

Karhu kiertää...

Karhu kiertää -palstalla seurataan geologian alan uusia väitöksiä.

29.1.2010 Rasmus Fältmarsch (ÅA)

Biogeochemistry in acid sulphate soil landscapes and small urban centres in Western Finland

Den övergripande målsättningen med denna avhandling var att öka kunskapen om biogeokemin i jordbruksmarker belägna på sura sulfatjordar och skogsekosystem nära småstäder i västra Finland. På basis av tidigare forskningsresultat och insamlad data bedömdes även det potentiella orsakssambandet mellan utbredningen av sura sulfatjordar och den geografiska förekomsten av sjukdomen multipel skleros (MS) i Finland.

Sura sulfatjordar, vilka globalt upptar en areal på ungefär 17–24 miljoner hektar, betraktas som en av de besvärligaste jordmånerna i världen. Oavsett det geografiska läget, utgör de sura sulfatjordarna ett stort hot för den omkringliggande miljön ifall de artificiellt torrläggts för uppodling. Den stora kvantiteten metallrikt surt avrinningsvatten från finländska sura sulfatjordar, en direkt påföljd av sulfidoxidation orsakad av dikning, har signifikanta, men spatiala och temporala varierande ekotoxikologiska effekter på biodiversiteten och samhällsstrukturen på fisk, bentiska invertebrater och makrofytter. Detta har bland annat resulterat i omfattande fiskdöd och utrotning av känsliga fiskarter. Metaller Co, Ni, Mn och Al, vilka mobiliseras i stor omfattning i sura sulfatjordar, har i tidigare undersökningar visats vara kraftigt anrikade i grödor (timotej och havre) odlade på dessa jordar.

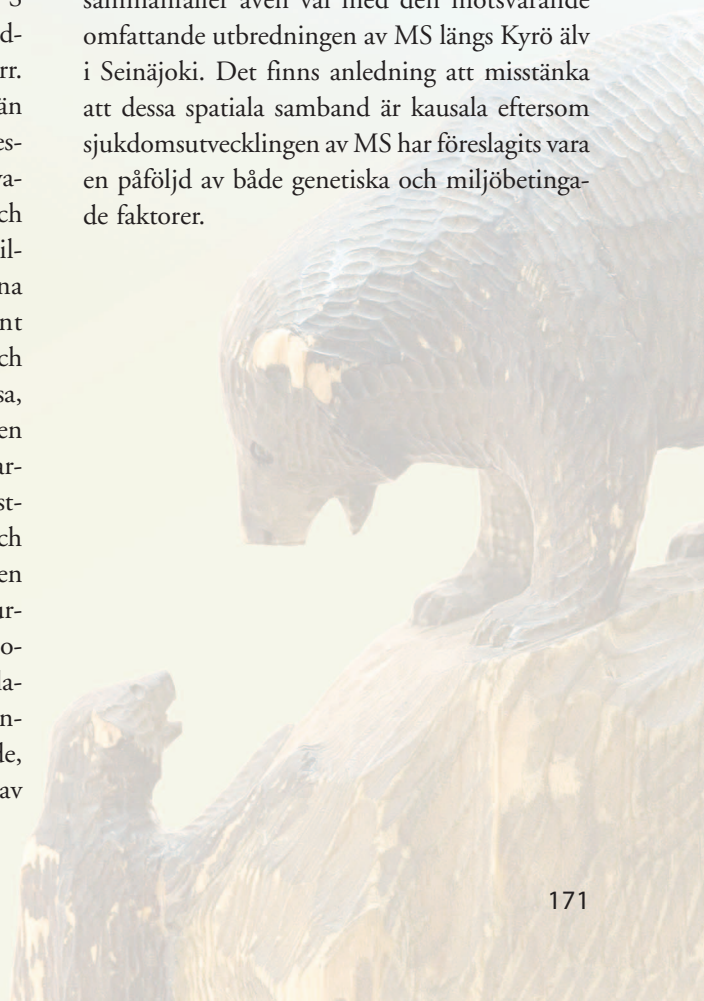


Cirka 50 gånger högre koncentrationer av Al har också påvisats i komjölk härstammande från sura sulfatjordsområden i västra Finland. Resultaten som presenteras i denna avhandling påvisar dock relativt medelmåttiga metallkoncentrationer i havre och kål odlade på sura sulfatjordar i västra Finland, fastän några av fältena uppvisade kraftigt avvikande halter för bland annat Co och Ni i både mark och grödor (speciellt havre), i likhet med de tidigare undersökningarna. Resultaten indikerade att koncentrationerna av Co, Ni, Mn och Zn i havre, samt Co och Zn i kål, kontrollerades av markgeokemin eftersom metallhalterna uppvisade ett starkt samband med motsvarande koncentrationer extraherade från marken med NH₄Ac-EDTA respektive NH₄Ac. Koppar och Fe-halterna i havre och kål var

opåverkade av de motsvarande lösliga koncentrationerna i jordarna, vilket antyder att biologiska processer (växt-rot mekanismer) över-skuggar variationer i markgeokemin. Koncentrationerna av K och Mg i kål, som uppvisade en låg spridning samt ett starkt samband med de NH_4Ac -extraherbara halterna, var reglerade av både den biotillgängliga fraktionen i ytskiktet samt av växtupptagningsmekanismer. Växtens förmåga att reglera dess upptag av Ca och P (genom exempelvis rotexudat) föreföll däremot vara mer betydande än inverkan av markgeokemin.

Fördelningen av P, K, Ca, Mg, Mn och S i humus, mossor och barr i närheten av småstäder kontrollerades till hög grad av biologiska kretslopp. Det här påvisades av de svaga korrelationskoefficienterna för P, K, Ca, Mg och S mellan humus och mossor, samt den låga spridningen av dessa näringsämnen i mossor och barr. Koncentrationsavvikelser för element i morän är i främsta hand beroende av naturliga processer (t.ex. intrusioner, vittring, mineralogiska variationer i berggrunden). I humus, mossor och barr uppvisade B ett starkt spatialt mönster, vilket antogs vara förknippat med antropogena emissioner från närbelägna städer. Geogent damm påverkade den spatiala fördelningen och det starka sambandet mellan Fe och Cr i mossor, medan naturliga processer associerades med den i barren förekommande Fe-anomalin. De starka och olikartade spatiala ackumulationsmönstren för Zn, Cd, Cu, Ni och Pb i humus och mossor förknippades med dagens industrin, den tidigare stålindustrin, kolförbränning och naturliga geokemiska processer. En intressant Cu-anomali påvisades i mossor och eftersom ackumulationsmönstret förekom i närheten av ett järnvägsspår, vars elektriska kablar är Cu-baserade, föreslogs anomalin vara orsakad av korrosion av dessa kablar.

Sura sulfatjordar ger upphov till förhöjda metallkoncentrationer i ytvatten, mjölk och till viss grad grödor och med hänsyn till sulfatjordarnas omfattande förekomst i västra Finland skulle en miljöriskanalys vara motiverad för att klarlägga huruvida metallspridningen påverkar människans hälsa. I detta sammanhang kan utbredningen av multipel skleros vara av väsentlig betydelse eftersom höga frekvenser av MS förekommer i det huvudsakliga området där sura sulfatjordar påträffas. Sura sulfatjordstypen i Seinäjokiregionen har visats vara mycket extrem i avseende på metalläckage och i motsvarande område förekommer en av de högsta i världen rapporterade MS frekvenserna. Den lokala förekomsten av dessa extrema sura sulfatjordar sammanfaller även väl med den motsvarande omfattande utbredningen av MS längs Kyrö älv i Seinäjoki. Det finns anledning att misstänka att dessa spatiala samband är kausala eftersom sjukdomsutvecklingen av MS har föreslagits vara en påföljd av både genetiska och miljöbetingade faktorer.



12.2.2010 *Tuomo Karinen (OY)*

The Koillismaa Intrusion, northeastern Finland – evidence for PGE reef forming processes in the layered series

(Koillismaa intruusio – todisteita intruusion kerrossarjassa tapahtuneesta platinaryhmän metallien rikastumisesta)

Platinametallien (PGE) etsiminen ja esiintymien tutkiminen on tällä hetkellä erittäin ajankohtaista jatkuvasti kasvavan autokatalyysaattorien käytön seurauksesta. Myös muiden metallien kysyntä on voimakkaasti lisääntynyt ja juuri siksi malmigeologia on tärkeässä asemassa yhteiskuntamme hyvinvoinnin ja ympäristönsuojelun edistäjänä.

2500–2450 miljoonan vuoden ikäinen magmatismi ja siihen liittyvä malminmuodostus on ollut Oulun yliopiston geotieteiden laitoksen yksi tärkeistä tutkimusaiheista koko sen 50-vuotisen historian aikana. Eräs syy tähän on se, että Pohjois-Suomessa on ns. kerrosintrusioita, jotka tunnetaan maailmalla hyvin malmikriittisinä kivilajeina. Kotimaisia esimerkkejä ovat Kemmin maalaiskunnan Penikkain kerrosintrusioon kuuluva Sompujärven ja Ranuan alueen Portimon kerrosintrusioiokompleksiin kuuluvat esiintymät sekä Sodankylän Koitelaisen ja Pelkoseniemen Akanvaaran kerrosintrusioiden malmiaiheet.

Väitöskirjassa tutkitaan Koillismaan kerrosintruusion platinametallipitoista vyöhykettä, Rometölväs Reefiä. Tämä PGE ja Cu-Ni-sulfidi-

mineralisoitunut vyöhyke on paljastuneena useissa kohdissa intruusion alueella.

Väitöskirjassa päätellään, että Rometölväs Reefin synty liittyi uuden magmapulssin intrudoitumiseen juonina osittain kiteiseen Koillismaa intruusion kerrossarjaan. Juonien magma oli koostumukseltaan primitiivisempää kuin Koillismaa intruusion kantamagma tuoden mukanaan malmiaineksen mineralisaation muodostumiselle. Malmiaineksen tuoneet juonet ovat nykyään edustettuina mineralisaation yhteydessä esiintyvänä nonkumulus-tekstuurisina kappaleina.

26.3.2010 *Henrikki Rutanen (ÅA)*

Mantle- and crust-derived magmatism in the southern Fennoscandian Shield at c. 1.8 Ga; evidence from geochemistry, isotopes and geochronology

Geokemi och isotopsammansättningarna hos ca 1,8 Ga (miljarder år) gamla mafiska bergartsintrusioner studerades i två huvudområden: i) Transskandinaviska magmatiska bältet (TMB) i Bergslagen, Småland och Blekinge, södra Sverige, inklusive några prov från det ca 1,87 Ga gamla Hedesunda-komplexet i östra Bergslagen, samt ii) mindre, postkollisionala komplex i södra Finland och ryska Karelen. I det senare fallet var även tillhörande granitoider inkluderade i studierna. TMB-bergarterna skiljer sig avsevärt i utvecklingsgrad och omfattar sammansättningsmässigt bergarter från ultramafiter till kvartsdioriter. Dessa bergarters

geokemi är kännetecknande för kontinentala öbågar. För sydligaste TMB och Hedesunda antyder geokemin en något mera oceanisk öbågekaraktär. Tillsammans med tidigare data antyder de av Rutanen analyserade Nd- och Sr-isotopförhållanden för TMB en 'milt utarmad' mantelsammansättning. De mafiska bergarterna i södra Finland och ryska Karelen varierar från ultramafiska till monzodioritiska, men med avsevärt högre alkalihalter jämfört med TMB. Källan för all den studerade mafiska magmatismen kan beskrivas som en utarmad mantel som i varierande grad påverkats av fluider och smältor ur subducerande litosfärplattor. Geokemin antyder infiltrering och påverkning av H₂O-dominerande fluider i övre manteln för TMB. Den mafiska ca 1,8 Ga gamla magmatismen österut avspeglar en ökande påverkan av sedimentderiverade karbonatfluider och smältor inom allt djupare mantelområden. Denna subduktionsrelaterade mantelanrikning skedde under den föregående öbågeutvecklingen i södra delarna av Finland och Sverige, samt ryska Karelen.

Geokemin för en grupp granitoider, associerade med de ca 1,8 Ga gamla intrusionerna i södra Finland visar både vulkanisk öbåge och synkollisional granitoidkaraktär. Denna grupp har ett blandat magmatiskt och sedimentärt Svekofenniskt ursprung, vilket kan antas p.g.a. deras Nd- och Sr-isotopförhållanden. En annan grupp av granitoider ligger geokemiskt mellan vulkanisk öbåge- och intraplatt-granitoider, och har magmatiskt ursprung. Geokemin och isotoperna hos dessa intrusioner kan förklaras med hybridisering mellan de kraftigt anrikade, mantelderiverade magmorna, och granitmagmor från den äldre skorpan.

Den ca 1,8 Ga gamla TMB-magmatismen i Sverige skedde vid sammanslutning av kontinentalrandbågar, med kontinuerlig subduktion

mot öster i Bergslagen, och mot norr i de sydligare delarna. Samtidigt i öster intruderade de postkollisionala intrusionerna i skorpan omedelbart efter kollisionen med den Volgo-Sarmatiska kontinenten från sydost. Denna invecklade paleotektoniska konfiguration orsakade en tektonisk regim där litosfäriska mantelkällor levererade de starkt anrikade magmorna, vilkas uppsättning troligen möjliggjordes av djupgående postkollisionala skjuvzoner. Intrusionerna orsakade uppsmältning av den omgivande skorpan, vilket framkallade den associerade granitoidmagmatismen.

28.4.2010 Maija Heikkilä (HY)

Postglacial climate changes and vegetation responses in northern Europe

Ilmaston ja ekosysteemien välisen suhteen mittakaavojen ymmärtäminen on olennaista tutkittaessa ilmastomuutosten vaikutusta lajien leviämiseen ja ekosysteemien uudelleenjärjestäytymiseen. Instrumentaalisten ilmastomittausten osoittamien muutosten asettaminen pitkän aikavälin perspektiiviin on paleoklimatologian, menneiden ilmastojen tutkimuksen, keskeinen tehtävä, kun taas paleoekologia selvittää pitkäaikaisia elollisen ympäristön muutoksia. Koska satojen ja tuhansien vuosien mittakaavoissa tapahtuvista ilmaston ja ekosysteemien muutoksista ei ole mitattuja tilastoja, paleoklimatologia ja -ekologia hyödyntävät luonnonarkistoissa säilyviä biologisia, fysikaalisia ja kemiallisia indikaattoreita.

Tässä väitöskirjatyössä selvitettiin ilmastonvaihteluja sekä kasvillisuuden ja ilmastomuut-



tosten suhdetta jääkauden jälkeisen ajan Pohjois-Euroopassa. Tutkimuksissa käytettiin järvi-
en pohjakerrostumissa (sedimentissä) säilyneitä
jäänteitä, erityisesti fossiilista siitepölyä ja sta-
biileja isotooppeja. Fysikaalisten ja biologisten
indikaattorien rinnakkainen käyttö oli tässä väi-
töstutkimuksessa merkittävää, sillä biologisiin
organismeihin voivat vaikuttaa myös ilmastosta
riippumattomat tekijät. Lämpötilan trendejä ja
äkillisiä muutoksia holoseenikaudella (noin vii-
meiset 11 000 vuotta) selvitettiin siitepölyn ja
lämpötilan suhdetta nyky-ympäristössä hyödyn-
täviä matemaattisia menetelmiä käyttäen, kun
taas lämpötilan, kosteusolojen ja ilmakehän kier-
toliikkeiden vaihteluja tarkasteltiin sedimentin
selluloosan ja karbonaatin happi-isotooppikoos-
tumuksen muutosten avulla. Fossiilisen siitepö-
lyn ja sedimentissä säilyneiden kasvien jäänteiden
avulla selvitettiin myös myöhäisglasiaalin
(noin 15 000–11 000 vuotta sitten) ja holosee-
nikauden (noin viimeiset 11 000 vuotta) kasvi-
populaatioiden sijaintia, liikkeitä ja uudelleen-
järjestäytymistä. Myös muita geokemiallisia

muuttujia ja isotooppeja käytettiin selkeyttä-
mään tulosten tulkintaa.

Tulokset osoittavat, että boreaalisen metsän
yleiset puulajit (koivu, mänty, kuusi) kasvoivat
Baltian alueella jo myöhäisglasiaalikaudella.
Tämä tulos poikkeaa yleisestä käsityksestä, jos-
sa puulajien levinneisyysalueiden on katsottu
sijainneen Etelä-Euroopan niemimailla glasiaa-
likausien aikana. Tulos on kuitenkin yhtenevä
joidenkin viimeaikaisten paleoekologisten ja ge-
neettisten tutkimusten kanssa, joiden mukaan
hajanaisia puupopulaatioita, erityisesti boreaa-
lisia lajeja, esiintyi jääkauden aikana myös poh-
joisemmilla leveysasteilla. Tulokset myös osoit-
tavat, että myöhäisglasiaalin ja holoseenin taite-
kohtaan liittyvät äärimmäiset ilmastovaihtelut
olivat kasvillisuuden koostumuksessa havaittu-
jen nopeiden muutosten tärkein syy.

Holoseenikauden ilmastoa luonnehti var-
haisholoseenin lämpötilan nousu, keskiholosee-
nin lämpömaksimi ja myöhäisholoseenin viile-
neminen, sekä pääasiassa lämpötilan trendejä
seuraavat kosteustasapainon muutokset. Viilei-
den kausien aikana oli yleensä kosteaa, kun taas
lämpimille kausille tyypillistä oli kuivuus. Var-
haisholoseenin ilmasto oli viileä, kostea ja me-
reinen, joskin välittömästi myöhäisglasiaalin jäl-
keen epätyypillinen viileä mutta kuiva ilmasto
vallitsi mahdollisesti ainakin itäisessä osassa Poh-
jois-Eurooppaa. Eräs ajanjakson huomionarvoi-
simista piirteistä on äkillinen, muutaman sa-
dan vuoden pituinen lämpötilan lasku noin 8
200 vuotta sitten, joka näyttäisi olleen voimak-
kain eteläisemmässä Pohjois-Euroopassa. Var-
haisholoseenin ilmastovaihteluihin vaikuttivat
huomattavasti sulavat mannerjäätiköt, ja niiden
merivirtoihin ja ilmakehän kiertoliikkeisiin ai-
heuttamat muutokset, jotka pitivät lämpötilat
alhaisina varhaisholoseenin auringon säteilymak-
simista huolimatta. Holoseenikauden lämpö-

maksimi, keskimäärin 1,5–3,0 °C nykyistä korkeammat lämpötilat, saavutettiin Pohjois-Euroopassa noin 8 000–4 000 vuotta sitten, kun mannerjäätiköt olivat sulaneet ja niiden sulavesien vaikutus Pohjois-Atlantin merivirtoihin oli heikentynyt. Lämpömaksimin aikana varsinkin kesät olivat Pohjois-Euroopassa kuivia ja järvi- en vedenpinnat olivat matalalla. Myöhäisholoseenin aikana auringon säteilymäärän laskiessa tasaisesti myös lämpötilat laskivat ja vastaavasti suhteellinen kosteus lisääntyi, joskin myöhäisholoseenissa myös lyhyempiäaikaiset vaihtelut saattoivat olla tyypillisempiä kuin aiemmin.

Kasvillisuuden, ja siten sedimentin siitepölykoostumuksen, muutoksiin voivat vaikuttaa lämpötilan lisäksi muutkin huomattavat tekijät, kuten jääkauden jälkeinen mahdollisesti hidas kasvien leviäminen, lajienvälinen kilpailu ja metsäpalot. Tämän vuoksi järvisedimentin happiisotooppikoostumuksen osoittamat, siitepölyihin pohjautuvia holoseenikauden lämpötilan muutosten arvioita tukevat vaihtelut olivat väitöskirjatyössä ratkaisevia. Yhtenevien tulosten perusteella voidaan sanoa, että jääkauden jälkeiset laaja-alaiset ja pitkäaikaiset kasvillisuuden muutokset olivat tasapainossa ilmastomuutosten kanssa. Merkittävä poikkeus saattaa olla kuusen leviäminen idästä, ja siihen liittyvä boreaalisen metsäekosysteemin synty, jota ei voida täysin selittää tämänhetkisillä tiedoilla jääkauden jälkeisistä ilmastovaihteluista.

Tämä väitöskirjatyö osoittaa, että kasvi- ja puupopulaatiot saattavat reagoida varsin nopeasti ilmastomuutoksiin. Pitkäaikaisten muutosten lisäksi vuodenaikaiset ja vuosittaiset vaihtelut ja äärimmäiset ilmastotapahtumat voivat vaikuttaa ratkaisevasti kasvillisuuden järjestäytymiseen. On tärkeää huomata, että tässä työssä havaitut puulajien levinneisyysalueiden nopeat, ilmastovaihtelujen kanssa yhtäaikaiset muutok-

set olivat mahdollisia myöhäisglasiaalin ja holoseenin aikana, koska hajanaisia, paikallisia populaatioita esiintyi vallitsevan kasvillisuuden joukossa. Nämä suojapaikkapopulaatiot toimivat keskuksina, joista puulajit pääsivät leviämään poikkeuksellisen nopeasti suotuisan ilmastovaiheen alkaessa. Mikäli tällaisia paikallisia leviämiskeskuksia ei ole tarjolla, tulevaisuuden puupopulaatioiden ja metsäekosysteemien muutokset tuskin pysyvät ilmastomuutosten vauhdissa.

21.5.2010 Tomi Luoto (HY)

Spatial and temporal variability in midge (*Nematocera*) assemblages in shallow Finnish lakes (60°70 °N): community-based modelling of past environmental change

Vesistöissä elävät sääskien (Diptera: Nematocera) toukat ovat herkkiä ympäristönmuutosten kuvastajia ja niitä on hyödynnetty veden laadun ja ekologisen tilan monitoroinnissa sekä paleolimnologisissa menneiden ympäristöolojen tutkimuksissa. Tässä nyky- ja paleoekologiaa soveltavassa tutkimuksessa hyödynnettiin järvien pintasedimentteihin kerrostuneita fossiilisia sääskien jäänteitä useista suomalaisista järvistä koostuvasta aineistosta sekä järven sisäisestä lajistoaineistosta.

Sääskien levinneisyyttä suhteessa eri ympäristömuuttujiin tarkasteltiin maantieteellisen ja ympäristömuuttujien skaalauksen avulla tilastomatemattisia menetelmiä hyödyntäen tavoitteena uusien numeeristen rekonstruktio mallien

kehittäminen menneiden ympäristömuutosten tarkkaan kuvaamiseen. Kehitettyjä ekologisia malleja sovellettiin kolmeen myöhäis-Holoseenin (viimeiset 2 000 vuotta) kattavaan paleoekologiseen näytesarjaan (sedimenttinäytesarjatutkimukset) Etelä- ja Itä-Suomesta erityismielenkiinnonkohteena Keskiajan lämpökausi, Pieni jääkausi sekä viimeaikaiset ihmisen aiheuttamat muutokset. Sääskiin perustuvia tuloksia vertailtiin sedimentin fysikaalisiin ominaisuuksiin, historiallisiin todisteisiin sekä piilevistä, vesikirpuista ja puulustoista johdettuihin ympäristörekonstruktioihin.

Tutkimustulokset osoittivat suomalaisen sääskilajiston levinneisyyden olevan riippuvainen käytetystä maantieteellisestä skaalasta. Koko Suomen kattavassa aineistossa tärkein sääskien levinneisyyttä määräävä tekijä oli kesälämpötila, mutta kun aineistosta poistettiin ihmistoinnin häiritsemät järvet, veden syvyys nousi merkittävimmäksi vaikuttajaksi. Kun aineisto rajattiin Etelä-Suomeen, pohjanläheinen happi oli tärkein lajistoa säätelevä ympäristötekijä. Järven sisäinen aineisto Itä-Suomesta puolestaan osoitti, että sääskilajiston jakauma oli joen vaikutuksen, veden syvyyden ja rantakasvillisuuden määräämää. Sääskilajiston ja näiden merkittävimpien ympäristötekijöiden välille kehitettiin siirtofunktiot hyödyntäen pääasiassa painotettuun keskiarvoon perustuvia menetelmiä.

Mallien hyödyntäminen sedimenttinäytesarjoihin näytti enimmäkseen yhteneviä ympäristömuutosten suuntauksia, jotka sopivat hyvin yhteen aikaisempien tutkimusten, historiallisen aineiston ja muiden todisteiden kanssa. Keskiajan lämpökausi, joka ajoittui Itä-Suomessa 800- ja 1300-lukujen välille, oli lämmin ajanjakso, jota kuvasivat kuivat kesät mutta kosteat talvet. Pieni jääkausi ajoittui Etelä-Suomessa välille 1550–1850 AD, mutta Itä-Suomessa se oli

pidempiaikainen kylmä ja kostea jakso alkaen 1300-luvulla ja päättyen vasta 1900-luvun alussa. Sääskistä johdetut happiolot olivat kohoineita Pienen jääkauden aikaan ja viimeaikainen ihmisen kiihdyttämä ilmaston lämpeneminen on selvästi esillä kaikissa lämpötilarekonstruktioissa.

Pitkäaikaista ilmastokehitystä tarkasteltaessa tutkimustulokset osoittavat, että Pohjois-Atlantin oskillaation (engl. North Atlantic Oscillation, NAO) ja talvisadannan sekä vuotuisten lämpötilojen välillä vallitsee positiivinen yhteys ja kesäsadannan välillä negatiivinen yhteys. Näin ollen tulokset osoittavat lämpimän ilmaston sekä kuivien kesien ja kosteiden talvien vallinneen Keskiajan lämpökaudella (positiivinen NAO-indeksi vaihe) kun taas Pienen jääkauden aikana kylmä ilmasto sekä kosteat kesät ja kuivat talvet (negatiivinen NAO-indeksi vaihe) olivat vallitsevia.

Tämän tutkimuksen tuottamia ympäristörekonstruktioita ja mallien tulevia sovelluksia voidaan hyödyntää arvioitaessa ympäristön al-



kuperäistä tilaa ja luonnollista vaihtelua. Tätä tietoa tarvitsevat ympäristötieteilijät, ekologit ja päätöksentekijät tehdäkseen oikeita tulkintoja ja päätöksiä liittyen nykyisiin globaaleihin, alueellisiin ja paikallisiin muutoksiin. Tutkimuksessa kehitetyt sääskiin pohjautuvat rekonstruktio- mallit ovat ympäristöasiantuntijoiden vapaassa käytössä pyyntöä vastaan.

4.6.2010 Kauko Holappa (OY)

Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Koillismaan suotyyppien sukkessio, turpeiden ominaisuudet ja suokasvien ekologia

(Succession of mire types, peat qualities and ecology of mire plants in the areas of Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu and Koillismaa, Northern Finland)

Väitöksessä esitetään aapasoiden suotyyppien ekologiasta uutta tietoa, jota voidaan soveltaa mm. suoekologian ja -metsätieteiden jatkotutkimuksiin, suoympäristön laadun ja tilan arvioimiseen, kasvillisuushistorian tutkimuksiin ja malminetsintään.

Tutkimusalueina ovat Pohjois-Pohjanmaa, Kainuu ja Koillismaa. Pohjois-Suomen aapasuot ovat ainutlaatuinen luontorikkaus. Paikoitellen jopa yli 60 prosenttia maa-alasta on suota. Soistumisen edetessä on kehittynyt useita kymmeniä ravinnetasoltaan erilaisia suotyypppejä. Niiden kerrostumat tunnistettiin turvenäytteistä kasvijäänteiden ja turpeen fysikaalisten ominaisuuksien sekä geokemiallisten pitoisuuksien pe-

rusteella. Ekologisesti samankaltaiset suotyyppit yhdistettiin, jolloin muodostui 15 yleistettyä tyyppikerrostumaa.

Suotyyppien sukkessiokehitys (suotyyppien kerroksellisuus ja muuttuminen toiseksi tyyppiksi) selitetään tässä tutkimuksessa turpeen pH-luvun ja vesipitoisuuden avulla. Turpeiden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä kuivatiheydet vaihtelevat selvästi eri suotyyppien välillä. Alkuaine-pitoisuuksiin vaikuttaa myös kallio- ja maaperän laadun vaihtelu. Turpeen tuhissa esiintyneet poikkeuksellisen korkeat kupari-, sinkki- ja lyijypitoisuudet rajoittuvat selkeästi tietyille malmigeologisesti mielenkiintoisille alueille.

Eri suokasvien maatumisen mallinnettiin kasvijäänteiden suhteellisten osuuksien ja turpeen maatumisasteiden avulla. Lähes 200 suokasvilajille määritettiin ensimmäistä kertaa bioindikaatioarvot, ns. ekologinen lokero, joka perustuu turpeen fysikaalisiin ominaisuuksiin ja turvetuhkan geokemiaan.

10.6.2010 Nanna Tuovinen (TY)

Past, present and future - assessing environmental changes in aquatic environments using subfossil diatoms

Piilevien "päiväkirja" kertoo muuttuneista ympäristöoloista

FM Nanna Tuovisen väitöskirjassa selvitetiin meri- ja järvisedimenttejä tutkimalla ihmisen toiminnan sekä muuttuvan ilmaston vaikutuksia vesistöihin Lounais-Suomen alueella.

Meri- ja järvisedimentit tarjoavat ainutlaatuisen arkiston ympäristössä tapahtuneiden muutosten ja niiden syiden selvittämiseen. Sedimentin fysikaalisten ja paleoekologisten tutkimusten avulla voimme jäljittää erittäin kustannustehokkaasti vesiekosysteemeissä tapahtuneita muutoksia, ymmärtää niiden syitä, kartoittaa nykytilaan johtanut kehitys, ennustaa vesialueen tulevaisuutta sekä miettiä mahdollisia ratkaisuja ongelmiin. Ennustettaessa vesialueiden kehitystä tulevaisuudessa, tieto pitkän ajan kuluessa tapahtuneesta vaihtelusta on erittäin arvokasta ympäristöviranomaisille.

Saaristomeren historia

Saaristomereltä otettujen sedimenttinäytteiden ja niistä analysoitujen piilevien (Diatomaceae) avulla on rekonstruoitu Saaristomeren kehitys viimeisen jäätiköitymisen jälkeen. Jäätikön vetäytyttyä alueelta Saaristomeren alueella lainehti suuri makeavetinen järvi. Ilmaston lämpenemisen myötä maailman jäätiköt sulivat ja aiheuttivat valtamerten pinnan nousun ja myös Itämeren altaaseen pääsi virtaamaan suolaista vettä.

Ensimmäiset merkit järven muuttumisesta murtovesialtaaksi ovat Saaristomerellä noin 8 150 vuoden takaa. Noin 7 700 vuotta sitten Saaristomeren vesi oli paljon suolaisempaa kuin nyt. Lisäksi myös ilmasto oli huomattavasti lämpimämpi. Ilmaston viileneminen noin 5 000 vuotta sitten on nähtävissä piilevälajistossa jääpeitettä indikoivien lajien runsastumisena.

Saaristomeren rehevöityminen näkyy vapaassa vedessä elävien lajien sekä loppukesällä kukkivien piilevälajien runsastumisena. Piilevälajistossa runsaimpina esiintyvien lajien, niin sanottujen kevätukukijoiden, runsautta näyttävätkin ravinteiden sijaan säätelevän enemmän talviset jääolot. Ilmaston lämmetessä ja jäätalvi-

en vähetessä Saaristomeren piilevälajisto todennäköisesti muuttuu.

Ori- ja Määrjärvillä vuosisatainen metallikuormitus

Kiskon kunnassa, Orijärven ja Määrjärven läheisyydessä, sijaitseva Orijärven kaivos on Suomen vanhin kuparikaivos, joka toimi vuodesta 1757 aina vuoteen 1957. Kaivoksen rikastushiekka-alueelta on kulkeutunut suuria määriä erityisesti sinkkiä, kuparia ja lyijyä Ori- ja Määrjärveen.

Orijärvestä ovat vapaassa vedessä elävät piilevät kadonneet kokonaan metallikuormituksen myötä ja lisäksi osa pintasedimentissä olevista piilevistä on epämuodostuneita. Orijärven piilevästö koostuu nykyään vain järven ranta-alueella elävistä lajeista. Myös Määrjärven puolella ovat vapaassa vedessä elävät lajit taantuneet.

Rikastushiekka-alueelta peräisin oleva metallikuormitus on nähtävissä järvien sedimenttien kohonneissa metallipitoisuuksissa. Orijärven pintasedimentti on sinkki-, kupari- ja lyijypitoisuuksien sekä paikoitellen myös kadmiumpitoisuuksien osalta luokiteltavissa saastuneeksi.

Orijärven kuparikaivoksen rikastushiekka-alueetta on kunnostettu viime aikoina ja suora yhteys Orijärveen on padottu. Orijärven ja Määrjärven metallipitoisuudet ovatkin laskeneet viime vuosina, mutta piilevästössä ei vielä ole nähtävissä muutosta parempaan.

Vesipuitedirektiivi tähtää vesistöjen kunnostukseen

EU:n vesipuitedirektiiviin (säädös 1299/2004) sisältyy viranomaisten velvollisuus selvittää ihmistoiminnan vaikutukset vesistöihin. Vesipolitiikan puitedirektiivi edellyttää, että euroop-

palaiset vesistöt ovat vuoteen 2015 mennessä 'hyvässä ekologisessa tilassa'. Lisäksi kasvava kiinnostus järvien ja merialueiden kunnostukseen on nostanut esille kysymyksen siitä, millaisia nämä vesialueet olivat, ennen kuin ihmisen toiminta alkoi niitä muuttaa.

Monien vesialueiden tilan seuranta on aloitettu 1960-luvulta alkaen, joten varhaisemmat tiedot puuttuvat. Vesistöjen sedimentit ovat kuitenkin keränneet tietoa jatkuvasti vesialueen syntymästä lähtien ja sedimenttejä tutkimalla voidaan kysymyksiin vesialueen luonnollisesta tilasta vastata. Erityisesti sedimenttiin tallentuneet piilevät ovat tärkeitä ympäristöindikaattoreita.

Piilevät ovat monien vesialueiden tärkein leväryhmä. Lisäksi ne ovat erittäin herkkiä ympäristön muutoksille, kuten suolaisuuden tai ravinnepitoisuuksien vaihteluille. Kuollessaan piilevät vajoavat vesistöjen pohjaan muodostaen sedimenttiin elinympäristönsä olosuhteista kertovan jatkuvan "päiväkirjan". Muutokset sedimentissä havaituissa lajisuhteissa kertovat siis muutuneista ympäristöoloista.

11.6.2010 Eeva Haltia-Hovi (TY)

Holocene Varved Lake Sediments as Records of Palaeo-environmental Change and Geomagnetic Palaeosecular Variation in Eastern Finland

Järvimuta arkistoi luonnon muutokset

Järvimuta ei ehkä tuo monelle mieleen myönteisiä mielikuvia, mutta tutkijalle järven pohja-

kerrostumat eli sedimentit ovat arvokas tietolähde. FM Eeva Haltia-Hovin väitöskirjassa käytettiin tutkimusaineistona kahden pohjoiskarjalaisen järven, Nurmeksen Lehmilammen ja Valtimon Kortejärven, syvänteistä kairattuja sedimenttisarjoja.

Järvisedimenttiin on tallentunut järvien jääkauden jälkeinen kehitys, ilmaston vaihtelu, ja jopa muutokset maan magneettikentässä tuhan-sien vuosien ajalta. Järvisedimentti onkin kuin mudasta tehty arkisto, jonka sisältämän tiedon tutkija avaa ja tulkitsee käyttäen erilaisia menetelmiä. Tässä väitöskirjassa sedimenttejä on tutkittu käyttäen mm. röntgenkuvausta ja digitaalista kuva-analyysia sekä erilaisia paleo- ja mineraalimagneettisia mittauksia.

Vuoden kierto ja sedimentin lustorakenne

Järvien yleinen kehityshistoria heijastuu sedimenttien ja mineraalimagneettisten ominaisuuksien muuttuvissa ominaisuuksissa eri aikoina. Lehmilammella ja Kortejärvellä on yhteinen erityispiirre: niiden kurouduttua Pielisestä alkoi syvänteisiin kerrostua vuosikerrallista eli lustoista sedimenttiä.

Sedimentin vuosikerrallisuus näissä järvissä johtuu vuodenaikojen kierron aiheuttamasta muutoksesta kerrostuvan sedimentin alkuperässä. Lumien sulettua kevättulvat kuljettavat valuma-alueelta järveen mineraalihienoaainesta, joka kerrostuu järven pohjaan. Kesällä järven sisäinen biologinen toiminta tuottaa eloperäistä eli orgaanista kiintoainesta, joka laskeutuu järven pohjalle. Näin vuoden kierto tallentuu silminnähävinä raitapareina, joissa erottuu vaalea kevättulvakerros ja tumma eloperäinen kerros.

Lustorakenteen säilymiseksi on järven syvännealueen alimmissa vesikerroksissa oltava vain

vähän happea, sillä muutoin pohjaeläimistö sotkee raitaisen sedimentin. Lehmilammen ja Kortejärven lustosarjoista mitattiin jokaisen luston paksuus ja luston mineraali- ja orgaanisen aineksen osuudet arvioitiin käyttäen röntgenkuvausta ja digitaalista kuva-analyysia.

Lehmilammen sedimenteistä voitiin laskea 5 100 lustoa ja Kortejärven sedimenteistä 3 900 lustoa. Vuosikerrallisuus on erityisen arvokas sedimentin ominaisuus, sillä iänmääritys on keskeinen kysymys kaikessa geologisessa tutkimuksessa.

Lustot menneiden ilmastonmuutosten tallentajina

Lehmilammen lustoja analysoimalla saatiin tietoa menneistä ilmastovaihteluista Pohjois-Karjalassa. Tutkimukseen valitun, nykyhetkestä ajallaskun alkuun ulottuvan lustosarjan kiinnostavin piirre sijoittuu keskiajalle vuosien 1060 ja 1280 välille. Tällöin kerrostuneista lustoista lähes puuttuu kevättulvan aikaansaama vaalea kerros ja lustot ovat lähes täysin orgaanisia. Tämä tarkoittaa sitä, että talvet olivat tuolloin leutoja ja lähes lumettomia Pohjois-Karjalassa.

Keskiajan lämpimän jakson jälkeen ilmasto jälleen viileni askel askeleelta, mikä näkyy lustoissa selkeinä kevättulvakerroksina. Tämä aika tunnetaan pienenä jääkautena. Tämä antaa tietoa ilmastossa tapahtuneista muutoksista ja niiden nopeudesta, mitä taustaa vasten voidaan peilata maapallon ilmastossa nyt tapahtuvia muutoksia.

Maan magneettikentän muutokset tallentuvat sedimenttiin

Maan magneettikentän suunta ja voimakkuus vaihtelevat jatkuvasti. Nämä vaihtelut voivat tal-

lentua järvisedimentteihin. Sedimentit sisältävät mikroskooppisen pieniä magneettisia partikkeleita, raudan oksideja, jotka ovat suuntautuneet sedimentin kerrostumisajankohtana vallinneen magneettikentän mukaisesti.

Lehmilammen ja Kortejärven sedimenteistä mitattiin näytteiden luonnollinen jäännös-magnetoituma ja sen stabiilisuus poistamalla asteittain magnetoituma vaihtokenttämennetelmällä paleo- ja kivimagnetismin laboratoriossa Saksassa Potsdamissa.

Tämä magneettisten mineraalien kerrostumisajankohdan aikainen suuntaus on tallentunut hämmästyttävän hyvin Lehmilammen ja Kortejärven sedimenttiin kuluneiden 10 500 vuoden aikana, siitä lähtien kun mannerjäätikkö vetäytyi alueelta. Näitä tuloksia käytetään parhaillaan Maan magneettikentän kehitystä kuvaavien geofysikaalisten mallien aineistona.

Järvisedimenttejä on aiemmissa tutkimuksissa käytetty myös tutkittaessa suhteellisia muutoksia Maan magneettikentän voimakkuuden vaihteluissa. Tulokset Lehmilammen ja Kortejärven sedimenteistä kuitenkin osoittavat, että vaikka sedimentit kuvaavat magneettikentän suhteellisen intensiteetin vaihteluita vuosituhansien aikavälillä, on lyhyemmän aikavälin vaihteluiden tulkinta monimutkaisempaa kuin aiemat tulokset lustosedimenteistä ovat viitanneet.