



## ARVOSTELLUT KIRJAT

70 Vaclav Smil: *Energia ja sivilisaatio – historia*. Suomentanut Kimmo Pietiläinen. Terra Cognita 2019. • **Esa Tommila**

72 Carlo Rovelli: *Ajan luonne*. Suomentanut Hannu Karttunen. Ursa 2018. • **Jouni Huhtanen**

74 Leila Haaparanta: *Rajan taju. Filosofisia esseitä*. Gaudeamus 2019. • **Sami Pihlström**

76 Juha Suoranta: *Paulo Freire – Sorrettujen pedagogi*. Into Kustannus 2019. • **Ulla-Maija Salo**

79 Johan C.-E. Stén (toim.): *Anders Johan Lexell. Brevväxling – Commerce épistolaire*. Finska Vetenskaps-Societetens 2019. • **Osmo Pekonen**

80 Nina Kokkinen: *Totundenetsijät – Esoteerinen henkisyys Akseli Gallen-Kallelan, Pekka Halosen ja Hugo Simbergin taiteessa*. Vastapaino 2019. • **Merja Leppälähti**

81 Max Engman: *Kielikysymys. Suomenruotsalaisuuden synty 1812–1922*. Suomentanut Kari Koski. Svenska litteratursällskapet i Finland 2018. • **H. K. Riikonen**



## Menneistä energiamurroksista oppia nykyiseen

Vaclav Smil: *Energia ja sivilisaatio – historia*. Suomentanut Kimmo Pietiläinen. Terra Cognita 2019.

Vaclav Smilin teos kuvaa ihmisen historiaa energian aikakausien kautta esihistorian keräilytalouksista vuoteen 2015 sekä pohtii noiden aikakausien keston ja vaihtumisen syitä ja seurauksia. Talousmaantieteestä vuonna 1972 Pennsylvaniassa väitellyt Smil (s. 1943) on University of Manitoban emeritusprofessori sekä energian ja yhteiskunnan vuorovaikutuksen tunnustettu tuntija. Smil on kirjoittanut 40 kirjaa ja lähes 500 muuta julkaisua.

Nimensä mukaisesti *Energia ja sivilisaatio* kattaa ihmiselle merkitykselliset energian ilmenemismuodot sekä tavat muuntaa ja käyttää energiaa eliölajimme koko olemassaolon ajalta. Kirja kertoo käytävissä olleista energialähteistä ja niiden hyödyntämisen menetelmistä, innovaatioista, rajoitteista ja kehityksen ajureista kautta aikojen. Smilin erikoisalaa on energiaa koskevien perusteltujen määrällisten arvioiden laatiminen ja havainnollistaminen. Niitä hyväksi käyttäen hän pohtii muun muassa, missä määrin energia on ratkaissut yhteiskuntien kehityskäänneitä.

Tekijä kertoo tuottaneensa

teoksen *Energia ja sivilisaatio* laajentamalla ja päivittämällä vuonna 1994 ilmestynyttä teosta *Energy in World History*. Mukana näyttää olevan valikoituja aineksia myös Smilin muista kirjoista. Tähän kirjaan on samalla kertynyt runsaasti detaljeja ja toistoa.

Alkuosassa lukija lupaavasti tutustutetaan energiaan eri muodoissaan ja siihen liittyviin keskeisiin suureisiin, kuten teho, energiatiheys, tehon tiheys ja energian muunnosten hyötysuhde. Myös energiapanostuksen tuottokerroin EROEI määritellään ja tuotteiden, palvelujen sekä koko talouden energiaintensiteetti kuvataan. Osaan näistä palataan jäljempänä kirjassa, mutta vähemmän selväsanaisesti kuin odotaisi.

Kirjan varsinaisimmat historialluvut (3.–5.) sekä pääosa kuudennessa luvusta ovat havaintovoittoisia ja sisältävät yllättäviäkin löydöksiä. Viimeisillä noin sadalla sivulla Smil tekee päätelmiä nykyhetken ja lähitulevaisuuden suurhaasteiden hallintamahdollisuuksista nojautuen esiin nostamiinsa kehityspiirteisiin, niiden ajureihin ja säilyttäviin rakenteisiin. Tämä kirjan loppujakso on nähdäkseni sen parasta antia. Se on myös kirjoitettu muita osia huolellisemmin. Ilmastonmuutoksen torjuntapolitiikan kaikkien valmistelijoiden toivoisi voivan perehtyä seitsemännenn luvun pääkohtiin.

Hyvin laajasta kirjasta tarkastellen tässä vain muutamia kuvaavia asiaryhmiä.

### Valistavaa ja kutkuttavaa varhaishistoriaa

Ihmiskunnan kehityksen varhaisvaiheessa osaaminen tunnetusti kehittyi verkkaisesti useimmissa asioissa. Smil tunnistaa pääasiat ja paljon muuta. Hän on kiinnostavasti löytänyt muinaisten korkeakulttuurien erityisiäkin energiasaavutuksia. Puutteet tiedon tallentamisessa ja kulussa ovat pitäneet niitä piilossa. Monet tapahtumaketjut osoittavat, että tietoa on myöhemminkin omaksuttu perin vaihtelevasti.

Esihistoriassa ihmisen oma lihasvoima, hänen tekemänsä työ sekä ravinnon kerääminen ja pyydystäminen niiden käyttövoimaksi olivat energian kannalta keskeisiä. Smil esittää taitavia määrälaskelmia ja tunnistaa energiaylijäämien merkityksen ihmislajin taitojen kehittymiselle. Lukija tajuaa vetoeläinten kesyttämisen monipuolisen merkityksen ja eläintyön valtakauden hämmästyttävän jatkumisen pitkälle teollistumisen kaudelle. Afrikan ja Aasian köyhillä maaseuduilla se jatkuu yhä.

Varhaisen viljelyn energiatuotot näyttävät Smilin mukaan olleen vain hiukan parempia kuin keräilytalouden ja paimentolaisuuden tuotot. Hän arvioi viljelylinjan voiton syyksi viljelyn paikkasidonnaisuuden tuomat tiiviit kylät, joiden suojaaminen ja puolustaminen joukkovoimalla edisti niiden säilymistä. Yhteisöjen vakiintuessa alkoi myös osaaminen jalostua entistä nopeammin.

Kivien siirto vaatii energiaa. Lähes ainoa muinaisesta Egyptistä säilynyt rakennustyön kuvaus kertoo, kuinka satatonnisia obeliskeja siirrettiin Niilillä lotjakuljetuksena lihasenergialla soutuena. Kuvauksesta ilmenee, että jo silloin oli tajuuta mekaanisen voiman vektoriluonne: voimalla on suuruus ja suunta.

Monet pyramidit rakennettiin noin kaksi- ja puolitonnisiksi hakatuista kivistä. Smil ei usko rakennustöissä käytetyn kaltevia tasoja, koska tuhansien tonnien kivimurskajännöksistä ei löydy merkkiäkään. Hänen mukaansa pyramidikivet on hivutettu tasolleen vivuilla ja köysilaitteilla lihasvoimin. Tämä tuntuu uskottavalta obeliskien siirron voimaosaamisen pohjalta.

Kiina edistyi huimasti Handynastian aikaan 206 eaa. – 220 jaa. Maanviljelyssä käytettiin jo silloin rautasiipisiä vähäkittkaisia auroja, moniputkisia ja siksi niukkahävikkisiä kylökoneita ja akannat pois puhaltavaa kampikäyttöistä puintiteknikkaa. Maakaasua johdettiin porareistä bambuputkil-

la rautapannujen alle suolaveden haihduttamiseksi. Rautamalmista pelkistettiin hiilellä valurautaa viisi metriä korkeissa masuuneissa, joihin ilmaa puhallettiin kaksitoimisilla palkeilla parhaimmillaan vesiratasvoimalla. Valujen ja muottien tekniikka jalostettiin Kiinassa rautatyökalujen sekä ohutseinäisten kattiloiden ja pannujen massatuotantoon jo antiikin Rooman loistoaikaan.

Yhtä pitkälle päästiin Euroopassa vasta tuhatkunta vuotta myöhemmin. Kiinassa taas kehitys tyssäsi hallinnon vaihtuessa ja osin taantuikin.

### **Rautaruukkien puunkulutuksesta 1500-luvulla ympäristövalitus kuninkaalle**

Smil kuvaama raudan ja teräksen valmistustaidon kehitys on monin tavoin kytköksissä muun energiaosaamisen ja tuotantomahdollisuuksien kehittämiseen. Suuri kaari jatkuu näistä ilmastonmuutoksen torjuntaponnisteluihin.

Eurooppalaisen raudanvalmistuksen alkuaikojen pikku kuoppaunut tarvitsivat keskiajan lopulla malmin pelkistykseen puuhiiltä eli sysiä 8–20 kg kutakin rautakiloa kohti. Sulatot sijoitettiin metsien mukaan, sillä sysiin tarvittiin puuta viisinkertainen määrä.

Vaikka rautamasuunit parainivat muun muassa vesiratas-käyttöisten palkeiden kehittyessä 1400-luvulta alkaen, Englannin lehtimetsät kuluivat ja hiilimiilujen ympäristö likaantui siinä määrin, että Smil kertoo Sussexin tuskastuneiden asukkaiden vuonna 1548 pyytäneen kuningasta sulkemaan monta tehdasta.

Energian ja pelkistinhiilen tarve siis rajoitti raudan tuotantoa. Sisämaan metsät kulutettiin naulojen, kirveiden, hevosenkenkien sekä rengaspanssareiden, peitsien, tykkien ja niiden kuulien tarpeisiin. Rannikkometsiä kulutti osaltaan laivanrakennus. Vaikutukset kasaantuivat vuosikymmenien mitaan. Tästä kehittyi 1600-luvulla aito energiakriisi, joka heikensi talouskehitystä.

Englannin onneksi voitiin puuhiiltä korvata kivihieillä ja 1700-luvulta alkaen siitä kuivatislatulla koksilla. Koksi kestää malmin puristusta masuunissa paljon puuhiiltä paremmin, siksi voitiin rakentaa isompia, energiatehokkaampia ja vähäpäästöisempiä masuuneja. Niiden tuotanto tarvittiinkin höyrykonekauden ja muun koneellistumisen tarpeisiin.

### **Tarvitsemme kykyä muuttaa tuotantorakenteita ripeästi**

Smil kuvaa kymmenin valaisevin tavoin niitä muutoksia, joita lisääntynyt energia on tuonut ja tuo si-lisaatiolle. Juuri mikään energia ei kuitenkaan ole suoraan tarjolla, vaan vain muunnosten kautta. Kirja tuo mainiosti esiin, että jokaisessa muunnoksessa energia menettää osan käyttökelpoisuudestaan. Muunnosten hyötysuhteet ovat välillä 0,01–0,6. Tosielämän muunnosketjuissa pätevä hyötysuhteen tulo on vielä pienempi. Myös hyödyllinen työ jää pieneksi. Ilmastotyö kärsii siitä, että tätä näyttää olevan vaikea tajuta päättäjätarpeissa.

Energian tuottamisen ja etenkin käytön rakenteet muuttuvat hitaammin kuin kehittyneissä maissa yleensä otaksutaan. Yhdysvalloissa oli kuljetustehtävissä vuonna 1950 vielä toista miljoonaa muulia, vaikka autoja oli jo 40 miljoonaa. Yli miljardi ihmistä Etelä-Aasiassa ja Afrikassa käyttää yhä ruoanvalmistuksessa lan-taa polttoaineena. Puuhiiltäkin kuluu paljon.

Tämä antaa osaselityksen sille, että vaikka jo noin 50 vuotta tunnetusta ilmastonmuutoksesta on noin 20 vuotta puhuttu paljon, ja vaikka sen hillinnästä on tehty useita kansainvälisiä sopimuksia, on kivihien ja öljyn globaali kulu-tus tähän asti kasvanut vielä joka vuosi tuntuvasti.

Tasatuottoisten hiili-, maakaasu- ja ydinvoimaloiden eliniäksi tiedämme 35–60 vuotta. Katkotuottoisten aurinko- ja tuulivoimaloiden eliniäksi arvioidaan 25–30 vuotta. Jälkimmäiset voivat

tuottaa sähköä täydeksi tehoksi laskettuna vain 10–40 prosenttia vuoden tunneista. Vuosittain on monen vuorokauden tyyriä tai heikkotuulisia jaksoja usean valtion alueella yhtäaikaan. Tasava vesivoima käy niukaksi, eikä puuttuvan sähkön korvaaminen fossiilituotannolla auta ilmastoa.

Smil haaveilee uusista edullisista tavoista ”varastoida tuuli- ja aurinkosähköä massiivisessa mitakaavassa”. Kuitenkin tutkimuspohjalta tiedämme, että niitä ei ole luotavissa lähivuosikymmeninä, paitsi pumppuvoimaloita vuoristoraisiin maihin. Syyt ovat sähkön akkuvarastoinnin laitekokoja määrittävässä aineiden ominaisuuksissa ja fysiikan laeissa, joita ei voi kumota. Erittäin valitettavaa on, että nämä seikat ja nykytuotantoon sidottu valtava pääoma saattavat viivyttää sähkön fossiilituotannosta kokonaan luopumista ehkä kauaskin yli sen, mihin EU ja ryhmä muita valtioita ilmoittaa tähtäävänsä.

Smil pohtii deterministisen ajattelun oikeutusta energian ja ilmaston suhteen, mutta näyttää välttävän ottamasta siihen selvää kantaa. Mielestäni kirjan muu sisältö osoittaa suureksi haasteeksi pitäytymisen vanhoissa tuotantorakenteissa, vaikka uusia keinoja olisi käytettävissä.

On nähdäkseni välttämätöntä tutkia edellytyksiä ja keinoja vanhojen tuotantorakenteiden muuttamiseen. Esimerkkinä kevyemmältä laidalta voisi harkita kehityshanketta lannanpolttajien ohjaamiseksi ohi monen välivaiheen suoraan vähäpäästöiseen ruoanvalmistukseen aurinkolämpöpöä päivällä illaksi varastoiden. Kuumissa maissa on suuri tilaus aurinkosähkölle ja toisaalta suurena haasteena viilennettävien rakennusten seinien ja ikkunoiden ”kylmäeristäminen”. Vaikeampaa on yrittää luopua fossiilienergian suorista ja epäsuorista tuista ja verohelpotuksista. Smilin mukaan Kansainvälinen valuuttarahasto (IMF) arvioi kaikkien energiatukien

globaaliksi kokonaismääräksi vuonna 2015 noin 5,3 biljoonaa dollaria eli noin 4 600 miljardia euroa. Suuri osa niistä liittyy fossiilienergiaan.

### Kiehtova lukuelämys

Tšekin puolella Saksan rajavuoristoroa kasvanut ja Prahassa opiskellut Smil käyttää vähän ja lyhyitä väliliskoita sekä kirjoittaa pitkiä alalukuja ja kappaleita. Kappaleen sisällä (on usein sulkulausekeita ja) saatetaan yhtäkkiä siirtyä toiseen asiaan sekä lopuksi vielä kommentoida kolmatta. Lisähaasteeksi suomentajalle ja lukijoille on osa pitkistä virkkeistä rakennettu kiertoilmaisun tai negaation kautta vanhaa saksalaista tapaa muistuttavasti. Osaavan kustannustoimittajan ammatillinen tuki kirjoittajalle olisi auttanut kirjan käyttäjiä ja myös lyhentänyt kirjaa tuntuvasti.

Alkukielisessä kirjassa esiintyy usein Smilin lempikäsité *prime mover*. Sillä on eri elämänelämyksillä ja projektin vetäjästä satamatyökoneeseen. Energiatekniikassa sillä tarkoitetaan useimmiten laitetta tai järjestelyä, joka muuntaa liike- tai lämpöenergiaa tai kemiallista energiaa hyödylliseksi työksi. Niinpä *prime mover* voisi laaja-alaisessa energiakirjassa olla suomeksi asiayhteydestä riippuen vaikkapa voimanlähde, voimalaite, käyttövoima tai alkuunpaneva tekijä.

Sivulla 16 suomentaja esittääkin sille sujuvan käännöksen voimakone. Siitä huolimatta hän on päätenyt käyttämään kirjan muissa osissa kauttaaltaan ja asiayhteydestä riippumatta ilmausta ensimmäinen liikuttaja. Se esiintyy suomennoksessa arviolta satakunta kertaa, osin hämmäntävästi ilman yhteyttä liikkeeseen. Lisäksi ilmaisu *energy cost* on suomennettu energiakustannukseksi silloinkin, kun se tarkoittaa energian panostustarvetta. Sinänsä tärkeä sanatarkkuus näyttää näissä kohdissa kääntyneen tarkoitustaan vastaan.

Tästä kritiikistä huolimatta

*Energia ja sivilisaatio* on kiehtova lukuelämys, jossa riittää sulattelemissa pitkäksi aikaa. Suosittelemista ajatuksia herättäväksi tietolähdeksi kaikille ilmastomuutoksen onnistumisen hyväksi toimiville.

### ESA TOMMILA

Kirjoittaja on fyysikko, ympäristöneuvos ja Ekokem Oy Ab:n eläköitynyt toimitusjohtaja.