

Routajärityksistä ja niiden aiheuttamista routahalkeamista

AIMO KEJONEN

Odottaessani parin muun ihmisen kanssa bussia perjantaina 27.1.2012 hieman ennen kello seitsemää aamulla Retkeilijäntie 9 kohdalla olevalla bussipysäkillä (Karttalehti: 3242 12 Kuopio, $x=6978,08$, $y=3532,14$) Kuopion Puijolaaksossa jouduimme erikoisen ja osin pelottavan ilmiön todistajiksi. Yhtäkkiä jalkojemme juuresta kuului pamaus, joka jonkinlaiseksi humaukseksi muuttuen etäännytti kadun poikki häipyen jonnekin kadun vastapäätä olevalle tontille. Ilmiöön liittyi jaloissamme tuntunut, muutamia sekunteja kestänyt värinä, jonka voimaa voi verrata ohi kulkevan kuorma-auton aiheuttamaan. Muutama ihmisistä säikähti melkoisesti, mutta itselleni nousivat mieleen muistot, kuinka huvittelin syysjäällä tuuran kanssa jääpaukkuja tekemässä. Ryhdyin tarkastelemaan lähiympäristöä, ja havaitsin aurattuun katuun ilmestyneen, noin sentin levyisen halkeaman, jota siinä ei hetkeä aiemmin ollut näkynyt. Töihin meno siirtyi osaltani noin tunnin, kun aloin tutkia halkeamaa.

Halkeama kulki kohtisuoraan poikki asfalttipäällysteisten jalkakäytävän, bussipysäkkilevikeen, ajoradan ja vastapäisen jalkakäytävän. Sen pituus oli yli 20 m, ja sen molemmat päät katosivat kadunvarren lumivallien alle. Sen leveys vaihteli noin puolesta sentistä senttiin. Tutkiakseni raon syntyä ja syvyyttä hain kotoani noin

1,5 cm leveän ja vajaan millin paksuisen teräsmitan. Samalla totesin asuntoni ulkolämpömittarin näyttävän -22°C lämpötilaa. Edellisenä iltana pakkasta oli ollut vajaat 10 astetta. Matka, jonka mitta halkeamaan vaikeuksitta meni, vaihteli eri paikoissa noin 10 sentistä yli 50 senttiin. Halkeama ulottui läpi kestopäällysteen, jonka paksuus vaihtelee vajaasta 10 sentistä noin 20 senttiin. Halkeaman kokonaissyvyyttä ei käytössä olleella välineistöllä voinut varmasti mitata. Mittauksen yhteydessä totesin, että rako oli syntynyt kohdalle, jossa sijaitsee useita vuosia vanha, kadun kulkusuuntaan nähden poikittainen kestopäällysteen halkeama.

Seuraavalla viikolla luin sanomalehdistä (Karjalainen 2.2.2012 ja Kaleva 2.2 ja 5.2.2012) Pohjois-Karjalan ja Oulun tienoiden samanlaisista, mutta voimakkaammista järityksistä. Ne olivat saaneet ikkunat ja kaapissa olleet astiat helisemään. Pohjois-Karjalassa melun ja värinän ohella todettiin talojen pihapiireissä maahan syntyneitä halkeamia. Seismologian instituutin nettisivujen mukaan laitos vastaanotti 27.1. ja 2.2.2012 välillä useita ilmoituksia värinästä ja kumeasta jyrinästä Kymenlaakson, Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon, Kainuun ja Oulun alueilta. Koska seismiset asemat eivät havainneet kyseisinä aikoina näillä alueilla minkäänlaista seismistä toimintaa, järitykset tulkittiin irtomaa-kerroksessa tapahtuneiksi routajärityksiksi, joi-

den tuottama energiamäärä on varsinaisiin maanjärjestyksiin verrattuna olematon.

Retkeilijäntien routajärjestyksen ja sen synnyttämän halkeaman synty

Koska Retkeilijäntien järjestys ja sen synnyttämä halkeama ovat kadulla, on syytä tarkastella, millaisia halkeamia routa teille aiheuttaa. Beltin et al. (2002) mukaan teissä esiintyvät roudan aiheuttamat halkeamavauriot voidaan jakaa morfologisesti pitkittäis-, poikittais-, vino-, sauma- ja verkkohalkeamiin. Halkeilun ja sen sijoittumisen syitä ovat routiminen, painuminen, lämpötilan muutoksiin liittyvät jännitykset, tierungon ominaisuuksien vaihtelu, päällysteen rakenteelliset heikot kohdat, auratun tiealueen leveys ja raskaan liikenteen aiheuttamat rasitukset. Pitkittäishalkeamat aiheuttaa usein routanousu. Se johtuu tierunkoon ja sen alla olevaan maahan syntyvästä kerrosroudasta, joka on tien keskikohdalla paksumpaa ja pullistaa tien pintaa siellä enemmän kuin lumen suojaamalla reunioilla. Poikittaishalkeamista yleisimpiä ovat lämpötilan muutoksien aiheuttaman jännityksen synnyttämät routakatkot ja heijastushalkeamat. Puijollaakson routajärjestyksessä syntynyt rako on tyyppillinen, vanha routakatko.

Routakatko syntyy siten, että talvella päällysteen lämpötilan alenemisen takia siihen syntyvät vetojännitykset aiheuttavat pakkashalkeaman eli pakkaskatkon. Pakkashalkeamat syntyvät päällysteen pintaan, jossa lämpötilan muutos ja kutistumisjännitykset ovat suurimmillaan. Pinnasta halkeama etenee lämpötilan laskiessa ja jännitysten kasvaessa läpi päällysteen sen alla olevaan routaantuneeseen kerrokseen. Käytännössä päällysteeseen syntyy yleensä säännöllisin välein tien poikkisuuntaisia halkeamia, jotka katkaisevat päällysteen ja päällysteen alla olevat kerrokset jopa routakerroksen alaasiin asti. Termisten vetojännitysten syntymisen perussyö on se, että päällystelaatta pyrkii kutistumaan läm-

pötilan laskiessa, mutta kutistuminen on estynyt päällysteen ja alustan välisen tartunnan vuoksi. Päällysteen alla olevan maan halkeamisherkyys riippuu sen raekoostumuksesta ja vesipitoisuudesta. Märkä ja hienorakeinen routaantunut aines halkeaa helpommin. Lumipeite tasoo lämmönvaihtelua niin, että halkeamat rajoittuvat yleensä vain auratuille teille. Routakatkoja syntyy 2–3 talvena tien tai kadun päällystämisen jälkeen. ”Kypsässä” asfaltissa routakatkoja on 10–30 kpl tiekilometriä kohti. Päällysteeseen syntynyt pakkashalkeaman osa ei kesän tullessa sulkeudu. Päällysteen alaisissa tien kerroksissa oleva halkeaman osa saattaa sen sijaan umpeutua. Se muodostaa tiehen heikon ja helposti uudelleen halkeavan kohdan. Seuraavina talvina halkeama aukeaa yhä uudelleen, mikäli olosuhteet ovat suotuisat.

Ympäristökijöistä alhainen lämpötila ja suuri jäähtymisnopeus ovat pakkashalkeamien syntymisen perustekijöitä. Mitä alemmaksi päällysteen lämpötila laskee, sitä suuremmaksi lämpöjännitykset kasvavat. Mitä nopeammin päällysteen lämpötila laskee, sitä vähemmän ehtii tapahtua jännitysten relaxoitumista ja sitä todennäköisempää halkeilu on.

Uudelleen päällystämällä poikkihalkeamien määrää ei juuri pystytä ilman routaeristeen ja/tai pinnoitetta vahvistavan teräsverkon käyttöä vähentämään johtuen heijastushalkeilusta. Sillä tarkoitetaan päällystekerroksen alapuolisissa kerroksissa olevien tai sinne syntyvien halkeamien kulkeutumista tien pintaan. Heijastushalkeilu on tyyppillistä maabetonirakenteille, mutta se on yleistä myös tavanomaisilla tierakenteilla uudelleen päällystyksen yhteydessä.

Edellä kuvatun perusteella voidaan hahmottaa Retkeilijäntien routajärjestyksen ja halkeaman syntyyn vaikuttaneet olosuhteet. Pitkän, märän ja lämpimän syksyn jälkeen Retkeilijäntien seudun maaperä routaantui poikkeuksellisen vesipitoisena. Kun talven ensimmäinen kova pakkaskausi tammikuun lopulla tuli, routaan-

tunut maa halkesi vanhan routakatkon muodostamassa heikossa kohdassa maan pintaosan lämpötilan aamutuimaan laskiessa. Maan ensimmäinen repeäminen aiheutti pamauksen, repeämän laajeneminen yli kadun sitä seuranneen kuminan ja halkeaman synty kaikkineen äänihavaintoon liittyneen tärinän.

Talven 2012 routajärityksistä ja routajärityksistä sekä routahalkeamista yleensä

Voimakkaat routajäritykset tärisyttivät maaperää eri puolilla Suomea vuonna 2012 tammikuun lopun ja helmikuun alun käsittäneen kylmän jakson aikana. Lämpötila laski etenkin Itä- ja Pohjois-Suomessa yleisesti alle 25 ja paikallisesti alle 35 pakkasasteen. Havaintoja tärinästä ja jyrisevistä äänistä lähetettiin seismologian instituuttiin muun muassa Oulusta, Kymenlaaksoista, Kainuusta, Pohjois-Karjalasta ja Pohjois-Savosta. Erityisen voimakkaasti jyrisi Pohjois-Karjalassa sunnuntaina 29. tammikuuta kello 20–24 välillä. Tällöin havaittiin muun muassa Utrassa Joensuussa ikkunoita ja astioita helisytäneitä tärähdyksiä, ja talojen pihoille syntyi 1–2 cm leveitä pakkashalkeamia. Tärähdyksiä havaittiin yleensä auringon laskettua tai noustessa. Routajäritykset syntyivät maan pintaosaan varastoituneen vetojännityksen äkillisesti purkautuessa maan halkeillessa. Täysin siihen verrattavia ilmiöitä ovat raijien synnystä kertova järvien ja meren jäiden ulvonta ja paukahtelu, joka jäällä ja rannalla voi tuntua myös tärähtelynä, ja hirsirakennusten seinien ja metsässä puunrunkojen paukahtelu nopean pakastumisen aikana. Kun vetojännitys purkautuu äkillisesti repeämän syntyessä, se aiheuttaa pauketta, kuminaa ja joskus voimakastakin tärinää hirsirakenteissakin. Seismiset asemat eivät rekisteröi routajärityksiä, sillä niissä purkautuva energiamäärä on pieni ja vaimenee jo irtomaakerroksessa. Kerran syntynyt routahalkeama muodostaa maahan heikon kohdan, jolloin seuraavien

talvien routahalkeamat syntyvät samaa, jo ennestään heikenneeseen kohtaan.

Keväällä routahalkeamiin saattaa valua vettä, joka jäätyy halkeamassa. Jäätyvä vesi laajentaa halkeamaa ja estää sitä sulkeutumasta. Näin maahan syntyy lyhytikäisiä jääkiiloja. Ikirouta-alueilla routahalkeamien toistuva synty samaan kohtaan ja niihin keväisin valuva ja halkeamaan jäätyvä vesi johtavat vähitellen jääkiilojen muodostumiseen (Washburn 1979). On täysin mahdollista, että routahalkeamia voi syntyä myös kallioon. Tällöin ne olisivat muuan pakkasra-pautumista edistävästä tekijöistä.

Routahalkeilu on Suomessa melko yleinen, kauan esiintynyt ja tunnettu ilmiö. Aartolahti (1970) lienee ensimmäisenä Suomessa kuvannut routajärityksiä ja niiden pihapiiriin aiheuttamia halkeamaverkkoja, jotka syntyivät Tam-melassa 9.3.1963 ja 31.12.1965 ja Helsingissä yliopiston pihalla huomaamiaan routahalkeamia helmikuussa 1969. Kansainvälisesti routajärityksistä saa helposti lisätietoja googlettamalla esimerkiksi termeillä *frost quake*, *cryoseism* tai *cryoseismology*. Roudan aiheuttamia halkeamia on tutkittu Suomessa melko paljon. Aartolahti (1970 ja 1972) kuvaa dyynialueiden resentejä routahalkeamia, niihin liittyviä maannostumisilmiöitä ja Salpausselkien ikiroutaan syntyneitä, pakkashalkeiluun perustuvia, fossiilisia jääkiilamaita. Pirolan (1972) ja Seppälän (1966, 1982 ja 1997) mukaan Lapin tuntureilla ja lentohiekka-alueilla esiintyy routahalkeilua ja siihen liittyvää jääkiilamuodostusta. Ristiluoma (1974) ja Mäkinen (1985 ja 1996) kuvaavat viime jääkaudesta vanhempi fossiilisia jääkiilarakenteita Lapista. Itse olen Jaamankankaalla, Nurmeksen tienoolla ja Lauhanvuorella nähnyt myöhäisjääkauteen ikiroutaan liittyviä fossiilisia jääkiilarakenteita (Kejonen 1997). Tierakennuspuolen julkaisuissa ja edellä siteerattujen tutkimusten kirjallisuusluetteloissa on lukuisia aihetta käsitteleviä lisätutkimuksia.

Lopuksi voitaneen todeta, että kokeellisen

routatutkimuksen eräs huippuhetki oli, kun professori Matti Seppälä (esim. 1995) kykeni tuottamaan ensimmäisen keinotekoisien palsan Kevoilla poistattamalla lunta tietyltä suoalueelta. Seuraavalla kokeellisen routatutkimuksen tekijöiden sukupolvella voi olla helppo ja yhteiskunnan puolesta hoidettu koekenttä niillä noin 67 000 tiekilometrillä ja turuilla ja toreilla, joita talvisin pidetään aurattuina.

Summary

On frost quakes and associated frost fissures

On Friday 27th Jan 2012, a local frost quake caused rumbling, some seconds long trembling as stark as caused by the lorry passing by resulting an over 20 m long, 0,5-1 cm broad and 10 to 50 cm deep frost fissure through the street Samoilijantie at Kuopio, Finland. It was one of the large frost quakes series that took place during the first very cold period (27.1-2.2.) of the winter 2012, when the temperature fell from -5° - -10°C to -25° - -35°C in eastern Finland and Oulu area. Frost quakes and frost fissuring are yearly but less well known occurrences in Finland. Their reason is the frost contraction of the frozen earth. When the power of the frost shrinkage during the quick temperature lowering is stronger than the solidity of the frozen earth material, the frost quake can occur causing a birth of the frost fissure. Frost fissures caused a lot of road deteriorations, and they are in Lapland the reason of the birth of the ice wedge formations. Late-glacial and interglacial ice-wedge casts caused by the frost fissuring and the freezing of the water in these fissures occur at many places in Finland.

Kirjallisuutta

Aartolahti, T. 1970. Fossil ice-wedge polygons und recent frost cracks in southern Finland. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Ser. AIII, Geologi-*

ca – Geographica. 107. 26 s.

- Aartolahti, T. 1972. Dyyneiden routahalkeamista ja routahalkeamapolygoneista (Summary: Frost cracks and frost-crack polygons on dunes in Finland). *Terra.* 84:3, 124-131.
- Belt, J., Lämsä, V.-P., Savolainen, M. ja Ehrola, E. 2002. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto (Abstract: Road Deterioration and Condition of the Road Network). *Tiehallinnon selvityksiä* 15/2002.72 s.
- Kejonen, A. 1997. Permafrost and patterned grounds in Finland – periglacial or something else. *Bulletin of the Geological society of Finland.* 69:1-2, 97-108.
- Mäkinen, K. 1985. On the till-covered glaciofluvial formations in Finnish Lapland. Teoksessa: L.-K. Königsson. (Ed.). 1985. *Glaciofluvium. Striae* 22, 33-40.
- Mäkinen, K. 1996. Lapin jääkiiloista. Teoksessa: Periglasiialiset ilmiöt ja ympäristön muutos Suomessa symposio 25-26.10.1996. Siuntio, Helsinki. Suomen kvartääritutkimuksen kansalliskomitea. 11.
- Piirola, J. 1972. Pohjois-Suomen kuviomaista (Summary: Patterned ground in northern Finland). *Terra* 84:3, 132-142
- Ristiluoma, S. 1974. Fossiilisia jääkiiloja Tornionjoki-laaksossa. *Terra* 86:1, 3-6.
- Seppälä, M. 1966. Recent ice-wedge polygons in eastern Enontekiö, northernmost Finland. *Publications Institute Geographici Universitatis Turkuensis.* 42. 14 s.
- Seppälä, M. 1982. Present day periglacial phenomena in northern Finland. *Biuletyn Peryglacialny* 29, 231-243.
- Seppälä, M. 1995 How to make a palsa: a field experiment on permafrost formation. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplement-Band* 99, 91-96.
- Seppälä, M. 1997. Introduction to the periglacial environment in Finland. *Bulletin of the Geological society of Finland.* 69:1-2, 73-86.
- Washburn, A. L. 1979. *Geogryology. A survey of periglacial processes and environments.* Edward Arnold Ltd, London. 406 s.

AIMO KEJONEN

Geologian tutkimuskeskus

Itä-Suomen yksikkö

PL 1237

70211 Kuopio

e-mail: aimo.kejonen@gtk.fi