

**SYYN TERMIN KÄYTTÖ BIOLOGIAN SELITYKSISSÄ:
riittävät ja välttämättömät ehdot biologiassa**

Ville Saari
Filosofian Pro gradu –tutkielma
Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos
Jyväskylän yliopisto
Joulukuu 2003

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
Yhteiskuntatieteellinen tiedekunta
Yhteiskuntatieteiden ja filosofian laitos

Filosofia

SAARI, VILLE MATTI:

Syyn termin käyttö biologian selityksissä:
riittävät ja välttämättömät ehdot biologissa

Pro-gradu -tutkielma, 103 s.

Joulukuu 2003

Asiasanat: biologia, syy, seuraus / vaikutus, selittäminen, reduktio, emergenssi, supervenienssi

Biologia on tieteenala, jonka tutkimuskohteena on eliöt. Se sijoittuu tutkimuskäytäntönä ns. tarkkojen luonnontieteiden, kuten fysiikan ja kemian sekä käyttäytymistieteinä tunnettujen ihmis- ja yhteiskuntatieteiden välimaastoon myös käyttäytymis- ja ympäristötieteenä. Esimerkiksi biologian tuottaman tiedon lääketieteen erityisalojen sovellutuksissa käytetään tutkimusmenetelminä sekä luonnontieteiden että ihmis- ja yhteiskuntatieteiden menetelmiä.

Tutkielman tarkoituksena on kuvata syyn termin moninaista käyttöä biologian tieteenalan selityksissä ja yrittää siten tavoittaa jonkinlainen kokonaiskuva sen käyttötapojen merkityksestä erilaisten biologisten ilmiöiden ymmärtämisessä. Tutkielman keskeisinä tarkastelullisina työkaluina toimivat kokeellisen tieteen käyttämät riittävät ja välttämättömät ehdot sekä näiden monimutkaisemmat yhdistelmät, joiden selvitystyössä on kunnostautunut erityisesti edesmennyt suomalainen Georg Henrik von Wright. Biologian sovelluksien osalta riittäviä ja välttämättömiä ehtoja taas on tutkinut mm. Kari Lagerspetz väitöskirjassaan *Teleological explanations and terms in biology* (1959) sekä kirjassaan *Sattumasta säätelyyn* (1983). Yleisemmässä syysuhteen riittävien ja välttämättömien ehtojen empiriaa koskevassa kuvauksessa on tässä tutkielmassa nojaututtu John Leslie Mackien teokseen *The cement of the universe* (1974).

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan biologiaa sekä kokeellisena luonnontieteenä että historiallisena tieteenalana sen teorianmuodostuksen ja tähän liittyvien huomioiden kautta. Tässä tutkielmassa pääaiheena olevan kausaalisuhteen tarkastelun päämääränä ei ole luoda yhtenäistä kuvaa siitä, mitä kausaalisuhde sinänsä on, vaan yrittää kuvata ja ymmärtää sen erilaisiin käyttöyhteyksiin liittyviä yleisiä näkökohtia niiden tarjoamine etuineen ja ongelmineen biologian tieteessä. Lisäksi tässä kirjoituksessa pyritään kuvaamalla osoittamaan erilaisten syyn ja vaikutuksen termien käyttötapojen tuntemisen merkitys biologian tieteenalan tutkimien eliöiden ja niiden ympäristön välisen suhteen tarkastelussa. Nämä tarkastelut sivuavat myös biologian kokeellisia ja evolutiivisia syyn ja vaikutuksen suhteen kuvauksia ja näiden kautta muodostettaviin teorioihin liittyviä kysymyksiä. Tutkielman lopussa tarkastellaan erityisesti reduktion, emergenssin sekä supervenienssin käsitteiden sisällön tuntemisen merkitystä sekä soveltuvuutta biologisten ilmiöiden tarkasteluihin.

SISÄLLYS:

1 Johdanto	5
2 Biologian tieteen erityispiirteiden, tieteellisen päättelyn logiikan sekä syyn termin käytön tarkastelua kausaalisuhteissa	7
2.1 Biologian asemasta luonnontieteenä	7
2.2 Riittävät ja välttämättömät ehdot loogisessa ja empiirisessä päättelyssä	12
2.3 Syyn ja sen vaikutuksen empiirisen suhteen kriteerien tarkastelua	20
3 Riittävät ja välttämättömät ehdot biologiassa	26
3.1 Riittävistä ja välttämättömistä ehdoista biologisten ilmiöiden syyn ja vaikutuksen suhteen tunnistamisessa	26
3.2 Ilmiöiden välttämättömien ehtojen tunnistamisen merkityksestä biologiassa	30

3.3 Eliön ja sen ympäristön merkityksestä biologian selityksissä	37
3.3.1 Eliön ja sen ympäristön suhteen määrittelyn lähtökohdasta	37
3.3.2 Syyn termin käyttö eliön ominaisuuksien määräytymisessä	41
3.3.3 Syyn termi biologian historiallis-evoluutiivisissa selityksissä	53
3.3.4 Reduktio, emergenssi ja supervenienssi biologian selityksissä	61
4 Pohdintaa	80
Lähteet	96

1 Johdanto

Kreikan kielessä sanalla *aitia* tarkoitetaan *syylisyyttä, sairauksien syitä* tai jonkin *häiriön aiheuttajaa*. Syy on alkujaan oikeudellinen termi.¹ Nykyisessä luonnontieteessä syyn termin käyttö on harvinaista. Esimerkiksi biologian alan tieteellisissä artikkeleissa sitä ei juuri käytetä, vaan näissä kuvataan, miten jokin ilmiö riippuu tilastollisesti merkitsevästi jostakin toisesta ilmiöstä siten, että näistä ensimmäinen ”saa aikaan” muutoksia jälkimmäisessä esiintyen aina joko jälkimmäistä ennen tai samanaikaisesti sen kanssa.

Me ihmiset voimme ymmärtää, että jotkin väittämät seuraavat tai eivät seuraa loogisesti välttämättä joistain perusteluista tai että jotkin asiat ”aiheuttavat” toisia asioita siten, että jonkin asian tekeminen on välttämätöntä jonkin toisen asian aikaansaamisessa. Tällainen ymmärtämisemme mahdollistaa esimerkiksi syyn ja sen vaikutuksen suhteen ”tietämisen”. Syyn ja vaikutuksen suhteen tietäminen ja tähän suhteeseen uskomisen ovat ymmärtämisen eräs tapa. Syyn ja vaikutuksen termejä käytetäänkin ilmiöiden välisten suhteiden kuvaamiseen, selittämiseen ja/tai ennustamiseen.

Yleisiä tieteellisen argumentaation tapoja ovat siis perustelujen ja niiden loogisen seurauksen välisen välttämättömyyssuhteen esittäminen, syyn ja vaikutuksen välisen kausaalis-empiirisen suhteen kuvaaminen ja/tai selittäminen sekä myös päämäärähakuisten (intentionaalisten) toimijoiden aikomuksen ja heidän tarkoituksellisten sekä tarkoituksettomien tekojensa välisten suhteiden tunnistaminen ja ymmärtäminen.²

Tämän tutkielman tarkoituksena on kuvata syyn termin käyttöä biologian tieteessä. Syysuhteen kuvauksissa, selityksissä ja ennustuksissa on tällöin merkityksellistä tuntea riittävien ja välttämättömien ehtotekijöiden sekä mahdollisuuden ja riskitekijän käsitteet. Kausaalisten (syyn ja sen vaikutuksen) suhteiden selityksissä biologiassa on merkityksellistä tuntea myös ns. teleologisen selittämisen (kuvaa jonkin kausaalisen suhteen merkitystä elämälle) tapa.

¹ von Wright 1971, 65.

² ks. Tiainen 2002.

Tutkielma etenee biologian tieteen erityispiirteiden kuvailun (luku 2.1), riittävien ja välttämättömien ehtojen logiikan ja empiirisen käytön (luku 2.2) sekä syysuhteen yleisten kriteerien esittelyn (luku 2.3) kautta riittävien ja välttämättömien ehtojen tarkasteluun biologian tieteessä (luvut 3.1 ja 3.2) sekä eliöiden ja niiden ympäristön merkityksen tarkasteluun niiden ominaisuuksien määräytymisessä (luku 3.3.2) ja syntymisessä (luku 3.3.3). Tutkielman luvussa 3.3.4 käsitellään myös ajankohtaisia reduktion, emergenssin sekä supervenienssin käsitteitä biologian tieteen sisällä.

2 Biologian tieteen erityispiirteiden, tieteellisen päättelyn logiikan sekä syyn termin käytön tarkastelua kausaalisuhteissa

2.1 Biologian asemasta luonnontieteenä

Biologia sanana tarkoittaa oppijärjestelmää elämästä. Se tutkii eliöitä eli organismeja, jotka ovat fysikaalis-kemiallisessa mielessä avoimia systeemejä ollen energian- ja aineenvaihdunnassa ympäristönsä kanssa. Biologian kannalta kiinnostavaa on tutkia energian ja aineen kulkua ja kasautumista eliöissä ja tässä mielessä eliöt ovat energian ja aineen muodostamia ”möhkäleitä”, jotka ovat enemmän tai vähemmän sopeutuneet johonkin elinympäristöön. Eliöt ovat sopeutumiskykynsä avulla kykeneviä pysyttämään elossa maapallollamme ja jatkamaan ole massaoloaan lisääntymisensä avulla.³

Tieteenalana biologia on varsin laaja ja ”monipuolinen” tutkimuskäytäntö: Sen käyttämät tutkimusmenetelmät (koneellisten tutkimuslaitteiden osalta) ulottuvat aina (bio-) fysiikan energian muuttumisen mittaamisen laitteistoista (bio-) kemian aineiden ”kokoutumista ja hajoutumista” eliöissä mittaavien laitteiden kautta kokonaisten eliöiden ja eliöryhmien käyttäytymisen⁴ suoraan tai epäsuoraan tarkkailuun. Eliöistä voidaan siis tutkia niiden soluissa tapahtuvaa energian ja aineen kulkua sekä näiden määrän ja laadun muutoksia, toisaalta myös esimerkiksi kokonaista eliötä voidaan tutkia tarkastelemalla, mitä se kulloisissakin olosuhteissa tekee. Edellisen mukaisesti biologia on monipuolinen tutkimusohjelma. Se sijoittuu

³ Lagerspetz 1983, 13–16.

⁴ Käyttäytymisen termillä tässä kirjoituksessa viitataan eliöiden kykyyn liikkua tai olla liikkumatta joko rakenteensa tai muun kokemuksensa pohjalta. Käyttäytyminen on eliöiden keino hakeutua ympäristössään tarvitsemiensa asioiden ja tapahtumien äärelle, välttää joitain niille haitallisia ympäristöjä tai olla välittämättä jostain ympäristönsä ominaisuudesta. Käyttäytyminen on tällöin erotettava toiminnan termistä, koska se on ainoastaan elävien eliöiden ominaisuus: Esimerkiksi elävän eliön aistijärjestelmät ja keskushermosto ”toimivat”, mutta eivät käyttydy. Käyttäytymisen ei tarvitse olla kuitenkaan esimerkiksi ”tietoista”, jolloin siihen liittyy ihmismäistä kognitiivista suunnitelmallisuutta. Käyttäytymisen erottaa toiminnasta se, että vain eliöt liikkueessaan tai ollessaan liikkumatta käyttäytyvät, kun taas esimerkiksi koneet toimivat, mutta eivät käyttydy silloinkaan kun ne liikkuvat tai ovat liikkumatta. Teosta käyttäytyminen taas eroaa siten, että kaikkeen käyttäytymiseen ei liity tekemistä, mutta kaikkeen tekemiseen liittyy käyttäytymistä. Käyttäytyminen ja tekeminen ovat elävien eliöiden ominaisuuksia, toiminta taas ei välttämättä edellytä elävää eliötä, vaikkakin toiminta onkin myös elävien eliöiden osien ominaisuus. Ehkä käyttäytymistä ei voi ongelmitta erottaa lopulta toiminnasta, mutta asiayhteyden kannalta tällaista erottelua käytetään tässä kirjoituksessa.

tieteenalana ”tarkkojen luonnontieteiden” (fysiikka ja kemia) sekä ihmis- ja yhteiskuntatieteiden (erikoisesti psykologian ja sosiologian) tieteiden välimaastoon.

Yleinen tieteellisen toiminnan päämäärä on ymmärtää tai laadullisesti ja määrällisesti kuvata, selittää ja/tai ennustaa maailman ilmiöitä, tapahtumia sekä prosesseja. Tieteen kulloisenkin tutkimuskohteen tarkka kuvaaminen on kaiken tieteellisen toiminnan lähtökohta. Tällöin esimerkiksi määritellään, mitä ominaisuuksia, oliota ja tapahtumia tutkimuksen alaisuudessa olevalla ilmiöllä on olemassa. Tällainen kuvailu määrittää tutkimukselle sen ontologian eli sen keskeisten olioiden ja tapahtumien ”perusrakenteen”. Ontologia taas määrittää tutkimuskohteen selittämiseen liittyvää teorianmuodostusta ja tutkimuslaitteiden valintaa: Ontologia kertoo, mitä oliota ja tapahtumia on olemassa. Näiden olioiden ja niiden välisten tapahtumisen suhteita koskevat teoriat muodostetaan ontologian ja sen ominaisuuksia tutkivien mittauslaitteiden kautta saatavien tulosten avulla.

Selittäminen tarkoittaa tutkimuksen kannalta jonkin ilmiön synnyn tekemistä ymmärrettäväksi. Tämä tapahtuu tieteissä teorioiden avulla. Jonkin ilmiön selittämiseksi meidän tulee tuntea menneitä ja nykyisiä asiantiloja ja tapahtumia. Ennustamisessa taas on kyse tulevaisuuden tapahtumien tietämisestä etukäteen, jolloin ennustaminen edellyttää jonkin asiantilan, tapahtuman tai prosessin kuvauksellisen suhteen lainomaista pysyvyyttä ajanhetkestä ja paikasta riippumatta. Ennustaaksemme esimerkiksi jonkin biologisen ilmiön meidän tulee tuntea menneiden, nykyisten ja tulevaisuuden tapahtumien välisen korrelaatiosuhteen (yhteisesiintyvyyden) pysyvyys. Karkeistetusti sanoen ennustettavuus edellyttää korrelaatiota, selittäminen vielä jotain muutakin lisäksi: Osaamme esimerkiksi joskus ennustaa sellaistenkin ilmiöiden tapahtumisia, joita emme kuitenkaan osaa selittää⁵.

Fysiikan ja kemian tieteiden ”selityksinä” käytettyjen ns. funktionaalisen-mekanististen kuvausten antaminen ei ole biologisten ilmiöiden selittämisessä aina riittävästi tietoa tuottava menetelmä, koska eliöt ovat monimutkaisesti rakentuneita järjestelmiä ja sitovat ympäristöstään ja vapauttavat siihen energiaa ja ainetta aineenvaihduntansa

⁵ ks. Scriven 1959.

avulla lisäten epäjärjestyttä ympäristössänsä. Lisäksi eliöt lisääntyvät, kasvavat ajan kuluessa ja erikoistuvat elämänsä aikana. Biologiset järjestelmät (systeemit) ovat fyysikaalisessa mielessä avoimia. Ne pitävät yllä sisäistä tasapainotilaansa takaisinkytkentämekanismiensa⁶ avulla riippumatta eliön ympäristöstä sekä sen sisään otetuista ja siitä ympäristöön tuotetuista aineksista. Eliöt toimivat tällöin kokonaisuuksina eikä niiden ominaisuuksia voida aina teoreettisesti johtaa yksin tai erikseen niiden osakomponenteista. Eliöillä on myös kyky materiaalis-historiallisen informaation⁷ säilyttämiseen genomissaan, mitä millään koneella ei ole. Informaation määrä myös kasvaa ja laatu muuttuu eliössä niiden elämänprojektin edetessä.⁸ Tämä tapahtuu ajassa. Tämän johdosta biologisia ilmiöitä on usein hankala kuvata matemaattisena ja funktionaalis-mekaanisena yhtälönä.

Luonnonlain mukaan ”selitettävät” ja ennustettavat ilmiöt, esimerkiksi radioaktiivisten ydinten puoliintumisen suhteen, toimivat universaalien luonnonlakien mukaisesti ja ovat tällöin atomipopulaation tasolla tarkasti tilastollisesti ennustettavissa. Osin biologisten ilmiöiden kuvaukset ja ennustukset toimivat myös tällaisten probabilististen lakien mukaisesti populaatio-, mutta ei yksilötasolla. Eliöitä koskevat kuvaukset käsittelevät populaatioiden keskivertoedustajia, jolloin eliöissä luonnollisesti esiintyy toisistaan poikkeavaa hajontaa niiden ominaisuuksien suhteen. Biologisten ilmiöiden joukosta löytyykin harvoin universaaleja luonnonlakeja, joille ei olisi olemassa joitain poikkeuksia.

Biologisten ilmiöiden, tapahtumien ja prosessien suhteen ymmärtämiseen ei aina riitä mekanistinen kuvailu, koska ne eivät aina ole yhtä yksiselitteisiä kuin esimerkiksi klassisen mekaniikan kuvaama kappaleiden putoileminen maan kamaralle. Lisäksi elämän ilmiöillä on myös niiden ympäristölliseen suhteeseen liittyvä historia, joka kunkin eliöyksilön ja –lajin kohdalla on ainutlaatuinen. Jollekin biologiselle ilmiölle on myös määritettävissä useita syitä sekä eliössä itsessään että niiden ympäristössä, jonka johdosta induktiivinen havainnosta suoritettava lainomaisten väittämien

⁶ Mekaniikasta peräisin oleva termi takaisinkytkentä voi olla positiivista (nopeuttavaa) tai negatiivista (hidastavaa). Positiivinen takaisinkytkentä edistää tai nopeuttaa jonkin toiminnan tapahtumista, negatiivinen takaisinkytkentä estää tai hidastaa jonkin toiminnan tapahtumista.

⁷ Fysiikan ja kemian tieteissä informaation tavat ovat energia ja aine ja informaation välittäminen voi näiden tieteiden tarkastelussa tapahtua ainoastaan näiden toimesta ja välityksellä.

⁸ Mayr 1988, 12–16.

yleistäminen ei aina ole biologiassa mahdollista.⁹ Biologian kannalta ennustettavuus on siis populaatiotasolta yksilötason suuntaan kuljettaessa probabilistista, mitä itse yksittäisten ilmiöiden selitykset eivät kuitenkaan ole: Meidän ei aina tarvitse tuntea klassisen fysiikan mekaniikan kaltaisia luonnonlakeja, jotka ilmaisevat universaaleja funktionaalis-mekanistisia yhteisesiintyvyyssuhteita kuvaamiensa ilmiöiden välillä. Selittäessämme yksittäistä biologista ilmiötä syyn voi esimerkiksi tunnistaa tiettyjen olosuhteiden vallitessa tuntematta silti ehtoja, jotka ovat välttämättömiä syyn ja sen vaikutuksen suhteen ennustettavuuden pätevyydelle.¹⁰ Esimerkiksi ihosyövän syyn tunnistamisessa on relevanttia selvittää ihosyövän aikaansaavia tekijöitä, joiden sinänsä ei tarvitse olla universaalisti sen kummemmin ihosyövän ilmaantumisen riittäviä kuin välttämättömiäkään ehtoja. Ihosyövälle on olemassa useita eri syitä, jolloin myös niiden yhteisvaikutuksessa näiden eri osatekijöiden merkitys ko. ilmiön esiintymiseen riippuu sekä kohde-elion yksilöllisistä ominaisuuksista että ajallis-paikallisista ympäristötekijöistä. Lisäksi jokin syytekijä yksinkin, kyllin voimakkaana esiintyessään, voi saada aikaan jonkin ilmiön, ollen tuolloin ko. ilmiön riittävä ehto ko. tapauksessa ja ko. olosuhteissa.¹¹ Esimerkiksi jonkin lajin sukupuuttoon kuoleminen riittävä syytekijä on (ko. olosuhteissa) sen elinympäristön tuhoutuminen. Minkään funktionaalis-mekanistisen luonnonlain tuntemista tämä selitys ei välttämättä kaipaa.¹²

Biologiassa käytetään usein myös ns. teleologisia selityksiä. Teleologinen kielenkäyttö on biologiassa yleistä. Puhutaan funktioista (engl. *function*), tarkoituksista (*purpose*) ja päämääristä (*goal*). Yleisesti biologit puhuvat myös, että jokin ominaisuus on olemassa joltain toimintaa varten muodossa ”jotta” (*in order to*). Biologit sanovat esimerkiksi teleologisesti, että ”kilpikonna tuli rantaan muniakseen munansa”, vaikkakin sama asia voitaisiin ilmaista funktionaalis-mekanistisesti sanomalla, että ”kilpikonna tuli rantaan ja muni munansa”.¹³

Teleologiassa selityksissä selitetään jonkin ilmiön tai ominaisuuden esiintyminen tulevaisuuden ”aiottujen päämäärien” kautta tai biologisen ”loppupisteen” avulla,

⁹ Quenette 1993.

¹⁰ Scriven 1959.

¹¹ ks. Portin 1990.

¹² Scriven 1959.

¹³ Mayr 1988, 38–39.

joka on yhtä aikaa sekä tulevaisuutta, nykyisyyttä että menneisyyttä. Tästä syystä jotkut tiedemiehet ovat erottaneet teleologiset selitykset kausaalisista selityksistä, koska niihin sisältyy kielessämme antropomorfistinen (intentionaalinen) ”jotta”: Kausaalisissa selityksissähän syyn tulee sijaita vaikutukseensa nähden joko sitä ennen tai yhtä aikaa vaikutuksensa kanssa. Lisäksi syy ei saa olla kuvauksellisesti (loogisesti) yhteydessä vaikutukseensa¹⁴, jolloin syyilmiö tulee olla kuvattavissa erilliseksi ilmiöksi vaikutusilmiöönsä nähden.

Biologian käyttämät teleologiset selitykset vastaavat ”miksi tai mitä tarkoitusta varten jokin ilmiö tapahtuu” -kysymyksiin. Fysikaalis-kemialliset tieteet taas ovat kiinnostuneita enemmänkin ”miten jokin ilmiö tapahtuu” -kysymyksistä. Biologian ”miksi” -kysymykset kuvaavat ja tavoittelevat eliöiden elossa pysymiselle merkityksellisten ominaisuuksien synnyn välttämättömiä ehtoja kertoen, miten merkityksellinen jokin ominaisuus on tai on historiallisesti ollut jonkin eliön elämälle ja sen ylläpitämiselle. Tällöin esimerkiksi ajatellaan, että jonkin eliölajin nykyisen genotyypin (perusasun) tai fenotyypin (ilmiasun) säilyminen maapallollamme nähdään menneisyyden (historian) ympäristön suorittaman luonnonvalinnan vaikutuksesta syntyneenä ja säilyneenä. Mikäli tällöin jätämme ”miksi-” ja ”jotta” -selitykset biologisissa selityksissä pois ja tyydymme pelkästään ”miten” -kuvauksiin, jätämme huomioimatta sen, miksi jokin ominaisuus on jollekin eliölle syntynyt tai miksi se on kyseiselle eliölle merkityksellinen.¹⁵ ”Teleologisilla” sopeutumisprosesseilla on myös historia, jota ei voida kuvata, havaita tai selittää suoraan vetoamalla välittömään kokemukseemme maailmasta¹⁶. Luonnonympäristön valinta – ympäristön eliölle antama mahdollisuus tai rajatekijä – ei kuitenkaan sinänsä ole tällöin tulevaisuuden suhteen päämäärähakuista (intentionaalista)¹⁷.

¹⁴ Mayr 1988, 39–40.

¹⁵ Mayr 1988, 54–55.

¹⁶ Mayr 1988, 59.

¹⁷ Mayr 1988, 43.

2.2 Riittävät ja välttämättömät ehdot loogisessa ja empiirisessä päättelyssä

Tieteellisen toiminnan tarkoitukseksi voisi kuvata pyrkimyksen maailman järjestelmälliseen ymmärtämiseen. Myös tässä tutkielmassa yritetään eräällä tavoin ymmärtää maailmaa¹⁸. Välineinä tähän ymmärtämiseen käytän välttämättömien ja riittävien ehtojen sekä näiden muodostamien monimutkaisempien yhdistelmien päättelyn ”logiikkaa”. Tämän tutkielman loppuunsaattamiseni kannalta oletan, että tieteellisen ymmärtämisen tavat ovat olioiden empiirisiä tai loogisia ”samuuksia ja erilaisuuksia” koskevia sekä tällaisia suhteita kuvaavia, selittäviä ja/tai ennustavia lausumia.¹⁹

Riittävien ja välttämättömien ehtojen loogisen tarkastelun ”mieli” on seuraavanlainen:

¹⁸ Luonnontieteiden ja ihmistieteiden välillä on mm. pitkään keskusteltu oikeista tieteellisen selittämisen tavoista. Perinteisenä kiistakysymyksenä eri tieteenalojen välisessä keskustelussa on ollut ja on edelleen ns. aristoteelisen ja galileisen selittämisen perinteen eroavaisuudet toisistaan. Edellisen selittämistavan synonyymisia nimiä ovat teleologinen ja finaalin selittäminen, jälkimmäisen synonyymeja kausaalinen ja mekanistinen selittäminen. Aristoteelista ”selittämistä” luonnehtii päämääräsuuntautuneiden toimijoiden (intentionaalisten ihmisten) tekojen ymmärtäminen, jälkimmäinen pyrkii tapahtumien selittämiseen ja/tai ennustamiseen. Yleisesti luonnontieteitä on pidetty selittämiseen ja ennustamiseen pyrkivinä tieteinä, kun taas ihmistieteitä ymmärtämiseen pyrkivinä tieteinä. Erityisesti luonnontieteiden taholta ihmistieteiltä on vaadittu pyrkimään kohti kausaalisten ja ennustamisen mahdollistavien selitysten suuntaa. Taustalla on 1800-luvun lopun comtelainen positivismin ihanne: Tieteen tulee olla menetelmällisesti yhtenäistettyä, matemaattisesti esitettävää sekä selitettävien yksittäisten ilmiöiden tulee kuulua jonkin yleisemmän väittämän (so. hypoteesin, teorian tai lain) piiriin ja sisälle. (ks. von Wright 1971, 2–11.)

¹⁹ Tässä tutkielmassa pidän tarpeellisena ”humelaisen perinteen” mukaista ajattelun tapaa, jonka mukaan ajatustemme assosiaatiolla (mielleyhtymillä) on olemassa kolme ajatusperustallista ominaisuutta: yhtäläisyys, kosketus ajassa ja paikassa sekä syyn ja sen vaikutuksen välisen suhteen oletaminen. Näistä yhtäläisyys tarkoittaa, että me kykenemme – nähdessämme esimerkiksi tietyn henkilön kuvan – heti yhdistämään ko. kuvan kyseiseen henkilöön. Syyssuhde tulee ilmi siten, että ”haavaa ajatellessamme tästä tulee mieleen myös sitä seuraava kipu”. (ks. Hume 1938, 57.) Ymmärryksemme ”loogisuus” ilmenee kykynämme tehdä samuutta (”tämä on täysin samanlainen / hieman samanlainen tuon kanssa”) ja erilaisuutta (”tämä on täysin erilainen / hieman erilainen tuon kanssa”) koskevia tulkintoja havaitsemistamme tai muulla tavoin kokemistamme esineistä, asioista, tapahtumista sekä prosesseista. Syyn ja sen vaikutuksen välisiä suhteita (tapahtumia ja/tai tapahtumien sarjoja) koskevat tulkintamme ovat samalla tavoin rakentuneita (”tämä tapahtuma on täysin samanlainen / hieman samankaltainen tuon tapahtuman kanssa; tämä tapahtuma on täysin erilainen / hieman erilainen tuon tapahtuman kanssa”). Syyn ja sen vaikutuksen suhteen kannalta ymmärtämistemme on seuraavan kaltaista: ”Tämän tekeminen aiheuttaa, että tuon saa tai voi saada aikaiseksi; tämän tekemättä jättäminen aiheuttaa, että tuota ei saa tai sitä ehkä ei saa aikaiseksi”. (ks. esim. von Wright 1971, 64.; 67.)

a) Riittävyys:

Ilmiö A on ilmiön B riittävä ehto, jos aina A:n esiintyessä myös B esiintyy. Jos A on B:n riittävä ehto, niin B on A:n välttämätön ehto. Jos A on B:n riittävä ehto, B voi esiintyä ilman, että A esiintyy.

b) Välttämättömyys:

Ilmiö A on ilmiön B välttämätön ehto, jos aina B:n esiintyessä myös A esiintyy. Jos A on B:n välttämätön ehto, niin B on A:n riittävä ehto. Jos A on B:n välttämätön ehto, B ei voi esiintyä ilman A:ta, mutta A voi esiintyä ilman, että B esiintyy.

c) Riittävyys ja välttämättömyys samanaikaisesti:

Mikäli aina ja vain jos ilmiö A esiintyy, esiintyy myös ilmiö B, ilmiö A on ilmiön B ja ilmiö B ilmiön A välttämätön ja riittävä ehto.²⁰

Esimerkkinä riittävyys ehdosta (a) voimme esimerkiksi väittää, että nisäkkäänä oleminen on loogisesti riittävää (mutta ei välttämätöntä) sille, että jokin olento on eläin, ts. nisäkkäänä oleminen on loogisesti riittävä edellytys sille, että kyseessä on eläin. Tässä tapauksessa eläimenä oleminen on loogisesti välttämätöntä (mutta ei riittävää) sille, että jokin olento on nisäkäs. Esimerkki (b) tuottaa siis saman suhteen (a) kääntäen: eläimenä oleminen on loogisesti nisäkkäänä olemisen välttämätön edellytys. Esimerkki kohdasta (c): Mikäli olisi sillä tavoin, että nisäkkäänä oleminen olisi loogisesti eläimenä olemisen sekä riittävä että välttämätön edellytys, väitteestämme muodollisen logiikan kannalta pitäisi, että kaikki ja vain nisäkkäät ovat eläimiä – ja kääntäen – kaikki ja vain eläimet ovat nisäkkäitä.²¹

Edellinen logiikan tarkastelu osoittaa logiikan soveltuvuuden esimerkkinä eliölajien ryhmittelyyn ja luokitteluun erilaisia käytännön biologisia tarkastelun tarpeita silmällä pitäen. Tällaiset eläinten systematiikkaan kuuluvat loogiset tulkinnat ovat käyttökelpoisia mm. universaalien implikaatioiden (~yleistysten) testaamisessa

²⁰ ks. Broad 1930; von Wright 1942; Portin 1990.

²¹ Luonnollisesti väittämä, jonka mukaan kaikki ja vain nisäkkäät ovat eläimiä, ja kääntäen, kaikki ja vain eläimet ovat nisäkkäitä, on maailmasta hankkimamme kokemuksen kannalta epätosi, mutta ei muodollisen logiikan kannalta (kyseisessä tapauksessa).

ja tuottamisessa: Lause ”Kaikki A:t ovat B:itä” on yleinen looginen implikaatioväittäjä, jota voidaan soveltaa käytännössä todentamaan esimerkiksi sitä, että ”kaikki nisäkkäät kuuluvat eläinten ryhmään”²².

Mielenkiintoinen hankaluus riittävien ja välttämättömien ehtojen tarkasteluun syntyy tilanteesta, jossa siirrymme kausaalisiin tarkasteluihin, so. syyn ja sen vaikutuksen välisen suhteen tarkasteluihin²³. Empiiriseen (käytännölliseen) kausaaliseen suhteeseen liittyy ajallinen kääntymättömyys toisin kuin loogiseen (ajattomaan) suhteeseen: Jos pidämme P:tä Q:n syynä, tuskin pidämme tällöin Q:ta P:n syynä. Esimerkiksi sade on syynä maan kastumisen riittävä ehto, mutta maan kastuminen ei ole syynä satamisen välttämätön ehto. Samoin happi on jonkin eliön elämälle syynä välttämätöntä, jolloin logiikan mukaan ”elämä olisi tällöin riittävää, että happi”. Edelliset lauseethan ovat syyn ja vaikutuksen suhteen tarkastelun kannalta hieman hölmöjä julkilausumia. Käytännöllinen syysuhdehan on usein ajallisesti kääntymätön, joten vaikutus tuskin voi edeltää ajallisesti syytään. Tietysti syy voi esiintyä samanaikaisesti vaikutuksensa kanssa, joten ajallinen kääntymättömyys ei ole empiirisestäkin tulkittuna aina löydettävissä syyn ja sen vaikutuksen suhteen tarkasteluissa.²⁴

Syyn ja sen vaikutuksen suhteen tarkastelu ei siis ole aivan sama asia kuin loogisten perustelujen ja niiden seurauksen välisten suhteen tarkastelu. Syyllä tarkoitetaan

²² ks. erit. von Wright 1942. Yleisiä lakiväittämiä maailmastamme esitetään universaalien implikaatioiden ”Kaikki A:t ovat B:itä” lisäksi myös yhteisesiintymis- eli korrelaatiiosuhteista kahden tai useamman ilmiön välillä (von Wright 1971, 18), jolloin esimerkiksi ilmaisemme ilmiön A ja ilmiön B esiintyvän aina yhdessä. Huomioitavaa tällöin on, että myös universaali syyn ja vaikutuksen välistä suhdetta koskeva väittäjä on yhteisesiintymissuhteen erityistapaus: Kaikki universaalit kausaaliset (syyn ja sen vaikutuksen) suhteet ovat yhteisesiintymissuhteita (esimerkiksi syy A on korrelaatiossa vaikutuksensa B kanssa), mutta kaikki yhteisesiintymissuhteet eivät aina ole kausaalisia suhteita mm. kausaalisen suhteen kääntymättömyyden (asymmetrisyyden) perusteella (syy A esiintyy vaikutustaan B ennen tai sen kanssa samanaikaisesti, mutta B ei voi esiintyä ennen A:ta, eli B ei voi aiheuttaa A:ta eli olla A:n syy. (Lewis 1993; Salmon 1993).

²³ Tässä tutkielmassa käytän poikkeuksetta – epäselvyyksien syntymisen välttämiseksi – loogisten suhteiden kohdalla perustelun ja sen seurauksen / perusteluiden ja niiden seurauksen välisiä suhteita kuvatessani perustelun ja seurauksen termejä, kun taas syyn ja sen vaikutuksen välisestä suhteesta / syiden ja niiden vaikutuksen / vaikutusten välisistä suhteista puhuttaessa käytän ainoastaan ja poikkeuksetta syyn ja vaikutuksen termejä. Tällä erottelulla haluan estää lukijaani sotkemasta loogisia suhteita ”tosiasiasuhteisiin”, eli toisin sanoen yritän pitää erillään loogiset, ajattelun ”aprioriset” suhteet kausaalisisista, empiirisistä ja ”aposteriorisista” suhteista (ks. Hume 1938, 58–64). Kausaliteetin termiä käytetään tässä tutkielmassa siis ainoastaan syiden ja niiden vaikutusten suhteiden kuvauksissa.

²⁴ von Wright 1971, 41–43.

puheessamme joskus vaikutuksensa aikaansaamisen välttämätöntä, mutta ei riittävää ehtoa. Joskus syyksi voidaan paikantaa vaikutuksensa suhteen riittävä ehto, joskus kyseinen riittävyys voi olla jopa paikalla aiheuttamassa vaikutustaan ”liikaa” – ylimäärin. Joskus taas pidämme jonkin vaikutuksen syynä erilaisten ehto-ominaisuuksien kokoelmia, jotka ovat esimerkiksi kukin erikseen välttämättömiä ja yhdessä riittävä ehto vaikutuksensa aikaansaamisessa.²⁵

Tällainen ajallisen käänteisyyden hankaluus on löydettävissä mm. kaasujen yleisen tilanpaineyhtälön syysuhteen tarkastelusta. Kyseisen ilmiön yhtälönä tapahtuvasta kuvauksesta ei ole mahdollista saada suoraan kokemusta kyseisen ilmiön syistä tai vaikutuksista. Syyn analyysi implikaation mielessä ei ole siis sama asia loogisen ja kausaalisen implikaation tapauksissa. Eron ongelma on seuraava: Väittämä ”aina kun A, niin myös B” on ekvivalenttia sanonnan ”aina kun ei-B, niin ei-A” kanssa. Tällöin on loogisesti välttämättä totta, että ”jos A, niin B” on ekvivalenttia sanonnan kanssa, jonka mukaan loogisesti välttämättä on totta, että ”jos ei-B, niin ei-A”. Edellisten loogisten tarkastelujen tapauksissa siirryttäessä empiiristen kausaalisuhteiden tarkasteluun ei kausaalisuhteen tarkasteluihin päde, että A on B:n riittävä ehto, jos ja vain jos ei-B on ei-A:n riittävä ehto. Tällöin, jotta voidaan yleensäkin sanoa, että A on B:n syy, ei seuraa, että voidaan väittää ei-B:n olevan ei-A:n syy: Rankkasade voi olla joen tulvimisen syy, mutta ”ei-tulvimista” tuskin pidetään ei-satamisen syynä. Kausaaliset suhteet ovat siis kääntymättömiä (eli satamisen ja tulvimisen suhdejärjestystä ei voi kääntää), mitä taas pelkkä loogisten ehtolauseiden suhteiden

²⁵ Broad 1930. Broad katsoo, että on olemassa kahdenlaisia kausaalisia lainomaisia väittämiä: karkeitä ja kehittyneitä. Karkeamman rakenteiset kausaaliväittämät kuvaavat, kuinka aina kun jokin ominaisuus on paikalla, niin jokin toinenkin ominaisuus on paikalla. Tällainen kausaatio ominaisuuksien suhteen on laadullista kausaalisuhteen ilmaisu. Kehittyneemmässä versiossaan kausaaliväittämät voidaan ilmaista yhtälöllä, jonka avulla myös kyseisen suhteen laadullisten ominaisuuksien määrät voidaan laskea. Lainomaisten kausaaliväittämien suhteen molemmat voivat tuottaa ennustuksia. Broadin mukaan kaikki tieteet aloittavat teorianmuodostuksensa karkeammasta kausaatiosta ja ihanteellisessa tapauksessa päätyvät kehittyneemmän kausaation suuntaan. Tämä tarkoittaa, että tieteet aloittavat teorioiden avulla tapahtuvan selittämisen kuvailevista ominaisuuksiin liittyvistä teorioista ja etenevät – jos mahdollista – näiden kuvauksiensa tarkkuudessa sellaiseen suuntaan, että osaavat jossain vaiheessa ilmaista tutkimiansa ominaisuuksien suhteet myös matemaattisten yhtälöiden tarkkuudella, joissa kuvattavien ominaisuuksien laatuja lisäksi näistä laaduista osataan sanoa myös niiden tarkat määrälliset numerolliset arvot. Kausaliteetti syyn ja sen vaikutuksen suhteessa voi siis olla sekä laatuja että niiden määrän suhteen ilmaistavissa. Ihanteellisessa tapauksessa osaamme tällöin siis joidenkin ilmiöiden A ja B esiintyessä ennustaa niiden seuralaisen C esiintymisen ja sen, millaisena tai kuinka voimakkaana se esiintyy, joko yhteisesiintyvyytensä ja/tai kausaalisen, syyn ja vaikutuksen suhteen mielessä. Tällainen jälkimmäinen tapaus edellyttää toki lainomaisuuden, eli ko. tapahtumisen osatekijällisten ilmiöiden A, B ja C pysymistä samanlaisena ja esiintymistä yhdessä eri aikoina ja eri paikoissa.

tarkastelu ei meille paljasta.²⁶ Jos siis A on empiirisesti B:n välttämätön ehto, niin se tarkoittaa, että ei-A on empiirisesti riittävä ehto ei-B:lle. Jos taas A on empiirisesti B:n riittävä ehto, tämä ei ole sama asia väittämän kanssa, jonka mukaan B on A:n välttämätön ehto.²⁷

Edellisten välttämättömien ja riittävien ehtojen erottelut herättävät luonnollisesti kysymyksen, että miten ko. suhteet voidaan saada selville kokeellisessa tutkimuksessa. Lähtökohtana on tällöin ajatus, jonka mukaan syyn ja sen vaikutuksen laadullisessa tutkimuksessa sekä syy että sen vaikutus hajotetaan erilaisiin laadullisiin osiin.²⁸ Kuvitelkaamme esimerkiksi monimutkaista väitettä, joka muodostuu kahden lauseen konjunktiosta:

”Kaikki ABC:t ovat abc:itä” sekä ”Kaikki ADE:t ovat ade:itä.”²⁹

²⁶ von Wright 1973.

²⁷ von Wright 1973.

²⁸ Esimerkiksi John Stuart Millin (1848, 165–166) kokeellisen tutkimuksen menetelmälliset periaatteet ovat seuraavat:

- 1) *Method of Agreement*: Jos tapauksilla AB ja BC, jotka esiintyvät ilmiön E yhteydessä, on erilaisissa koejärjestelyissä ja erilaisissa toisistaan riippumattomissa yhteyksissä yksi yhteinen tekijä (B), voi kyseinen tekijä olla kyseisen tutkittavan ilmiön E syy tai vaikutus.
- 2) *Method of Difference*: Jos tapaus AB tekee todeksi ilmiön E ja tapaus BC ei tee todeksi ilmiötä E, niin A voi olla tutkittavan ilmiön E syy tai vaikutus, tai E:n syyn välttämätön osatekijä.
- 3) *Joint Method of Agreement and Difference*: Jos tapauksilla AB ja BC on vain yksi yhteinen tekijä (B), ja esimerkiksi AB tekee todeksi ilmiön E ja BC ei tee todeksi ilmiötä E, niin B voi olla ilmiön E syy tai vaikutus tai ilmiön E syyn välttämätön osatekijä.
- 4) *Method of Residues*: Jos tapaus AB tekee todeksi ilmiön E, voidaan esimerkiksi ilmiö A poistaa tilanteesta, jotta ilmiön B osallisuutta ilmiön E tuottamiseen voidaan tutkia.
- 5) *Method of Concomitant Variations*: Jos ilmiö E vaihtelee ilmiön A vaihdellessa, voi ilmiö A olla ilmiön E vaihtelun syy tai vaikutus tai A voi olla kausaalisessa yhteydessä ilmiön E vaihteluun.

Millin ”looginen” kausaalisuhteen todentamiseen liittyvä kuvaus on kuitenkin riittämätön empiirisen riittävyuden ja välttämättömyyden osoittamiseen. Kausaalisille suhteille on nimittäin ominaista kääntymättömyys (jos A aiheuttaa tai on osana aiheuttamassa B:tä, niin tällöin B ei voi olla aiheuttamassa A:ta), ajallinen jatkuvuus (syyilmiö A tapahtuu ennen ja eri ajanhetkenä kuin vaikutusilmiö B) sekä se, että syyn ja vaikutuksen suhteeseen kuuluu myös ”poissaolon mahdollisuus” (A:n puuttuminen voi olla syynä sille, että B ei ole paikalla). (Broad 1930.)

²⁹ Yhtälön mukaan ilmiöiden A, B ja C konjunktio (ja) ABC on konjunktion abc ja ilmiöiden A, D ja E konjunktio ADE konjunktion ade riittävä ehto, jonka mukaan aina kun ilmiö ABC esiintyy, niin ilmiö abc esiintyy ja vastaavasti aina kun ilmiö ADE esiintyy, niin ilmiö ade esiintyy. Ilmiöiden ABC ja ADE disjunktio (ja/tai) on tällöin loogisesti riittävää ilmiön a totuudelle. Ilmiö A taas ko. yhtälössä on loogisesti välttämätöntä ilmiön a totuudelle, mikäli A:n ollessa epäatosi molempien lauseiden ABC ja ADE tapauksessa, ilmiö a on epäatosi.

Empiirisesti ajatteleminen tällöin, että ilmiö ABC aiheuttaa aina ilmiön abc, eli ABC on ilmiön abc riittävä ehto ja toisaalta ilmiö ADE aiheuttaa aina ilmiön ade ollen siten sen riittävä ehto. Tällöin esimerkiksi lauseesta ”Kaikki ABC:t ovat abc:itä” seuraa, että esimerkiksi A ei ole riittävää esimerkiksi ilmiön bc synnyttämiseksi lauseen ”Kaikki ADE:t ovat ade:itä” mukaan. Tällöin oletetaan, että A on riittävä ehto ”jollekin” abc:ssä eli A esimerkiksi on tekijän a riittävä ehto. Lauseita tarkastellessa oletamme myös, että sekä ABC että ADE ovat a:n totuuden riittäviä ehtoja, koska ilmiö a esiintyy molempien seuralaisena. Tällöin jokaisen a:n riittävän ehdon tulee sisältää myös a:n välttämätön ehto. Tästä seuraa, että jos a:lla on yleensäkin olemassa välttämätöntä ehtoa, sen tulee sisältyä sen molempiin riittäviin ehtoihin. A näyttää näissä kahdessa lauseessa olevan sekä ilmiön abc että ilmiön ade välttämätön edellytys: Ottamalla koetilanteesta pois ilmiön A, voimme estää ilmiön abc ja ilmiön ade syntymisen. Tällöin myös pätee, että jos a:lla on olemassa lainkaan välttämätöntä ehtoa, joko A itse tai jokin sen osa on ilmiön a välttämätön ehto. Toisekseen huomaamme, että a:lla on voi olla useita riittäviä ehtoja ja toisaalta ehkä sillä ei välttämättä tarvitse olla lainkaan tunnistettavissa ja kuvattavissa välttämätöntä ehtoa riippuen esimerkiksi kulloisistakin mittaus- ja kuvausmenetelmistämme. Lisäksi voimme sanoa, että lauseen ”Kaikki ABC:t ovat abc:ita” mukaan A on yhdessä konjunktion BC:n kanssa esiintyessään riittävää a:n tuottamiseksi. Voimme jopa sanoa, että B:n ja C:n läsnäollessa A on välttämätöntä ja riittävää a:n tuottamiseksi. Tästä ei voida kuitenkaan suoraan päätellä, että A on välttämätöntä tai riittävää a:n tuottamiseksi, mikäli B ja C puuttuvat paikalta. A on tällöin a:n syy vain, kun B ja C ovat myös paikalla. Mikäli siis ABC on a:n aiheuttamisen riittävä ehto, voimme päätellä, että konjunktoiden BC:n tai DE:n kanssa yhdessä esiintyessään A on a:n aiheuttamisen välttämätön ja riittäväkin ehto, mutta tästä ei voi päätellä, että A yksin esiintyessään on a:n aiheuttamisen suhteen riittävä ehto.³⁰

³⁰ Broad käyttää Milliltä lainaten *Method of Agreement*- sekä *Method of Difference* -menetelmien yhdistelmää toisaalta A:n vaikutuksen ja toisaalta a:n syyn selvittämiseen. Huomioitava hankaluus syntyy tällöin siitä, että välttämätöntäkin ehtoa kyetään pilkkomaan tieteen pienempiin osiin (ehtoihin), jotka voivat sitten olla tämän riittäviä tai välttämättömiä ehtoa. Esimerkiksi sairauksia määriteltäessä voidaan sanoa, että erilaisilla tutkimuksellisilla kuvaustasoilla voi jonkin tason välttämätön ehto olla kuvattavissa myös monimutkaisemmin: Tuberkuloosiin sairastumiselle on välttämätöntä, että henkilöllä ei ole vastustuskykyä. Tällöin on luonnollista, että esimerkiksi vastustuskyvyn ilmiötä ja sen syntymistä voidaan kuvata ja selittää myös esimerkiksi solutason ilmiöiden tapahtumisen. Tällöin tapahtumia kuvaavat ja selittävät ehdot moninkertaistuvat. Välttämättömät ehdot ovat siis kuvaavia ja ymmärrettäviä parhaiten yhden tutkimustason kuvauksissa ja selityksissä. Välttämättömien ja riittävien ehtojen tunteminen saattaa tässä mielessä olla avuksi tieteen kuvausten ja selitysten sekä teoria-reduktion kysymyksen tarkastelussa:

Jos siis edellisessä yhteydessä tarkastelemme ilmiötä a ja huomaamme saavamme aikaan ko. ilmiön joko ilmiöiden ABC tai ADE kautta, voimme väittää, että sekä ABC että ADE ovat erikseen ilmiön a aikaansaamisen riittäviä edellytyksiä, A:n ollessa a:n aikaansaamisen välttämätön edellytys, mikäli poistaessamme A:n koetilanteesta paikalta, emme saa ilmiötä a aikaiseksi tuottamalla paikalle pelkästään ilmiöt BC tai DE. Toisaalta mikäli otamme esimerkiksi lauseesta ABC pois osan BC jättämällä paikalle pelkän A:n ja tällöin emme saa a:ta aikaiseksi, emme sano, että A on a:n aikaansaamisessa enää sen kummemmin välttämätöntä kuin riittävääkään.

Syiden selvittämisessä siis pilkomme laadullisesti syitä pienempiin osiin saadaksemme selville sen erilaisten osien merkityksiä jonkin vaikutuksen aikaansaamisessa (mahdollisen riittävyyden ja välttämättömyyden mielessä). Edellisissä tarkasteluissa tällöin usein jätetään vaikutusilmiön laadullinen pilkkominen vähäisemmäksi ja tyydytään usein sen yhden osakomponentin synnyttämisen riittävien ja välttämättömien ehtojen tarkasteluun ja selvittämiseen. Onhan toki kuitenkin mahdollista, että jos syitä voidaan pilkkoa pienempiin laadullisiin osiin, niin miksei niiden vaikutuksiakin voida pilkkoa pienempiin laadullisiin osiinsa. Tällöin on myös mahdollista, että jollain vaikutusilmiön aikaansaamisen osakomponenttien abc ja ade aikaansaamiselle on olemassa muitakin riittäviä edellytyksiä kuin tutkimuksemme tarkastelun alaisuudessa olevat syykomponentit ABC ja ADE, ja toisaalta ABC saa vaikutuksen a lisäksi aikaan myös vaikutukset bc ja ADE a:n lisäksi vaikutuksen de. Esimerkiksi konjunktio ABC on loogisesti ko. tutkimamme ”yhtälön” mukaan riittävää erikseen ja yksin tuottamaan erilliset ilmiöt a, b ja c, ts. ABC aiheuttaa kolme vaikutusta a, b ja c.

Tämän tutkielman osalta loogiset ja empiiriset suhteet biologian tieteessä tulevat myöhemmin tarkasteltaviksi. Osoittautuu muun muassa, että empiirisen syyn ja sen vaikutuksen sekä toisaalta loogisen perustelujen ja niiden seurauksen suhteiden tarkastelu on riittävien ja välttämättömien ehtojen osalta biologian teorianmuodostuksessa päällekkäistä: Tieteen kokeellisia havaintoväittämiähän

Esimerkiksi sopivassa hapen ja vedyn kyllästyvässä ilmassa kipinä on sekä välttämätöntä että riittävää (syynä) räjähdysen aikaansaamisessa, mutta kyseinen kipinä ei ole riittävää (syynä) räjähdysen aikaansaamisessa silloin, kun joko happi ja/tai vety puuttuu ko. tapahtumapaikalta (Broad 1930).

(tosiasioita) järjestetään loogisesti systemaattisiksi teoriajärjestelmiksi, joissa havainnosta olemme yleistäneet testauksen alaisuuteen teoriaväittämiä. Voimme esimerkiksi yleistää testauksen alaisuuteen ensin yleisesti päteväksi luulemamme loogisen väittämän ”Kaikki nisäkkäät kantavat poikasiaan ennen niiden syntymää kohdussaan” ja osoittaa yhden tapauksen, jossa ko. väittäjä ei pidä paikkaansa, esimerkiksi toteamalla, että vesinokkaeläin, joka on nisäkäs, munii munia, eikä kanna poikasiaan kohdussaan³¹. Väittämämme ei ole siis maailmasta hankkimamme kokemuksen mukaan yleisesti pätevä, eli ei siis ole yleisesti tosi väittäjä. Toisekseen voimme muodostaa maailmasta empiirisen kokeilun kautta testattavan syyn ja vaikutuksen suhdetta koskevan teoriaväittämän, jonka mukaan esimerkiksi ”myrkyn A antaminen pitoisuusalueella (milligrammaa per eliön massa kilogrammoina) X aiheuttaa eliöryhmässä Y menehtymisen B” ja tässäkin tapauksessa joskus löytää silti eliöryhmän Y yksittäisen edustajan, joka kykenee kestämään ko. eliöryhmälle Y normaalisti kuolettavan annoksen X myrkyä A. Erityisen mielenkiintoiseksi kysymys muodostuu siis esimerkiksi biologian tieteen teorianmuodostuksessa, jossa perusteluiden ja niiden seurausten ja toisaalta syiden ja niiden vaikutusten analysoinnissa emme aina kykene yksiselitteisesti muodostamaan yleismaailmallisesti päteviä tosiasiaväittämiä mm. sillä perusteella, että toisaalta voimme nähdä biologisten ilmiöiden toiminnassa olevan useita syitä (riittäviä ja/tai välttämättömiä ehtoja) jonkin vaikutuksen aikaansaamisessa ja toisaalta voimme

³¹ On sanottava, että biologiassa esimerkiksi nisäkkäiden luokittelussa joudutaan tekemään sopimuksia siitä, kuuluuko esimerkkitapauksemme vesinokkaeläin nisäkkäiden ryhmään. Vesinokkaeläinhän on muniva nisäkäs, ja muistuttaa tämän ominaisuutensa mukaisesti siis esimerkiksi lintuja ja matelijoita. Ulkomuotonsa mukaan sillä taas on esimerkiksi useille nisäkkäille tyypillinen karvapeite, mutta esimerkiksi eräille linnuille tyypillinen ”ankan nokka”. Retorisesti kuvaten vesinokkaeläin on ulkomuotonsa puolesta ”karvainen aku anka”, jolla on myös räpyläjalat. Kaikista muista nisäkkäistä poiketen myös vesinokkaeläimen peräaukko on samassa paikassa kuin sen munimisaukkokin. Toisaalta useille nisäkkäille ominaisesti vesinokkaeläimellä on myös karvapeite ja se on myös tasalämpöinen. Lisäksi sen matorauhaset ovat kehittyneet hikirauhasista. Itse asiassa nisäkkäille on olemassa kymmeniä erilaisia enemmän tai vähemmän yhteisiä ominaisuuksia ja toisaalta niitä keskenään erottelevia ominaisuuksia, jolloin lajien ryhmittelyssä riittävien ja välttämättömien ehtojen logiikka ei aina kykene nimeämään kaikkia nisäkkäitä nimittävää yhtä ja yhteistä välttämätöntä ja myös riittävää ehtoa. Tasalämpöisyyttä on esimerkiksi pidetty nisäkkäiden yhteisenä ominaisuutena tyyliin ”Kaikki nisäkkäät ovat tasalämpöisiä”, mutta nisäkkäistä esimerkiksi lepakot horrostavat talvisin laskemalla ruumiinsa lämpötilan celsius-asteikolla mitattuna hyvin lähelle nollan tuntumaa. Nisäkkäätkin siis voivat kestää tällaista vajaalämpöisyyttä mainiosti elämässään, joten tasalämpöisyys ei ole nisäkkäänä olemisen välttämätön edellytys (eli ei ole totta, että ”jos ei ole tasalämpöinen, niin ei ole nisäkäs”), eikä nisäkkäänä oleminen ole myöskään tasalämpöisenä olemisen riittävä edellytys (eli ei ole totta, että ”Kaikki nisäkkäät ovat tasalämpöisiä”). Lisäksi myös esimerkiksi linnut ovat tasalämpöisiä, vaikkakin jotkut niistäkin sietävät mainiosti vajaalämpöisyyttä, joten myöskään ei päde, että ”vain nisäkkäät ovat tasalämpöisiä”. Nisäkkäänä oleminen ei siis ole tasalämpöisenä eläimenä olemisen riittävä eikä välttämätön universaali ehto, eikä tasalämpöisenä oleminen ole nisäkkäänä olemisen universaali riittävä eikä välttämätön ehto.

todeta jollain syyllä olevan useita vaikutuksia. Tällaisten asioiden tarkastelemiseksi tulee kuitenkin vielä kuvata, millaisia näkökohtia syyn ja sen vaikutuksen tarkastelussa on yleisesti huomioitava. Seuraavaksi tarkastelemme siis syyn termin käyttöön liittyviä yleisiä näkökohtia.

2.3 Syyn ja sen vaikutuksen empiirisen suhteen kriteerien tarkastelua

Syyn termi (sana) on tuttu kaikille ihmisille. Jos kysymme joltain henkilöltä, että ”miksi ostit uudet vaatteet?”, hän esimerkiksi vastaa, että ”ostin uudet vaatteet, jotta voisin työhaastattelussa tehdä vaikutuksen uuteen mahdolliseen työnantajaani”.

Ihmisten päämäärähakuisten (intentionaalisten) tekojen ymmärtämisen edellytyksenä onkin, että jokin henkilö uskoo, olettaa ja/tai ymmärtää jonkin teon A suorittamisen ja tietyn päämäärän B saavuttamisen välisen kausaalisen (luonnollisen välttämättömyyden) yhteyden, jonka mukaan henkilö ajattelee, ettei hän saavuta päämäärää B, ellei hän tee tekoa A (A on siis keino eli väline päämäärän B saavuttamiseksi henkilön uskomusjärjestelmässä). Edellisen lisäksi aiottu teko A tulee tietysti vielä tehdä, mikä edellyttää kykyä tehdä päätös toiminnan aloittamisesta.³² Tällaisten intentionaalisten ”syiden” tunnistamista sovelletaan mm. oikeudenkäynneissä selvittämään, voiko jonkin henkilön heittää tyrmään hänen aikomustensa ja/tai tekojensa vuoksi.

Toiseksi syitä etsitään erikoisella hartaudella esimerkiksi biolääketieteellisessä tutkimuksessa, jossa yritetään ennustaa ja/tai estää joitakin biologista elämää hankaloittavia ilmiöitä, kuten vaikkapa influenssoja.

Biologian tieteessä ei kaikkien tapahtumien syitä yleisesti kuitenkaan tunneta, kuten ei näemmä tunneta psykologiassa tai sosiologiassakaan; emme tunne ainakaan kaikkia ilmiöiden syitä (riittäviä ehtoja, joiden mukaan aina kun ilmiö A esiintyy niin myös ilmiö B esiintyy), joiden avulla voisimme ennustaa tapahtumia. Samalla vaikutuksella voi nimittäin jolla useita syitä (riittäviä ehtoja). Biologiassa tunnetaankin pääsääntöisesti joidenkin paikallisten tapahtumien välttämättömiä

³² von Wright 1971, 93–94; 107; 117.

ehtoja (syyn osatekijöitä; ”jos A ei ole paikalla, ei ole B:kään paikalla”) tai erillisiä riittäviä ehtoja (”jos A tai C, niin B”), mutta harvoin yleisessä (universaalissa) mielessä vaikutusilmiöiden aikaansaamisen riittävää ja samalla välttämätöntä ehtoa (”jos ja vain jos A tai C, niin B”)³³.

Yleisiä syyn kriteereitä ovat, että ne aiheuttavat joitain vaikutuksia ja että syy on ajallisesti vähintään samanaikainen vaikutuksensa kanssa, pääsääntöisesti kuitenkin sitä ennen. Syyn ja vaikutuksen suhde on myös ei-käänteinen (epäsymmetrinen)³⁴ sekä ajallinen, mistä johtuen empiiriset riittävyyden ja välttämättömyyden suhteet eivät ole aivan sama asia kuin loogiset riittävyys- ja välttämättömyyssuhteet³⁵, jotka ovat käänteisiä ajattoman luonteensa johdosta.

John Leslie Mackien mukaan jonkin vaikutuksen syynä pidetään yleisesti joissain spesifioituissa olosuhteissa ko. *vaikutuksen ei-riittävää, mutta erään minimaalisen riittävän ehdon välttämätöntä ja ei-turhaa osatekijää*³⁶. Esimerkiksi yksittäisessä tapauksessa tulipalon syttymisen eräs minimaalinen riittävä ehto voi muodostua oikosulusta, palavan materiaalin läsnäolosta syttymispaikalla sekä sammutusjärjestelmän toimimattomuudesta ko. tapahtumapaikalla. Oikosulku, palavan materiaalin läsnäolo ko. tapahtumapaikalla sekä sammutusjärjestelmän toimintakunnottomuus muodostavat erään tulipalon minimaalisen riittävän ehdon. Tulipalolle voi kai keksiä loputtomiin muitakin riittäviä minimaalisia ehtoja (syitä), joten yleisessä (universaalissa) mielessä esimerkiksi oikosulku ei ole tulipalojen sen kummemmin riittävä (aina kun on oikosulku, on tulipalokin) kuin välttämätönkään (jos ei ole oikosulku, ei ole tulipaloakaan) edellytys. Palavan materiaalin läsnäolo tulipalopaikalla tietysti on tulipalon välttämätön edellytys, samoin hapen läsnäolo. Palavaa materiaalia ja happea on kuitenkin paikalla hieman kaikkialla, joten niiden läsnäoloa ei siten pidetä tulipalon syynä. Kaikkia välttämättömiä ehtoja ei siten pidetä vaikutusten syinä, vaan esimerkkitapauksessamme minimaalisen riittävän ehdon poikkeuksellisia ja ei-turhia välttämättömiä ehtoja, kuten se, että sammutuslaitteet olivat epäkunnossa ko. tapahtumapaikalla oikosulun sattuessa.³⁷

³³ ks. Lagerspetz 1959; 38; Hempel 1966, 107.

³⁴ Lewis 1993; von Wright 1993.

³⁵ Lagerspetz 1998.

³⁶ Mackie 1993.

³⁷ kts. Mackie 1974, 62–67; 1993.

Tulipalojen syinä tällaisissa tapauksissa pidetäänkin ehkä eri tekijöitä: Vakuutusyhtiöt ovat kiinnostuneita siitä, joutuvatko he korvaamaan tulipalon aiheuttamia vahinkoja vai voivatko he sysätä korvausvastuun sammutusjärjestelmän valmistajalle. Poliisin rikostutkintaa ehkä kiinnostaa taas, että onko tulta ja/tai palavaa materiaalia mahdollisesti tuotu tahallisesti palon syttymispaikalle. Pyromaania taas kiinnostaa se, saako hän aikaan olosuhteet, jotka kyseisessä tapauksessa ovat eräs minimaalinen riittävä ehto tulipalon aikaansaamisessa.

Oleellista onkin huomata, että maailman tapahtumisille voidaan löytää useita minimaalisia riittäviä ehtoja (syitä). Joskus kai syitä ei ole edes paikannettavissa, mikäli syiden ja vaikutusten ajallinen ja/tai paikallinen etäisyys on huomattava tai syitä on muuten kasapäin.

Mackien syyn käsite vaikutuksen aikaansaamisen *erään minimaalisen riittävän ehdon ei-turhana (poikkeuksellisena) välttämättömänä ehtona* onkin oivallinen kuvaus siitä, mitä yleisesti tarkoitetaan, kun jotain ilmiötä pidetään jonkin vaikutuksen syynä. Käytännössä syysuhde voidaan todentaa ja paikallistaa ensisijassa ja ennen kaikkea tuottamisen (manipuloinnin) avulla, mikä tapahtuu ihmisen toimesta ajallis-paikallisesti kontrolloitavissa olosuhteissa (esimerkiksi laboratoriossa). Tästä esimerkkinä mainittakoon monien taitavien pyromaaniensa aikaansaannokset tulipalojen syyttämisen. Välttämättömien ja riittävien ehtojen tunnistaminen onnistuukin parhaiten yksittäisten empiiristen tapahtumien syysuhteen tunnistamisessa, jolloin tutkittavat tapahtumat ovat ajallis-avaruudellisesti paikannettavissa³⁸.

Syyn analysoimisen kannalta tulee kuitenkin ottaa huomioon ns. *ylimäärittyneisyyden* ongelma³⁹, jonka mukaan syyksi on katsottava ainoastaan pienin tarvittava syyn määrä jonkin vaikutuksen aikaansaamisessa. Syyn ominaisuuksiin kuuluu siis sen laadun lisäksi myös sen määrä (voima).

³⁸ ks. Kim 1993a.

³⁹ ks. Scriven 1993. Englannin kielessä *ylimääritymisen* termiä vastaa sana *overdetermination*. Esimerkiksi pähkinänkuorien rikkomisesta vasaralla on sanottava, että eri yksittäiset pähkinät ovat luonnollisesti keskenään hieman erilaisia ja yksittäisten pähkinänkuorten rikkomiseksi tarvitaan siis tällöin hieman erisuuruista voimaa. Lisäksi tällöin on luonnollisesti oletettava, että rikkoessamme pähkinänkuoria vasaralla esimerkiksi pöydän päällä, tulee pöydän olla liikkumattomassa tilassa siten, että emme lopulta vasaroi ko. pöytää maan sisään, vaan ko. pöydän päällä olevaa pähkinää rikki.

Vasaraniskulla voidaan murtaa pähkinänkuoria, mutta pähkinänkuorten rikkomisen eräs riittävä ehto koostuu kuitenkin sekä itse vasaraniskusta sekä ko. iskun voimakkuudesta: kaikki naputtelu vasaralla ei riitä rikkomaan pähkinänkuoria. Liiallinen voimankäyttö taas on turhaa pähkinänkuoren rikkomiseksi vasaralla. Syysuhteeseen kuuluu oleellisesti siis sekä laadullinen (kvalitatiivinen) että määrällinen (kvantitatiivinen) aspekti. Näiden molempien syyn osapuolien selvittäminen vaatii kuvailevaa ja määrällistä kokeellista tutkimusta.

Yleiset kriteerit sille, että sanomme esimerkiksi X:n aiheuttaneen Y:n ovat seuraavat⁴⁰:

- 1) X ja Y molemmat tapahtuivat,
- 2) kontrafaktuaalisen ehdon toteutuminen, jonka mukaan ”jos X ei olisi ollut paikalla, ei Y:kään olisi ollut paikalla”,
- 3) kyseiset olosuhteet (kausaalinen kenttä, *causal field*),
- 4) ylimäärittyneisyyden (”liikasyisyyden”, *overdetermination*) eliminoiminen,
- 5) se, että X ja Y ovat kuvauksellisesti (~bogisesti) erillisiä tapahtumia (Y ei voi olla itsensä syy).
- 6) Myöskään muut Y:n aikaansaamisen minimaaliset riittävät ehdot eivät saisi olla läsnä ko. tapahtumapaikalla mm. ylimääritymisen välttämiseksi.

Huomioitavaa kriteerien 1 ja 2 suhteen on, että myös ominaisuuden tai tapahtuman puuttuminen voi olla syyn osatekijä, jopa se tekijä, jota pidämme syynä. Vastustuskyvyn puuttuminen (ominaisuutena) on välttämätön (mutta ei riittävä) edellytys tuberkuloosi-infektion aiheuttaman taudin ilmenemiselle. Myös ei-tapahtuminen voi olla syyanalyysin kannalta relevanttia: Sherlock Holmes selvitti hevosvarkauden syylliseksi tallirengin tilanteessa, jossa tämä kähvelsi kilpahevosen. Perusteluna oli, että vahtikoira ei paljastanut hevosvarasta haukkumalla, koska tunsi hänet. Laboratoriossa tällaiset ”olemattomuudet” ja ”ei-tapahtumiset” voidaan selvittää kontrolliryhmien avulla. Kontrafaktuaalisen ehdon toteutuminen ei kuitenkaan ole riittävä ehto kausaaliväittämän pätevyydelle, vaikkakaan se ei ole

⁴⁰ Mackie 1974, 31–32.

myöskään turha ehto ko. pätevyydelle⁴¹. Se on syyn ja vaikutuksen suhteen pätevyyden todentamisen käytännöllisesti välttämätön edellytys.

Kriteerin 3 mukaan kausaaliväittämät tehdäänkin aina jossain tietyissä olosuhteissa jotain kausaalista kenttää (*causal field*) vasten. Yleisesti syynä pidetäänkin esimerkiksi tapahtumaa, joka ei kuulu ko. kausaalisen tarkastelukentän sisään, ts. sitä tekijää, joka aiheuttaa muutoksen ko. kausaalisen kentän sisällä olematta itse kuitenkaan sen varsinainen osa.⁴²

Syy on yleisesti (universaalisti) vaikutuksensa riittävä ja välttämätön ehto (ainoa syy) jos ja vain jos aina, kun syy tapahtuu, niin sen vaikutuskin tapahtuu. Lisäksi syy voi olla vaikutuksensa riittävä, mutta ei välttämätön ehto, mikäli vaikutus voi syntyä myös ilman ko. syyn läsnäoloa⁴³, jolloin vaikutuksella on useita toisistaan riippumattomia mahdollisia syitä (riittäviä ehtoja). Ensisijassa vaikutuksen syynä pidetään siis sen minimaalista riittävää ja välttämätöntä ehtoa, mutta usein ei voida saada selville ko. olosuhteissa, onko syy vaikutuksensa aikaansaamisen (ainoa) riittävä ehto vahvassa riittävyyden kontrafaktuaalisessa mielessä⁴⁴. Tätä voidaan toki tutkia laboratorioissa järjestämällä koeryhmälle vastaavan käsittelyn saava vertailuryhmä, jonka käsittely poikkeaa tietysti vain tutkittavan syytapahtuman suhteen (eli ”jos A ei ole paikalla, niin ei ole B:kään paikalla”).

Syyn ylimäärittymisen laadullista (kvalitatiivista) ongelmaa on hankala eliminoida, jos esimerkiksi kaksi jonkin vaikutuksen aikaansaamisen toisistaan riippumatonta syytä (riittävää ehtoa) tapahtuvat samanaikaisesti tai silloin, kun toinen noista kahdesta toisistaan riippumattomasta syystä (riittävästä ehdosta) esiintyy ennen toista, tai silloin kun syyt (riittävät ehdot) ovat toisistaan riippuvaisia, ja ensimmäinen ”tekee turhaksi” toisen.⁴⁵ Määrällisen (kvantitatiivisen) ylimäärittymisen ongelma on hankala myös tilanteessa, jossa jokin yksittäinen syy on

⁴¹ Mackie 1974, 34.

⁴² Mackie 1974, 34–37; Ducasse 1993.

⁴³ Mackie 1974, 40–41.

⁴⁴ Mackie 1974, 49.

⁴⁵ ks. Scriven 1993.

”turhan paljon läsnä” vaikutuksensa aikaansaamisessa, jolloin pienempikin määrä (voima) ko. syytä riittäisi tuottamaan saman vaikutuksen⁴⁶.

Muita syyn ja sen vaikutuksen suhteen kriteerejä ovat, että syyt ”kuljettavat” informaatiota (energiaa ja ainetta) ja kykenevät siten saamaan aikaan muutoksia joissakin vaikutusilmioissa⁴⁷. Yleisesti kausaalisilta prosesseilta edellytetään lisäksi, että ne toimivat luonnonlakien mukaisesti siten, että ne eivät riipu metafysisen kausaalisuhteen olemassaolon psykologisesta taustaoletuksesta, kuten ehtolauseiden analyysin psykologisena taustaoletuksena tehdään⁴⁸.

Kausaalisuhde onkin palautumaton (epäsymmetrinen) kontrafaktuaalinen riippuvuus⁴⁹, mutta kontrafaktuaalisuus ei ole kuitenkaan riittävää syysuhteen pätemiselle mm. syyn ylimäärittymisen tapauksessa, jossa monet vaikutuksen aikaansaavat syyt (riittävät ehdot) esiintyvät samanaikaisesti tai kun toinen vaikutusilmion aikaansaava syy (riittävänä ehtona) ”tekee turhaksi” toisen syyn⁵⁰.

⁴⁶ Mackie 1974, 43.

⁴⁷ Ducasse 1993.

⁴⁸ Salmon 1993.

⁴⁹ Lewis 1993.

⁵⁰ Kim 1993b; Scriven 1993.

3 Riittävät ja välttämättömät ehdot biologiassa

3.1 Riittävistä ja välttämättömistä ehdoista biologisten ilmiöiden syyn ja vaikutuksen suhteen tunnistamisessa

Luonnontieteelliset kokeelliset mittaukset sisältävät aina jonkin alkuoletuksen, teorian tai lain, esimerkiksi ”aina kun syö myrkkyä A (tietyllä pitoisuusalueella), niin näkyy mystisiä asioita E” sekä empiirisiä tosiasioita ”syötiin myrkkyä A” sekä ”näkyi mystisiä asioita E”⁵¹. Tällöin myrkyä A sanotaan aiheuttavan ko. tilanteessa mystisten asioiden näkemistä E, ts. myrkyä A on syynä riittävää aiheuttamaan mystisten asioiden näkemistä E. Mikäli olisi siis niin, että mystisiä asioita E näkyisi aina ja vain, kun syödään myrkkyä A, niin myrkyä A olisi mystisten asioiden näkemisen E riittävä ja välttämätön ehto, ts. myrkyä A olisi tällöin ainoa syy mystisten asioiden E näkemiselle:

$$1) A \rightarrow E \text{ (lue: ”A on E:n ainoa syy”).}^{52}$$

Tarkastellessamme ympäristöämme huomaamme kuitenkin, että mystisiä asioita E voidaan nähdä näköjään muutenkin kuin syömällä myrkkyä A. Voimme empiirisesti todeta, ettei myrkyä A syöminen ole välttämätöntä mystisten asioiden E näkemiselle: Mystisiä asioita voisi esimerkiksi nähdä myös kovassa kuumetilassa X, joten jonkinasteinen kuumetilakin voi olla riittävää aiheuttamaan mystisten asioiden E näkemistä. Osoittautuu siis, että mystisten asioiden näkemiselle voi olla useita eri syitä (toisistaan riippumattomia riittäviä ehtoja):

$$2) A \vee X \rightarrow E \text{ (lue: ”A ja/tai X aiheuttaa E:tä”).}$$

⁵¹ ks. Lagerspetz 1959, 3, 21, 26; myös Hempel 1966, 50–52.

⁵² Tässä kirjoituksessa nuolta (“ \rightarrow ”) on poikkeuksetta luettava empiirisen suhteen kausaalisen ja siten kääntymättömissä olevana nuolena. Esimerkiksi suhde ” $A \rightarrow B$ ” luetaan siten; että ” A on syynä B:n riittävä ja välttämätön ehto”. B:tä ei tällöin saa lukea tai ymmärtää loogisesti A:n sen kummemmin riittäväksi kuin välttämättömäksi ehdoksi, eikä esimerkiksi A ole tällöin käänteisessä ekvivalenssi-suhteessa B:n kanssa, joka mahdollistaisi nuolen käytön myös B:stä A:n suuntaan. Tällainen saattaa olla yhdenmukaisuuden kannalta harhaanjohtavaa, mutta esittämisen lyhyden takaamiseksi käytettäkään tässä työssä tällaista sopimusta. Syyn monimutkaisten ehtojen yhdistelmissä ”syypuoli” sitä vastoin noudattaa aivan normaaleja konjunktio- ja disjunktio-logiikan sääntöjä.

Empiirisesti saataisi olla niinkin, että myrkyä A syöminen (tietyllä pitoisuusalueella) ei olisikaan riittävää mystisten asioiden E näkemiselle, vaan tarvitsisimme myös jotkut tietyt ympäristöolosuhteet B, jotta saisimme aikaiseksi mystisiä näköhavainnollisia kokemuksia E. Tällöin vasta myrkyä A syöminen yhdessä ympäristöolosuhteiden B kanssa olisi riittävää mystisten asioiden E näkemiselle, jolloin molemmat sekä A että B erikseen olisivat ilmiön E aikaansaavan syyn (riittävän ehdon) välttämättömiä osatekijöitä: Vaikutus E ei esiintyisi, jos ei söisi myrkyä A ja jos ei olisi myrkyä A syönnin yhteydessä ympäristöoloissa B. Toinen riittävä ehto mystisten näkyjen E näkemiselle olisi tietysti edelleen kova kuumetila X, joten mystisten näköhavaintojen E aikaansaamisen laadullinen ”yhtälö” olisi muotoa:

$$3) (A \& B) \vee X \rightarrow E, \text{ (lue: ”A ja B yhdessä ja/tai X aiheuttavat E:tä”),}$$

missä A ja B yksikseen ovat vaikutuksen E aikaansaamisen erään minimaalisen riittävän ehdon välttämättömiä, mutta ei riittäviä osatekijöitä, jolloin sen kummemmin A kuin B:kään eivät yksin esiintyessään voi saada aikaan vaikutusta E, mutta yhdessä esiintyessään ne aiheuttavat E:n. X on tällöin myös ”kausaaliyhtälössämme” edelleen riittävää vaikutuksen E aikaansaamisessa, joten (A&B) sekä X ovat E:n aikaansaamisen toisistaan riippumattomia riittäviä ehtoja. Huomioitavaa on, että esimerkiksi A ei enää kaikkialla olekaan aiheuttamassa vaikutusta E, mutta tietyissä spesifeissä olosuhteissa voisimme päätellä sen olleen E:n syyn välttämätön osatekijä, kun esimerkiksi X ei ollut paikalla. Syynä pidetäänkin usein tällaista tekijää, joka on vähintään vaikutuksensa aikaansaamisen erään riittävän ehdon välttämätön ja ei-turha osatekijä, eli ns. INUS-ehto (*Insufficient but Non-redundant part of an Unnecessary but Sufficient condition of E*)⁵³.

Voimme myös kuvitella, että voisimme nähdä mystisiä asioita E joko syödessämme myrkyä A tai ollessamme kovassa kuumeessa X, mutta vain silloin, kun olemme jossain spesifeissä ympäristöolosuhteissa B. Tällöin ”kausaaliyhtälömme” rakenne olisi muotoa:

⁵³ Mackie 1974, 1993.

4) $(A \vee X) \& B \rightarrow E$ (lue: ”A ja/tai X yhdessä B:n kanssa aiheuttaa E:tä”),

jolloin A on vaikutuksen E välttämättömän ehdon eräs riittävä osatekijä, samoin X. B taas on tällöin vaikutuksen E aikaansaamisen välttämätön osatekijä. Vaikutus E ei voi siis esiintyä, ellei joko A tai X ole läsnä ko. tilanteessa yhdessä B:n kanssa. Tällöin A:ta tai X:ää kutsuttakoon E:n aikaansaamisen SUNI-ehdoiksi (*Sufficient but Unnecessary part of an Necessary but Insufficient condition of E*).⁵⁴

Huomaamme, että ”kausaaliyhtälöiden” 3 ja 4 mukaan ei yleisesti (universaalisti) tarvitse olla siten, että vaikutuksella E olisi olemassa ainoastaan yksi syy, vaan pikemminkin on niin, että syyn tunnistaminen joissain hallittavissa koeolosuhteissa vaatii etukäteen mahdollisesti myös muiden tutkittavan vaikutusilmiön aikaansaamisen minimaalisten riittävien ja välttämättömien ehtojen tuntemista. INUS- ja SUNI-ehdot esimerkiksi kuuluvat mahdollisuuden (ja riskitekijän) kategoriaan, mikä tarkoittaa, että niiden esiintyminen yleisesti kasvattaa jonkin vaikutuksen esiintymisen todennäköisyyttä, mutta ne eivät ole universaalissa mielessä yksinään sen kummemmin riittäviä kuin välttämättömiäkään vaikutuksensa aikaansaamisessa (koska toisistaan riippumattomia ehtotekijöitä voi olla useita). Pääosa biologian ilmiöistä onkin tulkittavissa mahdollisten syytekijöiden kautta: Esimerkiksi tupakointi ei ole universaalisti sen kummemmin riittävä (kaikki tupakoijat eivät saa kovalla yritykselläkään keuhkosityöpää) kuin välttämättömäkään (myös tupakoimattomat voivat onnistua hankkimaan itselleen keuhkosityövän) keuhkosityövän aikaansaamiseksi, mutta tupakointi kasvattaa ko. vaikutuksen esiintymisen todennäköisyyttä väestön yksilöissä.⁵⁵ Myös päivittäin poltettujen tupakoiden määrän lisäys sekä pitkä tupakointiaika kasvattavat keuhkosityövän esiintymisen todennäköisyyttä väestön yksilöissä. Samoin on muistettava, että tupakointi voi ”tappaa” myös muihin terveydellisiin häiriöihin, kuten sydän- ja verisuonitauteihin, joten tupakoinnilla on myös muita elämää tarveleviä vaikutuksia. Yleisesti tupakointi yksin ei siis ole keuhkosityövän syy (minimaalinen riittävä ehto

⁵⁴ ks. Lagerspetz 1980. SUNI-ehdon nimeä en ole löytänyt mistään kirjallisuudesta, mutta käytettäköön tässä tutkielmassa tällaista nimeä yhtäläisyyden nimissä. SUNI-ehto itse asiassa on disjuntio (ja/tai) -kokoelma, joka muodostaa jonkin vaikutusilmiön aikaansaamisen välttämättömän ehdon, eli Mackien käyttämän INUS-ehdon, joka taas on jonkin laajemman tarkastelukentän sisällä vaikutuksensa aikaansaamisen osatekijä. Biologisten ilmiöiden tarkasteluiden kannalta SUNI-ehto on kuitenkin sisällöllisesti rikkaampi ja informatiivisempi kuin pelkkä INUS-ehto.

⁵⁵ ks. Portin 1990; 1991.

eikä sen välttämätönkään ehto), mutta se on sitä kuitenkin käytännössä ”riittävän” paljon siinä mielessä, että kova tupakointi ei ehkä ole suositeltavaa, mikäli haluaa välttää keuhkosityöpään sairastumisen riskiä. Onnellisuus ja mielihyvä lienevät tässä yhteydessä eri asia.

Biologiassa yleisesti (universaalissa mielessä) ei usein tunnetakaan kuin jonkin vaikutuksen aikaansaamisen eräitä välttämättömiä ehtoja ja joskus näiden kautta ehkä jopa eräs minimaalinen riittävä ehto. Joskus saadaan selville jopa useita vaikutuksien aikaansaamisen minimaalisia riittäviä ehtoja: Esimerkiksi tuberkuloosiin sairastumisen välttämätön edellytys on mykobakteeri-infektio (jos ei saa ko. bakteeria sisäänsä, ei saa tuberkuloosiakaan). Tuberkuloosiin sairastumisen toinen tunnettu välttämätön edellytys on vastustuskyvyn puute (jos on vastustuskyky, ei tule tuberkuloosia). Vastustuskyvyn tuberkuloosia kohtaan voi hankkia joko rokotuksen tai aiemmin sairastetun tuberkuloosin välityksellä. Tuberkuloosiin sairastumisen SUNI-ehtoja taas ovat esimerkiksi huono ravitsemustila, diabetes, vanhuus sekä esimerkiksi kova juopottelu, jotka usein heikentävät elimistömme immuunijärjestelmää.⁵⁶

Riskitekijöiden (ja mahdollisuuden) tunnistamisesta on sellaista ”hyötyä”, että niitä eliminoimalla (toki vanhenemista tai kuolemaa tuskin voidaan eliminoida pois elämästä) tiedämme tavan esimerkiksi elämälle vaarallisten ja haitallisten ilmiöiden esiintymisen todennäköisyyden pienentämiselle väestössä. Samoin poistamalla jonkin vaikutuksen aikaansaamisen välttämättömän ehdon voimme estää sen tuottaman vaikutuksen esiintymisen, tuberkuloosin tapauksessa esimerkiksi tuottamalla vastustuskyvyn rokotuksilla. Tuberkuloosibakteerin olemassaoloahan on maailmasta hankalampi eliminoida. Mikäli tunnistaisimme koko tuberkuloosiin sairastumisen riittävän (ja samalla välttämättömän) ehdon, voisimme ennustaa ko. sairauden esiintymisen väestön yksilöissä ja myös ehkä eliminoida sen

⁵⁶ ks. Lagerspetz 1980. Lagerspetzin mukaan esimerkiksi tuberkuloosiin sairastumisen välttämättömiä (muttei riittäviä) ehtoja ovat mykobakteeri-infektio, vastustuskyvyn puute sekä (nähtävästi myös) heikko ravitsemustila. Kuitenkin empiirisen tutkimuksen avulla voimme huomata, että esimerkiksi diabeteksen ja vanhuusiän yhteydessä myös suhteellisen normaalissa ravitsemustilassa olevat henkilöt voivat myös sairastua tuberkuloosiin. Nyt siis heikko ravitsemustila ominaisuutena ei enää olekaan tuberkuloosiin sairastumisen välttämätön ehto, vaan ko. välttämätön ehto muodostuu nyt huonon ravitsemustilan, diabeteksen ja ”vanhan iän” disjunktiosta (ja/tai), joista kukin on tuberkuloosiin sairastumisen SUNI-ehto, kun myös mykobakteeri-infektio ja vastustuskyvyn puute ovat läsnä.

maailmastamme. Tässä yrityksessä esimerkiksi tuberkuloosin tapauksessa on jo päästy ”riittävän” pitkälle.

3.2 Ilmiöiden välttämättömien ehtojen tunnistamisen merkityksestä biologiassa

Biologisten ilmiöiden vaihtoehtoisia syitä (jos riittäviä ehtoja on useita) harvoin tunnetaan täydellisesti. Biologisten ilmiöiden riittäviä ja välttämättömiä ehtoja ei aina tunneta universaalissa mielessä koskaan, koska emme esimerkiksi tunne kaikkia selitettävien vaikutusten empiirisiä alkuehtoja⁵⁷. Voisimme tietysti toistaiseksi ajatella triviaalisti, että esimerkiksi maailmaan syntyminen olisi eläimillä syynä riittävää ja välttämätöntä niiden kuolemisen, koska kaikki syntyvät eläimet kuolevat (syntyminen kuolemisen riittävänä ehtona) ja jos eläimet eivät synny, ne eivät myöskään kuole (syntyminen kuolemisen välttämättömänä ehtona). Tällöinhän kuoleminen olisi myös riittävää ja välttämätöntä sen asian todistamiselle, että on joskus sattunut maailmaan syntymään. Tällaiset päätelmät ovat kuitenkin arki ajattelun ja tieteellisen tiedon lisäyksen näkökulmasta tarkasteltuna hölmöjä. Kuoleminen ei myöskään voi olla syynä syntymiselle syysuhteen ajallisen kääntymättömyyden perusteella, mitä ehtolauseiden riittävien ja välttämättömien ehtojen logiikka ei varsinaisesti ota huomioon. Välttämättömyyden ja riittävyuden käsitteitä voidaankin käyttää loogisessa tai empiirisessä mielessä⁵⁸, samoin universaalissa tai yksittäisiä koetulosten tulkintoja koskevassa mielessä.

Empiirisen syysuhteen välttämättömien ehtojen tunteminen (”jos ei ole A:ta, ei ole B:täkään”) on kuitenkin merkityksellistä biologiassa: Kasveille on välttämätöntä sisältää lehtivihreää, jotta ne voivat yhteyttää, vaikkakaan lehtivihreä kasveissa ei yksin olekaan riittävää (syynä) yhteyttämisen aikaansaamisessa⁵⁹, ts. lehtivihreä ei

⁵⁷ Lagerspetz 1969.

⁵⁸ ks. Lagerspetz 1998.

⁵⁹ ks. Lagerspetz 1998; ks. myös Voipio 2001. Voipion mukaan lehtivihreän olemisesta kasveissa aiheutuu, että kasvit yhteyttävät. Lehtivihreä on tällöin yhteyttämisen välttämätön edellytys. Väittäminen ”kasvit yhteyttävät, koska niissä on lehtivihreää” perustuu siihen päätelmään, että ottaessamme lehtivihreän pois kasveista estämme yhteyttämisen tapahtumisen ko. kasveissa. Tarkassa mielessä lehtivihreä ei kuitenkaan yksin riitä yhteyttämisen aikaansaamiseen, vaan edellyttää esimerkiksi hiilidioksidia, vettä sekä auringon valoenergiaa jne. Nämä ovat luonnossa peräisin kasvien

kokonaan selitä (syynä) koko yhteyttämisen tapahtumaa, mutta on kasveilla yhteyttämisen riittävän ehdon välttämätön osatekijä (”jos ei ole lehtivihreää, ei yhteytetäkään”). Emme voi siis aivan sanoa, että ”kasvit yhteyttävät, koska ne sisältävät lehtivihreää”. Lehtivihreän omistaminen ei ole kasveilla yhteyttämisen riittävä ehto. Empiiriset välttämättömyys-selitykset ovatkin käännettävissä kausaaliseksi – tai ilmiöiden (vaikutusten) aikaansaamisen välttämättömien ehtojen tunnistaminen on ainakin pyrkimistä kohti erästä (useita) ko. selitettävän vaikutusilmiön riittävää (riittäviä) ehtoa (ehtoja)⁶⁰.

Biologian kielenkäytössä yhteyttämisen sanotaan olevan kasvien ”tehtävä” (funktio): Lehtivihreää on kasveissa siksi, että sen myötävaikutuksella kasvien on mahdollista yhteyttää, mikä tarkoittaa, että yhteyttäminen kasveissa tapahtuu myös sen vaikutuksesta, että lehtivihreää todellakin on kasveissa⁶¹. Lehtivihreä on kasveissa niiden yhteyttämisen suhteen ei-turhaa (tarpeellista). Yhteyttäminen tuottaa toisena vaikutuksenaan tietenkin myös esimerkiksi happea, joka ei ole sen varsinainen biologinen tehtävä itse yhteyttävän kasvin elämän suhteen, vaan ”satunnainen” yhteyttämisen tuottama vaikutus⁶². Lehtivihreän oleminen kasveissa ei varsinaisesti edellytä, että yhteyttäminen olisi loogisesti mitenkään riittävää tai välttämätöntäkään lehtivihreän toiminnan suhteen⁶³. Biologiassa ”tehtävällä” tarkoitetaan siis jonkin ominaisuuden tai toiminnan vaikutusta jonkin eliöin hengissä pysymisen edistämiseen. Tällöin ”tehtävällä” (yhteyttämisellä) tarkoitetaan tiettyä toiminnallista myötävaikuttavaa kykyä jonkin laajemman järjestelmän (elossa säilyminen) analyysissä⁶⁴.

Myös ilmiöiden itsensä (vaikutusten) tunteminen on tärkeää biologiassa mm. sopeutumisen käsitteen ymmärtämisessä. Sopeutuminen on evolutiivis-historiallinen prosessi, jonka vaikutuksena (tuloksena) on sopeutuma-ominaisuus.⁶⁵ Jonkin ominaisuuden määrittely sopeutumaksi edellyttääkin välttämättä, että se on selkeästi

ympäristöstä, ja näitä haittaamalla tai estämällä näiden paikalla-oleminen kasveissa, yhteyttäminen voidaan prosessina estää tai sitä voidaan haitata.

⁶⁰ ks. Lagerspetz 1959.

⁶¹ ks. Wright 1973.

⁶² Wright 1973, Cummins 1975.

⁶³ Wright 1973.

⁶⁴ Cummins 1975.

⁶⁵ Burian 1998.

eliön jonkin rakenteen tuottama⁶⁶, eli on olemassa ko. rakenteen vaikutuksesta. Sopeutumalla tulee olla siis vaikutus-tehtävä (funktio), eli sen on täytynyt syntyä (elottoman ja/tai elollisen ympäristön ”suorittaman”) luonnonvalinnan tuloksena⁶⁷. Sopeutuma X on tällöin jonkin eliöryhmän elämää edistävä tai ratkaisevasti ylläpitävä rakenneominaisuus Y ympäristöolosuhteissa Z⁶⁸, joka on syntynyt luonnonvalinnan kautta ja mahdollistaa ko. eliöryhmän elämän suhteellisesti paremman jatkuvuuden kyseisissä ympäristöolosuhteissa verrattuna vaihtoehtoisiin rakenteellisiin ominaisuuksiin. Tietenkään tällöin kaikki rakenteellisetkaan erittäin kelpoiset ominaisuudet eivät ole luonnonvalinnan tuottamia, vaikkakin ne olisivat edullisia elossa pysymiselle ja eliöiden lisääntymismenestykselle: ”Ominaisuustyyppi on sopeutuma, jos ja vain jos sen rakennepiirteiden syntyminen on suhteellisen rakenteellisen kelpoisuuden kausaalinen seuraus verrattuna vaihtoehtoisiin tyypeihin ja ratkaisu ympäristön asettamaan ongelmaan tai ongelmiin kyseisten eliöiden evoluutiohistorian kuluessa⁶⁹.” Huomattakoon, että esimerkiksi ihmisen nenä ei ole sopeutuma silmälasien kannatteluun, vaikka nenä toimittaakin kyseistä tehtävää (funktioita) mainiosti, eikä kyky käyttää vaatteita (taitona) ole rakenne-sopeutuma lämpötasapainon ylläpitämisen, vaikka ehkä tämän taidon mahdollistama tietoisuus tai näppärä käsi alunperin onkin sopeutuma⁷⁰.

Voimme esimerkiksi ajatella, että jänikselle on jotain ”etua” sen nopeista jaloista sen hengissä pysymisen kannalta tarkasteltuna. Samoin voimme ajatella, että sen turkista on sille ”etua” talven pakkasista selviytymiselle. Myös jäniksen turkin värin muuttumista valkoiseksi talven ajaksi voisi ehkä pitää sopeutumana sen antaman suojavärin johdosta, koska se vähentää jäniksen havaitsemisen todennäköisyyttä lumihangesta suojaten sitä saalistajilta. Jäniksen nopeilla jaloilla sanotaankin biologiassa olevan funktio, ”tehtävä”, ts. jäniksen nopeat jalat mahdollistavat sille

⁶⁶ Burian 1998.

⁶⁷ Burian 1998.

⁶⁸ ks. van der Steen 1981.

⁶⁹ Burian 1998.

⁷⁰ Tietoisuuden määrittelemisen sopeutumaksi edellyttää tulkintaa, jonka mukaan sen tulee olla eliön rakenteen tuottama sen ympäristöllisen vuorovaikutuksen tuloksena. Tietoisuuden määrittelemisen sopeutumaksi edellyttääkin siis taustaoletuksellisesti sen, että tietoisuuden biologinen tehtävä mahdollistaa eliölajille paremman selviytymisen ympäristössään kuin silloin, jos sillä ei kyseistä ominaisuutta ole. Tämä taas luonnollisesti implikoi sitä, että sopeutumaiset edistävät eliölajien yleisempää kyky elämänsä ylläpitämisessä. Tietoisuudesta on siis oltava eliöille enemmän etua kuin haittaa, mikäli sitä sopeutumaksi haluamme tulkita.

kyvyn paeta esimerkiksi ketun kynsistä.⁷¹ Toisin sanoen jäniksen jalat toteuttavat nopean juoksemisen funktiota, josta aiheutuu, että jäniksellä on paremmat mahdollisuudet pysyä hengissä elinympäristössään saalistajien välttämisen kautta kuin silloin, kun sen jalat olisivat hitaammat.

Sopeutumisselityksiä on usein syytetty kehällisyydestä (tautologisuudesta): Sopeutumisselitysten perustelullisena syynähän ei saisi olla itse selityksen alaisuudessa oleva eläminen (vaikutus) itse. Sopeutumisen perusteluksi ei siis joissakin yhteyksissä ole katsottu riittäväksi, että eliöt ajan seurantona näyttävät pysyvän elossa hetki hetkensä jälkeen. Sopeutumisselityksissä olisi siis kyettävä osoittamaan, että jokin ominaisuus (esimerkiksi jäniksen nopeat jalat) todella antaa sitä kantavalle eliölle suhteellisesti paremman elossa säilymisen ja sen kautta lisääntymisen mahdollisuuden kuin se, että nuo jalat olisivat hitaammat. Nykyisyydestä jänikselle ei toki voi löytää vertailuryhmää, joka olisi ominaisuuksiltaan muuten samanlainen kuin jänis, mutta ainoastaan sitä hitaampi liikkuja. Hankaluuksia tällaista sopeutumista selittävään tulkintaan aiheuttaa myös se, että esimerkiksi eliöiden kelpoisuuteen liittyvä lisääntyminen ei ole välttämätöntä yksittäisten eliöiden elossa säilymiselle. Lisääntyminen kelpoisuutta osoittavana parametrina näyttää kuitenkin olevan ominaisuus, jota voidaan mitata laadullisesti ja määrällisesti. Lisäksi lisääntyminen on toki suvullisesti lisääntyvien lajien ominaisuuksien säilymisen (perinnöllisyyden kautta eri sukupolvissa) välttämätön edellytys.

Pienistä selityksellisistä vaikeuksistaamme huolimatta jäniksen nopeat jalat ovat kuitenkin rakenteellis-toiminnallinen ominaisuus, jonka johdosta nopea liikkuminen (käyttäytyminen) on mahdollista. Sanotaankin, että jäniksen nopea liikkumiskyky on ainakin ”osasyynä” sille, että se selviytyy saalistajien kynsistä. Jäniksen jalkojen ”tarkoituksenmukaisuus” saalistajien välttämässä on keino tai kyky, jossa nopeat jalat toteuttavat saalistajien pakenemisen funktiota (tehtävää), josta aiheutuu, että jäniksellä on parempi kyky pysyä hengissä kuin silloin, jos sen jalat olisivat hitaammat.

⁷¹ ks. Mayr 1992.

Jos ajattelemme kuitenkin yleisemmin yksittäisen eläimen hengissä pysymisen edellytyksiä esimerkiksi talven pakkasista selviytymisessä, saamme nopeasti loppumattoman luettelon ominaisuuksia, joista kaikista yhdessäkään ei voi vielä ennustaa, elääkö jokin tietty eläin vielä huomenna vai ei. Ajatelkaamme esimerkiksi kylmästä talvesta selviytymisen välttämättömiä edellytyksiä, joita tasalämpöisen eläimen kohdalla ovat 1) lämpötasapainon ylläpitäminen, 2) ”riittävä” ravinnon saanti sekä 3) ”riittävä” terveys. Lämpötasapainoan tasalämpöinen eläin voi ylläpitää joko 1A) lisäämällä lämmöntuottoaan ja/tai 1B) vähentämällä lämmönhukkaansa. Lämmöntuottoa voi lisätä 1Aa) lihasvärinän ja/tai 1Ab) liikkumisen avulla jne. Lämmönhukkaa taas voi vähentää 1Ba) turkilla (tai vaatteilla) ja/tai pesän rakentamisella ja/tai 1Bb) ihonalaisella rasvakudoksella ja/tai 1Bc) ihon verisuonten supistumisella ja/tai 1Bd) ”lyhentämällä evolutiivisessa ajassa” ruumiinulokkeiden pituutta jne. Ravinnontarpeensa eläin voi turvata 2A) sisäisen vararavinnon turvin ja/tai 2B) keräämällä ulkoisia ruokavarastoja talveksi ja/tai 2C) kykenemällä hankkimaan elinympäristöstään riittävästi ravintoa. Terveenä eläin pysyy tietysti välttämällä 3A) saalistajia ja/tai loisia ja/tai 3B) hyvällä vastustuskyvyllä jne.⁷²

Lämpötasapaino, ravinto sekä terveys ovat tasalämpöisen eläimen talvesta selviytymisen välttämättömiä ehtoja, joiden tuottamisen ja aiheuttamisen ”syytekijät” taas ovat kylmästä selviytymisen keskenään vaihtoehtoisia ja/tai päällekkäisiä SUNI-ehtoja, jolloin kylmästä talvesta selviytyminen jonkin eliön tapauksessa voi käytännössä olla laadullisesti myös hyvin ”ylimäärittyntä” toisistaan riippumattomien syiden monisuuden mielessä. Kokeellisesti näistä on mahdollista tutkia vain muutamia lajille tyypillisiä sopeutuma-ominaisuuksia kerrallaan, jolloin muiden sopeutuma-ominaisuuksien merkitys voi jäädä kuvaamatta. Samoin sopeutuman rakenteellisen kriteerin ohessa tulee huomioida, että eläimet osaavat myös kompensoida rakenteellisia ”vajavaisuuksiaan” käyttäytymisensä avulla: mikäli elinympäristö on elämiseen soveltumaton, sieltä voi siirtyä pois. Esimerkiksi eläinten käyttäytymistä ja siihen liittyvää oppimista (ominaisuutena) aina ei voida johtaa niiden rakenteellisten ominaisuuksien kautta.

⁷² Aiheeseen liittyvän monimutkaisen kuvauksen rakenne on peräisin Turun yliopiston fysiologisen eläintieteen emeritus-professorina toimivalta Kari Lagerspetziltä, jonka avustuksella ja ohjauksella tämän tutkielman aihepiiri alunperinkin on valittu tässä kirjoituksessa esitetyn kaltaiseksi.

Kuten huomaamme, on elossa pysymisen yleinen (universaali) kausaalinen selittäminen ja ennustaminen laadullisesti ja erityisesti määrällisesti mahdotonta⁷³. Lisää hankaluuksia elämisen selittämiseen ja ennustamiseen tuottaa se, että emme osaa ennustaa aina tulevaisuutta koskevia eliöiden kohtaloita, koska emme tunne tulevaisuuden ympäristöllisiä olosuhteita, joiden armoilla eliöiden kohtalo luonnollisesti lepää.⁷⁴ Sopeutumista on siis mahdotonta selittää ja ennustaa tarkasti sen riittävien ja välttämättömien ehtojen avulla⁷⁵, koska jonkin eliön tai lajin hengissä pysymisen syynä todellakin voisi pitää sen ”kaikkien ominaisuuksien summaa”, joka ei aina siltikään näytä vielä kaikilla jonkin lajin edustajilla riittävän hengissä pysymiseen. Silti nykyisin maapallolla elämäänsä jatkavat eliölajit ovat kuitenkin yleisesti sopeutuneet ”riittävän” hyvin elinympäristöönsä, vaikkakaan varsinaisia yksittäisiä ”super-eliöitä” (jotka eliö-yksilöinä omin apuineen sopeutuvat kaikkiin ympäristöoloihin) luonnossa ei kohdatakaan.

Edellisestä huolimatta kuitenkin lajikohtaisessa ja ympäristösidonnaisessa mielessä sopeutumien selittäminen on jo mahdollisempaa, vaikkakin sopeutumiso-minaisuuksia koskevia yleistyksiä onkin biologian alalla hankala esittää. Voimme pitää esimerkiksi apinan tarttumakättä sopeutumana (elinmahdollisuuksia lisäävänä tekijänä) puissa liikkumiseen ja lintujen muuttua talveksi ulkomaille ravinnonsaannin takaamiseksi sopeutumana kylmästä talvesta selviytymiseen. Toisaalta esimerkiksi ihmisen tietoisuus on sopeutuma ainoastaan, mikäli se on rakenteen tuottama ihmisen hengissä pysymistä edistävässä mielessä. Sopeutuma-ominaisuudet tarjoavat eliölle suhteellisen mahdollisuuden (ei välttämättömyyttä) selviytymiseen.

Evoluutiobiologi Ernst Mayr on esittänyt, että biologiassa on tarpeellista tuntea kahdenlaisia ”syitä”: proksimaattisia (välittömiä) sekä ultimaattisia (perimmäisiä eli evolutiivisia) syitä. Proksimaattiset syyt vastaavat kysymykseen ”mitä tapahtuu” tai ”miten jokin ilmiö tapahtuu”, ultimaattiset syyt taas kysymykseen, ”miksi tai mitä

⁷³ On huomioitava, että eliöitä ei edelleenkaan osata rakentaa laboratorioissa niiden osista tai osakomponenteista, mikä suomen kielellä sanottuna tarkoittaa sitä, että emme luultavasti myöskään tunne edes elämän ilmiön eräitä minimaalisia välttämättömiä ja riittäviä edellytyksiä. Emme esimerkiksi osaa laboratorioissa rakentaa edes yksilöistä eliötä, joka kykenee pitämään homeostaattista sisäistä tilaansa vakaana erilaisissa ja vaihtelevissa ympäristöissä ja lisääntymään sekä tuottamaan rakenteellista muuntelua edustamaansa lajiin mutaatioiden avulla.

⁷⁴ Tuomi 1979.

⁷⁵ Rosenberg 1998.

tarkoitusta varten” jokin ilmiö tapahtuu tai on syntynyt. Proksimaattisten syiden selitysalueena on eliön fenotyyppi (ilmiasu ja käyttäytyminen) ja ultimaattisten syiden selitysten kohteena on eliön genotyyppi (eliön rakenteellinen kelpoisuus ympäristönsä antamiin ehtoihin ja rajoituksiin).⁷⁶ Esimerkiksi lintujen talvimuuton välittömiä (proksimaattisia) syitä ovat lintujen fysiologisessa tilassa yhdessä päivän valojaksoisuuden sekä ulkoilman lämpötilan laskun kanssa tapahtuvat muutokset. Nämä voidaan kuvata mekanistisesti. Muuton perimmäinen (ultimaattinen) syy taas on ravinnon puute talvella ko. alueella sekä tähän ongelmaan vastauksena syntynyt ko. lintujen asiaa koskeva geneettinen rakennemuisti.⁷⁷ Proksimaattinen selittäminen on luonteeltaan funktionaalista (mekanistista), ultimaattinen evolutiivista (passiivista tarkoituksenmukaisuutta koskevaa). Toinen kysymys tietysti on, onko lintujen muuttopäätöksen tekemisen syy niiden perimässä vai oppivatko ne muuttamaan seuraamalla vanhempia lajitovereitaan vai molemmissa. Eri kysymys on myös, miten linnut osaavat suunnistaa talveksi esimerkiksi Suomesta etelään ja keväällä takaisin.

Mayrin ”ultimaattiset syyt” ovat siis evolutiivisia syitä, jotka selitykselliseltä ”miksi”-luonteeltaan ovat eliöiden ominaisuuksien ja niiden synnyn välttämättömiä ehtoja kuvaavia lauseita. Näissä selityksissä selittämisessä kuljetaan vaikutuksesta sen syyn suuntaan takautuvasti ja ne kertovat, miten merkityksellinen jonkin ominaisuuden ilmaantuminen on ollut jollekin eliöryhmälle sen eläessä elinympäristössään. ”Miksi”-kysymykset siis vastaavat kysymykseen, ”mitä tarkoitusta varten” jokin eliön ominaisuus on syntynyt.⁷⁸ On painotettava, että biologisten ilmiöiden ominaisuuksien synnyn ja säilymisen selityksissä tarkoituksenmukaisuus on teleonomista (näennäistä ja passiivista), kun taas ihmisten tarkoitushakuisuus (päämäärähakuisuus eli intentionaalisuus) on teleologista (aitoa ja aktiivista)⁷⁹. Onhan oletettavaa, että ”koko luontomme” ei yleisesti tiedä mitään ns. ”luonnollisesta välttämättömyydestä”, jonka avulla se voisi päätellä, ”että saavuttaakseni päämäärän B, minun tulee ryhtyä tekemään tekoa A”, ts. ”jos en tee A:ta, en saavuta päämäärää B”. Tarkoitushakuisuus on kuitenkin edelleen yleistä biologisessa kielenkäytössä: Teleologisesti sanotaan, että ”kilpikonnat menivät rantaan muniakseen munansa”, vaikka tieteellisesti ehkä tulisikin sanoa, että

⁷⁶ Mayr 1961; 1988, 2; 1992.

⁷⁷ Mayr 1961; 1988, 28.

⁷⁸ Mayr 1988, 54–55.

⁷⁹ Mayr 1988, 38–40.

”kilpikonnat menivät rantaan ja munivat munansa”⁸⁰. Geeneillä, ominaisuuksien muuntelulla, periytyvillä ominaisuuksilla ja fysikaalisen sekä sosiaalisen luonnonympäristön valinnalla ei välttämättä tarvitse olla intentioita, mutta sitä vastoin näillä periaatteilla on osuutta evoluutioon uusien ominaisuusyhdistelmien tuottamisessa sekä näiden ominaisuusyhdistelmien pysyvyydessä eliölajissa sen populaatiotason keski-arvoistetuissa ekologisissa kuvauksissa, selityksissä ja ennustuksissa.

Evolutiivinen muutos onkin kaksivaiheinen prosessi, jonka ensimmäisen vaiheen muodostaa muuntelu, joka ei ole luonnonvalinnasta riippuvainen. Toisena vaiheena tässä prosessissa toimii itse ympäristön valinta, joka taas ei riipu muuntelusta.⁸¹ Näistä muuntelu on tietämismme suhteen indeterminististä (satunnaista), luonnonvalinta (ympäristö) taas enemmän determinististä⁸², mikäli ympäristön olosuhteet pysyvät vakioina tai kun ne muuttuvat äkillisesti.

3.3 Eliön ja sen ympäristön merkityksestä biologian selityksissä

3.3.1 Eliön ja sen ympäristön suhteen määrittelyn lähtökohdasta

Lähtökohtana esimerkiksi eläimen ja sen ympäristön välisen suhteen tarkastelulle on ensinnäkin huomio, jonka mukaan eliö – maailmaan ilmaantumisen jälkeen – joutuu välttämättä kohtaamaan sekä fysikaalisia että sosiaalisia tekijöitä ympäristössään. Toinen huomio on, että eliö on jotenkin riippuvainen ainakin fysikaalisesta ympäristöstään, koska sen rakennusaineet ovat kaikki peräisin sieltä. Eläimen kemialliset rakennusaineet ja näihin sitoutunut fysikaalinen energia on sen hedelmöitymisestä lähtien peräisin sen vanhemmista ja eläin ei elämänsä aikana myöhemminkään tule toimeen ilman ympäristöstään peräisin olevaa energiaa ja ainetta. Kolmas huomio on, että eläin pilkkoo aineenvaihdunnallaan ympäristöstään saamaansa ainetta ja muokkaa tämän sisältämän energian avulla näitä aineksia sellaiseen muotoon, jota se voi käyttää oman aineenvaihduntansa ylläpitoon ja

⁸⁰ Mayr 1988, 38–39.

⁸¹ Mayr 1988, 98.

⁸² Mayr 1988, 150.

rakennusaineiksi että myös tämän aineenvaihdunnan energian lähteeksi. Eläin siis pitää järjestelmänsä yllä ympäristönsä avulla ja kustannuksella. Sivutuotteena tästä prosessista eläin tuottaa ympäristöönsä myös ainetta ja energiaa (esimerkiksi eritteidensä muodossa) siten muokaten ympäristöään. Eläin siis sekä tarvitsee ja käyttää hyväksi että myös vaikuttaa ympäristöönsä ”eläen sen kustannuksella”, ts. eliö pitää yllä omaa sisäistä järjestystään aiheuttamalla epäjärjestystä fysikaaliseen ympäristöönsä. Neljäs huomio on, että eläin ei saa kaikkia rakennusaineksiaan ja energianlähteitään ilman, ellei se jollain keinoin hakeudu niiden äärelle. Tästä – teleologisella kielellä ilmaisten – aiheutuu, että eläimet myös liikkuvat aktiivisesti tarvitsemiensa aineksien ja energian äärelle. Johtopäätöksenä edellisistä huomioista on, että eliön ympäristö vaikuttaa sen elämään. Samoin eliö itse sekä käyttää ja tarvitsee ympäristöänsä että myös muuttaa ympäristöään ja vaikuttaa ympäristöönsä.

Eläinfysiologi Kari Lagerspetz on kutsunut ”eliöitä ympäristöään ja itseään koskevan tiedon tallentumiksi”. Samoin hän sanoo näyttävän ilmeiseltä, että ”eliön säilyminen joko yksilönä tai lajina voisi jotenkin mitata sen sisältämää ympäristöään ja itseään koskevaa todenmukaista tietoa [...] eliöihin tallentuva informaatio on merkitsevää tai ainakin vaikuttavaa järjestyneisyyttä. Sen vaikuttamiskyky perustuu siihen, että se kuvaa eliön ympäristöä tai sitä itseään, ja sen säilyminen siihen, että se kuvaa niitä todenmukaisella tavalla. Nämä seikat näyttävät oikeuttavan kutsumaan tämän laatuista informaatiota tiedoksi ja eliöitä *ympäristöään ja itseään koskevan tiedon tallentumiksi* [...] se, että eliöt ovat sopeutuvia säätelyjärjestelmiä, merkitsee myös sitä, että ne ovat tiedon tallentumia.”⁸³

Edellisen lyhyen muotoilun ajatuksellinen sisältö on sekä ekologinen että evolutiivinen. Esimerkiksi apinan tarttumakäsi on ekologisesti sen elinympäristön – puiden oksiston ”kuva” – eli rakenteellisesti apinan tarttumakäsi soveltuu puiden oksilla tapahtuvaan sujuvaan liikkumiseen. Evolutiivinen näkökulma apinan tarttumakäden saavutetaan, kun ajatellaan, että kyseinen rakennelma on ollut jotenkin vaikutuksellisesti edistämässä sitä prosessia, jonka vaikutuksesta tarttumakäden omaavia apinoita esiintyy maapallollamme myös nykyisin. Tarttumakättä pidetään sopeutumana puiden oksistolla liikkumiseen vain siinä

⁸³ ks. Lagerspetz 1966, 106–111; 1983, 51–62, 261–276. Lainaus on peräisin jälkimmäisestä viitteestä.

tapauksessa, että se edistää tai voi edistää ja ei ainakaan missään tapauksessa haittaa tarttumakädellisten apinoiden elämistä puiden oksilla, ja lisäksi että tämä ominaisuus on säilynyt elämän historiassa tarttumakädellisten apinoiden ominaisuutena juuri sen antaman edun vuoksi. Lisäksi kyseisen sopeutuman historiallinen säilyminen edellyttää selityksellisesti sitä, että tarttumakädelle on ollut tartuttavaksi puiden oksia kyseisen ominaisuuden evolutiivisessa historiassa tai on nykyään. Edelleen tämä sopeutuma edellyttää empiirisesti kontrafaktuaalisen ehdon toteutumista, jonka mukaan sellaiset apinat, joilta tarttumakäsi muinaisessa historiassa puuttui tai puuttuu nykyisin, eivät menestyneet tai eivät nykyisin menesty lainkaan tai menestyvät heikommin eläessään puiden oksilla kuin tarttumakädelliset apinat.⁸⁴

Edellisen tarkastelun mukaan on siis ymmärrettävää, että biologisten ilmiöiden syitä etsittäessä niitä etsitään joko evolutiivisen näkökulman mukaan eliöiden sisältä esimerkiksi niiden geneistä tai niistä kaikista (genomista) tai näiden yhdessä eliöiden ympäristön kanssa aikaansaamasta ilmiöasusta (fenotyypistä) tai sitten eliöiden ulkopuolelta niiden fysikaalisesta ja/tai sosiaalisesta ympäristöstä eliön ollessa näiden kanssa vuorovaikutuksessa. Tällöin – mikäli eläintä pidetään esimerkiksi ympäristöään ja itseään koskevan tiedon tallentumana – ja lisäksi eläin vielä käyttäytyy esimerkiksi liikkumalla aktiivisesti, voidaan myös itse kokonaista eliötä pitää syynä jollekin vaikutukselle fysikaalisessa ja sosiaalisessa ympäristössään.

Syitä vaikutuksilleen joudutaan käytännöllisistä lähtökohdista liikkeelle lähtien usein etsimään ennemmin eliöiden sisältä kuin niiden ympäristöstä, koska ajallisesti ja paikallisesti syyt voidaan tällöin todentaa kokeellisesti. Sanomme esimerkiksi, että kasvit valmistavat itselleen yhteyttämisessä lehtivihreähiukkasissaan ilmasta

⁸⁴ Kontrafaktuaalisuusehdon toteutumistahan – tarttumakäden elinympäristössään tuottaman sopeutumisedun mahdollisen merkityksellisyyden tai sen mahdollisesti tuottaman haitan suhteen – ei voi nykypäivästä käsin käydä tarkistamassa menneisyyden ”evolutiivisilla tapahtumisen näyttämöillä”. Evoluutioteoria on toki teoria, joka ei täytä tiukkaa laboratoriotutkimuksen kokeellisen testattavuuden vaatimusta. Se kuitenkin yrittää olla parempi teoria nykyisin maapallolla esiintyvien lajien monimuotoisuuden ja keskinäisen erilaisuuden tosiasian selittämiseksi kuin esimerkiksi ”tiukka kreationismi”, jonka mukaan lajit ovat jo alkujaan olleet olemassa yhtä monimuotoisina ja erilaisina kuin ne nykyisin maapallollamme meille näyttävät... Evoluutioteoria on esimerkiksi kokeellisesti testattavissa sen välttämättömien ehtojen – muuntelun, perinnöllisyyden ja ympäristön näille antamien rajojen ja mahdollisuuksien – osalta ekologian tieteen tutkimuksessa.

lehtirakojensa kautta saamastaan hiilidioksidin hiilestä auringonvalon energian avulla sokeria (hiilihydraatteja) rakennusaineikseen. Tästä prosessista hyötyvät myös kasvinsyöjät saaden hiilensä, muut rakennusaineensa sekä energiansa syömällä kasveja. Yhteyttävän kasvin hiilensidonnassa vapautuu kasvin oman energiatalouden kannalta tarpeettomana vaikutuksesta ilmaan myös happea, jota kaikki happea hengittävät ja sitä omaan hajotusaineenvaihduntaansa käyttävät eliöt välttämättä tarvitsevat. Jo edellä on tullut esille, että kasvien yhteyttämisessä lehtivihreää pidetään syynä yhteyttämiselle, koska se on valoyhteyttämisestä tapahtumisen välttämätön empiirinen edellytys: Nyppimällä pois tai estämällä muuten lehtivihreää toimimasta, voidaan yhteyttämisestä tapahtuma kasveissa estää.

Lehtivihreä ei kuitenkaan ole kasvien kokonaisvaltaisen hiilensitomisen ainut syy, vaan valoyhteyttämiselle on olemassa muitakin välttämättömiä edellytyksiä, ts. yhteyttämiselle on olemassa monia syitä. Lehtivihreän lisäksi yhteyttäminen edellyttää välttämättä auringon säteilyenergiaa, joka on alkujaan peräisin kasvin ympäristöstä, hiilidioksidin hiiltä, joka on peräisin kasvin ympäristön ”ilmasta”, vettä, jonka kasvi ottaa sisäänsä ympäristöstään ja jonka hajotessa auringon valon tai ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta sen elektronit tulevat yhteyttämisessä hiiltä sitovien entsyymien käytettäväksi. Samalla veden hajotessa kasvi saa myös vetyioneja, jonka ovat välttämättömiä yhteyttämisestä käyttämän energialähteen valmistamisessa. Lisäksi valoyhteyttämiselle on välttämätöntä mm. kloorin, kalsiumin jne. ionimuotojen läsnäolo yhteyttämispaikalla.

Tällä tavoin yhteyttämisestä kuvausta – jopa karkeistetusti tarkastellen – voidaan ymmärtää, ettei yhteyttäminen ole kovin yksinkertainen tapahtumasarja. Lisäksi voidaan todeta, että koska monet yhteyttämisestä välttämättömät edellytykset ovat ekologisessa tarkastelutasossa peräisin sen ympäristöstä (niin kuin alun perin on toki koko kasvi itsekin), on kasvin elämä kiinni siitä, miten se kykenee ympäristönsä vaihteluihin vastaamaan. Mitä tahansa yhteyttämisestä välttämätöntä edellytystä haittaamalla tai estämällä sen toiminnallista paikallaoloa lehtivihreässä, yhteyttämisestä prosessi voidaan estää, mikäli kasvilla ei ole jotain keinoa tällaisen häiritsemisen kompensoimiseen. Ja samalla, jos jokin yhteyttämisestä välttämätön ehto-ominaisuus poistetaan paikalta, yhteyttämisestä estyy, ja jollain aikavälillä tarkasteltuna kasvi menehtyy, mikäli se ei kykene muilla keinoin kompensoimaan

ympäristön sille asettamia ongelmia. Kuitenkin tiedämme esimerkiksi, että jotkut kasvit menestyvät mainiosti jopa erittäin vähäisessä valossa varjokasveina, jotkut kestävät kovaakin kuivuutta (yhteyttäen toki vähemmän) jne. pysyen elossa ja lisääntyen. Kasvien elämän ylläpitämisen keinot on siis kokonaisvaltaisesti tarkastellen monimutkaisia ja edellyttävät useimmiten kykyä vastata samanaikaisesti useisiin ympäristön niille asettamiin ongelmiin. Yhteyttämisen ylläpitäminen ei ole kasveille siis niiden ainut ongelma, vaikkakin jollain aikavälillä tarkasteltuna voidaan sanoa, että se on niille välttämätöntä.

Kasveja monimutkaisesti rakentuneempia eliöitä ovat eläimet, joiden energia ja sitä sitova aine on peräisin kasveista joko suoraan kasvissyönnistä tai epäsuorasti kasvissyöjien syönnin kautta. Kasveista poiketen eläimet osaavat liikkua ja joutuvat liikkumaan energian- ja ravintolähteidensä äärelle. Ne joutuvat joskus myös liikkumaan joko välttääkseen saalistajiaan tai muuten henkensä tähden: Jänis pakenee kettua ja jotkut rustokaloihin kuuluvat haikalat joutuvat joko uimaan jatkuvasti eteenpäin tai olemaan veden virtauksen vastasuuntaan saadakseen kidustensa kautta riittävästi happea, koska niiltä puuttuu kiduskannet, joiden pumppausliike riittää hapellisen veden liikuttamiseen kidusten verisuonten äärellä siten, että happi voi passiivisesti siirtyä niiden verenkiertoon ja tätä kautta niiden elimistön hajoitusaineenvaihdunnan käytettäväksi. Luukaloista lohet taas uivat vastavirtaan pitääkseen asentonsa hallinnassa ja joutumatta siten virran vietäväksi ja toisaalta saadakseen virran kuljettamaa ravintoa käsittelyynsä.

3.3.2 Syyn termin käyttö eliön ominaisuuksien määräytymisessä

Syistä puhutaan paljon myös yhteiskunnallisissa keskusteluissa. Asian todentamiseksi on riittävää esimerkiksi mainita, että lehdistöissämme nimetään mitä erilaisimpia eliöiden ominaisuuksia joko geneistä tai eliön ympäristöstä tai molemmista aiheutuviksi. Puhutaan esimerkiksi, että jokin eliön geeni tai ympäristötekijä on jonkin eliön käyttäytymistavan syy⁸⁵. Myös tiedeyhteisössämme

⁸⁵ Geenit ja niistä valmistettavat proteiinit sijaitsevat luonnollisesti eliöiden sisällä ja ovat sieltä kokeellisesti löydettävissä (paikallisesti ja ajallisesti). Esimerkiksi eläimen ympäristö taas koostuu sekä fyysikaalisesta (tuulet, veden virtaukset, myrkyt, lämpötila, ilman kosteus jne.) että sosiaalisesta

syyn termiä käytetään ahkerasti erilaisissa merkityksissä, joten tässä mielessä asiaa lienee perusteltua pohtia myös hieman biologian kannalta. Näissä kysymyksissä taas on – vaikkakin nekin ovat empiirisiä eivätkä loogisia kysymyksiä – hedelmällistä mieltä jonkin ilmiön syntymisen syytä tai syitä riittävien ja välttämättömien ehtojen sekä näiden yhdistelmien avulla. Toisin sanoen tällöin analysoidaan kyseisten väitteiden rakennetta sekä empiiristen havaintojen tulkintaan liittyvien kausaalisten päätelmien edellytyksiä, ei itse jonkin tutkimusalan tuottamien empiiristen tulosten oikeaperäisyyttä tai pätevyyttä.

Biologiassa tunnetaan kokeellisen tutkimuksen kautta – jollain kuvaustasolla – joskus jonkin ilmiön välttämättömien ehtojen kautta sen eräs minimaalinen riittävä ehto, joskus vain jonkin ilmiön eräitä välttämättömiä (mutta ei minimaalisesti riittävää) ehtoja, mutta ei oikeastaan koskaan jonkin ilmiön universaalisti pätevää riittävää ja välttämätöntä ehtoa, joka mahdollistaa syy- ja vaikutusilmiöiden suhteen kokonaisvaltaisen yhteisesiintyvyyssuhteen esittämisen matemaattisena yhtälönä⁸⁶, syyn ja sen vaikutuksen suhteen teoreettisen selittämisen⁸⁷ ja/tai myös kyseisen ilmiön syyn ja vaikutuksen lainomaisen pysyvyyden mahdollistaman ennustamisen⁸⁸.

ympäristöstä (toiset saman eliölajin ja toisten eliölajien edustajat). Myös geneilla on soluissa ympäristönsä. Toisaalta esimerkiksi ihmiselion tapauksessa ympäristöksi on joissakin tapauksissa määriteltävä nykyisin myös esimerkiksi tietoverkot ja internet, joten kaikissa tapauksissa ei ole yhtä helppoa määritellä (fysikaalisessa ja sosiaalisessa mielessä), mikä lopulta kuuluu eliön ympäristöön ja mikä siihen ei kuulu.

⁸⁶ Esimerkki ilmiön matemaattisesti esitettävästä kuvauksesta: ”Jos ja vain jos ilmiöt A ja B esiintyvät, niin E esiintyy”. Tällainen ilmiön kuvaus on esimerkiksi mekanistisesti esitettävä tosiasiasuhde, eikä tällaisen suhteen ilmaiseminen aina edellytä välttämättä teoretisointia sen selittämiseksi.

⁸⁷ Esimerkki syyn ja vaikutuksen universaalista suhteesta: ”Jos ABC esiintyy aina ennen E:tä, eikä E esiinny koskaan ennen ABC:tä, ja jos ABC ei esiinny, ei esiinny koskaan E:kään, niin ilmiö ABC on ilmiön E universaali ja ainoa syy”.

Esimerkki syyn ja sen vaikutuksen suhteen teoriaan (perustelullisesti) vetoavasta selityksestä on historiallis-evoluutiivinen selitys: Merkitään prosessia ”Jos ABC esiintyy aina ennen E:tä, eikä E esiinny koskaan ennen ABC:tä, ja jos ABC ei esiinny, ei esiinny koskaan E:kään, ilmiö ABC on ilmiön E universaali syy” kirjaimella D ja olkoon tämä biologinen sopeutuma-ominaisuus, joka on vaikutus evoluutiivisesta prosessista F ja F aiheuttaa ilmiön D samoilla ehdoilla kuin ilmiö ABC aiheuttaa ilmiön E. Historiallis-evoluutiivista selitystä kritisoidaan tässä paikoin sopeutuma-ominaisuuksien säilymisen selitysten osalta sillä perusteella, että emme voi sanoa, että sopeutuma-ilmiö D on välttämättä nykyisin paikalla evoluutioprosessin F vaikutuksesta, koska emme voi mennä sitä historiaan paikan päälle todentamaan ja sillä perusteella, että siltä puuttuu soveltuva vertailuryhmä tai sitten empiirinen teoria, joka osaisi selittää saman ilmiö D esiintymisen ja historiallisen säilymisen. Ekologisessa tutkimuksessa, joka on evoluutioteorian mekanismien ja ehtojen testaamista nykyisessä elinympäristössämme, voidaan sitä vastoin evoluutioteorian periaatteita – muuntelu, perinnöllisyys ja ympäristön ”suorittama” valinta – testata (ks. Portin 2002).

Biologiassa syitä ja vaikutuksia etsitään joko eliön sisältä tai sen ulkopuolelta tai molemmista. Kuten tämän tutkielman kappaleessa 2.3 on kuvattu, syinä pidetään usein jonkin häiriön aiheuttajaa tai poikkeuksellista ominaisuutta tai tapahtumaa, joka poikkeaa jollain yksilöllä keskiarvoisesti sen edustaman eliöpopulaation ominaisuuksista tai tapahtumista:

Esimerkiksi sanotaan, että geenivirhe on fenyyliketonurian (jossa ihmiseltä puuttuu fenyyalaniinihydroksylaasi-entsyymien vajavaisen toiminnan johdosta kyky hapettaa fenyyalaniinia tyrosiiniksi. Tästä taas aiheutuu henkistä tylsistymistä.) välttämätön, mutta ei riittävä syyn osatekijä, jolloin kyseisen tilan mahdollistava ympäristön ravinnossa esiintyvä fenyyalaniini on kyseisen tilan toinen välttämätön edellytys, koska fenyyliketonuriaa ei esiinny, mikäli sen aikaansaaman ”geenivirheen” kantavan henkilön ruokavaliosta poistetaan nuoruusiässä fenyyalaniini⁸⁹.

Fenyyliketonurian syynä voidaan siis pitää joko sen geneettistä välttämättömyyttä edellytystä tai sen ympäristön välttämättömyyttä osatekijää, ravinnosta saatavaa fenyyalaniinia, joka on kyseisen ruumiintilan toinen tarkastelullinen komponentti. Käytännössä fenyyliketonuriaa on tietysti helpompi hallita muuttamalla ”geenivirhettä” kantavan henkilön ruokavaliota kuin esimerkiksi muuttamalla tämän ruumiintilan aineenvaihdunnallista komponenttia manipuloimalla hänen genomiaan. Toisekseen emme edes vielä kykene ulkoa käsin manipuloimaan ihmisen genomien toimintaa fenyyliketonurian tapauksessa, mutta tässä tapauksessa on selvää, että toinen sen syistä (välttämättömyydestä ehdoista) on peräisin eliön ympäristöstä, toinen sen sisältä. Kumpikaan ei syynä ole toistaan vähäpätöisempi tai turhempi, vaan kyseistä aineenvaihdunnallista tilaa esiintyy jos ja vain jos sen molemmat välttämättömät osatekijät ovat paikalla.

⁸⁸ Kuvattuja tosiasioita, kuten (luonnon-) lakeja, selitetään teorioilla. Esimerkiksi kromosomiteoria selittää Mendelin perinnöllisyyslait kertomuksella, jonka mukaan kromosomeissa sijaitsevat geenit (genomi eli eliön perusasu) vaikuttavat ”rakentamansa” eliön ilmiösuun (fenotyyppi) (Portin 2002). Biologiassa (luonnon-) lait mahdollistavat kuvattujen ilmiöiden populaatio- mutta ei yksilötasolla tapahtuvan ennustamisen. Huomioitavaa yleisesti on, että kaikkia luonnonlakeja emme ole kuitenkaan kaikkina maailmanaikoina aina osanneet selittää (esim. ”Miksi kaikki aurinkokuntamme tai vaankappaleet kiertävät aurinkoa tietynmuotoista rataa ?”) ja toisaalta osaamme joskus jälkikäteen selittää todennäköisyyksiin vedoten tai ainakin ymmärtää sellaisia tapauksia, jota emme ole etukäteen osanneet ennustaa (esim. ”Miksi poliisin ja mielenosoittajien välille syntyi tappelu kyseisessä mielenosoituksessa ?”).

⁸⁹ Lagerspetz 1983, 90–91; Louhiala 1998; ks. myös Portin 1990.

Käytännössä mielenkiintoiseksi jonkin eliön ominaisuuden syntyminen, kehittymiseen ja määräytymiseen liittyvät tarkastelut muuttuvat silloin, kun mahdollisten syy- ja vaikutusilmiöiden funktionaalinen yhteisesiintyminen herättää mielenkiintomme sen mahdollisen selittämisen kannalta tarvittavien osatekijöiden tunnistamiseen ja nimeämiseen. Esimerkiksi kahden muuttujan X ja Y välinen suhde voi olla tällöin teoreettisesti tarkastellen joko symmetrinen, jolloin ne esiintyvät yhdessä (eli X voi aiheuttaa Y:tä tai Y voi aiheuttaa X:ää tai sitten niistä kumpikaan ei ole aiheuttamassa toistaan) tai epäsymmetrinen, jolloin toinen niistä esiintyy aina ennen toista (vaikkakaan tällöinkään edellisen ei aina tarvitse olla jälkimmäisen syy). Jos taas muuttujia on kolme, esimerkiksi X, Y ja Z, ne voivat syyn ja vaikutuksen suhteen apriorisesti tarkastellen järjestyä toisiinsa nähden kolmellatoista tavalla⁹⁰. Tällöin on selvää, että esimerkiksi ”kulkutauteja” tutkivassa epidemiologiassa syyn ja sen vaikutuksen suhteen tutkiminen ja määrittäminen on hankalaa mm. ilmiöiden ja tapahtumien pitkän ajallisen ja paikallisen etäisyyden sekä monimutkaisuuden johdosta. Samoin tällöin on hankalaa antaa universaaleja lakilausumia biologisista tapahtumista, jotka molekyylibiologian kuvaustason yläpuolella biologiassa olisivat ehkä hedelmöitys, syntymä sekä kuolema, ja joiden toteaminen taas on triviaalia. Kausaalisia muuttujia biologiassa on paljon.⁹¹

Syyn ja sen vaikutuksen suhdetta voidaan kokeellisesti selvittää mm. seuraavilla tavoilla⁹²:

1) ”*Method of agreement*”, jossa eri tutkimuksissa löydetään yksi yhteinen tekijä esimerkiksi jollekin ”oireelle”. Esimerkiksi tupakointi ”tappaa” vaikka sen vaikutusta tutkitaan eri populaatioissa, tutkimus suoritetaan eri koemenetelmillä ja siten tutkimusasetelmat eri tutkimuksissa ovat erilaisia.

⁹⁰ ks. Susser 1973, 113–114. Ilmiöiden välisten suhteiden teoreettinen järjestyminen toisiinsa voidaan laskea yhtälöstä:

$$y = F(x) = x_n^{n-1} + \text{summa } (x_1 + \dots + x_{n-1}); x > 1,$$

jossa $y = F(x)$ on teoreettinen muuttujien $(x_1 + \dots + x_{n-1})$ välisen suhteen järjestyminen lukumäärä, jolloin kaksi muuttujaa voivat teoreettisesti kausaalisessa suhteessa suhtautua toisiinsa kolmella tavalla, kolme muuttujaa 13 tavalla ja neljä muuttujaa 81 tavalla jne.

⁹¹ Susser 1973, 72.

⁹² Susser 1973, 70–71. Susser soveltaa John Stuart Millin kokeellisen ajattelun logiikan sääntöjä biologiseen ajatteluun.

2) ”*Method of difference*”, jossa erilliset kokeet ovat samanlaisia, paitsi yhden tekijä osalta. Tällainen on esimerkiksi klassinen koeasetelma, jossa tutkija muuttaa koeasetelmansa tekijöistä yhtä kerrallaan.

3) ”*Method of residues*”, jossa yksi jo tunnettu kausaalinen syyn osatekijä otetaan pois koetilanteesta ko. tutkittavassa systeemissä, jotta jäljelle jääneiden tekijöiden kausaalinen osallisuus ko. prosessiin voidaan tutkia erikseen ja mitata.

4) ”*Method of concomitant variation*”, jossa tutkittavan prosessin toisistaan erilliset osat (esim. X ja Y) muuttuvat systemaattisesti toistensa kanssa; eli oletettu vaikutus vaihtelee yhteen suuntaan, kun oletettu syy vaihtelee. Esimerkiksi lääkeaineiden (eli myrkkyjen) annos-vaste -suhde voi olla tällainen: Kun annetaan myrkkyä X, aiheutuu tutinaa Y tiettyyn rajaan saakka, kunnes kaikki reseptorit synapsiraioissa on miehitetty, eikä tutinan määrä enää tällöin lisääny, vaan esimerkiksi sen kesto aika ainoastaan pitenee.

Edellisten kokeellisten menetelmien lisäksi tulee kausaalisten suhteiden tarkasteluun liittää vielä niille annettuja yleisiä kriteerejä⁹³:

- 1) Muuttujien ajallinen suhde (syy edeltää tai on samanaikainen vaikutuksensa suhteen), joka usein on hankalaa todentaa historiallisista ja pitkän ajanvälin tapahtumista tai esimerkiksi äkillisesti ilmaantuvista epidemioista. Lisäksi pitkällä aikavälillä tapahtuvassa tarkastelussa kokeen muuttujien statukset voivat muuttua: Esimerkiksi aviosääty voi muuttua ihmisen elinaikana, mikä tietysti voi tuottaa virheitä kausaalisuhteen tulkintaan, jolloin esimerkiksi henkisten häiriöiden selittämisessä syy ja vaikutuksen välisen suhteen korreloiminen esimerkiksi aviosäätyyn voi olla hankalaa. Ei ole helppoa saada selville, kumpi on syy, kumpi vaikutus, jos kumpikaan, kun halutaan esimerkiksi selvittää, onko mielenhäiriö syy vai vaikutus suhteessa aviosäädyllyiseen asemaan, ja poikkeako tämä mielenhäiriö tällöin tilastollisesti merkitsevästi suhteessa muuhun väestöön.

⁹³ ks. Susser 1973, 142–162.

- 2) Muuttujien välisen yhteyden (assosiaation) pysyvyys kokeiden toistossa (toistettavuus), jonka mukaan erilaisten koeasetelmallisten lähestymistapojen tulee tuottaa samanlaisia tuloksia (Millin ns. ” *Method of agreement*”); ts. koetilanteet ovat erilaisia, mutta niillä on esimerkiksi yksi yhteinen assosiaatiotekijä.
- 3) Muuttujien välisen yhteyden (assosiaation) voimakkuus, jonka kuvaamistapoja ovat suhteellinen riski, joka kertoo ko. riskitekijälle altistuneiden ja sairastuneiden suhteen ko. riskitekijälle altistumattomien ja terveiden yksilöiden välillä. Suhteellinen riski on hyvä assosiaation voimakkuuden mitta. Toinen assosiaation voimaa kuvaava mittari on lisäriski, joka kertoo ko. tutkittavalle riskitekijälle altistuneiden sairastuneiden ja sille altistumattomien sairastuneiden välisen erotuksen. Lisäriski ei kuitenkaan yksinään riitä kuvaamaan assosiaation voimakkuutta, koska ko. erotuksen suuruus riippuu myös sairastuneiden kokonaislukumäärästä (esimerkiksi: [sairastuneet ja altistuneet] — [sairastuneet ja altistumattomat] = sairastuneet x [altistuneet — altistumattomat]).
- 4) Muuttujien välisen yhteyden (assosiaation) spesifisyys, joka kuvaa tarkkuutta, jolla jokin muuttujan esiintyminen ennustaa jonkin toisen muuttujan esiintymisen. Tällöin ihannetapauksena on yksi-yhteen -suhde, jossa syy on sekä välttämätön että riittävä ehto vaikutuksensa aikaansaamisessa. Spesifisyys on täydellinen, kun jokin ilmiö seuraa ainoastaan yhdestä syystä. Kuitenkaan spesifisyyden puuttuminen ei kiellä kausaalisen suhteen vallitsemista, vaikkakin se tällöin lisää uskoa kausaalisuhteen olemassaoloon: Esimerkiksi tupakoitsijat voivat kuolla tupakoinnin muihin vaikutuksiin kuin keuhkosityöpään, vaikkakin tutkisimme tupakan vaikutusta keuhkosityöpä-kuolevuuteen. Tupakointi on nimittäin riskitekijä myös mm. krooniselle keuhkoputken tulehdukselle, tuberkuloosille, sydän- ja verisuonitaudeille, suun, kurkun ja virtsarakon syöville jne. Lisäksi tupakoinnin aiheuttamiin sairauksiin vaikuttaa päivittäin poltettujen tupakoiden määrä, tupakointiajan pituus tupakoijan elinaikana, tupakoinnin aloittamisikä sekä jatkuvuus. On

siis esimerkiksi eri asia, että polttaa tupakkaa kaksi laatikkoa kuin kaksi kappaletta päivittäin, samoin kuin jos polttaa niitä joskus tai jatkuvasti.

- 5) Yhtäpitävä (koherentti) selitys muiden ko. tutkittavasta ilmiöstä tiedettyjen tosiasioiden kanssa: Yhtäpitävyys (koherenssi) perustuu jo olemassa olevien tietojen, päätelmien ja teorioiden selitysvoimaan jonkin ilmiön kuvaamisessa, selittämisessä ja ennustamisessa. Jos koherenssia ei entisiin teorioihin nähden löydy, tulee tuloksia selittäviä teorioita muuttaa koetuloksia vastaavaksi tai sitten epäillä, että kyseisen kokeen koejärjestelyissä on alkujaan tehty virheitä.

Kokeellisten menetelmien yhdistämisellä kausaalisuhteen yleisiin kriteereihin voidaan biologisten ilmiöiden todeta tapahtuvan melko monimutkaisilla tavoilla⁹⁴:

- 1) X on välttämätön ja riittävä aiheuttamaan Y:n , eli X ja Y esiintyvät aina yhdessä; ts. mitään muuta kuin X ei tarvita aiheuttamaan Y: $X \rightarrow Y$. Tällaisia universaaleja syitä biologiassa ei luultavasti ole lainkaan löydettävissä. Sikäli, kun tällaisia syitä esiintyy biologiassa, ne lienevät triviaaleja: Syntyminen on suvullisesti lisääntyvillä eliöillä ehtona välttämätöntä (jos eliö ei synny, ei se myöskään kuole) ja riittävää (kaikki syntyvät eliöt kuolevat) sille, että tällainen eliö joskus kuolee.
- 2) X on välttämätön, mutta ei riittävä ehto Y:lle, jolloin X:n täytyy olla aina läsnä, kun Y:kin on läsnä, mutta Y ei ole aina läsnä silloin kun X on läsnä: $X \& Z \rightarrow Y$. Esimerkiksi koleravibriolle altistuminen on koleraan sairastumisen välttämätön, mutta ei riittävä ehto.
- 3) X on riittävä, mutta ei välttämätön ehto Y:lle, jolloin X saattaa olla tai saattaa olla olematta paikalla, kun Y on paikalla, koska Y:n aikaansaamiselle saattaa olla olemassa muitakin syitä (riittäviä ehtoja); eli Y voi esiintyä ilman X:n esiintymistä: $X \vee Z \rightarrow Y$. Esimerkiksi pernan laajentumiselle on olemassa useita erillisiä ja toisistaan riippumattomia patologisia tiloja sen syinä, kuten

⁹⁴ ks. Susser 1973, 46–47.

lavantauti, malaria, myelosyyttinen leukemia jne. Tällaista syyn tapausluokkaa kutsutaan mahdollisten tai vaihtoehtoisten syiden pluralismiksi.

- 4) X ei ole (yleisesti) välttämätön eikä riittävä ehto aiheuttamaan Y:tä, jolloin X saattaa olla tai saattaa olla olematta paikalla, kun Y on paikalla. Tällöin X:n lisäksi täytyy jonkun muunkin lisätekijän olla paikalla, kun Y on paikalla. Tällöin X on Y:n myötävaikuttava syy joissakin kausaalisissa seurannoissa: $(X \& Z) \vee (W \& Z) \rightarrow Y$; eli toisin ilmaistuna: $(X \vee W) \& Z \rightarrow Y$. Tällöin X on Y:n toteutumisen välttämättömän ehdon eräs riittävä / mahdollinen osatekijä (SUNI-ehto).⁹⁵
- 5) X ei ole (yleisesti) välttämätön eikä riittävä ehto aiheuttamaan Y:tä, „mutta X on Y:n erään riittävän syyehdon välttämätön osatekijä (INUS-ehto): $(X \& Z) \vee (W \& V) \rightarrow Y$. John Leslie Mackie on esittänyt tällaisen syyn termin käyttöön liittyvän kuvauksen. Hänen mukaansa syyn termin käytön tutkiminen paljastaa yleisen inhimillisen tavan, jolla tiedemiehet yleensä puhuvat syystä. Tätä tapaa hän luonnehtii ns. INUS-ehdon käsitteen avulla. Syy INUS-ehdona on vaikutuksensa aikaansaamiseksi ei-riittävä, mutta silti (joissakin tunnetuissa yksittäisissä olosuhteissa) välttämätön osa sitä ehtotekijää, joka toimii ko. vaikutuksen toteutumisen (eräänä) riittävänä ehtona.⁹⁶ Mackien mukaan syynä pidetään vähintään siis vaikutuksensa aikaansaamisen INUS-ehdtoa.
- 6) X ei ole välttämätön eikä riittävä ehto aiheuttamaan Y:tä, mutta X:n esiintyminen lisää Y:n ilmenemisen todennäköisyyttä populaatiotasolla tarkasteltuna. Tällaista tapausluokkaa käytetään ns. haitan tai vaaran tunnistamisessa. Lääketieteessä tällaista syytekijää nimitetään riskitekijäksi. Esimerkiksi tupakointi X tietyssä määrin lisää keuhkosyövän Y ilmaantumisen todennäköisyyttä väestössä, mutta tupakointi ei ole keuhkosyövän ilmaantumisen sen kummemmin välttämätön syyn osatekijä

⁹⁵ ks. Lagerspetz 1980.

⁹⁶ ks. Mackie 1974, 62–77; 1993.

(myös ei-tupakoijat voivat sairastua keuhkosityöpään) kuin (edes eräs) riittävä syykään (kaikki tupakoitsijat eivät sairastu keuhkosityöpään).

Kausaalisten ehtolauseiden tarkastelu on aivan ilmeisesti myös kuvaustasosta ja teorioista riippuvaista: Eri tutkimuksellisten kuvaustasojen tutkijat pitävät erilaisia syytekijöitä relevantteina samojen vaikutuksien aikaansaamiselle. Esimerkiksi ravintofysiologin mukaan mahahaavan (pa. kuitenkin pohjukaissuolen haavan, koska pohjukaissuolen seinämä on mahalaukkua herkempi haavoittumaan) syitä ovat mysiinin erityksen puute sekä mahahapon erityks. Neurofysiologin mukaan mahahaava taas aiheutuu ylikiihottuneen autonomisen hermoston toiminnasta, joka lisää mahahapon eritystä. Psykosomaatikko taas uskoo, että emotionaalinen stressi kiihottaa autonomisen hermoston toimintaa lisäten mahahapon eritystä, joka taas aiheuttaa mahahaavan. Geneetikko taas selittää samaa asiaa sanomalla, että perinnöllinen alttius lopulta aiheuttaa mahahaavan syntymisen ja kehittymisen. Epidemiologi taas otaksuu, että useat tuntemattomat ympäristökijät aiheuttavat mahaan nopeita, suuren luokan muutoksia aiheuttaen mahahaavan.⁹⁷ Onhan epidemiologisesti todennettu, että pylobakteeri-infektio lisää alttiutta mahahaavan ilmaantumiseksi väestössä. Sosiologi taas pitäisi perimmäisenä syynä mahahaavan synnylle esimerkiksi liian kiireistä yhteisöllistä työtahtia tai esimerkiksi jatkuvaa yhteisöllistä ”alistamista”, joka aiheuttaa emotionaalista stressiä ihmisiin saaden aikaan mahahaavan ilmaantumista väestöön.

Mitä siis yleisesti pidetään kausaalisenä syytekijänä, on hieman teoria-, tutkimusala- sekä maailmankatsomuskysymys. Yleistä biologiassa ainakin on se, ettei sen sisällä ole olemassa yleisesti päteviä universaaleja luonnonlakeja. Informaation lisääminen maailmasta on kuitenkin kaikkien tieteenalojen teorianmuodostuksessa tärkeää, vaikkakin ko. informaatio onkin luonteeltaan ajallis-paikallista universaalien sijaan. Biologian ”luonnonlait” olisivat triviaaleja, kuten olisivat ehkä esimerkiksi sosiologiainkin ”luonnonlait”.

Edellä esimerkkinä mainitun fenyyliketonurian tapauksessa ei ominaisuuksien määräytyminen geenien ja ympäristön tuottamien vaikutusten suhteen vielä aiheuta

⁹⁷ Susser 1973, 43.

tiede- ja muissa keskustelullisissa yhteyksissä mitään radikaaleja erimielisyyksiä. Erimielisyyksiä syntyy vasta tilanteesta, jossa eliön käyttäytymistä ryhdytään kuvaamaan ja selittämään toisaalta geenien, toisaalta fyysikaalisen ja/tai sosiaalisen ympäristön ja toisaalta kokonaisen eliön itsensä ominaisuuksien kannalta.

Usein esimerkiksi sanomalehdissä keskustellaankin eliöiden ominaisuuksien määräytymisen perinnöllisestä ja ympäristöllisestä voimasuhteesta. Lähtökohtaisesti on tällöin lähdettävä liikkeelle siitä, että genotyypin DNA:han koodatut ohjelmat ovat suljettuja ollen siten sellaisia kuin ne kulloinkin sattuvat olemaan, kun taas niiden ilmeneminen ja aikaansaamat fenotyypit eliöinä ovat avoimia, aineen ja energian (informaation) vaihdossa ympäristönsä kanssa. Tällöin on erotettava toisistaan geneettiset ja somaattiset (kuten organismien sopeutumissysteemit) ohjelmat.⁹⁸ Samoin on eroteltava toisistaan toisaalta genomien perinnöllisyys ja toisaalta genomien sisältämien geenien toiminnan säätely toisistaan. Genomin perintöaine on pysyvä yksittäisessä eliössä koko sen elinajan, kun taas sen sisältämien geenien ja niiden toiminnan säätelyä tapahtuu yksittäisessä eliössä koko sen elinajan.⁹⁹

Mietittäessä jonkin eliön perimän (genotyypin) geenien ja eliön elinympäristön merkitystä toisaalta eliön ilmiasun (fenotyypin) synnyttäjänä ja eliön myöhemmän elämän ohjaamisessa on hyödyllistä tuntee ns. *reaktionormin* käsite. Se liittyy eliön perusasun (genotyypin) ja fenotyypin (eliön ilmiasu; koko elämänprosessin genotyypin sekä ympäristön yhteisvaikutuksen tulos) suhteeseen. Reaktionormin ollessa kapea eliön rakenne ja/tai toimintamahdollisuudet ovat suuresti määräytyneet sen genomien rakenteeseen perustuvan toiminnan mukaan. Laaja reaktionormi taas mahdollistaa monenlaisia erilaisia vasteita erilaisiin ärsykkeisiin:

” [...] geenistä, joka ”aiheuttaa” tietyn käyttäytymisen [...] on yhtä mieletön väite kuin vastakohtansa, ajatus siitä, että käyttäytyminen syntyy kulttuurista ilman aivotoimintaa. Geneistä kulttuuriin samoin kuin geneistä mihin tahansa elämän tuotokseen kulkevan kausaation hyväksyty selitys ei perustu yksinomaan perimään. Se ei myöskään perustu yksinomaan ympäristöön. Se perustuu näiden kahden

⁹⁸ Mayr 1988, 62.

⁹⁹ ks. Kaila 2000.

vuorovaikutukseen. Vuorovaikutukseen perustuvan selityksen keskeinen selkiyttävä käsite on reaktionormi [...] Piirteen kokonaismuuntelu kaikissa elossa säilymiselle otollisissa ympäristöissä on reaktionormi tämän lajin geenissä tai geeniryhmässä.”¹⁰⁰ Ominaisuudet siis riippuvat tavasta, jolla geeni (-ryhmä) ilmenee eri ympäristöissä. Esimerkiksi samoilla geneilla ”varustetut” kasvit ovat hyvin erilaisia ilmiöiltään eläessään erilaisissa elinympäristöissä.¹⁰¹ Myös ”vaikka onkin totta, että yhden geenin mutaatio aiheuttaa usein merkittävän muutoksen jossain piirteessä, tästä ei mitenkään seuraa, että geeni määrittää vaikutuksen kohteena olevan elimen tai prosessin. Tyypillisesti monet geenit vaikuttavat jokaiseen monimutkaiseen biologiseen ilmiöön. Kuinka monet? [...] Eräs yleinen tällainen ilmiö on epätäydellinen penetranssi eli ilmenemisyleisyys. Piirre ilmenee yhdellä ihmisellä, mutta ei toisella, vaikka molemmilla on samat ilmiön synnyttämät geenit. Kun esimerkiksi toinen identtisistä kaksosista sairastuu skitsofreniaan, toisen mahdollisuus sairastua on vain 50 prosenttia siitä huolimatta, että molemmilla on täsmälleen samat geenit. Toinen seuraus on vaihteleva ekspressiviteetti eli ilmenemisaste. Niinpä skitsofreniaan sairastuneilla taudin muoto ja voimakkuus voivat vaihdella merkittävästi.”¹⁰²

Geeneillä selittäminen on osin sidoksissa (suhteessa) kausaaliseen kenttään, joka sisältää geneettisiä ja ei-geneettisiä tekijöitä. Tällaiset selitykset ovat myös sidoksissa siihen populaatioon (vertailuryhmään), jossa tutkimus tehdään sekä osin myös kulloinkin olemassa olevaan tietoon kyseisestä tutkittavasta ja selitettävästä ilmiöstä. Geenejä voidaan lisäksi tietysti kokeellisesti havainnoida ja manipuloida helpommin kuin esimerkiksi ei-geneettisiä ympäristön kausaalisia osatekijöitä: jopa proteiinisynteesissä geenit eivät yksinään ole riittäviä ehtoja vaikutustensa aikaansaamisessa. Ne eivät yksin valmista proteiini-peptidejä, organismin ominaisuuksia tai itse organismeja. Ympäristön tekijät – solu ympäristön signaalinvälittäjät ja eliöyksilön ympäristöstä eliöön saatavien ärsykkeiden tuottamat muut signaalit – säätelevät proteiinisynteesiä soluissa esimerkiksi aminohappojen, entsyymien sekä lämpötilaolojen muodossa.¹⁰³

¹⁰⁰ Wilson 1998, 155–156.

¹⁰¹ Wilson 1998, 155–156.

¹⁰² Wilson 1998, 165–166.

¹⁰³ ks. Gannett 1999.

Genotyyppi (perusasu) on siten ontologisella ja sitä kuvaavalla (tieto-) teoreettisella tasolla välttämätön, mutta ei riittävä selitettävän fenotyypin (ilmiasun) osatekijä. Muita tutkittavan fenotyypin ”syntymisen” välttämättömiä ontologisia ja teoreettisia ehtoja ovat ympäristön (fysikaaliset ja sosiaaliset) osatekijät. Hengissä pysymisen kannalta eliöiden ”ohjelman” ilmenemisen tulee pääsääntöisesti olla avointa (eli reaktionormin tulee olla laaja), mikäli ympäristön olosuhteet vaihtelevat. Tätä ei genotyyppi varsinaisesti ole, mutta sen ilmeneminen sitä vastoin on. Toisaalta, mitä (fenotyypiltään) samankaltaisempia saman genotyypin omaavat yksilöt ovat eri ympäristöissä, sitä suurempi on genotyypin vaikutus fenotyyppiin (eli reaktionormi on kapea).¹⁰⁴ Genotyyppi siis antaa rakenteellisen mahdollisuuden fenotyypin toimintaan sallivassa tai rajoittavassa mielessä. Myös ympäristö sallii tai rajoittaa fenotyypin toimintaa vaikuttaen sen genomien ilmenemiseen. Tässä erottelussa tulee huomioida, että puhuttaessa välttämättömyydestä genomien ja ympäristön määräämisvoiman yhteydessä, sillä tarkoitetaan ensisijassa toiminnan mahdollistavien tekijöiden perustallista välttämättömyyttä, ei itse siitä seuraavaa toimintaa. Genomien sisältämien geenien toimintaa säätelee geenien solu- ja ympäristö ja eliön elinaikanaan kohtaamat ympäristön tapahtumat, jotka hormonaalisen ja hermostollisen signaalinvälityksen kautta toimittavat ohjeita kulloinkin tarvittavien aineenvaihduntaprosessien ylläpitoon.

Suomen kielellä ilmaistuna edellinen tarkoittaa, että mikäli esimerkiksi joku toimija haluaa aikuisena tulla hyväksi filosofiksi tai muuten käyttää aivojaan joihinkin henkisiin tempauksiin, tulee hänen osallistua aktiivisesti tällaisten toimintojen harjoittamiseen sellaisessa ympäristössä, jossa kyseisiä toimintoja harrastetaan. Odottamalla filosofian harjoittamisen taidon siirtymistä genomien sisältämien geenien vaikutuksesta geenien toimintaan ilman ympäristöä ja siihen liittyvää eliön toimintaa (joka siis säätelee geenien ilmaantumista aivoissa), saa tällaista odottelua harjoittaa maailman loppumiseen saakka. Toisekseen – hankitut ominaisuudet eivät edelleenkään periydy eliöiden jälkeläisiin ainakaan genomien kautta. Kasvatuksella lienee asiaan välttämätön vaikutuksensa jopa filosofian harjoittamisen taidon syntymisessä. Kolmas välttämätön ehto filosofisen kyvyn kehittymiselle on eliön oma motivoitunut ja aktiivinen toiminta, joka vaikuttaa aistijärjestelmien kuljettaman

¹⁰⁴ ks. Portin 1986.

informaation kautta geenien toiminnan ilmenemiseen eliön aivojen soluissa. Neljänneksi filosofiassa menestymiseen tarvitaan keskimäärin ”normaalisti” toimivat elävän eliön aivot.

Tässä kirjoituksessa yleisemmin on sitouduttu uskomukseen, että eliöiden ominaisuudet ja niiden kehittyminen sekä syntyminen ovat kuvattavissa ja selitettävissä ainoastaan eliön ympäristön kehityksessä samalla tavoin kuin eliön käyttäytymisenkin kuvaus ja selitys on annettavissa ainoastaan sen ympäristön kehityksissä. Miettiessämme esimerkiksi apinan tarttumakäden apinan sopeutumiselle antamaa etua, joudumme huomioimaan, että sopeutuminen voi tapahtua ainoastaan johonkin elinympäristöön.

3.3.3 Syyn termi biologian historiallis-evolutiivisissa selityksissä

Darwinin evoluutioteorian näkökulmasta eliöt ovat ekologisesti tarkasteltuna ikään kuin ympäristönsä kuvia. Apinan käsi soveltuu puissa kiipeilyyn ja hedelmäpakon ei tarvitse jännittää jalkalihaksiaan roikkuakseen pää alaspäin puun oksalla. Ympäristö itse koostuu sekä elottomasta että elollisesta ympäristöstä; fysikaalisesta, elävästä ja sosiaalisesta.

Genomi – yhdessä eliöiden ympäristön niiden rakenteelle sanelemien rajojen ja mahdollisuuksien kanssa – on nykykäsityksen mukaisesti määräävä yksittäisten eliöiden rakenteen ja tämän vaikutuksesta myös osin eliöiden toiminnan ja käyttäytymisen mahdollisuuksien määräytymisessä. Eliöiden ominaisuudet eivät evolutiivisesti voi olla pysyviä, mikäli ne eivät periydy myös kyseisten eliöiden jälkeläisille.

Biologisten ilmiöiden selittämisessä käytetään kahta toisistaan poikkeavaa (proksimaattisen ja ultimaattisen) selittämisen tapaa. Esimerkiksi lintujen muuttokäyttäytymisellä talven pakkasten ajaksi on evoluutiobiologi Ernst Mayrin mukaan olemassa useita eri syitä¹⁰⁵:

¹⁰⁵ Mayr 1961; 1988, 27–28.

- 1) Ekologinen syy: Lintu muutti pois talveksi, koska muuten se olisi nääntynyt (esim. hyönteissyöjänä) hengiltä.
- 2) Geneettinen syy: Linnun historiallis-geneettisen ”muistin” ansiosta se osasi vastata ympäristön tilan muutoksesta viestiviin ärsykkeisiin ja muuttaa lämpimimmille seuduille talveksi.
- 3) Sisäinen fysiologinen syy: Lintu lensi etelään, koska muutto on sidottu valojaksoisuuden muutokseen (eli vuorokauden valojakson pituuden lyhenemiseen).
- 4) Ulkoinen fysiologinen syy: Lintu muutti lopulta etelään, kun ilmat kylmenivät.

Linnun muuttokäyttäytymisen selittämiseksi on olemassa perustallisesti kahdenlaisia erilaisia ”syitä”: Muuton proksimaattiset (mekanistisesti kuvattavissa olevat) syyt ovat muutoksia linnun fysiologisessa tilassa yhdessä päivän valojaksoisuuden muutoksen ja ulkoilman lämpötilan laskun kanssa. Muuton ultimaattinen eli evolutiivinen syy on kuitenkin ruuan puuttuminen talvella ko. alueelta sekä ko. asiaa koskeva linnun geneettis-historiallinen ”rakenne-muisti”. Huomaamme, että linnun muuttokäyttäytymisen selittäminen edellyttää sekä proksimaattisten että ultimaattisten syiden tunnistamista¹⁰⁶.

Ernst Mayrin käyttämä ultimaattinen syysuhteen selitys on luonteeltaan evolutiivis-historiallinen. Tällaista selitystä ei voi kokeellisesti osoittaa oikeaksi tai vääräksi ilman jonkin teorian esikäsitteellistä läsnäoloa päättelymme rakentamisessa. Edelliset proksimaattiset selitykset taas ovat vajavaisia siinä mielessä, että niiden yhteydessä ei puhuta esimerkiksi sosiaalisen oppimisen ja matkimisen vaikutuksesta lintujen muuttopäätöksen tekemisen tai yleisemmin muuttokäyttäytymisen toteuttamiseen. Itse asiassa kuvaus ja selitys lintujen muuttokäyttäytymisen tarkasta mekaniikasta ja toteuttamisesta on ainakin tässä vaiheessa vielä keskeneräinen.

¹⁰⁶ Mayr 1961; 1988, 28.

Mayrin syy-termejä on käsitelty myös nykyisessä biologian filosofian kirjallisuudessa ahkerasti. Mayrin proksimaattiset syyt viittaavat eliöyksilöön ja sen yksilönkehitykseen (ontogenia; eliöyksilön kehitys hedelmöittyneestä munasolusta täysikasvuiseksi yksilöksi) ja ultimaattiset syyt eliöryhmien ja niiden edustajien kehityshistoriaan (fylogenia). Mayrin proksimaattisia syy-selityksiä esimerkiksi lintujen muuttokäyttäytymisen selittämisessä on kritisoitu kirjallisuudessa mm. siten, että niiden yhteydessä tarkastellaan ainoastaan täysikasvuisia eliöyksilöitä ja niiden DNA:ta, vaikkakin yksilönkehityksen mekanistisissa selityksissä tulisi geenien ohessa huomioida myös solunulkoisia tapahtumia sekä eliön ympäristön olosuhteita ja niiden säätelevää vaikutusta eliöiden yksilönkehitykseen. Lintujen muuttokäyttäytymisen selitys ei luultavasti tyhjene riittävän hyvin geneettisten ominaisuuksien periytyvyyden kautta, vaikkakin ne ovat kyseisen toimintaprosessin tapahtumisen perustallisesti välttämätön edellytys. Lisäksi Mayrin katsotaan unohtaneen luonnonvalintaan liittyvissä ultimaattisissa selityksissään yleisemmin muiden biologisten tekijöiden, kuten mutaatioiden, geneettisen uudelleenjärjestymisen (rekombinaation) sekä geneettisen ajautumisen (joka vähentää muuntelua) vaikutukset lajien paikalliseen esiintymiseen, jolloin pelkkä geeneihin kohdistuva luonnonvalinta ei ole ainut lajien esiintymistä jollain maantieteellisellä alueella määrittävä ja selittävä tekijä.¹⁰⁷ On siis esimerkiksi hankala osoittaa, että lintujen muuttokäyttäytyminen esiintyisi sitä toteuttavissa linnuissa pelkästään periytyvien ominaisuuksien vaikutuksesta. Lisäksi ultimaattisissa selityksissä ei ole katsottu riittävästi otetun huomioon lajien runsauden ja pysyvyyden selittämisessä evolutiivisten selitysten tilastollista luonnetta, joka ei koske populaatioiden kaikkia yksilöitä, vaan sen keskivertoisia edustajia.¹⁰⁸

Proksimaattisten ja ultimaattisten syiden tarkastelussa on huomioitava, että ainoastaan proksimaattiset syyt voidaan kokeellisesti todentaa kontrafaktuaalisin edellytyksin, mutta evolutiiviset selitykset eivät täytä kontrafaktuaalisen ehdon toteutumisen kriteeriä historiallisen luonteensa vuoksi, ja ne ovat täten mahdollisuutta (mutta ei universaalia välttämättömyyttä) koskevia selityksiä

¹⁰⁷ ks. Ariew 2003.

¹⁰⁸ ks. Waters 1998; Short 2002; Ariew 2003.

maailmamme tapahtumista¹⁰⁹. Historiallis-evolutiiviset selitykset yrittävät siis parhaimmillaan tavoitella välttämättömien ehtojen kautta jotain selittämänsä vaikutuksen aikaansaamisen erästä minimaalista riittävää (ja välttämätöntä) ehtoa, ei sen universaalia riittävää ja välttämätöntä ehtoa.

Evolutiiviset selitykset ovat siis historiallisen luonteensa johdosta todennäköisyyteen pohjautuvia hypoteettisia (abduktiivisia) selityksiä¹¹⁰. Ne koskevat nykyisiä kokeellisia havaintojamme siten, että ne yrittävät selittää nykyisten biologisten ominaisuuksien esiintymistä ja niiden sukupolvesta toiseen jatkuvaa säilymistä kulkien nykyhetkestä menneisyyden suuntaan. Näissä selityksissä yritetään tällöin tavoittaa ja siten esittää, osoittaa ja ilmaista lainomaisia yhteyksiä asiantilojen ja tapahtumien välillä, ts. ymmärtää näitä asiantiloja ja niiden välisiä suhteita. Tulevaisuuden ennustamisessa ja jonkin historiallisen tapauksen taaksepäin

¹⁰⁹ ks. Waters 1998.

¹¹⁰ ks. Peirce 2001, 240–241. Peirce erottelee analyttiset eli deduktiiviset päätelmät synteettisistä eli induktiivisista ja hypoteettisista (abduktiivisista) päätelmistä. Erottelua näiden päätelmien kannalta biologiassa voidaan selvittää mm. seuraavien esimerkkien avulla. Ensimmäiseksi tarkastellaan lakiväittämän kokeelliseen havainnointiin pohjautuvaa teorian muodostamista, jonka logiikka on seuraavan kaltaista:

- 1) Deduktio:
Sääntö: Kaikki jänikset ovat tasalämpöisiä eläimiä.
Tapaus: Tässä on jänis.
Tulos: Tämä jänis on tasalämpöinen eläin.
- 2) Induktio:
Tapaus: Tässä on jänis.
Tulos: Tämä jänis on tasalämpöinen eläin.
Sääntö: Kaikki jänikset ovat tasalämpöisiä eläimiä.
- 3) Hypoteesi (abduktio):
Sääntö: Kaikki jänikset ovat tasalämpöisiä eläimiä.
Tulos: Tässä on tasalämpöinen eläin.
Tapaus: Tämä eläin on jänis.

Tapahtumisen ja sen olioiden välinen suhde on kuitenkin historiallisissa selityksissä toisenlainen, koska tällöin ilmiöitä selittäviä teorioita ja lakeja (sääntöjä) ei voida aina kokeellisesti suoraan havainnoimalla testata:

- 4) Deduktio:
Sääntö: Kaikki eläinten sopeutuma-ominaisuudet ovat luonnonvalinnan tuottamia.
Tapaus: Tässä on jänis, jolla on sopeutuma-ominaisuutenaan turkki.
Tulos: Tämän jäniksen turkki on sopeutuma-ominaisuutena luonnonvalinnan tuottama.
- 5) Induktio:
Tapaus: Tässä on jänis, jolla on sopeutuma-ominaisuutenaan turkki.
Tulos: Tämän jäniksen turkki on sopeutuma-ominaisuutena luonnonvalinnan tuottama.
Sääntö: Kaikki eläinten sopeutuma-ominaisuudet ovat luonnonvalinnan tuottamia.
- 6) Hypoteesi (abduktio):
Sääntö: Kaikki eläinten sopeutuma-ominaisuudet ovat luonnonvalinnan tuottamia.
Tulos: Tämän jäniksen turkki on sopeutuma-ominaisuutena luonnonvalinnan tuottama.
Tapaus: Tässä on jänis, jolla on sopeutuma-ominaisuutenaan turkki.

kulkevassa selittämisessä pyritään siihen, että pyrimme saavuttamaan uutta tietoa erityisistä tapahtumista ja tapauksista siten, että yritämme samalla näyttää toteen ja vahvistaa (tai heikentää) aiemmin ko. asiaa koskevaa tietämystämme. Esimerkiksi tapahtumisen ”selittäminen jälkikäteen” tarkoittaa tietenkin sitä, ettei näitä ilmiöitä voida selittää, ennen kuin ne ovat tapahtuneet: historiallisissa selityksissä myös johtopäätös (vaikutus) on tällöin teorianmuodostuksen ja -testauksen kannalta välttämätön edellytys sen premissien (syiden) pätevyydelle. Toisin on ehkä lainomaisten väittämien kohdalla, joissa premissit edeltävät johtopäätöstään ja mahdollistavat niiden ennustamisen eli ”selittämisen etukäteen”. Tällöin ennustuksenkin paikkansa pitämisen todentaminen edellyttää tietenkin sen vaikutuksen todentamista. Esimerkiksi Mendelin todennäköisyyslaeista ei voida ”etukäteen selittää” (ennustaa) vanhempien saamien jälkeläisten ilmiöominaisuuksia, mutta me voimme ”jälkikäteen selittää” jälkeläisten ilmiöominaisuudet, mutta vasta kun nämä jälkeläiset ovat ilmaantuneet maailmaan (vaikkakaan emme tätä osanneetkaan ennustaa etukäteen).¹¹¹

Evoluutiiviset selitykset ja niiden kausaaliset osatekijät sekä näitä koskevat mekanismit ovat empiirisesti tutkittavissa ekologisessa kenttätutkimuksessa, jonka taustalla on tietysti myös yksittäisten kausaalisten osatekijöiden vaikutuksellisen merkityksen tutkiminen laboratorioissa – usein yksiä tai ainoastaan muutamia osatekijöitä kerrallaan tutkien. Evoluutiivisen sopeutumisen prosessin tuottamia sopeutumia tutkitaan ekologiassa erityisesti kelpoisuuden käsitteen avulla. Kelpoisuus syntyy eliölajin ominaisuuksien tai piirteiden joukosta, jotka antavat kyseisen eliölajin edustajille paremman hengissä pysymisen ja lisääntymismenestyksen mahdollisuuden populaatiotasolla mitattuna kuin silloin, kun kyseisellä lajilla ei kyseisiä ominaisuuksia ole. Useimmiten luonnoneliöille on kuitenkin hankala osoittaa olevan olemassa yksittäisiä ominaisuuksia, joiden vaikutuksesta voidaan väittää ko. kelpoisuutta tuottavan ominaisuuden olevan joko riittävää tai välttämätöntä tai molempia (samassakaan ympäristössä) kyseisen eliölajin kelpoisuuden tuottamisessa.

¹¹¹ Kim 1964.

Kuvitellaanpa, että jäniksen turkin muuttuminen valkoiseksi talven ajan lumihankien keskellä on sopeutuma kyseisen jänislajin kykyyn välttää saalistajia. Turkin värin muuntuvuus ei käytännössä kuitenkaan ole riittävää tai välttämätöntäkään kyseisen jänislajin selviytymiselle ympäristössään: Joskus valkoinen turkki talvella tuottaa jänikselle populaatiotasolla tarkasteltuna kelpoisuutta, joskus taas ei, ja toisaalta jos meillä olisi vielä samassa ympäristössä vertailuryhmänä jänispopulaatio, jonka turkki on talven ajan tumma, huomaamme että joillakin tummaturkkisillakin jäniksillä kelpoisuuden taso voi olla sama kuin valkoturkkisilla jäniksillä, joillakin tummaturkkisilla jäniksillä kelpoisuuden taso taas olisi yhtä heikko kuin vaaleaturkkisilla. Huomaamme ensinnäkin, ettei turkin värin muuntelevuus ole ainakaan yksinään riittävää tai välttämätöntä jänisten elossa pysymisen, lisääntymisen ja siten kelpoisuustasonkaan määrittämiseksi.

Olkoon siis jäniksen valkoturkkisuus ominaisuutena A ja tummaturkkisuus ominaisuutena B. Olkoon tällöin niiden tuottama vaikutus jänisten elossa pysymistä E (joka on kelpoisuuden toteutumisen välttämätön, mutta ei riittävä ehto) tuottava suhteessa esimerkiksi huuhkajan siihen kohdistamaan saalistukseen. Joskus siis ominaisuus A tuottaa jänikselle elossa pysymistä E, joskus myös ominaisuuden puuttuminen ei-A tuottaa elossa pysymistä E ja toisaalta joskus myös ominaisuus B tuottaa elossa pysymistä E ja joskus myös tämän ominaisuuden puuttuminen ei-B tuottaa samaa elossa pysymistä E kyseisessä ympäristössä. Tällöin jäniksen valkoturkkisuuden pitämiseksi sopeutuma-ominaisuutena edellytetään, että se tuottaa suhteellisesti paremman mahdollisuuden jänikselle pysyä hengissä lisääntymisikään (ja tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä) kuin silloin, jos se on tummaturkkinen. Tämä edellyttää seuraavaa¹¹²:

$$\begin{aligned} &(\text{valkoturkkiset \& elossa pysyvät}) - (\text{valkoturkkiset \& ei-elossa-pysyvät}) > \\ &(\text{tummaturkkiset \& elossa pysyvät}) - (\text{tummaturkkiset \& ei-elossa-pysyvät}) \end{aligned}$$

Olkoon koko tutkimusaineiston koko 400 jänistä: 200 valkoturkkista ja 200 tummaturkkista jänistä. Kuvitellaan, että huuhkajan jäniksiin kohdistama saalistus

¹¹² ks. Glymour 1999. ”Yhtälö” kuvaa jäniksen elossa pysymiseen myötävaikuttavaa lisämahdollisuuden tuottamiskykyä valkoturkkisilla jäniksillä ja tummaturkkisuuden elossa pysymättömyyteen vaikuttavaa lisäriskiä valkoturkkisuuteen verrattuna.

sekä muut jänisten ympäristölliset olosuhteet (kuten ravinto-, elinympäristö- sekä terveystparametrit) olisivat vakioita¹¹³, jolloin jäniksiä erottelevat ominaisuudet ovat niiden turkin väri sekä näihin jäniksiin kohdistuva huuhkajan saalistus. Olkoon lisäksi siten, että valkoturkkisten jänisten elossa pysyminen huuhkajan saalistuksen läsnä ollessa toteutuu 150 tapauksessa ja ei toteudu 50 tapauksessa sekä tummaturkkisten jänisten elossa pysyminen huuhkajan saalistuksen läsnä ollessa toteutuu 120 tapauksessa ja ei toteudu 80 tapauksessa. Olkoon lisäksi tilanteen yksinkertaistamiseksi siten, että kaikki sekä tummaturkkiset että valkoturkkiset jänikset olisivat elossa pysymiseltään samanlaisia ilman niitä saalistavan huuhkajan läsnäoloa, eli siten, ettei yksikään jänis menehtyisi ilman huuhkajan läsnäoloa niiden elinympäristössä¹¹⁴. Tällöin valkoturkkisten ja tummaturkkisten jänisten (huuhkajan saalistuksen alaisuudessa ollessa) elossa pysymisen välinen erotussuhde on:

$$(150:200) - (50:200) > (120:200) - (80:200), \text{ eli}$$

$$1:2 > 1:5, \text{ eli}$$

$$0,5 > 0,2.$$

Täten valkoturkkisten jänisten määrällinen elossa pysyminen on parempi verrattuna tummaturkkisiin. Valkoturkkisuuden tuottaman lisä jäniksen elossa pysymiseen verrattuna tummaturkkisuuteen on tällöin 30 prosenttia. Asiaa käytännön merkityksellisyyden kannalta kuvaa paremmin kuitenkin ns. suhteellinen mahdollisuus / riski (vedonlyöntisuhteiden suhde), jonka mukaan valkoturkkisten elävien jänisten suhde tummaturkkisiin eläviin jäniksiin suhteutetaan valkoturkkisten elottomien jänisten suhteeseen tummaturkkisiin elottomiin jäniksiin:

$$(150:120) : (50:80) = 2.$$

¹¹³ Huuhkajan jäniksiin kohdistama saalistus voi tässä esimerkissä olla vakio ainoastaan teoreettisesti. Käytännössä yksittäisten jänisten todennäköisyys pysyä elossa saalistuksen välttämisen ansiosta vähenisi kyseisellä alueella, kun jänispopulaation koko pienenee, mikäli huuhkajan nälkä pysyy teoreettisesti tarkasteltuna vakiona. Käytännössä huuhkajan nälkä pysyy kuitenkin loitolla tietyn ajan sen syötyä yhden jäniksen, joten rakenteellisesti yhtä kelpoisten jänisten ollessa kyseessä niiden kelpoisuus voi olla eri myös huuhkajan niihin kohdistaman saalistuksen ”satunnaisuudesta” riippuen. Lisäksi käytännössä huuhkaja käyttää toki muitakin eliöitä ravinnokseen kuin jäniksiä, joten jänis ei ole sen ainoa mielenkiinnon kohde sen ravitsemuksellisten tarpeiden tyydyttämisessä.

¹¹⁴ Käytännössä minkään eliön elossa säilyminen ja kelpoisuus ei toki määrity yhden ympäristötekijän vaikutuksesta. Lisäksi on todettava, että jäniksistä on ravitsemuksellisessa mielessä kiinnostunut moni muukin eliö kuin huuhkaja, esimerkiksi kanahaukka, kettu sekä ilves.

Edellinen suhde kertoo, että valkoturkkisilla jäniksillä on huuhkajan saalistuksen alaisuudessa kyseisen tutkimusasetelman puitteissa kaksinkertainen hengissä pysymisen mahdollisuus verrattuna tummaturkkisiin jäniksiin¹¹⁵. Mielenkiintoista on, ettei kyseisessä tapauksessa turkin väri olisi yleisesti sen kummemmin riittävää kuin välttämätöntäkään eri väristen turkkien tuottaman elossa pysymisen määräytymisessä, mutta kyseisen kokeen mukaan valko- ja tummaturkkisten jänisten elossapysymisessä on tilastollisesti merkitsevä ero¹¹⁶. Sekä teoreettisessa että käytännöllisessä lääketieteessä esimerkiksi tällaisia tulkintoja käytetään kuitenkin jokapäiväisesti kuvattaessa jonkin mahdollisuuden tai riskin olemassaoloa jonkin edullisen tai haitallisen ilmiön syntymisessä ja aikaansaamisessa¹¹⁷.

Eliölaajien sopeutuminen ympäristöönsä on prosessi, jonka vaikutuksena katsotaan syntyvän sopeutumia, eliöiden ominaisuuksia, joista on apua (eikä ainakaan haittaa) jonkin eliölaajin hengissä pysymiseen jossakin tietyissä ympäristöoloissa¹¹⁸. Luonnonvalinnan teorian yleisenä hankaluutena onkin usein osoittaa, että jokin tietty ominaisuus on syntynyt välttämättä luonnonvalinnan ”suorittaman” valinnan vaikutuksesta. Parempi ja todenmukaisempi kuva luonnonvalinnan teoriasta syntyykin, jos puhumme sopeutumisen prosessin tuottamien sopeutumien yhteydessä mahdollisuudesta välttämättömyyden sijaan, koska luonnossa monimuotoinen ominaisuuksien ja toimintojen erilaisuus on soveliaampaa (ja myös yleisempää) hengissä pysymiselle kuin toimintojen yhdenmukaisuus.¹¹⁹ Kiinnostavaa sopeutumisen ilmiön tutkimuksessa on myös miettiä, miksi eliöt ovat niin erilaisia

¹¹⁵ Suhteellisen mahdollisuuden / riskin (eli vedonlyöntisuhteiden suhteiden) saadessa arvon yksi, turkin värillä ei ole merkitystä jänisten elossa pysymiselle kyseisessä ympäristössä, arvon ollessa suurempi kuin yksi, valkoturkkisten jänisten elossa pysyminen on parempi kuin tummien. Jos taas kyseinen suhde olisi pienempi kuin yksi, tummaturkkisten jänisten elossa pysymisen kyky olisi parempi kuin vaaleaturkkisten jänisten.

¹¹⁶ χ^2 -nelikenttätesti Yatesin korjauskertoimella (joka pienentää tilastollista merkitsevyyttä) antaa χ^2 -taulukon mukaan (vapausasteella yksi) arvon $p < 0,05$. Turkin valkoisella värillä voidaan siis katsoa olevan vaikutusta jäniksen elossapysymisen edistämiseen suhteessa tummaturkkisiin jäniksiin, kun huuhkajan saalistus on vakio.

¹¹⁷ Lääketieteen käytäntöihin liittyvien päätelmien soveltaminen biologisiin päätelmiin onkin luultavasti harhaanjohtavaa, koska lääketieteessä yritetään estää yksienkin ihmisten menehtymisiä, mutta luonnossa tällaisten riskien ja mahdollisuuksien merkitys on itse sen eliöille vähemmän kiinnostavaa, eikä yksi eliö useinkaan ratkaise lajinsa kohtaloa.

¹¹⁸ Mayr 1988, 134.

¹¹⁹ Mayr 1988, 137–138.

sekä rakenteiltaan, toiminnoiltaan että käyttäytymisiltään. Samankaltaisuus eliöiden ja eliöläjien välillä ei välttämättä näytä olevan luonnossa hyödyllistä selviytymiselle. Erilaisuus mahdollistaa monenlaisten eliöiden samanaikaisen esiintymisen esimerkiksi eri ekologisissa lokeroissa. Toiseksi on ilmeistä, että biologisten ilmiöiden monimutkaisuus estää niitä koskevien yleisten lakiväittämien muodostamista sekä toisaalta biologisten tapahtumien selittäminen ja ennustaminen on ”oikeassa luonnossa” hankalaa. Käytännön lääketieteen käyttämien mahdollisuuksien ja riskien tunnistamiseen liittyvät päättelyt muistuttavat tällöin biologisten ilmiöiden vastaavia käytännön päätelmiä. Näitä päätelmiä jokainen kykenee tunnistamaan seuraamalla poliittisia ympäristökeskusteluja niihin liittyvien perustelujen käytön osalta. Ne käsittelevät laadullisia mahdollisuuden ja riskin (todennäköisen haitan) kategorioiden alaisuudessa olevia tapahtumia ja tapahtumien seurantoja, eivät sellaisia tapahtumia ja niiden seurantoja, joiden kohdalla voisimme käyttää sellaista puhetapaa, jossa viittaisimme universaaliin riittävyteen ja/tai välttämättömyyteen: Joskus myrky voi tuhota jonkin eliöläjin, joskus ei, ja joskus vaikka emme yrittäisikään systemaattisesti tuhota jotain eliölajia, se tuhoutuu joka tapauksessa, ja joskus tuhoamme jonkin eliön, vaikkakin olemme jo pitkän aikaa yrittäneet suojella sen elämää.

3.3.4 Reduktio, emergenssi ja supervenienssi biologian selityksissä

Voimme väittää, että jokin fysiologinen tila A aiheuttaa väkivaltaista käyttäytymistä E, ollen joissakin tietyissä olosuhteissa jonkin yksittäisen eliön väkivaltaisen käyttäytymisen E aikaansaamisen edellytys. Toisaalta voimme ottaa tarkastelumme tilanteen, jossa huomaamme väkivaltaista käyttäytymistä esiintyvän tietyssä vihamielisissä ympäristöissä B, jolloin väkivaltaisen käyttäytymisen E selittäminen koostuu kahdesta ehtotekijästä; fysiologisesta tilasta A ja vihamielisestä ympäristöstä B. Kolmanneksi voimme vastaavasti ottaa väkivaltaisen käyttäytymisen E selitykseen mukaan vielä sen riippuvuuden jonkin yksittäisen toimijan kognitiivisesta tilasta C, jonka mukaan myös tämän toimijan henkilökohtainen elämänhistoria ja sen merkitys käyttäytymisen kontrollissa ja säätelyssä vaikuttavat eliön väkivaltaisen käyttäytymisen E syntymiseen ja esiintymiseen. Kyseessä on tällöin itse asiassa kolme erilaista testattavissa olevaa hypoteesia (teoriaa) väkivaltaisen käyttäytymisen

E aikaansaamisen syistä. Jälkimmäisen teorian mukaan fysiologinen tila A voi siis olla väkivaltaisen käyttäytymisen E aikaansaaja vain suhteessa muihin ominaisuuksiin, joita ovat siis vihamielinen ympäristö B ja kognitiivinen tila (esim. heikko itsehillintä) C. Tällöin on kuitenkin selvää, että sen kummemmin fysiologinen tila A kuin vihamielinen ympäristö B:kään eivät yleisesti yksin saa kaikissa toimijoissa aikaan vihamielistä käyttäytymistä E. Samanlainen fysiologinen tila A näyttää nimittäin saavan aikaan myös ystävällistä käyttäytymistä F ystävällisessä ympäristössä D, eli ko. fysiologinen tila A näyttää siis enemmänkin valmistavan toimijoita johonkin käyttäytymiseen, ei niinkään kerro, millainen käyttäytymisvaste ko. tilasta A syntyy.¹²⁰

Tässä yhteydessä selittämiseen liittyy erityisesti myös ns. reduktion¹²¹ käsite. Arkikeskusteluissa reduktio näyttäytyy meille usein esimerkiksi siinä, että jonkin ihmisen käyttäytymisominaisuuden, kuten esimerkiksi vihamielisyyden, sanotaan aiheutuvan aivoissa tapahtuvista aineenvaihdunnallisista prosesseista. Reduktio itse voi olla ontologista, episteemistä (tieto-opillista) ja/tai metodologista (käytännön mittausten menetelmien sanelemaa). Biologiassa ontologisen reduktion mukaan esimerkiksi fysikaalis-kemialliset prosessit vallitsevat kaikissa elämän ilmiöissä, eivätkä biologiset prosessit toimi fysikaalis-kemiallisien prosessien vastaisesti. Episteemisen reduktion mukaan taas esimerkiksi kaikki elämän ilmiöt ovat fysikaalis-kemiallisten termien (käsitteiden), teorioiden ja lakien erikoistapauksia. Metodologisen reduktion tapauksessa taas esimerkiksi fysikaalis-kemiallisten mittausten menetelmien ajatellaan riittävän kuvaamaan ja mittaamaan kaikkia elämän ilmiöitä. Onnistuneen episteemisen reduktion mukaan redusoituvan (esim. biologian) teorian kaikki termit, kokeelliset lait ja teoriat ovat redusoivan teorian (esim. fysiikan ja kemian) termien, lakien ja teorioiden loogisia seurauksia. Tällöin esimerkiksi

¹²⁰ ks. Bunge 1980, 197. Kyseinen fysiologinen tila on sympaattisen hermoston kiihotustila, joka mahdollistaa sen omaaville hermostollisille eliöille kyvyn joko juosta karkuun tai lähestyä jollain tavoin ympäristöään. Kognitiivisen tilansa ja oppimishistoriansa avulla eliö voi myös jättää huomioimatta sisäisen fysiologisen tilansa tai ympäristönsä tapahtumisen.

¹²¹ Reduktio (lat. *reducere* = vähentää, muuntaa, pelkistää) tarkoittaa tieteiden filosofiassa jonkin oppirakennelman palauttamista alkuperusteisiinsa, esimerkiksi ihmisen mielentilan kuvaamista ja selittämistä neuropsykologiassa aivoalueiden fysikaalis-kemiallisina energia-aineenvaihdunta-prosesseina. Samalla tavoin voidaan biologiassa esimerkiksi solun toimintaa kuvata sen energian- ja aineenvaihdunnan kautta tapahtuvaksi sisäntulo-ulostulo-järjestelmäksi, jolloin ollaan kiinnostuneita lähinnä – ei niinkään koko solusta sinänsä – vaan sen energian- ja aineenvaihdunnasta.

biologian tutkimia teoreettisia olioita kuvaavien termien ja näiden välisiä tapahtumia kuvaavien, selittävien ja ennustavien teorioiden voidaan osoittaa olevan fysiikan ja kemian termien ja teorioiden erityistapauksia siten, että biologisten termien ja teorioiden kuvaustason käyttäminen jonkin ilmiön kuvaamisessa on turhaa siinä mielessä, että fysiikan ja kemian käyttämät termit ja teoriat jo riittävät ko. ilmiön kuvaamiseen, selittämiseen ja ennustamiseen.¹²²

Reduktion synnyttämä tiede- ja miksei yhteiskunnallinenkin keskustelu liittyy usein tapauksiin, joissa jonkin ylemmän hierarkia- ja organisaatiotason tieteen (esim. biologia) teoreettisia olioita (termejä) ja niiden välisiä tapahtumisen suhteita (teorioita) ryhdytään nimittämään, kuvaamaan, selittämään ja ennustamaan jonkin alemman hierarkia- ja organisaatiotason (esim. fysiikan tai kemian) termeillä ja teorioilla. Tällaista reduktiota eri tutkimuksellisten kuvaustasojen välillä voidaan kutsua vertikaaliseksi (”pystyasossa” tapahtuvaksi) reduktioksi, saman tutkimuskäytännön ja kuvaustason sisällä eri teorioiden välillä tapahtuvaa reduktiota taas horisontaaliseksi (”vaakatasossa” saman teorianmuodostustason alalla tapahtuvaksi) reduktioksi¹²³.

Biologiassa termien (käsitteiden) episteeminen reduktio fysiikkaan ja kemiaan ei onnistu: Solu, elin, laji ja esimerkiksi saalistaja ovat termejä, joita ei ole mielekkäästi mahdollista kuvata fysikaalisten ja kemiallisten (energian ja aineen) termien (käsitteiden) avulla. Myös biologinen tarkoituksenmukaisuus on termi, jota ei esiinny fysiikassa ja kemiassa, mutta biologiassa se sitä vastoin on korvaamaton teoreettinen kuvausväline. Tällöin fysiikan ja kemian termein tapahtuvat biologian ilmiöiden kuvaukset ovat riittämättömiä, vaikkakin sinänsä fysiikan ja kemian termein ja teorioin tapahtuvaan mekanistiseen kuvaamiseen pyrkiminen ja asioiden yksinkertaistaminen (karkeistaminen) sinänsä onkin historiallisesti osoittautunut toimivaksi välineeksi myös biologian tieteen teorianmuodostuksessa.¹²⁴

Biologian reduktio fysiikkaan ja kemiaan vaikuttaa kuitenkin koemenetelmällisellä (metodologisella) tasolla usein mahdolliselta, koska biologisten laboratorioissa

¹²² Ayala 1974a.

¹²³ Lagerspetz & Lagerspetz 1979; Lagerspetz 1983, 30–34, 45–49.

¹²⁴ Ayala 1974a.

käyttämät tutkimusmenetelmät ovat usein fysiikan ja kemian kokeellisia tutkimusmenetelmiä, vaikkakin eri tutkijat ajattelevat eri tavoin reduktion episteemisistä ja ontologisista kysymyksistä, ja siten ehkä myös kokeellisten tutkimustulostensa tulkinnoista.¹²⁵ Myös biologiassa tapahtumia kuvataan tai yritetään kuvata fysikaalis-kemiallisesti ja mekanistisesti, mutta näiden tapausten selitykset ovat hieman erilaisia riippuen siitä, millaisia toimijoita esimerkiksi koe-eläimemme tulkitsemme olevan. Klassinen ehdollistumisen mekanistiseen kuvailuun liittyvä vitsi kuuluukin seuraavasti:

”Tutkija huomaa, että rotat tekevät tietyn taikatempun aina, kun hän antaa niille palkkioksi ruuanpalan kyseisen tempun jälkeen. Hän vetää rottien suorittaman onnistuneen ehdollistumissuorituksen jälkeen viivan kynällä tutkimuspäiväkirjaansa. Rotat taas huomaavat, että aina kun ne tekevät tietyn taikatempun, ne saavat ruuanpalan kyseisen tempun jälkeen ja tutkija vetää tämän jälkeen viivan kynällä tutkimuspäiväkirjaansa.” Reduktiokysymys ei näytä siis pelkästään olevan käytännöllisen kokeellisen tason kysymys, vaan se on myös kysymys ihmisten teoreettisista ja asenteellisista lähestymistavoista koskien eri ontologioita, koekysymyksiä, termejä (käsitteitä) sekä tapahtumia kuvaavia, selittäviä ja ennustavia teorioita sekä näiden suhteita¹²⁶.

Reduktioon liittyvä perusongelma on myös empiiriseen (kokeelliseen) ja ajassa tapahtuvaan mittaamiseen sekä näiden teoreettiseen ilmaisemiseen käytettävän tulkinnallisen logiikan ajattomiin väitteisiin liittyvä suhde¹²⁷. Biologiset eliöt esimerkiksi ovat itsesäätelykykyisiä ja itseohjautuvia systeemejä, jotka varastoivat ja järjestävät informaatiota¹²⁸. Tämä prosessi tapahtuu ajassa. Termien (käsitteiden) looginen redusoituvuus on tällöin hieman eri asia kuin tapahtumaprosessien empiirinen redusoituvuus. Esimerkiksi saalistaminen on ainoastaan biologinen, mutta ei fysikaalinen termi, mutta silti saalistaminen on sekä fysikaalinen että biologinen tapahtuma (prosessi). Tapahtumia (prosesseja) koskevien teorioiden redusoituvuus on empiirinen kysymys. Tapahtumien (prosessien) riippuvaisuus esimerkiksi

¹²⁵ Goodfield 1974.

¹²⁶ Goodfield 1974.

¹²⁷ Thorpe 1974.

¹²⁸ Thorpe 1974.

fysikaalisesta tapahtumisesta on tällöin myös eri asia kuin teorioiden riippuvaisuus jostain muista teorioista.¹²⁹ Loogiset suhteet tulee tällöin erottaa tosiasiasuhteista¹³⁰.

Fysikaalisen ja kemiallisen (energian ja aineen) sekä biologisen (eliön) suhde on teoreettisesti ja käytännössäkin hankala: Esimerkiksi evoluutiobiologiassa proteiinien toiminnallinen tehokkuus määrittää sen, mikä DNA-pätkä on läsnä maailmassamme, vaikkakin ”mikrodeterminaation” suunta kulkeekin tällöin DNA-pätkästä proteiinin ja sen toiminnan suuntaan. Toisin sanoen luonnonvalinta koskee ensisijassa fenotyyppiä (ilmiasua), eikä itse genotyyppiä (perusasua). DNA-pätkistä tehtyjä proteiineja valitaan, ei itse DNA-pätkiä, vaikkakin DNA on epäsuorasti ja toissijaisesti se mitä valitaan.¹³¹ DNA ei tällöin yksin riitä kokonaisvaltaisesti biologian kuvauksissa ja selityksissä mihinkään, vaan eliön DNA:sta prosesseissa tuotetut proteiinit ja näiden proteiinien toimintaan ympäristön kohdistama valinta ja säätely tekevät vasta näistä proteiineista etua tai haittaa saavasta eliöstä tarkoituksenmukaisen tai kelvottoman selviytymään ympäristössään. Biologisten ilmiöiden kunnollinen kuvaaminen ja selittäminen tarvitsee siis osakseen myös tarkoituksenmukaisuuden, tapahtumien (prosessien) ajallisuuden sekä tapahtumisympäristön tarkkaa kuvaamista ja huomioimista. Biologisille järjestelmille on tämän lisäksi myös ominaista syiden ja/tai seurausten ”monisuus”: sopeutumisvaste johonkin ympäristöolosuhteisiin voidaan saavuttaa useilla tavoilla. Esimerkiksi kylmästä talvesta voi selviytyä ruokavarastojen ja/tai talviunen ja/tai paksun turkin ja/tai muuttokäyttäytymisen ja/tai tulenkäytön jne. avulla.¹³² Samoin eliöt voivat esimerkiksi reagoida samaan ärsykkeeseen eri tavoin riippuen elämänhistoriallisesta taustastaan ja oppimisestaan¹³³.

Reduktion kysymyksen yhteydessä on puhuttu myös emergenssin ja supervenienssin käsitteistä¹³⁴. Emergenssi tarkoittaa lyhyesti jonkin uuden laadun

¹²⁹ Beckner 1974.

¹³⁰ Beckner 1974.

¹³¹ Campbell 1974.

¹³² Dobzhansky 1974.

¹³³ Ayala 1974b.

¹³⁴ Erityisesti tietoisuuden fysikaalisen selittämisen yhteydessä käytetään usein emergenssin ja supervenienssin käsitteitä. Emergenssillä tarkoitetaan uusien ominaisuuksien ilmaantumista monimutkaisemmillä organisaatiotasolla. Esimerkiksi kaasumaisten hapen ja vedyn muodostamista molekyyleistä syntyy nestemäistä vesimolekyylien ”sotkua” (H₂O), jolloin veden nestemäisyyttä ei voida apriorisesti ennustaa tuijottamalla hapen ja vedyn reaktioyhtälöä. Supervenienssi on

syntyä tai uusien ominaisuuksien ilmaantumista elämässä sen hierarkisten ja organisoitumiseen liittyvien kuvaustasojen monimutkaistuessa. Ominaisuuksien emergenttisuuden ja redusoituvuuden tapauksessa on ilmeistä, että biologian tutkimusalueilla emergenttejä ominaisuuksia ilmenee kuljettaessa pienemmiltä hierarkia- ja organisaatiotasoilta suurempien hierarkia- ja organisaatiotasojen suuntaan: Solut koostuvat kemiallisista molekyyleistä, mutta soluilla on kahdentumiskyvyn ominaisuus, jota molekyyleillä itsellään ei ole. Solut taas muodostavat kudoksia, nämä elimiä, jotka muodostavat elimistöjä ja nämä taas eliöyksilöitä, joista jälkimmäisillä on yksilönkehityksen ominaisuus, jota esimerkiksi yksittäisillä molekyyleillä ei ole. Eliöyksilöt taas muodostavat eliöryhmiä (populaatioita), joilla on mm. evolutiivisen kehittymisen ominaisuus (eliöihin synty

emergenssiä lievempi käsite: Esimerkiksi aivotilat määräävät kausaalisesti mentaalaisia tiloja, mutta siten, että sama mentaalinen tila voidaan aikaansaada aivoissa eri fysikaalisista tiloista käsin. Supervenienssin pääajatuksena mielenfilosofiassa on, että mentaalitiloja ei voi redusoida fysikaalisiin aivotiloihin välttämättömien ja riittävien ehtojen avulla. Näyttää myös siltä, että sekä emergenssi että supervenienssi koskevat käsitteellisiä ja/tai kokeellisia koetulosten tulkintoja. Supervenienssin käsitteen käyttöönotolla on ehkä pyritty siihen, että mentaalisia termejä (käsitteitä) voi käyttää, mutta prosessien kuvauksien ja selityksien tulisi olla materialistisia / naturalistisia. (Tuomela 1994.)

Yleisenä näkemyksenä tietoisuuden (ja mielen) suhteesta biologiseen eliöön onkin, että vaikka tietoisuus onkin neurobiologinen prosessi, sen vaikutuksesta syntynyt fenomenologia on kuitenkin hieman eri asia kuin tietoisuuden ”näkeminen” aivokuvissa. Aivoista voidaan kokeellisiin mittausmenetelmin nähdä ja havaita, että jokin ihminen kokee jotain, mutta tuon kokemuksen sisältö jää havaittajalle (aivotutkijalle) edelleen hämäräksi. Tietoisuuden onnistunut selittäminen edellyttääkin ensin tarkkaa kuvausta siitä, mitkä ilmiöt tai systeemit aivoissa ensiksikin ovat kyseessä puhuttaessa tietoisuudesta. Vasta kattavan tietoisuuden käsitteen määrittelyn jälkeen voidaan kuvata, miten jokin tietoinen prosessi tapahtuu tai syntyy. (Revonsuo 1994.) Tietoisuuden ja mielen käsitteiden kuvaamisen ja määrittelemisen on tietoisuuden selittämisen edellytys. Tämä vaatimus pätee myös aivotutkimuksen empiirisen tutkimussuuntauksen suhteen. Mielenfilosofia voidaan jakaa karkeasti materialismiin, dualismiin sekä idealismiin. Materialismi voi olla eliminatiivista (mentaaliset termit eivät viittaa yhtään mihinkään), reduktiivista (mentaaliset ilmiöt voidaan palauttaa fysikaalisiin olioihin ja prosesseihin) tai emergenttiä (mieli nähdään materiaalsen luonnon evolutiivisena tuotteena, eikä se siten ole olemassa ilman materiaalista pohjaa). Dualismin päänäköyksenä voidaan taas nähdä interaktionismi (mieli ja ruumis ovat erillisiä olioita, jotka voivat kausaalisesti vaikuttaa toisiinsa), parallelismi (mieli ja aivot ovat kaksi kausaalisesti itsenäistä puoliskoan, jotka ovat toisistaan riippumattomia) sekä epifenomenalismi (mieli nähdään varjonomaisena aivojen kausaalisena tuotteena, jolla itsellään ei kuitenkaan ole kausaalista voimaa). Idealismin mukaan materiaallinen ruumis ja sen toiminta on enemmän tai vähemmän mielen tai hengen tuotosta. Luonnontieteellisen nykykäsityksen mukaan mentaalaisia tiloja koskevia termejä ei voida redusoida ainakaan fysikaaliseen kieleen (Niiniluoto 1994.), vaikkakin näyttää olevan sillä tavalla, että mielen toiminnat ajattelussa sekä ajatusten muutoksissa tarvitsevat pohjakseen jonkinmoisen tapahtuman tai muutoksen fysikaalisessa tapahtumisessa. Mielen käsitteiden reduktio fysiikan käsitteisiin ei ehkä tällöin ole tarpeellista, vaikka itse mielen prosessit ovatkin materiaalsipohjaisia / biologisia.

Searlen mukaan tietoisuutta ei voida määritellä riittävien tai välttämättömienkään ehtojen avulla, mutta tietoisuus on kuitenkin biologinen ilmiö. Hän ajattelee, että aivoprosessit aiheuttavat tietoisia prosesseja, eikä tietoisuus sinänsä ole mikään ylimaailmallinen ilmiö, vaan ainoastaan eliön korkeamman tason systeemiominaisuus. (Searle 1994.) Tämä näkemys on toki lähellä myös dualismin epifenomenalistista näkemystä (Niiniluoto 1994).

uusia ominaisuuksia, joista voi syntyä jopa uusia eliölajeja muuntelun ja ympäristön suorittaman valinnan kautta). Evoluutiivista muuntelevaa ja periytyvää kehittymisen ominaisuutta ei (suvullisesti lisääntyvissä eliöissä) esiinny yksittäisessä yksilössä sen elinaikana. Evoluutio on eliöryhmien ominaisuus.

Tällaisenaan biologia on osin ontologisen ja sitä selittävän ja ennustavan tietopillisen (episteemisen) emergenssin värittämä tiede, jonka ”alempien ja yksinkertaisempien” organisaatiotasojen muodostaessa ”korkeampia ja monimutkaisempia” organisaatiotasoja, sen ylemmän tason ilmiön ominaisuuksia ei voida välttämättä johtaa loogisesti tai ennustamalla alempien organisaatiotasojen ominaisuuksista¹³⁵. Ontologisesti ja menetelmällisesti biologia kuitenkin näyttää pääosin olevan sitoutunut myös fysiikan ja kemian kaltaiseen materialistiseen (energian ja aineen) tarkasteluun. Ontologiana myös biologiassa on materia (energia ja aine) ja metodologiana myös fysiikan ja kemian käyttämät materian tutkimusmenetelmät.¹³⁶

Viimeaikoina biologian reduktiokysymyksen yhteydessä on emergenssin lisäksi viljelty myös supervenienssin käsitettä uudeksi teoreettisen biologian ja biologian filosofian työkaluksi¹³⁷. Supervenienssin ajatuksellisen sisällön mukaan esimerkiksi ”[...] eläinten kelpoisuus liittyy suunnattomaan määrään fysikaalisia ominaisuuksia ja ympäristöoloja [...] olisi mahdotonta määrittää edes pientä osaa niistä lainmukaisista yhteyksistä, jotka vallitsevat jonkun kelpoisuustason, ja kaikkien niiden eliöiden ominaisuuksien ja suhteiden välillä, jotka tuottavat tuon kelpoisuuden [...] Kelpoisuuden käsite päältää eliöiden näkyviä ominaisuuksia, niiden anatomisia, fysiologisia, käyttäytymis- ja ympäristöön liittyviä ominaisuuksia [...] ne eliöiden ominaisuudet, joita kelpoisuus päältää, esiintyvät eliön lisääntymismahdollisuuksia ja menestyksestä lisääntymistä koskevissa lainomaisissa (joskaan ei välttämättömissä) yleistyksissä. Ne ovat lyhyesti sanottuna eliön lisääntymisnopeuden syitä.”¹³⁸ Toisin sanoen ” [...] kelpoisuus ei ole mitään muuta kuin tietty yhdistelmä anatomisia, fysiologisia ja ekologisia ominaisuuksia, vaikka mikään sellaisten ominaisuuksien joukko kenties ei olekaan riittävää ja välttämätöntä

¹³⁵ Mayr 1961; 1988, 33–35.

¹³⁶ ks. Lagerspetz 1983, 19–36.

¹³⁷ ks. esim. Sintonen 1998a. Sintonen suomentaa supervensienssin *päältämiseksi*.

¹³⁸ Rosenberg 1998.

jollekin kelpoisuustasolle. Eri habitaateissa elävillä erilaisilla eliöillä [...] voi olla sama kelpoisuustaso, vaikka emme voisikaan samastaa jotain nimenomaista kelpoisuustasoa jonkun nimenomaisen ominaisuusjoukon kanssa.¹³⁹” Kelpoisuuden ilmiötä ei voida siis ilmaista tyhjentävästi havaintokäsitteiden avulla eikä siksi kääntää havaintokäsitteille, ”koska kelpoisuus päältää näitä ominaisuuksia, eri eliöillä voi olla jossain ympäristössä sama kelpoisuustaso ja samoilla eliöillä voi eri ympäristöissä olla eri kelpoisuustaso.¹⁴⁰”

Supervenienssin käsitteen käyttöä biologian tieteen selitysten tarkastelussa voidaan käyttää kolmen empiirisen vaikeuden ymmärtämisen helpottamiseen esimerkiksi molekyylibiologian (ylempänä tutkimuksellisenä kuvaustasona) palauttamisessa (redusoimisessa) biokemiaan (alempana tutkimuksellisenä kuvaustasona):

- 1) Monien toteumien (engl. *multiple realization*) ongelma, jolloin ylemmän tason olioita voidaan tuottaa useammilla alemman tason olioilla.
- 2) Tilannesidonnaisuuden ongelma, jolloin alemman tason kuvaamat tapahtumat eivät korreloi yksi yhteen ylemmän tason kuvausten kanssa tietyssä tilanneyhteydessä (ympäristössä) sekä
- 3) korkeamman tason selitysten edellyttämisen ongelma, jolloin esimerkiksi biologisten ”tehtävien” luonnetta ei voida eliminoida pois alemman tason kuvauksissa ja selityksissä tai tätä ylemmän organisaatiotason informaatiota suoraan jopa käytetään kuvaamisen ja selittämisen apuna alemman organisaatiotason kuvauksissa ja selityksissä.¹⁴¹

Monet toteumat viestittävät yleisestä biologian tutkimukseen liittyvästä ongelmasta, jolloin tapahtumilla voi olla eri saman lajin eliöiden ja toisaalta eliölajien välillä monia eri tapoja ”tulla tehdyiksi”: Syitä voi olla monia, samoin vaikutuksia, ja vielä tämän lisäksi syiden disjunktioiden (ja/tai) ja konjunktioiden (ja) näkeminen *a priori* selittämisessä ja ennustamisessa on mahdotonta. Tilannesidonnaisuus liittyy samaan

¹³⁹ Rosenberg 1998.

¹⁴⁰ Rosenberg 1998.

¹⁴¹ Kincaid 1998.

ongelmaan: joissakin ympäristöissä proteiinien toimintaa soluissa on mahdotonta ennustaa. Korkeamman tason selitysten edellyttäminen taas on myös jo käytännöllinen kysymys: Jos yrittäisimme edes kertoa solutapahtumia pelkästään biokemian kielellä, ei koko molekyylibiologian tutkimusprojekti luultavasti edistyisi kovinkaan vauhdikkaasti. Tällöin luultavasti menettäisimme osin biologisen eliötutkimuksen käytännöllisen merkityksen.

Supervenienssi on seuraavanlainen suhde: Voimme esimerkiksi todeta, että muinaisessa kreikkalaisessa kulttuurissa Sokrateen sanottiin olevan hyvä mies sillä perusteella, että hän oli rehellinen ja rohkea. Tällaisessa määrittelykentässä mies on hyvä, jos ja vain jos hän on rehellinen ja hän on samalla rohkea, eli mies on hyvä aina ja vain kun hän on rehellinen ja rohkea, ja jos mies ei ole rehellinen ja/tai rohkea, hän ei myöskään koskaan ole hyvä mies. Toisaalta jossain toisessa kulttuurissa myös Pyhän Franciskuksen voidaan sanoa olevan hyvä mies sillä perusteella, että hän on rehellinen ja hyväntahtoinen. Sokrates ja Pyhä Franciskus ovat siis molemmat hyviä miehiä, mutta eri perusteilla. Hyvän miehen voi siis tunnistaa erilaisista riittävästä perusteluohdoista käsin, jolloin hyvän miehen tunnistaa siis kyseisissä määritelmällisissä kehyksissä siitä, että hän on joko rohkea tai hyväntahtoinen, mutta vain kun hän on samalla rehellinen. Hyvänä miehenä olemisen ominaisuutena on siis supervenientti (päältävä) ominaisuus suhteessa rehellisyyteen, rohkeuteen ja hyväntahtoisuuteen, koska se voidaan ominaisuutena toteuttaa vaihtoehtoisista ominaisuus-konjunktioista käsin. Hyvä mies voi siis olla monella tapaa, joko rohkeudesta tai hyväntahtoisuudesta käsin, mutta tällöinkin vain, mikäli on samanaikaisesti rehellinen.¹⁴² Kyseisen tarkastelun kentässä rehellisyys on välttämätön edellytys sille, että jokin mies on hyvä mies. Rohkeus tai hyväntahtoisuus yksikseen taas ovat kyseisessä tarkastelukentässä hyvänä miehenä olemisen SUNI-ehtoja. Jossain toisessa kuin Sokrateen tai Pyhän Franciskuksen ihmiskulttuurissa hyvän miehen ominaisuudet voivat toki olla myös aivan erilaisia. Voi hyvinkin olla, että jossain toisessa mahdollisessa maailmassa, jossa hyvänä miehenä olemisen määritellään eri ominaisuuksista käsin, mikään Sokrateen tai Pyhän Franciskuksen kulttuuriympäristön hyvän miehen ominaisuuksina pitämistä ominaisuuksista ei ole lainkaan hyvänä miehenä olemisen SUNI-, INUS-,

¹⁴² ks. Kim 1984.

välttämätön- tai riittäväkään edellytys, saati sitten ainut hyvänä miehenä olemisen sekä välttämätön että riittävä edellytys.

Supervenienssin ”apu” biologian ilmiöiden ymmärtämiselle lienee siinä, että biologiset oliot voivat syyn ja sen vaikutuksen suhteen tarkastelun mielessä toteuttaa samaa asiaa eli funktiota erilaisilla keinoilla: useasta eri DNA-pätkästä tehty proteiini voi tehdä solussa samaa tehtävää.¹⁴³ Proteiinin tehtävästä ei siis aina voida kääntäen päätellä geeniiä, josta ko. proteiini on valmistettu. Toisaalta ei liene mitenkään hämmästyttävää, että yhdestä DNA-pätkästä tehdyn proteiinin tehtävää tai tehtäviä solussa ei voida aina ennustaa. DNA-pätkästä ei siis voi aina ennustaa, mitä ja missä niistä valmistettavat proteiinit tekevät soluissa, vaan näiden proteiinien paikallinen tekeminen näyttää olevan muun solu ympäristön säätelemää. Geenistä A valmistettu proteiini B siis joskus tekee, joskus ei tee tehtävää X solu ympäristössä Y, ja joskus toisesta geenistä C valmistettu proteiini D tekee samaa tehtävää X solu ympäristössä Y, ja joskus geenistä A valmistettu proteiini B tekee ehkä myös jonkin muun geenin E tehtävää F solu ympäristössä Z.

Supervenienssin käsitteen tarjoama etu biologisten toimintojen ymmärtämiselle merkitsee siis sitä, että elämisen prosesseissa samaa päämäärää voi tavoitella monien erilaisten menetelmien ja keinojen välityksellä. Lähtökohtana tällöin on ajatus, että eläville eliöille itselleen niiden oman elämän suhteen on tietenkin ensisijassa merkityksellistä se, että ne pysyvät elossa. Tarkastellessamme maapallon eliöstöä huomaamme, että elämää todellakin voi ylläpitää eri eliölajien välisessä tarkastelussa monin tavoin, ja vieläpä niin, että usein samankin lajin eliöiden sisällä niillä on useita päällekkäisiä kykyjä ja keinoja elämänsä varmistamiseen. Jos esimerkiksi sammakko ei jostain syystä viihdy fysiologiansa puolesta vesilammikossaan, se voi lähteä sieltä

¹⁴³ ks. Edelman & Gally 2001. Tähän kokoelma-artikkeliin on kerätty joukko esimerkkejä, joiden mukaan kaikilla biologian hierarkisilla ja organisaationaalisilla kuvaustasoilla esiintyy ilmiöitä (vaikutuksia), joiden toteuttamiseen on useita tapoja (sytä), ja toisaalta samalla syyllä voi olla monta vaikutusta. Erityisesti monisyisyys ja -vaikutuksellisuus voi artikkelin mukaan olla eduksi eliöiden sopeutumiselle, mikäli ympäristöolot vaihtelevat ja vaativat siten monenlaisia ”taitoja” eliöiltään. Edellinen tosin edellyttää, että eliössä on ympäristöään koskevaa tietoa, joka ei ilmene aina, mutta ilmenee, mikäli esimerkiksi eliön ympäristön olosuhteet muuttuvat äkillisesti. Tällöin eliölle on eduksi, että sillä on esimerkiksi geneettisiä resursseja myös ympäristön vaihtelujen varalle, jolloin eliön genomissa voi siis olla olemassa myös tietoa, joka ei ilmene aina, vaan ympäristön olosuhteiden mukaan. Ohjelmoiduissa koneissa sitä vastoin ei ole tällaista ”ylimääräistä tietoa”, joka mahdollistaisi niiden vaihtoehtoisten reaktioiden kautta eliön mukautumisen ympäristön olosuhteiden vaihteluihin.

myös pois. Ainakin keskushermostolliset eliöt osaavat siis kompensoida ”annettujen” rakenteellisten ominaisuuksiensa ”puutteita” myös yksilönkehityksensä aikana tapahtuvan käyttäytymisensä ja sen mahdollistaman oppimisensa kautta. Mikäli esimerkiksi sammakolta loppuu sen käyttämä ravinto lammikostaan, se voi vaihtaa joko ravintokohdettaan johonkin muuhun ravintokohteeseen tai se voi etsiä itselleen uuden, ravitsemuksellisia tarpeitaan tyydyttävämmän ympäristön.

Biologian tutkimuskäytännön sisällä esimerkiksi molekyylibiologian termien redusoituminen biokemiallisiin termeihin edellyttää siis, että esimerkiksi geenillä A on sama sen tehtävään X liittyvä käsitteellinen ala kuin siitä valmistetulla proteiinilla B, eli geeni A olisi tällöin loogisesti yleisesti riittävä ja välttämätön edellytys sille, että siitä valmistetulla proteiinilla B on tehtävä X, ja siten myös proteiini B tehtävineen X on riittävä ja välttämätön edellytys sille, että geeni A on ollut sitä tuottamassa paikalle.

Tässä mielessä loogisesti ilmaistavan suhteen (teorian) ja tämän suhteen kokeellisen testaamisen jälkeen tehtävän luokittelun mukaan biologisella tehtävällä X voi kuitenkin olla myös muita sen riittäviä ehtoja. Esimerkiksi geenistä C valmistettu proteiini D tekee solu ympäristössä Y myös samaa tehtävää X, eli geenistä C valmistettu proteiini D on myös – riippumatta geenistä A valmistetusta proteiinista B – tehtävän X riittävä ehto. On siis sanottava, että jos toteamme, että geenistä A valmistettu proteiini B tai geenistä C valmistettu proteiini D tekee tehtävää X solu ympäristössä Y, niin kääntäen ei syyn ja vaikutuksen suhteen ajallisuuden mukaan voida koskaan varmasti selittää ilman kokeellista todentamista, että tehtävä X olisi aiheutunut geenistä A valmistetun proteiinin B tai geenistä C valmistetun proteiinin D olemisesta paikalla solu ympäristössä Y ilman, että todellakin kokeellisesti todennamme, että ne myös ovat tai eivät ole paikalla ko. tilanteessa. Emme voi siis päätellä tehtävän X syytä apriorisesti, vaan ainoastaan empiirisen kokeellisen tutkimuksen kautta, joka todentaa, että joko toinen tai molemmat vaikutusilmion syytekijöistä on tai ovat paikalla. Vasta tällöin on mahdollista todentaa, että sekä geenistä A tehty proteiini B tai geenistä C tehty proteiini D tai molemmat todellakin tosiasiallisesti tekevät solu ympäristössä Y tehtävää X, jolloin kyseisen tehtävän X tekeminen olisi ja on kyseisessä tapauksessa – teoreettisesti

ilmaistuna – laatujensa lukumäärän suhteen ylimäärittyntä tai monien toteumien tuottamaa.

Ylimäärittyneisyys ja monet toteumat sitä vastoin saattavat tarjota eliöille – niiden elämisen ylläpitämisen kannalta tarkasteltuna – ilmeistä etua: Mikäli esimerkiksi olisi siten, että ainoastaan geenistä A tehty proteiini B tekisi tehtävää X solu ympäristössä Y, ja tehtävä X olisi esimerkiksi jonkin aineenvaihduntatien toiminnallisen jatkumisen kannalta sen välttämätön edellytys ja samalla ehkä jopa myös kyseisen eliön elossa pysymisen välttämätön edellytys, ja esimerkiksi kyseiseen geeniin A ilmestyneen pysyvän mutaation (joka periytyy jälkeläisille) vaikutuksesta siitä tehty proteiini ei enää tekisikään tehtävää X solu ympäristössä Y, tästä seuraisi välttämättä eliön (ja sen jälkeläislinjan) eliminoituminen maailmastamme. Mikäli tällöin kuitenkin myös esimerkiksi geenistä C tehty proteiini D edelleen tekee tehtävää X solu ympäristössä Y, tehtävän X toteuttamiselle ja koko eliön elossa pysymiselle näyttäisi olevan – teoreettisesti tarkasteltuna – ilmeistä etua siitä, että monista geneista valmistettavat proteiinit tekevät soluissa samaa asiaa tarjoten eliöille tällöin paremman hengissä pysymisen mahdollisuuden kuin silloin, jos ja vain jos yksi geeni vastaa yhdestä toiminnasta solussa¹⁴⁴. Vastaavasti – teoreettisen tarkastelun kannalta – eliön aineenvaihdunnalle ja sen vaikutuksesta myös eliön yleisemmälle elossa pysymiselle olisi ilmeistä ”apua” siitä, että sen jokin geeni tuottaa jonkin tehtävänsä loppuunsaattamisen kannalta lisäksi myös mahdollisuuden, että tämä geeni ”auttaa” myös joitain muita geenejä niiden tuottamien proteiinien tehtävien loppuunsaattamisessa.

Ongelmaksi supervenienssin yhteydessä esiintyvien ylimäärittyneisyyden ja monien toteumien käsitteiden yhteydessä geenien biokemiallisten ominaisuuksien kautta tapahtuvan tarkastelun osalta jää kuitenkin edelleen se, että biokemiallisiakin tapahtumia kuvaavien ja selittävien teoriaväittämien tulisi kuvata tapahtumat siten, että nämä kuvaukset toteuttaisivat riittävyys-edellytyksen lisäksi myös lakiväittämien edellyttämän kontrafaktuaalisuuden ehdon, jonka mukaan, jos ja vain jos kaikki biokemialliset oliot A tekevät solussa biokemiallista tehtävää X, niin kun A ei ole ko. tapahtumapaikalla (mutta sen tulisi olla), emme voi aina kokeellisestikaan saada

¹⁴⁴ ks. Edelman & Gally 2001.

selville, aikaansaiko A todella kyseisen biokemiallisen tehtävän X toteutumisen, mikäli samanaikaisesti kokeellisesti olemme saaneet selville (ja teoreettisesti tiedämme), että esimerkiksi myös biokemiallinen olio C tekee samaa biokemiallista tehtävää X. Laboratorioissa kyseistä ongelmaa voidaan tutkia poistamalla paikalta tehtävän X aikaansaamisen riittävinä pitämiämme ehtoja ja tarkastella, onko näiden tekijöiden yksittäisillä tai yhteisillä paikalla olemisilla tai paikalla olemattomuuksilla vaikutuksia esimerkiksi tehtävän X toteutumisen ja aikaansaamisen laadullisiin ja määrällisiin aspekteihin. Laboratorion ulkopuolellahan elävien eliöiden elämässä nämä tehtävän X aikaansaamisen mahdolliset riittävät syytekijät taas ovat luonnollisesti aina läsnä näiden kyseisten eliöiden aineenvaihdunnallisessa toiminnassa, emmekä luultavasti tällöin sanoisi, että kyseisten eliöiden elämälle olisi parempi, että ”siellä yhtä asiaa tekisi vain jokin toinen yksi asia”: Elämän ylläpitämiselle on aivan ilmeisesti ”eduksi” tietyn tyyppinen ylimääräytyneisyys ja monet toteumat.

Ylimääräytyneisyys ja monet toteumat on tällöin nähtävä eliöiden rakenteen ja tähän liittyvän monimutkaisuuden ilmentymänä. Monimutkaisuus ja useat toteumat eliöiden rakenteessa sitä vastoin eivät kuitenkaan nekään aina ole johtaneet elämän historiassa eliöiden ja eliölajien elämän jatkumiseen maapallollamme. Supervenienssin vallitseminen luonnossa saattaa olla sittenkin ainoastaan monimutkaisten eliöiden kausaalisen tarkastelun kannalta hedelmällistä, ei ehkä esimerkiksi yksisoluisten ja keskushermostottomien eliöiden elämän tarkastelussa, koska ne lajina pysyvät elossa maapallollamme lisääntyen hyvin yksinkertaisillakin kyvyillään, mikäli ympäristön olosuhteet pysyvät vakaina. Vaihtelevissa ympäristöissä monista tavoista selviytyä sitä vastoin on eliöille luonnollisesti apua.

Supervenienssi-käsitteen älyllinen ”apu” reduktiokysymyksen käsittelyyn biologian ja biokemian tutkimusalojen- ja käytänteiden välillä voi olla siis se, että esimerkiksi sopeutumisen ilmiön yhteydessä voimme tunnistaa sellaisen ajatuksen, että samaa biologista asiaa elossa pysymisen suhteen voidaan toteuttaa eri eliölajien välisessä vertailussa erilaisilla tavoilla samassa ympäristössä ja toisaalta samoilla ominaisuuksilla varustetuilla eliöillä voi olla erilainen sopeutumisen taso, mikäli ne joutuvat toisenlaiseen ympäristöön. Samanlaisessa ympäristössä Y voi siis toimia yhtä menestyksellisesti erilaisten ominaisuus-konjunktioiden ABC, DFG ja HIJ

avulla. Tällöin siis, jos jollakin eliölajilla X on sopeutumisen aste E ympäristössä Y, ja jollakin toisella eliölajilla Z on sama sopeutumisen aste E samassa ympäristössä Y, emme voi aina apriorisesti päätellä, mistä tämä sopeutuminen E eri eliölajeilla kulloinkin aiheutuu, ts. emme voi suoraan päätellä näiden eliölajien sopeutumisen syitä. Mikäli siis sopeutumisen (selitettävä vaikutus) taso E ympäristössä Y aiheutuu ominaisuuksien A, B, C, D, F, G, H, I, J erilaisista yhdistelmistä, voi esimerkiksi eliölajin X, jolla on ominaisuudet A, D, F sopeutumisen taso E olla sama kuin eliölajin Z sopeutumisen taso E ympäristössä Y, jolla on ominaisuudet A, B ja C samassa ympäristössä Y.

Toisaalta supervenienssi näyttää kuitenkin edellyttävän, että jos eliölajilla X olisi täsmälleen samat kuin eliölajin Z ominaisuudet A, B ja C, niin eliölajin X sopeutumisen tason E tulisi olla sama kuin eliölajin Z sopeutumisen tason E kaikenlaisissa ympäristöissä. Suomen kielellä ilmaistuna tällainen tarkoittaa, että tällöin ominaisuudet A, B, C, D ja F näyttävät aiheuttavan sopeutumista E ympäristöoloissa Y, mutta emme osaa aina suoraan sanoa, miten kyseinen sopeutumistaso E näistä ominaisuuksista universaalisti aiheutuu riittävien ja välttämättömien ehtojen analyysin avulla, koska emme esimerkiksi ekologisella tasolla voi aina kuvata ja tietää kaikkia tekijöitä, jotka eliöiden elämää kausaalisesti kulloinkin määrittävät. Tämä taas tarkoittaa, että osaamme ”noin suunnilleen” kuvata eliöiden sopeutumiseen liittyviä ominaisuuksia ja tekijöitä, mutta emme silti aina osaa selittää emmekä ennustaa sopeutumisen astetta eri eliöillä ja eri eliölajeilla samassakaan ympäristössä, emmekä myöskään samanlaisilla eliöillä eri ympäristöissä (riittävien ja välttämättömien ehtojen avulla). Sopeutumista aiheuttavat syyt ovat tällöin eliöyksilö- ja eliölajikohtaisia sekä erilaisten paikallisten ympäristötekijöiden määrittämiä, jolloin näillä syillä ei välttämättä aina tarvitse olla yleisiä yhtäläisyyksiä ominaisuuksiensa suhteen.

Supervenienssin tapauksessa on kuitenkin osattava erottaa toisistaan termien (käsitteiden) sekä ominaisuuksien keskinäinen eroavaisuus toisistaan. Esimerkiksi vetenä olemisen kemiallisena ominaisuutena on samamerkityksinen kemiallisen H₂O:na olemisen ominaisuuden kanssa, mutta vesi terminä on eri asia kuin H₂O

terminä.¹⁴⁵ Täten esimerkiksi eri geeneistä valmistetuilla proteiineilla, joilla on eri nimet, voi silti olla olemassa yhteisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia, jotka lopulta määrittävät niiden biokemiallisen (ja samalla biologisen) tehtävän solussa, vaikkakin näillä geeneillä ja niistä valmistetuilla proteiineilla on eri nimet.¹⁴⁶

Edellisestä seuraten voimme periaatteessa kutsua sopeutuma-ominaisuuksiksi erilaisia biokemiallisia-, biologisia- tai käyttäytymisprosesseja ja samalla silti huomata, että sopeutumista aiheuttaa erilaisissa eliölajeissa erilaiset mekanismit ja ominaisuudet. Esimerkiksi särki voi turvata kylmässä vedessä elossa pysymistään kylmäentsyymiaktiivisuuden muutoksilla, mutta nieriä tekee saman asian toisin lisäämällä solukalvonsa juoksevuutta kylmässä vedessä (solukalvon rasvan läpäisykyvyn muuttumisella ympäristön lämpötilojen muuttuessa). Molemmat mekanismit turvaavat ja mahdollistavat näiden eliöiden aineenvaihdunnan toimintaa kylmässä vedessä. Lisäksi molemmat mekanismit – vaikkakin ne ovat eri mekanismeja – perustuvat näillä ulkolämpöisillä eläimillä niiden elinympäristön ulkolämpötilan pitkäaikaisen muutoksen aiheuttamaan muutokseen niiden geenien ilmaantumisessa, mutta eri aineenvaihduntateiden kautta.¹⁴⁷

Superveniessin yhteydessä on huomioitava myös, että biologian kuvaustason teorioiden sisälläkään sopeutuminen johonkin ympäristöön ei selity tai ole selittymättä pelkästään luonnonvalinnan, muunneltujen sopeutuma-ominaisuuksien tai perinnöllisyyden tuottaman genotyyppisen sopeutumisen johdosta, vaan eliöt sopeutuvat esimerkiksi myös fysiologisesti ympäristöönsä siten, että ne voivat ”venyä” esimerkiksi ympäristön lämpötilojen muutoksiin riippuen esimerkiksi ko. fysikaalisen lämpötilatekijän muutoksen nopeudesta. Luonnossa asiat voivat toisin

¹⁴⁵ ks. Kim 1992. Kim erottelee artikkelissaan termien, käsitteiden ja määritelmien väliset loogiset suhteet ominaisuuksien välisistä kausaalisisistä suhteista syyn ja vaikutuksen suhteesta puhuttaessa.

¹⁴⁶ Aiheeseen liittyy myös, että mikäli aivotilat A ja B esiintyvät jossain henkilössä aina kognitiivinen tilan E yhteydessä, kun taas joissain toisessa henkilössä samanlaisen kognitiivisen tilan E yhteydessä esiintyy aina aivotilat A ja C, on tällöin kyseisen kognitiivisen tilan ilmeneminen mahdollista useiden aivotilojen kautta. Kyseessä on kuitenkin funktionaalisen-mekanistinen yhteisesiintyvyyssuhde, jonka avulla ei voi esimerkiksi ratkaista dualismin ongelmaa (eli sitä, että aiheuttavatko aivotilat mielentiloja vai mielentilat aivotiloja) ilman materialistisen tai dualistisen ontologian taustaoletusta. Toiseksi tällaiset funktionaalisen-mekanistiset suhteet eivät paljasta, mistä tapahtumista käsin tällaiset yhteisesiintymissuhteet on aikaansaatu. Funktionaalisen-mekanistiset suhteet siis tuottavat vähemmän tietoa tapahtumista kuin syyn/syiden ja vaikutuksen/vaikutusten suhteiden kuvaukset.

¹⁴⁷ ks. Lagerspetz 1995.

olla vielä tätäkin monimutkaisempia. Tietenkin myös muut ympäristötekijät kuin esimerkiksi lämpötila vaikuttavat eliöyksilöiden elossa pysymiseen. Saman lajin jäniksillä, joilla on samat fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet on eri sopeutumisen taso eri maankolkissa siitä syystä, että toisen jäniksen elinympäristössä sattuu olemaan paikalla huuhkaja ja toisen elinympäristössä ei ole huuhkajaa. Eliön genotyypin ja sen ympäristön mahdollistamat fysiologiset sopeutuma-ominaisuudet eivät tällöin joka maankolkassa samalla tavoin määritä jäniksen elämänmahdollisuuksia, vaan jäniksen elossa pysymisen kunnollinen selittämisen jollakin alueella edellyttää myös tämän alueen fysikaalisten ja sosiaalisten ympäristötekijöiden huomioimista kyseisen jäniksen elossa pysymisen ja kelpoisuuden tarkastelussa. Sosiaalisilla ympäristötekijöillä ei tällöin tietenkään ole mitään tekemistä esimerkiksi jäniksen tasalämpöisyyden ylläpitämisen fysiologisesti tapahtuvan kausaalisen selityksen kanssa, vaan esimerkiksi kilpailijat ja saalistajat jonkin eliön elossa pysymisen selittämisen osatekijöinä ovat käytännöllisessä mielessä aitoja emergenttejä olioita, jota ei löydy eikä voida loogisesti johtaa yksittäisen jäniksen eliön miltään biokemiallisen tai fysiologisen tarkastelun kuvaustasolta, mutta jotka luonnonvalinnan kausaalisina osatekijöinä osallistuvat myös jäniksen fysikaalisten ja biokemiallisten ominaisuuksien pysyvyyden määräytymiseen.¹⁴⁸

Reduktiokysymyksen käsittelyssä supervenienssin käsitteen käyttöönotto teoreettisen biologian uudeksi ajattelulliseksi työkaluksi ei ehkä lopulta kuitenkaan tarjoa käytännön biologeille sinänsä mitään uutta tietoa luonnon tapahtumien monimutkaisuudesta tai biologisten tapahtumien laji- ja ympäristösidonnaisten tapahtumien luonteesta. Biologian ennustukset ovat kautta historian olleet

¹⁴⁸ Jonkin eliön sopeutumista yksittäisen ympäristötekijän vaihteluihin tietyllä ajallisella ja paikallisella tarkasteluvälillä kutsutaan akkliimaatioksi. Akkliimaatioita on tutkittu paljon laboratorioissa. Yksittäiset akkliimaatio-mekanismit eivät kuitenkaan riitä kuvaamaan jonkin eliön elossa pysymistä luonnossa kokonaisvaltaisesti, koska käytännössä luonnoneliöiden on useimmiten sopeuduttava yhtä aikaa lukuisiin fysikaalisiin sekä sosiaalisiin ympäristötekijöihin. Useisiin ympäristöolosuhteisiin samanaikaisesti tapahtuvaa sopeutumista kutsutaan akklimatisaatioksi, ja siihen liittyvien fysikaalisten tekijöiden lisäksi muita vaikuttavia kausaalisia tekijöitä ovat esimerkiksi samasta ravinnosta kilpailevat saman lajien ja muiden lajien edustajat sekä esimerkiksi akklimatisoituvan eliön saalistajien läsnäolo sen elinympäristössä. Asiaa monimutkaistaa myös se, että samassa elinympäristössä samaa ravintoa käyttävät saman lajien tai eri lajien väliset edustajat eivät välttämättä kilpaile keskenään ravinnosta, vaan voivat käyttää samaa ravintokohdetta samalta paikalta eri vuorokauden aikoina, ja toisaalta myös samaa ravintokohdetta lajien sisällä ja lajien välillä voidaan erikoistua hakemaan erilaisista ekologisista lokeroista ja toisaalta samalla paikalla elävät saman lajin tai eri lajien edustajat voivat joskus myös erilaistua saman ravintokohteen suhteen esimerkiksi eri kokoluokan edustajiin.

parhaimmillaankin spesifejä ainoastaan populaatiotasolla kuvaten sen keskivertoisia edustajia, mutta eivät tämän populaation sisällä ennustaen sen yksittäisten eliöedustajien elämäntaloita. Toisekseen biologian tapahtumat esimerkiksi ekologiassa ovat siinä määrin monimutkaisia, ettei sellaista kokeentekijää ehkä koskaan löydykään, joka aina etukäteen osaisi ottaa huomioon kaikki tutkimuskohteeseensa luonnossa vaikuttavat yleiset ja toisaalta taas paikalliset kausaaliset osatekijät.

Supervenienssin käsitteen käyttöönoton tarve biologian tieteen teorianmuodostuksessa sekä sen teorioiden oikeuttamisessa suhteessa fysiikan ja kemian tieteisiin lienee lopulta samasta älyllisestä ja käytännöllisestä tarpeesta lähtöisin kuin muinainen emergenssin käsitteenkin käyttöönotto: Tutkimusta biologiassa on perusteltua ja luvallista – ja sitä myös tehdään – useilla luonnon hierarkisen ja organisatorisen järjestymisen kuvaustasoilla, joista ylemmät tasot eivät aina ole teoreettisesti palautettavissa alempiinsa tosiasiallisen uusien ominaisuuksien ilmaantumisen suhteen, jolloin emme aina voi alemman kuvaustason tapahtumista koskevilla teorioilla kuvata, selittää ja/tai loogisesti ennustaa ylemmän tason kuvaustason ominaisuuksia. Tällöin ylemmän tason tapahtumat voivat edelleen kyllä olla kuvattavissa ja selitettävissä alemman tason tapahtumien kautta, mutta tämä kuvaaminen on niin monimutkaista ja kankeaa, että se käytännössä estää itse ylemmän tason tutkimuksen tekemistä ja edistymistä siinä määrin, että ylemmällä tasolla ei koskaan päästäisi tutkimaan itse tutkittavaa ilmiötä, ellei alemman tason kuvauksia ohiteta.

Supervenienssi on nähtävä kuitenkin reduktiokysymykseen suhtautumisessa emergenssiä lievemmäksi tarkastelutavaksi. ”Supervenientit selitykset” selittävät biologisia ilmiöitä, mutta toisaalta kieltävät selityksissä liikkumisen ilmiöstä (vaikutuksesta) sen syyn suuntaan, mikäli jolloin koemenetelmällisillä keinoilla ei päästä todentamaan, mitkä kyseisen vaikutuksen mahdollisista syistä ovat kulloinkin olleet paikalla sitä aiheuttamassa. Tällainen todentaminen on käytännössä mahdollista tietenkin vain laboratorioissa, joten esimerkiksi ekologisella tarkastelutasolla supervenienssin käsite saattaa tuottaa riskitekijöiden ja mahdollisuuden käsitteiden käytön kaltaisia hankaluuksia vaikutuksien aiheuttamien

syiden aprioriselle tunnistamiselle ja täten niiden syysuhteen pätevyuden arvioimiselle.

Tietoteoreettisen (episteemisen) emergenssin tarkastelussa on kuitenkin supervenienssiä ilmeisempää, että ylemmän kuvaustason ilmiöt ovat aivan erikoislaatuisia suhteessa alempien kuvaustasojensa ilmiöihin: Jos kilpailu ja saalistaminen ovat biologian ekologisia (eliöiden sosiaalisia) suhteita kuvaavien tietoteoreettisten termien välisiä suhteita kuvaavia kausaalisia väittämiä, ei käytännön ekologisessa tutkimuksessa olla aina kiinnostuneita siitä, että ontologisesti pätee, että kilpailu ja saalistaminen ovat tosiasiallisesti myös fysikaalisia tapahtumaprosesseja. Yhtä vähän esimerkiksi laboratorioissa tapahtuvassa biokemiallisessa sopeutumisprosessien selvitystyöissä – esimerkiksi lämpötilasopeutumisen yhteydessä – ollaan kiinnostuneita eliöiden välisestä kilpailusta ja saalistamisesta, sillä kilpailu ja saalistaminen eivät ensinnäkään ole biokemiallisia tai fysiologisia termejä (käsitteitä), joten niitä ei kyseisellä kuvaustasolla sen käyttämin mittauslaittein yritetä edes kuvata ja selvittää, vaan tällöin tutkitaan usein näiden sopeutumisilmiöiden biokemiallista perusmekaniikkaa. Toisekseen biokemia ei osaa redusoida vielä kaikkia molekyylibiologian termejä (koska biokemia käyttää molekyylibiologian termejä kuvauksissaan ja selityksissään) ja tapahtumia itseensä. Tällöin kilpailu ja saalistaminen ekologisina termeinä ja prosesseina eivät ehkä edes kuulu laajemman biokemiallisen tutkimusprojektin lähiongelmien vyöhykkeeseen, koska sillä näyttää olevan aivan riittävästi selitettävää (reduoitavaa) vielä molekyylibiologisissakin ilmiöissä. Käytännössä edellisistä aiheutuu, että biologisten ilmiöiden tutkimusta tehdään jatkossakin useilla kuvaustasoilla yhtäaikaisesti.

Edellisistä tarkasteluista seuraten lienee huomionarvoista, että tutkimusprojektit – fysiikasta kemiaan ja sieltä fysiologiaan ja ekologiaan – ovat kuvaustasojensa ja teorianmuodostuksensa suhteen ainakin tällä hetkellä vielä itsenäisiä tutkimusalojaan, eikä reduktion, emergenssin tai supervenienssin käsitteiden tarkastelu sinänsä näytä antavan – tietoteoreettisten termien ja teorioiden tai ontologisten olioihin ja niiden välisen toiminnan tarkastelujen nojalla – mitään perusteluita olla tutkimatta jotain tiettyä tapahtumisen järjestymistasoa itsenäisenä tutkimusprojektina: Usein jonkin kuvaustason ontologiahan (olemassa olevat oliot

ja toiminnot) on käytännössä sama asia kuin sen tietoteoria (olemassa olevien olioiden rakenne ja toiminta sekä näiden välisen tapahtumisen suhteiden määräytymistä selittävät teoriaväittämät) ja näitä asioita tutkitaan käytännöllisillä mittauslaitteilla (metodeilla), jotka mittaavat juuri näitä tiettyjä ontologisia olioita ja niiden suhteita sekä kuvaavat ja selittävät niitä näihin soveltuvien termien ja teorioiden avulla. Tällöin ei liene mahdotonta kuvitella, etteikö jollakin toisella ontologialla ja tietoteorialla ole olemassa joitain toisia olioita ja niiden välisiä suhteita koskevia teoriaväittämiä niitä tutkivine mittauslaitteineen kuin jollain toisella ontologialla ja tietoteorialla mittauslaitteineen.

Jonakin päivänä saatamme toki kuitenkin olla jo tilanteessa, jossa esimerkiksi geeneistä valmistettavien proteiinien tehtävät soluissa voidaan ennustaa, kun tiedetään, mihin fysikaalis-kemiallisiin ominaisuuksiin ja mihin muihin ympäristön säätelyominaisuuksiin niiden toiminta soluissa perustuu. Voi siis olla, ettei geeneistä yksin voida johtaa niistä valmistettavien proteiinien tehtäviä, mutta näiden proteiinien yhteisten kemiallisten ominaisuuksien tuntemisella tällaiset kysymykset voidaan ehkä joskus selittää ja ennustaa. Tällöin biokemia siis redusoi solubiologian prosessit itseensä. Ja tällöin eri geeneistä valmistettujen proteiinien tehtävät voivat hyvinkin olla jonakin päivänä ennustettavissa, kun tiedetään ja osataan paremmin huomioida myös muiden tällaisen tapahtumisen kausaalisten osatekijöiden, kuten lämpötilojen, substraattiväkevyyksien sekä muiden proteiinien itse proteiinisynteesiä säätelevien solunsisäisten, soluseinien rakenne- sekä kuljetusproteiinien sekä solunulkoisten hormonaalisten ja hermostollisten signaalinvälityksellisten tekijöiden vaikutukset geenien ilmaantumiseen. Tällöin kausaation muuttuessa moniehtoisemmaksi on selvää, että ainakin käytännön lähtökohdista liikkeelle lähtien – myös solubiologian tapahtumien ja prosessien mahdollisesti redusoiduessa biokemiaan – solubiologian termit jatkavat olemassaoloaan ymmärtämistemme perustermeinä ja ovat edelleen välttämättömiä silloin, kun näiden biokemiallisesti kuvattujen prosessien vaikutuksia aletaan tutkia laajemmissa puitteissa, esimerkiksi elion ja sen ympäristövuorovaikutuksen suhteen. Tällöin näistä biokemiallisista prosesseista ryhdytään käyttämään kuvauksellisia termejä kuten ”systeemi”, jotta niiden mahdollisia vaikutuksia ensinnäkin päästään joskus käytännössä tutkimaan.

4 Pohdintaa

Biologiassa on merkityksellistä tuntea ja tavoitella ilmiöiden aikaansaamisen sekä riittäviä empiirisiä ehtoja että näiden riittävien ehtojen välttämättömiä osatekijöitä, koska harvoin voidaan todeta, että jokin tapahtuminen selittyisi ainoastaan yhden syyilmiön ja yhden vaikutusilmiön avulla. Myös itse vaikutukset (esimerkiksi evolutiivisia sopeutumia selvitetessä) on tunnettava ja kuvattava tarkasti. Vaikutukset evolutiivisessa tarkastelussa kuvaavat biologisten ominaisuuksien merkitystä elämälle. Vaikutukset (selitettävät ilmiöt) ovat tällöin itse ”osana ilmiön kehityshistoriallisen säilymisen kausaalisessa selittämisessä, muttei itse ilmiön selityksessä¹⁴⁹”. Näitä kysymyksiä on tarkasteltu tämän tutkielman luvuissa 3.1 ja 3.2.

Mutta miten biologian tieteen päätelmät, kuvaukset, selitykset ja ennustukset suhtautuvat yleisiin empiirisen syyn ja sen vaikutuksen suhteen kriteereihin? Näitä kriteerejä ovat 1) universaali tapahtuminen, jossa myös ei-tapahtuminen voi olla syynä, 2) syyn ja vaikutuksen kuvauksellinen (”looginen”) erillisuus (vaikutus ei voi olla itsensä syy), aikajärjestys sekä epäsymmetrisuus (jos A aiheuttaa tai on mukana aiheuttamassa B:tä joko edeltäen sitä tai samanaikaisesti sen kanssa, niin B ei ole syysuhteessa A:han nähden), 3) kontrafaktuaalisen ehdon toteutuminen (jos A ei olisi ollut paikalla, niin ei B:kään olisi ollut paikalla; jos A olisi ollut paikalla, niin B:kin olisi ollut paikalla), 4) syyn ylimäärittymisen välttäminen (vaikutukselle B tulee määrittää minimaalinen riittävä määrä ”syytä” tai sen osatekijöitä) sekä 5) muutos (syyilmiö A aiheuttaa muutoksia tai ”häiriöitä” vaikutusilmiöön) ja informaation kuljetuskyky (ks. luku 2.3). Pääosa biologian selittämisen todellisista ongelmista liittyy erityisesti tarkoituksenmukaisuus-selityksiin sekä sopeutumien synnyn selityksiin – näitä kun ei voi suoraan havainnoimalla testata niiden historiallis-evolutiivisen luonteen johdosta (ks. luvut 3.2 ja 3.3.3).

- 1) *Universaalisuus tapahtumisessa.* Biologisille ilmiöille on ominaista niiden paikallinen luonne. Sopeutumien osatekijöitä ovat paikallisia eliöiden rakenne-ominaisuuksien joukkoja, joiden ansiosta eliöillä on paremmat

¹⁴⁹ Lagerspetz 1956.

mahdollisuudet selviytyä elossa ja lisääntyä elinympäristössään kuin silloin, kun niillä tällaisia ominaisuuksia ei ole. Hengissä voidaan tällöin pysyä samoissa ympäristöolosuhteissa erilaisilla rakenne- ja/tai käyttäytymis-ominaisuuksilla. Eri eliölajit ja eliölajien sisälläkin eri elinympäristöissä elävät eliöt ovatkin ”ratkaisseet” elinympäristönsä niille asettamia ”ongelmia” useilla eri tavoilla. Samoilla sopeutuma-ominaisuuksilla voi tällöin myös selviytyä heikommin, jos ympäristön olosuhteet muuttuvat ratkaisevasti, eikä eliön rakenne ja/tai käyttäytyminen kykene kompensoimaan uuden ympäristön sille asettamia vaatimuksia. Tällöinkin eliöt voivat tietysti esimerkiksi siirtyä pois epäsuotuisista elinympäristöistä.

- 2) *Syy ja vaikutuksen kuvattavissa oleva (~looginen) erillisuus, aikajärjestys ja epäsymmetrisuus.* Tarkoituksenmukaisuus-selityksissä vaikutukset ovat kielenkäytössämme loogisessa yhteydessä niiden syihin sisältyen periaatteessa sekä tällaisten väittämien premisseihin että näistä seuraaviin johtopäätöksiin: On kuin tarkoitukset (funktiot) olisivat intentionaalisen toiminnan tavoin luonnossa jo etukäteen tiedossa siten, että evoluutio-prosessi pyrki näihin päämääriin aktiivisesti.¹⁵⁰ Tarkoituksenmukaisuus on

¹⁵⁰ Tässä kohdin on tosin sanottava, että jos geeneillä tai luonnonvalinnan prosessilla ei olekaan päämääriä, niin kokonaisilla eliöillä päämäärä luontaisen toiminnan kaltaista tarkoituksenmukaisuutta kyllä esiintyy: esimerkiksi myös muilla eläimillä kuin ihmisillä näyttää olevan tekemisen kaltaisia käyttäytymistoimintoja sekä tilaansa koskevia odotuksia eli motivaatioita. Motivaatiotilojen täyttäminen on tunnusomaista eläimille siinä mielessä, että jonkin asian puuttuminen (alkutilana) saa eläimen käynnistämään ja pyrkimään tämän puutteen lopettavaa lopputilaa kohti, jonka saavuttaminen taas johtaa kyseisen motivaatiotilan vaimenemiseen (ns. negatiivinen takaisinkytkentä), ja joka on samanaikaisesti kyseisen eliön käyttäytymisen syy, vaikka se onkin loogisessa kuvauksessa sekä eliön käyttäytymisen perustelujen (alkutilan) ja niiden seurausten (lopputilan) yhteydessä tarkasteltuna osana kyseisen ilmiön sekä syytä että sen vaikutusta. Rottia, kissoja, koiria ja sikoja tarkkailemalla asiaa voi tällaisten motivaatiotilojen osalta todentaa jopa kotiolosuhteissa. Tässä mielessä lienee myös ymmärrettävää, miksi esimerkiksi etologit eivät aina ole kovin kiinnostuneita keskustelemaan muodollisen logiikan harjoittajien kanssa siitä kysymyksestä, että tautologioita ei tieteessä saa esittää, koska ne eivät lisää tietoa maailmastamme.

Edelliset ”tautologiat” kuitenkin käytännössä selittävät ja ovat tosiasiallisesti merkityksellisesti välttämättömiä eliöiden sekä evolutiivisen että yksittäisen eliön käyttäytymisen elossa pysymiseen tähtäävässä toiminnassa (ks. esim. Armstrong 1991). Takaisinkytkentä-mekanismeihin liittyen on sanottava, että jo Aristoteleen mukaan asioilla on olemassa neljänlaisia syitä: Aineellinen syy (patsaan aineellinen syy on pronssi), muodollinen eli olemuksellinen syy (patsas on pronssinen, ei pelkkä pronssi), vaikuttava syy (eli se syy, josta muutos tai lepotila saa alkunsa; esimerkiksi harkinta on toiminnan syy ja tekijä on tehdyn syy) sekä päämääräsyy (terveys on kävelyn syy) (ks. Aristoteles 1992, 30). Jos esimerkiksi takaisinkytkentä –mekanismeja tarkastellaan kokonaisena ilmiönä, ne vaikuttavat meidän silmissämme itsensä syytä eli aristoteeliselta muodolliselta eli olemukselliselta syytä. Jos taas samaa takaisinkytkentä-ilmiötä pilkotaan pienempiin osiinsa, sillä näyttää olevan sisällään myös aristoteelisesti ilmaisten kyseisen ilmiön aikaansaamisen vaikuttavien syiden seurantoja. Edelleen, kun tarkastelun kenttää laajennetaan siten, että kyseinen muodollinen syy on

kuitenkin näennäistä, kun muistamme muuntelun ja luonnonvalinnan olevan toisistaan riippumattomia prosesseja, joista muuntelu tuottaa erilaisuutta eliöyksilöihin. Nämä erilaisuudet karsiutuvat muuntelusta riippumattoman ympäristön valinnan kautta. Sen kummemmin muuntelulla kuin luonnonvalinnallakaan ei ole mitään päämäärää. Nykyisin eliöt näyttävät keskimäärin jo olevan aika hyvin sopeutuneita maapallomme niiden elämälle asettamiin vaatimuksiin, ja muuntelun tuottamat ”mutantit” ovat joko neutraaleja tai haitallisia eliöiden elinkelpoisuudelle¹⁵¹. Biologista tarkoituksenmukaisuutta tarkasteltaessa on huomioitava, etteivät kaikki eliöiden ominaisuudet tietenkään ole sopeutumia: Ihmisen nenä on tarkoituksenmukainen rakenteellinen ominaisuus esimerkiksi silmälasien kannatteluun, mutta nenän evolutiivinen tehtävä liittyy lähinnä sisään hengitettävän ilman lämmittämiseen ja hajuaistimiseen. Silmälasit ovat lisäksi tehtyjä, eivätkä nenät sinänsä ole pyrkineet muovautumaan vallitsevaan muotoonsa silmälasien kannattelua silmällä pitäen. Kaikki funktiot (tehtävät) eivät siis ole biologisia sopeutuma-ominaisuuksia. Evolutiivisissa tarkoituksenmukaisuus-selityksissä vaikutukset (lehtivihreä on kasveissa yhteyttäminen syyn osatekijä, jonka vuoksi se ominaisuutena on myös säilynyt kasveissa) ovat siis ajatuksellisesti selittämässä syytään, mutta itse prosessien selitykset ovat ilmaistavissa myös normaaleina kausaalina selityksinä (lehtivihreä A on yhteyttämisen riittävän ehdon välttämätön ja eiturha osatekijä). Huomioitavaa tällöin on, että kaikki kausaaliset selitykset eivät ole ilmaistavissa tarkoituksenmukaisuus-selityksinä, mutta kaikki tarkoituksenmukaisuus-selitykset ovat ilmaistavissa kausaalina selityksinä¹⁵².

osana jotain laajempaa kausaalista takaisinkytkentä-järjestelmän tarkastelukenttää, tarkasteltava ilmiö näyttäytyy tarkastelijalleen päämääräsyynä. Luonnonvalinta voidaan nähdä esimerkkinä tällaisesta päämääräsyyn kaltaisesta positiivisesta takaisinkytkennästä, jossa eliöpopulaation sille edullisen ominaisuuden ilmaantuminen (esimerkiksi parantaen tämän lajin kykyä välttää saalistajiaan) vaikuttaa tämän lajin runsastumista edistävästi. Vastaavaa toimintaa voidaan kuvata tapahtuvan myös eliöiden elossa pysymisen kannalta epäedullisten ominaisuuksien ilmaantumisen aiheuttamille tapahtumien seurannoille. Ominaisuudet voivat siis esimerkiksi ”osallistua itse itsensä tuottamiseen” ollen kuitenkin jossain laajemmassa kausaalisisessa tarkastelukentässä aivan ”normaaleja” kausaalisen ketjun osasia. (Ulanowicz 1991.) Tällainen tarkastelu osoittaa, ettei biologiassa yleisten tarkoituksenmukaisuus-selitysten ja teleologisten termien käyttö ole kausaalisten selitysten kannalta tarkasteltuna mitenkään hölmöä, vaan juuri kausaalisiin selityksiin pyrkimistä (Lagerspetz 1959).

¹⁵¹ Lagerspetz 1956.

¹⁵² ks. Lagerspetz 1956.

Tarkoituksenmukaisuus-selitykset on heuristisesti merkityksellisiä apuvälineitä biologisessa tutkimuksessa sekä proksimaattisten että ultimaattisten selitysten aikaansaamisessa: Vaikutusten aikaansaamisen välttämättömien ehtojen tunteminen tai tällaisten osatekijöiden tunnistamiseen pyrkiminen on kulkemista kohti erästä minimaalista ko. vaikutusilmiön riittävää (ja samalla välttämätöntä) ehtoa¹⁵³. Tarkoituksenmukaisuus-selityksissä ilmiön välttämättömistä ehdoista puhuttaessa ei tällöin puhutakaan perustelujen ja niiden seurausten loogisesta riittävydestä ja välttämättömyydestä, vaan empiirisestä syyn riittävydestä ja välttämättömyydestä. Loogiset suhteet ovat perustelujen ja niiden seurausten suhteina käänteisiä, koska ne ovat ajattomia, kun taas syyn ja vaikutuksen suhde on yksisuuntainen ja ajallinen. Lehtivihreä on kasveissa yhteyttämisen kausaalisen tarkastelun empiirinen välttämätön edellytys, jolloin yhteyttäminen ei ole missään kausaalisessa suhteessa lehtivihreän suhteen, vaikkakin logiikan mukaisesti ajatellaankin seurauslauseen totuuden olevan välttämätöntä (mutta ei riittävää) perustelunsa totuudelle¹⁵⁴. Syiden ja vaikutusten paikalla-oleminen tai paikalla-olemattomuus ovat aina tosiasiallisia välttämättömyyksiä: niiden tulee olla eksistentiaalisesti paikalla tai olla olematta siellä.

- 3) *Kontrafaktuaalisen ehdon toteutuminen.* Yksittäisessä koetilanteessa voidaan kontrolliryhmän avulla saada selville, että jonkin ilmiön aikaansaamisen eräs riittävä empiirinen ehto on myös ko. ilmiön aikaansaamisen välttämätön edellytys, mikäli poistamalla ko. syytekijän estämme koetilanteessa myös sen vaikutuksen ilmenemisen. Yleisessä mielessä tästä seuraa, että voimme väittää tunnistanemme erään tutkimuksemme alaisuudessa olevan vaikutuksen aikaansaamisen minimaalisen riittävän (ja välttämättömän) ehdon. Mikäli biologian kokeellisesti testatut havainnot (tosiasiat) järjestetään systemaattiseksi järjestelmäksi (teoriaksi, kuten ”jos A ja B, niin E”), ei ole aina mahdollista ”tietää” yksittäisten koejärjestelyjen puitteissa, mitä muita tutkittavan vaikutuksen aikaansaamisen minimaalisia riittäviä ehtoja on olemassa, jolloin pätee looginen ”takajäsenen totuudesta ei voi päätellä

¹⁵³ Lagerspetz 1956, 1959.

¹⁵⁴ ks. Lagerspetz 1998.

etujäsenen aukotonta totuutta”. Huomattava on myös, että mikäli perustelujen ja seurauksen looginen suhde koostuu useista välttämättömistä perusteluehdoista johdetusta johtopäätöksestä, ei seurauslauseen ”epätotuudesta” voi päätellä, mikä tai mitkä sen perustelut ovat vai ovatko ne kaikki epätosia. Täten esimerkiksi evoluutioteoriaa on hankalaa testata yhdessä koetilanteessa, koska ”riittää, että osoittaa yhdenkin sen välttämättömistä ehdoista epätodeksi”. Evoluutioteorian totena olemisen testattavuuden loogiset välttämättömät ehdot ovat muuntelun (A), luonnonvalinnan (B) sekä perinnöllisyyden (C) (muuntelun tuottamien ja ympäristön valinnan kautta testattujen ominaisuuksien siirtyminen jälkeläisten perimään) periaatteet¹⁵⁵. Jonkin teorian osoittaminen kokeellisesti epätodeksi onkin helpompaa silloin, mikäli jonkin vaikutuksen aikaansaamiseksi on olemassa ainoastaan yksi ominaisuuskonjunktio (riittävä ja samalla välttämätön ehto; evoluutioteoria kuuluu tällöin ”jos ja vain jos A ja B ja C, niin E”) tai silloin, kun tunnemme kaikki jonkin vaikutuksen aikaansaamisen lähtökohdat (toisistaan riippumattomat riittävät ehdot; teoriassa ilmaisten esimerkiksi ”aina ja vain jos ABC tai DFG tai HJK, niin E”).

- 4) *Syyn ylimäärittymisen ongelma*. Eläminen on elävillä eliöillä usein laadullisesti monisyistä (~ylimäärittyntä). Kuolleilla eliöillä elämä sitä vastoin on laadullisesti ja/tai määrällisesti alimäärittyntä. Kun eliöt ovat elossa ympäristössään ja lisääntyvät, ei niiden elossa pysymiseen vaikuttavia kaikkia syytekijöitä voida määrittää ja tunnistaa tarkasti kuin kontrolloiduissa olosuhteissa (laboratorioissa) ja tällöinkin vain tutkimalla muutamia tähän vaikuttavia keskeisimpiä tekijöitä kerrallaan. Elämän välttämättömien ehtojen tunnistaminen ja tähän pyrkiminen onkin empiirisesti menestyksellisempi ja tavoiteltavissa olevampi pyrkimys kuin kokonaisen elämänilmiön yleisen riittävän (ja samalla välttämättömän) ehdon nimeäminen ja siihen pyrkiminen. Mikäli haluamme selvittää mekanistisesti jonkin eliön elämän kaikkien fysikaalisten ja käyttäytymisominaisuuksien (kulloisessakin ympäristössä ja kulloisenakin ajanhetkellä) kuvattavissa olevan

¹⁵⁵ ks. Portin 2002.

”kausaaliyhtälön”, tulee tällaisesta kertomuksestamme niin pitkä ja kankea, ettei aikamme, mielenkiintomme, tieteellinen koulutustasomme ja/tai yleisempi ymmärtämisen kykymme riitä tämän kertomuksen haltuunottoon. Lisäksi tämä kertomus ei useinkaan pätsisi jonkin toisen saman lajin eliön suhteen kuin probabilistisesti ”noin suunnilleen”. Tässä mielessä biologiassa jo laadullistenkin ominaisuuksien (puhumattakaan niiden määrällisistä aspekteista) suhteiden kuvaaminen ja selittäminen tuottaa jo riittävästi biologeille teorianmuodostuksellista päänvaivaa ja ongelmia.

- 5) *Muutos ja informaation kuljetuskyky.* Syyn aiheuttama vaikutus edellyttää joko vaikutus-ilmiön laadullista ja/tai määrällistä muuttumista. Fysikaalis-kemiallisia informaation tapoja ovat energia ja aine, joiden aiheuttamat vaikutukset ilmenevät siten, että nämä vaikutukset ovat erilaisia sen jälkeen, kun niiden syy on niihin vaikuttanut. Eliöiden elossa pysymiselle tällainen muutos-vaikutus voi olla joskus jopa haitallista, joten ne pyrkivät vastustamaan takaisinkytkentä-järjestelmiensä ja/tai käyttäytymisensä avulla itseään häiritseviä vaikutuksia. Tätä eliöiden kykyä kutsutaan entropian (epäjärjestyksen) kasvun vastustamiseksi (esimerkiksi muutoin sammakko ”kuivuisi” liian suolaisessa ja ”vettyisi” liian vähäsuolaisessa vedessä) eli sisäisen tasapainon ylläpitämiseksi. Entropian periaatteen sisäinen vastustaminen (alkeellinen elossa pysyminen) tapahtuu eliöissä parhaiten ”vastustamalla tieteenfilosofian hypoteettista arvausperinnettä”, jonka mukaan tieteellisen teorian sisältö on suurimmillaan ja testattavimmillaan silloin, kun sen teorian totena olemisen todennäköisyys on mahdollisimman pieni¹⁵⁶. ”Teoretisoinnin ja arvailun periaatteista” poiketen entropian kasvun vastustaminen eliöissä / eliöillä tapahtuu parhaiten silloin, kun niissä tai niillä on ”riittävästi” suoraa ympäristöään koskevaa ”tietoa” joko rakenteessaan ja/tai käyttäytymisessään. Mitä enemmän siis oikeaa (todennäköisempää) ”tietoa” eliöissä tai eliöillä on ympäristöstään, sitä todennäköisempää on, että ne elävät maapallollamme vielä huomennakin ja tuottavat sinne jälkeläisiä. Metaforisesti ilmaistuna: Mikäli eliö joutuu etsimään aakkosista kirjaimen A, se tarvitsee vähemmän, mutta suurempaa ja mieluummin oikeaan osuvaa

¹⁵⁶ ks. Popper 1995, 218–219.

ympäristöään koskevaa ”tietoa tietääkseen”, että etsittävä kirjain todellakin on A kuin silloin, että se ei ole A. Biologisten ilmiöiden ”tarkoituksenmukaisuuden” tulkinnassa on siten oleellista tuntee myös ns. semanttisen (merkitykseen liittyvän) informaation käsite tilastollisen informaation käsitteen rinnalla.¹⁵⁷

Esimerkiksi ihmislajin evolutiivinen ilmaantuminen ja kehittyminen maapallollamme nykyiseen muotoonsa tapahtuikin evoluutiokertomuksen mukaan aluksi *arvauksien* (muuntelun) ja *kumoamisten* (luonnonvalinnan) kautta – muuttuen vähitellen *kumousten arvaamiseksi jo etukäteen*, kun eliöihin kertyi yhä todennäköisempää suoraa rakenteellista ”tietoa” niiden ympäristöstä (eliön ei-tietoinen rakenteen mukautuminen ympäristöönsä). Lopulta koitti päivä, jolloin nämä eliöt tiesivät myös *arvaavansa kumoamisia* (ympäristön tietoinen ennakointi), josta aiheutui, että he *osasivat myös kumota arvauksia* (ympäristön mukauttaminen sopivaksi eliön rakenteeseen).

Eliön ympäristön kuvaaminen ja huomioiminen on biologisten ilmiöiden syiden ja vaikutusten tunnistamisessa merkityksellistä sekä proksimaattisten että ultimaattisten selitysten aikaansaamisessa. Eliöiden ominaisuuksien määräytymisen perusehtoja on tarkasteltu tämän kirjoituksen luvuissa 3.3.2 ja 3.3.3. Proksimattisten kuvausten ja selitysten kohteena toimivat biologiassa sellaiset ilmiöt, joiden kuvaaminen ja testaaminen voidaan suorittaa kokeellisin menetelmin kerättävistä havainnoista. Tällaisten tutkimusten yhteydessä voidaan ilmiöille tunnistaa niiden aikaansaamisen ainakin eräitä minimaalisia riittäviä ja välttämättömiä monitekijäisiä ehtolauseita. John Leslie Mackien kuvaus syystä vaikutuksensa aikaansaamisen (vähintään) INUS-ehtona soveltuu ja on ymmärrettävissä tällaisen kokeellisen tutkimuksen kautta muodostettavien selitysten antamisessa. Toisaalta jos tutkittavaa ilmiöitä pilkotaan kokeellisesti vielä pienempiin osiinsa tai kun kuvaus- ja selitystasoa laajennetaan, laajenee tietysti myös kyseisen ilmiön aikaansaamisen ehtotekijöiden määräkin. Tällöin joskus tapahtumiakin voidaan pitää ominaisuuksien kaltaisina kausaalina ehtotekijöinä, vaikka näitäkin voidaan tietysti pilkkoa pienempiin osiinsa¹⁵⁸:

¹⁵⁷ ks. Lagerspetz 1966, 106–111; 1983, 51–57, 272–276.

¹⁵⁸ ks. Mackie 1974, 265; 268.

Esimerkiksi somaattisen mutaation (mutaatio eliön kehon soluissa, joka ei periydy kyseisen eliön jälkeläisille) välttämättömiä ehtoja ovat DNA-virhe (A), se, että korjausmekanismi ei solussa korjaa ko. virhettä (ei-B), se, että virhettä kantava solu ei kuole (ei-C) sekä se, että tämä solu jakaantuu (D). Näiden konjunktio (A & ei-B & ei-C & D) on somaattisen mutaation riittävä ja samalla välttämätön ehto.¹⁵⁹ Näistä esimerkiksi DNA-virhe, joka on somaattisen mutaation tapahtumisen välttämätön edellytys, voidaan tuottaa proteiinisynteesissä tietysti erilaisilla tavoilla, kuten mm. jonkin nukleotidiparin häviämisen, kahdentumisen, nurin kääntymisen jne. keinoin. Häviämiset, kahdentumiset, kääntymiset jne. esimerkiksi ovat DNA-virheen syntymisen SUNI-ehtoja ja näiden kaikkien SUNI-ehtojen disjunktio (ja/tai) taas kyseisen DNA-virheen syntymisen välttämätön edellytys. Edellisten SUNI-ehtojen kausaalisia aikaansaajia taas niinkään on olemassa useita. Pistemutaatioita aiheuttavat esimerkiksi myrkyt, radioaktiivinen säteily sekä mekaanisesti aikaansaadut kudolvauriot.

Käytännössä eliötasolla selityksellisesti liikuttaessa voidaan helpommin esittää jonkin vaikutuksen aikaansaamisen välttämättömiä ehtoja, ja näiden kautta ehkä jopa sen eräs minimaalinen riittävä ja välttämätön ehto: 1) Ilmiö A on ilmiön B välttämätön ehto, mikäli aina ilmiön A ollessa esiintymättä myös ilmiö B on esiintymättä. 2) Ilmiö A on ilmiön B riittävä ehto, mikäli aina kun ilmiö A esiintyy, niin myös ilmiö B esiintyy. 3) Ilmiö A on ilmiön riittävä ja välttämätön ehto, mikäli kun ja vain ilmiön A esiintyessä myös ilmiö B esiintyy.¹⁶⁰

Mikäli siis geeni A on jossain kausaalisessa kentässä ominaisuuden B välttämätön ehto, B ei voi ilmaantua ilman geenin A esiintymistä. Tällöin geeni A ei kuitenkaan välttämättä yksinään vielä riitä tuottamaan ominaisuutta B. Mikäli taas geeni A on ominaisuuden B syntymisen riittävä ehto, niin geenin A ilmentyessä esiintyy ominaisuutta B, mutta B voi esiintyä myös jonkin muun tekijän vaikutuksesta. Mikäli taas geeni A on ominaisuuden B sekä riittävä että välttämätön ehto, B ilmenee aina kun geeni A ilmenee, ja toisaalta B ei ilmene koskaan ellei geeni A ilmene.

¹⁵⁹ Portin 1990.

¹⁶⁰ ks. von Wright 1948

Edellisessä esimerkissä riittävää ehtoa tarkastellessamme huomaamme, että mikäli löydämme yhdenkin tapauksen, jossa geeni A ilmenee, mutta ominaisuus B ei ilmene, geeni A ei voi olla ominaisuuden B riittävä ehto. Samoin jos löydämme yhdenkin tapauksen, jossa ominaisuus B ilmenee ilman geeniä A, geeni A ei voi olla ominaisuuden B välttämätön ehto.¹⁶¹

Huomioitavaa biologisten ilmiöiden kuvauksissa ja selityksissä on kuitenkin, että joskus jonkin ilmiön syntyminen välttämätön (mutta ei riittävä) ehto voi kyllin voimakkaasti esiintyessään olla myös vaikutuksensa aikaansaamisen riittävä ehto. Esimerkiksi saasteet, ilmasto, maaperä ja tuhohyönteiset voivat olla esimerkiksi metsäkuoleman syyn välttämättömiä osatekijöitä, joskus myös (kukin yksin) kyllin voimakkaina esiintyvinä ilmiöinä jopa metsäkuoleman toisistaan riippumattomia riittäviä syytekijöitä.¹⁶² Paikalliset ja ympäristölliset vaihtelut ovat tietämyksemme suhteen biologisten ilmiöiden tapahtumisessa tavanomaisia, eikä niitä kuvaavia lakiväittämiä voida ilmaista usein kuin laadullisin (mutta ei niiden määriä ilmaisevin) kuvauksin. Biologian laadulliset ominaisuudet syinä ovat määriensä suhteen universaalien lakiväittämien kaltaisia usein ainoastaan probabilistisessä mielessä koskien tällöin populaatiotason keskivertaisia edustajia yksilöiden sijaan.

Biologiassa universaalien lakiväittämien muodostamisen lisäksi myös evolutiivis-historiallisten selitysten antaminen joidenkin sopeutumisprosessien tuottamien sopeutumien yhteydessä on hankalaa: historiallisen luonteensa vuoksi evolutiiviset selitykset pyrkivät luomaan uskottavia kertomuksia joidenkin eliölajien ominaisuuksien syntymiselle ja säilymiselle. Tällöin on hankala osoittaa, että esimerkiksi jäniksen turkin muuntuvuus valkoiseksi talven ajaksi todellakin historiallisesti tai nykyisyydessäkään yksinään selittäisi tämän ominaisuuden vallitsevuutta jäniksissä. Jänis luultavasti kerää eliönä elossa pysymiseensä tarvittavan erinomaisuutensa ankarissa luonnonolosuhteissa talven aikana useiden pienten kykyjensä avulla, kuten nopealla kyvyllä liikkua, ”lumijaloillaan”, turkkinsa värin muuntelevuudella sekä sen lämmöneristämiskyvyllä jne. Näistä mikään ominaisuus ei yksinään ole riittävää tai välttämätöntä sen elossa pysymisen kokonaisvaltaiseksi selittämiseksi, mutta nämä ominaisuudet yhdessä vastaavat

¹⁶¹ ks. von Wright 1948.

¹⁶² Portin 1990.

populaatiotasolla mitattuna sen elinympäristön sille asettamiin vaatimuksiin ainakin siinä määrin, että kyseisenlaisia jäniksiä (lajina) liikuskelee vielä nykyisinkin maapallollamme. Täten – vaikka onkin ehkä totta, että esimerkiksi jäniksen turkki yhdessä jäniksen riittävän ravinnonsaannin kanssa on sen lämpötasapainon ylläpitämisen välttämätön ehto, ei tästä luonnollisestikaan aiheudu, että kaikki näitä ominaisuuksia kantavat jänikset selviytyvät elossa suvunjatkamisikänsä tuottaen lisääntymiskykyisiä poikasia jatkamaan lajinsa olemassaoloa.

Evoluutioprosessin nimeämien muuntelun, perinnöllisyyden ja luonnonvalinnan sekä muiden ekologian fysikaalisten ja sosiaalisten suhteiden periaatteiden tunteminen nimeää kuitenkin biologisten eliöiden säilymiseen vaikuttavia osatekijöitä, vaikkakaan näistä saatavien kausaalisten prosessien kuvaukset eivät ehkä aina tuotakaan tarkkoja ennustuksia maapallomme eliöiden kulloisistakin kohtaloista: Emme aina toisaalta tunne kaikkien tapahtumien ja prosessien alkuehtoja¹⁶³ ja toisaalta emme aina myöskään voi tuntea tarkasti sen kummemmin menneisyyden, nykyisyyden kuin tulevaisuudenkaan ympäristöllisiä olosuhteita¹⁶⁴.

Luultavasti on totta, ettei elävien eliöiden hengissä pysymisen yleistä minimaalista riittävää (ja välttämätöntä) ehtoa voida biologisella kuvaustasolla lainkaan määrittää sen laadullisten ominaisuuksien määrän suhteen millekään eliölle, jolloin osaisimme myös yksittäisen eliön kohdalla ennustaa, että se toimittaa tai ei toimita elämänsä projektia maapallollamme vielä jonkin ajan kuluttua. Tästä pitää huolen viimeistään kilpailun, saalistamisen ja muiden ekologisten ympäristötekijöiden vaikutukset eliöiden elossa pysymiseen niiden elinympäristössään. Tällöin biologisen tutkimuksen tekemistä on tehtävä usein päällekkäin ja yhtäaikaaisesti usean kuvauksellisen hierarkia- ja organisaatiotason sisällä, joista esimerkiksi saalistamisen, kilpailun tai muidenkaan eliöiden ja eliölajien yhteiselämisen muotoja koskevia termejä (käsitteitä) ja tapahtumia koskevia teorioita ei voida loogisesti johtaa sen kummemmin fysiikan, kemian kuin fysiologiankaan termeistä ja teorioista. Ekologiset ominaisuudet ja tapahtumat sekä niiden seurannot ovat tietysti tällöin myös fysikaalisesti ja kemiallisesti tapahtuvien toimintojen ilmentymiä, joissa fysikaalinen energia ei häviä, vaan muuttaa muotoaan, samoin kuin kemiallinenkin

¹⁶³ ks. Lagerspetz 1956; 1959; 1969.

¹⁶⁴ ks. Tuomi 1979.

aine muuttaa ilmenemismuotojaan näissä toiminnoissa samalla kun esimerkiksi ekologinen saalistamisen prosessi vallitessaan määrittää joidenkin saalistajien ja niiden saaliseläinten fysikaalis-kemiallisten prosessien säilymistä maapallollamme. Esimerkiksi saaliseläimen kohdalla suojaväriin puuttuminen tai vajavaisuus (fysiologisesti kuvattavissa olevana ominaisuutena) saattaa lisätä sitä kantavan eliön riskiä tulla syödyksi (ekologisena prosessina), jolloin ekologiset prosessit osallistuvat fysikaalis-kemiallisesti ja fysiologisestikin kuvattavien ominaisuuksien ja prosessien säilymiseen eliöissä. Tätähän evoluutioteoria yrittääkin kuvata, selittää ja joskus jopa ennustaa muuntelun, perinnällisyyden ja ympäristön valinnan osakomponenttiensa avulla.

Reduktion, emergenssin ja supervenienssin käsitteiden sisällöllisen merkityksen tunteminen biologiassa – ja miksei muutenkin selittämiseen liittyen – saattaa olla heuristisesti teorianmuodostuksessa ja näiden teorioiden testauksessa merkityksellistä. Näitä kysymyksiä on kuvattu ja käsitelty tämän kirjoituksen luvussa 3.3.4.

Elämän ilmiötä osataan nykyisin osin kuvata, selittää ja ennustaaakin fysikaalisten ja kemiallisten olioiden ja niiden välisten tapahtumien ja prosessien funktionaalisina ja kausaalisina suhteina. Sitä vastoin emme edelleenkään osaa rakentaa eliä konstruoida elämää laboratorioissa siten, että tuntisimme elämän prosessin synnyn aikaansaamisen edes erään minimaalisen riittävän ja välttämättömän empiirisen prosessin ehdot siten, että osaisimme ulkoisen energian läsnä ollessa hiilen, vedyn, typen ynnä muiden osakomponenttien keitoksista saada aikaiseksi eliön, joka edes yksinkertaisesti jakaantumalla kahdentuu itsensä kaltaiseksi yksilöksi, muuntelee ja periyttää muunteluansa sekä samanaikaisesti kestää maapallollamme elinympäristönsä sille asettamia monimuotoisia ja monitasoisia ongelmia. Laboratorioissakaan, joissa voidaan jäljitellä maapallon elämän syntymisen alkuaikana vallinneita oletettuja hapettomia olosuhteita, ei tällaisia eliöitä ole saatu aikaiseksi, vaikkakin joitain elämisen prosessin synnyn lähtökohdallisia välttämättömiä edellytyksiä – esimerkiksi aminohappoja – laboratorioissa onkin jo pitkän aikaa saatu aikaiseksi. Ehkä emme aivan tarkasti aina osaa edes sanoa, mitä eläminen ilmiönä varsinaisesti on suhteessa sen energiakomponentteihin,

rakennusaineeksiin ja niiden toimintaan, samalla tavoin kuin emme ehkä osaa esimerkiksi erottaa aina eläinten käyttäytymistäkään liikkeen ja toiminnan termeistä.

Elämän synnyn ja mekaniikan selittäminen edellyttää kuitenkin myös kokeellista tutkimusta ja sen kautta selville saatavien kausaalisten suhteiden tuntemista. Tällaisen tutkimuksen kautta voidaan induktiivisista havainnoista muodostaa kokeellisesti testattavia hypoteeseja, teorioita ja parhaimmillaan myös ehkä lainomaisia väittämiä. Biologiassa yleisten lakiväittämien muodostaminen on kuitenkin hankalaa, koska syitä ja vaikutuksia voidaan samoille ilmiöille osoittaa olevan useita – supervenienssin sekä syyn ylimäärittymisen ja monien toteutumien tavoilla. Useista eri DNA-ketjuista valmistetut proteiinit voivat soluissa tehdä samaa asiaa. Samoin samasta DNA-ketjusta valmistettavien proteiinien tehtävät voivat olla erilaisia riippuen muista solu ympäristön säätelytekijöistä. Geenien aminohappojärjestys ei yksin siis ole siitä valmistettavan proteiinin tehtävän selittämisen suhteen riittävää, eikä apriorisesti voida aina proteiinin tehtävästään päätellä sen valmistamiseen tarvittavan geenin tai geenien aminohappojärjestystä, joka mahdollistaisi lainomaisten, laadullisten ja/tai määrällisesti matemaattisena yhtälönä ilmaistavien väittämien esittäminen biologiassa.

Toisaalta – mikäli jonkin proteiinin tehtävälle on olemassa useita riittäviä ehtoja, ei tällöin voi muun nykyisen luonnontieteellisen tietämyksen puitteissa olla ajattelemta, etteikö useilla tällaisen toiminnan aikaansaamisen riittäville ehdoilla viimein lopulta olisi olemassa jokin yhteinen ominaisuus, joka lopulta selittäisi näiden erilaisten geenipätkien aikaansaaman saman proteiinitason toiminnan jollain yhtenäisellä sähkökemiallisella ominaisuudellaan, jolloin lopulta olisimme sittenkin päätyvässä solubiologisen toiminnan selittämisessä sen biofysikaalisen ja biokemiallisen kuvaustason käyttämiseen – löytämällä biokemian tasolta solubiologista toimintaa määrittävän yhteisen välttämättömän ja ehkä riittävänkin edellytyksen: Geenin ja sitä vastaavan proteiinitason toiminnan selittämiseksi tarvittaisiinkin lopulta siis biofysikaalista ja -kemiallista kuvaustasoa solubiologisen sijaan¹⁶⁵.

¹⁶⁵ ks. esim. Lagerspetz & Lagerspetz 1979.

Edellinen tarkastelu osoittaa, että reduktio, superveniessi sekä emergenssi ovat kuvaustaso- ja teoriariippuvaisia siten, että jonkin ilmiön selittäminen ja ennustaminen riippuu varsinaisesti käyttämiemme laadullisten ehto-ominaisuuksien moninaisuudesta, näiden yksittäisten laadullisten ehto-ominaisuuksien kuvauksellisesta laajuudesta ja tarkkuudesta sekä toisaalta käytettävästä kuvauksellisen ja siihen liittyvän selittämisen hierarkia- ja organisaatiotasosta. Selittäminen on suhteellista. Joidenkin toisistaan erillisten ilmiöiden välisen kausaalisen suhteen ilmaiseminen voidaan suorittaa monen tutkimuksellisen kuvaustason termien ja teorioiden avulla. Luultavasti teorian selityksellinen yksinkertaisuus ja ennustavuus sekä myös käytännölliset ihmisperäiset tarvelähtökohdat lie nevät lopulta tällaisten eri kuvaustasojen valinnan suhteen merkityksellisiä osatekijöitä.

Emergenssin tapauksessa eri hierarkisten ja organisaatiollisten kuvaustasojen välinen reduktio lienee jokseenkin omituista esimerkiksi tapauksessa, jossa ekologisia suhteita ryhdyttäisiin kuvaamaan, selittämään sekä ennustamaan pelkästään esimerkiksi fysiikan termien ja teorioiden kautta: Fysikaalinen informaation tapa on energia, joka ei nykykäsityksen mukaan häviä, vaan muuttaa pelkästään ilmenemismuotoaan. Energian virtaaminen ekosysteemien läpi ei luultavasti kuitenkaan aina tuota kovinkaan mielenkiintoista ja uutta tietoa kaikissa ekologian tarkasteluissa, koska se ei esimerkiksi kerro, millaisten eliöiden läpi tämä energia kulloinkin ekosysteemissä virtaa. Energian säilymisen sekä esimerkiksi entropian (epäjärjestyksen) kasvun periaatteiden tunteminen ei ole biologistenkaan ilmiöiden määräytymisessä merkityksetöntä, eivätkä eliöt yhdessä ympäristönsä kanssa kokonaissysteemisesti tarkasteltaessa tee tällaisia periaatteita ainakaan kokonaan pätemättömiksi (entropian kasvu tappaa jossain vaiheessa kaikki eliöyksilöt), mutta toisaalta tällaisten periaatteiden tunteminen ei ehkä aina yksinään tuota kovinkaan mielenkiintoisia kuvauksia, selityksiä ja ennustuksia eliöiden elämästä, jolloin esimerkiksi ekologien ilmiöiden ymmärtämiseen ja siihen pyrkimiseen on välttämättä käytännössä käytettävä myös esimerkiksi saalistamisen, kilpailun ja muita eliöiden yhteiselämän kuvaukseen liittyviä termejä ja näiden termien välisiä suhteita ilmaisevia teorioita.

Reduktiokysymyksen (selittämisen) yhteydessä olisi selvitettävä emergenssin ja supervenienssin käsitteiden sisällöllisen merkityksen mahdollisen päällekkäisyys tai osoitettava näistä toinen toisen erikoistapaukseksi. Molemmat toki lopulta itsekkin pyrkivät selittämisen mahdollistamiseen jollain kuvaustasolla. Molemmat ovat biologiassa materialistiseen ontologiaan nojaavia käsitteitä, joista emergenssi osin kieltää biologisten olioiden tutkimisessa tarvittavien termien ja näiden välisten tapahtumien suhteita kuvaavien teorioiden redusoitumisen fysikaalis-kemiallisen kuvaustason termeihin ja teorioihin. Emergenssi nykyäskäytännön mukaan edelleen pätee, koska esimerkiksi fysikaalis-kemiallisten olioiden toiminnasta tuskin yksin ehkä koskaan voidaan loogisesti johtaa kokonaisten eliöiden fysikaalisen ja sosiaalisen ympäristön ominaisuuksia ja näiden välisiä toimintoja. Supervenienssi taas olettaa vahvemmin, että biologiset oliot ja niiden väliset tapahtumat eivät voi perustaltaan olla muunlaisia kuin fysikaalis-kemiallisia prosesseja niiden tapahtumisten ja näitä kuvaavien termien ja teorioiden suhteina, mutta se näyttää kieltävän nykyisen tietämuksemme valossa esimerkiksi jonkin vaikutuksen olemassaolosta sen syyn suuntaan kulkevan apriorisen päättelyn pätevyyden.

Saattaa toki kuitenkin olla, että jonain päivänä esimerkiksi DNA-ketjuista (geneistä) valmistettavien proteiinien solubiologiset tehtävät voidaan selittää ja ennustaa näiden proteiinien fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien avulla, jolloin lopulta solubiologian prosessit redusoituisivat biokemiallisiin prosesseihin nimeämällä näiden prosessien pohjana olevat fysikaalis-kemialliset ominaisuudet ja niiden aikaansaamat tapahtumat. Tällöin supervenienssia ei toki biokemiallisen kuvaustason tapahtumisena enää olisi olemassa. Biologisella kuvaustasolla se sitä vastoin kuitenkin edelleen olisi merkityksellinen: Eliön elämää ylläpitävälle tai edistävälle ominaisuudelle olisi tällöin edelleen merkityksellistä sen jatkumisen suhteen, että useista geneistä vaikutuksellisesti aiheutuu samaa biologista tehtävää. Elämän ylläpitämisessä yhdestä geenistä aiheutuva toiminta on aina alttiimpaa mutaatioiden aikaansaamille epäedullisille vaikutuksille. Tämän ovat monet aineenvaihdunnalliset häiriötilat esimerkiksi lääketieteen tutkimuksen kautta osoittaneet¹⁶⁶, joten supervenienssin käsitettä läheisesti muistuttava ja kausaalisesti ilmentävä ylimäärittyneisyys (engl. *overdetermination*) eli monisyisyys on elämälle aivan

¹⁶⁶ ks. erit. Louhiala 1998.

ilmeisesti eduksi. Aiheeseen kuuluvat monet toteumat (engl. *multiple realization*) liittyvät samaan asiaan kertomalla meille, että esimerkiksi eri eliölajit pitävät itseään elossa erilaisten rakenteellisten ja näihin rakenteisiin liittyvien toiminnallisten mekanismiensä ja muiden keinojensa välityksellä ja avulla.

Yhden geenin ja sitä vastaavan yhden toiminnan aika lienee yleisesti biologian teorianmuodostuksessa ohi ominaisuuksien synnyn ja tapahtumisen määräytymisen tarkasteluissa, mutta aivan ilmeistä on, että tällaisiakin ilmiöitä elämässä on olemassa. Häiriöt niissä tosin johtavat usein eliön toimintakyvyn heikkenemiseen ja jopa eliön menehtymiseen ja ovat tällaisenaan elämän prosessin ylläpitämisen suhteen tarkasteltuina elämän ”heikkoja lenkkejä”. Toisaalta mikään eliö ei maapallon elämänhistorian aikana ole vielä tähän päivään tultaessa sopeuttanut elämäänsä kaikkiin elämiselle otollisiin ympäristöihin ainakaan geneettisen rakenteensa ja siihen liittyvän toimintansa avulla: ”Supereliöitä” ei ole syntyjään olemassa, niitä ei koskaan ole ollut olemassa, eikä niitä koskaan tule olemaankaan olemassa, eikä sellaiseksi luulemiamme tai sellaisina pitämiämme eliöitä ole olemassa kuin suhteessa johonkin ympäristöön ja sen olosuhteisiin. Karhu voi olla sopeutumiskyvyltään metsän valtias ainoastaan siinä tapauksessa, että metsää on sen vallitsemiseen ollut olemassa ja on edelleen olemassa. Huomennakin tämän valtiuden ehdot ovat karhulle edelleen samat.

Tämän tutkielman tekemisen tarkoituksena on ollut kuvata ja ymmärtää syyn termin moninaista ja monimutkaista käyttöä biologian tieteessä. Riittävien ja välttämättömien ehtojen sekä niiden yhdistelmien tunteminen on tässä yhteydessä yritetty osoittaa merkitykselliseksi empiirisen tieteen ja sen teorianmuodostuksen ymmärtämisessä: *biologia tutkii ensisijassa kokonaisten eliöiden elämisen ylläpitämisen välttämättömiä edellytyksiä joissakin määritellyissä ympäristöolosuhteissa*¹⁶⁷. Tässä yhteydessä tässä tutkielmassa on käsitelty syyn ja vaikutuksen suhteen tarkastelun yhteydessä myös eliön ympäristön merkityksellisyyttä biologisten ominaisuuksien syntymisessä ja määräytymisessä, samoin aiheeseen liittyvien reduktion, emergenssin, supervenienssin, ylimäärityksen sekä monien toteutumien käsitteiden tuntemisen merkitystä

¹⁶⁷ ks. Lagerspetz 1959; ks. myös van der Steen 1981.

biologian tieteen tulosten ymmärtämisessä. Empiirisiä koetuloksia tässä tutkielmassa ei sitä vastoin ole voitu käsitellä ehkä riittävästi tämän kirjoituksen apriorisen luonteen vuoksi, mutta aihepiirin sisällöllisen ymmärtämisen kannalta keskeisimmät kysymykset on ainakin osin omistuttu tunnistamaan.

Lähteet

Ariew, André 2003: *Ernst Mayr's 'ultimate / proximate' distinction reconsidered and reconstructed*. *Biology and philosophy* 18: 553–565.

Aristoteles 1992: *Fysiikka*. Gaudeamus. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä. Suomentaneet Tuija Jatakari ja Kati Näätäsaari alkuperäisteoksesta *Physica*.

Armstrong, Doug 1991: *Levels of cause and effect as organizing principles for research in animal behaviour*. Review. *Canadian journal of zoology* 69: 823–829.

Ayala, Francisco 1974a: *Introduction*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: i–xvi.

Ayala, Francisco 1974b: *The concept of biological progress*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: 339–355.

Ayala, Francisco & Theodosius Dobzhansky (eds.) 1974: *Studies in the philosophy of biology: reduction and related problems*. Univ. California Press. Berkeley.

Beckner, Morton 1974: *Reduction, hierarchies and organicism*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: 163–177.

Broad, C. D. 1930: *The principles of demonstrative induction* (I). *Mind* 39: 302–317.

Bunge, Mario 1980: *The mind-body problem: a psychobiological approach*. Pergamon Press. Oxford.

Burian, Richard 1998: *Sopeutuminen*. Teoksessa: Sintonen (toim.) 1998: 143–170. Suomentanut Seija Sirén teoksesta Mariorie Grene (ed.) 1983: *Dimensions of Darwinism: themes and counterthemes in twentieth-century evolutionary theory*: 287–413. Cambridge University Press. Cambridge.

Campbell, Donald 1974: '*Downward causation*' in *hierarchically organised biological systems*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: 179–186.

Cummins, Robert 1975: *Functional Analysis*. *Journal of Philosophy* 72: 741–765.

Dobzhansky, Theodosius 1974: *Chance and creativity in evolution*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: 307–338.

Ducasse, C. J. 1993: *On the nature and the observability of the causal relation*. Teoksessa: Sosa & Tooley (eds.) 1993: 125–136. Alunperin: *Journal of philosophy* (1926) 23: 57–68.

Edelman, Gerald & Joseph Gally 2001: *Degeneracy and complexity in biological systems*. *Proceedings of the national academy of sciences of the united states of america* 98: 13763–13768.

Gannett, Lisa 1999: *What's in a cause?: the pragmatic dimensions of genetic explanations*. *Biology and philosophy* 14: 349–374.

Glymour, Bruce 1999: *Population level causation and a unified theory of natural selection*. *Biology and philosophy* 14: 521–536.

Goodfield, June 1974: *Changing strategies: a comparison of reductionist attitudes in biological and medical research in the nineteenth and twentieth centuries*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: 65–86.

Heikkinen, Eino, Hannu Vuori, Tuula Laaksovirta & Pia Rosenqvist (eds.) 1980: *Research on health research*. *Publications of the academy of finland*. vol. 11. Helsinki.

Hempel, Carl 1966: *Philosophy of natural science*. Prentice-Hall, Inc. Eaglewood Cliffs.

Hume, David 1938: *Tutkimus inhimillisestä ymmärryksestä*. WSOY. Porvoo. Suomentanut Eino Kaila alkuperäisteoksesta *An inquiry concerning human understanding* (1748).

Kaila, Kai 2000: *Aivot, geenit ja ihmisyyys*. Teoksessa: Rydman (toim.) 2000: 283–294.

Kim, Jaegwon 1964: *Inference, explanation, and prediction*. *The journal of philosophy* 61: 360–368.

Kim, Jaegwon 1984: *Concepts of supervenience*. *Philosophy and phenomenological research* 45: 153–176.

Kim, Jaegwon 1992: *Multiple realization and the metaphysics of reduction*. *Philosophy and phenomenological research* 52: 1–26.

Kim, Jaegwon 1993a: *Causes and events: Mackie on causation*. Teoksessa: Sosa & Tooley (eds.) 1993: 60–74. Alunperin: *Journal of philosophy* (1971) 68: 426–441.

Kim, Jaegwon 1993b: *Causes and counterfactuals*. Teoksessa: Sosa & Tooley (eds.) 1993: 205–207. Alunperin: *Journal of philosophy* (1973) 70: 570–572.

Kincaid, Harold 1998: *Molekyylibiologia ja tieteen ykseys*. Teoksessa: Sintonen (toim.) 1998: 320–340. Suomentanut Matti Sintonen artikkelista *Molecular biology and the unity of science*. *Philosophy of Science* (1990) 57: 575–593.

Lagerspetz, Eerik & Jari Talja (toim.) 1979: *Biologian filosofia*. Dialectica ry. vol. 16 (A). Turku.

Lagerspetz, Kari 1956: *Biologisten ilmiöiden finalistisesta ja kausaalisesta selittämisestä*. *Ajatus* 19: 113–120.

Lagerspetz, Kari 1959: *Teleological explanations and terms in biology*. *Annales zoologici societatis "Vanamo"* 19: 1–73.

Lagerspetz, Kari 1966: *Eläin ja kone: luonnontutkijan esseitä*. WSOY. Porvoo.

Lagerspetz, Kari 1969: *Individuality and creativity: is biology different?*. Synthese 20: 254–260.

Lagerspetz, Kari 1980: *The problem of causality in biomedical research*. Teoksessa Heikkinen & al. (eds.) 1980: 140–147.

Lagerspetz, Kari 1983: *Sattumasta säätelyyn: eliöt sopeutuvina säätelyjärjestelminä*. WSOY. Juva.

Lagerspetz, Kari 1995: *Mechanisms of thermal acclimation in relation to ecotoxicology*. Teoksessa Munawar & Luotola (eds.) 1995: 85–94.

Lagerspetz, Kari 1998: *Tarkoituksenmukaisuus elävässä luonnossa ja sen selitykset*. Tieteessä tapahtuu 8: 38–42.

Lagerspetz, Kari & Kirsti Lagerspetz 1979: *Ajatuksia reduktion ongelmasta*. Psykologia 14: 3–7.

Launis, Veikko & Markku Oksanen (toim.) 2002: *Viisauden ystävyys. Kirjoituksia Juhani Pietariselle*. Filosofian laitoksen julkaisuja. Turun yliopisto.

Lewis, David 1993: *Causation*. Teoksessa Sosa & Tooley (eds.) 1993: 193–204. Alunperin: Journal of philosophy (1973) 70: 556–567.

Louhiala, Pekka 1998: *Synyn käsite lääketieteessä*. Duodecim 114: 2354–2356.

Mackie, John 1974: *The cement of the universe: a study of causation*. Clarendon press. Oxford.

Mackie, John 1993: *Causes and conditions*. Teoksessa Sosa & Tooley (eds.) 1993: 33–55. Alunperin: American philosophical quarterly (1965) 2: 245–255, and 261–264.

Mayr, Ernst 1961: *Cause and effect in biology*. Science 134: 1501–1506.

Mayr, Ernst 1988: *Towards a new philosophy of biology – observations of an evolutionist*. The Belknap press of Harvard University Press.

Mayr, Ernst 1992: *The idea of teleology*. Journal of the history of ideas 53: 117–135.

Mill, John 1965/1843: *A system of logic. Book VI: on the logic of the moral sciences*. The Bobbs-Merrill Company, Inc. USA.

Munawar, Mohiuddin & Marja Luotola (eds.) 1995: *The concomitant in the nordic ecosystem: dynamics, processes & fate*. Ecovision World Monograph Series.

Niiniluoto, Ilkka 1994: *Scientific realism and the problem of consciousness*. Teoksessa: Revonsuo & Kamppinen (eds.) 1994: 33–54.

Peirce, Charles 2001: *Johdatus tieteen logiikkaan – ja muita kirjoituksia*. Vastapaino. Tampere. Suomentanut Markus Lång.

Popper, Karl 1995: *Arvauksia ja kumoamisia: tieteellisen tiedon kasvu*. Suomentanut Eero Eerola alkuperäisteoksesta *Conjectures and refutations* (1963).

Portin, Petter 1986: *Heritability and inevitability*. Hereditas 105: 163.

Portin, Petter 1990: *Syyin käsitteestä biologiassa*. Luonnon tutkija 94: 183–184.

Portin, Petter 1991: *Riskitekijän käsitteestä biologiassa*. Luonnon tutkija 95: 194.

Portin, Petter 2002: *Fakta, syy, totuus, hypoteesi, laki ja teoria biologiassa*. Teoksessa: Launis & Oksanen (toim.) 2002: 58–63.

Quenette, P. Y. 1993: *Why biologists do not think like newtonian physicists*. Oikos 68: 361–363.

Revonsuo, Antti 1994: *In Search of the science of consciousness*. Teoksessa: Revonsuo & Kamppinen (eds.) 1994: 249–285.

Revonsuo, Antti & Matti Kamppinen (eds.) 1994: *Consciousness in philosophy and cognitive neuroscience*. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale. New Jersey.

Rosenberg, Alexander 1998: *Biologisten käsitteiden päättäminen*. Teoksessa: Sintonen (toim.) 1998: 301–319. Suomentanut Matti Sintonen artikkelista *The supervenience of biological concepts*. *Philosophy of Science* (1978) 45: 368–386.

Rydman, Jan (toim.) 2000: *Maailmankuvaa etsimässä. Tieteen päivät 1997*. 4. painos. WSOY. Helsinki.

Salmon, Wesley 1993: *Causality: production and probagation*. Teoksessa: Sosa & Tooley (eds.) 1993: 154–171.

Scriven, Michael 1959: *Explanation and prediction in evolutionary theory*. *Science* 130: 477–482.

Scriven, Michael 1993: *Defects of the necessary condition analysis of causation*. Teoksessa: Sosa & Tooley (eds.) 1993: 56–59. Alkujaan teoksessa: Dray, William (ed.) 1966: *Philosophical analysis and history*. HarperCollins Publishers.

Searle, John 1994: *The problem of consciousness*. Teoksessa: Revonsuo & Kamppinen (eds.) 1994: 93–104.

Short, T. L. 2002: *Darwin's concept of final cause: neither new nor trivial*. *Biology and philosophy* 17: 323–340.

Sintonen, Matti (toim.) 1998a: *Biologian filosofian näkökulmia*. Gaudeamus. Tampere.

Sintonen, Matti 1998b: *Biologian filosofia: reduktiosta päättämiseen*. Teoksessa: Sintonen (toim.) 1998: 11–40.

Sosa, Ernest & Michael Tooley (eds.) 1993: *Causation*. Oxford University Press. New York.

van der Steen, W. J. 1981: *Testability and temperature adaptation*. *Oikos* 37: 123–125.

Susser, Mervyn 1973: *Causal thinking in the health sciences: concepts and strategies of epidemiology*. Oxford University Press. New York.

Thorpe, William 1974: *Reductionism in biology*. Teoksessa: Ayala & Dobzhansky (eds.) 1974: 109–138.

Tiainen, Sakari 2002: *Teksti ja tiedonkäsitys*. *Kanava* 3: 184–188.

Tuomela, Raimo 1994: *The fate of folk psychology*. Teoksessa: Revonsuo & Kamppinen (eds.) 1994: 227–248.

Tuomi, Juha 1979: *Luonnonvalinta lajien synnyssä*. Teoksessa: Lagerspetz & Talja (toim.) 1979: 71–87.

Ulanovicz, Robert 1991: *Aristotelian causalities in ecosystem development*. *Oikos* 57: 42–48.

Voipio, Paavo 2001: *Biologia, historismi ja tarkoituksenmukaisuus*. *Tieteessä tapahtuu* 7: 34–37.

Waters, C. Kenneth 1998: *Causal regularities in the biological world of contingent distributions*. *Biology and philosophy* 13: 5–36.

Wilson, Edward 2001: *Konsilienssi. Tiedon yhtenäisyys*. Terra Cognita. Hakapaino. Helsinki 2001. Suomentanut Kimmo Pietiläinen alkuperäisteoksesta *Consilience – the unity of knowledge* (1998).

von Wright, Georg 1942. *Några anmärkningar om nödvändiga och tillräckliga betingelser*. *Ajatus* 11: 220–239.

von Wright, Georg 1948: *Some principles of eliminative induction*. *Ajatus* 15: 315–328.

von Wright, Georg 1971: *Explanation and understanding*. Routledge & Kegan Paul Ltd. London.

von Wright, Georg 1973: *On the logic and epistemology of the causal relation*. Teoksessa Sosa & Tooley (eds.) 1993: 105–124. Alunperin teoksessa: Suppes P. et al. (eds.) 1973: *Logic, methodology and philosophy of science IV*. Amsterdam.

Wright, Larry 1973: *Functions*. *The Philosophical Review* 82: 139–168.

