

2. AVARUUS

Maaailman kovimmat miehet tapaava toisensa joka joulukuun 12. päivänä kello 12 Hviids Vinstuessa, Kööpenhaminan vanhimmassa kapakassa. He eivät ole huippu-urheilijoita, salaisia agenteja, astronautteja tai muita *tosedrengejä*, vaan Sirius-koirapartion entisiä ja nykyisiä jäseniä.

Toisen maailmansodan aikana tanskalaisille valkeeni, että he omistivat maailman suurimman saaren, Grönlannin, ja että tuolla enimmäkseen asumattomalla ja jäätikön peittämällä saarella oli suuri sotilaallinen merkitys. Jotain täytyi tehdä.

Niin sai alkunsa Sirius-partio, jonka tehtävänä on valvoa ranta-aluetta itäisen Grönlannin pohjoisimmasta kylästä Ittoqqortoormiitista aina luoteisrannikon Siorapalukiin. Niiden väliin jää 16 000 kilometriä täysin asumatonta rantaviivaa: mannerjäätikköä, vuonoja, hylkeitä ja jääkarhuja. Sirius-partion koiravaljakot, kussakin kaksi miestä ja tusina koiria, tekevät kesät ja talvet tuhansien kilometrien pituisia, kuukausia kestäviä valvontaretkiä. Heidän ainoa kosketuksensa muuhun maailmaan on radio. ”Kuka tahansa partiolainen voisi koska tahansa piipahtaa

Pohjoisnavalla”, tiivistää muuan Sirius-veteraani sen, mihin miehet¹ tarvittaessa pystyvät.

Huipputeknologiasta ei ole mitään hyötyä, jos se hajoaa tuhansien kilometrien päässä lähimmältä varikolta. Niinpä partiolaiset tekevät yhä edelleen samoin kuin inuitit: he rakentavat koiravaljakoittensa reet puusta – ja aivan itse, alusta alkaen omin käsin, koska vain sillä tavalla voi todella ymmärtää millainen reki on, miten se toimii, mitä se kestää ja miten sen voi korjata.

Nyt ei tavoitteena ole Grönlannin pohjoiskärki, vaan kosmoksen ymmärtäminen. Sirius-partio sopii silti esikuvaksi. Jos todella haluaa ymmärtää maailmankaikkeutta, se on parasta rakentaa itse ihan alusta alkaen. Muuten sitä vain toljottaa tuota käsittämätöntä kummajaista, jossa avaruus kaareutuu koska, niinku, aika on neljäs ulottuvuus ja sitten on se pimeä energia ja laajeneminen ja alkuräjähdykset, ja, ja, tuota kun Einstein...

Rakennetaan siis maailmankaikkeus! Mutta kuten kaikessa kannattaa tehdä, nousee nytkin tyvestä puuhun ja harjoitellaan ensin yksinkertaisemmilla rakennussarjoilla. Askartelukurssin lopputyönä nikaroimme sitten oman universumimme ja tuunaamme sen viimeistä lambdaa ja metriikkaa myöten. Sil-

¹ Myös naisilla on pääsy Siriukseen, mutta toistaiseksi kukaan ei ole selvinnyt vaadittavista testeistä.

loin vasta ymmärrämme myös millainen se on, miten se toimii, ja miksi se kannattaa rakentaa juuri tietynlaiseksi jotta kaikki toimii mahdollisimman hyvin eikä hajoa oitis käsiin.

Siispä luojaoletetun foliohattu (tähtipipokin käy) päähän, hihat ylös ja puuhaan! Tehdään ensi harjoitelmiana mahdollisimman yksinkertainen maailmankaikkeus, joka kuitenkin ainakin hieman vastaa kokemustamme tästä helahoidosta ympärillämme.

Otetaan pöydälle esiin yksi avaruus, täytyyhän maailmankaikkeudessa tilaa olla. Laatikosta jossa lukee ”Euklidinen (laakea)” löytyy sopiva; tässä vaiheessa ei vielä tarvitse ymmärtää, mitä tuo nimitys tarkoittaa, se selviää myöhemmin. Riittää tietää, että tuo avaruus vastaa arkista käsitystämme: tilaa on eteen ja taakse, ylös ja alas, ja molemmille sivuille. Avaruus on *kolmiulotteinen*, jos ollaan hieman täsmällisempiä. Ja jos siihen piirtää kaksi yhdensuuntaista viivaa, tai lähettää matkaan kaksi yhdensuuntaista valonsädetä, ne pysyvät aina samalla etäisyydellä toisistaan. (Tietysti, sitähan juuri *yhdensuuntaisuus* tarkoittaa, sanoo arkijärki ja antiikin viisas Eukleides, mutta palataan siihenkin myöhemmin.)

Euklidinen avaruus on myös äärettömän suuri joka suunnassa – mihin se muka voisi päättyä? Jos jossain tulisi vastaan raja, niin täytyisihän sen toisella puolellakin olla jotain, lisää avaruutta tai televisiostudio tai

Jumalan toimisto. Näin järkeilivät jo antiikin ajattelijat, ja samaa ihmettelee vuosituhansia myöhemmin yksi ja toinenkin minulle sähköpostia lähettävä kyse-lijä. (Onneksi vain osa heistä jaksaa muistuttaa, että avaruus päättyy s-kirjaimen.)

Ääretön maailmankaikkeus. Kuljetaan raketilla suoraan eteenpäin piittaamatta valon nopeuksista ja muista ikävistä rajoituksista, jotka eivät luojaoletettua tietystikään rajoita, ja aina tulee vastaan lisää avaruutta. Emme kohta äärettömyyttä omassa elämässämme, ja siksi se ei tahdo myöskään mahtua ajatuksiimme, mutta avaruuden loputtomuus on kuitenkin helpommin kuviteltavissa kuin sen loppuminen... *johonkin*.

Jos ollaan aivan tarkkoja, meidän pitäisi tietysti myös määritellä *mitä* avaruus on. Filosofit ja tutkijat ovat pohtineet sitä vuosituhansia, eikä yksimielisyyttä ole löytynyt. Onneksi voimme ottaa vielä kerran mallia Sirius-partiosta. Ei heidänkään tarvitse tietää, mitä ”puu” todella *on*, riittää että tunnistaa hyvän puun ja tietää mistä voi tehdä uuden jalaksen rekeen. Samoin meillekin riittää tietää, että avaruus on jotain, minne voi asettaa kaikenlaista ja jossa voi tapahtua yhtä ja toista. Jokainen näytelmä tarvitsee näyttämönsä, jokainen tapahtuma avaruutensa.

Typötyhjä kosmos on aika tylsä paikka, joten täytetään se seuraavaksi. Otetaan siis toisesta laatikos-

ta pinkkejä, itsevalaisevia Leninin patsaita ja aletaan levitellä niitä ympäri avaruutta. (Äärettömän avaruuden täyttämiseen tarvitaan tietysti ääretön määrä pystejä, mutta onneksi niitä on jäänyt runsaasti varastoon romahtaneen kysynnän vuoksi.)

Nyt edessämme on tärkeä valinta. Millaiseen järjestykseen sijoitamme patsaat? Koska päämääränä on mahdollisimman yksinkertainen maailmankaikkeus, edetään yksinkertaisimmalla mahdollisella tavalla: paiskotaan kourallinen toisensa jälkeen sattumanvaraisesti sinne sun tänne, yrittäen kuitenkin täyttää avaruus mahdollisimman tasaisesti. Toimimme siis kuin entisaikojen kylväjä, joka levittää vakastaan siemenviljaa pellolleen, jokaisen kapanalan huolella peittäen.

Mihin kohtaan näin täytettyä maailmankaikkeutta sitten päämme työnnämme, kaikkialla näyttää aina suunnilleen samalta kun katselemme ympärillemme. Tietysti patsaat ovat joka paikassa hieman eri lailla jakautuneita, jossain harvemmassa ja jossain rumana rykelmänä, jossain sattumoisin pienen ryhdikkään jonon muodostavina, jossain toisiaan naamaa naamaan piirissä tuijottavina, mutta suuremmissa mitassa kaikkialla on samanlaista.

Kosmologi sanoisi, että olemme tehneet *isotrooppisen ja homogeenisen* maailmankaikkeuden: siinä on paikallisia pikku eroja, mutta keskimäärin se näyttää

joka suuntaan samalta, ja se on joka paikassa samanlainen. Olisimme tietysti voineet toimia loputtoman monella muullakin tavalla. Laiska kylväjäluoja voisi kipata kaiken yhdeksi kasaksi keskelle äärettömyyttä ja jättää loput tyhjäksi. Sellainen kosmos olisi kuin 1800-luvun saarimaailmankaikkeus, kaikkea muuta kuin homogeeninen. Voisimme asetella pystit kuin pyörän pinnat, suoriksi riveiksi jostain keskipisteestä lähtien. Keskipisteestä katsoen kaikki näyttäisi isotrooppiselta, joka suuntaan samanlaiselta, mutta ei homogeeniselta. Tai pannaan jokainen Lenin pönöttämään samaan suuntaan, jolloin tilanne olisi homogeeninen mutta ei isotrooppinen. Ja niin edelleen.

Homogeenisella maailmankaikkeudella ei myöskään voi olla mitään keskipistettä, koska jokainen sen piste on yhdenvertainen, ja äärettömyys ulottuu joka suunnassa yhtä kauas jokaisesta patsaasta. Jokaikinen Lenin voi totuudenmukaisesti julistaa olevansa kosmoksen napa.

Mitä ihmeen väliä tällä kaikella on? Vastaus on helppo arvata: isotrooppinen ja homogeeninen, vaila mitään erityistä järjestystä oleva maailmankaikkeus on myös yksinkertaisin mahdollinen maailmankaikkeus, ja sen selittämiseen riittää yksinkertaisin mahdollinen teoria. Fyysikot rakastavat tällaisia yksinkertaistuksia, koska todellista maailmaa kaikkine yksityiskohtineen, galakseista maapalloon ja kirjajuhl-

lyni teoksiin, on tietysti mahdotonta kuvata millään teorialla. *Oletetaan pallonmuotoinen lehmä*, kuvailee vanha puujalkavitsi fyysikon tapaa yrittää selittää todellisuutta ja maidontuotantoa. Tehdään simppelein mahdollinen oletus ja katsotaan kuinka pitkälle sillä päästään.

Oletetaan siis kosmos, joka on kaikkialla keskimäärin yhtä ja samaa. Mutta nostetaan nyt hetkeksi katse rakennussarjastamme ylös todelliseen maailmankaikkeuteen: onko se todella sellainen? Lähes kaikki nykyiset maailmanselityksemme lähtevät siitä oletuksesta, että elämme isotrooppisessa ja homogeenisessä maailmassa. Eipä kumma, että tähtitieteilijät ovat vuosikymmenestä toiseen yrittäneet varmistua tuosta kosmologian keskeisestä lähtökohdasta.

Yötaivaalla näkyy tähtiä, Linnunrata, Andromedan galaksin himmeä läikkä; eipä tuo kovin tasaiselta näytä. Mutta maailmankaikkeuden mitoissa Andromeda, kahden ja puolen miljoonan valovuoden päässä, on meidän lähinaapurimme; lelukosmoksessamme niitä vastaisi kaksi vierekkäistä patsasta. Siispä täytyy katsoa vähän kauemmaksi.

Uusi Yleisluettelo, New General Catalogue, listasi vuonna 1888 mahtavat 7840 sumuläikkää taivaalta, mutta kun noiden läikkien todellista luonnetta tai etäisyyksiä ei vielä tiedetty, maailmankaikkeuden rakenne ei sillä selvennyt. Yhä suurempien kauko-

putkien ja kehittyneempien valokuvausmenetelmien ansiosta 1900-luvulla saatettiin nähdä, että toiseksi linnunradoiksi paljastuneilla sumuläikillä oli taipumusta ryhmittyä suuremmiksi joukoiksi. Yksi pioneereista oli jo tapaamamme Fritz Zwicky, joka löytämiään ja luetteloimiaan galaksijoukkoja tutkiessaan alkoi myös epäillä niiden sisältävän pimeää mörköainetta.

Virolainen tähtitieteilijä Jaan Einasto oli kenties ensimmäinen, joka sai selville maailmankaikkeuden galaksien *todella* suuren mittakaavan rakenteen. 1970-luvun Virossa ei ollut aivan helppoa nousta kansainväliseksi huippututkijaksi. Yksi Einaston ongelmista oli, että hän tarvitsi ehdottomasti Zwickyn galaksijoukkojen luettelon, ja se maksoi 205 Sveitsin frangia. Neuvostoliiton miehittämässä maassa olisi ollut helpompaa saada haltuunsa 205 tähteä taivaalta. Onneksi apuun tuli lopulta virolaistaustainen ruotsalainen kollega Tarmo Oja, joka taisi kaivaa frangit omasta taskustaan ja lähettää ne Zwickyn tytarelle Sveitsiin.

Kyllin kaukaa katsottuna maailmankaikkeus on kaikkialla yhtä ja samaa galaksijoukkojen vaahtoa tai rihmastoa, kuin pesusientä tyhjine onkaloineen ja niitä ympäröivine ainekeskittymineen, totesi lopulta Einasto tutkimusryhmineen. Kosmologit huokaisivat helpotuksesta: he saattoivat jatkaa tutkimuksiaan

yksinkertaisia isotrooppisia ja homogeenisia maailmanmallejaan käyttäen. Ja neljäkymmentä vuotta myöhemmin minulla oli ilo toimia yhä edelleen veitsenterävän ja väsymättömän 84-vuotiaan Jaan Einaston isäntänä kun hänet nimettiin Turun yliopiston kunniatohtoriksi.

Nyt on aika palata takaisin omaan lelukosmokseemme. Olemmeko onnistuneet rakentamaan ensi yrittämällä riittävän hyvän mallin todelliselle maailmankaikkeudelle? Ääretön avaruus vailla mitään erikoisherkkuja, täynnä suhteellisen tasaisesti jakautuneita leninejä, anteeksi galakseja ja galaksijoukkoja? Mallistamme tosin puuttuu toistaiseksi kokonaan *aika*, mutta riittääkö jos vain lisäämme sen ja painamme START-nappulaa?

Tuossa maailmankaikkeudessa tähdet syntyvät ja kuolevat, galaksit samoin, jonkun planeetan pinnalla tapahtuu hämmästyttäviä ja huolestuttavia asioita, mutta suuressa mitassa kosmos on kuin Saarnaajan ruikutuksesta. *Mitä on ollut, sitä on tulevinakin aikoina, mitä on tapahtunut, sitä tapahtuu edelleen: ei ole mitään uutta auringon alla.* Ikuinen kosmos, jonka sisällä kyllä tapahtuu kaikenlaista, mutta kosmos, joka ei itse muutu vaan pysyy samana iankaikkisesta iankaikkiseen.

Tällaiseksi ajatteli Isaac Newton keksimänsä pai-

novoimalain hallitseman, loputtomien tähtien täyttämän äärettömän maailmankaikkeuden ikuisine avaruuksineen ja absoluuttisine aikoineen, ja samaa tavoitteli vielä Albert Einsteinkin yrittäessään epätoivoisesti vääntää omasta suhteellisuusteoriastaan ulos ikuista, muuttumatonta kosmosta. (Pienellä matemaattisella tempulla se onnistui, ainakin melkein.)

Jo lelumallimme riittää kuitenkin osoittamaan, että kaikesta hyvin ansaitusta maineestaan huolimatta Isaac ja Albert olivat väärässä. Työnnetään pää tekemäämme maailmankaikkeuteen ja katsotaan ympärillemme, ehdotin vähän aikaisemmin. Mutta hetkinen. Mitä oikeastaan silloin näemme? Pelkkää tasaista pinkkiä valoa joka suunnalla! Olemme keksineet uudestaan *Olbersin paradoksin*.

Tuossa on vaaleanpunaisena hohtava Leninin patsas. Ja tuolla toinen, vähän kauempana, ja tuolla, ja tuolla. Itse asiassa, mihin suuntaan tähyilemmekään, katse osuu lopulta aina johonkin pinkkiin pystiin, koska niitä riittää loputtomiin. Samantekevää, onko patsas lähellä vai kaukana, aina se näyttää saman väriseltä. (Jos et ymmärrettävistä syistä halua ajatella ääretöntä määrää Leninejä, kuvittele olevasi keskelä loputonta koivikkoa: näet vain valkoista kaikkialla ympärilläsi.)

Voisi luulla, että etäisyys tarjoaa ratkaisun: eivät-hän nuo kaukaisimmat patsaat toki enää näy tänne

saakka. Mutta valo ei katoa minnekään. Kaksi kertaa kauempana oleva itsevalaiseva patsas näyttää kyllä kokonaisuutena neljä kertaa himmeämmältä, mutta se näyttää myös neljä kertaa pienemmältä. Sen pintakirkkaus, samoin kuin sen väri, pysyy siksi aina samana etäisyydestä riippumatta. Olemme ihan vahingossa tehneet kosmoksen, joka on varsinainen Barbie-painajainen: pinkkiä, pinkkiä, pinkkiä, pelkkää tasaista pinkkiä kaikkialla.

Miksi yöllä on pimeää? on ehkä paras esimerkki siitä, että yksinkertaiset, lapselliset kysymykset voivat olla niitä kaikkein tärkeimpiä ja syvällisimpiä. Tuon kysymyksen esitti useampikin taivaalle tähyilijä vuosisadasta toiseen, mutta vasta saksalainen tähtitieteilijä Heinrich Olbers sai sen hieman epäoikeudenmukaisesti nimiinsä kaksisataa vuotta sitten.

Aurinko on tähti ja tähdet ovat aurinkoja, jokaisen pinta likimain yhtä kirkkaana loistava. Ja kuten äsken totesimme, pintakirkkaus pysyy samana etäisyydestä huolimatta. Siispä äärettömässä ja ikuisessa maailmankaikkeudessa katseemme osuu aina sokaisevaan aurinkoon, minne päin sitten katselemme. Koko yötaivaan pitäisi hohtaa saman värinenä ja yhtä kirkkaana kuin Auringon pinnan keskipäivällä. Eikä siinä kylliksi, vaan meidän pitäisi myös käristyä hetkessä tuhkakksi – itse asiassa haihtua

kaasuksi – maailmankaikkeuden tuhansien asteiden lämpöisessä pätsissä, jos tähdet ovat saaneet lämmit-
tää sitä ikuisia aikoja. Lämpö ei pääse karkaamaan
täältä minnekään, joten tähtikiukaiden lämmittämä
kosminen sauna on lopulta yhtä kuuma kuin itse
kiukaatkin. Näin ei selvästikään ole tapahtunut, jo-
ten jotain on pielessä äärettömän ja ikuisen kosmok-
sen olettamuksessamme.

No, eihän maailmankaikkeus ole ikuinen, alkurä-
jähdys ja kaikki, tuumit ehkä ja ihmettelet, mikä täs-
sä nyt on niin vaikeaa. Mutta ajatus *ajan* alusta oli
tutkijoille pitkään yhtä mahdoton kuin ajatus avaruuden loppumisesta johonkin. Jos maailmankaik-
keuden aika, Newtonin suuri, kaikille yhteinen ja
samaa aikaa raksuttava kello, käynnistyi jollain het-
kellä, niin mitä tapahtui sekunti sitä ennen? Mitä Ju-
mala teki ennen kuin loi ajan ja avaruuden, saattoi
uskonnollisesti suuntautunut pohdiskella (ja pohdis-
kelee edelleenkin). Saatuaan vuosikymmenen uuras-
tuksen jälkeen selville maailmankaikkeutta kuvaavat
yhtälöt Albert Einsteinilta kesti vielä vuosia hyväksyä
se tosiasia, että niihin kätkeytyi myös ajan alku.

Palataan siis takaisin askartelukurssillemme. Sel-
västikin meidän täytyy nikkaroida vähän hienempi
maailmankaikkeus, sellainen jossa on mukana myös
aika, välttyäksemme Barbie-painajaiselta. Sitä ennen
kannattaa kuitenkin pohtia myös tuota toista perus-

olettamusta, universumin äärettömyyttä. Se vaatii, että otamme syyniin itse tuon kolmiulotteisen avaruuden, jonka olemme kaivaneet esiin askartelulaukosta, ja esitämme toisen lapsellisen kysymyksen: *mitä on avaruus?* Yön pimeys, Olbersin paradoksi, on hyvä muistutus siitä, että mitään asioita ei kannata pitää itsestään selvinä.

Avaruuden syvintä olemusta ei selvitetä pelkillä avaruusteleskoopeilla, siihen tarvitaan paljon vahvempia keinoja: harppeja, viivaimia ja astelevyjä – *geometriaa*. Askartelusalimme avaruuskaapisto on täpötäynnä toisia laatikoita: mitä niissä piilee?