K 21.42/2002/7
RAPORTTITIEDOSTO N:O 4726

Kallioperän rakennettavuuskartta 1:50 000 - Espoo, Helsinki, Vantaa

Kallioperän geologiseen kehitykseen pohjautuva rakennettavuusluokittelu

Versio 15.11.2002

Pajunen Matti[1], Airo Meri-Liisa[1], Elminen Tuija[1], Niemelä Reijo[1], Salmelainen Juha[2], Vaarma Markus[1], Wasenius Pekka[1], Wennerström Marit[1]

[1]*Geologian tutkimuskeskus*, [2]*Kalliosuunnittelu Oy*

Kallioperän rakennettavuusmalli taajamiin - projekti

Kallioperän rakennettavuuskartalla on esitetty geologiseen ja geofysikaaliseen tutkimukseen ja kartoitukseen perustuva kuvaus kallioiden eheydestä/rikkonaisuudesta. Eheyttä/rikkonaisuutta säätelevät kivilajien duktiileissa olosuhteissa syntyneet deformaatiorakenteet sekä niitä hauraammat siirrokset, heikkousvyöhykkeet ja raot. Nämä kallioperän teknisiin ominaisuuksiin vaikuttavat rakenteet ovat maankuoren monivaiheisen tektonisen, metamorfisen ja magmaattisen kehityksen tulosta.

Kartalla geologinen eheysluokittelu on yhdistetty yleisesti käytössä oleviin kallioluokitusmenetelmiin geologisten maastoaineistojen, geofysikaalisten matalalento-aineistojen ja maanpinnan korkeusaineiston analyysin kautta. Peitteisten alueiden tulkinta on tehty rakennegeologisin ja geofysikaalisin menetelmin. Rakennettavuuskartan tärkeimmät luokitteluihin käytetyt aineistot esitetään 1:250 000 mittakaavaisissa oheiskartoissa.

Kartta on ensimmäinen kehitettäväksi tarkoitettu versio kallioperän tutkimustiedon saattamisesta soveltajia palvelevaan muotoon. Sen tuottamista on kuvattu raporteissa (Pajunen et al. 2002a ja 2002b) ja siihen liittyy erillinen selitysraportti (Pajunen et al. 2002c). Käytetyt aineistot on koottu digitaaliseen muotoon.

GTK TEKES KALLIOSUUNNITTELU OY ROCKPLAN LTD
ESPOO ESBO SCC VIATEK

Toteuttaja:
Geologian tutkimuskeskus

Yhteistyössä:
Espoon kaupunki
Geotekniikka yksikkö
Espoon Vesi
Kaupunkisuunnittelukeskus,
Ympäristön ja teknisten palveluiden toimiala
Helsingin kaupunki
Kiinteistöviraston geotekninen osasto
Helsingin Energia
Helsingin Vesi
Vantaan kaupunki
Tekninen toimiala, Katutekniikka
Teknologian kehittämiskeskus
Kalliosuunnittelu Oy
Viatek Oy

RAKENTEELLISET PÄÄALUEET

Monivaiheinen svekofenninen orogenia (1.89-1.8 Ga) jakoi kartta-alueen kallioperää hiertovyöhykkeiden ja siirrosten rajaamiin osiin, joita luonnehtivat erilaiset litologiset ja rakenteelliset piirteet. Myöhäisemmät subjotuniset (1.65 Ga), postjotuniset (1.25 Ga), kaledonidiset (0.5 Ga) ja jääkauden jälkeiset liikunnot keskittyivät usein vanhoihin svekofennisiin heikkoussaumoihin.

Pohjakartta perustuu Geologian tutkimuskeskuksen magneettiseen lentomittausaineistoon.

A = Loiva-asentoinen graniittien-granodioriittien luonnehtima eheähkö alue; taipuneita doomi-allasrakenteita
B = Doomi-allasrakenteiden luonnehtima eheähkö granitoidi- ja kiillegneissialue
C = Monivaiheisen NE-SW-suuntaisen taipuman ja siihen liittyvien NE-SW- ja N-S-suuntaisten siirrosten luonnehtima kivilajeiltaan vaihteleva paikoin rikkonainen alue

1. Lohkoja A-C rajaavat monivaiheiset siirrosvyöhykkeet; Porkkalan-Mäntsälän ja Vuosaaren-Korson vyöhykkeet
2. Lohkoja A-C yhtenäisiin osa-alueisiin jakavia rajapintoja; plastisia hierto- ja siirrosvyöhykkeitä
3. Duktiileja ja semiduktiileja hierto- ja siirrosvyöhykkeitä
4. Duktiileja-semiduktiileja siirrosvyöhykkeitä, joita luonnehtii voimakas muuttuminen
5. Semihauraita-hauraita rikkonaisuusvyöhykkeitä.

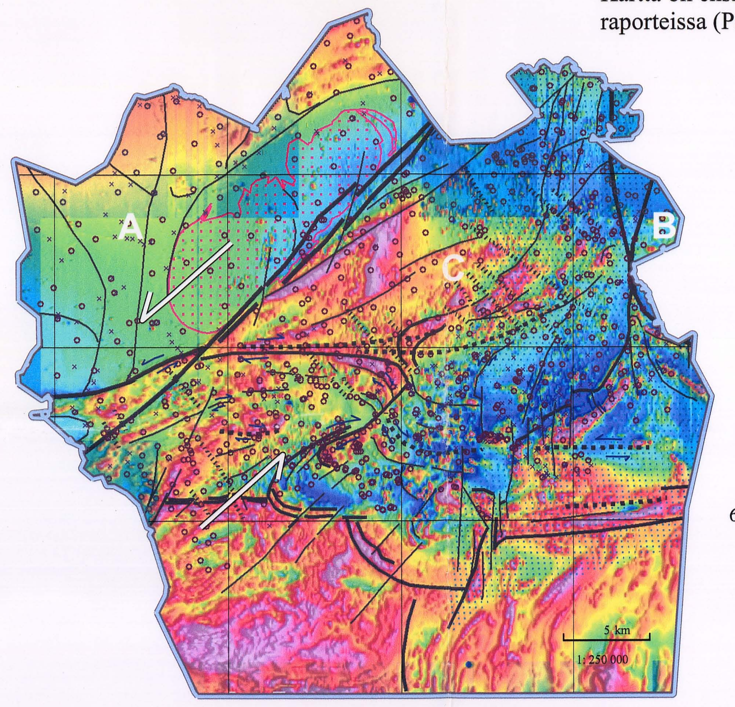
Liikesuunta laajassa monivaiheisessa NE-SW-taipumassa
Liikesuunta muissa hiertovyöhykkeissä ja siirroksissa

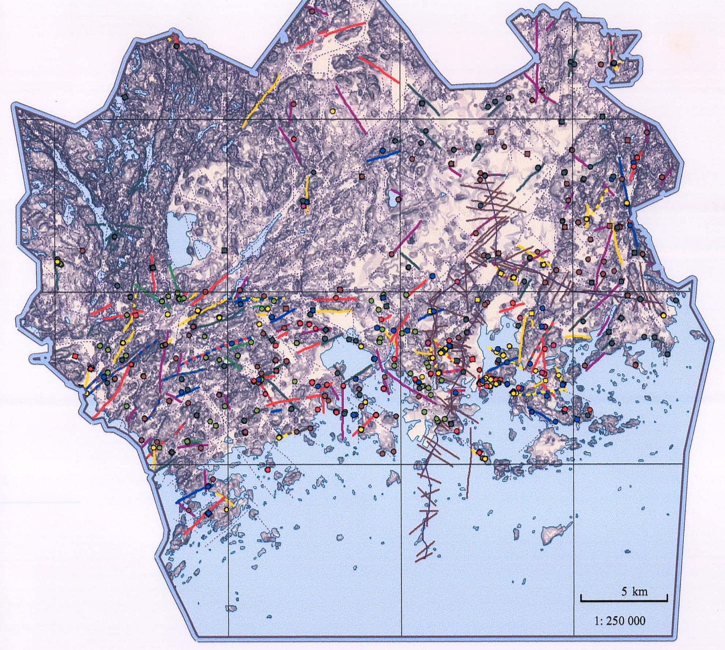
Bodomin rapakivi, 1.65 Ga

N-S-suuntaisten taipumien ja siirrosten luonnehtima alue

Kartoituksessa käytetyt havaintopisteet
o Täydelliset tektoniset ja rakoiluhavainnot (701kpl)
× Erillishavaintoja rakenteista ja rakoilusta (283 kpl)

300 / 60 / -50 / -160 / -340 nT — Suuri / Pieni — Magneettikentän voimakkuus





SIIRROSRAKENTEET

Kalliopaljastumien todetut siirrosrakenteet ja rakoiluvyöhykkeet (pistesymboli) heijastelevat lähistönsä topografististen painanteiden heikkousvyöhykeominaisuuksia (viivasymboli). Siirrosten geologinen luokittelu on tehty siirroskivien mikroskooppisen ja makroskooppisen rakenteen perusteella. Kartalla on esitetty myös tunnelihavainnot heikkousvyöhykkeistä, joita on käytetty rakennettavuusluokittelun pohjana (vyöhykkeiden luokittelu on esitetty rakennettavuuskartassa)

Siirroskivirakenne paljastumalla
Kaade 50-90° Kaade 0-49°
- Proto- ja ortomyloniitti
- Ultramyloniitti ja pseudotakyliitti
- Breksiat ja siirrosbreksiat
- Rakosiirros
- Voimakkaasti muuttunut vyöhyke
- Rakotihentymä (jyrkkä ja vaaka)
- Ruhje (Espoon ja Helsingin aineistot)

Tulkittu siirroskivirakenne
- Proto- ja ortomyloniitti
- Ultramyloniitti ja pseudotakyliitti
- Breksiat ja siirrosbreksiat
- Rakosiirros, breksiat
- Rakotihentymä, breksiat
- Ruhje (Espoon ja Helsingin aineistot)
- Kaksiväriset viivat kuvaavat monivaiheisia siirroksia
- Heikkousvyöhyke tunnelissa, rakennettavuusluokitus Rakennettavuuskartassa
- Luokittelematon siirros
- Tunnelilinjat

Proto- ja ortomyloniitit ovat syvällä maankuoressa syntyneitä duktiileja siirrosrakenteita, jotka eivät ole menettäneet koheesiotaan deformaation aikana. Rakenteet ovat eheitä, mutta ne ovat usein toimineet purkauskanavana myöhemmille liikunnoille, jolloin on syntynyt lisäksi hauraampia rakenteita.

Ultramyloniitit ja pseudotakyliitit ovat pääasiassa vaihettuvia siirrosrakenteita. Niiden syntyessä kallioperä on käyttäytynyt osin muovautuvasti, osin hauraasti.

Breksiat, siirrosbreksiat ja rakosiirrokset ovat hauraita rakenteita, jotka ovat syntyneet lähellä maan pintaa kallioperän rikkoutuessa liikunnoissa mekaanisesti. Kiviaines on niissä joko iskostunut kiinteäksi (breksiat) tai on edelleen irtonaista (siirrosbreksiat).

Rinnekartta. Vaalein alue tasaista maastoa, rinteet jyrkkyyden mukaan tummenevia

RAKOILUOMINAISUUKSIA

Kalliopaljastumien eheyttä/rikkonaisuutta selvitettiin rakoilun avulla (647 havaintopistettä). Paljastumalta valittiin kallioalueen rakoilua mahdollisimman hyvin edustava mittauskohde (keskimäärin 400 m²). Rakoilusta koottiin sekä dimensionaalista että laatuun liittyvää tietoa: rakosuunnat, suuntien lukumäärä, rakotiheys, -tihentymät, -pituus ja -tyyppi; rakopintojen ominaisuuksia: kaarevuus, karheus, muuttuneisuus, rapautuneisuus ja tietoa rakojen vedenjohtavuuksista. Rakoaineiston luokittelussa sovellettiin osittain kalliorakentamisessa yleisesti käytössä olevia kalliolaadun raja-arvoja (esim. Q-luokitus).

Rakotiheys ja suhteellinen lohkarekoko

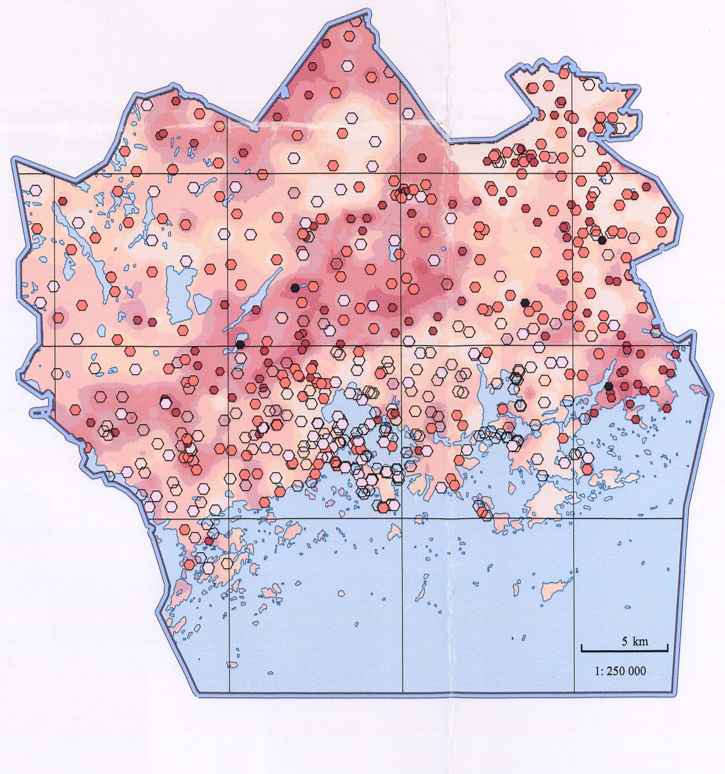
Kartalla on kalliopaljastumilta mitattuun aineistoon perustuva rakotiheys. Rakovälipinta on laskettu kahden pääraakosuunnan tiheyksien avulla. Suhteellinen lohkarekoko on määritetty rakotiheyden ja rakosuuntien lukumäärän avulla (RQD/Jn). Vaaleat kohdat rakovälipinnassa osoittavat harvaanrakoilleita alueita. Pienet, tummat lohkarekokosymbolit kertovat kallion rakoilleen tiheästi näillä paljastumilla. Sijaitessaan vaalealla pohjalla pieni lohkarekokosymboli merkitsee suurta rakosuuntien lukumäärää (Jn).

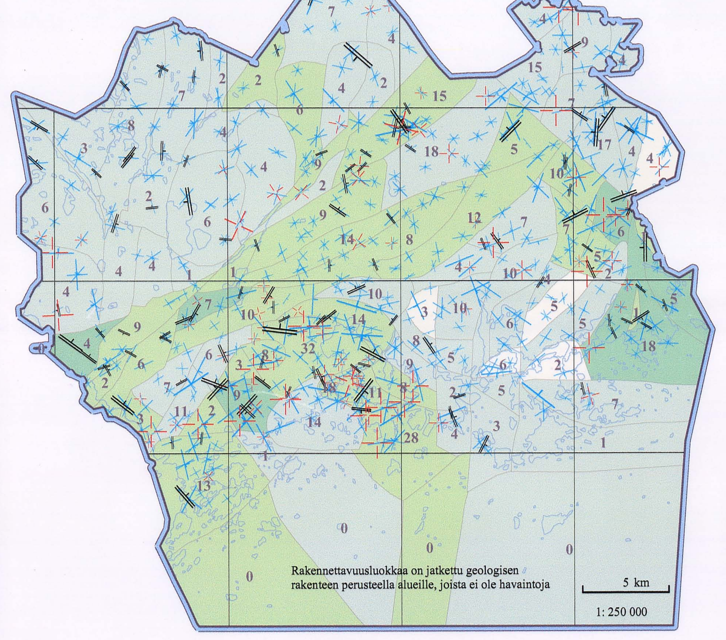
Rakoväli (m)
2 - 20
1.51 - 1.9
1.01 - 1.5
0.76 - 1
0.5 - 0.75
0.3 - 0.49
0.01 - 0.29

Rakotiheysjakaumaa kuvaava pinta interpoloitiin havaintopisteistä (647) kahden pääraakosuunnan rakovälistä laskettujen geometristen keskiarvojen avulla. Interpoloinnissa käytettiin painotettua käänteisetäisyysmenetelmää (Inverse distance weighted), kuutta naapuripistettä ja painotuksena 2.

Suhteellinen lohkarekoko (RQD/Jn)
2 - 4
5 - 6
7 - 8
9
10 - 58

Maastohavaintoja hyväksikäyttäen laskettiin paljastumakohtaisesti: rakosuuntien lukumäärätekijä (Jn), keskimääräinen kokonaisrakotiheys m3:lla (Jv), rakennusgeologinen RQD-luku (%) ja näiden avulla karkeahko arvio suhteellisesta lohkarekoosta (RQD/Jn).





Rakopituus

Kuvan rakopituudet esittävät kalliopaljastumilta mitattuja, suunnittain laskettuja keskiarvoja (1449 havaintoa). Pituusarvoihin on tehty korjaus, joka ottaa huomioon mittausalueen läpi jatkuvien rakojen suhteellisen osuuden. Pituushavainnoista esitetään kolme päärakosuuntaa.

Kaade 46-90°	Kaade 11-45°	Kaade 0-10°	Pituus
			0.1 - 4.9 m
			5 - 9.9 m
			10 - 20 m
			20.1 - 45 m

Rakennettavuusluokka osa-alueittain (93 aluetta) ja luokitteluun käytettyä havaintopisteiden lukumäärä.

3	A
6	B
5	C
9	D

RAKENNETTAVUUSKARTTA 1: 50 000

HEIKKOUSVYÖHYKKEET

Heikkousvyöhykkeiden rakennettavuusluokka on määritetty korreloimalla tunneleiden rakennettavuusluokiteltuja (RG-luokitus) vyöhykkeitä geologisesti luokiteltuihin siirroksiin paljastumilta. Luokitteluperusteita ovat lisäksi vyöhykkeen dimensio (pituus, leveys) sekä rakennetta heikentävät tekijät, kuten muuttuminen ja hauraat rakenteet. Heikkousvyöhykkeitä kartalla kuvaavat viivat on sijoitettu yleensä topografisten painanteiden keskelle. Asianomaisten rakennettavuusluokkien mukaisia heikkousvyöhykkeitä voi esiintyä sekä viivan alueella että sen lähiympäristössä.

Rakennettavuusluokka

Katkoviivalla esitetyt vyöhykkeet on integroitu ja tulkittu maastohavainnoista sekä geofysikaalisesta ja tunneliaineistosta. Yhtenäisellä viivalla esitetyt vyöhykkeet ovat edellisen lisäksi paljastumalla havaittujen siirrosrakenteiden perusteella varmennettuja. Tunneleiden maastoon jatketut alunperin RG-luokitellut vyöhykkeet on merkitty pistekatkoviivalla.

Rikkonaisuuden määrä lisääntyy

1. Kivilaatu rapautumaton tai vähän rapautunut (Rp0-1). Raot avonaisia tai savitäytteisiä. Haarniskapintoja. Pienet rakoavaumat (<2 mm). Kalliolaatu RiIII-RiIV. Kohtalainen lohkarekoko (>30 dm3). Rakosysteemi selvästi todettavissa. Vyöhykkeen leveys <2m. Rakoilun vedenjohtavuus heikkoa.

2. Kivilaatu vähän tai runsaasti rapautunut (Rp1-2). Raot avonaisia tai savitäytteisiä. Haarniskapintoja. Kohtalaiset rakoavaumat (2-5 mm). Kalliolaatu RiIV. Kohtalainen - pieni lohkarekoko, (30-10 dm3). Rakosysteemi todettavissa heikosti. Vyöhykkeen leveys 2-5 m. Rakoilun vedenjohtavuus kohtalaista.

3. Kivilaatu runsaasti tai täysin rapautunut (Rp2-3). Raot muru- tai savitäytteisiä. Suuret rakoavaumat (>5 mm). Kalliolaatu RiIV-RiV. Pieni lohkarekoko (<10 dm3). Vyöhykkeen leveys >5m. Rakoilun vedenjohtavuus suurta.

Merialueen heikkousvyöhykkeet
- Topografiasta tulkittu
- Topografiasta ja geofysikaalisesta aineistosta tulkittu

Liuskeisuuden kulku ja kaade
- 0 - 5°
- 6-89°
- Pysty

Rakenteen muotoviiva

Kivilajit (Ympyrät kallioperäkartalta, neliöt projektin havaintoja)
- Amfiboliitti, emäksinen vulkaniitti
- Intermediäärinen vulkaniitti
- Kvartsi-maasälpägneissi, hapan vulkaniitti
- Kiillegneissi
- Gabro
- Granodioriitti
- Graniitti
- Rapakivi

RAKOILU

Kartta-alue jaettiin rakenteeltaan ja kivilajeiltaan 94 yhtenäiseen osa-alueeseen (ks.Rakopituus kartta), joiden sisäistä rikkonaisuutta tarkasteltiin kalliopaljastumien rakoiluominaisuuksien avulla. Perusjaottelu tapahtui pääasiassa kolmen ominaisuuden perusteella: rakotiheys, rakopituus ja rakosuuntien lukumäärä. Rakotihentymien ja haarniskapintaisten rakojen runsas esiintyminen, rakopintojen heikot kitkaominaisuudet, kuten sileys, suoruus, avoimuus, rapautuneisuus ja rakojen runsas vedenjohtavuus laskivat rakennettavuusluokkaa.
Paljastuma-alueet on esitetty tummennettuna (Geologian tutkimuskeskus, maaperäkartoitusaineisto).

Rikkonaisuuden määrä lisääntyy

A — Vallitseva rakoväli on yli 1 m, rakopituudet jäävät alle 10 m ja selkeästi mitattavissa olevia rakosuuntia on enintään 2 (Jn 1-4). Haarniskapintoja ja rakotihentymiä ei esiinny.

B — Rakoväli on pääsääntöisesti >0.5-1 m, rakopituus on alle 10 m ja rakosuuntien lukumäärä 2 ja satunnaisia, tai 3 (Jn 6-9). Yksittäisiä haarniskapintoja voi esiintyä.

C — Rakoväli on vallitsevasti 0.3-0.5 m, rakopituus on alle 20 m ja rakosuuntia voi olla 3 ja satunnaisia (Jn 12). Haarniskapintoja voi olla kohtalaisesti (1-4/100 m²).

D — Rakoja esiintyy vallitsevasti <0.3 m välein. Rakopituudet kasvavat yli 20 m ja rakosuuntia on 4 tai useampia (Jn 15-). Haarniskapintoja voi esiintyä runsaasti.

Yllä on kuvattu perusjaottelussa käytetyt kriteerit.
Rakennettavuusluokkaa laskevat ominaisuudet esitetään ohessa.
Osa-alueella mainittu ominaisuus oli vallitsevana vähintään toisessa päärakosuunnassa havaintopisteissä. Esimerkiksi symboli C/Bsi tarkoittaa osa-aluetta, jossa suorien ja sileiden rakojen runsas esiintyminen on laskenut rakennettavuusluokan B:stä C:hen.

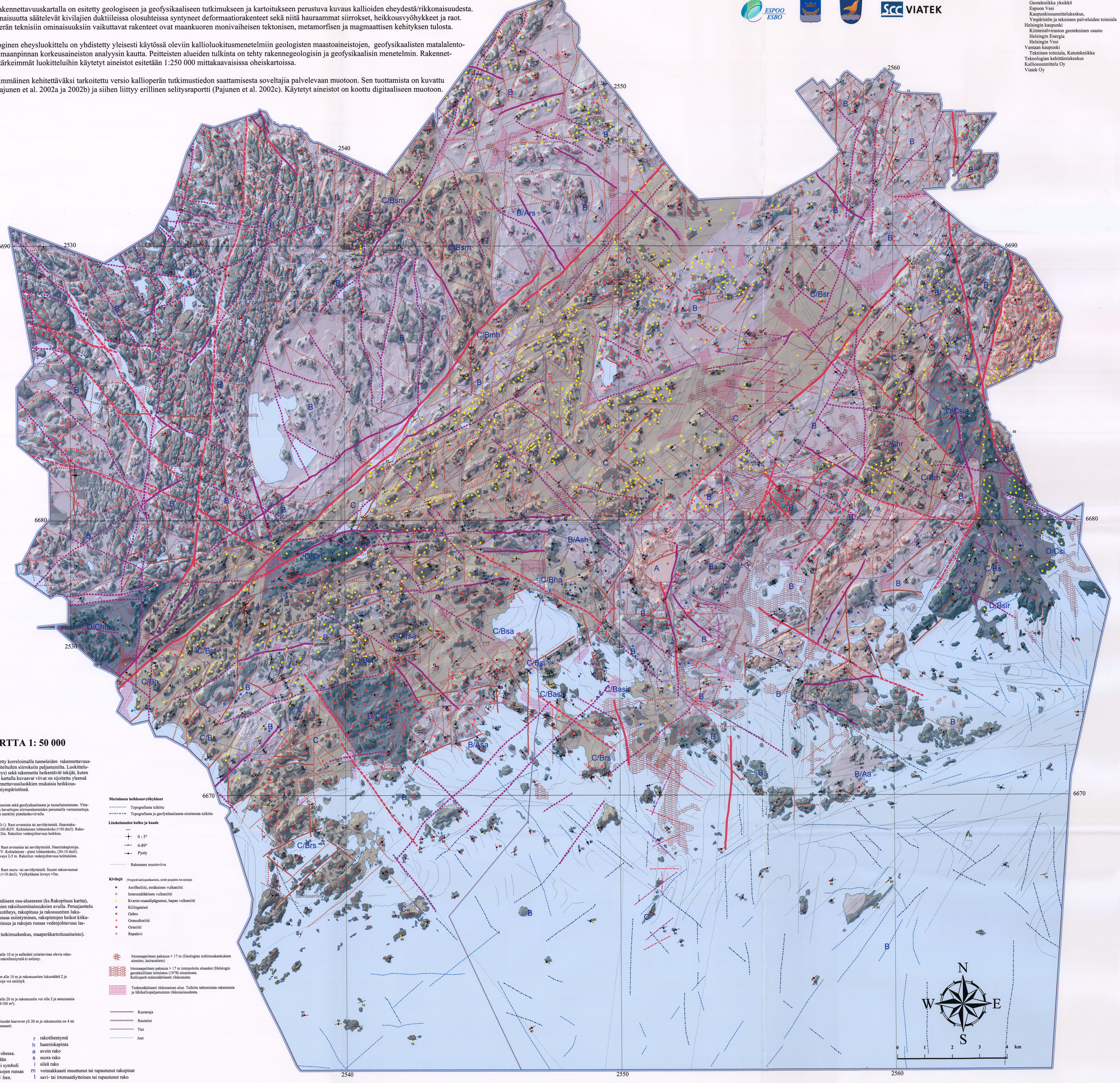
- r rakotihentymä
- h haarniskapinta
- a avoin rako
- s suora rako
- i sileä rako
- m voimakkaasti muuttunut tai rapautunut rakopinat
- t savi- tai irtomaatäytteinen tai rapautunut rako

Irtomaapeitteen paksuus > 17 m (Geologian tutkimuskeskuksen aineisto, kairaustieto)

Irtomaapeitteen paksuus > 17 m interpoloitu alueeksi (Helsingin geoteknillisen toimiston (1978) aineistosta. Kallioperä todennäköisesti rikkonaista.

Todennäköisesti rikkonainen alue. Tulkittu tektonisista rakenteista ja lähikalliopaljastumien rikkonaisuudesta.

- Kuntaraja
- Rautatiet
- Tiet
- Joet



Muu työryhmä:
Ahlsved Christer (1), Gustavsson Nils (1), Holtari Matti (2), Ikävalko Ossi (3), Koistinen Tapio (1), Korsman Kalevi (1), Lindh Anneli (1), Mertanen Satu (1), Raudasmaa Pekka (4), Roinisto Jarmo (5), Sandholm Göran(1), Turunen Tuomo (1), Väisänen Markku (1).
(1) Geologian tutkimuskeskus, (2) Vantaan kaupunki, (3) Espoon kaupunki , (4) Helsingin kaupunki, (5) Kalliosuunnittelu Oy.

Gauss-Krüger -projektio, keskimeridiaani 24° itäistä pituutta
Suomen kartastokoordinaattijärjestelmä (kkj)

Aineistot:
Geologian tutkimuskeskus, Espoon kaupunki, Helsingin kaupunki,
Pohjakartta, Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MYY/02

Helsingin geoteknillinen toimisto,1978. Helsingin geotekniset kartat 1 : 10 000. Helsingin kaupunki.
Härme, M., 1969. Kerava. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkartta, lehti 2043. Geologinen tutkimuslaitos.
Laitala, M., 1960. Siuntio. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkartta, lehti 2032. Geologinen tutkimuslaitos.
Laitala, M., 1967. Helsinki. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkartta, lehti 2034. Geologinen tutkimuslaitos.
Laitala, M., 1994. Lohja. Suomen geologinen kartta 1 : 100 000. Kallioperäkartta, lehti 2041. Geologian tutkimuskeskus.
Pajunen M., Airo M.-L., Elminen T., Niemelä R., Salmelainen J., Vaarma M., Wasenius P. & Wennerström M., 2002a. Raportti I. Menetelmänkehitys ja ohjeistus. "Kallioperän rakennettavuusmalli taajamiin" -projekti. Geologian tutkimuskeskus. Raportti K.21.42/2002/5. 85 s.
Pajunen M., Airo M.-L., Elminen T., Niemelä R., Salmelainen J., Vaarma M., Wasenius P. & Wennerström M., 2002b. Raportti III. Projekti pähkinänkuoressa. "Kallioperän rakennettavuusmalli taajamiin" -projekti. Geologian tutkimuskeskus. Raportti K.21.42/2002/5. 28 s.
Pajunen M., Airo M.-L., Elminen T., Niemelä R., Salmelainen J., Vaarma M., Wasenius P. & Wennerström M., 2002c. Raportti II. Rakennettavuuskartan selitys. "Kallioperän rakennettavuusmalli taajamiin" -projekti. Geologian tutkimuskeskus. Raportti K.21.42/2002/6. 42 s.

Viittaustapa:
Pajunen M., Airo M.-L., Elminen T., Niemelä R., Salmelainen J., Vaarma M., Wasenius P. ja Wennerström M. 2002. Kallioperän rakennettavuuskartta 1 : 50 000 - Espoo, Helsinki, Vantaa. "Kallioperän rakennettavuusmalli taajamiin"- projekti. Geologian tutkimuskeskus. Julkaisematon kartta. K.21.42/2002/7.