

SEISMIC RISK – Kaupunkialueiden indusoidun seismisen riskin hallinta -hanke laajentaa geotermisen energian vaikutusten ymmärrystä

VILHELM METSALO, PIA BÄCKLUND JA ANNAKAISA KORJA

Syvä geotermisen energia Suomessa

Ilmastokriisin hallintaan vaaditaan uusien ja uusiutuvien energiaratkaisujen käyttöönottoa. Koska kaikista energiantuotantomuodoista aiheutuu joitakin haittoja ympäristölle, tärkeä osa tuotantoa on haittojen tunnistaminen, hallinta ja lieventäminen. Geotermisen energian hyödyntäminen mainitaan usein osana kansallista energiamurrosta. Ideaalitilanteessa geotermisen energian voimamat sijaitsevat kaupunkialueilla tehokkaan energiansiirron varmistamiseksi, sillä näillä alueilla myös energian tarve on suurin. Sijainti kaupunkialueilla tarkoittaa kuitenkin samalla suurempaa riskiä mahdollisille haittavaikutuksille altistuvalla herkälle ja yhteiskunnalle tärkeälle infrastruktuurille. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi kaukolämpöverkko, sairaalat sekä metroverkko. Kriittisen infrastruktuurin indusoidun seismisyyden riski kasvaa, jos kallioperän vedenjohtavuutta kasvatetaan säröttämällä, eli hiusrakoja aukaistaan paineistetun veden avulla. Korkeampi paine voi parantaa geotermisen voimalan taloudellista kannattavuutta, mutta saattaa samalla johtaa voimakkaampiin maanjäristyksiin ja suurempaan seismiseen riskiin maanjäristysten vaikutusalueen kasvaessa.

Geotermisen voimalan lupaprosessi on monivaiheinen ja tällä hetkellä varsin epäselvä menettelyprosessi, jossa on mukana valtio-

ja kuntatason toimijoita useilta eri osaamisalueilta. Tutkimuksemme tulokset osoittavat, että toimijoiden roolit ovat epäselviä ja paikoittain jopa päällekkäisiä. Geotermisen voimalan poraamiseen vaadittavat lupamenettelyt vaihtelevat myös kunnittain. Se, miten kunnat tiedottavat geotermisen voimalan rakentamisesta asukkaalleen, vaihtelee sekä tiedon määrän että laadun osalta. Tiedon puute ja lupaprosessien monimutkaisuus voivat kansainvälisen tutkimuskirjallisuuden perusteella olennaisesti vähentää luottamusta tätä energiamuotoa ja viranomaisia kohtaan. Turvallista ja kestävä geotermistä energiaa ja indusoituneen seismisyyden riskien lieventämistä koskevat tutkimuskysymykset edellyttävät tietoa ja asiantuntemusta eri tieteenaloilta, kuten ymmärrystä sekä julkisen hallinnon sisäisistä ja yhteistyöprosesseista että aluesuunnittelun käytänteistä.

Seismistä riskiä voidaan hallita ja minimoida läpinäkyvällä lupaprosessilla, aktiivisella seismisellä valvonnalla sekä maankäytön suunnittelulla, joka tunnistaa geotermiseen energiantuotantoon liittyvät riskit. Seismiset riskit vaihtelevat alueellisesti kallioperän ja rakennuskannan eroavaisuuksista johtuen. Suomen kiteinen ja kylmä kallioperä tarjoaa verrattain heikon lämpögradientin eli lämpötilan kasvun suhteessa syvyyteen. Tästä syystä Suomessa geotermistä energiaa hyödynnetään vain lämmöntuotantoon. Suomen kallioperä

vaimentaa kuitenkin huonosti ääni- ja värinäältoja, minkä vuoksi pienetkin maanjäristykset tunnetaan ja kuullaan poikkeuksellisen laajalla alueella. Nämä haitat voidaan kokea negatiivisina tekijöinä asukkaiden elinympäristössä, mikä voi osaltaan vaikuttaa siihen kuinka hyväksyttävänä geotermistä energiaa pidetään. Kaupunkialueiden uudet energiaratkaisut vaativatkin yhteiskunnan eri sektorien välistä aktiivista ja läpinäkyvää vuoropuhelua eri toimijoiden kesken.

SEISMIC RISK -hanke

SEISMIC RISK – Kaupunkialueiden indusoidun seismisen riskin hallinta -hankkeessa Helsingin yliopiston, Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) ja Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) muodostama konsortio tutki, miten syviin geotermisiin kaukolämpövoimaloihin liittyvää indusoidun seismisyyden riskiä voitaisiin valvoa ja hallita (kuva 1). Hankkeen verkkosivut ovat: <https://www.helsinki.fi/fi/projektit/seismic-risk>. Tutkimushanke rahoitettiin Suomen Akatemian kriisivalmiuden ja huoltovarmuuden tieteellisen tutkimuksen erityisrahoituksessa vuosille 2020–2023. Tutkimushypoteesina oli, että ihmistoiminnan aiheuttamat maanjäristykset ovat uusi riskitekijä pääkaupunkiseudulla ja ne voivat ylittää luonnollisen seismisyyden tason uhaten mahdollisesti yhteiskunnan kriittistä infrastruktuuria ja toimintoja.

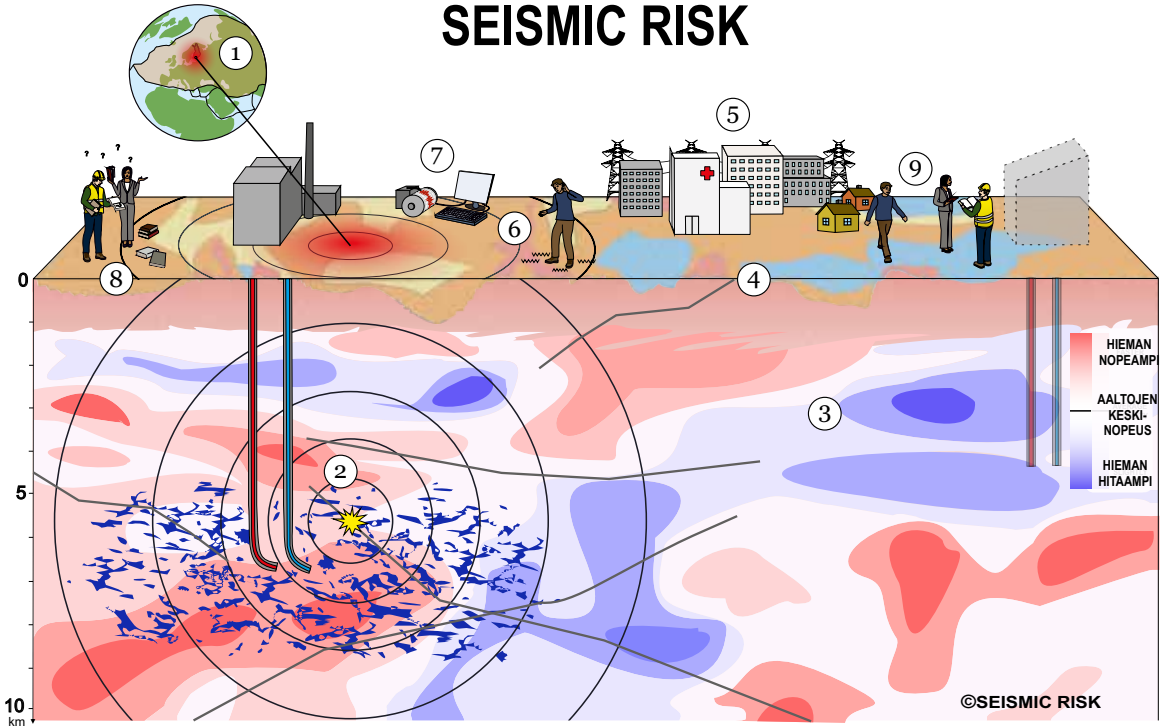
SEISMIC RISK -hankkeen alussa vuonna 2020 geotermisen energian tuotantoa ei kaikissa tapauksissa lainsäädännön nojalla oltu katsottu ympäristölle vaaraa tai haittaa aiheuttavaksi toiminnaksi. Kuntien välillä oli epäselvyyksiä lupaprosesseihin liittyen. Yksityiset geotermiseen energiaan erikoistuneet yritykset noudattivat eri lupaprosesseja riippuen voimalan sijaintikunnasta. St1-yhtiön Otaniemen Deep Heat -projekti vaati alun perin vain maankäyttö- ja rakennuslain mu-

kaisen kaivonporausluvan eli laajennetun toimenpideluvan. Valvonta oli aluksi yrityksen omalla vastuulla.

SEISMIC RISK -hanke jakautui yhdeksään eri tutkimusosioon, jotka yhdessä käsitelivät seismistä riskiä usean eri tieteenalan kannalta: geofysiikasta humanistisiin tieteesiin. Hanke tuotti seismisen hasardin karttoja. Näistä ensimmäinen on sijainti- ja toimialariippumaton sekä kansainvälisten standardien mukainen ja toinen mannerlaattojen sisäosien pieniin sekä keskisuuriin järjestyksiin keskittyvä. Jälkimmäinen soveltuu geotermistä energiaa suunnittelevien kaupunkien riskianalyysin työkaluksi. Hankkeessa tehtiin ensimmäistä kertaa mannerlaatan sisäosissa tapahtuvan geotermisen voimalan aiheuttaman indusoidun seismisyyden riskiarviointia sekä erotettiin indusoituun ja luonnolliseen seismisyyteen liittyvät hazardit. SEISMIC RISK -hanke tuotti useita alueellisia kolmiulotteisia malleja, joissa arvioitiin seismisten aaltojen potentiaalista vaikutusta pääkaupunkiseudun eri osiin. Osana hanketta valmistui 3D-malleja kallio- ja maaperästä ja rakennetun infrastruktuurin sijoitumisesta kuten myös malleja kallioperän tomografisesta nopeusjakaumasta. Nämä mallit toimivat erinomaisina esimerkkeinä päätöksentekoa ja yhteiskunnallista kehitystä hyödyttävästä tieteestä. Hanke tutki myös maa- ja kallioperän vaikutusta ääniaaltojen leviämiseen. Hankkeen humanistisia tutkimusmetodeja hyödyntävä osio tarkasteli geotermisen energian tiedonhallinnan kysymyksiä asiantuntijahaastatteluilla ja kansalaisviestinnän maakohtaisilla vertailevilla tutkimuksilla. Näiden avulla kartoitettiin eri hallinnon alojen ja tasojen sekä eri organisaatioiden rooleja vielä selkeyttämättömässä lupaprosessissa. Lisäksi selvitettiin, millaista tietoa päättäjät tarvitsevat indusoituneesta seismisyydestä sekä sen riskeistä ja hallinnasta.

SEISMIC RISK -hankkeen tavoitteena oli lisätä ymmärrystä seismisistä hasardeista ja riskeistä mannerlaatan sisäosissa. Keskiössä

SEISMIC RISK



Kuva 1. SEISMIC RISK -projektin työpaketit: 1) Laatan sisäinen seisminen hasardi, 2) Indusoitu seismisyys ja sen vaikutus kaupunkiympäristöjen seismiseen hasardiin, 3) Pääkaupunkiseudun seisminen kolmiulotteinen tomografiamalli, 4) Pääkaupunkiseudun alueellinen geologinen kolmiulotteinen malli, 5) Rakennetun infrastruktuurin haavoittuvuudet ja riskit, 6) Indusoitujen maanjäristyksien äänihavainnot ja niiden hallitsevat tekijät, 7) Tiedonhallinta, 8) Geotermiseen energiaan liittyvät ongelmat ja niiden hallinta, 9) Hankkeen viestintä ja tiedottaminen. Kuva: Emma Makkonen / SEISMIC RISK.

Figure 1. An illustration of the SEISMIC RISK project's work packages 1–9: 1) Intra-plate seismic hazard, 2) Induced seismicity and its effect on urban hazard, 3) Tomographic model of the Helsinki Capital region, 4) Regional geological 3D model for Helsinki Capital region, 5) Vulnerabilities and risks of built infrastructure, 6) Controlling factors of disturbing sound patterns from induced earthquakes, 7) Data management, 8) Managing wicked problems the processes of geothermal energy, 9) Dissemination and outreach. Figure: Emma Makkonen / SEISMIC RISK.

oli indusoidun seismisyyden aiheuttamat riskit erityisesti kaupunkialueilla Pohjoismaissa. Yksi hankkeen laajemmista yhteiskunnallisista päämääristä oli kartoittaa turvallisen geotermisen energian tarjonnan vaatimuksia. Geotermisen energian turvallisuuteen vaikuttaa lupaprosessin ja särötysprosessin hallinnan läpinäkyvyys, liikennevalojärjestelmän käyttö voimalan stimulointivaiheessa ja seisminen monitorointi. Hankkeen tavoitteet ovat osa yhteiskunnallista viitekehystä, jonka keskiössä ovat: hiilineutraali ja kestävä yhteiskun-

ta, energiaomavaraisuuden kasvattaminen, huoltovarmuus, kriiseihin valmistautuminen ja tietopohjaisen päätöksenteon tukeminen. Geotermisen energian turvallisuus ja käytäntöjen selkeyttäminen luovat edellytykset kansalliselle talouskasvulle.

Hankkeen tavoitteena oli myös alueen asukkaiden roolin selkeyttäminen ja heidän tiedontarpeensa kartoitus. Kansalaisten hyväksyntä on tärkeässä roolissa uusien energiahankkeiden kehittämisessä. Uudet energiahankkeet voivat aiheuttaa kansalaisten keskuudessa tie-

donpuutteesta tai heikosta laadusta johtuen NIMBY-ilmiön (*not in my back yard*). Tällöin hankkeita saatetaan kannattaa ajatuksen taalla, mutta niitä ei haluta lähiympäristöön. Aikanaan tuuliturbiinit olivat uusia energia-hankkeita, tulevaisuudessa sellaisia voivat olla esimerkiksi kaupunkiympäristöön sijoitetut pienydinvoimalat. Kansalaisille suuntautuvan viestinnän tulee olla rehellistä ja selkeää. Viestinnän avulla tavoiteltava kansalaisten hyväksyntä uusille energiaratkaisuille on osana päätöksenteon oikeutusta. Aktiivinen viestintä lisää kansalaisen osallisuuden tunnetta. SEISMIC RISK -hanke on lisännyt ymmärrystä siitä, miten kallioperä ja maaperän jakautuminen vaikuttavat seismiseen ja ääniaaltojen etenemiseen eri puolilla kaupunkia sekä miten se vaikuttaa kaupungin infrastruktuuriin. Aluekohtaiset ennakkotutkimukset ovat olennaisia syvän geotermisen energian hankkeita edistettäessä.

Laajempi yhteiskunnallinen viitekehys

Päättäjien ja suunnittelijoiden on äärimmäisen tärkeää tietää syvän geotermisen energian aiheuttaman indusoidun seismisyyden riskeistä. Olennaista on kuntarajat ylittävä yhteistyö ja selkeä viestintä geotermisen energian lupaprosesseissa. Kaavoituksen tulisi toimia geotermisen energian edistäjänä ja alueellisten ratkaisujen tukijana. Tarvitsemme myös selkeyttä ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn eri geotermisten energiamuotojen osalta.

SEISMIC RISK -hankkeessa kävi ilmi tietopohjaisen ja läpinäkyvän, eri sektorit osallistavan suunnittelun tärkeys. Selkeä lainsäädäntö, lupaprosessit, turvallisuussuosituksukset ja toimiva hallinto luovat edellytykset edistää kestävää, turvallista ja kannattavaa energiantuotantoa. Päätöksentekijöiden tulee turvata innovaatiomyönteinen toimintaympäristö laaja-alaisia vaikutusarviointeja unohtamat-

ta. Uusiutuvien energialähteiden kehitys luo laajempia yhteiskunnallisia kerrannaisvaikutuksia. Energiamurrosta on edistettävä läpinäkyvän ja tiedepohjaisen suunnittelun kautta.

Laaja tekninen asiantuntemus ja vaikutusarvioinnit ovat olennaisia energia-alan investointien kustannuslaskelmissa. St1-yrityksen Otaniemen geotermisen voimalan haasteena oli heikko hyötysuhde yhdessä teknisten ongelmien kanssa eikä niinkään indusoidun seismisyyden aiheuttamat haittavaikutukset. Kaupunkialueelle kriittisten infrastruktuurien läheisyyteen sijoitettu syvä geotermisen voimala vaatii hasardiarviointien lisäksi monitasoiset tekniset arvioinnit. Tuntemattomat tekijät alueen kallioperässä ja rakennuskannan haavoittuvuudessa ovat tiettyyn pisteeseen asti määritettävissä ja mallinnettavissa. Päätöksenteon arvopohjaisuus tulee esille taloudellisia ja ympäristöllisiä raja-arvoja määritettäessä: kuinka suurelle taloudelliselle riskille olemme valmiit altistumaan energiamurrosta ratkottaessa?

FM VILHELM METSALO
(vmetsalo@gmail.com)

DOS. ANNAKAISA KORJA
(annakaisa.korja@helsinki.fi)
Seismologian instituutti
Geotieteen ja maantieteen osasto
Helsingin yliopisto

PROF. PIA BÄCKLUND
(pia.backlund@helsinki.fi)
Geotieteen ja maantieteen osasto
Helsingin yliopisto

Vilhelm Metsalo on kaupunkimaantieteilijä ja toimi SEISMIC RISK -hankkeen projektikoordinaattorina viimeiset kahdeksan kuukautta. Annakaisa Korja on Helsingin yliopiston Seismologian instituutin tutkimusjohtaja, Geotieteiden ja maantieteen osastonjohtaja ja SEISMIC RISK -hankkeen vetäjä. Pia Bäcklund on Helsingin yliopiston maantieteen professori, Geotieteiden ja maantieteen osaston varajohtaja ja SEISMIC RISK -hankkeen yhden työpaketin vetäjä.

Summary

SEISMIC RISK – Mitigation of induced seismic risk in urban environments – project expands the understanding of the effects of geothermal energy

SEISMIC RISK – Mitigation of induced seismic risk in urban environments, is a research project with consortium partners from the University of Helsinki, the VTT – Technical Research Center of Finland and the Geological Survey of Finland. The project studies, how to mitigate induced seismic risk associated with deep geothermal power

stations in Finland (Fig. 1). Small-magnitude earthquakes could pose a risk to critical sensitive infrastructure such as hospitals, data centers and underground construction. The risk is mitigated with transparent permitting, seismic monitoring, and regional planning. Cross-border cooperation and clear communication between municipalities is essential to geothermal energy licensing process. Urban planning should facilitate and promote geothermal energy when supporting regional energy solutions. Green energy transition should be advanced via transparent and science-based planning.

The history of GTK's Apollo-era lunar samples

ALAN R. BUTCHER

GTK geological museum/exhibit

Any visitor to the Geological Survey of Finland's (GTK) Geological Exhibition/Museum (Geo/on) in Otaniemi (Espoo, Finland) cannot fail to be impressed and excited by the ability to examine samples of Moon rock up close. This was also a delight for the present author when he first visited the Museum, and it got him thinking about how Moon rocks happened to be at GTK, and who it was that organised for them to arrive in Finland, and what history lay behind these remarkable extra-terrestrial materials.

The main sample of the Moon that attracts most people's attention is a small piece

of rock encapsulated in what appears to be an acrylic button, which is carefully mounted on a wooden plaque and exhibited along with a small Finnish flag, and two inscriptions (Fig. 1). It turns out that this particular Moon rock was one of many donated during 1970–1973 as a goodwill gift to the people of 135 countries, and the 50 states of America and overseas Territories, by the President of the United States, Richard Nixon. Finland was luckily one of them. The donated flag also travelled to the Moon and back again.

The sample, officially known as **70017**, is in fact only a fragment (1.1 g) from a much larger one (originally weighing 2,957 g, Fig. 1) and comprises an ilmenite-rich basalt, dated at