

OSION 1 TEKSTIOSA

YLEISOHJEITA

Valintakoe on kaksiosainen:

- 1) Lue oheinen teksti huolellisesti. **Lukuaikaa on 20 minuuttia.**
Voit tehdä merkintöjä artikkeliin.
- 2) Ennen tehtävien suorittamista artikkeli kerätään pois. Tämän jälkeen jaetaan tekstiosioon liittyvät tehtävät ja samalla kertaa myös toinen osio, jossa on matematiikan, loogisen päättelyn ja fysiikan/kemian tehtävät.
Aikaa molempien osioiden tehtävien vastaamiseen on yhteensä 2 tuntia 45 minuuttia.

**ÄLÄ KÄÄNNÄ SIVUA ENNEN KUIN
VALVOJA ANTAA LUVAN !**

Lyhennelmä artikkelista ”**Taivas ei ole rajana**”

(Donald Goldsmith, Valitut palat 1/2009, 102 – 111)

Ajan selkeässä säässä Atacaman halki. Tämä Pohjois-Chilessä sijaitseva autioma kuuluu maailman kuivimpiin paikkoihin. Sadan kilometrin päässä Antofagastan kaupungista näkökenttääni ilmestyy lähes tasalakinen Cerro Paranal –vuori. Laakealla huipulla näkyy neljä pystysuoraa hopeanväristä lieriötä, joiden sisällä on neljä jättimäistä kaukoputkea: maailman valovoimaisin tähtitieteellinen laitteisto.

Haluan nähdä omin silmin, miksi tästä Chilen kolkasta on viime vuosina tullut uusinta tekniikkaa soveltavan tähtitieteellisen tutkimuksen keskus. Siellä on käynnissä kaksi merkittävää hanketta, jotka laajentavat huomasti maailmankaikkeutta koskevaa tietämystämme.

”Tämä on maailman parhaita astrofysiikan havainnointipaikkoja”, sanoo nuori italialaissyntyinen tähtitieteilijä Laura Ventura, joka on tehnyt laajaa tutkimustyötä Kanariansaarilla. Han lähtee esittelemään minulle Paranalin observatoriota. Sinne päästyämme näen, että 2 635 metrin korkeudelle merenpinnasta yltävä vuorenhuippu nousee esiin kumpareisesta maastosta, joka viettää auteren kätkemään Tyynenmereen. ”Tämä huippu on kuin saari autiomaassa”, Ventura selittää. ”Vaikka olemme vain kahdentoista kilometrin päässä rannikosta, emme juuri koskaan näe valtamerä.”

Yleensä ilmakehän inversiokerros pitää auteren ja vesihöyryn observatorion tasoa alemmissa korkeuksissa. Tyyneltämereltä tulevat ilmavirtaukset kulkevat häiriöttä kerroksen yli ja pitävät observatorion yläpuolisen ilman kirkkaana, tyynenä ja kuivana koko vuoden. Olosuhteet ovat tähtitieteellisen havainnoinnin kannalta lähes ihanteelliset: ei vesihöyryä eikä pyörteisiä ilmavirtauksia, jotka haittaavat valonsäteiden kulkua ilmakehän läpi ja antavat tähtien valolle runollisen tuikkeen mutta hämärtävät tähtitieteilijöiden näköalaa maailmankaikkeuteen.

Hyvin tietäen, että Cerro Paranalin taivas tarjoaa upean näköalan avaruuteen, eräät Länsi-Euroopan maat perustivat vuonna 1962 Euroopan eteläinen observatorio (ESO) -nimisen yhteenliittymän, johon tätä nykyä kuuluu 14 jäsentä, muiden muassa Suomi. Järjestö valitsi observatorion sijoituspaikaksi tämän vuorenhuipun ja rakensi sittemmin neljä valtavaa teleskooppia, joissa kussakin on objektiivina 8,2 metrin läpimittainen kovera peili. 600 miljoonaa dollaria maksaneet kaukoputket rakennuksineen valmistuivat vuosituhatien alussa. Observatorio on nyt maailman edistynein.

Myöhemmin päivällä kävelen yhden 27 metrin korkuisen teleskooppihallin poikki. Mahtava kaukoputki hurisee hiljaa yläpuolellani. Hieno tietokonejärjestelmä ohjaa sitä seuraamaan tähtien liikettä taivaalla.

A-osa 3(6)

Tuhansien, miljoonien tai jopa miljardien vuosien takainen tähtien valo heijastuu pääpeilistä ja osuu korkealle sen yläpuolelle sijoitettuun pienempään peiliin, joka kääntää valonsäteen kulkemaan tutkimuslaitteisiin. Tarkennettua kuvaa tutkimalla tähtitieteilijät määrittelevät kaukaisten kohteiden alkuainekoostumuksen ja nopeuden, jolla ne lähestyvät tai etääntyvät.

Illan hämärtyessä menen observatorion ohjaushuoneeseen, missä puolenkymmentä tähtitieteilijää suorittaa monimutkaisia havainnointiohjelmiään. Teleskooppien huippukunnossa pitämisestä vastaa joukko insinöörejä ja teknikkoja. Vaikka teleskoopit ovat niin automatisoituja, että tähtitieteilijät voisivat ohjata niitä Münchenin lähellä sijaitsevasta ESON päämajasta, he käyvät mieluummin observatoriossa siltä varalta, että joutuisivat muuttamaan havainnointisuunnitelmiaan sään muutosten vuoksi tai jostakin muusta syystä. Paranalin observatoriota pyrkivät käyttämään monet tähtitieteilijät eri puolilta maailmaa. He anovat havainnointiaikaa jopa vuotta etukäteen. Hakemukset ruoditaan tarkoin toimikunnassa, joka myöntää kullekin hyväksytylle hakijalle aikaa vain muutamaksi peräkkäiseksi yöksi kullakin puolen vuoden jaksolla.

Englantilaisen Exeterin yliopiston punatukkainen astrofysiikan professori Mark McCaughrean on tullut kollegansa kanssa Paranalille tarkastelemaan nuoria tähtiä, joista lähtee erityisen paljon röntgensäteilyä. Tähtitieteilijät eivät nimittäin tutki pelkkää näkyvää valoa, joka on vain pieni osa avaruuden sähkömagneettisen säteilyn spektristä. Sen lisäksi esiintyy gammasäteitä ja röntgensäteitä, ultravioletti- ja infrapuna- eli lämpösäteilyä sekä radioaaltoja. "Röntgensäteet tarjoavat oivallisen keinon erottaa mielenkiintoiset, hyvin nuoret tähdet", McCaughrean sanoo. "Tutkimalla tähtienvälisen aineen tiivistymiä, jotka edelleen synnyttävät tähtiä, voimme toivoa selvittävämme Auringon ja sen planeettojen varhaiset kehitysvaiheet, kenties jopa elämän syntymisen maapallopillemme."

Tähtien syntyä mietiskellen astun ulos ja kohotan katseeni yötaivasta kohti. Hätkähdän tuhansien valopisteiden loistetta. Etelänristin neljä kirkasta tähteä kulkevat nyt taivaalla lukuisien vähäisempien saatamina. Galaksimme tiheimpien alueiden muodostaman Linnunradan miljoonien tähtien valosta koostuva hailakanvalkea nauha ulottuu kaarena taivaanrannan äärestä toiseen. Maailmalla matkaillessani en ole ikinä erottanut tähtiä näin selvästi. Näky on aivan erilainen kuin muutamien kymmenien tähtien täplittävä kaupunkialueen taivas.

Vastahakoisesti irrotan katseeni maailmankaikkeuden vartiomiehistä ja käännyin kohti Residenciaa. Se on futuristinen rakennus, jonka päälle on tehty geodeettinen kupu. Siihen on sijoitettu observatorion toimistot, henkilöstön ja vierailijoiden asuintilat, viherkasvien ympäröimä uima-allas sekä kahvila. Se rakennettiin alemmas vuorenrinteeseen niin, että sen ikkunat antavat teleskoopeista pois päin, jotteivät

sen valot häiritseisi vuoren laella olevia herkkiä laitteita. Ratkaisu toimii hämmästyttävän hyvin: Residenciasta vuotaa valoa yhden jääkaapin lampun tuotosta vastaava määrä.

Rakennuksen sisäilma vaikuttaa yllättävän kostealta. Tuntemus on pelkkää harhaa, Ventura sanoo. Residenciassa ilman suhteellinen kosteus on noin 35 prosenttia, siis tavanomaisten normien mukaan alhainen. Se ylittää kuitenkin roimasti ulkoilman kosteusarvon, joka ei yleensä nouse kymmentä prosenttia suuremmaksi. Koska suhteellisen kosteuden jääminen kolmeakymmentä prosenttia alhaisemmaksi aiheuttaa häiritsevää ihon, kurkun ja nenän kuivumista, Residencian kostea ilma helpottaa kaikkien kävijöiden oloa.

Päivällispöydässä Ventura selittää, että yläpuolellamme olevien kaukoputkien voimakkuutta lisätään lähiaikoina merkittävästi interferometriaksi kutsutulla menetelmällä, joka yhdistää instrumenttien keräämän havaintoaineiston ja muodostaa niistä ikään kuin yhden teleskoopin, jonka halkaisija on peräti 140 metriä. "Interferometriaa käyttäen teleskoopilla pystytään saamaan aikaan paljon yksityiskohtaisempia kuvia", sanoo Catherine Cesarsky, joka vastikään päätti toimikautensa ESON pääjohtajana. Juuri tällaiset yksityiskohtaiset kuvat kaukaisista valoa tuottavista, räjähtävistä ja kuolevista kohteista tarjoavat avaimet kosmisen syntymän ja kuoleman ymmärtämiseen.

Selviytyttyään valtavista teknisistä haasteista Paranalin tähtitieteilijät käyttävät nykyään interferometriaa taivaankappaleista tulevan infrapunasäteilyn tarkasteluun. Jotta näkisin interferometrian edistyneimmän sovelluksen, ajan kolmesataa pölyistä kilometriä koilliseen Chajnantorin ylängön suuntaan, lähelle Chilen, Argentiinan ja Bolivian rajojen yhtymäkohtaa. Siellä sijaitsee ALMAN eli Atacama Large Millimeter/submillimeter Arrayn johtokeskus. Alma on maailman suurimpia tähtitieteellisten laitosten rakennushankkeita. Kustannusarvio on 1,3 miljardia dollaria, ja työt kestävät kuusi vuotta.

Alueelle tulee ainakin 64 läpimitaltaan enimmäkseen 12-metristä lautasantennia, jotka sijoitetaan hajalleen jopa 18 kilometrin päähän toisistaan. Niiden avulla tuotetaan tähtitieteilijöille ennennäkemättömän yksityiskohtaisia kuvia maailmankaikkeudesta. Alman antenneilla havaitaan nimenomaan millimetrin mittaiset ja sitäkin lyhyemmät radioaallot, jotka ilmakehän vähäininkin vesihöyrymäärä voi imaista olemattomiin. Tällainen radio tuo viestejä "kylmästä universumista" eli siitä valtavasta avaruuden osasta, jossa ei ole riittävästi lämpöä tähtien kaltaiseen valosäteilyyn. Chajnantorin ylänkö valittiin Alman sijoituspaikaksi sen vuoksi, että täällä ilman vesihöyrypitoisuus jää jatkuvasti alle kymmenesosaan esimerkiksi Lontoon vastaavasta lukemasta. Läheisessä autiomaassa on paikkoja, joissa ei tiettävästi ole sataanut milloinkaan.

A-osa 5(6)

Asiassa on kuitenkin yksi mutka. Ylänkö on 5 100 metrin korkeudella merenpinnasta, ylempänä kuin mikään maapallon asuttu paikka. Kovakuntoisimmatkin ihmiset uupuvat työskenneltyään muutaman tunnin ohuessa ilmassa. Siksi onkin rakennettu perusleiri siedettävälle 2900 metrin korkeudelle. Toimistotilojen, konehallien ja laboratorioden ympärillä seisoo useita asuntovaunuja, yksinkertaisia mutta kellovillisia yöpymispaikkoja. Euroopasta, Pohjois-Amerikasta, Japanista ja Taiwanista tulleet tähtitieteilijät ja insinöörit pystyttävät radioantenneja yhdessä chileläisten kanssa. Leiriä esittelee minulle englantilainen tähtitieteilijä Richard Hills, joka on tullut hiljattain Alman projektitutkijaksi. Hän ihailee työntekijöiden tunnollista paneutumista tehtäviinsä, vaikka kertookin heidän mielellään tilaisuuden tullen livahdettavan viettämään iltaa läheiseen San Pedro de Atacaman turistikaupunkiin.

Jättiläismäisen nosturin juurella rönsyilevänä laajalla konehallialueella työryhmät kokoavat viittä ensimmäistä antennia. Valmiina kukin antenni painaa satakunta tonnia eli enemmän kuin täyteen kuormattu Boeing 737 -suihkukone. Niiden siirtämiseksi Chajnantorin ylängölle on tuotu Saksasta kaksi 28-pyöräistä 130 tonnin kuljetusvaunua. Ne ovat paljon leveämpiä kuin mikään maantiellä vastaan tuleva ajokki. Vaunu toimii kuin valtava kuoriainen. Se poimii antennin kahdeksan metrin levyisten leukojensa väliin ja pitää sitä koholla maasta ryömiessään ylängölle enintään 12 kilometrin tuntinopeudella. Myöhemmin samat vaunut siirtelevät antennia lähemmäs toisiaan tai kauemmas toisistaan, kun tähtitieteilijät päättävät tarkastella laajempia tai suppeampia alueita taivaalta.

Ennen Chajnantorissa käyntiä minun täytyy läpäistä sydän-, verenpaine- ja hapenottotestit. Sitten lähdän taittamaan matkaa nelivetoisessa ajokissa. Hengitän syvään ja tasaisesti ja juon vettä niin paljon kuin jaksan suojatakseni elimistöäni autiomaan kuivattavalta vaikutukselta.

Karulle tasangolle päästyämme nousemme autosta hengittäen niin rauhallisesti kuin osaan. Vaikka imen lisää ilmaa pienestä happipullosta, saan pian jyskyttävän päänsäryn, joka on yleinen vaiva näissä korkeuksissa. Minun on vaikea seurata Hillsin esitystä, kun hän selostaa, miten Alman laitteisto aikanaan toimii.

Interferometriassa työn kulku perustuu tietokonejärjestelmään, joka vertailee antenneista tsunamin tavoin vyöryvää tietoaaineistoa. "Järjestelmän teho vastaa suunnilleen kymmentä miljoonaa nopeaa PC:tä", Hills sanoo ylpeyttään salailematta. Eri antenneista tulevien signaalien lähes äärettömän pienten erojen perusteella tähtitieteilijät pystyvät kartoittamaan taivasta huikean täsmällisesti. Vuoden 2010 loppuun mennessä, kun 16 antennia on saatu asemiin, Alman tulee toimiva observatorio. "Kun koko laitteisto tulee käyttöön vuonna 2012, se havainnoi maailmankaikkeutta yksityiskohtaisemmin kuin mikään muu observatorio", Hills kehaisee.

A-osa 6(6)

Alma toimii aikakoneen tavoin. Se havainnoi miljoonien tai miljardien vuosien ajan avaruuden halki kiitänyttä säteilyä ja tarjoaa meille mahdollisuuden katsoa, miltä maailmankaikkeus näytti, kun sillä oli ikää vain kolmasosa nykyisestä 14 miljardista vuodesta. "Yritämme selvittää, miten Maa syntyi, miten Aurinko ja sen planeetat muodostuivat", Hills selittää. "Nyt voimme havainnoida niiden prosessien kulua katsomalla syvälle kaasu- ja pölypilvien sisään, minne optiset teleskoopit eivät yllä."