitti, mutta ei. Kaikki oli uutta ja ihmeellistä.

Voi ehkä kysyä, että miksi Kuu on niin erilainen. Aurinkokunnassamme on eri planeettoja ja ne ovat ilmeisesti kaikki koostumukseltaan





*Marsin suurempi kuu Phobos. Se muistuttaa ominaisuuksiltaan tavallisia pikkuplaneettoja eli asteroideja. Monien meteoriittien arvellaan olevan peräisin tämänkaltaisten pikkuplaneettojen hajoamisesta.*

vähän erilaisia. Meteoriitit ehkä edustavat jotain särkynyttä planeettaa. Tai ehkä ne edustavat asteroidivyöhykettä. Kuu on sitten taas toinen planeetta. Näyttää siltä, että Mars on taas vähän erilainen, sen verran kuin tiedämme Marsista kemiallisesti, ja samoin Venus.

Merkurius voi olla samanlainen kuin Kuu, mutta sitä ei nyt varmuudella tiedetä.

Että olihan se kemian kannalta tärkeää, että menttiin Kuuhun.

– *Joskus on tehty sensaatiojuttuja meteoriiteista löydettyistä timanteista tai orgaanisista aineista. Mitä merkitystä niillä on todellisuudessa?*

– Aina kysytään, että löytyikö Kuusta jotakin arvokasta, onko meteoriiteissa jotakin rahallisesti arvokasta. Ei niissä juuri ole. Tietysti jos puutoaisi jokin jäätäläismeteoriitti, muutama tuhat tonnia, jossa olisi yhdeksän prosenttia nikkeliä, kyllä se nikkeli olisi arvokasta. Mutta niitä on hyvin hyvin harvaan.

Kuukivistä löytyi kyllä timantteja ja yhdestä meteoriittiluokasta nimeltään ureiliitit löytyi vähän timantteja, mutta ne ovat hyvin pieniä, aivan mikroskooppisia, ilman merkitystä. Teoreettinen merkitys on suurempi ja näistä teoreettisista tiedoista tulee sitten vähitellen käytännön tietoja niin kuin aina perustutkimuksessa. Ei voi sanoa, mikä on arvokasta, mikä ei. Tutkitaan vaan, kyllä se kannattaa.

Orgaanisista aineista meteoriiteissa ja kuukivissä puhuttiin myös paljon alussa kun niitä löydettiin. Tarkoittaako niiden löytyminen sitä, että Kuussa tai meteoriiteissa olisi elämää?

Täytyy muistaa, että orgaanisia yhdisteitä, siis hiiliyhdisteitä, syntyy myös aivan epäorgaanista tietä, ilman mitään elämää. Voimme valmistaa kaikenlaisia orgaanisia aineita ilman elämän mukanaoloa, sanokaamme vaikka virtsa-ainetta, joka oli ensimmäinen tällainen synteettinen orgaaninen aine. Ja jopa puriinijohdannaisia, vitamiineja ja niin edelleen, ei se mahdotonta ole. Kyllä niitä voi tehdä.

Ulkona avaruudessakin niitä voi syntyä ilman orgaanista elämää. Nyt kun olemme löytäneet orgaanisten, siis hiiliyhdisteiden, hiveniä Kuusta ja meteoriiteista, ei se siis merkitse, että niissä olisi ollut mitään elämää. Eikä se merkitse, että niistä voisi syntyä elämää. Paitsi että orgaanisia aineita on olemassa, siihen tarvitaan myöskin elämän kipinä ennen kuin syntyy elämää.

## Aurinkokunnan ja meteoriittien synty

– *Miten aurinkokunta ja meteoriitit ovat syntyneet?*

– Aurinkokunnan syntymisestä minulla ei ole varsinaista omaa käsitystä paitsi se mitä olen lukenut. Minulla on sama käsitys kuin tähtitieteilijöillä: se on syntynyt pölypilvestä. Pilvi ei ole välttämättä ollut kuuma. Päinvastoin. Se on ollut kylmä pölypilvi, josta sitten on muodostunut suurempia palloja. Ja niissä on sitten voinut syntyä kuumuutta radioaktiivisten hajoamisilmioiden kautta. Esimerkiksi Maa, ei ole varmaa, että se on ollut kuuma heti alussa. Se koostui ensiksi kylmistä osista ja sitten se kuumeni. Radioaktiiviset aineet hajosivat siellä sisällä ja lämpö ei päässyt sieltä pois, paitsi osittain. Sen vuoksi se on kuuma sisältä.

Kaikki kuuluvat yhteen, planeetat, komeetat, kuut, meteoriitit. Ne



yleensä kiertävät Aurinkoa samaan suuntaan ja melkein samassa ta-  
sossa. Ei ole vielä löydetty yhtään rataa aurinkokunnasta joka olisi hyper-  
bolinen, menisi ulos aurinkokunnasta. Kyllä ne kaikki kuuluvat aurinko-  
kuntaamme. Ja ne kaikki myös syntyivät yhtä aikaa samassa pamauk-  
sessa, tai luomisessa kuten minulla on tapana sanoa.

Meteoriitit syntyivät muiden kappaleiden joukossa. Kun on suuria  
planeettoja, on myöskin pieniä. Miksi meteoriitit olisivat luonteeltaan  
erilaisia kuin planeetatkaan. Tietysti törmäyksiä on sattunut aurinko-  
kunnassamme ja siitä on tullut sirpaleita. Mutta monet meteoriitit ovat  
varmasti olleet erillisiä ja itsenäisiä heti alusta alkaen. Minä en voi ymmär-  
tää, että esimerkiksi Orgueil tai Allende olisi pysynyt näin näitisti koossa  
törmäyksessä. Niissä on niin paljon vettä ja hauraita mineraaleja. Jos  
nämä meteoriitit olisivat olleet mukana yhteentörmäyksissä, kyllä ne oli-  
sivat kuumentuneet ja vesi olisi lähtenyt ulos. Kaikki hilat niissä mine-  
raaleissa ovat niin alkuperäisen näköisiä, että kyllä nämä meteoriitit  
syntyivät kylmästä pilvestä ja siitä lähtien ovat olleet samanlaisia.

On tietysti myös paljon meteoriitteja, joissa näkyy tällaisten ka-  
tastrofien, törmäysten, merkkejä.

On siis pieniä ja suuria taivaankappaleita. On luultavaa, että maan  
pinnalle asti selvinneet kivi- ja rautameteoriitit ovat peräisin asteroidi-  
vyöhykkeestä. Kun pikkukappaleet tulevat lähelle toisiaan tai lähelle suu-  
ria planeettoja, jokin rata voi niin paljon häiriintyä, että meteoriitti  
lähtee ulos asteroidivyöhykkeeltä, joutuu Maan rataa leikkaavalla ra-  
dalle.

Mutta varmaa on, että meteoriitit vähenevät koko ajan. Avaruus  
puhdistuu pienistä lastuista. Suuret kappaleet tulevat suuremmiksi ja  
pienet tulevat pienemmiksi tai katoavat kokonaan. Melko varmasti Maan-  
kin ympärillä on ollut ennen vanhaan lisää pieniä kuita. Ne ovat pudonneet  
Maahan tai Kuuhun.

Nyt kun on käyty Kuussa ja tutkittu kraattereita ja saatu selville  
niiden ikä, on saatu selville myös aurinkokunnan alkuaikojen historia.  
Se oli hurjaa pommitusta. Alussa Kuussa syntyi kraattereita hyvin pal-  
jon, mutta sitten pommitus väheni ja väheni ja nyt on ollut sellainen ai-  
kakausi, että miljardiin vuoteen ei ole tapahtunut juuri mitään. Vain muu-  
tamia uusia kraattereita, esim. Tycho, on syntynyt. Mahdollisuus, että  
meteoriitti putoaa meidän päähämme vähenee ja vähenee.

### Merkillisiä säännönmukaisuuksia

— *Sinä olet viime vuosien tutkimuksissasi löytänyt merkillisiä säännön-*

*mukaisuuksia meteoriiteista ja kuukivistä tavatuista alkuaineista ja niiden  
isotoopeista. Kertoisitko tästä vähän tarkemmin.*

— Mikä minua on kiinnostanut jo monia kymmeniä vuosia, on differen-  
tiaatioaste. Kuinka paljon maailma todellakin on differentioitunut, lajit-  
tunut, toisin sanoen kuinka tarkkaan keveimmät aineet ovat taivaan-  
kappaleissa nousseet pintaan ja raskaimmat painuneet keskustaan. Kuinka  
paljon Maa on lajittunut, kuinka paljon Kuu. Onko kerma noussut pinnalle  
tässä Maassa vai onko sen aines kauttaaltaan samanlaista.

Meteoriiteista saa sen käsityksen, että differentiaatioteoria on liioi-  
teltu. Taivaankappaleet eivät ole niin paljon lajittuneita. Tietysti Maan  
ulkokuoressa on yhtä ja toista tapahtunut, täällähän on ilmaa ja täällä  
on vettä. Tietysti hiekka on mennyt yhteen paikkaan ja vesi toiseen, se  
on lajittumista.

Mutta meteoriitit ovat nyt niin kuin ne olivat alussa. Minulla on sii-  
hen vähän kemiallisia todisteita, että lajittuminen on ollut heikkoa. Kuu  
oli hyvä todistuskappale tähän.

Näitä kemiallisia todistuksia on kuitenkin vaikea selittää lyhyesti.  
Minä olen pikkuisen julkaissut niitä, mutta en tarpeeksi vielä. Syy on se,  
että kaikkea ei ole ihan vielä laskettu valmiiksi. Esimerkiksi Apollo-len-  
tojen tuloksissa on vielä paljon laskemista. Analyysit rupeavat olemaan  
valmiita, mutta johtopäätösten teko ei vielä.

Jos joku tahtoo tutustua näihin ajatuksiini, olkaa hyvä ja lukekaa  
pieni populaariartikkeli Ursan Tähti-aika-lehden numerosta 1/1975.  
Samat ideat on esitetty pikku artikkeleissa myös ruotsiksi ja englanniksi.  
Ne pitäisi kuitenkin kirjoittaa nätimmäksi, pitemmäksi. Ihmiset sano-  
vat, että se on liian tiivistä tekstiä.

Koetan saada niistä nyt yhteenvedon, niin kuin Wahl, kun pääsen  
eläkkeelle. Pääsen kellariin kirjoittamaan. Tällä idealla voi nimittäin olla  
myöskin hyödyllisiä näkökulmia malmigeologiaan. Mutta se on myöhempi  
juttu.





## 7. JÄTTILÄISMETEORIITIT

Kirjassamme on tähän asti puhuttu vain pienistä meteoriiteista, muutamien kilojen tai korkeintaan tonnin painoisista. Avaruudessa on kuitenkin kiertämässä suurempiakin kappaleita, joita silloin tällöin osuu myös maapalloon. Ne aiheuttavat tällöin luonnonilmiöitä, joiden mittasuhteet ovat monin verroin suuremmat kuin tavallisten meteoriittien putoukset.

Tässä luvussa kerromme kahdesta suurimmasta meteoriitista, joiden putoamista ihmissilmä on todistanut: Tunguskan salaperäisestä räjähdyksestä ja Sihote-Alinin rautasateesta. Seuraavassa luvussa kuvaillaan vieläkin mahtavampia iskuja, joiden jäljet ovat maapallolla säilyneet jättiläiskraattereina.

### Tunguskan räjähdys

Kesäkuun 30. päivänä 1908, aamulla kello seitsemän maissa paikallista aikaa, Siperian keskiosissa maapallon ilmakehään syöksyi avaruudesta valtava kappale, joka ennen pintaan osumistaan räjähti hajalle. Tämä mahtava räjähdys nähtiin ja kuultiin alueella, joka on pinta-alaltaan paljon Suomea suurempi. Avaruuskappaleen lento päättyi Tunguska-joen läheisyydessä kasvaviin metsiin, ja siksi kappale sai nimen *Tunguskan meteoriitti*.

Aurinko paistoi ilmiön tapahtumahetkellä kirkkaalta taivaalta, ja monet siperialaiset näkivät meteoriitin kiitävän tulisena pallona maata kohti. Sen liikesuunta oli suunnilleen kaakosta luoteeseen.

Krasnojarskissa ilmestyvä sanomalehti Krasnojarets julkaisi kirjeenvaihtajansa raportin havainnoista, jotka oli tehty noin 200 km päässä putoamiskohdasta.

”Ihmeellinen ilmiö huomattiin täällä Kezhman kylässä. Kello 7.43 ap. kuultiin kuin myrskytuulen ääni, jota seurasi heti pelottava räjähdys ja maanjäristys, joka sai rakennukset tärisemään. Tuntui siltä kuin raken-

*Tunguskan räjähdyksessä kaatunutta metsää 20 vuotta tapahtuman jälkeen. Muutama kuollut puu on vielä pystyssä, kaatuneiden runkojen välistä alkaa versoa uutta metsää. (Yhtyneitten kuva-arkisto).*



nukseen olisi osunut valtava tukki tai painava kivi. Tätä seurasi vielä kaksi yhtä voimakasta iskuu. Ensimmäisen ja kolmannen iskun välillä kuultiin ihmeellistä maanalaista jyrinää ikään kuin useita junia olisi yhtä aikaa kulkenut kiskoilla ohi, ja sitten viiden tai kuuden minuutin ajan kuultiin tykinlaukauksia muistuttavaa ääntä. Lyhyin ja melko säännöllisin välein tuli viisikymmentä tai kuusikymmentä pamausta, jotka vähitellen heikkenivät. Minuutin kuluttua kuultiin vielä kuusi etäistä mutta aivan selvää pamahdusta ja maa vapisi.

Ensi näkemällä taivas oli aivan kirkas. Ei ollut tuulta eikä pilviä, mutta tarkemmin katsottaessa nähtiin pohjoisessa, siis äänen tulosuunnassa, tuhkapilveä muistuttava pilvi taivaanrannalla. Pilvi tuli pienemmäksi ja harvemmaksi, kunnes klo 2 tai 3 iltapäivällä se oli kokonaan kadonnut. Tämä ilmiö huomattiin yhtä selvästi Angara-joen varrella olevissa kylissä, 300 kilometrin päässä. Ensimmäisen räjähdysvoiman voi arvioida siitä, että hevosten ja ihmisten tiedetään kaatuneen ja ikkunoiden rikkoontuneen tärinästä.

Kuten silminnäkijät kertovat, ennen kuin ensimmäiset pamaukset kuultiin, tulista palloa muistuttava taivaankappale syöksyi taivaan poikki etelästä pohjoiseen, laskeutuen kohti koillista. Sen kokoa ja muotoa oli vaikea saada selville, koska se oli hyvin nopea ja ennen kaikkea odottamaton. Kuitenkin monet ihmiset eri kylissä näkivät selvästi, että kun lentävä kappale kosketti taivaanranta, valtava liekki leimahti ylös ja leikkasi taivaan kahtia. Sen jälkeen liekin yläpuolella nähtiin kummallinen pilvi, joka ylempänäkin mainittiin, ja kuultiin pamaukset. Liekin hehku oli niin voimakas, että se heijastui huoneisiin, joiden ikkunat olivat kohti pohjoista. . . . Pamaukset kuultiin heti kun "liekkikieli" katosi. Kylän vieressä olevalla saarella hevoset alkoivat hirtua ja lehmät ammuu ja juosta villisti ympäriinsä. Tuntui siltä kuin maa olisi juuri ollut repeämässä ja kaikki putoaisivat kuiluun. Jostain kuului kauheita pamauksia, jotka tärisyttivät maata, ja äänilähteen näkymättömyys sai aikaan taikauksista kauhua. Ihmiset olivat sananmukaisesti mykistyneitä."

Räjähdysvoimat olivat voimakkaammat lähempänä tapahtumapaikkaa. Lähin kylä, Vanovara, sijaitti Kivisen Tunguska-joen varrella noin 60 km päässä räjähdyksestä. Sen asukkaat kokivat paitsi äänen ja maanjäristyksen, myös hehkuvan kuumuuden ja paineaallot paljon selvemmin. Eräs paikallinen asukas, Semjonov, kertoo:

"Istuin aamiaisaikaan talon kuistilla ja katsoin kohti pohjoista. Yhtäkkiä pohjoisessa taivas repesi kahtia ja korkealla metsän yllä koko pohjoisen taivas näytti olevan tulella. Samalla hetkellä tunsin kovaa poltetta ikään kuin päitani olisi syttynyt tuleen; tämä polte tuli pohjoisen suunnalta. Aioin vetää paidan päältäni ja heittää sen pois, mutta tällä

hetkellä taivaalta kuului mahtava räjähdys. Se heitti minut maahan parin metrin päähän ja menetin hetkeksi tajuntani. . . . Samalla hetkellä kun taivas aukeni, kuuma tuuli puhalsi talojen ohi kuin tykin suusta. Se jätti jälkensä maahan pieninä polkuina ja vahingoitti sipulikasveja. Myöhemmin huomattiin, että monet ikkunat olivat särkyneet ja erään ladon ovesta oli rautainen haka murtunut."

Ihmisiä oli vieläkin lähempänä räjähdyspaikkaa. Paikallisen evenkheimon jäseniä oli teltassaan nukkumassa parikymmenen kilometrin päässä. Yhtäkkiä koko teltta asukkaineen sinkoutui ilmaan. Kun se putosi takaisin maahan, ihmiset saivat mustelmia ja kaksi heistä menetti hetkeksi tajuntansa. Kun he toipuivat, he kuuluivat kovaa ääntä ja näkivät ympärillä olevan metsän palavan. Monin paikoin puita oli kaatunut. Lopulta jyrinä ja tuuli taukosivat, mutta metsäpalo jatkui. Porot olivat juosseet tiehensä ja monia niistä ei enää tavattu.

Tunguskan meteoriitin räjähtäminen tapahtui taigan yllä noin viiden tai kymmenen kilometrin korkeudessa. Räjähdys ei ollut aivan yhtäkinen, vaan se kesti vähintään kaksi kymmensosaa sekuntia. Tässä ajassa maata kohti kiitävä kappale ehti kulkea useita kilometrejä.

Tunguskan räjähdysvoimaksi on arvioitu lähes  $10^{24}$  ergiä eli  $10^{17}$  joulea. Tämä vastaa suuren vetypommin tehoa. Esimerkiksi Hiroshiman atomipommi oli pelkkä kääpiö Tunguskan räjähdysvoimaa verran.

Räjähdys synnytti siis voimakasta poltettavaa säteilyä, joka sytytti metsän laajalta alueelta palamaan. Tuhoisampi oli kuitenkin räjähdysvoiman painevaikutus: syntynyt paineaalto kaatoi ja katkoi metsää kuin tulitikkuja yli 2000 neliökilometrin alalta, siis 50 kilometrin läpimittaiselta alueelta.

Räjähdysvoimasta huolimatta maahan ei syntynyt mitään kraatteria. Paineaalto tietysti muokkasi maanpintaa yhtä voimakkaasti kuin se katkoi puita. Kivet ovat varmasti lennelleet ja vettä ja turvetta roiskunut kilometrien korkeuteen alla olevasta suosta. Mitään kuoppaa ei kuitenkaan ole löydetty.

Kraatteria etsittiin putoamispaikalta tutkimuksen alkuvaiheessa kymmenien vuosien ajan, mutta lopulta oli myönnettävä, että sellaista ei löytynyt. Itse asiassa mitään avaruudesta tullutta ainetta ei löytetty neljäkymmeneen vuoteen, ja kadonneen materian arvoitus on alkanut ratketa vasta aivan viime vuosina.

Juuri tämä avaruusaineen puuttuminen on ollut Tunguskan suurimpia arvoituksia. Jos meteoriitti olisikin jättänyt maahan selvän kraatterin, sa-



manlaisen kuin esimerkiksi Arizonan meteoriittikraatteri, ei putoamisen ympärille olisi kehittynyt sellaista salaisuuden, villien olettamuksien ja sensaatiokirjoitusten verkkoa kuin nyt kävi.

Tunguskan meteoriitin aiheuttama paineaalto kuultiin kauempana räjähdys äänenä. Kuten havaitsijat kuvailivat, suurin räjähdys tuli kahtena tai kolmena peräkkäisenä pamauksena. Tämä osoittaa avaruuskappaleen lopullisen hajoamisen tapahtuneen useammassa vaiheessa, kuten yleensä käy kaikille meteoriiteille. Voimakkaimpia räjähdysä seuranneet pienemmät pamaukset tulivat korkeammalta ilmasta, jossa alassyöksyvistä massasta oli jatkuvasti irtoillut kappaleita.

Räjähdyksen synnyttämät paineaallot jatkoivat matkaansa Siperian ulkopuolelle. Ne rekisteröitiin ympäri Venäjää ja Eurooppaa. Esimerkiksi Englannissa tapahtui pieniä ilmanpaineen heilahteluja vielä viisi tuntia räjähdys jälkeen: paineaallot olivat kiertäneet tällöin jo kahdesti maapallon ja yhä jaksoivat liikuttaa mittareita!

Maanpintaan iskeytyessään paineaallot aiheuttivat myös maanjäristyksiä. Niitä rekisteröitiin mm. Irkutskissa, Tashkentissa, Tbilisissä ja jopa Saksassa Potsdamissa asti. Seismometrien (järistysmittarien) lukemien perusteella voitiin räjähdys tarkka tapahtumishetki määrätä: se oli Suomen aikaa kaksi tuntia seitsemäntoista minuuttia ja yksitoista sekuntia puolen yön jälkeen kesäkuun 30. päivänä 1908.

Pieniä ilmanpaineen häiriöitä ja maanjäristystä lukuunottamatta meteoriitin valo-, ääni- ja painevaikutukset rajoittuivat noin tuhannen kilometrin säteiselle alueelle kaukaisessa Siperiassa. Tieto luonnonmullistuksesta ei suinkaan levinnyt heti koko maapallolle, kuten tänä päivänä kävisi. Eurooppalaiset saivat kuulla tapahtumasta ensi kerran vasta kaksikymmentäluvulla, lähes kaksi vuosikymmentä sen sattumisen jälkeen, kun ensimmäiset retkikunnat olivat käyneet paikan päällä.

Räjähdyksen jäljet nähtiin kuitenkin Euroopassa, vaikka niitä ei osattu yhdistää Tunguskan meteoriittiin. Heinäkuun ensimmäisen päivän vastaisena yönä, siis heti meteoriitin putoamisen jälkeen, nähtiin maapallon ilmakehässä omituisia valoilmiöitä. Ne ulottuivat Siperiasta Jeniseivirran kohdalta yli koko Euroopan Atlantin valtamerelle asti. Valoilmiöt olivat voimakkaimmillaan heinäkuun alkupäivinä. Myöhemmissä tutkimuksissa on löydetty merkkejä valoisuuden lisääntymisestä, ihmeellistä kyllä, jopa jo pari päivää ennen meteoriitin putoamista. Valoilmiöt jatkuivat heikentyen yli kuukauden ajan räjähdys jälkeen.

Yli koko Euroopan taivas oli öiseenkin aikaan tavattoman kirkas. Hohtavia yöpilviä nähtiin kaikkialla. Suomessa ei taivaan outoa valoisuutta niinkään huomattu, koska heinäkuun alussa näin pohjoisessa on muutenkin valoisaa. Epätavalliset ilmiöt pääsivät kuitenkin Suomenkin lehtiin



*Tunguskan räjähdysen liittyi ilmakehän luonnotonta valoisuutta leveällä Keski-Euroopan poikki ulottuvalla vyöhykkeellä. Outoja valoilmiöitä nähtiin kuvassa viivoitetulla merkityllä alueella. (Pirroos mukailtu Krinovin kirjasta Giant Meteorites).*

pikku-uutiseksi. Helsingin Sanomat julkaisi heinäkuun 4. päivänä kaksi päivää aikaisemmin Berliinissä päivätyn uutisen:

”**Luonnonilmiö.** Berliinissä, Kööpenhaminassa, Königsberg’ssä ja koko Itämeren rannikolla huomattiin viime yönä omituinen keltasenpunainen valaistus pohjoisella taivaalla, joka muistutti Krakatoan tulivuoren v. 1883 tapahtuneen purkauksen aikana huomattua ilmiöstä.”

Nämä muutamit rivit olivat lähes kahteenkymmeneen vuoteen ainoa tieto Suomen lehdistössä, joka liittyi Tunguskan katastrofiin.

Etelämpänä valoisuus siis herätti suurta huomiota. Eikä ihme, sillä kesäkuun 30. ja heinäkuun 1. päivän välillä ei itse asiassa tullut yötä lainkaan. Esimerkiksi Kaukasuksella oli niin valoisaa, että keskityölläkin näki hyvin lukea sanomalehteä. Keski-Venäjällä eräs henkilö onnistui yöllä ottamaan tavalliseen tapaan valokuvia. Tashkentissa aikoi akateemikko Fesenkov tehdä tähtitieteellisiä havaintoja, mutta turhaan hän odotti pimeän tuloa ja havainnot jäivät tekemättä.

Myös Länsi-Euroopassa ihmeteltiin valoisaa yötä. Brittein saarilla nähtiin koko pohjoistaivas epätavallisen kirkkaana. Huoneessa näki lukea kirjaa ilman valoa ja esineet heittivät selvän varjon. Heidelbergin tähtitornissa otetut valokuvat tähtitaivaasta olivat valottuneet mustiksi, käyttökelvottomiksi. Niinkin pohjoisessa kuin Pietarissa ja Tukholmassa huomattiin



tiin ilmiö. Esimerkiksi Tukholmassa otettiin kameralla yöllä maisemakuvia.

Mikä aiheutti nämä valoist yöt? Kokeneet havaitsijat olivat ehdottomasti sitä mieltä, että niillä ei ollut mitään tekemistä revontulien kanssa. Monet muistuttivat mieliin Krakatoan tulivuoren räjähdys 1883, jossa ilmakehään nousi valtavat määrät hienojakoista pölyä. Se heijasti Auringon valoa vielä pitkään auringonlaskujen jälkeen, ja eri puolilla maapalloa nähtiin silloinkin loistavia auringonlaskuja ja epätavallisen valoisia iltoja.

Osa valoisuudesta johtui ilmeisestikin pölystä, jota irtosi Tunguskan meteoriitin räjähdyksessä. Tämä pöly jäi pitkäksi aikaa leijumaan ilmakehän eri kerroksiin ja ajautui myös tuulen mukana laajoille alueille.

Asiantuntijat ovat kuitenkin sitä mieltä, että pelkkä räjähdys maasta nostama pöly ei voinut aiheuttaa näin näyttäviä ilmiöitä. Osan valoisuudesta on täytynyt johtua ilmakehän molekyylien ionisoitumisesta. Tämä on sama ilmiö joka saa öiseen aikaan putoavan meteoriitin jäljen hehkumaan vielä minuutteja tai jopa tunteja putoamisen jälkeen. Niinpä tanskalainen Torvald Kül, joka ei tiennyt mitään Tunguskan meteoriitista, kirjoitti valoisten öiden aikaan 4.7.1908: "Haluaisin tietää onko viime aikoina suurta meteoriittia pudonnut Tanskaan tai muualle."

Avaruudesta tuleva kappale saa kuitenkin ilmakehän molekyylit hehkumaan vain siinä kapeassa vanassa, jonka se pudotessaan aiheuttaa. Miten Tunguskan meteoriitin putoaminen on voinut ionisoida ilmakehän hiukkasia Euroopan yllä, tuhansien kilometrien päässä putoamispaikalta? Tämäkin oli yksi Tunguskan meteoriitin arvoituksia, jonka ratkaisu on kuitenkin ilmeisesti jo löytenyt. Mutta tästä puhumme vähän myöhem-

## Jos alla olisi ollut Helsinki

Jotta saisimme havainnollisemman kuvan Tunguskan räjähdysmittasuhteista, kuvitellaanpa, että se olisi tapahtunut Helsingin yllä. Tämä ei itse asiassa ole kovinkaan kaukaa haettu ajatus. Tunguskan meteoriitin putoamispaikka nimittäin sijaitsee melkein täsmälleen samalla leveysasteella kuin Helsinki. Sen pituusaste vain on noin 102 E (itäistä pituutta), kun Helsingin on 25 E. Jos siis meteoriitti olisi lähestynyt maapalloa vain viisi tuntia myöhemmin, sen osumiskohta olisi sattunut Suomen etelärannikolle – Helsinkiin.

Siis: kesäkuun 30. 1908, kello seitsemän aamulla. Pääkaupunkilaiset ovat heräämässä koleaan, harmaaseen aamuun. Kesästä huolimatta säät ovat olleet viileät.

Ihmiset vilkaisevat aamulehtien otsikoita. Vain yksi päivä eduskunta-

vaaleihin. Edellisten viikkojen ajan poliitikot ovat pitäneet viimeisiä vaalipuheitaan, nyt tiistaina ei voi enää muuta kuin jännittää kansan valintoja huomisissa ja ylihuomisissa vaaleissa.

Mutta näitä vaaleja ei koskaan tule. Vähän seitsemän jälkeen Helsingin yllä leimahtaa kaikensokaiseva mahtava aurinko. Sen kuva jää useimman helsinkiläisen viimeiseksi näkyksi.

Valkohehkuinen säteilyrintama polttaa sekunnin murto-osassa koko Helsingin keskustan. Parin kilometrin säteellä kaikki elämä sammuu tähän leimahdukseen. Korventava kuumuus sulattaa alla olevien talojen katot, sytyttää kaikki palavat osat mahtavaksi roihuksi. Useiden kilometrien säteellä palaa Helsinki suurena liekkimerenä. Myös kauempana on syttynyt tulipaloja ja ulkosalla olleet ihmiset makaavat säteilyn polttamina maassa.

Tämä oli vasta alkua. Suora säteily saapui maanpinnalle sekunnin murto-osassa. Räjähdys paineaalto seuraa parikymmentä sekuntia myöhemmin. Ja se on paljon armottomampi.

Helsingin keskustassa, joka on suoraan räjähdys alla, hirvittävä paineaalto iskee kohtisuoraan ylhäältä alas kuin jättiläismoukari. Kaikki katot romahtavat silmänräpäyksessä sisään, jäljelle jää vain kivisiä seinä. Heikommät rakennukset sortuvat kokonaan.

Vähän kauempana paineaalto tulee maahan enemmän vaakasuorassa ja aiheuttaa vielä suurempaa tuhoa. Seinät kaatuvat iskun voimasta ulospäin, puut tempautuvat irti maasta. Säteilyn huumaamina hoiperrelleet ihmiset murskautuvat paineiskun alla. Palavat rakennukset pyyhkiytyvät maan tasalle.

Helsinki on kuollut lähes viimeistä asukasta myöten. Rakennusten paikalla on soraröykkiöitä, kadut ovat pelkkiä matalampia kohtia yhtenäisen hävityksen keskellä. Kahdenkymmenen kilometrin säteellä on vain muutama ehjä seinä, jokunen pystyyn jäänyt kärventynyt metsikkö.

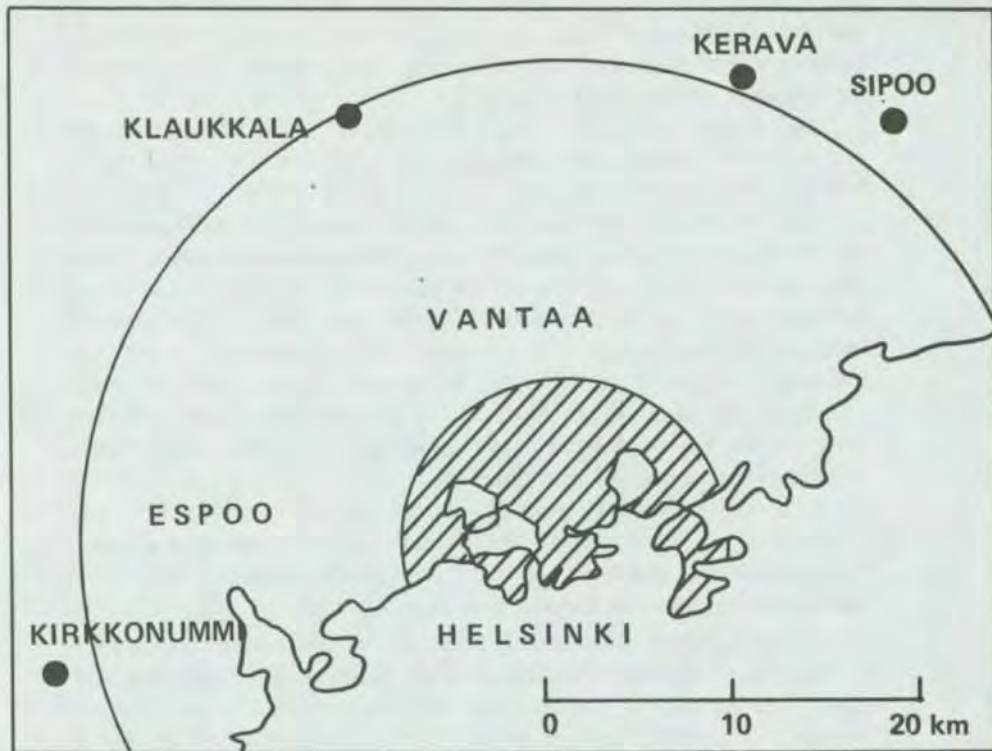
Ja nyt tulee kolmas tuhoaalto. Räjähdyksessä on Helsingin kohdalle muodostunut tyhjiö, johon nyt imeytyy ilmaa. Sisäänpäin syöksyvä myrskytuuli tasoittaa viimeisetkin pystyssä töröttävät puut ja seinät ja silottaa entisen pääkaupungin lohduttomaksi sora- ja lohkarekentäksi. Pölyä ja sirpaleita imeytyy mustaksi sienipilveksi korkealle ilmaan kärventyneen kaupungin ylle.

Kirkkonummea, Klaukkalaa, Keravaa, Sipoota myöten tuho on lähes täydellinen. Vain onnen kaupalla on jossain raunioissa enää eläviä ihmisiä. Kaikki muut ovat palaneet tai murskautuneet.

Karkkilassa, Riihimäellä, Loviisassa rikkoutuu talojen ikkunoita ja paineaalto lennättää ihmisiä metrikaupalla. He tuntevat ensimmäisen polttavan kuumuuden ja kuulevat räjähdys hirvittävät äänet.

Koko Etelä-Suomi on nähnyt räjähdys leimahduksen ja tuntenut





*Jos Tunguskan räjähdys olisi tapahtunut Helsingin yllä, olisivat talot sortuneet ja puut kaatuneet Kirkkonummea, Klaukkalaa, Keravaa ja Sipoota myöten. Sisimmällä merkityllä alueella ei kukaan olisi jäänyt henkiin.*

pelottavan maanjäristyksen. Pamausten ääni kulkeutuu yli koko Suomen Jäämeren rannalle asti, yli tuhannen kilometrin päähän.

Mahtava hyökyaalto on tuhonnut Suomenlahden rannikot. Kymmenien metrien korkuinen vesiseinämä, jonka räjähdys nostatti, sivaltaa Tallinnan ja Pietarin ranta-alueet raunioiksi.

Useaan tuntiin Suomessa ei tajuta mitä on tapahtunut. Lähes kaikki yhteydet ovat katkenneet. Räjähdys on tuonut mukanaan mahtavan sähköpurkauksen, joka polttaa sähkölinjat ja sulakkeet ja rikkoo puhelimet sadan kilometrin säteellä.

Maalla ei ole enää hallitusta, ei eduskuntaa.

Kauanko kestää Suomen toipuminen tällaisesta katastrofista? Suomi ei ole vielä kokenut maailmansotia ja väestönsuojelu on täysin alkeellista. Suuronnettomuuksien varalta ei ole tehty mitään suunnitelmia.

Tunguskan räjähdys voimakkuus on vuosisadan alun ihmisille ollut käsittämätön. Vasta viimeisten kymmenien vuosien aikana jättiläisräjähdysten vaikutuksia on alettu ymmärtää, kun ihminen on itse pystynyt tekemään yhtä voimakkaita latauksia – vetypommeja. Samanlainen sienipilvi, joka on tullut nykypäivän ihmisille tutuksi ydinkokeista kertovissa kuvissa, kohosi seitsemänkymmentä vuotta sitten Siperian taigan yllä. Ja samanlainen olisi noussut Helsingin yllä, jos Tunguskan meteoriitti olisi ollut viisi tuntia myöhässä.

Onni onnettomuudessa oli, että meteoriitti putosi asumattomaan metsään. Sen putouksessa ei yhdenkään ihmisen tiedetä kuolleen. Jos se olisi osunut Helsinkiin, kuolleita olisi ollut satojatuhansia. Ja valtameren osuessaan se olisi synnyttänyt hyökyaallon, joka olisi voinut rannikoilla tehdä vielä paljon suurempaa tuhoa.

### Salaisuutta selvitetään

Tunguskan räjähdys herätti tietysti suurta huomiota niillä alueilla, joissa se havaittiin. Paikalliset lehdet kirjoittivat tapauksesta usean kuukauden ajan, ja myöhemmin aikakauslehdet toistivat näitä raportteja. Putoamisseudut olivat kuitenkin hyvin harvaanasutut, ja niinpä lähin paikka, josta sanomalehtiin saatiin tietoja, oli Kezhman kylä, 200 km päässä räjähdyksestä. Muutamien lähempänä olleiden ihmisten havaintoja saatiin talteen vasta vuosia tai vuosikymmeniä myöhemmin.

Muutamit yksityiset tutkijat keräsivät näillä seuduilla liikkeussaan meteoriitista tietoja, mutta mitään yhtenäistä selontekoa ei yritetty koota eikä Venäjän keskushallinto ollut kiinnostunut jostain kaukaisen Siperian oudosta tapahtumasta.

Vasta nuoren Neuvostoliiton valtion ensimmäisinä vuosina alettiin Tunguskan tapahtumaa uudelleen tutkia. Nuori tiedemies Leonid Kulik lähti syksyllä 1921 pienen retkikunnan kanssa Pietarista ottaakseen selville Tunguskan meteoriitin putoamiseen liittyvät asiat. Retkikunta keräsi paljon havaintoaineistoa ja sai selville niiden perusteella putoamiskohdan, mutta talven tulo esti matkan sinne; putomispaikka oli yli 700 km päässä lähimmästä rautatiestä vaikeakulkuisen maaston takana.

Kulik oli selvittänyt, että putoaminen oli tapahtunut Vanovaran kauppaseman lähellä. Siksi hän ehdotti, että seuraava retkikunta suuntaisi matkansa suoraan sinne.

Vuoden 1927 alussa Tiedeakatemia antoi Kulikin uudelle retkelle siunauksensa, ja helmikuussa 1927 Kulik ja yksi apulainen lähtivät jälleen kohti itää.



He saavuttivat onnellisesti Vanovaran ja lähtivät paikallisen oppaan kanssa tunkeutumaan kohti pohjoista, koskemattomaan lumiseen taigaan.

Parikymmentä kilometriä edettyään Kulik näki erään joen rantaharjanteelta ensimmäiset tuhon merkit: kaatuneita puita, joiden kaikkien juuret sojottivat kohti pohjoista. Eteenpäin mentäessä kaatuneiden puiden määrä lisääntyi, kunnes lopulta ympärillä oli pelkkää lakoontunutta metsää. Suurin osa rungoista oli lumen alla, ja siksi Kulik ei vielä saanut oikeaa kuvaa tuhon suuruudesta.

Parikymmentä kilometriä pohjoisempaan oli palaneen metsän raja. Tästä eteenpäin töröttö pystyssä puoliksi palaneita runkoja ja maassa makasi hiiltyneitä puita, joiden juurakot edelleen osoittivat samaan suuntaan, pohjoiseen.

Kulikilla oli vaikeuksia oppaittensa kanssa, jotka kieltäytyivät jatkamasta matkaa eteenpäin. Hänen täytyi käydä Vanovarassa ja lähteä uudelleen pohjoiseen.

Tällä kertaa Kulik pääsi putoamispaikalle asti. Keskellä tuhoaluetta oli laakea kattilamainen laakso, joka myöhemmin on todettu vanhaksi tulivuoren kraatteriksi. Vasta kiertäessään tämän laakson ympäri Kulik huomasi, että puut olivat kaatuneet säteittäisesti: niiden kaikkien latvat osoittivat pois päin kattilalaaksosta. Itse laaksossa oli paikoitellen pystyssä olevaa kuollutta metsää. Räjähdyksellä tapahtunut suoraan sen yläpuolella, karsinut ja kärventänyt rungot, mutta ei ollut kaatanut kaikkia puita.

Mutta Kulik ei vielä tiennyt, että Tunguskan meteoriitti oli räjähtänyt ilmassa. Hän oli tällä retkellään ja monia vuosia eteenpäin varma siitä, että jostain kattilalaakson soiden alta löytyisi kraattereita ja niiden pohjalta meteoriitin jäännöksiä. Kulik oli hyvin innoissaan löytäessään suosta kraatterimaisia aukkoja; myöhemmin on kuitenkin todettu, että tällaiset kuopat ovat normaaleja luonnonmuodostumia tundran routaisessa maassa.

Kirjassaan Giant meteorites (Jättiläismeteoriitit) neuvostoliittolainen meteoriittitutkija E.L.Krinov pitää Kulikin vuonna 1927 tekemän retken tärkeimpinä tuloksina sitä, että saatiin selville metsän säteittäinen kaatuminen ja piirrettiin kartta putoamiskohdan keskiosista.

Kulikin palattua Leningradiin syksyllä 1927 alettiin koko maailmassa kiinnittää huomiota Tunguskan tapaukseen. Helsingin Sanomat kirjoitti 13.9.1927:

**”Venäjän tieteellisen retkikunnan tulokset.**

Pietariin on palannut tiedeakatemian retkikunta, joka toistamiseen on käynyt Siperiassa etsimässä suunnatonta meteoriittia, joka heinäkuussa 1908 putosi alas Jenisein kuvernementissa.

Meteorin putoaminen huomattiin yli 800 km pituisen säteen alueella

ja aiheutti se ankaran maan tärinän, jonka Irkutskin observatorion seisografittit merkitsivät.

Ensimmäinen retkikunta teki etsiskelymatkan v. 1921, mutta ei päässyt perille. Vasta tämänvuotinen retkikunta on löytänyt putoamispaikan, joka on lähellä Podkamenoja Tunguska-jokea.

Putoamispaikka käsittää läpimitaltaan muutamien kilometrien alan, joka on täynnä suunnattomia kuoppia, joista kukin on muutamia kymmeniä metrejä läpimitaltaan ja muutamia metrejä syvä. Koko seudulta 26 km alalla putoamispaikan ympärillä on metsä tuhoutunut, puut ovat lentäneet ympäriinsä säteittäin putoamiskeskuksista lukien ja ne ovat palaneita.”

Leonid Kulikilla oli nyt takanaan koko Tiedeakatemian tuki, ja seuraavan vuoden keväällä hän lähti jälleen yhden apulaisen kanssa Tunguskan taigaan. Mukaan liittyi vielä valokuvaaja, joka ikuisti putoamispaikalla tapahtuneen suurtuhon jäljet.

Tällä kertaa Kulik yritti kaivamalla ja magneettisin mittauksin löytää meteoriitin jäännöksiä suossa olevista kuopista. Kuukausien työ ei kuitenkaan tuonut mitään tulosta. Retkikunta valmisteli seuraavien vuosien työtä rakentamalla alueelle majoja ja teitä, mutta tieteellisesti ei saatu esiin juuri mitään uutta.

Kulik ei kuitenkaan lannistunut. Vielä seuraavana vuonna hän palasi putoamispaikalle, tällä kertaa suuremman retkikunnan kanssa. Nyt oli päätetty perusteellisesti selvittää suossa olevien kuoppien arvoitus; Kulik oli edelleen sitä mieltä, että ne olivat meteoriitinkappaleiden aiheuttamia.

Retkikunta kaivoi suurella vaivalla eräästä 30-metrisestä suosilmäkkeestä ojan, jonka kautta vesi valui pois. Tyhjäksi jäänyt kuoppa muistutti entistä enemmän suurta kraatteria, jonka meteoriitin törmäys on synnyttänyt.

Mutta kraatterin pohjaa tutkittaessa huomattiin sen keskellä pystyssä oleva, maaton puuntynkä! Koska sellainen ei olisi meteoriitin törmäyksessä mitenkään voinut säilyä ehjänä, oli myös Kulikin tunnustettava, että kuoppa oli luonnollinen maastonmuoto. Sen läksi voitiin kuitenkin turpeessa olevien merkkien perusteella arvioida juuri kaksikymmentä vuotta. Todennäköisesti meteoriitin räjähdys oli monin paikoin rikkonut suon pinnan, ja näihin kohtiin sitten vuosien varrella muodostui routimisen ansiosta pyöreitä, kraatterimaisia silmäkkeitä.

Kolmannen retkikunnan tehtävänä oli myös putoamispaikan ympäristön tutkiminen entistä laajemmalla alueella. Niinpä todettiin, että pohjoisessa ja lännessä tuhoalue ei ulottunut montakaan kilometriä kattilalaakson ulkopuolelle, vaikka etelässä ja idässä oli kymmeniä kilometrejä kaatunutta metsää. Selitys tähän epäsymmetriaan keksittiin vasta myö-





*Tunguskan räjähdyksessä kaatunutta metsää tuhoalueen reunoilla. Kuva on otettu 1920-luvun lopulla, jolloin uudet nuoret koivut jo kasvavat esiin kaatuneiden runkojen välistä. (Kuva APN).*

hemmin: meteoriitti oli tullut kaakosta ja hajonnut metsän yllä sarjana räjähdyksiä, joista viimeinen ja voimakkain oli sattunut kattilalaakson yllä.

Kulik jäi Siperiaan kesään 1930 asti jatkamaan tutkimuksia. Aikomuksena oli mm. ottaa ilmakuvia alueesta. Lentokone oli jo paikalla heinäkuun puolivälissä, mutta pilvinen sää esti kuvaamisen ja suunnitelma oli lykättävä myöhemmäksi.

Seuraavan kerran ilmakuvia Tunguskan yltä yritettiin ottaa heinäkuussa 1937. Lentokone oli tulossa Vanovaraan ja yritti laskeutua Kiviseen Tunguskajokeen, mutta epäonnistui ja murskaantui! Onneksi Kulik ja mukana ollut valokuvaaja säilyivät vammoitta.

Seuraavana vuonna vihdoinkin ensimmäiset ilmakuvat Tunguskan tuhoalueesta saatiin otetuksi. Niiden otto oli kuitenkin lykkääntynyt jälleen heinäkuuhun, jolloin puissa olivat lehdet jo avautumassa, ja siksi kuvat eivät antaneet täysin selvää käsitystä tuhoalueesta. Lisäksi itse putoamisesta oli kulunut jo kolmekymmentä vuotta, ja paikalle oli ruvennut kasvamaan uutta metsää.

Putoamispaikan keskiosista saatiin nyt kuitenkin ensimmäisen kerran yhtenäinen kartta, ja suurennoksissa näkyivät jopa yksittäiset kaatuneet puut. Kartasta voi vahvistaa Kulikin jo toteaman asian, että kattilalaakson suuri suo on säteittäisen kaatumisalueen keskipisteenä.

Kulik johti vielä neljättä retkikuntaa putoamisalueelle kesällä 1939.



*Tunguskan metsää 70 vuotta räjähdysen jälkeen. Paikalla on uusi puusto, ja räjähdyksessä kaatuneet, nyt jo puolilahonneet rungot erottaa enää heikosti sammalten alta. (Kuva APN).*

Sen päätehtävänä oli geodeettisin mittauksin sitoa edellisenä vuonna otettu ilmakuvakartta maanpinnalla oleviin merkkeihin. Kulik jatkoi myös suoalueen tutkimista, koska hän oli edelleen sitä mieltä, että suon kätöksissä on meteoriitin kappaleita. Useista porauksista huolimatta mitään vakuuttavia tuloksia ei saatu.

Työtä piti jatkaa magneettisin mittauksin vuonna 1940, mutta toinen maailmansota katkaisi tutkimukset. Leonid Kulik joutui sodan aikana saksalaisten käsiin ja kuoli vankileirillä.

Sodan jälkeen aiottiin Tunguskan tapauksen tutkimuksia taas jatkaa,



mutta Sihote-Alinin rautameteoriitin putoaminen Itä-Siperiaan (kts. s.137) suuntasi meteoriittitutkijoiden huomion useiksi vuosiksi muualle.

Tunguskan räjähdys systemaattinen tutkimustyö pääsi käyntiin vasta 1958, siis viisikymmentä vuotta tapauksen jälkeen. Syynä uuteen innostukseen olivat löydöt, joita tehtiin kun tutkittiin vuoden 1929 retkikunnan Tiedeakatemiaan tuomia turvenäytteitä. Nämä näytteet olivat lähes kolmenkymmenen vuoden ajan maanneet koskemattomina varastossa, mutta nyt ne otettiin esiin. Ja näistä turvepalasista löydettiin ensimmäiset hituset avaruudesta tullutta ainetta pieninä lasipalloina.

Vuodesta 1958 lähtien on siperialaisen Tomskin yliopiston retkikunta joka kesä ollut vaikeakulkuisessa taigassa Tunguskan meteoriitin putoamispaikalla. Kesällä 1977 oli siellä jo kahdeskymmenes peräkkäinen tutkimuskesä. Tomskin yliopiston työryhmillä on ollut apuna erikoistutkijoita monista muista tiedekeskuksista ja Tiedeakatemian laitoksista.

Tunguskan meteoriitin putoamispaikalla kasvaa nykyään uusi voimakas metsä. Se on itse asiassa kasvanut yllättävän nopeasti, ja viitisentoista vuotta sitten huomattiin, että kasvun nopeutuminen on yhteydessä katastrofiin. Suuri räjähdys on saanut aikaan muutoksia kasvien ja puiden perintötekijöissä.

Tunguskan alue ei ole enää yhtä vaikeapääsyinen kuin ennen. Putoamispaikalle on noussut kokonainen kylä tutkijoita varten, ja sinne johtaa kunnollinen tie. Lehtimiehet voivat käydä putoamispaikalla mukavasti helikopterilla. Generaattori tuottaa sähköä valaistusta ja tutkimuslaitteita varten.

Mutta kaikkialla tutkimuskeskuksen ympärillä leviää sama tiheä metsä yhtä täynnä ryteikköjä, suoalueita (ja hyttysiä!) kuin aina ennenkin. Täältä metsistä ja näiltä soilta etsitään jatkuvasti osasia Tunguskan arvoituksen ratkaisun muodostavaan palapeliin.

## Ratkaisu lähestyy

Miksi avaruudesta tullut kappale räjähti jo ilmassa ennen kuin se ehti maan pintaan? Miksi kappaleesta ei viiteenkymmeneen vuoteen löydetty jälkeäkään? Miten kappale saattoi aiheuttaa yötaivaan valoisuutta jo pari päivää ennen maapalloon osumistaan? Miten se sai aikaan voimakkaita valoilmioita päivien ja viikkojen ajan putoamisensa jälkeen? Miksi oudot valoilmiot nähtiin vain kapealla, putoamispaikasta länteen ulottuvalla vyöhykkeellä?

Minkälaisesta kappaleesta voivat olla peräisin ne lasipallot, joita kaksikymmentä vuotta sitten löydettiin putoamiskohdalta otetusta tur-

peesta? Minkälaisesta kappaleesta ovat peräisin ne pienenpienet avaruusaineen ja nikkeliraudan sirut, joita viime vuosina on Tunguskan maastosta löydetty?

Tunguskan arvoitukselle on esitetty kymmeniä erilaisia ratkaisuja. Ensimmäinen ja luonnollisin ajatus oli, että sen aiheutti tavallinen, mutta kooltaan jättiläismäinen meteoriitti. Kraatterin puuttuminen teki kuitenkin tämän ajatuksen mahdottomaksi.

Vuonna 1946 neuvostoliittolainen tieteiskirjailija Aleksandr Kazantsev julkaisi kertomuksen, jossa meteoriitti tulkittiin vieraalta planeetalta tulleeaksi avaruusaluukseksi, joka koki katastrofin Tunguskan yllä. Kazantsevin kertomus oli hyvä science fiction-juttu, mutta varmasti hänen itsensäkin yllätykseksi sitä alettiin pitää varteenotettavana tieteellisenä oletuksena. Kazantsevin aloittamaa linjaa on jatkettu useissa niin Neuvostoliitossa kuin ulkomaillakin julkaistuissa kirjoissa.

Muita viime vuosina esitettyjä mielikuvituksellisia selitysyriäisiä ovat pienen mustan aukon ja antimaterian mahdollisuus. Musta aukko-hypoteesia esiteltiin jopa arvovaltaisessa englantilaisessa Nature-lehdessä. Sen mukaan maapalloon olisi osunut ns. musta miniaukko. (Mustista aukoista voit lukea tarkemmin Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan julkaisemasta kirjasta "Mustaa aukkoa etsimässä".) Musta aukko olisi lävistänyt maapallon, kuten sellainen helposti voisi tehdä, ja sisään tunkeutuessaan aiheuttanut Tunguskan räjähdys. Ajatus kuitenkin kaatuu siihen, että aukko olisi ulostullessaan jossain Atlantin valtamerellä aiheuttanut yhtä voimakkaan katastrofin, ja sellaista ei tapahtunut.

Antimateria-selitys taas sanoo Tunguskan meteoriittia pieneksi antimaterian kappaleeksi, joka maapallon ilmakehään osuessaan yhtyy meidän normaaliin materiaamme ja muuttuu kokonaan energiaksi. Viime vuosina löydetty ainehiukkaset ovat kuitenkin peräisin jostain tavallisesta avaruus-kappaleesta, eivät suinkaan antimateriaasta.

Tutkijat pitävät tällä hetkellä parhaana selityksenä sitä, että Tunguskan yllä tuli 1908 maapallon ilmakehään pieni komeetta. Tälle selitykselle on vuosien varrella saatu yhä lisää tukea, ja viime vuosina löydetty avaruus-kappaleen sirut antavat jo komeettaselitykselle melko suuren varmuuden.

Kuten kirjamme alkuosassa kerrottiin, komeetat ovat hyvin harvaa ja heikkoa ainetta olevia "likaisia lumipalloja": niissä on lähinnä vesijäätä ja lunta, ehkä myös muista aineista muodostuneita jäitä, sekä jään ja lumen seassa pölyä, hiekkaa ja ehkä suurempiakin kivenkappaleita.

Komeetat kiertävät Aurinkoa tavallisesti hyvin soikeilla ja kauas ulottuvilla ellipsiradoilla. Kaukana Auringosta ne ovat elottomia, huonosti havaittavia palloja, mutta Aurinkoa lähestyessään ne alkavat "elää". Lämpö sulattaa niiden ulko-osista jäitä kaasuksi, ja samalla vapautuu jään



seassa ollutta pölyä. Kaasu ja pöly ajautuu Auringon säteilypaineen takia pitkäksi, Auringosta pois päin osoittavaksi pyrstöksi.

Kirjamme alkupuolella kerrottiin, että viime vuosina on todettu suurimman osan ilmakehässä näkyvistä kirkkaista tulipalloista olevan juuri hyvin harvoja, komeettamaisia kappaleita. Tämä on voitu päätellä niiden hajoamisnopeudesta ja niiden hajotessaan lähettämän valon spektristä. Spektrissä nähdään piirteitä, jotka kertovat kappaleen olleen pääasiassa lunta.

Suurimmat kameroiden viime vuosina kuvaamat lumipallot ovat olleet parinkymmenen metrin läpimittaisia. Tavalliset komeetat, jotka nähdään Aurinkoa kiertävällä radallaan pyrstötähtenä, ovat taas arviolta parin kilometrin läpimittaisia. Näiden kahden koon välillä on komeettamaisia kappaleita tietysti kaikenkokoisia, mutta muutaman sadan metrin läpimittaiset komeetat ovat jo niin harvinaisia, että niitä ei viime vuosikymmeninä ole maapalloon osunut. Ne ovat myöskin niin pieniä ja vapauttavat niin vähän kaasua ja pölyä, että kauempaa avaruudesta niitä on mahdotonta erottaa.

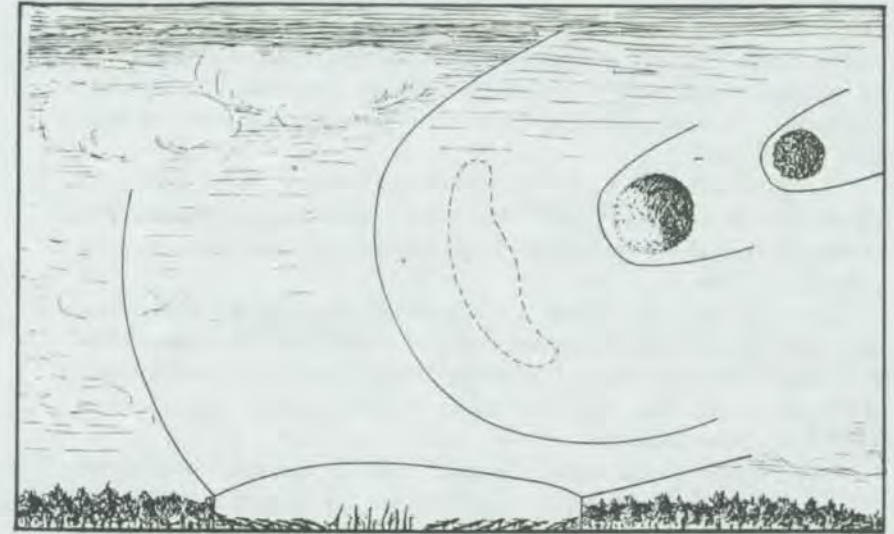
Mutta tällainen kappale, ehkä puolen kilometrin läpimittainen lumipallo, on kuitenkin Tunguskan meteoriitin täytynyt olla. Komeettahypoteesi selittää kaikki Tunguskan räjähdyksestä tavatut piirteet luonnollisella tavalla.

Käydäänpä todistusaineistoa läpi kohta kohdalta ja verrataan sitä vaikkapa avaruuslaiva-ajatukseen, josta suomeksikin on vastikään ilmestynyt sensaatiokirja "Kun taivas syöksi tulta" (Tammi 1977).

Ensinnäkin komeettojen törmäminen Maahan. Yllämainitun kirjan kirjoittajat väittävät, että "komeetta ei ole koskaan törmännyt Maahan". He eivät ilmeisesti tiedä, että kaikilla komeetoilla ei suinkaan ole näyttävää pyrstöä ja että "minikomeettojen" törmäyksiä Maahan havaitaan jatkuvasti ja runsaasti. Sen sijaan vieraalta planeetalta tulleen avaruuslaivan osumisesta Maahan ei tiettävästi ole olemassa kovinkaan vakuuttavaa todistusaineistoa.

Toiseksi kappaleen räjähtäminen ilmassa. Kuvitelu avaruuslaiva voi tietysti räjähtää missä tahansa (vai voiko?), mutta komeetan räjähtäminen ilmakehän tiheimmissä kerroksissa on teoreettisin laskuin hyvin todistettu.

Neuvostoliittolainen akateemikko Georgi Petrov ja tohtori V.P.Stulov julkaisivat pari vuotta sitten tulokset laskuistaan, joissa he tarkastelivat, miten käy kosmisella nopeudella ilmakehään osuvalle lumipallolle. Pienimmät lumipallot hajoavat jo ilmakehän yläosissa, samoin hyvin hitaat lumipallot. Tiheimmät, veden tiheyttä lähentelevät kappaleet, taas pääsevät maanpintaan asti tavallisen meteoriitin tavoin, jos ne ovat kyllin suuria ja niillä on tarpeeksi nopeutta.



*Avaruudesta kosmisella nopeudella tuleva jättiläismäinen lumipallo höyrystyy ilmakehän tiheissä kerroksissa hohtavankuumaksi kaasuksi. Nopeuden hidastuessa kaasu pääsee purkautumaan valtavana räjähdysenä, joka kaataa allaolevan metsän. (Piirros mukailtu G.J.Petrovin ja V.P.Stulovin artikkelista, Zemlja i Vselennaja 4/1975).*

Mutta jos lumipallo tulee ilmakehään suurella nopeudella, sanokaamme 20–30 kilometriä sekunnissa (normaali meteoroidien tulonopeus), jos se on kyllin kookas (sanokaamme läpimitaltaan 500 metriä) ja jos se on hyvin harvaa ainetta (tavallisen lumen tiheys eli vain pieni osa veden tiheydestä), sen käy seuraavasti:

Noin 50 km korkeuteen asti lumipallo liikkuu yhtenäisenä kappaleena, vaikka sen etupuolella alkaakin tapahtua höyrystymistä. Tämän jälkeen ilmakehän tiheimmät kerrokset aiheuttavat lumipallossa nopeita muutoksia. Koko sen etupuoli, joka siis ottaa vastaan ilman törmäyksen, kuumenee valtavaan lämpötilaan ja höyrystyy täydellisesti. Reunoilta lumipallo hajoaa.

Suunnattomaan paineeseen ja kuumuuteen tiivistynyt kaasupilvi on vankina suurella liike-energialla eteenpäin kiitävän lumipallon edessä, ja hohtavan kaasupilven säteily sulattaa nopeasti loputkin lumet ja jäät. Nyt kappaleen vauhti nopeasti hidastuu, jolloin kaasut pääsevät purkautumaan mahtavana räjähdysten sarjana. Polttavankuuman kaasun aiheuttama säteily on jo korventanut allaolevia maisemia, ja nyt lumipallon eteen muodostunut paineaalto kohtaan maanpinnan tuhoisalla voimalla. Itse kappale on noin kymmenen kilometrin korkeudella lähes kokonaan kaasuuntunut.



Osa lumen seassa olleesta pölystä ja hiekasta on sulanut ja ilmaan joutuaan uudelleen tiivistyy pyöreiksi mikroskooppisiksi palloiksi. Osa aineesta, esimerkiksi suurimpien lumipallossa olleiden kivien jäännökset, voivat selvitä pieniksi siruiksi hajonneina, mutta muuten alkuperäisessä muodossaan pinnalle asti.

Tunguskan räjähdyksessä nähtiin mahtava leimahdus ja sen jäljiltä nousi taivaalle korkea pölypilvi. Avaruuslaiva-ajatuksen kannattajat päättelivät tästä, että kyseessä on täytynyt olla ydinräjähdys, koska siinä tapahtuu juuri näin.

Sama leimahdus ja sienipilvi kuitenkin nähdään kaikissa räjähdyksissä, joissa vapautuu jättiläismäinen määrä energiaa lyhyessä ajassa. On samantekevää, tuleeko energia ydinreaktioista, kuten vetypommissa, kemiallisista reaktioista, kuten tavallisissa räjähdysaineissa, vai kosmisen kappaleen liike-energiasta.

Joka tapauksessa suuri osa energiasta muuttuu lämmöksi ja aiheuttaa polttavan säteilyn. Räjähdysten jäljessä ilmaan muodostunut tyhjiö myöskin joka tapauksessa imeytyy täyteen ilmaa, joka nostattaa hetkessä taivaalle korkean sienipilven.

Suurin ero ydinräjähdysten ja komeetan räjähtämisen välillä on, että ydinräjähdyksestä tulee suuria määriä ydinsaastetta, mutta komeetan räjähtäminen ei synnytä radioaktiivisuutta. Tunguskan ympärillä ei ole havaittu ihmisissä tai eläimissä merkkejä radioaktiivisista tuhoista. Metsä kylläkin kasvaa putoamispaikalla kymmenen kertaa nopeammin kuin muualla, ja tämän arvellaan johtuvan kasvien perintötekijöissä tapahtuneista muutoksista. Tällaisten muutosten syntyyn ei kuitenkaan tarvita ydinräjähdystä: myös komeetan yhtäkkinen räjähtäminen synnyttää niin paljon röntgensäteilyä, että se hyvin selittää tapahtuneet muutokset. Röntgensäteily syntyy tässä tapauksessa valtavasta kuumuudesta, ei radioaktiivisten ytimien hajoamisesta.

Entä sitten nuo oudot valoilmiot? Sekä ydinräjähdys että komeetan tuhoutuminen nostattavat ilmakehään suuria määriä pölyä, joka sitten heijastaa Auringon valoa sellaisillekin alueille, jotka muuten olisivat pimeydessä. Mutta kuten aikaisemmin todettiin, pelkkä pöly ei voi selittää kaikkia valoilmioita, joita räjähdysten jälkeen havaittiin. Ja ennen kaikkea se ei voi selittää valoisuuden lisääntymistä jo pari päivää ennen räjähdystä.

Komeettateoria antaa kuitenkin luonnollisen selityksen kaikille valoilmioille: niiden aiheuttajana on ollut komeetan pyrstö. Pienistäkin lumipalloista haihtuu tietysti Auringon lähellä kaasuja ja vapautuu pölyä samaan tapaan kuin suuristakin komeetoista. Pienempien lumipallojen pyrstö on kuitenkin niin harva, että sitä ei taivaalta pystytä havaitsemaan.

Vaikka pyrstön aine ei ole tiheää, osuessaan hurjalla nopeudella maapallon ilmakehään se pystyy ionisoimaan ilmakehän molekyylejä laajoilta alueilta ja aiheuttamaan siten ylimääräistä hohdetta ilmakehässä.

Komeetan pyrstö on aina suuntautuneena Auringosta pois päin, koska Auringon säteilypain ja aurinkotuuli (Auringosta ulosvirtaavat hiukkaset) ajavat irtoavan kaasun ja pölyn ulospäin. Niinpä Tunguskan komeetta, joka on lähestynyt maapalloa Auringon puolelta, on liikkunut pyrstö edellä. Tämän pyrstön aine on osunut maapalloon jo pari päivää ennen törmäystä ja lisännyt taivaan valoisuutta.

Pyrstön tiheimmät osat iskeytyivät ilmakehään kuitenkin vasta yhtä aikaa komeetan ytimen kanssa. Putoamishetkellä Aurinko paistoi idästä ja siksi komeetan pyrstö oli suuntautunut Auringosta pois päin eli länteen. Kun itse komeetta törmäsi maahan Keski-Siperiassa, sen pyrstö sivalsi maapalloa pitkällä länteen ulottuvalla vyöhykkeellä. Tämä aiheutti ilmakehässä suuria häiriöitä, jotka olivat voimakkaimmillaan putoamista seuraavana yönä.

Komeetan räjähtäminen kymmenen kilometrin korkeudella ei jättänyt maahan mitään kraatteria, eikä avaruudesta tullutta ainetta löydetty siruakaan lähes viiteenkymmeneen vuoteen räjähdysten jälkeen. Ensimmäiset palaset komeetasta, räjähdyksessä sulaneet ja sitten ilmalennon aikana palloksi jähmettyneet hituset, tunnistettiin vuonna 1958. Niiden levinneisyyttä tutkittaessa nähtiin, että ne olivat levinneet laajana sateena suurille alueille putoamispaikan ympärille.

Avaruudesta tulleita hitusia on vaikea löytää itse maanpinnasta, jossa on niin paljon muuta pölyä ja roskaa. Sen sijaan neuvostoliittolaiset tutkijat ovat löytäneet avaruusaineen luonnollisen piilopaikan, turvesuot. Turvekerrosten paksuus soilla lisääntyy joka vuosi. Kun suosta otetaan pitkä pystynäyte, on siinä päällekkäisinä kerroksina eri vuosina syntynyt turve. Kun tutkitaan pölyn määrää tässä pystynäytteessä, huomataan, että juuri vuoden 1908 kerroksissa on pölyä eniten.

Tutkijat ovat ottaneet satoja näytteitä eri paikoista ja eristäneet niistä vuonna 1908 syntyneet turpeet. Näistä turpeenpaloista on sitten saatu esille Tunguskan meteoriitin aineosasia.

Meteoriitin aine on pieninä silikaattipalloina, joiden koko vaihtelee mitättömistä hitusista vajaan millimetrin läpimittaisiin kappaleisiin asti. Maanpäällisestä pölystä hituset erottuvat selvästi, paitsi sulaneen muotonsa, myös kemiallien koostumuksensa takia. Yllättäen koostumus ei ole myöskään samanlainen kuin tavallisissa meteoriiteissa, vaan lasipalloissa on enemmän harvinaisia maametalleja ja raskaita alkuaineita. Samantapaisia koostumuksen muutoksia on havaittu myös muutamien putoamispaikan lähellä kasvavien puiden vuosirenkaista, jotka ovat syntyneet



vuonna 1908.

Avaruuslaiva-ajatuksen puolustajat ovat selittäneet aineen oudon koostumuksen johtuvan avaruusaluksessa käytetyistä eksoottisista materiaaleista. Lähempääkin on selitys pallojen koostumukselle kuitenkin löydettävissä. Viime vuosina tehdyissä rakettkokeissa on nimittäin otettu näytteitä ilmakehän ylimpien kerrosten pölystä ja havaittu siellä sama koostumus: ns. hohtavien yöpilvien pölyssä on myös enemmän raskaita alkuaineita ja harvinaisia maametalleja. (Hohtavat yöpilvet ovat lähes 100 km korkeudella leijuvia pilviä, jotka näkyvät ilta- ja aamuyöllä Auriongon valon osuessa niihin). Tämä onkin luonnollista, sillä hohtavat yöpilvet ja Tunguskan turpeista löydetyt pallot ovat syntyneet samalla tavalla: komeetasta irronnut aine on sulanut maapallon ilmakehässä ja jäähmettynyt uudelleen.

Maaperässä olevien lasipallojen kokonaismäärä on kuitenkin hyvin pieni, korkeintaan muutamia tonneja. Meteoritiin kokonaismäärä maapallon ilmakehään osuessaan oli arviolta satatuhatta tonnia! Katosiko kaikki loppu aine jäljettömästi ilmakehään?

Ei kadonnut. Vuoden 1976 kesällä otetuista näytteistä löydettiin uudentyyppisiä hitusia, jotka auttavat Tunguskan arvoitusten ratkaisua huomattavan askeleen eteenpäin.

Uudet hituset ovat vielä pienempiä kuin tähän asti tunnistetut lasipallot, niiden koko on korkeintaan kymmenesosa millimetriä. Mutta ne eivät ole sulaneita kappaleita, vaan ne ovat alkuperäisiä, avaruudesta asti muuttumattomina säilyneitä sirusia komeetan kiveä. Räjähdyksessä ne hajosivat laajalle alueelle, mutta eivät sulaneet. Niiden kokonaismäärä on myös huomattavasti suurempi kuin lasipallojen: putoamiskohdalta arvioidaan löytyvän tuhansia tonneja pienempiä kivensiruja.

Vielä kolmannentyyppisiä komeetan jäännöksiä on löydetty viime vuosina: teräsvärsäisiä nikkelifraudan muruja.

Kesällä 1977 Tunguskan putoamispaikalla työskenteli noin 80 henkeä, joiden tärkeimpänä tehtävänä oli uusien turvenäytteiden kerääminen näiden avaruuden alkuperäisten aineosasten talteenottamiseksi. Tutkimukset ovat saaneet uutta vauhtia, sillä nyt maapallon tiedemiehillä on ensi kerran hallussaan komeetan ytimeistä irronnutta ainetta samassa muodossa, kuin se on ollut avaruudessa.

Vaikka tutkimukset ovat vielä kesken, Tunguskan komeetan koostumus alkaa selvitä. Pääasiassa vesijään ja lumen muodostamassa pallossa on ollut kiveä, joka muistuttaa lähinnä hiilikondriittia (haurasta hiilipitoista kivimeteoriiittia). Seassa on, kuten kivimeteoriteissa yleensä, ollut myös metallista nikkelifrauta.

Tunguskasta löytyneen avaruusaineen tutkimukset jatkuvat vielä

vuosien ajan ja tuovat varmasti paljon lisävaloa komeettojen rakenteen ja kemian selvittämiseen.

## Sihote-Alinin rautasade

Tunguskan yllä räjähti suurin meteoriitti, jonka putoamista ihmissilmä on ollut todistamassa. Se painoi noin satatuhatta tonnia.

Toiseksi suurin meteoriitti osui sekin Neuvostoliiton alueelle, maan itäisimpään osaan parisataa kilometriä Vladivostokista pohjoiseen. Putoamispaikan mukaan se sai nimen Sihote-Alinin meteoriitti. Kyseessä oli meteoriittisade, sillä maahan satoi raudankappaleita lähes sata tonnia usean neliökilometrin alalle.

Sihote-Alinin meteoriitti ei kuitenkaan aiheuttanut mitään räjähdystä eikä muutenkaan yhtä mahtavia ilmiöitä kuin Tunguskan komeetta. Maanpintaan se kyllä teki kymmenien metrien läpimittaisia kraattereita.

Helmikuun 12. päivän aamuna vuonna 1947 leimahti Itä-Siperian taivaalla näkyviin voimakas tulipallo. Pilvettömältä taivaalta paistavasta Auriongosta huolimatta sen nähtiin häikäisevän kirkkaana valona kiitävän pohjoisesta etelään ja katoavan Sihote-Alinin kukkuloiden taakse. Pari minuuttia myöhemmin kuului kovia pamauksia ja jyrinää.

Yksi silminnäkijöistä oli noin 7 km päässä putoamispaikan eteläpuolella. Hän huomasi ensimmäiseksi voimakkaan hehkun ja Aurinkoa kirkkaamman valon, joka häikäisi silmiä. Se oli korkealla taivaalla ja katosi samassa paksuun mustaan savupilveen, joka laskeutui jyrkästi maata kohti. Kun pölyjuova oli kadonnut metsän taakse, sieltä pöllähti näkyviin musta savupilvi, joka näytti kohoavan ylöspäin. Sitten kuului räjähdys, joka sai maan tärisemään, ravisteli taloja ja rikkoi ikkunoita. Kymmenkunnan räjähdysten jälkeen kuului rätinää, joka muistutti konekiväärin ääntä. Se tuntui loittonevan ja sammui vasta kymmenen minuuttia myöhemmin. Tällöin savupilvi oli harventunut ja muuttunut punertavaksi.

Toinen havaitsija, joka oli yhdeksän kilometrin päässä putoamispaikalta etelään, näki tulipallon särkyvän osiin lentonsa loppuvaiheissa. "Valkohehkuiset kappaleet putosivat jyrkästi alas tiheässä rykelmässä joka hajosi niiden pudotessa viuhkaksi".

Tulipallon jäljiltä taivaalle jäi musta, tiheä pölypilvi, jonka aiheuttivat lukemattomat meteoriittista irronneet pölypisarat. Pilvi oli aluksi suora, mutta alkoi nopeasti tuulten vaikutuksesta muuttua kiemurtelevaksi. Se oli selvästi näkyvissä vielä useita tunteja putoamisen jälkeen.

Meteoritiin osumiskohta oli syvällä Itä-Siperian taigassa. Ensimmäisenä sen löysi kaksi lentäjää, jotka näkivät koskemattoman lumen kes-





*Sihote-Alinin meteoriitin putoamisen näki myös eräs taiteilija Medvedev, joka teki näkemästään tämän maalauksen. (Kuva APN).*

kellä ruskeita kraattereita, katkenneita puita ja kraattereista sinkoutunutta maata.

Kaksi viikkoa putoamisen jälkeen onnistui ensimmäisten tutkijoiden päästä lumen läpi kraattereille. He totesivat heti, että paikalle oli pudonnut suuri rautameteoriittisade.

Neuvostoliiton tiedeakatemia järjesti paikan tutkimista varten retkikunnan, joka saapui putoamiskohdalle huhtikuun lopulla. E.L.Krinov, joka oli yksi retkikunnan johtajista, kertoo vaikutelmistaan seuraavasti:

”Kun saavuimme kraattereille, katseemme kohtasi vaikuttavan näyn. Edessämme oli mahtava kattila, suurin kraatteri joka oli 26,5 m läpimitaltaan ja 6 m syvä. Kraatterin sisäseinämät olivat täynnä murskaantuneen kallion kappaleita ja savea. Samanlaisia kiviä oli sironneena monen metrin säteelle kraatterin ympärille. Puut jotka olivat vielä pystyssä kraatterin lähellä muistuttivat jättiläismäisiä puhelinpylväitä, sillä niiden latvat ja oksat olivat silpoutuneet irti. Monet puut olivat juurineen kaatuneet, ja oksista ja rungoista oli vain kappaleita jäljellä; jotkut puunkappaleet jopa roikkuivat toisten, vahingoittumattomien puiden oksista.

Kun kuljimme kraatterilta toiselle, näimme huomattavan osan siitä alueesta, joka oli kärsinyt suurimman hävityksen meteoriitinpalasten putoamisesta. Suurten kraatterien välissä oli siellä täällä pienempiä, tuskin huomattavia puolen metrin ja vieläkin pienempiä kraattereita. Kraatterien välissä oli maanpinnalla paikoitellen paksu peite murskautuneita puunkappaleita.”

Ensimmäinen retkikunta totesi meteoriittisateen levinneen ellipsinmuotoiselle alueelle, jonka pituus pohjois-eteläsuunnassa oli noin kaksi kilometriä ja leveys noin kilometri. Tältä alueelta löytyi parisataa kraatteria ja lisäksi satoja ilman jälkiä pudonneita meteoriitinkappaleita. Yli kymmenen metrin läpimittaisia kraattereita oli pari tusinaa. Valtaosa kraattereista oli metrin parin läpimittaisia.

Kraattereissa ei näkynyt missään merkkejä räjähdyksestä. Ne olivat kaikki syntyneet suurten rautakappaleiden iskeytyessä suurella nopeudella maahan ja särkiessä allaolevaa kalliota. Törmäyksessä olivat sekä meteoriitit että kallio hajonneet pieniksi palasiksi. Vain pienemmistä kraattereista löytyi ehjiä meteoriitteja.

Kaikki suurimmat kraatterit olivat hajoamisellipsin eteläpäässä. Sen pohjoispäässä oli metsä melkein vahingoittumaton, mutta maasta löytyi satoja ja tuhansia pieniä meteoriitinmuruja.

Kevään 1947 retkikuntaa seurasi vielä vuosina 1948–50 kolme muuta, jotka kartoittivat alueen tarkemmin, tutkivat useita kraattereita ja kaivoivat esiin suurempia meteoriitteja. Monet meteoriitit olivat tehneet kraatterin pohjalle käytävän, jonka pohjalta ne sitten löydettiin. Muu-



tamat rautamöykyt olivat tunkeutuneet jopa kymmenen metriä kraatterin pohjan alle.

Koska putoamispaikalla oli kasvanut tiheä metsä, monet meteoriitit olivat osuneet puihin. Kymmenkunta meteoriitinpalaa oli löydettyäessä tunkeutuneena puun runkoihin. Joissain puissa näkyi pienen meteoriitin tekemä reikä läpi koko paksun rungon. Puihin syntyneistä rei'istä voitiin todeta meteoriittien pudonneen noin 30 asteen kulmassa pystysuuntaan nähden.

Vuoden 1950 retkikunnan jälkeen tutkimustyö putoamispaikalla keskeytettiin ja kertynyt aineisto käytiin Moskovassa läpi ja tutkittiin useissa eri laitoksissa. Näistä tuloksista julkaistiin 60-luvun alussa kaksiosainen kirja.

Vuonna 1967 tutkijat kuitenkin palasivat Sihote-Alinin meteoriitin putoamispaikalle, ja sen jälkeen kraatterikenttää tutkittiin joka syksy vuoteen 1975 asti.

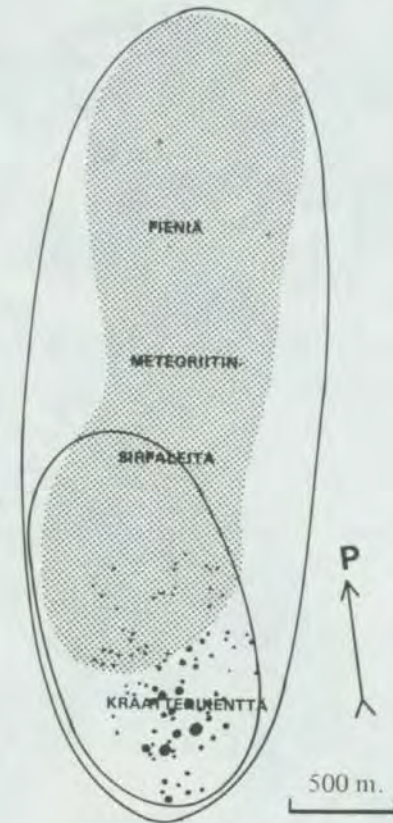
Uusimpien retkikuntien tärkeimpiä löytöjä oli huomio, että meteoriittisateen sirontakenttä olikin paljon suurempi kuin oli luultu. Kesällä 1975 alkoi yllättäen löytyä pieniä meteoriitinkappaleita entisen hajontakentän pohjoispuolelta. Koko alue käytiin läpi metallinilmäisimillä, ja pohjoisosista löytyi satoja rautamurusia. Niiden kokonaismäärä vastalöydetyllä alueella on arvioiden mukaan useita tonneja.

Minkälainen kappale Sihote-Alinin meteoriitti alkuaan oli? Kyseessä oli pieni asteroidi eli pikkuplaneetta, läpimitaltaan muutamia metrejä. Kappaleen alkuperäinen rata avaruudessa saatiin havaintojen perusteella lasketuksi, ja sen todettiin olevan ellipsi, jonka kaukaisin piste (apheli) on Marsin radan takana asteroidivyöhykkeellä ja radan sisin piste (periheli) Maan radan kohdalla.

Meteoriitti oli melkein puhdasta nikkeliä (93 % rautaa, 6 % nikkeliä). Sihote-Alinin rautameteoriitin eräs ominaisuus oli aineksen epätasaisuus. Koko kappale oli koostunut erikokoisista ja erimuotoisista rautaosista, jotka muodostivat mutkikkaita kuvioita. Meteoriitin eri osat eivät olleet sulautuneet kovin tiukasti toisiinsa kiinni, mikä selittää meteoriitin hajoamisen lukemattomiin osiin.

Koko kappale oli avaruudessa noin sadan tonnin painoinen. Se pysyi yhtenä kimpaleena ilmakehän tiheimpiin kerroksiin asti, mutta täällä, ehkä alle 20 km korkeudessa, hajoaminen oli nopeaa. Viimeisiä särkyisiä tapahtui vielä aivan maanpinnan tuntumassa. Esimerkiksi suurin kraatteri, joka oli 26 metrin läpimittainen, oli syntynyt arviolta viiden erillisen meteoriitinkappaleen törmäyksestä.

Maanpinnalle satanut rautamäärä oli arvioiden mukaan 70 tonnia. Ensimmäiset retkikunnat keräsivät tästä talteen 23 tonnia ja uudemmat



*Sihote-Alinin meteoriitti putoi maahan suurena sateena, joka levitti rautaa useiden neliökilometrien alueelle. Suurimmat kraatterit löytyivät hajoamisellipsin eteläpäästä, koska meteoriitti oli tullut pohjoisesta. Pienemmän ellipsin alueelta löydettiin meteoriitinkappaleita vuosien 1947–50 retkikuntien aikana, suurempi ellipsi saatiin selville kesällä 1975. (Mukailltu E.L.Krinovin artikkelista, Zemlja i Vselenaja 5/1976).*

retkikunnat vielä viitisen tonnia lisää. Maastossa on kätkössä siis edelleen yli 40 tonnia meteoriitinkappaleita.

Useimmat meteoriitinkappaleet särkyivät maanpintaan osuessaan yhä pienemmiksi osiksi. Suurin ehjäksi jäänyt raudankappale painoi 1745 kg. Se löytyi vajaan neljän metrin läpimittaisen kraatterin pohjalta, jonka alle se oli kaivanut yli kolmen metrin pituisen käytävän.

Seuraavaksi suurimmat ehjäksi jääneet meteoriitinpalat painoivat 500 ja 450 kg.

Sihote-Alin on ensimmäinen suuri rautameteoriitti, jota on päästy tutkimaan heti putoamisen jälkeen. Ensimmäisillä retkikunnilla oli edessään täysin tuoreena laajan rautasateen jäljet. Siksi putoamisalueen tutkiminen on paljon selvittänyt tietojamme meteoriittien putoamisilmiöstä ja sen vaikutuksista.



## 8. ARPIA MAAPALLON PINNALLA

Tunguskan meteoriitti oli puolen kilometrin läpimittainen, mutta tavattoman harvaa ainetta. Sihote-Alinin rautameteoriitin läpimitta oli taas vain kolmisen metriä. Mitä tapahtuisi, jos maapalloon törmäisi Tunguskan komeetan kokoinen kappale, jolla olisi raudan lujuus?

Tällaisia törmäyksiä maapallo on kokenut. Niiden jälkinä nähdään maan pinnassa sadoittain suuria kraattereita, joista ehkä tunnetuin on Arizonassa sijaitseva kraatteri.

### Arizonan meteoriittikraatteri

Arizonassa, Yhdysvaltain lounaisosassa, on keskellä laakeaa tasankoa mahtava kattilalaakso. Sen läpimitta on noin 1,2 kilometriä ja syvyys lähes 200 metriä. Kuopan ympärillä kohoaa reunus, joka nousee 30–50 metriä ympäröivän tasangon yläpuolelle.

Tämä kuoppa herätti tutkijoiden huomiota ensi kerran 1800-luvun lopulla, kun sen ympäristöstä löytyi raudankappaleita. Nämä raudat todettiin pian meteoriitinpalasiksi.

Vaikka jo ensimmäisillä tutkijoilla oli mielessään ajatus, että kraatteri on voinut syntyä valtavan meteoriitin iskusta, tämä ajatus ei saanut kannatusta. Tuohon aikaan meteoriittitutkimus oli vasta alkuasteillaan, ja suurimmat löydetty meteoriitit olivat muutamien tonnien painoisia. Minäkään meteoriitin ei tiedetty pudotessaan tehneen juuri metriä suurempaa kraatteria, ja siksi oli hyvin vaikeaa ajatella kilometrin läpimittaisten kraatterien syntyä avaruuskappaleiden törmäyksestä.

*Lappajärvi satelliitin kuvaamana. Lappajärven kohdalla sijaitsee Suomen ainoa varma meteoriittikraatteri tunnistettu muodostuma. Sen läpimitta on runsaat 15 km. Kuva on otettu helmikuun 24. päivänä 1973 ja järvet näkyvät lumen ansiosta valkoisina. Kuvan vasen reuna kulkee suunnilleen Kauhavan ja Lapuan kohdalla. Yläreunassa keskikohdasta vasempaan on Evijärvi, ja oikeassa alareunassa näkyy etelä-pohjoissuunnassa kulkevaa Ähtärinjärveä. Kuvan otti amerikkalainen Landsat (ERTS) 1-tekokuu noin 900 km korkeudesta. (Maanmittaushallituksen Ilmakuva-toimisto).*





Vielä pitkälle 1900-luvulle Arizonan kraatterin arveltiin syntyneen maan alle keräytyneen kaasun räjähtämisestä, ja läheltä löydettyjen meteoriittien arveltiin sattumalta pudonneen samaan kohtaan.

Innokkaat keräilijät kokosivat kraatterin ympäriltä tonneittain raudanpaloja ja myivät ne museoihin ja muihin kokoelmiin. Rautakappaleiden koko vaihteli mitättömistä siruista yli 600 kilon painoisiiin möhkäleisiin. Meteoriittia kutsuttiin nimellä Cañon Diablo lähimmän asutuspaikan mukaan.

Cañon Diablon meteoriitti herätti erään kaivosinsinöörin, Daniel M.Barringerin, kiinnostuksen. Hän tuli omista tutkimuksissaan siihen tulokseen, että kraatteri on ehdottomasti syntynyt valtavasta meteoriitista. Barringer hankki omistukseensa kraatterin ja sitä ympäröivät maa-alueet ja aloitti koeporaukset. Niiden tarkoituksena oli meteoriitin pääosan löytäminen.

Barringer samoin kuin useimmat muutkin tuohon aikaan olivat sitä mieltä, että kraatterin aiheuttanut rautameteoriitti oli edelleen ehjänä maan sisällä kraatterin alla tai välittömässä läheisyydessä.

Koeporaukset kuopan pohjalla osoittivat, että sen rakenne oli aivan samanlainen kuin suurten ammusten aiheuttamien räjähdyskuoppien. Kraatterin alla oli murskautunutta kiveä ja kalliota useita satoja metrejä ennen kuin alkoi ehjä kalliopohja. Mistään tuliperäisestä toiminnasta ei havaittu jälkeäkään.

Barringer ei kuitenkaan löytänyt odottamaansa rautameteoriittia kraatterin pohjan alta. Tehdessään kokeita mutaan ammutuilla ammuksilla hän oli keksivinänsä syynkin tähän: tulivatpa ammuksat mistä suunnasta tahansa, ne aiheuttivat aina pyöreän kraatterin. Itse ammus saattoi upota kauaksikin kraatterin reunojen ulkopuolelle.

Barringer arveli kraatterin ja sen reunan muodosta, että meteoriitti ei ollutkaan tullut pystysuoraan, vaan melko loivassa kulmassa maata kohti. Hän päätteli, että se oli tullut pohjoisesta ja siksi sen pitäisi löytyä kraatterin eteläreunan alta.

Vuonna 1923 tehdystä porauksessa meteoriitti näyttikin löytyvän. Kraatterin eteläreunaan tehty porausreikä saavutti 420 metrin syvyyden, kun se kohtasi niin kovaa ainetta, että poraus täytyi keskeyttää. Oliko meteoriitti täällä?

Vuosisadan alun arviot meteoriitin koosta vaihtelivat sadoista metreistä jopa yli kilometriin. Tämä olisi merkinnyt miljoonien tonniin rautakappaletta, jolla olisi ollut jo hyvin merkittävä kaupallinen arvo.

Barringer yritti järjestää olettamansa meteoriitin kaivaukset, mutta rahojen puute ja maassa kohdattu pohjavesi, jota ei saatu pumpatuksi pois, estivät hankkeen.



*Arizonan meteoriittikraatteri on noin 1,2 km leveä ja 200 m syvä. Se syntyi parikymmentätuhatta vuotta sitten suuren meteoriitin räjähdyksestä.*

Tällä välin olivat tähtitieteilijät teoreettisin laskuin alkaneet epäillä meteoriitin olemassaoloa. Jo 1908 oli meteoriittitutkija G.P.Merrill arvelut, että Barringerin epäonnistuminen johtui siitä, että meteoriitti oli maahan törmätessään höyrystynyt hajalle.

Kaksikymmentä vuotta myöhemmin, kun Arizonan kraatterin ”taivaallinen” alkuperä jo yleisesti hyväksyttiin, laski tähtitieteilijä F.R.Moulton tällaisen meteoriitin kohtalon tarkemmin. Hän ensinnäkin totesi, että tuhansien tonniin suuruiset massat eivät juuri hidastu ilmakehän läpi tullessaan. Koska Arizonan meteoriitti oli tunkeutunut parinsadan metrin syvyydelle kovaan kalliioon ja koska Moultonin mukaan ilmakehä vastaa vain noin neljää metriä kalliota, oli meteoriitilla maahan osuessaan ollut vielä täysi kosminen nopeus.

Moulton kirjoittaa: ”Osumisnopeudella 20 km/s maanpinnan vastuksen on täytynyt olla  $32 \times 10^9$  g/cm<sup>2</sup>. Nopeudella 14 km/s vastuksen on





Arizonan meteoriittikraatterin pohjaa (yllä) ja reunaa (alla). (Kuvat Birger Wiik).



täytynyt olla puolet tästä arvosta. Kummassakin tapauksessa paineen on täytynyt olla tarpeeksi korkea hajottaakseen koko meteoriitin aineen ikään kuin se olisi ollut kaasua. Sekunnin kymmenesosassa vapautunut energia on ollut kyllin suuri haihduttaakseen sekä meteoriitin että kallion osumiskohdalta, ja tässä on täytynyt tapahtua valtava räjähdys, jossa on muodostunut pyöreä kraatteri riippumatta siitä mistä suunnasta meteoriitti on tullut. Maahan jäänyt kraatteri olisi ainoa jälki kosmisesta prosessista, joka täällä oli tapahtunut.”

Myöhemmät laskelmat ovat osoittaneet Moultonin tuloksen täysin oikeaksi. Niinpä tämän jälkeen ei enää ihmetelty, miksei itse suurta meteoriittia löytynyt, vaan paremminkin oltiin hämmästyneitä, että valtavasta energiasta huolimatta suuriakin raudankappaleita oli räjähdyksessä säilynyt ehjinä. Ne olivat joko irronneet meteoriitista juuri ennen maahan osumista tai sinkoutuneet erilleen sen takaosasta ennen räjähdysen suurinta tuhoa.

Meteoriitinsirpaleita on edelleen maassa kaikkialla Arizonan kraatterin ympärillä. Niiden etsiminen on tavallista puuhaa paikalle tulleille turisteille, ja usein heidän vaivansa palkitaan pienellä hapettuneella rautasirulla. Tunnistettavien meteoriitinkappaleiden lisäksi maassa on tutkimusten mukaan tonneittain meteoriitin ainetta ohuena pölynä.

Arizonan meteoriittikraatteri on tuoreimpia maapallon suurista kraattereista. Sen iäksi on arvioitu parikymmentätuhatta vuotta; se on siis syntynyt vähän ennen kuin ihminen asettui asumaan näille seuduille.

Käsitykset meteoriitin alkuperäisestä koosta ja massasta vaihtelevat. Jotkut tukijat ovat sitä mieltä, että kyseessä on ollut meteoriittiparvi, johon jo avaruudessa on kuulunut monia erillisiä kappaleita. Tällaisen säilyminen Auringon kiertoradalla on kuitenkin epätodennäköistä. Luultavasti meteoriitti on ollut yhtenäinen rautamökkäle, pieni asteroidi, joka on ilmalentonsa aikana ja maahan osuessaan hajonnut.

Asteroidin massa on ollut luultavasti sadantuhannen tonnin luokkaa, siis suunnilleen sama kuin Tunguskan komeetan. Suuresta tiheydestä johtuen sen läpimitta ei kuitenkaan ole ollut kuin kolmisenkymmentä metriä.

### Kallio räjähtää

Kuinka kolmenkymmenen metrin läpimittainen kappale voi maahan törmätessään aiheuttaa kilometrin suuruisen kraatterin?

Selitys on meteoriitin valtavassa nopeudessa. Kuten tässä kirjassa aikaisemmin on mainittu, meteoriitit voivat osua ilmakehään jopa 70 kilometrin sekuntinopeudella. Tyypillinen osumisnopeus on parikymmentä



kilometriä sekunnissa. Tällaisen kappaleen massan ei tarvitse olla kovin-kaan suuri, ennen kuin sillä on jo valtava liike-energia. Energia on suoraan verrannollinen massaansa, mutta myös suoraan verrannollinen nopeuden toiseen potenssiin. Nopeuden kasvaessa kappaleen energia siten hyvin nopeasti kasvaa "tähtitieteellisiin" lukuihin.

Sadantuhannen tonnin painoisen avaruuskappaleen energia vastaa suurimpien vetypommin tehoa. Kun tämä energia hetkessä vapautuu meteoriitin iskiessä kalliioon, vaikutus on samanlainen kuin vetypommin räjähdys. Niinpä avaruuskappaleen vaikutusteho ei niinkään riipu sen läpimitasta, vaan ennen kaikkea nopeudesta.

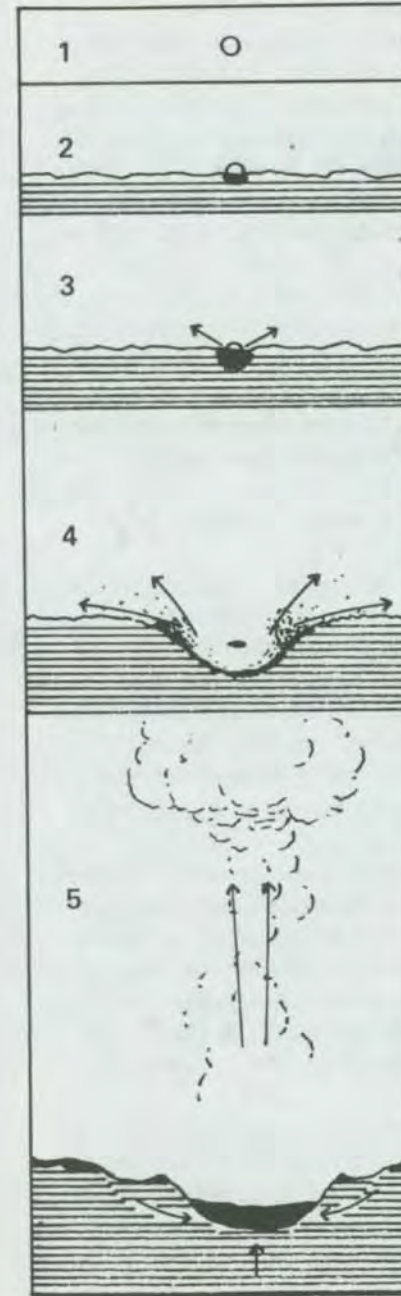
Meteoriittikraatterien syntyä on pystytty tarkemmin tutkimaan vasta viime vuosikymmeninä, kun on saatu koetuloksia ihmisen itsensä aikaansaamista jättiläisräjähdyksistä: ydinlatauksista. Maan alla räjäytetty vetypommi synnyttää aivan samanlaisen kraatterin kuin jättiläismeteoriitti. Esimerkkinä voi olla heinäkuussa 1962 Yhdysvalloissa suoritettu ydinkoe. Maan alla kahdensadan metrin syvyydessä räjäytettiin 100 kilotonnin lämpöydinpommi. Kun räjähdys pölypilvi oli haihtunut, tutkijat näkivät tasangolla 400 metrin läpimittaisen, 100 metrin syvyyden kuopan, jonka reunavalleina oli ulossinkoutunutta kalliota. Kiveä ja hiekkaa oli lentänyt satojen metrien päähän kraatterista.

Mitä tarkemmin sanottuna tapahtuu, kun kosmisella nopeudella tuleva meteoriitti kohtaa maan pinnan? Tämä räjähdysprosessi on niin nopea, että sen tutkimisessa on ollut vaikeuksia. Pääkohdat on kuitenkin selvitetty.

Meteoriitin koskettaessa maanpintaa suurella nopeudella kosketuskohdasta lähtee liikkeelle tavattoman voimakkaita ääntä nopeampia paineaaltoja, ns. shokkiaaltoja. Ne aiheuttavat kalliissa voimakkaita muutoksia, koska paine voi sekunnin murto-osaksi nousta miljooniin ilmakehiin. Paineaallot etenevät myös itse meteoriitissa, joka alkaa muuttua muotoaan, särkyä kappaleiksi ja nopeasti höyrystyä.

Meteoriitin ja maanpinnan kosketuskohdasta sinkoaa ulos ainetta nopeudella, joka voi olla monta kertaa suurempi kuin meteoriitin tulo-nopeus. Tässä aineessa on kalliion ja meteoriitin sulaneita hehkuvia kappaleita sekä tulikuumaa kaasua. Silmänräpäyksessä ulossinkoutuva ainevirta aiheuttaa nopean "törmäysvälähdyksen", joka iskeytymishetkellä nähdään.

Nyt alkaa törmäysprosessin kaivautumisvaihe. Shokkiaalto ja painevaikutukset etenevät säteittäisesti pois päin törmäyskohdasta ja kuljettavat mukanaan meteoriitin alkuperäistä liike-energiaa. Voimakkain energiarintama etenee nopeasti törmäyskohdasta kauemmaksi ja laajetessaan heikkenee. Painevaikutukseen liittyy myös lämpötilan voimakasta nousua



Näin syntyy 25 km läpimittainen meteoriittikraatteri. (Mukailtu lehtisestä *Das Nördlinger Ries, Ein Meteoritenkrater*).

1. Meteoriitti lähestyy. Se voi olla 600 m läpimittainen rautameteoriitti, 1200 m läpimittainen kivi tai 1500 m läpimittainen komeetan ydin.
2. Meteoriitti törmää maanpintaan. Osumisnopeus voi olla noin 30 km/s eli 100 000 km/h.
3. Meteoriitti tunkeutuu maan pintakerrokseen. Voimakas paineaalto (shokkirintama) alkaa levitä osumiskohdasta. Se puristaa hetkessä meteoriitin ja kiven kokoon jopa neljäsosaan alkuperäisestä tilavuudesta ja kuumentaa ne ehkä 30 000 asteeseen. Törmäyksessä rikkoutunutta ainetta alkaa sinkoutua ilmaan.
4. Meteoriitti pysähtyy. Se on tunkeutunut jopa kilometrin syvyyteen. Meteoriitti ja ympäröivä kallio yli 1 km säteellä kokevat äärimmäisen paineen ja kuumuuden: ne muuttuvat kokonaan kaasuksi. Kauempana osumiskohdasta kallio vain sulaa ja vielä kauempana kokee vain mekaanisia muodonmuutoksia. Meteoriitin ja kalliion silmänräpäyksellinen räjähtäminen heittää sulanutta ja rikkoutunutta kiveä suurella nopeudella ulospäin. Maahan on muodostunut jopa 3 km syvä kuoppa, ja ainetta lentää jopa 40 km päähän räjähdyskohdasta.
5. Kraatteri muuttuu muotoaan. Suhteellisen pieni pyöreä räjähdyskraatteri levenee tämän sortuessa ja tasoittuu kalliion noustessa kraatterin kohdalla ylöspäin. Ilmaan kohoaa räjähdys jäljiltä suuri sieni-pilvi.



ja kallion sulamista. Itse meteoriitti on räjähtänyt kokonaan kaasuksi.

Paineaalto pyrkii ajamaan rikkoutunutta kalliota törmäyskohdasta säteittäisesti pois päin, mutta koska alla on vastassa kiinteä kallio, voimien vaikutussuunta muuttuu kraatterin seinämän suuntaiseksi. Alussa ainetta sinkoutuu ulos melkein vaakasuoraan, mutta kraatterin syventyessä sinkoutumissuunta muuttuu yhä pystymmäksi. Melkein kaikki aine syöksyy ulos kraatterin ulkoreunoja pitkin, keskeltä ei nouse mitään ainetta. Ulossinkoutuva kivi on joko sulanutta, osittain sulanutta tai vain rikkoutunutta.

Kun painevaikutus on lyhyessä ajassa kuluttanut voimansa loppuun, kraatteri on saanut tyypillisen maljamaisen muotonsa. Törmäyksen alkamisesta on kulunut vain sekunnin murto-osa ja suurin osa ulossinkoutuneesta aineesta on edelleen ilmalennossa. Siitä suuri osa putoaa kraatterin ulkopuolelle ja reunoille, mutta huomattava osa loppuvaiheessa lähtenyt ainetta myös itse kraatterin sisään. Se muodostaa irtonaisen maapeitteen näkyvän kraatterin pohjalle. Osa sulaneesta materiaalista pysyy kraatterissa räjähdysaikana ja muodostaa muuhun aineeseen sekoittuneena laavamaista kiveä.

Nyt seuraa vielä voimakas muodonmuutosvaihe. Kraatterin reunoissa tapahtuu materiaalin laajamittaista vyörymistä. Kraatterin keskustassa kovimmalle rasitukselle joutunut kallio ponnahtaa paineaallon jälkeen takaisin ylöspäin ja voi muodostaa ns. keskuskohouman. Tämä on kraatterin keskellä oleva kalliosta ja irtonaisista lohkarista muodostunut kukkula, jonka korkeus voi olla kymmeniä tai jopa satoja metrejä. Keskuskohouma on tyypillinen varsinkin suurimmille kraattereille. Sellainen tavataan miltei kaikissa yli kymmenen kilometrin läpimittaisissa kraattereissa.

Itse törmäyksen jälkeen alkaa kraatterin rapautuminen. Erilaiset säätekijät muovaavat syntynyttä maljaa. Lisäksi pitkällä aikavälillä monet muut Maan päällä vaikuttavat tekijät pyrkivät madaltamaan ja tasoittamaan kraatteria ja kätkemään sen olemassaolon. Suurimmat kraatterit madaltuvat alueen kallioperän pyrkiessä tasapainoon. Törmäys voi herättää kalliosta tuliperäistä toimintaa, joka voi täyttää kraatteria laavalla. Jäätiköt voivat höylätä kraatterin seinämiä matalammiksi ja loivemmiksi ja täyttää sen keskustaa.

Kaiken kaikkiaan voi vuosituhansien tai vuosimiljoonien jälkeen meteoriittikraatteri olla hyvin vaikeasti tunnistettavissa. Siksi ei ole mikään ihme, että vielä tämän vuosisadan alussa useimmat tiedemiehet kielsivät koko meteoriittien törmäysjälkien olemassaolon. Vasta Arizonan kraatterin varma tunnistaminen meteoriitin räjähdysaikana aiheuttamaksi ja joidenkin muiden selvien meteoriittikraatterien löytyminen sai yleisen

mielipiteen kääntymään tälle ajatukselle suosiolliseksi.

Tällä hetkellä maapallolta tunnetaan parisataa meteoriittikraatteria, ja uusia löydetään vuosittain. Meillä Suomessakin on yksi mahtava törmäyskraatteri, Lappajärvi.

## Lappajärven kraatteri

Lappajärvi sijaitsee eteläisellä Pohjanmaalla noin 100 km Vaasasta itään. Itse järvi on runsaat 20 km pitkä ja yli 10 km leveä. Se sijaitsee melko tasaisella maalla, johon järven kohdalle on kuitenkin muodostunut pyöreä, noin 15 km läpimittainen syvennys. Tämän syvennyksen keski-kohta on järven keskellä olevan Kärnänsaaren eteläpäässä. Järven pohjois- ja eteläkärki jäävät syvennyksen ulkopuolelle. (Kts. kartta s. 153).

Lappajärven kirkonkylä sijaitsee järven luoteisrannalla, ja järven itäpuolella on Vimpelin kirkonkylä.

Lappajärven kiinnitettiin huomiota jo viime vuosisadalla, kun sieltä löytyi outoa laavamaista kiveä. Tälle kiville annettiin 1900-luvun alussa nimi *kärnäiitti* ja sen arveltiin syntyneen tuliperäisten toimintojen tuloksena.

Vasta 1950-luvulla, kun maapallolta oli jo löydetty tusinan verran suuria meteoriittikraattereita, ehdotettiin myös Lappajärven syntyneen törmäyksestä. Todisteita tämän asian puolesta esitti mm. ruotsalainen tutkija N.B.Svensson, mutta varmuus saatiin vasta tohtori Martti Lehtisen tutkimuksilla tällä vuosikymmenellä. Hän julkaisi vuonna 1976 väitöskirjassaan pitkien ja tarkkojen tutkimusten tulokset, jotka selvästi osoittavat Lappajärven syntyneen suuren meteoriitin räjähtämisestä. Lisävaloa kraatterin muotoon ja syvyyteen saatiin vielä Geologisen tutkimuslaitoksen painovoimatutkimuksista.

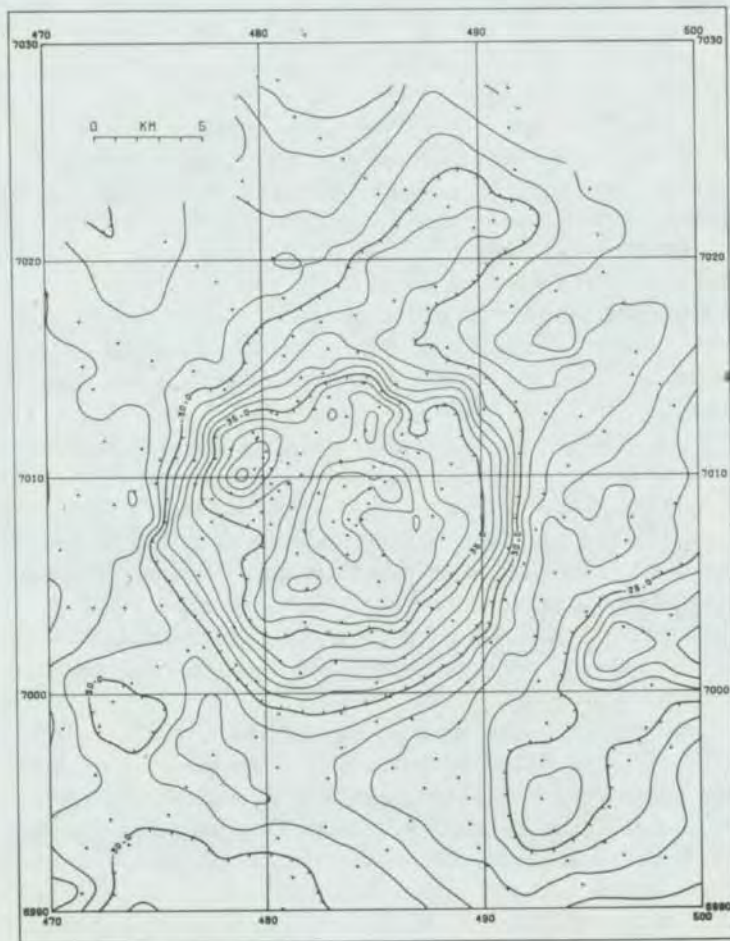
Lehtinen löysi Lappajärven kraatterista kaikki voimakkaan räjähdysluonteenomaiset merkit. Sieltä löytyi rikkoutuneita ja iskussa rakenteensa muuttaneita kiviä; kivenpalasista ja kivijauhosta syntynyttä seoskiveä; ns. sueviittia, joka on muodostunut räjähdyksessä ilmaan lentäneistä kivensiruista ja sulaneesta kivistä; kärnäiittiä, joka syntyi sulaneen kiven ja ehjiksi jääneiden sirpaleiden sekoittuessa ja jähmettyessä kraatterin pohjalla; ns. coesiittia, mineraalia, joka voi syntyä vain tavattoman korkeassa paineessa; ja monia muita merkkejä joita on tavattu vain suurissa meteoriittikraattereissa.

Lehtinen laski törmäyksen kokonaisenergian sen perusteella, paljonko laavamaista kiveä, kärnäiittiä, räjähdyksessä syntyi. Hän arvioi syntyneen kivisulan määräksi yhden tai pari kuutiokilometriä, mikä vastaisi noin



10<sup>20</sup> joulen energiaa. Tämä on sama kuin kymmenellä voimakkaalla ydinpommilla, ja se pystyy synnyttämään 10–15 km läpimittaisen kraatterin.

Geologisen tutkimuslaitoksen painovoimamittauksissa todettiin, että painovoima Lappajärven kohdalla on normaalia pienempi. Tämä merkitsee sitä, että tällä kohtaa on maan pintaosissa harvempaa kiveä kuin ympäri-



Geologisen tutkimuslaitoksen mitaama Lappajärven painovoimakartta (ns. Bouguer-anomaliakartta), joka heijastaa kallioperän ja maaperän tiheysvaihteluja. Käyrävälä on 1 mgal. Lappajärven kohdalla on selvä kraatteri, jonka läpimitta on 17 km ja keskipiste Kärnänsaaren itärannalla. (Kuva Seppo Elo, *A study of the gravity anomaly associated with Lake Lappajärvi, Finland*).

vässä kallioperässä. Painovoimahäiriö rajoittuu ympyränmuotoiselle alueelle, jonka halkaisija on noin 17 km ja keskipiste sijaitsee Kärnänsaaren itäpuolella rannan tuntumassa n. 4 km saaren eteläkärjestä pohjoiseen.

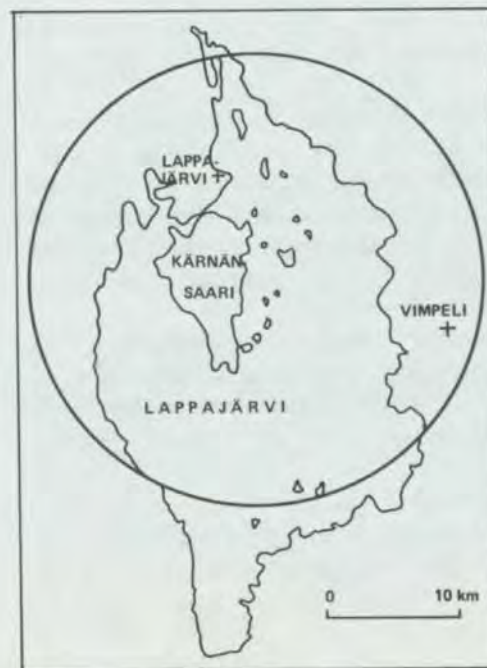
Painovoimahäiriön perusteella voidaan laskea, että Lappajärven kohdalla on kymmenien miljardien tonnin massavajaus.

Painovoimahäiriön yksityiskohdat viittaavat siihen, että Lappajärven törmäyskraatterissa on isoille kraattereille luonteenomainen keskuskouma Kärnänsaaren pohjoisosan kohdalla.

Kraatteri ei ole enää suinkaan samassa muodossa kuin syntyessään. Jääkaudet ovat muokanneet maanpintaa suuresti. Kraatterin luoteisosa on täytynyt muualta tulleesta aineksesta, ja toisaalta törmäyksessä syntyneitä kiviä ja muuta ainesta on kulkeutunut kauaksi Lappajärven etelä- ja kaakkoispuolelle. Kraatterista peräisin olevia kiviä on löytynyt jopa satojen kilometrien päästä.

Koska Lappajärvellä ei ole tehty kairauksia, kraatterin sisäosien rakenne ei ole täysin varmasti selvillä. Muista suurista kraattereista saadut tulokset kertovat kuitenkin jotain myös Lappajärvestä.

Kärnäniitti, laavamainen kivilaji, on järven pohjalla laakeana linssinä. Sen alla on räjähdyksessä hajonnutta ja sekoittunutta kiveä, jonka ti-



Meteoriittikraatterin sijainti nykyisen Lappajärven suhteen. Järven etelä- ja pohjoiskärki jäävät kraatterin ulkopuolelle.





*Lappajärven maisemia. Kuvat on otettu järven kaakkoispuolella olevan Pyhävuoren laelta näkötorjasta. Kärnäsaari näkyy kahden etualalla olevan saaren takana. Sen eteläkärki on pienemmän saaren vasemman reunan kohdalla. (Kuvat Martti Lehtinen).*

heys on pienempi kuin ympäröivän kallion. Ehkä vasta parin kilometrin syvyydessä alkaa ehjänä säilynyt kalliopohja.

Syntynyt kraatteri on muuta maastoa matalampana kuoppana ollut luonnollinen vesien kerääntymiskohta, ja näin paikalle on muodostunut Lappajärvi.

Kuinka kauan sitten ja millaisen kappaleen törmäyksestä Lappajärven kraatteri on muodostunut? Radioaktiivisia iänmäärittäjiä ei kraatterin syntyhetkestä ole tehty, mutta sitä voidaan verrata muihin samantyyppisiin muodostelmiin. Esimerkiksi Ruotsissa oleva Mien-kraatteri on noin 100 miljoonaa vuotta vanha, ja Lehtinen arvioi muutamista seikoista sen olevan nuorempi kuin Lappajärvi. Niinpä Lappajärven iäksi voidaan olettaa noin 200–400 miljoonaa vuotta.

Lappajärvi on siten hyvin vanha kraatteri. Koko ihmiskunnan ikä lasketaan vain muutamaksi miljoonaksi vuodeksi ja asutusta on näillä seuduilla ollut vain joitain tuhansia vuosia, joten ihmisen läsnäolo muodostaa Lappajärven kraatterin historiassa vain mitättömän lyhyen loppuhetken.

Kraatterin aiheuttajasta on saatu vihjeitä tutkimalla alueen kivien kemiallista koostumusta. Tutkimuksissa on todettu kärnäiitissä ja sueviitissä jopa kymmenen kertaa suurempia nikkelpitoisuuksia kuin ympäröivän alueen kivilajeissa. Tästä Lehtinen pääättelee, että avaruudesta tullut kappale on mahdollisesti ollut mahtava rautameteoriitti.

## Suuret kraatterit

Olemme kuvanneet maapallon meteoriittikraattereista vasta tunnetuimman, Arizonan kraatterin, ja läheisimmän, Lappajärven. Kraattereita on maan pinnalla kuitenkin löydettävissä tuhansia, vaikka useimmat ovatkin kuluneet lähes huomaamattomiksi. Tällä hetkellä varmoja meteoriittikraattereita on satakunta ja lisäksi on useita satoja epäiltyjä kraattereita, mutta lukumäärät nousevat sitä mukaa kun maastosta löydettyjä pyöreitä syvennyksiä ehditään tutkia.

Meteoriittikraatterit voidaan syntytapansa puolesta jakaa kahteen ryhmään: ns. iskukraattereihin ja räjähdyskraattereihin. Iskukraatterit syntyvät putoavan meteoriitin mekaanisesta iskusta eikä siinä lämpötila nouse niin korkealle, että tapahtuisi meteoriitin höyrystymistä tai kallossa näkyisi merkkejä paineiskusta. Iskukraatterin aiheuttaja on pienehkö meteoriitti, jonka nopeus ilmakehässä on suuresti hidastunut. Iskukraatterin läpimitta on korkeintaan joitain kymmeniä metrejä. Esimerkkinä tällaisesta on edellä kuvattu Sihote-Alinin meteoriitti.

Räjähdyskraatteri saa sen sijaan alkunsa meteoriitista, joka kohtaa maanpinnan melkein alkuperäisellä kosmisella nopeudellaan. Pienempien räjähdyskraatterien, ehkä alle 5 km läpimittaisten, läheltä saattaa löytyä meteoriitin vääntyneitä, sulaneita sirpaleita. Suurempien kraatterien aiheuttaja höyrystyy räjähdyksessä kokonaan eikä siitä jää muita jälkiä kuin muuttuneita alkuainepitoisuuksia kraatterin kivilajeissa.

Jos siis suuren kraatterin läheltä löydetään rautameteoriitin jään-





*Kanadassa Labradorin niemimaalla sijaitseva New Quebecin meteoriittikraatteri. Kraatteri sijaitsee paljaiden kallioiden ja kivien peittämällä arktisella tasangolla. Sen läpimitta on yli 3 km ja syvyys 250 m. Kuva on otettu 6 km korkeudesta. New Quebecin kraatteri on maapallon nuorimpia suuria meteoriittikraattereita. (Yhtyneitten kuva-arkisto).*

nöksiä, voidaan kraatterin ilman muuta päätellä johtuneen meteoriitin iskusta. Meteoriitin sirpaleiden puuttuminen ei sekään kuitenkaan sulje tätä syntymämahdollisuutta pois. Meteoriittihan on voinut törmäyksessä kokonaan höyrystyä tai se on voinut aikojen kuluessa täysin rapautua. Kraatteri on voinut myös syntyä suuren kivimeteoriitin iskusta, jolloin sirpaleiden löytyminen on epätodennäköistä.

Kaikki tutkijat eivät ole tyytyväisiä siihen, että suuret kraatterit selitetään meteoriittien aiheuttamiksi. Siksi he ovat keksineet vastaselityksen, ns. "kryptovulkaanisen" toiminnan. Sen mukaan kraatteri aiheutuisi esim. maan alle kerääntyneen kaasun yhtäkkisestä räjähtämisestä. Tällai-



*Kanadassa sijaitseva Clearwater Lakes-niminen kraatteripari. Suuremman läpimitta on noin 25 km. Kraatterit ovat samanikäisiä (300 miljoonaa vuotta), joten ne ovat syntyneet valtavan kosmisen kappaleen hajotessa kahteen osaan ilmakehässä. (Kuva Earth Physics Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Kanada).*

sen räjähdysten tapahtumisesta niin valtavassa mittakaavassa, että se voisi synnyttää kilometrien läpimittaisen kraatterin ja aiheuttaisi kraatterin kivilajeissa samanlaisia merkkejä voimakkaista shokkiaalloista kuin meteoriittien synnyttämässä räjähdyskraattereissa, ei kuitenkaan ole mitään todisteita eikä varmoja esimerkkejä. Siksi selitykseen täytyy suhtautua suurella varauksella. Sen sijaan jättiläismeteoriittien törmäyksistä on jälkiä kaikkialla maapallolla, Kuussa ja muilla planeetoilla.

Maapallon suuria kraattereita on tutkittu nyt vajaan sadan vuoden ajan, ja niitä on löydetty kaikkialta maapallolta. Kuvailimme tässä joitain tunnetuimpia kraattereita. Niitä esitellään myös oheisessa taulukossa (s.159).

Kanada on nykyään tunnettu suurista meteoriittikraattereistaan. Ensimmäisten kraatterien löytymisen jälkeen vuoden 1950 paikkeilla aloitettiin lentokuvista systemaattinen etsintä säännöllisten pyöreiden muodostelmien löytämiseksi. Tulosta onkin tullut, ja tällä hetkellä Kanadan eri osista tunnetaan noin kaksikymmentä meteoriitin aiheuttamaa kraatteria.



Kanadan kraatterit ovat yleensä hyvin vanhoja. Niiden tyypillinen ikä on muutamia satoja miljoonia vuosia, siis suunnilleen sama kuin Lappajärven. Vanhin (ja suurin) on Sudbury, jonka ikä on radioaktiivisella ajoitusmenetelmällä saatu lähes kahdeksi miljardiksi vuodeksi. Se on siten ollut olemassa lähes puolet siitä ajasta joka lasketaan maapallon iäksi.

Kanadassa sijaitseva komea Manicouaganin kraatteri. Sen läpimitta on 65 km ja ikä 200 miljoonaa vuotta. Kraatterin reunan sisäpuolella kiertää renkaanmuotoinen järvi, muuten pohja on paljasta kalliota. (Kuva Earth Physics Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Kanada).



Sudburyn läpimitta on noin 100 km.

Nuorin tähän asti löydettyistä kraattereista on New Quebec, joka voi olla vain kymmenientuhansien tai joidenkin satojentuhansien vuosien ikäinen. Nuori ikä nähdään hyvin sen selvästä pyöreästä maljanmuodosta.

Kanadan kraatterit on todettu meteoriittien aiheuttamiksi lähinnä

*Taulukko 8.1. Maapallon huomattavimpia meteoriittikraattereita. Sijainti on annettu asteen tarkkuudella. N ja S = pohjoista ja eteläistä leveyttä, E ja W itäistä ja läntistä pituutta. (Mukailtu kirjasta E.A.King, Space Geology).*

Nimi	Maa	Sijainti	Läpimitta (km)
Aouelloul	Mauritania	20 N, 13 W	0,2
Bosumtwi	Ghana	7 N, 1 W	11
Brent	Kanada	46 N, 78 W	4
Clearwater Lakes	Kanada	56 N, 74 W	25 ja 15
Deep Bay	Kanada	56 N, 103 W	9
Dellen	Ruotsi	62 N, 17 E	12
Gosses Bluff	Australia	24 S, 132 E	22
Henbury	Australia	25 S, 133 E	0,15
Holleford	Kanada	44 N, 77 W	2
Jänisjärvi	Karjala, NL	62 N, 31 E	12
Kaalijärv	Eesti, NL	58 N, 23 E	0,1
Lac Couture	Kanada	60 N, 75 W	10
Lappajärvi	Suomi	63 N, 24 E	17
Manicouagan	Kanada	51 N, 69 W	65
Meteor Crater	Arizona, USA	35 N, 111 W	1,2
Mien-järvi	Ruotsi	56 N, 15 E	5
Mistastin	Kanada	56 N, 63 W	20
New Quebec	Kanada	61 N, 74 W	3
Ries	Saksa	49 N, 11 E	24
Rochechouart	Ranska	46 N, 1 E	15
Siljan	Ruotsi	61 N, 15 E	45
Steinheim	Saksa	48 N, 10 E	3,5
Sudbury	Kanada	47 N, 81 W	100
Vredefort	Etelä-Afrikka	27 S, 28 E	100
Wabar	Saudi-Arabia	22 N, 50 E	0,1
Wells Creek	Tennessee, USA	36 N, 88 W	14
Wolf Creek	Australia	19 S, 128 E	1



kivissä nähtävän shokkimetamorfoosin, hetkellisessä valtavassa paineessa ja lämpötilassa syntyneiden muutosten, perusteella. Lisävarmuutta on saatu myös kairauksilla ja painovoima- ja magneettisuusmittauksilla.

Australiasta on 1930-luvulta lähtien löydetty yhteensä puolisen tusinaa varmaa meteoriittikraatteria. Näistä moni on melko pieni, vain parinsadan metrin läpimittainen, ja näiden läheltä on löydetty runsaasti rautameteoriitin siruja. Kraatterit sijaitsevat yleensä vaikeapääsyisissä autiomaissa, joten niiden tutkiminen on ollut vaikeaa. Sama pätee muuten monille Kanadan pohjoisosan suurille kraattereille.

Keski-Euroopasta on löytynyt suuri kraatterikenttä. Se ulottuu Etelä-Saksasta Tšhekkoslovakiaan ja Itävallan pohjoisosiin. Tällä 500 km pituisella hajontakentällä ovat suurimmat kraatterit länsipäässä ja pienet itäpäässä. Meteoriitti on siten tullut idästä päin.

Suurin kraatteri, nimeltään Ries (tai Ries-Kessel) sijaitsee Nördlingenin kaupungin ympärillä. Sen läpimitta on runsaat 20 km. Toiseksi suurin kraatteri, Steinheim, on 3,5 km läpimittainen. Nämä molemmat kraatterit ovat nykyään laakeaa viljelytasankoa, joiden muoto näkyy vain matalasta reunakohoutumasta. (Nördlingenin tasankoon liittyy muuten surullinen muisto Suomen historiassa. Täällä, vanhalla kraatteripohjalla, käytiin 1634 verinen taistelu, jossa satoja suomalaisia sotureita sai surmansa). Etsinnät ovat paljastaneet näiden kraatterien itäpuolelta kymmeniä pyöreitä muodostumia, joiden kaikkien iäksi on arvioitu 15 miljoonaa vuotta. Ne ovat siten syntyneet yhden suuren meteoriittisateen seurauksena.

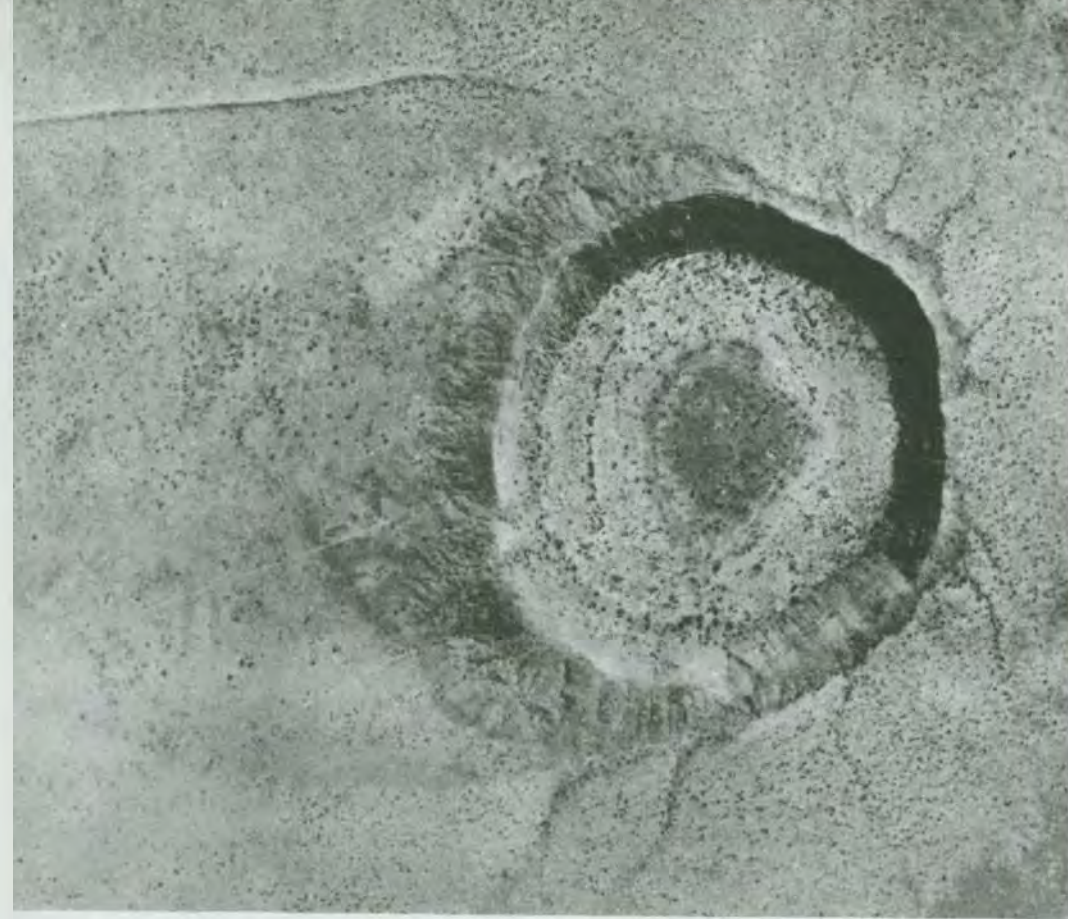
Riesin kentän aiheuttanut meteoriitti on ollut todella mahtavaa luokkaa. Sen läpimitan on täytynyt olla kilometrin verran ja massan miljardi tonnia, ja se on ilmalentonsa aikana hajonnut moneen osaan.

Riesin kraatterikentän itäpäästä on löytynyt merkittäviä "lasimeteoriitteja", ns. tektiittejä. Tektiiteistä puhumme vähän enemmän myöhemmin.

Hyvin lähellä Suomea, Eestin rannikolla, on nuorin tunnettu maapallon räjähdyskraatteri, Kaalijärvi ("lanttujärvi"). Kraatteri sijaitsee Saarenmaalla ja sen iäksi arvioidaan vain 2500 vuotta.

Kaalijärven kraatteri on aika pieni, vain runsaat 100 m läpimittaan, mutta se on erittäin hyvin säilynyt. Kraatterin seinämät nousevat 6–7 m ympäröivää maastoa korkeammaksi. Kraatteri on 16 m syvä, lähes täysin pyöreä malja, jonka pohjalle on muodostunut kaunis järvi. Järven rannat ja kraatterin seinämät ovat tiheän kasvillisuuden peitossa.

Kaalijärven pääkraatterin ympärillä on kuusi muuta kraatteria läpimitoiltaan 10–15 m. Niiden muoto ja muut ominaisuudet osoittavat, että ne ovat syntyneet pelkästä mekaanisesta iskusta, kun taas pääkraatteri on syntynyt meteoriitin räjähtämisestä.



*Australialainen Wolf Creekin kraatteri sijaitsee Länsi-Australiassa autioiden keskellä. Se löydettiin lentokoneesta 1937, mutta sitä päästiin tutkimaan paikan päällä vasta 1948. Kraatterin läheltä on löydetty hapettuneita raudankappaleita, jotka ovat peräisin kraatterin synnyttäneestä meteoriitista. Wolf Creekin kraatterin läpimitta on n. 900 m. Tämän kuvan lähetti kirjaamme varten G.J.H. McCall. (Kuva Pickands-Mather International).*

Kraattereista on löydetty rautameteoriitin siruja, jotka todistavat epäilevimmillekin tiedemiehille kraatterien "taivaallisen" alkuperän.

Eestissä on ilmeisesti ollut asutusta jo Kaalijärven meteoriitin pudotessa valtavana tulipallona taivaalta. Kraatterin läheltä on löydetty merkkejä, että sitä on käytetty jumalien palvontapaikkana. Kraatterissa olevasta järvestäkin käytetään vielä toista nimeä Pyhäjärvi, ja sen ympärillä liikkuu monenlaisia legendoja.

Toinen läheinen kraatteri on itärajan takana, Laatokan pohjoispuolella sijaitseva Jänisjärvi. Vanhoissa maantieteen kirjoissamme Jänisjärveä, sa-





*Kaksi Helsingin yliopiston kivimuseossa olevaa tektiittiä. (Kuva Kari Kaila).*

moin kuin Lappajärveäkin, sanotaan tulivuoren kraatteriksi. Se on kuitenkin varmistettu meteoriitin aiheuttamaksi. Jänisjärven iäksi ovat neuvostoliittolaiset tutkijat saaneet runsaat 700 miljoonaa vuotta. Se on siten paljon Lappajärveä vanhempi.

Suomesta on löydetty vasta yksi varma meteoriittikraatteri, Lappajärvi, mutta toistakin epäillään. Professori Heikki Papunen Turusta on tutkinut Porin itäpuolella sijaitsevaa Sääksjärveä. Se on selvästikin räjähdyksessä syntynyt kraatteri, jonka kivissä on useita shokkimetamorfoosin, valtavan paineen aiheuttamien muutosten, jälkiä. Kraatterin läpimitta on vajaat 10 km. Kraatterin kivien kemiallinen koostumus viittaa Papusen mukaan kuitenkin siihen, ettei se olisi syntynyt meteoriitin iskusta, vaan paremminkin "kryptovulkanismin", tuliperäisen räjähdysen, tuloksena.

## Tektiitit

Yksi viime vuosikymmenien kiistellyimpiä tieteellisiä kysymyksiä on ollut tektiittien alkuperän arvoitus. Tektiitit ovat pieniä lasimaisia kappaleita, joilla on samoja ominaisuuksia kuin meteoriiteilla. Niissä on esimer-

kiksi jälkiä sulamisesta ja suurella nopeudella tapahtuneesta ilmalennosta. Sana tektiitti tulee kreikankielisestä "sulaa" merkitsevistä sanasta.

Oheisissa kuvissa on pari tektiittiä, jotka ovat Helsingin yliopiston kivimuseon kokoelmista. Ne ovat peräisin Tshekkoslovakiasta. Valoa vasten katsottuna näkyy niiden jännittävä vihreä väri ja läpikuultava aines. Niiden pinta on alkuaan ollut sileän virtaviivainen, mutta eroosio, pohjaveden ja maassa olevien kemikaalien vaikutus, on kuluttanut pinnan rosoiseksi.

Tektiittejä on löydetty maapallolta neljältä selvästi rajatulta alueelta. Yksi on Keski-Euroopassa, ja täältä löydettyjä tektiittejä sanotaan moldaviiteiksi. Moldaviitteja on löydetty Tshekkoslovakiasta muutamia kymmeniätuhansia. Toinen yhtä laaja ja yhtä runsas tektiittikenttä on Yhdysvaltain eteläosissa, Teksasissa ja Georgiassa. Pieni tektiittikenttä, josta on löydetty vain muutamia satoja "lasimeteoriitteja", on Norsunluurannikolla. Kaikkein tuorein ja runsain tektiittikenttä on Kaakkois-Aasiassa ja Australiassa. Sieltä on eri paikoista löytynyt satojatuhansia tektiittejä.

Ensimmäiset selitykset tektiiteille esitettiin vuosisadan alussa kohta ensimmäisten löytymisten jälkeen. Niitä arveltiin erikoisiksi meteoriit-



*Tektiitin lasimainen aines näkyy hyvin tässä valoa vasten otetussa kuvassa. Keskellä näkyvä tummempi kohta on tektiitin taakse liimattu merkintälappu. (Kuva Kari Kaila).*



teiksi. Kemialliset tutkimukset kuitenkin paljastivat, ettei niiden koostumus vähimmäisäkään määrin muistuttanut tunnettuja meteoriitteja. Paremminkin ne olivat maanpäällisten kivilajien kaltaisia.

Siksi esitettiin oletus, että tektiitit ovatkin syntyneet maanpäällisistä kivistä suurten törmäysten seurauksena. Meteoriitin räjähdys on sulattanut kiveä ja heittänyt sitä pisaroina ilmaan.

Maanpäällistä syntyä vastaan kuitenkin puhuu tektiittien muoto. Tutkijat ovat todenneet, että tektiiteissä on merkkejä kahdesta sulamisesta. Ensimmäisen kerran ne ovat olleet sulana syntyessään ja toisen kerran niiden pinta on sulanut niiden kulkiessa kosmisella nopeudella ilmakehän läpi.

Siksi amerikkalaiset D.R.Chapman ja varsinkin John A.O'Keefe ovat puolustaneet sitä käsitystä, että tektiitit ovat peräisin Kuusta. Ne olisivat syntyneet meteoriittien törmätessä Kuun pintaan, lentäneet irti Kuun vetovoimasta ja osuneet Maan ilmakehään. Näin saataisiin luonnollinen selitys kahdelle sulamiselle.

Viime vuodet ovat kuitenkin osoittaneet, että tämä selitys ei voi pitää paikkaansa. Todisteita sitä vastaan on saatu sekä Kuusta että Maasta.

Kuun pinta-aineen suora tutkiminen automaattialuksilla ja sitten Apollo-lennoilla on paljastanut, että Kuun pinnan kemiallinen koostumus poikkeaa niin paljon tektiittien koostumuksesta, että ne eivät voi olla Kuusta peräisin.

Maan päällä on taas saatu yhdistetyksi tektiittien esiintyminen suuriin meteoriittikraattereihin. Tektiittien ikää tutkimalla on voitu todeta, että ylempänämainitut neljä ryhmittymää ovat eri ikäiset, mutta kunkin ryhmän tektiitit keskenään samanikäiset. Australaasian tektiitit ovat nuorimpia, vain noin 700 000 vuoden ikäisiä. Norsunluurannikon tektiitit ovat 1,3 miljoonan vuoden vanhoja, Keski-Euroopan 15 ja Yhdysvaltain 34 miljoonan vuoden ikäisiä.

Edellä jo mainittiin, että Keski-Euroopan Riesin kraatterikenttä on juuri 15 miljoonan vuoden ikäinen. Moldaviitit ovat siten syntyneet tässä samassa katastrofissa.

Norsunluurannikon tektiitit ovat taas yhteydessä Bosumtwin kraatterin syntyyn. Bosumtwin on Ghanassa sijaitseva noin 10 km läpimittaisen järven täyttämä kraatteri, jonka ikä on arvioitu samaksi kuin Norsunluurannikon tektiittien ikä.

Lisäksi pieniä uusia tektiittikenttiä on löydetty joidenkin muiden törmäyskraatterien yhteydestä, mm. Neuvostoliiton eteläosasta.

Kaiken kaikkiaan useimmat tutkijat arvelevat, että tektiittien alkuperä on nyt selvitetty: ne ovat syntyneet suurten meteoriittien törmätessä maan pintaan.

Vaikka pääasia on selvinnyt, on monia tektiitteihin liittyviä kysymyksiä kuitenkin edelleen avoinna. Ovatko tektiitit voineet saada törmäyksessä niin suuren energian, että ne ovat lentäneet ilmakehän ulkopuolelle ja pudonneet uudestaan sen läpi maahan? Ja missä piilee nuorimman tektiittikentän, Australian ja Kaakkois-Aasian "lasimeteoriittien", aiheuttaja? Onko sään voimien kulutus pyyhkinyt 700 000 vuodessa tältä alueelta pois suuren ja nuoren kraatterin? Vai onko suuri kraatteri ehkä piilossa jossain meren pohjassa? Miksi kaikissa törmäyksissä ei synny tektiittejä? Miksi tektiittien kemiallinen koostumus poikkeaa muusta meteoriittiräjähdyksessä syntyneestä lasista? Täytyykö törmäävän kappaleen olla koostumukseltaan jotenkin täysin erilainen kuin tavalliset meteoriitit?

Ainakin ylläolevat kysymykset on selvitettävä, ennen kuin tektiittien arvoitus on kokonaan ratkaistu.

## Asteroidien törmäykset

Suurimmat meteoriittikraatterit, jotka maapallolla tällä hetkellä tunnetaan, ovat läpimitaltaan 100 km luokkaa. Onko tämä ehdoton yläraja vai onko maapallo voinut kokea vieläkin suurempia iskuja, varsinaisten asteroidien törmäyksiä?

Asteroidit ovat pikkuplaneettoja, jotka ovat syntyneet samaan aikaan kuin suuretkin planeetat, mutta niiden läpimitat ovat varsinaisia planeettoja pienempiä. Suurimmat asteroidit ovat tuhannen kilometrin läpimitaisia, pienimmät havaitut kilometrin luokkaa. Aivan viime vuosina on tehty havaintoja vieläkin pienemmistä asteroideista, joita voisi sanoa jo jättiläismeteoriiteiksi. Niiden läpimita on vain satoja metrejä. On ilmeistä, että avaruudessa risteilee kaikenkokoisia kivi-, metalli- ja lumipalloja, kilometrien mittaisista pienimpiin meteoriitteihin ja hiekansiruihin asti.

Asteroidien kuten muidenkin aurinkokunnan pienosasten määrä on aurinkokunnan synnyn jälkeen ollut paljon suurempi kuin nykyään. Vuosimiljardien kuluessa vain sellaiset kappaleet ovat säilyneet, jotka ovat olleet pysyvillä radoilla. Muut ovat joko törmänneet toisiin asteroideihin tai planeettoihin tai sinkoutuneet pois aurinkokunnasta.

Asteroidien suuri määrä aurinkokunnan alkuaikoina on nähtävissä mahtavina arpina planeettojen pinnalla. Kuun kraatterit ja pyöreät "meret" ovat jo vuosisatoja olleet ihmisen huomion kohteena, ja Apollo-lentojen jälkeen tiedetään varmuudella niiden syntyneen valtaviin meteoriittien ja pikkuplaneettojen räjähdysiskuista.

Kuun pintaa tutkimalla on todettu, että sen historian ensimmäiset puoli miljardia vuotta olivat valtavaa pommitusta. Toinen toistaan suu-



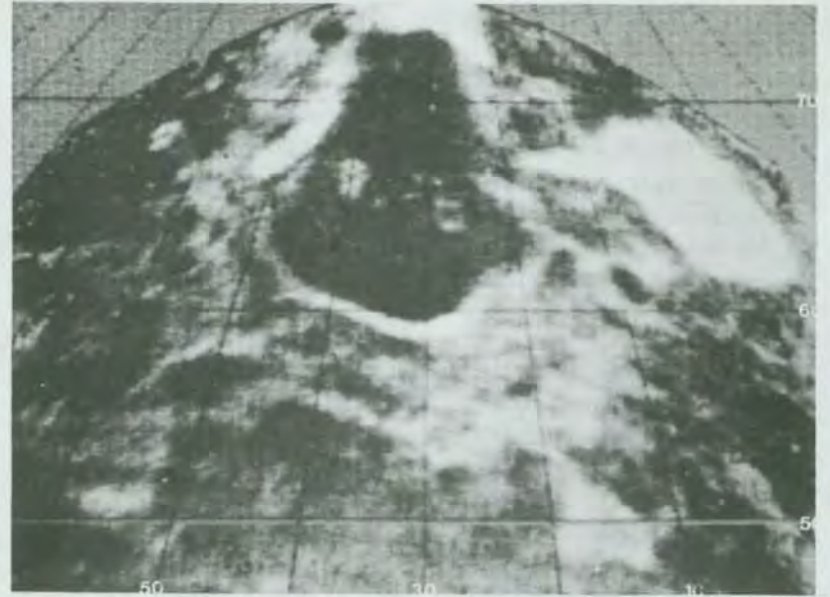


*Yhdysvaltain Mariner 10-avaruusluotain paljasti vuonna 1974 Merkuriuksen pinnan samanlaisiksi kraatterikentäksi kuin Kuun pinnan. Tämä kuva on otettu n. 80 000 km etäisyydeltä ja siinä nähdään planeetan pohjoisnavan lähellä olevia seutuja. (Kuva USIS).*

rempia meteoriiitteja osui Kuun pintaan, niin että tällä hetkellä ei alkuperäistä pintaa ole enää missään nähtävissä. Koko Kuu on satojen metrien paksuudelta suurten törmäysten möyhentämä.

Noin neljä miljardia vuotta sitten törmäysten tahti vaimeni. Tätä ennen oli kuitenkin Kuuhan osunut muutamia kilometrien tai kymmenien kilometrien läpimittaisia pikkuplaneettoja, joiden räjähtäminen synnytti pintaan mahtavia kraattereita. Näihin painautumiin tihkui Kuun sisältä laavaa, ja näin muodostuivat Kuun meret, mare-alueet.

Viimeisten vuosimiljardien aikana aurinkokuntamme on ollut rauhallisempi, mutta suuria törmäyksiä edelleenkin tapahtuu. Kuussa on muutamia nuoria kraattereita, esimerkiksi Kopernikus, Tycho ja muutamat takapuolen kraatterit. "Nuori" ikä tarkoittaa tässä tapauksessa, että kraatterit ovat syntyneet viimeisen miljardin vuoden aikana. Esimerkiksi Koper-



*Venuksen pinnan maisemia on päästy näkemään tutkalla. Planeetan pohjoisista suunnilleen Suomen leveysasteilta on löytynyt noin 1000 km pitkä, 500 km leveä tumma alue (kuvassa ylhäällä keskellä), jota arvellaan Kuun merien tapaiseksi törmäysaltaaksi. Sitä kiertää selvä vaaleampi reunus. Ylänurkissa olevalta harmaalta alueelta ei käytetyllä tutkatekniikalla saatu tietoja. (Kuva G.H.Pettengill).*

nikuksen iäksi arvioidaan 850 miljoonaa ja Tychon 800 miljoonaa vuotta. Ne ovat siten suunnilleen samanikäisiä kuin Kanadan suuret kraatterit ja vanhempia kuin esimerkiksi meidän Lappajärvenme.

Kuuhun osuu tietysti edelleen pieniä meteoriiitteja kuten Maahan-kin, vaikka ne tulevatkin aina pintaan niin suurella nopeudella, että ne kaasuuntuvat kokonaan. Esimerkiksi Apollo-lennoilla Kuuhan jätetyt järjestysmittarit havaitsivat kesällä 1972 meteoriiitin törmäyksen, joka on synnyttänyt takapuolelle useiden metrien läpimittaisen kraatterin.

Törmäyksen merkkejä ei ole vain Kuun pinnassa, vaan myös kaikilla muilla planeetoilla aurinkokuntamme sisäosissa. Kun Yhdysvaltain Mariner 10-avaruusluotain lensi Merkuriuksen ohi viitisen vuotta sitten, sen kamerat paljastivat, että aurinkokuntamme sisin planeetta on samanlaista kraatterikenttää kuin Kuu. Merkurius on kauttaaltaan satojen ja kymmenien kilometrien läpimittaisten räjähdyskuoppien peittämä. Siellä on myös samanlaisia "meriä" kuin Kuussa, ja ne ovat osoituksena vielä suuremmista iskuista.



Venuksen pinta on ikuisten pilvien peitossa, mutta viime vuosina on tutkalla päästy näkemään sen pinnan muotoja. Ja täältäkin on löydetty kraattereita. Vaikka Venuksen ilmakehä on niin tiheä, että kaikki pienemmät meteoriitit hidastuvat siinä kokonaan ja putoavat alas hyvin hitaasti, asteroidikokoisille meteoriiteille edes tiheä ilmakehä ei muodosta estettä. Ne iskeytyvät pintaan kosmisella nopeudella, ja tällaisten suurten törmäysten jälkiä ovat tutkat Venuksen pinnalta havainneet.

Marsin pinta on helpommin nähtävissä. Vaikka maapallolta siitä ei voi erottaa muuta kuin epämääräisiä vaaleita ja tummia alueita, ovat avaruusluotaimet paljastaneet pinnan todellisen luonteen: suuret alueet Marsia ovat yhtenäisen kraatterikentän peitossa. Suurimmat törmäykset näkyvät pyöreinä painanteina, esimerkiksi Argynen alue ja Hellaksen allas.

Marsin pienet kuut, joita avaruusluotaimet ovat viime vuosina kuvanneet jopa vain parinkymmenen kilometrin etäisyydeltä, ovat kauttaaltaan suurten ja pienten meteoriittikraatterien täyttämät. (Kts. kuva s. 112).

Kaikkien planeettojen pinnat siis todistavat, että koko aurinkokunnan sisäosa on ollut suuren pommituksen näyttämönä ainakin puoli miljardia vuotta aurinkokunnan synnyn jälkeen. Myöskään maapallo ei ole silloin tältä pommitukselta voinut säästyä, vaan sen pinnan jokaisen neliömetrin on täytynyt moneen kertaan kokea jättiläismeteoriitin räjähdys.

Maapallolla törmäysten jäljet kuitenkin kuluvat nopeasti pois, toisin kuin esimerkiksi Kuussa tai Merkuriuksessa, joissa ei ole vettä eikä ilmakehää. Jääkaudet ovat höylänneet maan pintaa, vuorijonot ovat syntyessään muuttaneet pinnanmuotoja, mannerlaattojen liikkeet ovat särkeneet pyöreitä kraattereita, meret ovat peittäneet vanhoja arpia.

Muutamia vanhat kraatterit voivat kuitenkin vielä olla tunnistettavissa. Yhtenä piirteenä niissä voi olla suuri, pyöreä, törmäyksessä sulaneesta tai kraatteriin tihkuneesta laavasta muodostunut laatta, samantapainen kuin Kuun merien alta tavatut maskonit, massakeskittymät. Viime vuosina eräät tutkijat ovat löytäneetkin maapallon pinnalta pyöreitä vajoamia, joiden rakenne viittaa vanhoihin jättiläiskraattereihin. Tutkijat ovat antaneet näille muodostumille nimen *astroni*. (Aikaisemmin on meteoriittien synnyttämistä suurista räjähdyskraattereista käytetty myös sanaa *astrobleemi*, "tähten aiheuttama haava" Maan pinnassa).

Astroneita on englantilaisten tutkijoiden mukaan mm. oheiseen karttaan merkityissä kohdissa. Osa astroneista on hyvin epämääräisiä, osa taas melko selviä.

Yksi suurimmista oletetuista astroneista sattuu Suomen kohdalle. Onko tähän pudonnut miljardeja vuosia sitten kymmenien kilometrien läpimittainen kivi- tai metallimöhkäle, jonka räjähdys on murtautunut maankuoreen yli tuhannen kilometrin läpimittaisen, kymmeniä kilometrejä sy-



Englantilaistutkijoiden löytämiä, suuriksi muinaisiksi meteoriittikraattereiksi arvelmia muodostumia Maan pinnalla. Niiden olemassaolo on päätelty mm. kallioperän rakenteesta, pyöreästä reunasta (kaarevia vuorijonoja, saariryhmiä jne.) ja painovoimamahäiriöistä. (Mukailtu J.Normanin, N.Pricen ja M.Chukwu-Iken artikkelista, *New Scientist* 24.3.1977).

vän kraatterin? Näin valtavat törmäykset voivat muuttaa kokonaisten mantereiden muotoja ja aiheuttaa maankuoreessa repeämiä, jotka voivat ratkaisevasti vaikuttaa mannerlaattojen kehitykseen ja liikkeisiin.

Onko mahdollista, että vielä tänä päivänä maapalloon törmäisi asteroidi, pikkuplaneetta? Mitä tuhoa sellainen voisi aiheuttaa?

Kyllä asteroidien törmäminen on edelleen mahdollista. Kun pikkuplaneettoja ruvettiin löytämään viime vuosisadalla, niiden huomattiin kiertävän Aurinkoa alueella, joka sijaitsee Marsin ja Jupiterin välissä, siis turvallisen kaukana meistä. Mutta viime vuosikymmenet ovat paljastaneet, että aurinkokunnan pienkappaleita liikkuu myös Maan radan tienoilla. Tähän mennessä on löydetty jo kymmeniä asteroideja, joiden rata leikkaa maapallon radan. Kaikkein epäsuotuisimmassa tapauksessa, jos maapallo ja asteroidi sattuisivat leikkauspisteeseen yhtä aikaa, törmäys on väistämätön.

Muutamia lähiohituksia on tapahtunut. Vuonna 1937 hämmästyivät tähtitieteilijät nähdessään ottamissaan valokuvissa hyvin nopeasti liikkuvan valopisteen. Siitä saatiin vain muutamia valokuvia, ennen kuin se katosi. Kun kaikki valokuvat, jotka ohikiitäneestä kappaleesta oli saatu, tutkittiin, voitiin todeta sen olleen vajaan kilometrin läpimittainen pikku-



planeetta. Se sai nimen Hermes. Hermes nähtiin vain tämän ainoan kerran, sitä ei ole myöhemmin löydetty. Mutta tähtitieteilijät pystyivät valokuvista laskemaan, että lokakuun 30. päivänä 1937 Hermes oli ohittanut maapallon vain 800 000 kilometrin päästä, siis kaksi kertaa niin kaukaa kuin Kuu.

Toinen lähiohitus tapahtui pari vuotta sitten. Lokakuun 20. päivänä 1976 löydettiin valokuvista taas nopea pikkuplaneetta, jolle annettiin merkintä 1976UA. Se ohitti maapallon noin kolme kertaa niin kaukaa kuin Kuun etäisyys. 1976UA:n läpimitaksi arvioitiin parisataa metriä.

Törmäykset asteroideihin ovat siis edelleen mahdollisia. Niiden todennäköisyys on tietysti pieni, koska asteroideja on Maan rataa leikkaavilla radoilla vain vähän, mutta todennäköisyys ei kuitenkaan ole nolla.

Kilometrien läpimittainen, kosmisella nopeudella maapalloon iskeytyvä pikkuplaneetta aiheuttaisi valtavaa tuhoa. Koska maapallon pinnasta 70 prosenttia on vettä, asteroidi osuisi todennäköisesti valtameren. Se tuhoaisi hetkessä elämän merestä satojen kilometrien säteeltä ja nostaisi satojen metrien korkuisen hyökyaallon. Tällainen jättiläisalto niittäisi valtameren rannikkoseudut pelottavaksi raunioksi.

Maa-alueelle osuessaan meteoriitti synnyttäisi kymmenien kilometrien läpimittaisen kraatterin ja kylväisi tuhoa satojen kilometrien säteelle.

Törmäyksestä syntyneet pöly- ja höyrypilvet voisivat muuttaa Maan ilmastoa pitkiksi ajoiksi eteenpäin. Tällä hetkellä ei edes pystytä laskemaan, mitä kaikkia vaikutuksia ilmakehään kohonneet ainetonnit pystyisivät saamaan aikaan. Nousisiko lämpötila epämiellyttävän kuumaksi? Vai laskisiko lämpötila niin alas, että jäätiköt alkaisivat taas levitä?

Täytyy toivoa, että minkään avaruudessa kiitävän asteroidin kulku ei lähiaikoina katkea maapallon pintaan, sillä se voisi merkitä maapallolle ydinsodan veroista katastrofia.

Asteroidien aiheuttamat vaaratilanteet voivat sadan vuoden kuluttua olla jo historiaa. Avaruustekniikka etenee nimittäin niin nopealla vauhdilla, että ennen pitkää opitaan uhkaavat törmäykset torjumaan. Sadan vuoden päästä pystytään varmasti seuraamaan tutkalla kaikkia aurinkokunnan sisäosissa liikkuvia suuria kappaleita, ehkä parimetrisiin meteoriitteihin asti. Silloin pystytään myös laskemaan niiden radat ja ennustamaan, leikkaako jonkin kappaleen rata lähitulevaisuudessa maapallon radan vaarallisessa kohdassa. Jos törmäys uhkaa, voidaan avaruuteen lähettää voimakas rakettimoottori, joka kiinnitetään asteroidin kylkeen. Mootoria käyttämällä muutetaan asteroidin rataa sen verran, että se sujahtaa harmia aiheuttamatta maapallon ohi.

## OSA II

### IHMISEN JÄLKIÄ TAIVAALLA





Tammikuussa 1978 putosi Kanadan pohjoisosiin neuvostoliittolaisen Kosmos 954-tekokuun palasia. Kuvassa avaruusromun jäähän tekemä parimetrisen kraatterin. (Lehtikuva).

## 9. AVARUUSROMUA

Vielä kaksikymmentä vuotta sitten taivaalla näkyvä tulipallo tai maahan pudonnut raudanpala merkitsi ilman muuta meteoriitin putoamista. Nykyään on tilanne kuitenkin toinen. Ihminen on itse lähettänyt avaruuteen tuhansia kappaleita, tekokuita, rakettivaiheita yms., jotka nekin aikojen kuluessa palaavat takaisin maapallon ilmakehään. Niinpä tulipallon näkyminen voi joskus merkitä myös tekokuun elämän päättymistä.

Maapalloa kiertää tällä hetkellä ehkä satakunta toimivaa tekokuuta. Näiden lisäksi on satoja sammuneita tekokuita tai niiden osia ja tuhansia muita avaruustekniikan tuotteita, lähinnä viimeisiä rakettivaiheita, erilaisia irrotettuja suojuksia, hylättyjä raketinosia ja muuta romua.

Tekokuut kiertävät maapalloa enimmäkseen muutamien satojen kilometrien korkeudella. Alin mahdollinen kiertorata, jolla tekokuu ilmanvastuksesta huolimatta pysyy muutamia viikkoja, on noin 200 km korkeudessa. Tämän alemmaksi laukaistut tekokuut palaavat muutamassa päivässä takaisin ilmakehään.

Ilmanvastus vaikuttaa kuitenkin myös paljon korkeammilla radoilla. Esimerkiksi viidensadan kilometrin korkeuteen lähetettyyn tekokuuhun vaikuttaa ilmakehän harvojen yläkerrosten pieni vastustus ja se vajoaa hitaasti alemmille radoille, ellei sen rataa korjata moottoreilla korkeammaksi. Elinikä 500 km korkeudessa kiertävälle tekokuulle on kymmenen vuoden luokkaa.

Vasta muutamien tuhansien kilometrien korkeudessa alkaa suunnilleen turvallinen vyöhyke, jossa tekokuut pysyvät kiertoradoillaan ainakin tuhansia vuosia. Niiden putoamisesta meidän sukupolvemme päähän ei siis ole pelkoa. Tämä koskee kuitenkin vain ympyräratoja. Jos tekokuu on hyvin soikealla, kauas ulottuvalla radalla, siihen alkavat vaikuttaa jo muut häiriöt, lähinnä Kuun ja Auringon vetovoima. Esimerkiksi Neuvostoliiton Molnija-viestintätekokuut, jotka kiertävät maapalloa ellipsiradalla, jonka alin piste on 500 ja ylin piste 40 000 km korkeudella, eivät pysy ylhäällä kuin muutaman vuoden, ennen kuin ne sukeltavat ilmakehään.

Tuhoutuvien tekokuiden ja tavallisten meteoriittien välillä on kaksi selvää eroa: tulokulmassa ja nopeudessa. Tekokuut laskeutuvat ilmakehään aina kiertoradalta, joten niiden tulosuunta on lähes maanpinnan



suuntainen. Niinpä niiden tuhoutuminen nähdään lähes vaakasuorana tulisenä vanana. Meteoritit sen sijaan iskeytyvät ilmakehään satunnaisista suunnista. Jotkin meteoritit tulevat tietysti hyvin vaakasuorilla radoilla, kuten kirjamme alkuosissa nähtiin, mutta useimmat tulevat hyvin jyrkissä kulmissa, melkein pystysuoraan, ilmakehän läpi.

Toinen ero on nopeudessa. Tuhoutuvat tekokuut liikkuvat tavallisesti viimeisillä kierroksillaan suunnilleen ympyrämuotoista rataa noin 150 km korkeudessa, ja tällaisella radalla on kiertonopeus noin 8 kilometriä sekunnissa. Tämä on siis tuhoutuvan tekokuun tavallisin tulonopeus ilmakehään. Suurin mahdollinen nopeus on noin 11 km/s. Tällä nopeudella tulevat esimerkiksi Kuusta palaavat Apollo-lentäjät tai Kuun kiertäneen Zond-aluksen paluukapselit ilmakehään, samoin kaikki muut hyvin korkealle ulottuvilta ellipsiradoilta alas syöksyvät tekokuut.

Meteorittien nopeus on paljon suurempi. Kuten aikaisemmin on kerrottu, tuo 11 km/s on *alin* mahdollinen meteorittien tulonopeus, ja keskimääräinen nopeus on parikymmentä kilometriä sekunnissa. Meteoritit näkyvät siis tavallisesti paljon nopeampina tulipalloina kuin avaruusromut.

Vaikka tekokuiden paluunopeus ilmakehään on "vain" alle kymmenen kilometriä sekunnissa, on tämäkin huima nopeus. Sehän on kymmenen kertaa niin suuri kuin nopeimpien lentokoneiden vauhti. Kun tekokuut ovat vielä kaikkea muuta kuin virtaviivaisia, on niihin vaikuttava ilmanvastus valtava. Se riittää tavallisesti tuhoamaan koko tekokuun pieniksi kappaleiksi, jotka sitten palavat tuhaksi jo paljon ennen kuin tulevat ilmakehän tiheimpiin kerroksiin.

Tekokuut ja radalle nousevat rakettivaiheet pyritään yleensä suunnittelemaan siten, että ne helposti tuhoutuvat palatessaan ilmakehään. Aina ei kuitenkaan tätä voida ottaa huomioon. Varsinkin raskaimmissa tekokuissa on niin paljon massaa ja tukevia rakenteita, että niiden hajoaminen ja palaminen ilmakehässä ei ole ollenkaan varmaa. Siksi tällaiset vaaralliset tekokuut voidaan niiden toiminta-ajan päätyttyä siirtää korkeille radoille, joilla ne pysyvät tuhansia vuosia, tai sitten ne voidaan ohjata ilmakehään esim. Tyynen meren autioitten vesilakeuksien yllä, jossa avaruusromu ei ole kenellekään vaaraksi.

Neuvostoliiton Saljut-asetat ohjataan tuhoutumaan nimenomaan Tyynen meren yllä, ja niistä mahdollisesti jäljellejäävä romu vajooa meren pohjaan. Sen sijaan Yhdysvaltain Skylab-asema, joka on painavin maapalloa tällä hetkellä kiertävistä kappaleista (85 tonnia), jätettiin hylkynä ajelehtimaan kiertoradalle. Se oli aluksi runsaan 400 km:n korkeudella radalla, mutta tällä hetkellä se on jo vajonnut paljon alemmaksi. On suunniteltu, että Yhdysvaltain ensimmäisillä sukukalalannoilla vuonna

1980 Skylab-asetalle vietäisiin pieni apumoottori, jonka avulla hylky nostettaisiin korkeammalle radalle. Uusimmat laskut kuitenkin osoittavat, että asema voi tulla ilmakehään jo tätä ennen. Siksi on tutkittu myös sitä mahdollisuutta, että aseman omat moottorit saataisiin elvytetyiksi ja niiden avulla Skylabin hylky voitaisiin esim. ohjata tuhoutumaan meren yllä. Mutta ovatko moottorit viiden vuoden avaruudessaolon jälkeen enää käyttökelpoiset? Skylab painaa noin 85 tonnia, joten siitä voi huomattava osa selvitä syöksystä ilmakehän läpi pinnalle. Täytyy toivoa, että sen osumakohdalla ei ole asutusta.

Useimmat tekokuut ja raketinosat siis palavat täydellisesti ilmakehässä. Avaruustutkimuksen 20-vuotisesta historiasta tunnetaan vain tusinan verran tapauksia, jolloin pieni avaruusromun sirpale on selvinnyt maahan asti ja otettu talteen. Yksi näistä tapauksista sattui Suomessa kymmenkunta vuotta sitten.

## Tekokuu putoaa

Joulukuun 9. päivänä 1967, lauantaipäivänä, näkyi illan tummuttua komea ilmiö. Vähän ennen kello 17. ilmestyi länsitaivaalle kipinöivä tulipallo, joka hitaassa vaakalennossa kulki Suomen yli lännestä itään.

Lentokapteeni Tauno Rajakangas näki ilmiön vuorokoneesta matkalla Helsingistä Turkuun. "Se oli melko samanlainen kuin meteori, mutta se lensi vaakatasossa noin kymmenen astetta horisontin yläpuolella näkyen minuutin verran. Näin sen kolmessa osassa, mutta osien lukua oli vaikea määrittellä, koska joka osassa oli kipinöivä pyrstö. Joka osasta näytti irtautuvan lisää osia, joten ajattelin sen olevan kantoraketin, joka on palannut ilmakehään", kertoi Rajakangas Helsingin Sanomissa.

Huoltopäällikkö Reino Karhunen näki ilmiön hiihdellessään kuutamossa Kouvolan aseman eteläpuolella. "Näin sen tulevan luoteen suunnasta siinä 20 asteen korkeudella näyttäen ensin vasta-ammutilta raketiltä, joka ei ole oikein syttynyt. Mutta se jatkoi matkaansa samalla korkeudella lähes kaakkoisuuntaan pitkä pyrstö perässä.

Pyrstöstä tipahteli aina välillä osasia, jotka jatkoivat samaan suuntaan hitaammin ja putosivat sitten sammuen maata kohti. Pääosa lensi Otavaan verrattuna alimman tähden alapuolelta ja ohitettuaan Pohjantähden vedetyn pohjoisviivan irtautui erikoisen suuri ryhmä ikäänkuin palavaa, hehkuvaa ainetta.

Kuvittelin hetken, että se oli useampimoottorinen suihkukone, jossa yksi moottori palaa ja joka yrittää Utin kentälle. Päädyin kuitenkin siihen, että se oli tuhoutuva satelliitti, kun se katosi Seulasten alla. Olen





*Suomeen putosi joulukuussa 1967 osia neuvostoliittolaisesta Kosmos 194-tekokuun kantoraketista. Suurin osa oli vajaan metrin läpimittainen monikerroksinen levy, joka on kuvassa lennätetty Kuopiosta Seutulan lentokentälle Helsinkiin. (Lehtikuva).*

elänyt elämästäni kolmannen osan ulkona ja nähnyt erittäin monia ilmiöitä taivaalla – sellaisiakin, joita mainitaan tähtitieteellisissä kirjoissa – ja tämä oli aivan ainutlaatuinen”, kertoi Karhunen Helsingin Sanomissa.

Valoilmiö nähtiin kaikkialla Suomessa Maarianhaminasta Enontekiölle asti ja myös Ruotsin puolella. Se aiheutti lukemattomia puhelinoitoja lentoasemille, observatorioihin ja Ilmavoimien esikuntaan. Yleensä arveltiin, että kyseessä oli ilmakehään palannut tuhoutuva tekokuu tai kantoraketin osa.

Tämä oletamus sai vahvistuksen pari päivää myöhemmin, kun Leppävirran Paukarlahdelta Kuopion läheltä löytyi taivaalta tullutta ainetta.

Metsätyömies Eino Halonen löysi lumesta noin neliömetrin kokoisen

ja 10 kilon painoisen metallilevyn. Se oli katkonut puiden oksia maahan pudotessaan. Se oli ollut tullessaan vielä lämmin, koska lumi sen alla oli sulanut ja sitten jäänyt. Kappaleen pinnassa oli havaittavissa kuumenemisen aiheuttamia jälkiä, ja se oli valmistettu kahdesta, osittain kolmesta päällekkäin olevasta metallilevystä. Päälimmäisen levyn pinta oli poimuttu.

Metallikappale ehti olla pari tuntia kuopiolaisen päivälehden toimituksen ikkunassa ohikulkijoiden ihailtavana, ennen kuin viranomaiset hakivat sen pois. Levy lennätettiin Helsinkiin Ilmavoimien esikuntaan.

Myös Kiteen Pyhäjärven jäältä löydettiin parin sentin mittainen metalliesine, joka oli peräisin samasta avaruusromusta. Sen löysi maanviljelijä Aulis Timonen ollessaan kokemassa jäällä kalanpyydyksiä. Esineen löytäjä ilmoitti kuulleensa lauantai-iltana taivaalta jyrinää, joka muistutti ilmatorjuntatykin ammuntaa, mutta ääni oli katkonaista. Ääni tuntui tulevan luoteesta ja oli aluksi voimakas heikentyen kahden minuutin kuluessa olemattomiin.

Kiteeltä löytynyt metallikappale oli vahvasti karstoittunut pinnalta. Se lähetettiin Valtion teknilliseen tutkimuslaitokseen tutkittavaksi.

Mikä kappale taivaalta oli pudonnut? Eräät suomalaiset, mm. Pertti Jotuni, arvelivat levyn rakenteen perusteella, että se oli kuulunut suuriin neuvostoliittolaiseen avaruuskappaleeseen. Tämä oletamus sai parin viikon päästä vahvistuksen. Tohtori Pentti Järvi, joka siihen aikaan oli Jokioisten ilmatieteellisen observatorion johtaja, kertoo että romu oli peräisin Kosmos 194-tekokuun kantoraketin viimeisestä vaiheesta, joka tuohon aikaan tuhoutui ilmakehässä Suomen yllä. Löydetty kappaleet luovutettiin kansainvälisten sopimusten mukaan takaisin Neuvostoliittoon.

## Ruukin romu

Toistakin Suomesta löydettyä metallikappaletta on epäilty avaruusromuksi. Kesäkuun 25. päivänä 1975 löytyi Ruukista, Raahan läheltä, maantieltä metallikappaleita. Kappaleet piti kaivaa irti tien pinnasta, ja ne olivat ilmeisesti pudonneet kovalla vauhdilla.

Silloinen Viikkosanomat teki asiasta jännittävän jutun: ”Äänetön ammus taivaalta: Meteoriiitti vai avaruusromua”. Lehti kertoo, että kappaleet painoivat yhteensä parin kilon verran ja että ne vietiin tutkittavaksi Oulun yliopiston Geologian laitokselle.

Viikkoa myöhemmin kertoi Kaleva-lehti, että Ruukin rauta on todettu avaruusromuksi. Geologian laitoksella tehdyissä tutkimuksissa ei löydetty meteoriiteille ominaisia silikaatteja ja nikkelpitoisuuskin oli häviävän



pieni.

Suomen Avaruustutkimusseuran Avaruusluotain-lehti otti yhteyttä ulkomaisiin asiantuntijoihin ja kysyi heiltä, oliko jokin tekokuu tai raketinosa tuhoutunut tuohon aikaan Suomen yllä. Vastaus näyttikin myönteiseltä. Kyseisen päivän aamuna oli Suomen yli lentänyt Kosmos 705-tekokuun viimeinen raketтивaihe, jota pari tuntia myöhemmin ei enää nähty kiertoradalla. Se oli tuhoutunut ilmakehässä. Avaruusluotain arveli, että ”Ruukkiin pudonneet metalliromun kappaleet ovat todennäköisesti peräisin neuvostoliittolaisesta kantoraketista, joskaan täyttä varmuutta asialle ei saatu”.

Myöhemmät tutkimukset Oulun yliopiston Geologian laitoksella toivat kuitenkin asiaan selvyyden: Ruukin romu ei ollutkaan avaruudesta peräisin. Lisensiaatti Aarre Juopperi tutki metalliseoksen koostumuksen ja totesi, että se on aivan samanlaista kuin lähistöllä sijaitsevan Rautaruukin valukuona. Ja sieltähän tämäkin romu oli peräisin. Tohtori Jouni Paakkola kertoo, että kyseisenä aamuna oli paikan ohi ajanut lavettiauto, jonka kyydissä oli ollut puskutraktori. Traktori oli ollut juuri työntelemässä Rautaruukin kuonakasoja, ja siitä tippui tielle metallinkappaleita. Näin Ruukin romun arvoitus sai hyvin arkisen ratkaisun.

Kuten aikaisemmin todettiin, tusinan verran tekokuun tai raketin palasia on kuitenkin maapallolla saatu talteen. Putoava avaruusromu ei ole kertaakaan ollut ihmiselle vaaraksi. Tosin avaruuskauden alkuajoilta kerrotaan juttua, jonka mukaan amerikkalaisen kantoraketin osa tipahti Kuubaan ja surmasi niityllä olleen lehmän. Jutun mukaan Kuubassa syntyi puhetta imperialistisesta provokaatiosta ja lehmä haudattiin valtion kustannuksella. Jutun todenperäisyydestä ei kyllä ole täysii takeita.

Eniten kohua aiheuttaneet avaruusromut ovat pudonneet 1970-luvulla. Elokuussa 1970 putosi tulisena sateena rautaa Yhdysvaltain keski-osiin. Muutamat palaset olivat metrinkin kokoisia ja melko paksuja, eivät pelkkää ohutta levyä. Osat olivat peräisin Neuvostoliiton Kosmos 316-tekokuusta. Koska tätä tekokuuta arveltiin sotilaalliseksi, ottivat amerikkalaiset sotilasviranomaiset palaset heti haltuunsa eikä niistä ole sen jälkeen paljon puhuttu. Tiettävästi osia tarjottiin takaisin Neuvostoliittoon.

Vuoden 1978 alussa avaruusromut ponnahtivat taas tiedotusvälineiden pääotsikoihin, kun Kosmos 954-tekokuu tuhoutui Kanadan yllä. Tämä tapaus oli siitä erikoinen, että tekokuussa oli pieni ydinkäyttöinen reaktori voimanlähteenä.

Neuvostoliiton omat tiedotusvälineet kertoivat, että tekokuussa tapahtui mahdollisesti meteoriitin törmäyksen takia räjähdys, joka teki sen toimintakyvyttömäksi. Siksi sitä ei voitu enää ohjata turvallisemmalle radalle, vaan se pääsi tuhoutumaan Pohjois-Amerikan yllä.



*Kosmos 954-tekokuun osia löydettiin helmikuussa 1978 Kanadan pohjoisosista. Tämä osa on noin metrin pituinen. Siinä on todettu lievää radioaktiivisuutta. (Lehtikuva).*

Laajojen etsintöjen tuloksena Kanadan pohjoisosista löytyi Kosmos-tekokuun jäännöksiä, joista osassa oli merkkejä radioaktiivisuudesta. Suurta vaaraa palasista ei kuitenkaan ollut.

Kansainvälisten sopimusten mukaan tekokuun lähettänyt maa vastaa tällaisessa tapauksessa etsintöjen kustannuksista. Sopimusten mukaan kaikki löydetty osat myös täytyy luovuttaa takaisin lähettäjamaalle.





## 10. RAKETIT PELOTTELEVAT

Tähän asti kirjassamme on kerrottu taivaalta alas putoavista kappaleista, meteoriiteista ja avaruusromusta. Kuitenkin myös päinvastaiseen suuntaan, maanpinnasta ylös avaruuteen, liikkuvat kappaleet ovat Suomessa aiheuttaneet runsaasti tulipalloilmiöitä.

Suomi sijaitsee nimittäin kahden tulen välissä. Lännessä ovat Pohjois-Ruotsin ja Pohjois-Norjan raketiasemat, ja kohta itärajan takana on Neuvostoliiton pohjoinen avaruuskeskus, josta lähetetään enemmän suuria raketteja kuin mistään muualta maapallolta.

### ”Marsilaisten pääesikunta”

Ensimmäinen suurta huomiota herättänyt raketthavainto on loka-kuulta 1969. Tällöin itäisellä taivaalla useiden minuuttien ajan liikkunut kirkas valopallo sai monen suomalaisen pään pyörälle. Matti Hänninen, kokenut meteorien ja revontulien havaitsija, kirjoitti ilmiöstä asiallisen kuvauksen Avaruusluotain-lehdessä.

”Lokakuun 6. päivänä klo 03.48 nousi idästä pieni voimakkaasti valaiseva objekti. Se eteni loivasti ylöspäin, kulminoi koillisessa noin 25<sup>o</sup>ssa ja alkoi laskeutua kohti pohjoiskoillista horisonttia. Objekti näytti ohjuksen tai raketin kärjeltä ja veti taivaalle kolme utumaista valokaarta. Näistä kirkkain jäi suoraan sen perästä ja kaksi muuta ikäänkuin molemmilta sivuilta. Säteilyvoimassa se ylitti selvästi kapeahkon kuunsirpin ja loi maisemaan vähäisiä varjoja. Kolmen minuutin kuluttua tapahtui savun pöllähdystä muistuttava ilmiö. Objekti peittyi johonkin pimentävään aineeseen ja näkyi sen läpi huomattavasti himmentyneenä. Sitten se hävisi korkean metsän taakse. Taivaalle jäi kolme diffuusimaista valonauhaa, jotka vähitellen siirtyivät koillisen taivaanrannan alapuolelle.

Lehtitietojen mukaan valoilmiö havaittiin useilla pakkakunnilla ympäri maan, ja ainakin kahdesta lentokoneesta. Selitykset liikkuivat meteoriiteista satelliittiin, jopa maahan tippuvasta avaruusromusta kirjoiteltiin.

*Avaruusraketti nousee korkeuksiin.*



Meteoriittiteoria tuntuu täysin mahdottomalta; ilmiö viipy havaintopaikkani horisontin yläpuolella ainakin 4 min. ajan.”

Kun ilmiön aiheuttaja selvitettiin Avaruusluotaimessa, Matti Hänninen jatkoi:

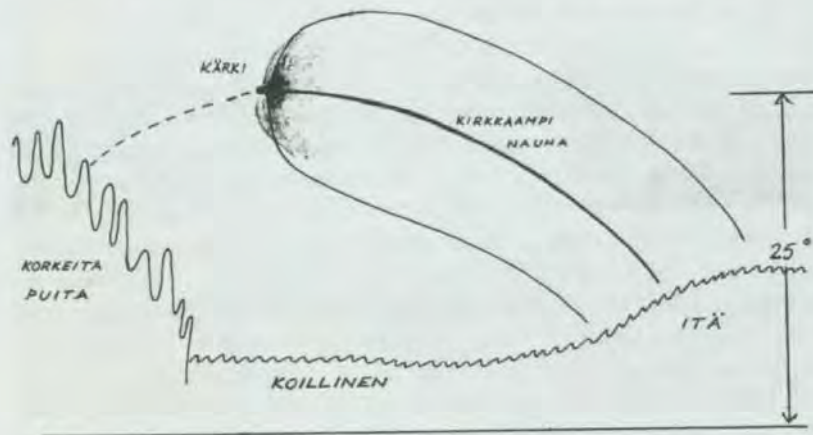
”[Asian julkaiseminen] on kannatettava asia. [Ilmiöllä] oli lukuisia silminnäkijöitä ja epäilemättä se osaltaan lisäsi ufohölmöilijöiden joukkoa. Erityisellä kiinnostuksella tästä lukevat varmasti ne ufokulttien edustajat, jotka kiiruhtivat julkaisemaan käsityksensä valoilmioista. Niinpä eräänkin mielestä sitä voitiin täydellä syyllä pitää ufojen tukialuksena, ellei muuta selitystä löydetä. Nähtävästi kyseessä oli marsilaisten lentävä pääesikunta, koska aluksen pituudeksi ilmoitettiin peräti 300–1000 m.”

Valoilmioista saatiin myös muutamia valokuvia. Parhaat kuvat otettiin Pohjois-Suomessa toimivilla revontulikameroilla. Niiden kuvista nähdään valopisteen nousu taivaanrannasta korkeammalle ja sitten hidas laskeutuminen ja himmeneminen. Kuvissa näkyy myös ilmiön luonteenomainen monihaaraainen pyrstö.

## Raketti nousee avaruuteen

Mikä kyseisen valon aiheutti?

Se oli avaruusraketti, joka vei maapallon kiertoradalla Meteor 2-nimisen säätökokuun. Satelliittiluuttelojen mukaan tämä tekokuu lähetettiin



Matti Hänninen Istunmäeltä, Kuopion ja Jyväskylän välimailta, näki lokakuussa 1969 Meteor 2-säätökokuun laukaisun, josta hän lähetti piirroksen Suomen Avaruustutkimusseuran Avaruusluotain-lehteen.

Neuvostoliiton pohjoisesta avaruuskeskuksesta Plesetskistä kello 03.45 lokakuun 6. päivänä 1969.

Maailman tämän hetken käytetyin satelliittien laukaisukeskus, Plesetsk, sijaitsee vain noin 450 km Suomen rajalta itään päin. Sen olemassaoloa ei ole virallisesti julkaistu, mutta sen paikka voidaan satelliittien radoista helposti laskea. Ja suomalaisille tämä rakettikeskus on helposti paikannettavissa sieltä lähtevien avaruusrakettien perusteella.

Neuvostoliiton pohjoinen avaruusasema otettiin käyttöön 1966. Siitä lännessä käytetty nimi Plesetsk on saatu lähimmästä kaupungista, joka sijaitsee satakunta kilometriä Arkangelin eteläpuolella. Plesetskistä lähetetään yli puolet maailman kaikista tekokuista, esim. Kosmos-sarjan satelliitteja, Meteor-säätökokuuta ja Molnija-viestintätekokuuta. Laukaisutiheys on 1–2 viikossa.

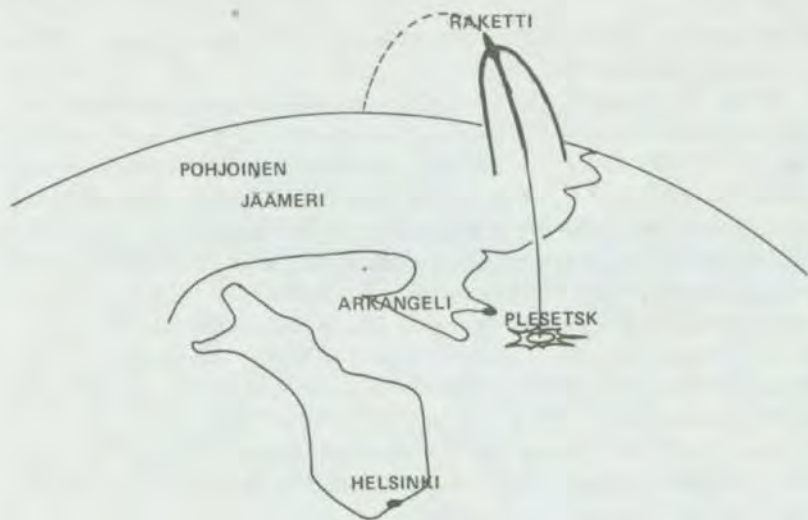
Suurin osa Plesetskin raketeista lähetetään päiväsaikaan, mutta yöllisiäkin lentoja on paljon. Selkeällä säällä rakettien suuliekit nähdään talvella Suomessa huiman kirkkaina valoina.

Plesetskistä lähtevä raketti nousee alkuun melkein pystysuoraan, mutta kun se tulee Suomen horisontin yläpuolelle, se on alkanut jo kaartaa kohti itää. Kaikki Plesetskin raketit laukaistaan koilliseen tai itään päin, niin että suomalaiset näkevät loittonevan raketin valon viistosti tai suoraan takaapäin. Raketti jatkaa melkein vaakasuoraan lentoaan pois päin kohti



Sama Meteor 2-tekokuun laukaisu, josta Matti Hänninen piirsi viereisen sivun kuvan, nähtiin kaikkialla Suomessa. Lapissa toimivien revontulikameroiden filmille raketti piirsi komean kuvan. Itse raketti on vasemmalla loittonevassa koilliseen ja jättää oikealle jälkeensä viuhkamaisen pakokaasusuihkun. Suihkun keskellä loistaa kirkas tähti. (Yhtyneitten kuva-arkisto).





*Plesetskistä lähtevä raketti näyttää Suomesta katsottuna nousevan ensin hitaasti ylöspäin, pysyttelevän sitten pari minuuttia lähes paikoillaan ja lopulta laskeutuvan himmenevänä valopisteenä kohti taivaanranta. Tekokuuta kuljettava raketti palaa kaikkiaan kymmenen minuutin verran, ennen kuin se on saavuttanut maapallon kiertoradan. Raketin valossa tapahtuu välillä sammumisia, pöllähdyksiä ja kirkastumisia, kun eri raketinvaiheet palavat loppuun ja irtoavat ja uusi vaihe alkaa palaa.*

Siperiaa, kunnes se on saavuttanut parinsadan kilometrin korkeuden ja asettunut kiertoradalle.

Paitsi suuria avaruusraketteja, Plesetskistä lähetetään myös tieteellisiä luotausraketteja, jotka näkyvät lähes yhtä kirkkaina valopalloina. (Luotausraketit ovat raketteja, jotka lähetetään melkein suoraan ylöspäin parinsadan kilometrin korkeuteen ja jotka muutaman minuutin lennon jälkeen putoavat takaisin alas).

Luotausraketteja lentelee myös Suomen länsipuolella. Pohjois-Ruotsissa, Kiirunassa, sijaitse Länsi-Euroopan maiden yhteinen raketin koealue. Sen toiminta oli vilkkaimmillaan 1960-luvun lopulla, jolloin pohjoisja keskisuomalaiset usein näkivät läntisellä taivaalla raketin nousuja tai kokeissa päästettyjä hehkuvia pilviä.

Kiirunan raketit lähetetään yleensä kohti pohjoista, jossa ne käytyään noin 100 km korkeudessa laskeutuvat Pohjoiseen Jäämereen. Samanlainen lentorata on Tromssan läheltä Andöystä lähetetyillä raketeilla. Kiirunan ja Andöyen raketteja käytetään enimmäkseen tieteelliseen tutkimukseen.

## Suomen suosituin ufo

Rakettihavainnot ovat viime vuosina aiheuttaneet Suomessa enemmän virhetulkintoja ja ufokohua kuin mitkään muut taivaan valot. Vaikka avaruusasiantuntijat ja vakavat ufotutkijat ovat jo 1960-luvulta asti tienneet tämänkaltaisten valojen aiheuttajan, ei suuri yleisö ja lehdistö ole aina ollut asiasta selvillä.

Esimerkkinä rakettilentojen aiheuttamasta hälystä palautetaan mieliin muutamia tapauksia viime vuosilta.

”Lokakuun 16. päivänä 1976 Neuvostoliitosta laukaistiin Maata kiertävälle radalle Meteor-säätökokuu”, kertoi Neuvostoliiton uutistoimisto TASSin tavanomainen ilmoitus. Suomessa nähtiin koillisella taivaalla kirkas valoilmio, josta kertovat lehtiotsikot olivat täysin toisenlaisia kuin TASSin kuiva virallinen tiedotus: ”Poliisipartio ufon jäljillä”, ”Valoilmio säikytteli öisellä tiellä liikkujia”, ”Sen täytyi olla ufo”.

Viimeinen otsikko on Suur-Seurasta, joka teki asiasta suuren jutun. Se haastatteli useita valon silminnäkijöitä. Linaamme tähän kahden sikkajokelaisen, Eija Pyhälän ja Mirja Ketelinmäen, kertomusta, koska se osoittaa hyvin miten vaikeaa odottamattomasta valosta on tehdä tarkkoja havaintoja.

Tytöt olivat palaamassa yöllä tansseista kotiin henkilöautolla, kun tien oikealle puolelle ilmestyi taivaalle outo valo. Suur-Seura kertoo:

” – Se ilmestyi aivan yllättäen ja me molemmat sanoimme yhteen ääneen ”mikä tuo on”, Mirja kertoo. – Tähdiksi valo oli liian suuri ja väriltään hyvin kirkas. Valon perässä kulki kolme pyrstöä.

Outo ilmestys kaarsi taivaanlaella tien vasemmalle puolen ja häipyi hetkeksi kokonaan. Eija ajeli hyvin hiljaa ja äkkiä ”ufo” ilmestyi jälleen ja alkoi laskeutua maantietä kohti. – Meistä näytti kuin se olisi hakeutunut nimenomaan tielle, jos se olisi laskeutunut kohtisuoraan maahan, se olisi pysähtynyt pellolle.

Mirja pyysi Eijaa pysäyttämään auton ja hieman säikähtyneinä tytöt jäivät odottamaan mitä tuleman piti. Suurikokoinen kuultava pallo laskeutui miltei maantien pintaan. Tytöt eivät osaa arvioida, kuinka korkealla se oli, mutta autossa istujista se tuntui olevan silmien tasalla. Auton ja pallon väliä oli n. 50 metriä.

– Se oli niin täysin poikkeuksellinen näky, ettei sellaista osaa odottaa laisinkaan. Jos olisin ollut yksin liikkeellä, en olisi uskonut näkemääni todeksi lainkaan, eihän sitä tahtonut nytkään uskoa, vaikka kaksi oli näkemässä samaa asiaa, nauraa Eija.

Tytöt katselivat palloa ainakin kaksi minuuttia, mutta sitten luonto









Syyskuun 20. päivänä 1977 nähtiin kaikkialla Suomessa Kosmos 955-tekokuun laukaisu. Forssalaisella Jukka Mikkolalla sattui olemaan kamera käsillä ja hän otti raketin lennosta hienon kuvasarjan. Raketin pakokaasusuihkut näkyvät kuvassa kaarevina vanoina, itse raketti on vasemmassa reunassa kirkkaana pisteenä loittonemassa Pohjoisen jäämeren ylle. Alareunassa on kirkas tähti.

siokatsojille tuttu Saturnus-kuurakettien lähdöstä: räjähdys syntyy kun yksi rakettivaihe palaa loppuun ja toinen aloittaa palamisen.

Suomen Tietotoimisto välitti tapahtuman jälkeen uutisen, jossa ilmiön selitykseksi tarjottiin vanhaa satelliittia tai sen kantorakettia, joka tuhoutuu ilmakehässä. Avaruusromu-selitys oli kuitenkin alusta alkaen mahdoton, koska valopallo nähtiin noin viiden minuutin ajan suunnilleen samassa suunnassa. Kyllä tuo valo johtui aivan ihkauudesta kantoraketista.

Kyseessä oli tällä kertaa Kosmos 955-niminen tekokuu, joka lähetettiin samanlaiselle kiertoradalle kuin Meteor-säätetekokuut.

Kosmos 955:n raketin jäljiltä jäi taivaalle kolme utumaista kaarta, jotka ovat tyypillisiä jälkiä raketin lähdössä. Valokaaret olivat näkyvissä parin tunnin ajan.

Ylläolevat esimerkit ovat peräisin viime vuosilta. Paljonkohan ufohavaintoja raketit ovat ehtineet aiheuttaa 60-luvun lopulla ja 70-luvun alussa? Selataanpa vaikkapa kirjaa Pudasjärven ufot, jonka Soini Lax kirjoitti viitisen vuotta sitten (Kirjayhtymä 1972). Useimmat pudasjärveläiset ilmiöt johtuvat tietysti muista syistä, mutta muutamia selviä raketihavaintoja kirjasta löytyy. Idän tai koillisen suunnalla on näkynyt kirkas valopallo, joka on pysynyt paikallaan muutaman minuutin ajan, "seurannut" katsojia jne. Kertomuksilla on monia yhteisiä piirteitä Suur-Seuran jutussa julkaistuihin havaintoihin.

Ufoharrastajilla oli tuohon aikaan kyllä jo käytössään Oulun yliopistoon tulevat satelliittiluettelot, joiden perusteella he pystyivät tunnistamaan tekokuuta kuljettaneet avaruusraketit. Plesetskistä kuitenkin lähetetään yhtä paljon myös muita tutkimusraketteja, joita ei näy missään taulukoissa. Ne ovat hyvinkin voineet aiheuttaa muutamia Koillis-Suomessa nähtyjä "ufoja".

Koska avaruusraketin suulieskat ovat polttavan kuumat (useiden tuhansien asteiden lämpöiset), ne säteilevät voimakasta infrapunasäteilyä. Jos infrapunakamera olisi ollut suunnattuna kohti itäistä taivaanrantaa raketin lähtiessä, näkyisi filmillä täydenkuun kokoinen hitaasti liikkuva pallo. Raketin jälkeen taivaalle jää vielä useiksi tunneiksi hohtava plasmapiilvi. Mahtoikohan pudasjärveläisten ufokuvaajien erikoisfilmille piirtyä yhtään raketin lähtöä?

Vuoden 1977 loppuun mennessä Suomessa oli nähty tusinan verran varmistettuja tekokuun laukaisuja ja lisäksi kymmeniä luotausraketin lähtöjä niin Kiirunasta kuin itärajan takaa.



## KIRJALLISUUTTA

Alla luetellaan tärkeimpiä kirjan aiheisiin liittyviä lähdeiteoksia, niin kirjoja kuin lehtiartikkeleita. Useimmat niistä ovat englanninkielisiä. Lähdeaineiston kokoamisessa oli prof. Birger Wiikin apu ensiarvoisen tärkeää.

Ensinnäkin yleisteokset meteoriiteista. Ehkä tärkein lähdeiteos on maailman meteoriittien luettelo: M.Hey, *Catalogue of Meteorites* (The British Museum (Natural History), 1966) ja sen täydennysosa: Hutchinson-Bevan-Hall, *Appendix to the Catalogue of Meteorites* (The British Museum (Natural History), 1977).

Amerikkalainen H.H.Nininger on kirjoittanut vuosikymmenien varrella useita meteoriittikirjoja, mm. *Our Stone-Pelted Planet* (American Meteorite Museum 1933) ja *Out of the Sky* (Univ. of Denver Press 1952). Neuvostoliittolainen perusteos, joka on käännetty myös englanniksi, on E.L.Krinovin *Principles of Meteoritics* (Pergamon Press 1960). Uusimpia alan yleisteoksista on australialaisen G.J. McCallin *Meteorites and their Origins* (David & Charles 1973). Hyvä katsaus 60-luvun alun tilanteeseen ovat kirjassa *The Moon, Meteorites and Comets* (The Solar System, Vol. IV, toim. Middlehurst-Kuiper; Univ. of Chicago Press 1962) julkaistut kymmenkunta artikkelia.

Enemmän geologian kannalta asiaa katsovat esim. B.Mason, *Meteorites* (Wiley 1962), jossa on mm. meteoriittien rakennetta ja kemiaa, J.T.Wasson, *Meteorites* (Springer Verlag 1974), jossa on mm. meteoriittien luokittelua, ja E.A.King, *Space Geology* (Wiley 1976), joka käsittelee meteoriittien osuutta koko aurinkokunnassa.

Tärkeimpiä aikakauslehtiä, joissa säännöllisesti seurataan meteoriittitutkimuksen tuloksia, on neljästi vuodessa ilmestyvä *Meteoritics*. Siinä ilmestyy mm. aika ajoin *Meteorite News*-osasto, jossa on tiedot uusista maapallolta löydetyistä meteoriiteista. Toinen alan peruslehistä on *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Neuvostoliittolaisia meteoriittitutkimuksia julkaistaan kerran pari vuodessa ilmestyvässä *Meteoritika*-lehdessä.

Seuraavassa on luku kerrallaan lueteltu tärkeimmät lähteet, joita yllämainittujen kirjojen lisäksi on käytetty tekstin pohjana.



## Luku 1: Tulipalloja Suomen yllä

Kesäkuun tulipallosta ja Baltian bolidista on samaa tekstiä kuin tässä kirjassa ilmestynyt Tähdet ja Avaruus-lehdessä 1/1978 ja Avaruusluotaimessa 2 ja 3/1976. Baltian bolidista ovat kirjoittaneet M.Jöeveer ja T.Tönnisson Eestin Luonto-lehdessä (Eesti Loodus helmi- ja maaliskuu 1977) ja A.N.Simonenko Zmlja i Vselennajassa n:o 6/1976.

## Luku 2: Lentävät tähdet

Tähdenlentojen havaitsemisesta on julkaistu useita Markku Lindqvistin ja muidenkin ursalaisten artikkeleita Tähtiäika (nyk. Tähdet ja Avaruus)-lehden eri numeroissa. Turun Ursan Tähtitaivas-lehdessä (N:o 35, v. 1976) ilmestyi Aarre Kellomäen artikkeli tähdenlennoista.

Tähtisateista kirjoitti englantilainen Keith Hindley New Scientistissä 13.10.1977 ja tulipallojen kuvaamisesta samassa lehdessä 23/30.12.1976. Amerikan tulipalloa elokuussa 1972 selostettiin Sky and Telescope-lehdessä heinäkuussa 1974. Lost Cityn meteoriitista kerrottiin mm. Sky and Telescopessa maaliskuussa 1970 ja Innisfreen meteoriitista Science Newsissa 2.4.1977.

John A. O'Keefen artikkeli Cyrillideistä ja tektiiteistä ilmestyi Sky and Telescopessa tammikuussa 1961.

## Luku 3: Kun meteori putoaa maahan

Meteoriittien putoamisesta kertoi Keith Hindley New Scientistissä 7.7.1977. Kirinin meteoriitista oli selostus Science Newsissa 5.2.1977. Grönlannista löydettyistä meteoriiteista kertoo V.F.Buchwaldin lähettämä käsikirjoitus The Cape York Iron Meteorite Shower (1975).

## Luku 4: Suomalaiset meteoriitit

Tarkat selostukset suomalaisista meteoriiteista löytyvät seuraavista lähteistä:

A.E.Arpe, Om de i Luotolaks by af Savitaipale socken år 1813 nerfallna meteorstenar (Acta Soc.Scient.Fenn. Tom. VIII Pars I, s. 87–100, 1865),

W.Ramsay und L.H.Borgström, Der Meteorit von Bjurböle bei Borgå (Bull.Comm.Geol.Finl. N:o 12, 1902),

L.H.Borström, Die Meteoriten von Hvittis und Marjalahti (väitöskirja, Helsinki 1903),

L.H.Borgström, Der Meteorit von St.Michel (Bull.Comm.Geol.Finl. N:o 34, 1912),

W.A.Wahl and H.B.Wiik, The Meteorite from Varpaisjärvi (Bull.Comm. Geol.Finl. N:o 150, 1950),

H.B.Wiik och B.H.Mason, Tre nya fynd av stenmeteoriter i Finland (Geologi n:o 7/1964, s. 95–97).

Haverön meteoriitista ilmestyi Meteoritics-lehdessä 30.12.1972 (Vol. 7, N:o 4) useita artikkeleita, mm. K.J.Neuvonen, B.Ohlson, H.Papunen, T.A.Häkli, P.Ramdohr: The Haverö ureilite, ja H.B.Wiik: The chemical composition of the Haverö meteorite and genesis of ureilites.

Uusimmasta ja vanhimmasta Suomen meteoriitista (Orimattila ja Turku) on vain lyhyet maininnat meteoriittiluettelossa.

## Luku 5: Sinäkin voit löytää meteoriitin

Meteoriittien rapautumisesta ja esiintymistiheydestä on kerrottu mm. H.H.Niningerin kirjoissa ja New Scientist-lehden artikkelissa 7.7.1977. Läyliäisten tapauksesta kertoi Kari Helander Tähtiajassa 3/1974, ja Peipusjärven avannosta on juttua Pieksämäen Lehden helmikuussa 1970 ilmestyneissä numeroissa.

## Luku 6: Mitä avaruuden kivet kertovat

Suomalaisten meteoriittien kemiallinen koostumus on pääasiassa H.B.Wiikin artikkelista On regular discontinuities in the composition of meteorites (Comm.Phys.-Math. Soc.Sci.Fenn. Vol. 34 Nr 13, 1969) ja H.B.Wiikin ja C.Ahlsvedin laatimasta taulukosta The Meteoriteanalyses made in The Geological Survey of Finland in 1969–1975.

## Luku 7: Jättiläismeteoriitit

Tästä aiheesta on ilmestynyt E.L.Krinovin mainio kirja Giant Meteorites (Pergamon Press 1966), jossa kerrotaan tarkasti Tunguskan räjähdys-



sestä, Sihote-Alinin meteoriitista ja Arizonan kraatterista. Tunguskan tapauksesta on kirjoitettu useita kirjoja, mm. J.Baxter ja T.Atkins, Kun taas syöksi tulta (Tammi 1977) ja J.Stoneley, Tunguska – Cauldron of Hell (Star Book 1977). Uusimpia tutkimustuloksia on esitetty mm. Izvestija-lehden artikkeleissa 2.3.1977 ja 20.10.1977, New Scientistissa 11.8.1977, Eesti Loodus-lehdessä joulukuussa 1976 ja Zemplja i Vselennajassa 1/1975 ja 4/1975.

Sihote-Alinin uusia tutkimustuloksia on mm. Sky and Telescopessa (helmikuu 1969) ja Zemplja i Vsefennajassa (5/1976).

## Luku 8: Arpia maapallon pinnalla

Arizonan kraatterista kertoo H.H.Nininger kirjassaan Arizona's Meteorite Crater (American Meteorite Museum 1956). Yleiskuva suurista kraattereista on Krinovin Giant Meteorites-kirjassa ja Kingin Space Geologyssä.

Lappajärveä koskevat uudet tutkimukset ovat Martti Lehtisen väitöskirja Lake Lappajärvi, a meteorite impact site in western Finland (Geol. Surv.Finland, Bull. 282, 1976) ja artikkeli Lappajärven shokkimetamorfisista kivistä (Geologi N:o 7/1976) sekä Seppo Elon kirjoittama tutkimus A study of the gravity anomaly associated with Lake Lappajärvi, Finland (1976). Sääksjärveä käsittelee kaksi Heikki Papusen artikkeleita (Bull.Geol.Soc.Finland 41, s. 151–155, 1969 ja Bull.Geol.Soc.Finland 45, s. 29–40, 1973).

Riesin kraatterikentästä on kerrottu Sky and Telescope-lehdessä kesäkuussa 1975, Kaalijärvi-kraattereista kirjojen ohella myös Zemplja i Vselennajassa 2/1976. Tektiiteistä on julkaistu mm. John.A. O'Keefen toimittama kirja Tektites (Univ. of Chicago Press 1963). "Astroneista" kertoi New Scientist 24.3.1977 ja aurinkokunnan kraattereista Scientific American tammik. 1977.

Maapallon kraatterit on lueteltu British Museumin meteoriittitaulukoiden liitteenä.

## Luvut 9 ja 10

Avaruusromuihin ja Plesetskin laukaisuihin liittyviä tapauksia on seurattu Suomen Avaruustutkimusseuran Avaruusluotain-lehdessä. Raketien aiheuttamista "ufotapauksista" on kerrottu mm. Me-lehdessä 24/1974 ja Suur-Seurassa 44/1976.

## SANASTOA

Alla annetaan lyhyt selitys keskeisimmille kirjassa käytetyille termeille, jotka liittyvät meteoriittitutkimukseen ja tähtitieteeseen.

**akondriitti** kivimeteoriitti joka ei sisällä selviä jyviä, kondreja. Akondriitit ovat paljon harvinaisempia kuin kondriitit.

**asteroidi** eli pikkuplaneetta, Aurinkoa kiertävä kappale jonka koko on noin 100 metrin ja 1000 kilometrin välillä. Suurin osa pikkuplaneetoista sijaitsee Marsin ja Jupiterin välissä ns. **asteroidivyöhykkeellä**.

**avaruusromu** avaruudessa kiertävä ihmisen lähettämä kappale, esim. vainnut tekokuu tai käytetty kantoraketin osa.

**bolidi** eli tulipallo, tähdenlento joka on kirkkaampi kuin tähtitaivaan kirkaimmat tähdet.

**hiilikondriitti** haurasta hiilipitoista ainetta oleva kivimeteoriitti. Monien pikkuplaneettojen arvellaan olevan samanlaista ainetta kuin hiilikondriitit.

**komeetta** eli pyrstötähti, Aurinkoa kiertävä lumesta, jäästä ja pölystä muodostunut kappale, josta Auringon lähellä haihtuu kaasua ja pölyä usein komeaksi pyrstöksi. Itse komeetan ydin on tavallisesti parin kilometrin läpimittainen.

**kondri** pyöreä jyvä, joita esiintyy tavallisissa kivimeteoriiteissa, **kondriiteissa**.

**kosminen nopeus** avaruudesta tulevan kappaleen nopeus. Maapallon kiertoradalta kappaleet syöksyvät ilmakehään vähintään ns. ensimmäisellä kosmisella nopeudella (n. 8 km/s), kauempaa avaruudesta vähintään ns. toisella kosmisella nopeudella (n. 11 km/s).

**meteori** eli tähdenlento, avaruudesta tulevan ainehiukkasen aiheuttama valoilmiö ilmakehässä.



**meteoriitti** avaruudesta tullut kivi. Useimmiten meteoriitti hajoaa ilmakehässä moneen osaan, jolloin se putoaa **meteoriittisateena**. Suurimmat meteoriitit aiheuttavat maahan osuessaan **meteoriittikraatterin**.

**meteoroidi** virallinen nimi Aurinkoa kiertäville, pikkuplaneettoja pienemmille kappaleille. Tässä kirjassa meteoroidoja sanotaan usein myös meteoriiteiksi.

**mikrometeoroidi** joskus käytetty nimitys kaikkein pienimmille Aurinkoa kiertäville hiekansiruille ja pölyhiukkasille. Vastaavasti pienimpiä meteoriitteja voidaan sanoa **mikrometeoriiteiksi**.

**pikkuplaneetta** katso asteroidi.

**planeetta** Aurinkoa kiertää yhdeksän planeettaa, jotka Auringosta lukien ovat Merkurius, Venus, Maa, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus ja Pluto.

**radiantti** eli säteily piste, se piste taivaalla, josta tähdenlentoparvien meteorit näyttävät tulevan.

**regmaglypti** meteoriitin pintaan ilmalennon aikana syntynyt "peukalonjälki", sulamiskuoppa.

**tektiitti** eli lasimeteoriitti, tavallisesti parin senttimetrin läpimittainen lasimaista ainetta oleva kappale, joka on ilmeisesti syntynyt suurten meteoriittien törmätessä Maahan.

**tulipallo** eli bolidi, tähdenlento, joka on kirkkaampi kuin tähtitaivaan kirkkaimmat tähdet.

**tähdenlento** eli meteori, avaruudesta tulevan kappaleen aiheuttama valo-ilmiö ilmakehässä. **Tähdenlentoparvet** eli tähtisateet ovat peräisin hajonneista komeetoista.

**ufo** unidentified flying object eli tunnistamaton lentävä esine, jonka luonnetta ei tiedemiesten tarkkojen tutkimusten jälkeenkään ole pystytty selvittämään.

**ureiliitti** harvinainen kivimeteoriittilaji.

## HAKEMISTO

Ahlsved, C.	21	Itkonen, P.	21
akondriitti	56–58	Jotuni, P.	177
alli	37–39	Juopperi, A.	178
Andersson, T–E.	50, 86	Järvi, P.	177
Andöye	184	Järvelä, A.	13
antimateria	131	Jöeveer, M.	10, 17–19
Apollo	108, 165, 167, 174	Kaila, K.	39
Arppe, A.E.	105	Kallioinen, A.	16–17
asteroidi	23, 25, 112, 114, 140, 165–170	Karhunen, R.	17, 19, 175–176
astrobleemi	168	Karhunen, S.	89–90
astroni	168–169	Karppinen, H.	16
ataksiitti	54, 58	Katchanovski, A.	18
avaruusromu	172–179	Kazantsev, A.	131
avaruusraketit	180–189	Keski-Petäjä, T.	90
Backlund, A.	50	kesäkuun tulipallo	11–15, 20
Baltian bolidi	11, 15–20	Ketelinmäki, M.	185
Barringer, D.M.	144–145	Kihlström, H.	11, 13
Berghell, H.	77	Kiiruna	184
Bergman, E. ja R.	50	King, E.	89
bolidi	11, 15, 23, 25	Kiuru, E.	12, 14
Borgström, L.H.	81, 104–107	komeetta 25–27, 30–32, 131–137	
Buchwald, V.F.	64–65	kondrit	54, 56, 73, 99
Chapman, D.R.	164	kondriitti	56–58, 107–108, 110
Chant, C.A.	40	Kosmos	194 176–177, Kosmos 316 178, Kosmos 705 178, Kosmos 954 172, 178–179, Kosmos 955 188
Chladni, E.F.	23	kraatterit	
coesiitti	151	ikä	154, keskuskojouma 150, "kryptovulkaaniset" 152, 162, Kuussa 114, 165–167, luettelo huomattavimmista 159, maapallolla 148–170, Marsissa 168, Merkuriuksessa 166–167, synty 146–150, tasoittuminen 150, Venuksessa 167–168
Craig	108	Aouelloul	67, Arizona 67, 143–147, Bosumtwi 164, Clearwater Lakes 157, Gibeon 49, Jänisjärvi 161–162, Kaali-järv 160, Kopernikus 166–167, Lappajärvi 142–143, 151–155,
cyrillidit	42–43	Falworth, G.	15, 19
giacobinidit	33	Halonen, E.	176
Halonen, E.	176	heksahedriitti	54, 58
Hey, M.	52	hiilikondriitti	136
hiilikondriitti	136	hohtavat yöpilvet	136
hohtavat yöpilvet	136	Honkanen, D.	78–79
Honkanen, D.	78–79	Hämäläinen, A.	186
Hämäläinen, A.	186	Hänninen, M.	181–182
Hänninen, M.	181–182		

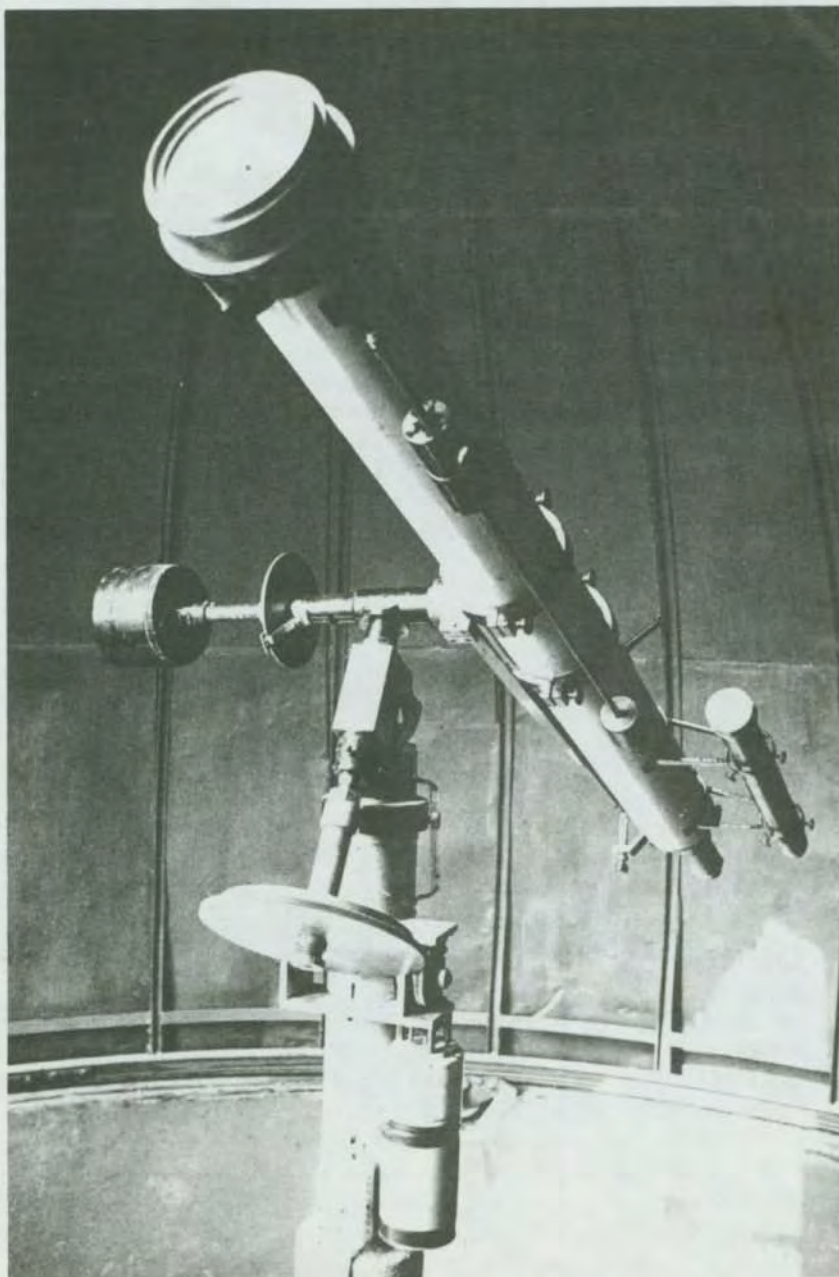


Manicouagan	158, Mien 154, New Quebec 156, 159, Ries 160, 164, Steinheim 160, Sudbury 158, Säöksjärvi 162, Tycho 114, 166–167, Wolf Creek 161
Krakatoa	121–122
Krat, V.	18
Krinov, E.L.	126, 139
”kryptovulkanismi”	156, 162
Kulik, L.	125–129
Kunnari, K.	82
Kurki, R.	16
kärnäiitti	151
Lamminpää, T.	23, 28, 33
lasimeteoriitit kts. tektiitit	
Lax, S.	189
Lehtinen, M.	151, 154
leonidit	31–32
Lindqvist, M.	16, 33
Lyytinen, J.	78–80
maskoni	168
Mason, B.	83
Meeus, J.	15
Merrill, G.P.	145
Meteor 2	182–183, Meteor 27 185–186, Meteor 29 186–187
meteorit	23–35
meteoriiitit	
elämä	113, etsiminen 94–97, historiaa 23, ikä 92, kemia 110–113, kivet 54–58, 107–108, kiviraudat 54–58, kraatereita synnyttävät 143–170, lasimeteoriitit kts. tektiitit, lento ilmakehässä 27–29, 45, 59–61, luettelo suomalaisista 86, luettelo suurimmista 63, lukumäärä 52, 58, 93–94, luokittelu 54–58, 108, lämpötila 46, löydöt 52, 58–59, nopeus 24–29, orgaaniset aineet 112–113,

putoaminen	45–53, 67, putoukset 52, 58–59, rapautuminen 91–93, raudat 54–58, 62, suomalaiset 69–87, 104–111, suurimmat 61–67, synty 113–114, taulukko suomalaisten kemiasta 111, tektiitit 162–165, timantit 112–113, tuntomerkit 59–61, 98–101, vaarallisuus 50–51, äänet 28, 46–47
Adrar	67, Aggalilik (Cape York) 55, 63–64, Ahnighito (Cape York) 63–64, Allende 49, 67, 114, Bjurböle 56, 70–74, 105–106, Braunau 51, Cañon Diablo 144, Cape York 55, 63–65, Carlton 55, Chinguetti 67, Djahala 48–49, Haverö 50–51, 85–87, Hoba 62–63, Huittinen kts. Hvittis, Hvittis 53, 74–76, Innisfree 37, 38, 88, Kirin 44–46, 49, 61, 66, L’Aigle 49, Lost City 36, 38, Luotolahti kts. Luotolax, Luotolax 69–71, 105, 110, Läyliäinen 100–102, Marjalahti 57, 76–77, Metsäkylä 82–83, Mikkelin kts. St. Michel, Mundrabilla 64, Norton County 63, 65, Orgueil 114, Orimattila 56, 84, Palosenmäki 20–21, Pribram 35, 58, Pultusk 49, Salla 83–84, 110, Sihote-Alin 49, 60, 65, 137–141, St. Michel 47, 53, 77–79, 100, Tunguska 117–137, Turku 69, Valkeala 83, Varpaisjärvi 78–81, Willamette 66, Yamato 94–96
meteoriiittisade	48–49
meteoroidi	25
Mikkola, J.	188
modaviitit	163–164
Molnija	173
Moulton, F.R.	145
musta aukko	131

Naukkarinen, J.	12	sporadinen I. satunnainen meteori	30
Neuvonen, K.J.	87	Steinheil, F.	105
Nininger, H.H.	52, 59, 94–95	Stenberg, A.	84
Näsman, L.	14	Stulov, V.P.	133
		sueviitti	151
O’Keefe, J.A.	42, 164	Sumavan tulipallo	37
oktahedriitti	54, 58	Svensson, N.B.	151
Olsen, E.	96	Säisä, E.	21
orgaaniset aineet	112–113	säteilypiste kts. radiantti	
Paakkola, J.	178	tekokuut	173–179
pallasiitti	76–78	tektiitit	162–165
Papunen, H.	162	Tihomirov, A.	11
Peary, R.E.	64	timantit	112–113
Petelius, P.	17	Timonen, A.	177
Petrov, G.	132	Tooma, A.	19
Phobos	112	tulipallo	11, 15, 23, 25–29, 35–43
Piisilä, K.	83	Tunguskan räjähdys	117–137
pikkuplaneetta kts. asteroidi		tähdenlento kts. meteori	
Plesetsk	183–189	tähdenlentopäivi	30–32
Preeriaverkko	35–37	Tönnisson, T.	10, 17–19
Pudasjärven ufot	189	ufo	11, 182, 185–189
Pyhälä, E.	185	ureiliitti	86–87
pyrstötähti kts. komeetta		Urey,	108
radiantti	30–32	Wahl, W.	80, 82, 106–108
Rajakangas, T.	175	Vaija, O.	83
Ramsay, W.	73, 105	Widmanstättenin kuviot	54–55
regmaglypti	60–61, 99	Wiik, B.	21, 53, 70, 81–84, 87, 105–115
Ruukin romu	177–178	Virtanen, K.	84
Ryske, J.	16	Vuorelainen, Y.	83, 84
Saljut	174	Väyrynen,	83
Schwartz, G.	36	ydinräjähdys	125, 134, 148
Sederholm,	103	Zond	42, 174
Semjonov,	118		
shokkiaallot	148–149		
Skylab	43, 174–175		





*Ursan tähtitornissa Helsingin Kaivopuistossa oleva 14 cm linssikaukoputki.*

## TÄHTITIEEELLINEN YHDISTYS URSA

Ursa on Suomen tähtiharrastusyhdistyksistä suurin. Se perustettiin 1921. Vuoden 1977 lopussa sen jäsenmäärä oli n. 1700, josta 900 Uudeltamaalta ja loput muualta Suomesta. Jäsenistö koostuu melko tasaisesti eri yhteiskunta- ja ammattiryhmien edustajista, joskin siihen kuuluu erityisen runsaasti nuorisoa. Myös suomalaiset ammattitähdisteilijät ovat lähes poikkeuksetta Ursan jäseniä.

Ursan tärkeimpiä toimintamuotoja ovat

1. **Tähtinäytännöt.** Ursalla on oma tähtitorni Helsingin Kaivopuistossa noin 200 metriä ravintola Kaivuhuoneen eteläpuolella (Helsingin puhe-  
linluettelon kartta, ruutu 71 53). Tähtitornin kaukoputket on tarkoitettu sekä yhdistyksen jäsenten että yleisön käyttöön. Jäsenet pääsevät näytännöihin ilmaiseksi, yleisöltä peritään pääsymaksu (aikuiset 3 mk, 15-vuotiaat ja nuoremmat 1 mk). Tähtitorni on avoinna pilvettöminä iltoina kaikkina viikonpäivinä yleensä seuraavasti:

15.2.–15.3. avataan tunti auringonlaskun jälkeen ja suljetaan klo 21.

16.3.–30.4. avataan tunti auringonlaskun jälkeen ja suljetaan klo 22.

15.8.–15.10. avataan tunti auringonlaskun jälkeen ja suljetaan klo 22.

16.10.–30.11. avoinna klo 18–21.

Näytännöissä katsellaan kaukoputkilla Kuuta ja näkyvissä olevia planeettoja sekä kaukaisempia taivaankappaleita kuten tähtijoukkoja ja sumuja tornia hoitavan oppaan johdolla. Jäsenet voivat myös käyttää tornia ja sen laitteita tähtivalokuvaukseen ja muuhun havainnointiin tähtinäytännöjen ulkopuolella. Koululais- ja muut ryhmät voivat sopia käynnistä erikseen. **Huom!** Jos auringonlaskun aikaan on pilvistä, tornia ei avata sinä iltana.

2. **Julkaisu toiminta.** Ursa julkaisee kuudesti vuodessa ilmestyvää **Tähdet ja Avaruus**-lehteä. Se kertoo tähtitaivaan ilmiöistä ja harrastajien havainnoista. Lehti lähetetään ursalaisille jäsenetuna. Lehden voi tilata myös erikseen liittymättä seuran jäseneksi.

Ursa julkaisee **kirjoja** tähtitieteen eri aloilta. Tällä hetkellä on saatavilla kirjoja



Linnaluoto-Markkanen (toim.): Tähtien ja galaksien maailma, 2. painos 1976, 252 s.

Keskinen-Oja: Mustaa aukkoa etsimässä, 2. painos 1978, 143 s.

Oja: Tulipalloja taivaalla, 1978, 208 s.

Ursan julkaisemista **monisteista** on saatavilla

Kyröläinen: Tähtitiedettä oppimaan 1, 2. painos 1978, 60 siv.

Ursa julkaisee vuosittain kirjasen Tähdet 19XX, jossa kerrotaan, miten planeetat, tähdet, meteorit ym. näkyvät kyseisenä vuonna.



*Ursan tähtitorni Helsingin Kaivopuistossa.*

3. **Esitelmätilaisuudet.** Ursa järjestää kerran kuussa esitelmätilaisuuksia, joissa tähtitieteen tutkijat ja harrastajat kertovat mahdollisimman yleisesti mielenkiintoisista ja ajankohtaisista tähtitieteeseen liittyvistä aiheista. Nämä tilaisuudet onkin tarkoitettu ursalaisten lisäksi luonnontieteistä yleensä kiinnostuneille, ja ne ovat maksuttomia. Ilmoitukset esitelmistä julkaistaan "Tähdet ja Avaruus"-lehdessä.

Ursa on lisäksi mukana vuosittaisilla **tähtiharrastuspäivillä**, joille maamme tähtitieteen harrastajat kokoontuvat keskustelemaan, esittämään tuloksiaan ja kuuntelemaan esitelmiä.

4. **Kirjasto.** Ursan jäsenten käytettävissä on laaja ja monipuolinen tähtitieteellinen kirjasto, jossa kirjojen lisäksi on useita ulkomaisia alan aikakauslehtiä. Kirjasto sijaitsee Meilahdessa (Pihlajatie 32 A 4, Helsinki 27). Se on avoinna maanantaisin ja torstaisin klo 18–20. Kirjoja ja aikakauslehtiä voi lainata myös postitse, tilaukset puhelimitse tai kirjeitse. Lainausajat ovat kirjoilla 2 kk, äänikaseteilla 2 viikkoa. Täydellisen kirjasto-luettelon saa maksutta kirjastosta tai postitse. Kirjastossa on kopiokone.

Kirjaston yhteydessä on **työpaja** niitä harrastajia varten, jotka valmistavat itse havaintovälineitään.

5. **Harrastusjaostot.** Harrastajat suorittavat tähtitieteellisiä havaintoja seuraavien jaostojen puitteissa: Muuttuvat tähdet, Planeetat, Meteorit, Aurinko, revontulet ja komeetat, Tähtenpeitot ja pikkuplaneetat sekä Kaukoputket. Niiden toiminnasta saa tarkempia tietoja "Tähdet ja Avaruus"-lehdessä mainituilta jaostojen vetäjiltä.

**Jäseneksi liittyminen.** Ursan jäseneksi voi liittyä jokainen tähtitieteestä ja tähtiharrastuksesta kiinnostunut. Ikärajaa ei ole. Jäsenmaksu on 1978 20-vuotiailta ja vanhemmilta 30 mk ja nuoremmilta 20 mk. Jäseneksi ilmoittautuminen käy kirjeitse tai puhelimitse Ursan toimistoon tai henkilökohtaisesti toimistossa, tähtitornissa tai kokouksissa. Myös yhteisöt kuten koulut ja kirjastot voivat olla Ursan jäseniä.

Ursan toimiston ja kirjaston sekä Tähdet ja Avaruus-lehden **osoite**  
Tähtitieteellinen yhdistys Ursa  
Pihlajatie 32 A 4  
00270 Helsinki 27.

Toimiston **puhelinnumero** on 90-485621. Puhelimeen vastataan vain kirjaston ja toimiston **aukioloaikoina**: maanantaina ja torstaina klo 18–20. Muulloin vastaa automaattinen puhelinvastaaja.

Ursan **postisiirtotilin** numero on 7321-5.



**Tähtiharrastusseurat eri paikkakunnilla.** Ursan lisäksi monilla maamme paikkakunnilla toimii itsenäisiä yhdistyksiä tai kerhoja. Tärkeimmät toimintamuodot ovat yleensä esitelmätilaisuudet ja muu valistus-toiminta paikkakunnalla sekä yleisönäytökset ja havaintotoiminta tähtitornissa. Seuraavassa luetellaan tiedossa olevat seurat sekä kuinka niihin saa yhteyden.

- Forssa:** Forssan Uranus. Yhteyshenkilö Risto Heikkilä, Pappila, 30100 Forssa 10, puh. 916-10953.
- Hyvinkää:** Polaris ry. Perustettu -70, 40 jäsentä, jäsenmaksu 5 mk. Yhteyshenkilö Jukka Hongisto, Munckinkatu 4, 05820 Hyvinkää 2, puh. 914-15274.
- Imatra:** Etelä-Karjalan tähtitieteen harrastajien yhdistys Nova ry. Perustettu -75, n. 45 jäsentä, jäsenmaksu 10 mk. Tähtitorni on suunnitteilla, tähtiharrastusiltoja. Yhteyshenkilö Eero Honkanen, Rajavartiosto 31 B 11, 55910 Imatra 91, puh. 954-51384.
- Joensuu:** Tähtitieteen harrastajain yhdistys Seulaset ry. Perustettu -73, n. 50 jäsentä, jäsenmaksu 20 mk, lapset ja eläkeläiset 5 mk. Peilikaukoputki. Yhteyshenkilö Aulis Koivusalo, Salminkatu 15, 80200 Joensuu 20, puh. 973-31228.
- Jyväskylä:** Jyväskylän tähtitieteellinen yhdistys Sirius ry. Perustettu -59, n. 120 jäsentä, jäsenmaksu 15 mk aikuisilta kaupunkilaisilta, muilta 10 mk. Tähtitorni Rihlaperässä, avoinna yleisölle erikseen sovittavina jaksoina muutaman kerran vuodessa. Yhteyshenkilö Juhani J. Korhonen, Viitaniementie 7 E, 40720 Jyväskylä 72, puh. 941-211310.
- Karjaa:** Sällskapet Natura. Tähtitorni vesitornilla. N. 40 jäsentä, jäsenmaksu 10 mk. Yhteyshenkilö Kaj Malm, Läppg. 2, 10300 Karis, puh. 911-31382.
- Kuopio:** Kuopion tähtitieteellinen kerho Saturnus. Perustettu -56, n. 50 jäsentä. Tähtitorni Huuhanmäellä, avoinna syyskuusta huhtikuuhun keskiviikkoisin ja sunnuntaisin pimeän tulosta lähtien n. 2 tuntia. Yhteyshenkilö Juhani Sarkava, Retkeilijäntie 12 C 14, 70200 Kuopio 20, puh. 971-123511/201 (kotiin 971-222887).
- Lahti:** Lahden Ursa ry. Perustettu -48, n. 120 jäsentä, jäsenmaksu 10 mk. Tähtitorni Pirttiharjun vesitornilla. Avoinna syyskuusta toukokuuhun sunnuntaisin ja tiistaisin klo 19-21 tai pimeän tultua. Tähtinäytösjulkaisu. Yhteyshenkilö Juhani Salmi, Vesijärvenkatu 36 C 34, 15110 Lahti 11, puh. 918-28064 koti, 43811 työ.

- Lohja:** Lohjan Ursa. Perustettu -54, n. 45 jäsentä. Tähtitorni Lohjanharjulla, uimahallin vieressä. Yhteyshenkilö Ari Toivonen, Karstuntie 10, 08100 Lohja 10, puh. 912-12973.
- Mikkeli:** Mikkeliin Ursa ry. Perustettu -23, n. 50 jäsentä, jäsenmaksu 10 mk, koululaisilta 5 mk. Tähtitorni Uudella vesitornilla. Yhteyshenkilö Urpo Kokki, Otavankatu 10 A, 50100 Mikke-li 10, puh. 955-10974.
- Oulu:** Tähtitieteellinen yhdistys Arktos ry. Perustettu -62, n. 80 jäsentä, jäsenmaksu 20, 10 tai 5 mk. Tähtitorni Puolivälinkan-kaan vesitornilla. Avoinna sunnuntaisin klo 19-21.30. Yhteyshenkilö Juha Tervaskanto, Ratakatu 14 C 4, 90140 Oulu 14, puh. 981-31898.
- Pori:** Porin Karhunvartijat ry. Perustettu -74, n. 80 jäsentä, jäsenmaksu 20 mk, koululaiset ja opiskelijat 5 mk. Yhteyshenkilö Jarl Lund, Valtakatu 5 D 51, 28100 Pori 10, puh. 939-15908.
- Riihimäki:** Riihimäen tähtitieteellinen yhdistys, n. 30 jäsentä, perustettu -77. Jäsenmaksu koululaisilta 10 mk, muilta 30 mk. Yhteyshenkilö Heikki Kylmälä, Savikonk. 31, 11100 Riihimäki 10, puh. 914-32121 (kotiin 34632).
- Tampere:** Tampereen Ursa ry. Perustettu -50, 140 jäsentä. Jäsenmaksu 15 mk, koululaisilta 10 mk. Tähtitorni Kaupin vesitornilla, avoinna tiistaisin ja perjantaisin pimeän alkamisesta noin kaksi tuntia. 25-vuotisjulkaisua (Tähtiajan erikoisnumero 5/1975) on edelleen saatavissa. Yhteyshenkilö Erno Keskinen, Rautatienk. 7 A 9, 33100 Tampere 10, puh. 931-25849.
- Turku:** Turun Ursa. Perustettu -28, 230 jäsentä. Tähtitorni Iso-Heikkilässä. Avoinna sunnuntaisin ja perjantaisin maaliskuussa. Turun Ursa on julkaissut Tähtitaivas- ja Ceres-lehteä. Yhteyshenkilö Timo Tolmunen, Eristäjänmutka 36 as. 5, 20310 Turku 31, puh. 921-392179.
- Huom!** Yhdistysten tähtitornit ovat avoinna vain pilvettöminä tähtikirkkaina iltoina.

Edellämainittujen tähtiharrastusseurojen lisäksi maassamme toimii valtakunnallinen avaruustutkimusta harrastava seura, Suomen Avaruustutkimusseura ry. Sen piirissä mm. julkaistaan Avaruusluotain-lehteä, lennätellään pienoisoraketteja ja suoritetaan satelliittien radioseurantaa. Avaruustutkimusseuran osoite on PL 507, 00101 Helsinki 10.





RAIMO KESKINEN – HEIKKI OJA

# MUSTAA AUKKOA ETSIMÄSSÄ

Täytyykö mustia aukkoja pelätä? Suomalaisten tiedemiesten vastaus sensaatiokirjoitteluun. Mustien aukkojen salaisuudet paljastuvat tässä kirjassa kaikille kiinnostuneille. Taustaksi kerrotaan yleisestä suhteellisuusteoriasta ja Einsteinin ennustuksista, tähtien kehityksestä ja kuolemasta, pulsareista ja neutronitähdistä, painovoima-aalloista.

”Valottaa asiaa harvinaisen selkeällä ja yleistajuisella tavalla. Suositeltavaa lukemista!” Uusi Suomi

”Antaa kansantajuista tietoa maallikolle, mutta myös perusteellisempaa faktatietoa fysiikkaan perehtyneelle.” Helsingin Sanomat

1. PAINOS LOKAKUU 1977  
2. PAINOS TAMMIKUU 1978

143 sivua, hinta postikuluineen 24 mk.

Syksyllä ilmestyy jälleen Ursan vuosikirja  
**TÄHDET 1979**

Pätevä tietopaketti tähtitaivaasta vuoden kunakin ajankohtana. Taulukoita, karttoja, havainto-ohjeita. Sopii niin aloittelijalle kuin harrastajalle. Noin 60 s., hinta noin 10 mk.

## KIRJOJA TÄHTITIETEESTÄ

Tällä ja seuraavalla aukeamalla esitellään muutamia Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan julkaisuja. Niitä voit kätevästi tilata allaolevalla tilauslipukkeella. Voit myös ostaa kirjoja vielä edullisemmin suoraan Ursan kirjastosta, jonka osoite ja aukioloajat löytyvät kirjamme sivulta 203.

Puhelimitse voi myös tehdä tilauksia toimiston aukioloaikoina.



leikkaa irti

### TILAUSLIPUKE

Tilaan alle merkitsemäni tähtitieteelliset julkaisut. Maksun suoritan lähetyksen mukana tulevalla tilillepanokortilla. Postimaksu sisältyy jo kaikkiin hintoihin, joten lisäkuluja ei tule.

Keskinen–Oja: MUSTAA AUKKOA ETSIMÄSSÄ		kpl á 24 mk
TÄHTIEN JA GALAKSIEN MAAILMA		kpl á 28 mk
Kyröläinen: TÄHTITIEDETTÄ OPPIMAAN 1		kpl á 7 mk

Liityn Ursan jäseneksi, jolloin saan jäsenetuna TÄHDET JA AVARUUS-lehden,

vuodesta 1978 alkaen  (30 mk, alle 20-vuotiaille 20 mk)  
vuoden 1979 alusta alkaen

Tilaan TÄHDET JA AVARUUS-lehden, liittymättä Ursan jäseneksi, vuoden 1978 loppupuoleksi  (16 mk)  
vuodeksi 1979

Nimi ja osoite kääntöpuolelle.



Juhani Kyröläinen  
TÄHTITIEDETTÄ OPPIMAAN 1



Tähtitieteen opintopiireille tarkoitettu opintomoniste. Sisältönä mm. teleskoopit, tähtitieteellisten havaintojen teko, ajan mittaaminen, aurinkokunta, planeettojen ominaisuudet.

2. painos.

60 sivua, hinta postikuluineen vain 7 mk.

Tähtitieteellisen yhdistyksen Ursan julkaisuja voi ostaa hyvinvarustetuista kirjakaupoista. Niitä voi myös vaivattomasti tilata tällä lipukkeella suoraan Ursasta. Kirjoita toiselle puolelle tilauksesi ja alle nimesi ja osoitteesi. Pane lipuke 1 mk postimerkillä varustettuun kirjekuoreen ja kirjoita osoitteeksi

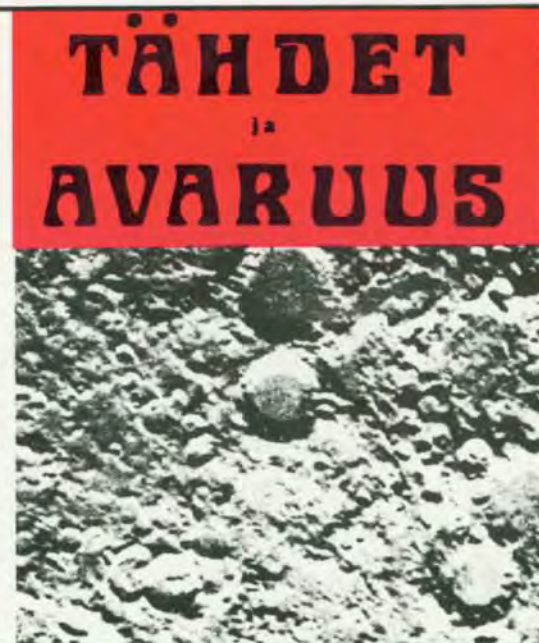
Tähtitieteellinen yhdistys Ursa  
Pihlajatie 32 A 4  
00270 HELSINKI 27.

Nimi (painokirjaimin)	Syntymäaika
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	
Allekirjoitus	

**TÄHDET JA AVARUUS-**lehti ilmestyy kuutena suurena numerona vuosittain. Sisältönä mm. tähtitieteen uusia löytöjä ja harrastajien havaintoja. Lehti tulee jäsenetuna Ursan jäsenille.

Jäsenmaksut 1978 ovat aikuisille (20 v. ja sitä vanhemmille) 30 mk ja nuorille 20 mk. Tule mukaan tähtitieteen ystävien seuraan!

Lehden voi tilata myös erikseen hintaan 32 mk/vuosi.



**TÄHTIEN JA GALAKSIEN MAAILMA**

Kokoelma suomalaisten asiantuntijoiden ja harrastajien artikkeleita tähtitieteen kiinnostavimmista kysymyksistä. Aiheina mm. maailmankaikkeuden syntyhetket, pimeät sunut, tähtien kehitys, Aurinko, Jupiter, tähtivalokuvaus, . . .

Runsas kuvitus.

252 sivua, hinta postikuluineen 28 mk.  
Toinen painos!





## LUE SELITYS VIIME VUOSIEN KOHUTUIMMILLE VALOILMIÖILLE SUOMEN TAIVAALLA

### LUE MIKÄ TUNGUSKASSA RÄJÄHTI 1908

### LUE MITEN AVARUUDEN KIVET OVAT POMMITTA- NEET MAAPALLOA

Tulipalloja taivaalla on asiallista vastapainoa kaupallisille sensaatiokirjoille ufoista ja muista vastaavista ilmiöistä. Kirjassa annetaan luonnollinen selitys usealle viime vuosien äkilliselle valoilmioille Suomen taivaalla.

Tulipalloja taivaalla on myös ensimmäinen meteoriiteista kertova kirja Suomessa. Kirjan ohjeiden avulla toivotaan Suomesta saatavan talteen uusia kallisarvoisia avaruuden kiviä. Asiantuntijana on käytetty mm. prof. Birger Wiikiä, joka on tullut tunnetuksi myös kuukivien tutkijana.

Kirjoittaja fil.tri Heikki Oja on toimessa Helsingin yliopiston tähtitieteen laitoksella.

