

# Maaperän paksuus FIRE-linjoilla Lapissa

HARRI MAIJANEN, VELI-PEKKA SALONEN  
& PEKKA HEIKKINEN

Tieto maaperän paksuudesta ja kalliopinnan asemasta on tärkeää monissa käytännön tutkimuksissa. Sitä tarvitaan esimerkiksi malminetsinnässä, pohjavesitutkimuksissa, maankamaran pilaantumistutkimuksissa sekä kaikenlaisessa rakentamisessa. Kalliokynnykset toimivat usein pohjaveden virtauksen vedenjakajina. Vedenottamon suunnittelussa kalliokynnysten paikantamisella on merkitystä etenkin silloin, kun lähistöllä on pohjaveden laatua uhkaavaa toimintaa. Myös maanteiden ja rautateiden rakennussuunnitelmia varten joudutaan selvittämään kalliopinnan asema. Leikkauksissa joudutaan louhimaan kalliota, millä on vaikutusta rakentamiskustannuksiin. Padot ja sillat perustetaan normaalisti kalliion pintaan asti joko suoraan tai paaluttaen. Listaa voisi jatkaa vaikka miten pitkälle.

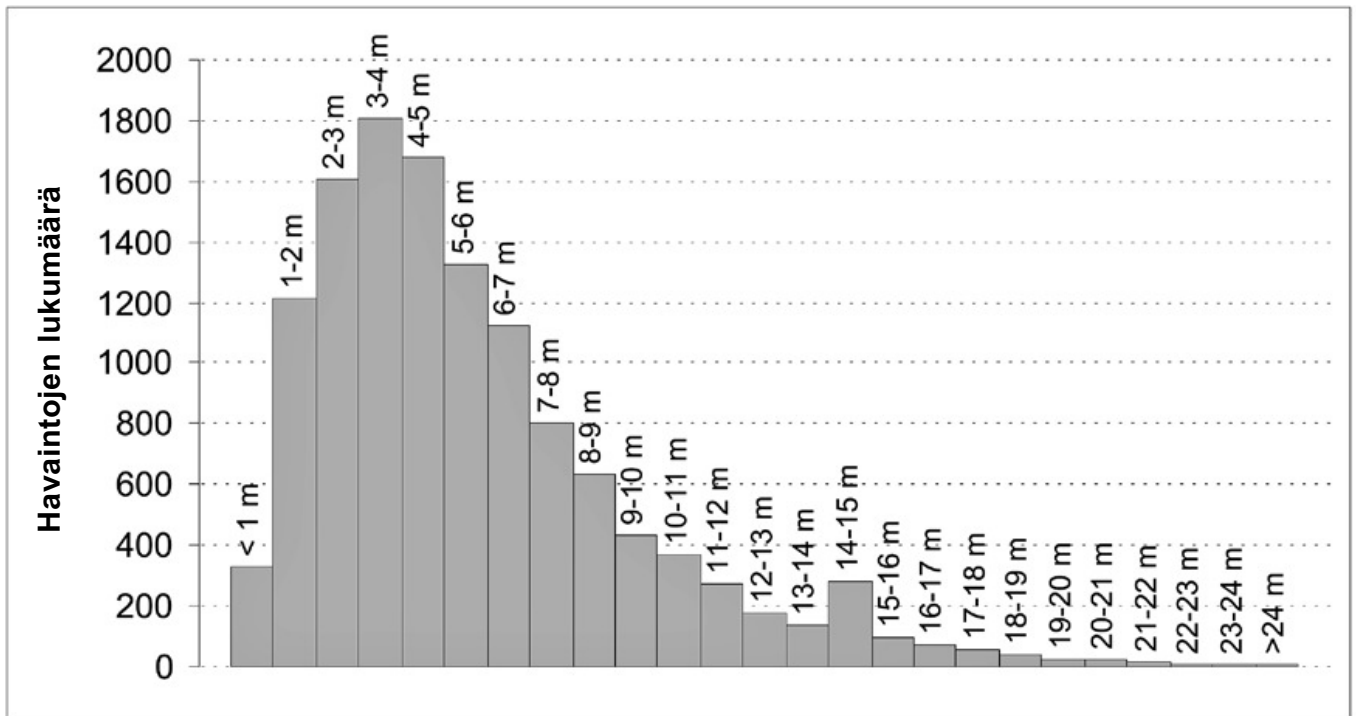
Suomen maaperän paksuutta käsittelevistä tutkimuksista on edelleenkin kattavin Veikko Okon keräämä yli 4 700 kaivaus- ja kairaustietoa sisältävä

aineisto (Okko 1964). Tutkimuksen mukaan maaperämme paksuus on useimmiten 3–4 metriä ja keskimäärin 8,6 metriä. Paikalliset vaihtelut ovat suuria paksuimpien maapeitteiden sijoittuessa jokilaaksojen savikoille.

Tämän tutkimuksen jälkeen aineistoa on kertynyt valtavasti niin kairausten kuin nyttemmin enenevässä määrin geofysikaalisten tutkimusten myötä. Maaperän paksuusdataa ei kuitenkaan ole minnekään yhtenäisesti tallennettu, joten laajempien asiaa koskevien tarkastelujen teko on varsin työlästä. Uuden mielenkiintoisen näkökulman maaperän paksuusasiaan tarjoaa koko maan alueen kattava seisminen FIRE-tutkimus (Kukkonen et al., 2006). Tämän heijastusluotausprojektin tavoitteena oli saada tietoa kuoren syvärakenteista ja kehityksestä Fennoskandian kilven keskiosissa, mutta kuin huomaamatta sen sivutuotteena syntyi myös yhtenäinen aineisto maaperän paksuudesta.



Kuva 1. Luotauslinjat 4, 4A ja 4B Pohjois-Suomessa.



Kuva 2. Maaperän paksuusvaihtelu Lapin tutkimuslinjoilla. Laskettuja havaintopisteitä on yhteensä 12 548 kpl.

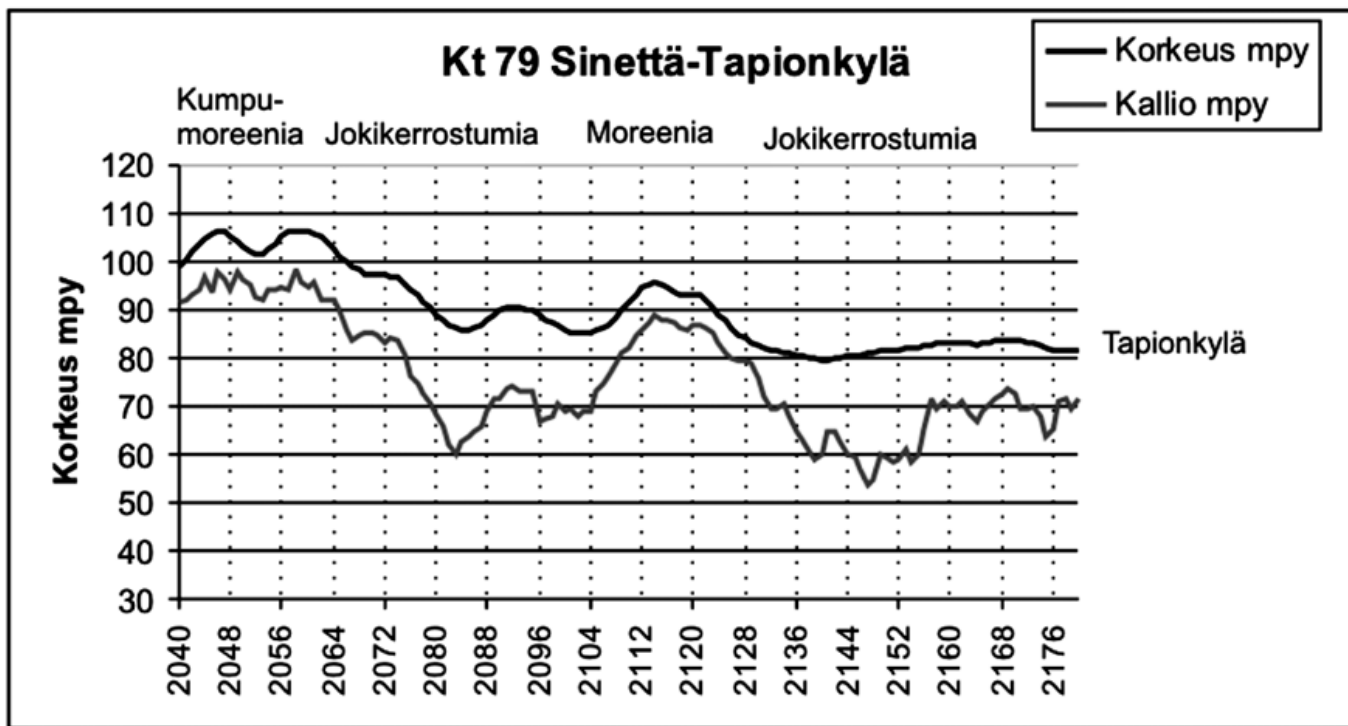
Suomen yli mitattiin kahdeksan luotauslinjaa vuosien 2001–2003 aikana, joista kolme sijoittui Pohjois-Suomeen. Linjan 4 reitti kulki Etelä-Lapin Ranualta Kittilän Sirkkaan, 4A Pohjois-Lapin Näätämöstä Sirkkaan ja linja 4B Sirkasta Muonioon (kuva 1).

Luotauksen tuottaman aineiston pohjalta selvitetiin minkälaista maaperän paksuustietoa heijastusluotaus voi antaa, mikä on sen resoluutio ja kuinka paksuus vaihtelee saadun tiedon perusteella (Maijanen 2008). Lisäksi haluttiin nähdä geologisten yleispiirteiden vaikutusta maaperän paksuusjakaumaan. Tutkimusalue sijoittui kokonaisuudessaan Lapin lääniin, josta on hiljattain koottu tulkin-tojen pohjaksi soveltuva yhtenäinen maaperäaineisto (Johansson & Kujansuu, toim 2005). Alueelta puuttuvat laajat savikot ja reunamuodostumat, mutta siellä on maaperägeologisesti toisistaan poikkeavia osa-alueita, kuten Keski-Lapin heikon eroosion alue, Rovaniemen–Ranuan kumpumoreenikenttä tai Inarin drumliinivyöhyke. Tutkimusalueen valintaan vaikutti myös se, että Keski-Lapin maaperästä on tehty aikaisemmin (Mäkinen 1975) kattava selvitys, jonka mukaan alueen maapeite on keskimäärin vähän alle kuusi metriä paksu. Geologian tutkimuskeskuksen kairausarkistoon on kertynyt myöhemmin runsaasti suoraa tietoa Pohjois-Suomen maaperän paksuudesta, jota voitiin hyödyntää tutkimuksen referenssiaineistona.

### Tutkimuksen aineisto

Maaperän paksuutta ja sen sisältämiä kerrosrajoja tutkitaan yleisesti seismisellä taittumislouduksella, joka onkin hyväksi havaittu vakiomenetelmä kalliopinnan syvyyden ja maaperän eri kerrosten selvittämiseen (esim. Mäkelä & Illmer 1992). Maatutka on toinen paljon käytetty menetelmä maaperän rakenteen, pohjaveden pinnantason ja kalliopinnan syvyyden määrittämiseen. Maatutka toimii parhaiten laajissa maalajeissa. Sen rajoituksena on heikko tunkeutumissyvyys hienojakoisiin maalajeihin, joiden sähkönjohtavuus on suuri. Muita maaperän paksuuden määrittämiseen käytettäviä menetelmiä ovat kallioperän ja maaperän tiheyseroon perustuvat gravimetriset mittaukset sekä tietysti kairaukset, jotka antavat maaperälle todellisen syvyyslukeman ja enemmän tai vähemmän tarkan kerrosrajainformaation.

Heijastusluotauksessa maahan lähetetään seisminen aalto, joka heijastuu ominaisuuksiltaan erilaisten kerrosten välisiltä rajapinnoilta. Kulkuajan perusteella voidaan rajapinnan syvyys laskea ja siten kartoittaa alla olevia geologisia rakenteita. Heijastusluotauksien tulkin-ta edellyttää maaperän paksuusvaihtelusta syntyvien kulkuajaväylien eli staattisten korjausten määräämistä. Koska ylin rajapinta edustaa maa- ja kallioperän kontaktia, tarjoaa FIRE-luotaus kiinnostavan mahdollisuuden laskea kulkuajaväyleistä satojen kilometrien yhtämittainen maapeitteen paksuusprofiili.



Kuva 3. Maanpinnan ja kalliopinnan korkeuden pituusleikkaus Sinettä-Tapionkylä väliltä. Pystyviivojen väli 400 m.

Staattiset korjaukset eliminoivat heijastusluotausaineistosta irtomaapeitteen, mahdollisen rapakallion ja maaston korkeuden vaihtelut, mikä jälkeen päästään tilanteeseen jossa luotauslinjan kaikki lähde- ja vastaanotinpisteet on laskennallisesti siirretty samalle korkeustasolle. Käytännössä staattinen korjaus kertoo, kuinka monta millisekuntia heijastuneen seismisen aallon kulkuajasta pitää vähentää tai siihen lisätä tämän siirron suorittamiseksi. Jotta maapeitteen paksuus voidaan laskea luotettavasti staattisista korjauksista, täytyy käytettävissä olla referenssipisteitä, joissa laskettu arvo voidaan kiinnittää tunnettuun syvyyteen. Tähän menetelmän kalibrointiin käytettiin GTK:n kairausaineistoa ja Tiehallinnon geoteknistä tutkimusmateriaalia.

### Tuloksia

Laskentapisteen mukaiseksi maaperän keskipaksuudeksi saatiin 5,7 metriä, moodiksi 3,5 ja keskijonoksi 3,8 metriä. Jakauma on voimakkaasti oikealle vino indeksillä 0,58. (kuva 2). Alakvartiili on 2,9 metriä ja mediaani 4,7 metriä. Suurin maaperän paksuus tutkimuslinjoilla oli hieman yli 30 metriä. Se tavattiin läheltä Kittilän ja Inarin rajaa tien 955 varrelta. Yli 25 metrin paksuuksia oli Ounasjokilaaksossa Sinettän ja Tapionkylän väliltä. Myös Kittilässä sijaitsevan Kulkujärven pohjois-

puolella oli yli 25 metriä paksu maapeitteiden jakso. Yleisesti ottaen maaperän paksuus vaihteli Ranan ja Sirkan välillä linjalla 4 selvästi enemmän kuin Sirkan ja Näätämon välisellä 4A-linjalla.

Tuloksista poimittiin muutamia jaksoja lähempään tarkasteluun. Kuvassa 3 on kalliopinnan profiilia ja sitä verhoavaa maapeitettä kuvattu Rovaniemen pohjoispuolella 7 km:n matkalla. Kuvassa ilmenevät selvästi jokilaaksoille tyypilliset paksut maapeitteet. Ounasjoki virtaa laaksossa, jota reunustavat paksut glasifluviaaliset ja fluviaaliset sedimentit. Moreenipeitteet ovat pituusleikkauksessa varsin matalia jokikerrostumiin verrattuna. Profilissa nähdäänkin selvästi erilaisten kerrostumien kaksijakaisuus. Jokikerrostumien kohdalla on maaperän paksuus muuallakin tutkimuslinjalla suurempi kuin moreenien.

### Päätelmiä

Maaperän paksuuden laskeminen Pohjois-Suomen FIRE-aineistosta tarjosi 627 km pitkän linjan, jossa mittausten pisteväli oli 50 metriä. Selvitystä, joka olisi tuottanut näin pitkän yhtämittaisen profiilin maaperän paksuudesta ei ole Suomessa aiemmin tehty. Menetelmä osoittautui käyttökelpoiseksi ja tulokset antoivat uutta yksityiskohtaista tietoa Lapin maaperän paksuudesta. On hauska todeta, että nyt saadun aineiston antama Lapin maaperän

keskipaksuus (5,7 m) vastaa täysin aikaisemman tutkimuksen (Mäkinen 1975) tulosta.

Aineisto on kiinnostava lisä aiempaan tietämykseen asiasta, vaikka menetelmällä onkin rajoitukseksi. Suurin heikkous on siinä, että tie ei noudata alkuperäisiä maaston muotoja, vaan rakennettaessa tehdään tieleikkauksia ja -pengerryksiä. Toisin sanoen tien profiili pyrkii tasoittamaan maaston muotoja. Tästä on seurauksena se, että paikoin maaperä muuttuu alkuperäistä ohuemmaksi ja toisin paikoin taas paksummaksi. Edellä kerrottu toteutuu etenkin ylemmän tieverkon eli valta- ja kantateiden tapauksissa. Menetelmän teoreettinen tarkkuus on näytteenoton teknisestä toteutuksesta johtuen noin yksi metri, mutta käytännössä tarkkuus lienee parempi. Tästä johtuen tuloksiin hyvin matalien maapeitteiden osalta on suhtauduttava varauksella. Suhteellinen virhe kuitenkin pienenee maaperän paksuuden kasvaessa.

Maaperän paksuutta luotauslinjalla säätelevät sen syntyyn liittyvät seikat. Lapissa harjujen kohdalla maapeitteen paksuus on pääsääntöisesti yli 12 metriä ja vähintään yli 8 metriä. Harjujen ulkopuolisten hiekka- ja sora-alueiden paksuudet vaihtelevat suuresti. Jokikerrostumien ja deltojen paksuudet ovat yleisimmin 8–12 metrin välillä. Paikoin tavataan jopa selvästi yli 20 metrin paksuuksia, mutta toisaalta on myös alle 4 metrin arvoja, kuten esimerkiksi Kitisen laaksossa. Dyynialueilla ja harjujen reunoilla esiintyvillä lievehietikoilla maapeite on tyypillisesti 8–12 metriä. Ilman omaa muotoa olevan peitemoreenin kohdalla paksuus on yleensä 5 metrin molemmin puolin.

Eräänä merkittävänä havaintona voidaan pitää moreenimuodostumien ohuita maapeitteitä. Luotauslinja ei kulkenut varsinaisesti drumliinialueilla, mutta sitä vastoin pitkiä matkoja moreenikumpujen ja -selänteiden peittämällä alueilla Ranualla, Rovaniemellä ja Inarissa. Moreenikumpujen välisissä painanteissa on maaperä useimmiten turvetta. Näiden kumpumoreenien luonnehtimien alueiden maapeitteen paksuus oli Ranua–Rovaniemi esiintymisalueella Narkauden harjun kaakkoispuolella keskimäärin alle 4 metriä, sen luoteispuolella hiukan enemmän. Inarissa Sevettijärven–Partakon alueella moreenikumpujen paksuus oli myös keskimäärin alle 4 metriä. On myös huomionarvoista todeta, ettei Keski-Lapin heikon glasiaalieroosion alueella, missä rapakalliot ja monimutkainen maaperän kerrosjärjestys ovat tavallista (esim. Hirvas 1991), ei maaperä kuitenkaan näytä olevan sen paksumpaa kuin muuallakaan Lapissa.

Menetelmällä on ilmeistä tutkimuspotentiaalia. Tuleekin mieleen, että vastaava tulkinta maaperän paksuudesta kannattaisi ehdottomasti tehdä myös muilta FIRE-linjoilta. Näin voitaisiin tutkia esimerkiksi Etelä-Suomen savikoita ja harjuja tai Salpausselkien aluetta Uudellamaalla, Etelä-Hämeessä ja Itä-Suomessa Joensuun seudulta Ilomantsiin. Aineisto tähän on valmiina.

## Kirjallisuus

- Hirvas, H. 1991. Pleistocene stratigraphy of Finnish Lapland. Geological Survey of Finland, Bulletin 354, 123 s.
- Johansson, P. (toim), Kujansuu, R. (toim.), Eriksson, B., Grönlund, T., Kejonen, Aimo; Maunu, M., Mäkinen, K., Saarnisto, M., Virtanen, K., ja Väisänen, U. 2005. Pohjois-Suomen maaperä: maaperäkarttojen 1:400 000 selitys. Summary: Quaternary deposits of northern Finland - explanation to the maps of Quaternary deposits 1:400 000. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. 236 p
- Kukkonen, I.T., Heikkinen, P., Ekdahl, E., Hjelt, S.-E., Yliniemi, J., Jalkanen, E. ja FIRE Working Group, 2006. Acquisition and geophysical characteristics of reflection seismic data on FIRE transects, Fennoscandian Shield, in Kukkonen, I.T. and Lahtinen, R., eds., Finnish Reflection Experiment FIRE 2001-2005: Geological Survey of Finland, Special Paper 43, p. 13-43.
- Maijanen, H. 2008. Maaperän paksuus FIRE 4-linjoilla Pohjois-Suomessa. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Geologian laitos, 60 s.
- Mäkelä, J. ja Illmer, K. 1992. Refraction seismic soundings on three crag and tail ridges in central Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland 64 (1), 23-33.
- Mäkinen, K. 1975. Maapeitteen paksuudesta Keski-Lapissa. Pro gradu -tutkielma, Turun yliopisto, Maaperägeologian laitos, 70 s.
- Okko, V. 1964. Maaperä. In Suomen geologia; ed. by Kalervo Rankama, p. 239-332. Kirjayhtymä, Helsinki 1964, 414 s. ♦

**Harri Maijanen,**  
Seismologian laitos,  
PL 68, 00014 Helsingin yliopisto

**Veli-Pekka Salonen,**  
Geologian laitos,  
PL 64 00014 Helsingin yliopisto

**Pekka J. Heikkinen,**  
Seismologian laitos,  
PL 68, 00014 Helsingin yliopisto