

KUOPION KAUPUNKI / YMPÄRISTÖ- JA RAKENNUSVALVONTAPALVELUT

Geoenergiapotentiaaliselvitys Kuopion Savilahden alueelle

Raportti

14.11.2016

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	1
2	Geoenergiapotentiaalikartta	1
2.1	Arviointimenetelmän tausta	1
2.1.1	Geoenergian hyödyntäminen	1
2.1.2	Geoenergian hyödyntämisen rajoitukset	7
2.2	Lähtöaineistot	9
2.2.1	Avoimet paikkatietoaineistot.....	9
2.2.2	Tarkemmat kairauspisteaineistot.....	10
2.2.3	Muut lähtötietoaineistot	10
2.3	Analyysin kuvaus ja oletukset	10
2.3.1	Maanpeitteen paksuuden analyysi	10
2.3.2	Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi	10
2.3.3	Ehdottomat kieltoalueet	11
2.3.4	Lopullinen geoenergiapotentiaaliaineisto	11
2.4	Tulokset	12
2.4.1	Maanpeitteen paksuus	12
2.4.2	Maanpeitteen kerrospaksuudet Kuopion Savilahden alueella	12
2.4.3	Kallioperä ja lämmönjohtavuus	13
2.4.4	Kieltoalueet ja ei suositeltavat alueet.....	14
2.5	Aineiston tarkkuus ja epävarmuustekijät	14
2.6	Geoenergiapotentiaalikartta	15
3	Geoenergiakaivojen mitoitus ja kustannukset	16
3.1	Laskennan lähtötiedot	16
3.2	Poraus-kustannukset.....	18
3.3	Geoenergian potentiaaliluokan vaikutus tyyppikiinteistöjen geoenergiajärjestelmän mitoitukseen ja porauskustannuksiin.....	19
4	Geoenergiaa täydentävät energiajärjestelmät.....	20
4.1	Maankäyttö ja ympäröivät alueet.....	20
4.2	Kaukolämpö.....	23
4.3	Aurinkoenergia	26
5	Energian varastointi ja kierrätys	28
6	Suosituksia alueen eri toimijoille ja lisäselvitystarpeet	29
7	Yhteenvedo ja johtopäätökset	30
8	Kirjallisuus ja lähteet	32

14.11.2016

Liitteet

Liite 1: Savilahden alueen maanpeitteen paksuustulkinta

Liite 2: Savilahden alueen kallioperän kivilajit

Liite 3: Savilahden alueen kallioperän kivilajien lämmönjohtavuus

Liite 4: Savilahden alueen geoenergiapotentiaalikartta

Liite 5: Laskennan lähtöarvot

Liite 6: Geoenergiakaivojen mitoitus ja porauskustannukset, tyyppikiinteistöt

Liite 7: Laskennalliset E-luvut eri skenaarioissa

Liite 8: Savilahden matalalämpötilaverkko ja jäähdytysverkko

14.11.2016

Geoenergiapotentiaaliselvitys Kuopion Savilahden alueelle

1 Johdanto

Maailmanlaajuisten ilmastotavoitteiden mukaisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöä tulisi huomattavasti lisätä tulevaisuudessa. Kuopion Savilahden alueen toimijoilla on käynnissä vuoden 2016 mittainen Savilahden vähähiilinen energiamalli – SaVE –yhteishanke. Tavoitteena on suunnitella Savilahdesta vähähiilinen ja energiatehokas toiminta-alue. Hankkeessa selvitetään aurinko- ja geoenergian käyttömahdollisuuksia sekä älykkään rakennusautomaation hyödyntämistä alueella. SaVE-hanke on osa Savilahti-projektia sekä Kestävää kasvua ja työtä 2014-2020 – Suomen rakennerahasto-ohjelman toteutusta. Hanketta rahoittaa toteuttajien lisäksi Etelä-Savon ELY. Alueen jatkosuunnittelua varten alueesta tarvitaan energiaselvityksiä. Uusiutuvan energian valtakunnalliset ja alueelliset käyttötavoitteet huomioiden selvityksiä toteutetaan ainakin geoenergian, aurinkoenergian ja kaukojäähdytyksen osalta.

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

Tässä työssä tutkittiin geoenergian soveltuvuutta yhtenä lämmitys- ja jäähdytysratkaisuna Kuopion Savilahden alueella. Lisäksi on tarkasteltu geoenergian alueratkaisun yhteensopivuutta ympäröivien alueiden energiajärjestelmien kanssa, keskeisenä kaukolämpöverkosto. Lopputuloksena on saatu karttaesitys geoenergiapotentiaalista ja kuvaus geoenergian hyödynnettävyydestä alueella.

Geoenergiapotentiaaliselvitystyötä on ohjannut Kuopion kaupungin asettama projektityöryhmä, johon ovat kuuluneet Tapio Kettunen, Minna Kuuluvainen, Mari Piipponen ja Jukka Eskelinen. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:ssä selvitystä ovat tehneet ja raportin laatineet Hannu Vinnamo (projektipäällikkö), Jani Uitti (energia-asiantuntija), Jan Tvrdý (paikkatietoasiantuntija) ja Maija Aittola (geologi).

2 Geoenergiapotentiaalikartta

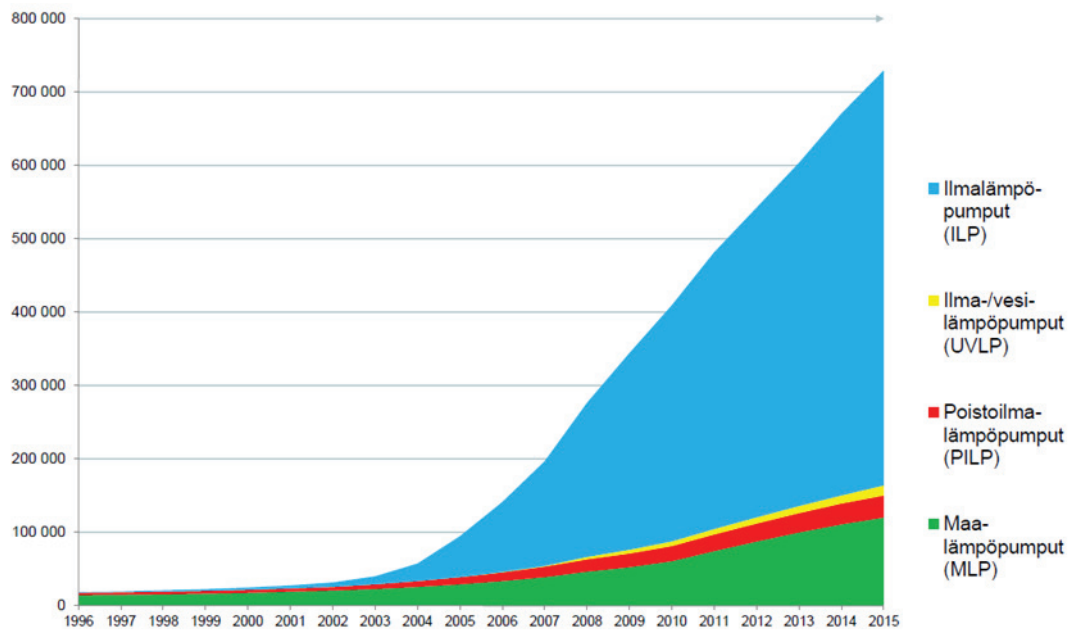
2.1 Arviointimenetelmän tausta

2.1.1 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. Syvemmillä kallioperässä lämpöenergia on taas pääosin radioaktiivisten aineiden hajoamisesta peräisin olevaa geotermistä energiaa.

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

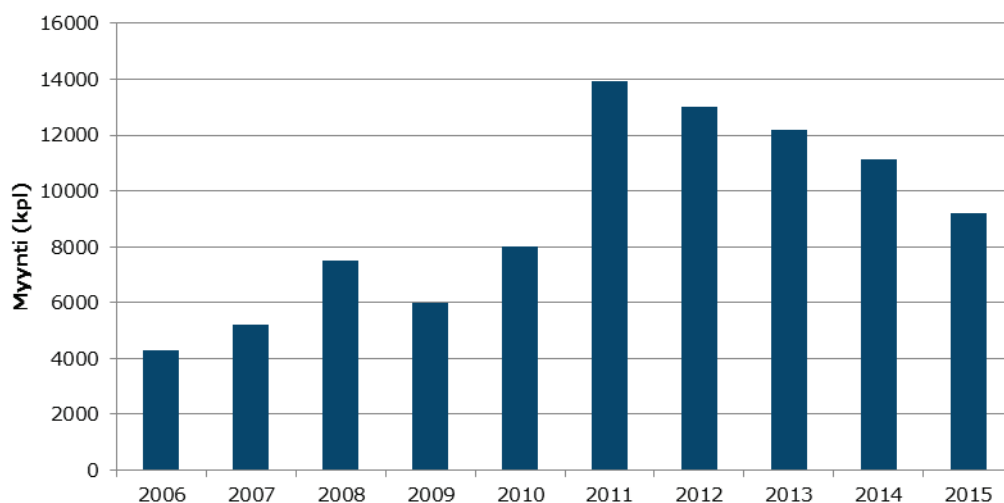
14.11.2016



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 kasvuhyppäys 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.

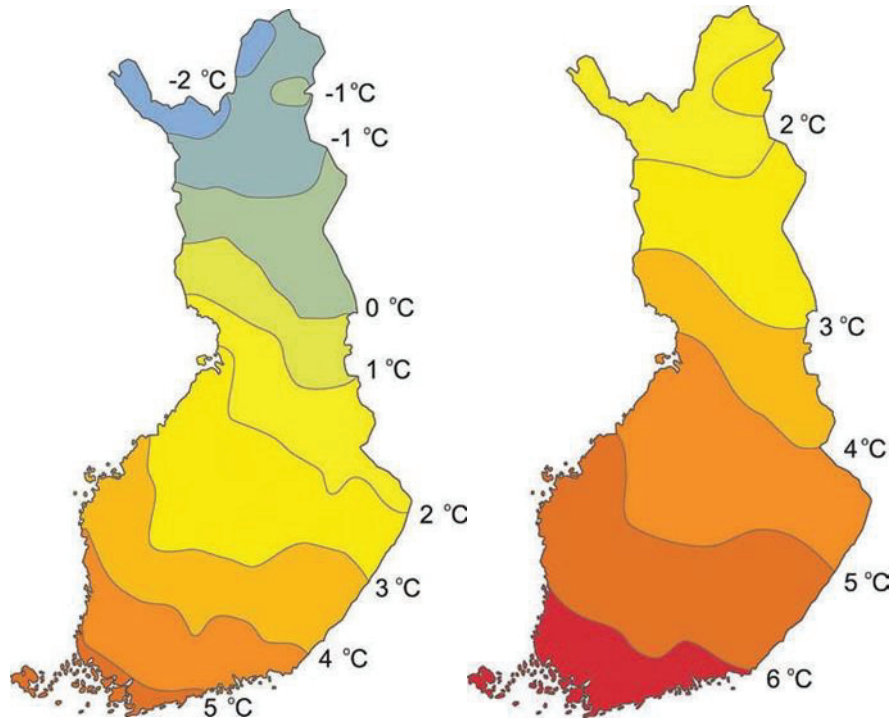


Kuva 2. Suomessa myydyt maalämpöpumput 2006 – 2015 (Lähde: Sulpu ry).

Suomessa maa- ja kallioperän pintaosien vuotuinen keskilämpötila on keskimäärin kaksi astetta ilman vuotuista keskilämpötilaa korkeampi (kuva 3) ja

14.11.2016

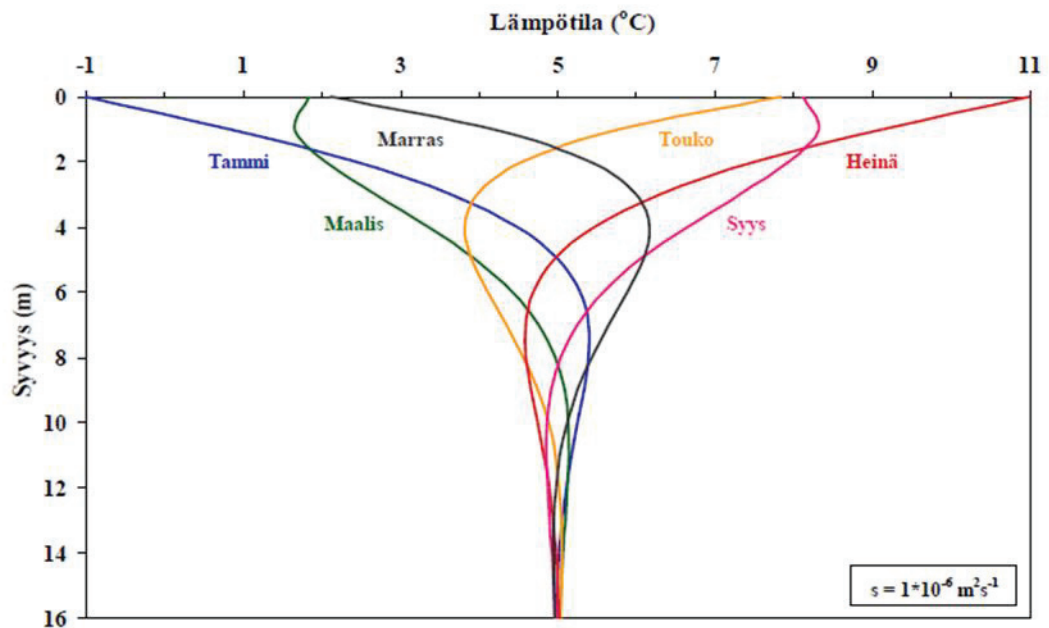
se vaihtelee maantieteellisen sijainnin mukaan. Lämpötila vaihtelee myös paikallisesti. Rakennetuilla alueilla se voi olla useita asteita korkeampi kuin esimerkiksi luonnontilaisessa metsässä.



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

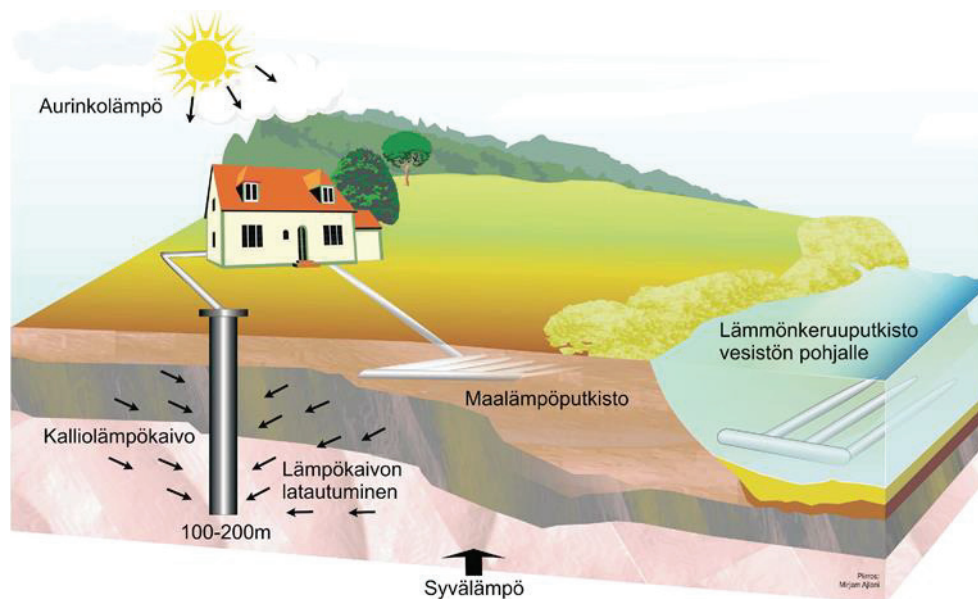
Maanpinnan keskilämpötila vaihtelee vuosittaisen ilmalämpötilan mukaan, mutta vakiintuu Suomessa n. 14–15 metrin syvyydessä 5–6 asteeseen (kuva 4). Syvemmällä kallioperässä geoterminen energia nostaa lämpötilaa keskimäärin 0,5–1 astetta / 100 m. Näin ollen maan eteläosissa kallioperän lämpötila 200 metrin syvyydessä on noin 6–8 °C.

14.11.2016



Kuva 4. Maanpinnan vuodenajan mukainen lämpötilavaihtelu (Nina Leppäharju, 2008: Kalliolämmön hyödyntämiseen vaikuttavat geofysikaaliset ja geologiset tekijät).

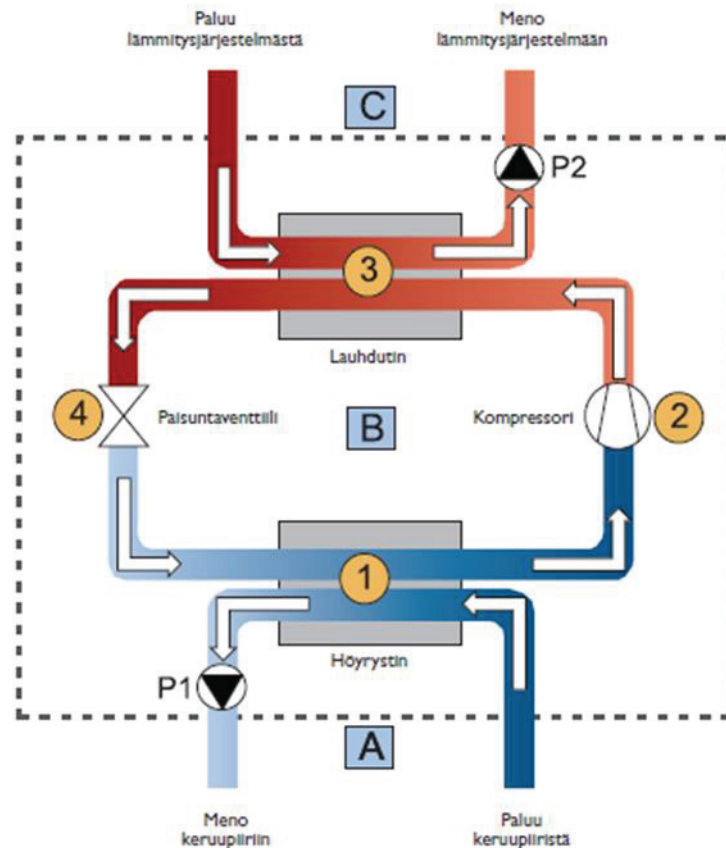
Lämpöpumpputekniikan avulla maa- ja kallioperään tai vesistöön sitoutunutta lämpöenergiaa voidaan käyttää rakennusten ja niiden käyttöveden ympärivuotiseen lämmittämiseen ja viilentämiseen. Lämpöpumpputekniikan toimintaperiaate on sama riippumatta lämmönlähteestä. Käytettävä lämmönlähde - maaperä, kallio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



Kuva 5. Lämpöpumpun lämmönlähteet (Jarmo Kallio, GTK 2012, Geoenergian hyödyntäminen lämmityksessä ja jäähdytyksessä).

14.11.2016

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 (YM, Ympäristöopas 2013, Energiakaivo).

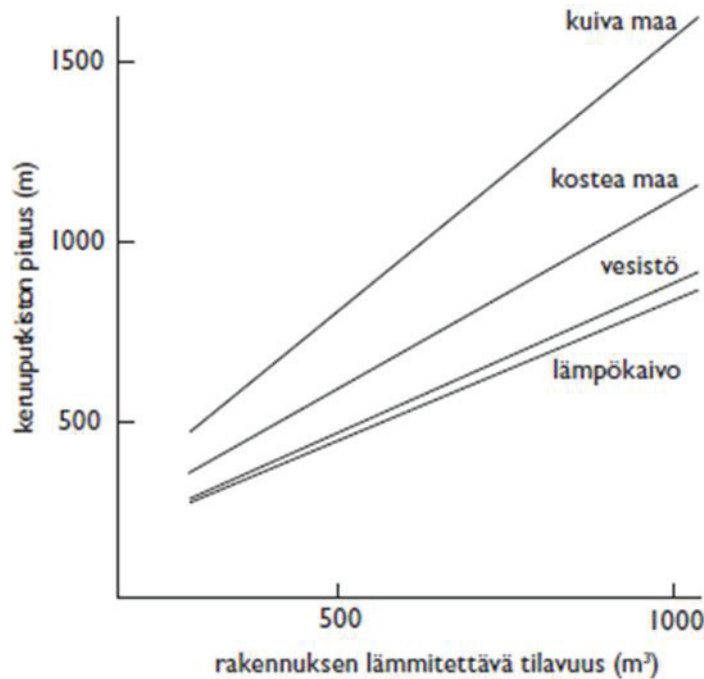
Lämmitystilanteessa lämmönlähteeseen varastoitunutta energiaa kerätään talteen omalla lämmönkeruuputkistolla, jolla lämpöä tuodaan höyrystimelle. Lämmönkeruuputkistossa kiertävä kylmäaine on yleisimmin etanoli-vesiliuos (tai bioetanoli-vesiliuos). Höyrystimessä kylmäaine höyrystyy sitoen lämmönkeruuputkiston 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

14.11.2016

lauhtuessaan palauttaa lämpöä ympäristöönsä, lämmönlähteeseen, lauhduttimeen tai kiinteistön lämmitysjärjestelmään.

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



Kuva 7. Lämpöpumpun lämmönlähteen vaikutus lämmönkeruupiirin putkistopituuteen (Lähde: Rakennustietosäätiö RTS 2001).

Lämpöpumpuissa käytettävistä lämmönlähteistä tehokkain on energiakaivo (lämpökaivo), eli lämmönkeruuputkistoa varten kallioperään porattu halkaisijaltaan noin 130–150 mm reikä. Energiakaivon syvyyteen vaikuttavat kallioperän lämmönjohtavuus, maanpeitteen paksuus sekä pohjaveden virtaukset. 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

14.11.2016

kerättävä lämpöteho on 15–20 W/m Pohjois-Suomessa ja 20–25 W/m Etelä-Suomessa.

2.1.2 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 rakennuslupan 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 kiellettyä eikä siihen voida myöntää poikkeusta eikä lupaa. Pohjavesialueelle sijoitettu maalämpöjärjestelmä voi aiheuttaa riskin sekä pohjaveden laadulle, että määrälle.

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). Syttyvillä kemikaaleilla ilmoitusvelvollisuuden raja on 5 tonnia ja lupavelvollisuuden raja 100 tonnia. Esim. omakotitalon maalämpöjärjestelmässä kylmäaineliuoksen määrä jää alle yhden tonnin.

Terveystoimintalaki (763/1994)

Terveystoimintalain määräykset eivät suoraan koske maalämpöjärjestelmän rakentamista, vaan ne liittyvät lämmitysjärjestelmän mitoittamiseen, talousveden

14.11.2016

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.

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 (Lähteet: Ympäristöopas 2013).

Kohde	Suosittelu 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 vesijohtot	5 m
Kaukolämpöjohtot	3 m
Tunnelit ja luolat	25 m

14.11.2016

2.2 Lähtöaineistot

2.2.1 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 geoenergiapotentialin tutkimiselle.

Geologian tutkimuskeskus, Kallioperä 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, kallioperähavainno- ja kairauspisteet sekä olennaiset tektoniset havainnot, litologiset primäärirakenteet, malmimineraalit ja metamorfiset indeksimineraalit. Tässä työssä aineistoa käytettiin lähtötietoaineistona kivilajien määrittämiseksi tutkittavalla alueella. Kivilajien lämmönjohtavuudella on merkitystä geoenergiapotentialin 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. Savilahden alueella ei ole syväkairausreikiä.

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. Geoenergiapotentialiselvityksessä 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 ohjeistuksia eri kuntien alueella. Savilahden alue ei kuulu pohjavesialueeseen.

14.11.2016

2.2.2 Tarkemmat kairauspisteaineistot

Maaperäkairauksista on ollut käytettävissä kaupungilta saadut tiedot, jotka käsittivät pääasiassa rakentamiseen liittyviä pohjatutkimuksia, joissa ei pääsääntöisesti ole tehty kalliovarmistusta.

2.2.3 Muut lähtötietoaineistot

Ehdottomat kieltoalueet

Kaupungin kanssa käytyjen keskustelujen perusteella sekä osayleiskaavasta on määritetty ehdottomat kieltoalueet, joille geoenergiaporauksia ei voi suorittaa. Ehdottomia kieltoalueita ovat Neulamäen luolaston yläpuolinen alue 25 metrin suoja-alueineen. Tämä on huomioitu osana analyysiä.

Kiinteistö- sekä rakennusrekisteriaineistot

Kuopion kaupunki toimitti myös tiedot rakennuksista ja niiden käyttötarkoituksista sekä kiinteistöaineiston. Tietoja ei suoraan käytetty osana laskelmia, mutta ne toimivat taustatietona analyysiä tehdessä.

2.3 Analyysin kuvaus ja oletukset

Mahdollisuus hyödyntää geoenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja pohjaveden pinnan korkeudesta. 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. Energiakaivon tulee täytyä kokonaan vedellä. Kaivon jäävän ilman lämmönjohtavuus on huono ja se toimii eristeenä heikentäen energiakaivosta saatavaa tehoa ja energiaa. Ellei pohjavesi nouse kaivon, pitää kaivo täyttää vedellä ja varmistua, että vesi myös pysyy kaivossa. Riskinä tällöin on, että pintavesiä pääsee kaivorakenteiden kautta pohjaveteen. Vesien sekoittumisriskiä voidaan vähentää kaivon täyttämällä esimerkiksi betoniitillä.

2.3.1 Maanpeitteen paksuuden analyysi

Maanpeitteen paksuus laskettiin maaperäkairausten ja maalämpökaivojen pistemäisistä 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.

2.3.2 Kallioperä- ja lämmönjohtavuusanalyysi

Kallioperän ominaisuuksien tiedot alueilla saadaan GTK:n kallioperäaineistosta. Eri kivilajeilla on erilainen lämmönjohtavuus, joka vaikuttaa geoenergian hyödyntämisen kannattavuuteen.

14.11.2016

2.3.3 Ehdottomat kieltoalueet

Kaupungin kanssa käytyjen keskustelujen perusteella on selvitetty alueet, joille geenergiaporauksia ei voida suorittaa. Nämä on käsitelty ehdottomina kieltoalueina geenergiapotentiaalin analyysissä.

2.3.4 Lopullinen geenergiapotentiaaliaineisto

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

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: Maapeitteen paksuus (MP)					
jäsenyysarvo	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
luokka	1	2	3	4	5
maapeitteen 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	0.90–0.51	0.51–0.49	0.49–0.10	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 geenergiapotentiaalikartan luomiseksi.

14.11.2016

2.4 Tulokset

2.4.1 Maanpeitteen paksuus

Kallioperää lämmönlähteenä hyödynnettäessä maanpeitteen paksuudella on vaikutusta investointikustannuksiin. Lisäkustannukset muodostuvat porausreikään asennettavasta suojaputkesta sekä mahdollisesti tarvittavasta syvemmästä porauksesta. Suojaputkea tarvitaan estämään maa-aineksen sekä pintavesien valuminen energiakaivoon. Suojaputkena käytetään muoviputkea, mutta pääsääntöisesti maa-ainekerroksen ollessa yli kolme metriä käytetään teräsputkea. Maanpeitteen paksuus vaikuttaa lisäporausstarpeeseen, sillä maa-aineksen lämmönsiirto-ominaisuudet ovat heikommät kuin kallioperän. Maanpeitteen heikompi lämmönsiirto pitää kompensoida lisäämällä energiakaivon syvyyttä, jotta saavutetaan laskennallisesti määritelty riittävä aktiivinen keruupiirin pituus.

2.4.2 Maanpeitteen kerrospaksuudet Kuopion Savilahden alueella

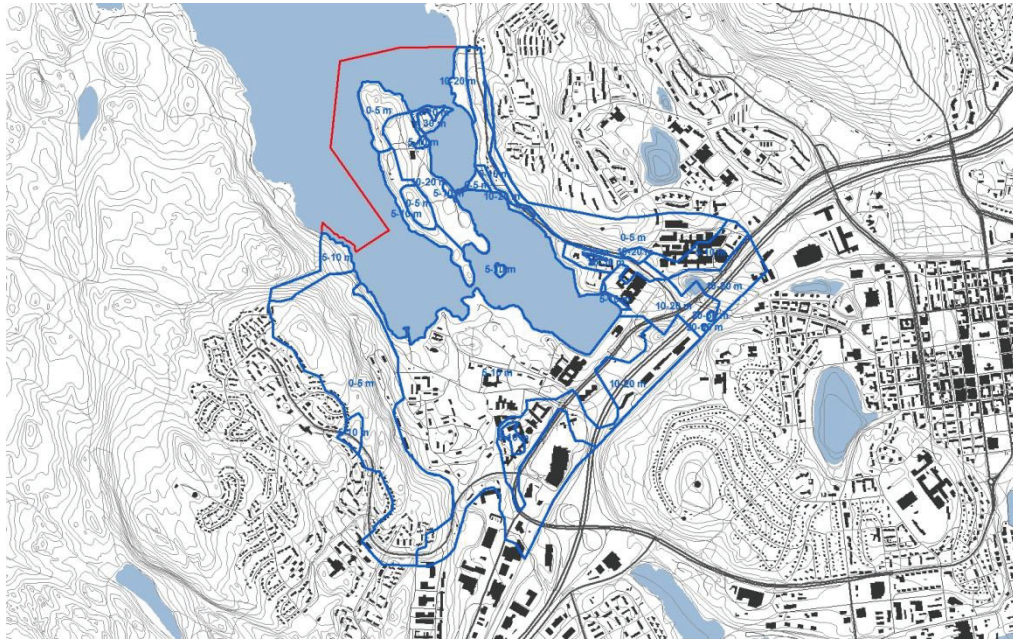
Tarkastelualue rajautuu lounais- ja koillisosistaan kallioalueisiin, joissa pintamaakerroksen paksuus on alle 1 metrin luokkaa. Tarkastelualueen eteläosassa esiintyy hiekkamoreenia, jonka pintaosissa mm. Kasvitieteellisen puutarhan ja yliopiston alueilla, esiintyy paikoitellen savea. Lähtötietoina saadut kairaustiedot ovat pääasiassa painokairausten tuloksia. Painokairaukset ovat kevyitä kairauksia, jotka usein päättyvät kiveen tai lohkareeseen/kallioon tai määräsyvyyteen. Niillä ei luotettavasti pystytä varmistamaan kallionpinnan korkeusasemaa. Niitä käytetään pohjatutkimusmenetelmänä esim. kiinteistöillä, jossa halutaan tietää missä tulee ns. kova pohja, jonka perusteella voidaan esim. paalupituuksia määrittää.

Kairausten perusteella suurin osa alueesta on maakerrospaksuudeltaan alle 20 metriä (ei kalliovarmistusta).

Kairausten perusteella, syvimmät maakerrospaksuudet (yli 30 metriä, ei kalliovarmistusta) esiintyvät Niuvantien sairaalan alueella.

Savisaaren länsiosassa esiintyy hiekkamoreenia ja länsi- ja pohjoisosassa on kalliota. Savisaaren itäosassa esiintyy pääasiassa hietaa ja eteläosassa liejua. Kairausten perusteella, syvimmät maakerrospaksuudet (yli 30 metriä, ei kalliovarmistusta) sijaitsevat entisen kaupungin puutarhan itäpuolella. Maanpeitteen paksuustulkinta on esitetty kuvassa 9 sekä liitteessä 1.

14.11.2016



Kuva 9. Maanpinnan paksuustulkinta Savilahden alueella.

2.4.3 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 kallioperän pohjaveden liikkeistä 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). Geoenergiapotentialin selvityksessä on käytetty kirjallisuudessa esitettyjä lämmönjohtavuusarvoja.

Savilahden tarkastelualueen kallioperä koostuu pääasiassa kiillegneisistä ja -liuskeesta, emäksisestä metavulkaniitista sekä pohjagneisistä (tonaliittis-thronhjemiittis-granodioriittistä granitoidia ja migmatiittia). Lisäksi tarkastelualueen kallioperässä esiintyy kvartsiittia, sekä graniittia ja granodioriittia.

Kirjallisuuden perusteella on käytetty alueen yleisimpien kivilajien lämmönjohtavuuksina seuraavia arvoja:

- Kiillegneissi ja -liuske, lämmönjohtavuus 2,8...2,99 W/(mK)
- Emäksinen metavulkaniitti, lämmönjohtavuus 2,85 W/(mK)
- Pohjagneissi, lämmönjohtavuus 3,52 W/(mK)
- Kvartsiitti, lämmönjohtavuus 5,02 W/(mK)
- Graniitti ja granodioriitti, lämmönjohtavuus 3,19...3,55 W/(mK)

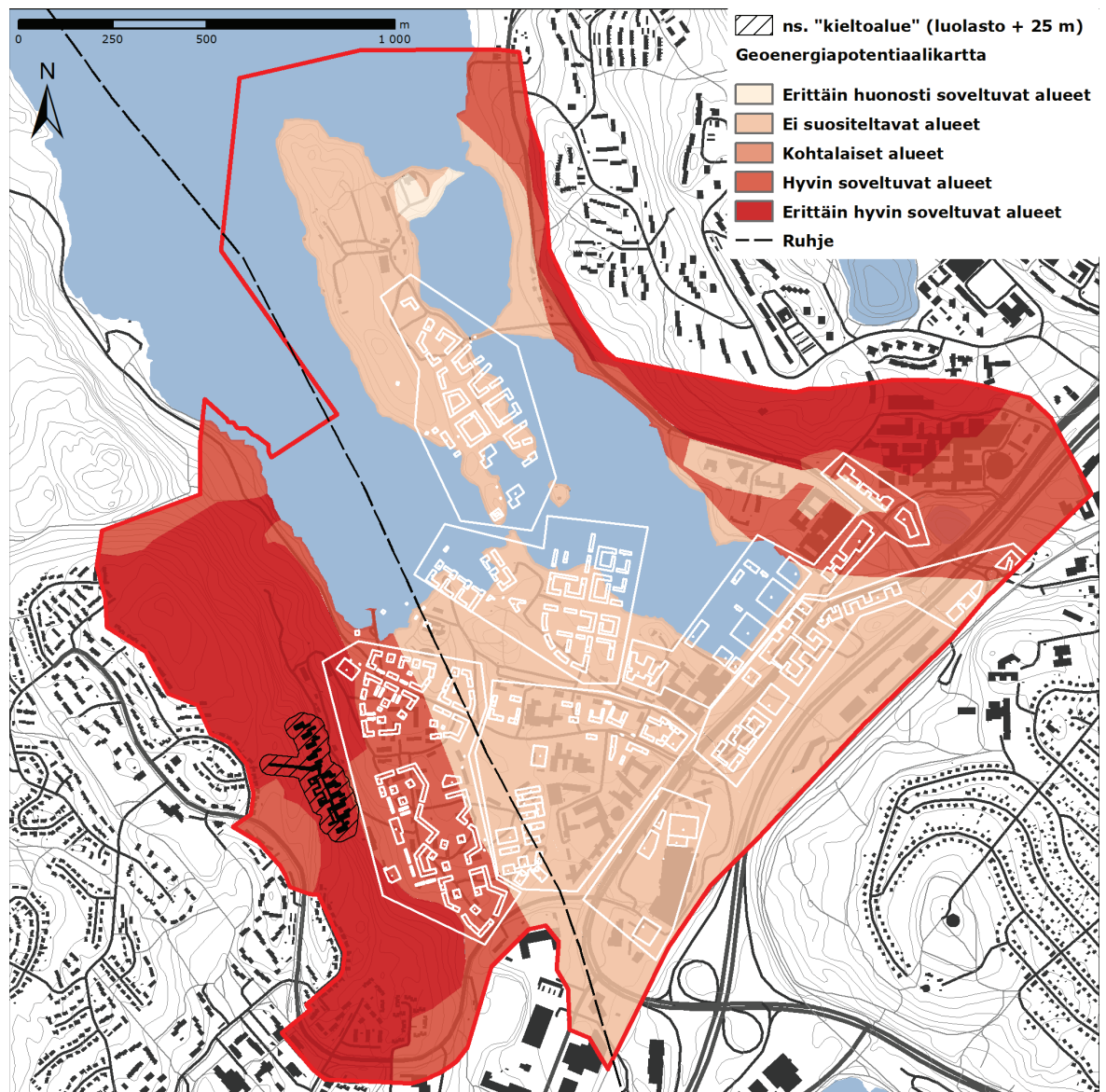
Kivilajien lämmönjohtavuuksien perusteella hyvin tai erinomaisesti geoenergian käyttöön soveltuvat Neulamäen ja Savilahden välinen alue (kallioperältään

14.11.2016

2.6 Geoenergiapotentiaalikartta

Geoenergiapotentiaalikartan rasteriaineisto (geotiff) on toteutettu 2 x 2 metrin resoluutiolla, ETRS-TM35FIN koordinaatistossa (EPSG:3067). Korkeusjärjestelmänä käytetään N2000 -korkeusjärjestelmää. Aineisto kattaa Kuopion kaupungin Savilahden alueen.

Geotiff aineiston arvot vaihtelevat luvusta 1 (erittäin hyvin soveltuvat) lukuun 0,08 (erittäin huonosti soveltuvat alueet). Neulamäen luolastoalue muodostaa ainoan kieltoalueen. Lisäksi tulee välttää Neulamäen itäpuolella kulkevaa kallioruhjetta. Geoenergiapotentiaalikartta on esitetty kuvassa 11 ja liitteessä 2.



Kuva 11. Savilahden alueen geoenergiapotentiaalikartta.

14.11.2016

3 Geoenergiakaivojen mitoitus ja kustannukset

3.1 Laskennan lähtötiedot

Valtioneuvosto ehdottaa maankäyttö- ja rakennuslakia muutettavaksi 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 nollaenergiarakentamiseen 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 määriteltäisiin direktiivin mukaisesti, mitä lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan.

Uudisrakentamisen energiatehokkuutta määritettäessä energiantarpeet muunneltaisiin 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 lämmitetty 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:

E on energiatehokkuuden vertailuluku, kWh_E/(m² a);

Q_{kaukolämpö} on kaukolämmön kulutus vuodessa, kWh/a;

Q_{kaukojäähdytys} on kaukojäähdytyksen kulutus vuodessa, kWh/a;

Q_{polttoainei} on polttoaineen i sisältämän energian kulutus vuodessa, kWh/a;

W_{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_{kaukolämpö} on kaukolämmön energiamuodon kerroin;

f_{kaukojäähdytys} on kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin;

f_{polttoainei} on polttoaineen i energiamuodon kerroin;

f_{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).

14.11.2016

Taulukko 2. Eri energiamuotojen kertoimet.

	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.

	Ehdotetut uudet E-luvut	Nykyiset E-luvut
Rivitalo ja enintään kaksikerroksinen asuinkerrostalo	105	150
Vähintään kolmikerroksinen asuinkerrostalo	90	130
Toimistorakennus	100	170
Opetusrakennus	100	170
Liikerakennus	135	240

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 rakennusluokkien mukaisia arvioituja lämpöindeksejä (sisältää lämmityksen ja käyttöveden energian) Kuopion leveysasteilla:

Taulukko 4. Selvityksen laskelmissa käytetyt lämpöindeksit

	Lämpöindeksi 2020 – kWh/r-m ³
Rivi- ja ketjutalo	28,9
Asuinkerrostalo	21,8
Toimistorakennus	22
Opetusrakennus	26,1
Liikerakennus	14,7

Lämpöindeksien arvioinnissa on hyödynnetty tilastoitua aineistoa toteutuneista rakennusten lämmitysenergian kulutuksista (Motiva / Palvelusektorin ominaiskulutuksia 2009-2014, Energiateollisuus / kaukolämmönkäyttöraportti

14.11.2016

18.9.2013). Kiinteistöjen kokonaisenergian tarve jakautuu taulukossa 5 esitettyjen prosenttiosuuksien suhteessa:

Taulukko 5. Kiinteistöjen kokonaisenergiakulutuksen jakautuminen.

	Asuin- rakennus	Toimisto- rakennus	Opetus- rakennus	Liike- rakennus
Lämmitysenergia	39 %	44 %	55 %	24 %
LKV	17 %	4 %	6 %	3 %
Jäähdytysenergia	4 %	6 %	6 %	9 %
Sähkö	40 %	46 %	33 %	65 %
	100 %	100 %	100 %	100 %

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

Tässä selvityksessä käytetyt laskennan lähtöarvot on koottu liitteeseen 5.

3.2 Porauskustannukset

Porauskustannuksia ja maanpeitteen paksuuden vaikutusta kustannuksiin kysyttiin kolmelta energiakaivojen poraajalta: Rototec Oy, Suomen Porakaivo Oy ja PT Energia Poraus Oy (taulukko 6). Kaikilla toimijoilla on samansuuntainen hintavaikutusmekanismi, joskin Rototec eroaa kahdesta muusta siinä, että heidän näkemyksen mukaan lisäporaustarve alkaa vasta, kun maanpeite ylittää 15 metriä. Tyyppikiinteistöjen laskelmissa on käytetty Suomen porakaivon hintatietoja.

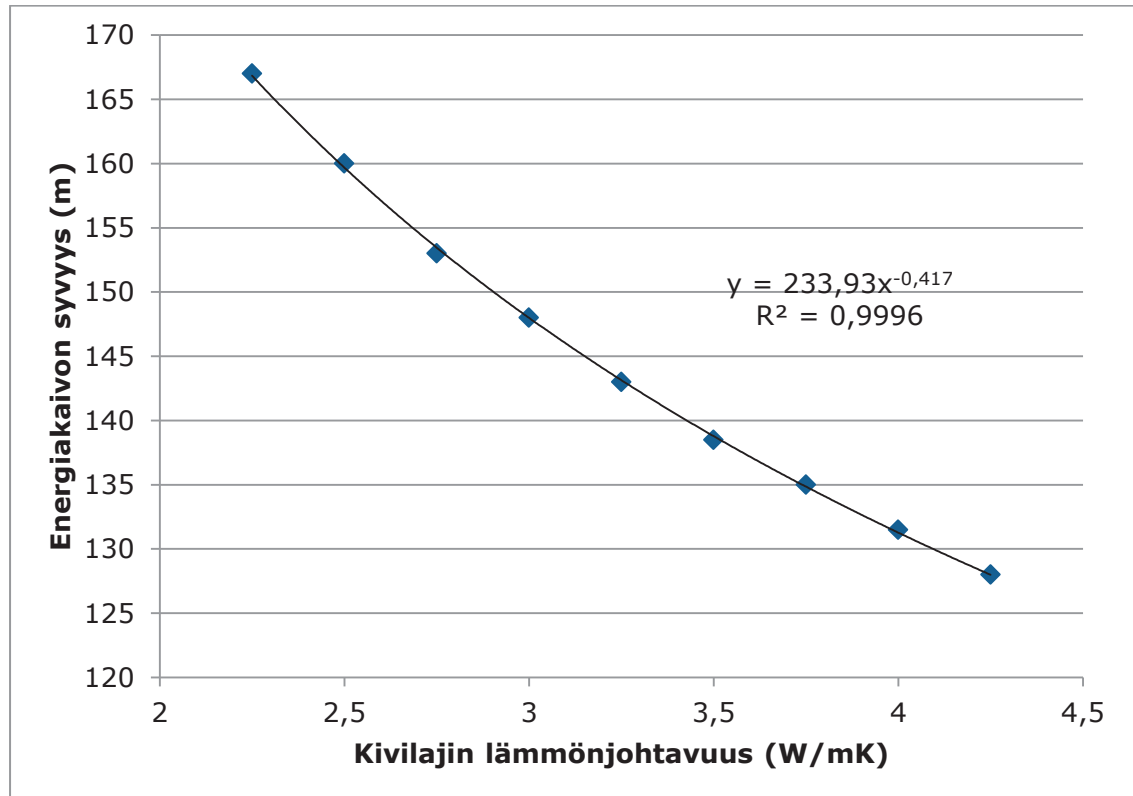
Taulukko 6. Maanpeitteen paksuuden vaikutus investointikustannuksiin.

	Rototec	Suomen porakaivo	PT Energia Poraus
Perusreikä (€/m)	30	30	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 30	yli 0 m: maanpeite x 40 + ½ x maanpeite x 30	yli 3 m: 3 x 28 + (maanpeite - 3) x 44,36
Esim. kun maanpeite on 6 m niin lisäkustannus on	360 €	330 €	217 €
Esim. kun maanpeite on 22 m niin lisäkustannus on	1530 €	1210 €	927 €
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. Näistä tärkein on kivilajin lämmönjohtavuus, mitä parempi lämmönjohtavuus sitä pienempi lämmönkeruupiiri tarvitaan saman tehon saamiseksi. Tämän selvityksen laskelmissa on käytetty porakaivon aktiivisyvyytenä 200 metriä. Syvemmillä kaivoilla saataisiin kaivojen lukumäärä pienemmäksi. Kaivoja porataan aina 400 metriin saakka. Suurempia

14.11.2016

geoenergiajärjestelmiä suunniteltaessa on välttämätöntä tehdä terminen vastetesti eli TRT-mittaus (Thermal Response Test) kallioperän soveltuvuuden varmistamiseksi ja oikean aktiivisyyden määrittämiseksi.



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

Lisäksi energiakaivon aktiivisyyteen vaikuttavat kallioperän huokoisuus, ruhjeet, pohjaveden pinta ja pohjaveden virtaukset. Tässä työssä on oletettu, että pohjavesi täyttää energiakaivon vähintään koko kallioperän osuudelta eikä merkittäviä pohjavesivirtauksia esiinny.

Lämpöpumpun COP-kertoimeksi käyttöveden lämmitykselle on oletettu 3,0, lämmitysenergialle matalalämpötilaverkossa 4,0 ja jäähdytykselle 4,5.

3.3 Geoenergian potentiaaliluokan vaikutus tyyppikiinteistöjen geoenergiajärjestelmän mitoittamiseen ja porauskustannuksiin

Tyyppikiinteistöinä käytettiin asuinrivitaloa, asuinkerrostaloa sekä toimistorakennusta. Kullekin tyyppikiinteistölle laskettiin tarvittava energiakaivon aktiivisyys. Laskennassa käytettiin mitoitusohjelmanä NIBE DIM (versio 1.24.0.1). Lämpöpumpun (pumppujen) mitoitusperusteena käytettiin noin 100%:n energiapaittoa sekä 60%:n tehopeittoa, eli talvipakkasilla lämmityspiikit katetaan sähkövastuksilla. Tällöin pumput eivät tule ylimitoitettua ja pumppujen käyntiaika on elinjaksokustannusten kannalta edullisin. Laskennalliseen energiakaivojen aktiivisyyteen lisättiin vielä 5 metriä pohjapainolle ja lietepesälle sekä maapeitteen paksuuden verran suojaputkellista reikää. Taulukossa 7 on esitetty tyyppikiinteistöjen kaivosyvydet, kaivojen lukumäärä ja

14.11.2016

porauskustannukset kahdessa eri potentiaaliluokassa (potentiaaliluokka 5, erittäin hyvin soveltuva sekä potentiaaliluokka 2, huonosti soveltuva).

Taulukko 7. Potentiaaliluokan vaikutus geoenergian mitoitukseen ja porauskustannuksiin.

2020 -		Rivitalo		Asuinkerrostalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	900		5100		8800	
Asukkaita	lkm	21		110		678	
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	78		390		678	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5
energiapaitto	%	98	98	98	98	97	97
tehopeitto	%	63	63	68	68	59	59
Lämpöpumppu		NIBE F1145-17	NIBE F1145-17	3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-60	3xNIBE F1345-60
Energian otto	kWh/m	89	102	84	96	79	90
Tehon otto	W/m	21	23	21	24	22	25
Aktiivinen porausvyvyys *)	m	628	550	3543	3100	6603	5777
Kaivojen lkm (ä 200 m)	kpl	4	3	18	16	34	29
Kaivon kokonaissyvyys	m	225	210	225	210	225	210
Porauskustannukset	€	31400	19725	141300	105200	266900	190675
Luokan 2 ja 5 kustannusero	€	11675		36100		76225	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

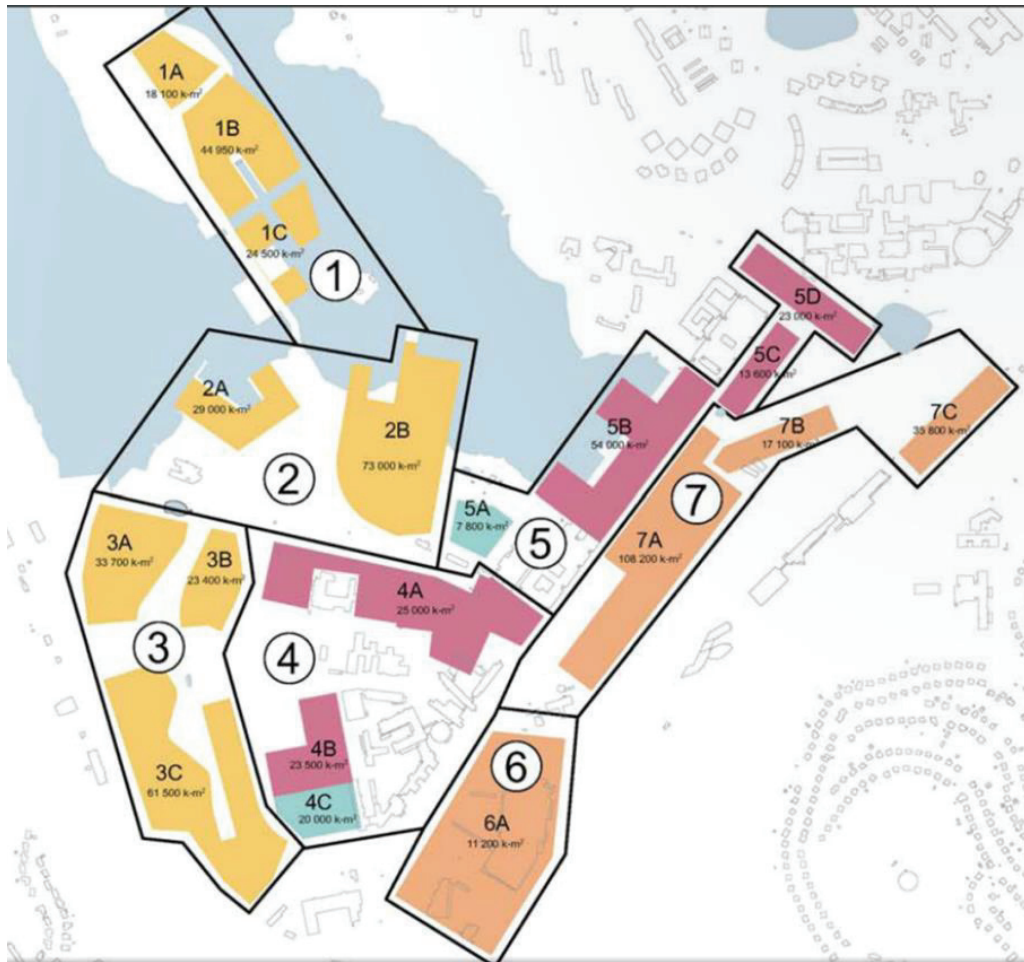
Geoenergian potentiaaliluokan vaikutus geoenergiajärjestelmän mitoitukseen ja porauskustannuksiin laskettiin myös nykymääräysten mukaisilla rakennusten energiatehokkuusvaatimuksilla, tulokset on esitetty liitteessä 6.

4 Geoenergiaa täydentävät energijärjestelmät

4.1 Maankäyttö ja ympäröivät alueet

Alueen energiantarvelaskelmat pohjautuvat arkkitehtitoimisto Tengbom-Erkisson Arkkitehdit Oyn laatimaan maankäytön yleissuunnitelmaan, jossa alueelle on kaavailtu uutta rakennuskantaa 655 800 k-m², 7500 asukasta ja 4000-5000 uutta työpaikkaa. Uudet kiinteistöt sijoittuisivat kartalle kuvan 13 mukaisesti. Kuvan mukaista aluejakonumerointia on käytetty seuraavissa energiataselaskelmissa.

14.11.2016

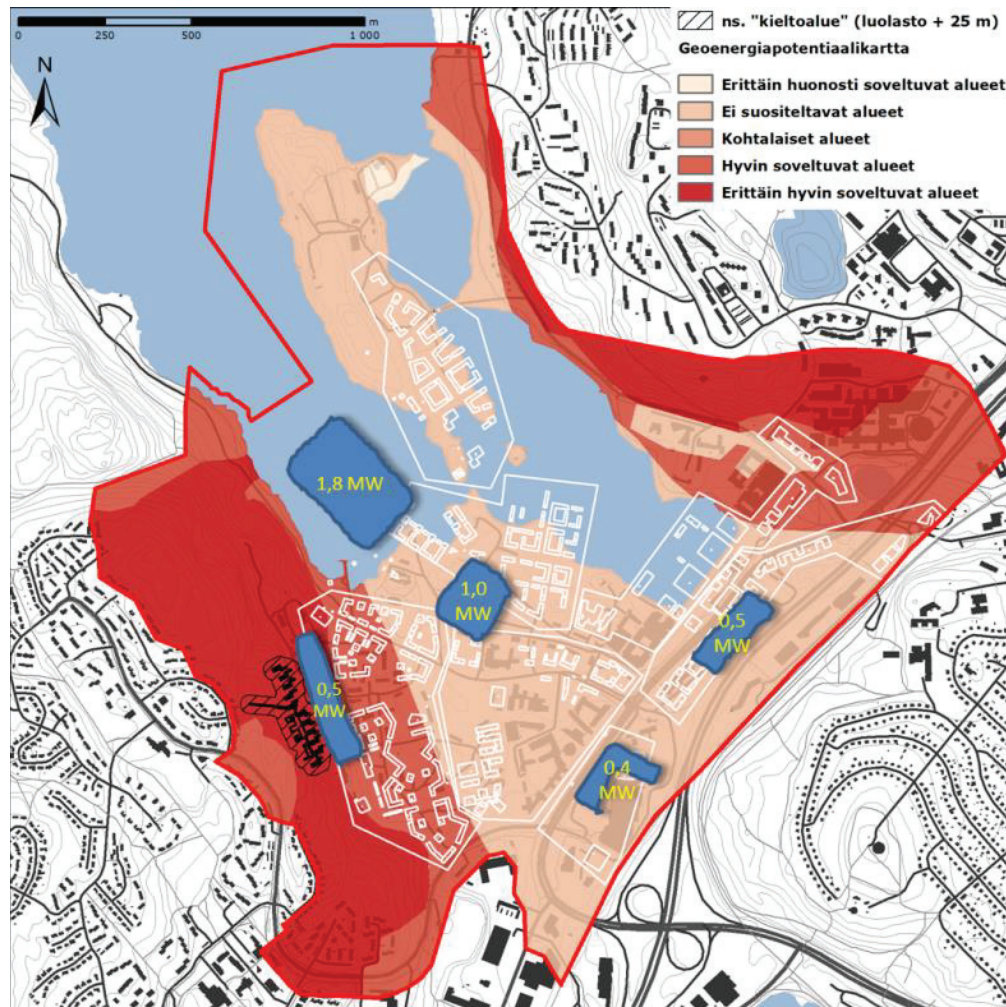


Kuva 13. Uusien kiinteistöjen sijoittuminen alueelle (Lähde: Tengbom-Erkisson maankäytön yleissuunnitelma).

Tiiviisti rakennettavassa ympäristössä geenergian toteuttaminen on kustannustehokkaampaa keskittämällä lämmön/jäähdytyksen keruupiirit laajemmiksi energiakaivokentiksi palvelemaan isompia kiinteistökokonaisuuksia ja rakentamalla alueelle matalalämpötilaverkko. Matalalämpötilaverkossa korkeimmat lämpötilatasot ovat alle 80 °C, kun kaukolämpöverkossa on vastaavasti yli 110 °C.

Savilahden alueelle voitaisiin ajatella kuvan 14 kartassa sinisellä värillä kuvattuja alueita. Kaivokenttien sijoittelussa joudutaan geenergiapotentiaalin lisäksi huomioimaan maankäytön suunnitelmat, maaston pinnanmuodot ja jo rakennettu yhdyskuntatekniikka. Kaivokenttien kokoa arvioitaessa on huomioitu potentiaaliluokan vaikutus sekä kaivojen väliseksi etäisyydeksi 15 metriä ja kaivosyvyydeksi 200 metriä. Vesistökeruupiirissä putkistoväli 2 metriä ja asennussyvyys yli 3 metriä.

14.11.2016



Kuva 14. Keskitetyt energiakaivokentät ja vesistökeruupiiri.

Energiakaivojen ryhmittely kaivokentiksi ei rajoita maankäyttöä, mutta kaivojen poraaminen sekä siirtoputkiston ja kokoojakaivojen sijoittelu pitää huomioida rakennustöiden vaiheistuksessa. Porakaivot suljetaan painekokeiden jälkeen eikä niille tarvitse järjestää huoltopäsyä. Esimerkiksi SOKn Sipoon logistiikkakeskuksessa porakaivoille on pääsy (kaivonkannet terminaalin lattiatasossa), mutta Uumajassa Norlannin yliopistollisen sairaalan porakaivot on jätetty sairaalarakennuksen alle eikä niille ole pääsyä. Kokoojakaivoille pitää olla pääsy. Kokoojakaivot voidaan sijoittaa esimerkiksi pysäköintitalojen pohjakerrokseen, kellarikerrokseen, ryömintätiloihin tai katutasoon.

Fingridin voimajohtolinjan alue on hyödynnettävissä, mutta alueen käyttö edellyttää tiettyjen suojaetäisyyksien huomioimista. Minimietäisyys voimajohtoihin tulee olla aina vähintään 3 metriä. Lisäksi Fingrid tekee erityisen turvallisuustarkastelun, mikäli kaivokentän rakenteissa käytetään metallia (esim. suojaputket), vaikkakin rakenteet jäisivät maan alle.

Etäisyydet ehdotettujen energiakaivokenttien välillä ovat sen verran suuret, että käytännössä alueelle pitäisi rakentaa kaksi lämpöpumppulaitosta syöttämään alueen matalalämpötilaverkkoa.

14.11.2016

Kaikkien energiakaivokenttien rakentaminen edellyttää tarkemmat pohjatutkimukset ja olemassa olevan maanalaisen yhdyskuntatekniikan rajoitusten selvittämisen sekä maanomistajien luvan.

Alueella on paljon rakennuksia, jotka on tällä hetkellä liitetty kaukolämpöön. Kaukolämpö on jatkossakin näille rakennuksille paras lämmitysratkaisu, mutta näiden kiinteistöjen jäädytyksen lauhdelämpöjen kierrätys ja mahdollinen hyödyntäminen uudisrakennusten matalalämpötilaverkossa tulisi selvittää. Mittavia kierrätyslämmön tuotantopisteitä ovat erityisesti Technopolis, Prisma, Itä-Suomen yliopiston ja Suomen Yliopistokiinteistöt Oyn kiinteistöt, Kuopion yliopistollinen sairaala ja Harjulan sairaala.

Savilahden alueen geoenergian hyödynnettävyyteen ja maankäyttöön liittyy useita sidosryhmiä eri rooleissa:

- kaavoitus ja luvittaminen: Kuopion kaupunki
- maanomistus: Kuopion kaupunki, Senaatti-kiinteistöt Oy, Suomen Yliopistokiinteistöt Oy, kiinteistöosakeyhtiöitä, yksityisiä maanomistajia
- yhdyskuntarakentaminen: Kuopion kaupunki, Kuopion Energia Oy, Kuopion Vesi, yksityiset palveluntuottajat
- rakentaminen: rakennusyhtiöt, yksityiset palveluntuottajat

Alueen energiarakentamisen näkökulmasta keskeisessä roolissa ovat suurimmat maanomistajat, Kuopion Energia Oy ja rakennusyhtiöt. Yhteinen sitoutuminen uusiutuvien energioiden potentiaalin hyödyntämiseksi tulee löytää maankäyttösopimuksilla ja tontinluovutusehdoilla.

4.2 Kaukolämpö

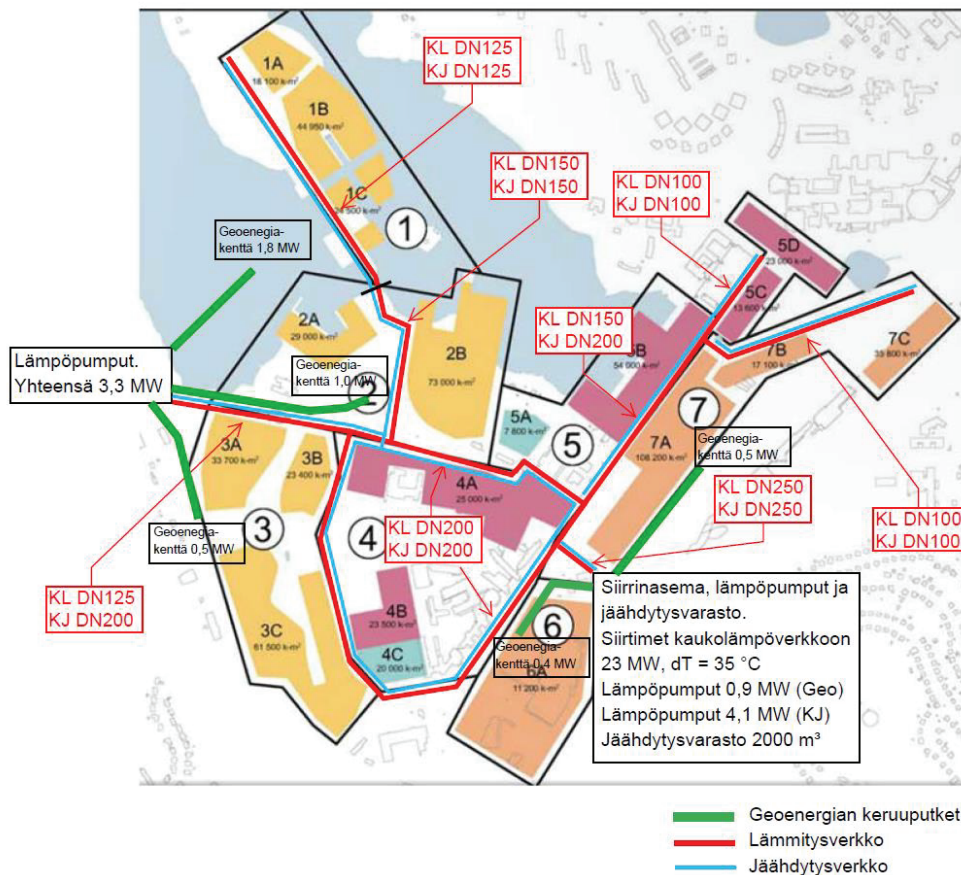
Kiinteistöjen lämmityksen (lämmitys ja lämminkäyttövesi) huipputehontarve on noin 23 MW (huipunkäyttöaika 2250 h). Neljästä suunnitellusta maalämmön keräyskentästä ja yhdestä vesistön keruupiiristä saadaan maksimissaan arviolta 4,2 MW lämpötehoa. Alueen täyttä lämmitystehoa ei näin ollen voida ottaa ainoastaan maaperästä/vesistöstä. Täydentävänä lämmitysenergiana voidaan käyttää kaukolämpöä. Alueella sijaitsee Kuopion Energian lämpökeskus. Lämpökeskuksen tontille voitaisiin sijoittaa kaukolämmön lämmönsiirtimet, joita käytettäisiin huipputehon ottamiseen kaukolämpöverkosta.

Geoenergiaa hyödyntävien lämpöpumppujen höyrystimiltä saadaan käytännössä vapaajäähdytystä. Jäähdytys voidaan hyödyntää alueen kaukojäähdytyksenä. Kaukojäähdytyksen puolesta puhuu, että sen uusi ehdotettu E-luvun laskennassa käytettävä kerroin on vain 0,28. Tämä edesauttaa uusien rakennusten pääsemistä "lähes nollaenergia"-rakentamiseen.

Jäähdytyksen huipputehontarve alueella on noin 6,2 MW (huipunkäyttöaika 800 h). Lämpöpumpuilta on mahdollisuus saada 2,8 MW huipputeho, joten jäähdytyksen järjestäminen vaatii jäähdytysenergian varastointijärjestelmän ja jäähdytyksen huippukuormalaitoksen.

Kuvassa 15 on karkea yleissuunnitelma alueen matalalämpötilaverkosta ja jäähdytysverkosta. Yleissuunnitelma on myös esitetty liitteessä 8.

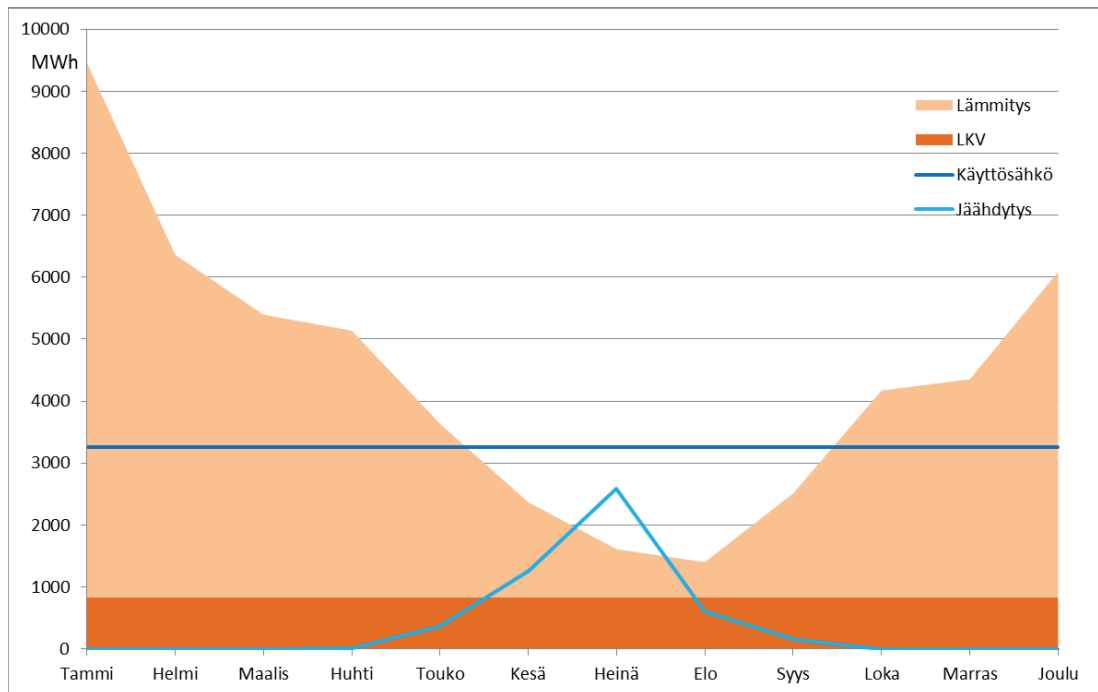
14.11.2016



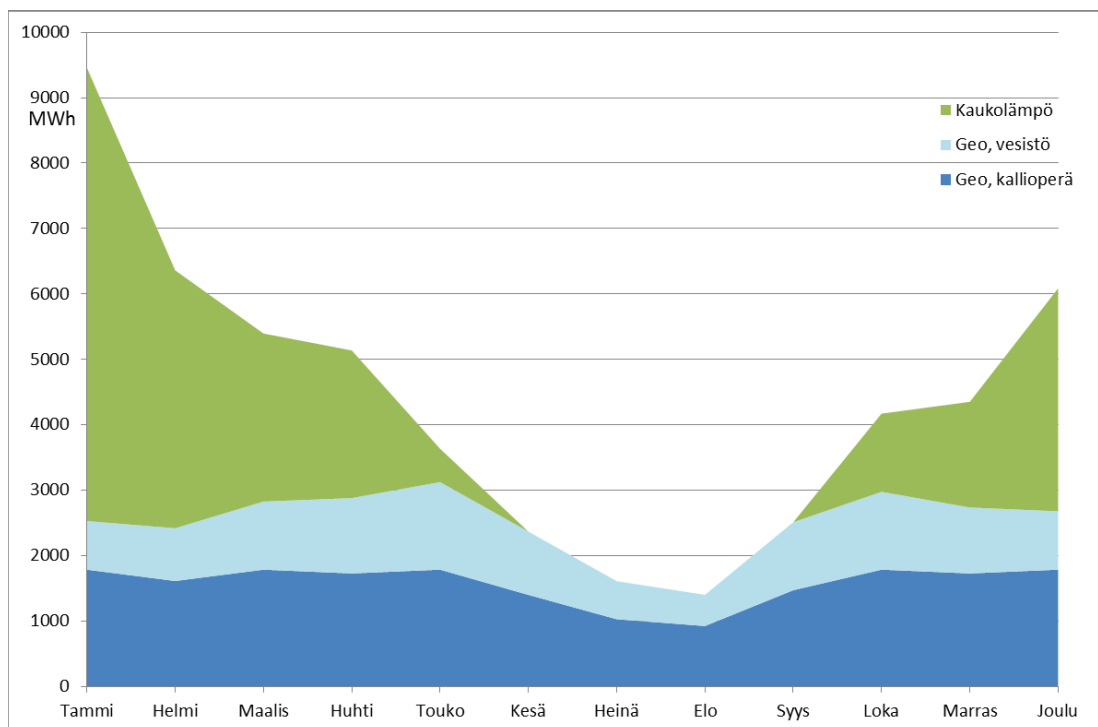
Kuva 15. Savilahden alueen matalalämpötilaverkko ja jäähdytysverkko.

Energiataselaskennan perusteella alueen uudisrakennusten arvioitu energian kulutuksen vuosiprofiili on esitetty kuvassa 16 ja lämmityksen energialähteet kuvassa 17. Vuositason kulutusprofiiliin määrittelyssä on hyödynnetty Järvenpään nollaenergiatalon kulutusjakaumaa (Järvenpään Mestariasunnot Oy, www.nollaenergia.fi). Vastaavanlainen nollaenergiakohde on myös Kuopiossa Kuopion Opiskelija-asunnot Oy:llä.

14.11.2016



Kuva 16. Savilahden uudisrakennusten energiankulutus.



Kuva 17. Savilahden uudisrakennusten lämmitysenergian lähteet.


14.11.2016

4.3 Aurinkoenergia

Uudistettavassa maankäyttö ja rakennuslaissa edellytetyjen 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. 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. Oheisessa taulukossa 8 on esitetty alueen uudisrakennusten kattoasennuksina toteutettujen aurinkokeräimien (lämpö) ja -paneelien (sähkö) tuotantopotentiaali. Tuotantopotentiaalin arvioinnissa on oletettu, että auringon säteilyenergia vaakatasolle on 900 kWh/m²/a, keräimet ja paneelit on asennettu tasakatoille 15 asteen kulmaan, atsimuuttisuuntaus (poikkeama etelästä) on välillä -30...30 astetta. Näillä oletuksilla lämpöenergiaa saadaan 400 kWh/m²/a ja sähköenergiaa 120 kWh/m²/a. Huomioitava on, että aurinkolämmön ja -sähkön tuotantopotentiaalit ovat laskettu samoille efektiivisille pinta-aloille. Näin ollen ne eivät ole yhtä aikaa voimassa. Toteutusvaiheen suunnittelussa keräimet ja paneelit on mitoitettava huomioiden mahdollisuus sijoittaa molempia katoille kiinteistön sähkön ja lämmön tarve huomioiden.

Taulukko 8. Aurinkoenergian tuotantopotentiaali.

Alue	Kattopinta- ala m ²	Säteilyenergia MWh	Aurinkolämpö MWh	Aurinkosähkö MWh
1	21744	19570	2227	835
2	24634	22171	2523	946
3	39530	35577	4048	1518
4	23528	21175	2409	903
5	35734	32159	3659	1372
6	11346	10211	1162	436
7	25044	22541	2565	962
Yhteensä	181560	163403,1	18592	6972



Aurinkolämmön hyödyntämiseen vaikuttaa kesäaikana syntyvä jäähdytyksen lauhdelämpö. Kierrätettävää jäähdytyslämpöä syntyy niin paljon, että aurinkolämpöinvestoinneille ei välttämättä löydy kannattavuutta. Lisäksi aurinkolämpö edellyttää kiinteistökohtaisten tai alueellisen puskurivaraston rakentamista.

Aurinkosähkön vaikutusta ja merkitystä kiinteistöjen energiatehokkuuteen ja laskennalliseen E-lukuun on kuvattu taulukossa 9. Taulukkoon on laskettu maankäytön yleissuunnitelman mukaisella aluejaolla kiinteistöjen laskennallinen E-luku kahdessa skenaariossa: alueen kiinteistöjen lämmitys hoidetaan kaukolämmöllä ja jäähdytys kaukojäähdytyksellä tai vaihtoehtoisesti alueen kiinteistöjen lämmitys ja jäähdytys hoidetaan geenergialla. Geenergiaskenaariossa kaikki ostoenergia olisi sähköä. Molempien vaihtoehtojen perusskenaariossa ei ole omaa energiantuotantoa vähentämässä ostoenergian tarvetta. Vaihtoehtojen vertailuskenaariossa aurinkosähköä tuotetaan maksimaalinen määrä, jonka arvioitu asennuskelpoinen kattopinta-ala mahdollistaa. Laskennassa käytetyillä uudisrakennusten lämpöindekseillä ja arvioiduilla sähkön kulutuksilla ei perusskenaarioissa tulisi pääsemään

14.11.2016

vaadittuihin E-lukuihin, joskin geoenergiaskenaariossa ollaan hyvin lähellä. Taulukko 9 kuvaa, kuinka kiinteistöissä tuotettu aurinkosähkö muuttaa tilannetta siten, että lähes kaikki kiinteistökokonaisuudet alittavat ehdolla olevat uudet E-luvut geoenergiaskenaariossa. Laskennalliset E-luvut tulevat asettumaan näiden kahden skenaarion väliin siinä suhteessa kuin alueella tuotetaan geoenergiaa ja käytetään kaukolämpöä ja -jäähdytystä. Tulkinnanvarainen kysymys on, luetaanko matalalämpötilaverkon geoenergia (lämpö ja jäähdytys) kaukolämmöksi ja kaukojäähdytykseksi. Lisäksi laskennallisiin E-lukuihin tulee vaikuttamaan oleellisesti kiinteistöjen toteutettavat rakenteelliset energiatehokkuustoimenpiteet. Skenaarioihin liittyvät laskentataulukot ovat liitteessä 7.

14.11.2016

Taulukko 9. Aurinkosähkön vaikutus kiinteistöjen E-lukuun.

E-luku vertailu: kaukolämmitys/kaukojäähdytys vs. geoenergia				Kaukolämpö ja -jäähdytys		Geoenergia	
Alue	Kerrosala m ²	Käyttötarkoitus	E-luku raja kWh _E /m ²	Ei aurinko- sähköä	Aurinko- sähkö	Ei aurinko- sähköä	Aurinko- sähkö
				E-luku laskettu kWh _E /m ²	E-luku laskettu kWh _E /m ³	E-luku laskettu kWh _E /m ⁴	E-luku laskettu kWh _E /m ⁵
1A	18100	asuinrakennukset	90	105	96	92	83
1B	44950	asuinrakennukset	90	105	93	92	80
1C	24500	asuinrakennukset	90	105	95	92	82
2A	1450	toimistorakennukset	100	128	116	113	101
2A	1450	opetusrakennukset	100	121	108	100	88
2A	26100	asuinrakennukset	90	105	93	92	80
2B	3650	toimistorakennukset	100	128	117	113	102
2B	3650	opetusrakennukset	100	121	110	100	90
2B	65700	asuinrakennukset	90	105	95	92	82
3A	33700	asuinrakennukset	90	105	90	92	77
3B	23400	asuinrakennukset	90	105	94	92	81
3C	61500	asuinrakennukset	90	105	89	92	76
4A	25000	opetusrakennukset	100	121	103	100	83
4B	23500	opetusrakennukset	100	121	102	100	82
4C	20000	opetusrakennukset	100	121	111	100	91
5A	3120	toimistorakennukset	100	128	104	113	89
5A	3510	opetusrakennukset	100	121	97	100	77
5A	1170	asuinrakennukset	90	105	82	92	69
5B	21600	toimistorakennukset	100	128	111	113	96
5B	24300	opetusrakennukset	100	121	104	100	84
5B	8100	asuinrakennukset	90	105	88	92	75
5C	5440	toimistorakennukset	100	128	108	113	93
5C	6120	opetusrakennukset	100	121	100	100	80
5C	2040	asuinrakennukset	90	105	85	92	72
5D	9200	toimistorakennukset	100	128	116	113	101
5D	10350	opetusrakennukset	100	121	109	100	89
5D	3450	asuinrakennukset	90	105	93	92	80
6A	11200	liikerakennukset	135	134	88	127	80
7A	97380	toimistorakennukset	100	128	122	113	107
7A	10820	asuinrakennukset	90	105	99	92	86
7B	15390	toimistorakennukset	100	128	114	113	99
7B	1710	asuinrakennukset	90	105	91	92	78
7C	32220	toimistorakennukset	100	128	122	113	107
7C	3580	asuinrakennukset	90	105	99	92	86

5 Energian varastointi ja kierrätys

Kesäaikaan alueen lämmitystehon tarve (vain lämmin käyttövesi) on keskimäärin 2,3 MW. Lämpöpumppujen tuottaessa jäähdytystä alueen tarpeeseen syntyy 1,9 MW ylimääräistä lämpöä. Kesätilanteessa ylimääräinen lämpö voidaan varastoida takaisin energiakaivoihin, jolloin myös varmistetaan energiakaivojen toiminta pitkällä aikajänteellä eikä synny jäätymisvaaraa.

14.11.2016

Jäähdytysenergiaa varten tulee rakentaa huipputehontarpeen ja huipputuotannon tilanteen tasoittava varasto. Tämä on hyvä sijoittaa mahdollisimman kauaksi jäähdytyksen päätuotantolaitoksesta ja lähelle kulutushuippua. Tällöin voidaan minimoida investointikustannuksen verkkoinfraan. Optimaalinen paikka jäähdytysvarastolle olisi sama lämpökeskustontti, johon tulisi kaukolämpösiirtimet. Jäähdytysvaraston kooksi tulisi 2000 m³, johon jäähdytysenergiaa voidaan varastoida 18,7 MWh. Tästä riittää tehoa kattamaan tehopiikin ja lämpöpumpuilta saatavan tehontarpeen erotus kulutuksen huipputunteina.

Kaukojäähdytyksestä syntyvä hukkalämpö voitaisiin hyödyntää lämpöpumppujen avulla kaukolämmön tuotantoon Kuopion Energian kaukolämpöverkostossa. Täten itse rakennukset toimisivat aurinko/hukkalämpö -keräiminä. Tästä tulisi merkittävä osa kaukolämmön pohjatehosta kesäaikaan Kuopion kaukolämpöverkossa.

6 Suosituksia alueen eri toimijoille ja lisäselvitystarpeet

Oleellista alueen geoenergian toteutumisen kannalta 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 maankäyttösopimuksiin ja tontinluovutusehtoihin.

Tiiviisti rakennettavalla alueella geoenergian 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 kaivoporauksia tai niiden jälkeen.
- geoenergiajärjestelmien kokoojakaivoille tehdään tilavaraus

Selvityksessä on ehdotettu alueelle rakennettavaksi matalalämpötilaverkko, joka soveltuu hyvin uusien rakentamismääräysten mukaan rakennettujen kiinteistöjen lämmöntarpeisiin. Matalalämpötilaverkon lämmön lähteinä toimisivat energiakaivokentät, vesistökeruupiiri sekä kaukolämpö lämmönsiirtimen kautta. Ehdotetut energiakaivokentät ovat sijainniltaan ja kooltaan alustava näkemys toteutustavasta. Kenttien koko ja sijainti voidaan sovittaa alueen muu yhdyskuntatekniikka ja rakentaminen huomioiden. Matalalämpötilaverkkoon lämpöä syöttäville lämpöpumppulaitoksille tulee tehdä tilavaraus.

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. Luonnollinen toimija olisi alueella muutoinkin toimiva Kuopion Energia Oy. Suositeltavaa olisi pitää neuvoa antava kokous, jossa käsiteltäisiin yhdessä kaavoittajan, Kuopion Energian ja suurempien rakennusyhtiöiden kesken geoenergiaan liittyviä näkökulmia, odotusarvoja sekä järjestelmien toteuttamiseen liittyviä ehtoja.

14.11.2016

Ellei alueelle rakenneta geenergiaa hyödyntävää matalalämpötilaverkkoa, niin parhaaseen potentiaaliluokkaan kuuluville alueille, erityisesti Neulamäen itäpuolella ja sairaala-alueen pohjoispuolella, tulee varata mahdollisuus lämmityksen ja jäähdytyksen toteuttamiseen geenergialla. Esimerkiksi selvityksessä tyyppikiinteistönä käytetty asuinkerrostalo (5100 k-m²) tarvitsee maapinta-alaa energiakaivokentälle noin 50 x 50 metriä, kun kaivosyvyys on 200 metriä. Syvempiä kaivoja käytettäessä kaivojen määrä vähenee ja vastaavasti myös tarvittava maa-pinta-ala. Kiinteistökohtainen ratkaisu on toteutettavissa tontin rajojen sisällä, kun energiakaivokenttä tehdään osittain tai kokonaan rakennuksen alle.

Jatkoselvityksissä tulee erityisesti kiinnittää huomiota kiinteistöjen jäähdytystarpeen tarkempaan mitoittamiseen, jäähdytyslämpöjen hyödyntämismahdollisuuksien arviointiin sekä matalalämpötilaverkossa että kaukolämmön tuotannossa. Samassa yhteydessä on syytä selvittää, miten olemassa olevien rakennusten jäähdytys toteutetaan siten, että jäähdytyslämmöt saadaan hyödynnettyä.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Mahdollisuus hyödyntää geenergiaa riippuu voimakkaasti maakerroksen paksuudesta, kallioperän ominaisuuksista ja sijaitseeko alue pohjavesialueella. Mitä paksumpi maapeite on, sitä kalliimpaa on energiakaivon tai -kaivokentän poraus. Kallioperän ominaisuuksilla, kuten lämmönjohtavuudella on suora yhteys energiakaivon energian tuottoon ja -tehoon / metri. Alueellisen kallioperän ominaisuudet vaikuttavat siten geenergian elinkaarikustannuksiin ja samalla koko menetelmän kannattavuuteen.

Tässä selvitystyössä Savilahden alueelle laaditun geenergiapotentiaalikartan perusteella alueen pinta-alasta vähän yli puolet kuuluu luokkaan ei suositeltava alue. Toisaalta lähes puolet pinta-alasta kuuluu luokkaan hyvin tai erittäin hyvin soveltuva alue. Ei suositeltava alue ei estä geenergian toteuttamista, mutta järjestelmien investointikustannukset tulevat korkeammiksi kuin hyvin soveltuvilla alueilla. Geenergian hyödynnettävyyden kannalta hyvin soveltuvien alueiden maaston pinnanmuodot ovat mäkisyyden vuoksi haastavia.

Alueella on vain vähäisessä määrin geenergian käyttöä rajoittavia tekijöitä. Jo rakennettu maanalainen yhdyskuntatekniikka tulee huomioida. Alueella on jonkin verran PIMA-alueita, mutta niillä ei ole geenergiakaivojen porausta rajoittavaa vaikutusta. Ehdottomia kieltoalueita ovat Neulamäen luolaston yläpuolinen alue.

Selvitystyössä hyödynnetyn maankäytön yleissuunnitelman perusteella uudisrakennusten lämmitys- ja jäähdytystarpeen kattaminen pelkästään geenergiaa hyödyntäen olisi hyvin haastavaa. Energiakaivojen syvyydestä riippuen, maapinta-alaa tarvittaisiin kaikkiaan 50 – 70 hehtaaria. Tämä olisi noin 17 - 25 % koko Savilahden alueen maapinta-alasta. Tiivisrakentaminen vaikeuttaa kiinteistökohtaisten energiakaivojen sijoittelua kustannustehokkaasti. Toteuttamiskelpoisena ratkaisuna tämän selvityksen perusteella suosittelemme alueelle rakennettavaksi uudisrakennuksia varten matalalämpötilaverkko, jonka hyödyntää sekä geenergiaa että kaukolämpöä. Energiakaivot voidaan sijoitella energiakaivokentiksi ja lämpöpumput keskittää suuremmiksi yksiköiksi. Geenergian osuus uudisrakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiasta voisi olla jopa 50% vuositasona. Kaukolämmölle jää joka tapauksessa merkittävä rooli alueen lämmitysratkaisuissa. Alueella jo olevat rakennukset jäisivät varsinaisen

14.11.2016

kaukolämpöverkon piiriin ja uudisrakennuksia varten rakennettava matalalämpötilaverkko hyödyntäisi kaukolämpöä lämmönsiirtimen kautta.

Uudistuvaan maankäyttö ja rakennuslakiin liittyvät rakennusten energiatehokkuusvaatimukset ohjaavat kiinteistöjen energiankulutusta vähäisemmäksi. Oletettavaa on kuitenkin, että E-lukuvaatimukseen pääseminen edellyttää rakennusteknisten ratkaisujen lisäksi myös kiinteistöissä tapahtuvaa energiantuotantoa. Selvityksen perusteella E-lukuvaatimukset ovat täytettävissä hybridiratkaisulla, jossa geoenergian ja kaukolämmön yhteiskäyttöjärjestelmää täydennetään kiinteistöissä tapahtuvalla aurinkosähkön tuotannolla.

14.11.2016

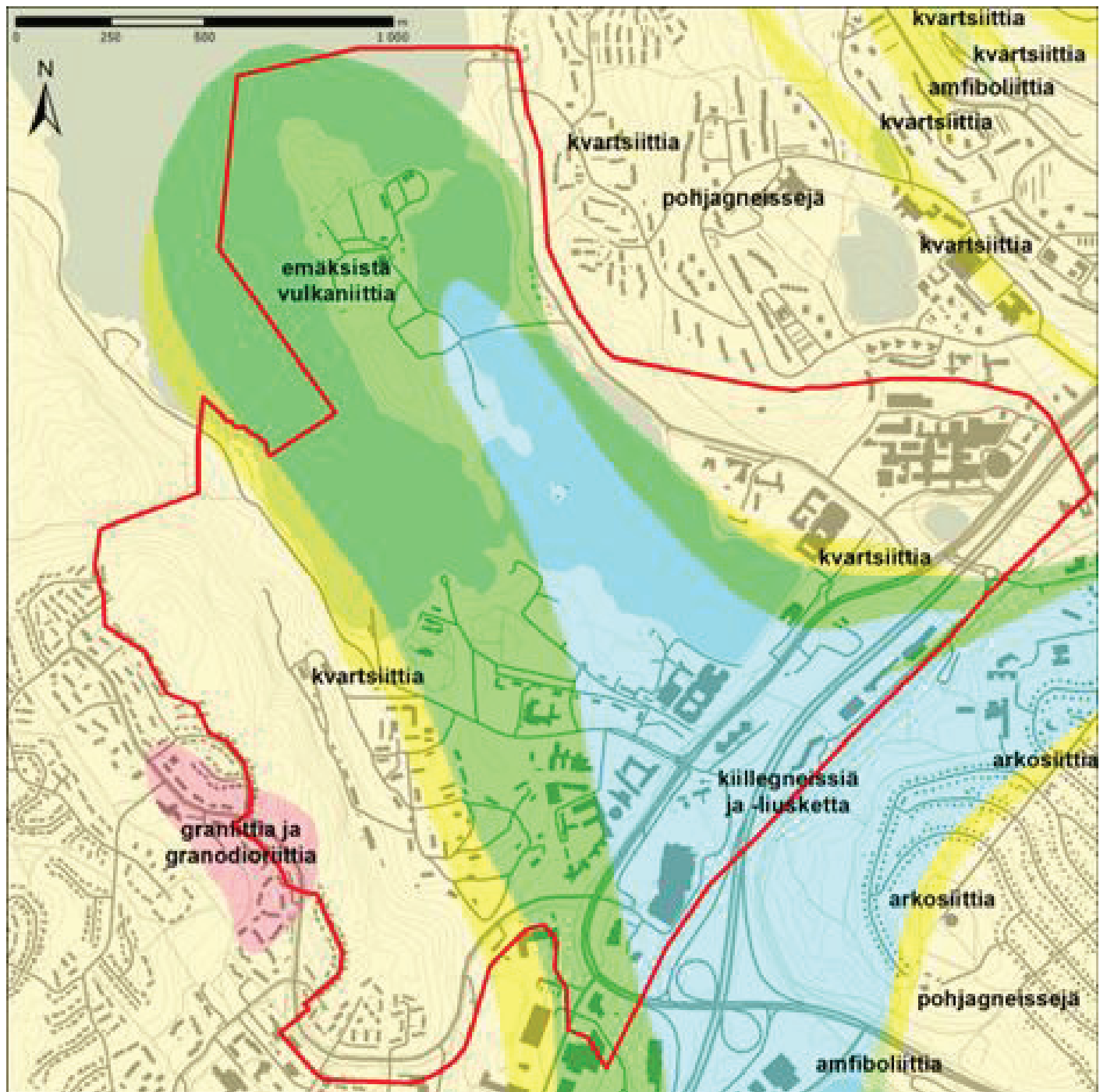
8 Kirjallisuus ja lähteet

- Breilin, O. Huusko, A. Martinkauppi, A. Putkinen N. ja Wik, H. Geologian tutkimuskeskus, Länsi-Suomen yksikkö. 2013. Oulun Geoenergiaalipotentialin selvitys.
- Energiateollisuus, Kaukolämmön käyttöraportti 18.9.2013
- Fingrid, Max Isaksson. Suojaetäisyydet voimajohtoihin, puhelinkeskustelu Isaksson/Vinnamo.
- Geologian tutkimuskeskuksen nettisivut:
<http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/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.
- Järvenpään Mestariasunnot Oy, Järvenpään Jampan nollaenergia kerrostalo, www.nollaenergia.fi
- Kallio, J. 2012, GTK, Geoenergian hyödyntäminen lämmityksessä ja jäähdytyksessä, esityskalvosarja 12.9.2012
- Leppäharju, N. 2008. Kalliolämmön hyödyntämiseen vaikuttavat geofysikaaliset ja geologiset tekijät
- Lukkarinen, H. 2002. Kuopio. Suomen geologinen kartta 1:100 000, kallioperäkartta, lehti 3242. Geologian tutkimuskeskus.
- Lukkarinen, H. 2008. Siilinjärven ja Kuopion kartta-alueiden kallioperä. Kallioperäkarttojen selitykset. Lehdet 3331 ja 3242. 1:100 000. Geologian tutkimuskeskus.
- Motiva, Palvelusektorin ominaiskulutuksia 2009-2014
- Peltoniemi, S. ja Kukkonen, I. Geologian tutkimuskeskus, Geofysiikan osasto. 1995. Kivilajien lämmönjohtavuus Suomessa: Yhteenveto mittauksista 1964 – 1994.
- Tengbom-Eriksson Arkkitehdit Oy, Savilahti-projekti, Maankäytön yleissuunnitelma 23.10.2015

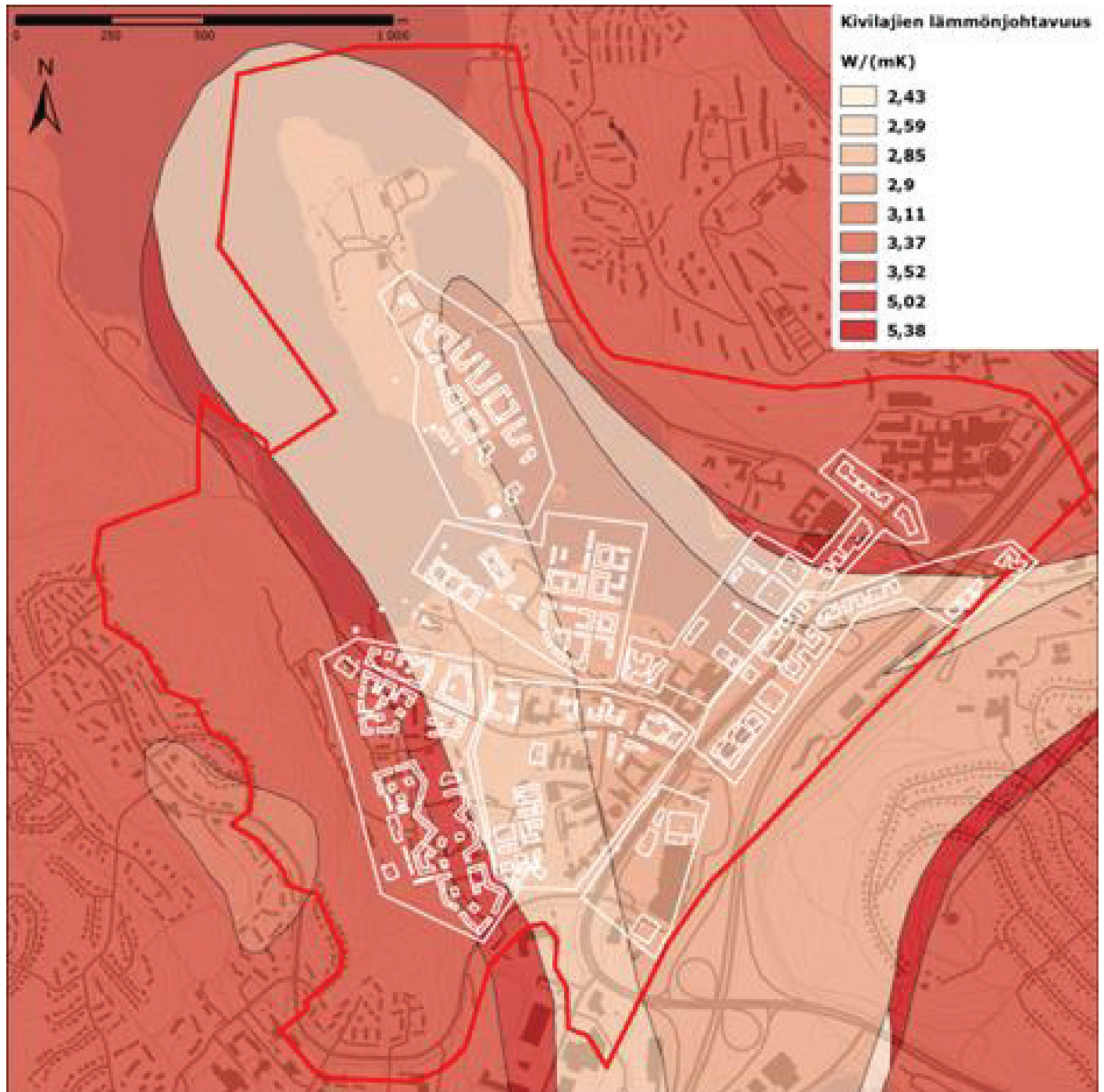
Savilahden alueen maanpeitteen paksuustulkinta



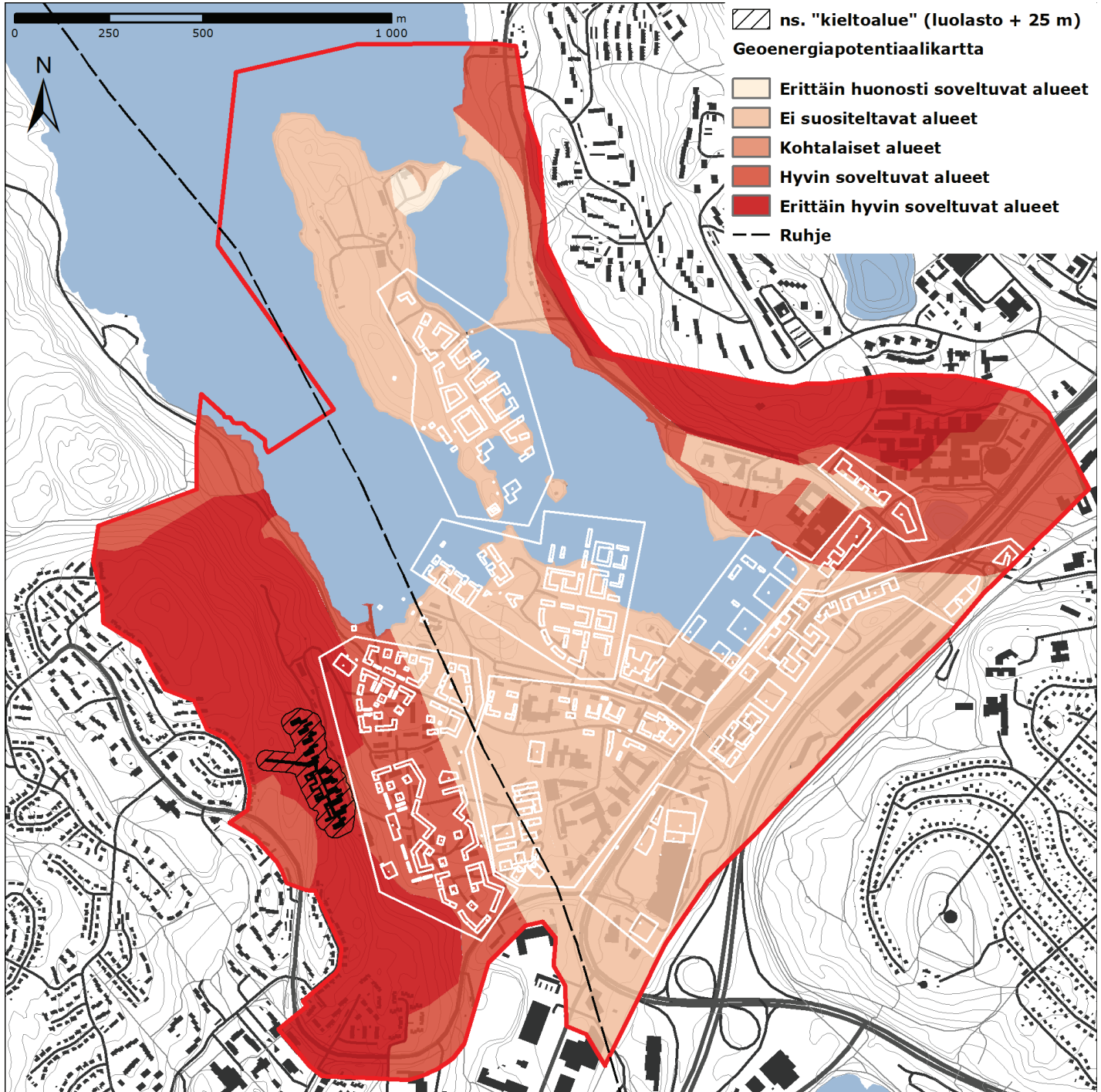
Savilahden alueen kallioperän kivilajit



Savilahden alueen kallioperän kivilajien lämmönjohtavuus



Savilahden alueen geoenergiapotentialikartta



Kuopio, Savilahti
Geoenergiapotentiaaliselvitys
Laskennassa käytetyt lähtöarvot

Parametri	Arvo	Yksikkö
Mitoittava ulkolämpötila	-32	°C
Vuoden keskilämpötila	3,2	°C
Kiinteistöjen energiatehokkuus		
E-lukulaskennassa käytetyt ostoenergian kertoimet		
sähkö	1,20	
kaukolämpö	0,50	
kaukojäähdytys	0,28	
fossiiliset polttoaineet	1,00	
E-luvut		
rivitalo ja enintään 2-kerroksinen asuinkerrostalo	105	kWh _E /m ² a
vähintään kolmikerroksinen asuinkerrostalo	90	kWh _E /m ² a
toimistorakennus	100	kWh _E /m ² a
opetusrakennus	100	kWh _E /m ² a
liikerakennus	135	kWh _E /m ² a
Kiinteistöjen lämpöindeksit (lämmitys ja lämmin käyttövesi)		
rivi- ja ketjutalo i)	28,9	kWh/r-m ³
asuinkerrostalo i)	21,8	kWh/r-m ³
toimistorakennus ii)	22,0	kWh/r-m ³
opetusrakennus ii)	26,1	kWh/r-m ³
liikerakennus ii)	14,7	kWh/r-m ³
Kiinteistöjen kerroskorkeudet		
asuinrakennus	3,0	m
toimistorakennus	3,5	m
liikerakennus	3,5	m
Geoenergia		
Energiakaivon aktiivisyvyys	200	m
Energiakaivojen välinen etäisyys	15	m
Vesistökeruupiirin asennussyvyys	>3	m
Vesistökeruupiirin putkiväli	2	m
COP-kertoimet		
lämmitys (matalalämpötilaratkaisut, lattialämmitys)	3,5	
lämmin käyttövesi	4,0	
jäähdytys	4,5	
Aurinkoenergia		
Auringon säteilyenergia vaakapintatasolle	900	kWh/m ² a
Aurinkopaneelien asennuskulma, astetta	15	°
Aurinkokeräimien asennuskulma, astetta	40	°
Aurinkopaneelien ja -keräimien suuntaus, atsimuuttikulman poikkeama etelästä	-30...30	°
Aurinkopaneeleilla keskimäärin tuotettava energia	120	kWh/m ² a
Aurinkokeräimillä keskimäärin tuotettava energia	400	kWh/m ² a

i) Energiateollisuus, 2020- lämmitysenergian tarve oletettu putoavan 15% nykymääräyksillä rakennettujen kiinteistöjen kulutuksesta

ii) Motiva palvelusektorin ominaiskulutuksia 2009-2014, käytetty alakvartaalilukemaa, jonka oletettu putoavan 15% uusien rakentamismääräysten myötä

ii) ja i) Lämpimän käyttöveden kulutus, Motiva, oletusarvona, ettei lämpimän käyttöveden kulutus muutu rakentamismääräysten muuttuessa

Tyypikiinteistöt

Nykyisten rakentamismääräysten mukaan Lämmitystehosta noin 60% katetaan pumpuilla, loput sähkövastuksilla

2016		Rivitalo		Asuinkerrostalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	900		5100		8800	
Asukkaita	lkm	21		110			
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	92		459		792	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5
energiapeitto	%	99	99	98	98	99	99
tehopeitto	%	69	69	68	68	69	69
Lämpöpumppu		NIBE F1345-24	NIBE F1345-24	2xNIBE F1345-60	2xNIBE F1345-60	4xNIBE F1345-60	4xNIBE F1345-60
Energian otto	kWh/m	82	93	81	93	72	83
Tehon otto	W/m	21	24	22	25	23	26
Aktiivinen porausvyvyys *)	m	823	721	4273	3738	8496	7437
Kaivojen lkm (á 200 m)	kpl	5	4	22	19	43	38
Kaivon kokonaissyvyys	m	225	210	225	210	225	210
Poraus kustannukset	€	39250	26300	172700	124925	337550	249850
Luokan 2 ja 5 kustannusero	€	12950		47775		87700	

*) NIBE DIM -mitoitusohjelman laskema aktiivisyvyys

Vuoden keskimääräinen ulkolämpötila 3 C

Lämmityksen mitoitus ulkolämpötila -32 C

Lämpimän käyttöveden kulutus 50 l/henkilö/vrk

Tyypikiinteistöt

Ehdotettujen uusien energiatehokkuusvaatimusten mukaan Kaikki lämpöenergia tuotetaan pumpuilla

2020 -

		Rivitalo		Asuinkerrostalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	900		5100		8800	
Asukkaita	lkm	21		110			
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	78		390		678	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5
energiapeitto	%	100	100	100	100	100	100
tehopeitto	%	100	100	100	100	99	99
Lämpöpumppu		NIBE F1345-30	NIBE F1345-30	4xNIBE F1345-40	4xNIBE F1345-40	5xNIBE F1345-60	5xNIBE F1345-60
Energian otto	kWh/m	58	67	57	655	55	63
Tehon otto	W/m	24	27	25	28	25	28
Aktiivinen porausvyvyys *)	m	982	862	5307	4654	9686	8495
Kaivojen lkm (á 200 m)	kpl	5	5	27	24	49	43
Kaivon kokonaisvyvyys	m	225	210	225	210	225	210
Poraus kustannukset	€	39250	32875	211950	157800	384650	282725
Luokan 2 ja 5 kustannusero	€	6375		54150		101925	

*) NIBE DIM -mitoitusohjelman laskema aktiivisyvyys

Vuoden keskimääräinen ulkolämpötila 3 C

Lämmityksen mitoitus ulkolämpötila -32 C

Lämpimän käyttöveden kulutus 50 l/henkilö/vrk

Tyypikiinteistöt

**Ehdotettujen uusien energiatehokkuusvaatimusten mukaan
Lämmitystehosta noin 60% katetaan pumpuilla, loput sähkövastuksilla**

2020 -		Rivitalo		Asuinkerrostalo		Toimistorakennus	
Lämmitettävä kerrosala	m ²	900		5100		8800	
Asukkaita	lkm	21		110			
Kokonaislämmitysenergia	MWh/a	78		390		678	
Geoenergiapotentiaali		Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5	Luokka 2	Luokka 5
energiapetto	%	98	98	98	98	97	97
tehopeitto	%	63	63	68	68	59	59
Lämpöpumppu		NIBE F1145-17	NIBE F1145-17	3xNIBE F1345-30	3xNIBE F1345-30	3xNIBE FI345-60	3xNIBE FI345-60
Energian otto	kWh/m	89	102	84	96	79	90
Tehon otto	W/m	21	23	21	24	22	25
Aktiivinen porausvyvyys *)	m	628	550	3543	3100	6603	5777
Kaivojen lkm (á 200 m)	kpl	4	3	18	16	34	29
Kaivon kokonaissyvyys	m	225	210	225	210	225	210
Poraus kustannukset	€	31400	19725	141300	105200	266900	190675
Luokan 2 ja 5 kustannusero	€	11675		36100		76225	

*) NIBE DIM -mitoitushjelman laskema aktiivisyvyys

Vuoden keskimääräinen ulkolämpötila 3 C

Lämmityksen mitoitus ulkolämpötila -32 C

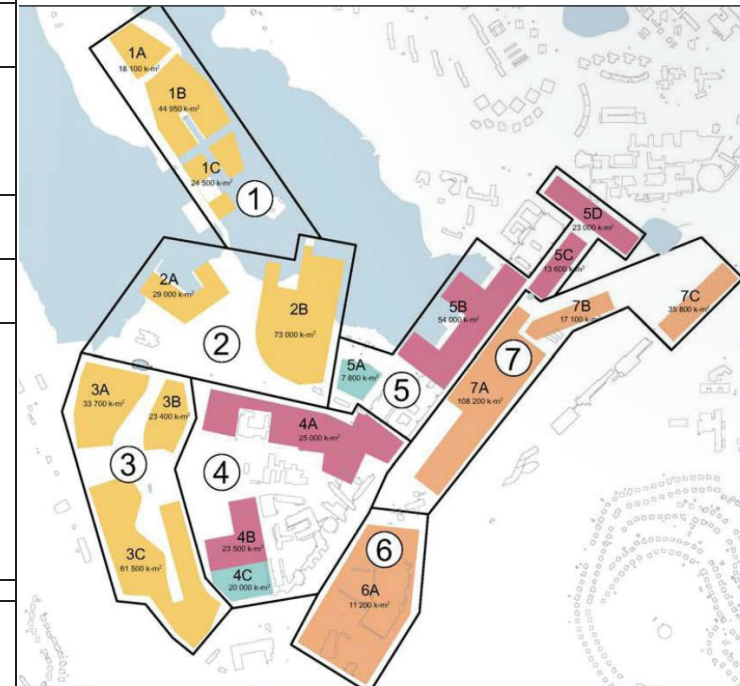
Lämpimän käyttöveden kulutus 50 l/henkilö/vrk

Savilahden alueen uudet kiinteistöt

Maan käytön yleissuunnitelma / Tengbom-Eriksson Arkkitehdit Oy

Lämmitys kaukolämmöllä ja jäähdytys kaukojäähdytyksellä, ei omaa energiantuotantoa

Alue	Kerrosala m ²	Käyttötarkoitus	E-luku raja kWh _e /m ²	E-luku laskettu kWh _e /m ²	Kokonais- ostoenergia kWh	Kaukolämpö		Kaukojäähd		Kattopinta m ²	Aurinko- sähkö kWh	Aurinko- sähkön osuus kulutuk- sesta	=aurinkosähkö on/off
						Lämmitys kWh	LKV kWh	Jäähdytys kWh	Käyttösähkö kWh				
1A	18100	asuinrakennukset	90	105	2472460	964368	420282	98826	988984	3814	0		
1B	44950	asuinrakennukset	90	105	6140170	2394936	1043739	245427	2456068	12395	0	0,0%	
1C	24500	asuinrakennukset	90	105	3346700	1305360	568890	133770	1338680	5536	0		
2A	1450	toimistorakennukset	100	128	230231	102718	8410	14051	105053	384	0		
2A	1450	opetusrakennukset	100	121	246196	137156	15196	15225	78619	384	0	0,0%	
2A	26100	asuinrakennukset	90	105	3565260	1390608	606042	142506	1426104	6917	0		
2B	3650	toimistorakennukset	100	128	579547	258566	21170	35369	264443	847	0		
2B	3650	opetusrakennukset	100	121	619734	345254	38252	38325	197903	847	0		
2B	65700	asuinrakennukset	90	105	8974620	3500496	1525554	358722	3589848	15255	0		
3A	33700	asuinrakennukset	90	105	4603420	1795536	782514	184002	1841368	11446	0		
3B	23400	asuinrakennukset	90	105	3196440	1246752	543348	127764	1278576	5951	0	0,0%	
3C	61500	asuinrakennukset	90	105	8400900	3276720	1428030	335790	3360360	22133	0		
4A	25000	opetusrakennukset	100	121	4244750	2364750	262000	262500	1355500	9700	0	0,0%	
4B	23500	opetusrakennukset	100	121	3990065	2222865	246280	246750	1274170	9632	0	0,0%	
4C	20000	opetusrakennukset	100	121	3395800	1891800	209600	210000	1084400	4196	0		
5A	3120	toimistorakennukset	100	128	495394	221021	18096	30233	226044	1608	0		
5A	3510	opetusrakennukset	100	121	595963	332011	36785	36855	190312	1809	0		
5A	1170	asuinrakennukset	90	105	159822	62338	27167	6388	63929	603	0		
5B	21600	toimistorakennukset	100	128	3429648	1530144	125280	209304	1564920	7928	0		
5B	24300	opetusrakennukset	100	121	4125897	2298537	254664	255150	1317546	8919	0		
5B	8100	asuinrakennukset	90	105	1106460	431568	188082	44226	442584	2973	0	0,0%	
5C	5440	toimistorakennukset	100	128	863763	385370	31552	52714	394128	2377	0		
5C	6120	opetusrakennukset	100	121	1039115	578891	64138	64260	331826	2674	0		
5C	2040	asuinrakennukset	90	105	278664	108691	47369	11138	111466	892	0		
5D	9200	toimistorakennukset	100	128	1460776	651728	53360	89148	666540	2380	0		
5D	10350	opetusrakennukset	100	121	1757327	979007	108468	108675	561177	2677	0		
5D	3450	asuinrakennukset	90	105	471270	183816	80109	18837	188508	892	0		
6A	11200	liikerakennukset	135	134	1605184	380464	42336	137088	1045296	11346	0	0,0%	
7A	97380	toimistorakennukset	100	128	15461996	6898399	564804	943612	7055181	13630	0		
7A	10820	asuinrakennukset	90	105	1478012	576490	251240	59077	591205	1514	0		
7B	15390	toimistorakennukset	100	128	2443624	1090228	89262	149129	1115006	4645	0	0,0%	
7B	1710	asuinrakennukset	90	105	233586	91109	39706	9337	93434	516	0		
7C	32220	toimistorakennukset	100	128	5115892	2282465	186876	312212	2334339	4266	0		
7C	3580	asuinrakennukset	90	105	489028	190742	83128	19547	195611	474	0		
	647350				96617712	42470901	10011729	5005956	39129127	181560	0		
						44%	10%	5%	40%		0%		

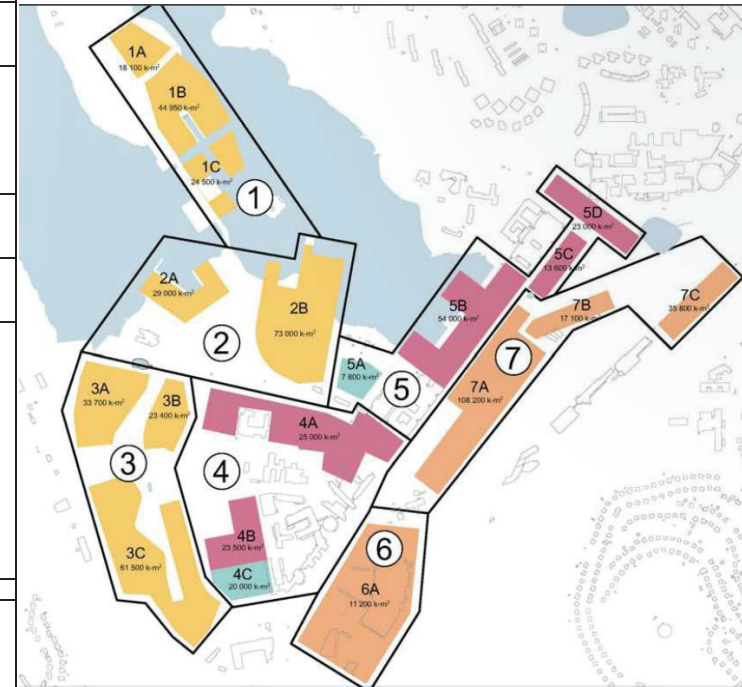


Savilahden alueen uudet kiinteistöt

Maan käytön yleissuunnitelma / Tengbom-Eriksson Arkkitehdit Oy

Lämmitys kaukolämmöllä ja jäähdytys kaukojäähdytyksellä, kiinteistöissä aurinkosähköntuotantoa

Alue	Kerrosala m ²	Käyttötarkoitus	E-luku raja kWh _E /m ²	E-luku laskettu kWh _E /m ²	Kokonais- ostoenergia kWh	Kaukolämpö		Kaukojäähd		Kattopinta m ²	Aurinko- sähkö kWh	=aurinkosähkö on/off	Aurinko- sähkön osuus kulutuk- sesta
						Lämmitys kWh	LKV kWh	Jäähdytys kWh	Käyttösähkö kWh				
1A	18100	asuinrakennukset	90	96	2326002	964368	420282	98826	988984	3814	146458		
1B	44950	asuinrakennukset	90	93	5664202	2394936	1043739	245427	2456068	12395	475968		17,5 %
1C	24500	asuinrakennukset	90	95	3134118	1305360	568890	133770	1338680	5536	212582		
2A	1450	toimistorakennukset	100	116	215485	102718	8410	14051	105053	384	14746		16,7 %
2A	1450	opetusrakennukset	100	108	231450	137156	15196	15225	78619	384	14746		
2A	26100	asuinrakennukset	90	93	3299647	1390608	606042	142506	1426104	6917	265613		
2B	3650	toimistorakennukset	100	117	547022	258566	21170	35369	264443	847	32525		
2B	3650	opetusrakennukset	100	110	587209	345254	38252	38325	197903	847	32525		
2B	65700	asuinrakennukset	90	95	8388828	3500496	1525554	358722	3589848	15255	585792		
3A	33700	asuinrakennukset	90	90	4163894	1795536	782514	184002	1841368	11446	439526		23,4 %
3B	23400	asuinrakennukset	90	94	2967922	1246752	543348	127764	1278576	5951	228518		
3C	61500	asuinrakennukset	90	89	7550993	3276720	1428030	335790	3360360	22133	849907		
4A	25000	opetusrakennukset	100	103	3872270	2364750	262000	262500	1355500	9700	372480		18,8 %
4B	23500	opetusrakennukset	100	102	3620196	2222865	246280	246750	1274170	9632	369869		
4C	20000	opetusrakennukset	100	111	3234674	1891800	209600	210000	1084400	4196	161126		
5A	3120	toimistorakennukset	100	104	433646	221021	18096	30233	226044	1608	61747		
5A	3510	opetusrakennukset	100	97	526497	332011	36785	36855	190312	1809	69466		
5A	1170	asuinrakennukset	90	82	136667	62338	27167	6388	63929	603	23155		
5B	21600	toimistorakennukset	100	111	3125213	1530144	125280	209304	1564920	7928	304435		
5B	24300	opetusrakennukset	100	104	3783407	2298537	254664	255150	1317546	8919	342490		
5B	8100	asuinrakennukset	90	88	992297	431568	188082	44226	442584	2973	114163		22,6 %
5C	5440	toimistorakennukset	100	108	772486	385370	31552	52714	394128	2377	91277		
5C	6120	opetusrakennukset	100	100	936433	578891	64138	64260	331826	2674	102682		
5C	2040	asuinrakennukset	90	85	244411	108691	47369	11138	111466	892	34253		
5D	9200	toimistorakennukset	100	116	1369384	651728	53360	89148	666540	2380	91392		
5D	10350	opetusrakennukset	100	109	1654530	979007	108468	108675	561177	2677	102797		
5D	3450	asuinrakennukset	90	93	437017	183816	80109	18837	188508	892	34253		
6A	11200	liikerakennukset	135	88	1169498	380464	42336	137088	1045296	11346	435686		41,7 %
7A	97380	toimistorakennukset	100	122	14938604	6898399	564804	943612	7055181	13630	523392		
7A	10820	asuinrakennukset	90	99	1419874	576490	251240	59077	591205	1514	58138		
7B	15390	toimistorakennukset	100	114	2265256	1090228	89262	149129	1115006	4645	178368		8,4 %
7B	1710	asuinrakennukset	90	91	213772	91109	39706	9337	93434	516	19814		
7C	32220	toimistorakennukset	100	122	4952077	2282465	186876	312212	2334339	4266	163814		
7C	3580	asuinrakennukset	90	99	470826	190742	83128	19547	195611	474	18202		
	647350				89645808	42470901	10011729	5005956	39129127	181560	6971904		
							47 %	11 %	6 %	36 %			

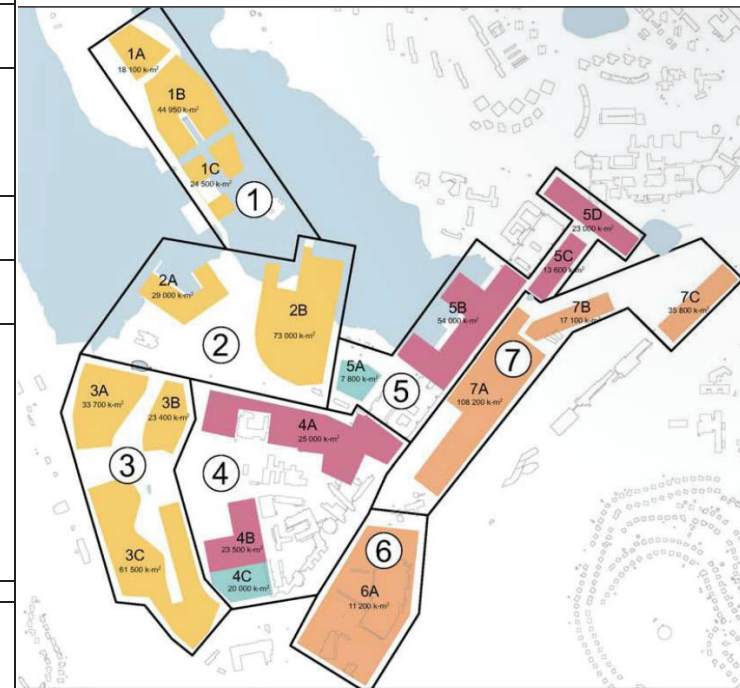


Savilahden alueen uudet kiinteistöt

Maan käytön yleissuunnitelma / Tengbom-Eriksson Arkkitehdit Oy

Kaikki lämmitys ja jäähdytys tehdään geoenergialla, ei omaa energiantuotantoa

Alue	Kerrosala m ²	Käyttötarkoitus	E-luku raja kWh _e /m ²	E-luku laskettu kWh _e /m ²	Kokonais- ostoenergia kWh	Lämpöpumpun sähköenergiat				Kattopinta m ²	Aurinko- sähkö kWh	Aurinko- sähkön osuus kulutuk- sesta
						Lämmitys kWh	LKV kWh	Jäähdytys kWh	Käyttösähkö kWh			
1A	18100	asuinrakennukset	90	92	1392131	241092	140094	21961	988984	3814	0	0,0%
1B	44950	asuinrakennukset	90	92	3457254	598734	347913	54539	2456068	12395	0	
1C	24500	asuinrakennukset	90	92	1884377	326340	189630	29727	1338680	5536	0	
2A	1450	toimistorakennukset	100	113	136658	25680	2803	3122	105053	384	0	0,0%
2A	1450	opetusrakennukset	100	100	121357	34289	5065	3383	78619	384	0	
2A	26100	asuinrakennukset	90	92	2007438	347652	202014	31668	1426104	6917	0	
2B	3650	toimistorakennukset	100	113	344000	64642	7057	7860	264443	847	0	0,0%
2B	3650	opetusrakennukset	100	100	305484	86313	12751	8517	197903	847	0	
2B	65700	asuinrakennukset	90	92	5053206	875124	508518	79716	3589848	15255	0	
3A	33700	asuinrakennukset	90	92	2591979	448884	260838	40889	1841368	11446	0	0,0%
3B	23400	asuinrakennukset	90	92	1799772	311688	181116	28392	1278576	5951	0	
3C	61500	asuinrakennukset	90	92	4730170	819180	476010	74620	3360360	22133	0	
4A	25000	opetusrakennukset	100	100	2092354	591188	87333	58333	1355500	9700	0	0,0%
4B	23500	opetusrakennukset	100	100	1966813	555716	82093	54833	1274170	9632	0	
4C	20000	opetusrakennukset	100	100	1673883	472950	69867	46667	1084400	4196	0	
5A	3120	toimistorakennukset	100	113	294050	55255	6032	6718	226044	1608	0	0,0%
5A	3510	opetusrakennukset	100	100	293767	83003	12262	8190	190312	1809	0	
5A	1170	asuinrakennukset	90	92	89989	15584	9056	1420	63929	603	0	
5B	21600	toimistorakennukset	100	113	2035728	382536	41760	46512	1564920	7928	0	0,0%
5B	24300	opetusrakennukset	100	100	2033768	574634	84888	56700	1317546	8919	0	
5B	8100	asuinrakennukset	90	92	622998	107892	62694	9828	442584	2973	0	
5C	5440	toimistorakennukset	100	113	512702	96342	10517	11714	394128	2377	0	0,0%
5C	6120	opetusrakennukset	100	100	512208	144723	21379	14280	331826	2674	0	
5C	2040	asuinrakennukset	90	92	156903	27173	15790	2475	111466	892	0	
5D	9200	toimistorakennukset	100	113	867069	162932	17787	19811	666540	2380	0	0,0%
5D	10350	opetusrakennukset	100	100	866235	244752	36156	24150	561177	2677	0	
5D	3450	asuinrakennukset	90	92	265351	45954	26703	4186	188508	892	0	
6A	11200	liikerakennukset	135	127	1184988	95116	14112	30464	1045296	11346	0	0,0%
7A	97380	toimistorakennukset	100	113	9177740	1724600	188268	209692	7055181	13630	0	
7A	10820	asuinrakennukset	90	92	832202	144122	83747	13128	591205	1514	0	
7B	15390	toimistorakennukset	100	113	1450456	272557	29754	33140	1115006	4645	0	0,0%
7B	1710	asuinrakennukset	90	92	131522	22777	13235	2075	93434	516	0	
7C	32220	toimistorakennukset	100	113	3036628	570616	62292	69380	2334339	4266	0	
7C	3580	asuinrakennukset	90	92	275350	47686	27709	4344	195611	474	0	
647350					54196530	10617725	3337243	1112435	39129127	181560	0	
						20%	6%	2%	72%			

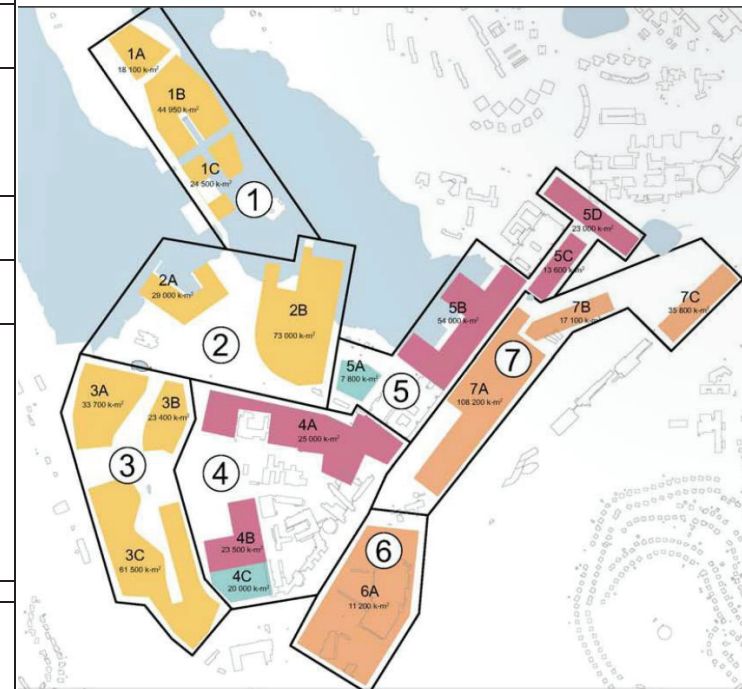


Savilahden alueen uudet kiinteistöt

Maan käytön yleissuunnitelma / Tengbom-Eriksson Arkkitehdit Oy

Kaikki lämmitys ja jäähdytys tehdään geoneuralialla, kiinteistöissä aurinkosähkön tuotantoa

Alue	Kerrosala m ²	Käyttötarkoitus	E-luku raja kWh _E /m ²	E-luku laskettu kWh _E /m ²	Kokonais- ostoenergia kWh	Lämpöpumpun sähköenergiat				Kattopinta m ²	Aurinko- sähkö kWh	Aurinko- sähkön osuus kulutuk- sesta
						Lämmitys kWh	LKV kWh	Jäähdytys kWh	Käytösähkö kWh			
1A	18100	asuinrakennukset	90	83	1245674	241092	140094	21961	988984	3814	146458	
1B	44950	asuinrakennukset	90	80	2981286	598734	347913	54539	2456068	12395	475968	12,4 %
1C	24500	asuinrakennukset	90	82	1671794	326340	189630	29727	1338680	5536	212582	
2A	1450	toimistorakennukset	100	101	121912	25680	2803	3122	105053	384	14746	
2A	1450	opetusrakennukset	100	88	106611	34289	5065	3383	78619	384	14746	11,9 %
2A	26100	asuinrakennukset	90	80	1741825	347652	202014	31668	1426104	6917	265613	
2B	3650	toimistorakennukset	100	102	311476	64642	7057	7860	264443	847	32525	
2B	3650	opetusrakennukset	100	90	272959	86313	12751	8517	197903	847	32525	
2B	65700	asuinrakennukset	90	82	4467414	875124	508518	79716	3589848	15255	585792	
3A	33700	asuinrakennukset	90	77	2152453	448884	260838	40889	1841368	11446	439526	
3B	23400	asuinrakennukset	90	81	1571254	311688	181116	28392	1278576	5951	228518	16,6 %
3C	61500	asuinrakennukset	90	76	3880263	819180	476010	74620	3360360	22133	849907	
4A	25000	opetusrakennukset	100	83	1719874	591188	87333	58333	1355500	9700	372480	
4B	23500	opetusrakennukset	100	82	1596944	555716	82093	54833	1274170	9632	369869	15,8 %
4C	20000	opetusrakennukset	100	91	1512757	472950	69867	46667	1084400	4196	161126	
5A	3120	toimistorakennukset	100	89	232302	55255	6032	6718	226044	1608	61747	
5A	3510	opetusrakennukset	100	77	224301	83003	12262	8190	190312	1809	69466	
5A	1170	asuinrakennukset	90	69	66833	15584	9056	1420	63929	603	23155	
5B	21600	toimistorakennukset	100	96	1731293	382536	41760	46512	1564920	7928	304435	
5B	24300	opetusrakennukset	100	84	1691279	574634	84888	56700	1317546	8919	342490	
5B	8100	asuinrakennukset	90	75	508835	107892	62694	9828	442584	2973	114163	16,0 %
5C	5440	toimistorakennukset	100	93	421425	96342	10517	11714	394128	2377	91277	
5C	6120	opetusrakennukset	100	80	409527	144723	21379	14280	331826	2674	102682	
5C	2040	asuinrakennukset	90	72	122650	27173	15790	2475	111466	892	34253	
5D	9200	toimistorakennukset	100	101	775677	162932	17787	19811	666540	2380	91392	
5D	10350	opetusrakennukset	100	89	763438	244752	36156	24150	561177	2677	102797	
5D	3450	asuinrakennukset	90	80	231098	45954	26703	4186	188508	892	34253	
6A	11200	liikerakennukset	135	80	749302	95116	14112	30464	1045296	11346	435686	36,8 %
7A	97380	toimistorakennukset	100	107	8654348	1724600	188268	209692	7055181	13630	523392	
7A	10820	asuinrakennukset	90	86	774065	144122	83747	13128	591205	1514	58138	
7B	15390	toimistorakennukset	100	99	1272088	272557	29754	33140	1115006	4645	178368	
7B	1710	asuinrakennukset	90	78	111707	22777	13235	2075	93434	516	19814	6,5 %
7C	32220	toimistorakennukset	100	107	2872813	570616	62292	69380	2334339	4266	163814	
7C	3580	asuinrakennukset	90	86	257148	47686	27709	4344	195611	474	18202	
	647350				47224626	10617725	3337243	1112435	39129127	181560	6971904	
						22 %	7 %	2 %	68 %			



Savilahden matalalämpötilaverkko ja jäähdytysverkko

