

DAVID EAGLEMAN

**AIVOJEN
ÄÄRETÖN
TARINA**

Suomentanut Nina Mäki-Kihniä

ATENA

Suomennoksessa käytetyt sitaatit:

- s. 157: Bauby, Jean-Dominique: *Perhonen lasikuvussa*. Ranskankielinen alkuteos *Le scaphandre et le papillon*, suom. Anu Partanen ja Ville Keynäs. WSOY, 1997.
- s. 212 Gibran, Kahlil: *Profeetta*. Englanninkielinen alkuteos *The Prophet*, suom. Jussi Korhonen. Basam, 2019.
- s. 259 Olsen, Tillie: *Merimies hei, mikä laiva?* Englanninkielinen alkuteos *Tell me a riddle*, suom. Kersti Juva ja Alice Martin. Love kirjat, 1985.
- s. 260 Englanninkielinen sitaatti Matthew Arnoldilta, suom. Nina Mäki-Kihniä.
- 261 Aristoteles: De memoria et reminiscencia eli ”Muistista ja mieleen palauttamisesta” teoksessa *Sielusta; Pieniä tutkielmia*, suom. Kati Näätsaari, Gaudeamus 2006.



Kirjallisuuden vientikeskus FILI on tukenut tämän kirjan kääntämistä.

Englanninkielinen alkuteos

Livewired – the Inside Story of the Ever-changing Brain

© 2020, David Eagleman

All rights reserved

Suomenkielinen laitos

© Atena / Kustannusosakeyhtiö Otava 2022

Atena

Jyväskylä

atena.fi

ISBN 978-951-1-42310-2

OTAVA
KIRJAPAINO
Keuruu 2022



SISÄLLYS

1. SÄHKÖINEN ELÄVÄ KUDOS 11

Lapsi, jolla oli puolikkaat aivot • Elämän toinen salaisuus •
Jos työkalu puuttuu, luo se • Alati muuttuva järjestelmä

2. LISÄÄ VAIN MAAILMA 29

Kuinka kasvattaa hyvät aivot • Kokemukset ovat välttämättömiä
• Luonnon suuri arpapeli

3. SISIN ULKOMAAILMAN PEILINÄ 39

Silver Springin apinoiden tapaus • Lordi Horatio Nelsonin
oikean käsivarren kuolemanjälkeinen elämä • Ajoitus on kaikki
kaikessa • Aluevaltauksset ovat jatkuvaa työtä • Mitä enemmän,
sen parempi • Sokaisevan nopeaa • Miten unet liittyvät
maapallon pyörähdykseen? • Millainen päältä, sellainen sisältä

4. SYÖTTEET HALTUUN 69

Perunapään tekniikka valloittaa maailman • Aistien korvaaminen
• Yhden tempun poni • Silmien sävelet • Hyvät vibat •
Oheislaitteiden tehostaminen • Luodaan uusi aistijärjestelmä •
Kuvitellaan uusi väri • Oletko valmis uuteen aistiin?

5. MITEN SAADAAN PAREMPI KEHO? 139

Jos paikalla on tohtori, voisiko hän nostaa yhden käsistään? •
Peruspiirustuksia ei ole • Motorinen jokeltelu • Liikeaivokuori,
vaahtokarkkeja ja kuu • Itsekontrolli • Olemme leluja • Yhdet
aivot, äärettömästi kehoja

6. MIKSI VÄLITTÄMISELLÄ ON VÄLIÄ? 175

Perlmanin ja Ashkenazyn liikeaivokuorialueet • Maiseman muokkausta • Sinnikkyyttä • Aluemuutoksen hyväksyntä • Diginatiivin aivot

7. MIKSI RAKKAUS EI TUNNE MÄÄRÄÄNSÄ ENNEN KUIN ERON HETKELLÄ? 199

Hevonen joessa • Voiko näkymätön olla itsestään selvää? • Ero siinä, mitä luulit tapahtuvan ja mitä todella tapahtui • Kohti valoa. Tai sokeria. Tai dataa. • Mukaudu odottamaan odottamatonta

8. TASAPAINOTTELUA MUUTOKSEN RAJALLA 217

Kun alue katoaa kartalta • Miten huumekauppiaat sijoitellaan tasapuolisesti? • Kuinka hermosolut laajentavat sosiaalisia verkostojaan? • Hyvän kuoleman hyödyt • Onko syöpä merkki villiintyneestä plastisuudesta? • Pelastetaan aivometsä

9. MIKSI VANHALLE KOIRALLE ON VAIKEA OPETTA UUSIA TEMPPUJA? 239

Syntynyt moneksi • Herkkyyskausi • Ovet sulkeutuvat eri tahtiin • Kaikkien näiden vuosien jälkeen muutos jatkuu

10. MUISTATKO, KUN...? 259

Puhuttele tulevaisuuden minää • Muiston surma ei ole aika vaan toinen muisto • Aivojen alueet opettavat toisiaan • Synapsien tuolla puolen • Aikaskaalasta punotaan kukkaseppele • Monenlaisia muisteja • Historian muovaama

11. SUSI JA MARS-MÖNKIJÄ 289

12. ÖTZIN KADONNEEN RAKKAUDEN ETSINTÄ 301

Muodonmuuttajat ovat jo täällä – me itse

KIITOKSET 309

VIITTEET 311

LISÄLUKEMISTA 355

Ihminen syntyy monena mutta kuolee yhtenä.

MARTIN HEIDEGGER

1.

SÄHKÖINEN ELÄVÄ KUDOS

Kuvittele, ettei Marsiin lähetetäkään 180-kiloista kulkijaa vaan nuppineulan päätä pienempi pallo. Siellä se alkaa ammentaa ympäristöstään energiaa ja jakautuu uusiksi, aina vain monimutkaisemmiksi palloiksi. Ne kiinnittyvät toisiinsa muodostaen erilaisia rakenteellisia osia: pyöriä, linssejä, lämpötila-antureita ja tietenkin kokonaisuutta hallitsevan sisäisen ohjausjärjestelmän. Hämmästyisit varmasti, jos katselisit moisen laitteen kasautumista.

Saman ilmiön näet kuitenkin lähimmässä päiväkodissa. Äänekkäästi itkevä lapsihan oli aluksi yksi mikroskooppisen pieni hedelmöittynyt munasolu, mutta hänestä varttuu täysikasvuinen ihminen, jossa on fotoni-ilmaisimia, moninivelisiä ulokkeita, paineantureita, veripumppu sekä koneisto, joka aineenvaihdunnan kautta tuottaa energiaa.

Ihmisessä on vielä jotain hienompaa ja hämmästyttävämpääkin. Ihmisen ohjausjärjestelmää, aivoja, ei ole valmiiksi ohjelmoitu, vaan vuorovaikutus ympäristön kanssa muuttaa sitä. Aivojen sisäiset kytkennät muovautuvat joka kerta, kun lapsi ratkoo haasteita, puntaroi mahdollisuuksiaan ja alkaa ymmärtää yhteiskunnan sosiaalisia rakenteita.

Maapallon joka kolkan valloittanut ihmislaji sai käyttöönsä yhden luontoäidin parhaista oivalluksista: älä säädä aivojen toimintaa etukäteen viimeisen päälle tarkasti, vaan lähetä ihminen maailmalle pelkkien peruspalikoiden kera. Itkevä lapsi herkeää lopulta itkemästä, katsoo ympärilleen ja alkaa omaksua asioita. Hän sopeutuu. Hän sisäistää vaikutteita. Alkajaisiksi hän oppii kotiseudullaan puhuttavan kielen, sitten yhtä sun toista omasta kulttuuristaan ja ennen pitkää jotain maailmanpolitiikastakin. Hän tarjoaa jatkumon kasvattajiensa uskomuksille ja harhoille. Rakkaat muistot, tärkeät opetukset ja pienetkin tiedonhiput luovat hermosolujen välille kytkentöjä muovaten hänen aivojaan tavalla, joka ei ole ennalta määrättyä vaan heijastaa nimenomaan hänen elinympäristöään.

Tässä kirjassa kerron, kuinka aivot väsymättä järjestelivät sisäisiä yhteyksiään ja mitä se merkitsee itse kunkin arkielämän ja tulevaisuuden kannalta. Matkan varrella tarina käy kiehtovien kysymysten sivupoluilla. Miksi ihmiset näkivät kirjojen tekstit hieman punertavina 1980-luvulla (ja vain tuolloin)? Miksi maailman paras jousiampuja on kädetön? Miksi öisin nähdään unia, ja miten se liittyy maapallon pyörimiseen? Mitä yhteistä on huumeista vieroittamisella ja sydänsurulla? Miksi muistoja ei uhkaa ajankulu vaan muut muistot? Voiko sokea oppia näkemään kielellään tai kuuro kuulemaan ihollaan? Osataanko vielä joskus lukea ihmiskohtaloita niistä mikroskooppisista poluista, joita elämäntänteet raivaavat aivosolujen viidakkoon?

LAPSI, JOLLA OLI PUOLIKKAAT AIVOT

Valerie S. oli lähdössä töihin, kun hänen kolmivuotias poikansa Matthew lyyhistyi lattialle.¹ Poika ei vironnut, huulet sinertyivät.

Valerie huusi hätääntyneenä miestään apuun. ”En minä osaa auttaa!” mies parahti. ”Soita hätänumeroon!”

Päivystyspoliklinikan jälkeen tapahtumalle ryhdyttiin etsimään syytä. Lastenlääkäri suositteli Matthew’lle sydäntutkimusta. Sydänlääkäri kytki poikaan sydämen tilaa tarkkailevan laitteen, jonka tämä kylläkin itsepäisesti irrotti kerta toisensa jälkeen. Tuloksia kuitenkin saatiin, eikä niistä paljastunut mitään poikkeavaa. Perhe selvisi säikähdyksellä.

Tai niin he luulivat. Kuukauden kuluttua ruokapöydässä Matthew’n kasvoille tuli yhtäkkiä outo ilme. Katse terävöityi, oikea käsi jäykistyi ja ojentui suoraksi ylöspäin, eikä hän reagoinut mihinkään noin minuuttiin. Jälleen Valerie kiidätti pojan lääkäreiden tutkittavaksi, ja jälleen tarkka diagnoosi jäi saamatta.

Sitten tilanne toistui seuraavana päivänä.

Neurologi laittoi Matthew’n päähän myssyn, jonka elektrodit mittaavat aivojen toimintaa. Nyt löydettiin selvät merkit epilepsiasta. Matthew sai kohtausten estolääkityksen.

Lääkkeet auttoivat, mutta eivät kauan. Matthew alkoi saada rajuja kohtauksia, jotka tulivat ensin tunnin, sitten kolmen vartin ja lopulta puolen tunnin välein tiheten vielä siitäkkin kuin synnytyssupistukset. Jonkin ajan kuluttua kohtausten väli oli enää kaksi minuuttia. Kohtaussarjan käynnistyessä Valerie ja hänen puolisonsa Jim veivät Matthew’n sairaalaan osastohoitoon päiviksi, joskus viikoiksi. Kun tilanne alkoi olla tuttu, he soittivat sairaalaan etukäteisvaroituksen ”supistusvälin” ollessa kaksikymmentä minuuttia, nousivat autoon ja hakivat matkan varrella Matthew’lle syötävää McDonald’sista.

Kohtausten välillä Matthew yritti nauttia elämästä.

Perhe teki vuodessa kymmenen sairaalareissua, ja näin jatkui kolme vuotta. Valerie ja Jim surivat lapsensa kohtaloa – he eivät olleet menettäneet poikaansa, mutta poika oli menettänyt mah-

dollisuuden normaaliin elämään. He kävivät läpi vihan ja kieltämisen. Elämään asettui uusi normaali. Lopulta erään kolmen viikon sairaalajakson jälkeen neurologit myönsivät, ettei näin vaikeaa ongelmaa osattu ratkaista paikallissairaалassa.

Perhe kuljetettiin ambulanssihelikopterilla New Mexican Albuquerquesta Johns Hopkins -sairaalaan Baltimoreen. Siellä lasten tehohoito-osastolla saatiin selville, että Matthew'lla oli Rasmussenin enkefaliitti, harvinainen krooninen tulehdussairaus. Ongelmallista taudissa on se, että pienen aivoalueen sijasta se vaikuttaa koko aivopuoliskoon. Kauhukseen Valerie ja Jim saivat kuulla, että Matthew'n tilaan tunnettiin vain yksi hoitokeino: hemisferektomia eli aivopuoliskon poistoleikkaus. ”En muista, mitä lääkärit sanoivat”, Valerie kertoi minulle. ”Sellaisen kuultuaan torjuu kaiken, aivan kuin muut ympärillä puhuisivat vierasta kieltä.”

Valerie ja Jim etsivät vaihtoehtoja, mutta turhaan. Kun Valerie muutamia kuukausia myöhemmin soitti Johns Hopkins -sairaalaan varatakseen ajan poistoleikkaukseen, lääkäri kysyi häneltä: ”Oletteko varmoja?”

”Olemme”, Valerie sanoi.

”Pystyttkö katsomaan itseänne joka aamu peilistä ja hyväksymään sen, että teitte sen päätöksen, joka oli tehtävä?”

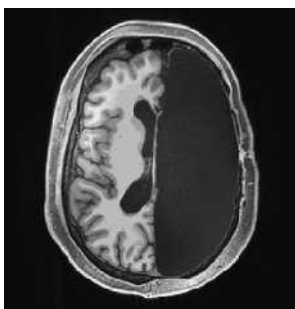
Musertava ahdistus vei Valerielta ja Jimiltä yöunet. Selviytyisikö Matthew leikkauksesta? Voiko ihminen ylipäänsä elää, jos puolet aivoista puuttuu? Saisiko Matthew elämän mutta sellaisilla ehdoilla, joita ei kannattaisi hyväksyä?

Vaihtoehtoja ei ollut. Normaali elämä oli mahdotonta useiden päivittäisten kohtausten pelossa. Vanhemmat joutuivat vertailemaan nykytilan varmoja haittoja ja leikkauksen epävarmuuksia.

Matthew vanhempineen lennätettiin Baltimoren sairaalaan. Siellä Matthew'n kasvoille asetettiin lasten pieni anestesimaski

ja hänet nukutettiin. Terällä leikattiin tarkasti viilto hänen paljaaksi ajeltuun päänahkaansa. Luuporalla tehtiin reikä kalloon.

Seuraavat tunnit kirurgi hitaasti työskennellen poisti puolet herkästä vaaleanpunaisesta kudoksesta, joka oli Matthew'n älyn, tunteiden, kielitaidon, huumorintajun, pelkojen ja rakkauden perusta. Poistettu aivokudos, hyödytön biologisesta alustastaan irrotettuna, siirrettiin pieniin rasioihin. Kallon tyhjäksi jäänyt osa täyttyi vähitellen aivo-selkäydinnesteellä, joka näkyy neurokuvantamisessa mustana aukkona.²



Matthew'n toinen aivopuolisko poistettiin kirurgisesti.

Sairaalakahvin voimalla vanhemmat odottivat heräämössä, että Matthew avaisi silmänsä. Millainen heidän poikansa olisi nyt? Kuka hän olisi, kun aivoista oli poistettu puolet?

*

Mikään tutkimuskohde maapallolla ei vedä monimutkaisuudessaan vertoja aivoillemme. Ihmisaivoissa on 86 miljardia neuroniksi nimettyä solua: hermosoluja, jotka siirtävät tietoa nopeasti etenevinä jännitevaihdeluina.³ Neuroneista muodostuu pään sisälle tiheä ja moniulotteinen, metsän kaltainen verkosto, jonka toiminnallisten yhteyksien kokonaislukumäärä yltää noin

kahteensataan biljoonaan. Lukuun saa tuntumaa, kun ajattelee seuraavaa vertausta: yhdessä kuutiomillimetrissä aivokuoren kudosta on yli kaksikymmentä kertaa enemmän hermosolujen välisiä yhteyksiä kuin maapallolla on ihmisiä.

Aivojen kiinnostavuus ei kuitenkaan kumpua sen rakenneosien lukumäärästä vaan niiden tavasta viestiä keskenään.

Oppikirjoissa, mainoksissa ja populaarikulttuurissa aivot kuvataan usein elimeksi, jonka tietyt alueet ovat erikoistuneet tiettyihin tehtäviin. Yksi on näkemistä varten, toinen auttaa ymmärtämään työkalujen käyttöä, kolmas aktivoituu makeisista kieltäydyttäessä, neljäs säkenöi moraalista pulmaa pohdittaessa. Alueet on nimetty ja luokiteltu.

Oppikirjamallissa on puutteensa, ja se sivuuttaa tarinan mielenkiintoisimman juonteen. Aivot ovat dynaaminen järjestelmä, joka jatkuvasti mukauttaa omia sisäisiä kytkentöjään palvelemaan ympäristön vaatimuksia ja elimistön voimavaroja. Jos olisi mahdollista zoomata kallonsisäiseen elävään mikrokosmokseen, näkisi hermosolujen lonkeromaisten haarakkeiden hapuilevan ympärilleen tunnustellen ja toisiinsa törmäillen, etsien hyväksyttävää tai hylättävää liitosta, aivan kuten ihmis-yhteisöissäkin syntyy ystävyysuhteita, avioliittoja, naapuruussuhteita, poliittisia puolueita, verikostoja ja sosiaalisia verkostoja. Aivot voi kuvitella biljoonien toisiinsa punoutuneiden organismien eläväksi yhteisöksi. Totuus on paljon oudompi kuin oppikirjan antama mielikuva: aivot ovat laskentataitoista salaperäistä materiaalia, elävää kolmiulotteista kudelmää, joka liikkuu, reagoi ja säätelee itseään maksimoidakseen suorituskykynsä. Monitahoisten yhteyksien rakennelma – aivojen hermoverkosto – kuhisee elämää. Hermosolujen välisiä yhteyksiä syntyy, kuolee ja järjestäytyy uudelleen aivan tauotta. Jokainen meistä on eri ihminen kuin vuosi sitten, koska aivojen suunnaton kudelmalla on tässä ajassa ennättänyt punoutua uudella laisella.

Kun oppii uuden asian – mukavan ravintolan sijainnin, pomoon liittyvän huhun, radiosta tартtuneen korvamadon – aivoissa tapahtuu fyysinen muutos. Samoin käy, jos onnistuu raha-asioissa, nolaa itsensä tai havahtuu uusiin tunteisiin. Kun heittää koripalloa, kiistelee työtoverin kanssa, lentää uuteen kaupunkiin, katsoo nostalgista valokuvaa, kuulee rakkaansa suuloisen äänen, niin aivojen syheröinen sekamelska järjestäytyy hieman erilaiseksi kuin se oli hetki sitten. Muutoksista sukeutuu muistoja eli elämän ja rakkauden aikaansaannoksia. Minuuttien, kuukausien ja vuosikymmenten saatossa lukemattomat muutokset aivoissasi muodostavat sen, jota sanotaan sinuksi.

Ainakin tämänhetkiseksi sinuksi. Eilen olit hieman erilainen. Huomenna olet jälleen joku toinen.

ELÄMÄN TOINEN SALAISUUS

Vuonna 1953 Francis Crick ryntäsi sisälle Eagle and Child -pubiin ja yllätti hämmästyneet tuopinkallistajat uutisellaan. Hän oli yhdessä James Watsonin kanssa ratkaissut elämän salaisuuden, DNA:n kaksoiskierteen rakenteen. Se oli tieteelle suuri hetki pubissa.

Crick ja Watson olivat tosin ratkaisseet vain *puolet* salaisuudesta. Sitä toista puolta ei löydy kirjoitettuna DNA:n emäspareilla eikä oppikirjoista. Ei nyt eikä koskaan.

Toinen puoli on näet kunkin ihmisen elinympäristö. Se koostuu kokemuksista: kosketuksista ja makuaistimuksista, helplistä hetkistä ja auto-onnettomuuksista, puhutusta kielestä ja rakkaustarinoista.⁴

Ymmärrät tämän paremmin, kun kuvittelet syntyneesi kolmekymmentätuhatta vuotta sitten. Saat saman DNA:n kuin nyt, mutta kohdusta maailmaan liu'uttuasi avaat silmäsi toisel-

la aikakaudella. Millainen olisit? Nauttisitko tanssista leiritulen ympärillä tähtitaivasta ihmetellen? Kajauttaisitko puunlatvasta varoitushuudon sapelihammastiikereiden lähestyessä? Pelottaisiko sinua nukkua taivasalla sadepilvien alla?

Millaiseksi itsesi kuvitteletkin, erehdyt. Kysymys on kompa. Sinä nimittäin et olisi sinä. Et edes etäisesti. Luolamies, jolla on täsmälleen samanlainen DNA kuin sinulla, saattaa *näyttää* vähän sinulta, koska genomien resepti on sama. Mutta luolamies ei ajattelisi kuten sinä. Eikä suunnittelisi, kuvittelisi, rakastaisi eikä ajattelisi menneestä eikä tulevaisuudesta kuten sinä.

Miksei? Koska luolamiehen kokemusmaailma on erilainen kuin sinun. Vaikka DNA on osa elämäntarinaa, sen rooli on pieni. Muilta osin tarina täydentyy monipuolisilla kokemuksilla ja tapahtumilla, jotka muovaavat mikroskooppista mutta silmiin havaittavissa olevaa aivosolujen ja niiden välisten yhteyksien kudelmää. Se, jonka miellämme *minuudeksi*, on kokemuksilla täytetty alus, joka purjehtii tiettyssä ajan ja paikan koordinaatistossa. Ihminen omaksuu paikallisen kulttuurin ja teknologian aistiensa kautta. Minuudesta saa kiittää yhtä paljon ympäristöään kuin soluissaan olevaa DNA:ta.

Toisenlaisen käsityksen saa vertaamalla tänään syntyvää komodonvaraania sellaiseen, joka eli elämänsä kolmekymmentä tuhatta vuotta sitten. Eläimiä ei välttämättä erottaisi toisistaan yksittäisten käyttäytymispiirteiden perusteella.

Miksi ei?

Komodonvaraanit saivat elämältä aivot, jotka rakentuvat aina suunnilleen samanlaisiksi. Niiden ansioluettelossa on valmiiksi ohjelmoituja taitoja (*Syö! Parittele! Ui!*), joiden avulla ne pystyvät turvaamaan asemansa omassa ekologisessa lokerossaan. Ne ovat kuitenkin joustamattomia puurtajia. Jos kaikki komodonvaraanit siirrettäisiin kotiseudultaan Kaakkois-Indonesiasta lumiseen Kanadaan, koko laji olisi pian muisto vain.

Ihminen sitä vastoin menestyy maapallolla eri kasvillisuusvyöhykkeillä, ja pianhan me lennämme pois planeetaltakin. Miksi me pärjäämme? Emme ole kestävämpiä, rotevampia tai lujempaa tekoa kuin muutkaan eliöt. Sellaisilla mittareilla arvioitunahan me itse asiassa häviämme lähes kaikille eläimille. Ihmisaivot tulevat maailmaan pitkälti keskeneräisinä, ja siksi lapsuus alkaa ainutkertaisen pitkällä avuttomuuden kaudella. Se kuitenkin tuottaa tulosta, sillä ihmisaivot suorastaan pyytävät maailmaa muovaamaan niitä – ja näin ihminen ahmii kotiseudulleen ominaisen kielen, kulttuurin, muotivirtaukset, politiikan, uskonnon ja moraalin.

Maailmaan putkahtaminen keskeneräisten aivojen kera on osoittautunut voittajan strategiaksi. Olemme syrjäyttäneet planeetan muut lajit: valtasimme mantereet, valloitimme meret ja kävimme Kuussa. Olemme kolminkertaistaneet elinikämme. Sävellämme sinfonioita, rakennamme pilvenpiirtäjiä ja kuvaamme alati tarkentuvalla täsmällisyydellä aivojemme yksityiskohtia. Tällaiset valmiudet eivät ole geneettisesti koodattuja.

Eivät ainakaan sellaisenaan. Geenejämme ohjaa yksinkertainen periaate: *älä rakenna joustamatonta laitteistoa, vaan järjestelmä, joka mukautuu ympäröivään maailmaan*. DNA:amme ei ole lukkoon lyöty rakennepiirustus vaan ohje dynaamiseen järjestelmään, joka muovaa sisäisiä kytkentöjään uudestaan koko ajan heijastaakseen elinympäristöään ja ollakseen optimaalisen tehokas juuri siellä, missä se on.

*

Karttapalloon piirretyt valtionrajat ovat koululaisen mielestä muuttumattomat. Historiantutkija sitä vastoin ymmärtää, että valtioiden rajat ovat sattumien summa, sillä niiden historiassa olisi voinut tapahtua erilaisia käännteitä, jos kuninkaaksi noussut

olisi menehtynyt lapsena, satokausi olisi pelastettu tai taistelu olisi päättynyt toisin sotalaivan upottua. Pienten muutosten myötä maailmankartta olisi piirretty erinäköiseksi.

Sama pätee aivoihin. Perinteisen oppikirjakuvan takia kuvitellaan, että hermosolut ovat aivoissa sulassa sovussa kuin karamellit rasiassa, mutta tällainen karikatyyri johtaa harhaan. Hermosolut nimittäin käyvät loputonta keskinäistä selviytymiskamppailua. Naapurivaltioiden lailla neuronitkin rajaavat itselleen reviirin ja puolustavat sitä väsymättä. Taistelua alueesta ja olemassaolosta käydään järjestelmän kaikilla tasoilla, ja resursseista kilpailee jokainen hermosolu ja niiden välinen kytkentä. Aivoissa vallitseva elinikäinen rajasota johtaa siihen, että kartta pannaan jatkuvasti uusiksi, koska henkilön kokemukset ja tavoitteet heijastuvat aivojen rakenteeseen. Jos kirjanpitäjä tekee uramuutoksen pianistiksi, sormia ohjaava hermosolun alue laajenee. Jos hän ryhtyy ammatikseen tarkastelemaan mikroskooppinäytteitä, aivojen näkökuori tehostaa pienten yksityiskohtien havaintotarkkuutta. Jos hän ryhtyy kehittämään parfyymeja, tuoksua käsittelevät aivoalueet laajenevat.

Vain kaukaa ja suurpiirteisesti aivoissa voi nähdä karttapalloomaisen kuvajaisen ennalta määrätystä ja selvistä rajoista.

Aivot jakavat resursseja niihin tehtäviin, jotka kulloinkin on arvioitu tärkeiksi. Se puolestaan tapahtuu kilpailuttamalla aivojen rakenneosia yksinkertaisella periaatteella: ”menesty tai tuhoudu”. Tämä peruseriaate valaisee useita kysymyksiä, joita käsitellään pian tässä kirjassa. Miksi joskus tuntuu siltä kuin kännykkä olisi värähtänyt taskussa, vaikka hetken päästä tajuaa, että se onkin pöydällä? Miksi itävaltalais-syntyinen Arnold Schwarzenegger puhuu amerikanenglantia vahvasti murtaen, mutta ukrainalais-syntyinen Mila Kunis ei? Miksi autistinen savant-lapsi kykenee ratkaisemaan Rubikin kuution neljässä-kymmenessä yhdeksässä sekunnissa mutta ei juttelemaan nor-

maalisti ikätoverinsa kanssa? Oppivatko ihmiset teknologian avulla kehittämään uusia aisteja ja havainnoimaan esimerkiksi infrapunavaloa, maailmanlaajuisia sääoloja tai osakemarkkinoita?

JOS TYÖKALU PUUTTUU, LUO SE

Vuoden 1945 lopulla Tokiossa oltiin pinteessä. Venäjän–Japanin sotaan ja kahteen maailmansotaan oli panostettu yhteensä neljä vuosikymmentä, ja tuona aikana Tokio oli valjastanut kansakuntansa älylliset resurssit sotilaalliseen toimintaan. Valtio tuotti lahjakkuuksia, joille oli vain yksi käyttötarkoitus: yltyvä sodankäynti. Atomipommit ja taisteluväsymys olivat kuitenkin vähentäneet aluevaltausten nälkää Aasiassa ja Tyynellämerellä. Sota oli ohi. Maailma oli muuttunut, ja japanilaisten täytyi muuttua sen mukana.

Muutoksen myötä esitettiin vaikea kysymys. Mitä virkaa on suurella joukolla sotilasinsinöörejä, joita oli vuosisadan sarastuksesta asti koulittu aina vain taitavammiksi aseentekijöiksi? Heillähän ei ollut tehtäviä uudessa rauhantahtoisessa Japanissa.

Niinhän sitä luulisi. Seuraavina vuosina Tokio rakensi uusia yhteiskunnan ja talouselämän polkuja, kun insinöörit ohjattiin uudenlaisten haasteiden pariin. Tuhannet insinöörit alkoivat rakentaa nopeaa luotijunaa, Shinkansenia.⁵ Siinä missä ennen suunniteltiin aerodynaamisia laivaston lentokoneita, nyt valmistettiin virtaviivaisia junanvaunuja. Entiset Mitsubishi Zero-hävittäjälentokoneen suunnittelijat kehittivät pyöriä, akseleita ja ratakiskoja, jotka tekisivät luotijunasta turvallisen suurillakin matkanopeuksilla.

Tokio muokkasi sisäiset resurssinsa ulkoisten olosuhteiden tarpeisiin. Miekoista taottiin auranvantaia. Koneisto muutettiin nykyhetken tarpeisiin sopivaksi.

Tokio toimi kuten aivot.

Aivoilla on krooninen taipumus sopeutua annettuihin haasteisiin ja tavoitteisiin. Ne muovaavat resurssejaan olosuhteiden vaatimusten perusteella. Jos jotain tarvittavaa ei ole, sitä valmistetaan.

Miksi tällainen strategia toimii aivoille? Ihminenhän rakentaa tekniikkaa aivan toisenlaisen periaatteen varaan, ja todistusti se kannattaa. Laitteisto on mitä on, ja ohjelmiston avulla se pannaan suorittamaan annettu tehtävä. Mitä hyötyjä saadaan, jos rajapinnat sulautetaan niin, että ohjelmisto voi jatkuvasi muunnella koneistoa? Ensimmäinen hyöty on nopeus.⁶ Ihminen kirjoittaa näppäimistöllä nopeasti, jos hänen ei tarvitse miettiä sellaisia yksityiskohtia kuin sormien asentoa, tähtäystä ja painikkeen paikkaa. Kirjoittaminen etenee omalla painollaan, näennäisen taianomaisesti, koska taidosta on tullut osa aivojen ”mikropiiriä”. Hermoverkoston uudelleenjärjestäytyminen automatisoi tietyt suorituksen osat, mikä nopeuttaa päätöksentekoa ja varsinaista suoritusta. Vuosimiljoonien saatossa evoluutio ei missään vaiheessa varautunut siihen, että ihminen alkaa joskus käyttää kirjoitettua kieltä saati sitten näppäimistöjä, mutta silti ihmisaivot oppivat hyödyntämään näitä keksintöjä.

Vertauskuvaksi sopii instrumentti, jota soittaja ei ole aiemmin käsitellyt, mutta silti hän lopulta osuu oikeisiin koskettimiin. Tehtävään harjaantumaton tekee sen tietoisin ajattelun varassa, mikä on suhteellisen verkkaista. Amatöörin ja taiturin erottaa toisistaan suoritusnopeus. Siksi pallon voi helposti riistää jalkapallon harrastajalta, kun taas taituri lukee vastustajansa eleitä, tekee ketterää jalkatyötä ja potkaisee palloa tarkasti. Tiedostamaton toiminta on nopeampaa kuin tietoinen harkinta. Auralla kyntää nopeammin kuin miekoilla.

Tärkeisiin tehtäviin erikoistuneen koneiston toinen etu on tehokkuus. Jalkapallonoviisi ei yksinkertaisesti ymmärrä, miten

pelikentän monet tapahtumat liittyvät toisiinsa, mutta ammatilainen ohjailee pelitapahtumia monin tavoin saadakseen maailmankopaikan. Kumman aivot ovat aktiivisemmat? Olisi loogista veikata ammattilaisen aivoja, sillä hän ymmärtää pelin kulkua ja seuloa mahdollisuuksia, päätöksiä sekä monimutkaisia pelikuvioita. Väärin meni. Taiturin aivoihin on kehittynyt jalkapalloiluun sopeutunut hermoverkosto, jonka ansiosta hänen liikesarjojensa taustalla on yllättävän vähän aivotoimintaa. Taituri on tavallaan muovannut itsestään yhtä pelin kanssa. Amatööri sitä vastoin miettii asioita pää kuumana. Hän yrittää hoksata, millä tavalla erilaiset liikesarjat vaikuttavat asioihin. Hän tekee tilanteesta useita tulkintoja ja yrittää ennakoida, mikä tulkinnoista osuu oikeaan – vai osuuko yksikään.

Ammattilaisen suoritus on sekä nopea että tehokas, koska jalkapallopelistä on tullut osa hermoverkostoa. Hänen sisäinen mikropiiristönsä on säädetty optimaaliseksi sen kannalta, mikä on tärkeää hänen ympäristössään.

ALATI MUUTTUVA JÄRJESTELMÄ

Amerikkalaispsykologi William James keksi termin ”plastisuus” tarkoittamaan järjestelmää, joka muuttuu pysyvästi uudelleenlaiseksi ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta. Plastinen asia on siis sellainen, jonka voi muovailla uuteen, pysyvään muotoon. Juuri tähän viittaa muovin englanninkielinen nimitys, *plastic*. Muoveista valmistetaan kulhoja, leluja ja puhelimia, jotka pysyvät käyttökelpoisina, sillä materiaali ei pehmene alkuperäiseen muotoonsa. Sama pätee aivoihin: kokemus muuttaa niitä, ja muutos säilyy.

Neurotieteissä puhutaan ”aivojen plastisuudesta” (myös ”neuroplastisuudesta”). Käytän termiä säästeliäästi tässä kirjassa.

sa, koska joskus siitä viriää väärää mielikuvia. ”Plastisuudesta” tulee mieleen kertaluonteinen, pysyvä muodonmuutos. Esimerkiksi muovilelu tehdään tietynlaiseksi, ja sellainen se sitten on. Aivot eivät ole tällaiset. Ne muuttuvat läpi eliniän.

Kun kaupunki kehittyy ja laajenee, se hyödyntää tehokkaasti ympäristöään ja on vuorovaikutuksessa sen kanssa. Ilmiön näkee tutkimalla, mihin autoliikenteen levähdyspaikkoja rakennetaan, millaiseksi maahanmuuttopolitiikka laaditaan ja miten koulutus- ja oikeusjärjestelmä kehittyvät. Kaupunki muuttuu jatkuvasti. Kaupunkisuunnittelijat eivät suunnittele kaupunkia kuin muovikoristetta, joka luomisen jälkeen pysyy muuttumattomana. Kehitys on jatkuvaa.

Kaupungit sen enempää kuin aivotkaan eivät koskaan ole valmiita. Ihminen on koko ikänsä kasvun tiellä, kohti muuttuvaa määränpäättä. Muistelee, miltä tuntuu nähdä oma päiväkirjamerkintä vuosien takaa. Se edustaa sellaisen ihmisen ajattelutapaa, mielipiteitä ja näkemystä, joka oli vähän erilainen kuin sinä tällä hetkellä olet, ja toisinaan tuota menneisyyden henkilöä on lähes mahdotonta tunnistaa. Nimi on ennallaan ja kuvattut tapahtumat ovat todellisia, mutta päiväkirjamerkinnän jälkeiset vuodet ovat muuttaneet kertojaa.

”Plastisuuden” merkitys voidaan venyttää tarkoittamaan jatkuvaa muutosta. Kirjassa käytän tätä termiä toisinaan säilyttääkseni yhteyden muuhun aiheetta käsittelevään kirjallisuuteen.⁷ Ajatus plastisuudesta – muovailtavuudesta – ei enää nykyaikana varmaankaan hämmästyttä ketään. Tavoitteena onkin ymmärtää, miten ilmiö toimii elävässä järjestelmässä. Siksi olen ottanut kuvaavamman termin: *liewired* eli elävät kytkennät. Kuten pian käy ilmi, aivoista on mahdotonta erottaa kiinteä laiteosa ja koodi, rauta ja ohjelmisto, *hardware* ja *software*. Siksi tarvitaan uusi käsite *lieware*, joka kuvaa dynaamista, mukautuvaa, tietoa etsivää järjestelmää.

Palataan Matthew'n tarinaan, sillä sen kuultuaan osaa arvostaa itsenäisesti järjestäytyvän elimen voimaa. Aivopuoliskon poistot veivät poisjalta pidätyskyvyn sekä kävely- ja puhetaidon. Vanhempien pahimmat pelot näyttivät käyneen toteen.

Päivittäisen fysioterapian ja puheterapian myötä kielitaito palasi vähitellen. Se tapahtui lapsuudesta tutulla tavalla vaiheittain: ensin sana, kaksi, sitten lyhyitä lausahduksia.

Kolmen kuukauden kuluttua hän oli jälleen kehityksellisesti oikealla tasolla, siinä missä pitikin.

Nykyään, vuosia myöhemmin, Matthew'n oikea käsi ei toimi aivan täydellisesti ja kävellessään hän ontuu vähän.⁸ Muutoin hän elää normaalia elämää, eikä juuri mikään viittaa hänen poikkeuksellisen hurjaan kokemukseensa. Hänen pitkäkestoinen muistinsa pelaa erinomaisesti. Collegessa hän opiskeli kolme lukukautta, mutta muistiinpanoja oli vaikea kirjoittaa heikolla oikealla kädellä, joten hän jätti opinnot sikseen ja meni töihin ravintolaan. Siellä hän päivystää puhelinta, vastaa asiakaspalvelusta, tarjoilee ja auttaa kaikissa askareissa. Kukaan ei osaisi epäillä, että häneltä puuttuu puolet aivoista. Valerietä siteeratakseni: ”Ellei sitä tiedä, sitä ei voi arvata.”

Miksi niin laajasti keskushermostoon kajoavasta poistosta ei jäänyt ulospäin näkyviä jälkiä?

Koska Matthew'n jäljelle jääneet aivojen hermosolujen yhteydet järjestäytyivät dynaamisesti uudestaan ja ottivat vastuun menetettyjen toimintojen ohjaamisesta. Hermoston rakenteet järjesteltiin uudestaan pienempään tilaan – ne huolehtivat täydestä elämästä, vaikka laitteisto oli puolittunut. Älypuhelimien elektroniikasta ei voi silpaista pois puolikasta ja jatkaa puhelujen soittamista, sillä kiinteä laitteisto on hauras. *Liveware*-periaatteen mukaan toimiva järjestelmä on kestävä.

Vuonna 1596 flaamilainen kartantekijä Abraham Ortelius oivalsi erään seikan tutkiessaan maailmankarttaa. Pohjois- ja Etelä-Amerikka sekä Afrikka näyttävät yhteen sopivilta palapelin paloilta. Ne olivat selvästi toistensa vastinpareja, mutta Ortelius ei keksinyt järkevää selitystä sille, mikä oli ”repinyt ne erilleen”. Vuoteen 1912 mennessä saksalainen geofyysikko Alfred Wegener oli kehittänyt mannerliikuntateorian. Aiemman käsityksen mukaan mantereet pysyivät hievahtamatta paikoillaan, mutta Wegenerin mukaan ne liikkuvat sittenkin – kellumalla, niin kuin jättilumpeen lehdet vedessä. Manner liikkuu hitaasti (suunnilleen kynnen kasvuvauhdilla), mutta miljoonan vuoden pituisessa elokuvassa maamassat näyttävät dynaamiselta, sulavasti muuttuvalta järjestelmältä, joka hakeutuu uuteen järjestykseen lämpötilan ja paineen sääntöjä noudattaen.

Maapallon tavoin aivot ovat jouhevasti muuttuva, dynaaminen järjestelmä, mutta mitkä säännöt ohjaavat sitä? Aivojen plastisuutta käsittelevien tutkimusartikkelien määrä on ryöpsähtänyt satoihin tuhansiin. Siitä huolimatta aivot ovat yhä outoa vaaleanpunaista, itseorganisoituvaa kudosta vail-la yleispätevää selitysmallia, joka kertoisi, miksi ja miten aivot toimivat niin kuin toimivat. Tämä kirja tarjoaa selityksen, jotta ymmärtäisimme paremmin, keitä olemme, miksi meistä tuli tällaisia ja millaisia meistä tulee.

Kun saa kiinni *liewired*-ajatuksesta, nykyiset kiinteän raudan *hardware*-laitteistot vaikuttavat toivottoman riittämättömiltä tulevaisuuden teknisiin tarpeisiin. Perinteinen insinöörin suunnittelee tärkeät asiat viimeisen päälle tarkasti. Kun autoyhtiö uudistaa auton, uuden moottorin kehittelyyn panostetaan kuukausia. Entä jos muutettaisiinkin vain auton ulko-kuosia ja annettaisiin moottorin järjestäytyä itsestään siihen

sopivaksi? Tässä kirjassa kerrotaan, kuinka *livewired*-periaatteilla voidaan soveltaa luontoäidin neroutta konetuotannossa ja rakentaa uudenlaisia laitteita, jotka itsenäisesti ja aktiivisesti säätävät mikropiirinsä optimaaliseksi ympäristöstä tulevan palautteen ja kokemuksen antamien oppien mukaan.

Elämän ihme ei ole se, millaisia olemme, vaan se, millaiseksi elämä meidät muuttaa. Aivojenkaan taika ei synny niiden rakenneosista vaan tavasta, jolla nuo osat punovat itsestään alati uudistuvaa sähköistä, elävää kudelmää.

Olet lukenut tästä kirjasta vasta alun, mutta aivosi ovat jo muuttuneet. Tämänkin sivun symbolit ovat tehneet aivoissasi miljoonia pieniä muutoksia hermosolujen välisiin yhteyksiin. Olet jo piirun verran erilainen kuin tämän luvun alussa.