

Summary

Team Finland achieved medals in the International Earth Science Olympiads once again

The 16th International Earth Science Olympiad (IESO 2023) for secondary school students was held remotely on August 20 – August 26, 2023. Team Finland attended the Olympiads for the fifth time, and the participation of our team was funded by K.H. Renlund's Foundation. Altogether 191 students from 32 countries competed and had their skills tested in major areas of Earth sciences, including petrology, meteorology, hydrogeology, and terrestrial astronomy. Team Finland had four students this year: Venla Kuisma, Kasper Laitinen, Tomi Litkey, and Patrik Mustonen.

Team Finland had an exceptional performance in the recent competition. Tomi Litkey secured a silver medal in the individual Data Mining Test, while the other team members received bronze medals. The international

team of Kasper Laine won a gold medal, and the teams of Venla Kuisma and Tomi Litkey took third places in the Earth System Project presentations. Additionally, Team Finland received a bronze medal for their presentation on glaciofluvial advection in the National Team Field Investigation. The students also had an opportunity to express their passion for Earth sciences through art and written pledges, which both earned Tomi Litkey recognition and acclaim.

The Olympiads play a crucial role in promoting higher education in geosciences among high school students and teachers. In the last spring, more than a hundred high school students participated in a national geoscience competition. The top 16 students were invited to the second stage of the team selection process. The national geoscience competition is open to all high school students, regardless of their eligibility for the Olympiads. Over one hundred Finnish students participate in the competition annually, and every year new high schools join.

Tutkimassa muinaisen sedimentaatio- altaan topografiaa Luoteis-Skotlannissa

ELISA TOIVANEN JA TAIJA TORVELA

Skotlannin ylämaa oli 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa avainasemassa, kun geologit selvittivät miten vuorijonot muodostuvat. Ylämaa tarjoaa Suomen kallioperään verrattuna hie-
man poikkeavan ympäristön tutkia vanhan vuoriston synnyttämiä geologisia rakenteita, sillä kun Suomessa olemme tottuneet näkemään eroosiotasolla miljardeja vuosia vanhan Fennoskandian kilven, Skotlannissa voimme nähdä myös mitä tapahtuu vanhalle kalliope-

rälle kratonisoitumisen jälkeen. Prekambristen gneissien päälle on Skotlannissa kerrostunut vuosimiljoonien aikana paksuja sedimenttiker-
roksia, joiden päälle on kaledonidisen oroge-
nian aikana noin 430 miljoonaa vuotta sitten työntynyt idästä ylityöntölaatta. Monet vielä sitäkin nuoremmat siirrokset, mineraaliesiintymät ja intruusiot tuovat vielä oman lisänsä alueen geologisen kehityksen tarinaan. Tämä monivaiheinen geologinen historia on erittäin

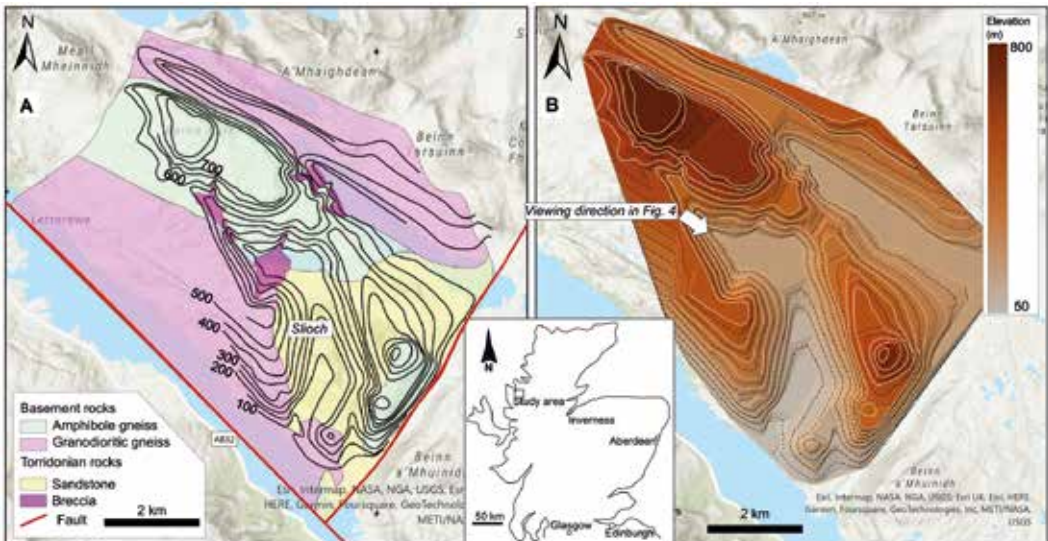
hyvin säilynyt Luoteis-Skotlannissa, ja alue on siksi edelleen oiva tutkimus- ja opintokohde.

Sain hienon tilaisuuden oppia Suomeen verrattuna erilaisessa geologisessa ympäristössä, kun Taija Torvela otti minut harjoittelijakseen kuukauden ajaksi Leedsin yliopistoon. Toukuuun alussa Leedsin yliopisto vielä kuohi opiskelijoita, mutta ihmismäärä kuitenkin väheni kuun edetessä. Asuin noin neljän kilometrin päässä yliopistosta ja kaupungin keskustasta. Minulla oli mukava isäntäperhe, joka otti minut osaksi brittiläisen perheen arkea ja esitteli minulle naapurustoa. Iltaisin lenkkeilin läheisessä puistossa, joka oli juuri sellainen englantilaistyylinen kuin olin kirjoista lukenut.

Ensimmäisen viikkoni käytin tutustuen tutkimusalueemme – sekä ylipäätään Skotlannin – geologiaan. Erilainen geologinen ympäristö tarkoitti myös uusien menetelmien opettelemista: etenkin kolmiulotteisten rakenteiden hahmotukseen. Harjoittelin piir-

tämään muotoviivakarttoja sekä käytin uusia metodeja poikkileikkauskuvien piirtämiseen. Muotoviivakarttojen laatimiseen opin mielenkiintoisen tekniikan (kuva 1a). Tässä hyödynnettiin maanpinnan topografian ja geologisen pinnan välisiä leikkaussuhteita. Suomen tasisessa ja laakeassa maastossa olen piirtänyt poikkileikkauskuvia arvioimalla näennäiskaarteiden avulla rakenteiden jatkuvuutta maan alla. Skotlannissa maanpinnan korkeuserot mahdollistavat hyvin epätasaistenkin geologisten pintojen kvantitatiivisen kolmiulotteisen visualisoinnin.

Tutkimuskohteena oli Loch Mareen pohjoispuoli ja erityisesti alueen 2 miljardia vuotta vanhan kallioperän päälle noin 1 000 miljoonaa vuotta sitten kerrostuneen Torridonian-sedimenttipakan alapuolisen epäjatkuvuuspinnan topografia. Muotoviivakartat mahdollistavat tämän muinaismaiseman rekonstruktion (kuva 1a). Näin voidaan visuali-



Kuva 1. Tutkimusalueen yleistetty kallioperäkartta sekä Torridonian-muodostuman alapuolisen epäjatkuvuuspinnan muotoviivakartta (korkeusarvot metreissä) (A.) Epäjatkuvuuspinnan karkea kolmiverkkomalli (TIN) on mallinnettu muotoviivoista ArcGIS-ohjelman avulla (B).

Figure 1. Generalised bedrock map of the study area showing the structure contours for the sub-Torridonian unconformity surface (contour values in metres) (A). A rough triangulated irregular network (TIN) ArcGIS model for the unconformity based on the interpreted structure contours.



Kuva 2. Yleiskuva leiripaikasta Slioch-tunturin luoteispuolella. Kuva: Taija Torvela.

Figure 2. Overview of the camping spot, looking southeast towards Slioch. Photo: Taija Torvela.

soida miljardi vuotta vanhaa muinaismaisemaa sekä sitä, missä sedimenttien kulkeutumiskanavat ja sedimentaatioaltaat silloin olivat! Muotoviivakarttojen jälkeen seuraava askel oli tarkastella paikan päällä, miten sedimentaatio suhtautui epäjatkuvuuspinnan muinaiseen topografiaan kolmessa ulottuvuudessa.

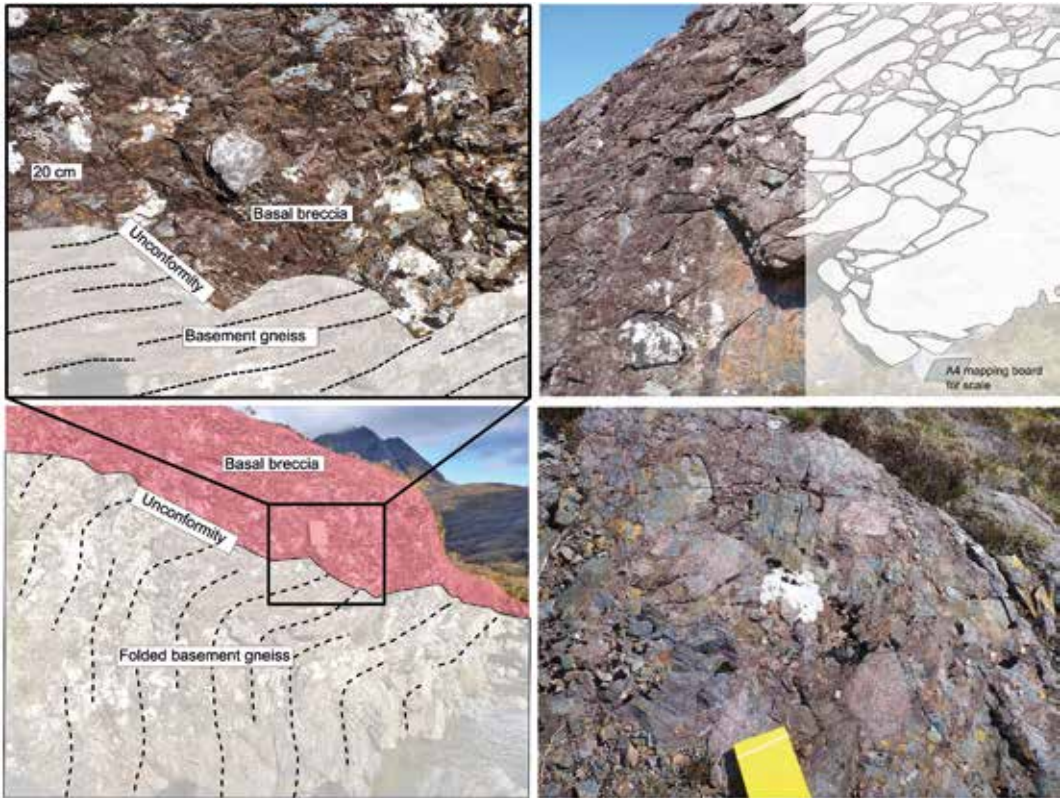
Tutkimusalueemme kallioperäkartta on peräisin vuodelta 1913. Luoteis-Skotlanti on edelleen monelle geologille aktiivisen tutkimuksen kohde, mutta mesoproterotsooista muinaistopografiaa ei paria yleiskatsausta lukuun ottamatta ole juurikaan tarkasteltu alkuperäisen kartoituksen jälkeen (Stewart 2002). Tarkoituksena oli kenttätöiden avulla tarkentaa tätä vanhoihin geologisiin karttoihin merkittyä Torridonian-ryhmän sedimenttikivien sekä vanhemman kallioperän välillä olevaa epäjatkuvuuspintaa.

Kallioperäkartan mukaan alueella oli odotettavissa kahta Torridonian-sedimenttikivityyppiä: breksiavoittoista kiveä (*Slattadale Member*) ja fluviaalista, karkearakeista hiekkakiveä (*Applecross Formation*). Ennen kenttätöitä tehdyt karttatulkinnat (muotoviivakartat) osoittivat, että sedimentit ovat alunperin kerrostuneet kallioperän muinaislaaksoihin (*palaeovalleys*) ja breksiat muodostaisivat van-

himmat kerrokset lähellä epäjatkuvuuspintaa. Maastotyön keskeisenä tavoitteena oli saada lisää tietoa näistä muinaislaaksoista ja niiden vaikutuksesta sedimenttien kerrostumiseen. Keskityimme siis selvittämään erityisesti breksioiden ominaisuuksia ja suhdetta muinaislaakson topografiaan. Tutkimusalueen vanhoihin kallioperäkarttoihin on merkitty myös useita siirroksia. Kenttähavaintojen tarkoituksena oli myös miettiä, voisiko tarkemmalla kartoituksella saada selvyyttä sedimenttikiviyksiköiden ja siirrosten väliin ikäsuhteisiin.

Kenttätyöt toteutettiin toukokuun puolessa välissä. Skotlannin tyypillisistä epävakaisista sääolosuhteista poiketen, saimme nauttia neljän päivän aikana poutasäästä ja jopa aurin-gosta. Ensimmäinen päivä meni siirryttäessä tutkimusalueelle jalkaisin, mutta pysähdyimme matkalla parissa paikassa katsomaan, millainen alueen geologia on. Leiriydyimme 12 kilometrin kävelyn jälkeen Loch Garbhaigin länsirannalla (kuva 2). Seuraavat kaksi päivää käytimme pääasiassa breksioiden tarkasteluun. Ne sijaitsivat lähinnä muotoviivakarttojen osoittaman muinaislaakson yläosissa ja sivuilla olevissa kapeahkoissa ”kouruissa” (kuva 1a).

Kenttähavainnot osoittivat, että muinaislaakson sedimenttikivet todellakin ovat

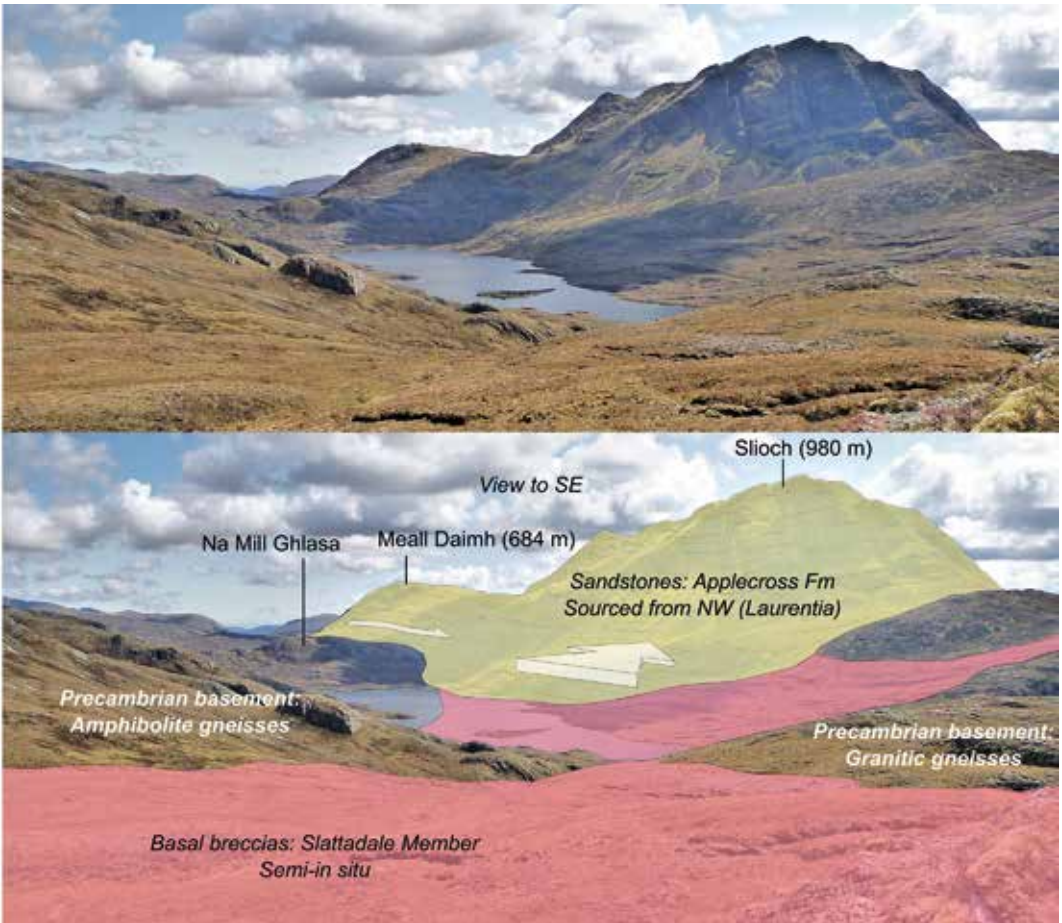


Kuva 3. Epäjatkuvuuspinna pöällä oleva breksia oli selvästikin paikallista: klastit ovat tyypillisesti hyvin kulmikkaita, paikallista amfiboligneissii tai granodioriittista gneissii ja materiaali on erittäin huonosti lajittunutta. Klastien koko vaihtelee suuresti ja isoimmat kappaleet ovat jopa useita metrejä läpimitaltaan. Kuvat: Taija Torvela.

Figure 3. The breccia just above the unconformity looks to be very locally derived: the clasts are typically of the local amphibole or granodioritic gneiss, extremely angular and the material is very poorly sorted. The clast size varies greatly with the largest clasts up to several metres in diameter. Photos: Taija Torvela.

breksioita eivätkä konglomeraatteja. Alueen breksiat ovat erittäin huonosti lajittuneita ja sisältävät kulmikkaita ja rikkoutuneita klasteja sekä lohkarkeitä, jotka saattavat olla halkaisijaltaan jopa useita metriä (kuva 3). On selvää, että pääosa breksiat muodostuneesta materiaalista ei ole kulkeutunut pitkää matkaa: joissain tapauksissa klastit ovat murtuneina paikallisesta kallioperästä. Muutamat ohuet keskirakeiset hiekkakivikerrokset ylempänä stratigrafiassa osoittivat, että myös vesi oli virannut alueella. Näyttäisi, että Slattadale-breksian alaosa edustaa todennäköisesti muinaista rapautumispintaa (regoliittia) ja ainoastaan vä-

hemässä määrin fluviaalisesti kerrostunutta materiaalia. Fluviaalisen materiaalin määrä lisääntyy pikkuhiljaa stratigrafiassa ylöspäin, mutta muinaislaakson syvimpiin osiin muodostuneet breksiat ovat selvästikin hyvin yleisiä tässä osassa Torridonian-muodostuman sedimenttikiviä (kuva 4). Mielenkiintoista on, että vaikka Slattadale-breksiat ovatkin paikallista alkuperää, ainakin osa ylempänä olevasta Applecross-muodostumasta on kulkeutunut paljon kauempaa. Muun muassa Stewart (2002) on osoittanut, että nämä nuoremmat kerrostumat ovat lännessä sijainneen Laurentian muinaismantereen rapautumistuotteita



Kuva 4. Visualisointi muinaislaaksosta ja siihen kerrostuneista sedimenteistä. Muinaislaakson syvimmissä osissa olevien paikallista alkuperää olevien breksioiden päällä on Applecross-muodostuman fluviaalisia hiekkakiviä. Nämä ovat nykytiedon valossa peräisin pääasiassa länteen ja luoteeseen päin sijainneelta Laurentian muinaismantereelta. Alemman kuvan nuolet osoittavat näiden hiekkakivien kerrostaneen veden päävirtaussuuntaa. Näkymä kaakkoon. Kuva: Taija Torvela.

Figure 4. Visualisation of the palaeovalley and the sediments deposited within it. The locally formed breccias, deposited into the deepest parts of the palaeovalley, are overlain by the fluvial sandstones of the Applecross Formation. The latter are sourced mainly from the Laurentian palaeocontinent that was situated to the west and northwest of the study area: the arrows in the bottom image illustrate the main transport direction. View towards SE. Photo: Taija Torvela.

eivätkä peräisin Luoteis-Skotlannin paleoproterotsooisesta kallioperästä. Mielenkiintoinen havainto oli myös se, että monessa paikassa purot ja järvet sijaitsevat edelleen samoissa laaksoissa ja uomissa kuin missä ne olivat noin miljardi vuotta sitten!

Harjoittelijana kentällä ollessani huomasin, että lukemani asiat oli helpompi ymmärtää maastossa. Oli opettavaista olla mukana

kartoittamassa uudentyyppisessä geologisessa ympäristössä. Sain käytännön kokemusta siitä, mihin asioihin kannattaa kiinnittää huomiota kartoitusta tehdessä, sillä nämä voivat myöhemmin vaikuttaa tulkintojen tekemiseen. Oli myös mukava huomata, kuinka kallioperän topografia tosiaan mukaili piirtämiämme muotoviivakarttoja. Kallioperäkarttaan ja muotoviivakarttoihin tuli kentällä tehty-

jen havaintojen perusteella tarkennuksia, ja loppuajan Leedsin vierailustani käytiin niiden päivittämiseen. Tutustuin myös hieman ArcGIS-ohjelmiston tarjoamiin mahdollisuuksiin mallintaa pintaa kolmessa ulottuvuudessa muotoviivatulkinnastani laaditun karkean kolmioverkkomallin (*triangulated irregular networks*, TIN) avulla (kuva 1b). Tällaisesta alustavastakin mallista voidaan tarkastella laajempaa kuvaa alueesta ja epäjatkuvuuspinnan topografiasta.

Kaiken kaikkiaan kokemukseni oli hyvin antoisa ja tutkimuskohde erittäin mielenkiintoinen. Pidän myös paljon Skotlannin geologiasta. Kaikki Skotlannissa oppimani tulee tukemaan geologian opintojani Suomessa. Lisäksi sain paremman käsityksen tutkijan työstä. Tiedän nyt myös paremmin millaisiin asioihin tulen jatkossa opinnoissani panostamaan: esimerkiksi haluan opetella enemmän ArcGIS-ohjelmistojen käyttöä. Oli mukavaa päästä tutustumaan kansainväliseen ympäristöön Leedsin yliopistossa ja harjoittaa englannin kielen taitojani. Kuukauden kestävä harjoittelu oli minulle juuri sopiva aika perehtyä tutkimuskohteeseen, käydä kenttäekskursiolla sekä sen jälkeen päästä alkuun kenttähavaintojen raportoinnissa ja visualisoinnissa.

LUK ELISA TOIVANEN

(elhelt@utu.fi)

Turun yliopisto

APULAISPROF. TAIJA TORVELA

(t.m.torvela@leeds.ac.uk)

University of Leeds

Elisa Toivanen on maisteriopiskelija Turun yliopistossa ja teki kuukauden mittaisen harjoittelun Leedsin yliopistossa. Taija Torvela on soveltavan rakennegeologian apulaisprofessori Leedsin yliopistossa, erityisosaamisenaan varsinkin 3D-mallinnus, kenttäkartointus ja rakennegeologian soveltaminen malmigeologiassa.

Summary

Investigating the palaeotopography of a billion-year-old sedimentary basin in the NW Scottish Highlands

In May 2023, I had the opportunity to visit the NW Highlands on a field trip with Taija Torvela from the University of Leeds (Figs. 1 & 2). I prepared for the trip by constructing structure contour maps which was a new technique for me (Fig. 1a). The Finnish topography is generally very flat but in Scotland the topography enables an interpretation of the three-dimensional geometry of geological surfaces using structure contours. The interpretation revealed a palaeovalley in the study area, defined by the topography of the Precambrian gneissose basement rocks onto which the younger sediments of the Torridonian Group were deposited c. 1,000 million years ago. It was very interesting to then be able to observe the topography of the palaeovalley and its relationship to the nature of the deposited sediments in the field. It became evident that the deepest parts of the valley were filled with locally derived breccias, with a very gradually increasing input of fluvial sediments higher up in the stratigraphy that were derived from the Laurentian palaeocontinent in the NW (Figs. 3 & 4; Stewart 2002). The bedrock map, dating back to 1913, proved to be broadly accurate but we did make some refinements to the unconformity surface trace on the map. After the field trip, I updated the map and my initial structure contour interpretation and learned the basic principles of constructing triangulated irregular networks (TIN) in ArcGIS using the structure contours (Fig. 1b). Overall, I learned a lot and it was particularly enlightening to be able to put theory into practice in the field. My experience will support my continuing geology studies and helped me to understand what I want to focus on in the future, for example, learning more ArcGIS techniques.

Lähdeluettelo

Stewart, A. D., 2002. The Later Proterozoic Torridonian rocks of Scotland: their sedimentology, geochemistry and origin. Geological Society of London, Memoir 24, 130 s.