

Pro gradu -tutkielma

**Maailma muuttui – muuttuiko ekologinen tutkimus?
Ekologia-aiheiset artikkelit Nature- ja Science-lehdissä
1981 – 2000**

Juha Lindy



Jyväskylän yliopisto

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ekologia ja ympäristöhoito

12.5.2008

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Ekologia ja ympäristöhoito

LINDY, J. : Maailma muuttui – muuttuiko ekologinen tutkimus? Ekologia-
aiheiset artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000

Pro gradu -tutkielma: 70 s.

Työn ohjaajat: Dos Hannu Pietiäinen (HY), Dos Leena Lindström

Tarkastajat: Dos. Janne Kotiaho, Dos Leena Lindström

Toukokuu 2008

Hakusanat: [Ekologia, ilmastonmuutos, Nature- ja Science-lehdet, tiedepolitiikka, tiedon lou-
hinta, tiedon ontogenia, tieteen kehitys, ympäristötieteet]

TIIVISTELMÄ

Pyrkimykseni oli selvittää ekologisen tieteen kehitystä tietokantamerkintöjen perusteella. Kahdessa merkittävimässä luonnontieteellisessä aikakauslehdessä, Nature- ja Science-lehdessä julkaistut ekologiset artikkelit 1980- ja 1990-luvuilla olivat tarkasteluni kohteena. Tutkimuksessa kehitin jaottelun, jonka avulla analysoin ekologisessa tutkimuksessa tapahtuneita muutoksia.

Ekologisten julkaisujen määrä yleisesti kasvoi em. aikavälillä. Naturessa ekologisten artikkelien osuus luonnontieteellisistä artikkeleista kasvoi, mitä ei havaittu Science-lehden julkaisussa. Merkittävin löydös oli ympäristöekologisen tutkimuksen painopisteen muutos. Globaaleja ympäristöongelmia käsittelevien artikkelien määrä lisääntyi nelinkertaiseksi tutkitun ajanjakson aikana, vaikka samanaikaisesti saastumista käsittelevien tutkimusten määrä on vähentynyt kolmasosaan.

Työssäni esitellyn tyyppistä analyysiä voidaan käyttää tiedepoliittisesti monella tavoin hyödyksi. Tuloksista on nähtävissä, että globaalien ympäristöaiheiden nousu tiedeyhteisön mielenkiinnon kohteeksi tapahtui paljon aikaisemmin, kuin niiden nousu median suosikeiksi. Esittämälläni analyysillä voi olla arvoa ennusteita laadittaessa ja myös toimenpiteitä suunniteltaessa. Ajanjaksoa vuodesta 2000 eteenpäin koskevat tutkimukset ovat meneillään. Näillä tuloksilla saattaa olla mielenkiintoa hyvin laajalla sektorilla.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Science

Department of Biological and Environmental Science
Ecology and Environmental Management

LINDY, J.: World changed – did ecological research change? Ecology-
articles in Nature and Science Magazine in years 1981 - 2000

Master of Science Thesis: 70 p.

Supervisors: Dos Hannu Pietiäinen (HY), Dos Leena Lindström

Inspectors: Dos. Janne Kotiaho, Dos Leena Lindström

May 2008

Keywords: [Climate change, Ecology, environmental sciences, Nature and Science magazines, ontogeny of knowledge, progress of science, research of science, science politics]

ABSTRACT

Two major scientific journals were analyzed for their content of ecologically related articles. The examined time period was from year 1981 to 2000. A new classification, which can be used in the characterization of the ecological research by means of analysis of published scientific data, was developed for this study.

Marked changes in the amount of publications dealing with different subgroups of the ecological research field could be seen. In general number of ecological papers increased over the study period. There was a proportional increase of ecological papers in Nature but not in Science over the study period. The most important result was the finding that the articles describing global environmental issues increased fourfold during the examination period despite the fact that the number of articles dealing with environmental pollution decreased during the same period to less than one third of the starting situation.

Results obtained with the type of analysis developed in this work can be used in science politics and in planning research and development. From the results it can be seen e.g. that articles dealing with global environmental themes were increased far before their outburst in the media. That means the analysis of this type can also have predictive value. Studies are going on to lengthen the examination period up to present time. I think that these kinds of results can interest the professional circles of ecological science and also have value in other disciplines using ecological knowledge. The approach might also raise attention among larger public and lay people.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	5
1.1. Historiallinen näkökulma ekologiseen tieteeseen	5
1.2. Ekologiaa nanotasolta globaaleihin ilmiöihin	6
1.3. Tieteellisen viestinnän kirjo	8
1.4. Tutkimuksen tavoitteet	10
2. MATERIAALI JA METODIT	11
2.1. Aineiston keruu, järjestelyt ja virheiden arviointi	11
2.2. Ajalliset muutokset ja tutkijan kotimaa	13
2.3. Ekologian osa-alueiden luokittelu	14
2.3.1. Ekologian osa-alueiden määrittäminen ja ryhmittely tätä tutkimusta varten	14
2.3.2. Artikkelien sijoittaminen tätä työtä varten kehitettyihin ekologian luokitusryhmiin	18
2.4. Uudet löydökset ja tutkijoiden verkostoituminen	20
2.5. Virhelähteistä	21
3. TULOKSET	22
3.1. Lukumääräiset muutokset	22
3.2. Tutkimuskohteista	26
3.3. Ekologian eri osa-alueista	29
3.4. Huippusuorituksia	47
4. TULOSTEN TULKINTA	56
4.1. Aineiston luokittelu	56
4.2. Viittausmäärien antama tieto	57
4.3. Saamamme kokonaiskuva ekologisesta tutkimuksesta	57
4.4. Lyhyt kommentti tekstimuotoisen informaation louhinnasta	61
4.5. Menetelmän käyttökelpoisuudesta tulevaisuudessa	62
5. LIITTEET	64
Liite 1. Yleisimmät asiasanat	64
Liite 2. Kuvaluettelo	65
Liite 3. Taulukkoluetelo	67
6. LÄHTEET	68

1. JOHDANTO

Ekologian tieteenä määritteli vuonna 1866 Ernst Haeckel, jonka mukaan se on tutkimusta eliöiden ja niiden ympäristön vuorovaikutuksesta (Bramwell 1989, s.40). H. G. Andrewart-han määritelmän mukaan (1961) ekologia tutkii eliöiden levinneisyyttä ja runsautta (science of distribution and abundance) (ks. myös. Townsend ym. 2003). Pitkän linjan biologi Ernst Mayrin mukaan ekologia on kaikista biologian haaroista heterogeenisin ja laajin (Mayr 1999, s. 257). Tässä tutkielmassa rajaus siitä, mikä on ekologista tutkimusta, on ratkaistu siirtämällä määrittelyn ongelma tiedeyhteisölle ja abstraktikokoelman tuottajalle — ne artikkelit, jotka sisältyvät *Cambridge Scientific Abstracts (CSA) Ecology Abstracts* -tietokantaan (ks. 2.1) luetaan kuuluviksi ekologisen tutkimuksen alaan.

1.1. Historiallinen näkökulma ekologiseen tieteeseen

Ekologia syntyi tieteenä vasta viime vuosisadan alussa, mutta sen ituja on ollut luonnontieteessä jo antiikin ajoista lähtien. Aristoteleen aloittama luonnonhistoria kuvasi eliöiden ominaisuuksia ja tapoja, joiden perimmäisiä syitä moderni ekologia selittää (Bowler 1997). Carl Linnén hahmottelema käsite *luonnon talous* yritti ymmärtää eliöläjien suhteita ja havaitsi mm. saaliita olevan aina runsaammin kuin saalistajia (Bowler 1997). Eliömaantiede syntyi hahmottamaan eliöiden maantieteellistä levinneisyyttä — Alexander von Humboldt mm. etsi syytä kasvien jakautumiseen fysikaalisista ympäristökijöistä (Morton 1999). Kokeellisen menetelmän kehittyminen biologiaan fysiikan esimerkkiä seuraten johti aikanaan myös maastossa tapahtuvan havainnoinnin kehittymiseen. Darwinin (1859) kokoama evoluutio- ja populaatioajattelu kyseenalaisti uskomuksen Luojan säätämästä luonnon tasapainosta ja pani etsimään luonnollisia (ekologisia) selityksiä eliömaailman ilmiöille.

Suuri osa varhaisista ekologeista työskenteli soveltavalla alalla (kuten maatalousentomologia), ja heidän pyrkimyksenään oli, kuten nykyäänkin, luonnon hallitseminen. Kasvitieteen puolella tutkittiin fysikaalisen ympäristön vaikutusta kasvien fysiologiaan — mm. tärkeimmät kasviravinneaineet selvitettiin jo 1800-luvulla. Frederic Clements (1916) kehitti yhteisöekologista kasvillisuustutkimusta, jonka näkemys kasviyhteisöstä organismina on saanut myöhemmin kritiikkiä. Koulukunta kehitti mm *ekologisen sukkession* käsitteen, jonka oletuksena oli epärealistinen paluu kliimaksiyhteisöön minkä tahansa häiriön jälkeen. Sitten tutkimusalueella tapahtunut vakava eroosio (1930-luvun pölymyrsky preerialla), johti näkemysten tarkistamiseen (Bowler 1997). Myös eläimiin sovellettiin yhteisöekologiaa, mutta brittiläisen Charles Eltonin (1927) populaatioiden heilahteluita tutkiva näkemys oli menestyksekkäämpi. Myöhemmin Eltonia on kritisoitu matemaattisesta epätarkkuudesta, mutta toisaalta hän ymmärsi populaatiogenetiikan kehityksen ja hän myös toi evoluutiotutkimuksen modernin synteisin aiheita eläinekologiaan (Bowler 1997).

Ekologian kehitys sotien jälkeen on ollut nousujohteista — suureksi osaksi syynä on ollut yleinen ympäristötietoisuuden nousu kasvaneiden ongelmien myötä. Toinen merkittävä kehityskulku on luonnonvalinnan ja sen kautta ekologisten tekijöiden merkityksen kasvu osana biologian kattoteoriaksi muodostunutta Darwinin evoluutioteoriaa. Alan ammattimaistumista kuvaa ekologien määrän kolminkertaistuminen vuosina 1945 – 1960 Yhdysvalloissa ja myöhempi kaksinkertaistuminen 1960 – 1970 luvuilla (Bowler 1997).

Ekologia voidaan käsittää myös laajemmin monitieteellisenä ja yhteiskunnan prosesseihin osallistuvana tieteenä, jonka taso kertoo sivilisaation suhteesta ympäröivään luontoon, jonka hyödyntämisestä ihmiskunta elää, oli se minkälaisella kehitysasteella tahansa. Ihmislajin ekologia on primitiivisellä asteella biologisen ekologian tutkimuksen piirissä, mutta ratio-

naalinen ympäristön hyödyntäminen kuuluu myös ihmis- ja insinööritieteiden piiriin. Ympäristöliikkeen historia voidaan nähdä myös ympäristötietoisuuden historiana ja erilaiset ympäristöongelmat nostivat sen tasoa jo varhain. Toisaalta joidenkin muutosten pitkä ajallinen jänne on estänyt tajuamasta esim. metsien hävittämisen etenemistä. Länsimaisen ympäristöajattelun juuria voi etsiä siirtomaasaarien rajatuissa ympäristöissä havaituista ongelmista ja romanttisesta luontokäsityksestä, joka johti luonnon esteettisten arvojen tajuamiseen (Thoreau 1854). 1800-luvulla alkanut luonnonsuojeluliike johti mm. kansallispuistojen perustamiseen ympäri maailmaa. Tällöin alkoi myös ilmaantua sen mittaluokan ympäristöongelmia, että tajuttiin esim. metsien ennen pitkää loppuvan (Diamond 2005).

Vähän tunnettu luku luonnonsuojeluliikkeen historiassa on natsien edistyskäsitys tällä alueella (Laakkonen ja Vuorisalo 2007). Myös Rudolf Steinerin mystinen filosofia on tunnettu ”ekologisuudestaan” (Bramwell 1989). Toisaalta myös rationaalinen osa liikkeestä vastustaa teknologiaoptimismia ja pitää ekosentristä ja varovaisuusperiaatteen luonnon suhteen sisäistävästä maailmankuvasta parempana. Esimerkiksi entisen tutkijan Aldo Leopoldin ajattelu on lähellä edellistä (Leopold 1949). Nykyään voisi sanoa jo useiden maiden poliittisten organisaatioidenkin sisäistäneen ainakin liturgian tasolla ihmisen riippuvaisuuden luonnosta ja varovaisuuden ympäristön suhteen. Suuria herättäjiä ovat olleet ympäristömyrkyt (Carson 1962) ja ihmiselle tärkeiden lajien uhanalaistuminen (Kokko 1950). Sittemmin vihreä liike on muuttunut poliittiseksi voimaksi ja aktivismi ja hallituksen ulkopuoliset organisaatiot tärkeiksi osiksi luonnonsuojelun kenttää. Samaten ekologia tieteenä on saavuttanut vakiintuneen aseman yhtenä tieteenalana.

1.2. Ekologiaa nanotasolta globaaleihin ilmiöihin

Jo tutkimuskohteidensa vuoksi ekologia on tieteenalana helposti monitieteistä. Ympäristötiede on mukana muodostettaessa kokonaiskuvaa ekologisesta tutkimuksesta, ellei tehdä keinotekoisia rajankäyntejä tutkimustraditioiden kesken. Toisaalta tämän tyyppistä rajausta ekologisen tieteen määrittämiseksi tapahtuu paljonkin julkaisusarjojen toimesta. Tällöin ekologian suppeassa mielessä voitaisiin kuvata olevan perustutkimuksellista, biologista ja epäpoliittista tutkimusta, jolle on ominaista kenttätutkimuksen suuri merkitys ja vahva teoreettinen pohja Darwinin luonnonvalinnassa. Lähitieteitä, joiden tutkimuskohteet ovat yhteisiä ekologian kanssa, ovat mm. eläinten käyttäytymistä tutkiva etologia ja perinnöllisyyttä tutkiva genetiikka.

Biologinen ekologia tutkii luonnon vuorovaikutuksia, jotka karkeasti hahmotellen ulottuvat yksilötasolta ekosysteemitasolle. Myös tätä alemmat (molekyylit) ja ylempät tasot (globaalit prosessit ja astrobiologia) ovat ekologisen ajattelun piirissä, joskin osaksi muiden tieteellisten traditioiden käsittelemänä. Näiden tutkimuslinjojen mekanistinen ja empiirinen ote nojautuu omiin kattoteorioihinsa eksaktimpien luonnontieteiden alalla. Ehkä merkittävin kattoteoria, johon nykyinen ekologia tukeutuu, on perinnöllisyystieteen ja evoluutioteorian moderni synteesi. Se painottaa populaatiossa vaikuttavien valintapaineiden merkitystä evoluutiolle, joka aiheutuu viime kädessä eliöpopulaation yksilöiden karsiutumisen sopeutumiskykynsä mukaan, mitä Darwinkin (Darwin 1859) korosti. Keskustelua valinnan kohteen tasosta on aikanaan käyty ja aiemmin suosittu yksilöä korkeammat valinnan tasot ovat kärsineet tappion tarkemman tarkastelun alla. Siltikään kaikki ekologinen tutkimus ei ole luonnonvalinnan tutkimusta, joten hierarkkinen jaottelu osa-alueisiin on yleisesti käytetty tapa jäsentää ekologisen tutkimuksen kenttää.

Eräs arvostettu jaottelu on jako yksilön, lajin (autekologia ja populaatiobiologia) ja yhteisötason (synekologia ja ekosysteemiekologia) ekologiaan (Mayr 1999). Toisaalta eriytyneen tradition vuoksi oseanografia ja limnologia voidaan erotella omaksi ryhmäkseen ja evo-

luutioekologia laajemman perspektiivinsä vuoksi omaksi ryhmäkseen. Fossiilisten ja subfossiilisten aineistojen analysointiin perustuu paleoekologia, jonka merkitys on kasvanut mm. ilmastontutkimuksen yhteydessä. Tämän ryhmittelyn rajat ovat varsin liukuvia ja yksittäinen tutkimus voi hyvinkin sijoittua useampaan ryhmään tai niiden välille.

Yksilöekologian uranuurtaja oli Henry Allan Gleason, joka vastusti jo varhain superorganistista yhteisöekologiaa (Gleason 1926). Yksilötason merkitys on korostunut luonnonvalinnan tasosta 1960-luvulla käydyn keskustelun yhteydessä, jossa päädyttiin ryhmävalinnan ja altruismin olemassaolon epäämiseen. Toisaalta Hamilton (1964) ja Trivers (1971) ovat tuoneet sitä takaisin keskusteluun, sukulaivalinnan ja vastavuoroisuuden tutkimuksissa (ks. myös Krebs & Davies 2003, s.265 – 283). Käyttäytymisekologia, joka on hyvin lähellä eläinten käyttäytymistiedettä, etologiaa, on luonnollisesti yksilötason tutkimusta. Mutta toisin kuin etologiassa, lähestymistapa ei ole typologinen vaan populaatiotason ilmiöitä korostava. Siksi käyttäytymisekologiassa, jossa kiinnostuksen kohteena ovat lajin sisäiset erot, tutkitaan useampia yksilöitä kuin perinteisessä etologiassa. Tutkimusaiheita ovat olleet mm. ravinnonhankinnan optimointi, seksuaalivalinta, sosiaalisten eläinten käyttäytyminen (sosiobiologia) ja elämän kulun strategiat. Evoluutioekologia sivuaa tätä ryhmää.

Lajitason ekologia voitaisiin määritellä yhtä hyvin populaatiotason ekologiaksi – populaatiobiologia on sen tärkein osa-alue. Autekologia on lähinnä lajityypillisten piirteiden kuvaamista – yleensä tutkimuskohteena on kuitenkin joku populaatio, josta tehdään yleistys lajia varten. Populaatiobiologian kehitys lähti toisaalta Charles Eltonin empiirisistä tutkimuksista ja toisaalta matemaattisista *peto-saalis* -malleista (populaatioalgebra), joita Alfred Lotka ja Vito Volterra ensimmäisinä konstruivat (Begon ym. 2005). Venäläinen Gause oli empiirikko, joka kokeili malleja ja teorioita kokeellisesti alkueläimillä (syrjäyttävän kilpailun periaate) (ks. Kormondy 1974, s. 109 - 110). Myöhemmin samoja teorioita on testattu onnistuneesti muilla lajeilla. Tietokoneiden myötä mallit ovat kehittyneet ja niitä on laadittu mm. osapopulaatioihin jakautuneille metapopulaatioille ja spatiaalisille ja maisematason säännönmukaisuuksille.

Yhteisö- ja ekosysteemitason ekologia tutkii nimensä mukaisesti laajempia monilajisia kokonaisuuksia – näkökulma on säilynyt ”holistisempänä” kuin yksilö- ja populaatioekologiassa (mm. Warder Allee 1949, ks. myös Bowler 1997, s. 477). Toisaalta moderni yhteisöekologia pyrkii kuitenkin redusoimaan kokonaisuuden matemaattisesti. Robert MacArthur kehitti yhteisöekologiaa matemaattisesti ja sivusi myös eliömaantiedettä ja lisääntymisstrategioita tutkimuksessaan sosiobiologian kehittäjän E. O. Wilsonin kanssa (MacArthur & Wilson 1967). Viimeaikainen merkittävä tutkimusaihe on ollut biodiversiteetti ja siihen liittyvät kysymykset (mm. stokastiset ja deterministiset mallit). Ekosysteemiekologian uranuurtaja oli brittiläis-amerikkalainen limnologi G. Evelyn Hutchinson, joka kritisoi mm. Eltonin populaatioekologiaa matemaattisesta epätasällisyydestä (Bowler 1997). Eugene Odum kehitti alaa eteenpäin ja kansainvälisesti toteutettiin mittava tutkimusohjelma (IBP, International Biological Programme), joka keräsi paljon tietoa maapallon eri ekosysteemeistä. Satelliittikartoituksen spesialisti James Lovelock kehitti Gaia-teorian kuvaamaan maapallon tasapainoa suojelevia mekanismeja ja on kehittänyt teoriaansa myös eteenpäin (ks. Lovelock 2006 ja Meffe ym. 1997 s.31). Teoriaa on kritisoitu superorganismiajattelusta ja luonnon tasapainon käsitteen käytöstä (ks. Miller 2002, s.62). Nytemmin ilmastomuutoksen tutkimus on kuuma aihe, johon pureutuvat monet muutkin tieteenalat kuin ekologia (ks. Flannery 2006). Monenlaista soveltavaa tutkimusta, kuten luonnonsuojelubiologiaa, voidaan katsoa kuuluvan ekologian piiriin.

Ekologisen tutkimuksen voidaan katsoa olevan kohteen asettelultaan niin yleinen ja painoarvoltaan tärkeä, että sen tutkimat ilmiöt tai niiden osat ovat jo kompleksisuutensa tähden

monien (ehkä kaikkien) tieteellisten tutkimustraditioiden kiinnostuksen kohteina. Tunnettu tosiasia on myös termin ekologia kokema inflaatio, sitä käytetään hyvin laajasti ja löysästi eri tieteen aloilla ja sitäkin vallattomammin muussa viestinnässä.

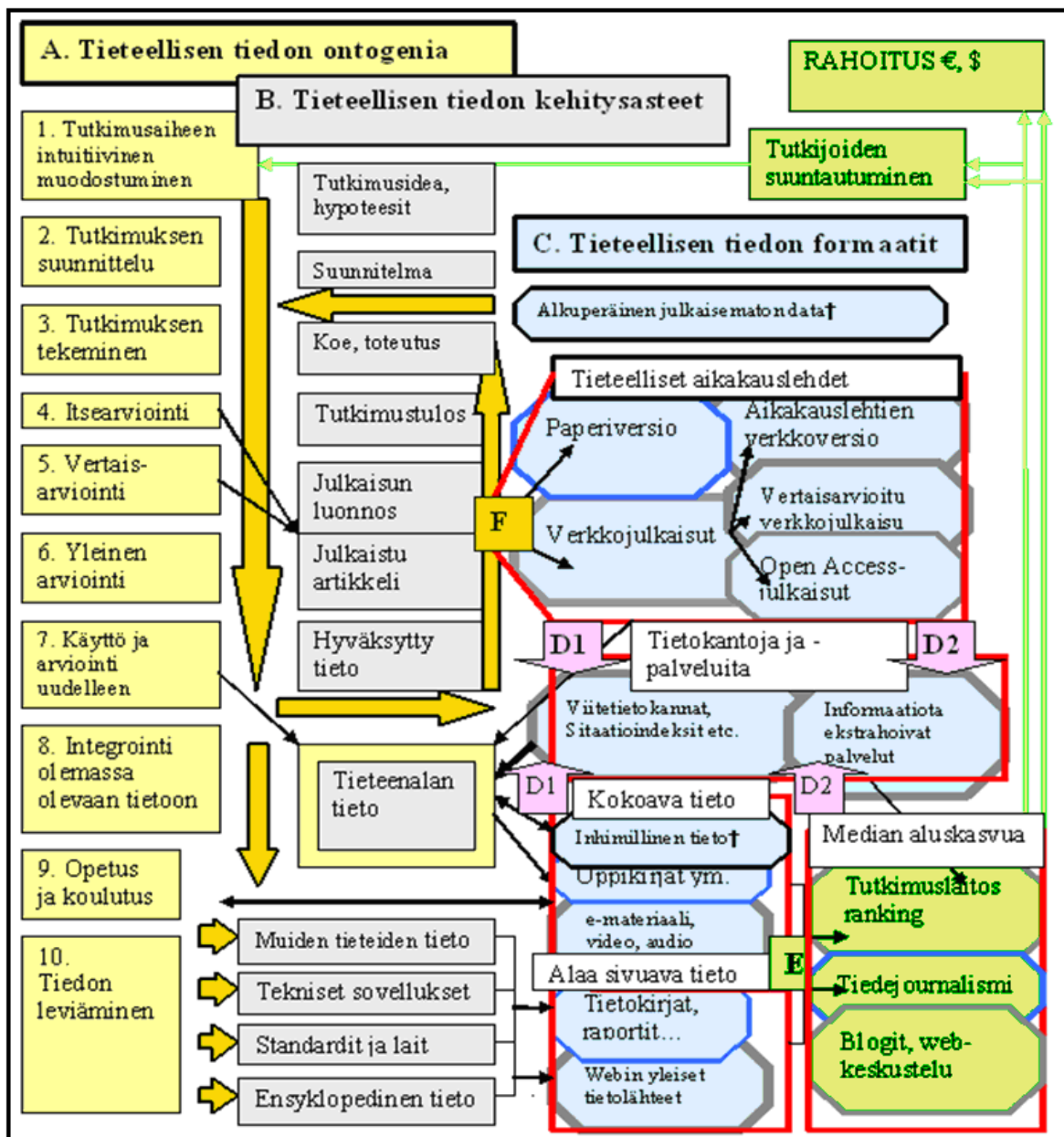
1.3. Tieteellisen viestinnän kirjo

Tieteellinen tieto tai teoriat syntyvät vasta, kun ne on julkaistu ja alistettu muun tiedeyhteisön arviolle. Tieteellisen viestinnän eräs peruseriaate on teoriaa testaavien tutkimusten kriittinen arviointi kollegojen taholta kansainvälisillä foorumeilla. Tämä tapahtuu suuressa määrin jo ennen julkaisua vertaisarvioinnissa, jonka tarkoitus on ylläpitää julkaistujen artikkelien laatua ja luotettavuutta (Kärki 2006). Anonyymit saman alan tutkijat antavat lausunnon julkaisukelpoisuudesta. Julkaistuja tutkimuksiakin toki arvioidaan ja niiden antamaa tietoa tulkitaan sekä yksittäisiin artikkeleihin viittaamalla tai laajemmissa katsauksissa. Koska tulokset ovat julkisia vasta julkaisun jälkeen, analyysi sadan vuoden takaisesta tieteen kehityksestä onkin paljon helpompaa, kuin aikalaiskäsitys tieteenalan kehityksestä. Nykyisestä runsaasta tieteellisestä julkaisumäärästä havainnot erottuvat vasta vähitellen.

Tietoyhteiskunnan kiihtyvä kehitys on lisännyt myös tieteellisten viestinnän määrää ja monimuotoisuutta. Sekä julkaisumäärien kasvu että uusien julkaisusarjojen kiihtyvä perustaminen tahti muuttavat tieteellisen tiedon entistä vaikeammin hallittavaksi. Toisaalta lisääntyvää informaatiota hallitsemaan on kehittynyt yhä parempia tekniikoita ja syntynyt uusia tieteenaloja, jotka pyrkivät ymmärtämään tiedon kenttää ja kehittämään parempia tekniikoita olemassa olevan tiedon löytämiseen ja käsittelyyn (esim. informaatiotiede). Tiedonhaulla on erittäin suuri merkitys nykyaikaiselle tietenteolle. Vaikka vanhan periaatteen mukaan uudella tiedolla on suurempi painoarvo, on olemassa oleva tieto selvitettävä ennen kuin tuotetaan uutta empiriaa.

Kuvassa 1 esitetään tieteellisen tiedon leviäminen tutkimusaiheen intuitiivisesta muodostumisesta universaaleihin tietoverkostoihin kolmelta eri kannalta tarkasteltuna. Kuvassa vasemmalla olevassa pystyrivissä (A) esitetään tieteellisen tiedon ontogenia. Tällä kehittämälläni ontogenian idealla tarkoitan tiedon muodostumista tutkimusaiheen, tutkimustyön, arvioinnin, julkaisun ja tiedon integroitumisen tieteenalan yleiseen tietoon ja siitä laajempiin verkostoihin. Kuvassa on esitetty myös (B) tiedon kehitysasteet, jotka ovat tiedon välivaiheita ontogenian polulla. Ne etenevät ideasta toteutettuun kokeeseen, julkaistun artikkelin kautta tieteenalan tiedoksi, josta suodattuu osa muiden tieteenalojen tietoon ja tietotaitoa eri yhteiskunnan alueille (teknologian sovellukset, teollisuuden standardit ja menetelmät, hallinnon säädökset sekä ensyklopedinen tieto yleiseen käyttöön). Kolmas kolumni (C) on tieteellisen tiedon formaatti. Tällä tarkoitan tiedon fyysistä ilmenemismuotoa, joka ryhmittyy erilaisiin kokonaisuuksiin, joista tärkein on ollut perinteisesti tieteelliset aikakauslehdet, jotka perinteisesti ovat olleet paperille painetussa muodossa (kuvassa esitetty sinisenä oktaedrinä). Tieto voi olla myös luonteeltaan julkaisematonta (musta 8-kulmio) tai enenevässä määrin sähköistä (harmaa 8-kulmio).

Tieto ulottuu ei-julkaistusta alkuperäisestä tutkimusdatasta tieteellisiin aikakauslehtiin, joissa sähköinen formaatti on nykyisin vallitseva. Tieteellisten aikakauslehtien suuri määrä on vaikeasti hallittavissa, joten data kerätään eri tavalla valikoiden tietokantoihin ja tietopalveluihin (Kuva 1, D1). Kehittyneempi muoto tästä on informaation ekstraktio (*information extraction, IE*), jossa tietoa suodatetaan koneellisesti isoista tietokannoista selektoivia hakuja varten (Kuva 1, D2, ks. myös tulosten tulkinta 4.4.). Kuitenkin tieteenalan



Kuva 1. Tieteellisen tiedon leviäminen tutkimusaiheen intuitiivisesta muodostumisesta lähtien suunnittelun, tutkimuksen tekemisen ja julkaisemisen kautta tieteenalan yleiseen tietoon ja universaaleihin tietoverkostoihin. A. ja B. Kahdessa vasemmassa pystylinjassa tapahtuu tiedon modaaliteetin muutos abstraktista konkreettiseen alapäin edetessä. C. Oikeanpuoleisessa pystylinjassa tiedon vaiheiden dokumentaatiot. D1. Tieteellisten julkaisujen kerääminen tietokantoihin. D2. Tiedon suodattaminen. E. Positiivinen feedback median ja rahoitustahojen kautta. F. Informaation uudelleenarvioinnin sykli, jolla on suuri merkitys tieteen ideoiden ohjautumisessa ja tiedon kasautumisessa. † Huom! Kansainväliset tieteelliset esitelmät / posterit ja tutkijoiden välinen kommunikaatio ilman julkaisuja.

tietämystä *kokoava* tieto on edelleen inhimillisen arvioinnin ja teorian muodostuksen tulosta. Se vaihtelee muodoltaan tutkijoiden kirjaamattomasta inhimillisestä tiedosta, kirjoihin ja sähköisiin esityksiin. Myös tätä tietoa kerätään (D1) tietokantoihin ja palveluihin. Sähköisen esitysmuodon kehitys on ollut viime vuosina huimaa ja tällä hetkellä eturivin tutkimuslaitokset ja aikakauslehdet lähettävät (*broadcast*) sekä multimedia-, että kirjallista materiaalia ja luentoja internetitse (*webcast*) sekä myös liikuteltaviin medioihin ladattavia

tiedostoja (*podcast*). Lisäksi samat tahot tarjoavat syötepalveluita (*RSS feeds*), joiden kautta tiedon tarvitsija voi tilata erilaisia valikomia ajankohtaisista aiheista. Kuvassa on esitetty myös tieteenalaa sivuava tieto ja median aluskasvu, joilla on takaisin kytkevä vaikutuksensa (E) tutkijoiden suuntautumiseen ennen kaikkea rahoituksen kautta. Kuvan mustat nuolet kuvaavat tiedon mahdollisia reittejä ja sidoksia. Keltaiset nuolet kuvaavat tieteen ideoiden ohjautumista ja kasautumista - edistystä, jossa uudelleen arvioinnin syklin (F) merkitys on suuri.

Etenkin nykyisessä sirpaloituneessa, satojen eri tieteenalojen sekoituksessa, eri tutkimustraditiot tutkivat samoja asioita vain hieman eri näkökulmasta. Tutkimustradition sisällä pysyminen lienee arvo sinänsä, mutta monitieteinen näkökulma tuo usein lisäarvoa tutkimuskohteen ymmärtämiseen. Vaikeutena on se tosiasia, että ymmärtääkseen toisen tieteenalan kysymyksenasettelua ja vastauksia olisi tunnettava sen teoreettiset perusteet. Toisaalta joskus pelkkä toisesta tutkimustraditiosta tuotu metodi voi uudelle alalle sovellettuna poikia merkittäviä löytöjä. Esim. erilaiset geneettiset menetit sukulaisuuden selvittämiseksi tuotuna kenttäbiologian käyttöön ovat tuoneet mahdollisuuden selvittää seksuaalivalintaa *in situ* (esim. Petrie 1994).

Kunkin tieteenalan tutkimuksen kohteen rajaus määrittyy pitkälti tieteellisen aikauslehtien julkaisupolitiikasta, joka taas määrittyy vertaisarvioinnin perusteella. Eri lehtien linjat poikkeavat jonkin verran toisistaan vaikka ne edustaisivatkin samaa tieteenalaa. Voi olla kansallisia eroja tai sitten esimerkiksi johonkin tieteen osa-alueeseen keskittyviä lehtiä. Haluttuja julkaisijoita ovat yleisluonnontieteelliset aikakauslehdet, joilla on korkea Impact Factor (*Thomson Scientific, ISI Web of Knowledge*), ts. niissä julkaistujen artikkelien saama siteerausten määrä jaettuna julkaistujen artikkelien määrällä on keskimäärin korkea. Voidaan olettaa niissä olevien artikkelien edustavan kunkin tieteenalan huippua. Tämän tutkimuksen idea on tarkastella ekologista tutkimusta kahteen yleisluonnontieteelliseen aikakauslehteen Nature- ja Science -lehtiin päätyneiden alan artikkelien perusteella.

1.4. Tutkimuksen tavoitteet

Usein tieteellisten julkaisujen tutkimuksen lähtökohtana on jokin suppea aihe, kuten yhden merkittävän artikkelin saama vastaanotto tiedeyhteisössä (Halkka 2004). Tällöin aiheen rajaus voi tapahtua seuraamalla yhden artikkelin saamia viittauksia. Uudempi tapa on edetä viittausten muodostamia polkuja, mikä on tullut helpoksi sähköisten tietokantojen kehittyttyä (Esim. *Web of Science, Cambridge Scientific Abstracts (CSA)* jne.) (ks. 1.3. Kuva 1). Edettäessä sekä eteen- että taaksepäin viittauksissa, voidaan saada selville yksittäisen tutkimusongelman ratkaisuhistoria (Kärki 2006). Subjektiiivisen harkinnan perusteella valitaan ne viittaukset, jotka kuuluvat vielä samaan aihepiiriin.

Tässä tutkimuksessani tarkastelen kokonaisen tieteenalan (ekologian) kehitystä siten, että kiinnostuksen kohteena ei ole yksittäisen aiheen kaikinpuolinen käsittely, vaan tietyllä ajanjaksolla (vuosina 1981- 2000) tietyn kynnyksen ylittäneiden artikkelien muodostama suljettu joukko, jonka perusteella arvioidaan tutkimuksen piirteitä ja painotuksia kokonaisuudessaan. Kokonaisen tieteenalan (lääketieteen) kehitystä ajan funktiona on käsitelty aikaisemmin (Saxén 2000).

Tässä pro gradu-tutkimuksessa selvitan ekologisen tutkimuksen ajallista kehitystä vuosina 1981 - 2000. Pyrin selvittämään Nature- ja Science-lehdistä kerätyn aineiston perusteella esimerkiksi millaisia muutoksia ekologisen tieteen julkaisumäärissä tapahtuu (vrt. Hanski 2006) ja pystyykö aineiston perusteella erottamaan eri ekologian tutkimusalojen eri aikojen painopiste-eroja. Aineistoni mahdollistaa myös tutkia tapahtuuko äkillisiä painopisteen muu-

toksia tieteenalan sisällä, uusien alojen syntyä tai jopa tieteellisiä vallankumouksia. Toisaalta julkaisumäärän ja aiheiden muutokset saattavat olla historiallisesti asteittaisia (Niiniluoto 1999).

Tutkin myös mahdollisia eroja tieteellisten toimijoiden välillä. Esimerkiksi voidaanko havaita alueellisia eroja julkaisufoorumin valinnassa. Eroja pyrin tarkastelemaan vertaamalla eurooppalaisen Nature-lehden ja yhdysvaltalaisen Science-lehden artikkeleita. Euroopan ja Yhdysvaltojen eroja on tutkittu esim. lääketieteen alalla (Saxén 2000). Pyrin myös selvittämään onko jotenkin mahdollista erottaa koulukuntia tai johtavia tutkimuslaitoksia aineistossa. Samalla se avaa mahdollisuuden tutkia voiko aineiston perusteella hahmottaa tutkimusryhmiä merkittävine tutkijoineen.

Viime kädessä tavoittelen kokonaiskuvaa ekologisesta tutkimuksesta. Aineiston 20 vuotta eturivin julkaisuissa tarjoaa hyvän näkökulman ekologian kehitykseen ko. ajanjaksona. Etsin menetelmää, jolla piirtää kuva siitä, kun tieteen edetessä ihmiskunnan ymmärrys ekologiastaan nousee. Aion vastata kysymykseen mitä on tapahtunut ekologiassa näiden lehtien näkökulmasta katsoen 1900-luvun kahtena viimeisenä vuosikymmenenä.

2. MATERIAALI JA METODIT

2.1. Aineiston keruu, järjestelyt ja virheiden arviointi

Suomen kansallinen elektroninen kirjasto, FinELib on kirjastojen ja korkeakoulujen muodostama konsortio (www.kansalliskirjasto.fi/kirjastoala/finelib/), joka tarjoaa jäsenilleen elektronisia aineistoja ja tietopalveluita. Yksi suurimmista kansainvälisistä elektronisten aineistojen toimittajista on CSA (Cambridge Scientific Abstracts), maailmanlaajuinen informaatioalan yhtiö (www.csa.com). CSA:n viitetietokantoja on FinELib-aineistoissa kymmeniä. Ecology abstracts on yksi tällainen viitetietokanta, johon on kerätty tärkein ekologinen tutkimus monitieteiseltä tutkimukselliselta alueelta. Aineisto rajattiin hyväksymällä mukaan ajanjaksolta 1981 – 2000 kaikki Nature- ja Science-lehtien artikkelit, jotka oli kelpuutettu CSA Ecology Abstracts -tietokantaan. Haku tehtiin Jyväskylän yliopiston kirjastossa FinELib-verkosta keväällä 2000 siten, että tietokantalähteeksi valittiin vain Ecology Abstracts. Advanced Search -haussa Nature- ja Science-lehdelle muotoiltiin jokaiselle vuodelle erillinen hakulauseke, joka perustui Source-kentässä oleviin lehtitietoihin. Sekä Nature- että Science-lehteä koskevien hakujen muotoilu ja hakutulokset tarkistettiin ennen tallentamista, ja haussa mukana tulleet, muista lehdistä peräisin olevat artikkelit poistettiin.

Tallennukseen valittiin kaikki saatavilla oleva tieto ja jokaista vuotta koskeva tieto tallennettiin erillisinä yhdenmukaisina tiedostoina levykkeelle ja yliopiston palvelimelle. Näin varmistettiin se, ettei tietokannassa mahdollisesti tapahtuva korjailutyö muuta tuloksia työn kuluessa. Tämä oli tärkeää tulevaa käsittelyä silmällä pitäen. Keväällä 2002 tehtiin uusi haku joka tuotti vuoden 2000 artikkelit. Tuolloin varmistettiin myös varhaisemmat haut. Mielenkiintoista oli, että tuolloin ei CSA:n tietokannassa ollut enää käytettävissä vuoden 1981 tietoja.

Näin hankittu 2067 ($N_{\text{Nature}} = 1132$, $N_{\text{Science}} = 935$) artikkelia koskeva tieto liitettiin yhdeksi tiedostoksi ja tallennettiin omalle tietokoneelle tekstimuodossa. Kuvassa 2 on yhtä artikkelia koskeva osa tiedostosta. Tämä pohja-aineisto säilytettiin muuttumattomana tiedostona, josta tarkoitusta varten tehdyllä ohjelmalla poimittiin koko aineistosta jokin yksittäinen tietokenttä kulloiseenkin tarkasteluun. Tietokoneohjelma laadittiin C++-kielellä. Ohjelma

tehtiin sellaiseksi, että se säilytti tietokentätiedon yhteyteen artikkelin tunnistetiedot jatkokäsittelyä varten. Ohjelmaan syötettiin hakusanaksi tietokentän nimi, jonka perusteella se tallensi jokaisesta artikkelista kyseisen tietokentän sisällön liitettynä artikkelikohtaiseen tunnistenumeroon.

Aineistosta järjestettiin Microsoft Excel -pohjainen tietokanta (Kuva 3). Kunkin artikkelin alkuperäiset tietokantatiedot transformoitiin koneellisesti siten, että jokaisella artikkelilla oli oma rivinsä ja eri tietokentät olivat kukin omalla sarakkeellaan. Eri pystysarakkeisiin kerättiin artikkelikohtaiset tiedot, joista tärkeimmät olivat artikkelin julkaisuvuosi, maa, jossa artikkelin kirjoittajan tutkimusyhteisö sijaitsi sekä ekologian osa-ala, jota artikkeli käsitteli. Tämä muuttuja määritettiin abstraktin ja muiden tietokantatietojen lukemisen perusteella välttämättä aineiston pakottamista epärealistisiin, ennalta määrättyihin karsinoin (ks. 2.3). Neljäs perusmuuttuja aineistosta on julkaisusarja. Nature- ja Science -lehtien vertailu oli keino kuvata ekologian alan kehitystä. Myös tutkimuksen kohteena oleva taksoni ja elinympäristö merkittiin ylös siltä osin kuin se oli tietokantatietojen perusteella saatavilla.

Menetelmässäni olennaista oli, että sähköisen aineiston käsittelyssä ei hukattu tietokenttien yhteyksiä toisiinsa. Artikkelin tunnistetietona toimi sama tunnistenumero, joka sillä oli ollut alkuperäisessä tietokannassa. Näin oli mahdollista helposti saada esiin alkuperäiset tiedot, jos jotain tarvetta ilmeni. Toinen sitova tieto oli lähdetieto Source-kentässä. Tämän kentän avulla voitiin helposti oikaista alkuperäisessä tietokannassa ilmenneet virheet, suorittaa sitaatiohaut ja tehdä vertailut lehtien sisällysluetteloihin.

```

Record 4 of 58
1
TI: Title
   Mate Selection and Behavioral Thermoregulation in Fowler's Toads.
AU: Author
   Fairchild, L
2
AF: Author Affiliation
   Dept. Z001., Duke Univ., Durham, NC 27708, USA
SO: Source
   Science (Washington) [SCIENCE (WASH.)], vol. 212, no. 4497, pp.
   950-951, 1981
IS: ISSN
   0036-8075
AB: Abstract
   Male Fowler's (Bufo woodhousei fowleri) toads produce mating
   calls that are affected by the body size and temperature of the
   caller. Females are able to discriminate between variations in
   these calls and select the largest available males. By
   thermoregulation, males are able to alter their calls to make them
   more attractive to females.
LA: Language
   English
SL: Summary Language
   English
PY: Publication Year
   1981
PT: Publication Type
   Journal Article
DE: Descriptors
   thermoregulatory behavior; mating behavior; vocalization behavior;
   Bufo woodhousei
ID: Identifiers
   effects on
CL: Classification
   y 25424 vertebrates (excluding fish, birds & mammals); v 25504
   vertebrates (excluding fish, birds & mammals); D 04669 Amphibians
SF: Subfile
   Animal Behavior Abstracts; Ecology Abstracts
AN: Accession Number
   0123939

```

Kuva 2. Cambridge Scientific Abstracts-tietokantakokeelman Ecology Abstracts-hakutuloksen osa tallennettuna tekstimuodossa.

1 = Artikkelin järjestysluku haussa. 2 = Tietokentän lyhenne. 3 = Tietokentän nimi. 4 = Tietokentän sisältämät tiedot. TI = Artikkelin otsikko. AU = Artikkelin kirjoittajat. AF = Artikkelissa ilmoitetut yhteystiedot (Tutkimuslaitos). SO = Artikkelin lähdetiedot. AB = Tiivistelmä. DE = Artikkelia kuvaavat asiasanat. ID = Tietokannan ylläpitäjän lisäämät asiasanat. CL = Artikkelin saama luokittelu CSA:n eri tietokannoissa (ks. 2.1) (Kaksi ensimmäistä ovat Animal Behavior Abstractsista, viimeinen Ecology Abstractsista). AN = Tämän artikkelin yksilöllinen tunnistenumero tietokannassa.

	A	B	C	D	E	F	G	DG	DH	DI	DJ
1	article	TEKNOLO	YMPÄRIS	MAKROBI	MIKROTA	OSEANO	KÄYTTÄY	PINO	CODE	VUOSI	JOURNAL
2	318401	1	0	1	0		1	1	1,2	1981	1
3	228973	0	0	0	0			1	1,4	1981	2
4	237613	0	0	0	0			1	1,1	1981	2
5	238041	0	0	0	0			1	2,12	1981	1
6	238054	0	0	0	0			1	1,4	1981	1
7	424197	0	0	0	0			1	1,4	1981	2
8	215828	1	0	0	0			1	1,1	1981	2
9	114177	1	0	1	0			1	2,5	1981	1
10	216459	1	0	1	0			1	1,1	1981	2
11	239317	1	0	1	0			1	1,1	1981	1
12	239687	1	0	1	0			1	1,4	1981	2
13	243163	1	0	1	0			1	1,1	1981	2
14	282199	0	0	0	1			1	2,5	1981	1
15	115653	1	0	0	1			1	2,5	1981	1
16	419975	0	0	0	0			1	1,2	1982	1
17	436281	0	0	0	0			1	1,2	1982	2
18	552672	0	0	0	0			1	1,4	1982	2
19	617338	0	0	0	0			1	1,2	1982	2

Kuva 3. CSA Ecology Abstracts-viitetietokannan tiedot muunnettuna Excel-tiedostoksi.

Vaakarivillä yhden artikkelin tiedot. Pystysarakkeissa eri tietoja, jotka on selvitetty alkuperäisestä Ecology Abstractsista tallennetusta tiedostosta. Pystysarakkeessa A (Article) on tietokannan tietokenttä AN: Accession Number, joka toimii jokaiselle artikkelille tunnistenumeronä. Muissa sarakkeissa on manuaalisesti prosessoituja koodattuja muiden tietokenttien tietoja, jotka on liitetty oikealle paikalleen lajittelemalla tunnistenumeron avulla. Koneellisen lajittelun tulos on tarkastettu manuaalisesti siinä yhteydessä, kun abstraktin lukemiseen perustuva artikkelin arvio on syötetty koneelle. Artikkelin ilmestymisvuotta koskeva tieto (sarake DI) on otettu lehden lähdetiedoista, koska Ecology Abstractsin ilmoittama julkaisuvuosi saattaa vuodenvaihteen tienoilla olla niistä poikkeava.

2.2. Ajalliset muutokset ja tutkijan kotimaa

Artikkelin ilmestymisvuosi ja tutkijan kotimaa ovat perustietoja tutkimusasetelmassani. Jo tiedon keruuvaiheessa havaittiin vuosittaisten artikkelien määrän silmämääräisesti kasvavan. Ecology Abstractsin julkaisuvuosietieto oli saatavilla tietokentässä Publication Year, mutta aineiston käsittelyn yhteydessä havaittiin sen ajoittain poikkeavan lähdetiedoista. Tämän vuoksi käytettiin lähdetietokenttää tutkimuksen ilmestymisen ajoittamiseksi. Samalla voitiin poistaa kaksi kertaa tietokannassa esiintyvät duplettiartikkelit, jotka olisivat muuten saattaneet jäädä huomaamatta. Tällöin voitiin havaita dupletteja, jotka olivat ilmeisesti syntyneet kirjoittajien nimijärjestyksen muuttumisesta tai jonkin kirjoittajan puuttuessa. Hankalin dupletti havaita oli tapaus, jossa artikkeli oli kirjattu tietokantaan väärin tekijälistassa toisena olleen kirjoittajan nimellä. Sivunumerot ja tiedoston lukeminen paljastivat virheen. Artikkelit tarkistettiin myös viitetietojen perusteella lehtien alkuperäisjulkaisuista internet-arkistojen avulla. Tutkimuksen ilmestymispäivä sijoittaa aikajanelle ilmestyneiden artikkeleiden lukumäärän ja muutkin selvittämäni muuttujat.

Yksittäisen tutkimuksen kotimaa saatiin tietokentästä Author affiliation. Siinä kentässä on tieto tutkimusinstituutiosta ja laitoksesta. Se antaa tiedon ensisijaisen kirjoittajan osoitteesta. Mielenkiintoa on myös sillä, että joukossa on yksityisten yritysten ja kansalaisjärjestöjen tekemiä tutkimuksia. Tutkimuksen kotimaata on usein vaikea yksiselitteisesti sijoittaa kartalle. Ensimmäinen kirjoittaja on usein nuorempi tutkija. Tutkimuksen kotimaa on usein sama kuin vanhimman kirjoittajan kotimaa ja laitoksen sijaintimaa. Yksittäinen tutkija vaihtaa instituutiota uransa aikana. Hän voi olla syntynyt yhdessä maassa, opiskellut toisessa ja työskentelee nyt kolmannessa — pian hän jo tutkii neljännessä maassa uudella kenttäasemalla. Usein paluu kotimaan tutkimusinstituutioon kuuluu urakiertoon. Kuitenkin asian voi ajatella toisin päin. Vaikka ihmiset liikkuvat, he usein myös asettuvat paikoilleen, juuri sinne missä on oikeat olosuhteet tutkimukselle. Tämän tutkimuksen eräänä tärkeänä tehtävänä on selvittää ekologisen tutkimuksen painopistealueita. Suurin osa kaikesta tutkimustoiminnasta tapahtuu Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Näiden kahden toimijan tutkimuksen määrän ja laadun tarkastelu

on mielenkiintoista ja tärkeätä. Tätä voidaan eräiltä osin lähestyä sekä tarkastelemalla julkaisusarjojen eroja, että tutkijan laitoksen kotimaata.

Tutkimusryhmän johtajan tai vanhimman kirjoittajan voi olettaa esiintyvän useimmissa tutkimusryhmänsä tuottamien artikkelien nimiluettelossa, useimmiten viimeisenä. Monet merkittävät yliopistot ja tutkimuslaitokset säilyttävät pitkää eteenpäin menevän tutkimuksen perinnettä. Joissain maissa on pidemmät perinteet ja parempi rahoitus kuin joissain toisissa. Tämän tutkielman aikajana on juuri ja juuri niin pitkä, että joitain muutoksia eri maiden kohdalla saattaa hahmottaa.

2.3. Ekologian osa-alueiden luokittelu

Science- ja Nature-lehtien ekologiaa käsittelevät kirjoitukset saatiin Ecology abstracts -viitetietokannasta (ks. 2.1). Tämän ryhmän jakaminen tutkimuksen kannalta relevantteihin ja informatiivisiin alaryhmiin oli tutkimuksen tärkeimpiä kohteita. Mielenkiintoiseksi kysymykseksi muodostui mahdollisten ekologian osa-alueiden tunnistettavuus tietokantatietojen perusteella. Näiden osa-alueiden määrittelyn tein paitsi aiemman ekologisen kirjallisuuden käyttämän jaottelun mukaan, mutta myös tutkimusaineiston sisältöön perehtymisen perusteella. Luokittelun kehittämällä ja soveltamisella aineistoon oli pyrkimyksenä tuoda esiin makrotason trendejä ekologian aiheissa. Kahdessa seuraavassa osiossa (2.3.1. ja 2.3.2.) kuvaan luokittelun yksityiskohtaisesti.

2.3.1. Ekologian osa-alueiden määrittäminen ja ryhmittely tätä tutkimusta varten

Luokitteluja voidaan **hakea avainsanoja** sisältävistä tietokentistä. Avainsanoilla ymmärretään yksittäistä sanaa joka parhaiten kuvaa tutkimuksen aihetta. Avainsanan valitsee joko artikkelin kirjoittaja tai julkaisufoorumi. Jokaisesta artikkelista on CSA:n Ecology Abstracts- abstraktitietokannassa noin 20 tietokenttää, joihin kirjataan artikkelia koskevat tiedot. Näistä avainsanoja sisältää neljä tietokenttää: Title, Abstract, Identifiers ja Descriptors (Taulukko 1). Lisäksi kentässä Classification on tietokantakohtaiselta asiasanalistalta valittu luokitteleva asiasana, joka on varustettu numerokoodilla. Tietokenttä Identifiers sisältää edelliseen lisättyjä lisämääritteitä ja se määritetään tietokannan ylläpitäjän toimesta tarvittaessa. Nämä kaksi tietokenttää ovat luonteeltaan hyvin yleisiä, eivätkä sisällä alan viimeisimpiä suuntauksia. Descriptors-kentässä on tutkimusajanjaksona kirjoittajan itsensä antamia avainsanoja, joita yhden artikkelin yhteydessä voi olla jopa 30. 1990-luvun loppupuolella Ecology abstracts on vähittäin siirtynyt asiasanoissa kontrolloidun asiasanaston käyttöön. Tämä *Life Sciences Thesaurus* on luotu ilmeisesti aiemmin tietokantaan kerättyjen asiasanojen perusteella. Descriptors-kentän avainsanat ovat monimuotoisempia kuin kaksi edellistä, niitä oli aineistossa 4017 erilaista (Taulukko 1).

Aineiston haltuun ottamiseksi muodostin artikkelien eri tietokentistä (kuten avainsanat) koneellisesti (ks. 2.1) asiasanalistoja, jotka lajittelin luonnollisiin aihepiireihin. Avainsanalistojen harvinaisempien erikoistermien merkityksiä ja yhteyksiä selvitettiin alan lähdekirjoista (Tirri ym. 1993, Allaby 1998, Begon ym. 2005, Hanski ym. 1998).

Yhtenä tärkeimmistä tarkastelun kohteista tässä työssä ovat ekologian eri osa-alueet. Työtä varten konstruoin eri ekologian osa-alueiden luokittelun, joka perustui laajaan määrään monien auktoriteettien eri aikakausina laatimia **oppikirjoja** (Taulukko 2), joiden tasoa voidaan pitää korkeana. Näiden avulla pyrin luokitteluun, jota sovelletaan tässä työssä toteutettavaan hyvin laaja-alaiseen tarkasteluun. Oppikirjojen ja avainsanojen perusteella tehtyä luokit-

Taulukko 1. Nature- ja Science-lehtien ekologian artikkeleihin liitetyt asiasanamäärät vuosina 1981 – 2000¹.

<i>Tietokentät, jotka sisältävät asiasanoja²</i>	<i>Asiasanoja yhden artikkelin tiedoissa</i>	<i>Erilaisia asiasanoja koko aineistossa</i>	<i>Asiasanoja yhteensä</i>	<i>Kirjoitusvirheitä³ (muuta epäselvyyksiä)⁴</i>
Classification ⁵	1 – 9	385	4572	0
Descriptors ⁶	1 – 30	4017	15804	6
Identifiers ⁷	0 – 11	1150	1854	3

¹ Asiasanat ovat Cambridge Scientific Abstracts (CSA) Ecology Abstracts-kokoelmasta. Aikavälillä 1981 – 2000 kokoelmassa oli 2067 Nature- ja Science-lehden artikkeleita, jotka muodostivat aineiston otannan. Abstraktikokoelman tietokantaan on kirjattu jokaisesta artikkelista tiedot koskien n.15 tietokenttää (ks. kuva 2).² Asiasanalaadut, kuten määritelty CSA-abstraktikokoelman tietokentissä. ³Aineistosta löytyneitä kirjoitusvirheitä, jotka vaikeuttavat asiasanojen perusteella tehtäviä tiedonhakuja. Lueteltuihin virheisiin ei ole sisällytetty ylimääräisiä välilyöntejä sanojen välissä, jotka poistettiin aineistosta koneellisesti. Myös kokonaisten tietokenttien tai niiden osien puuttumisesta oli havaintoja, mutta sen tyyppisten virheiden määrän arviointi on hankalaa. ⁴Lueteltujen virheiden lisäksi asiasanoissa olevia muita puutteita, jotka voivat haitata tietokannasta tehtyjä hakuja ei ole listattu tähän. ⁵Classification-tietokenttä sisältää tietokannan ylläpitäjän antaman luokittelevan numerokoodillisen asiasanan suppealta sanalistalta. Näitä luokittelevia asiasanoja voi olla 1-9 kpl, koska Ecology Abstracts näyttää myös muiden CSA:n tietokantojen (lähitieteitä) luokittelut. ⁶Descriptors -tietokenttä sisältää asiasanoja, jotka muodostavat tietokannan *Life Sciences Thesaurus* -asiasanailian. Niitä voi olla 1 – 30 kpl. ⁷Identifiers – tietokenttä sisältää vapaasti valittuja lisämääritteitä edelliseen. Näitä asiasanoja ei ole kaikkien artikkelien tiedoissa.

telua kutsutaan tässä tutkimuksessa **konventionaaliseksi jaotteluksi** (Taulukko 3a). Tällaisessa luokittelussa luokkien liian pieni määrä haittaa osa-alueiden erottumista, jopa uusien tutkimusalojen synty saattaa jäädä huomaamatta. Toisaalta tutkimuksessa käytettävien luokkien liian suuri määrä johtaa trendien näkymisen heikentymiseen. Luokkien määrä on kompromissi näiden kahden ääripään välillä.

Voidaan olettaa artikkeleissa julkaistavan tieteen olevan aiheiltaan edellä oppikirjojen vastaavasta (Kärki 2006, s. 208). Toisaalta luokat syntyvät ja hahmottuvat vasta tietyn ajan kuluessa. Tämän vuoksi eri luokittelumahdollisuuksia selvitettiin perehtymällä mahdollisimman suureen määrään oppikirjatason luokittelujärjestelmiä (Miller 2002, Krebs ja Davies 2003, Begon ym. 2005, Campbell 2005, Cox & Moore 2005). Oppikirjat ovat painotuksiltaan usein sellaisia, etteivät ne käsittele kaikkia tieteellisen ekologian tutkimusaloja. Mielenkiintoista on rajankäynti lähitieteiden välillä (ks. mm. Atlas & Bartha 1998). Toisaalta on suuri määrä ekologian oppikirjoja, jotka esittelevät erilaisia mielenkiintoisia alasuuntauksia, jotka sivuavat muita tieteenaloja. Lopputulokseen päästiin vain yhdistämällä eri luokituksia. Myös kirjoittajan oma alustava näkemys eri alojen kattavuudesta ja edustavuudesta on nähtävissä luokittelun rakenteessa.

Ekologian laaja tutkimuspiiri näyttäytyy tutkimusaineistossa ja on mielenkiintoista, että varhaisissa kirjoissa on ehkä paras kattavuus aineiston perusteella hahmottuvaan kuvaan ekologian eri osa-alueista (Odum 1971). Koska erilaisia ekologian aihepiirin luokitteluita on suuri määrä heijastaen kirjoittajien intressejä, ajan muuttumista ja ehkä tieteen muoti-ilmiöitä, tutkija on joutunut tekemään oman klassifikaation, jotta kaikkia edellä mainittuja asioita voidaan tyydyttävästi analysoida.

Taulukko 2. Eri ekologian osa-alojen kirjoja, joiden perusteella hahmotettiin tutkimuksen osa-aloja.

Tekijä	Vuosi	Kirjan nimi	Kustantaja	Paikka
Begon, M. ym.	2005	Ecology: from individuals to ecosystems.	Blackwell	Malden, MA
Sisula, H.	1980	Ekologian perusteet.	WSOY.	Juva.
May, R. (toim.)	1981	Theoretical ecology: Principles and applications.	Blackwell	Oxford.
Salt, G.W. (Toim.)	1984	Ecology and evolutionary biology. A round table on research.	University of Chicago press.	Chicago
Freedman, B.	1995	Environmental ecology: the ecological effects of pollution, disturbance and other stresses.	Academic press	San Diego
Pomeroy, L.R. ja Alberts, J.J.	1988	Concepts of ecosystem ecology	Springer-Verlag.	New York
Odum, E.P.	1971	Fundamentals of Ecology	Saunders	Philadelphia
Krebs, C.J.	2001	Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance	Benjamin Cummings.	San Francisco
Dryzek, J.S.	1987	Rational ecology: environment and political economy	Blackwell	Oxford.
Putman, R.J. ja Wratten, S.D.	1985	Principles of ecology	Croom Helm	London
Pianka, E.R.	1988	Evolutionary ecology	Harper & Row	New York
Naveh, Z. ja Lieberman, A.S.	1984	Landscape ecology: theory and application	Springer-Verlag.	New York
Whittaker, R.H.	1975	Communities and ecosystems	Macmillan	New York
Ricklefs, R.E.	1999	Ecology	W. A. Freeman and Company	New York
Pielou, E.C.	1974	Population and community ecology: principles and methods.	Gordon and Breach.	New York
Crawley, M.J. (toim.)	1986	Plant ecology.	Blackwell	Oxford.
Wöhmann, K. ja S.K. Jain, S.K. (toim.)	1984	Population biology: ecological and evolutionary viewpoints.	Springer-Verlag.	Berliini
Nybakken, J.W.	2001	Marine biology: an ecological approach.	Addison Wesley Longman.	Menlo Park, CA.
Atlas, R.M. ja Bartha, R.	1993	Microbial ecology: fundamentals and applications.	Benjamin Cummings.	Redwood City, CA.
Begon, M. ja Mortimer, M.	1986	Population ecology: a unified study of animals and plants.	Blackwell	Oxford.
Hutchinson, G.E.	1978	An introduction to population ecology.	Yale university press.	New Haven, CT.
Diamond, J. ja Case, T.J.	1986	Community ecology	Harper & Row	Cambridge, MA.
Krebs, J.R. ja Davies, N.B. (toim.)	1997	Behavioural ecology: an evolutionary approach.	Blackwell	Oxford.
Barbour, M.G. ym.	1999	Terrestrial plant ecology.	Benjamin Cummings.	Menlo Park, CA.

Klassifioinnin kehittämisessä käytettiin hyväksi myös **tietokantojen luokitteluita**. Ecology Abstracts tietokannassa on Subfile -tietokenttä (Kuva 2), joka kertoo minkä muiden tieteenalojen abstraktitietokannoissa kyseinen artikkeli on (Taulukko 3b). Aineistossa sama artikkeli esiintyi 1 – 9 eri alan tietokannassa, mikä kuvaa ekologian laajaa näkökulmaa tieteen kentässä. Yhteensä muita tietokantoja oli 27 kpl. Tämän tiedon perusteella ei kuitenkaan päästy ekologian eri osa-alueisiin. Toisaalta tämä tieto oli helpoiten saatu uusi tieto alan trendeistä. Ecology Abstractsilla on oma luokittelunsa, jota ei kuitenkaan voitu käyttää yleisenä jaotteluperusteena, johtuen sen rakenteellisista puutteista. Niitä ovat mm. liiallinen suppeus, epätarkkuus tai erottelukyvttömyys. Käytetyn subfile-tietokenttään pohjautuneen luokittelun suurin heikkous oli kuitenkin se, että merkittävä osa aineiston artikkeleista ei kuulunut muiden tieteenalojen tietokantoihin ja jäi siten vaille tarkempaa määrittelyä.

Päädyin jakamaan artikkelit **hierarkkiseen luokitteluun** (Taulukko 4), jossa yhdistyvät kaikki edellä käytetyt menetelmät. Merkille pantavaa on, ettei populaatioekologian näkökulma yhdistettynä yksilöekologiaan riittänyt vaan, tarvittiin myös ympäristöekologista otetta. Paleontologian näkökulmakin on tärkeä, koska merkittävä osa artikkeleista sivuaa tätä alaa. Tässä kolmannessa luokittelussa, kuten edellisessäkin, artikkelin oli mahdollista kuulua mo

Taulukko 3. Ekologian osa-alueiden määrittely konventionaalisesti ja eri tieteenalojen tietokantojen ryhmittelyllä.

3a. Konventionaalinen jaottelu¹	3b. Tietokantojen avulla tehty jaottelu²
<ul style="list-style-type: none"> ✘ Saastuminen, ympäristökemia, ekotoksikologia ✘ Ympäristön vaikutus organismiin ✘ Luonnonsuojelubiologia, Populaatioiden ja tuholaisten hallinta ✘ Globaalit prosessit, oseanografia ✘ Ekosysteemiekologia, biogeokemia, maisemaekologia ✘ Maaperäekologia ✘ Paleoekologia ✘ Populaatioekologia ✘ Mikrobiologien ekologia ✘ Lajivuorovaihtokset ✘ Yhteisöekologia ✘ Genetiikkaa sivuva ekologia ✘ Kasviekologia ✘ Ekofysiologia ✘ Käyttäytyminen (ei sosiaalinen) ✘ Käyttäytyminen (sosiaalinen) ✘ Eliömaantiede 	<p><u>Teknologiasuuntautuneet tietokannat</u> Agricultural and Environmental Biotechnology Abstracts ASFA 2: Ocean Technology Policy & Non-Living Resources ASFA Aquaculture Abstracts ASFA Marine Biotechnology Abstracts Biotechnology Research Abstracts (through 1992) Computer and Information Systems Abstracts Electronics & Communications Abstracts Microbiology Abstracts A: Industrial & Applied Microbiology Water Resources Abstracts</p> <p><u>Mikrotason biotieteiden tietokannat</u> Biochemistry Abstracts 2: Nucleic Acids Calcium & Calcified Tissue Abstracts) Chemoreception Abstracts Genetics Abstracts Immunology Abstracts Microbiology Abstracts B: Bacteriology Microbiology Abstracts C: Algology, Mycology & Protozoology Oncogenes & Growth Factors Abstracts</p> <p><u>Makrotason biotieteiden tietokannat</u> ASFA 1: Biological Sciences & Living Resources Entomology Abstracts</p> <p><u>Ympäristö- ja terveysalan tietokannat</u> ASFA 3: Aquatic Pollution & Environmental Quality Health & Safety Sciences Abstracts Pollution Abstracts Risk Abstracts Toxicology Abstracts Virology & AIDS Abstracts</p> <p><u>Oseanografinen tietokanta</u> Oceanic Abstracts</p> <p><u>Eläinten käyttäytymisen tutkimuksen tietokanta</u> Animal Behavior Abstracts</p>

¹Jaottelu (3a.) on tehty asiasanojen (descriptors, identifiers ja classification) avulla. Jokainen artikkeli kuuluu vain yhteen ryhmään. ²Jaottelu (3b.) perustuu tietokannan antamaan tietoon esiintymisestä muiden tieteenalojen omissa tietokannoissa. Tieto oli saatavilla ilman omaa arviota, mutta jaottelun sopivuus ekologian alaan on vähäinen. Tässä jaottelussa yksi artikkeli voi kuulua useampaan ryhmään.

neen ryhmään yhtä aikaa. Tässä luokittelussa luokkien määrä riippuu hierarkkisesta asteesta eli voidaan tarkistella hyvin pieniä tutkimusaloja ja toisaalta suuria kokonaisuuksia näiden yhdistelminä.

Yhteenvetona esitetään tässä työssä käytetyt kolme eri periaatetta tuottaa ekologian jako eri osa-alueisiin:

1. **Konventionaalinen jaottelu:** tavanomaisiin ekologian osa-alueisiin, joita voidaan hakea, täydentää ja karakterisoida asiasanojen avulla.
2. **Tietokantojen avulla tehty jaottelu:** apuna lähitieteenalojen tietokannoissa esiintyminen.
3. **Hierarkkinen jaottelu:** muodostettu kaikkien edellisten perusteella.

2.3.2. Artikkelien sijoittaminen tätä työtä varten kehitettyihin ekologian luokitusryhmiin

Määritin kaikille artikkeleille mihin ekologian osa-alaan se kuuluu. Tämän artikkelin sijoittamisen voidaan ajatella tapahtuvan kahdessa vaiheessa.

1. Ekologia-aineistoon päätyneiden artikkelien tietokannassa olevien abstraktien ja muiden kenttätietojen lukeminen. Menetelmä on huomattavasti perusteellisempi verrattuna alkuperäistietokannasta tehtyihin hakuihin.

2. Kunkin artikkelin karakterisoiminen lukumääräisesti riittävällä määrällä määritteitä, luokituksiin sijoittamista varten.

Pyrin hyödyntämään maksimaalisesti jokaista artikkelia koskevan informaation. Artikkelin tutkimusala määriteltiin siis perusteellisemmalla otteella, kuin mikä on tehtävissä alkuperäisen viitetietokannan työkaluilla tehtävillä hauilla ja luokituksilla. Saatavilla olevan informaation mahdollisimman kattavan käytön saavuttamiseksi kaikki tiedot käytiin läpi. Näin pystyin poistamaan mm. kirjoitusvirheiden ja eri oikeinkirjoitusasujen vaikutuksen, joka aiheuttaa alkuperäistietokannassa tehtäviin hakuihin paljon epätarkkuuksia ja pudottaa hakutuloksesta vaikeasti estimoitavissa olevan määrän artikkeleita.

Esim. descriptors-tietokentän avainsanat ovat luonteeltaan yleensä yksityiskohtaisia asiasanoja, jotka kuvaavat tutkimuksen fokusta. Tarkasteltaessa laajempaa tutkimuksen kenttää on helppo huomata, että nämä yleensä hyvin tutkimusaihetta kuvaavat termit eivät aina sijoita sitä kuitenkaan laajempaan joukkoon heterogeenistä tutkimusta. Lisäksi asiasanoissa on erilaisia kirjoitustapoja, kuten *paleoecology* ja *palaeoecology*. Nykyisin käyttöön otettu Life Sciences Thesaurus poistaneen tämän ongelman. Voidaan olettaa pitkän ajallisen tarkastelujakson aikana myös tieteilijöiden maailmankuvan jonkin verran muuttuneen. Kaikkiaan asiasanoihin perehtyminen teki selväksi, kuinka vaikeaa on löytää asiasanahauilla kaikkia jonkun tutkimusaiheen artikkeleita.

Koska pyrkimyksenäni oli kattava kuva eri tutkimusaloista, jokainen määritelty ekologian osa-alue, johon artikkelin katsottiin kuuluvan, merkittiin erikseen ylös sijoitettaessa artikkeleita luokkaansa. Näin yksi artikkeli saattoi kuulua tässä viimeisessä jaottelussa moneen ryhmään. Tämän ansiosta ottaessani jonkin ekologian osa-alueen tarkasteluun, minun oli mahdollista saada mukaan kaikki siihen liittyvät artikkelit kattavasti.

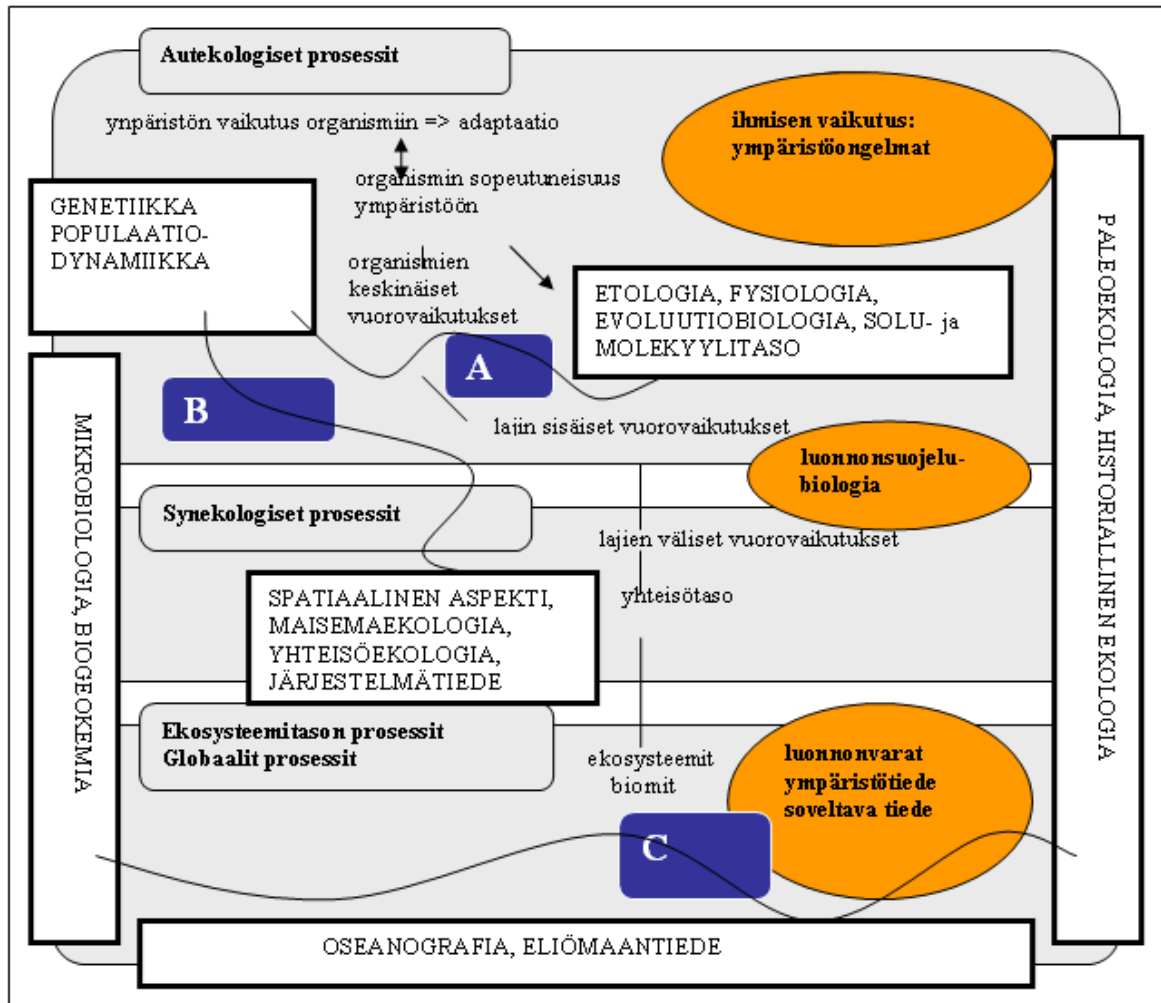
Sama tutkimus voi monitieteisyytään kuulua moneen luokkaan tai niiden raja-alueelle, osin siksi, että eri ekologian osa-alueet kehittyvät koko ajan ajallisesti. Esimerkiksi T.P. Hughesin artikkeli *Sciencessä* (Hughes 1994) käsittelee koralliriutan yhteisörakennetta mutta myös saastumista, liikakalastusta sekä hurrikaanien vaikutusta, kuuluu selkeästi useaan mikrobiologian alaan (levät, alkueläimet ja tarttuvat taudit). Lisäksi se käsittelee ekosysteemin ja resurssien pitkäaikaisia muutoksia ja hoitotoimenpiteitä niihin liittyen. Artikkelin monitieteisyyttä kuva se, että se esiintyy seitsemän eri tieteenalan tietokannassa.

Kuvassa 4 esitän kaavion eri tieteenalojen ja tutkimusaiheiden sijoittumisesta hierarkiaan käyttämässäni jaottelussa, jonka tarkemmat kategoriat löytyvät Taulukosta 4.

Taulukko 4. Ekologian osa-alueiden hierarkkinen jaottelu¹

1. Ihmisen ympäristöongelmia tutkiva ekologia	2. Luonnon perus ämiötä tutkiva ekologia	3. Paleontologinen ekologia	4. Mikrobiologinen ekologia
<p><u>1.a. Saastuminen</u></p> <p>Happamoituminen</p> <p>Ympäristömyrkyt</p> <p>Radioaktiiviset aineet, säteily</p> <p>Muita aiheita saastumisesta</p> <p>Rehevöityminen</p> <p>Leväongelmat</p> <p><u>1.b. Globaalitason ympäristöongelmat</u></p> <p>Ilmasto</p> <p>Otsonikato</p> <p>Luonnonkatastrofit</p> <p><u>1.c. Muut ympäristöongelmat</u></p> <p>Luonnonsuojelubiologia, biodiversiteetti</p> <p>Elävät resurssit, maataloustuotanto</p> <p>Elinympäristöjen tuhoutuminen</p> <p>Elottomat resurssit ja energia</p> <p>Tuholaiset ja vieraat lajit</p> <p>Väestöräjähdyt, ihmisen ikä</p> <p>Ympäristöjohtaminen, tutkimuspolitiikka, menetelmäkehitys</p> <p>Primitiiviyhteisöt</p>	<p><u>2.a. Autekologinen perustutkimus</u></p> <p>Fysiologinen ekologia, sopeutuminen olosuhteisiin, elinkierrot</p> <p>Käyttäytyminen</p> <p>Populaatiobiologia</p> <p>Kasviekologia</p> <p>Populaatiogenetiikka, optimointimallit</p> <p><u>2. b. Perustutkimus vuorovaikutuksista</u></p> <p>Sosiaalinen käyttäytyminen: kilpailu, seksuaalivalinta</p> <p>Lajivuorovaikutukset: predaatio, mimeesi, signaalit, puolustus</p> <p>Parasitologia, sis. pesäloiset</p> <p>Mutualismi, endosymbioosi</p> <p>Yhteisöekologia, diversiteetti, ravintoketjut, complexities</p> <p><u>2.c. Ekosysteemitason perustutkimus</u></p> <p>Aineiden kierto, kuljetus, sidonta, virtaukset</p> <p>Ekosysteemiekologia, tuotanto</p> <p>Maisemaekologia, spatiaalisuus, vyöhykkeet, metapopulaatiot</p>	<p>Paleoklimatologia</p> <p>Eliömaantiede</p> <p>Historiallinen ekologia</p> <p>Löydökset</p> <p>Taksonomia, makroevoluutio</p> <p>Käyttäytyminen, fysiologia ym.</p>	<p>Systematiikka, arkit</p> <p>Biogeokemia</p> <p>Endosymbioosi</p> <p>Parasitologia ja epidemiologia, ihmisten terveys</p> <p>Mikrobiologia lisäryhmänä</p>

¹Jaottelu käsittelee ekologian tutkimusalaa kokonaisuutena ja on rakenteeltaan hierarkkinen. Tärkein peruste tämän luokittelun muodostamisessa oli aineiston asiansanojen läpikäyminen. Myöhempi artikkelikohtainen luokkaan sijoittaminen tehtiin korteille printattujen artikkelikohtaisten tietojen perusteella.



Kuva 4. Artikkeliaineiston keskeiset sisältöalueet sijoitettuna ekologian holistiseen tutkimuskenttään hierarkkisen jaottelun mukaan.

Ekologian tutkimuspiiri on rajattu kolmeen hierarkkiseen tasoon Ernst Mayrin (1999) mukaan. Ekologiaa sivuavat tieteenalat ovat suorakaiteissaan lähiryhmissään. Ihmisen vaikutus luontoon on oranssi ovaali oikeassa ylänurkassa, antagonistisena voimanaan soveltava ympäristötiede, joka tutkii luonnonvarojen kestävä hallintaa. Siniset palikat kuvaavat esimerkinomaisia yksittäisiä ekologian kenttään asettuvia artikkeleita, jotka voivat asettua joko perustutkimuksen tai soveltavan tieteen reviirille tai molemmille (A - evoluutioekologinen tutkimus; B - metapopulaatiobiologinen tutkimus; C - Ilmastotutkimus). Jako hierarkiatasoihin antaa mahdollisuuden nimikoida artikkeli hankalassakin tapauksessa. Laaja-alainen, esim. komparatiivinen artikkeli asettuu usealle pallille, joten se saa merkinnän kaikkia peittoalueistaan. Paleoekologiset ja mikrobiologisen ekologian artikkelit käsittelevät kyllä lähes kaikkia ekologian ilmiöitä, mutta suuren määrän ja helpon tunnistettavuutensa takia ne osuvat aina vähintään omaan suorakaiteeseensa (Taulukko 4., kohdat 3 ja 4).

2.4. Uudet löydökset ja tutkijoiden verkostoituminen

Ekologian makrotason trendejä selvittävän osa-alueiden luokittelun (osio 2.3.) lisäksi pyrin selvittämään myös aineistosta nähtäviä mikrotason trendejä, erilaisia merkittäviä tutkimusaiheita ja uusia ideoita ja löydöksiä. Näitä mikrotrendejä hain mittaamalla tutkimuksen menestystä yksittäisen artikkelin tasolta yksittäisten tutkijoiden ja heidän muodostamien verkostojen kautta aina tutkimuslaitoksen sijaintimaan tasolle asti.

Merkittävien tutkimusaiheiden esille saamiseksi tutkin artikkelien saamien viittausten määrää. Muodostin artikkelien viitetiedoista koneellisesti hakukoodit *ISI Science citation in-*

dexiä varten, joiden mukaiset haut tehtiin Helsingin yliopiston CD-ROM palvelussa. Haku kohdennettiin koskemaan kolmea vuotta artikkelin ilmestymisen jälkeen. Haku tehtiin kaikille artikkeleille, joille oli saatavilla tietoja käsittelyvaiheessa. Vuoden 1999 artikkelit olivat pääosin vailla viittauksia ja vuoden 2000 kokonaan, johtuen siitä, että sitaattitietoja ei tuolloin (syksyllä 2000) ollut vielä saatavilla. Varmuuden vuoksi rajoitin vertailut viittaasmääristä koskemaan vuosia 1981 – 1995.

Yksittäisten artikkeleiden menestyksen lisäksi toinen tapa etsiä ajassa eläneitä ideoita oli selvittää menestyneitä kirjoittajia, joiden nimet olivat useiden tämän aineiston artikkeleiden kirjoittajalistassa. Heidän menestystään selvitettiin sekä artikkelimäärien että sitaatiomäärien suhteen.

Monessa artikkelissa mukana olleet tutkijat liittivät vähemmän kirjoittaneita tutkijoita löyhiksi ryhmiiksi. Nämä tutkimusverkostot saatiin esille tekemällä aineiston artikkeleista tietokanta, jossa useasti esiintyville auktoireille annettiin oma juokseva numerokoodi, joka eteni ensisijaisesti kirjoittajan artikkelimäärien ja toissijaisesti kirjoittajan nimen aakkosjärjestyksen perusteella. Eniten esiintyneistä kirjoittajista alkaen haettiin artikkelit, jotka liittyivät toisiinsa kirjoittajan perusteella. Näin muodostuville ryhmille annettiin juokseva tutkimusverkkoa kuvaava numero, joka siis muodosti yhden tutkimusryhmän. Haettaessa muiden kirjoittajien muodostamia ryhmiä, nämä uudet ryhmät sisällytettiin aikaisempaan ryhmään, jos niiden välillä oli yhteys (yksi tai useampi artikkeli sisältyi jo selvitettyyn ryhmään). Tämä haku suoritettiin kaikille aineiston artikkeleille jokaisen useammin kuin kerran esiintyvän kirjoittajan (933 kpl) kohdalta. Tällä tavalla saatiin esille tutkijaverkostoja, joita analysoitiin. On mielenkiintoista muodostuuko tällaisista aggregaatioista aitoja tutkimusryhmiä, joilla on yhtenäinen linja tai koulukunta.

Myös merkittävimmät tutkimusinstituutiot aineistossa ja niiden jakautuminen eri maihin selvitettiin. Eri maiden merkittävyttä ekologisen tutkimuksen sijoittumisen kannalta selvitettiin, kuten myös tämän jakauman ajallista kehitystä.

Viimeinen menestyjä saattaa olla ekologinen tiede itse. Artikkelimäärien absoluuttinen nousu näkyi jo aineiston keruuvaiheessa, mutta tiedämmekö onko artikkelimäärä noussut samassa suhteessa kaikilla aloilla?

Viimeinen lisäaineiston keruu tehtiin syksyllä 2006, kun tutkin Naturen internetsivuilla (<http://www.nature.com/nature/archive/index.html>) saatavilla olevista sisällysluetteloista ekologisten tutkimusten määriä suhteessa kaikkien tutkimusten määriin. Sciencen internetsisällysluettelot sisälsivät valitettavasti puutteita 1980-lukua koskien, mutta samanlainen vertailu saatiin tehtyä pdf-tiedostojen avulla. Molempien lehtien osalta vertailu tehtiin koskien vain varsinaisia tutkimusartikkeleita, jotka Nature-lehdessä kuuluvat kategorioihin Articles, Review articles ja Letters sekä Science-lehdessä kategorioihin Articles, Reports, Reviews ja Research articles.

2.5. Virhelähteistä

Tietokanta josta artikkelit on noudettu sisältää ajoittain virheitä, jotka haittaavat siitä suoraan tehtyjä koneellisia hakuja. Kun koko aineisto käydään läpi manuaalisesti, on mahdollista poistaa selkeät korjattavat virheet, kuten useampaan kertaan esiintyvät artikkelit ja toisaalta esim. avainsanojen painovirheet tai niiden erilaiset kirjoitustavat. Muutamista artikkeleista puuttui kokonaisia tietokenttiä. Esim. kirjoittajan yhteystiedot puuttuivat 14 artikkelista. Vaikutus tuloksiin ei ole merkittävä.

Kun aineistona tässä tutkimuksessa ovat yleisluonnontieteelliset Nature- ja Science-lehdet, on mahdollista, että niissä painottuvat jollain tavalla eri aiheet, kuin jos seurattaisiin valikoimaa varsinaisia ekologian alan lehtiä. Tätä mahdollista eroa ei tällä aineistolla ole mahdollista tutkia.

3. TULOKSET

3.1. Lukumääräiset muutokset

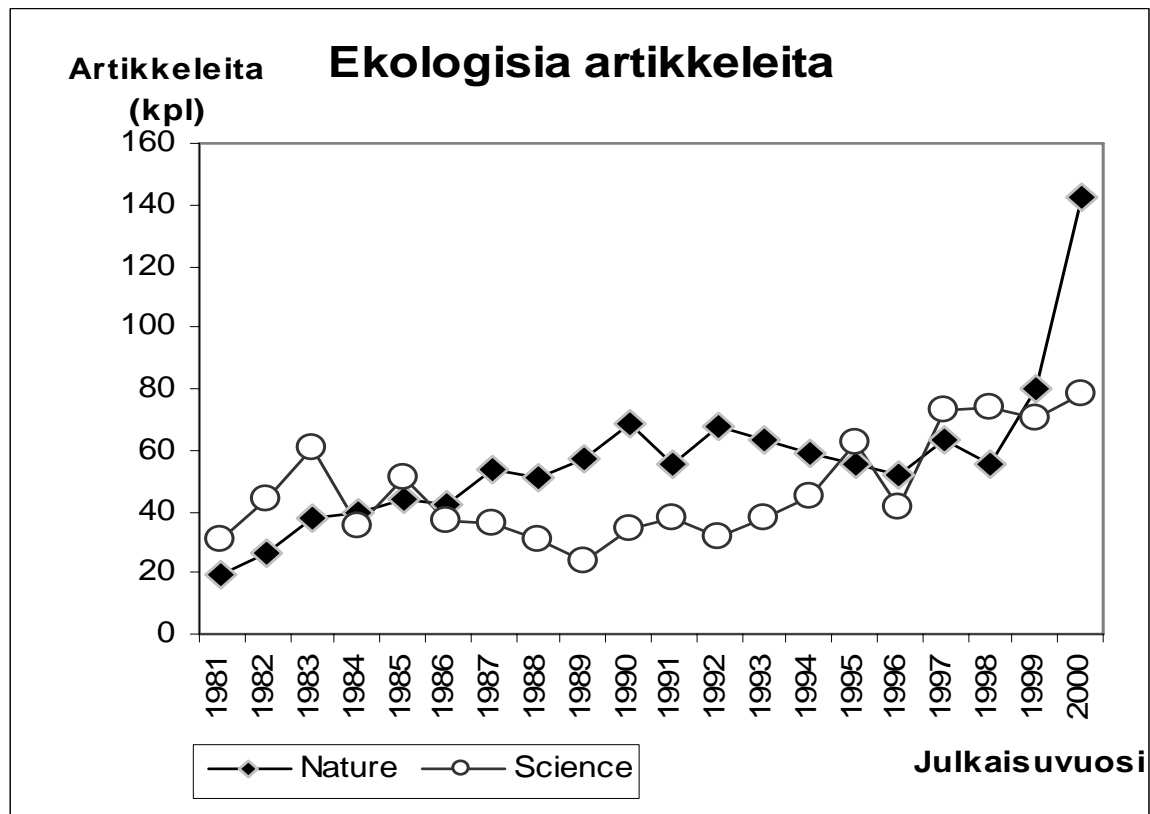
Tutkimustulosten mukaan ekologian alan artikkelien määrät Science- ja Nature-lehdissä vuosina 1981 – 2000 kasvoivat aineiston perusteella (Kuva 5, Nature: Julkaisumäärä (Y) = $4,04 * \text{vuosi (X)} - 7979,88$; $r^2 = 0,53$, $F_{1,1130} = 1289,86$; $p < 0,001$; Science: Julkaisumäärä (Y) = $1,84 * \text{vuosi (X)} - 3620,50$; $r^2 = 0,43$, $F_{1,933} = 710,94$; $p < 0,001$). Nature-lehdessä 1980-luvun alussa tapahtuvan lievän nousun jälkeen määrä jatkuu tasaisena 1990-luvun. Kahtena viimeisenä vuotena ekologisten artikkelien määrä Nature-lehdessä nousi. Tämä selittynee pääasiassa nk. ”*Brief communications*” -tyyppisillä artikkeleilla. Tämä varmistettiin vertaamalla aineiston artikkeleita lehtien internetsisällysluetteloihin, mistä ilmeni, että Vuosien 1999 ja 2000 lukumäärän nousu johtui tietokannassa olevista epätyypillisistä artikkeleista. *Brief communications* -artikkeleita oli vuonna 1999 12 kpl ja vuonna 2000 43 kpl. Science-lehdessä ekologia-artikkelien määrässä nähdään piikki tarkastelujakson alussa ja tutkittavan ajanjakson puolivälistä, vuodesta 1989 vuoteen 2000, Science-lehdessä olevien ekologia-aiheisten artikkelien määrä kaksinkertaistui lähes lineaarisesti (Kuva 5).

Aineiston artikkelien jakautuminen maanosan mukaan esitetään Taulukossa 5. Taulukosta nähdään odotetusti, että Yhdysvaltojen suuri volyyymi luonnontieteissä näkyy myös ekologisessa tutkimuksessa. Eurooppalaisten artikkeleita on Science-lehdessä 15 % ja Nature-lehdessä 30 %.

Kuvassa 6 esitetään Yhdysvaltojen, Ison-Britannian ja muiden maiden osuudet Nature- ja Science-lehdessä. Näiden maiden johtava osuus ekologisessa tutkimuksessa näkyy selvästi. Kolme neljäsosaa Science-lehden artikkeleista on yhdysvaltalaisia ja yksi kymmenesosa brittiläisiä. Nature-lehdessä vastaavat osuudet olivat puolet ja yksi viidesosa. Toisin sanoen Yhdysvaltojen hegemonia näkyy myös vanhalla mantereella tutkittuna ajanjaksona. Kuitenkin kummassakin lehdessä nähdään olevan suhteessa enemmän kotimaisia artikkeleita (Kuva 6). ($\chi^2 = 696$; $p < 0,001$).

Taulukko 5. Nature- ja Science-lehtien ekologia-artikkelien jakautuminen maanosittain. 13 artikkelista puuttui kirjoittajan yhteystiedot tai ne olivat vaillinaiset.

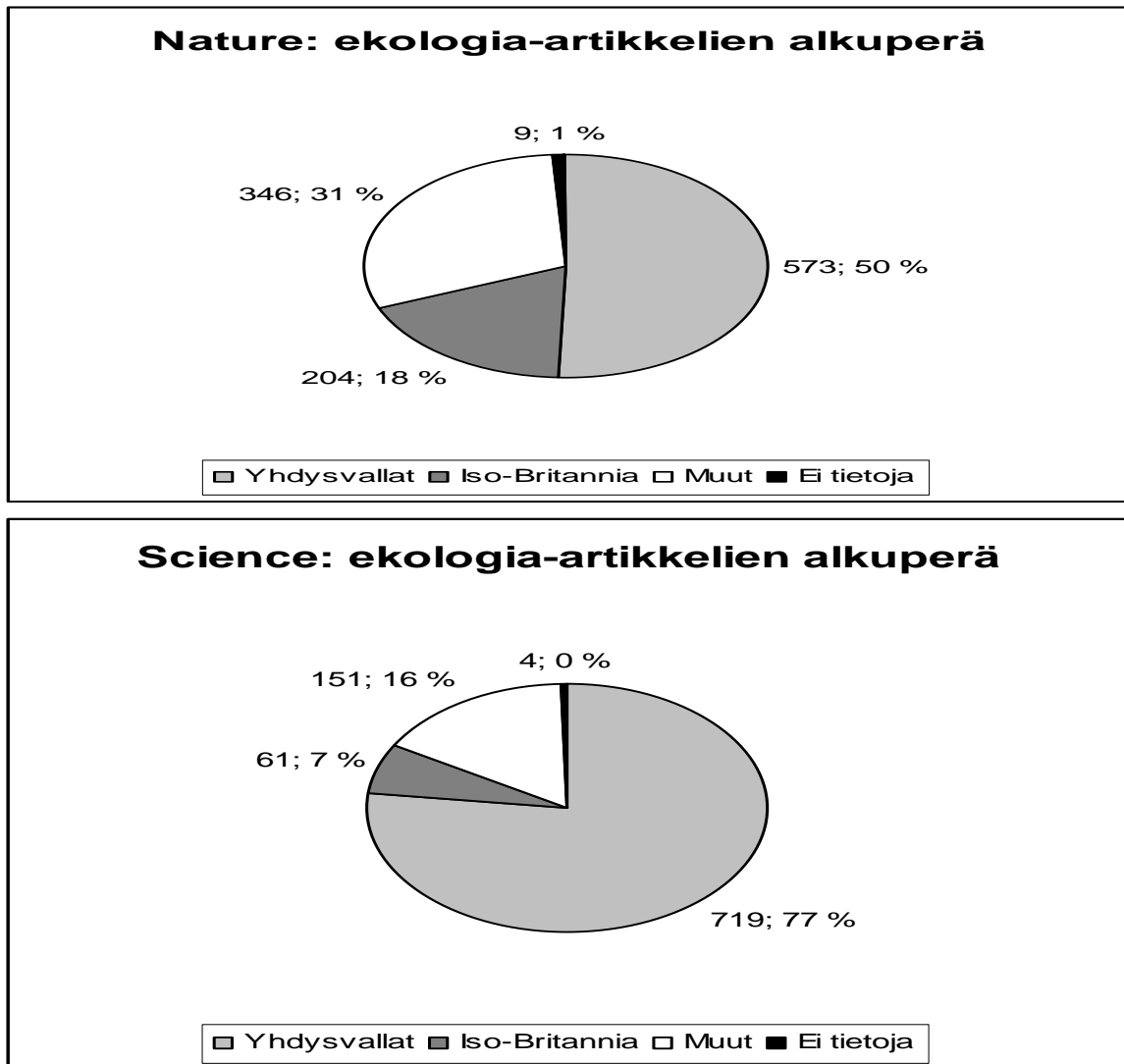
Lehti	Pohjois-Amerikka	Eurooppa	Muu maailma	Yhteensä
Nature	653	389	81	1123
Science	757	129	45	931
Yhteensä	1410	518	126	2054



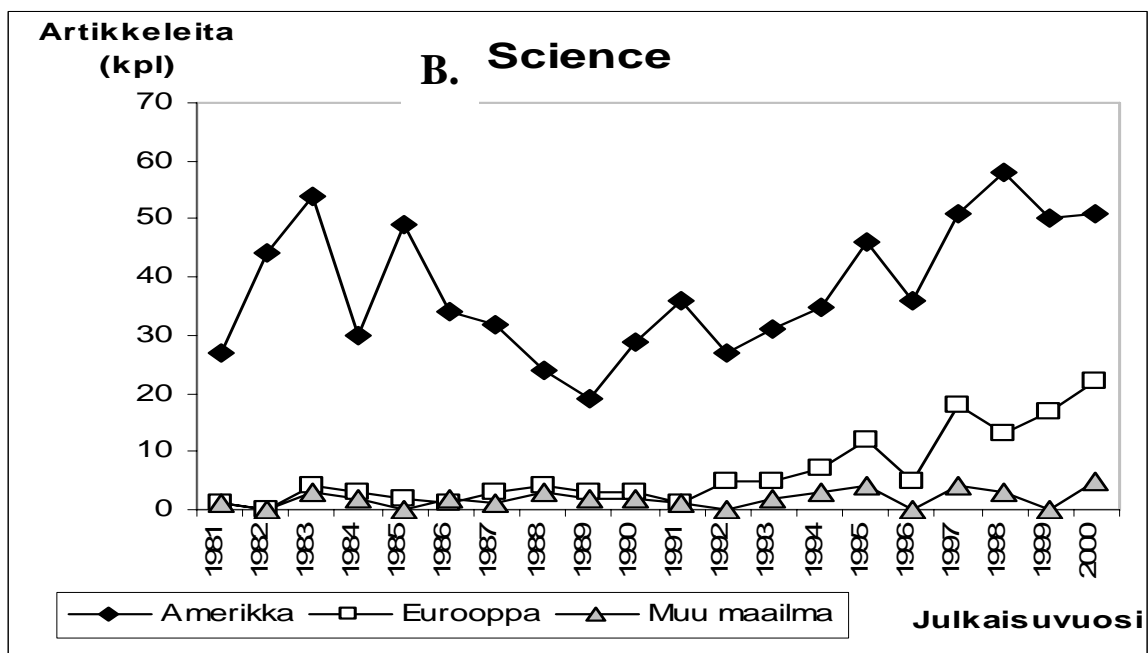
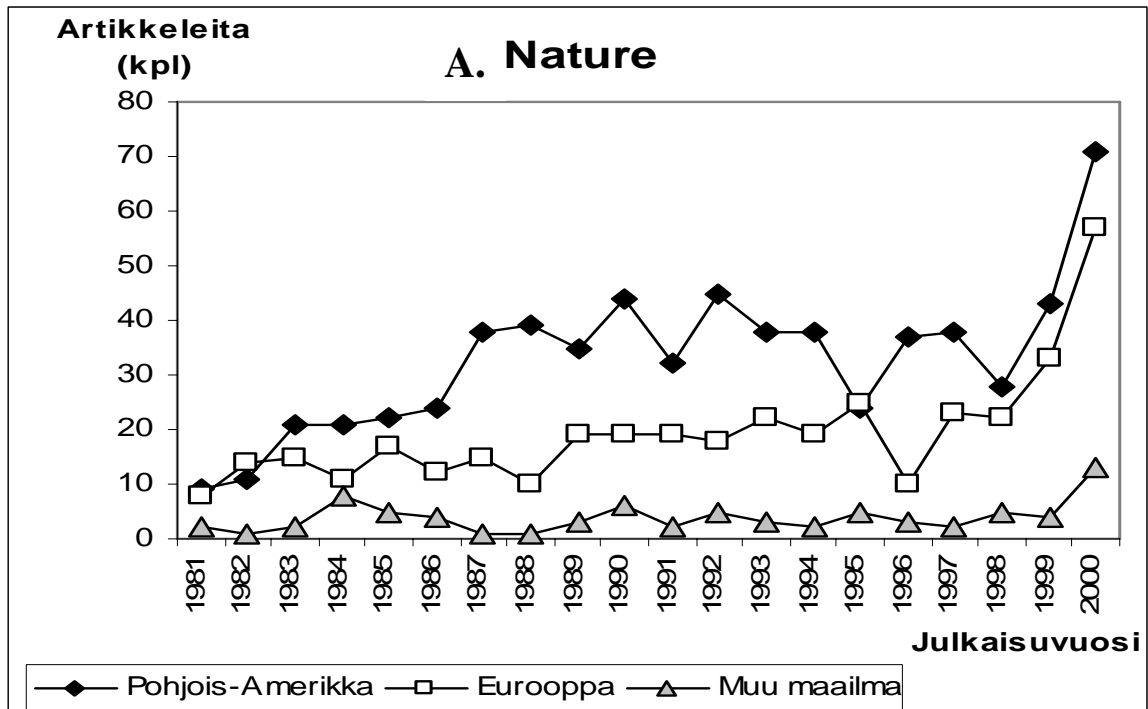
Kuva 5. CSA Ecology Abstracts -tietokantaan hyväksytyt Nature- ja Science-lehtien artikkelit vuosina 1981 – 2000. Vuosien 1999 ja 2000 Nature-artikkelien jyrkästi kasvanut osuus johtuu tuolloin tietokantaan hyväksytyistä epätyypillisistä artikkeleista (Brief communications 1999: 12 kpl; 2000: 43 kpl).

Pohjois-Amerikan, Euroopan ja muun maailman artikkelit säilyttivät tutkimusajanjaksona suhteellisen järjestyksensä. Erittäin mielenkiintoista on että Kuvassa 5 nähty Nature-lehden artikkelien lukumäärän nousu tutkimusajanjakson puolella välissä on johtunut yhdysvaltalaisen tutkimusten lisääntyneestä määrästä (Kuva 7a). Science-lehdessä ei-yhdysvaltalaisen artikkelien osuus näyttää olevan kasvussa ollen 1980-luvun alun lähellä nolaa nousten tasaisesti lähelle 20 1990-luvun lopulla (Kuva 7b).

Artikkeleita oli koko aineistossa kaikkiaan 35 eri maasta, joista suurimmassa osassa on vain muutama julkaisu. Kolmen kärki on hyvin selvä: Yhdysvallat, Iso-Britannia ja Kanada (Taulukko 6). USA tuottavat yli 80 % Nature- ja Science-lehdessä julkaistuista ekologian artikkeleista. Yhdysvallat on ainoa merkittävä maa, jonka artikkeleista enemmistö julkaistaan Science-lehdessä. yhdysvaltalaiset ovat enemmistönä myös Nature-lehdessä 569 julkaisullaan. Iso-Britannian tutkijoiden kirjoituksista enemmistö, 205 kpl, on julkaistu Nature-lehdessä, ja 61 kpl on julkaistu Science-lehdessä. Muista maista kuin Yhdysvalloista lähtöisin olevat julkaisut päätyvät pääsääntöisesti enemmän Nature- kuin Science-lehteen, näin on myös kanadalaisen tutkijoiden julkaisujen kohdalla.



Kuva 6. Nature- ja Science- aikakauslehtien ekologia-aiheisten artikkelien lukumäärä ja prosenttiosuus jaoteltuina alkuperän mukaan ajanjaksona 1981 – 2000.



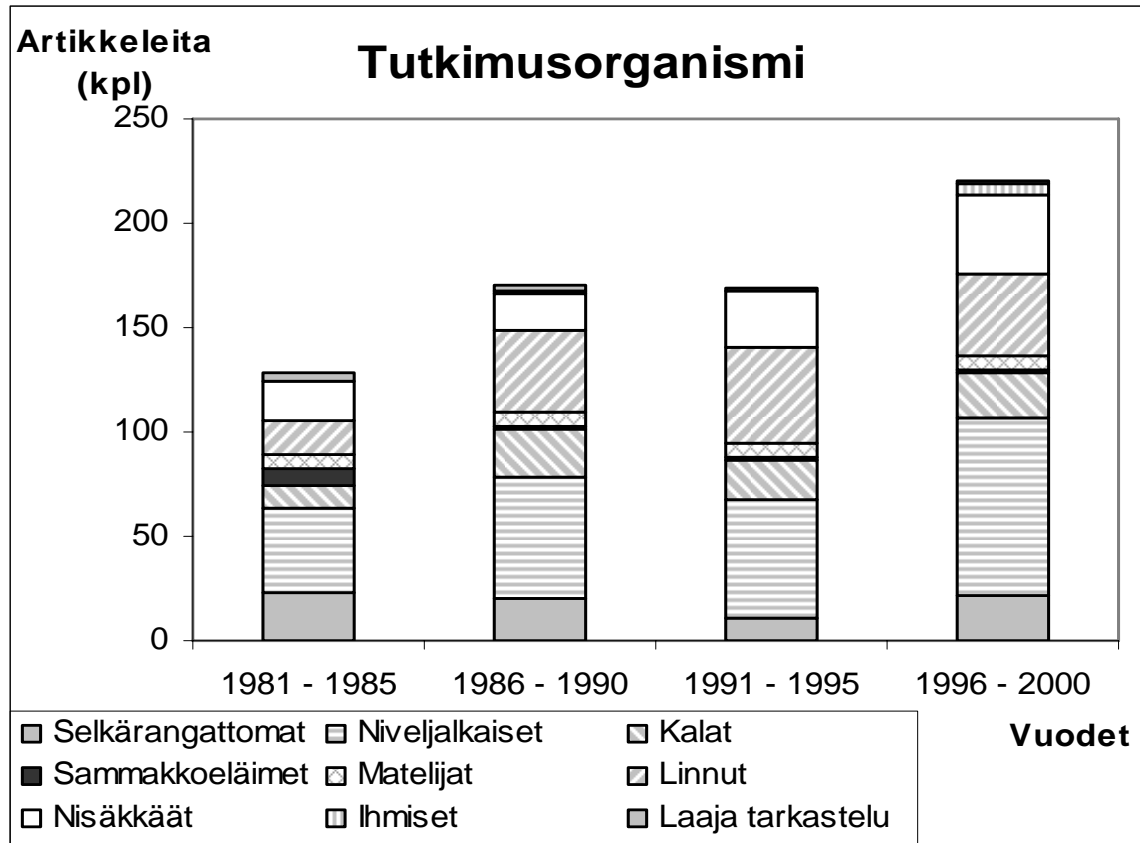
Kuva 7. Pohjois-Amerikan, Euroopan ja muun maailman ekologia-artikkelien lukumäärä Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000.

Taulukko 6. Ekologia-aiheisten Nature- ja Science-artikkelien lukumäärät alkuperämaittain 1981 – 2000 kirjoittajan ilmoittaman tutkimusorganisaation osoitteen mukaan.

<i>Maa</i>	<i>Nature</i>	<i>Science</i>	<i>Yhteensä</i>
Yhdysvallat	569	712	1281
Iso-Britannia	205	61	266
Kanada	84	45	129
Saksa	38	15	53
Australia	29	17	46
Ranska	29	8	37
Ruotsi	25	7	32
Japani	19	3	22
Suomi	12	10	22
Hollanti	14	7	21
Sveitsi	13	5	18
Norja	10	5	15
Israel	8	5	13
Brasilia	7	4	11
Panama	3	7	10
Tanska	8	0	8
Espanja	6	2	8
Intia	7	0	7
Uusi-Seelanti	4	3	7
Puola	5	1	6
Etelä-Afrikka	3	2	5
Belgia	4	1	5
Italia	3	2	5
Argentiina	3	2	5
Kiina	1	3	4
Itävalta	3	0	3
Chile	0	3	3
Costa Rica	2	0	2
Monaco	2	0	2
Venäjä	2	0	2
Jugoslavia	1	0	1
Unkari	1	0	1
Ecuador	1	0	1
Kolumbia	1	0	1
Filippiinit	1	0	1
Zimbabwe	0	1	1
ei tietoja	9	4	13
Yhteensä	1132	935	2067

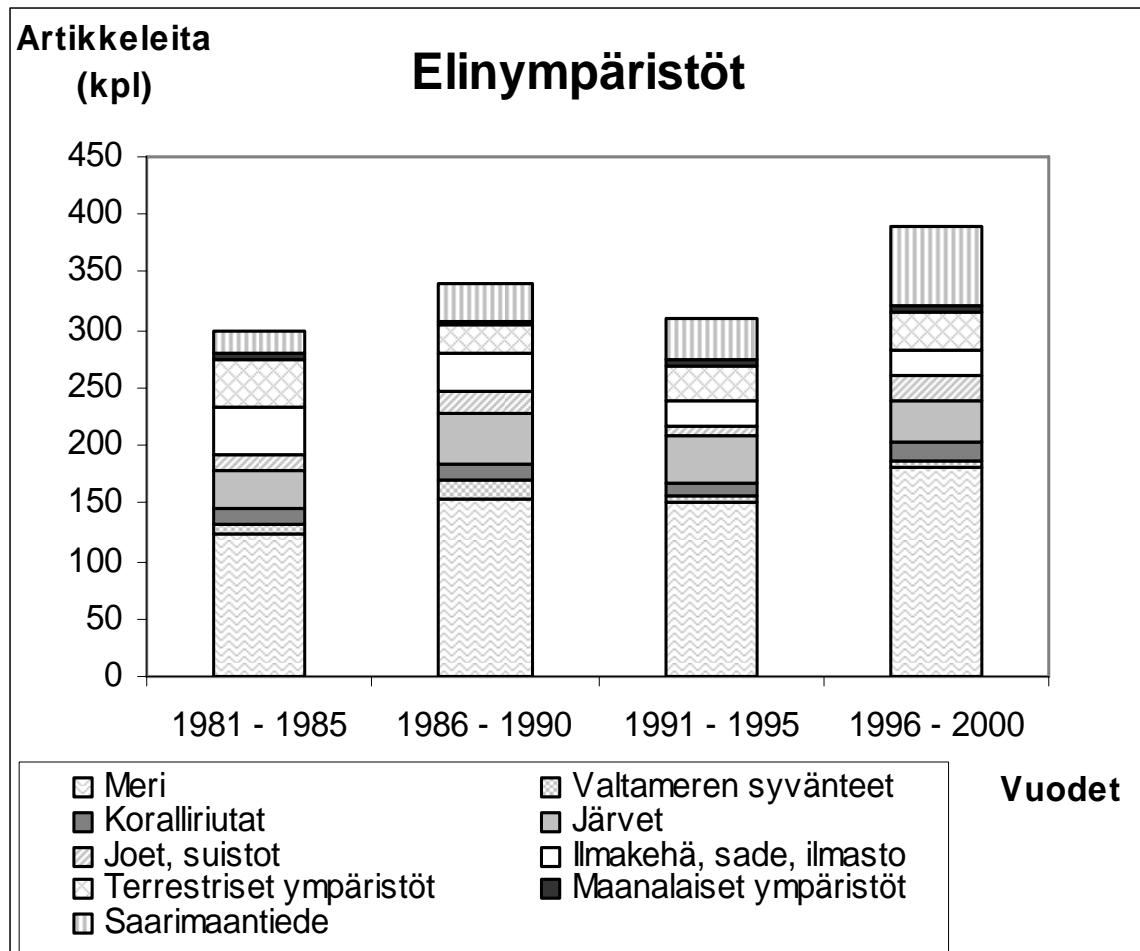
3.2. Tutkimuskohteista

Noin 1/3 osalle artikkeleista voitiin luokitella jokin taksoni, jota tutkimus koski tai jota oli käytetty tutkimuslajina (Kuva 8). Tutkimusajanjaksolla selkärangattomia koskevien artikkelien lukumäärä pysyi samansuuruisena viisivuotisjaksoittain tarkasteltuna lukuun ottamatta niveljalkaisia, joita koskevat artikkelit lisääntyivät vuosituhannen lopulla. Myös lintuja ja kaloja koskevat artikkelit lisääntyivät, kuitenkin jo 1980-luvun puolivälistä. Matelijoita ja sammakkoeläimiä koskevat artikkelit pysyivät lukumäärältään lähes samansuuruisina (Kuva 8).



Kuva 8. Artikkelien jakautuminen tutkimusorganismien taksonin mukaan. Nature- ja Science-lehtien artikkelit viisivuotiskausittain yhteenlaskettuna välillä 1981 – 2000.

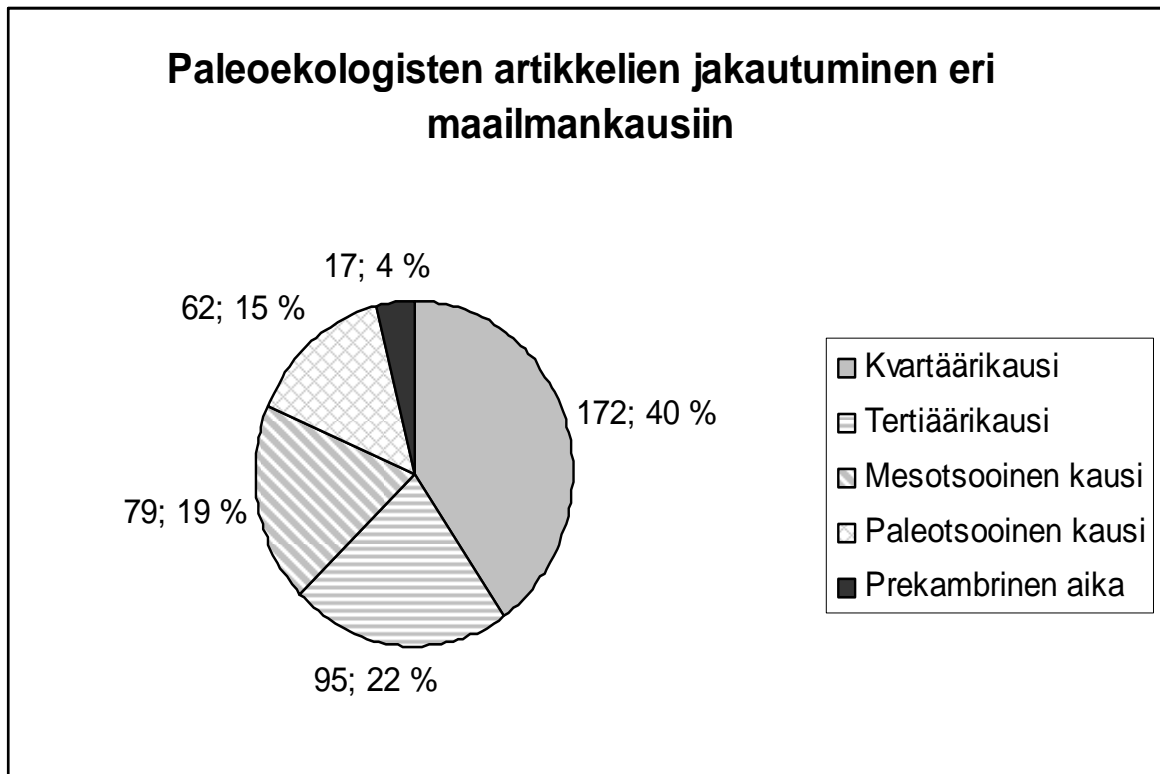
Tarkasteltaessa tutkimusten jakautumista erityyppisiin elinympäristöihin havaitaan merta koskevien tutkimusten lukumäärän kasvu tutkittuna ajanjaksona (Kuva 9). Merta koskevien artikkeleiden osuus on koko ajanjaksona erittäin suuri. Saarimaantiedettä koskeva tutkimus on pienehkö ryhmä, jonka artikkelimäärä on ajanjaksolla kasvanut. Ilmakehää koskevat tutkimukset taas vähenevät ajanjakson aikana (Kuva 9).



Kuva 9. Artikkeleiden jakautuminen ympäristötyypin mukaan.

Nature- ja Science-lehtien artikkelit viisivuotiskausittain yhteenlaskettuna välillä 1981 – 2000.

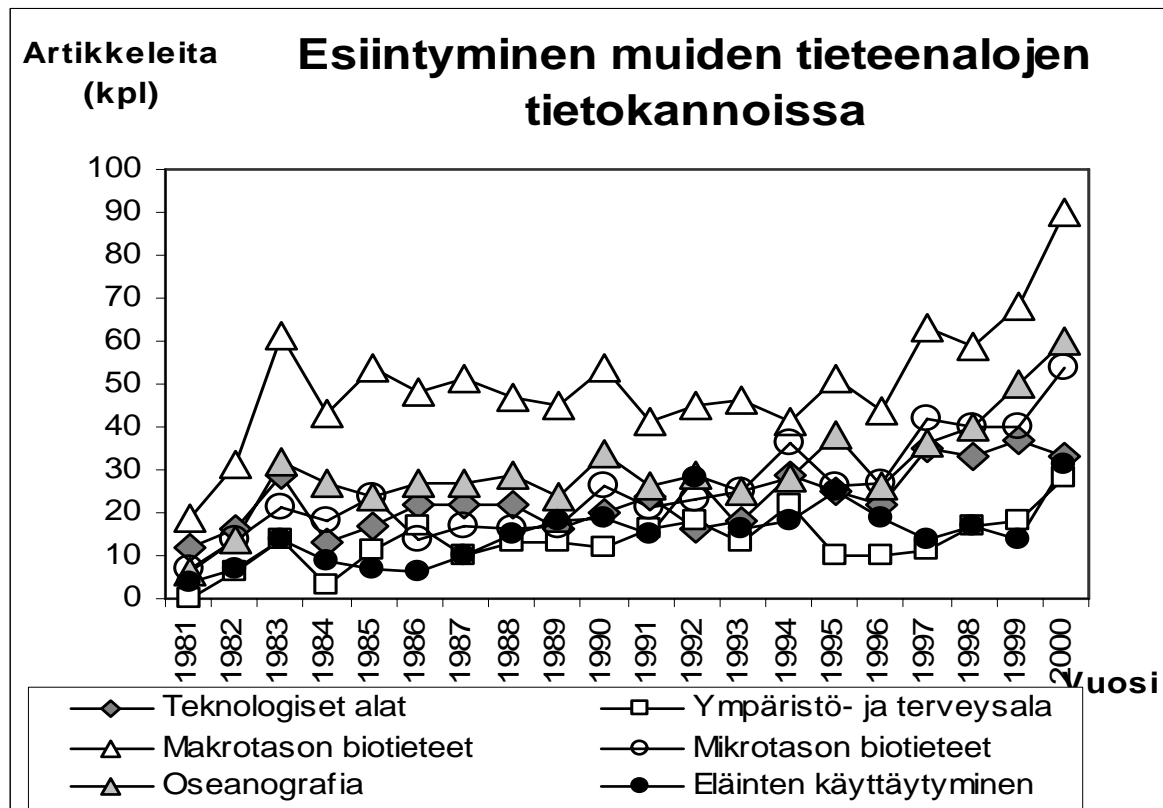
Geologisista maailmankausista tutkituin aineistossa oli kvartaarikausi jota käsiteltiin 40 %:ssa paleoekologisia artikkeleita (Kuva 10). Mitä vanhemmista aikakausista oli kyse, sitä vähemmän aineistossa oli sitä koskevaa tutkimusta (Kuva 10).



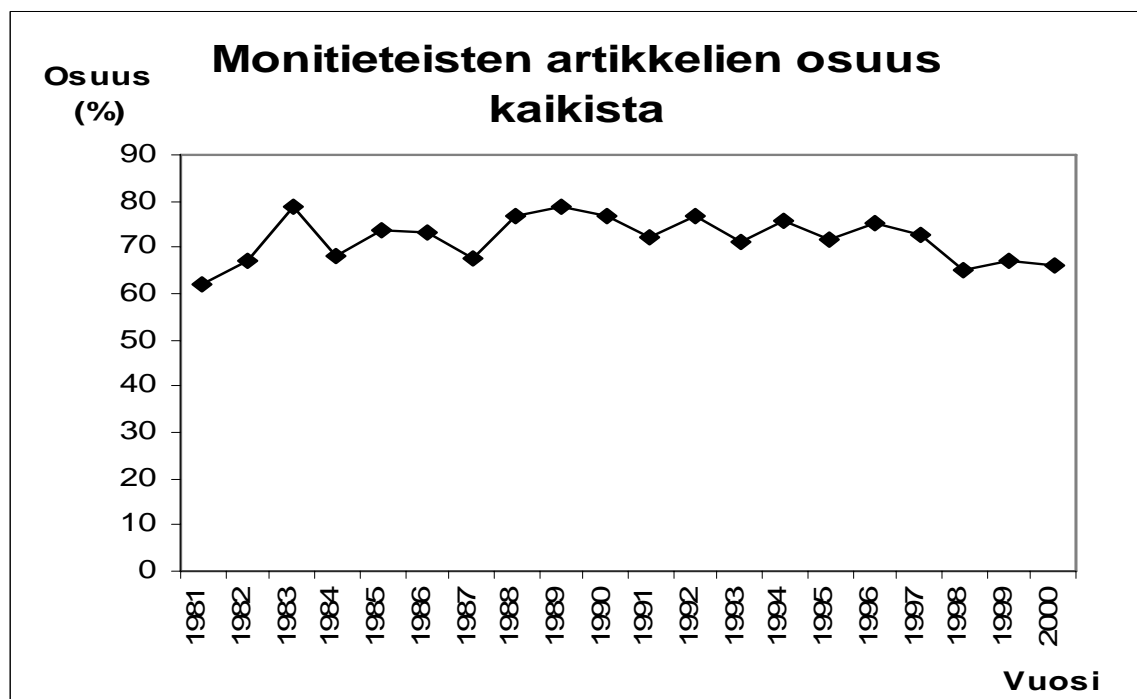
Kuva 10. Eri paleontologisia maailmankausia käsittelevien artikkelien lukumäärät ja prosentuaaliset osuudet Nature- ja Science-lehdissä ajanjaksolla 1981 - 2000.

3.3. Ekologian eri osa-alueista

Aineiston artikkelit esiintyivät usein muiden tieteenalojen kuin ekologian tietokannoissa. Nämä muut tietokannat olen ryhmitellyt kuuteen pääryhmään, jotka ovat: makrobiologia, mikrotason biologia, ympäristö ja terveys, käyttäytyminen, oseanografia ja teknologia. Tietokantojen tarkempi lista on esitetty luvussa 2.3.1. (Taulukko 3b). Nämä tietokantapääryhmät on esitetty ajan funktiona Kuvassa 11. Tietokantatietojen perusteella aineisto on tasaisen poikkitieteellistä. Muiden alojen kuin ekologian tietokannoissa esiintyvien ekologisten artikkelien osuus ei kasva ja pysyttelee noin 70 prosentissa kaikissa aineiston artikkeleista (Kuva 12).



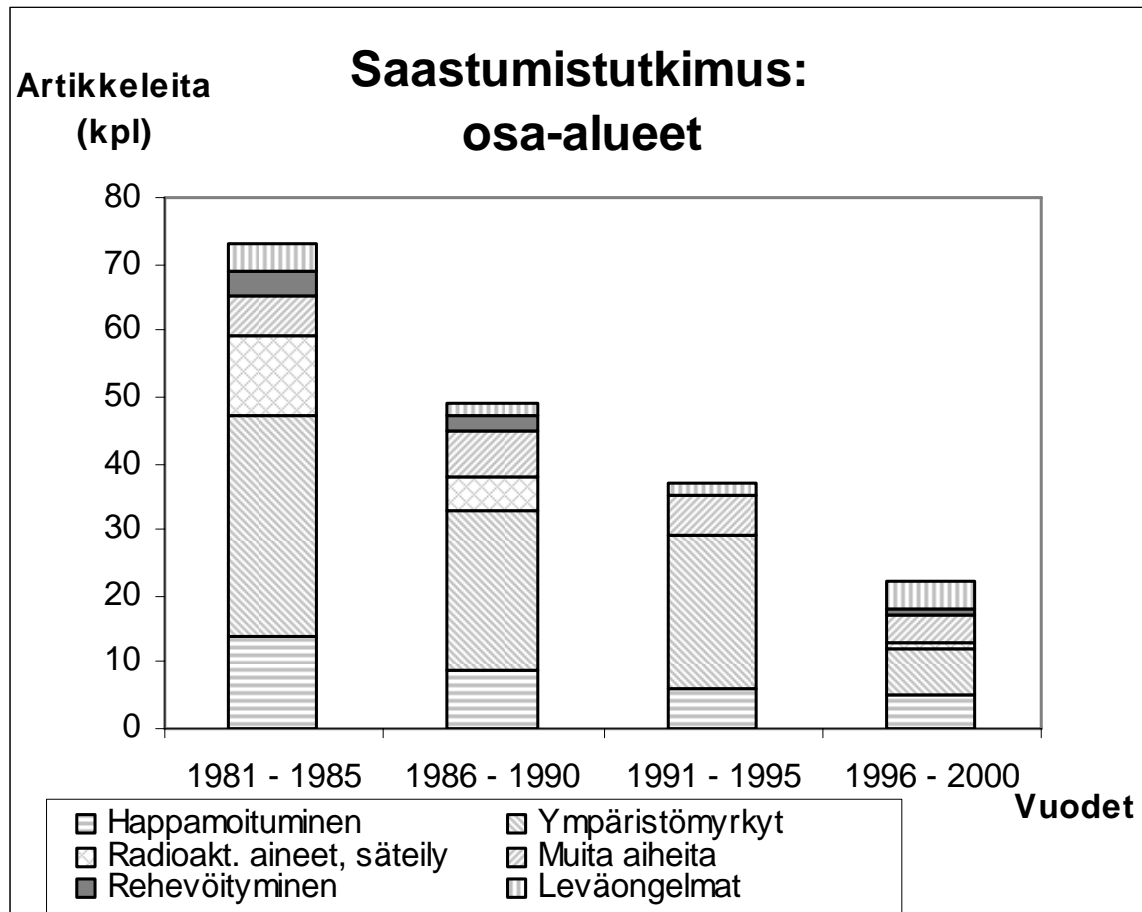
Kuva 11. Nature- ja Science-lehtien ekologisten artikkelien näkyminen muiden alojen kuin ekologian tietokannoissa. Tietokantaryhmien jaottelu taulukossa 2b.



Kuva 12. Muiden tieteenalojen kuin ekologian tietokannoissa esiintyvien ekologisten artikkelien osuus kaikista ekologisista artikkeleista vuosittain ajanjaksolla 1981 - 2000.

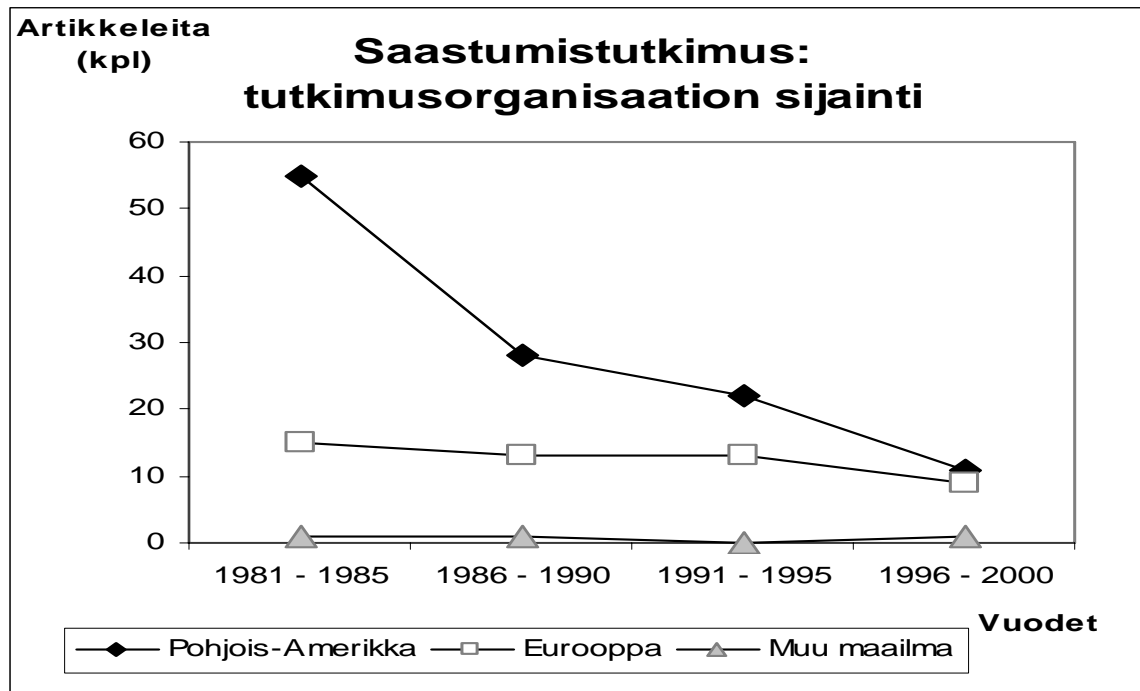
Kuvassa 13 esitän tutkimusajanjaksona ilmestyneet saastumista koskevien artikkelien lukumäärät Nature- ja Science-lehdissä viisivuositain neljänä pylväänä. Kukin pylväs sisältää

saastumistutkimuksen alaryhmien artikkelimäärät jaoteltuna luvussa 2.3.1 esitellyn hierarkkisen jaottelun (Taulukko 4) mukaan. Ensimmäisenä viisivuotiskautena ympäristömyrkyjä käsittelevien artikkelien määrä oli selvästi suurin alaryhmä (Kuva 13). Seuraavina viisivuotiskausina tätä aihetta käsittelevien artikkelien määrä pienenee, mutta ryhmä säilyy suurimpana saastumistutkimuksen alaryhmänä koko tarkasteluperiodin. Myös muut alaryhmät vähenevät siten, että ensimmäisenä viisivuotiskautena saastumisaiheisia tutkimuksia oli 71 kpl ja lopussa niitä oli 21 kpl. Vähennemistä oli toisin sanoen 70 %. Samanlainen tendenssi, mutta pienempänä on nähtävissä happamoitumista koskevien artikkelien lukumäärissä. Radioaktiivisia aineita ja säteilyä koskeva tutkimus on lähes kadonnut tutkimuksen toisella puoliskolla. Muissa alaryhmissä (leväongelmat, rehevöityminen ja ryhmä ”muut”) ei ole nähtävissä selviä trendejä.

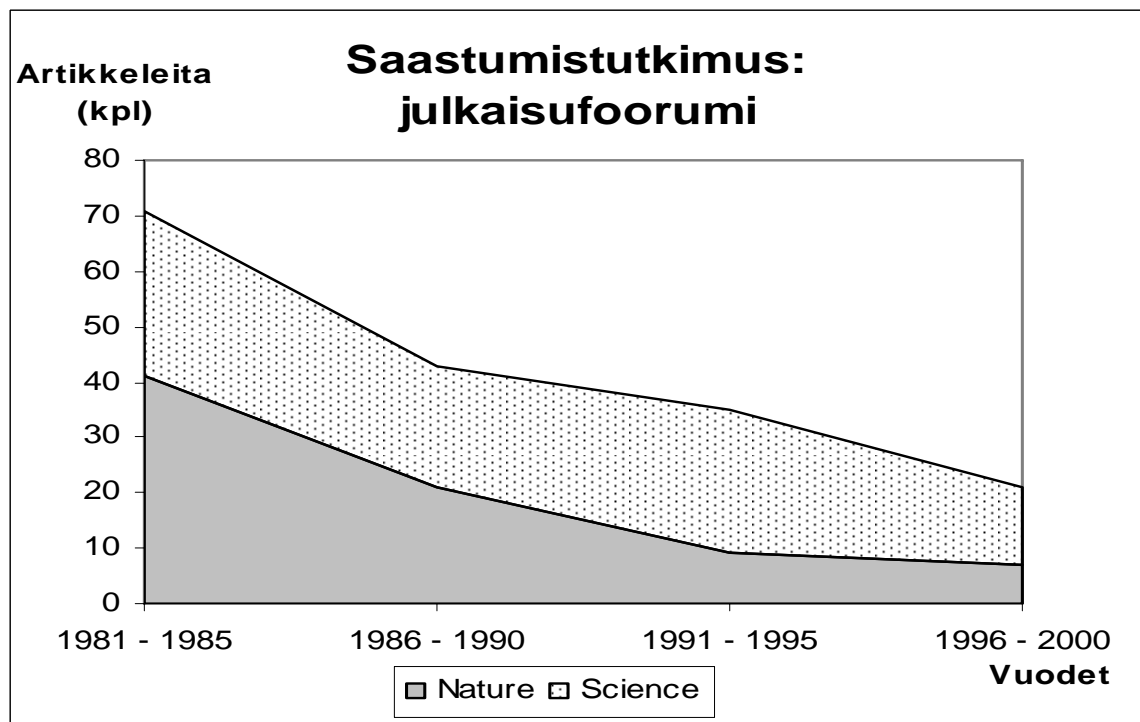


Kuva 13. Saastumisaiheiset artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.

Kun saastumisartikkelit jaotellaan maanosan mukaan, nähdään että väheneminen on tapahtunut pääosin amerikkalaisten instituutioiden tutkijoiden tekemissä tutkimuksissa (Kuva 14). Voidaan sanoa, että amerikkalaiset saastumisjulkaisut vähenevät rajusti. Kun tarkastellaan julkaisufoorumin mukaan käy ilmi, että väheneminen on suurempaa amerikkalaisessa Science-lehdessä (83 %) kuin brittiläisessä Nature-lehdessä (53 %)(Kuva 15).



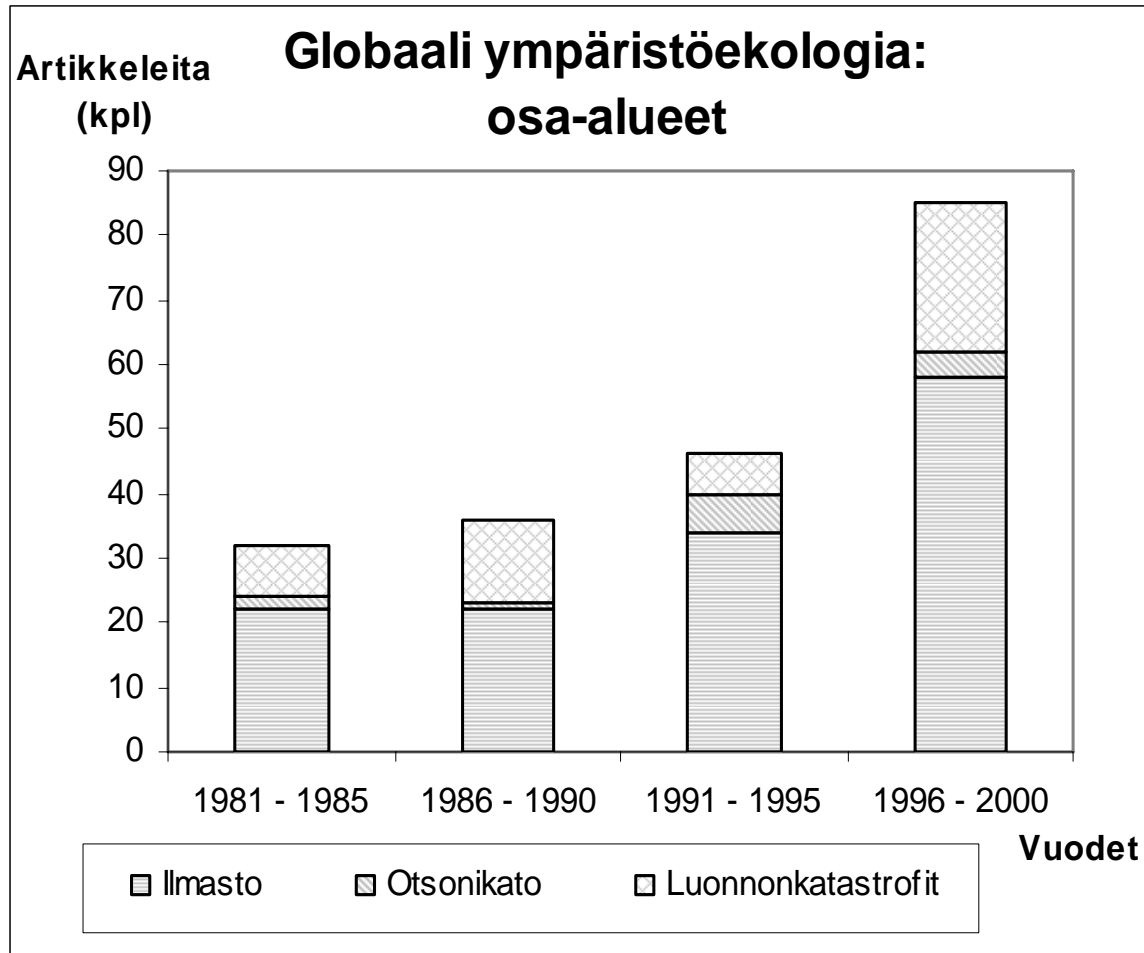
Kuva 14. Saastumisaiheiset artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution sijainnin mukaan maanosittain.



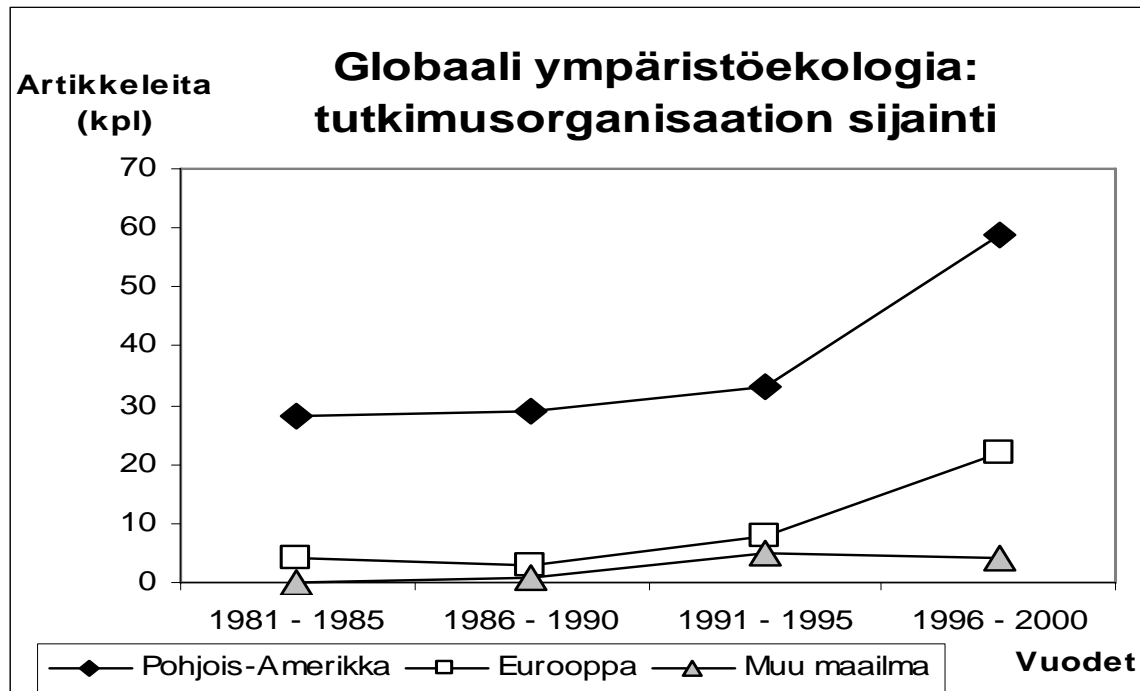
Kuva 15. Saastumisaiheiset artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

Kun edellä todettiin että paikallista saastumista käsittelevät artikkelit vähenivät tasaisesti tutkimusajanjaksolla, niin globaalitason ympäristöongelmat nousivat esille aikavälin tutkimuksissa, (Kuva 16). Kuvasta 17 nähdään, että globaalitason ympäristöongelmia tutkittiin pääasiassa uudella mantereella. Eurooppalainen alan tutkimus oli alussa vain murto-osa amerikkalaisesta tutkimuksesta. Amerikkalaisen tutkimuksen määrä lähes kaksinkertaistui ajan-

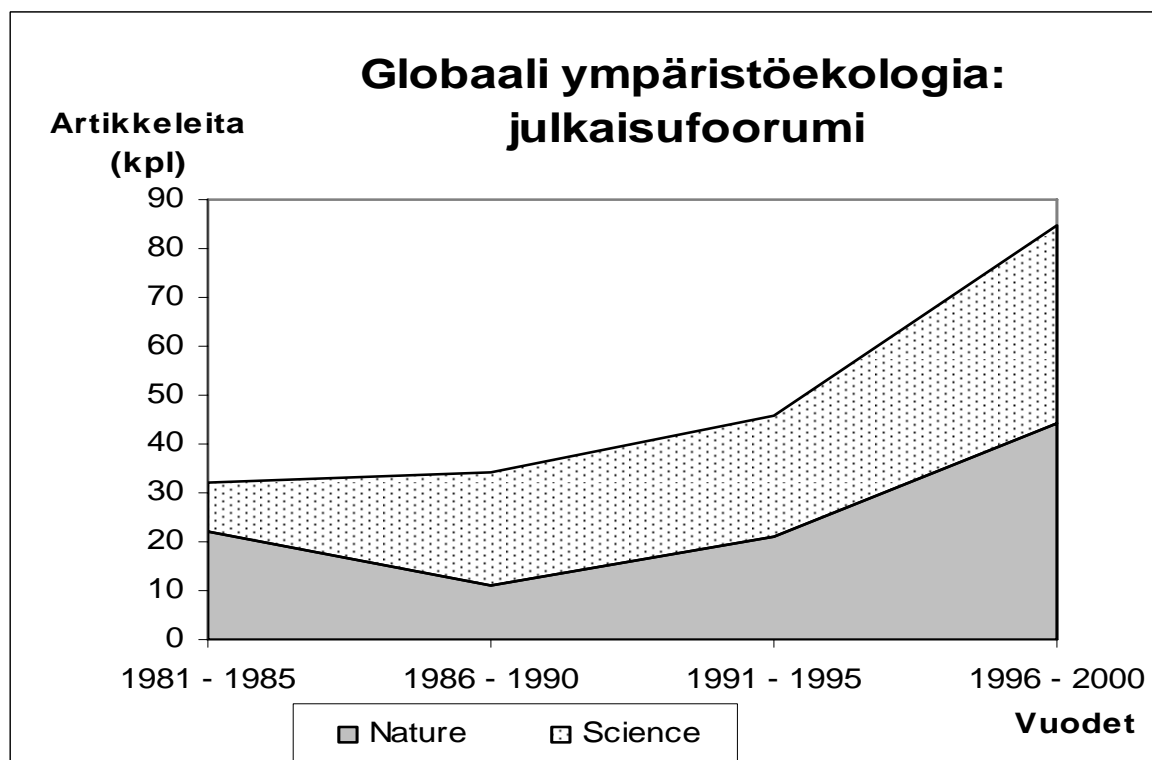
jakson loppuun mennessä. Eurooppalainen globaalitason tutkimus selvästi piristyi ajanjakson lopussa. Kun tarkastellaan julkaisufoorumeja, sekä Nature- että Science-lehdessä on yllättäen lähes samanlainen selvä nouseva tendenssi globaalitason ympäristöongelmia käsittelevien artikkelien lukumäärissä vuosien 1981 ja 2000 välisenä ajanjaksona (Kuva 18).



Kuva 16. Globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit viisivuotiskausittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.

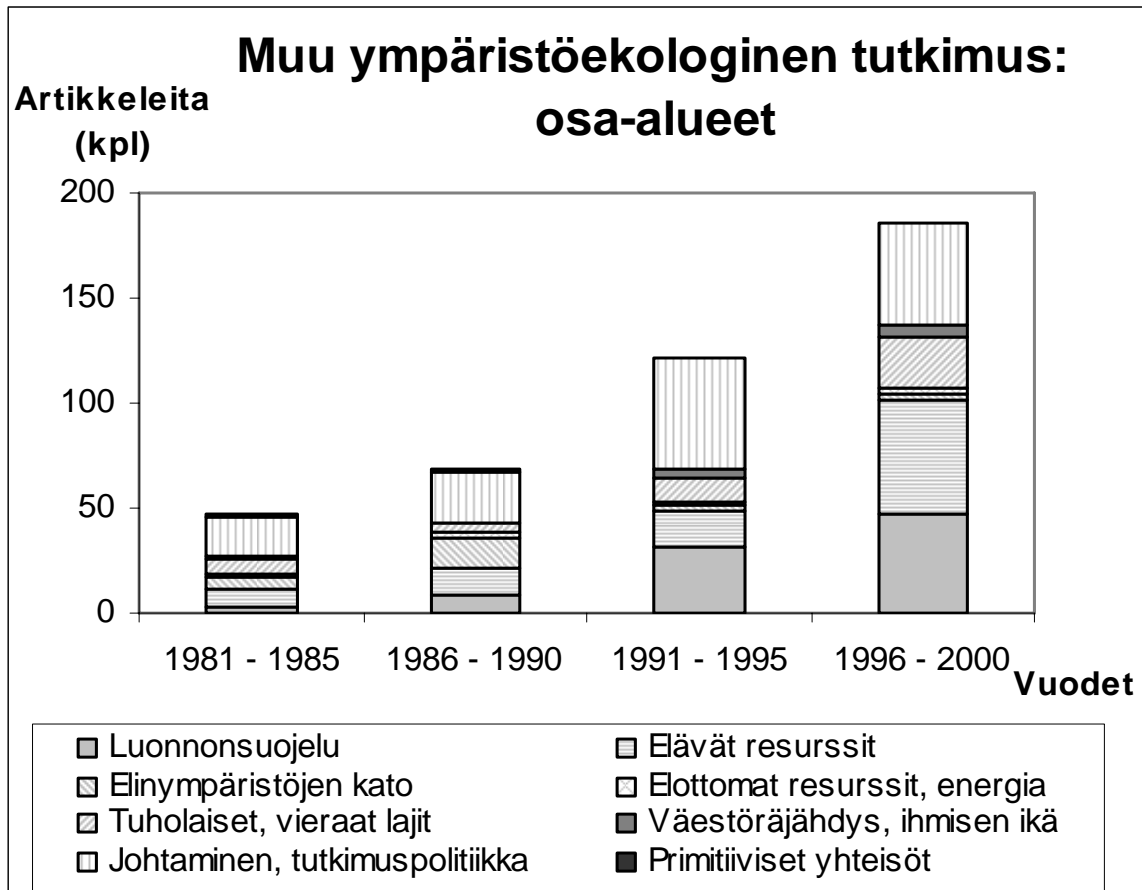


Kuva 17. Globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



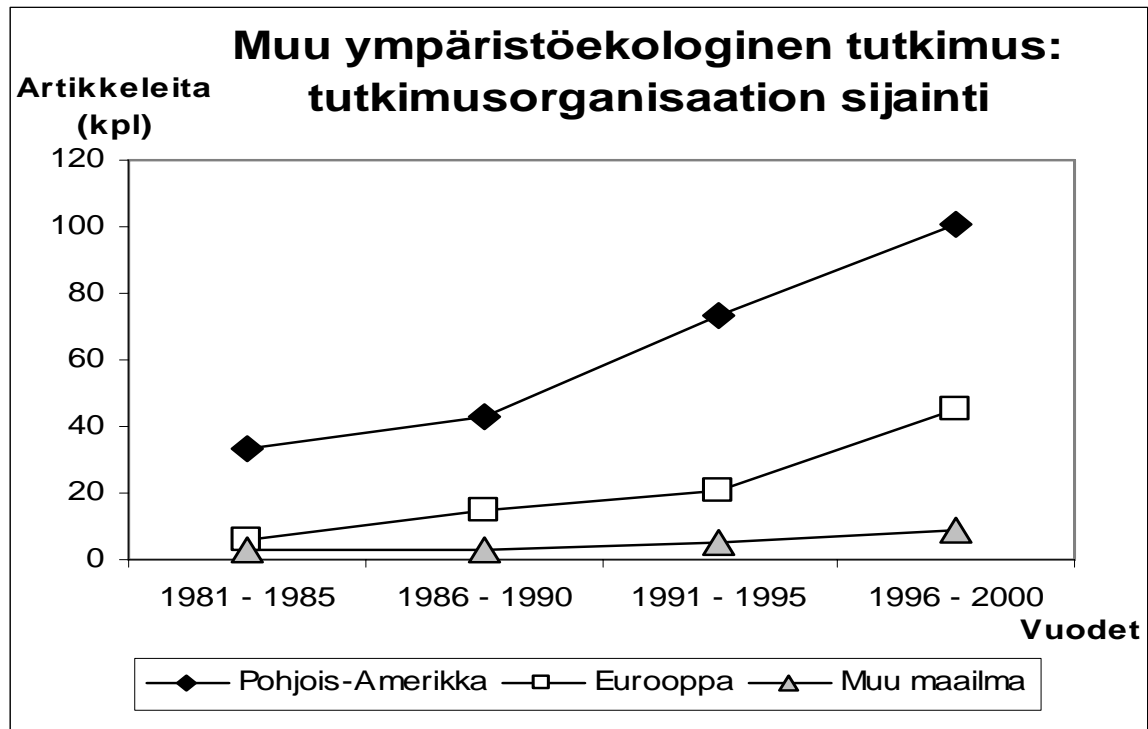
Kuva 18. Globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

Kuvassa 19 esitän muita ympäristöekologisen tutkimuksen aiheita. Näitä ovat: Luonnonsuojelubiologia, elävät resurssit ja maataloustuotanto, elinympäristöjen kato, elottomat resurssit ja energia, tuholaiset ja tulokaslajit, väestöräjähdyks ja ihmisen ikä, johtaminen ja tutkimuspolitiikka sekä primitiiviset ihmisyyhteisöt. Selvimmin nousevat lukumääräisesti työt, jotka käsittelevät eläviä resursseja, luonnonsuojelua sekä tuholaisia ja tulokaslajeja. Kurioositeettina voidaan todeta, että aavikoitumista ja deforestaatiota sekä primitiivisiä yhteisöjä käsittelevä tutkimus on vähentynyt 1990-luvulla. Elottomia resursseja ja ihmiskunnan energiataloudellisia kysymyksiä koskevia töitä sekä väestöräjähdyksestä ja ihmisen ikääntymisestä käsitteleviä artikkeleita nähdään aineistossa jonkin verran.

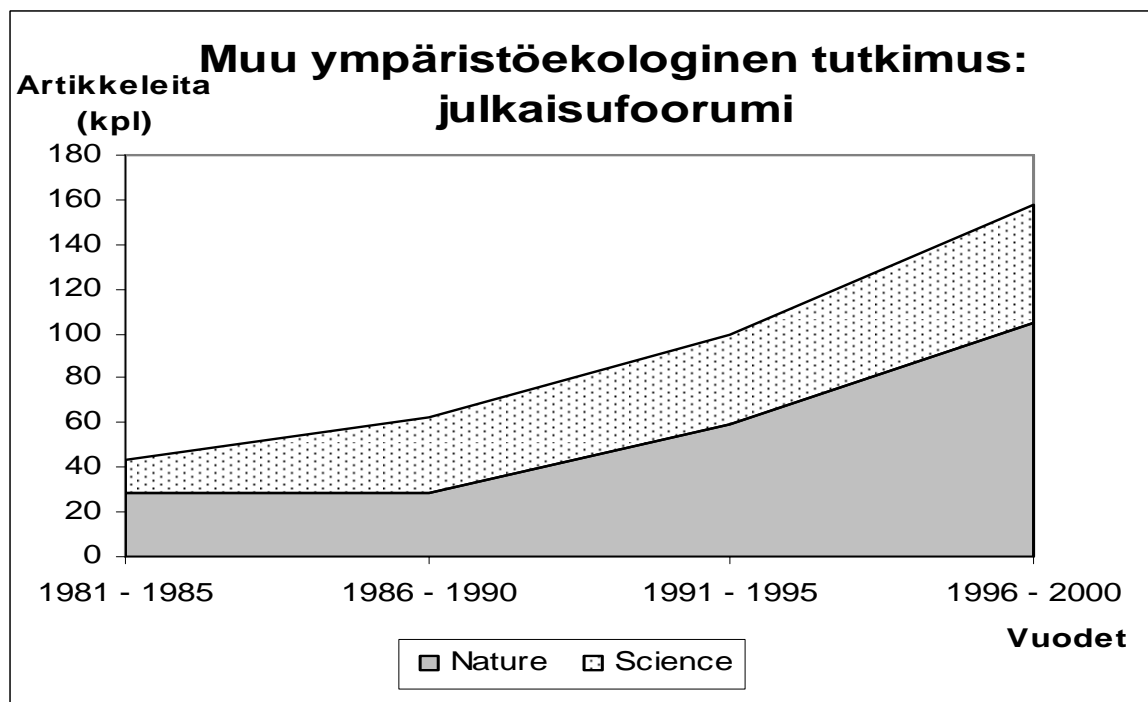


Kuva 19. Muut kuin paikallista saastumista ja globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4) esitellyn hierarkkisen alajaotelun mukaan.

Kuvassa 19 esitetyt ekologian osa-alueet ovat summattuina esitetty Kuvassa 20 maanosittain viisivuotiskausina vuosina 1981 – 2000. Tutkimusajanjakson toisella puoliskolla nähdään tähän kategoriaan kuuluvien pohjoisamerikkalaisten tutkimusten nousutendenssi, jota seuraa eurooppalaisten hieman jäljessä oleva nousu viimeisellä viisivuotiskaudella. Kun verrataan lehtien välisiä eroja käy ilmi, että nousu selittyy pääasiassa Science-lehden artikkelimäärän lisääntymisellä (Kuva 21, vuodet 1991 - 2000). Tämä ilmiö on peräisin suurimmaksi osaksi yhdysvaltalaisen tutkimusten lisääntymisenä omalla mantereella julkaistussa lehdessään.



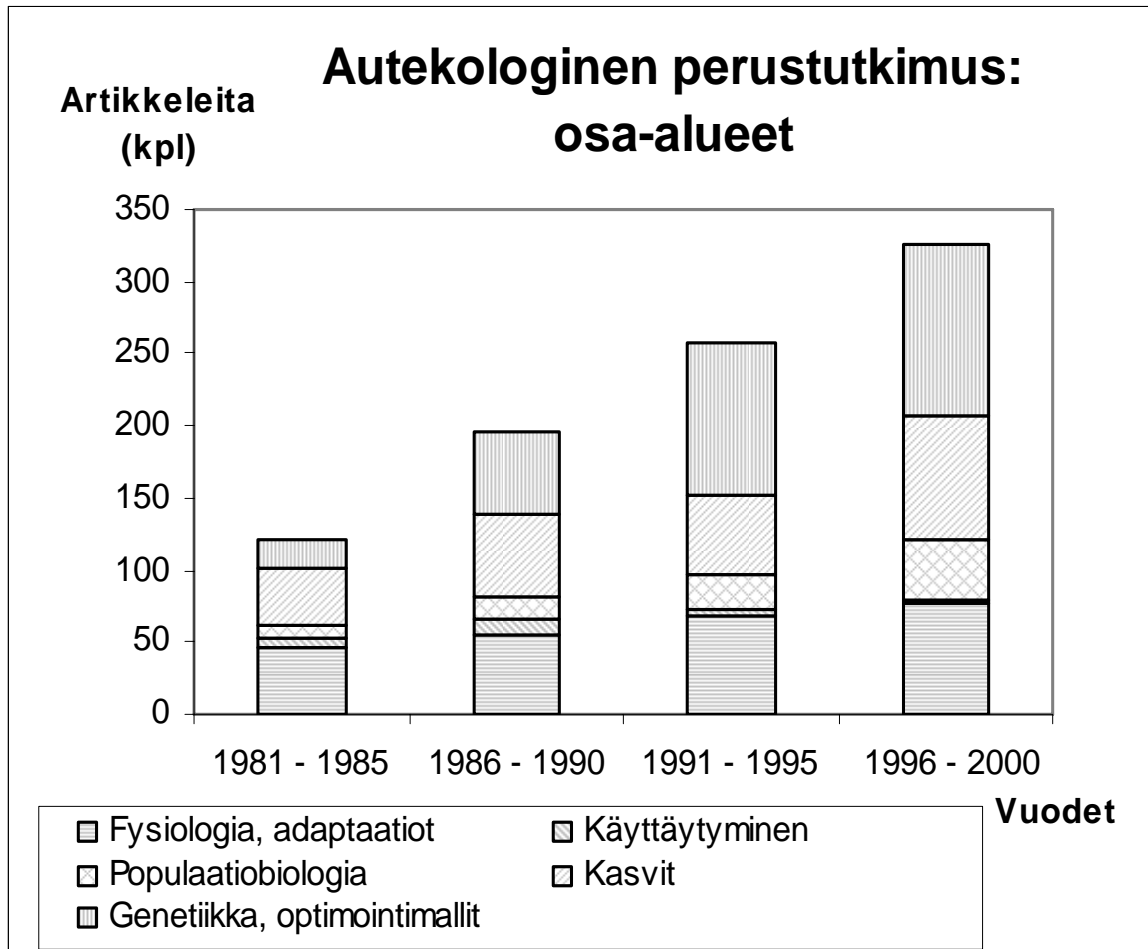
Kuva 20. Muut kuin paikallista saastumista ja globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



Kuva 21. Muut kuin paikallista saastumista ja globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

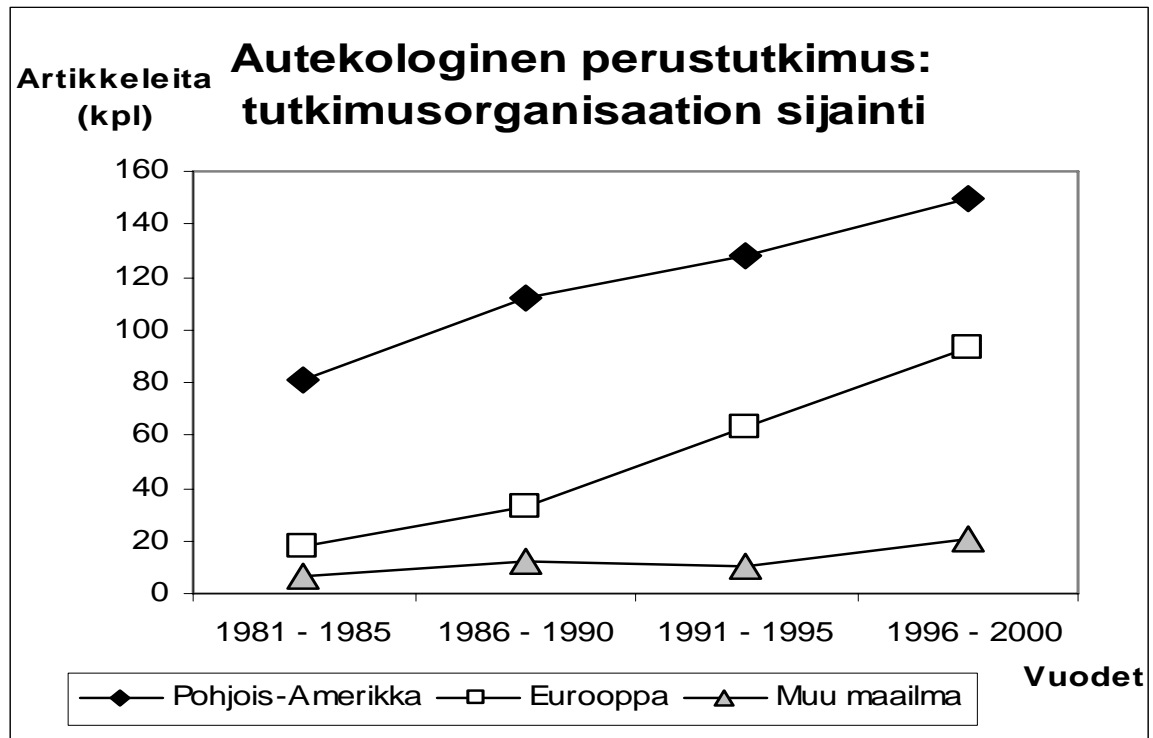
Kuvassa 22 nähdään viisivuotisjaksoissa lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen määrän muutokset aihealueittain Taulukossa 4 esitetyn jaottelun mukaisesti. Selvin nousu artikkelilukumäärissä tapahtuu populaatiogenetiikkaa ja optimointimalleja koskevien tutkimusten määrässä (Kuva 22). Nousu on yli kuusinkertainen verrattaessa vuosien 1981 – 1985 ja vuosien 1996 – 2000 lukumääriä. Samana aikana kasviekologisten artikkelien

määrä on kaksinkertaistunut, lievää kasvua on myös fysiologisen ekologian ryhmässä. Populaatiobiologisten julkaisujen määrä on pienempi, mutta samalla aikavälillä yli nelinkertaistunut. Käyttäytymisekologisten artikkelien määrä pysyttelee aineistossa melko marginaalisena.

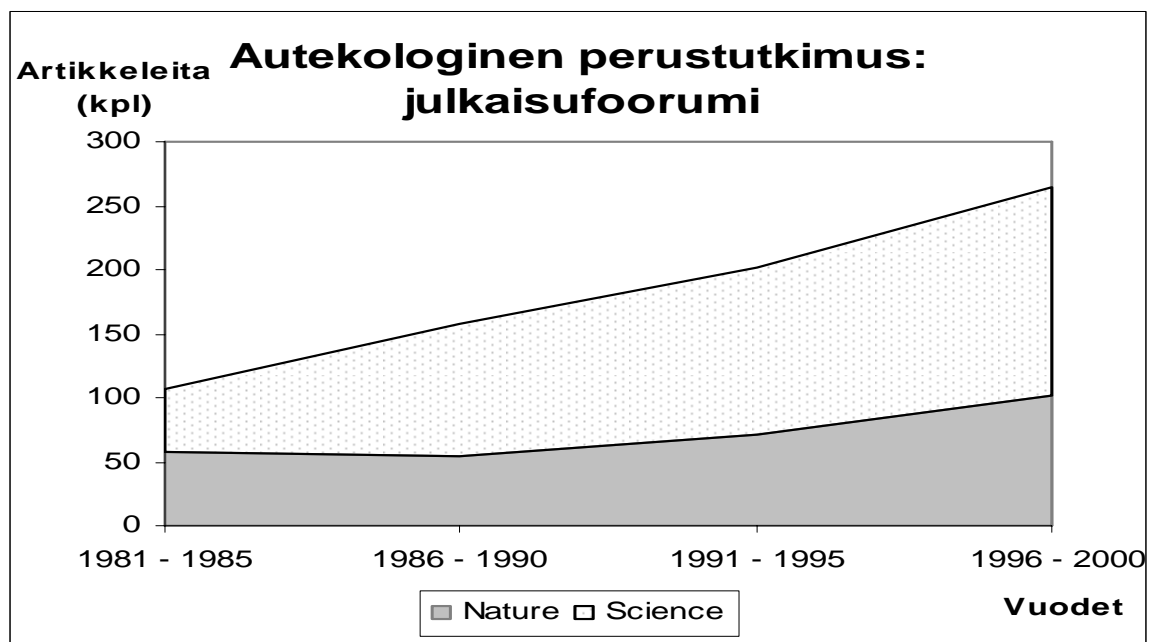


Kuva 22. Lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotiskausittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4) esitellyn hierarkkisen alajaotellun mukaan.

Kuvassa 23 nähdään lajin sisäisiä ilmiöitä tutkiva ekologinen tutkimus maanosittain. Sekä amerikkalaisen, että eurooppalaisen tämän alan tutkimusten määrä lisääntyy lineaarisesti tutkimusperiodina amerikkalaisten säilyttäessä johtavan aseman tälläkin alueella. Verrattaessa artikkelimääriä lehtitasolla on mielenkiintoista, että tämän alan tutkimus kehittyi niin, että ensimmäisen viisivuotiskauden jälkeen suurin osa kirjoituksista julkaistiin Nature-lehdessä, huolimatta amerikkalaisten enemmistöstä kirjoittajien keskuudessa (Kuva 24).



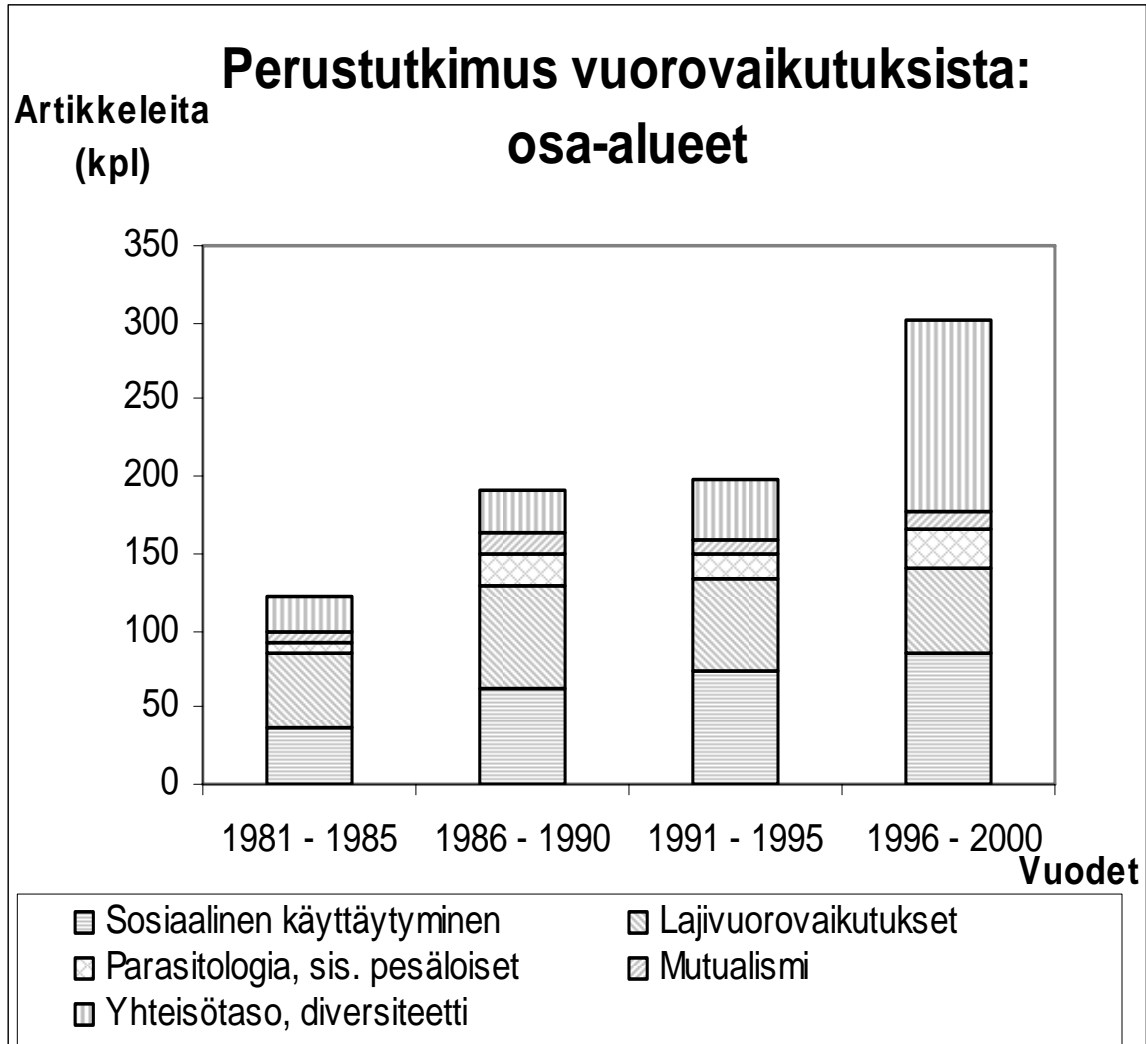
Kuva 23. Lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotiskausittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



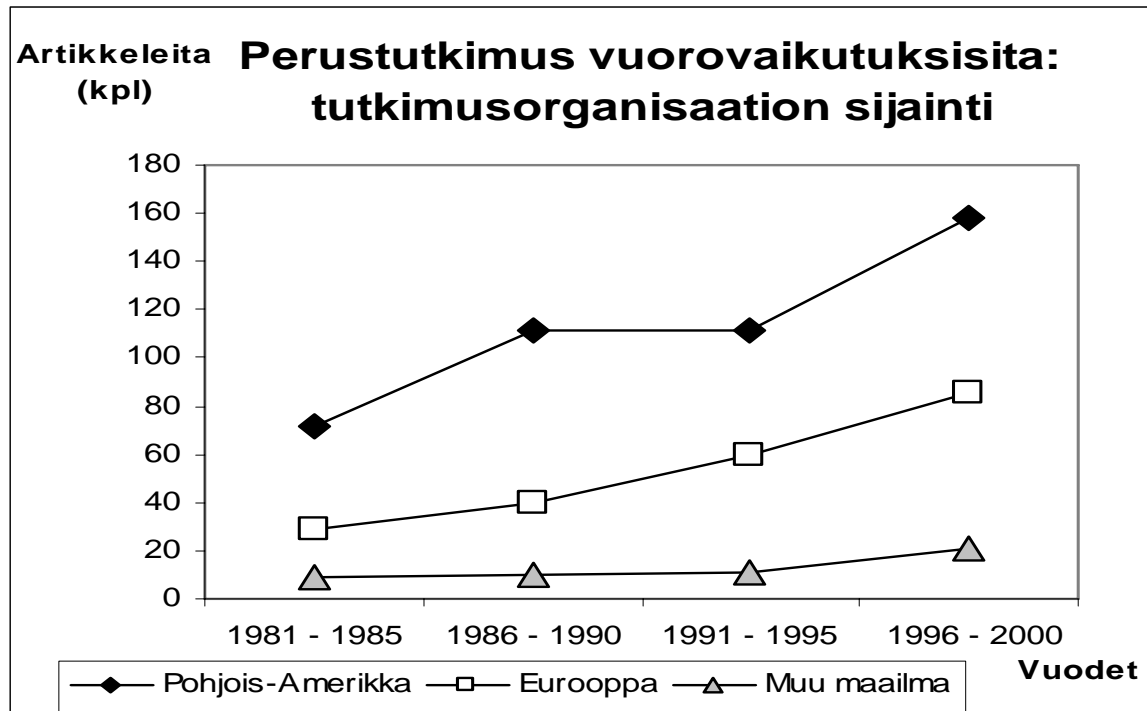
Kuva 24. Lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotiskausittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

Vuorovaikutuksia tutkiva ekologinen perustutkimus esitetään Kuvassa 25. Kuviossa selvän muutos tapahtuu yhteisötasoa, diversiteettiä ja ravintoketjuja koskevassa tutkimuksessa, jonka artikkelimäärä viisinkertaistui ja joka muuttui kolmanneksi yleisimmäksi tutkimustyyppistä yleisimmäksi tyyppiä tässä vuorovaikutustason ilmiöitä tutkivassa perustutkimuksessa.

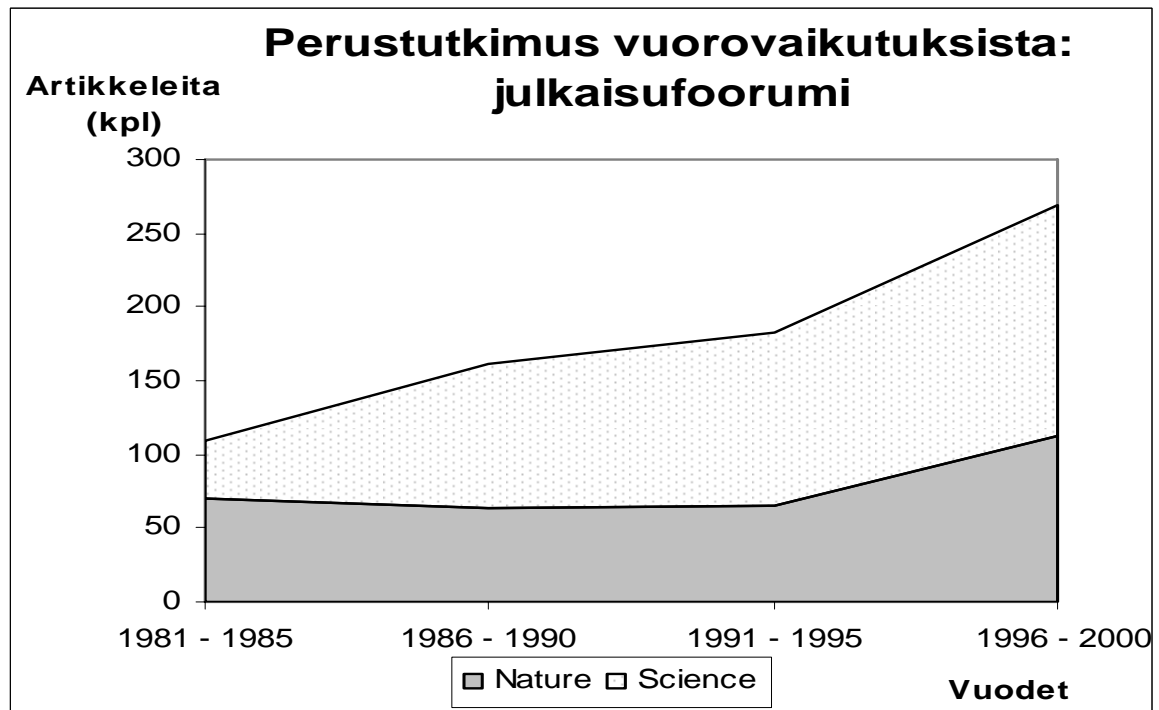
Nousua tapahtui myös sosiaalisen käyttäytymisen ja seksuaalivalinnan tutkimuksen kategoriassa. Tarkasteltaessa alan kehitystä maanosittain, nähdään jo aikaisemmin todettu amerikkalaisvetoinen nousujohteinen kehitys, jota eurooppalainen tutkimus myötäilee (Kuva 26). Myös Kuvassa 27 nähdään aikaisemmin esiintynyt tendenssi eli enemmistö ryhmän tutkimuksista julkaistaan Nature- lehdessä.



Kuva 25. Vuorovaikutuksia tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.



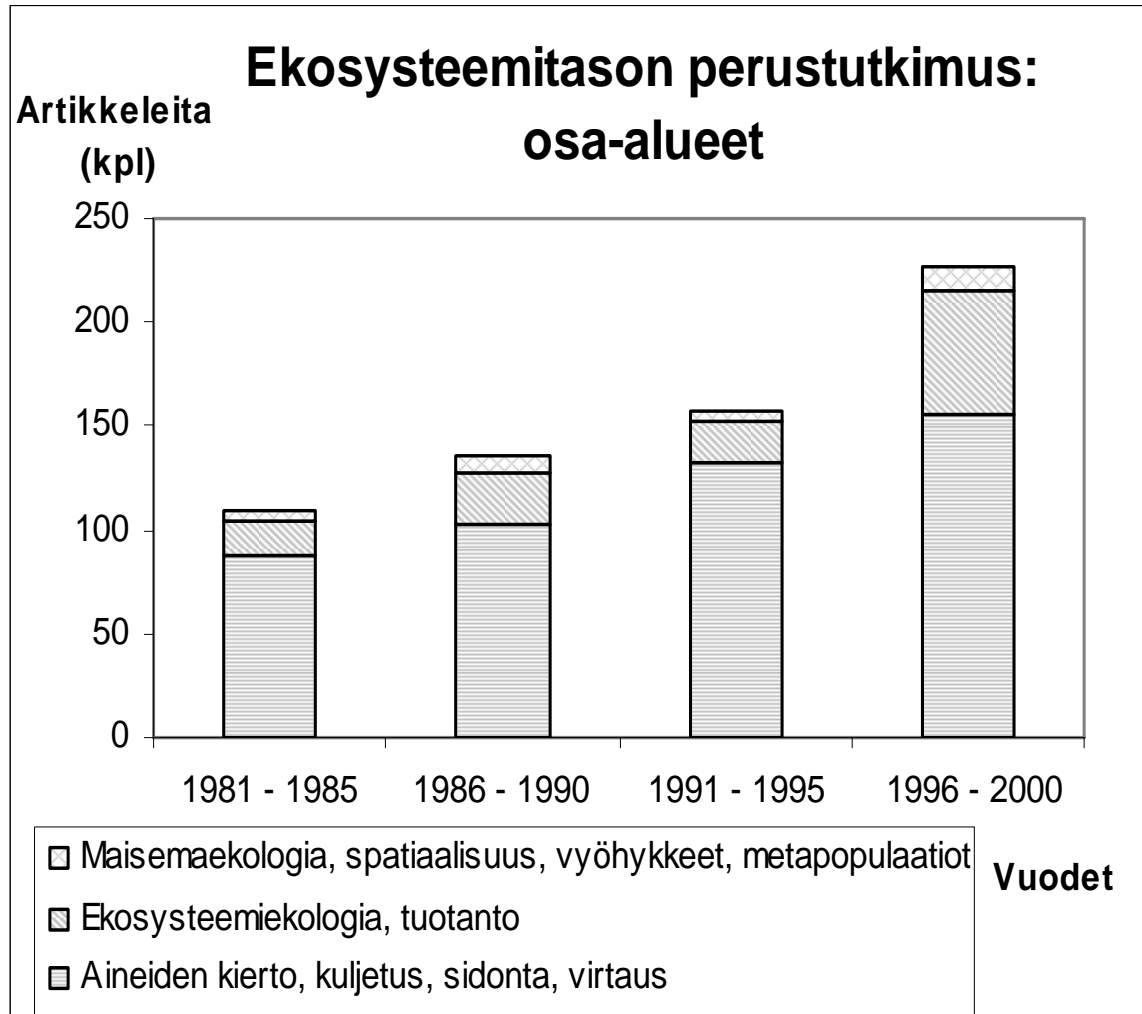
Kuva 26. Vuorovaikutuksia tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



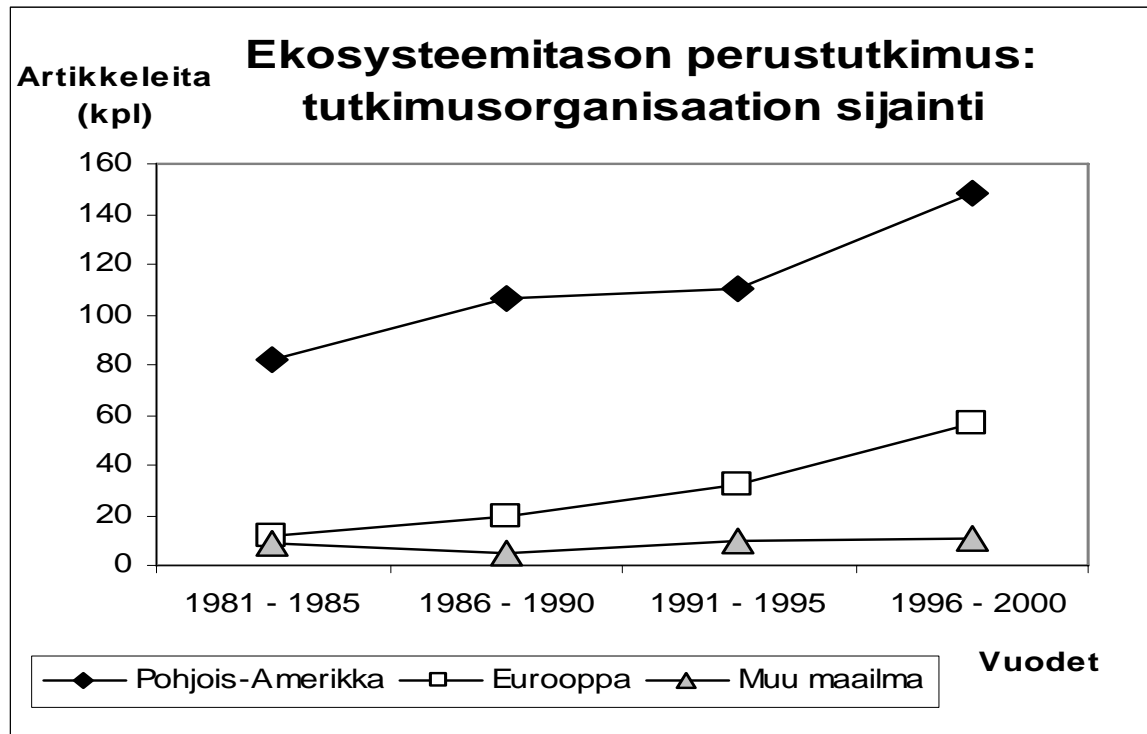
Kuva 27. Vuorovaikutuksia tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

Ekosysteemitason perustutkimus esitetään Kuvissa 28, 29 ja 30. Kaikissa viisivuotisjaksojen pylväissä nähdään aineiden kiertoa, kuljetusta, sidontaa ja virtausta tutkivan alaryhmän artikkelien dominoiva osuus. Kuitenkin nousu oli selvempi ekosysteemiekologian ja tuotannon alaryhmän artikkeleissa, joiden osuus oli viimeisellä viisivuotiskaudella melkein kolman-

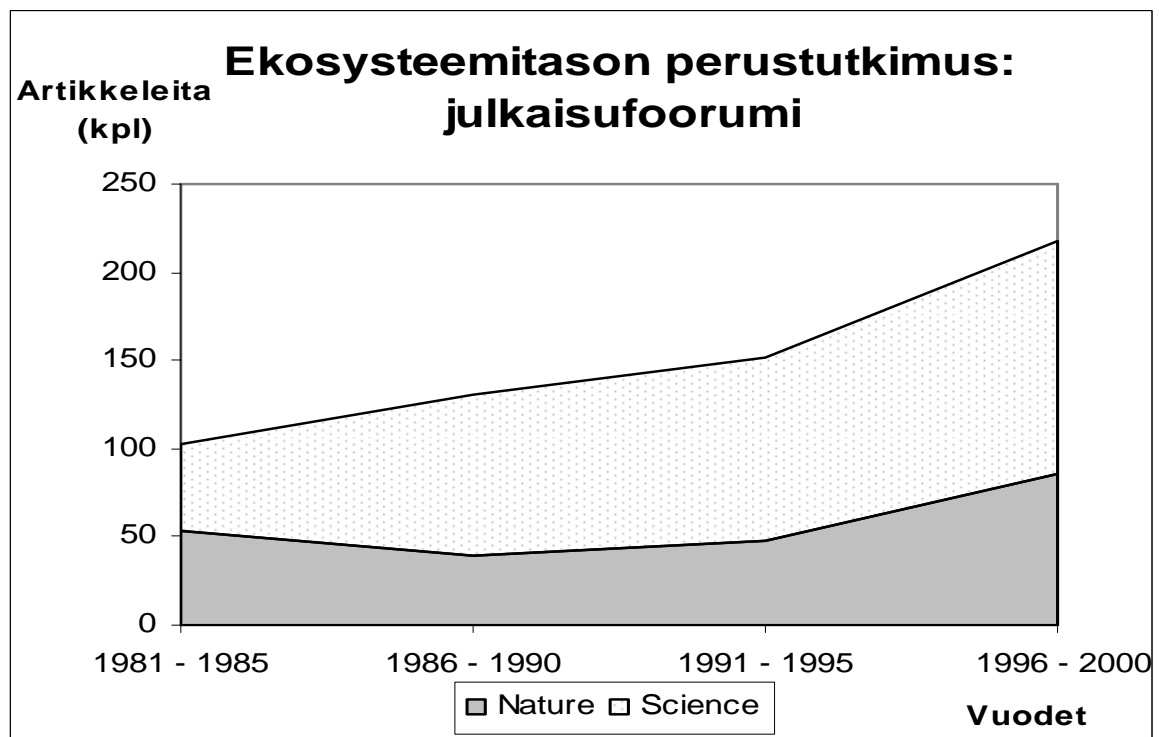
nes ekosysteemitason perustutkimuksen artikkelien määrästä. Maanosa- ja julkaisufoorumija-kauma noudattavat edellisessä kappaleessa olevaa trendiä ehkä hieman korostuneempaan: amerikkalaisvetoista tutkimusta eurooppalaisessa foorumissa (Kuvat 29 ja 30).



Kuva 28. Ekosysteemitason ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotiskausittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.



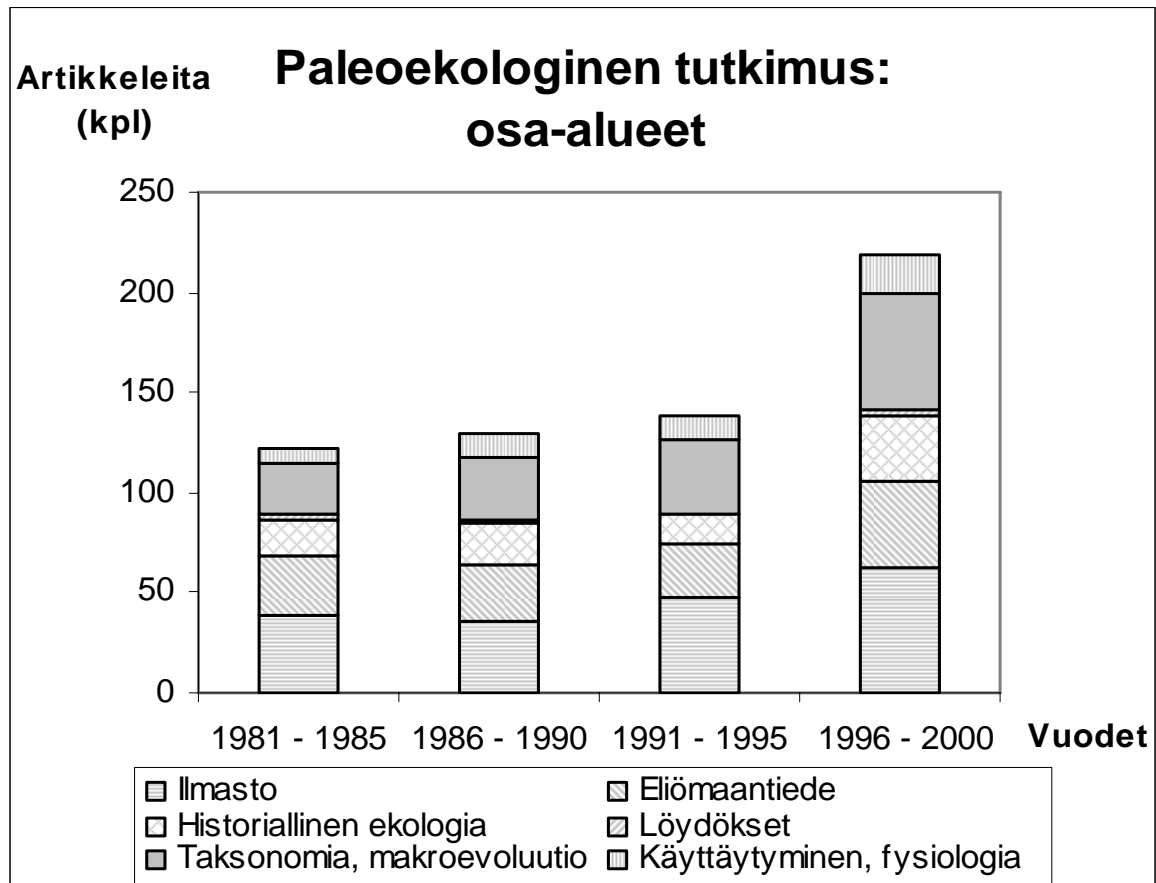
Kuva 29. Ekosysteemitason ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



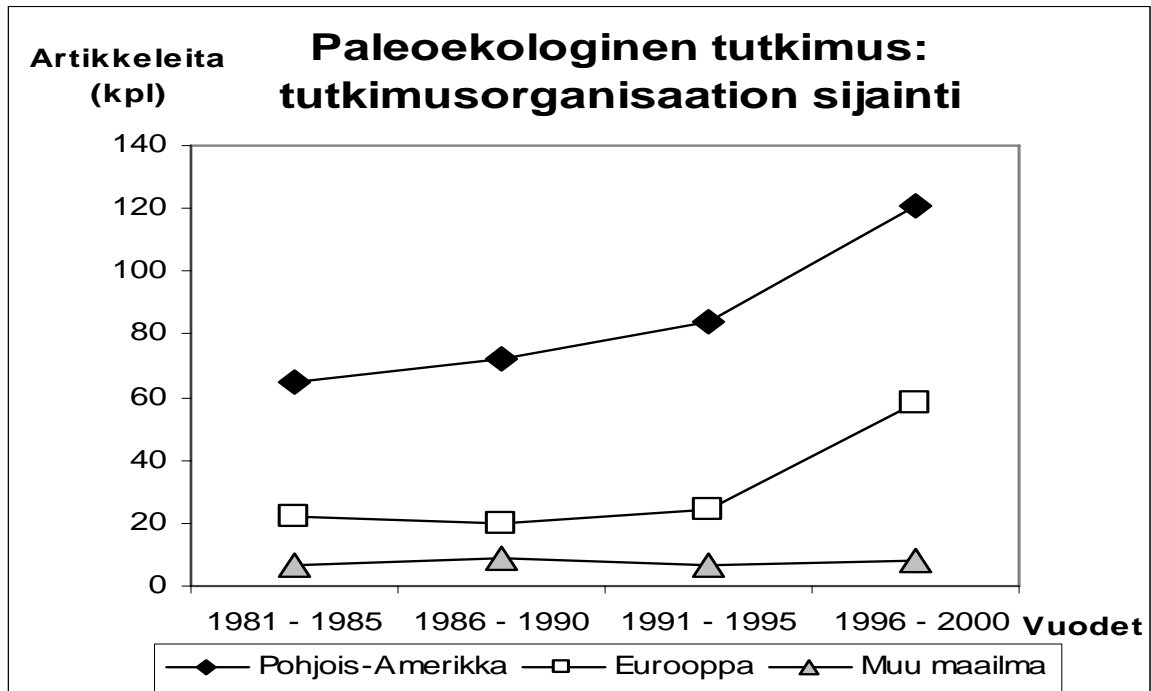
Kuva 30. Ekosysteemitason ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

Paleoekologiaa käsittelevien artikkelien, joita on noin neljännes kaikista artikkeleista, kokonaismäärä ajanjaksolla 1981 – 2000 esitetään viiden vuoden periodeina (Kuva 31). Ku-

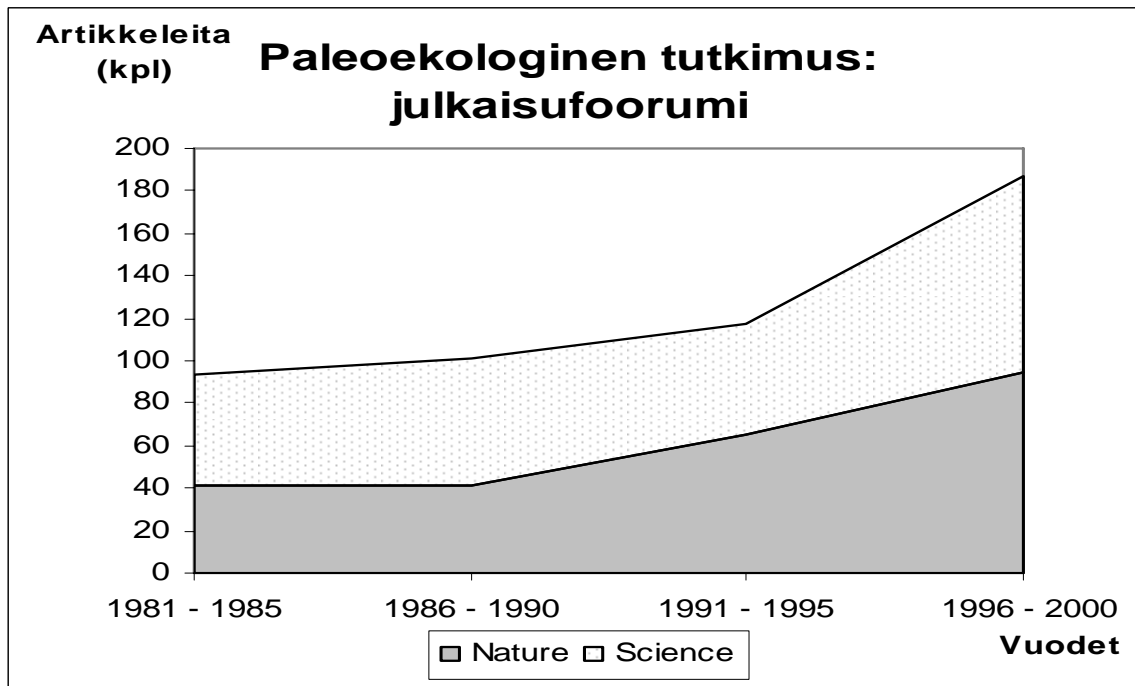
vassa nähdään, että artikkelien määrä nousi tarkasteluajanjakson loppua kohden lähes kaksinkertaiseksi. Lukumäärän nousua tapahtui kaikissa alaryhmissä, mutta löydöksiä kohdalla määrä jäi niin pieneksi, että varmoja johtopäätöksiä ei voida tehdä. Tutkimuksen jakautuminen eri maanosiin noudattaa totuttua linjaa (Kuva 32). Nature- ja Science-aikakauslehdissä julkaisumäärät ovat keskenään samaa suuruusluokkaa kautta tarkastelujakson, siten että julkaisumäärien nousu näkyy Science-lehdessä viisi vuotta aikaisemmin kuin Nature-lehdessä (Kuva 33).



Kuva 31. Paleoekologisen tutkimuksen artikkelit viisivuotiskausittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuna luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.



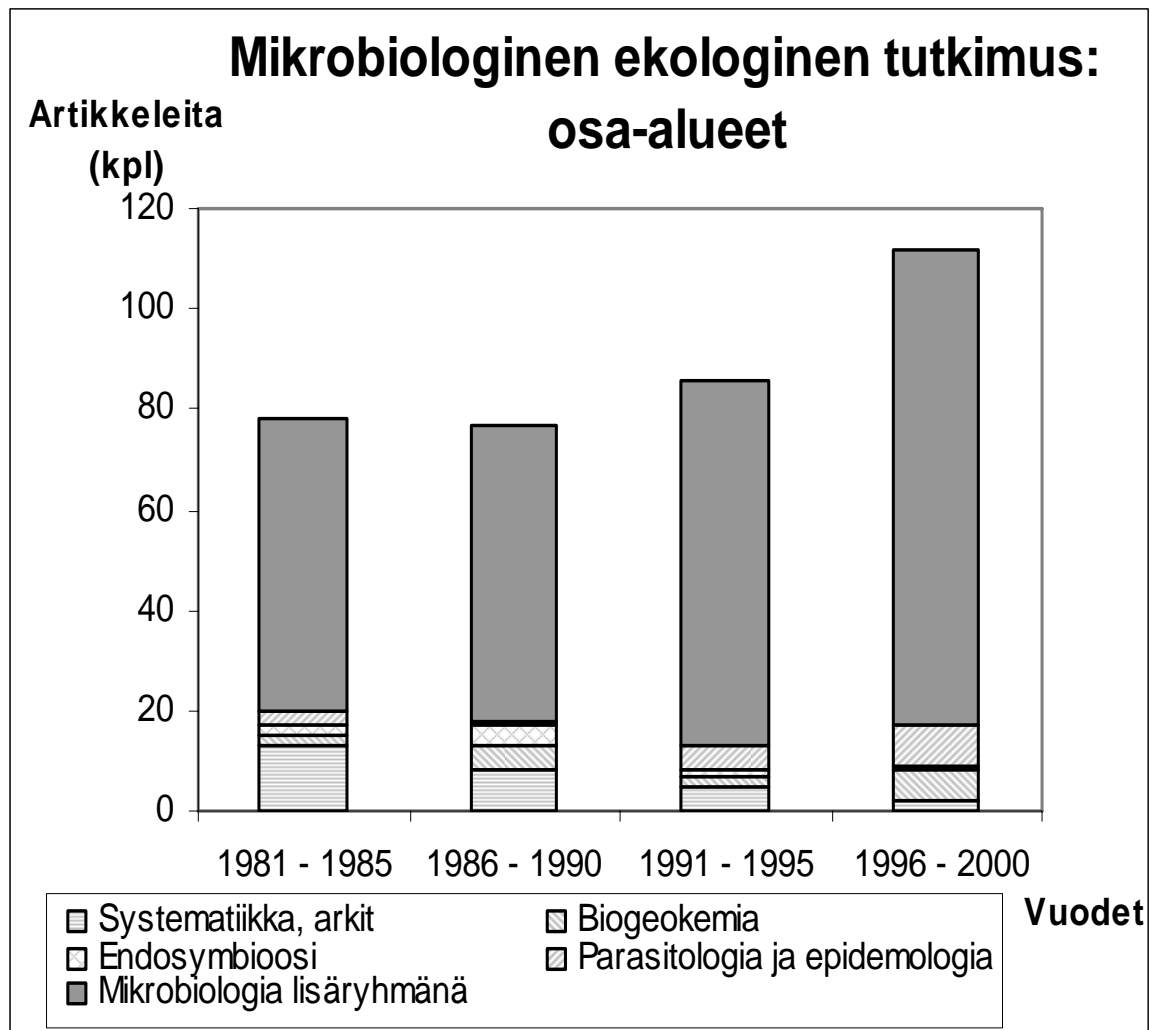
Kuva 32. Paleoekologisen tutkimuksen artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



Kuva 33. Paleoekologisen tutkimuksen artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

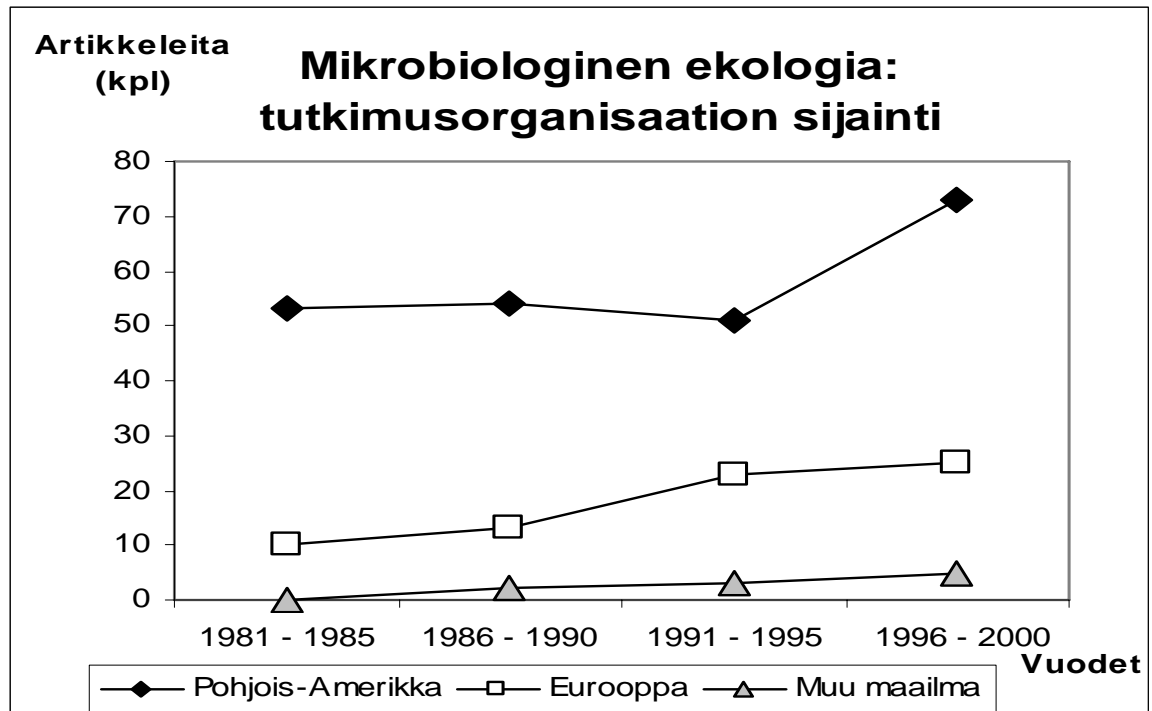
Eri paleontologisia maailmankausia koskevien artikkelien määrät esitetään sektoridiagrammina Kuvassa 10. Kvartaarikautta koskevat artikkelit ovat aineistossa lukumääräisesti suurin ryhmä, ollen 40 % kaikista paleoekologisista artikkeleista.

Noin 1/6 osa artikkeleista käsitteli mikrobiologista ekologiaa (323/2054). Mikrobiologista ekologiaa koskevien artikkelien jaottelu käy ilmi Kuvasta 34. Määrävinä alaryhmänä tässä ekologian osa-alueessa olivat tutkimukset, joissa mikrobiologinen aspekti oli vain lisänä tutkimuksen varsinaisen aiheen ohella. Tämä ryhmä tarkoittaa artikkeleita, jotka ovat pääaiheeltaan jossain muussa ryhmässä, mutta artikkelin avainsanoja (Taulukko 1) käyttäen sekä subjektiivisen kokonaisarvion (Taulukko 4) perusteella ovat selvästi ryhmittyneet mikrobiologisen ekologian yhdeksi ryhmäksi. Tämän ryhmän artikkelien määrä kaksinkertaistui ensimmäisestä viisivuotiskaudesta viimeiselle viisivuotiskaudelle. Huomiona voidaan todeta, että systematiikkaa ja arkkibakteereja kuvaavat tutkimukset ovat vähentyneet ehkä niiden uutuusarvon vähenemisen vuoksi. Maanosa- ja lehtijako noudattavat edellisissä kappaleissa kuvattua ekologisen perustutkimuksen suuntausta (Kuvat 35 ja 36).

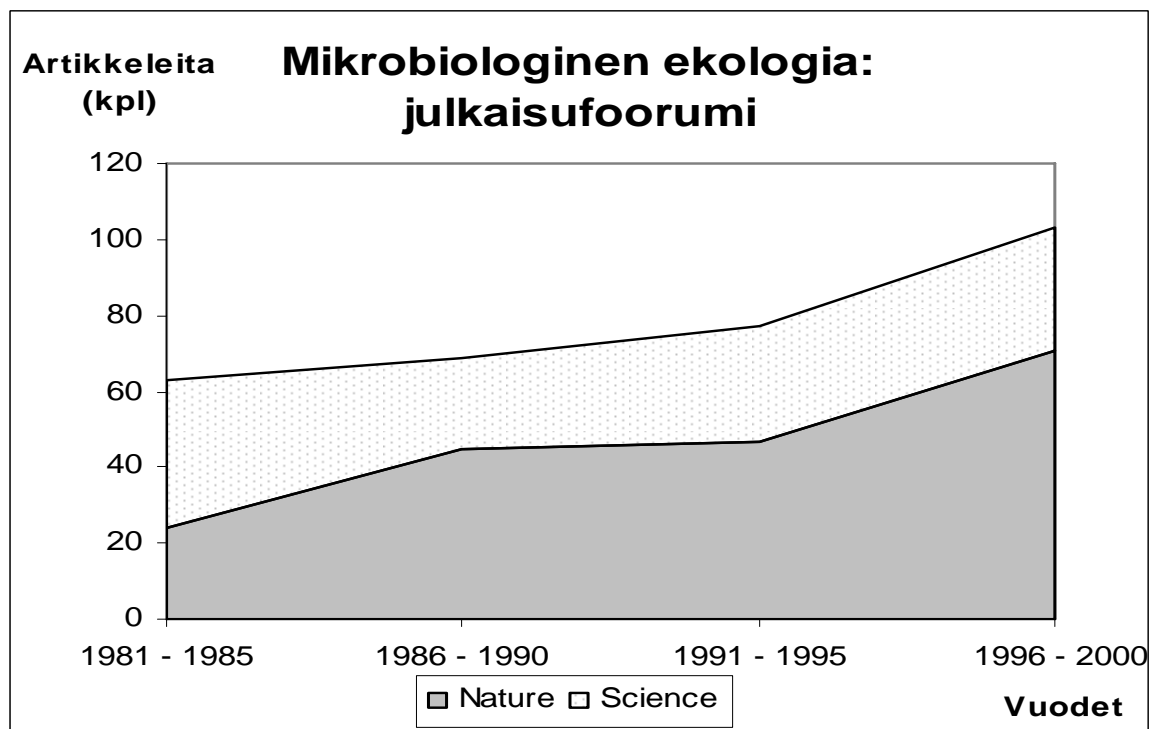


Kuva 34. Mikrobiologista ekologiaa sisältävät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina hierarkkisen alajaottelun mukaan. Jaottelu esitelty luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.).

¹Ryhmän määrittely tarkemmin tekstissä (Kappale 3.3).



Kuva 35. Mikrobiologista ekologiaa koskevat artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.



Kuva 36. Mikrobiologista ekologiaa koskevat artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumin mukaan.

3.4. Huippusuorituksia

a) Viitatuimmat artikkelit

Eniten viittauksia, 140 kpl, julkaisun jälkeisenä kolmena vuotena sai ydinsodan aiheuttaman ilmastonmuutoksen ekologisia vaikutuksia käsittelevä artikkeli ”*Nuclear winter: Global consequences of multiple nuclear explosions*” (Turco ym. 1983, Taulukko 7). Toiseksi kiri artikkeli soitimen evoluutiosta (Kirkpatrick ja Ryan 1991, ks. myös Taulukko 7). Kymmenenneksi eniten siteerattu artikkeli sai kolmena ilmestymisen jälkeisenä vuotena 89 viitasta (Taulukko 7).

Taulukko 7. Nature- ja Science-lehtien 10 siteeratuinta ekologiaa käsittelevät artikkeleita vuosina 1981 – 1997¹.

Nro. ²	Artikkelin nimi	Viitteet ³
1.	Turco, R.P., Toon, O.B., Ackerman, T.P., Pollack, J.B. & Sagan, C. 1983: Nuclear winter: Global consequences of multiple nuclear explosions. <i>Science</i> 222 (4630): 1283-1292.	140
2.	Kirkpatrick, M. & Ryan, M.J. 1991: The evolution of mating preferences and the paradox of the lek. <i>Nature</i> 350 (6313): 33-38.	118
3.	Coale, K.H., Johnson, K.S., Fitzwater, S.E., Gordon, R.M., Tanner, S., Chavez, F.P., Ferioli, L., Sakamoto, C., Rogers, P., Millero, F., Steinberg, P., Nightingale, P., Cooper, D., Cochlan, W.P. & Kudela, R. 1996: A massive phytoplankton bloom induced by an ecosystem-scale iron fertilization experiment in the Equatorial Pacific Ocean. <i>Nature</i> 383 (6600): 495-501.	115
4.	Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andreae, M.O. & Warren, S.G. 1987: Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. <i>Nature</i> 326 (6114): 655-661.	104
5.	Melillo, J.M., McGuire, A.D., Kicklighter, D.W., Moore, B. III, Vorosmarty, C.J. & Schloss, A.L. 1993: Global climate change and terrestrial net primary production. <i>Nature</i> 363 (6425): 234-240.	103
6.	Tilman, D., Wedin, D. & Knops, J. 1996: Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. <i>Nature</i> 379 (6567): 718-720.	99
7.	Robinson, S.K., Thompson, F.R. III, Donovan, T.M., Whitehead, D.R. & Faaborg, J. 1995: Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. <i>Science</i> 267 (5206): 1987-1990.	94
8.	Ciais, P., Tans, P.P., Trolier, M., White, J.W.C. & Francey, R.J. 1995: A large Northern Hemisphere terrestrial CO ₂ sink indicated by the super(13)C/super(12)C ratio of atmospheric CO ₂ . <i>Science</i> 269 (5227): 1098-1102.	92
9.	Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital 1997. <i>Nature</i> 387 (6630): 253-260.	92
10.	Skole, D. & Tucker, C. 1993: Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. <i>Science</i> 260 (5116): 1905-1910.	89

¹Ajanjakso päättyy vuoteen 1997, koska viittausta määriä selvitetäessä ei ollut käytettävissä vuosien 1998 – 2000 tietoja. Yhtä artikkelia lukuun ottamatta kaikkien artikkeleiden kirjoittajien tutkimuslaitos sijaitsi Yhdysvalloissa. Artikkelin nro 2. koskevaa tutkimuslaitostietoa ei ole CSA:n tietokannassa eikä myöskään Nature-lehden verkkoversiosta. Kirjoittajat ovat muussa yhteydessä kuitenkin ilmoittaneet laitokseen amerikkalaisen yliopiston. ² Järjestysluku artikkelin saamien siteerausten mukaan, eniten siteerattu on numero 1. ³ Artikkelin saamien viittausten määrä kolmena julkaisun jälkeisenä vuotena.

Taulukossa 8 näemme kolme viitatuinta tutkimusta kultakin eri ekologian osa-alueelta. Viittausten määrä vaihtelee välillä 140 – 55. Viitatuin osa-alue oli globaalien ympäristöongelmien tutkimus (kolmen viitatuimman artikkelin sitaatioiden summa 347 kpl kolmessa vuodessa).

Taulukko 8. Ekologian eri tutkimusalojen viitatuimmat artikkelit Nature- ja Science-lehdissä vuosina 1981 - 1997. Artikkelit sijoitettu tärkeimmän kategoriansa mukaan.

<i>Tutkimusala</i>	<i>1. tekijä</i>	<i>Tutkimusaihe</i>	<i>Tutkimuslaitos</i>	<i>Lähde</i>	<i>Viitt.¹</i>
Globaalit ympäristöongelmat	Turco, RP	Ydinsodan seuraukset	R and D Assoc., USA	Science 1983	140
	Charlson, RJ	Ilmasto, valtameren aerosolit	Univ. Washington, USA	Nature 1987	104
	Melillo, JM	Ilmasto, terr. perustuotanto	Woods Hole, Institute, USA	Nature 1993	103
Saastuminen	Schulze, E-D	Ilmansaasteet, metsätuhot	Univ. Bayreuth, FRG	Science 1989	87
	Schindler, DW	Järvien happamoitumiskoe	Freshwater Inst., Canada	Science 1985	78
	Likens, GE	Happamoituminen, toipuminen	Millbrook Inst., USA	Science 1996	70
Muut ympäristöongelmat	Robinson, SK	Metsien pistaloituminen	Illinois Nat. Hist. Surv, USA	Science 1995	94
	Costanza, R	Ekosysteemin ja luonnon tal. arvo	Univ. Maryland, USA	Nature 1997	92
	Skole, D	Sademetsien häviäminen	Univ. New Hampshire, USA	Science 1993	89
Autekologinen perustutkimus	Kirkpatrick, M	Soitimen evoluutio	— ²	Nature 1991	118
	Burke, T	Jäkeläishoito, ja pariutuminen, isyys	Univ. Leicester	Nature 1989	86
	Kempnaer, SB	Parin sukupuolinen isyys	Univ. Antwerp, Belgium	Nature 1992	84
Perustutkimus vuorovaikutuksista	Tilman, D	Luonnon monimuotoisuus	Univ. Minnesota, USA	Nature 1996	99
	Coley, PD	Kasvin puolustus ja resurssit	Univ. Utah, USA	Science 1985	84
	Hassell, MP	Hyönteispopulaation tilarakenne ja kaaos	Imp. Coll., UK	Nature 1991	67
Ekosysteemitason perustutkimus	Coale, KH	Rauta ja valtam. perustuotanto. Koe.	Moss Landing Lab, USA	Nature 1996	115
	Martin, JH	Rauta ja antarkt. vesien tuotanto	Moss Landing Lab, USA	Nature 1990	86
	deBaar, HJW	Rauta ja valtameren hiilensidonta	Netherlands Inst. Sea Res., Netherlands	Nature 1995	79
Paleontologinen ekologia	Officer, CB	Liitu- ja tert.kauden sukupuuttojen syyt	Darmouth Coll., USA	Nature 1987	60
	Nettel, A	Hiilidioksidipitoisuus jäätikönäytteestä	Univ. Bern, Switzerland	Nature 1982	56
	Gould, SJ	Punktuaalisen evoluution mallista	Harvard Univ., USA	Nature 1993	55
Mikrobiologinen ekologia	Pace, NR	Mikrobien diversiteetti	Univ. California, Berkeley, USA	Science 1997	88
	Proctor, LM	Meren sinilevien ja bakteerien virukset	Univ. Southern California, USA	Nature 1990	83
	Li, WKW	Troopp. valtameren plankton	Bedford Inst. Oceanogr., Canada	Science 1983	79

¹Artikkelin saamien viittausten määrä kolmena julkaisun jälkeisenä vuotena. ²Tutkimuslaitostieto ei ollut saatavilla.

b) Menestyneimmät kirjoittajat

Taulukossa 9 esitetään lista tutkijoista, jotka ovat julkaisseet tutkimusajankausena eniten ekologista artikkeleita Nature- ja Science-lehdissä. Siinä esiintyvät 24 tutkijaa ovat mukana kaikkiaan 197 artikkelissa (osassa näitä artikkeleita on kirjoittajana useampi kuin yksi taulukossa oleva tutkija). Eniten julkaissut tutkija oli osallisena 13 artikkelissa. Sijaluvultaan 24. oli merkitty kirjoittajaksi 7 artikkeliin. Aineistossa esiintyy kaiken kaikkiaan 4931 eri kirjoit-

tajaa. Voidaan todeta, että 0.5 % tutkijoista tuotti 10 % aineiston artikkeleista. Menestyneimmät tutkijat olivat viidestä maasta, eniten oli yhdysvaltalaisia (14) ja brittejä (6). Yksi tutkija oli suomalainen (7 referenssillä).

Taulukko 9. Eniten ekologisia artikkeleita Nature- ja Science -lehdissä 1981 – 2000 julkaisseet tutkijat.¹

<i>Nro</i> ²	<i>Tutkija</i>	<i>Artikkeleita aineistossa</i>	<i>Tutkimuslaitos</i>
1.	Clutton-Brock, TH	13	Large Anim. Res. Group, Dep. Zool., Cambridge, UK
2.	Lawton, JH	12	NERC Cent. Popul. Biol., Imp. Coll. Silwood Park, Ascot, Berkshire, UK
3.	Jablonski, D	12	Dep. Geophys. Sci., Univ. Chicago, Chicago, IL, USA
4.	Tilman, D	12	Dep. Ecol., Evol. and Behav., Univ. Minnesota, Minneapolis, MN, USA
5.	Schindler, DW	11	Dep. Biol. Sci., Univ. Alberta, Edmonton, AB, Canada
6.	Karl, DM	10	Dep. Oceanogr., Univ. Hawaii, Honolulu, HI, USA
7.	May, RM	10	Zool. Dep., Oxford Univ., Oxford, UK
8.	Platt, T	10	Mar. Ecol. Lab., Bedford Inst. Oceanogr., Dartmouth, N.S., Canada
9.	Barber, RT	9	Inst. Mar. and Coast. Sci., Rutgers Univ., New Brunswick, NJ, USA
10.	Brown, JH	9	Dep. Biol., Univ. New Mexico, Albuquerque, NM, USA
11.	Schoener, TW	9	Dep. Zool., Univ. California, Davis, CA, USA
12.	Pimm, SL	8	Dep. Zool., Univ. Tennessee, Knoxville, TN, USA
13.	Falkowski, PG	8	Oceanogr. and Atmos. Sci. Div., Brookhaven Natl. Lab., Upton, NY, USA
14.	Hassell, MP	8	Dep. Biol., Imperial Coll., Wilwood Park, Ascot, Berks, UK
15.	Melillo, JM	8	Ecosyst. Cent., Mar. Biol. Lab., Woods Hole, MA, USA
16.	Tans, PP	8	Dep. Phys. and Astronomy, Bowdoin Coll., Brunswick, ME, USA
17.	Tucker, CJ	8	NASA/Goddard Space Flight Cent., Greenbelt, MD, USA
18.	Albon, SD	8	Large Anim. Res. Group, Dep. Zool., Cambridge, UK
19.	Canfield, DE	7	Max Planck Inst. for Mar. Microbiol., Bremen, Germany
20.	Hanski, I	7	Dep. Ecol. and Syst., Univ. Helsinki, Helsinki, Finland
21.	Jannasch, HW	7	Biol. Dep., Woods Hole Oceanogr. Inst., Woods Hole, MA, USA
22.	McNaughton, SJ	7	Biol. Res. Lab., Syracuse Univ., Syracuse, NY, USA
23.	Mooney, HA	7	Dep. Biol. Sci., Stanford Univ., Stanford, CA, USA
24.	Ryan, MJ	7	Dep. Zool., Univ. Texas, Austin, TX, USA

¹ Lähde: Ecology abstracts, sarjat Nature ja Science. ²Järjestysluku julkaistujen artikkelien määrän mukaan, eniten julkaissut on numero 1.

Taulukossa 10 esitetään aineiston eniten siteerauksia saaneet ekologit artikkeliansa saamien viittausten määrän mukaan järjestettynä. Eniten siteerattu tutkija oli saanut artikkeleiltaan 356 viittausta. 25 tutkijasta 19 oli yhdysvaltalaisia (Taulukko 10).

c) Tutkijoiden verkostoituminen aineiston perusteella tutkimusryhmiksi

Useammassa kuin yhdessä artikkelissa kirjoittajana olevien tutkijoiden lukumäärä oli 933. Nämä tutkijat voivat esiintyä erilaisissa kombinaatioissa samoissa artikkeleissa. Näiden yhteyksien selvittäminen tuotti tietoa eräänlaisesta tutkimuksen verkostoitumisesta. Tutki

Taulukko 10. Eniten siteerauksia Nature- ja Science -lehdissä 1981 – 2000 ekologian artikkeleillaan keränneet tutkijat.¹

<i>Nro</i> ²	<i>Tutkija</i>	<i>Viitt.</i> ³	<i>Tutkimuslaitos</i>
1.	Fitzwater, SE	356	Moss Landing Mar. Lab., Moss Landing, CA, USA
2.	Schindler, DW	351	Dep. Biol. Sci., Univ. Alberta, Edmonton, AB, Canada
3.	Tucker, CJ	321	NASA/Goddard Space Flight Cent., Greenbelt, MD, USA
4.	Platt, T	311	Mar. Ecol. Lab., Bedford Inst. Oceanogr., Dartmouth, N.S., Canada
5.	Barber, RT	308	Inst. Mar. and Coast. Sci., Rutgers Univ., New Brunswick, NJ, USA
6.	Gordon, RM	305	Moss Landing Mar. Lab., Moss Landing, CA, USA
7.	Tilman, D	301	Dep. Ecol., Evol. and Behav., Univ. Minnesota, Minneapolis, MN, USA
8.	Coale, KH	265	Moss Landing Mar. Lab., Moss Landing, CA, USA
9.	Johnson, KS	249	Moss Landing Mar. Lab., Moss Landing, CA, USA
10.	May, RM	241	Zool. Dep., Oxford Univ., Oxford, UK
11.	Andreae, MO	232	Dep. Atmos. Chem., Max Planck Inst. Chem., Mainz, FRG
12.	Burke, T	210	Dep. Zool., Univ. Leicester, Leicester, UK
13.	Jablonski, D	209	Dep. Geophys. Sci., Univ. Chicago, Chicago, IL, USA
14.	Ryan, MJ	206	Dep. Zool., Univ. Texas, Austin, TX, USA
15.	Martin, JH	200	Moss Landing Mar. Lab., Moss Landing, CA, USA
16.	Melillo, JM	199	Ecosyst. Cent., Mar. Biol. Lab., Woods Hole, MA, USA
17.	Karl, DM	193	Dep. Oceanogr., Univ. Hawaii, Honolulu, HI, USA
18.	Tans, PP	191	Dep. Phys. and Astronomy, Bowdoin Coll., Brunswick, ME, USA
19.	Bidigare, RR	191	Dep. Oceanogr., Texas A&M Univ., College Station, TX, USA
20.	Wedin, D	185	Dep. Ecol., Evol. and Behav., Univ. Minnesota, Minneapolis, MN, USA
21.	Harrison, WC	181	Biol. Oceanogr. Div., Bedford Inst. Oceanogr., Dartmouth, N.S., Canada
22.	Francey, RJ	180	Dep. Phys. and Astronomy, Bowdoin Coll., Brunswick, ME, USA
23.	Chavez, FP	176	Moss Landing Lab., P.O., Moss Landing, CA, USA
24.	White, JWC	175	INSTAAR, and Dep. Geol. Sci., Univ. Colorado, Boulder, CO, USA
25.	Southon, JR	173	U.S. Geol. Surv., Camelian Bay, CA, USA

¹ Lähde: Ecology abstracts, sarjat Nature ja Science. ²Järjestysluku artikkelin saamien siteerausten mukaan, eniten siteerattu on numero 1. ³ Kirjoittajan tässä aineistossa esiintyvien artikkelien saamien viittausten määrä kolmena julkaisun jälkeisenä vuotena.

musverkkoja on yhteensä 184 kpl. Suurin ryhmä muodostaa yli kolmasosan artikkeleista (807 kpl) ja sisältää siteeratuimmat artikkelit ja tutkijat.

Suurin osa, kaksi kolmasosaa, artikkeleista linkittyy useasti esiintyvien kirjoittajien kautta toisiinsa. Aineiston 2067 artikkelista 1362 sisältää kirjoittajan, joka esiintyy myös jossain toisessa artikkelissa. Näitä artikkeleita toisiinsa verkostoivia tutkijoita on 933 kpl. Aineiston 4931:sta kirjoittajasta vain 1855 (38 %) ei kuulu yhteenkään näistä verkostoista.

Tarkasteltaessa yhtätoista suurinta verkostoa (Taulukko 11) huomaamme, että USA on alkuperämaana yhtä ryhmää lukuun ottamatta kaikissa. Kuitenkin kaikissa ryhmissä paitsi suurimmassa on havaittavissa jonkinlaista maantieteellistä paikallisuutta. Mukana on myös yksi pääosin suomalainen verkosto (ryhmä 6), joka ulottuu muutaman tutkijan välityksellä myös USA:han.

d) Menestyneimmät instituutiot

Eniten ekologisia artikkeleita aineistossa julkaisseista instituutioista suurin osa sijaitsee Yhdysvalloissa. Kymmenestä kärjessä olevasta laitoksesta kolme on brittiläisiä, loput yhdysvaltalaisia (Taulukko 12). Yhdysvaltojen, Ison Britannian ja Kanadan lisäksi nousevat esille

Ranska, Ruotsi, Saksa ja Suomi jos katsotaan yliopistoja, joista tullut yli 10 artikkelia (Taulukko 13).

Taulukko 11. Suurimmat ekologian tutkimusverkostot vuosien 1981 – 2000 Nature- ja Science -lehtien artikkelien perusteella.¹

<i>Nro.²</i>	<i>Artikkelien lukumäärä</i>	<i>Tutkijoiden lukumäärä</i>	<i>Vitteiden lukumäärä³</i>	<i>Verkon sijainti</i>	<i>Tutkimuksen painopisteet⁴</i>
0.	807	1938	13256	Globaali ⁵	Koko ekologian tutkimusalue
1.	19	16	219	Läntinen USA	Ekologinen perustutkimus ^{6,7,8} , paleontologia ja ympäristö
2.	16	37	183	USA, Panama	Ekologinen perustutkimus ^{6,7,8}
3.	12	33	196	USA, Uusi-Seelanti	Ekologinen perustutkimus ^{6,7} ja paleontologia
4.	12	24	150	USA: Keski-, Länsi-	Ekologinen perustutkimus ^{6,7}
5.	11	23	196	Suomi, USA	Ekologinen perustutkimus ^{6,7,8}
6.	10	30	224	Länsi-USA, Saksa	Ekosysteemitason perustutkimus ⁸ ja ympäristö
7.	10	18	54	Keski-USA, Kanada, Iso-Britannia	Ekologinen perustutkimus ^{6,7}
8.	7	13	147	Keski-USA, Iso-Britannia	Autekologinen perustutkimus ⁶ ja paleontologia
9.	6	11	34	Iso-Britannia, Australia	Ympäristöaiheet
10.	6	15	27	Etelä-USA, Ranska, Britannia	Ekologinen perustutkimus ^{6,7}

¹ Ryhmät saadaan liittämällä yhteen artikkelit, joilla on yhteisiä kirjoittajia (ks. Materiaali ja menetöt 2.4.).

²Järjestysluku verkoston artikkelimäärän mukaan, siten että eniten artikkeleita sisältävä on nro. 1.³ Kaikkien verkoston artikkelien saamat siteeraukset kolmena ilmestymisen jälkeisenä vuotena. ⁴Verkoston artikkeleissa pääasiallisesti tutkitut ekologian osa-alueet (taulukko 4). ⁵Tämä globaali ryhmä muodostaa kriittisen massan, johon liittyvillä tutkijoilla on yhteisiä kosketuspintoja. Ryhmään liittymisen jälkeen ei voida enää erottaa pienempiä verkostoja toisistaan. ^{6,7,8} Ekologinen perustutkimus: ⁶Lajinsisäisiä ilmiöitä tutkiva perustutkimus. ⁷Perustutkimus vuorovaikutuksista. ⁸Ekosysteemitason perustutkimus (ks. Taulukko 4).

Taulukko 12. Nature- ja Science -lehdissä 1981 – 2000 eniten ekologiaa artikkeleita julkaisseet instituutiot.

<i>Nro.¹</i>	<i>Maa</i>	<i>Instituutio</i>	<i>Artikkeleita</i>
1.	Yhdysvallat	Woods Hole Oceanographic Institute	48
2.	Yhdysvallat	University of California, Davis	42
3.	Yhdysvallat	University of California, La Jolla	41
4.	Yhdysvallat	University of Washington, Seattle	34
5.	Iso-Britannia	University of Cambridge	34
6.	Iso-Britannia	University of Oxford	31
7.	Yhdysvallat	University of California, Berkeley	30
8.	Yhdysvallat	University of Chicago	30
9.	Iso-Britannia	Imperial College, Ascot	29
10.	Yhdysvallat	University of Minnesota	27

¹ Järjestysluku instituutin julkaisemien artikkelien määrän mukaan, eniten julkaissut on numero 1.

Taulukko 13. Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 yli 10 ekologista artikkelia julkaisseiden yliopistojen lukumäärä maittain.

<i>Nro</i> ¹	<i>Maa</i>	<i>Yliopistoja</i>
1.	Yhdysvallat	41
2.	Iso-Britannia	6
3.	Kanada	3
4.	Panama ²	1
4.	Ranska	1
4.	Ruotsi	1
4.	Saksa	1
4.	Suomi	1

¹ Järjestysluku maassa sijaitsevien yli 10 artikkelia julkaisseiden instituuttien lukumäärän mukaan, eniten julkaissut on numero 1. ²Smithsonian Tropical Research Institute.

e) Menestyneimmät maat

Ylivoimaisesti suurin artikkelimäärä oli peräisin Pohjois-Amerikasta Kanada mukaan lukien. Eurooppalaisia artikkeleita on noin kolmannes amerikkalaisista ja muualta maailmasta noin kolmannes Euroopan määristä (Taulukko 14).

Tarkasteltaessa kymmentä eniten viitattua artikkelia viittausten määrän perusteella, huomataan että siteeratuimmat artikkelit eivät olekaan yhtä selvästi Pohjois-Amerikasta peräisin (Taulukko 7). Yli 60 siteerausta saaneista oli Pohjois-Amerikasta 15 kpl, Euroopasta 11 kpl.

Taulukossa 15 on verrattu eri maiden ekologian artikkelien määrää bruttokansantuotteen. Tavallaan artefaktia tuo muualta tullut rahoitus: Panaman Smithsonian institute ja Costa Rican biodiversiteetin tutkimus länsimaisen lääketieteellisuuden toimesta. Taulukossa 16 on artikkelien luku suhteutettuna väkilukuun. On otettava huomioon, että Monacossa toimii YK:n tutkimuslaitos.

Kun tarkastellaan yli 10 artikkelia julkaisseiden maiden julkaisuja 5-vuotiskausittain, nähdään nousutendenssi erityisesti Suomen, Britannian, Yhdysvaltojen, Saksan, Norjan, Sveitsin ja Hollannin kohdalla (Taulukko 17).

Taulukko 14. Nature- ja Science-lehdissä ilmestyneet ekologian artikkelit eri maanosissa jaoteltuina viittausmäärien mukaan¹.

<i>Maanosa</i>	<i>Viittausten lukumääräluokat</i>								<i>Yhteensä</i>
	<i>0 -19²</i>		<i>20 - 39²</i>		<i>40 - 59²</i>		<i>yli 60²</i>		
Pohjois-Amerikka	665 ²	(72%) ⁴	193	(21%)	52	(6%)	15	(2%)	925
Eurooppa	201	(69%)	70	(24%)	11	(4%)	11	(4%)	293
Muu maailma	65	(80%)	12	(15%)	3	(4%)	1	(1%)	81

¹Artikkelin saamat viittaukset kolmena ilmestymisen jälkeisenä vuotena. Käsittelyssä vuodet 1981 – 1995.

²Viittausluokka. ³Artikkelien lukumäärä viittausluokassa. ⁴Sulkeissa artikkelien lukumäärä prosentteina maanosan kaikkien artikkelien määrästä

Taulukko 15. Bruttokansantuotteeseen verrattuna eniten ekologisia artikkeleita Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 julkaisseet maat.

<i>Nro</i> ¹	<i>Maa</i>	<i>Artikkelia</i>	<i>Bruttokansantuote² (tuhatta \$ 1990)</i>	<i>Artikkelia / BKT</i>
1.	Panama	10	3,9	2,56
2.	Costa Rica	2	4,7	0,426
3.	Israel	13	38	0,342
4.	Iso-Britannia	265	818	0,324
5.	Suomi	22	74,4	0,295
6.	Kanada	130	513	0,253
7.	Yhdysvallat	1282	5230	0,245
8.	Ruotsi	32	133	0,241
9.	Zimbabwe	1	4,6	0,217
10.	Norja	15	75,8	0,198

¹ Järjestysluku maassa julkaistujen artikkelien määrän ja vuoden 1990 bruttokansantuotteen suhdeluvun mukaan. Isoin suhdeluku on numerolla 1. ²Lähde: CIA World Fact Book.

Taulukko 16. Väkilukuun verrattuna eniten ekologisia artikkeleita Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 julkaisseet maat.

<i>Nro</i> ¹	<i>Maa</i>	<i>Artikkelia</i>	<i>Väkiluku² (miljoonaa 1990)</i>	<i>Artikkelia / väkiluku</i>
1.	Monaco	2	0,0295	67,8
2.	Yhdysvallat	1282	250	5,13
3.	Kanada	130	26,5	4,91
4.	Iso-Britannia	265	57,4	4,62
5.	Suomi	22	4,98	4,42
6.	Panama	10	2,43	4,12
7.	Ruotsi	32	8,53	3,75
8.	Norja	15	4,25	3,53
9.	Israel	13	4,41	2,95
10.	Australia	46	16,9	2,72

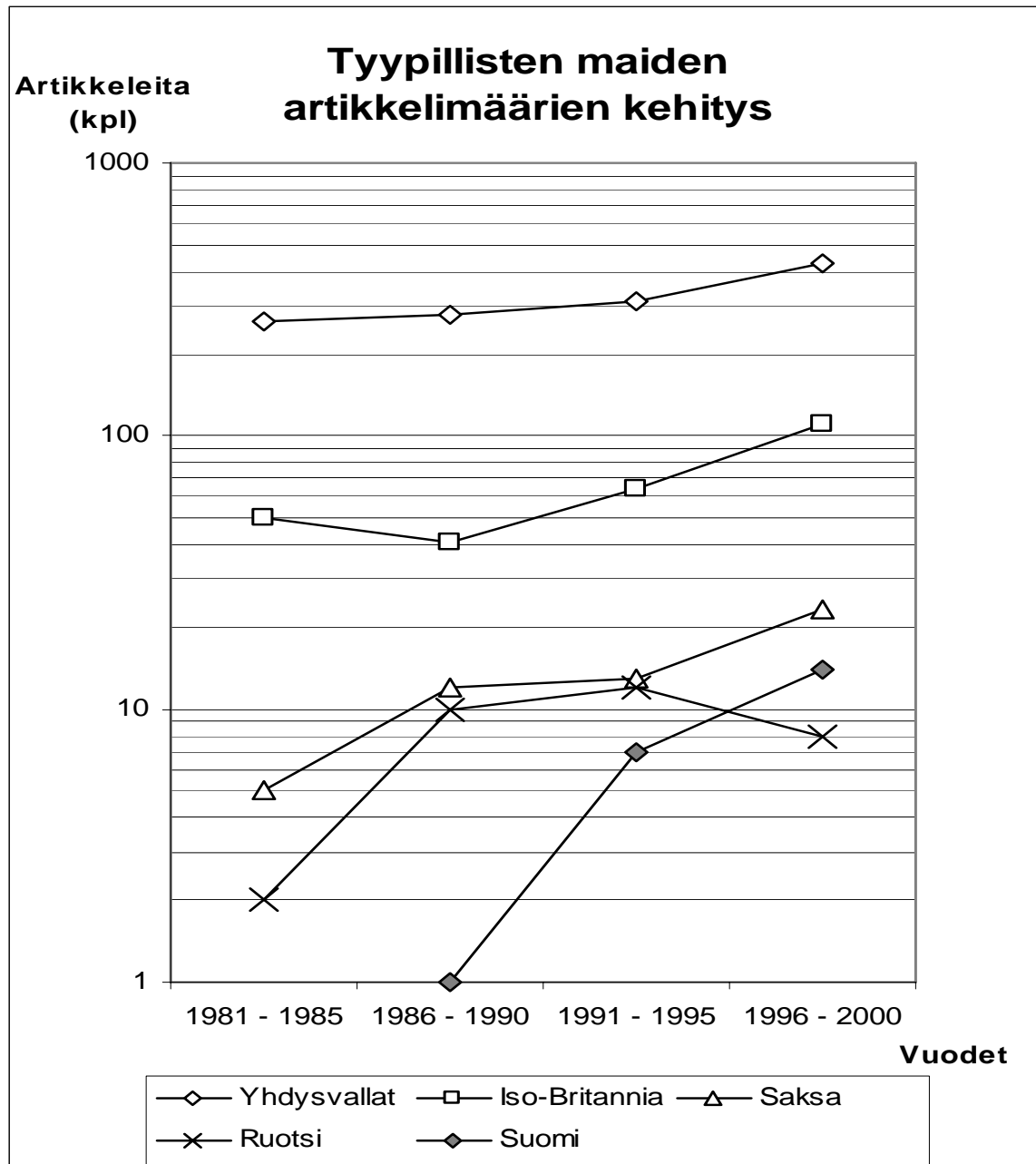
¹ Järjestysluku maassa julkaistujen artikkelien määrän ja vuoden 1990 väkiluvun suhdeluvun mukaan. Isoin suhdeluku on numerolla 1. ²Lähde: CIA World Fact Book.

Taulukko 17. Nature- ja Science-lehden ekologia-artikkelien jakautuminen vuosille 1981 – 2000, viiden vuoden aikavälein niiden 15 maan osalta, jotka ovat julkaisseet yli 10 artikkelia.

<i>Nro</i> ¹	<i>Maa</i>	<i>1981 – 85</i>	<i>1986 - 90</i>	<i>1991 - 95</i>	<i>1996 - 2000</i>	<i>Yhteensä</i>
1.	Suomi	0	1	7	14	22
2.	Norja	1	2	3	9	15
3.	Hollanti	2	3	6	10	21
4.	Sveitsi	2	3	4	9	18
5.	Panama	1	2	3	4	10
6.	Israel	3	1	4	5	13
7.	Saksa	5	12	13	23	53
8.	Ranska	7	5	10	15	37
9.	Iso-Britannia	50	41	64	111	266
10.	Ruotsi	2	10	12	8	32
11.	Yhdysvallat	261	278	313	429	1281
12.	Australia	12	9	11	14	46
13.	Japani	5	6	7	4	22
14.	Kanada	27	38	36	28	129
15.	Brasilia	3	3	2	3	11

¹ Järjestysluku maassa 1990-luvulla ja 1980-luvulla julkaistujen artikkelien määrän suhdeluvun mukaan. Isoin suhdeluku on numerolla 1. Luku kuvaa ekologisen tutkimuksen nousujohteisuutta ko. maassa.

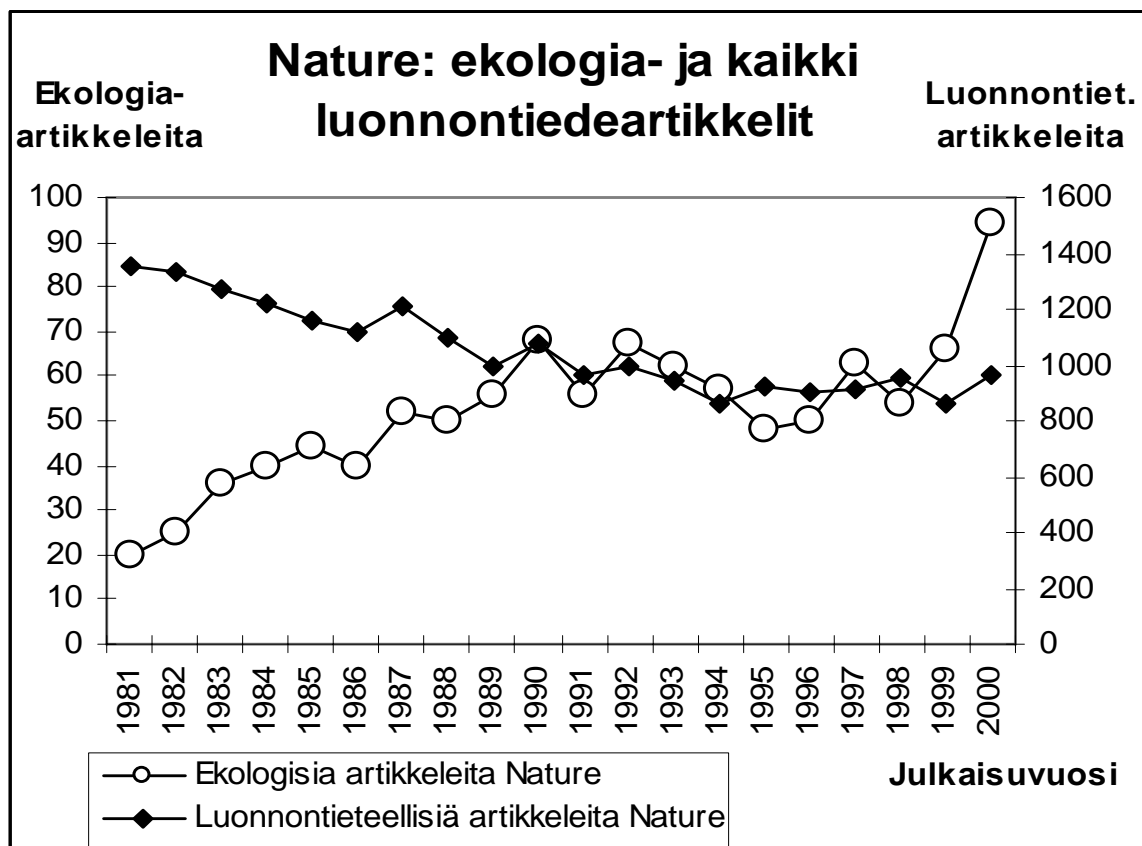
Kuvassa 39 esitetään valikoivana yhteenvedona eri maissa julkaistujen ekologisten artikkelien määrä aikavälillä 1981 – 2000 viiden vuoden jaksoina. Kuviossa on valikoiden esitetty kahden johtavimman maan Yhdysvaltain ja Ison Britannian määrällinen kehitys ja kolmantena ryhmänä on Saksan, Ruotsin ja Suomen artikkelimäärien muutokset vastaavana ajankohtana. Kuvasta käy selvästi ilmi Yhdysvaltain ylivoimaisuus artikkelimäärissä. Samoin Iso-Britannia erottuu kuviossa selvästi Yhdysvaltojen alapuolella. Kolmanteen ryhmään on valittu maat Saksa, Ruotsi ja Suomi. Tässä ryppäessä on logaritmisella asteikolla esitettyä samanlainen nouseva tendenssi siten että Suomen julkaisujen määrä lähtee alemmalta tasolta saavuttaen lähes Saksan tason ja että Ruotsin julkaisumäärissä tapahtuu selvä notkahdus.



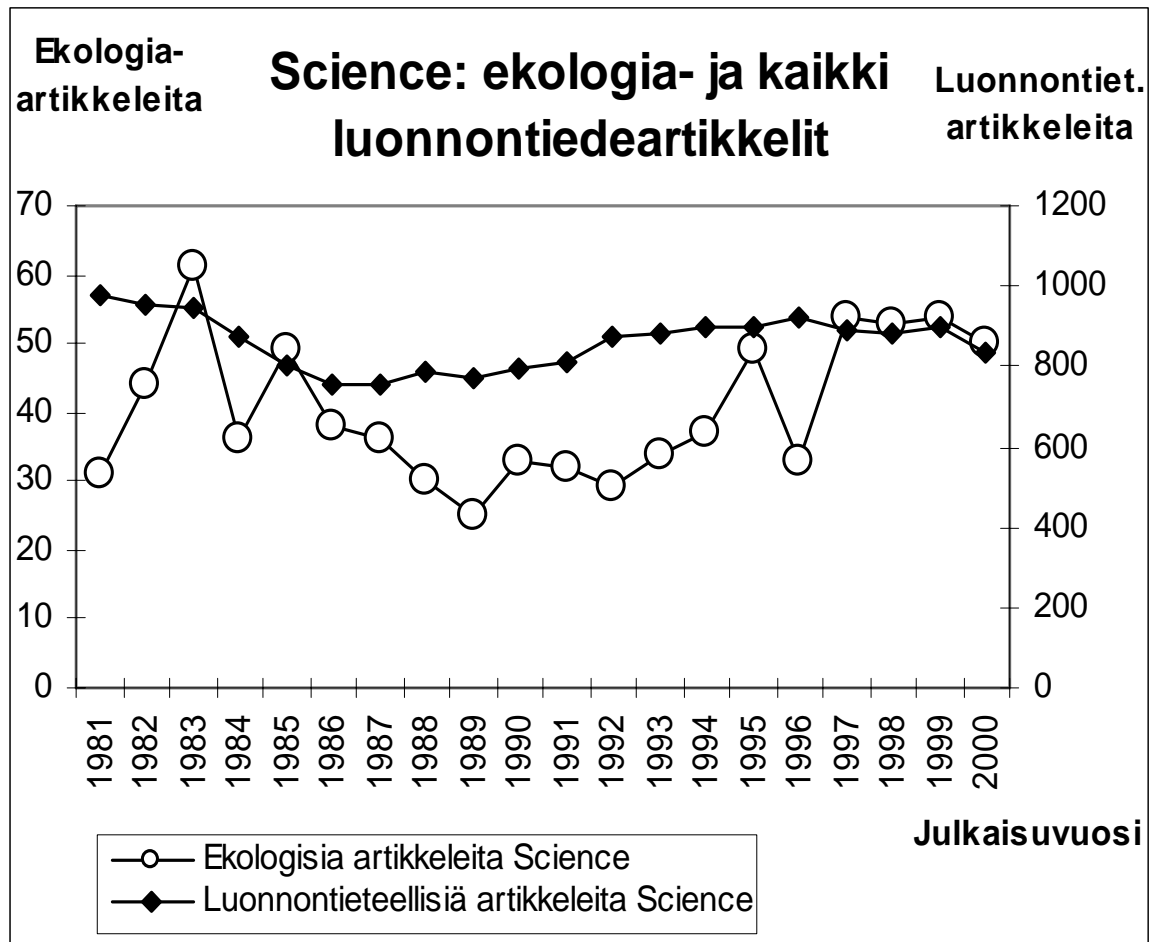
Kuva 37. Yhteenvedo tyypillisten maiden ekologisten artikkelimääristä muutoksista Nature- ja Science-lehdissä. Kolme luokkaa: super- huippu- ja keskitaso.

f) Ekologinen tiede itse

Sen lisäksi, että ekologisen tutkimuksen artikkelimäärät ovat kasvaneet huippulehdissä (Kuva 5), voimme todeta tärkeänä havaintona myös niiden suhteellisen osuuden kasvaneen. Nature-lehden ekologisten tutkimusartikkelien (Kategoriat: Articles, Review articles ja Letters) suhteellinen osuus lehden kaikista tieteellisistä artikkeleista kasvoi aikavälillä, koska samojen kategorioiden kaikkien luonnontieteellisten artikkelien määrät laskivat samalla, kun ekologisten artikkelien määrät nousivat (Kuva 38, Nature, Ekologisten artikkelien osuus % (Y) = 0,003 * vuosi(X) - 6,07; $r^2 = 0,80$; $F_{1,18} = 72,46$; $p < 0,001$). Ekologisen tutkimuksen volyymin kasvu ei siis johdu luonnontieteellisen tutkimuksen yleisestä nousutrendistä. Science-lehdestä tehty samantyyppinen vertailu ei tuottanut yhtä selkeää kuvaa ekologisen tutkimuksen osuuden muutoksista (Kuva 39, Science, Ekologisten artikkelien osuus % (Y) = 0,001 * vuosi (X) - 0,97; $r^2 = 0,074$; $F_{1,18} = 1,44$; $p = 0,245$).



Kuva 38. Kaikkien luonnontieteellisten ja ekologisten artikkelien määrä Nature-lehdessä 1981 – 2000. Mukana vain varsinaiset tutkimusartikkelit kategoriosta Articles, Review articles ja Letters.



Kuva 39. Kaikkien luonnontieteellisten ja ekologisten artikkelien määrä Science-lehdessä 1981 – 2000. Mukana vain varsinaiset tutkimusartikkelit kategorioista Articles, Reports, Reviews ja Research articles.

4. TULOSTEN TULKINTA

4.1. Aineiston luokittelu

Tämän tutkimuksen aineisto oli laaja käsittäen yli 2000 artikkelia. Ensimmäinen materiaalin luokittelu tehtiin asiasanakenttien perusteella. Koska asiasanojen nimeäminen kirjoittajien itsensä taholta on usein vaihtelevaa, kokonaiskuvan hahmottaminen pidemmällä aikaperspektiivillä oli hankalaa. Syynä asiasanojen epäinformatiivisuudelle saattaa olla, että yksittäinen ansiokaskin tutkimus ei kirjoittamishetkellään ole ollenkaan helposti sijoitettavissa johonkin paikkaan ekologisen tutkimuksen kokonaisuudessa, vaan vasta ajan tuoma perspektiivi tuo mahdollisuuden nähdä mihin paikkaan tutkimus sijoittuu. Toinen ehkä vielä merkittävämpi syy asiasanojen vähäiseen informatiivisuuteen on se, että yksittäisten termien ohimenevä ”muodikkuus” ja satunnaisuus haittaa valintaa. Asiasanoihin voitaisiin kiinnittää enemmän huomiota sekä tutkijoiden, että tietokannan ylläpitäjien taholta. Kaavio luokittelun perusteista nojaa myös vahvasti Ernst Mayrin (1999) hierarkkiseen kuvaan biologiasta.

Toisena luokitteluna selvitettiin tietokannan omia valmiita jäsenyyksiä. Etukäteen tehdyt luokittelut, joita tietokannat tarjoavat, ovat helposti jo syntyhetkellään vanhanaikaisia, tai kuten tämän tutkimuksen tapauksessa, soveltuvat heikosti kuvan muodostamiseen alasta kokonaisuutena. Classification -tietokentässä on yleensä jokaista rinnakkaistietokantaa (Subfile)

kohden yksi luokittelukoodi. Eri tietokantojen koodistot eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Lisäksi muiden tietokantojen luokittelut ovat käytettävissä vain osalle artikkeleista. Ne ovat kuitenkin samassa tietokentässä Ecology abstractsin luokitteluiden kanssa. Poistettuani muiden tietokantojen luokittelut omalla käsittelyllä havaitsin, että jäljelle jääneitäkään (Ecology abstractsin) luokitteluita ei ollut annettu kattavasti, eli esim. yhdestä artikkelista oli tiedoksi annettu tutkimusorganismi, ja toisesta tutkimusala ja kolmannesta tutkimuksen kohteena ollut biomi. Näin ollen lähimmäs kuvaa ekologian eri osa-alueista tällaisten valmiiden tietokenttätietojen perusteella päästiin, kun selvitettiin, minkä muiden tieteiden tietokannoissa artikkeli esiintyi. Yhdisteltäessä eri tieteenalojen tietokannat ryhmiä, voitiin luoda osin hieman kei-notekoisia ryhmiä, jotka kuitenkin pääosin vastasivat tulokseltaan samoja trendejä kuin abstraktin lukemiseen perustuva jaottelu (Taulukko 3b).

Kaksi ensimmäistä jaottelua jäivät kuitenkin aineistoon perehtymiseksi ja esikokeiksi. Kolmas, kehityskelpoinen tapa jaotella materiaalia perustui jokaisen artikkelin abstraktin lukemiseen. Tämän perusteella artikkeli sijoitettiin hierarkkiseen jaotteluun, joka oli laadittu oppikirjojen rakenteen perusteella. Tätä varten perehdyttiin useiden eri oppikirjojen sisältöön, koska aineistosta määrittävä ekologisen tutkimuksen kokonaisuus on ehkä laajempi kuin mitä nykyisten ekologian oppikirjojen. Tällöin kukin tutkimus voitiin sijoittaa isompaan kokonaisuuteen huolimatta sen mahdollisesti lukijalle uudesta lähestymistavasta ja myös monitieteisyys ja -tahoisuus pystyttiin ottamaan huomioon, mikä aiemmissa jaottelutavoissa jouduttiin sivuuttamaan.

4.2. Viittausmäärien antama tieto

Tässä työssä käytettiin julkaisua seuraavien 3 vuoden aikana tulleiden viittausten lukumäärää jonkinlaisena artikkelien arvon mittana. Toisaalta on esitetty, että joidenkin tärkeitä havaintoja sisältävien artikkelien viittausmäärät nousevat vasta 6 vuoden kuluttua tai jopa jatkuvasti senkin jälkeen (Cano & Lind 1991). Tämä kävi ilmi myös tekemästani esikokeesta koskien yhden vuoden artikkelien sitaatiokehitystä viidentoista vuoden aikana. Kolme ilmestymisen jälkeistä vuotta kuvaa kuitenkin hyvin tutkimuksen saamaa vastaanottoa tuoreeltaan. Lisäksi vuodenaikaisvaikutus vähennee, kun sitaatioita aletaan tarkastella vasta julkaisua seuraavana vuotena, jolloin alkuvuonna ilmestyneiden artikkelien saama etu häviää. Ja viimeisenä eikä vähimpänä syynä viittaustietojen kirjaamiseen vain kolmelta vuodelta oli tutkimuksen ulottaminen mahdollisimman pitkälle ajanjaksolle.

4.3. Saamamme kokonaiskuva ekologisesta tutkimuksesta

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli selvittää ekologisen tieteen kehitystä sähköisen tietokannan tietojen perusteella. Millaisia määrällisiä muutoksia tutkimuksessa havaitaan? Millaisia eri osa-alueita oli hahmotettavissa? Mitkä tai ketkä ovat merkittävimmät toimijat tiedeyhteisössä?

Kokonaiskuvan saaminen ekologian tärkeistä edistysaskeleista tämän aineiston perusteella antaa mahdollisuuden myös kvalitatiivisten muutosten hahmottamiseen. Niitä arvioin kunkin valitun aiheen yhteydessä alempana. Kuitenkin joitain merkittäviä havaintoja nousee esiin myös kvantitatiivisella tasolla tarkastellessa aineistoa kokonaisuudessaan. Ekologisen tutkimuksen kokonaismäärä aineistossa on kasvanut tarkasteltuna ajanjaksona. Kokonaan uusi

havainto on se, että ekologisen tutkimuksen osuus kaikesta luonnontieteellisestä tutkimuksesta on kasvanut, mikä on nähtävissä Kuvassa 38.

Ekologian aihepiiri hahmottui tästä aineistosta hyvin. Selkeänä havaintona eri osaluokat, joihin tutkimus on jaettavissa muodostavat hyvin laajan ja monitieteisen kokonaisuuden. Jopa niin laajan, että yleensä korkeakoulututkintojen oppikokonaisuudet käsittelevät pienempiä kokonaisuuksia. Paleoekologian merkittävää osuutta ekologisesta tutkimuksesta ei tässä pohdita enempää, mutta siitä saatuja tietoja sovelletaan monelle alalle, mm. ilmastotutkimukseen (Jackson & Erwin 2006). Myös evoluutiotutkimuksen syvä yhteys ekologiaan on iso aihepiiri, joka tässä tutkielmassa on jätetty vähemmälle tarkastelulle. Aiheesta on kirjoitettu paljon (ks. esim. Andersson & Simmons 2006, Partridge & Gems 2006 sekä Saccheri ja Hanski 2006).

a) Verkostoituminen

Aineistosta hahmottui ryhmiä, jotka koostuvat toistensa kanssa yhteydessä olevista tutkijoista, ja ne linkittävät artikkeleita ryhmiksi, jotka keskittyvät eri aiheisiin. Nämä aineiston sisäisten yhteyksien perusteella hahmotettavat ryhmät eivät tietystikään anna tapauskohtaista tietoa minkään ryhmän yhteistoiminnan kiinteydestä, joka varmaankin on asteeltaan vaihtelevaa. Ne kuitenkin linkittävät toisiinsa tietynlaisia pienemmän tason tutkimusaiheita, vaikkakin on kyllä mahdollista, että ryhmät muuttuvat ja jopa liittyvät toisiinsa jos ne ovat pitkäikäisiä. Kuvaavaa on, että kaikkein suurin ryhmä on tavallaan ylittänyt jonkin kriittisen pisteen ja sulkee sisälleen jo käytännössä kaikkia aiheita, ja suurimman osan merkittävimmistä tutkijoista. Sen tähden suurimman ryhmän selittävyys eri tutkimusaiheita selvitettyä on tavallaan nollautunut, ellei sitä jaeta pienempiin osaryhmiin. Tällaista menetelmää ei kuitenkaan tätä tutkimusta varten ryhdytty kehittämään. Kuitenkin ilman sitäkin saatiin selville 184 eri ryhmää, joiden yksityiskohtainen selvittäminen voisi olla mielenkiintoista, mutta jätin sen tällä kertaa aiheen rajauksen ulkopuolelle.

b) Saastumistutkimuksen väheneminen

Mielenkiintoinen oli havainto, että saastumista koskevat artikkelit vähenivät alkuvuosiensa jälkeen erityisesti Science-lehdessä, kun taas muista aiheista julkaistiin jatkuvasti tai nousuvia määriä. Saastetutkimusbuumin voidaan katsoa käynnistyneen reaktiona suuriin saastumistapahtumiin, joita tapahtui toisen maailmansodan jälkeen, kuten havainto ympäristössä hitaasti hajoavista myrkyistä, jotka rikastuvat ravintoketjussa (esim. DDT). Saastumisaihe on ehkä menettänyt uutuudenviehätystään ja ennen kaikkea mahdollista kiistanalaisuuttaan ja osa ongelmista on ratkaistu lainsäädännöllä ja jätehuollon ja päästöjen rajoittamisen toimenpiteillä. Saastumisen tutkimus on ehkä irtautunut ekologisesta huippututkimuksesta mm. viranomaisten suorittamaksi seurantatutkimukseksi ja osittain muodostanut oman itsenäisen tutkimusalan eikä siten enää näy aineistossa.

Myös ympäristöajattelun muuttuminen hieman vanhanaikaisesta saastumisen ehkäisemisestä elinympäristöjen ja biodiversiteetin suojeluun on varmaankin yksi merkittävä syy saastumisaiheisten artikkelien vähenemiseen aineistossa (Hanski 2007a, b, Lovejoy 2006, Wilson 2002). Uudet lähestymistavat ympäristötutkimuksessa ovat nykyään enemmän pinnalla. Spatiaalisuus (metapopulaatiobiologia ja maisemaekologia) ja ekosysteemipalveluiden hallinta ovat kokonaisvaltaisempia tapoja (Carpenter ja Folke 2006) luoda ja kontrolloida ihmisen vaikutusta ympäristöön.

Gloaalitason biogeokemiallisten prosessien tutkimus on noussut tämän hetken ympäristöekologian kuumaksi aiheeksi (ks. esim. Lovelock 2006, Pimm 2001, Zak ym. 2006), vaikka se on ollut ekologian perusaiheita jo kauan (Odum 1971). Myös varhaisten maailmankausien ilmasto-prosessit ovat olleet runsaan tutkimuksen kohteena.

Kuitenkaan ei ole lainkaan mahdotonta, että teollisten järjestelmien kiihtyvällä vauhdilla tuottamien uusien kemikaalien päätyminen ympäristöön voisi aiheuttaa ongelmia myös tulevaisuudessa. Viimeaikaisin uusi saastumiseen luettavissa oleva aihe on geenimuunneltujen organismien päätyminen ympäristöön. Sitä käsittelevien artikkelien määrä on tämän tutkimuksen aineistossa vasta varsin pieni eikä näy aineistossa vielä kovinkaan merkittävästi.

On mielenkiintoista miksi juuri pohjoisamerikkalaisessa tutkimuksessa saastumisaiheisten artikkelien määrä näyttää vähentyneen eniten tässä aineistossa? On vaikea arvailla tämän aineiston perusteella onko väheneminen vain huippututkimusten trendien nopeaa reagoivuutta, vai onko jotain erityistä kansallista tiedepoliittista syytä todellisiin tutkimuksen painopisteen muutoksiin. Havainnon tarkempi selvittäminen olisi mielenkiintoista ekologisen tutkimuksen kokonaisuuden ymmärtämisen kannalta.

c) Miksi meri liittyy niin moneen tutkimuksista?

Ekologian piiriin kuuluu aineiston perusteella paljon oseanografista tutkimusta, mikä on yllättävää eläintiedelähtöisestä ajattelutavasta katsoen. Merentutkimus on kuitenkin vahva perinteikäs tutkimusala, joka on lähestymistavaltaan nimenomaan ekologinen. Siinä organismeja tutkitaan kiinteästi elinympäristönsä osina. Samanlainen tutkimusperinne on myös limnologialla eli järvitieteellä. Makeanveden ympäristöihin liittyviä artikkeleita on kuitenkin melkoisesti vähemmän aineistossa. Merentutkimuksen merkittävyys ilmastotutkimuksen painopistealueena on kiistaton. Suuret biogeokemialliset kierrot meren ja ilmakehän välillä ovat tärkeitä tutkimuskohteita (Schlesinger 2006 ja Zak ym. 2006).

d) Mistä johtuu viimeisen jakson niveljalkaisartikkelien suuri määrä?

Vuosituhanen vaihteessa niveljalkaisia tutkivien artikkelien määrä kasvoi selvästi. Aiemmin tapahtunut banaani-kärpäsen genomien sekvensointi on yksi tarjoutuva tekijä, mutta sitä aihetta käsitelleet artikkelit eivät ole mainittavassa määrin näy aineistossa. Vain yhden *Drosophila*-artikkelin tiedoissa mainitaan genomien kartoitus. Silti genomiikan soveltaminen ekologian alaan on vinosti kehittyvä ala, joka ei vain vielä näy lukumääräisesti tämän tutkimuksen aineistossa (Clark 2006). Vaikuttaa siltä, että niveljalkaisten tutkimus on kasvanut muista syistä. Ne ovat soveliaita tutkimukseen: yksinkertaisempia kuin korkeammat eläimet, nopeita lisääntymään, tilastotieteen vaatimien isojen populaatioiden ylläpito on mahdollista eivätkä eläinsuojelulliset kysymykset ole päivänpolttavia. Tietysti niveljalkaisten merkitys ravintoketjuissa sekä tuholaisina ja tautivektoreina on ekologisesti merkittävä ja tutkimuksen arvoinen. Eusosiaalisten hyönteisten tutkimus on sinällään erittäin merkittävää osa ekologiaa (ks. Boomsma & Franks 2006).

e) Eri maiden osuudet ja kirjoitusten ajankohtaisuus

Tieteen suurvalta Yhdysvallat on myös suurin ekologisten artikkelien tuottaja tässä aineistossa (Kuvat 6 ja 7). Amerikkalainen työmoraaali ja tuloksetekotarve ovat laajalti tunnettuja myös tiedemaailmassa. Myös Ison-Britannian perinteinen merkittävyys luonnontieteen harjoittamisen saralla näkyy aineistossa selkeänä. Jos tarkastellaan jonkinlaisena arvonn mittaa-

na viittausten määrää, Euroopassa paljon siteerattujen artikkelien osuus on suurempi kuin Pohjois-Amerikassa (Taulukko 11). Moni maa Euroopassa on jo perinteisesti merkittävä ekologisen tutkimuksen saralla. Mielenkiintoisena yksityiskohtana aineistossa on joidenkin maiden panoksen nousu tutkitulla aikavälillä: Saksan, Norjan, Sveitsin, Hollannin, Ison-Britannian ja Suomen julkaisumäärät kasvavat. Muun maailman osuus materiaalin valossa on varsin vähäinen verrattuna Pohjois-Amerikkaan ja Eurooppaan (Kuva 7).

USA:n vaikutus heijastuu muun maailman saavutuksiin esim. Panamassa ja Zimbabwessa olevien USA:sta rahoitettujen tutkimusinstituutioiden kautta. Eniten siteerauksia keränneiden tutkijoiden kotipaikka on muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta Pohjois-Amerikassa. Tutkimuksesta käy myös ilmi, että toinen johtava maa on ollut Iso-Britannia, mikä on nähtävissä esim. Taulukoista 12 ja 13. Kaikki huippuartikkelit ovat peräisin Yhdysvalloista (Taulukko 7). Yhdysvaltojen ja Iso-Britannian johtoasema johtuu luonnontieteellisen tutkimuksen traditiosta ja tutkimuksen painopisteen siirtymisestä Yhdysvaltoihin toisen maailmansodan jälkeen.

Voidaan olettaa, että maan vauraus olisi yhteydessä tieteellisen tutkimuksen määrään. Bruttokansantuotteeseen verrattu artikkelien määrä nostaa yllättäen Israelin ja Suomen Pohjois-Amerikan edelle (Taulukko 8). Niin laaja kuin pienikin väestöpohja näyttää tuottavan samassa suhteessa hyviä tutkijoita ekologiaa julkaisevissa maissa, kun näköharhaa tuottavat USA:n hajajksiköt poistetaan (esim. Panama, Taulukko 9).

f) Science-lehdessä suhteessa enemmän amerikkalaisia

Selvästi oli havaittavissa, että amerikkalaiset julkaisevat enemmän Science-lehdessä, kun taas britit ja eurooppalaiset enemmän Naturessa. (Kuva 7.). Kyseessä voi olla kirjoittajien erilainen arvostus, mutta myös editoritoiminnalla voi olla merkitystä. Anonyymien refereiden vaikutus on luonnontieteessä ilmeinen, mutta heidän kansallisuuksistaan tai valintaperusteista ei valitettavasti ole tietoa käytettävissä.

g) Suomalainen ekologinen tutkimus menestyy

Suomen menestys kansainvälisessä ekologisessa tutkimuksessa näkyy monella tavalla aineistossani. Suomi on väkilukuun suhteutettuna viidenneksi isoin maa ekologisessa tutkimuksessa (Taulukko 9). Verrattaessa artikkelimääriä bruttokansantuotteeseen (Taulukko 8) Suomen sijaluku on sama ja paranee jos poistetaan maat, joiden tutkimustoiminta on ulkomaisten tutkimuslaitosten käsissä. Vielä selkeämpi on nousujohteisuus kun huomataan, että suomalaiset artikkelit ajoittuvat pääosin 1990-luvun puolelle (Taulukko 10). Suomalaisen tieteen osuutta maailman luonnontieteellisestä kirjallisuudesta on tutkinut Hanski (2006). Tutkimuksessa on tarkasteltu Thomson Scientific ISI -tietokannan tilastoja, joissa näkyvät myös muissa kuin Nature- ja Science- lehdissä julkaistut artikkelit. Tämän tietokannan perusteella suomalaisen tutkimuksen osuus kaikesta ekologisesta tutkimuksesta on kasvanut. Merkittäväksi asian tekee se, että useimmilla muilla luonnontieteen aloilla kehitys ei ole yhtä hyvä (Hanski 2006). Havainto on samansuuntainen kuin Taulukon 10 tulokset.

Tässä aineistossa on nähtävissä suomalaisen tutkimuksen kansainvälistyminen joka selkeimmin on käynnistynyt 1990-luvun puolella. Edellisellä vuosikymmenellä on julkaistu vain yksi ekologinen artikkeli Nature-lehdessä vuonna 1986. Tämän lisäksi havaitsin samalta vuodelta yhden suomalaisen tutkijan tutkimuksen, joka on lähetetty Ruotsista Uppsalan yliopistosta. Myöhemmin aineistossa on suomalaisia tutkijoita sekä kotimaassa, että ulkomailla enenevässä määrin. Tutkimusverkostojen joukossa on yksi kärkipäähän sijoittuva suomalais-

amerikkalainen ryhmä (Taulukko 11). Tapahtunut tutkimuselämän kansainvälistyminen lienee yhteydessä samaan aikaan tapahtuneeseen laajempaankin yhteiskunnalliseen kehitykseen.

Suomi on panostanut kokonaisuudessaan ekologisen tieteen kehittämiseen mikä on nähtävissä mm. Suomen Akatemian huippuyksiköistä, joista 3kpl vuosina 1995 – 2000, edusti ekologisen tieteen jotain tutkimushaaraa (Suomen akatemia 1997). Myös monet akatemian tutkimusohjelmat ovat rahoittaneet ekologista tutkimusta Suomessa käsittelemänäni aikana. Kaikkien tutkimuksen rahoittajien osuus vaikuttaa alalle päätyvien määrään ja laatuun.

Monet tutkimuslaitokset ovat menestyksekkäästi valinneet painopistealueekseen, jonkin tutkimuksen suunnan, joka on sitten tuottanut materiaalia aineistoomme. Viime kädessä voidaan tarkastella yksittäisiä tutkijoita, joiden panos ollut merkittävä, jollain merkittävällä tutkimusalueella, jota on paljon tutkittu. Aineistossa näkyy suomalaista osaamista esim., populaatiobiologian, evoluutioekologian ja luonnon monimuotoisuuden tutkimuksen alalla. Aineistossa menestyneimpänä näkyy Ilkka Hanski, seuraavana Rauno Alatalo. Molemmat ovat toimineet ja toimivat yhä akatemiaprofessoreina.

4.4. Lyhyt kommentti tekstimuotoisen informaation louhinnasta

Informaation käsittelyssä sanalla **ontologia** viitataan luokitteluihin joita tehdään esim. sanoille (esim. biologisille termeille) tai dokumenteille, mutta myös molekyyille (*gene ontology*). Tällaiset kategorisoinnin kohdetta koskevat ontologiat kirjataan ylös (*annotation, indexing*). Kun kirjatut ontologiat ovat muodoltaan sanoja (*keywords, descriptors, subject headings*), niistä voidaan muodostaa sanalistoja (*concordance*) tai kehittyneempiä sanastoja / sanakirjoja (*thesauri, controlled vocabulary*), jotka voivat myös sisältää erilaisia hierarkioita (*taxonomies*) tai assosiativisia viittauksia.

Räjähdyksenomaisen tutkimuksen määrän kasvun vuoksi biotieteissä informatiikka on muodostunut yhä tärkeämmäksi jopa tutkimuksen suorittamisen kannalta (Hunter & Cohen 2006). Isojen tietomäärien koneellinen louhinta (*data mining*) on informaation käsittelyssä yleistymässä. Tekstimuotoisen informaation louhintaa, jota kutsutaan myös informaation ekstraktioksi (*information extraction, IE*) on tutkittu myös Suomessa (Ginter 2007). Ginter jakaa informaatiota koskevassa väitöskirjassaan tieteenalansa kolmeksi tutkimusobjektiksi. Nämä ovat tekstin luokittelu, informaatioresurssin kehittäminen (*resource development*) ja *parsing*, joka on tekstin semanttisen merkityksen koneellista analysointia. (vrt. *semantic web*, Timothy Berners-Lee)

Ginter jakaa **informaation ekstraktion** ensimmäisen ryhmän (tekstin ontologian luokittelun) kahdeksi toisistaan riippumattomaksi tutkimuslinjaksi. Ensimmäinen tutkimuslinja on sanojen luokittelu (*classification on lexical level*), jolla pyritään tekstin termien arvioimiseen ja monimerkityksisyyksien karsimiseen (*term disambiguation*). Tämän tutkimuksen aineistossa löytyi myös vastaavia monimerkityksisyyksiä. Esim. sana *dispersal* voidaan ymmärtää populaatiobiologisessa mielessä tai fysikaalisena aineiden kulkeutumisena.

Toinen linja on dokumenttien luokittelu (*document level classification*). Siinä mitataan dokumenttien samanlaisuutta. Myös tieteenaloja on pyritty luokittelemaan ontologisesti. Näin on toimittu mm. CSA:n tietokantajärjestelmässä (ks. CSA, nelliportaali). Eräässä tutkimuksessa on jopa järjestetty eri tieteenalat mind-mapiksi, joka pyrkii ilmaisemaan niiden keskinäiset suhteet (Bradford Paley).

Informaation ekstraktion toinen lähestymistapa on soveltaa luonnollisen kielen rakenteiden tunnistamista hakulausekkeita muodostettaessa. Näin on tehty esim. geeni / proteiini /

RNA -suhteita käsittelevien artikkelien järjestämisessä informaatioresurssiksi, *resource development*. Kolmas informaation ekstraktion tapa on selvittää syntaktiikkaa analysoiden (*par-sing*) julkaistusta tekstistä esim. geenin ja proteiinin välisiä suhteita.

Nämä lähestymistavat informaatioekstraktioon ovat tärkeän ja intensiivisen tutkimuksen kohteina. Tämä ala on vasta kehittymässä, sitä ei ole sovellettu vielä ekologiseen tutkimukseen. Tässä työssä ontologinen näkökulma, jota käytetään koneellisessa datan louhinnassa, ei ollut sovellettavissa, vaan työtä varten on kehitetty tiedon modaliteetteihin perustuva näkökulma, jonka olen nimennyt **tiedon ontogeniaksi**.

Kuvassa 1 esitetty tieteellisen tiedon modaliteetin kasvu (kolumni A) saavuttaa huippunsa useiden arviointikertojen jälkeen (vaihe 8., integrointi olemassa olevaan tietoon). Tiedon kehitysaste on tuolloin edennyt yksityisestä yleiseen, koko tieteenalan tiedon asteelle, jolla syntyy teorian tasoinen ymmärrys. Tieteellisen tiedon formaatti muuttuu tällä tasolla kokoavalle ja vertailevalle tasolle. Tästä eteenpäin tieteenala tuottaa tietoa opetukseen ja muille aloille. Koko tieteenalaa koskeva ontogenia hahmottuu vasta kun tiedon modaliteetti on tällä integroivalta ja kokoavalla asteella.

Tässä tutkimuksessa CSA:n abstraktitietokannan tietoja on käsitelty osin koneellisesti ja osin artikkelin yksilöllisen, manuaalisen arvioinnin kautta. Artikkelikohtaiseen arviointiin päädyttiin, koska haluttiin mahdollisimman laaja ja tarkka sisällön määrittäminen löyhien hakujen sijaan. Eli näin pystyttiin ohittamaan informaatioekstraktion suurin vaikeus, biotieteellisen datan tulkinnallisuus (Hunter & Cohen 2006). Tämä käy ilmi selvästi virheiden ja epämääräisyyksien joukosta Taulukossa 1. Tietokantatietojen tulkinnallisuus näkyy myös Liitetaulukon asiasanojen erilaisten kirjoitustapojen määränä, jotka helpoimmin tulevat esiin käyttämälläni lähestymistavalla.

Tämän työn ero lausekemuotoiluun tietokantahakuihin on se, että hakulausekkeen muotoilu rajaa aineiston vain pääpiirteissään, ja tietomassan luokittelu on kaksivaiheinen. 1.) aineiston kokonaisuuden hahmottaminen ja luokkien muodostaminen **ontogenia** (Taulukot 3 ja 4) sekä 2.) edellisen perusteella tehdyn subjektiivisen luokkaan sijoittaminen, **ontologia**.

4.5. Menetelmän käyttökelpoisuudesta tulevaisuudessa

Kehittämäni menetelmän avulla on mahdollista seurata toteutuneen tutkimuksen trendejä isompina massoina ja sitä kautta myös tutkijan oman arvioinnin otantaan tuomaa virhettä välttämällä. Tietokannat kehittävät koko ajan myös uusia palveluita, joiden avulla on yhä helpompaa tehdä jonkinlaisia poimintoja ja pikakatsauksia tiedonhaun yhteydessä. Tämä työ toi kuitenkin edetessään esiin sen tosiasian, että kun pyritään hahmottamaan kokonaisuuksia, valmiita nopeita keinoja saada kvalitatiivista tietoa, jolla olisi relevanssia, ei ole. Viimeistään silloin kun ryhdytään pohtimaan tietokannasta tehtävän otannan virheitä, huomataan, että valmiit menetelmät eivät niitä poista.

Sen sijaan jos poimitaan jokin selvästi rajattu alue tietokannasta ja se analysoidaan eri ulottuvuuksineen virheet poistaen ja sisäiset yhteydet silti säilyttäen, voidaan puhua jo tutkimuksesta eikä pelkästä tiedonhausta. Tällaista tutkimusta voidaan käyttää apukeinona muodostettaessa kuvaa tutkimuksen kehityksestä ja se vaikuttaa muodostavan tietyllä hierarkkisella tasolla ajallisesti jatkuvan kuvan kehityksestä, joten sillä voi olla myös käyttöä ennustettaessa tulevia painopisteitä. Tämän hierarkkisen tason määrittäminen vaatii kuitenkin aineiston ulottuvuuksien analysointia. On varmasti kuitenkin myös selvää, ettei ilman tieteenalaa tuntemusta ole mahdollista tuottaa tämänkaltaista analyysia. Tämä menetelmä voi kuitenkin aut-

taa korvattaessa jotakin määrittelemätöntä kokeneisuuden tuomaa näkemystä, koska se on luonteeltaan aiheeseen kvalitatiivisesti perehtyvä. Lisäksi menetelmällinen tapa muodostaa kokonaiskuva on perusteluiltaan rationaalisempi, kuin kokeneisuuden kautta tuleva kuva.

5. LIITTEET

Liite 1. Yleisimmät asiasanat

Liite. Yleisimmät Nature- ja Science-lehtien ekologisia artikkeleita kuvaavat asiasanat 1981 – 2000.¹

<i>Asiasana</i>	<i>Määrä</i>	<i>Tietokenttä</i>
d 04680 paleoecology	312	Classification
d 04330 marine	222	Classification
paleoecology	196	Descriptors
d 04659 insects	172	Classification
evolution	162	Descriptors
d 04003 modeling, mathematics, computer applications	143	Classification
d 04671 birds	143	Classification
primary production	137	Descriptors
carbon cycle	122	Descriptors
climatic change	122	Descriptors
phytoplankton	111	Descriptors
carbon dioxide	108	Descriptors
o 1070 ecology/community studies	107	Classification ²
models	103	Descriptors
reviews	103	Descriptors
marine ecosystems	91	Descriptors
bacteria	89	Descriptors
extinction	88	Descriptors
q1 01187 palaeontology	86	Classification ³
d 04500 atmosphere	84	Classification
species diversity	83	Descriptors
d 04672 mammals	81	Classification
biological diversity	79	Descriptors
population dynamics	79	Descriptors
j 02905 water	74	Classification ⁴
marine environment	73	Descriptors
d 04620 microorganisms	72	Classification
p 0000 air pollution	72	Classification ⁵
d 04615 ecology studies - general	70	Classification
forests	70	Descriptors

¹ Lähde: CSA: Ecology Abstracts: tietokentät classification, descriptors ja identifiers. ^{2,3,4} CSA: Ecology Abstracts-abstraktitietokanta sisältää myös muiden CSA:n tietokantojen antamat luokittelut. ² Luokittelu tietokannasta Oceanic Abstracts. ³ Luokittelu tietokannasta ASFA 1: Biological Sciences & Living Resources. ⁴ Luokittelu tietokannasta Microbiology Abstracts B: Bacteriology. ⁵ Luokittelu tietokannasta Pollution Abstracts.

Liite 2. Kuvaluettelo

Kuva 1. Tieteellisen tiedon leviäminen tutkimusaiheen intuitiivisesta muodostumisesta lähtien suunnittelun, tutkimuksen tekemisen ja julkaisemisen kautta tieteenalan yleiseen tietoon ja universaaleihin tietoverkostoihin.....	9
Kuva 2. Cambridge Scientific Abstracts-tietokantakokoelman Ecology Abstracts-hakutuloksen osa tallennettuna tekstimuodossa.....	12
Kuva 3. CSA Ecology Abstracts-viitetietokannan tiedot muunnettuna Excel-tiedostoksi.....	13
Kuva 4. Artikkeliaineiston keskeiset sisältöalueet sijoitettuna ekologian holistiseen tutkimuskenttään hierarkkisen jaottelun mukaan.....	20
Kuva 5. CSA Ecology Abstracts -tietokantaan hyväksytyt Nature- ja Science-lehtien artikkelit vuosina 1981 – 2000.....	23
Kuva 6. Nature- ja Science- aikakauslehtien ekologia-aiheisten artikkelien lukumäärä ja prosenttiosuus jaoteltuina alkuperän mukaan ajanjaksona 1981 – 2000.....	24
Kuva 7. Pohjois-Amerikan, Euroopan ja muun maailman ekologia-artikkelien lukumäärä Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000.....	25
Kuva 8. Artikkelien jakautuminen tutkimusorganismien taksonin mukaan.....	27
Kuva 9. Artikkeleiden jakautuminen ympäristötyypin mukaan.....	28
Kuva 10. Eri paleontologisia maailmankausia käsittelevien artikkelien lukumäärät ja prosentuaaliset osuudet Nature- ja Science-lehdissä ajanjaksolla 1981 - 2000.....	29
Kuva 11. Nature- ja Science-lehtien ekologien artikkelien näkyminen muiden alojen kuin ekologian tietokannoissa.....	30
Kuva 12. Muiden tieteenalojen kuin ekologian tietokannoissa esiintyvien ekologien artikkelien osuus kaikista ekologisista artikkeleista vuosittain ajanjaksolla 1981 - 2000.....	30
Kuva 13. Saastumisasihaiset artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	31
Kuva 14. Saastumisasihaiset artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution sijainnin mukaan maanosittain.....	32
Kuva 15. Saastumisasihaiset artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumien mukaan.....	32
Kuva 16. Globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	33
Kuva 17. Globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.....	34
Kuva 18. Globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumien mukaan.....	34
Kuva 19. Muut kuin paikallista saastumista ja globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	35
Kuva 20. Muut kuin paikallista saastumista ja globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.....	36
Kuva 21. Muut kuin paikallista saastumista ja globaalitason ympäristöongelmia käsittelevät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumien mukaan.....	36
Kuva 22. Lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	37
Kuva 23. Lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.....	38
Kuva 24. Lajin sisäisiä ilmiöitä tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumien mukaan.....	38
Kuva 25. Vuorovaikutuksia tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	39
Kuva 26. Vuorovaikutuksia tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.....	40
Kuva 27. Vuorovaikutuksia tutkivan ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumien mukaan.....	40
Kuva 28. Ekosysteemitason ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	41
Kuva 29. Ekosysteemitason ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.....	42
Kuva 30. Ekosysteemitason ekologisen perustutkimuksen (luonto sinänsä) artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisufoorumien mukaan.....	42
Kuva 31. Paleoekologisen tutkimuksen artikkelit viisivuotisjaksoittain Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.) esitellyn hierarkkisen alajaottelun mukaan.....	43

Kuva 32. Paleoekologisen tutkimuksen artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.	44
Kuva 33. Paleoekologisen tutkimuksen artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisuforumin mukaan.	44
Kuva 34. Mikrobiologista ekologiaa sisältävät artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina hierarkkisen alajaottelun mukaan. Jaottelu esitelty luvussa 2.3.1. (Taulukko 4.).....	45
Kuva 35. Mikrobiologista ekologiaa koskevat artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina tekijän ilmoittaman tutkimusinstituution mukaan maanosittain.	46
Kuva 36. Mikrobiologista ekologiaa koskevat artikkelit Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 jaoteltuina julkaisuforumin mukaan.	46
Kuva 37. Yhteenveto tyypillisten maiden ekologisten artikkelimääristä muutoksista Nature- ja Science-lehdissä.	54
Kuva 38. Kaikkien luonnontieteellisten ja ekologisten artikkelien määrä Nature-lehdessä 1981 – 2000.	55
Kuva 39. Kaikkien luonnontieteellisten ja ekologisten artikkelien määrä Science-lehdessä 1981 – 2000.	56

Liite 3. Taulukkuuettelo

Taulukko 1. Nature- ja Science-lehtien ekologian artikkeleihin liitetyt asiasanamäärät vuosina 1981 – 2000 ¹	15
Taulukko 2. Eri ekologian osa-alojen kirjoja, joiden perusteella hahmotettiin tutkimuksen osa-aloja.	16
Taulukko 3. Ekologian osa-alueiden määrittely konventionaalisesti ja eri tieteenalojen tietokantojen ryhmittelyllä.	17
Taulukko 4. Ekologian osa-alueiden hierarkkinen jaottelu ¹	19
Taulukko 5. Nature- ja Science-lehtien ekologia-artikkelien jakautuminen maanosittain.	22
Taulukko 6. Ekologia-aiheisten Nature- ja Science-artikkelien lukumäärät alkuperämaittain 1981 – 2000 kirjoittajan ilmoittaman tutkimusorganisaation osoitteen mukaan.	26
Taulukko 7. Nature- ja Science-lehtien 10 siteeratuinta ekologiaa käsittelevät artikkeleita vuosina 1981 – 1997 ¹	47
Taulukko 8. Ekologian eri tutkimusalojen viitatuimmat artikkelit Nature- ja Science-lehdissä vuosina 1981 - 1997. Artikkelit sijoitettu tärkeimmän kategoriansa mukaan.	48
Taulukko 9. Eniten ekologia artikkeleita Nature- ja Science -lehdissä 1981 – 2000 julkaisseet tutkijat. ¹	49
Taulukko 10. Eniten siteerauksia Nature- ja Science -lehdissä 1981 – 2000 ekologian artikkeleillaan keränneet tutkijat. ¹ .	50
Taulukko 11. Suurimmat ekologian tutkimusverkostot vuosien 1981 – 2000 Nature- ja Science -lehtien artikkelien perusteella. ¹	51
Taulukko 12. Nature- ja Science -lehdissä 1981 – 2000 eniten ekologia artikkeleita julkaisseet instituutiot.	51
Taulukko 13. Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 yli 10 ekologista artikkeleita julkaisseiden yliopistojen lukumäärä maittain.	52
Taulukko 14. Nature- ja Science-lehdissä ilmestyneet ekologian artikkelit eri maanosissa jaoteltuina viittausmäärien mukaan ¹	52
Taulukko 15. Bruttokansantuotteeseen verrattuna eniten ekologia artikkeleita Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 julkaisseet maat.	53
Taulukko 16. Väkilukuun verrattuna eniten ekologia artikkeleita Nature- ja Science-lehdissä 1981 – 2000 julkaisseet maat.	53
Taulukko 17. Nature- ja Science-lehden ekologia-artikkelien jakautuminen vuosille 1981 – 2000, viiden vuoden aikavälein niiden 15 maan osalta, jotka ovat julkaisseet yli 10 artikkeleita.	53

6. LÄHTEET

- Allaby, M. 1998: *A Dictionary of Ecology*. Oxford University Press, New York. 440s.
- Allee, W. C. 1949: *Principles of animal ecology*. W.B. Saunders Co., Philadelphia.
at Albert R. Mann Library. 2008. Core Historical Literature of Agriculture (CHLA). Ithaca, NY: Albert R. Mann Library, Cornell University. <http://chla.library.cornell.edu> (Version June 2004).
- Andrewartha, H. G. 1961: *Introduction to the study of animal populations*. University of Chicago Press, Chicago, IL London.
- Atlas, R.M. & Bartha R. 1998: *Microbial ecology: fundamentals and applications*. Benjamin/Cummings, Menlo Park.
- Begon, M, Townsend, C.R. & Harper, J.L. 2005: *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell. 784 s.
- Boomsma, J.J. & Franks, N.R 2006: Social Insects: from selfish genes to self organization and beyond. *Trends in ecology and evolution* 21: 303 – 308.
- Bowler, P.J. 1997: *Ympäristötieteen historia*. WSOY, Juva. 572 s.
- Bramwell, A. 1989: *Ecology in the 20th Century a History*. Yale University Press, New Haven 292s.
- Campbell, N.A. & Reece, J.B. 2004: *Biology*. 7. p. Benjamin/Cummings Publishing Co. 1231 s.
- Cano, V. & Lind, N.C. 1991: Citation Life-cycle of 10 Citation classics. *Scientometrics* 22(2):297– 312.
- Carpenter, S.R. & Folke, C. 2006: Ecology for transformation. *Trends in ecology and evolution* 21: 309 – 315.
- Carson, R. 1962: *Silent Spring*. Houghton Mifflin. Boston.
- Clark, A.G. 2006: Genomics of the evolutionary process. *Trends in ecology and evolution* 21: 316 – 321.
- Clements, Frederic 1916: *Plant Succession: An analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institution of Washington publication No. 242: s 1-7. Teoksessa David R. Keller, Frank B. Golley (toim.) *The Philosophy of Ecology: From Science to Synthesis*. University of Georgia Press.(2000)
- Cox, C.B. & Moore, P.D. 2005: *Biogeography. An ecological and evolutionary approach*. Blackwell. 440 s.
- Darwin, C. 1994: *The Origin of Species by means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Senate, Guernsey. 441 s. (1. painos 1859)
- Diamond, J. 2005: *Romahdus. Miten yhteiskunnat päättävät tuhoutua tai menestyä*. Terra cognita. Helsinki. 604 s.
- Elton, Charles 1927: *Animal Ecology*. University of Chicago Press (2001), Chicago.
- Flannery, T. 2006: *Ilmaston muuttajat*. Otava, Keuruu. 343 s.
- Ginter, F. 2007: *Towards Information extraction in the biomedical domain: Methods and resources*. Väitöskirja. Turun yliopisto. Informaatioteknologian laitos.
- Gleason, H. A. 1926: The Individualistic Concept of the Plant Association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53: 7-26.
- Halkka, A. 2004: *Ydin-satelliittihypoteesin vastaanotto tiedeyhteisössä. – Pro gradu*. Helsingin yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. 69 s.
- Hamilton, W.D. 1964: The Genetical Evolution of Social Behaviour. *Journal of Theoretical Biology* 7: 1 – 52.

- Hanski, I., Lindström, J., Niemelä, J., Pietiäinen, H. & Ranta E. 1998: *Ekologia*. WSOY, Juva. 580 s.
- Hanski, I. 2006: Julkaisuaktiivisuuden megatrendi luonnontieteissä. *Tieteessä tapahtuu* 2: 37–39.
- Hanski, I. 2007a: *Kutistuva maailma: elinympäristöjen häviämisen populaatioekologiset seuraukset*. Gaudeamus, Helsinki. 295 s.
- Hanski, I. 2007b: *Viestejä saarilta*. Gaudeamus, Helsinki. 231 s.
- Hughes, T.P. 1994: Catastrophes, phase shifts, and large scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547–1551.
- Hunter, L. & Cohen, K.B. 2006: Biomedical language processing: What's beyond PubMed? *Molecular Cell* 21: 589–594
- Jackson, J.B.C. & Erwin, D.H. 2006: What can we learn about ecology and evolution from the fossil record? *Trends in ecology and evolution* 21: 322 – 328.
- Kirkpatrick, M. ja Ryan, M.J. 1991: The evolution of mating preferences and the paradox of the lek. *Nature* 350: 33 – 38.
- Krebs, J.R., Davies, N.B. 2003: *Behavioural Ecology. An Evolutionary Approach*. Blackwell, Oxford. 456 s.
- Kokko, Y. 1950: *Laulujoutsen: Ultima Thulen lintu*. WSOY, Helsinki.
- Kormondy E.J. 1974: *Ekologia*. Gummerus, Jyväskylä. 204 s.
- Kärki, R. 2006: Tieteellisen viestinnän tutkimus. – Teoksessa: Mäkinen, I. (toim.), *Tiedon tie*: 201–228. BTJ kirjastopalvelu, Helsinki. 269 s.
- Laakkonen, S. & Vuorisalo T. 2007: *Sodan ekologia*. SKS, Helsinki. 350 s.
- Leopold, A. 1949: *A Sand County Almanac and Sketches Here and There*. Oxford University Press, New York. 226 s.
- Lovejoy, T.E. 2006: Protected areas: a prism for a changing world. *Trends in ecology and evolution* 21: 329 – 333.
- Lovelock J. 2006: *Gaian kosto*. Green spot. Helsinki. 212 s.
- MacArthur, R.H. & Wilson, E.O. 1967: *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Mayr, E. 1999: *Biologia – elämän tiede*. Art house, Helsinki. 377 s.
- Meffe, G.K., Carroll, C.R. & Contributors 1997: *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 680 s.
- Miller, G.T. 2002: *Living In Environment: Principles, Connections And Solutions*. Pacific Grove, Brooks & Cole. 758 s.
- Morton, A.G. 1999: *Kasvitieteen historia*. Gaudeamus, Helsinki. 479 s.
- Niiniluoto, I. 1999: *Johdatus tieteenfilosofiaan. Käsitteen- ja teorianmuodostus*. Otava, Keuruu. 314 s.
- Odum, E.P. 1971: *Fundamentals of ecology*. Saunders, Philadelphia. 517 s.
- Partridge, L. & Gems, D. 2006: Beyond the evolutionary theory of ageing, from functional genomics to evo-gero. *Trends in ecology and evolution* 21: 334 – 340.
- Petrie, M. 1994: Improved growth and survival of offspring of peacocks with more elaborate trains. *Nature* 371: 598 – 599.
- Pimm, S 2001: *A Scientist audits the earth*. Rutgers university press. New Brunswick. 285 s.
- Saccheri, L. & Hanski, I. 2006: Natural selection and population dynamics. *Trends in ecology and evolution* 21: 341 – 347.
- Saxen, L. 2000: Puoli vuosisataa lääketieteen tutkimusta Suomessa. *Duodecim* 116: 263 – 270.
- Schlesinger, W.H. 2006: Global change ecology. *Trends in ecology and evolution* 21: 348 – 352.

- Suomen Akatemia 1997: Kansallinen tutkimuksen huippuyksikköstrategia, Edita Helsinki. 57 s.
- Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Pihakaski, S. & Portin, P 1993: *Biologian sanakirja*. Otava, Keuruu. 607 s.
- Thomson Scientific. ISI Web of Knowledge. <http://isiwebofknowledge.com/>. Luettu 23.5.2007
- Thoreau, H 1990: *Elämää metsässä*. WSOY, Helsinki. 306s. (1. painos 1854)
- Townsend, C.R., Begon, M. & Harper, J. 2003. *Essentials of Ecology*. Blackwell, Malden, USA, 530 s.
- Trivers, R.L. 1971: The Evolution of Reciprocal Altruism. *Quarterly Review of Biology* 46: 35 – 57.
- Turco, R.P., Toon, O.B., Ackerman, T.P., Pollack, J.B. & Sagan, C. 1983: Nuclear winter: Global consequences of multiple nuclear explosions. *Science* 222: 1283 – 1292.
- Wislon, E.O. 2002: *Elämän tulevaisuus*. Terra cognita. Helsinki. 222 s.
- Zak, D.R., Blackwood, C.B. & Waldrop, M.P 2006: A molecular dawn for biogeochemistry. *Trends in ecology and evolution* 21: 288 – 295.