

Geodiversiteetti on elottoman luonnon monimuotoisuutta

HELENA TUKIAINEN, MAIJA TOIVANEN JA ELINA LEHTONEN



Rapakivigraniittikallioita Kustavissa. Kuva: Elina Lehtonen

Rapakivi granite cliffs in Kustavi, Finland. Photo: Elina Lehtonen

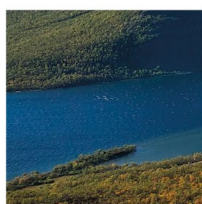
Geodiversiteetistä kuulee nykyään puhuttavan useissa eri asiayhteyksissä. Termiä käytetään niin tieteellisessä keskustelussa kuin luonnonsuojelussa ja matkailussa. Tässä artikkelissa käydään tiiviisti läpi geodiversiteetti-termin kehityskaari 1990-luvun alusta nykypäivän tilanteeseen. Geodiversiteettiä voidaan mitata monin eri tavoin, ja artikkelissa esitellään Oulun yliopiston maantieteen tutkimusyksikössäkkin käytetty tapa laskea georunsautta paikkatietoaineistojen avulla. Geodiversiteetti on erityisen ajankohtainen teema tänä vuonna, sillä 6. lokakuuta pääsemme viettämään ensimmäistä kertaa kansainvälistä geodiversiteetin päivää.



Geodiversiteetti terminä

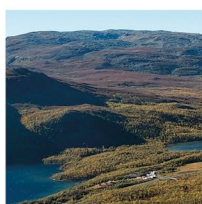
Geodiversiteetti (*geodiversity*) on ollut kuluneen vuosikymmenen aikana yhä näkyvämmin esillä eri tieteenalojen, kuten geologian, maantieteen ja ekologian tutkimuksessa. Termiin voi törmätä myös puhuttaessa matkailusta, luonnonsuojelusta tai ekosysteemipalveluista. Mitä geodiversiteetti sitten on? Laajasti ottaen se tarkoittaa koko maanpäällisen, ja myös maanpinnan alaisen, elottoman luonnon monimuotoisuutta. Geodiversiteettiin kuuluvat maaperä, kallioperä, hydrologia, geomorfologia

ja pinnanmuodot (kuva 1). Tai, kuten paljon siteerattu määritelmä Murray Grayn (2013) teoksesta *Geodiversity* kuuluu: *“the natural range (diversity) of geological (rocks, minerals, fossils), geomorphological (landforms, topography, physical processes), soil and hydrological features. It includes their assemblages, structures, systems and contributions to landscapes.”* Geodiversiteetti koostuu geokohteista, kuten yksittäisistä geomorfologisista muodostumista tai kivilajeista (Serrano & Ruiz-Flaño 2007).



Hydrologia Hydrology

Hydrologiaan kuuluvat erityyppiset vesistöt, kuten järvet ja joet. Lisäksi suot, soistuneet alueet ja pohjavedet ovat osa hydrologiaa.



Geomorfologia Geomorphology

Geomorfologiaan kuuluvat maan pinnan muodostumat ja prosessit. Maisemakuvassa näkyy esimerkiksi jään, tuulen ja virtaavan veden jättämiä jälkiä.



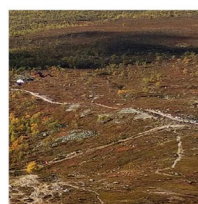
Pinnanmuodot Topography

Pinnanmuodot eli korkeuden vaihtelut ovat näkyvä osa maiseman geodiversiteettiä. Ne liittyvät läheisesti geomorfologisiin prosesseihin.



Kallioperä Bedrock

Kallioperä on usein piilossa katseiltamme. Esimerkiksi Suomen pinta-alasta avokalliota on noin 3 %. Joissakin paikoissa kallioperä voi olla paljastunut, esimerkiksi tuntureilla tai vuoristossa.



Maaperä Soil

Kallioperän päällä oleva maaperä on usein kasvillisuuden peitossa. Yhdessä kallioperän kanssa maaperä muodostaa maankamaran.

Kuva 1. Geodiversiteetti on helppo ymmärtää, kun katsoo maisemaa. Kuva on Kilpisjärveltä. Kuva: Helena Tukiainen.

Figure 1. Geodiversity is easy to perceive from the landscape (location Kilpisjärvi, Finland). Photo: Helena Tukiainen.

Geodiversiteetti-termin käyttö on yleistynyt muutaman vuosikymmenen ajan. Vuoden 1992 Rion julistuksen ja biodiversiteetin aseman vahvistumisen jälkeen geotieteilijät huomasivat, että myös he tutkivat monimuotoisuutta, jota ihmistoiminta uhkaa (Brilha ym. 2018; Gray 2021). Tämä antoi syyksen geodiversiteetti-termin käyttöönnotolle, ku-

vaamaan elottoman luonnon monimuotoisuutta kokonaisuutena. Nykyään käytössä on myös muita geodiversiteettiin liittyviä, mutta tarkentavia termejä, kuten *geomorphodiversity* (geomorfologinen diversiteetti; ks. esim. Reynard 2009) ja *pedodiversity* (maaperän diversiteetti; ks. esim. Ibáñez ym. 1995). Geodiversiteettiin liittyviä soveltavia käsitteitä ovat

muun muassa geoperintö (*geoheritage*), geomatkatilaisuus (*geotourism*) ja geosuojaus (*geoconservation*), ja näitä kaikkia sovelletaan esimerkiksi Unescon alla toimivassa Global Geoparks -verkostossa. Suomessa verkostoon kuuluu kolme aluetta: Rokua, Lauhanvuori-Hämeen kangas ja uusimpana viime vuonna statuksen saanut Saimaa.

Vaikka geodiversiteetti on terminä ja tutkimusaiheena vakiinnuttanut paikkaansa etenkin kuluneen vuosikymmenen aikana, on se yhä 2020-luvulle tultaessa jatkuvasti kehittyvä paradigma geotieteen kentällä. Täysin yhtenäistä määritelmää tai esimerkiksi mittaustapaa ei ole vielä olemassa. Yhtenäisen menetelmän löytämistä vaikeuttaa se, että geodiversiteettiä voidaan tulkita niin laadullisesti (esim. esteettisten arvojen kautta) kuin määrällisesti (esim. geokohteiden määränä ja niiden alueellisuutena vaihteluna). Osa tutkijoista ehdottaa ilmastoon mukaan ottamista geodiversiteettikäsitteen alle, koska myös ilmasto voidaan nähdä elottoman luonnon osana (Zarnetske ym. 2010; Halvorsen ym. 2020). Nykytutkimuksessa yleisimmin käytetty määritelmä geodiversiteetistä on kuitenkin yllä esitelty Grayn määritelmä, joka kuvaa geodiversiteetin elottoman luonnon vastineena biodiversiteetille ja erillisenä ilmastosta (Boothroyd & McHenry 2019).

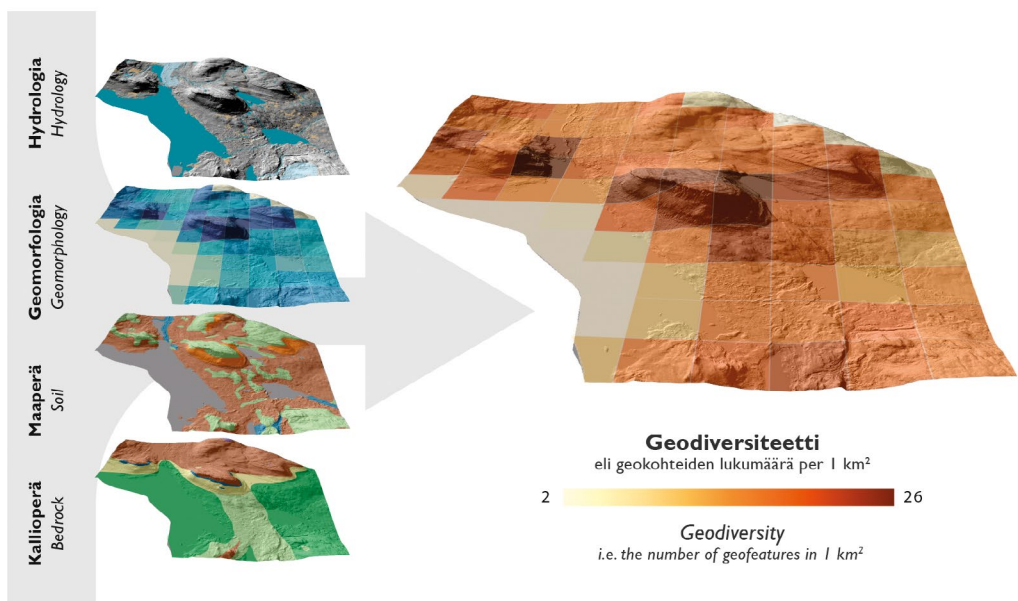
Jotta geodiversiteettiä voidaan hyödyntää laajemmin luonnonsuojelussa, sen määritelmästä tulisi päästä yhteisymmärrykseen paitsi geotieteilijöiden keskuudessa, myös geotieteilijöiden ja biotieteilijöiden kesken. Lisäksi geodiversiteetti tarvitsee biodiversiteetin tavoin yhtenäiset mittaamisen menetelmät, joihin voitaisi ottaa oppia biodiversiteettitutkimuksen pitkästä historiasta. Vaikka tässä artikkelissa keskitytään seuraavaksi geodiversiteetin mittaamiseen menetelmällä, jota on hyödynnetty erityisesti biodiversiteetin ja geodiversiteetin välisessä tutkimuksessa, on tärkeää muistaa, että geodiversiteetti on arvokasta myös itsessään, ei ainoastaan biodiversiteetin vuoksi.

Paikkatieto apuna geodiversiteetin mittaamisessa

Kuten edellisestä kappaleesta käy ilmi, geodiversiteettiä on kansainvälisissä tutkimuksissa määritelty ja mitattu monin eri tavoin. Käytettyihin mittareihin vaikuttavat esimerkiksi tarkastelun mittakaava, saatavilla olevat aineistot ja tiedon käyttötarkoitus. Geodiversiteetin luonteen kannalta olisi oleellista, että sen mittarit kuvastavat nimenomaan elottoman luonnon monimuotoisuutta kokonaisuutena, eikä yksittäisiä geodiversiteetin elementtejä, kuten pelkkää maaperää. Koska geodiversiteetin määritelmä on vaihteleva, sen mittaamiseen valitaan yleensä niitä aineistoja, joita on saatavilla ja jotka sopivat (tutkimus)asetelmaan. Esittelemme seuraavassa määrällisen geodiversiteetin mittarin, jonka olemme todenneet toimivan hyvin maisematason tutkimuksissa.

Oulun yliopiston maantieteen tutkimusyksikössä on tehty geodiversiteettiin ja erityisesti geodiversiteetin ja biodiversiteetin väliin suhteisiin liittyvää tutkimusta yli kymmenen vuoden ajan. Se on tälläkin hetkellä yksi luonnonmaantieteen tutkimusryhmän tärkeimmistä fokusalueista. Tutkimuksen kohteena on ollut erityisesti pohjoisten alueiden geodiversiteetti niin maalla (esim. Hjort & Luoto 2010; Hjort ym. 2012; Tukiainen ym. 2017) kuin vesiympäristöissä (esim. Toivanen ym. 2019; Kärnä ym. 2019). Useissa näistä tutkimuksista geodiversiteetin mittarina on ollut georunsaus (*georichness*). Siinä kullekin tutkimusyksikölle, kuten ruudulle (esim. neliökilometrin kokoiselle), on laskettu yhteen siinä sijaitsevien geokohteiden määrä. Laskennassa ei huomioida, montako samanlaista geokohdetta tutkimusyksiköllä sijaitsee, tai mikä niiden pinta-ala on. Geokohteiksi lasketaan kallioperän ja maaperän lajien, vesistökohteiden ja geomorfologian runsaus (Tukiainen & Hjort 2021).

Georunsauden laskeminen perustuu vapaasti saatavilla oleviin paikkatietoaineistoihin. Geologian tutkimuskeskuksen tuottamat



Kuva 2. Geodiversiteettiä voidaan mitata georunsaudella eli geokohteiden lukumäärällä. Tässä esimerkissä Kilpisjärven georunsaus on laskettu paikkatietoaineistojen avulla. Kallioperää (GTK 2010a), maaperää (GTK 2010b) ja hydrologiaa (MML 2021; SYKE 2020, 2021a, b) kuvaavissa tasoissa yksi väri tarkoittaa yhtä kivilajia, maaperäluokkaa tai hydrologista kohdetta. Geomorfologia on mallinnettu geomorfologinen runsaus (Tukiainen & Hjort 2021). Taustakartta on vinovalovarjoste Maanmittauslaitoksen korkeusmallista.

Figure 2. Geodiversity can be quantified as georichness or the number of geofeatures. Here, geodiversity of Kilpisjärvi (Finland) was calculated using spatial data. In layers describing bedrock (GTK 2010a), soil (GTK 2010b) and hydrology (MML 2021; SYKE 2020, 2021a, b) each colour represents one bedrock type, soil type, or hydrological feature type. Geomorphology is modelled geomorphological richness (Tukiainen & Hjort 2021). Basemap is a hillshade image derived from the digital elevation model of the National Land Survey of Finland.

digitaaliset kallioperä- ja maaperäkartat ovat pohjana maaperän ja kallioperän kivilajien runsauden laskennoille (GTK 2010a, b). Hydrologisista kohteista eli järvistä, joista, pohjavesiintymistä, lähteistä sekä soista ja soistumista on kerätty tietoja Suomen ympäristökeskuksen (2020, 2021a, b) ja Maanmittauslaitoksen (2021a) avoimista paikkatietoaineistoista. Geomorfologiasta ei ole saatavilla tarpeeksi kattavaa, koko Suomen laajuista aineistoa, joten geomorfologinen runsaus on mallinnettu hyödyntäen muodostumahavain-toja, paikkatietopohjaisia ympäristömuuttujia ja tilastollista mallinnusta (ks. lisätietoa muut-tujen laskennasta Tukiainen & Hjort 2021).

Kallioperän kivilajien, maaperäluokkien, ve-sistökohteiden ja geomorfologisten kohteiden yhteenlaskettu lukumäärä on kunkin tutkimusyksikön (kuten neliökilometrin ko-koisen ruudun) georunsaus eli geodiversiteetti (kuva 2).

Vaikka runsaus on selkeä ja toimiva elotto-man luonnon monimuotoisuuden mittari, se on silti vain yksi tapa kuvata geodiversiteettiä. Muualla tehdyissä tutkimuksissa on käytetty esimerkiksi erilaisia geodiversiteetti-indeksejä (esim. Serrano & Ruiz-Flaño 2007) ja kauko-kartoituspohjaisia muuttujia (esim. Zarnetske ym. 2019). Georunsaus ei myöskään kerro sii-tä, millainen alueella sijaitsevien yksittäisten

geokohteiden arvo on. Vaikka alueen geodiversiteetti olisi vaatimaton, voi siellä sijaita geoperintöarvoltaan tärkeitä kohteita. Erilaisiin geokohteisiin on helppo tutustua esimerkiksi Geopark-alueilla, ja mahdollisesti myös tämän vuoden lokakuussa, jolloin vietetään varta vasten geodiversiteetille omistettua päivää.

Geodiversiteetin päivä

Vuonna 2022 päästään juhlistamaan ensimmäistä kertaa Kansainvälistä geodiversiteettipäivää lokakuun 6. päivä. Unescon yleiskokous teki päätöksen geodiversiteettipäivästä marraskuussa 2021, ja sitä on tarkoitus viettää vuosittain. Kansainvälisen geodiversiteettipäivän tavoitteena on tuoda esiin geodiversiteetin tärkeyttä. Lisätietoa Kansainvälisestä geodiversiteettipäivästä löytyy päivän verkkosivuilta (<https://www.geodiversityday.org/>) ja Twitter- ja Facebook-sivuilta. Geodiversiteettipäivän verkkosivuilta löytyvät esimerkiksi huhtikuussa 2021 järjestetyn Promoting geodiversity -työpajan videotallenteet.

Ongelmana etenkin suomen kielessä on se, että ”luonnon monimuotoisuutta” käytetään sujuvasti synonyyminä biodiversiteetille, vaikka se kattaa vain elollisen luonnon puoliskon kokonaisuudesta. Tähän liittyy myös pitkät perinteet omaava Kansainvälinen biodiversiteettipäivä (*International Day for Biological Diversity*), jota vietetään 22. toukokuuta. Suomeksi päivään viitataan Luonnon monimuotoisuuden päivänä, mutta eloton luonto jää usein päivän teemojen ulkopuolelle. Lokakuun 6. päivä pääsemme siis vihdoin juhlistamaan myös elottoman luonnon monimuotoisuutta!

FT HELENA TUKIAINEN

(helena.tukiainen@oulu.fi)

Maantieteen tutkimusyksikkö, Oulun yliopisto

FM MAIJA TOIVANEN

(maija.toivanen@oulu.fi)

Maantieteen tutkimusyksikkö, Oulun yliopisto

FT ELINA LEHTONEN

(elina.lehtonen@helsinki.fi)

Geotieteiden ja maantieteen osasto,
Helsingin yliopisto

HT on maantieteen tutkijatohtori Oulun yliopistossa. Hän työskentelee Suomen Akatemian rahoittamassa hankkeessa, jossa tarkastellaan, miten ymmärrys geodiversiteetistä voi tukea ympäristönsuojelua ja -seurantaa.

MT on maantieteen väitöskirjatutkija Oulun yliopistossa. Väitöskirjaa rahoittaa Maj & Tor Nesslingin säätiö.

EL vierailuva tutkija Helsingin yliopistossa ja geologian aihealueen koordinaattori Tieteen termipankissa.

Summary

Geodiversity is the diversity of the non-living nature

Geodiversity is the non-living diversity of the Earth surface and sub-surface, or the diversity of rocks, soils, hydrology, geomorphology and topography. The term has been in use since 1990s, but it is yet an evolving geoscientific paradigm, and there still are no unified ways to measure geodiversity. The geodiversity research at the University of Oulu, Geography Research Unit, has been focusing in exploring geodiversity with the scope in nature conservation approaches. In this article, we will introduce how geodiversity information can be calculated from spatial data derived from open-access GIS databases. Developing the geodiversity framework

further is essential in the midst of global environmental change. The establishment of International Geodiversity Day (occurring on the 6th October 2022 for the first time) and the activity of the International Association for the Conservation of the Geological Heritage (ProGEO) are of great importance for this development and in spreading the knowledge on geodiversity to wider audiences.

Lähdeluettelo

- Brilha, J., Gray, M., Pereira, D. I., Pereira, P., 2018. Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science and Policy* 86, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>
- Gray, M., 2013. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester, Wiley-Blackwell, 512 s.
- Gray, M., 2021. Geodiversity: a significant, multi-faceted and evolving, geoscientific paradigm rather than a redundant term. *Proceedings of the Geologists' Association* 132, 605–619. <https://doi.org/10.101/j.pgeola.2021.09.001>.
- Halvorsen, R., Skarpaas, O., Bryn, A., Bratli, H., Erikstad, L., ym., 2020. Towards a systematics of eodiversity: The EcoSyst framework. *Global Ecology and Biogeography* 29, 1887–1906. <https://doi.org/10.1111/geb.13164>
- Hjort, J. & Luoto, M., 2010. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. *Geomorphology* 115, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.09.039>
- Hjort, J., Heikkinen, R. K. & Luoto, M., 2012. Inclusion of explicit measures of geodiversity improve biodiversity models in a boreal landscape. *Biodiversity and Conservation* 21, 3487–3506. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0376-1>
- Ibáñez, J. J., De-Albs, S., Bermúdez, F.F. & García-Álvarez, A., 1995. Pedodiversity: concepts and measures. *Catena* 24, 215–232. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(95\)00028-Q](https://doi.org/10.1016/0341-8162(95)00028-Q)
- Kärnä, O. M., Heino, J., Laamanen, T., Jyrkänkallio-Mikkola, J., Pajunen, V., ym., 2019. Does catchment geodiversity foster stream biodiversity? *Landscape Ecology* 34, 2469–2485. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00901-z>
- Serrano, E. & Ruiz-Flaño, P., 2007. Geodiversity. A theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica* 62, 140–147. <https://doi.org/10.5194/gh-62-140-2007>
- Toivanen, M., Hjort, J., Heino, J., Tukiainen, H., Aroviita, J. & Alahuhta, J., 2019. Is catchment geodiversity a useful surrogate of aquatic plant species richness? *Journal of Biogeography* 46, 1711–1722. <https://doi.org/10.1111/jbi.13648>
- Tukiainen, H., Bailey, J. J., Field, R., Kangas, K. & Hjort, J., 2017. Combining geodiversity with climate and topography to account for threatened species richness. *Conservation Biology* 31, 364–375. <https://doi.org/10.1111/cobi.12799>
- Zarnetske, P. L., Read, Q. D., Record, S., Gaddis, K. D., Pau, S., ym., 2019. Towards connecting biodiversity and geodiversity across scales with satellite remote sensing. *Global Ecology and Biogeography* 28, 548–556. <https://doi.org/10.1111/geb.12887>

Aineistolähteet

- Geologian tutkimuskeskus, GTK, 2010a. Kallioperä 1:200 000.
- Geologian tutkimuskeskus, GTK, 2010b. Maaperä 1:200 000.
- Maanmittauslaitos, MML, 2021. Maastotietokanta.
- Suomen ympäristökeskus, SYKE, 2020. Ranta10 – Joet 1:10 000.
- Suomen ympäristökeskus, SYKE, 2021a. Pohjavesialueet 1:20 000.
- Suomen ympäristökeskus, SYKE, 2021b. Ranta10 – Järvet 1:10 000.
- Tukiainen, H. & Hjort, J., 2021. Maisematason geodiversiteetti Suomessa. *Terra* 133, 55–76. <https://doi.org/10.30677/terra.99435>

ProGEO edistää geologista luonnonsuojelua

ProGEO-järjestö (International Association for the Conservation of the Geological Heritage) edistää geologista luonnonsuojelua kansainvälisesti. Järjestön ensimmäinen kansainvälinen kokous pidettiin vuonna 1988 Alankomaissa, mutta eurooppalaisena järjestönä ProGEO perustettiin vuonna 1993. Kesäkuussa 2021 järjestö laajensi toimintansa kattamaan myös Euroopan ulkopuoliset alueet ja nimen alkuosa ”European Association” muuttui muotoon ”International Association”. Vuodesta 2009 ProGEO on julkaissut Geoheritage-julkaisusarjaa. Tällä hetkellä ProGEO:n puheenjohtajana toimii Lars Erikstad (Norwegian Institute for Nature Research). ProGEO:n toimintaan voi osallistua yksilö- tai instituutiotasolla. Yksilöjäseneksi voi liittyä kuka tahansa, joka on kiinnostunut geologisesta luonnonsuojelusta.

Suomen geologisen seuran edustaja ProGEO:ssa on Tapio Kananoja (Geologian tutkimuskeskus), joka on ollut mukana järjestön toiminnassa vuodesta 1992 alkaen. Tällä hetkellä Kananoja toimii myös ProGEO:n hallituksessa; järjestön toinen sihteeri hän on ollut vuodesta 2019. Kysymykseen miksi ProGEO:n toimintaan kannattaisi tulla mukaan, Kananoja vastasi seuraavasti: ”ProGEO on tarjonnut näköalapaikan eurooppalaisen geosuojelun ja geoperinnön uusimpiin tuuliin. Suomessa ala on ollut varsin aliarvostettu. Vasta viime vuosina on arvostus hieman noussut, ehkä osittain geoparkkien myötä. Ja unohtaa ei sovi lukuisia hienoja konferensseja ja upeita ekskursioita todella mielenkiintoisiin kohteisiin.”

Lisätietoa ProGEO:n verkkosivuilta: <http://www.progeo.ngo/>

Geologi-lehdessä ProGEO on ollut esillä aiemmin seuraavissa artikkeleissa:

Nenonen, K. & Kananoja, T., 2011. ProGEO – geologisten kohteiden suojelua tuleville sukupolville. *Geologi* 63, 208–213.

Kananoja, T. 2009. Geologisen luonnonsuojelun asiantuntijat koolla Kroatiassa. *Geologi* 61, 10–16.



Kilpisjärvi. Kuva/Photo: Maija Toivanen.