

Polaariset alueet IODP-ohjelman tutkimuskohteena

KARI STRAND JA NINNA IMMONEN

Ilmastohistoriasta tarvitaan tarkempaa tietoa

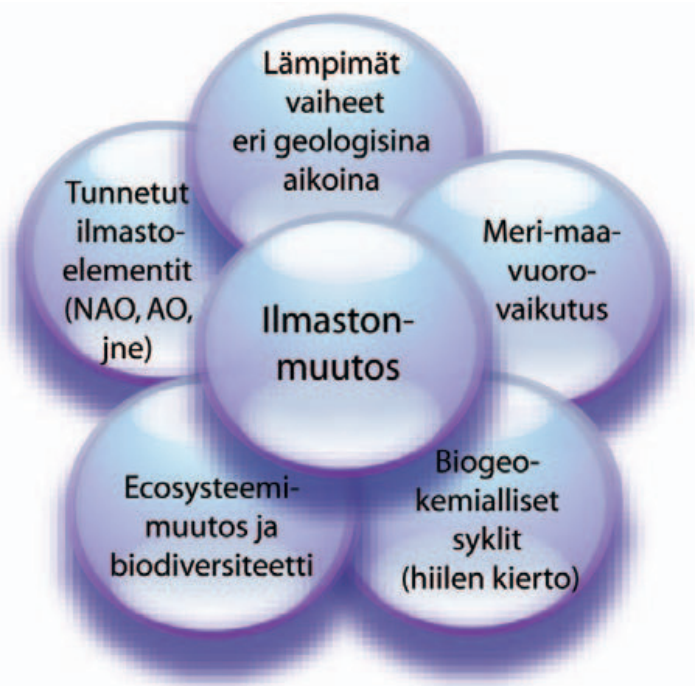
Geologisella tutkimuksella on nyt tilaus olla mukana mallintamassa ilmastomuutosta. Kaikki tieto muinaisista ilmastovaiheista ja niiden aikana vallinneista ympäristöolosuhteista on liitettävä yhteen suoran mm. meteorologisen mittausaineiston kanssa, jotta ennusteet ympäristöön kohdistuvista muutoksista saavat luotettavan pohjan. Tarkempaa tietoa tarvitaan erityisesti jäätiköiden laajuudesta ja niiden dynaamisesta käyttäytymisestä sekä merenpinnan korkeuden vaihteluista. Maapallon suuret jäätiköitymiset ovat olleet tärkeitä ilmastovaikuttajia ja jäätiköiden esiintyminen ja häviäminen eri aikakausina kertoo osaltaan ilmaston jatkuvasta muuttumisesta.

Ilmaston muuttuminen nyt ja tulevaisuudessa vaikuttaa myös globaalin talouden kehityssuuntiin. Merkittävä lähitulevaisuuden tehtävä onkin selvittää, minkälaisia kustannuksia ilmaston- ja ympäristönmuutokset tulevat aiheuttamaan ihmiskunnalle, ja mitkä ovat keinot minimoida näitä kustannuksia ja ehkäistä mahdollisia uusia uhkia. Päätöksenteon pohjaksi tarvitaan siis tarkempaa integroitua tie-

toa ilmastomuutoksen tulevasta suunnasta. Tätä varten menneet ilmastotapahtumat ja niihin vaikuttaneet tekijät tulisi pystyä mallintamaan mahdollisimman luotettavasti. Nykyiset mallit eivät vielä tarjoa riittävän luotettavia ennusteita esim. jääkenttien nopeista dynaamisista muutoksista, joihin muinaiset kerrostumat antavat viitteitä.

Yksi merkittävä uuden ilmasto- ja ympäristötiedon kerääjä on jo vuodesta 2004 toiminut IODP (Integrated Ocean Drilling Program) -ohjelma, jossa Suomikin on mukana täysivaltaisena jäsenenä Suomen Akatemian tuella. IODP on lähes ainoa tutkimusohjelma, joka on jo pystynyt hankkimaan pitkäaikaista ilmastodataa myös herkiltä polaarisisiltä alueilta. Polaarialueet prosesseineen ovat merkittävä ilmastomuutosta ohjaava tekijä ja ne ovat herkkiä tallentamaan ilmastomuutoksen suunnat sedimentti- ja jääkerrostumiinsa.

Geologisten tutkimuskairausten avulla ilmastomuutoksen aiheuttajia ja seurauksia voidaan arvioida ainakin seuraavien viiden teeman alla: 1) ilmaston tunnetut toimintatasot mm. Pohjois-Atlantin oskillaatio ja orbitaaliset syklit, 2) lämpimät vaiheet ja kylmenemiskehitys eri geologisina aikoina, 3) meri-maa vuorovaikutus, 4) biogeokemiallinen, mm.



Kuva 1. Viisi toisiaan täydentävää teemaa, jotka määrittävät ilmastomuutoksen vaihtelun syitä ja seurauksia.

Fig. 1. Five overarching themes of understanding the causes and consequences of climate change variability.

hiilen, kierto sekä 5) ekosysteemimuutos ja biodiversiteetti (kuva 1).

Kansainvälisen hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (IPCC) aikaisemmat raportit eivät ole lainkaan huomioineet Arktisia tai Antarktisia alueita. Viimeisin IPCC:n raportti vuodelta 2007 lisäsi kuitenkin käsitteeseen paleoilmaa koskevan kappaleen. Aikaisemmat raportit ovat jättäneet myös huomiotta sen, miten tietämystä menneistä ilmastotahtumista voitaisiin käyttää hyväksi kun mallinnetaan tulevaisuuden ilmastoa. On tärkeää, että seuraavaan vuoden 2013 raporttiin saataisiin mukaan tuorein geologinen ja glasiologinen tietämys.

IODP-ohjelman kohteena myös Arktis ja Antarktis

Suomalaiset tutkijat ovat voineet osallistua IODP-ohjelmaan eurooppalaisen ECORD (European Consortium for Ocean Research Drilling) -konsortiumin kautta. Ensimmäistä kertaa tutkimusohjelman aikana siinä voidaan nyt hyödyntää kaikkia kolmentyyppisiä kairausalustoja samanaikaisesti: JOIDES Resolu-

tion-kairausalusta, kohteellisia erikoisalustoja (Mission Specific Platforms) sekä Japanin syväreiat mahdollistavaa Chikyu-tutkimusalusta. IODP-ohjelman puitteissa on voitu edetä myös polaarialueiden parempaan tutkimukseen. Tietoa ei kuitenkaan ole riittävästi Jäämeren varhaisimmista vaiheista tai Antarktiksien jääkenttien synnystä ja niiden käyttäytymisestä globaalien lämpöjaksojen aikana.

Tämän hetkisen tiedon mukaan Antarktiksien jäätiköiden kasvu alkoi jo 35–40 miljoonaa vuotta sitten. Tämä johtui osaltaan alentuneesta ilmakehän CO₂ tasosta (DeConto ja Pollard 2003). Toisaalta emme vielä tiedä, mikä oli esimerkiksi etelänapamantereeseen ajoittaisen kohonneen topografian vaikutus jääkenttien kehitykseen eri alueilla. Maapallon jäätiköitymishistoriaa on aikaisemmin tutkittu enimmäkseen mantereellisten muodostumien avulla, mutta polaarialueiden merisedimentteihin tallentunut tieto odottaa vielä perusteellista analysointia ja tulkintaa.

Paleosedimentologiset ja -klimatologiset rekonstruktiot ovatkin kehittyneet suuresti viime vuosikymmenten aikana ja sellaiset mitaukset kuten maalämpötilan vaihtelut, kaa-

sukuplien koostumus jäätiköissä sekä jäätikköreunamittaukset, yhdistettynä kemiallisiin, fysikaalisiin tai biologisiin proksimitauksiin antavat parhaan kuvan tapahtuneista määrällisistä muutoksista eri ympäristöissä. Esimerkiksi uudet orgaanisen geokemian proksit, kuten TEX86 (Tetra Ether Index of lipids with 86 carbon atoms), voivat antaa suhteellisen tarkkaa tietoa neogeeniajan absoluuttisesta meriveden lämpötilasta polaarialueilla. Ilmakehän lämpötila- ja CO₂-konstruktiot menneistä kerrostumista tulee tulevaisuudessa tehdä entistä tarkemmin. Esimerkiksi eoseeni-oligoseeniajan stabiileista ja kerroksellisista valtameristä on ainoastaan voitu päätellä se seikka, että ilmakehän hiilidioksidimäärät laskivat nopeasti E-O -vaihtelussa samalla kun tapahtui globaalia viilenemistä ja jään kerrostumista. Yhä paremmat paleoklimatologiset konstruktiot tarjoavat myös mahdollisuuden testata nykyisiä ilmastomalleja.

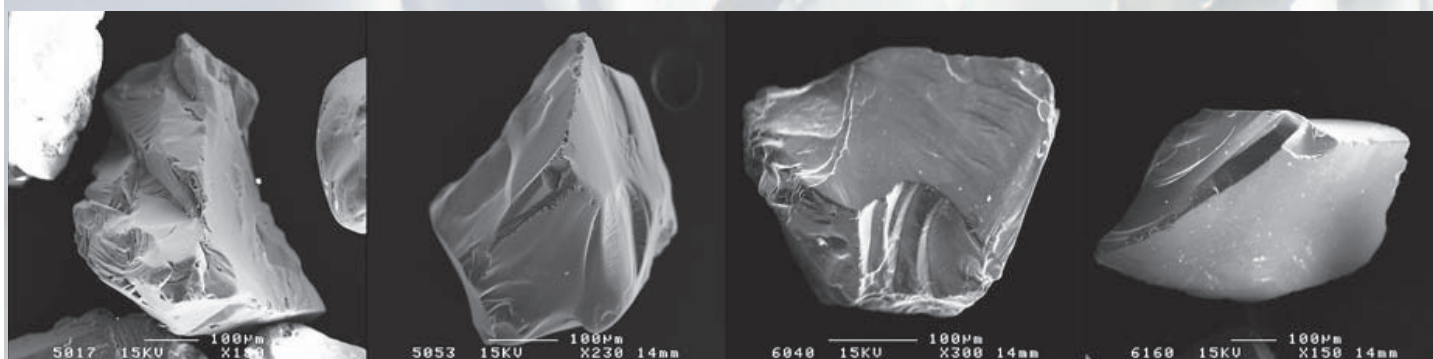
Polaariset tutkimuskairaukset Exp 302 (ACEX) ja Exp 318 (Wilkes Land)

Ensimmäinen eurooppalaisten järjestämä mission spesifinen (MSP)-tutkimusmatka (Arctic

Coring Expedition 302) suoritettiin elo-syyskuussa 2004 Jäämerellä Lomonosovin harjanteelle vaikeissa jääolosuhteissa. Tutkimusmatkan alustaviin tuloksiin on voinut tutustua mm. monissa Nature-tiedelehden artikkeleissa (mm. Moran et al. 2006). Suomessa tämän tutkimusmatkan näytesarjoista tehtävä arktinen tutkimus liittyy mm. kvartsirakeiden pintatekstuureihin ja savimineraalien esiintymiseen (Strand et al. 2008, Immonen et al. painossa).

Kvartsirakeiden pintatekstuuritutkimus tarjoaa tietoa sedimenttien kuljetushistoriasta sekä todisteita mm. varhaisista kenotsoosista jäätiköitymisistä pohjoisella pallonpuoliskolla. Rakeiden morfologian ja mikrotekstuuri- en sekä niiden esiintymistiheyksien vaihtelujen perusteella on voitu tulkita erilaisia lähdealueiden olosuhteita ja ympäristöjä. Rakeissa on voitu havaita mm. selkeitä jäätikön kvartsirakeille tuottamia ominaisia pintatekstuuri- muotoja (kuva 2). Savimineraalit mm. smektiitti/illiitti -suhteiden alhaiset arvot selvemmin luonnehtivat jäätiköitymisen lisääntymistä keski-mioseenin jälkeen.

Tuleva Antarktiksens Wilkes Land Margin -kairaus (IODP Exp 318) toteutuu tammi-helmikuussa 2010. Kairaukseen tulee myös liittymään suomalaista tutkimusta. Tutkimusprofessori Kari Strandin tutkijaryhmään tulee



Kuva 2. Tyypillisiä glasiaalisyntyisiä kvartsirakeiden mikrotekstuureja Lomonosovin harjanteen sedimentistä. Kuvat: Ninna Immonen.

Fig. 2. Representative quartz grain surface microtextures of glacial origin from the Lomonosov Ridge sediments. Photos: Ninna Immonen.

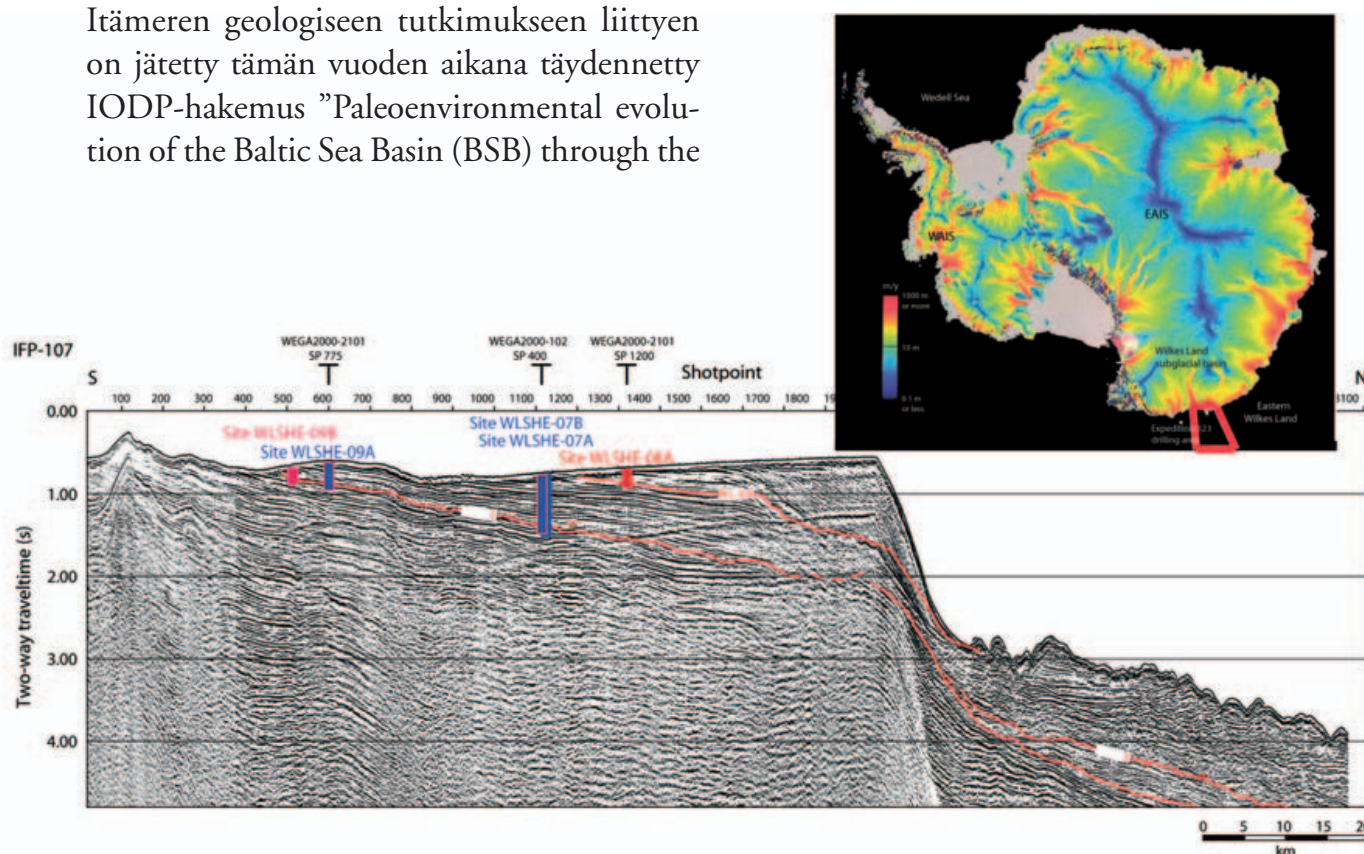
sijoittumaan tohtorikoulutettava, joka yhteistyössä tutkimusmatkaan osallistuvien kanssa keskittyy erityisesti siihen, miten ensimmäiset mantereelliset jäätiköt syntyivät etelänapamantereelle. Menetelminä ovat mm. raskasmineraali- ja kvartsirakeiden pintatekstuuritutkimukset. Näytteitä tullaan keräämään erityisesti matalanmeren hyllyn erillisestä progradiselta kiialta eoseenin ja sitä vanhemman ajan tutkimusta varten ja ulommalta hyllyltä mioseeniajan tutkimuksia varten (kuva 3).

Odotukset Itämeren kairauksessa ja Aurora Borealis-monitoimikairausaluksessa

Itämeren geologiseen tutkimukseen liittyen on jätetty tämän vuoden aikana täydennetty IODP-hakemus ”Paleoenvironmental evolution of the Baltic Sea Basin (BSB) through the

last glacial cycle”. Suomi on mukana tässä hankkeessa kahdeksan muun Itämeren ympäryksymaan kanssa. Itämeren tutkimuskairausoperaatio hyvin suunniteltuna voi tulla toteuttamiskelpoiseksi vielä nykyisen IODP-sopimuskauden aikana ns. eurooppalaisena MSP-operaationa.

Suomalaisena yhdyshenkilönä tässä hankkeessa toimii tutkimusprofessori Aarno Kotilainen Geologian tutkimuskeskuksesta. Itämeri on yksi suurimpia mantereiden sisäisiä meriä, jotka ovat pysyneet kerrostavana altaana koko sen geologisen historian ajan. Sen korkearesoluutiset sedimenttiseurannot antavat erinomaisen mahdollisuuden tutkia globaalia ilmaston-



Kuva 3. Tulkittu monikanavainen seisminen heijastusprofiili 1FP-107 läpäisee Wilkes Land -alueen mannerhyllyn ja -rinteen. Suunnitellut kairauskohteet on merkitty profiiliin. Kartta osoittaa Antarktiksien jääkenttien virtauskuvion ja tutkimusalueen (Escutia et al. 2008).

Fig. 3. Interpreted multichannel seismic reflection Profile IFP-107 across the Wilkes Land shelf and continental slope and base of slope with proposed drilling locations. Inset map shows drainage patterns of Antarctic Ice Sheets and drilling area (Escutia et al. 2008).

vaihtelua, jota osaltaan kontrolloivat sellaiset tekijät kuten Pohjois-Atlantin oskillaatio (NAO) ja Arktinen oskillaatio (AO). Tätä tutkimushanketta tulee nyt erityisesti edistää. Marraskuun alussa 2009 järjestetään Oulussa IODP-historian ensimmäinen ESSAC-panee-likokous, jossa keskustelun alla on myös tämä Itämeren kairausehdotus.

Eurooppalaisena pitkän tähtäimen suunnitelmana on saada polaaritutkimuksen piiriin myös uutta ajanmukaista infrastruktuuria. Voimakkaasti on edistymässä myös Euroopan Unionin suurinfra-tiekartallakin oleva Aurora Borealis -monitoimikairausalus merentutkimuksen ja tieteellisen merenpohjan kairauksien käyttöön. Polaarialueilla operoinnin mahdollistava Aurora Borealis voisi toimia myös ns. MSP-tyyppisenä aluksena IODP-ohjelmassa. Suomi on mukana Aurora Borealis-monitoimikairausalusta suunnittelevassa EU-rahoitteisessa ERICON-hankeessa. Yhdys-

kilönä on professori Mikael Hilden Suomen merikeskuksesta. Tulevaisuudessa suomalaisille polaarialueista kiinnostuneille tutkijoille tällainen moderni tutkimusalus voi tarjota ainutlaatuisen mahdollisuuden toteuttaa eturintaman tutkimusta mm. maapallon paleoilmas-
tokehitykseen liittyen.

KARI STRAND

Oulun yliopisto

Thule-instituutti

PL 7300

90014 Oulun yliopisto

kari.strand@oulu.fi

NINNA IMMONEN

Oulun yliopisto

Geologian laitos/Thule-instituutti

PL 7300

90014 Oulun yliopisto

ninna.immonen@oulu.fi

Summary:

IODP programme's focus on Polar Regions

The Polar Regions are a key topic of growing interest in the science community at the moment. The international IODP (Integrated Ocean Drilling Program) has also focused its interest to the dynamics of the Polar Regions and their global climate impacts. The earlier reports by the Intergovernmental Climate Change Panel (IPCC) have not paid much attention to past climates as a guide to the future. Therefore it is crucial that new geological advances, along with those in glaciology, will be represented in the next IPCC assess-

ment report which is due to be published in 2013. Paleosedimentological and climatic reconstruction methods have matured greatly in the past decades offering the possibility to test climate models.

One of the most important operations for gathering paleoclimatic and paleoenvironmental data is the IODP programme, which has been in underway since 2004. Finland is a full member in this programme through the European Consortium for Ocean Research Drilling supported by the Academy of Finland.

The IODP Expedition 302 (ACEX) retrieved the first drill cores from the central Arctic Ocean seafloor in 2004 and revealed the climatic evolution of the Arctic during the last 56 Myr. The ACEX sediment samples are also studied in Finland for clay mineral distribution and quartz grain surface microtextures and their glacial imprints. One specific future focus is the IODP Expedition 318 to drill on Wilkes Land glacial margin, Antarctica in January and February 2010. It is of great interest to paleoclimatologists as the largely ice-free landscape, on which the first continental ice-sheet formed, can now be studied for the first time. Samples for the University of Oulu based studies will be collected from the shelf progradational wedge foreset for studying Eocene and older sediments, and also from outer shelf site for studying Miocene climate evolution.

As a new initiative, a full proposal for IODP was submitted for scientific drilling in the Baltic Sea with the title "Paleoenvironmental evolution of the Baltic Sea through the Last Glacial Cycle". This should now be fully promoted. The Baltic Sea Basin is one of the world's largest intra-continental basins. It has served as a depositional sink throughout its geological history, and its accumulated sediments comprise a unique high-resolution paleoenvironmental archive. It provides a unique opportunity to reconstruct climatic variability of global importance, controlled by e.g. changes in the North Atlantic Oscillation (NAO) and the Arctic Oscillation (AO). The new initiative for the European Aurora Borealis multi-purpose icebreaker with drilling capabilities will, when in operation, certainly facilitate the most modern paleoclimatic research in polar setting in the near future. The Aurora Borealis project is presently included in the list of the European Scientific Forum for Research Infrastructures (ESFRI).

Kirjallisuus ja viitteitä

- Moran, K., Backman, J., Brinkhuis, H., Clemens, C.S., Cronin, T., Dickens, G.R., Eynaud, F., Gattacceca, J., Jakobsson, M., Jordan, R.W., Kaminski, M., King, J., Koc, N., Krylov, A., Martinez, N., Matthiessen, J., McInroy D., Moore, T.C., Onodera, J., O'Regan, M., Pälike, H., Rea, B., Rio, D., Sakamoto, T., Smith, D.C., Stein, R., St John, K., Suto, I., Suzuki, N., Takahashi, K., Watanabe, M., Yamamoto, M., Farrell, J., Frank, M., Kubik, P., Jokat, W. ja Kristoffersen, Y. 2006. The Cenozoic paleoenvironment of the Arctic Ocean. *Nature*, Vol. 441:601-605.
- DeConto, R.M. ja D. Pollard, 2003. Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO₂. *Nature*, 421:245-249.
- Escutia, C., Brinkhuis, H. ja Klaus, A. 2008. Cenozoic East Antarctic ice sheet evolution from Wilkes Land margin sediments. *IODP Sci. Prosp.*, 318. doi:10.2204/iodp.sp.318.2008
- Strand, K., Junttila, J., Lahtinen, T. ja Turunen, S. 2008. Climatic transitions in the Arctic as revealed by mineralogical evidence from the Upper Cenozoic sediments in the central Arctic Ocean and the Yermak Plateau. *Norwegian Journal of Geology* 88:305-312.
- Immonen N., Strand. K. ja Turunen S. painossa. Mineralogical evidence of Middle Miocene glacial ice in the central Arctic Ocean sediments. *Geophysica*.
- IODP (Integrated Ocean Drilling Program)-ohjelma
websivu: <http://www.iodp.org/>
- ECORD (European Consortium for Ocean Research Drilling)-konsortiumin websivu: <http://www.ecord.org/>
- IODP Finland -portaali: <http://iodpfinland.oulu.fi>
- ERICON (Aurora Borealis European Research Icebreaker)-konsortiumin websivu: <http://www.eri-aurora-borealis.eu/en/home/>