

SYSTEEMIAJATTELU – EROTTAMATON OSA TULEVAISUUDENTUTKIMUSTA

Reima Suomi

Tiivistelmä

Systeemiajattelu on keskeinen osa kaikkia tieteitä, myös tulevaisuudentutkimusta. Ilman systeemiajattelua maailman hahmottaminen olisi mahdotonta. Koko maailma koostuu erilaisista systeemeistä, osan tunnemme melko hyvin, osa on ihmiskunnalle ja tieteelle vielä hämärän peitossa. Systeemiajattelussa on keskeistä ymmärtää, miten kokonaisuus toimii: millaisia osia kokonaisuudessa on ja mitkä ovat näiden osien vuorovaikutukset. Systeemiajattelu ei ole eheä intellektuaalinen kokonaisuus, vaan eri tieteenalat ovat omaksuneet systeemiajattelun eri tavalla. Ei ole oikeaa tai väärää systeemiajattelua, vaan erilaisia tapoja painottaa asioita. Tulevaisuudentutkimusta voidaan pitää yhtenä systeemiajattelun pioneereista, sillä tulevaisuudentutkimukseen kuuluu keskeisesti kokonaisuuksien hahmottaminen.

Avainsanat: Systeemiajattelu, systeemit, systemaattisuus, tiede

1. Johdanto

Lähes kaikki maailmassa voidaan mieltää systeemeiksi. Kun vielä ottaa huomioon, että ihmiset eivät täysin ymmärrä ja tunnista läheskään kaikkia maailman systeemeitä, ei olla kaukana johtopäätöksestä, että kaikki maailmassa kuuluu johonkin systeemiin. Kaikki maailmassa oleva lienee kuitenkin jonkin systeemin tuottamaa.

Yksi monimutkaisimmista tunnetuista systeemeistä on ihminen. Ihmistä koskevaa tietämystä on kerätty jo tuhansia vuosia, ja jatkuvasti ymmärrys karttuu. Maailmankaikkeus lienee systeemeistä suurin, ja senkin ymmärrys lienee vasta alkumetreillä. Monimutkaisia ovat ihmisen kehon rinnalla muut luonnon luomat systeemit, esimerkiksi sopii maapallo ja sen kokonaistoiminta. Ihmisenkään luomat systeemit eivät aina ole yksinkertaisia, esimerkkejä on loputtomiin: kielet, talousjärjestelmät, monet tekniset innovaatiot, matematiikka, ajan käsite, jumalan käsite.

Tulevaisuudentutkimusta voidaan pitää yhtenä systeemiajattelun pioneereista, sillä tulevaisuudentutkimukseen kuuluu keskeisesti kokonaisuuksien hahmottaminen.

Vai tulisiko meidän ajatella, että esimerkiksi matematiikka, jumala tai aika on luonnollinen systeemi, joka on olemassa ilman ihmisen määritelmääkin, ja ihmisten tehtävä on vähän kerrallaan oppia ymmärtämään sitä?

Monet ihmistenkin luomat systeemit ovat tavallaan alkaneet elää omaa elämäänsä, ainakin niin, että kukaan yksittäinen ihminen ei niitä pysty hallitsemaan ja niistä päättämään. Hyvä esimerkki on vaikkapa suomen kieli, tai mikä tahansa kieli. Kielet kehittyvät omalla painollaan käyttäjien interaktion myötä, eikä kukaan voi prosessia ainakaan täydellisesti hallita, jos haluaakaan. Suuri kysymys järjestelmien suhteen on se, tulevatko ilman ihmistä toimintakykyiset ja aktiiviset – kuitenkin alun perin ihmisen luomat – järjestelmät elämään omaa elämäänsä siten, että ihminen ei enää niitä pysty hallitsemaan. Tekoälyn ja robotiikan alueilla näitä kysymyksiä pohditaan jo päivittäin.

Tiede ja systeemit kuuluvat yhteen. Tiede on määritelty tuhansin eri tavoin, mutta lähes kaikissa määritelmissä systeemit ja systemaattisuus kuuluvat yhteen. Halonen (2009) määrittelee, että *”Tiede tarkoittaa todellisuuden ilmiöiden ja niiden välisten suhteiden järjestelmällistä ja arvostelevaa tutkimista sekä sen avulla saatua tietojen jäsentymistä kokonaisuutta”*. Tiede siis itsessään etsii järjestelmällisyyttä ja on myös itse järjestelmä eli systeemi.

Tieteen termipankki (2021) määrittelee tieteen seuraavasti: *”Tiede on systemaattinen inhimillinen pyrkimys luoda, rakentaa ja organisoida tietoa, mihin sisältyy ennustusvoimaisten selitysten laatiminen”*. Systemaattisuus on siis voimakkaasti mukana tässäkin määritelmässä.

2. Tiede ja systeemit

Mihin tahansa tieteeseen siis liittyy systeemejä ja pyrkimystä systemaattisuuteen. Jokainen tieteenala on omaksunut erilaisia komponentteja systeemiajattelun kirjosta. Olisi suuri vääräys ajatella, että systeemiajattelu on jonkin tietyn tieteen, vaikkapa matematiikan tai luonnontieteiden yleensä, yksinoikeus. Ei ole mahdollista puhua yhdestä ainoasta systeemiajattelusta. Pikemminkin on olemassa joukko systeemiajattelutapoja, jokainen niistä ammentaa erilaisia aspektoja lähinnä yleisestä systeemiteoriasta, kybernetiikasta, informaatioteoriasta, kaaosteoriasta ja kompleksisuusteoriasta. (Montuori 2011)

Systeemiajattelulle ei ole mitään selkeää yleisesti hyväksyttyä määritelmää. Systeemiajattelun ydintä ja määritelmää on ansiokkaasti etsitty esim. Arnoldin ja Waden (2015, 675) teoksessa, jossa on esitetty seuraava määritelmä: *Systeemiajattelu on joukko synergistisiä analyyttisiä taitoja joita käytetään kehittämään kykyä identifoida ja ymmärtää systeemejä, ennustaa niiden käyttäytymistä, ja suunnitella niihin muutoksia tavoitteena tuottaa toivottuja vaikutuksia. Nämä taidot toimivat yhdessä systeeminä.*

Systeemiajattelu on siis jakautunut moneen eri osa-alueeseen, joita eri tieteenalat hyödyntävät vaihtelevilla tavoilla. Taulukossa 1 on vedetty yhteen systeemiajattelun eri alueita.

Taulukko 1. Systeemiajattelun erilaisia alueita.

Systeemiajattelun alue	Keskeisiä lähtökohtia	Peruslukemistoa
Informaatioteoria, <i>Information theory</i>	Sovelletun matematiikan haara, joka tutkii informaation mittaamista ja siirtämistä	Brillouin (2013); Cover (1999); Reza (1994)
Kontrolliteoria, <i>Control theory</i>	Pyrkii optimoimaan dynaamisia systeemejä	Bennett (1993); Glad & Ljung (2018); Glasser (1985)
Maapallon tutkimus, <i>Earth system science</i>	Soveltaa systeemiajattelua maapallon tutkimiseen	Ernst (2000); Schneider (2001); Stanley (2005)
Systeeminen riski, <i>Systemic risk</i>	Viittaa koko systeemin haavoittuvuuteen, yksittäisten systeemin osien sijaan	Acharya et al. (2017); de Bandt & Hartmann (2000); Schwarcz (2008)
Elävien systeemien teoria, <i>Living systems theory</i>	Elävät systeemit ovat itseohjautuvia systeemejä, jotka ovat vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa	Miller & Miller (1990; 1995); Swanson & Miller (2009)
Systeeminen innovaatio, <i>Systemic innovation</i>	Systeeminen innovaatio on laaja yhteiskunnallinen uudistus, johon liittyy monia teknologioita ja monia toimijoita	Jaspers (2009); Johannessen (2013); Nieminen et al. (2011)
Maailman systeemi- teoria, <i>World-systems theory</i>	Tutkii maailman historiaa ja sosiaalista muutosta	Martínez-Vela (2001); Robertson & Lechner (1985); Wallerstein (2004)
Sosiotekniset systeemit, <i>Sociotechnical systems</i>	Tutkii ihmisten ja teknologian vuorovaikutusta työssä	Cooper & Foster (1971); Trist (1981); Walker et al. (2008)
Kompleksisuusteoria, <i>Complexity theory</i>	Korostaa järjestelmän osien välistä vuorovaikutusta	Anderson (1999); Byrne (2002); Manson (2001)
Kybernetiikka, <i>Cybernetics</i>	Tutkii erilaisten järjestelmien säätö- ja viestintätapahtumia	Ashby (1961); Clemson (1991); von Foerster et al. (1953)
Systeemien teoria, <i>General system theory</i>	On poikkitieteellistä järjestelmien tutkimusta tavoitteena löytää yleisiä piirteitä ja periaatteita	Rapoport (1986); von Bertalanffy (1950; 1973)
Pehmeä systeemiajattelu, <i>Soft systems thinking</i>	Systeemi ei ole selkeästi rajattavissa, vaan sen rajapinta ympäristöönsä on joustava. Ihminen on usein tärkeässä osassa kokonaissysteemiä	Checkland & Haynes (1994); Mingers (1980); Wilson & van Haperen (2015)
Kaaosteoria, <i>Chaos theory</i>	Käsittelee dynaamisten järjestelmien käyttäytymistä, joka ilmenee kaoottisena	Cambel (1993); Thietart & Forgues (1995); Williams (1997)

3. Systeemin tunnusmerkit

Suomen kielessä systeemi usein luontevammin taipuu sanaksi järjestelmä. Joku jossain varmasti saa näiden välille aikaan merkittävänkin eron, mutta normaalissa käytössä ja puhekielessä termejä ”systeemi” ja ”järjestelmä” voidaan luontevasti pitää synonyymeinä.

Systeemi on määriteltävissä (Montuori 2011) ”ryhmäksi interaktiivisia ja toisistaan riippuvia osia jotka muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden”. Monimutkaisuus on tietenkin suhteellinen käsite, ja varsin helposti ymmärrettäviä ja pieniä systeemejä maailma on toki täynnä. Tyypillinen helposti ymmärrettävä systeemi on esim. lämpöpatteri ja sitä ohjaava termostaatti. Tässä yksinkertaisessa kyberneettisessä systeemi-kokonaisuudessa termostaatti tarkkailee ympäristön lämpötilaa ja säättää patterin antamaan enemmän vai vähemmän lämpöä, jotta haluttu ympäristön lämpötila voidaan ylläpitää.

Systeemi on itsenäinen kohde. Sillä on siis rajat ympäristöönsä, ja se on erotettavissa ympäristöstään. Joskus nämä rajat ovat selviä, kuten fyysisissä esineissä yleensä, joskus taas varsin häilyviä, kuten vaikka säärintamassa.

Systeemit voivat olla staattisia tai dynaamisia. Staattinen systeemi pyrkii säilyttämään alkuperäisen tilansa, dynaaminen systeemi taas kehittyy ja muuntuu ympäristön vaikutteiden johdosta. Dynaaminen systeemi pyrkii suojelemaan systeemiä sopeutumisen kautta siten, että se voi jatkaa alkuperäisen tehtävänsä (jos määritelty) toteuttamista. Alkuperäinen tehtävä voi tietenkin olla kyseenalainen käsite, klassinen kysymys ”mikä on elämän tarkoitus?” on yhä tyhjentävästi vastaamatta.

Staattisuutta ja dynaamisuutta lähellä ovat myös käsitteet avoin ja suljettu systeemi. Avoimen systeemin rajat ympäristöön ovat epäselvät, ja se omaksuu vaikutteita ja asioita ympäristöstään. Suljettu systeemi ei ole vaihdannassa ympäristönsä kanssa. Tosiasiassa täysin ilman interaktiota ympäristönsä kanssa olevia systeemejä ei liene olemassa. Vaikkapa selkeääkin selkeämpi ja suljettu systeemi kahvikuppi toki vaikkapa lämpiää ja kylmenee ympäristönsä mukaan, ja tietenkin hajoaa, jos siihen kohdistuu liian voimakas ulkoinen voima.

Systeemit ovat interaktiossa toistensa kanssa, ja dynaamiset systeemit muuttuvat muiden systeemien toiminnan seurauksena. Jokaisen systeemin ympäristössä on useita muita systeemejä, joiden kanssa systeemi on interaktiossa. Jos systeemi ei sopeudu ympäristöönsä, eli on staattinen ja suljettu, ympäristö mitä todennäköisimmin tuhoaa sen jossain vaiheessa. Mikään systeemi – edes paras dynaaminen ja avoin systeemi – ei liene ikuinen. Usein sopeutuminen on monensuuntaista, mutta ei aina.

Kuten jo edellä viitattiin, ihmiset, tiede heidän ajattelunsa terävimpänä kärkenä, eivät suinkaan ole tunnistaneeet ja ymmärtäneet kaikkia systeemejä.

4. Tulevaisuudentutkimus ja systeemiajattelu

Lähtökohtaisesti voi ajatella, että tulevaisuudentutkimus on tiukasti ankkuroitunut yhteen systeemiin, aikaan. Tutkimuskohteena on tulevaisuus, eli systeemien tila ajan (tuleva aika) funktiona. Aika käsitteenä on mielenkiintoinen, ainakin sen mittaaminen on ihmisen luoma systeemi, ja samalla aika on tärkeä suure muiden systeemien ymmärtämisessä.

Tulevaisuutta voi toki tutkia huomioimatta ihmistä, kuten vaikkapa avaruustähtitieteessä lienee pääosin laita, mutta yleensä tulevaisuudentutkimukseen kuuluu ihminen. Puhutaan siis sosiaalisista tai sosioteknisistä systeemeistä. Koska ihminen on vahvasti mukana, pehmeä systeemiajattelu sopii hyvin tulevaisuudentutkimukseen. Pehmeän systeemiajattelun mahdollisuuksista tulevaisuustyöskentelyssä on Suomessa runsaasti kirjoittanut Anita Rubin (mm. Rubin 2004).

Tulevaisuuden tutkimuksen idea on keskeisesti se, että tulevaisuuteen voidaan vaikuttaa, muutenhan tärkeä intressi tulevaisuuden tutkimuksesta puuttuu. Tutkittavat systeemit eivät siis ole suljettuja ja staattisia, vaan avoimia ja dynaamisia. Tulevaisuus saattaisi tietenkin näyttäytyä täysin kaaoksenomaisena, mutta tällainen kauhuskenaario ei ole tulevaisuudentutkimuksen ydinaluetta. Tulevaisuudentutkimuksen tehtävä ei ole vain ennustaa tulevaisuutta, vaan myös vaikuttaa siihen (Helmer 1975). Vaikuttamisella etsitään tietysti positiivista tulevaisuutta, ei huonoja vaihtoehtoja. Etsinnässä on yleensä paras mahdollinen skenaario, ja keinoja saavuttaa se.

Yksi suurista trendeistä, jollei suorastaan megatrendi (Ebert & Duarte 2018), on digitaalinen transformaatio. Klassikkoteoksessaan John Naisbitt (Naisbitt 1982) puhui siirtymästä teollisuusyhteiskunnasta informaatioyhteiskuntaan. Vuonna 1982 digitaalinen transformaatio ei vielä ollut terminä nähnyt päivänvaloa, mutta samasta asiasta on kysymys.

Ei liene sattuma, että pehmeä systeemiajattelu on keskeinen systeemiajattelun muoto myös tietojenkäsittelytieteissä. Haluttiin tai ei, tulevaisuuden yhteiskunta kietoutuu vahvasti erilaisten digitaalisten ratkaisujen ympärille, ja näiden kokonaisvaltaisten järjestelmien mahdollisimman laajan ymmärtämisen tulisi kuulua jokaisen tulevaisuuden tutkijan valmiuslistalle.

5. Systeeminen innovaatio

Systeeminen innovaatio on keskeistä tulevaisuuden tutkimukselle. Harvoin tulevaisuudentutkimus on kiinnostunut yhdestä innovaatiosta, vaikkapa jostain teknisestä ratkaisusta, vaan yleensä tulevaisuudentutkimus pyrkii ymmärtämään tulevaisuuden yhteiskuntaa yksittäisen innovaation vaikutuspintaa laajemmalti. Ei liene sattumaa, että systeeminen innovaatio mielletään pääosin sosiaalitieteiden, siis ihmisen toimintaa tutkivien tieteiden, ei niinkään teknisten tieteiden aiheeksi. Luonnontieteissä on jo toki kauan (ainakin vuodesta 1956 (Evans 1956)) ymmärretty laaja systeemiajattelu ekosysteemien ympärillä (Christensen 1988). Ero systeemiseen innovaatioon syntyy siinä, että luonnon ekosysteemit eivät juuri kaipaa ihmisen innovointia, pikemminkin

päinvastoin. Systeeminen innovaatio ei tietenkään ole täysin vieras käsite myöskään teknisissä tieteissä.

Innovaatioiden tarkastelu useasta eri näkökulmasta on tärkeää jo siksi, että onnistuneet innovaatiot tapahtuvat usein eri tieteiden ja tieteenalojen rajapinnoilla (Dogan & Pahre 2019; Lawson & Hall 2008). Yksittäinen tieteenala on aina paradigmoissaan ja käytännöissään rajoittunut, ja usean eri tieteen kohtaaminen tuo mukaan tarpeellista dynamiikkaa.

Vuoden 2020 alussa pandemiaksi nopeasti levinnyt koronavirus on esimerkiksi hyvin osoittanut, kuinka pandemian haltuunotossa tarvitaan paitsi lääketiedettä, myös monia teknisiä ratkaisuja, perusteellista säädösympäristön säätämistä ja läpikäyntiä,

Viheliäiset ongelmat (engl. wicked problems) eivät kunnioita tieteenaloja, vaan vaativat monien, ellei kaikkien tieteenalojen, yhteistyötä.

taloudellisten kannusteiden ja korvausten pohdintaa, sosiaalisen hyväksynnän varmistamista tehdyille muutoksille, oikeaa tiedottamista, jne. Viheliäiset ongelmat, engl. *wic-*

ked problems, (Buchanan 1992; Coyne 2005; Head 2008; Ritchey 2013) eivät kunnioita tieteenaloja vaan vaativat monien, ellei kaikkien tieteenalojen, yhteistyötä. Näyttää siltä, että viheliäiset ongelmat eivät suinkaan vähene maailmassa, vaan pikemminkin lisääntyvät, kuten ilmastonmuutos tai taloudellisen eriarvoisuuden lisääntyminen.

Systeeminen innovaatio on myös suomalaisen tiedepolitiikan suosiossa. Aiheesta on puhuttu niin VTT:n (Nieminen et al. 2011), Sitran (Seppälä 2020) kuin valtioneuvoston kanslian (Virtanen et al. 2017) julkaisuissakin. Myös Euroopan unioni on tiedepolitiikassaan tuonut voimakkaasti esiin systeemisen innovaation tarpeen (Addarii & Lipparini 2017; Davies et al. 2012).

6. Johtopäätöksiä

Maailma on monimutkainen kokonaisuus systeemejä, ja tiede kietoutuu voimakkaasti erilaisten systeemien ympärille, ollen itsekin monimutkainen systemi monine alasysteemeineen. Tämän tosiasian tunnustaminen, tai jopa sen mukaisesti eläminen, helpottaa jokaisen elämää.

Systeemiajattelulla on pitkät ja kunniakkaat perinteet. Siitä huolimatta meidän on tunnustettava, että ihmiskunnan ymmärrys systeemeistä on vielä varsin sirpaleinen, ja että kaikkia maailman systeemejä emme juurikaan ymmärrä, josko olemme ne edes olemassa oleviksi tunnistanee.

Systeemit muuttuvat yhä monimutkaisemmiksi ja enemmän toinen toisiinsa kietoutuneiksi, osin tämä varmasti johtuu meidän paremmasta ymmärryksestämmä niistä. Tämä tarkoittaa sitä, että monimutkaisia systeemejä on tutkittava monen tieteen yhteisenä ponnistuksena. Yksikään yksittäinen tieteenala ei selviä yksin ponnistuksesta, ei edes tulevaisuudentutkimus.

Reaalimaailmaa mukaillen systeemiajattelu on jakautunut lukemattomiin osa-alueisiin. Vuosien ja vuosikymmenten saatossa monet systeemiajattelun suunnat ovat varmasti jääneet vähälle huomiolle, elleivät kokonaan ole vaipuneet unholaan. Vastaavasti

meidän on ymmärrettävä ja tunnustettava, että tulevaisuudessa tullaan näkemään uusia systeemiajattelun muotoja. Samalla on hyväksyttävä, että monet nykyisin vahvana

Systeemiajattelu ei ole mikään yksittäinen tutkimusmetodi tai tieteellinen menetelmä. Se ei ole itseisarvo, vaan tärkeä työkalu ajattelulle ja tutkimukselle, kaikelle ihmisen toiminnalle. Se on pikemminkin maailmankuva, tie kuljettavaksi ja tapa elää.

näkemämme systeemiajattelun paradigmat tullaan tulevaisuudessa varmasti haastamaan, ja että ainakin osa niistä ajautuu marginaaliin.

Systeemiajattelu ei ole mikään yksittäinen tutkimusme-

todi tai tieteellinen menetelmä. Se ei ole itseisarvo vaan tärkeä työkalu ajattelulle ja tutkimukselle, kaikelle ihmisen toiminnalle. Se on pikemminkin maailmankuva, tie kuljettavaksi ja tapa elää.

Lähdeluettelo

- Acharya, Viral – Pedersen, Lasse – Philippon, Thomas & Richardson, Matthew (2017) Measuring systemic risk. *The review of financial studies*, 30(1), 2–47.
- Addarii, Filippo & Lipparini, Florenza (2017) *Vision and trends of social innovation for Europe. European Commission*. Directorate-General for Research and Innovation.
- Anderson, Philip (1999) Perspective: Complexity theory and organization science. *Organization Science*, 10(3), 216–232.
- Arnold, Ross & Wade, Jon (2015) A definition of systems thinking: A systems approach. *Proceedia Computer Science*, 44, 669–678.
- Ashby, William (1961) *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall Ltd.
- Bennett, Stuart (1993) *A history of control engineering, 1930–1955*. Institution of Electrical Engineers, London.
- Brillouin, Leon (2013) *Science and information theory*. Courier Corporation.
- Buchanan, Richard (1992) Wicked problems in design thinking. *Design issues*, 8(2), 5–21.
- Byrne, David (2002) *Complexity theory and the social sciences: An introduction*. Routledge.
- Cambel, Ali (1993) *Applied chaos theory: A paradigm for complexity*. Elsevier.
- Checkland, Peter & Haynes, Michael (1994) Varieties of systems thinking: the case of soft systems methodology. *System dynamics review*, 10(2-3), 189–197.
- Christensen, N. L. (1988) Succession and Natural Disturbance: Paradigms, Problems, and Preservation of Natural Ecosystems. Teoksessa Agee, J. K. & Johnson, D. R. (toim.) *Ecosystem management for parks and wilderness*. University of Washington, 62–86.
- Clemson, Barry (1991) *Cybernetics: A new management tool (Vol. 4)*. CRC Press.
- Cooper, Robert & Foster, Michael (1971) Sociotechnical systems. *American Psychologist*, 26(5), 467.
- Cover, Thomas (1999) *Elements of information theory*. John Wiley & Sons.
- Coyne, Richard (2005) Wicked problems revisited. *Design studies*, 26(1), 5–17.
- Davies, Anna – Mulgan, Geoff – Norman, Will – Pulford, Louise – Patrick, Robert & Simon, Julie (2012) Systemic Innovation. https://www.siceurope.eu/sites/default/files/field/attachment/SIE%20Systemic%20Innovation%20Report%20-%20December%202012_1.pdf [haettu 12.4.2021]
- de Bandt, Olivier & Hartmann, Philipp (2000) Systemic risk: a survey. *Working Paper Series* 35.
- Dogan, Mattei & Pahre, Robert (2019) *Creative marginality: Innovation at the intersections of social sciences*. Routledge.
- Ebert, Christof & Duarte, Carlos (2018) Digital Transformation. *IEEE Softw.*, 35(4), 16–21.

- Ernst, Wallace (2000) *Earth systems: processes and issues*. Cambridge University Press.
- Evans, Francis (1956) Ecosystem as the basic unit in ecology. *Science*, 123(3208), 1127–1128.
- Glad, Torkel & Ljung, Lennart (2018). *Control theory*. CRC press.
- Glasser, William (1985) *Control theory*. Harper and Row, New York.
- Halonen, Ilpo (2009) *Johdatus tieteenfilosofiaan*.
- Head, Brian (2008) Wicked problems in public policy. *Public policy*, 3(2), 101–118.
- Helmer, Olaf (1975) An agenda for futures research. *Futures*, 7(1), 3–14.
- Jaspers, Ferdinand (2009) *Organizing Systemic Innovation*. Erasmus Research Institute of Management.
- Johannessen, Jon-Arild (2013) Innovation: a systemic perspective—developing a systemic innovation theory. *Kybernetes*, 42(8), 1195–1217.
- Lawson, Hal – Crum, Bart – Mitchell, Murray – Doolittle, Sara – Anderson-Butcher, Dawn – Iachini, Aidyn – Wade-Mdivanian, Rebecca & Briar-Lawson, Katharine (2008) *Crossing borders and changing boundaries to develop innovations that improve outcomes*. AIESEP World Congress, Sapporo, Japan.
- Manson, Steven (2001) Simplifying complexity: a review of complexity theory. *Geoforum*, 32(3), 405–414.
- Martínez-Vela, Carlos (2001) World systems theory. *Engineering system division*, 83, 1–5.
- Miller, James & Miller, Jessie (1990) Introduction: the nature of living systems. *Behavioral science*, 35(3), 157–163.
- Miller, James & Miller, Jessie (1995) Applications of living systems theory. *Systems practice*, 8(1), 19–45.
- Mingers, John (1980) Towards an appropriate social theory for applied systems thinking: critical theory and soft systems methodology. *Journal of Applied Systems Analysis*, 7, 41–50.
- Montuori, Alfonso (2011) Systems approach. Teoksessa Runco, Mark & Steven Pritzker (toim.) *Encyclopedia of Creativity Vol 2*. Academic press.
- Naisbitt, John (1982) *Megatrends: Ten New Directions Changing Our Lives*. Warner Books.
- Nieminen, Mika – Valovirta, Ville & Pelkonen, Antti (2011) *Systemiset innovaatiot ja sosio-tekniinen muutos*. VTT.
- Rapoport, Anatol (1986) General system theory: Essential concepts & applications. *Cybernetics & systems series*, Vol. 10, CRC Press.
- Reza, Fazlollah (1994) *An introduction to information theory*. Courier Corporation.
- Ritchey, Tom (2013) Wicked problems. *Acta morphologica generalis*, 2(1).
- Robertson, Roland & Lechner, Frank (1985) Modernization, globalization and the problem of culture in world-systems theory. *Theory, culture & society*, 2(3), 103–117.
- Rubin, Anita (2004) *Pehmeä systeemimetodologia tutkimusmenetelmänä*. Metodix. <https://metodix.fi/2014/05/19/rubin-pehmea-systeemimetodologia/> [haettu 20.11.2021]
- Schneider, Stephen (2001) Earth systems engineering and management. *Nature*, 409(6818), 417–420.
- Schwarcz, Steven (2008) Systemic risk. *Georgetown Law Journal*, Vol. 97, 193–249.
- Seppälä, Mikael (2020) *Radikaali epävarmuus vaatii radikaalia yhteistoimintaa. Askelmerkkejä systeemiseen muutokseen innovaatioportfolioilla*. Sitran muistio. Sitra. <https://www.sitra.fi/julkaisut/radikaali-epavarmuus-vaatii-radikaalia-yhteistoimintaa/> [haettu 11.11.2021]
- Stanley, Steven (2005) *Earth system history*. Macmillan.
- Swanson, G.A. & Miller, James (2009) Living systems theory. Teoksessa Parra-Luna, Francisco (toim.) *Systems Science and Cybernetics: Synergetics, 1 (System Theories)*, 136–148.
- Thietart, Raymond & Forgues, Bernard (1995) Chaos theory and organization. *Organization Science*, 6(1), 19–31.
- Tieteen termipankki (2021) <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Filosofia:tiede> [haettu 20.11.2021]
- Trist, Eric (1981) *The evolution of socio-technical systems (Vol. 2)*. Ontario Quality of Working

Life Centre, Toronto.

- Virtanen, Petri – Smedberg, Jari – Nykänen, Pirkko & Stenvall, Jari (2017) Palvelu- ja asiakastietojärjestelmien integraation vaikutukset sosiaali- ja terveystaloudessa. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2/2017.
- von Bertalanffy, Ludwig (1950) An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of science*, 1, 134–165.
- von Bertalanffy, Ludwig (1973) *General system theory: foundations, development, applications*. Braziller, New York.
- von Foerster, Heinz – Mead, Margaret & Teuber, Hans-Lukas (1953) *Cybernetics*. Josiah Macy, Jr. Foundation.
- Walker, Guy – Stanton, Neville – Salmon, Paul & Jenkins, Daniel (2008) A review of sociotechnical systems theory: a classic concept for new command and control paradigms. *Theoretical issues in ergonomics science*, 9(6), 479–499.
- Wallerstein, Immanuel (2004) *World-systems analysis*. Duke university Press.
- Williams, Garnett (1997) *Chaos theory tamed*. CRC Press.
- Wilson, Brian & van Haperen, Kees (2015) *Soft systems thinking, methodology and the management of change*. Macmillan International Higher Education.