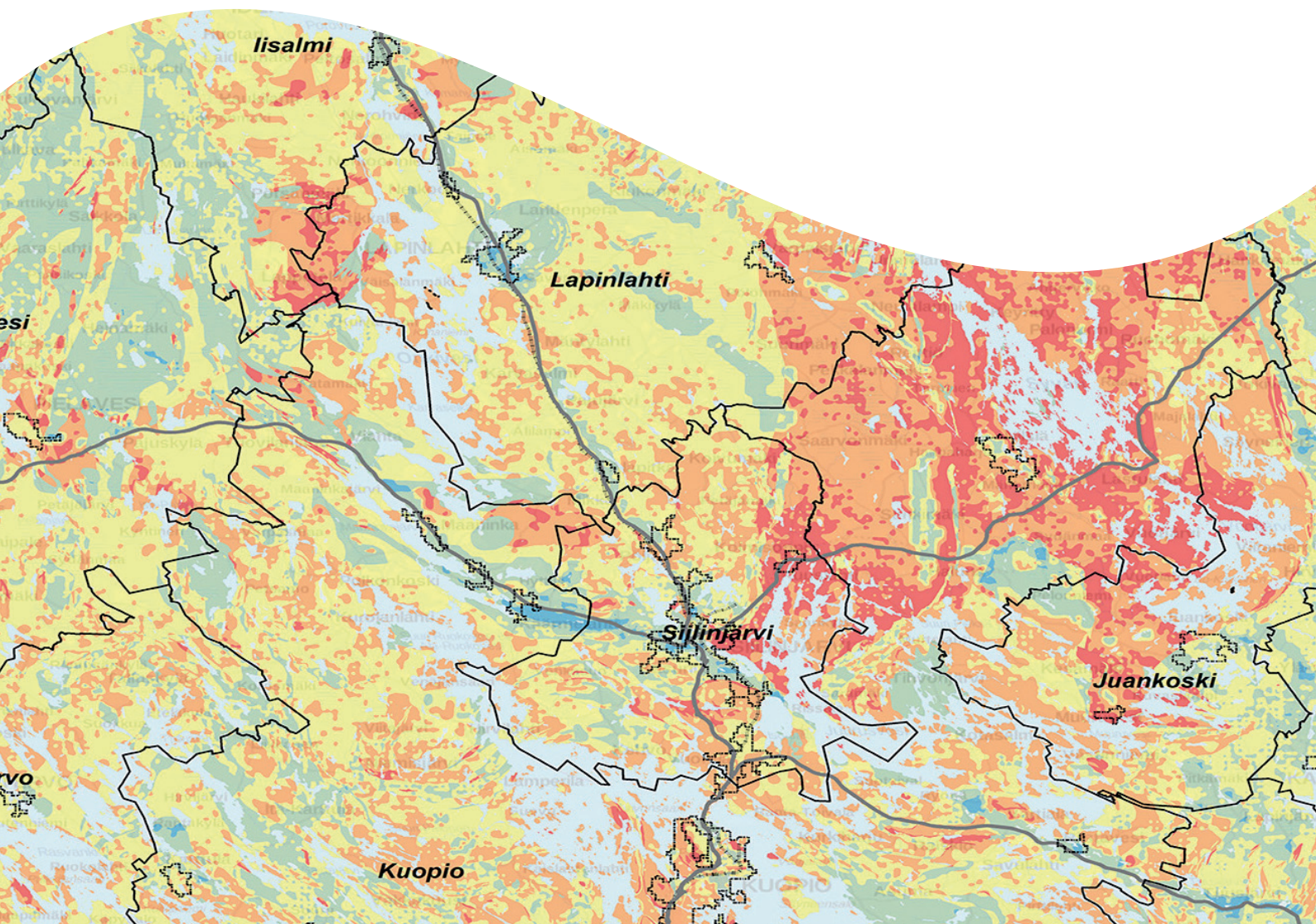


Pohjois-Savon kohdennettu geoenergiapotentiaaliselvitys

Pohjois-Savon maakuntakaava 2040



POHJOIS-SAVON LIITTO

Pohjois-Savon kohdennettu geo-energiapotentialiselvitys

Raportti

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
2	Lähtökohdat ja tavoitteet	2
3	Geoenergiapotentiaalin arviointimenetelmä	3
3.1	Tausta.....	3
3.1.1	Geoenergian hyödyntäminen	3
3.1.2	Geoenergian hyödyntämisen rajoitukset	8
3.2	Lähtöaineistot	10
3.2.1	Avoimet paikkatietoaineistot.....	10
3.2.2	Muut aineistot	11
3.3	Analyysin kuvaus ja oletukset	11
3.3.1	Maanpeitteen paksuuden analyysi	11
3.3.2	Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi	11
3.3.3	Ehdottomat kieltoalueet	11
3.3.4	Lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto	11
4	Tulokset.....	13
4.1	Analyysin tulokset maakunnallisella tasolla	13
4.1.1	Maapeitteen paksuus.....	13
4.1.2	Maapeitteen kerrospaksuudet Pohjois-Savon alueella	13
4.1.3	Kallioperä ja lämmönjohtavuus	15
4.1.4	Kallioperän lämmönjohtavuus Pohjois-Savon alueella	15
4.1.5	Maalämmön hyödyntäminen pohjavesialueilla.....	17
4.1.6	Geoenergiapotentiaalikartta	17
4.2	Analyysin tulokset valituilla kohdealueilla.....	19
4.2.1	Geoenergiakaivojen mitoitus ja kustannukset, laskennan lähtötiedot	19
4.2.2	Poraus kustannukset	21
4.2.3	Iisalmen kohdealueet	23
4.2.4	Siilinjärven kohdealueet.....	31
4.2.5	Kuopion kohdealueet	41
4.3	Aineiston tarkkuus ja epävarmuustekijät	53
5	Geoenergiaa täydentävät järjestelmät	54
5.1.1	Energiatehokkuus	54
5.1.2	Geoenergia ja aurinkolämpö.....	54
5.1.3	Geoenergia ja aurinkosähkö	54
5.1.4	Geoenergia ja kaukolämpö.....	54
6	Lämmön varastointimahdollisuudet	56
6.1.1	Kiinteistöjen viilennyksen lauhde-energian talteenotto.....	56
6.1.2	Maaperävarastointi.....	56

Tvrdy Jan

20.3.2017

6.1.3	Energiakaivovarastointi.....	56
6.1.4	Kaukolämpöverkko lämpövarastona	57
6.1.5	Lämpöakku/-varaaja varastointi.....	57
7	Suositukset ja lisäselvitystarpeet	58
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	60
9	Kirjallisuus ja lähteet	61

Tvrdy Jan

20.3.2017

Liitteet:

- Liite 1: Pohjois-Savon geoenergiapotentiaalikartta, 1:200000
- Liite 2: Kohdekortti, Soinlahti
- Liite 3: Kohdekortti, Marjahaka
- Liite 4: Kohdekortti, Räimä
- Liite 5: Kohdekortti, Haapamäki
- Liite 6: Kohdekortti, Joensuuntien varsi
- Liite 7: Kohdekortti, Kelloniemi
- Liite 8: Kohdekortti, Neulaniemi
- Liite 9: Kohdekortti, Hiltulanlahti
- Liite 10: Kohdekortti, Vanuvuoren itäpuoli

20.3.2017

Pohjois-Savon kohdennettu geoenergiapotentiaaliselvitys

1 Johdanto

Maailmanlaajuisten ilmastotavoitteiden mukaisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä tulisi huomattavasti lisätä tulevaisuudessa. Pohjois-Savon liitto on käynnistänyt selvityksen maakunnan geoenergiapotentiaalista, jonka myötä muun muassa maankäytön suunnittelussa, energia-alan toimijoilla ja maalämpöä harkitsevilla on parempi tietopohja viedä eteenpäin kestävä energiaa.

Geoenergian suosio lämmitysjärjestelmänä on kasvanut voimakkaasti viimeisen kymmenen vuoden aikana Suomessa. Uusiutuvien energiamuotojen lisäksi myös kasvava energiaomavaraisuuden vaatimus lisää geoenergian kiinnostavuutta.

Tässä työssä selvitetään Pohjois-Savon geoenergiapotentiaalia yleispiirteisellä ja yksityiskohtaisella tasolla. Yleispiirteisellä tasolla tarkoitetaan geoenergiapotentiaalin selvittämistä koko maakunnan osalta, mukaan lukien vuonna 2019 maakuntaan liittyvä Joroisten kunta. Yksityiskohtaisella tasolla tarkoitetaan yhdessä kuntien kanssa valittuja, rakentamisen kysyntään perustuvia kohdealueita, joiden geoenergiapotentiaalia on tarpeen selvittää maakuntatasoa tarkemmin. Valitut kohdealueet ovat nykyisiä tai tulevaisuudessa toteutuvia asuin- ja työpaikka-alueita Iisalmissa, Kuopiossa sekä Siilinjärvellä. Maakuntakaavassa muut alueet Räämää lukuun ottamatta on osoitettu joko taajamatoimintojen alueeksi tai työpaikka-alueeksi. Lopputuloksena on saatu karttaesitykset geoenergiapotentiaalista koko Pohjois-Savon alueelta ja valituilta kohdealueilta.

Tässä työssä ei tutkita vaakasuuntaisten maalämpöputkistojärjestelmien toteuttamispotentiaalia, eikä vesistöihin sijoitettavien lämmönkeruuputkistojen toteuttamismahdollisuuksia. Geoenergiapotentiaali-kartassa otetaan kantaa vain porattujen lämpökaivojen toteuttamispotentiaaliin.

Pohjois-Savon kohdennetun geoenergiapotentiaaliselvityksen on ohjannut Pohjois-Savon liiton ja muiden osallistujatahojen asettama projektityöryhmä, johon ovat kuuluneet Paula Qvick, Suvi Jousmäki, Seppo Laitila ja Mikko Rummukainen Pohjois-Savon liitosta, Jukka Virtanen Iisalmen kaupungilta, Juha Romppanen Kuopion kaupungilta, Timo Nenonen Siilinjärven kunnasta, Peter Seppälä Kuopion Energia Oy:ltä, Kari Anttonen Savon Voima Oyj:ltä sekä muut ohjaustahojen työntekijät. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:ssä kartoitusta ovat laatineet Jan Tvrđy (projektipäällikkö), Pasi Ronkainen (suunnittelija), Hannu Vinnamo (energia-asiantuntija), Jani Uitti (energia-asiantuntija) ja Maija Aittola (geologi).

20.3.2017

2 Lähtökohdat ja tavoitteet

Suomen geoenergiaa kutsutaan ns. matalan lämpötilan geoenergiaksi, jonka hyödyntämiseksi lämmitystarkoituksissa on käytettävä lämpöpumppua. Sen sijaan viilennystarkoituksissa on mahdollisuus hyödyntää ns. vapaakiertotekniikkaa. Geoenergiaa voidaan käyttää kiinteistöjen lämmityksessä, käyttöveden lämmityksessä ja kiinteistöjen viilennyksessä.

Geologian tutkimuskeskus on kartoittanut geoenergiapotentiaalia Suomessa valtakunnallisella tasolla arvioimalla maanpeitteen paksuutta. Joiltakin yksittäisiltä alueilta on tutkittu geoenergiapotentiaalia myös tarkemmin. Tämän työn tarkoituksena on saada GTK:n avointa geoenergia-aineistoa tarkempaa tietoa tutkittavien alueiden geoenergiapotentiaalista.

Tässä työssä on tutkittu geoenergian tuotantopotentiaalia Pohjois-Savon maakunnan alueella mukaan lukien Joroinen, joka liittyy Pohjois-Savoon vuonna 2019. Lisäksi yksityiskohtaisemmin on tutkittu yhteensä kahdeksaa aluetta Iisalmen, Kuopion ja Siilinjärven alueilla.

20.3.2017

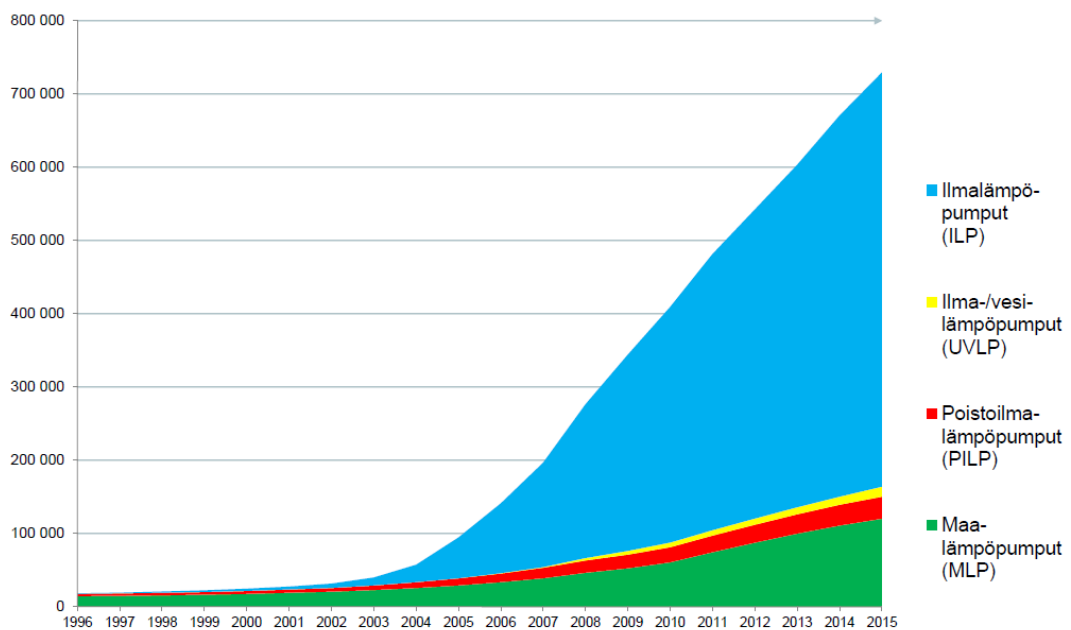
3 Geoenergiapotentialin arviointimenetelmä

3.1 Tausta

3.1.1 Geoenergian hyödyntäminen

Maalämpö on uusiutuvaa auringon säteilystä saatavaa energiaa, jonka käyttö kiinteistöjen lämmitysratkaisuna on nykyisin yleistynyt huomattavasti. Maalämmöllä tarkoitetaan maaperään tai veden massaan varastoitunutta auringon lämpöenergiaa. Syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on taas pääosin radioaktiivisten aineiden hajoamisesta peräisin olevaa geotermistä energiaa.

Maahan tai vesistöön varastoitunutta aurinkoenergiaa hyödynnetään lämpöpumppuratkaisulla. Suomen Lämpöpumppuyhdistyksen mukaan Suomessa oli käytössä vuonna 2015 noin 730 000 lämpöpumppua, joista 120 000 oli maalämpöpumppuja. Ilmalämpöpumput ovat selvästi suosituimpi ratkaisu edullisuutensa vuoksi. Ilmalämpöpumput pääsääntöisesti vain täydennetään jo olemassa olevaa lämmitysratkaisua ja hoidetaan kesäajan jäähdytys, kun maalämpöpumppu soveltuu hyvin päälämmitysratkaisuksi.

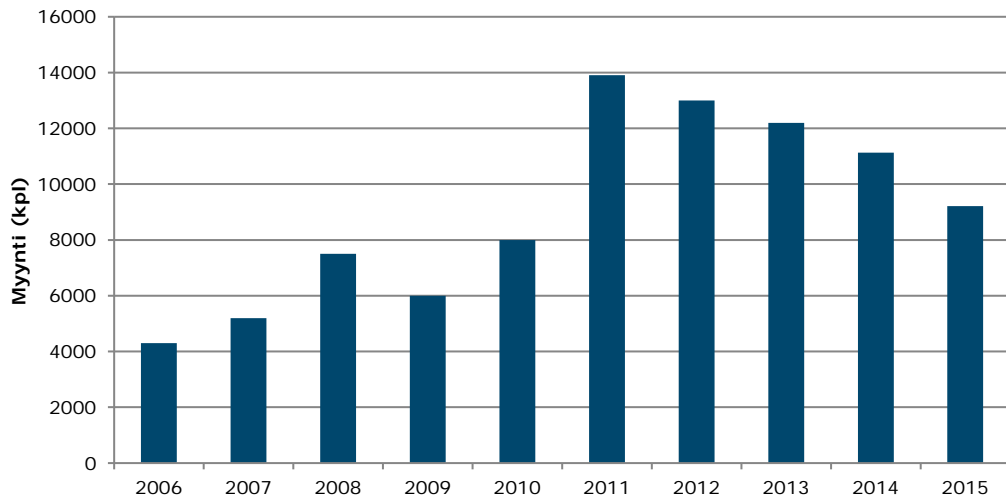


Kuva 1. Suomessa käytössä olevat lämpöpumput 1996 – 2015 (Lähde: Sulpu ry).

Maalämpöpumppujen myynti kasvoi voimakkaasti vuoteen 2011 saakka, mutta on sen jälkeen ollut laskussa (kuva 2). Vuoden 2011 voimakas kasvuhypäys johtui investointituesta, joka heijastui seuraaviin vuosiinkin. Yleinen rakentamisvolyymin lasku näkyy myös maalämpöpumppuinvestoinneissa, mutta kuitenkin maalämpöpumppujen markkinaosuus kiinteistöjen lämmitysratkaisuna on jatkanut tasaista kasvua viimeisten 20 vuoden aikana.

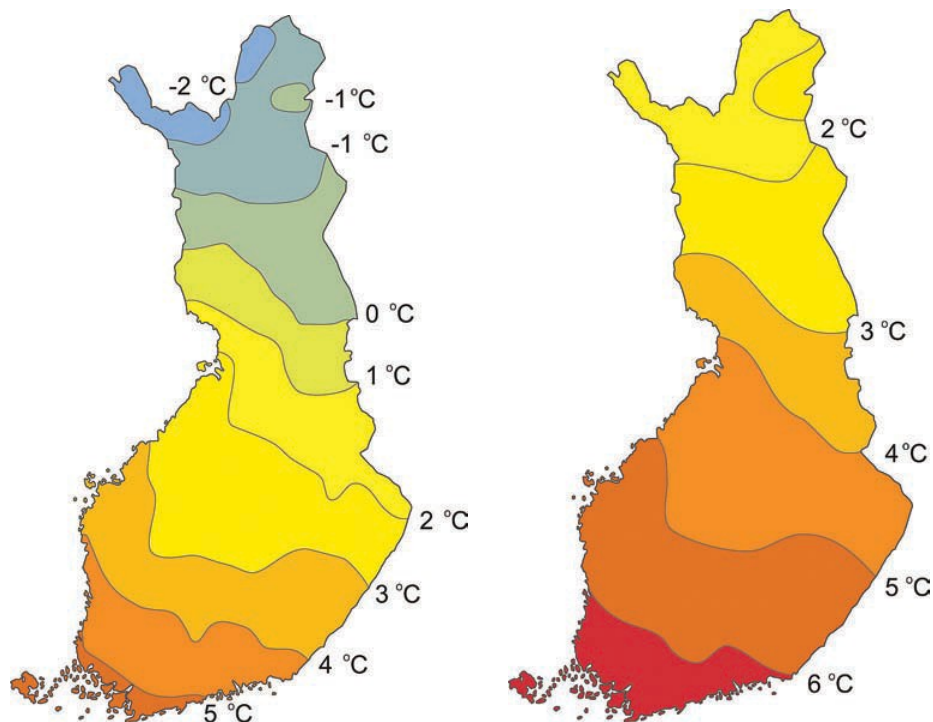
Toteutuneista maalämpöratkaisuista ei ole tarkkaa tilastotietoa kuinka suuressa osassa lämmönlähteenä on maaperä, kallio tai vesistö. Ylivoimaisesti suurin osa perustuu kuitenkin kallioon porattuun energiakaivoon.

20.3.2017



Kuva 2. Suomessa myydyt maalämpöpumput 2006 – 2015 (Lähde: Sulpu ry).

Suomessa maa- ja kallioperän pintaosien vuotuinen keskilämpötila on keskimäärin kaksi astetta ilman vuotuista keskilämpötilaa korkeampi (kuva 3) ja se vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Lämpötila vaihtelee myös paikallisesti. Rakennetuilla alueilla se voi olla useita asteita korkeampi kuin esimerkiksi luonnontilaisessa metsässä.

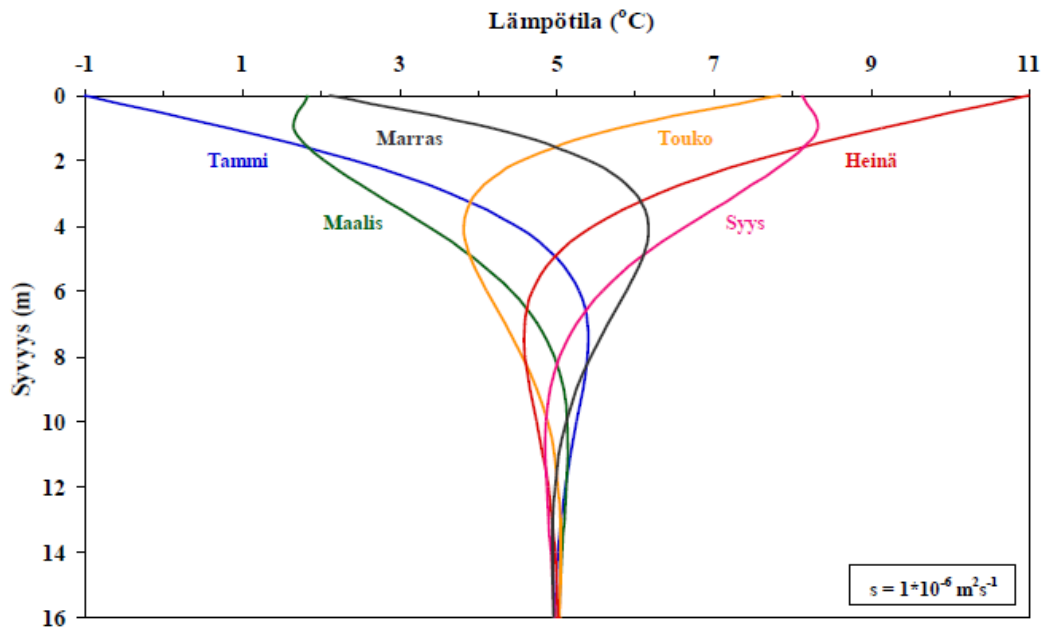


Kuva 3. Vasemmalla ilmalämpötilan vuotuinen keskiarvo ja oikealla maanpinnan lämpötilan vuotuinen keskiarvo (Lähde: Ympäristöopas 2013).

Maanpinnan keskilämpötila vaihtelee vuosittaisen ilmalämpötilan mukaan, mutta vakiintuu Suomessa n. 14–15 metrin syvyydessä 5–6 asteeseen (kuva 4). Syvem-

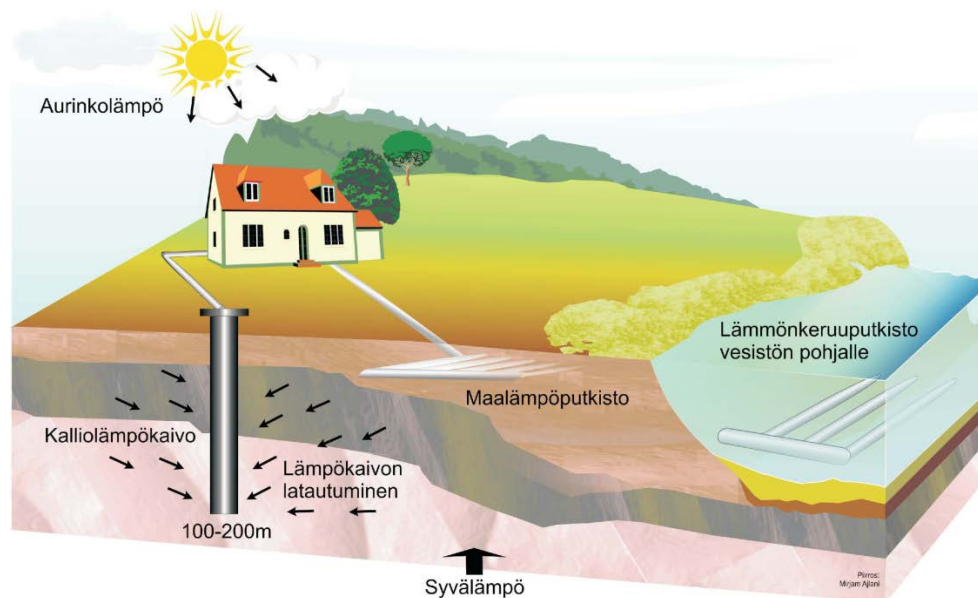
20.3.2017

mällä kallioperässä geoterminen energia nostaa lämpötilaa keskimäärin 0,5–1 astetta / 100 m. Näin ollen maan eteläosissa kallioperän lämpötila 200 metrin syvyydessä on noin 6–8 °C.



Kuva 4. Maanpinnan vuodenajan mukainen lämpötilavaihtelu (Lähde: Leppäharju 2008).

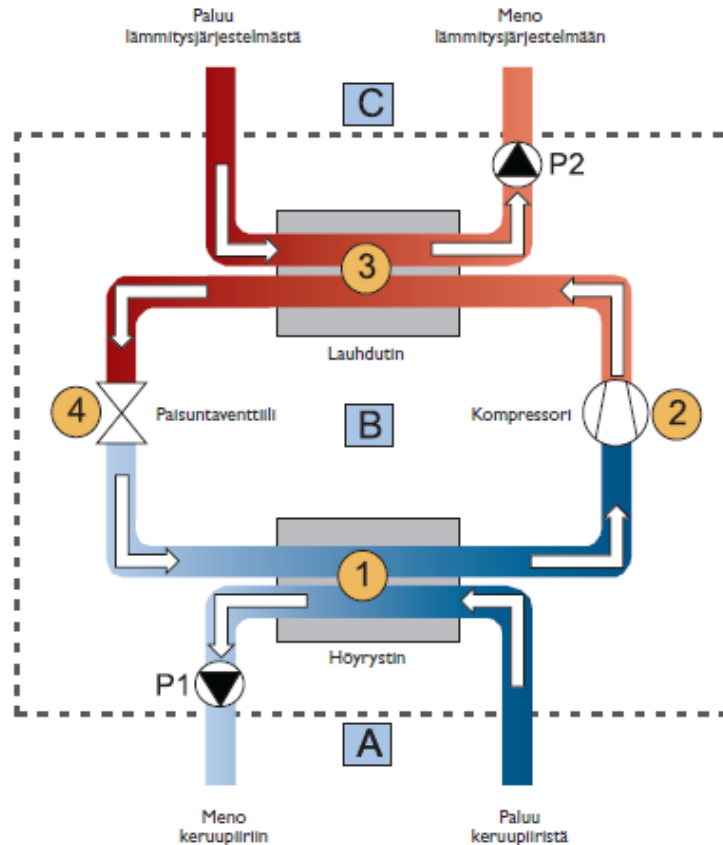
Lämpöpumpputekniikan avulla maa- ja kallioperään tai vesistöön sitoutunutta lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ja niiden käyttöveden ympärivuotiseen lämmittämiseen ja viilentämiseen. Lämpöpumpputekniikan toimintaperiaate on sama riippumatta lämmönlähteestä. Käytettävä lämmönlähde - maaperä, kallio tai vesistö – vaikuttaa investointikustannuksiin sekä käyttökustannuksiin.



Kuva 5. Lämpöpumpun lämmönlähteet (Lähde: Kallio 2012).

20.3.2017

Lämpöpumppu koostuu suljetusta kylmäainekiertoapiiristä (B), kompressorista (2), höyrystimestä (1), lauhduttimesta (3) ja paisuntaventtiilistä (4). Lisäksi järjestelmä vaatii oman lämmönkeruupiirin (A) höyrystimeltä lämmönlähteeseen ja lämmönsiirtopiirin lauhduttimelta rakennuksen lämmönluovutukseen (C). Lämpöpumpun pääkomponentit ja toimintaperiaatekaavio on esitetty kuvassa 6.



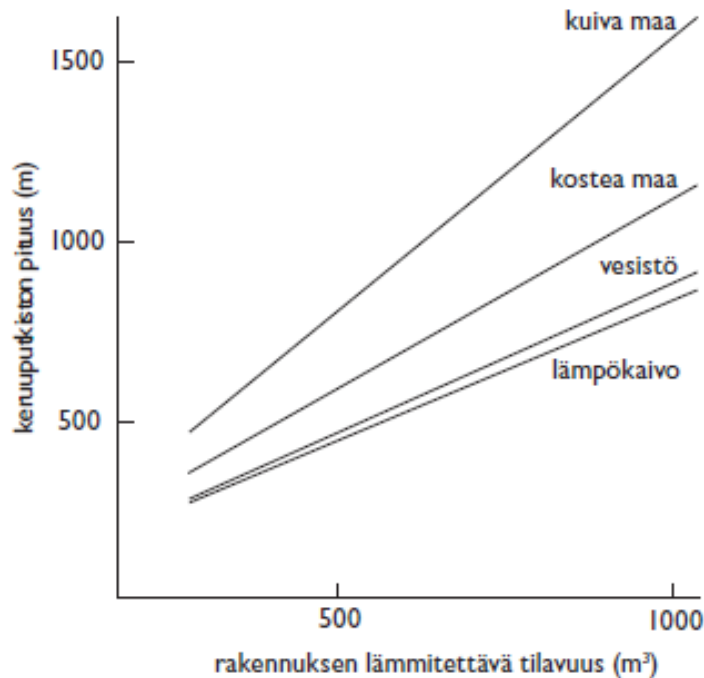
Kuva 6. Lämpöpumpun pääkomponentit ja toimintaperiaatekaavio (Lähde: Ympäristöopas 2013).

Lämmitystilanteessa lämmönlähteeseen varastoitunutta energiaa kerätään talteen omalla lämmönkeruuputkistolla, jolla lämpöä tuodaan höyrystimelle. Lämmönkeruuputkistossa kiertävä kylmäaine on yleisimmin etanoli-vesiliuos (tai bioetanoli-vesiliuos). Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy sitoen lämmönkeruuputkiston tuoman lämmön itseensä. Höyrystynyt kylmäaine puristetaan korkeampaan paineeseen ja lämpötilaan kompressorin avulla. Kompressorin käyttämä sähköenergia ja kylmäaineen sitoma lämpöenergia luovutetaan lauhduttimen kautta rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Lauhduttimessa kylmäaine muuntuu lauhtuessaan nesteeksi, jolloin sen painetta alennetaan paisuntaventtiilin avulla. Kylmäaineen lämpötila laskee ja se palautuu höyrystimelle.

Jäähdytystilanteessa ohjaus tapahtuu hieman eri tavalla. Prosessia ohjataan jäähdytysjärjestelmän tarvitseman menoveden lämpötilan mukaan siten, että kompressori alentaa liuoksen lämpötilaa kiinteistön tarvitsemalle lämpötilatasolle. Höyrystyminen tapahtuu samoin matalassa lämpötilassa sitoen lämpöä itseensä ja lauhtuessaan palauttaa lämpöä ympäristöön, lämmönlähteeseen, lauhduttimeen tai kiinteistön lämmitysjärjestelmään.

20.3.2017

Lämmönlähde vaikuttaa lämmönkeruupiirin mitoitukseen ja sitä kautta investointikustannuksiin (kuva 7).



**Kuva 7. Lämpöpumpun lämmönlähteen vaikutus lämmönkeruupiirin putkistopituu-
teen (Lähde: Rakennustietosäätiö RTS 2001).**

Lämpöpumpuissa käytettävistä lämmönlähteistä tehokkain on energiakaivo (lämpökaivo) eli lämmönkeruuputkistoa varten kalliooperaan porattu halkaisijaltaan noin 130–150 mm reikä. Energiakaivon syvyyteen vaikuttavat kalliooperan lämmönjohdavuus, maanpeitteen paksuus ja pohjaveden virtaus. Yleinen kaivosyvyys on 160–200 metriä. Energiakaivoratkaisu on hankintakustannuksiltaan muihin lämmönlähteratkaisuihin verrattuna kalliimpi, mutta käyttökustannuksiltaan edullisempi. Lisäksi sen etuna on vähäinen tilantarve, joskin useaa energiakaivoa tarvittaessa kaivojen etäisyys toisistaan tulee olla vähintään 15 metriä. Energiakaivosta saatava lämpöteho vaihtelee Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä 30–45 W/m.

Maaperästä lämpöä kerätään noin metrin syvyyteen asennettavan keruuputkiston avulla. Parhaiten tähän tarkoitukseen soveltuva maa-aines on kostea savi, koska se luovuttaa aurinkoenergian tuottamaa lämpöä paremmin kuin kuivat hiekkamaalajit. Maaperään asennettava putkisto eli maapiiri vaatii kohtalaisen pinta-alan, noin 1,5 m²/putkimetri. Vaakaputkistolla kerättävä lämpöteho on Pohjois-Suomessa 10–13 W/m ja Etelä-Suomessa 12–15 W/m.

Vesistöön asennettava lämmönkeruuputkisto ankkuroidaan pohjaan. Vesistöksi soveltuvat kokemuksen mukaan parhaiten vähintään 2 metrin syvyiset järvet, lammet ja merenrannat. Virtaava vesi alentaa keruupiirin lämpötehoa. Vesistöistä kerättävä lämpöteho on Pohjois-Suomessa 15–20 W/m ja Etelä-Suomessa 20–25 W/m.

20.3.2017

3.1.2 Geoenergian hyödyntämisen rajoitukset

Energiakaivoja koskeva lainsäädäntö

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)

Uuden rakennuksen lämmitysjärjestelmän rakentaminen käsitellään osana rakennuslupaa. Maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:n mukaan rakennuslupa tarvitaan rakennuksen rakentamisen lisäksi eräisiin korjaus- ja muutostöihin sekä rakennuksen käyttötarkoituksen olennaiseen muuttamiseen. Mikäli jo olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmä halutaan vaihtaa maalämpöjärjestelmäksi, tarvitaan toimenpidelupa (132/1999, 126 a §), ellei kunta ole toisin rakennusjärjestyksessään määrännyt.

Vesilaki (587/2011)

Maalämpöjärjestelmän rakentamiseen maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen toimenpide- tai rakennusluvan lisäksi tarvitaan mahdollisesti vesilain mukainen lupa. Vesilain mukainen lupa haetaan aluehallintovirastolta (AVI).

Ympäristönsuojelulaki (86/2000)

Pohjaveden pilaamiskiellosta on säädetty ympäristönsuojelulain 8 §:ssä. Ympäristönsuojelulain perusteella pohjaveden pilaaminen ja laadun vaarantaminen on kielletty, eikä siihen voida myöntää poikkeusta, eikä lupaa. Pohjavesialueelle sijoitettu maalämpöjärjestelmä voi aiheuttaa riskin pohjaveden laadulle ja antoisuudelle.

Kunnan lupaviranomainen määrittelee erikseen vedenhankinnan kannalta tärkeillä ja vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla (I ja II luokan pohjavesialueet) sijaitsevat suojavyöhykkeet. Suojavyöhykkeille ei tule sijoittaa maalämpökaivoja.

Kiinteistönmuodostamislaki (554/1995)

Energiakaivo voidaan naapurin suostumuksella porata naapurin kiinteistön puolelle ulottuvana vinoreikänä. Myös energiakaivo ja maapiiri voidaan sopimuksen perusteella sijoittaa naapurin puolelle. Näissä tapauksissa on syytä perustaa rasite, joka kirjataan rakennusvalvonnan rekisteriin.

Kemikaalilaki (744/1989)

Kemikaalilaki liittyy maalämpöjärjestelmissä käytettäviin lämmönkeruunesteisiin. Keruuputkistossa käytettävä laimennettu denaturoidun etanolin ja veden kylmäaineliuos on pääsääntöisesti vahvuudeltaan 28–30 % (jäätymispiste -17 °C), joka luokitellaan syttyväksi (leimahduspiste +29 C). Syttävillä kemikaaleilla ilmoitusvelvollisuuden raja on 5 tonnia ja lupavelvollisuuden raja 100 tonnia. Esim. omakotitalon maalämpöjärjestelmässä kylmäaineliuoksen määrä jää alle yhden tonnin.

Terveydensuojelulaki (763/1994)

Terveydensuojelulain määräykset eivät suoraan koske maalämpöjärjestelmän rakentamista, vaan ne liittyvät lämmitysjärjestelmän mitoitukseen, talousveden laatuun ja lämpimän käyttöveden lämpötilaan. Jos maalämpöjärjestelmää hyödynnetään käyttöveden lämmittämisessä, lämpöpumpun mitoituksessa on otettava huomioon ympäristöministeriön määräys vesijohtoveden lämpötilasta sekä Sosiaali- ja Terveysministeriön asumisterveysohjeessa annetut vaatimukset vesijohtoveden lämpötilasta.

20.3.2017

Lupaviranomaisen rajoitukset

Suomessa ei toistaiseksi ole valtakunnallista ohjeistusta maalämpöjärjestelmien sijoittamisesta pohjavesialueille, joten eri kuntien alueilla on erilaisia käytäntöjä. Kunta voi ohjata maalämpöjärjestelmien rakentamista kunnan eri alueilla olosuhteiden vaatimusten mukaan (esimerkiksi pohjavesiolosuhteet, pilaantuneet maat tai maanalainen rakentaminen) rakennusjärjestyksen, ympäristösuojelumääräyksien tai kaavamerkintöjen avulla.

Lupaviranomainen voi asettaa käytettävälle kylmäaineelle (lämmönsiirtoaine) vaatimuksia. Esimerkiksi etyleeniglykolin käyttö saattaa olla kielletty. Suositeltavaa on käyttää denaturoitua etanolia tai bioetanolia.

Tekniset rajoitukset

Maalämpöjärjestelmän toteutukseen vaikuttavat tekniset rajoitukset liittyvät pääasiassa käytettävään lämmön lähteeseen (kallioperä, maaperä tai vesistö). Energiakaivon poraamisella kallioperään voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia ja siksi siihen liittyy eniten määräyksiä ja ohjeistusta. Mm. suojaetäisyyksillä pyritään minimoimaan energiakaivon vaikutukset muihin maanalaisiin infrarakenteisiin. Maaperään asennettavan vaakaputkiston asennuksessa tulee huomioida samat suojaetäisyydet.

Taulukko 1. Energiakaivon porareian suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin. Sopivat etäisyydet voivat vaihdella porareian kaltevuuskulmasta, pohjaveden virtausolosuhteista ja maaperästä riippuen (Lähde: Ympäristöopas 2013).

Kohde	Suosittelut minimietäisyys
Energiakaivo	20 m
Porakaivo	40 m
Rengaskaivo	20 m
Rakennus	3 m
Kiinteistön raja katuun	4 m
naapuriin	7,5 m
puistoon	ei rajoitusta
Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo	kaikki jätevedet 30 m, harmaat vedet 20 m
Viemärit ja vesijohdot	5 m
Kaukolämpöjohdot	3 m
Tunnelit ja luolat	25 m

20.3.2017

3.2 Lähtöaineistot

3.2.1 Avoimet paikkatietoaineistot

Geologian tutkimuskeskus, Maapeitepaksuus 1:1 000 000

Maapeitepaksuus 1: 1 000 000 - aineistossa olemassa oleva maapeitepaksuustieto esitetään luokiteltuna aluemaisena tietona. Aineisto on luokiteltu viiteen luokkaan <1m, <10 m, <30 m, <50 m ja >50 m. Maapeitepaksuudella tarkoitetaan kallioperää peittävän irtomaapeitteen paksuutta. Maapeitepaksuustieto pohjautuu maaperä 1:1 000 000 kartta-aineiston tulkintaan. Tulkintaa on tarkennettu geologisissa, geofysikaalisissa ja geoteknisissä tutkimuksissa saaduilla pistemäisillä tai viivamaisilla tiedoilla kalliopinnan tasosta. Tässä työssä maanpeitepaksuusaineisto toimi lähtötietona tarkemmalle maanpeitteen paksuuden ja geoenergiapotentiaalnin tutkimiselle.

Geologian tutkimuskeskus, Kallioperä pääasiassa 1:200 000 (osassa aluetta 1:100 000).

Aineisto sisältää Geologian tutkimuskeskuksen vuosina 1948–2007 mineraalisten raaka-ainevarojen kartoituksen, yhteiskunnan kiviaineshuollon ja tieteellisen tutkimuksen tarpeisiin tuottamaa aineistoa. Tämä aineisto sisältää kivilajitiedot aluerajauksina, kallioperähavainto- ja kairauspisteet sekä olennaiset tektoniset havainnot, litologiset primäärirakenteet, malmimineraalit ja metamorfiset indeksimineraalit. Tässä työssä aineistoa käytettiin lähtötietoaineistona kivilajien määrittelymiseksi tutkittavilla alueilla. Kivilajien lämmönjohtavuudella on merkitystä geoenergiapotentiaalnin kannalta.

Geologian tutkimuskeskus, kallioperäkairaukset

Kallioperän syväkairaukset sisältävät paikkatiedot yli 29 000 syväkairausreikään. Kairausaineistoa on tuotettu pääasiassa Geologian tutkimuskeskuksen ja Outokumpu Oy:n kallioperä- ja raaka-ainekartoituksen yhteydessä 1920-luvulta lähtien.

Geologian tutkimuskeskus, valtakunnallinen kairasydänaineisto

Valtakunnallisen kairasydänarkiston tietokanta sisältää paikkatiedot yli 32 000 syväkairausreikään. Kairautiedot ovat mukana maanpeitteen paksuuden tarkemmassa arvioinnissa.

Maanmittauslaitos, maastotietokanta

Maanmittauslaitoksen Maastotietokanta on koko Suomen kattava maastoa kuvaava aineisto. Sen tärkeimpiä kohderyhmiä ovat liikenneväyläverkosto, rakennukset ja rakenteet, hallintorajat, nimistö, maankäyttö, vedet ja korkeussuhteet. Geoenergiapotentiaaliselvityksessä maastotietokannasta käytetään lähtötietona maanpeiteluokkia.

Suomen ympäristökeskus, pohjavesialueet

Aineisto sisältää vedenhankintaa varten kartoitetut ja luokitellut pohjavesialueet ja niiden suojavyöhykkeet. Pohjavesialueet on luokiteltu käyttökelpoisuutensa ja suojelutarpeensa perusteella kolmeen luokkaan: I vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue, II vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue, III muu pohjavesialue. Pohjavesialueilla kairausten tekemiseen liittyy erilaisia rajoituksia ja ohjauksia eri kuntien alueella. Rajoitukset on huomioitu geoenergiapotentiaaliselvityksessä.

20.3.2017

3.2.2 Muut aineistot

GTK:n kairauspisteaineistojen lisäksi kairausten syvyytietoja saatiin alueella toimivilta porausyrittäjiltä. Osallistujakunnilta ja energiayhtiöiltä saatiin tarkemman tarkastelun kohdealueilta tehtyjä maaperäselvityksiä, maalämpöä hyödyntävien kiinteistöjen sijaintitietoja sekä alueille tehtyjä kaavoja. Mikäli kaavoja ei alueilla ollut, pyydettiin näkemyksiä alueiden tulevasta käytöstä. Myös nämä aineistot toimivat lähtötietoaineistona analyysissä.

3.3 Analyysin kuvaus ja oletukset

Mahdollisuus hyödyntää geoenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja pohjaveden pinnan korkeusasemasta. Mitä paksumpi maapeite on, sitä kalliimpaa on energiakaivon tai –kaivokentän poraus. Myös kallioperän ominaisuuksilla, kuten lämmönjohtavuudella on suora yhteys energiakaivon energian tuottoon ja –tehoon / metri. Alueellisen kallioperän ominaisuudet vaikuttavat siis geoenergiaporauksen kustannuksiin ja samalla koko menetelmän kannattavuuteen.

3.3.1 Maanpeitteen paksuuden analyysi

Maanpeitteen paksuus laskettiin maaperäkairausten ja maalämpökaivojen piste-mäisistä tiedoista. Maanpeitteen paksuuden arvioinnissa käytettiin myös GTK:n avointa maaperäaineistoa (500 m ruututieto). Analyysin tueksi käytettiin maanmittauslaitoksen KM-2 korkeusmallia (mpy, kaltevuus) ja olemassa olevaa geomorfologiaa käsittelevää aineistoa (OIVA – harjut, kallioalueet, moreenimuodostumat, yms.). Tämän työn yhteydessä ei ole tehty uusia erillisiä porauksia maanpeitteen paksuuden selvittämiseksi.

3.3.2 Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi

Kallioperän ominaisuuksien tiedot alueille on saatu GTK:n kallioperäaineistoista sekä lämmönjohtavuusarvot julkaisusta "Peltoniemi, S ja Kukkonen I: Kivilajien lämmönjohtavuus Suomessa, yhteenveto mittauksista 1964 – 1994". Eri kivilajeilla on erilainen lämmönjohtavuus, joka vaikuttaa geoenergian hyödyntämisen kannattavuuteen.

3.3.3 Ehdottomat kieltoalueet

Keskustelujen perusteella ei nostettu alueita ehdottomiksi kieltoalueiksi maakunnan tasolla. Esimerkiksi pohjavesialueet eivät kategorisesti ole ehdottomia kieltoalueita, vaikkakin geoenergian hyödyntämiselle pohjavesialueella toimiminen aiheuttaa rajoitteita sekä tarkemman suunnittelun ja mahdollisten lupien tarvetta. Suomessa ei toistaiseksi ole valtakunnallista ohjeistusta maalämpöjärjestelmien sijoittamisesta pohjavesialueille, joten eri kuntien alueille on erilaisia käytäntöjä.

Tarkemman tarkastelun kohdealueet eivät sijaitse luokitelluilla pohjavesialueilla.

3.3.4 Lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto

Edellä esitellyt analyysit yhdistettiin spatiaaliseen data-analyysiin perustuvalla monimuuttujaisella mallinnuksella (kuva 8) jolla saatiin yhdistettyä lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto.

20.3.2017

Aineisto: Kallioperän ominaisuudet (KO)					
jäsenyysarvo	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
luokka	1	2	3	4	5
kivilajin lämmönjohtavuus [W/mK]	> 3.50	3.30–3.50	3.10–3.30	2.55–3.10	< 2.55
Aineisto: Maapeliteen paksuus (MP)					
jäsenyysarvo	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
luokka	1	2	3	4	5
maapeliteen paksuus [m]	< 5	5–10	10–20	20–30	> 30
Aineisto: Ehdottomat kieltoalueet (EK)					
jäsenyysarvo	1.00		0.00		
arvo	ei ole		on		
Geoenergiapotentiaalin luokka ($GL = KO_{j.arv} \times MP_{j.arv} \times EK_{j.arv}$)					
jäsenyysarvo	1.00-0.90	0.9 – 0.6	0.3 – 0.6	0.1 – 0.3	0.10-0.00
luokka	Erittäin hyvin soveltuvat alueet	Hyvin soveltuvat alueet	Kohtalaiset alueet	Ei suositeltavat alueet	Erittäin huonosti soveltuvat alueet

Kuva 8 Eri analyysien yhdistäminen geoenergiapotentiaalikartan luomiseksi.

20.3.2017

4 Tulokset

4.1 Analyysin tulokset maakunnallisella tasolla

4.1.1 Maapeitteen paksuus

Hyödynnettäessä kallioperää lämmönlähteenä, on maanpeitteen paksuudella vaikutusta investointikustannuksiin. Lisäkustannukset muodostuvat porausreikään asennettavasta suojaputkesta ja mahdollisesti tarvittavasta syvemmästä porauksesta. Suojaputkea tarvitaan estämään maa-aineksen ja pintavesien valuminen energiakaivoon. Suojaputkena käytetään muoviputkea, mutta pääsääntöisesti maa-aineskerroksen ollessa yli kolme metriä käytetään teräsputkea. Maanpeitteen paksuus vaikuttaa lisäporaustarpeeseen, sillä maaperän lämmönsiirto-ominaisuudet ovat heikommät kuin kallioperässä. Maanpeitteen heikompi lämmönsiirto pitää kompensoida lisäämällä energiakaivon syvyyttä, jotta saavutetaan laskennallisesti määriteltä riittävä aktiivinen keruupiirin pituus.

4.1.2 Maapeitteen kerrospaksuudet Pohjois-Savon alueella

Pohjois-Savoa halkovat useat luode – kaakko –suuntaiset hiekka- ja soramuodostumat. Näillä alueilla sijaitsevat myös alueen vedenhankinnan kannalta tärkeimmät pohjavesialueet.

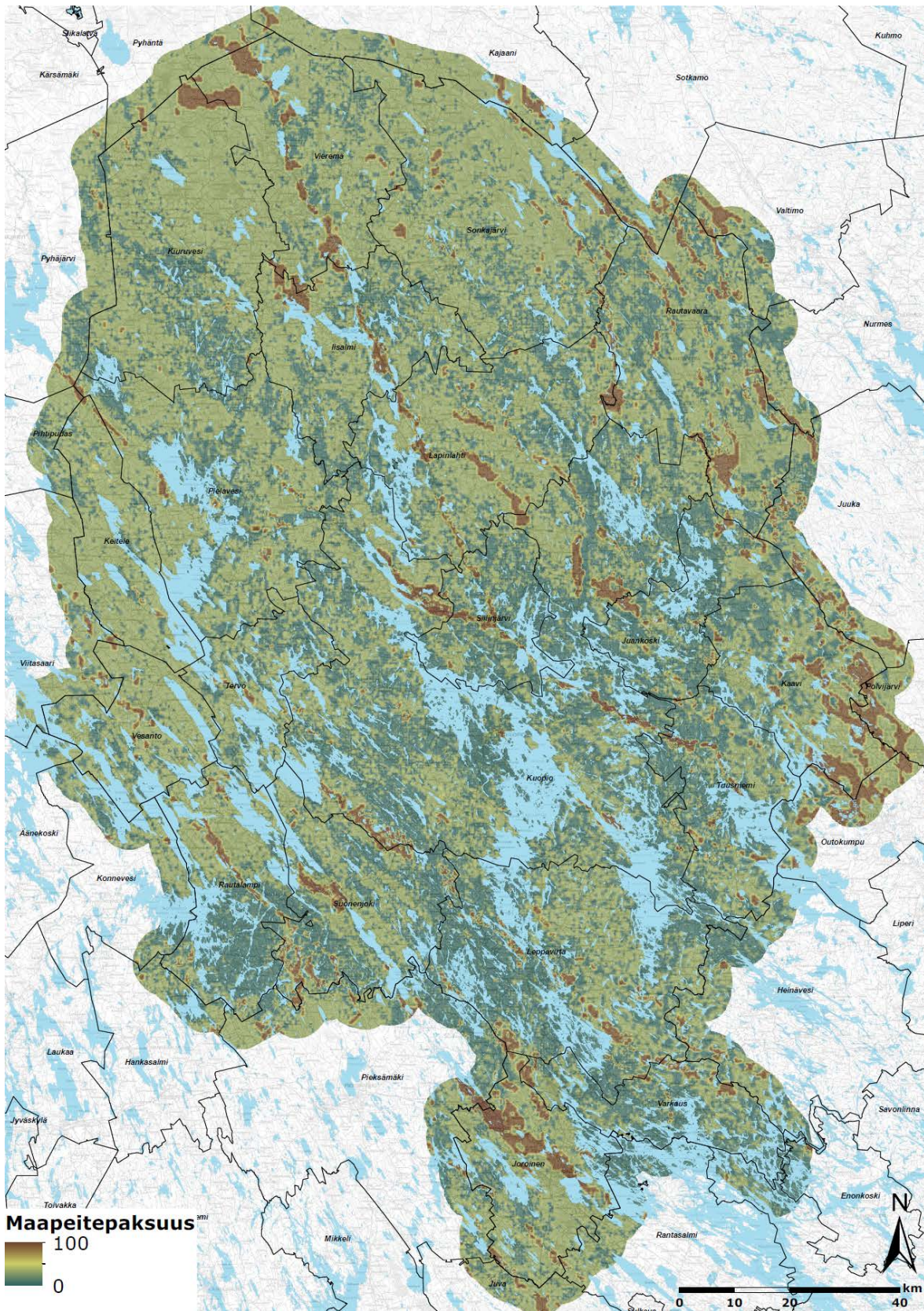
Harjualueilla esiintyy tyypillisesti 20–30 metrin paksuisia maakerroksia. Yli 50 metrin paksuisia maakerroksia esiintyy Suonenjoen Lintharjulla, Joroisten Tervaruukinsalolla, Siilinjärven Harjamäki-Käärmelahti alueella sekä valtatie 9:n varrella Kuopion ja Tuusniemen alueilla sijaitsevalla harjujaksolla Ryönänkankaalta Telkkämälle. Suurimmat, jopa sadan metrin paksuisia maakerroksia on tavattu Siilinjärven Käärmelahden alueelta. Lisäksi esimerkiksi Siilinjärven ja Vieremän välisellä alueella on pitkä muodostumajakso, jossa esiintyy pääosin 20–40 metrin paksuisia maakerroksia.

Kalliopaljastumia tavataan koko Pohjois-Savon alueella, mutta erityisesti maakunnan itäosissa. Suurin yhtenäinen kalliopaljastumien alue sijaitsee maakunnan lounaisosassa, Rautalammin eteläosassa. Kalliopaljastumien lähialueilla maakerrospaksuudet ovat matalampia (alle 10 metriä), kun pelto- ja turvealueilla esiintyy noin 10–30 metrin paksuisia maakerroksia.

Maapeitteen paksuus vaihtelee selvitysalueella 0 – 100 metrin välillä ja maapeitteen paksuuden keskiarvo on noin 7,5 metriä.

Maapeitteen paksuus Pohjois-Savon ja Joroisten kunnan alueilla on esitetty kuvassa 9.

20.3.2017



Kuva 9. Maapeitteen paksuus (metriä) Pohjois-Savon ja Joroisten kunnan alueella.

20.3.2017

4.1.3 Kallioperä ja lämmönjohtavuus

Kivilajien lämmönjohtavuus on merkittävin kivilajien ominaisuuksista, joka vaikuttaa geoenergian hyödynnettävyyteen. Energiakaivon ja ympäröivän kallion välille muodostuu lämpötilaero, kun energiakaivosta otetaan lämpöenergiaa. Kivilajin lämmönjohtavuudesta ja myös kallioperässä esiintyvistä pohjavedestä riippuu, miten hyvin energiakaivosta otetun lämpöenergian tilalle tulee korvaavaa lämpöä ympäröivästä kalliosta. Kivilajin lämmönjohtavuus vaikuttaa siihen, miten syvä energiakaivo tarvitaan kohteeseen. Suomen kivilajien lämmönjohtavuuksien keskiarvo on 3,24 W/(mK) (Peltoniemi, 1996). Geoenergiapotentiaalin selvityksessä on käytetty kirjallisuudessa esitettyjä lämmönjohtavuusarvoja.

4.1.4 Kallioperän lämmönjohtavuus Pohjois-Savon alueella

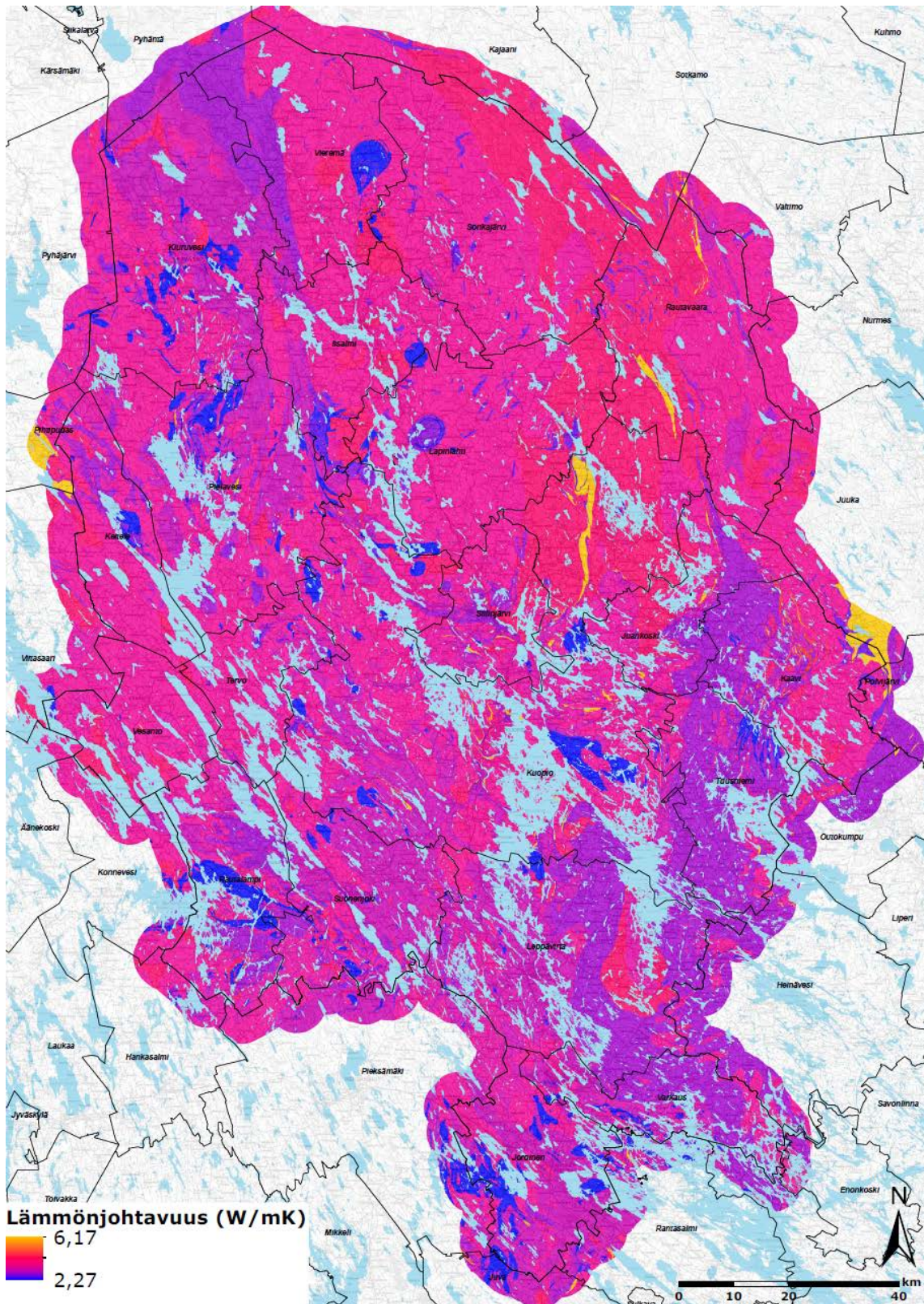
Kirjallisuuden perusteella on käytetty alueen yleisimpien kivilajien lämmönjohtavuuksina seuraavia arvoja:

- Kiillegneissi ja -liuske, lämmönjohtavuus 2,8...2,99 W/(mK)
- Mafinen vulkaniitti (emäksinen vulkaniitti), lämmönjohtavuus 2,85 W/(mK)
- Tonaliittinen gneissi (pohjagneissi), lämmönjohtavuus 3,20 w/(mK)
- Kvartsiitti, lämmönjohtavuus 5,02 W/(mK)
- Graniitti, lämmönjohtavuus 3,55 W/(mK)
- Granodioriitti, lämmönjohtavuus 3,19 W/(mK)

Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella Pohjois-Savon alue (lämmönjohtavuuksien keskiarvo 3,12 W/mK) on Suomen kivilajien lämmönjohtavuuksien keskiarvoon (3,24 W/mK) verrattuna hieman heikompi.

Lämmönjohtavuudeltaan laajimmat esiintymät parhaimpien kivilajien osalta Pohjois-Savossa sijoittuvat maakunnan koillisosaan, Nilsiä Tahkon alueelle ja Rautavaaran Keyrityn länsipuolelle. Myös Kaavin itäosassa Suovaaran alueella on laajahko alue, jonka kivilajien lämmönjohtavuus on hyvä. Kallioperän lämmönjohtavuus Pohjois-Savon ja Joroisten kunnan alueella on esitetty kuvassa 10.

20.3.2017



Kuva 10. Kalliooperän lämmönjohtavuus Pohjois-Savon ja Joroisten kunnan alueella.

20.3.2017

4.1.5 Maalämmön hyödyntäminen pohjavesialueilla

Maalämpöjärjestelmästä voi aiheutua riskiä pohjaveden laadulle ja/tai antoisuudelle.

Pohjaveden laadulle riskiä aiheutuu mahdollisesta kairauksen aikaisesta poltto- ja voiteluaineiden vuodoista, tärinän ja paineilman aiheuttamasta pohjaveden samentumisesta, paineellisesta pohjavedestä tai paksusta pohjavesikerroksesta. Ruhjeisessa kallioperässä lämpökaivo voi sortua tai maalämpöjärjestelmän asentamisen aikana tapahtuvista virheistä tai käytön aikana tapahtuva rikkoontuminen, jolloin lämmönkeruuputkistot voivat vaurioitua ja lämmönkeruunestettä vuotaa pohjaveteen.

Maalämpökaivon poraamisen yhteydessä hyvälaatuiseen pohjaveteen voi sekoittua laadultaan heikompileatuista pohjavettä tilanteessa, jolloin muodostuu yhteys toisistaan erillä olevien pohjavesikerrosten välille.

Pintavettä voi päästä porausreikään tai kaivorakenteen kautta, mikäli suojaus ei ole riittävä ja pohjaveden laatu voi heiketä.

Uusissa maalämpöjärjestelmissä käytetään etanolia, joka on ympäristön kannalta turvallisempaa, kuin vanhemmissa maalämpöjärjestelmissä käytetyt glykolipohjaiset nesteet.

Syvien maalämpökaivojen poraaminen maa- ja kallioperään voi muuttaa pohjaveden virtausolosuhteita ja heikentää vaikutusalueella sijaitsevien kaivojen vedenpinnan korkeusasemaa.

Haitallisia pohjavesivaikutuksia voidaan ennakoida ja estää kaivon tiivistämisellä sekä riittävällä tutkimustiedolla kallioperän rakenteesta ja pohjaveden virtausolosuhteista. Maanpinnan läheisyyteen sijoitettavien maalämpöjärjestelmien rakentamisen aikaiset pohjavesiriskit ovat maalämpökaivojen rakentamiseen verrattuna pienemmät. Maalämpöjärjestelmän vuotojen aiheuttama riski maanpinnan läheisissä järjestelmissä on pohjaveden laadulle suurempi, koska näissä järjestelmissä on enemmän lämmönsiirtoainetta.

Kunnissa ei välttämättä ole tarkkaa tietoa vanhemmista poratuista maalämpökaivoista (sijainti, syvyys, käytetty lämmönkeruuneste). Maalämpökaivojen määrän lisääntyessä, olisi hyvä tietää myös jo olemassa olevien maalämpökaivojen sijainti, mahdollisten haitallisten pohjavesiriskien välttämiseksi.

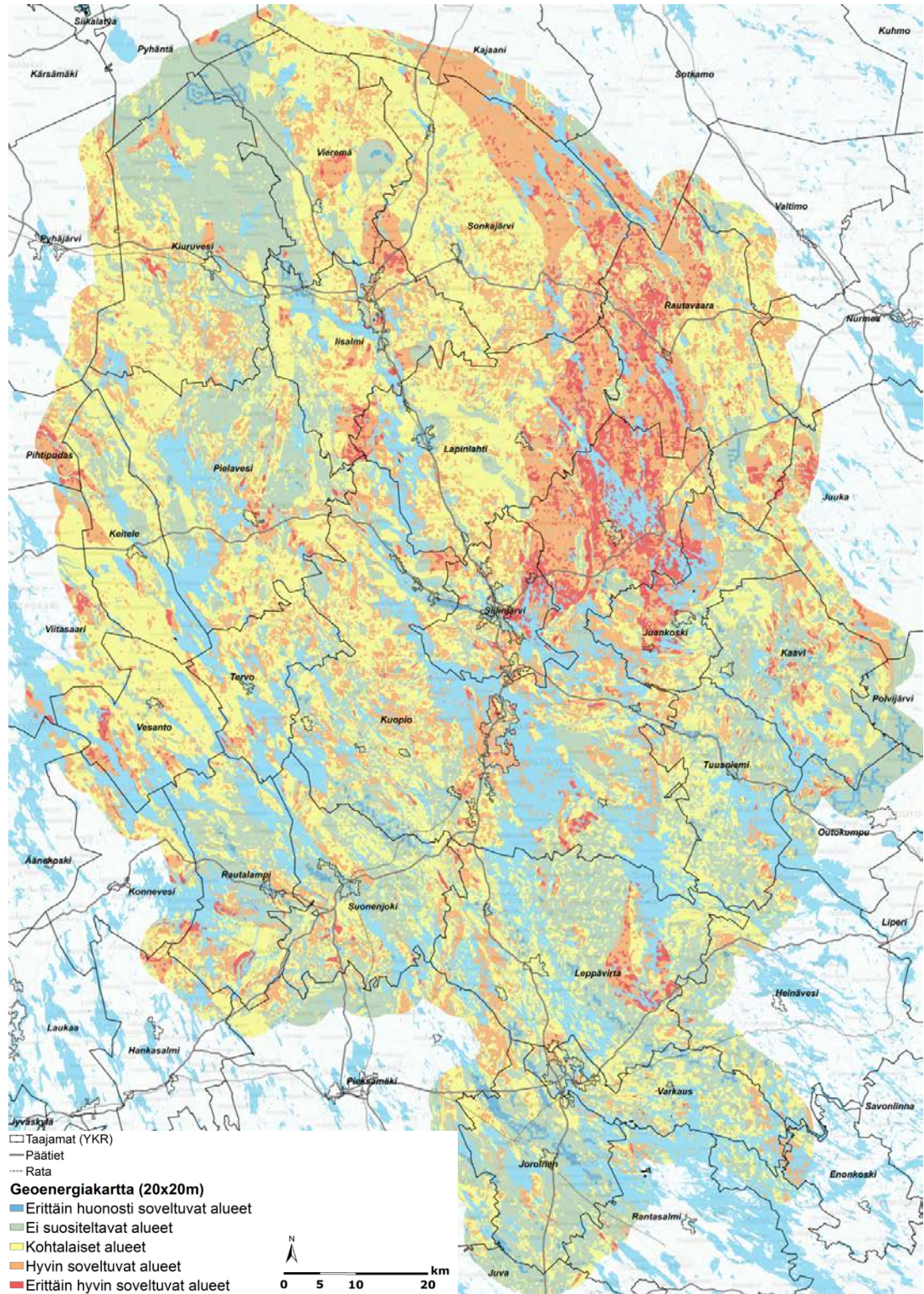
4.1.6 Geoenergiapotentialikartta

Geoenergiapotentialikartan rasteriaineisto (geotiff) on toteutettu 20 x 20 metrin resoluutiolla, ETRS-TM35FIN koordinaatistossa (EPSG:3067). Korkeusjärjestelmänä on N2000 -korkeusjärjestelmä. Aineisto kattaa Pohjois-Savon maakunnan ja Joroisten kunnan alueet.

Geoenergiapotentialiltaan paras laajahko alue ulottuu Siilinjärven itäosasta Nilsiän, Rautavaaran länsiosan ja Lapinlahden itäosan kautta Sonkajärvelle maakunnan rajalle saakka. Tällä alueella geoenergiapotentiali on pääosin hyvä tai erittäin hyvä. Heikoimmin geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita ovat harjualueet esimerkiksi Suonenjoen Lintharjun, Joroisten Tervaruukinsalon ja Kotkatharjun sekä Siilinjärven Harjamäki-Käärmelahti -alueella. Yleisesti ottaen geoenergiapo-

20.3.2017

tentiaalikartan (kuva 11.) perusteella maakunnan pohjoispuolisko soveltuu eteläosaa paremmin geoenergian hyödyntämiseen. Laajoja keskimääräistä heikommin soveltuvia alueita on kuitenkin myös esimerkiksi Kiuruveden pohjoisosassa.



Kuva 11. Geoenergiapotentiaali Pohjois-Savon ja Joroisten kunnan alueella.

20.3.2017

4.2 Analyysin tulokset valituilla kohdealueilla

Tarkempaan tarkasteluun valittiin seuraavat alueet:

- Iisalmi: Soinlahden teollisuusalue ja Marjahaan uusi työpaikka-alue
- Siilinjärvi: Joensuuntien varsi, Haapamäki ja Räimä
- Kuopio: Neulaniemi, Kelloniemi, Hiltulanlahti-Vanuvuoren itäpuoli

Räimän aluetta lukuun ottamatta kaikki alueet ovat Pohjois-Savon maakuntakaavoissa joko taajamatoimintojen aluetta tai työpaikka-alueita.

Tässä luvussa esitetään lyhyt kuvaus alueista mm. maapinnan paksuudesta ja käydään läpi geenergiapotentiaaliselvityksen tulokset kohdealueittain.

Varsinaisen geenergiapotentiaaliluokituksen lisäksi on laskettu geenergiapotentiaaliluokien vaikutusta kohdealueiden energiakaivojen mitoittamiseen ja porauskustannuksiin. Tarkastelu on tehty käyttämällä laskelmissa tyyppikiinteistöjä.

Kultakin kohdealueelta on valittu kyseisen alueen geenergiapotentiaaliluokien ääripäät, joita on tyyppikiinteistöittäin verrattu keskenään. Mikäli kohdealueella on useampia kuin kaksi luokkaa, jäävät muut luokat kustannusten osalta näiden välille.

Kohdealueista on tehty myös saman informaation sisältävät A3-kohdekortit, jotka ovat raportin liitteenä.

4.2.1 Geenergiakaivojen mitoitus ja kustannukset, laskennan lähtötiedot

Maankäyttö- ja rakennuslain rakentamista koskevat asetukset uudistetaan vuoteen 2018 mennessä siten, että rakentamisen energiatehokkuuden olennaiset tekniset vaatimukset tulisivat uusien rakennusten osalta sisältämään vaatimuksen lähes nollaenergiarakennuksista. Uudisrakennukset tulee rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitella ja rakentaa lähes nollaenergiarakennukseksi. Velvoite siirtyä uudisrakentamisessa lähes nolla-energiarakentamiseen sisältyy uudelleenlaadittuun Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennusten energiatehokkuudesta antamaan direktiiviin. Direktiivissä säädetään lähes nollaenergiarakennuksen määritelmästä ja määräajoista, joilla lähes nollaenergiarakennuksiin tulee siirtyä. Maankäyttö- ja rakennuslaissa määritellään direktiivin mukaisesti, mitä lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan.

Uudisrakentamisen energiatehokkuutta määritettäessä energiantarpeet muunnetaan edelleen yhteenlaskettavaan muotoon kullekin energiamuodolle määritettävien energiamuodon kertoimien avulla. Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku), jonka yksikkönä käytetään kWh_E/(m² a), on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa.

Rakennuksen energiatehokkuuden vertailuluku lasketaan energiamuodoittain eritellystä rakennuksen laskennallisesta ostoenergiankulutuksesta energiamuotojen kertoimia käyttäen kaavalla:

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + \sum f_{\text{polttoainei}} Q_{\text{polttoainei}} + f_{\text{sähkö}} W_{\text{sähkö}}}{A_{\text{netto}}}$$

jossa:

20.3.2017

E on energiatehokkuuden vertailuluku, kWh_E/(m² a);
 $Q_{\text{kaukolämpö}}$ on kaukolämmön kulutus vuodessa, kWh/a;
 $Q_{\text{kaukojäähdytys}}$ on kaukojäähdytyksen kulutus vuodessa, kWh/a;
 $Q_{\text{polttoaine}}$ on polttoaineen i sisältämän energian kulutus vuodessa, kWh/a;
 $W_{\text{sähkö}}$ on sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset rakennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä energiasta otettu energia siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa, kWh/a;
 $f_{\text{kaukolämpö}}$ on kaukolämmön energiamuodon kerroin;
 $f_{\text{kaukojäähdytys}}$ on kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin;
 $f_{\text{polttoaine}}$ on polttoaineen i energiamuodon kerroin;
 $f_{\text{sähkö}}$ on sähkön energiamuodon kerroin;
 A_{netto} on rakennuksen lämmitetty nettoala, m².

Energiamuodon kertoimien lukuarvot annetaan valtioneuvoston asetuksella. Myös näitä lukuarvoja tarkastellaan lakiuudistuksen yhteydessä. Tässä työssä on E-luvun laskennassa rakennusten ostoenergian osalta käytetty ehdotettuja uusia kertoimia (Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista, luonnos 7.10.2016).

Taulukko 2. Eri energiamuotojen kertoimet.

Energiamuoto	Ehdotetut uudet kertoimet	Nykyiset kertoimet
Sähkö	1,20	1,70
Kaukolämpö	0,50	0,70
Kaukojäähdytys	0,28	0,40
Fossiiliset polttoaineet	1,00	1,00
Rakennuksissa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,50	0,50

Uusien rakennusten energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksena vertailuluku ei saa ylittää asetettuja raja-arvoja. Tässä työssä tarkasteltujen kiinteistöjen E-lukuina on käytetty ehdotettuja uusia raja-arvoja (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, luonnos 7.10.2016).

Taulukko 3. Kiinteistöjen käyttötarkoituksen mukaiset energiatehokkuuden vertailuluvut.

Rakennustyyppi	Ehdotetut uudet E-luvut
Pientalo, 140 m ²	116
Rivitalo ja enintään kaksikerroksinen asuinkerrostalo	105
Vähintään kolmikerroksinen asuinkerrostalo	90
Toimistorakennus	100

Energiatehokkuuden vertailulukuihin pääsemiseksi rakennusten energiatehokkuuden tulee parantua nykyvaatimuksista ja lämmitykseen käytettävän energian on oletettu vähenevän asuinrakennusten osalta vähintään 15 % nykyisillä rakentamismääräyksillä rakennettujen kiinteistöjen kulutuksesta. Tämä tarkoittaa seuraavien

20.3.2017

rakennusluokkien mukaisia arvioituja lämpöindeksejä (sisältää lämmityksen ja käyttöveden energian) Pohjois-Savon leveysasteilla:

Taulukko 4. Selvityksen laskelmissa käytetyt lämpöindeksit

Rakennustyyppi	Lämpöindeksi 2020 – kWh/r-m ³
Pientalo	20,4
Rivi- ja ketjutalo	28,9
Asuinkerrostalo	25,5
Toimistorakennus	21,6

Lämpöindeksien arvioinnissa on hyödynnetty tilastoitua aineistoa toteutuneista rakennusten lämmitysenergian kulutuksista (Motiva / Palvelusektorin ominaiskuluksia 2009–2014, Energiateollisuus / kaukolämmönkäyttöraportti 18.9.2013). Lämpöindeksit on laskettu siten, että Helsingin, Vantaan ja Tampereen kaukolämpöasiakkaat luokiteltiin rakennuksen valmistumisvuoden ja rakennustyyppin mukaan luokkiin. Näistä luokista laskettiin ominaiskulutus, jonka alle jäi 25 %. Paikkakuntaakohtaiset ominaiskulutukset lämpötilakorjattiin Jyväskylän normaalivuoteen Motivan ohjeen mukaan. Näin saaduista arvoista laskettiin keskiarvo, jota voidaan käyttää vertailutietona samatyypisen säästäväisen rakennuksen lämmitysenergian käytöstä. Keskiarvo edustaa vuoden 2011 rakentamismääräysten mukaan rakennettuja kiinteistöjä. Keskiarvosta on otettu pois 15 %, jolloin lämpöindeksin on arvioitu edustavan uusien rakentamismääräysten mukaan rakennetun kiinteistön lämmönkulutusta.

Mitoittavana ulkolämpötilana on käytetty -32 °C ja vuoden keskilämpötilana 3,2 °C.

4.2.2 Porauskustannukset

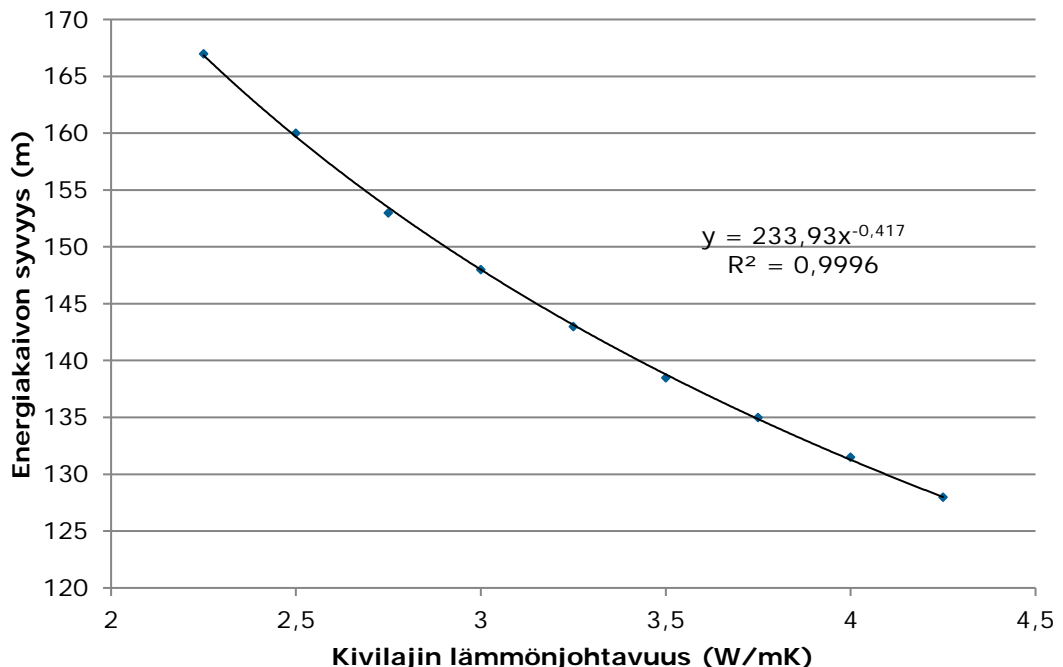
Porauskustannuksia ja maanpeitteen paksuuden vaikutusta kustannuksiin on kysytty kolmelta energiakaivojen poraajalta: Rototec Oy, Suomen Porakaivo Oy ja PT Energia Poraus Oy (taulukko 5). Kaikilla toimijoilla on samansuuntainen hintavaihtumismekanismi, joskin Rototec eroaa kahdesta muusta siinä, että heidän näkemys mukaan lisäporaustarve alkaa vasta, kun maanpeite ylittää 15 metriä. Tyypikiinteistöjen laskelmissa on käytetty Suomen porakaivon hintatietoja. Esitetyt porauskustannukset sisältävät poraamisen lisäksi keruuputkiston sekä kylmäaineliuoksen täytön.

20.3.2017

Taulukko 5. Maanpeitteen paksuuden vaikutus energiakaivon porauskustannuksiin.

	Rototec	Suomen porakaivo	PT Energia Poraus
Perusreikä (€/m)	28	28	28
Suojaputki (€/m)	60	40	30
Lisäporaus	Yli 15 m maanpeite	½ x maanpeite	Yli 3 m maanpeite
Maanpeitteen aiheuttama lisäkustannus (€)	0-15 m: 60 €/m yli 15 m: maanpeite x 60 + (maanpeite - 15) x 28	yli 0 m: maanpeite x 40 + ½ x maanpeite x 28	yli 3 m: 3 x 28 + (maanpeite - 3) x 44,36
Esim. kun maanpeite on 5 m niin lisäkustannus / kaivo	360 €	270 €	173 €
Esim. kun maanpeite on 20 m niin lisäkustannus / kaivo	1340 €	1080 €	838 €
Lisäkustannusta kuvaava laskentakaava	$172,38e^{0,76x}$, $R^2=0,99$	$181,64e^{0,66x}$, $R^2=0,98$	$119,35e^{0,70x}$, $R^2=0,98$

Kallioperän geofysikaaliset ja geologiset tekijät vaikuttavat energiakaivon syvyyteen (kuva 11). Näistä tärkein on kivilajin lämmönjohtavuus, mitä parempi lämmönjohtavuus sitä pienempi lämmönkeruupiiri tarvitaan saman tehon saamiseksi. Tämän selvityksen laskelmissa on käytetty yhden porakaivon aktiivisyvyytenä 100–270 metriä. Syvemmillä kaivoilla saataisiin kaivojen lukumäärä pienemmäksi. Kaivoja porataan nykyään aina 400 metriin saakka. Suurempia geoenergiajärjestelmiä suunniteltaessa on välttämätöntä tehdä terminen vastetestti eli TRT-mittaus (Thermal Response Test) kallioperän soveltuvuuden varmistamiseksi ja oikean aktiivisyvyyden määrittämiseksi.

**Kuva 12. Kivilajin lämmönjohtavuuden vaikutus energiakaivon syvyyteen (Lähde: Nina Leppäharju, 2008)**

20.3.2017

Lisäksi energiakaivon aktiivisyvyyteen vaikuttavat kallioperän huokoisuus, ruhjeet, pohjaveden korkeusasema ja pohjaveden virtaus. Tässä työssä on oletettu, että pohjavesi täyttää energiakaivon vähintään koko kallioperän osuudelta, eikä merkittäviä pohjaveden virtauksia esiinny.

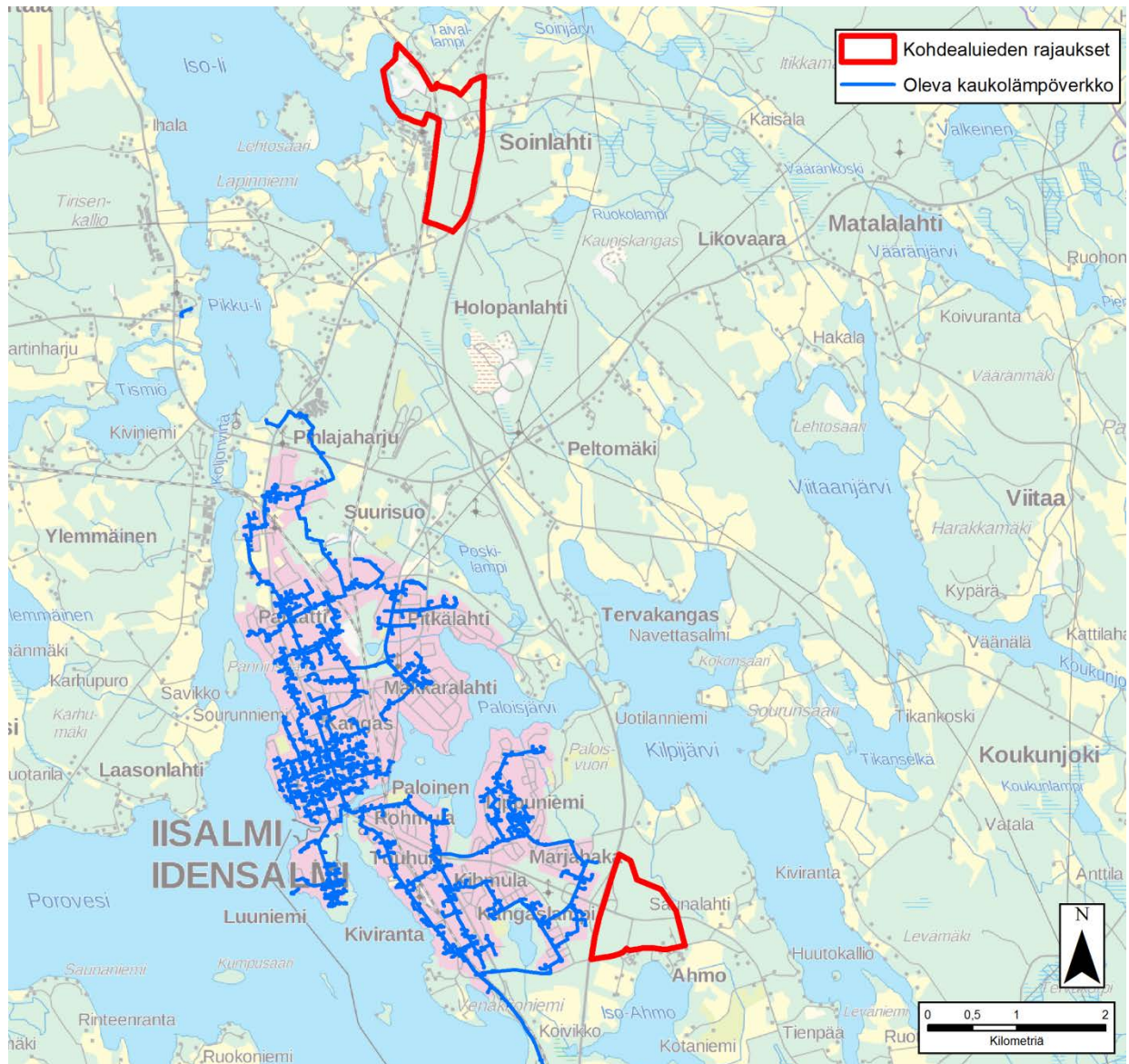
Lämmitysenergian tarve on laskettu aiemmin esitettyjen lämpöindeksien sekä tyyppikiinteistön lämmitettävän tilavuuden mukaan.

Kullekin tyyppikiinteistölle laskettiin tarvittava energiakaivon aktiivisyvyys. Laskennassa käytettiin mitoitusohjelman NIBE DIM (versio 1.24.0.1). Lämpöpumpun (pumppujen) mitoitusperusteena käytettiin lähes 100%:n energiapeittoa sekä 60%:n tehopeittoa, eli talvipakkasilla lämmityspiikit katetaan sähkövastuksilla. Tällöin pumput eivät tule ylimitoitettua ja pumppujen käyntiaika on elinjaksokustannusten kannalta edullisin. Laskennalliseen energiakaivojen kokonaissyvyyteen lisättiin vielä 5 metriä pohjapainolle ja lietepesälle sekä maapeitteen paksuuden verran suojaputkellista reikää. Mitoituksessa energian ottoon vaikuttavat mm. kallioperän lämmönjohtavuus sekä lämpöpumpun teho, joka vaikuttaa esimerkiksi keruupiirin vesi-etanoli liuoksen määrään ja virtausnopeuteen. Tässä luvussa on esitetty energiakaivojen mitoituksen ja porauskustannusten tulokset kohdealueittain.

4.2.3 Iisalmen kohdealueet

Iisalimesta valittiin tarkempaan tarkasteluun Marjahaan uusi työpaikka-alue ja Soinlahden teollisuusalue. Marjahaan alue on Kirmanseudun strategisessa osayleiskaavassa osoitettu työpaikka-alueeksi, Soinlahden alue on puolestaan asemakaavoitettu pääosin teollisuusalueeksi. Kuvasta 12 käy ilmi Iisalmen kohdealueiden sijainti suhteessa kaupungin keskustaan sekä olevaan kaukolämpöverkkoon.

20.3.2017



Kuva 13. Iisalmen kohdealueiden sijainti suhteessa keskustaän sekä olevaan kaukolämpöverkkoon (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

4.2.3.1 Soinlahti

Alue on asemakaavoitettu pääasiassa teollisuuden tarpeisiin. Olevia suuria toimijoita alueella ovat Anaika Woodin saha sekä Lunawoodin lämpöpuun tuotantolaitos. Alueen asemakaava mahdollistaa $e=0,5$ tehokkuuksilla toteutuvia teollisuusalueita. Kaupungin arvio toteutuvasta rakentamisesta on kuitenkin maltillisempi, noin 20 hehtaarin toteutumattomalle alueelle arvioitiin rakentuvan yhteensä noin 30 000 k-m².

Alueen kallioperä koostuu tonaliittisestä gneissistä (pohjagneissistä). Kallioperän lämmönjohtavuus on koko alueella kohtalainen.

20.3.2017

Taulukko 6. Porauskustannusten vertailu Soinlahden alueella eri geoenergiapotentiaali luokissa tyyppikiinteistöittäin

		Hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
		Luokka 2	Luokka 3		
Maapeitteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	3,2	3,2		
		Autotalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	3500		1000	
Asukkaita	lkm				
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	150		77	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 2	Luokka 3	Luokka 2	Luokka 3
energiapeitto	%	96	96	98	98
tehopeitto	%	58	58	66	66
Lämpöpumppu		NIBE F1345-30	NIBE F1345-30	NIBE F1345-24	NIBE F1345-24
Energian otto	kWh/m	133	133	103	103
Tehon otto	W/m	29	29	32	32
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	6,6	6,6	1,4	1,4
Aktiivinen kaivosvyvyys *)	m	858	858	581	581
Kaivojen lkm (á 100-270 m)	kpl	4	4	3	3
Kaivon kokonaisvyvyys	m	225	230	204	209
Porauskustannukset	€	26280	27920	17946	19176
Porauskustannukset / asukas	€				
Luokkien 2 ja 3 kustannusero	€	-1640		-1230	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

Soinlahden kohdealue on pk-teollisuusalue. Alueelle on arvioitu rakennettavan uutta teollisuuskiinteistöä 150 000 r-m³. Kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 1 600 MWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 2 600 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

Soinlahden keskustasta on Savon Voiman kaukolämpöverkon pohjoisimpaan pisteeseen etäisyyttä noin 4 km. Kaukolämmön hyödyntäminen hybridilämmityksessä ei ole taloudellisesti perusteltua, mutta Lunawoodin tehtaalta syntyy hukkalämpöä, jota voitaisiin käyttää lämpöpumppujen lämmönlähteenä. Tasainen ja ympäri vuoden käytettävissä oleva lämmönlähde pienentää merkittävästi geoenergiajärjestelmän investointikustannuksia.

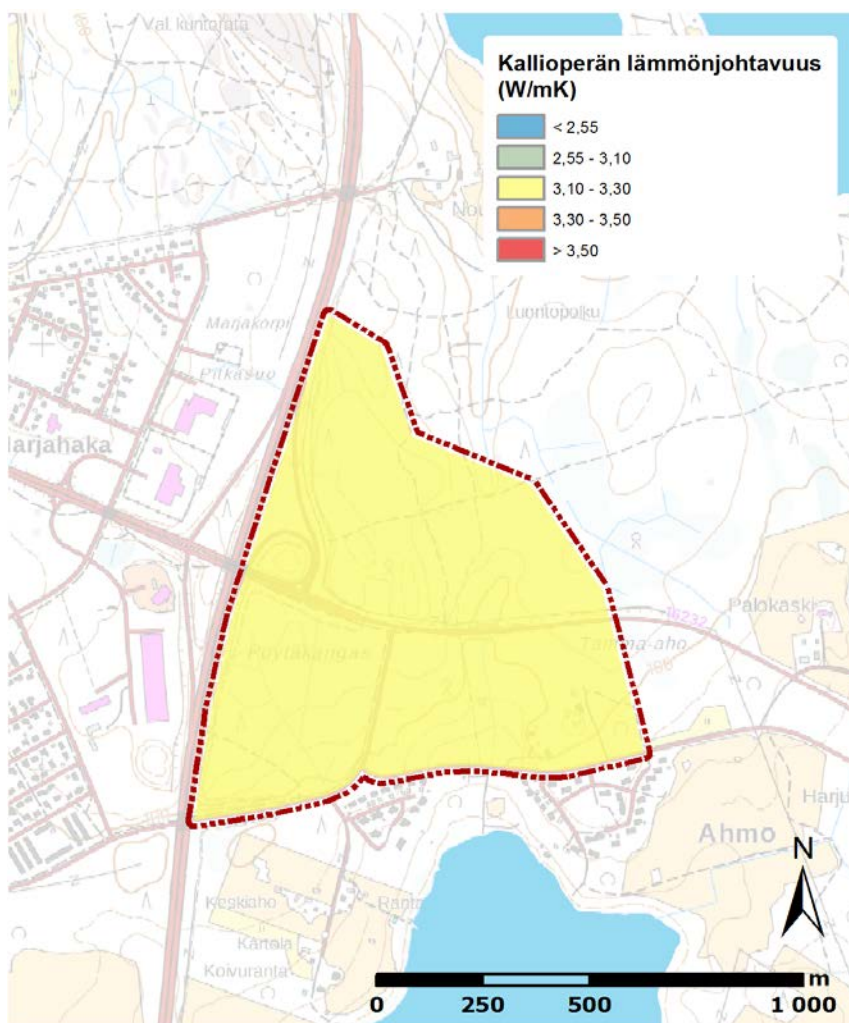
20.3.2017

4.2.3.2 Marjahaka

Marjahaan kohdealue on Kirmanseudun strategisessa osayleiskaavassa työpaikka-alueita. Kaavan mukaan alue on varattu ympäristöhaiiriötä aiheuttamattoman teollisuuden ja varastoinnin tarpeisiin. Alueelle saa sijoittaa myös seudullisen yksikön alarajan alle jääviä tilaa vaativan erikoistavarakaupan yksiköitä sekä pienen päivittäistavarakaupan.

Alue on olemassa olevan yhdyskuntarakenteen välittömässä läheisyydessä sekä hyvien liikenneyhteyksien äärellä, Marjahaan rampin vieressä.

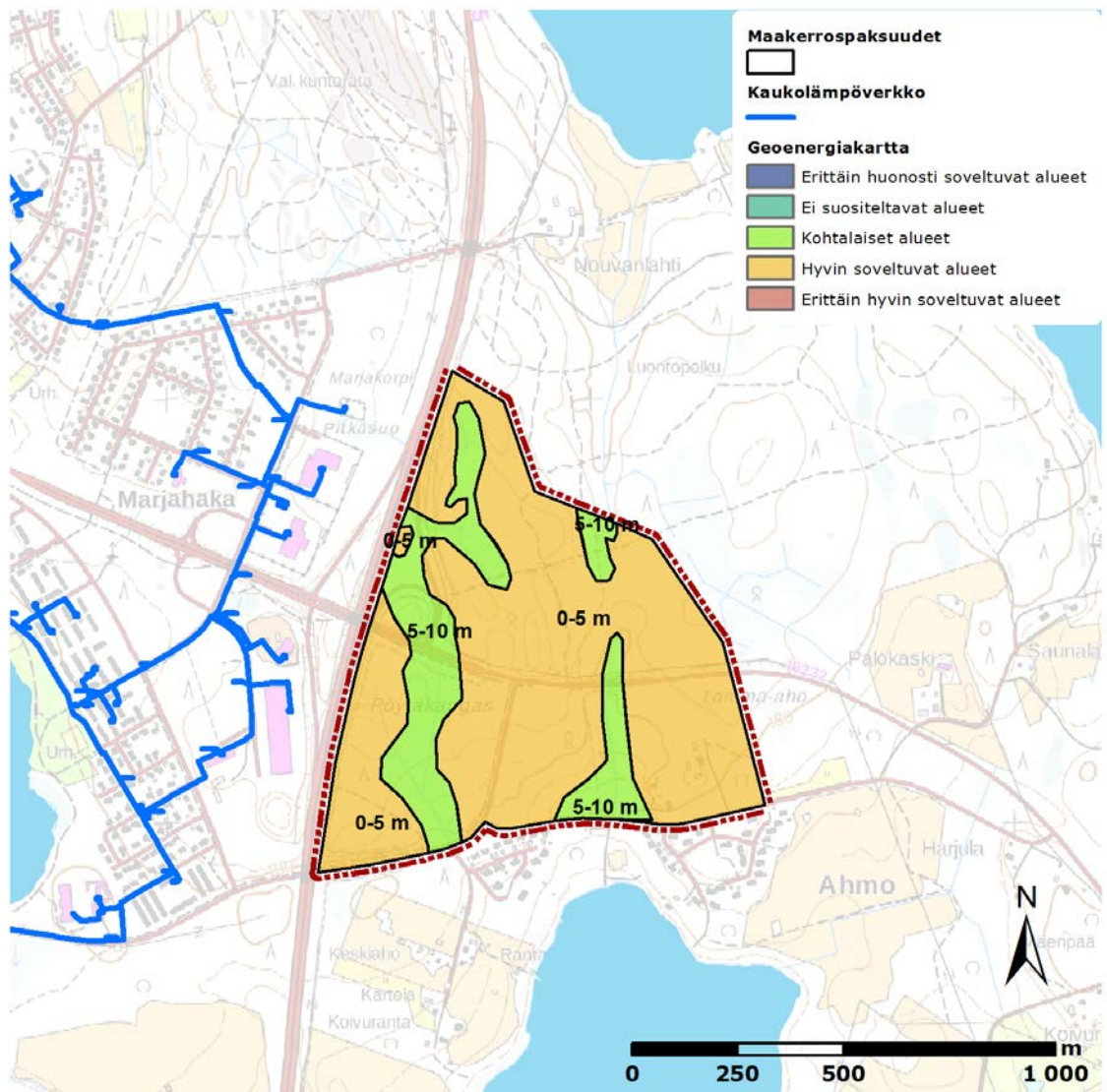
Alueen kallioperä koostuu tonaliittisesta gneissistä (pohjagneissistä). Kallioperän lämmönjohtavuus on alueella luokitukseltaan kohtalainen. Kallioperän lämmönjohtavuus on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Marjahaan alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakkartta: Maanmittauslaitos 2017)

Marjahaan alueella on kaksi geenergiapotentiaaliluokkaa; hyvin soveltuva ja kohtalaisesti soveltuva alue (kuva 16). Luokitus vaihtelee alueella maapeitteen paksuuden mukaan, sillä alueella esiintyy yhtä kivilajia. Alueen maapeitteen paksuuden vaihteluväli on arviolta 0–10 metriä.

20.3.2017



Kuva 17. Geoenergiapotentiaaliluokitus ja maakerrospaksuudet Marjahaan kohdealueella. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

Marjahaan kohdealueen tyyppikiinteistöinä käytettiin autotaloa ja toimistorakennusta. Alueella on kaksi geoenergiapotentiaaliluokkaa. Energiakaivojen mitoitus ja porauskustannuslaskelmat tehtiin hyvin ja kohtalaisesti soveltuville luokille.

Kaupungin arvion mukaan alueelle rakentuu n. 21 000 k-m² työpaikka- ja pk-teollisuustilaa. Kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 2 200 MWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 3 200 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

20.3.2017

Taulukko 7. Porauskustannusten vertailu Marjahaan alueella eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyyppikiinteistöittäin

		Hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
		Luokka 2	Luokka 3		
Maapeitteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	3,2	3,2		
		Autotalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	3500		1000	
Asukkaita	lkm	150		77	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	150		77	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 2	Luokka 3	Luokka 2	Luokka 3
energiapeitto	%	96	96	98	98
tehopeitto	%	58	58	66	66
Lämpöpumppu		NIBE F1345-30	NIBE F1345-30	NIBE F1345-24	NIBE F1345-24
Energian otto	kWh/m	133	133	103	103
Tehon otto	W/m	29	29	32	32
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	6,6	6,6	1,4	1,4
Aktiivinen kaivosvyövyys *)	m	858	858	581	581
Kaivojen lkm (á 100-270 m)	kpl	4	4	3	3
Kaivon kokonaissyvyys	m	225	230	204	209
Porauskustannukset	€	26280	27920	17946	19176
Porauskustannukset / asukas	€				
Luokkien 2 ja 3 kustannusero	€	-1640		-1230	

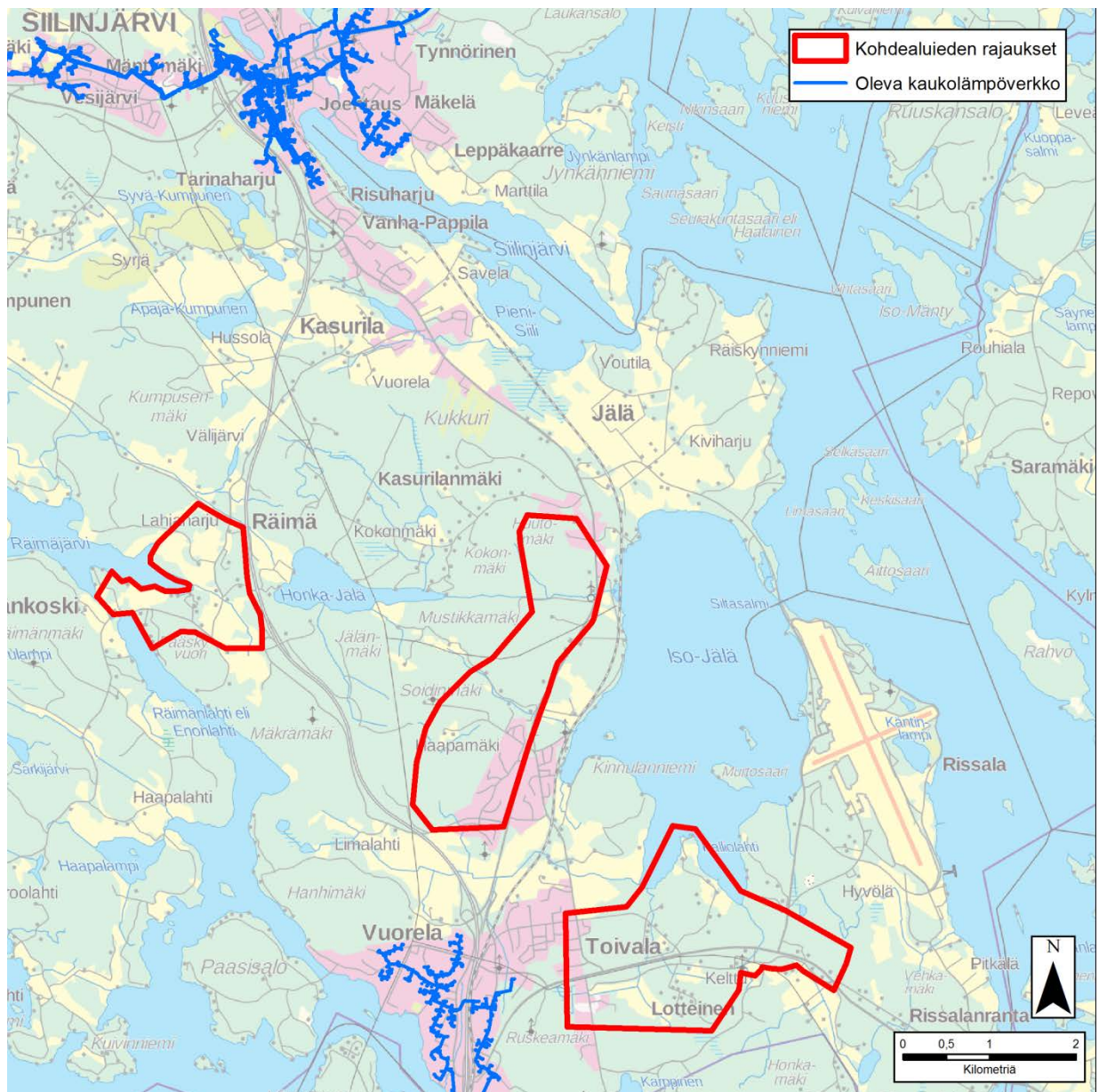
*) NIBE DIM -mitoitussuunnitelman laskema aktiivisyvyys

Savon voiman kaukolämpöverkko on lähes Marjahaan alueen rajalla. Lähin kytkentäpiste on Marjahaan lämpökeskuksella, josta on alueen rajalle pari sataa metriä moottoriliikennetien alitse. Marjahaankierron varressa olevasta johtolinjasta matkaa tulee noin 600 metriä ja tätä reittiä käyttäen moottoriliikennetie voidaan ylittää Eteläisen Pohjolankadun siltaa hyödyntäen. Kaukolämmön hyödyntäminen on alueella mahdollista myös hybridiratkaisussa.

20.3.2017

4.2.4 Siilinjärven kohdealueet

Siilinjärveltä valittiin tarkempaan tarkasteluun Haapamäen, Raimän ja Joensuuntien varren alueet. Näistä Haapamäen ja Raimän alueille ei vielä pääosin ole tarkempia suunnitelmia, mutta niitä käsiteltiin tulevaisuuden mahdollisina pientalovaltaisina asuinalueina. Haapamäellä toki on olevaa pientalovaltaista aluetta, mutta tässä selvityksessä käytettiin huomattavasti laajempaa rajausta. Joensuuntienvarren alueelle on Etelä-Siilinjärven yleiskaavassa osoitettu asumisen, kaupan, palveluiden, työpaikkojen sekä teollisuuden alueita. Kuvasta 17 käy ilmi Siilinjärven kohdealueiden sijainti suhteessa keskustajaamaan, Etelä-Siilinjärven taajama-alueisiin sekä olevaan kaukolämpöverkkoon.



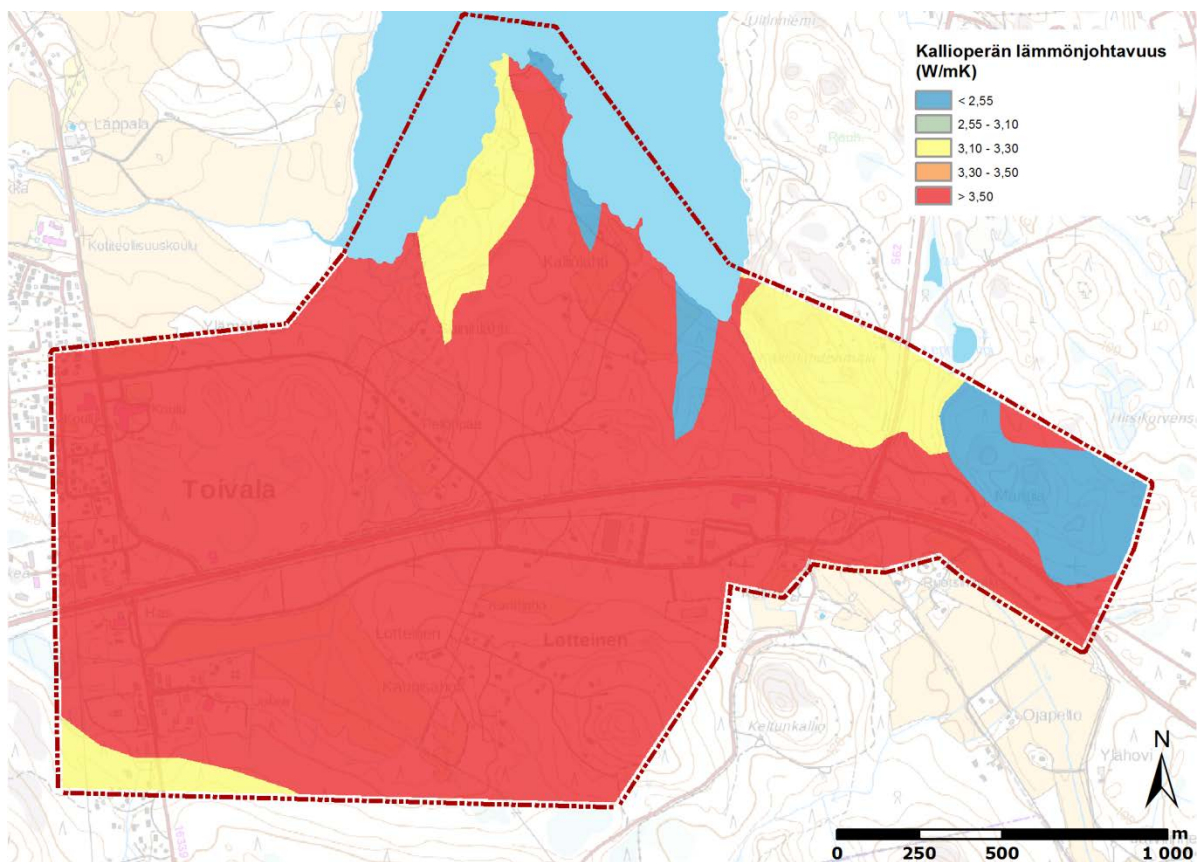
Kuva 18. Siilinjärven kohdealueiden sijainti suhteessa taajamiin sekä olevaan kaukolämpöverkkoon. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

4.2.4.1 Joensuuntien varsi

Joensuuntienvarren kohdealue kuuluu Etelä-Siilinjärven yleiskaava-alueeseen. Kohdealue on osin toteutunut asuinalueiden, palveluiden, työpaikkojen sekä teollisuuden osalta. Oleva asuinrakentaminen on pääosin väljää omakotitalorakentamista. Lisäksi alueella on kaksi koulua, Suininlahden koulu ja Toivalan koulu, huoltoasema, teollisuutta ja toteutunutta työpaikka-alueita. Alueella ovat muun muassa Savon Voima Oyj:n sekä Voimatel Oy:n pääkonttorit. Useat työpaikka-alueen kiinteistöt hyödyntävät jo nykyisin geoenergiaa.

Etelä-Siilinjärven yleiskaavassa alueelle on osoitettu uusia pientalovaltaisia alueita, kerrostalovaltaisia alueita sekä uusia laajoja työpaikka-alueita, palveluiden ja kauppa-alueita sekä teollisuusalueita. Alueita on myös osin jo asemakaavoitettu.



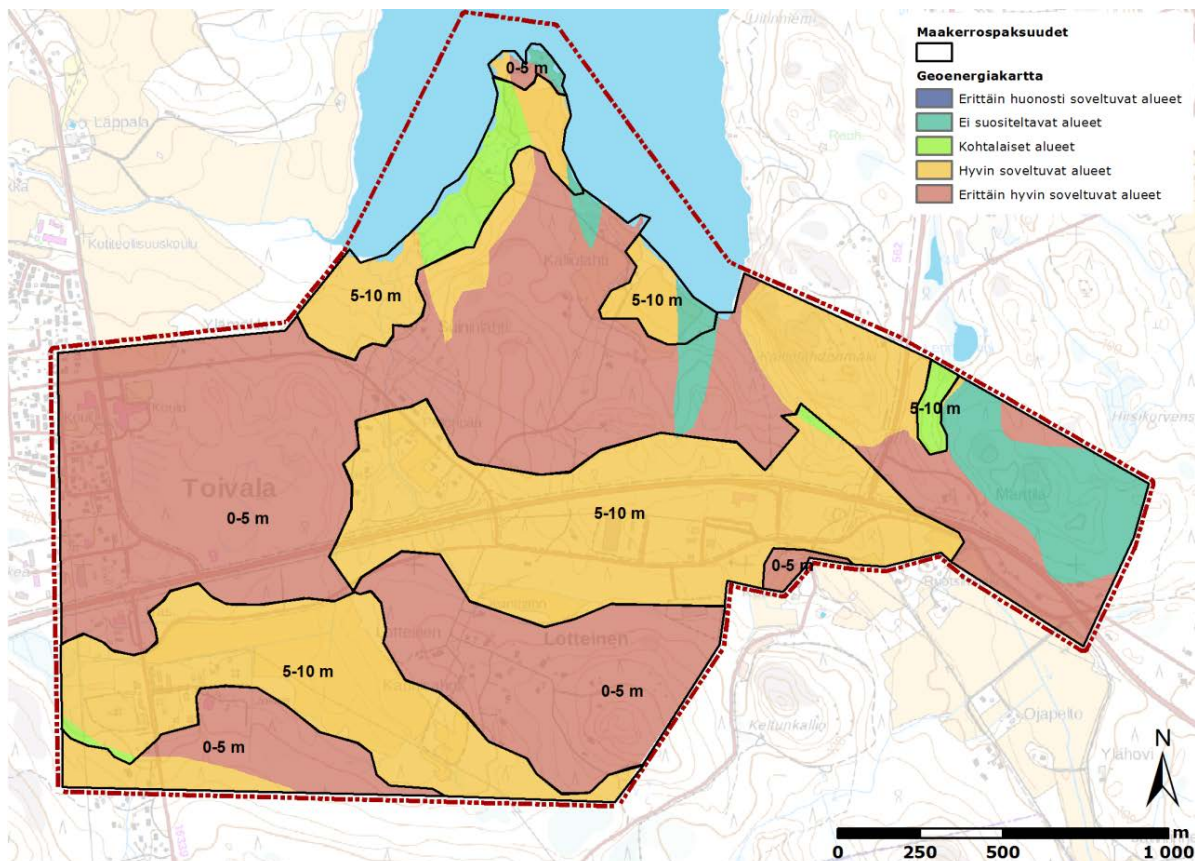
Kuva 19. Joensuuntienvarren alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

Alueen kallioperä koostuu neljästä kivilajista. Kuvan 19 lämmönjohtavuuden luokituskartassa porfyyrinen graniitti on väriltään punainen, eteläosan porfyyrinen granodioriitti ja pohjoisosan granodioriitti ovat väriltään keltaisia sekä sinisen ja vaalean siniset alueet ovat dioriittia. Kallioperän lämmönjohtavuus on porfyyrisen graniitin alueella pääosin erittäin hyvä. Maapeitteen paksuuden vaihteluväli alueella on arviolta 0–10 metriä.

Alueella on neljä geoenergiapotentiaaliluokkaa. Geoenergiapotentiaaliluokitukseltaan alue on suurimmalta osaltaan hyvin tai erittäin hyvin soveltuvaa.

20.3.2017

Alueelle on arvioitu rakentuvan noin 610 000 k-m². Kerrosneliöiden määrä on arvioitu yleiskaavasta aluevarausten ja oletettujen aluetehokkuuksien perusteella.



Kuva 20. Geoenergiapotentiaali ja maakerrospaksuudet Joensuuntienvarren kohdealueella. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

Joensuuntien varren kohdealueen tyyppikiinteistöinä käytettiin pientaloa, rivitaloa, kerrostaloa sekä toimistorakennusta. Alueen kallioperä koostuu neljästä kivilajista ja maapeitteen paksuuden vaihtelu on vähäinen. Alueella on neljä geenergiapotentiaaliluokkaa. Energiakaivojen mitoitus ja porauskustannuslaskelmat tehtiin erittäin hyvin soveltuvalla ja ei suositeltavalla luokalla.

20.3.2017

Taulukko 8. Porauskustannusten vertailu Joensuuntien varren alueella eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyyppikiinteistöittäin

		Erittäin hyvin soveltuva	Ei Suositeltava						
		Luokka 1	Luokka 4						
Maapeliteen paksuus	m	5	10						
Kalliooperan lämmöjohtavuus	W/mK	3,55	2,44						
		Pientalo		Rivitalo		Asuinkerrostalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	140		900		5000		8800	
Asukkaita	lkm	4		21		110			
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	9		78		383		674	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 1	Luokka 4	Luokka 1	Luokka 4	Luokka 1	Luokka 4	Luokka 1	Luokka 4
energiapetto	%	100	100	96	97	98	99	96	96
tehopeitto	%	100	100	58	60	65	70	56	56
Lämpöpumppu		NIBE F1155-12	NIBE F1155-12	NIBE F1145-17	NIBE F1145-17	3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-60	3xNIBE F1345-60
Energian otto	kWh/m	62	52	141	108	133	101	125	95
Tehon otto	W/m	23	20	32	24	33	25	34	25
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	0	0	3	2,5	7,8	4,8	30,3	30,3
Aktiivinen kaivosyvyys *)	m	106	127	405	529	2147	2831	4027	5298
Kaivojen lkm (ä 100-270 m)	kpl	1	1	2	2	8	11	16	20
Kaivon kokonaissyvyys	m	116	142	213	280	280	273	260	280
Porauskustannukset	€	3518	4516	12468	16760	64880	90024	120800	167600
Porauskustannukset / asukas	€	880	1129	594	798	590	818		
Luokkien 1 ja 4 kustannusero	€	-998		-4292		-25144		-46800	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

Joensuuntien varren kohdealueelle on arvioitu rakennettavan oletusaluetehokkuuksien perusteella yhteensä 610 000 k-m², josta 75 % toimisto- ja liiketilaa ja loput asuinkäyttöön. Kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 41 GWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 50 700 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

Alueelle on laskettu tyyppikiinteistöjen avulla porauskustannukset huonoimmassa ja parhaassa geoenergiapotentiaaliluokassa. Esimerkiksi 8 800 k-m²:n kokoisen toimistorakennuksen kohdalla on porauskustannusten laskennallinen ero luokkien 1 (erittäin hyvin soveltuva) ja 4 (ei suositeltava) 46 800 €. Samoilla luokilla laskettuna pientalon porauskustannusten hintaero on 998 €.

Joensuuntien varren alue on noin yhden kilometrin päässä Savon Voiman Takojantien lämpökeskuksesta, joka olisi lähin kytkentäpiste Toivalan aluelämpöverkkoon.

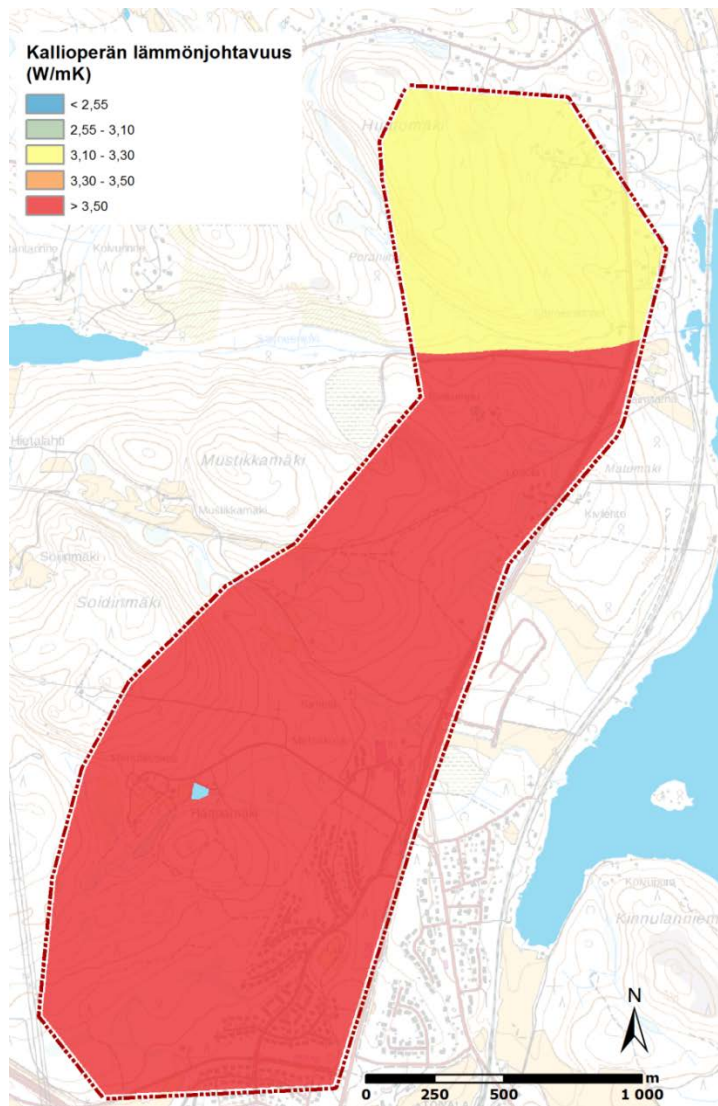
20.3.2017

4.2.4.2 Haapamäki

Haapamäen kohdealue kuuluu Etelä-Siilinjärven yleiskaava-alueeseen ja on osin aluerajauksen eteläosassa jo toteutunut pientalovaltaisena asuinalueena. Tässä selvitystyössä käytössä on huomattavasti nykyistä asuinuuetta laajempi raja. Rajaus ulottuu pohjoisessa Huutomäelle saakka. Tällä hetkellä selvitysalueen itäpuolella on toteutusvaiheessa Pyöreälahden pientalovaltainen asuinalue.

Haapamäen selvitysalueelle ei ole Etelä-Siilinjärven voimassa olevassa yleiskaavassa juurikaan osoitettu rakentamista nykyisin toteutuneen rakentamisen lisäksi, vaan alue on pääosin osoitettu maa - ja metsätalousvaltaiseksi alueeksi. Alueen mahdollinen toteuttamisajankohta sijoittuukin kauemmas tulevaisuuteen.

Alueen kallioperä koostuu kolmesta kivilajista. Lämmönjohtavuuden luokitus kartalla (kuva 20) tonaliittinen gneissi on keltaisella värillä sekä alueen länsireunalla pienellä alueella on graniittia ja muutoin porfyryista graniittia punaisella värillä. Kivilajien lämmönjohtavuudet ovat kohtalaista ja erittäin hyvää luokkaa.

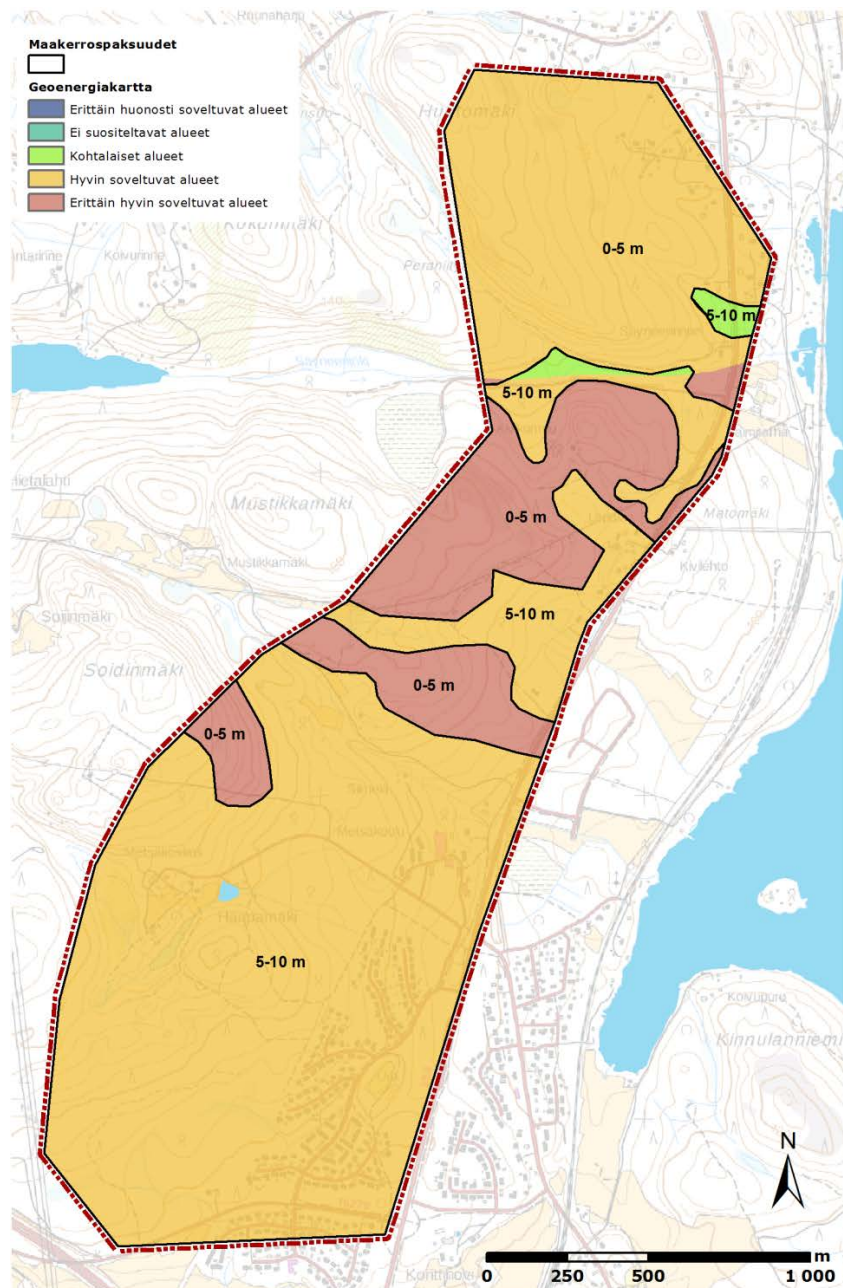


Kuva 21. Haapamäen alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakaartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Kohdealueen maapeitteen paksuuden vaihteluväli on arviolta 0 – 10 metriä. Alueella on kolme geoenergiapotentialiluokkaa välillä kohtalaisesti – erittäin hyvin soveltuva. Jo toteutunut osa Haapamäen pientaloalueesta kuuluu hyvin soveltuvaan luokkaan. Kohdealueen keskivaiheilla, Mustikkamäen ja vanhan viitostien välillä on parhaaseen geoenergiapotentialiluokkaan kuuluvaa aluetta.

Jo toteutuneella pientaloalueella kohdealueen rajauksen eteläosassa on käytössä runsaasti geoenergiaa hyödyntäviä lämmitysratkaisuja. Yhteensä yli 30 kiinteistön lämmitysmuotona on maalämpö.



Kuva 22. Geoenergiapotentiali ja maakerrospaksuudet Haapamäen kohdealueella. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Haapamäen kohdealueen tyyppikiinteistöinä käytettiin pientaloa ja rivitaloa. Energiakaivojen mitoitus ja porauskustannuslaskelmat tehtiin erittäin hyvin ja kohtalaisesti soveltuville luokille.

Taulukko 9. Porauskustannusten vertailu Haapamäen alueella eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyyppikiinteistöittäin

		Erittäin hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
Luokka		1	3		
Maapiteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	3,55	3,2		
		Pientalo		Rivitalo	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	140		900	
Asukkaita	lkm	4		21	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	9		78	
Geoenergiapotentiaaliluokka		1	3	1	3
energiapeitto	%	100	100	96	97
tehopeitto	%	100	100	58	60
Lämpöpumppu		NIBE F1155-12	NIBE F1155-12	NIBE F1145-17	NIBE F1145-17
Energian otto	kWh/m	62	58	141	130
Tehon otto	W/m	23	22	32	29
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	0	0	3	2,5
Aktiivinen kaivosvyvyys *)	m	106	112	405	438
Kaivojen lkm (á 100-270 m)	kpl	1	1	2	2
Kaivon kokonaissyvyys	m	116	127	213	235
Porauskustannukset	€	3518	4096	12468	14240
Porauskustannukset / asukas	€	880	1024	594	678
Luokkien 1 ja 4 kustannusero	€	-578		-1772	

*) NIBE DIM -mitoitusohjelman laskema aktiivisyvyys

Haapamäen kohdealueelle on kaavailtu noin 142 000 k-m² pääasiassa pientaloja. Tällaisen kiinteistömäärän kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 8 700 MWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 9 400 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

Savon Voiman Toivalan kaukolämpöverkon lähin piste on noin 1,5 km:n päässä, kun taas Siilinjärven keskustan kaukolämpöverkko on yli 8 km päässä. Kaukolämpöä hyödyntävä hybridiratkaisu ei todennäköisesti ole taloudellisesti perusteltu.

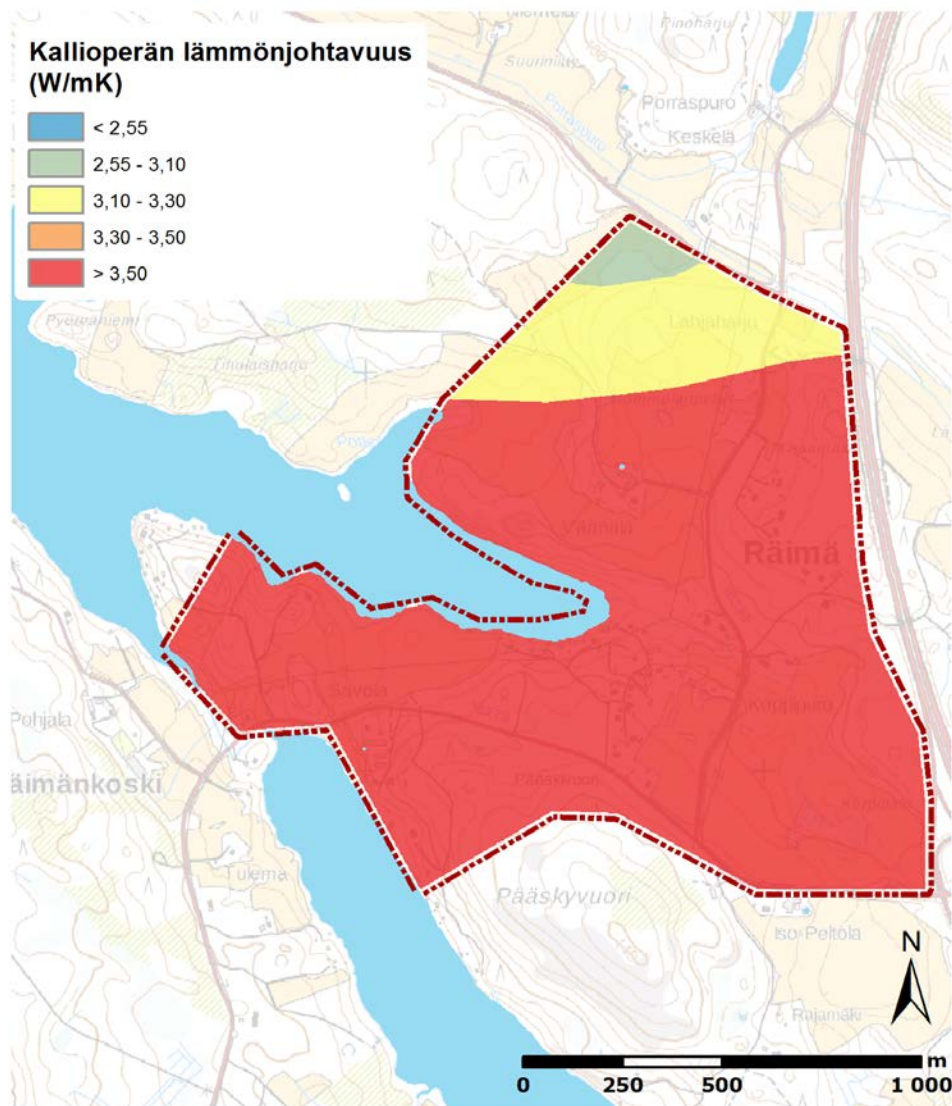
20.3.2017

4.2.4.3 Räimä

Räimän kohdealue on maa- ja metsätalousvaltaista haja-asutus- ja kyläaluetta. Alue on mahdollinen tulevaisuuden tiiviimmän asutuksen alue. Lähitulevaisuudessa kunnan rakentaminen suuntautuu kuitenkin toisaalle.

Oleva kaukolämpöverkko on kaukana alueesta, noin 5 kilometrin etäisyydellä Vuorelassa. Maalämpö on selvitysalueella lämmitysmuotona kuudessa rakennuksessa.

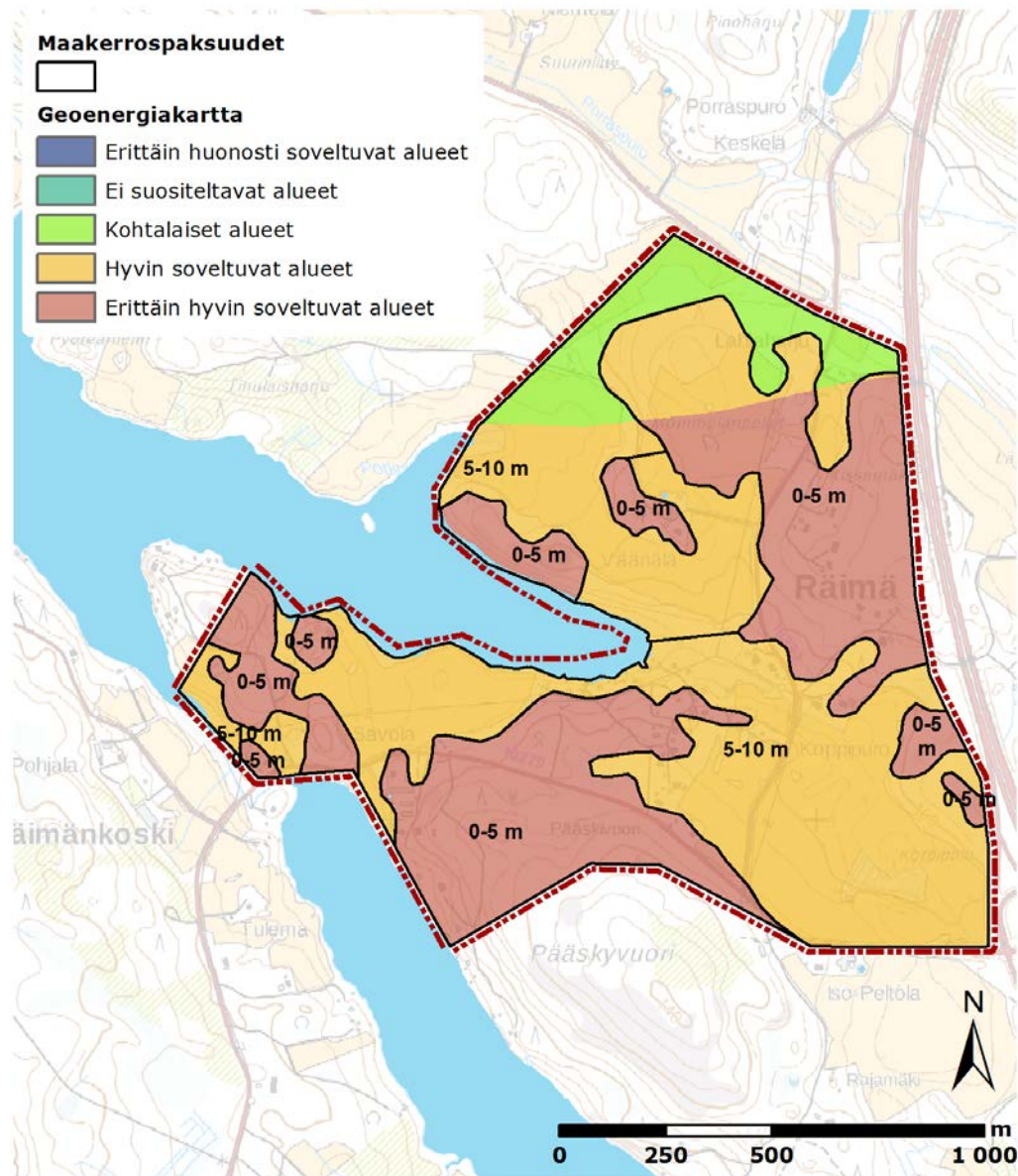
Alueen kallioperä koostuu neljästä kivilajista. Lämmönjohtavuuden luokitus kartalla (kuva 22) tonaliittinen gneissi on keltaisella värillä, kiilleliuske vihreällä värillä sekä alueen eteläosissa pienillä alueilla on porfyrista graniittia ja muutoin graniittia punaisella värillä. Kivilajien lämmönjohtavuudet vaihtelevat toiseksi huonoimman ja parhaan luokan välillä. Lämmönjohtavuudeltaan parhaat alueet (graniitti ja porfyriininen graniitti) kuuluvat erittäin hyvään luokkaan.



Kuva 23. Räimän alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Räimän alueen maapeitteen paksuuden vaihteluväli on arviolta 0–10 metriä. Alueella on kolme geoenergiapotentiaaliluokkaa; kohtalainen, hyvin soveltuva ja erittäin hyvin soveltuva alue (kuva 23). Kohtalainen alue on lämmönjohtavuudeltaan heikomprien kivilajien pohjoisosassa, muutoin alue kuuluu hyvin tai erittäin hyvin soveltuvaan luokkaan.



Kuva 24. Geoenergiapotentiaali ja maakerrospaksuudet Haapamäen kohdealueella. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

Räimän kohdealueen tyyppikiinteistöinä käytettiin pientaloa ja rivitaloa. Alueen kallioperässä on neljää eri kivilajia ja maapeitteen paksuuden vaihtelu on vähäinen. Alueella on kolme geoenergiapotentiaaliluokkaa. Energiakaivojen mitoitust ja porauskustannuslaskelmat tehtiin erittäin hyvin ja kohtalaisesti soveltuville luokille.

20.3.2017

Taulukko 10. Poraus kustannusten vertailu Raimän alueella eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyyppikiinteistöittäin

		Erittäin hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
Luokka		1	3		
Maapeitteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	3,55	3,2		
		Pientalo		Rivitalo	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	140		900	
Asukkaita	lkm	4		21	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	9		78	
Geoenergiapotentiaaliluokka		1	3	1	3
energiapeitto	%	100	100	96	97
tehopeitto	%	100	100	58	60
Lämpöpumppu		NIBE F1155-12	NIBE F1155-12	NIBE F1145-17	NIBE F1145-17
Energian otto	kWh/m	62	58	141	130
Tehon otto	W/m	23	22	32	29
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	0	0	3	2,5
Aktiivinen kaivosyvyys *)	m	106	112	405	438
Kaivojen lkm (ä 100-270 m)	kpl	1	1	2	2
Kaivon kokonaissyvyys	m	116	127	213	235
Poraukustannukset	€	3518	4096	12468	14240
Poraukustannukset / asukas	€	880	1024	594	678
Luokkien 1 ja 4 kustannusero	€	-578		-1772	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

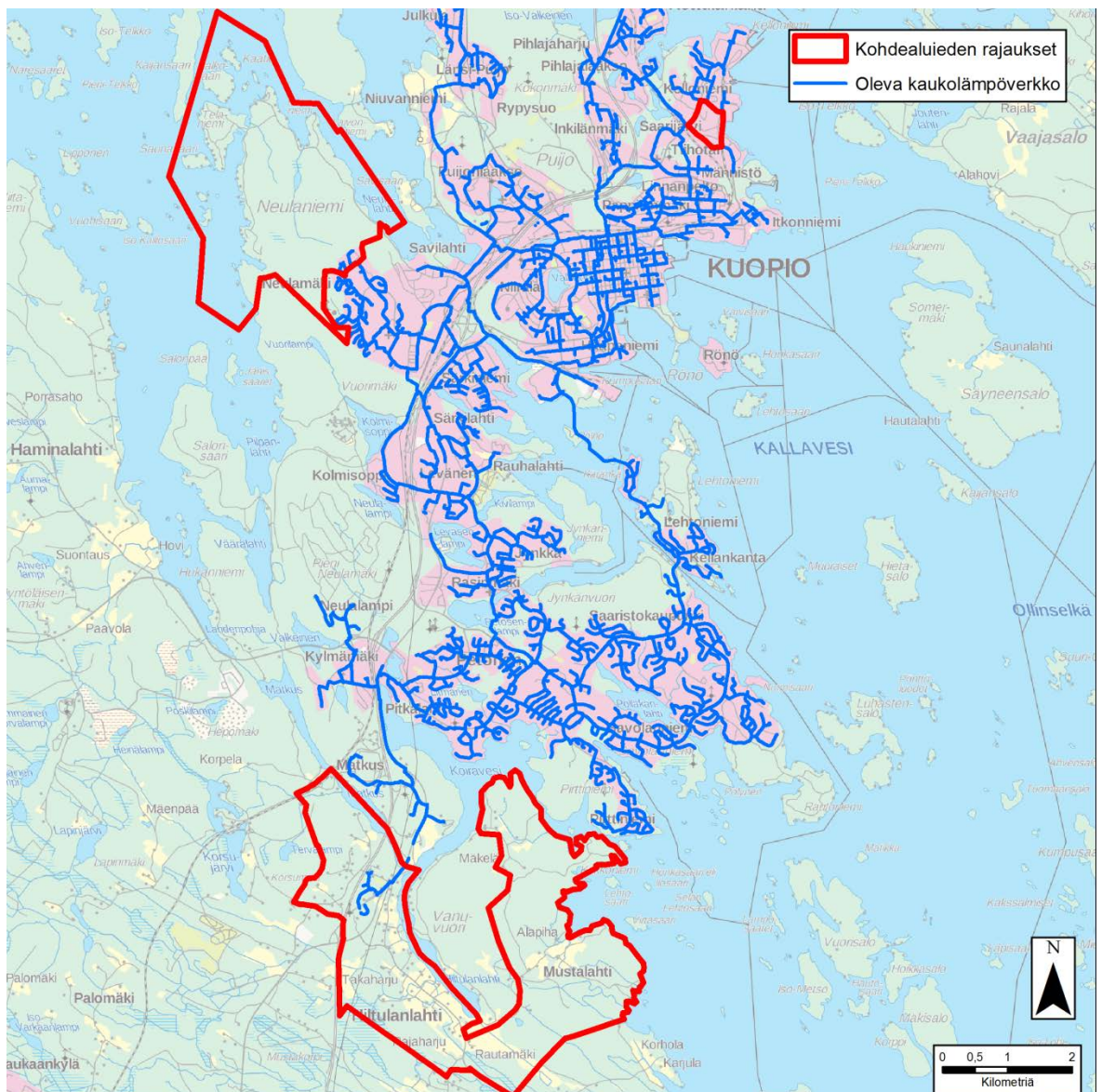
Raimän kohdealueelle on arvioitu rakennettavaksi noin 89 000 k-m² pääasiassa pientaloja. Tällaisen kiinteistömäärän kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 5 500 MWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 5 900 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

Raimän alueelle tulee etäisyyttä sekä Risulantien että Simpantien lämpökeskuksilta lähes 5 km, jotka olisivat lähimmät kytkentäpisteet Savon Voiman kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpöä hyödyntävä hybridiratkaisu ei ole taloudellisesti perusteltu huomattavan siirtoputki-investoinnin vuoksi.

20.3.2017

4.2.5 Kuopion kohdealueet

Kuopiosta valittiin tarkempaan tarkasteluun Kelloniemen, Neulaniemen ja Hiltulanlahden-Vanuvuoren itäpuolen alueet. Näistä Kelloniemen ja Vanuvuoren alueille ei vielä ole tarkempia suunnitelmia. Kelloniemen Atrian entisen teurastamon aluetta on käsitelty tulevaisuuden uutena kerrostalovaltaisena asuinalueena, Vanuruoen itäpuolta puolestaan tulevana pientalovaltaisena asuinalueena. Neulaniemen alueella osayleiskaavaaluonnos on ollut nähtävillä. Siinä alueen tulevan asuinrakentamisen mitoituksena on pidetty n. 250 000 k-m². Hiltulanlahden osayleiskaavassa alue on osoitettu pientalovaltaiseen asumiseen. Kuvasta 25 käy ilmi Kuopion kohdealueiden sijainti suhteessa taajama-alueisiin sekä olevaan kaukolämpöverkkoon.



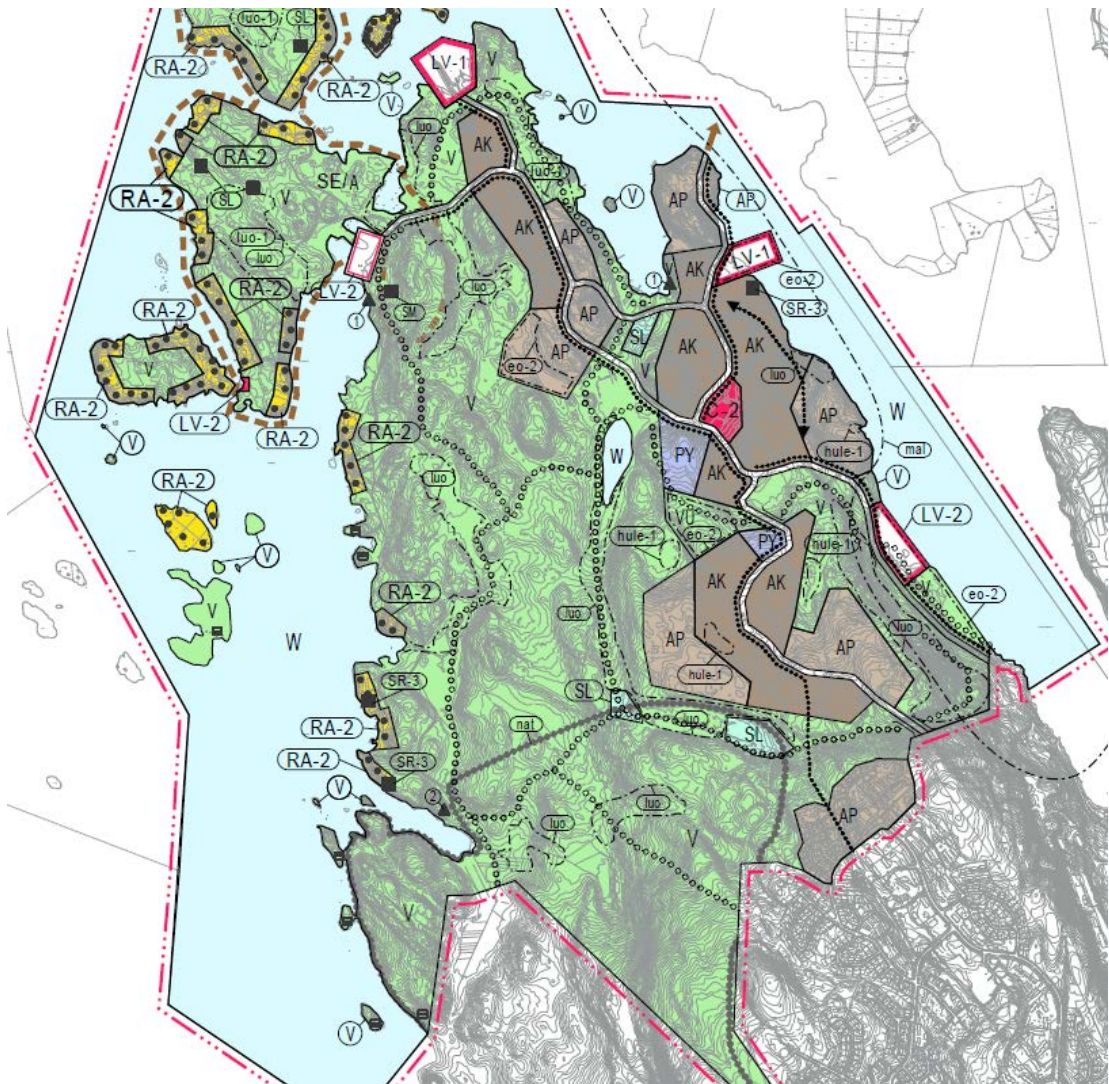
Kuva 25. Kuopion kohdealueiden sijainti suhteessa olevaan taajamarakenteeseen ja olevaan kaukolämpöverkkoon. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

4.2.5.1 Neulaniemi

Alueen yleiskaavoitus on käynnissä, kaavaluonnos on ollut nähtävillä. Kaavan tavoitteena on n. 6 000 asukkaan ja n. 250 000 k-m²:n uusi asuinalue. Kerrostalovaltaista asuntoaluetta on kaavaluonnoksen mitoituksen mukaan 212 000 k-m² ja pientalovaltaista asuntoaluetta 43 000 k-m².

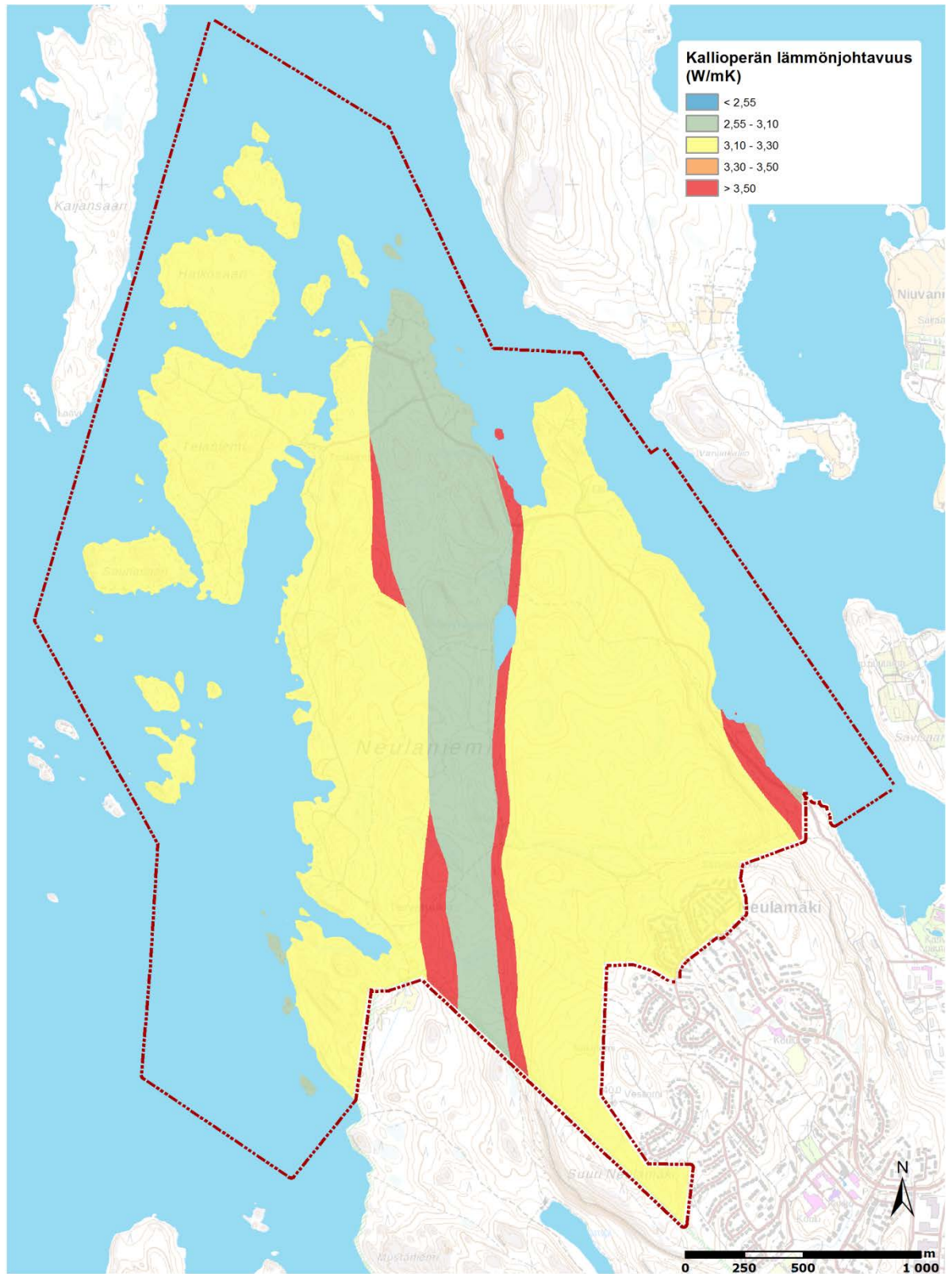
Alueella ei ennestään ole rakennettua yhdyskuntaa vaan se on pääosin virkistysaluetta ja metsätalousmaata. Kaukolämpöverkko ulottuu Neulaniemen kaava-alueen välittömään läheisyyteen, Neulamäen asuinalueelle.



Kuva 26. Ote Neulaniemen osayleiskaavaluonnoksesta asuntoalueiden kohdalta. (Lähde: Kuopion kaupunki 2017)

Alueen kallioperä koostuu neljästä kivilajista. Lämmönjohtavuuden luokitus kartalla (kuva 27) tonaliittinen gneissi sekä alueen länsiosan saarissa granodioriitti on keltaisella värillä, kvartsiitti punaisella värillä ja mafinen vulkaniitti (emäksinen vulkaniitti) vaalean vihreällä värillä. Kivilajien lämmönjohtavuudet jakautuvat toiseksi huonoimmasta luokasta parhaimpaan luokkaan. Suurin osa alueesta, mukaan lukien uudeksi asuntoalueeksi osayleiskaavaluonnoksessa osoitettu alue, kuuluu kivilajin lämmönjohtavuuden osalta kohtalaiseen luokkaan.

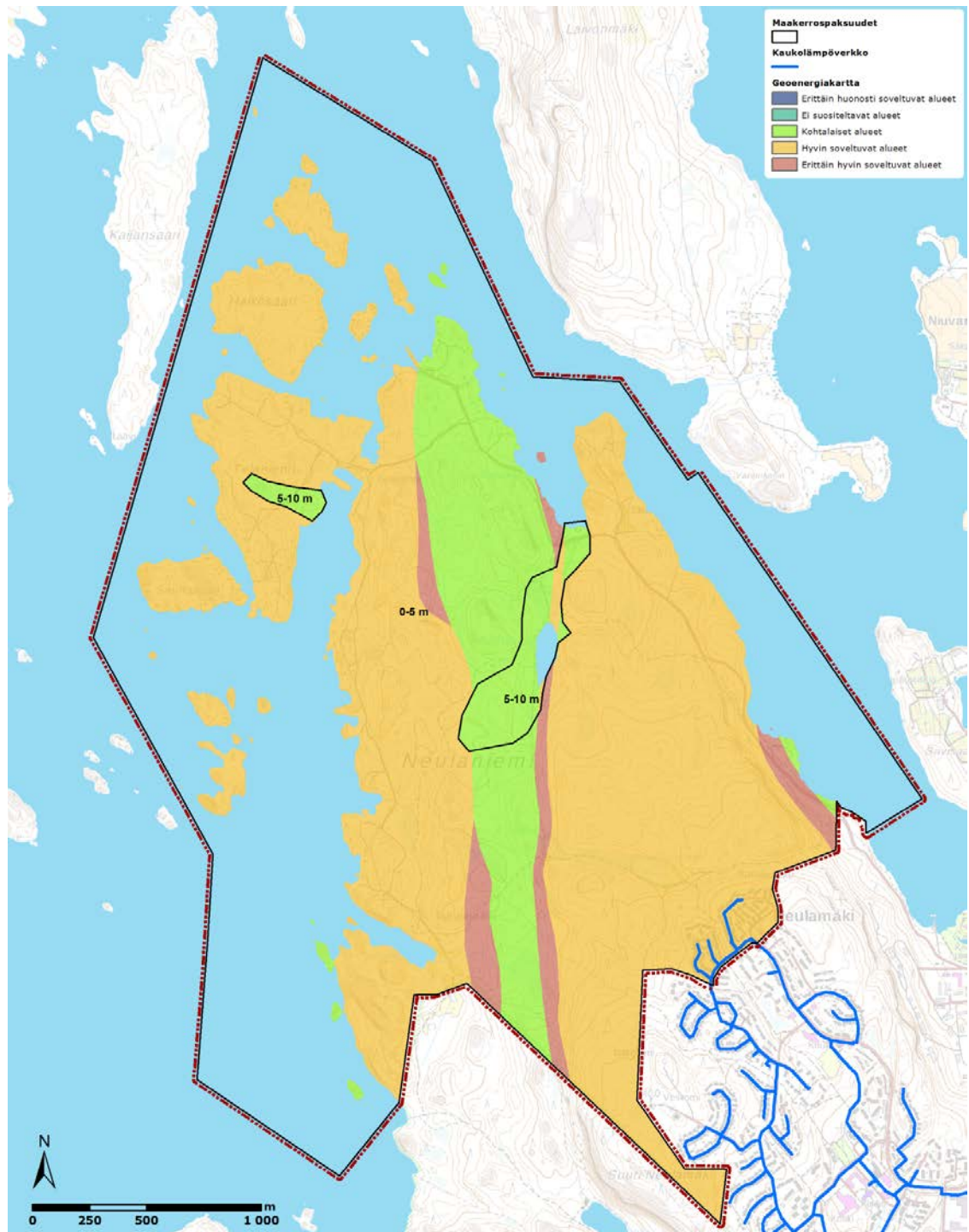
20.3.2017



Kuva 27. Neulaniemen alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Maapiteen paksuuksien vaihteluväli on arviolta 0–10 metriä. Alue kuuluu kokonaisuudessa geenergiapotentiaailtaan kolmeen parhaimpaan luokkaan. Suurin osa alueesta soveltuu hyvin geenergiaratkaisuille. Uudelle asumiselle suunnitellut alueet ovat myös pääosin luokitukseltaan hyvin soveltuvia. Alueen geenergiapotentiaaliluokitus on esitetty kuvassa 27.



Kuva 28. Geenergiapotentiaali ja maakerrospaksuudet Neulaniemen kohdealueella. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Neulaniemen kohdealueen tyyppikiinteistöinä käytettiin rivitaloa ja kerrostaloa. Energiakaivojen mitoitus ja porauskustannuslaskelmat tehtiin erittäin hyvin ja kohtalaisesti soveltuville luokille.

Taulukko 11. Porauskustannusten vertailu Neulaniemen alueella eri geoenergiapotentialiluokissa tyyppikiinteistöittäin

		Erittäin hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
		1	3		
Luokka					
Maapeitteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	5,02	2,85		
		Rivitalo		Kerrostalo	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	900		5100	
Asukkaita	lkm	21		110	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	78		383	
Geoenergiapotentialiluokka		1	3	1	3
energiapeitto	%	96	96	98	98
tehopeitto	%	58	58	65	65
Lämpöpumppu		NIBE F1145-17	NIBE F1145-173x	NIBE F1345-303x	NIBE F1345-303x
Energian otto	kWh/m	179	119	170	112
Tehon otto	W/m	40	27	42	28
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	3	3	7,6	7,6
Aktiivinen kaivosvyvyys *)	m	318	477	1676	2550
Kaivojen lkm (ä 100-270 m)	kpl	2	2	7	10
Kaivon kokonaissyvyys	m	169	254	250	270
Porauskustannukset	€	10004	15304	50890	81000
Porauskustannukset / asukas	€	476	729	463	736
Luokkien 1 ja 4 kustannusero	€	-5300		-30110	

*) NIBE DIM -mitoitusohjelman laskema aktiivisyvyys

Neulaniemen kohdealue on kerrostalo- ja piental ovaltaista asuntoaluetta kokonaisrakennusmäärältään 250 000 k-m². Tällaisen kiinteistömäärän kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 20 GWh vuodessa. Mikäli kohdealueen kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 37 000 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

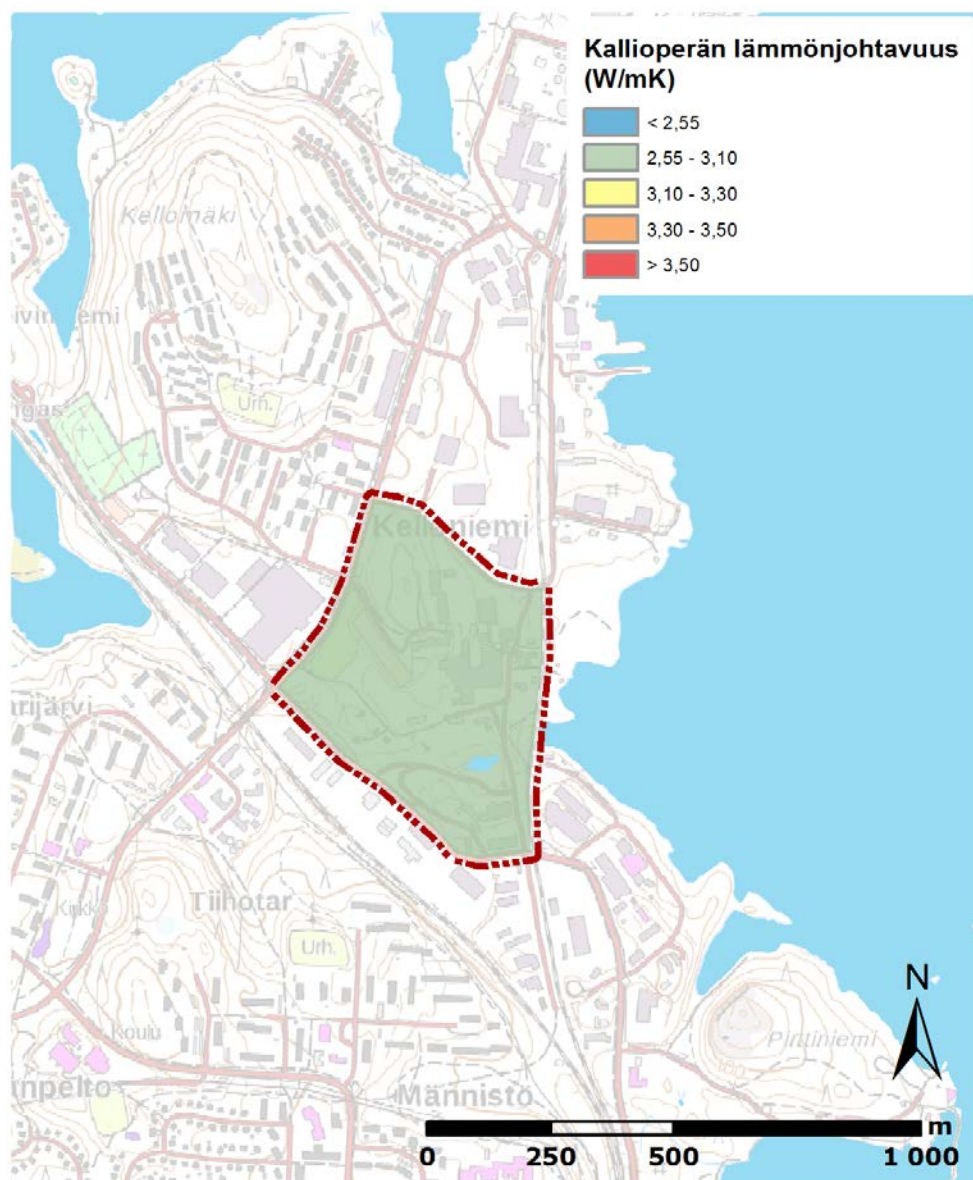
Kuopion Energian kaukolämpöverkko ulottuu aivan Neulamäen ja Neulaniemen rajalle. Mahdollisia kytkentäpisteitä on useita.

20.3.2017

4.2.5.2 Kelloniemi

Atrian entisen teurastamon alue, jota kehitetään uutena kerrostalovaltaisena asuinalueena. Kaavallinen suunnittelu ei ole vielä käynnistynyt. Alustavan arvion mukaan alueelle voisi rakentua noin 200 000 k-m². Alueen lähiympäristö on valtaosin teollisuusaluetta, mutta myös Kelloniemen asuinalue rajautuu kohdealueen lounaiskulmaan.

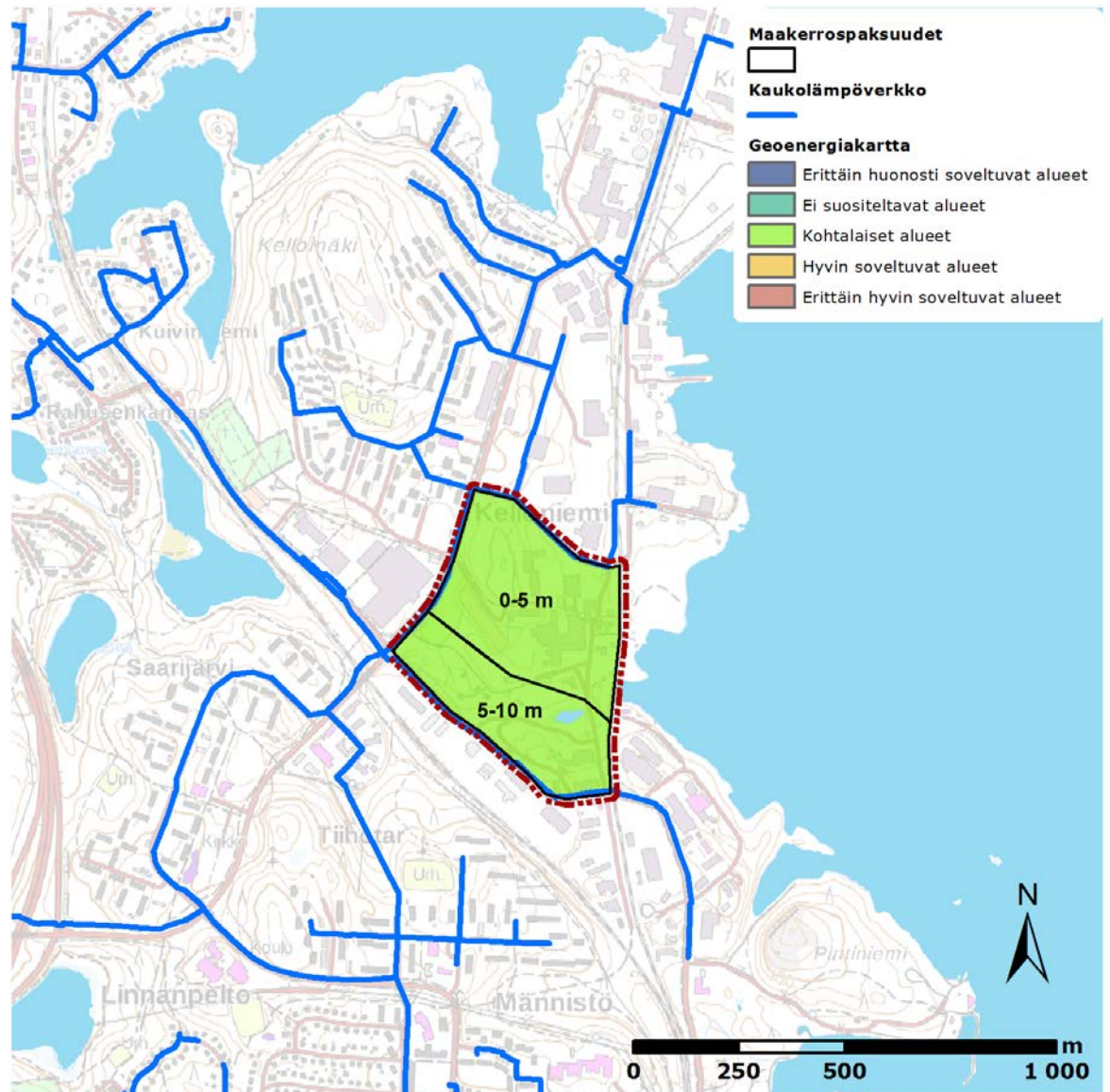
Alueen kallioperä on mafista vulkaniittia, jonka lämmönjohtavuus kuuluu toiseksi huonoimpaan luokkaan.



Kuva 29. Kelloniemen alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakkartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Alueen maapeitteen paksuuksien vaihteluväli on arvioitu 0 – 10 metriä. Alueella on yksi geenergiapotentiaaliluokka, sillä koko alue on soveltuvuudeltaan kohtalaista.



Kuva 30. Geoenergiapotentiaali ja maakerrospaksuudet Kelloniemen kohdealueella. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

Energiakaivojen mitoitus ja kustannuslaskelmat tehtiin tälle kohtalaisesti soveltuvalla luokalla. Porauslaskennan eroja voitiin kuitenkin arvioida maapeitepaksuuksien eri arvoilla.

Kelloniemen kohdealueen tyyppi kiinteistönä käytettiin pelkästään kerrostalona.

20.3.2017

Taulukko 12. Poraus kustannusten vertailu Kelloniemen alueella eri geoenergiapotentiaaliluokissa tyyppikiinteistöittäin

		Kohtalaisesti soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva
	Luokka	3	3
Maapeitteen paksuus	m	5	10
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	2,85	2,85
		Kerrostalo	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	5000	
Asukkaita	lkm	110	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	383	
Geoenergiapotentiaaliluokka		3	3
energiapeitto	%	98	98
tehopeitto	%	65	65
Lämpöpumppu		3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-30
Energian otto	kWh/m	112	112
Tehon otto	W/m	28	28
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	7,6	7,6
Aktiivinen kaivosyvyys *)	m	2550	2550
Kaivojen lkm (ä 100-270 m)	kpl	10	10
Kaivon kokonaissyvyys	m	265	270
Poraus kustannukset	€	76900	81000
Poraus kustannukset / asukas	€	699	736
Luokkien 1 ja 4 kustannusero	€	-4100	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

Kelloniemen kohdealue on kerrostalovaltaista, arvioidulta kokonaisrakennusmäärältään 200 000 k-m². Tällaisen kiinteistömäärän kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 15,3 GMWh vuodessa. Mikäli kohdealueen kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi 29 000 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä. Energiakaivojen vaatima tila olisi yli 12 % koko kohdealueen pinta-alasta, joten kaivojen ja siirtoputkistojen sijoitteluun pitäisi kiinnittää erityistä huomiota.

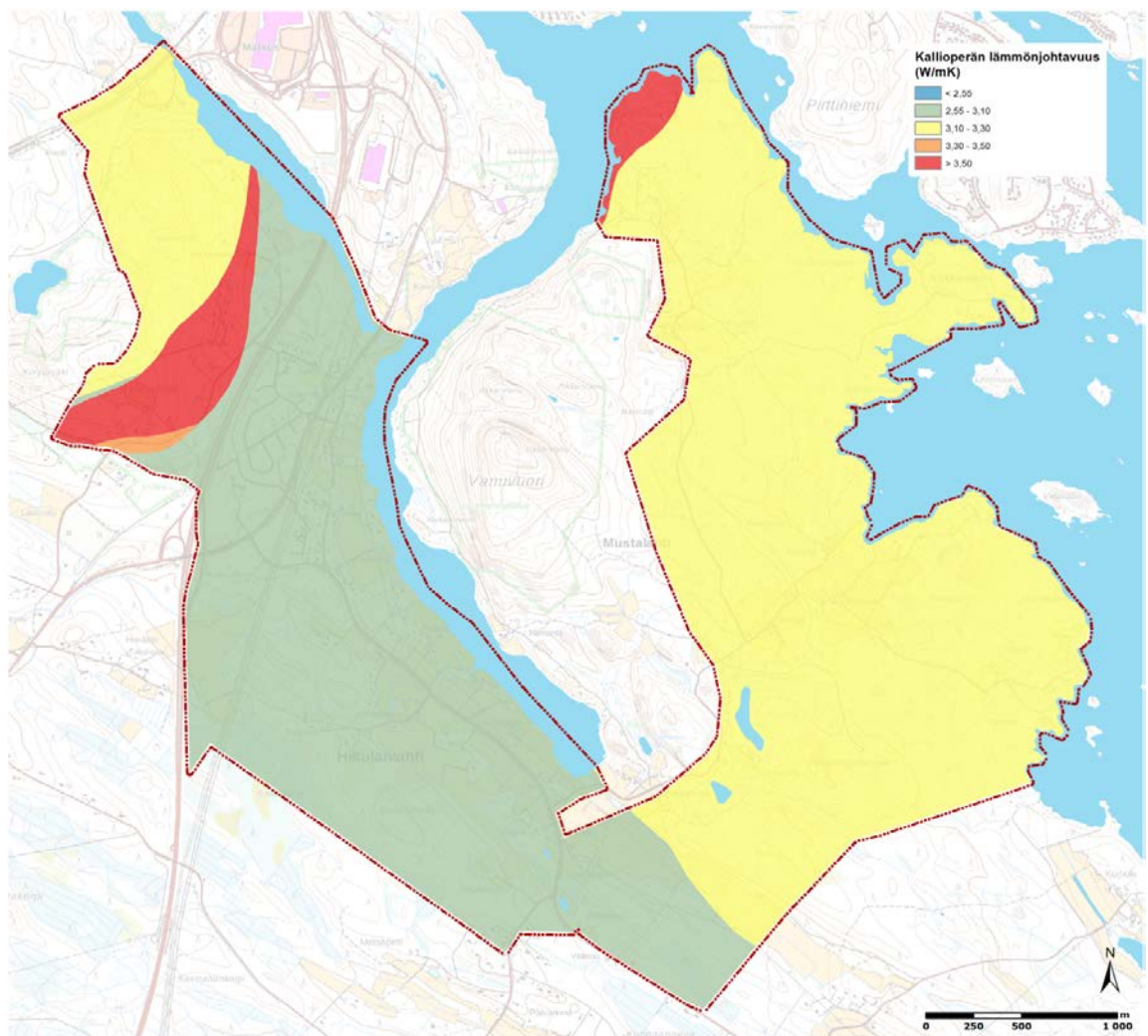
Kuopion Energian kaukolämpöverkko kiertää koko Kelloniemen aluetta etelässä, idässä ja pohjoisessa. Mahdollisia kytkentäpisteitä on useita ja kohdealueelle voitaisiin toteuttaa alueellinen matalalämpötilaverkko ja lämmönsiirrin yhteys kaukolämpöverkkoon.

20.3.2017

4.2.5.3 Hiltulanlahti-Vanuvuoren itäpuoli

Hiltulanlahden ja Vanuvuoren itäpuolen alueet muodostavat alueellisesti yhtenäisen kokonaisuuden, mutta alueiden toteuttaminen kulkee eri tahdissa. Hiltulanlahden kohdalla rajauksena käytetty osayleiskaava-alue sekä Vanuvuoren itäpuolen tarkastelualue kohtaavat Hiltulanlahden pohjukassa. Alue on Saaristokaupungin rakentumisen jälkeen seuraava laaja pientalovaltainen uusi asuntoalue. Hiltulanlahti on yleiskaavoitettu ja kaksi Hiltulanlahden pohjoisinta osa-alueita ovat jo myös asemakaavan piirissä. Molemmat asemakaava-alueista on suunniteltu noin 1 000 asukkaalle, jotka käsittävät sekä rivi- että pientalotontteja. Vanuvuoren itäpuolen yleiskaavoitus on käynnistymässä ja tässä vaiheessa on arvioitu, että alue toteutuu valtaosin pientaloalueena.

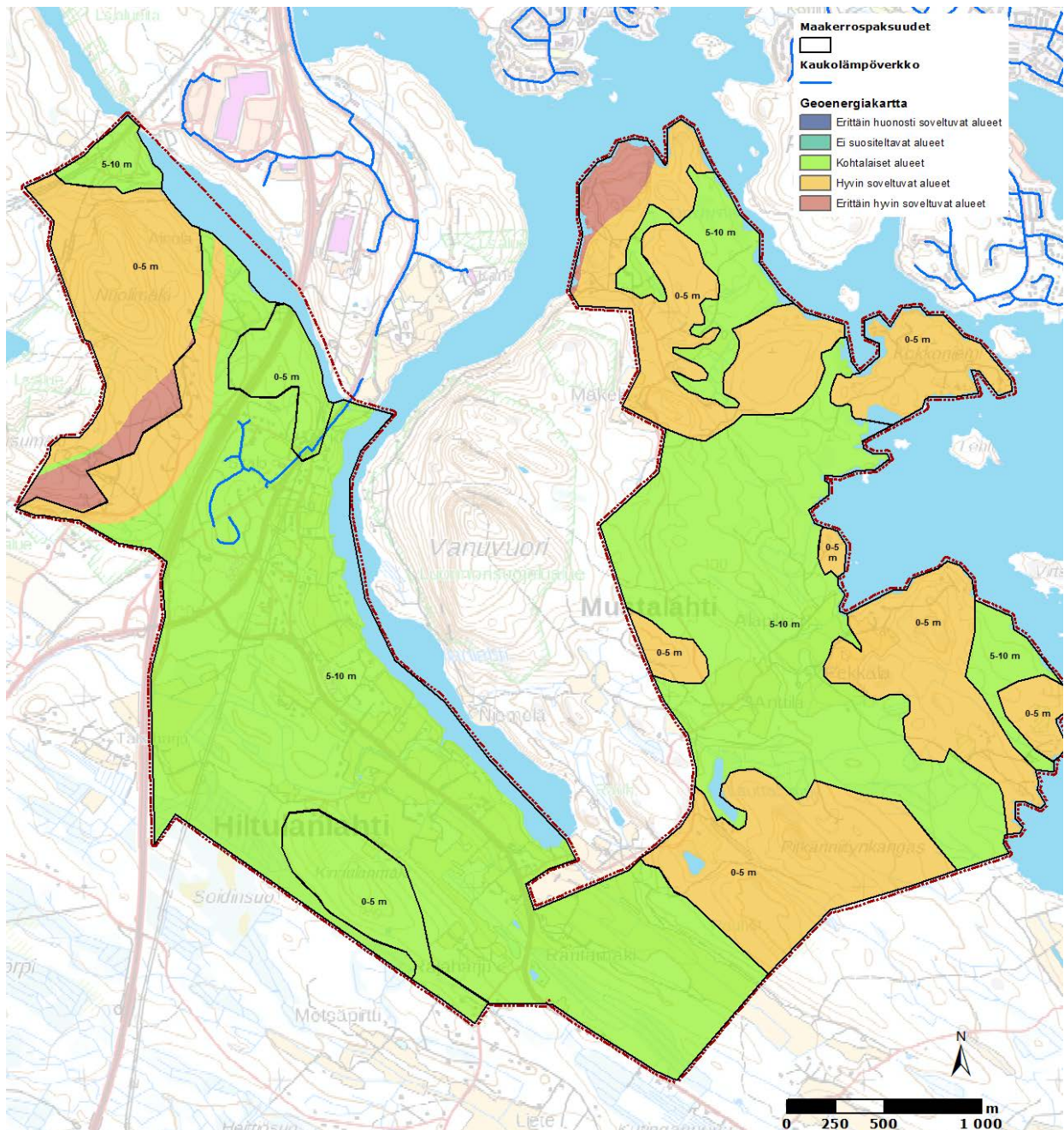
Alueen kallioperä koostuu kuudesta kivilajista ja lämmönjohtavuuden luokitus vaihtelee toiseksi heikoimmasta parhaaseen luokkaan. Lämmönjohtavuuden luokitus kartalla (kuva 31) tonaliittinen gneissi on keltaisella värillä, arkosiittikvartsiitti ja kvartsiitti punaisella värillä sekä karbonaattikivi ja kalkkisilikaattikivi vaaleanpunaisella värillä. Vihreällä värillä merkityllä alueella kallioperä on mafista vulkaniittia (emäksinen vulkaniitti) sekä kiillegneissia ja -liusketta.



Kuva 31. Hiltulanlahden ja Vanuvuoren itäpuolen alueen kallioperän lämmönjohtavuuden luokitus. (Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2017)

20.3.2017

Maaperitteen paksuuden vaihteluväli on arviolta 0 – 10 metriä. Alueella on kolme geoenergiapotentialiluokkaa; kohtalainen, hyvä ja erittäin hyvä. Pääosin alueet kuuluvat kohtalaiseen luokkaan. Etenkin Hiltulanlahden eteläpuolella on suuria kohtalaisen luokan alueita. Koko alueelta löytyy kuitenkin myös laajoja hyvän potentiaalilin omaavia alueita.



Kuva 32. Geoenergiapotentiaali ja maakerrospaksuudet Hiltulanlahden ja Vanuvuoren itäpuolen kohdealueella. (Pohjakaartta: Maanmittauslaitos 2017).

20.3.2017

Hiltulanlahden kohdealueen tyyppikiinteistönä käytettiin pientaloa ja rivitaloa. Energiakaivojen mitoitus ja kustannuslaskelmat tehtiin erittäin hyvin ja kohtalaisesti soveltuville luokille.

Taulukko 13. Porauskustannusten vertailu Hiltulanlahden alueella eri geoenergiapotentialiluokissa tyyppikiinteistöittäin.

		Erittäin hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
		Luokka 1	Luokka 3		
Maapeitteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	5,02	2,85		
		Pientalo		Rivitalo	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	140		900	
Asukkaita	lkm	4		21	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	9		78	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 1	Luokka 3	Luokka 1	Luokka 3
energiapeitto	%	100	100	96	96
tehopeitto	%	100	100	57	57
Lämpöpumppu		NIBE F1155-16	NIBE F1155-16	NIBE F1145-17	NIBE F1145-17
Energian otto	kWh/m	56	39	181	130
Tehon otto	W/m	47	33	40	29
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	0	0	3,2	3,2
Aktiivinen kaivosyvyys *)	m	113	164	318	441
Kaivojen lkm (á 100-270 m)	kpl	1	1	2	2
Kaivon kokonaissyvyys	m	123	179	169	236
Porauskustannukset **)	€	3714	5552	10004	14296
Porauskustannukset / asukas	€	929	1388	476	681
Luokkien 1 ja 3 kustannusero	€	-1838		-4292	

*) NIBE DIM -mitoitusohjelman laskema aktiivisyvyys

Hiltulanlahden ja Vanuvuoren kohdealueille on kaavailtu yhteensä noin 960 000 k-m² pääasiassa pientaloja. Hiltulanlahden osuudeksi on arvioitu tuosta määrästä 60%, josta 80% pientaloja ja 20% rivitaloja. Tällaisen kiinteistömäärän kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 38 GWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi noin 72 000 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

Kuopion Energian kaukolämpöverkko tulee Hiltulanlahden alueelle, joten geo-energian hyödyntäminen voitaisiin toteuttaa alueellisella matalalämpötilaverkolla, jota täydennettäisiin lämmönsiirrin yhteydellä kaukolämpöverkkoon.

Vanuvuoren itäosan alueen tyyppikiinteistönä käytettiin pientaloa ja rivitaloa. Alueen kallioperä koostuu kahdesta kivilajista ja maapeitteen paksuuden vaihtelu on vähäinen. Alueella on kaksi geoenergiapotentialiluokkaa. Energiakaivojen mitoitus ja kustannuslaskelmat tehtiin erittäin hyvin ja kohtalaisesti soveltuville luokille.

20.3.2017

Taulukko 14. Poraukustannusten vertailu Vanuvuoren alueella eri geoenergiapotentiaali luokissa tyyppi kiinteistöittäin.

		Erittäin hyvin soveltuva	Kohtalaisesti soveltuva		
		Luokka 1	Luokka 3		
Maapeitteen paksuus	m	5	10		
Kallioperän lämmöjohtavuus	W/mK	5,02	3,2		
		Pientalo		Rivitalo	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	140		900	
Asukkaita	lkm	4		21	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	9		78	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 1	Luokka 3	Luokka 1	Luokka 3
energiapeitto	%	100	100	96	96
tehopeitto	%	100	100	57	57
Lämpöpumppu		NIBE F1155-16	NIBE F1155-16	NIBE F1145-17	NIBE F1145-17
Energian otto	kWh/m	56	42	181	131
Tehon otto	W/m	47	35	40	29
Tarvittava lisäenergia	MWh/a	0	0	3,2	3,2
Aktiivinen kaivosvyvyys *)	m	113	152	318	437
Kaivojen lkm (ä 100-270 m)	kpl	1	1	2	2
Kaivon kokonaisvyvyys	m	123	167	169	234
Poraukustannukset	€	3714	5216	10004	14184
Poraukustannukset / asukas	€	929	1304	476	675
Luokkien 1 ja 3 kustannusero	€	-1502		-4180	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

Vanuvuoren kohdealueen rakennusmäärä olisi noin 390 000 k-m² pääasiassa pientaloja (95% pientaloja ja 5% rivitaloja). Tällaisen kiinteistömäärän kokonaislämmitysenergian tarve vastaa noin 24 GWh vuodessa. Mikäli kaikkien kiinteistöjen lämmitys toteutettaisiin geoenergialla, energiakaivojen vaatima kokonaismaapinta-ala olisi noin 45 000 m², kun energiakaivojen vähimmäisetäisyys toisistaan on 15 metriä ja kaivojen keskisyvyys 250 metriä.

Kuopion Energian kaukolämpöverkkoa ei nykyisin ole Vanuvuoren alueen lähistöllä. Lähin mahdollinen verkostoon kytkeytymispiste on Hiltulanlahden alueella. Putkistoveto Rautamäen ja Anttilan kautta Pekkalaan on noin 5 km, kun siirtoputkisto sijoitetaan lähelle pääteitä. Kalliin runkojohtovedon vuoksi geoenergia-kaukolämpö-hybridi ei tule kyseeseen nykytilanteessa. Tilanne voi muuttua, mikäli Hiltulanlahden ja Vanuvuoren alueiden rakentamisen myötä kaukolämpöverkkoa rakennetaan lisää.

20.3.2017

4.3 Aineiston tarkkuus ja epävarmuustekijät

Aineiston tarkkuus sekä kairauspistelähtöaineiston alueellinen jakauma ja havaintojen tiheys vaihtelevat merkittävästi. Tieto maanpeitteen paksuudesta on interpoloitu tarkemman kairauspisteaineiston lisäksi myös GTK:n avoimesta maanpeitteen paksuusaineistosta, jonka "resoluutio" on 500 x 500 metriä. Tämä osaltaan heikentää lopullisen aineiston tarkkuutta. Tarkempia kairaustietoja on maakunnan pinta-alaan suhteutettuna vähän ja näillä alueilla Geologian tutkimuskeskuksen maapeitepaksuus -aineisto edustaa tarkinta tietoa maakerroksien paksuuksista.

Tarkemman tarkastelun kohdealueille on geologin toimesta tehty asiantuntija-arviot maanpeitteen paksuudesta perustuen olevaan aineistoon alueen geologiasta ja geomorfologiasta. Yksittäisen pisteen todellinen maanpeitteen paksuus käy ilmi kuitenkin vasta maastossa tehtävien tutkimuksien myötä.

Kallioperäaineiston tarkkuus, pääasiassa 1:200 000 (osalla alueella 1:100 000) -mittakaavainen aineisto, vaikuttaa myös lopullisen geoenergiakartan tarkkuuteen.

20.3.2017

5 Geoenergiaa täydentävät järjestelmät

5.1.1 Energiatehokkuus

Uudessa maankäyttö ja rakennuslaissa edellytettyjen energiatehokkuuden vertailulukujen saavuttaminen pelkästään rakennusten lämmöneristystä ja hukkaenergioiden talteenottoa hyödyntämällä tulee olemaan haastavaa sekä kallista. Kuitenkin kaikki kiinteistöjen energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet sekä ostoenergian tehokasta hyödyntämistä ja kierrätystä tukevat toimenpiteet tulisi harkita ensisijaisina toimenpiteinä. Yleensä oikein mitoitettuna energian käyttöä ja kierrätystä tehostavat toimenpiteet ovat kustannustehokkain ja ekologisin tapa edesauttaa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä. Kiinteistöjen energiaomavaraisuutta voidaan lisätä omalla energiantuotannolla. Auringon säteilyenergian aktiivinen hyödyntäminen on teknologian kehittymisen ja hintojen alenemisen myötä tullut kustannustehokkaaksi keinoksi. Aurinkolämpöä ja/tai –sähköä hyödyntämällä voidaan edesauttaa tiukentuvien E-lukuvaatimusten täyttymistä.

Kiinteistöjen lämmitysenergian tarve vähenee ja viilennysenergian tarve lisääntyy. Kiinteistöissä joustavuutta energialähteen valinnassa. Vesikeskus- tai ilmalämmitys mahdollistaa energialähteen vaihdon tai useamman energialähteen yhtäaikaisen käytön. Geoenergiajärjestelmä lämpöpumppuineen pystyy vastaamaan mainiosti kiinteistöjen energiankäytössä tapahtuviin muutoksiin. Seuraavassa on joitain yleisimpiä

5.1.2 Geoenergia ja aurinkolämpö

Geoenergiaa on käytettävissä samalla teholla läpi vuoden erityisesti, kun lämmönlähteenä käytetään kallioperää. Vesistö lämmönlähteenä vaikuttaa jonkin verran lämpöpumpun COP-kertoimeen (hyötysuhteeseen) veden lämpötilavaihteluiden mukaan: kesäaikaan COP-kerroin on korkeampi ja vastaavasti talviaikaan hieman alhaisempi. Aurinkolämmön tuotanto vaihtelee sääolosuhteiden, vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Eniten aurinkolämpöä on käytettävissä kesällä keskipäivän aikaan. Tällöin lämmön kulutus on kuitenkin yleensä vähäistä ja "ilmaisenergia" menetetään ilman lämmönvarastointia. Aurinkolämpö ja geoenergia eivät yleensä ole kustannustehokas yhdistelmä.

5.1.3 Geoenergia ja aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmät ovat kannattavia investointeja, kun järjestelmän mitoitus on tehty vastaamaan omaa kulutusta. Sijoitetulle pääomalle saadaan hyvä tuotto, mutta investoinnin takaisinmaksuaika voi olla pitkä. Investoinnilla korvataan verkosta ostettavaa sähköä ja investoinnin kannattavuus riippuu ostosähkön hinnasta (sisältäen energiamaksun, siirtomaksun ja verot).

Aurinkosähkö sopii erinomaisesti täydentämään geonergiajärjestelmää, jossa käytetään lämpöpumppua lämmitys- ja viilennysenergian tuottamiseen. Aurinkosähkön tuotannolla vähennetään lämpöpumpun tarvitseman sähkön ostoa verkosta.

5.1.4 Geoenergia ja kaukolämpö

Yksittäisissä kiinteistöissä geonergia-kaukolämpö-hybridiratkaisun kustannustehokkuus ei ole riittävä. Lämmitysratkaisuna ei ole taloudellisesti perusteltua rakentaa kiinteistöön kaukolämpöliittymä sekä geonergiajärjestelmä vaikkakin tällainen yhdistelmä toimitusvarmuuden kannalta olisikin kiinnostava.

20.3.2017

Alueratkaisuna geoenergia-kaukolämpö-yhdistelmä voi osoittautua perustelluksi. Erityisesti uudisrakennusalueilla, joissa kiinteistöjen lämmitykseen riittää kaukolämpöä matalampi lämpötilataso, peruskuorman tuottaminen geoenergialla ja täydennysenergian hankkiminen kaukolämpöverkosta voi olla perusteltua. Alueellinen matalalämpötilaverkko kytkeytyy varsinaiseen kaukolämpöverkkoon lämmönsiirrimen välityksellä. Matalalämpötilaverkkoa operoiva toimija käyttää lämmönsiirrintä yhtenä lämmönlähteenä kaupallisen sopimuksen pohjalta. Mikäli matalalämpötilaverkkoa operoi sama toimija kuin kaukolämpöverkkoakin, niin operaattori voi optimoida tuotantoa geoenergian ja kaukolämmön välillä hintojen vaihdellessa (sähkö ja kaukolämmön tuotannossa käytettävät polttoaineet). Lämpöpumpputekniikkaa sovellettaessa on mahdollista rakentaa myös alueellinen viilennysverkko. Viilennysenergia on ikään kuin ilmaisenergiaa, koska viilennyksessä syntyvä lauhde-
lämpö otetaan talteen ja käytetään kiinteistöjen käyttöveden tuotannossa.

20.3.2017

6 Lämmön varastointimahdollisuudet

6.1.1 Kiinteistöjen viilennyksen lauhde-energian talteenotto

Lämpöpumppua käytetään Suomen olosuhteissa sekä kiinteistöjen lämmitykseen että viilennykseen. Kiinteistöt toimivat kesäaikana passiivisina aurinkolämmön kerääjinä. Kiinteistöön kertyneen aurinkoenergian määrä riippuu useista tekijöistä:

- sääolosuhteet eli auringon säteilyenergian määrä sekä tuulen jäähdyttävä vaikutus
- kiinteistön rakenteelliset tekijät kuten seinien ja ikkunoiden eristykset, ikkunoiden pinta-ala, ikkunoiden ilmansuunnat

Olkoon lämpöpumpun lämmönlähteenä maaperä, energiakaivo tai vesistö niin viilennyksen sivutuotteena syntyvä lämpö ("hukkalämpö") palautetaan lämmönlähteeseen. Tämä on geoenergiajärjestelmään luontaisesti kuuluva energianvarastoinnin toiminnallisuus. Lämmönlähteeseen palautettu lämpö voidaan huomioida keruupiirin mitoituksessa ja tällä tavoin hieman pienentää laskennallista keruupiirin kokoa. Vesistöön palautuksessa ei mitoitushyötyä yleensä voida huomioida.

6.1.2 Maaperävarastointi

Maaperää lämmön lähteenä käyttävän geoenergiajärjestelmän keruupiiri asennetaan noin metrin syvyyteen. Lämpötila vaihtelee metrin syvyydellä normaalisti noin +2 asteesta +15 asteeseen. Lämpimin se on alkusyksyllä ja kylmin alkukevällä. Lämmityskauden aikana maalämmön lämmönkeruuputkisto voi jäähdyttää ympäröivää maaperää useilla asteilla, ja keväällä maaperä voi putken ympärillä olla alimillaan jopa -10 °C pakkasen puolella.

Kytkemällä aurinkolämpö maapiiriin voidaan maalämpöjärjestelmän lämmönkeruupiirin toimintakykyä elvyttää, jolloin maalämpöpumpun hyötysuhde ja teho paranevat. Samalla maalämpöpiirin matala lämpötila pitää aurinkokeräimen hyötysuhteen mahdollisimman korkeana. Maaperään lämpöä varautuu erityisen tehokkaasti keväällä ja vielä alkukesälläkin, jolloin maa ei ole vielä täysin lämmennyt talven jäljiltä.

6.1.3 Energiakaivovarastointi

Oikein mitoitettuna energiakaivon lämpötilataso alenee aluksi hieman vuosi vuodelta, ja saavuttaa melko vakaan tason noin 5 käyttövuoden jälkeen. Väärin mitoitettu energiakaivo jatkaa jäähtymistä ja saattaa jäätyä jo alle kymmenessä vuodessa. Jäätyminen sinänsä ei estä järjestelmää toimimasta. Keruupiirin kiertonesteinä käytetään etanoli-vesiliuosta, jonka jäätymispiste on vähintään -17 °C. Alhainen energiakaivon lämpötila kuitenkin heikentää lämpöpumpun hyötysuhdetta.

Maaperävarastointia suurempi hyöty lämmön varastoinnista saadaan kytkemällä aurinkolämpöjärjestelmä energiakaivoon. Aurinkolämmön siirtäminen lämpökai-voon elvyttää tehokkaasti lämpökaivoa lämmityskauden jäljiltä, joskin osa aurinkolämmöstä saattaa karata pohjavesivirtauksien myötä. Elvytystarve on suurin niin sanotuilla kuivakaivoilla, joissa ei ole vesivirtauksia. Kallioperävarastoinnin kautta maalämpöpumpulle saadaan parempi hyötysuhde, lämpökerroin ja suurempi teho, kuten maapiirin yhteydessäkin.

20.3.2017

6.1.4 Kaukolämpöverkko lämpövarastona

Kaukolämpöverkon hyödyntäminen lämpövarastona on lähinnä teoreettinen vaihtoehto eikä varsinaisesti voida puhua varastoinnista. Ideaalitulanteessa kiinteistössä syntyvä hukkalämpö siirrettäisiin kaukolämpöverkkoa hyödyntäen käytettäväksi muualla. Ratkaisun toteuttamiskelpoisuutta heikentää sekä tekniset että taloudelliset tekijät. Hukkalämpö on pääsääntöisesti matalalämpötilaista, joten sen siirtäminen korkeampi lämpötilaiseen kaukolämpöverkkoon edellyttäisi lämpötilan nostoa sekä meno- että paluupuolelle syötettäessä. Tästä hukkalämmön ”priimaamisesta” aiheutuu lisäkustannuksia. Kiinteistöissä aurinkokeräimillä tuotetun lämmön lämpötilataso riittää sellaisenaan ilman lisätoimenpiteitä kaksisuuntaiseen tuotantoon, mutta ongelmana on tuotannon ajoittuminen alhaisen lämmön kysynnän ajankohtaan. Toisekseen kaupallisessa mielessä syötettävän lämmön tulisi olla kaukolämmön tuotantokustannuksia edullisempaa, jotta lämmön verkkoon syöttäminen olisi liiketaloudellisesti perusteltua. Lisäksi kaukolämpöyhtiöllä tulisi olla valmiudet kaksisuuntaiseen lämmöntuotantoon.

6.1.5 Lämpöakku/-varaaja varastointi

Lämpöakku tai -varaaja käytetään lyhytaikaiseen varastointiin. Geoenergiajärjestelmissä ei ole tarvetta käyttää erillistä lämpövarastoa, mutta erityisesti aurinkolämpöjärjestelmässä lämpövarasto on oleellinen puskuri tasaamaan päiväajan tuotannon ja yöajan kulutuksen eroja. Puskurivarasto mahdollistaa aurinkolämpöjärjestelmän ylivoimittamisen hetkelliseen kulutukseen nähden. Mitoitusperusteena käytetään yleensä käyttöveden kulutusta vuorokaudessa, joka on keskimäärin sama kesällä ja talvella. Mikäli geoenergiajärjestelmän lämmönlähteenä käytetään vesistöä kallioperän asemesta, niin on järkevämpää palauttaa viilennyksen lauhde-energia mieluummin lämpövarastoon kuin vesistöön, jos tällainen lämpövarasto on käytettävissä.

20.3.2017

7 Suositukset ja lisäselvitystarpeet

Tämän selvityksen tulosten hyödyntämisessä korostuu maakunnallisen suunnittelun osalta informaation välittäminen eteenpäin yksityiskohtaisemman suunnittelun tasolle (yleiskaavoitus tai asemakaavoitus).

Esimerkiksi useilta tarkemman tarkastelun kohdealueista löytyi hyvin ja erittäin hyvin geoneergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita. Näitä alueita voi maakuntakaavoituksen tasolla osoittaa ohjeellisella merkinnällä, jossa suositetaan tarkemman suunnittelun yhteydessä tutkittavaksi alueiden soveltuvuus geoneergiaa tai "geo-/muu energiamuoto"-hybridejä hyödyntäviin ratkaisuihin.

Selvityksen kohdealueet ovat siinäkin mielessä hyviä alueita, että ne ovat kyseisissä kunnissa merkittäviä uusia rakentamisalueita. Maakuntakaavoituksen näkökulmasta ohjaustarve korostuu merkittävimpien uusien rakentamiseen osoitettavien alueiden kohdalla.

Tässä selvityksessä eri alueet on arvotettu luokkiin vain geoneergiapotentiaalın perusteella. Näin ollen alueita voi vertailla keskenään vain geoneergiapotentiaalın suhteen. Jos alue kuuluu esimerkiksi kohtalaiseen geoneergiapotentiaaliluokkaan, voi geoneergiaa hyödyntävä ratkaisu olla silti kustannuksiltaan kilpailukykyinen suhteessa muihin ratkaisuihin.

Maakuntakaavoitusta tarkemmilla suunnittelutasoilla geoneergian hyödyntämistä edistäviä suosituksia:

Geoneergian toteutumisen kannalta tärkeää on eri sidosryhmien sitoutuminen uusiutuvan energian paikallisen tuotannon edistämiseen. Kehittyvä lainsäädäntö ohjaa rakentamista energiatehokkaampaan suuntaan, mutta suosittelemme kaavoittajan tuovan uusiutuviin energioihin liittyvä tahtotilansa esille asettamalla suosituksia tai vaatimuksia maankäytösopimuksiin ja tontinluovutusehtoihin.

Tiiviisti rakennettavalla alueella geoneergian hyödyntäminen mahdollistuu, kun:

- energiakaivoille tai -kaivokentille tehdään tilavaraukset,
- rakentaminen vaiheistetaan siten, että energiakaivot porataan ja siirtoputkistot vedetään kokoojakaivoille samaan aikaan muun yhdyskuntatekniikan kanssa ja ennen rakennuksien perustustöitä. Paalutustyöt voidaan tehdä joko ennen kaivoporoja tai niiden jälkeen.
- geoneergijärjestelmien kokoojakaivoille tehdään tilavaraus.

Tarkemmassa suunnittelussa on huomioitava energiakaivojen välisen minimietäisyyden rajoittavan tiiviisti rakennettavilla pientalovaltaisilla alueilla vierekkäisten tonttien kaivojen sijoittelumahdollisuuksia.

Matalalämpötilaverkko soveltuu hyvin uusien rakentamismääräysten mukaan rakennettujen kiinteistöjen lämmöntarpeisiin. Matalalämpötilaverkon lämmön lähteinä voivat toimia esimerkiksi energiakaivokentät ja kaukolämpö lämmönsiirtimen kautta. Kenttien koko ja sijainti voidaan sovittaa yhdyskuntatekniikka ja rakentaminen huomioiden. Matalalämpötilaverkkoon lämpöä syöttäville lämpöpumppulaitoksille tulee tehdä tilavaraus.

20.3.2017

Matalalämpötilaverkko ja jäähdytysverkko tarvitsevat operaattorin, joka toteuttaa investoinnit ja vastaa lämpö/jäähdytys-palvelusopimusten pohjalta koko järjestelmän ylläpidosta. Operaattori tulisi kytkeä mukaan mahdollisimman pian, sillä sitoutuminen edellyttää teknis/taloudellisten tarkastelujen tekemistä. Luonnollisia toimijoita ovat alueella toimivat energiayhtiöt.

Tämä selvitys on geoenergian hyödyntämiseen tähtäävän ketjun alkupäässä. Geoenergian lopullinen hyödynnettävyys ja energiajärjestelmien mitoitukset selviävät geologisten tutkimusten, teknis-taloudellisten tarkastelujen ja tarkemman suunnittelun myötä.

20.3.2017

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Mahdollisuus hyödyntää geoenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja sijaitseeko alue pohjavesialueella. Mitä paksumpi maapeite on, sitä kalliimpaa on energiakaivon tai –kaivokentän poraus. Myös kallioperän ominaisuuksilla, erityisesti lämmönjohtavuudella on suora yhteys energiakaivon energiantuottoon ja –tehoon / metri. Alueellisen kallioperän ominaisuudet vaikuttavat siten geoenergiaprojektin kustannuksiin ja samalla koko menetelmän kannattavuuteen.

Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella Pohjois-Savon alue soveltuu keskimäärin kohtalaisesti geoenergian käyttöön. Selvityksen tarkemmin tarkastellut kohdealueista Iisalmen alueet ovat lämmönjohtavuudeltaan kohtalaista luokkaa. Kuopion alueiden lämmönjohtavuudet vaihtelevat heikosta erittäin hyvään. Siilinjärven kohdealueilla on runsaasti lämmönjohtavuudeltaan parhaimpaan luokkaan kuuluvia alueita.

Harjualueilla esiintyy tyypillisesti vähintään 20–30 metrin paksuisia maakerroksia. Yli 50 metrin paksuisia maakerroksia esiintyy Suonenjoen Lintharjulla, Joroisten Tervaruukinsalolla, Siilinjärven Harjamäki-Käärmelahti alueella sekä valtatie 9:n varrella Kuopion ja Tuusniemen alueilla sijaitsevalla harjujaksolla Ryönänkankaalta Telkkämäelle. Paksut maapeitteet heikentävät paikoin merkittävästi geoenergian käyttömahdollisuuksia ja nämä alueet ovatkin suurimpia yhtenäisiä huonosti geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia alueita.

Myös alueella sijaitsevat vedenhankinnan kannalta tärkeät pohjavesialueet voivat rajoittaa geoenergiapotentiaalin hyödyntämistä.

Pohjois-Savon keskimäärin noin 7,5 metrin paksuinen maapeite tarkoittaa kuitenkin sitä, että monin paikoin alueet ovat maapeitteen puolesta hyvin hyödynnettävissä geoenergiakäyttöön.

Pohjois-Savosta löytyy runsaasti alueita, joilla geoenergiapotentiaalin hyödyntäminen on suositeltavaa. Esimerkiksi tässä työssä tarkemmin tarkastelluista kohdealueista kaikki olivat keskimäärin vähintään kohtalaisesti geoenergian hyödyntämiseen soveltuvia ja useimmilta löytyi myös hyvin tai erittäin hyvin soveltuvia alueita.

20.3.2017

9 Kirjallisuus ja lähteet

Breilin, O. Huusko, A. Martinkauppi, A. Putkinen N. ja Wik, H. Geologian tutkimuskeskus, Länsi-Suomen yksikkö. 2013. Oulun Geoenergiaalipotentialin selvitys.

Geologian tutkimuskeskuksen nettisivut: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnon-varat/geoenergia/> Viitattu 7.6.2016.

Huusko, A. Lahtinen, H. Martinkauppi, A. Putkinen, N. Putkinen, S. ja Wik, H. Geologian tutkimuskeskus, Länsi-Suomen yksikkö. 2015. Keski-Suomen geoenergiaalipotentiali.

Juvonen, J. ja Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 2013.

Kallio, J. 2012, GTK, Geoenergian hyödyntäminen lämmityksessä ja jäähdytyksessä, esityskalvosarja 12.9.2012

Leppäharju, N. 2008. Kalliolämmön hyödyntämiseen vaikuttavat geofysikaaliset ja geologiset tekijät

Motiva, Palvelusektorin ominaiskulutuksia 2009-2014

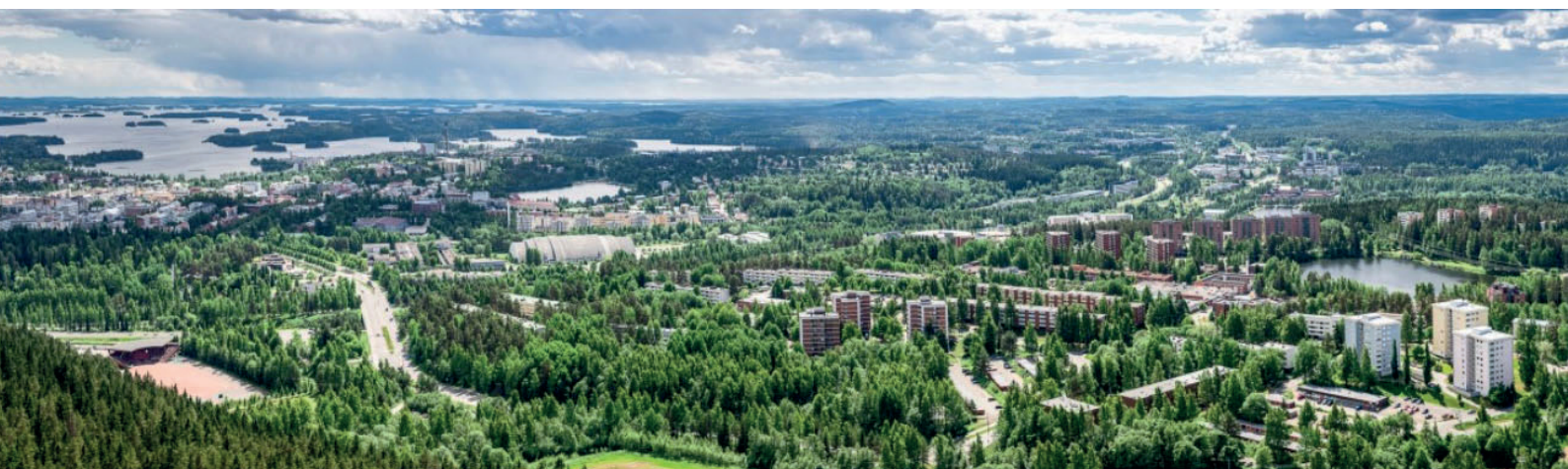
Peltoniemi, S. ja Kukkonen, I. Geologian tutkimuskeskus, Geofysiikan osasto. 1995. Kivilajien lämmönjohtavuus Suomessa: Yhteenveto mittauksista 1964 – 1994.

20.3.2017

Pohjois-Savon liitto käynnisti selvityksen maakunnan geoenergiapotentiaalista, jonka myötä muun muassa maankäytön suunnittelussa, energia-alan toimijoilla ja maalämpöä harkitsevilla on parempi tietopohja viedä eteenpäin kestävä energiaa. Selvityksessä ovat Pohjois-Savon liiton lisäksi mukana rahoittajina Kuopion Energia Oy, Savon Voima Oyj sekä selvityksen kohdekunnat ja -kaupungit Iisalmi, Kuopio ja Siilinjärvi. Selvityksen on laatinut FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy, 2017.

Pohjois-Savon geoenergiapotentiaalia on selvitetty tässä työssä yleispiirteisellä ja yksityiskohtaisella tasolla. Yleispiirteisellä tasolla (mittakaava 1:200 000) tarkoitetaan geoenergiapotentiaalın selvittämistä koko maakunnan osalta, mukaan lukien vuonna 2019 maakuntaan liittyvä Joroisten kunta. Yksityiskohtaisella tasolla (mittakaava 1:10 000 ja 1:20 000) tarkoitetaan yhdessä kuntien kanssa valittuja, rakentamisen kysyntään perustuvia kohdealueita, joiden geoenergiapotentiaalia on tarpeen selvittää maakuntatasoa tarkemmin. Valitut yhdeksän kohdealuetta ovat nykyisiä tai tulevaisuudessa toteutuvia asuin- ja työpaikka-alueita Iisalmessa, Kuopiossa sekä Siilinjärvellä.

Pohjois-Savon kohdennettu geoenergiapotentiaaliselvitys toimii taustaineistona Pohjois-Savon maakuntakaavan 2040 laadinnassa.



Kuva: Soile Nevalainen