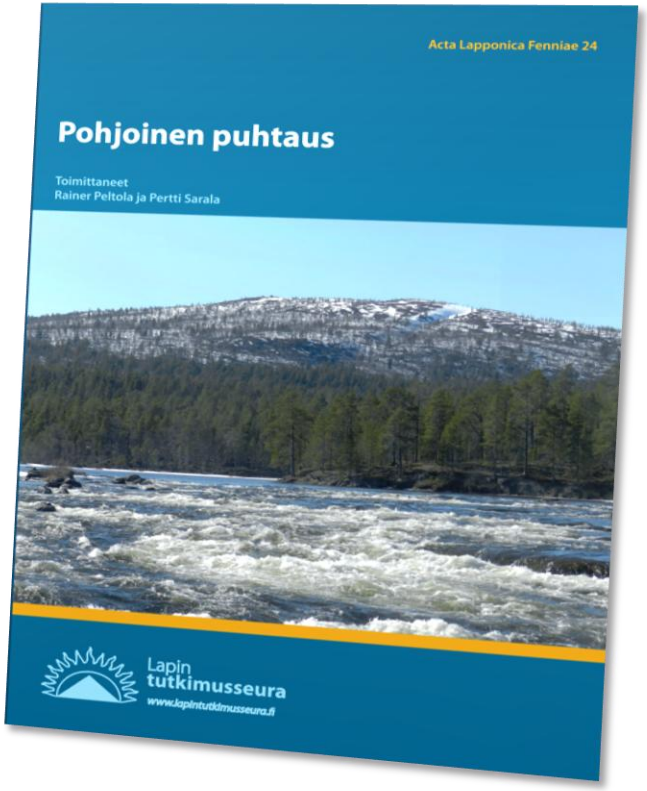
Lapin maaperän luontainen puhtaus ja siihen vaikuttavat tekijät

Pertti Sarala
Erikoistutkija, FT
Geologian tutkimuskeskus

Geologinen lähestyminen pohjoiseen puhtauteen

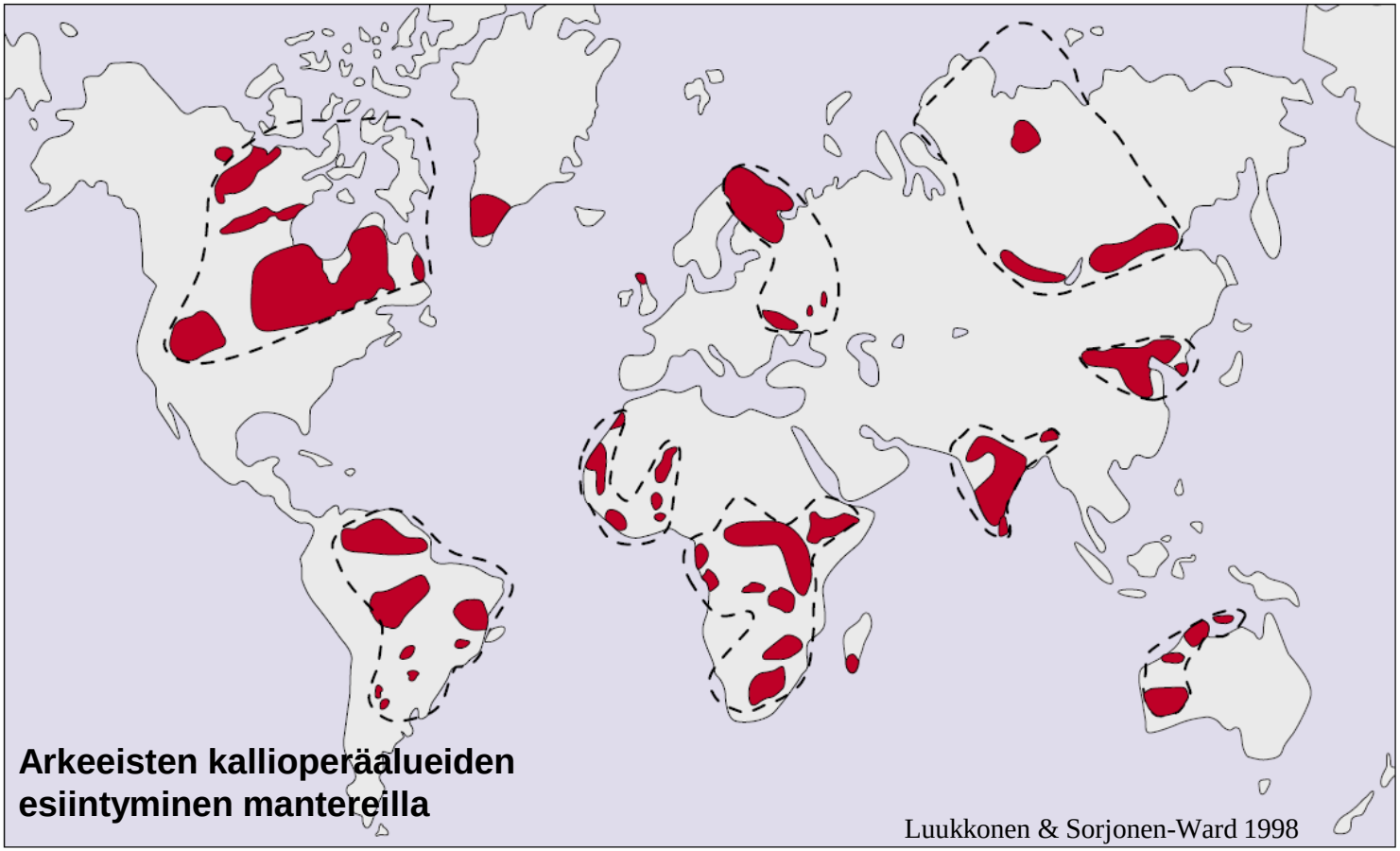
Sisältö

- Kallioperä ja sen koostumus
- Maaperä ja siihen vaikuttaneet tekijät
- Lappi eurooppalaisessa vertailussa
- Lappi Suomessa
  - Maaperä
  - Vedet
- Pohdintaa ja yhteenveto



Kallioperä kaiken perustana

- Suomen ja erityisesti Lapin kallioperä koostuu pääosin arkeeisista (>2500 milj. vuotta) ja proterotsooisista (2500-542 milj. vuotta), kiteisistä kivistä

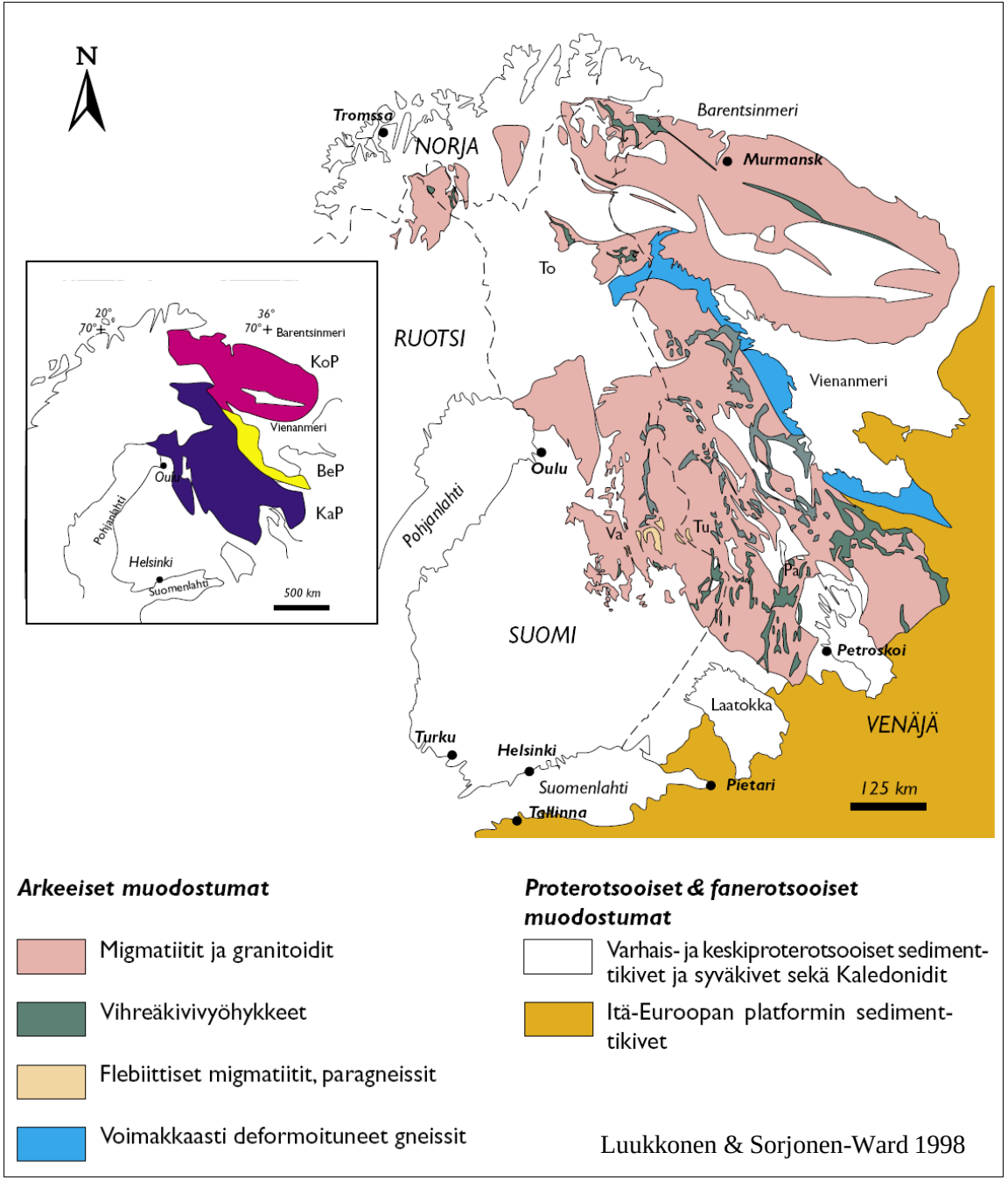


Arkeeisten kallioperäalueiden esiintyminen mantereilla

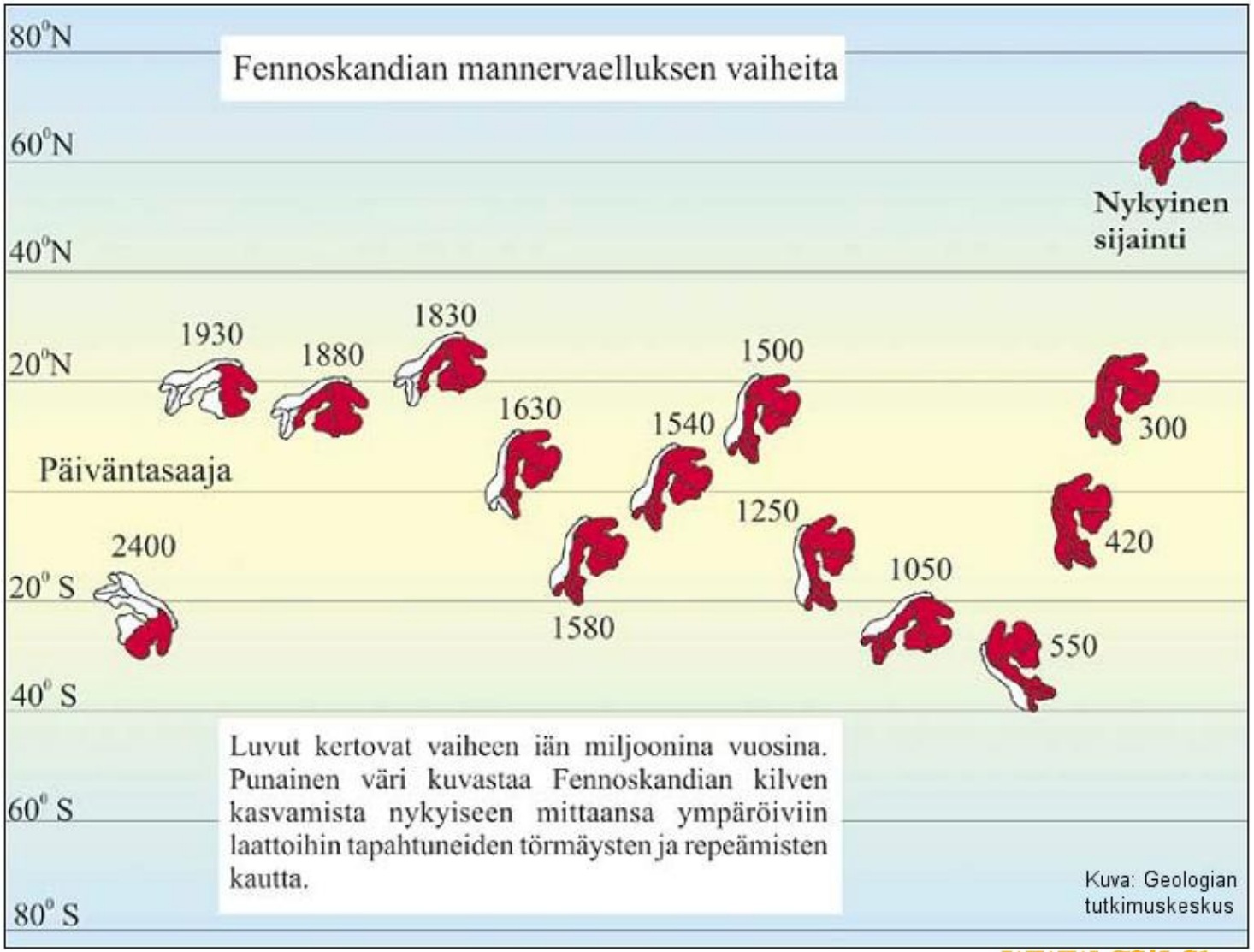
Luukkonen & Sorjonen-Ward 1998

Suomen kallioperä

- Arkeeisilla alueilla kallioperä koostuu enimmäkseen graniiteista ja gneisseistä sekä kapeista vulkaanisten kivien jaksoista
- Proterotsooiset kivet ovat tyypillisesti vulkaniitteja ja sedimenttisyntyisiä kvartsi- ja karbonaattikiviä sekä kiilleliuskeita. Myös graniitteja ja muita syväkiviä esiintyy.
- Nuoria sedimenttikiviä esiintyy ainoastaan Oulun seudulla ja Satakunnassa

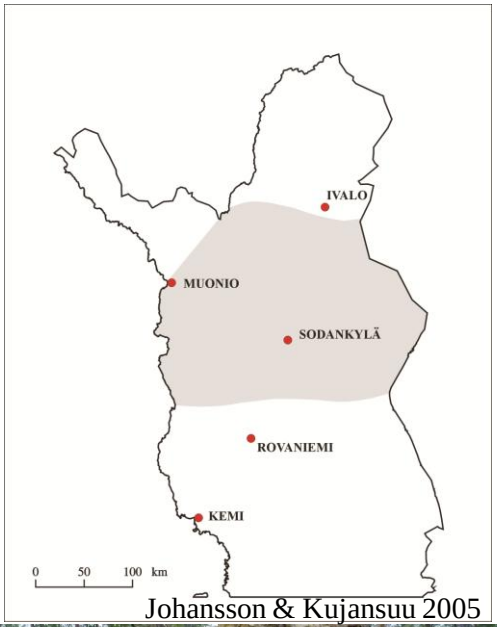


Laattojen viemää



Rapakalliot

- Rapakallioita esiintyy yleisesti Lapissa; viimeisimmän jäätiköitymisen keskusalueella/jäänjakajavyöhykkeessä
- Rapautuman syvyys vaihtelee muutamasta senttimetristä yli 100 m:iin
- Esiintyy myös muualla kallion hierto- ja ruhjevyöhykkeissä
- Pitkälle rapautuneella, paikoin hyvin savipitoisella kallioperän aineksella on huomattava vaikutus maaperän koostumukseen ja ravinteikkuuteen
- Rapautumisessa myös alkuaineet mobilisoituu ja pitoisuudet muuttuvat terveeseen kallioon nähden

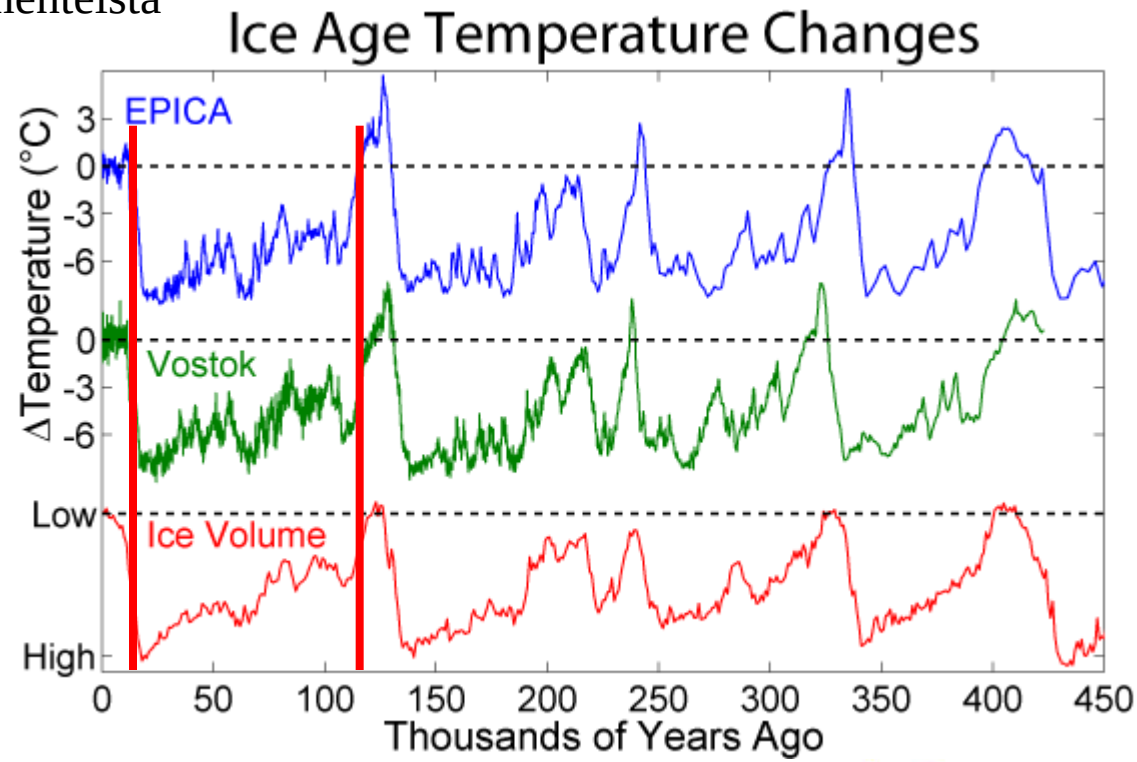


Johansson & Kujansuu 2005

Kuva P. Sarala

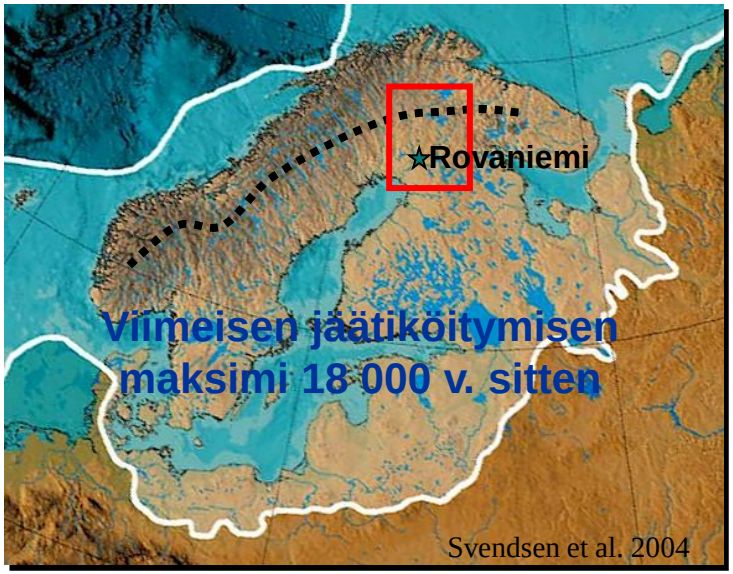
Pohjoiset alueet jäätiköiden armoilla

- Laajat alueet pohjoisella pallonpuoliskolla ovat olleet toistuvasti mannerjäätiköiden peittämiä
- Jäätiköt ovat kuluttaneet kallioperää ja muodostaneet meille tyypillisen maaperän, joka koostuu moreenista ja hiekka- ja sorakerrostumista sekä paikoin hienoainespitoisista sedimenteistä



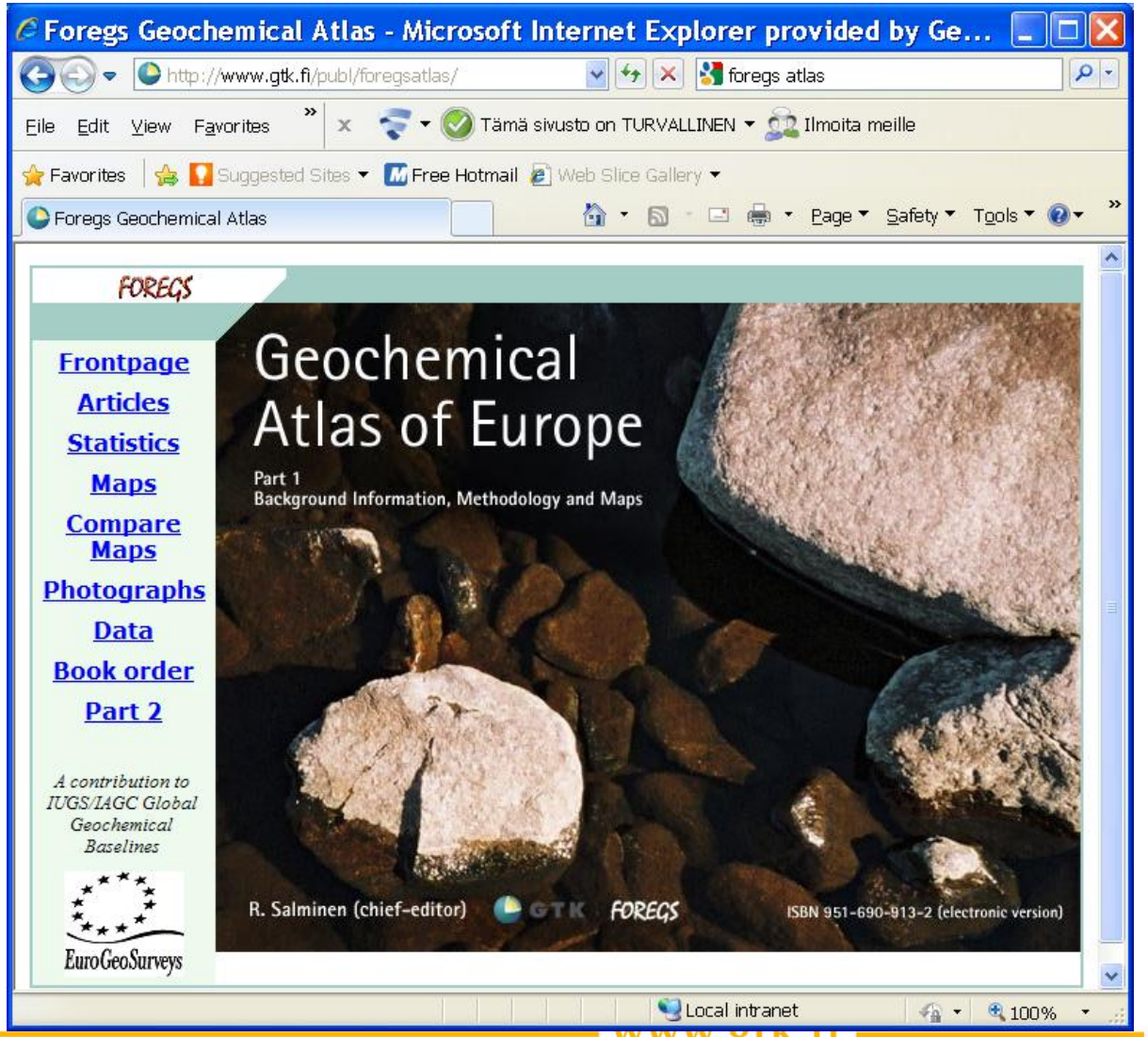
Jäätikön kulutus

- Toistuvat jäätiköitymisvaiheet kuluttavat alla olevaa kallio- ja maaperää
  - Aiemmat maaperäkerrostumat voidaan kuluttaa kokonaan pois tai ne voidaan deformoida ja kerrostaa uudelleen
  - Kallioperään ulottuessaan jäätikkö kuluttaa kallion pintaa monin tavoin, kuten hiomalla, murskaamalla ja rapauttamalla tai äärimmillään louhimalla
  - Myös sulamisvaiheessa vedet kuluttavat kallionpintaa
- Lappi on sijainnut toistuvasti jäätiköiden keskusalueella, jossa jäätikköeroosio on ollut monin paikoin heikkoa. Se näkyy esim. rapakallioiden esiintymisenä ja korkeampana sekä vaihtelevampana topografiana
  - Myös moreenin kuljetusmatkat ovat laajalti lyhyempiä kuin esim. Etelä-Suomessa



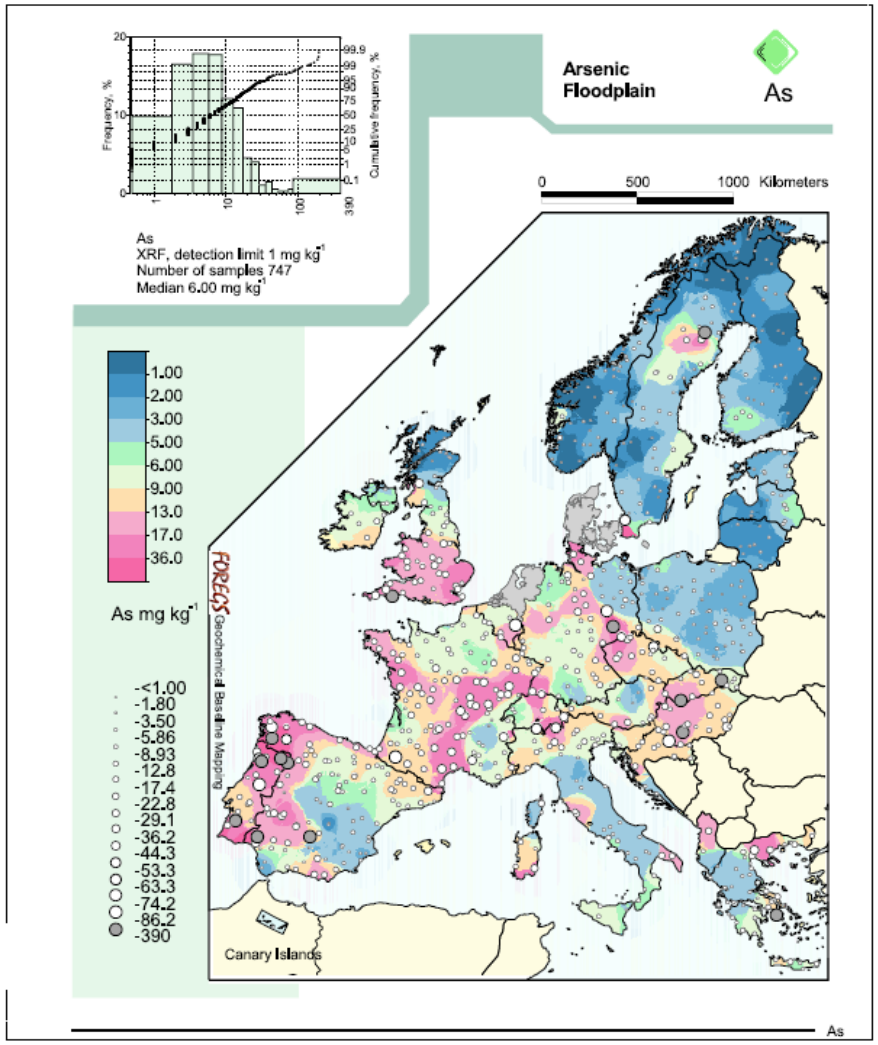
Lappi Euroopassa

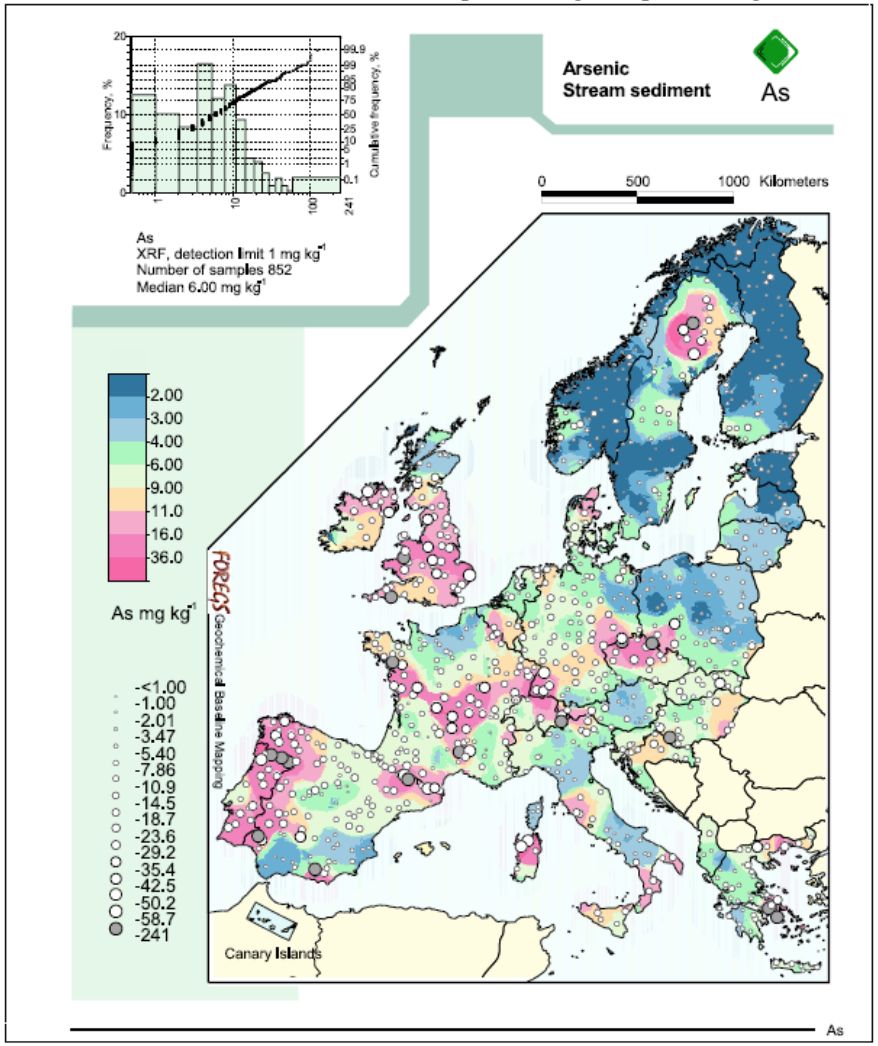
- Euroopassa ja Barentsin alueella on toteutettu useita geokemiallisia ja ympäristö-geologisia kartoitusohjelmia viimeisten vuosikymmenien aikana. Esim:
  - Nordkalott project 1980-luvulla (http://www.gtk.fi)
  - Ecogeochemical Mapping of Eastern Barents Region 1999-2003 (http://projects.gtk.fi/barents/)
  - Geochemical Atlas of Europe (FOREGS) 2005; http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/



Geokemiallinen lähestyminen – sedimentit

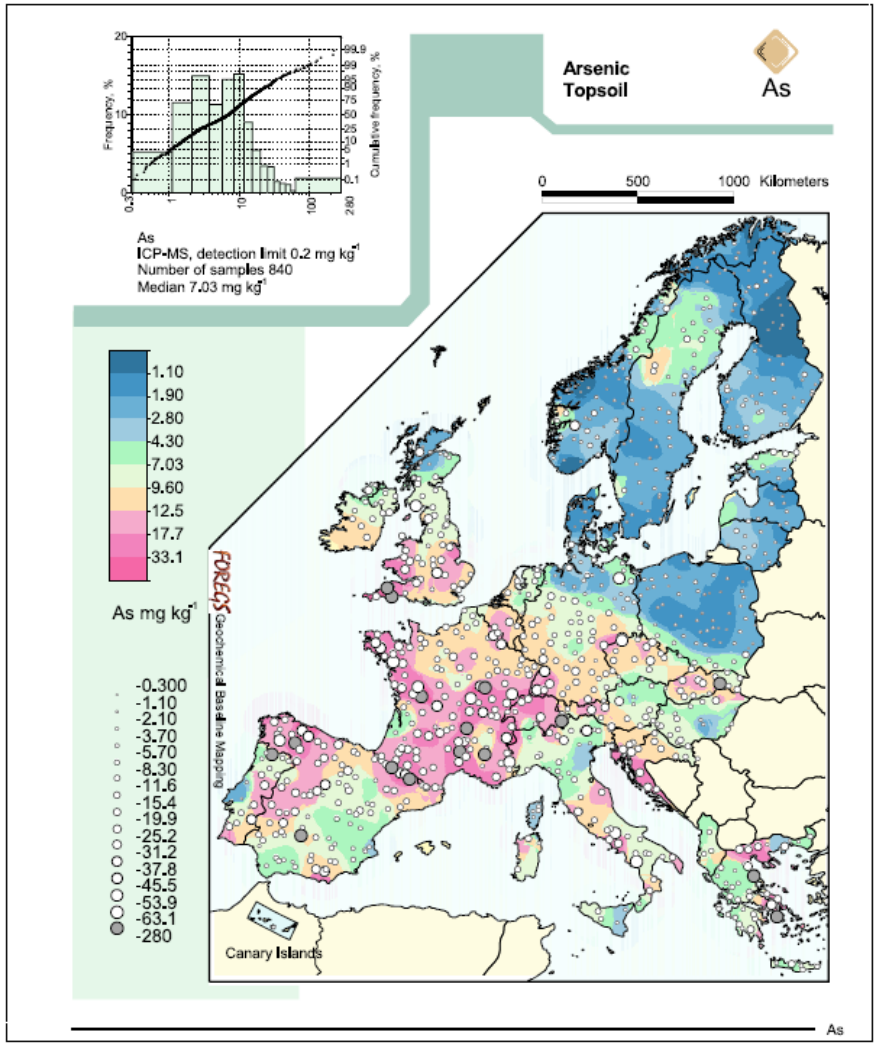
http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/

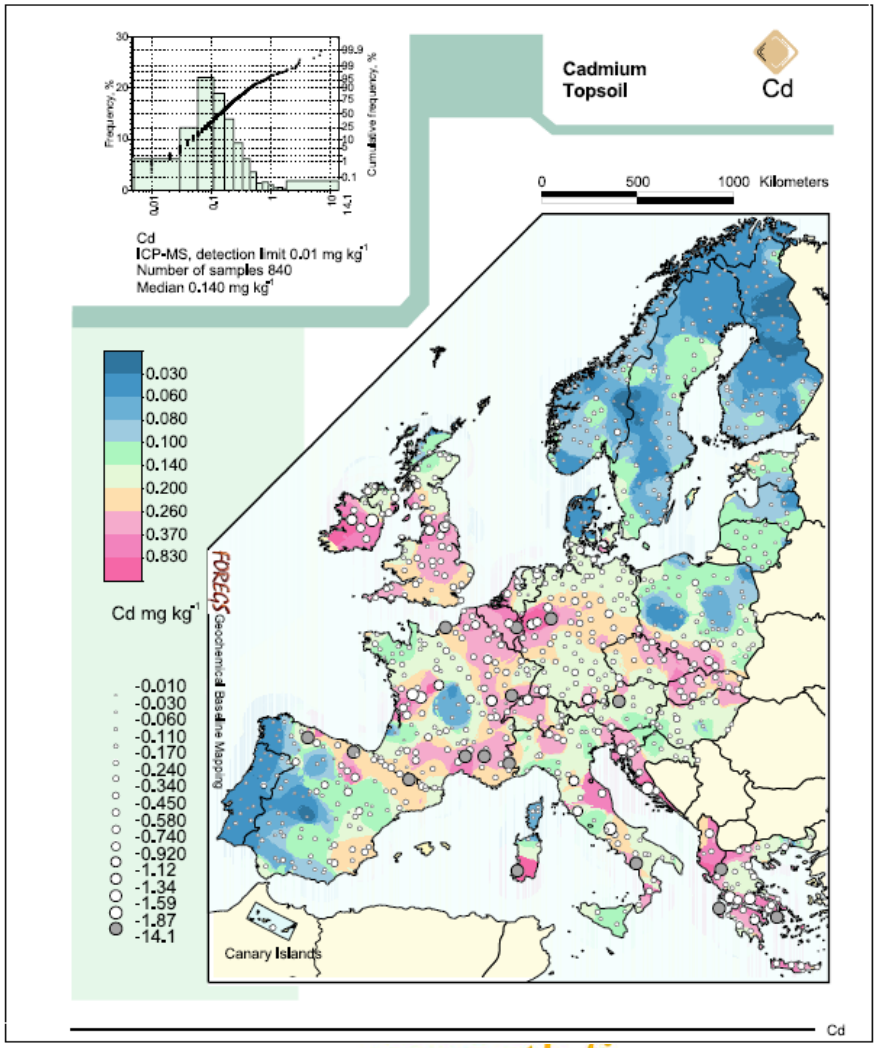




Geokemiallinen lähestyminen - maaperä

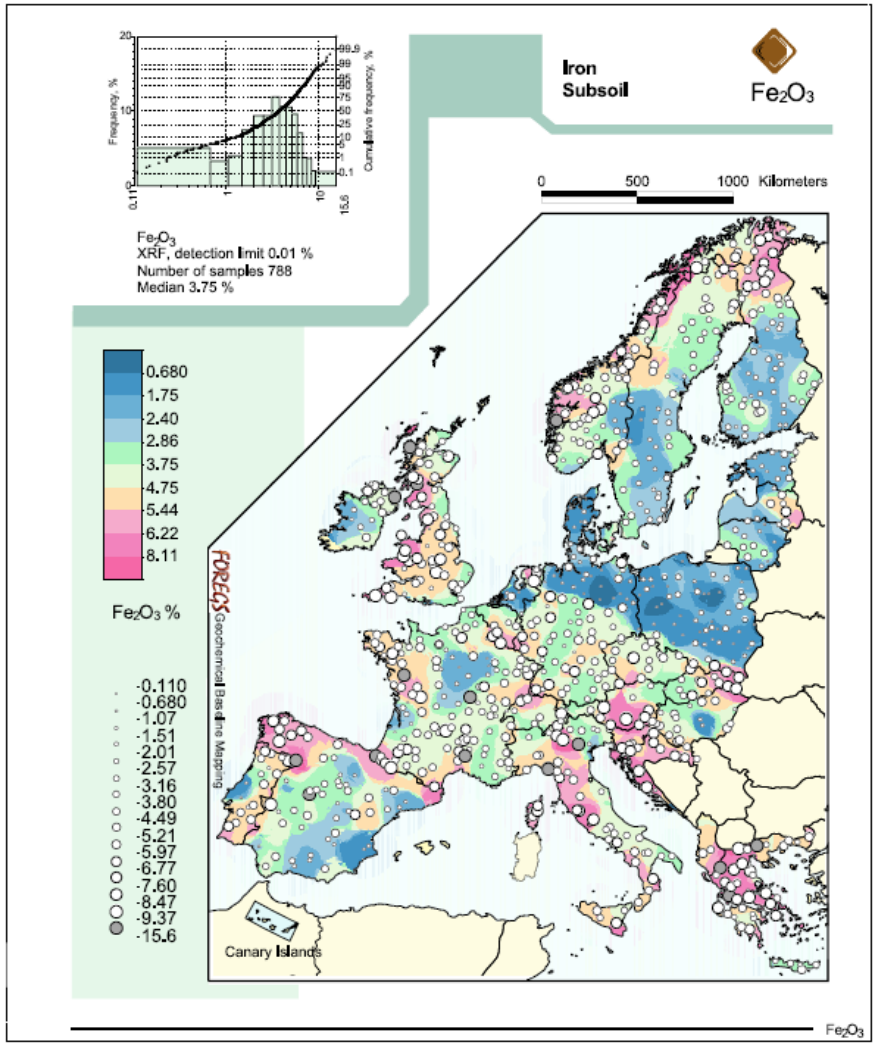
http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/

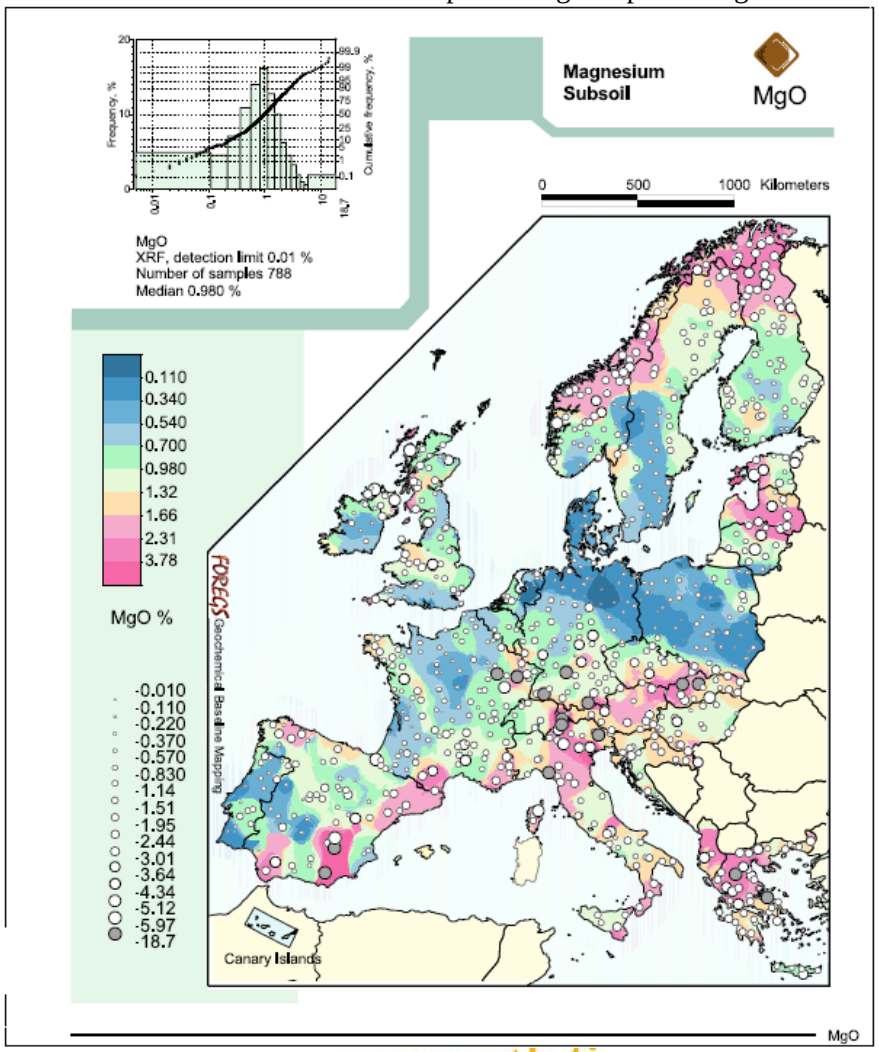




Geokemiallinen lähestyminen - pääalkuaineet

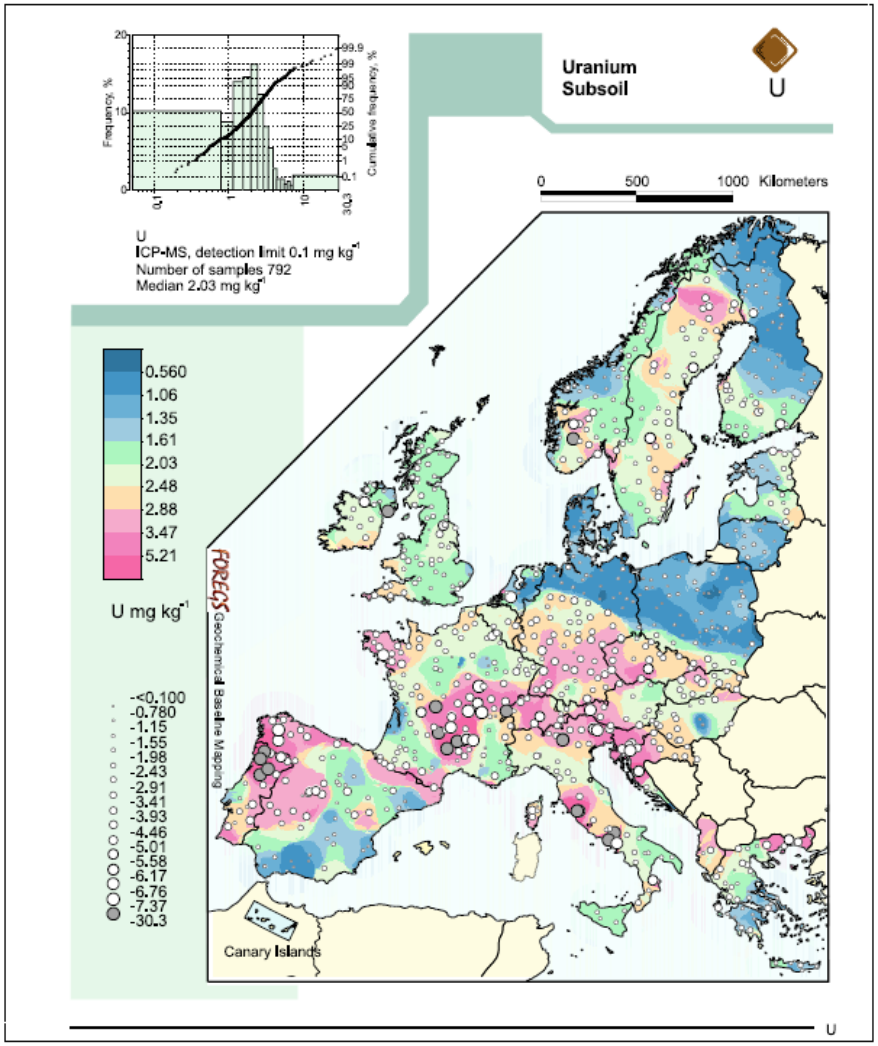
http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/

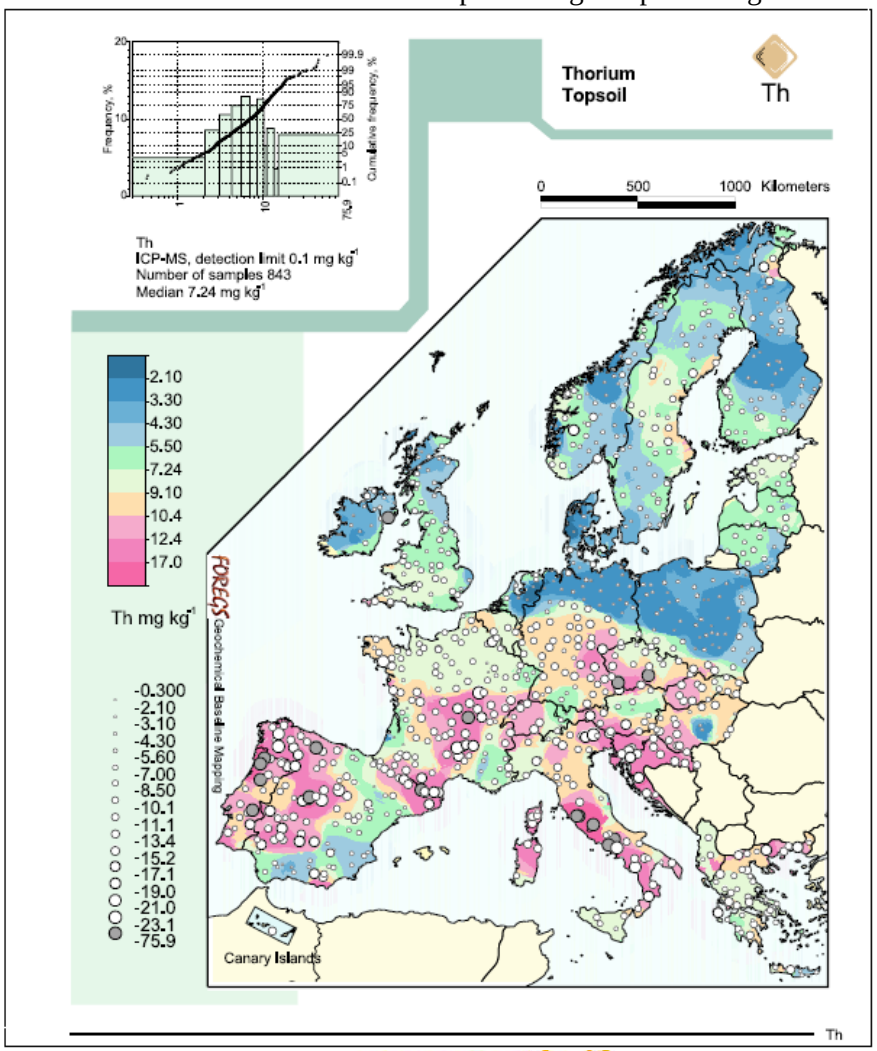




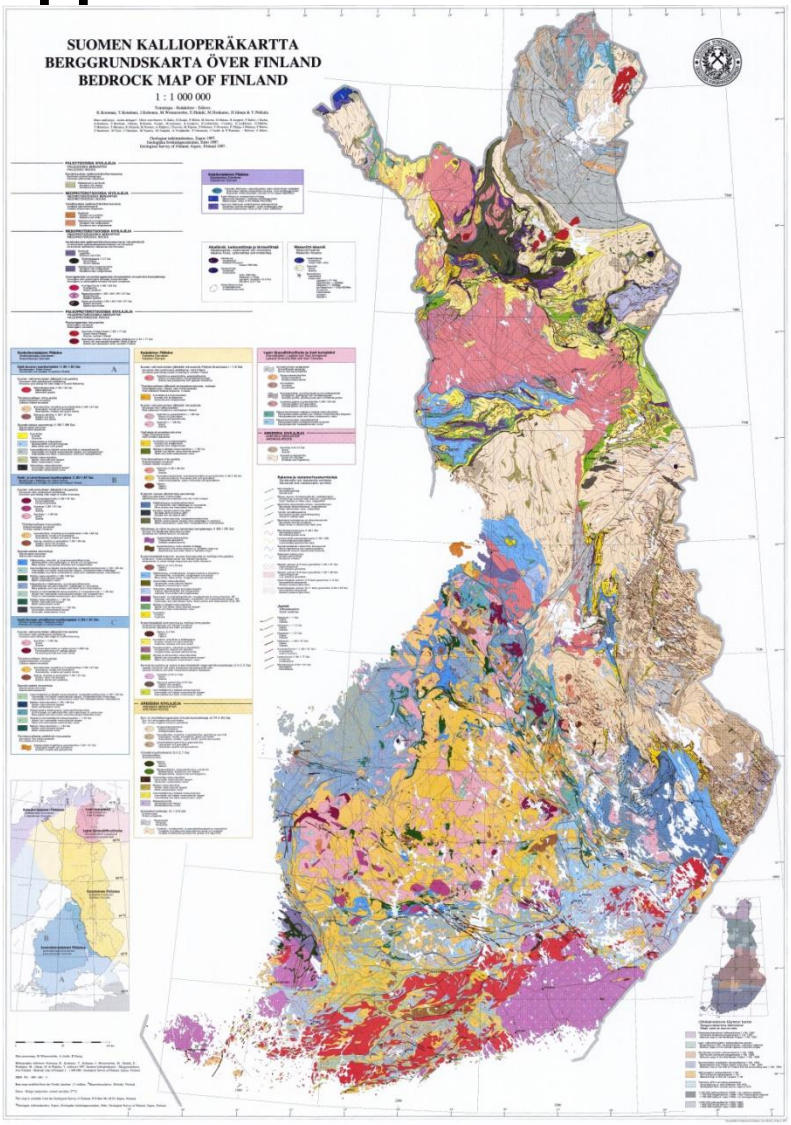
Geokemiallinen lähestyminen – säteilevät alkuaineet

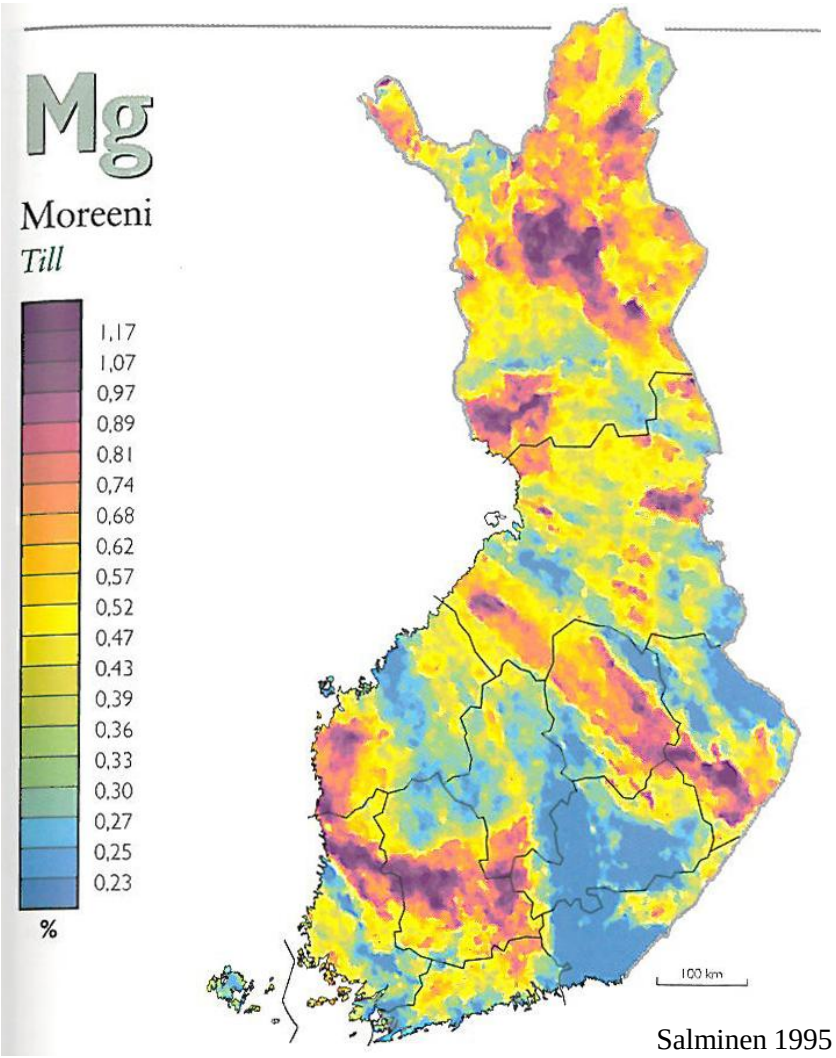
http://www.gtk.fi/publ/foregsatlas/





Lappi Suomen kartalla

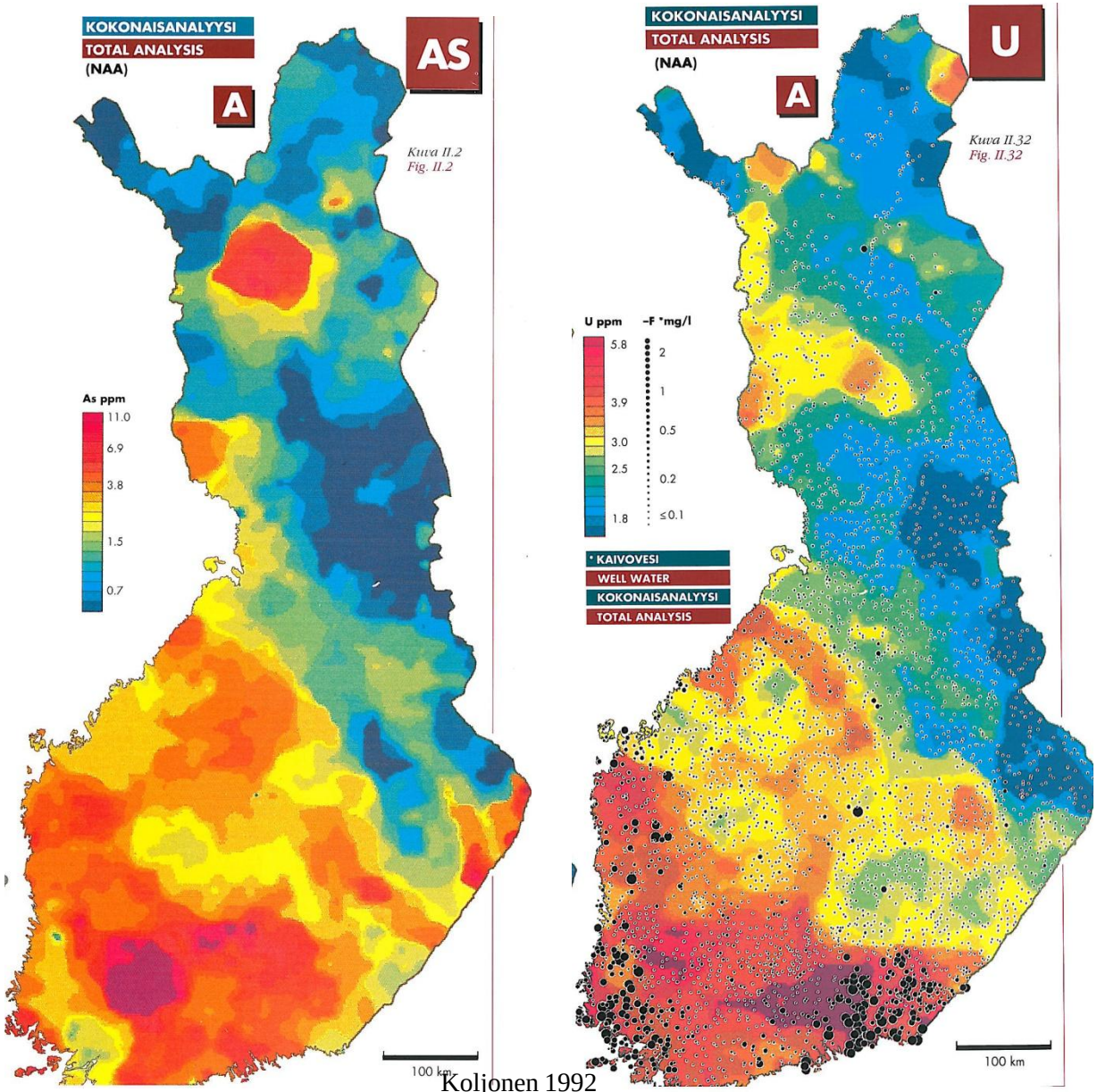




Salminen 1995

Kallioperä ratkaisee

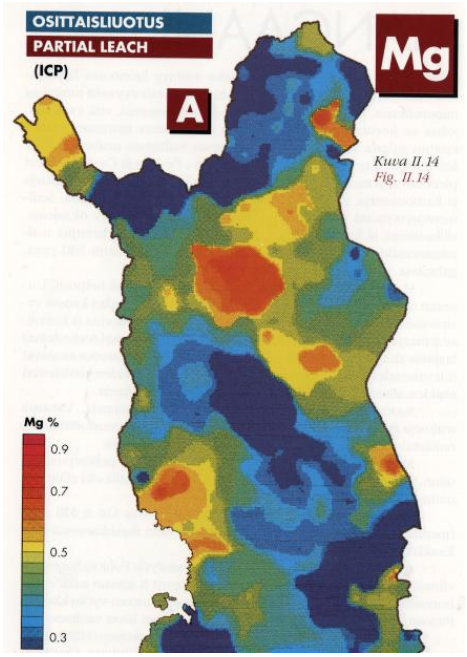
- Arkeeiset alueet ovat useilla alkuaineilla geokemiallisesti tausta-alueita
  - Graniitit ovat neutraaleja ja vulkaanisten kivien vaikutus on paikallinen
- Proterotsooisilla alueilla taustapitoisuudet ovat korkeammalla tasolla arkeeisiin verrattuna
- Malmipotentiaalisilla (ts. mineralisoituneilla) alueilla pitoisuudet ovat luontaisesti korkeita ja nousevat esiin anomalia-alueina

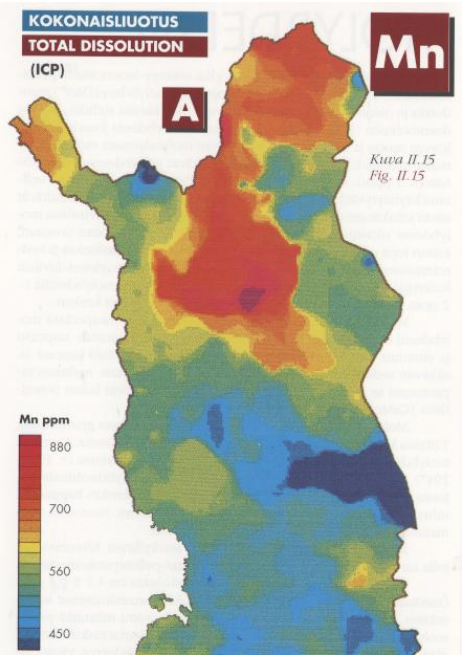


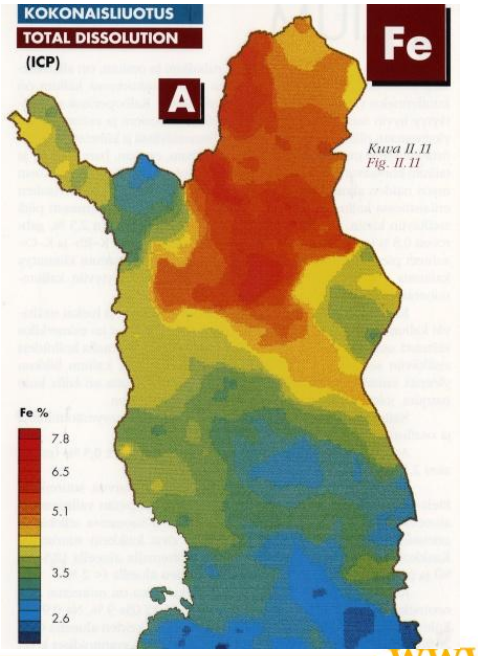
Koljonen 1992

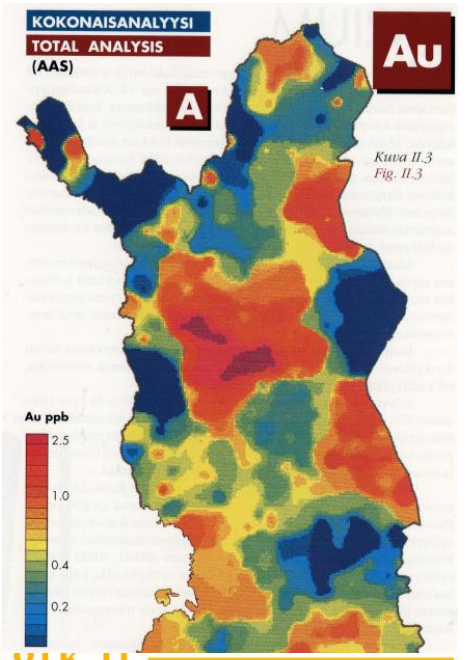
Alueelliset moreeniaineistot

- Suomessa globaalistikin tarkasteltuna erinomainen alueellinen geologinen, geofysikaalinen ja geokemiallinen aineisto, joka antaa hyvän peruslähtökohdan alueiden tarkastelulle
  - Esim. lito- ja moreenigeokemian aineistot ja kartat
- Alueellinen moreenigeokemiallinen aineisto (1 näyte/4 tai16 km^2) kattaa koko Suomen
  - Korkean pitoisuuden alueet heijastelevat kallioperän ominaisuutta
  - Sekundääriset viuhkat kertovat jäätikön kuljetuksesta
- Kohteellisessa tarkastelussa anomaliakuviot tarkentuvat ja rajautuvat pienemmiksi



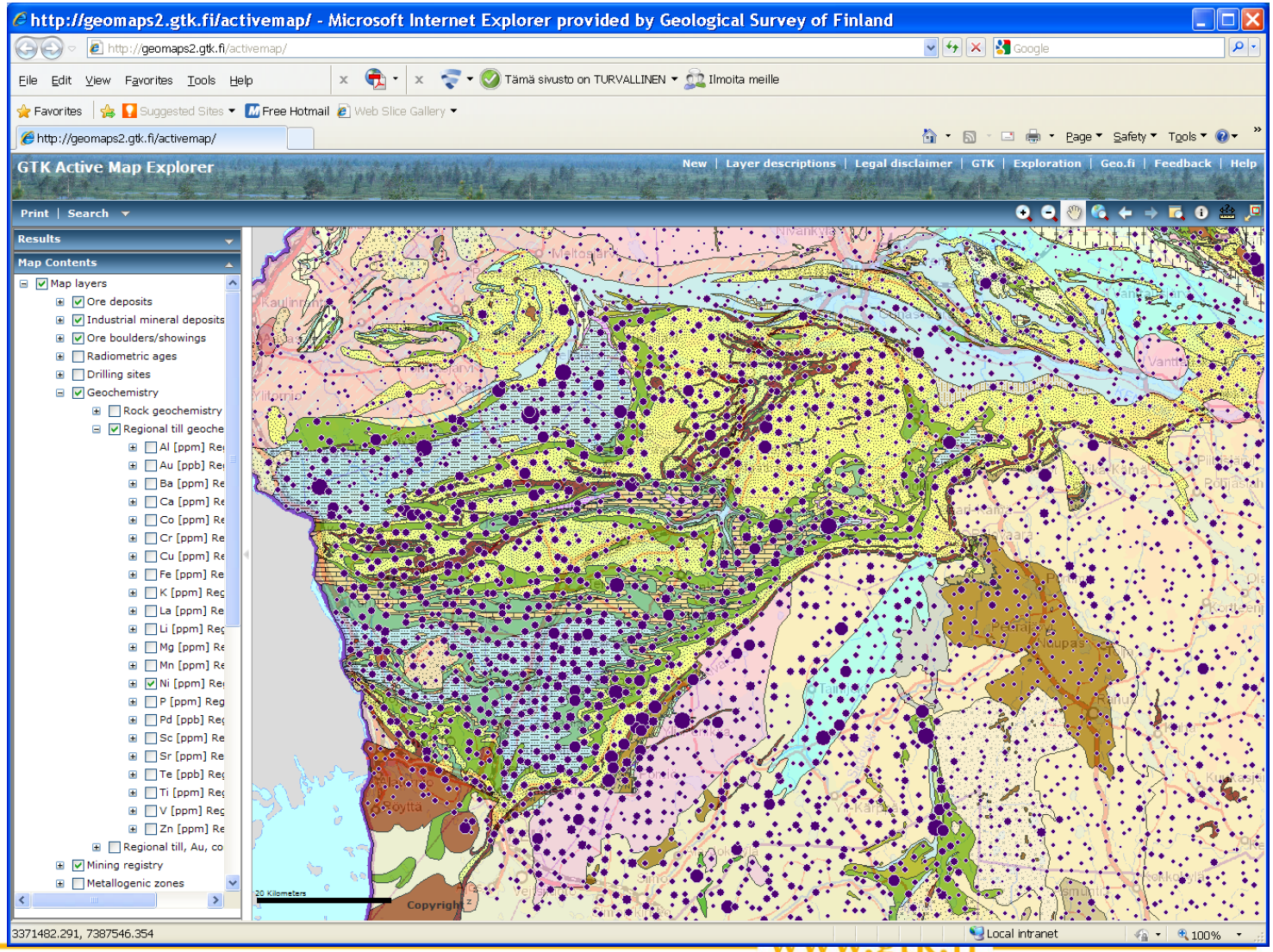






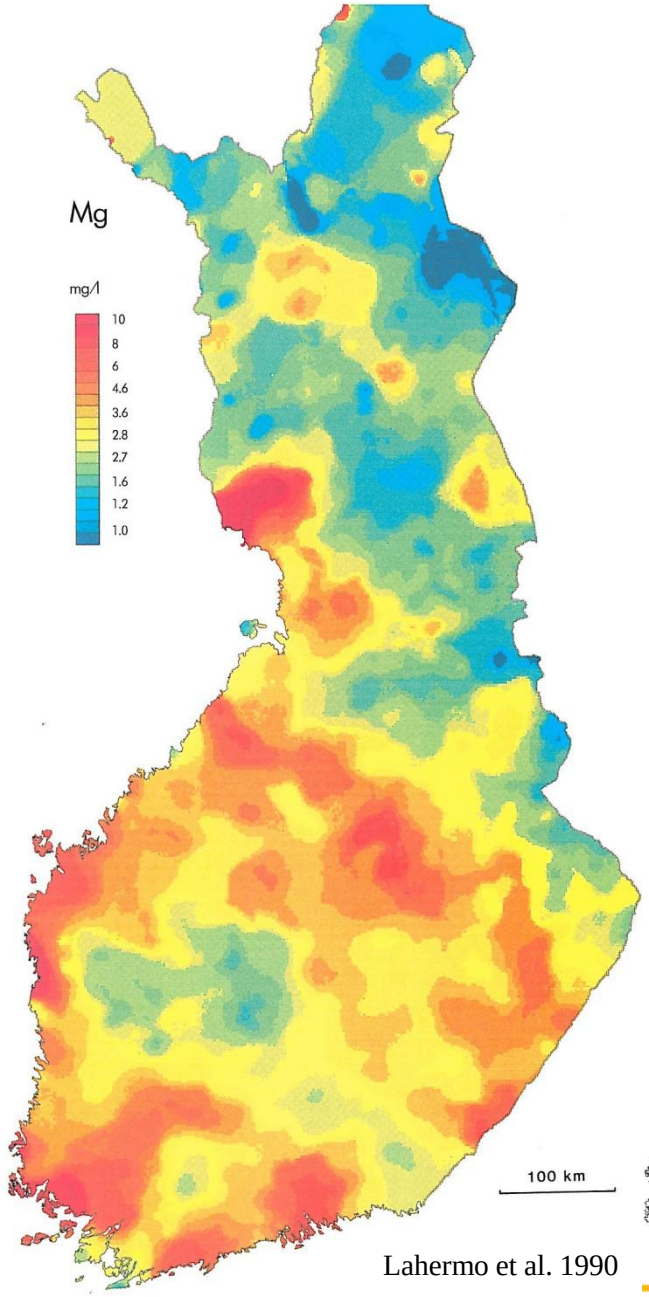
Alueellinen geokemiallinen vaihtelu

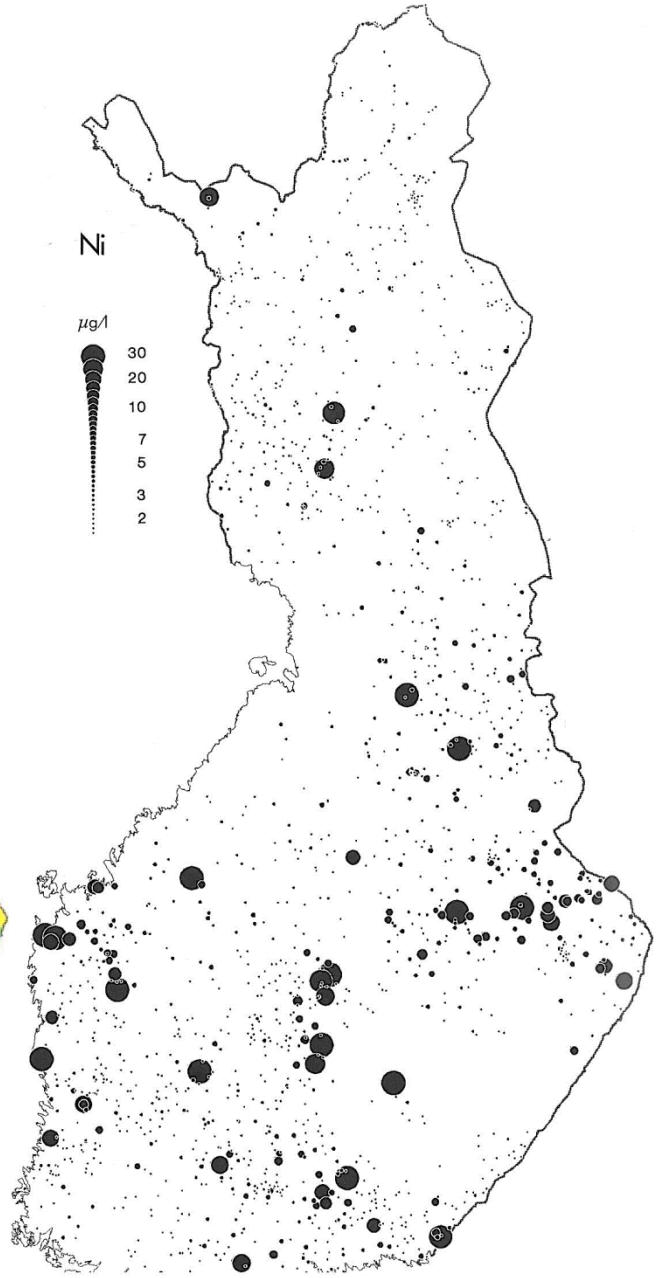
- Alueelliset erot voivat olla suuria johtuen kallioperän koostumuksen suuresta vaihtelusta
- Mineralisoituneet ja malmia sisältävät kivet näkyvät myös maaperässä



Hydrogeokemia

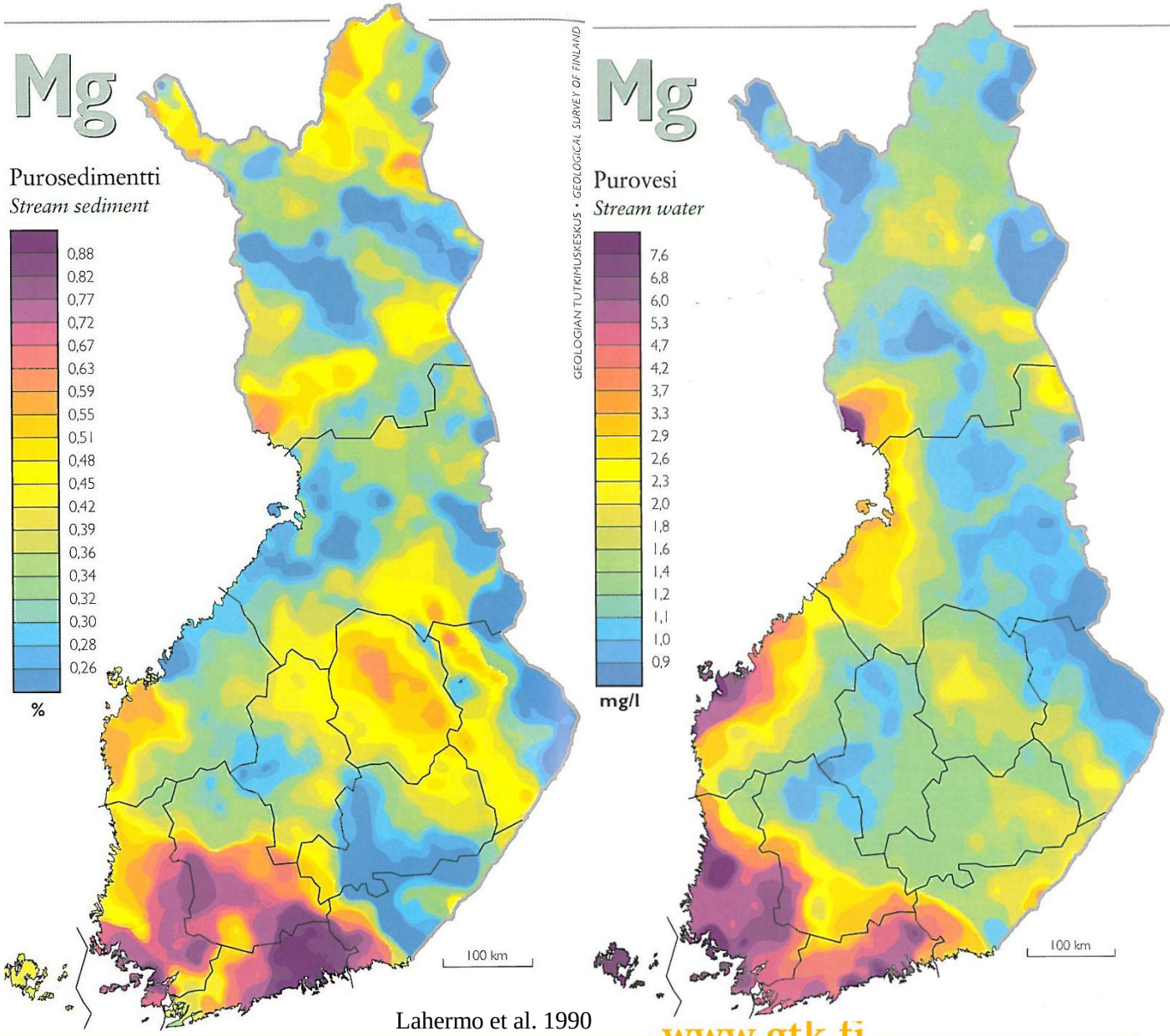
- Suomessa pohjavedet ovat yleisesti erittäin puhtaita
- Rajoitteita käytölle on erittäin vähän ja nekin pääosin geologisia





Lahermo et al. 1990

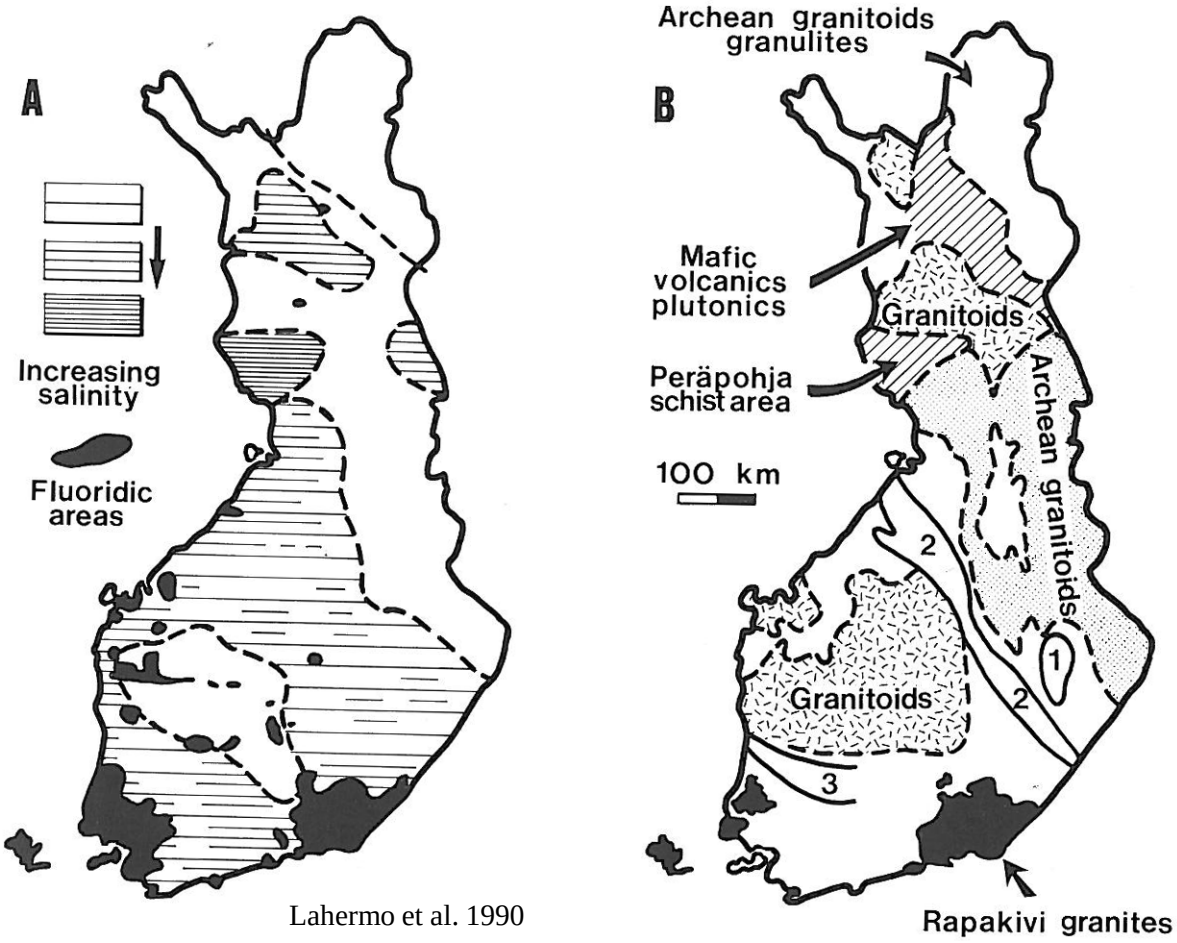
Purovedet



Lahermo et al. 1990

Hydrologia

- Suomessa kallioperän ja maaperän vaikutus pohja- ja pintavesiin on selkeä
- Yleensä kohonneilla pitoisuuksilla on vain positiivisia vaikutuksia esim. kasvun ja ravinteikkuuden kannalta



Lahermo et al. 1990

Muut maaperän tekijät

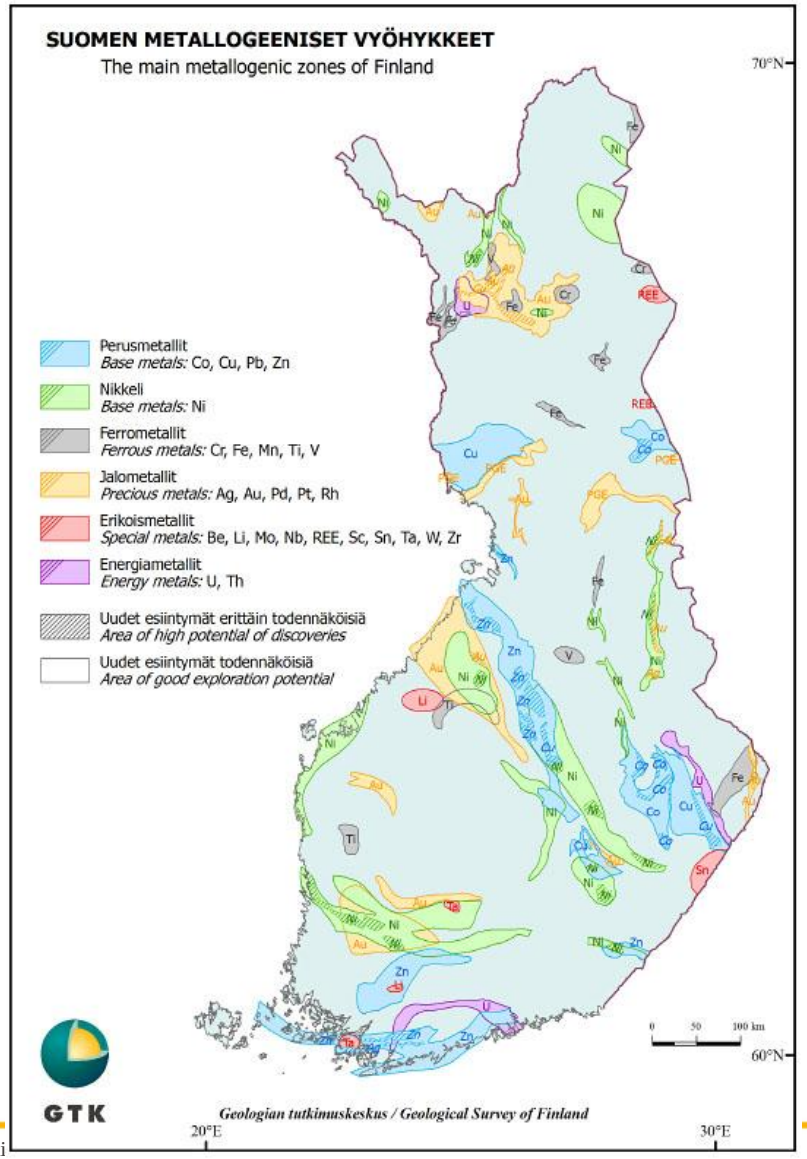
- Maannosprosessit vaikuttavat joka paikassa maaperän mineralogiseen ja geokemialliseen koostumukseen => suora vaikutus esim. biosaatavuuteen
  - Suomessa Podsol-maannos yleisin

- Hydrologiset olosuhteet voidaan ajatella valuma-aluetasoisessa tarkastelussa melko tasaisiksi, mutta ne voivat vaihdella huomattavasti pienelläkin alueella topografiasta, alla olevan kallioperän rakenteista ja maaperän ominaisuuksista johtuen

- Suot toimivat merkittävänä vesivarastona ja puskurina luontaisessa alkuaineiden kierrossa
  - Turve sitoo tehokkaasti vesien mukana kulkevia alkuaineita, kuten raskasmetalleja ja radioaktiivisia alkuaineita

- Pintamaan luonnolliset prosessit ja hydrologia häiriintyvät suuresti maan muokkauksen ja ojituksen seurauksena
  - Kemialliset prosessit häiriintyvät ja mineralogia muuttuu => stabiilitkin alkuaineet voivat lähteä liikkeelle
  - Ojittamisella, metsittämisellä ja soiden turpeen käytöllä on vaikutuksensa luontaisiin prosesseihin

Lappi malmien aarreaitta



Kaivokset ja ajankohtaiset tutkimuskohteet — *Active Mines and Current Projects*

Helmikuu 2012 — February 2012

Jalometallit — *Precious Metals*

1. Iso-Kuotko gold - Agnico-Eagle Ltd
2. Hanhimaa gold - Dragon Mining Ltd
3. Kittilä gold - Agnico-Eagle Ltd
4. Kettukuusikko gold - Taranis Resources Inc.
5. Naakenavaara gold - Taranis Resources Inc.
6. Pahtavaara gold - Lappland Goldminers Ab
7. Kiekerömaa gold - Tertiary Minerals Plc
8. Rompas gold, uranium - Mawson Resources Ltd
9. Suhanko-Konttijärvi PGE - Gold Fields Arctic Platinum Oy
10. Kuusamo gold - Dragon Mining Ltd
11. Laiva gold - Nordic Mines Ab
12. Hirsikangas gold - Belvedere Resources Finland Oy
13. Ängesneva gold – Belvedere Resources Finland Oy
14. Kopsa gold - Belvedere Mining Oy
15. Taivaljärvi silver - Sotkamo Silver AB
16. Pampalo gold - Endomines AB
17. Seinäjoki gold, antimony - Nortec Minerals Corp.
18. Osikonmäki gold - Belvedere Resources Finland Oy
19. Haveri gold - Lappland Goldminers Ab
20. Orivesi gold - Dragon Mining Ltd
21. Jokisivu gold - Dragon Mining Ltd
22. Kaapelinkulma gold - Dragon Mining Ltd

Perusmetallit — *Base Metals*

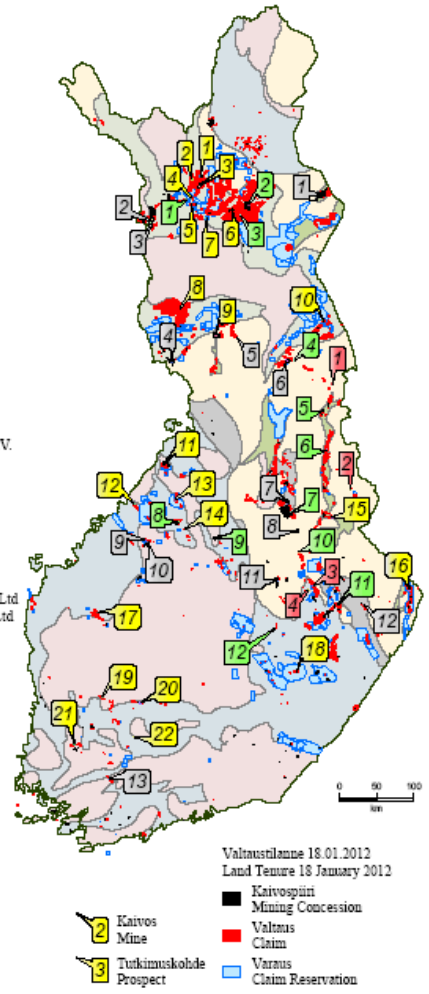
1. Riikonkoski copper, gold - Taranis Resources Inc.
2. Kevitsa nickel, copper, PGE - First Quantum Minerals Ltd
3. Sakatti nickel, copper, PGE - Anglo American Exploration B.V.
4. Läntinen Koillismaa (LK) nickel, PGE – Finore Mining Inc.
5. Kuhmo nickel - Altona Mining Ltd
6. Kuhmo nickel - Anglo American Exploration B.V.
7. Talvivaara nickel, zinc, copper - Talvivaara Mining Co.
8. Hitura nickel - Belvedere Mining Oy
9. Pyhäsalmi zinc, copper, pyrite - Inmet Mining Corp.
10. Rautavaara nickel, zinc, copper - Western Areas NL & Magnus Minerals Oy JV
11. Kylylahti copper, gold, zinc, nickel, cobalt - Altona Mining Ltd
12. Valkeisenranta, Särkiniemi nickel, copper - Altona Mining Ltd

Timantti — *Diamond*

1. Kuusamo - Sunrise Resources Plc
2. Kuhmo - Karelian Diamond Resources Plc
3. Kaavi-Kuopio - Sunrise Resources Plc
4. Kaavi - Mantle Diamonds Ltd & Firestone Diamonds Developments JV

Muut — *Other Commodities*

1. Sokli phosphorus, niobium - Yara International ASA
2. Sivakkalehto iron - Tertiary Minerals Plc
3. Kolari iron, gold, copper - Northland Resources Ab
4. Kemi chromium - Outokumpu Chrome Oy
5. Ranua uranium - Mawson Resources Ltd
6. Mustavaara vanadium - Mustavaaran Kaivos Oy
7. Punasuo talc, nickel - Mondo Minerals Oy
8. Alanen talc - Luzenac Suomi Oy
9. Läntti lithium - Keliber Resources Ltd
10. Koivusaarenneva ilmenite - Kalviniit Oy
11. Siilinjärvi phosphorus - Yara International ASA
12. Eno uranium - Mawson Resources Ltd
13. Tammela lithium, tin, tantalum - Nortec Minerals Corp.



GTK

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND
www.gtk.fi

Kaivostoiminnan vaikutus ympäristöön

- Kaivoksen perustaminen vaatii varsinaisen kaivosalueen lisäksi hyvän infrastruktuurin, jonka rakentamisesta syntyy ympäristövaikutuksia

- Varsinaisessa louhos- ja rikastustoiminnassa ratkaisevaa on toiminnan tyyppi eli onko kyseessä avolouhos vai maanalainen kaivos, koska avotoiminnalla on laajemmat ja suuremmat vaikutukset ympäristöön
  - Avolouhos on kustannustehokkaampi ja siksi alkuvaiheessa suositumpi

- Kaivostoiminnasta syntyy ympäristövaikutuksia monella tavalla ja toiminnan muoto ja laajuus vaikuttavat niiden määrään
  - Avolouhokset ovat laaja-alaisempia kuin maanalaiset ja pölykuormitus on moninkertainen
  - Sekä louhinnalla, rikastamisella että jätekiven ja rikastushiekan varastoinnilla on vaikutus vesistöön; haittoja voidaan minimoida erilaisilla pohja- ja patoratkaisuilla sekä peittämisellä
  - Käytetyillä rikastusmenetelmillä on merkitystä erityisesti kaivosalueella, mutta niillä voi olla myös ympäristövaikutuksia
  - Jätteiden oikealla varastoinnilla ja huolellisella maisemoinnilla voidaan ehkäistä tehokkaasti haitallisia ympäristövaikutuksia toiminnan loputtua

- Rikastusprosessin päästöillä ja vesitaloudella ovat suurimmat vaikutukset ympäröivään luontoon

Geologinen vs. luonnollinen puhtaus

- Geologiset tekijät ja maankamaran ominaisuudet ovat lähtökohdiltaan luontaista puhtautta
  - Siihen ei ole vaikuttanut esim. ihmisen toiminta

- Koska kallio- ja maaperän ominaisuudet vaihtelevat suuresti niin globaalisti, alueellisesti kuin ennen kaikkea kohteellisesti, niin myös alkuaineiden pitoisuusvaihtelut ovat luontaisesti suuria

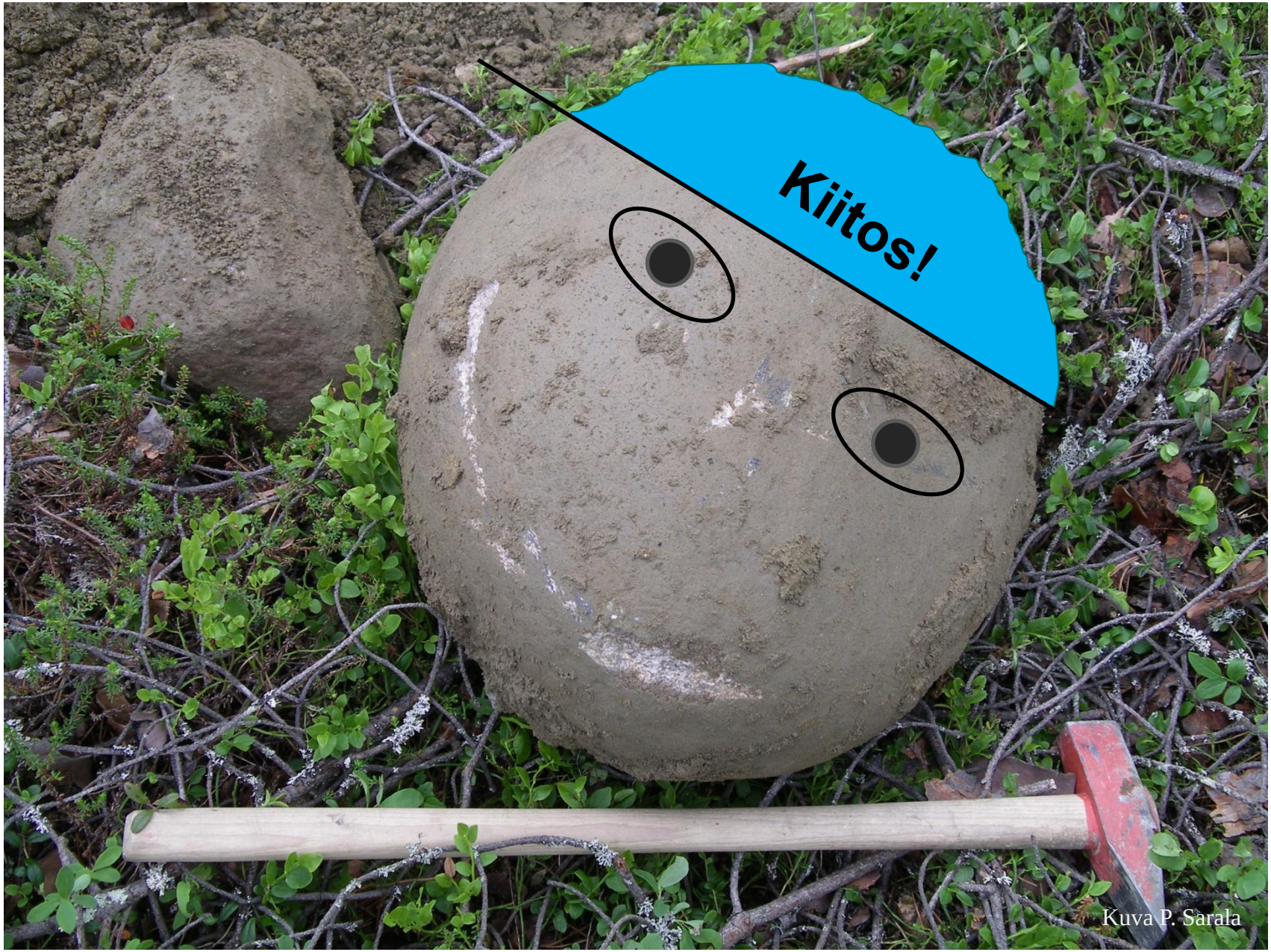
- Kallio- tai maaperän pitoisuudet eivät kuitenkaan ole suoraan verrannollisia luonnontuotteiden alkuainepitoisuuksiin, koska
  - maannosprosessissa pintamaan mineralogia ja kemia muuttuu ja
  - toisaalta kasvit suodattavat ja ”valikoivat” ottamiaan hivenaineita

- Ihmisen toiminnan kautta myös geologiset ja ns. luontaiset maaperän prosessit voivat häiriintyä ja sen seurauksena geokemialliset olosuhteet muuttuvat
  => vaikutus kasvien ja maaperän kemiallisiin ominaisuuksiin

Yhteenveto

- Geologisesti tarkasteltuna luonnollinen alkuaineiden pitoisuustaso on riippuvainen kallio- ja maaperän koostumuksesta = luonnollinen ”puhtaus”
- Maaperän alkuainepitoisuustasot voivat vaihdella suuresti, mutta sillä ei välttämättä ole suoraa vaikutusta kasvien ja eliöiden pitoisuustasoihin
- Ihmisen toiminta vaikuttaa jossain määrin myös geologisiin prosesseihin ja voi muuttaa luontaista tilaa
- Geologisesti tarkasteltuna Lappia voidaan pitää erittäin luonnollisena ja puhtaana alueena

Kuva M. Moilanen


Kiitos!
Kuva P. Sarala