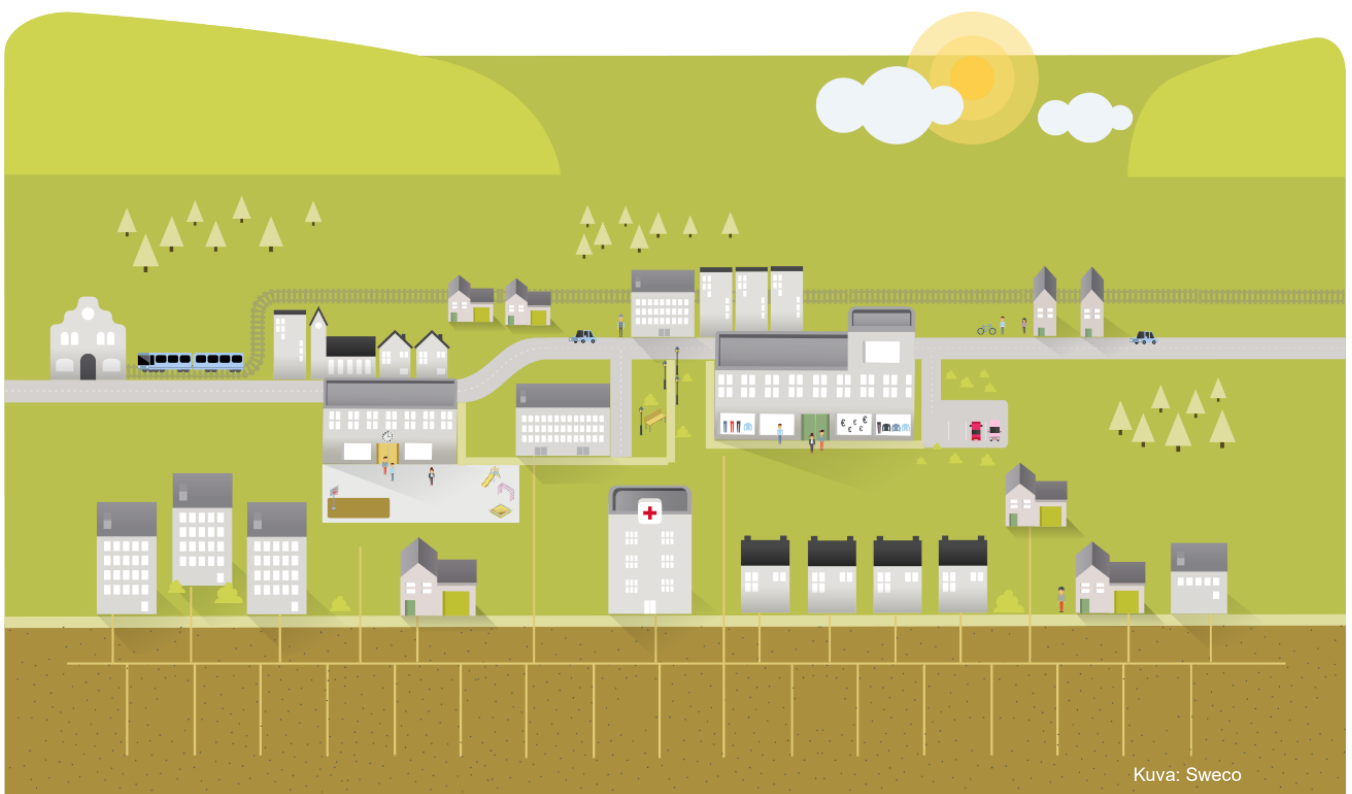


Alueellisten maalämpöratkaisujen periaatteet maankäytön suunnittelussa ja toteutuksessa



Kaupunkiympäristön aineistoja 2020:22

Alueellisten maalämpöratkaisujen periaatteet maankäytön suunnittelussa ja toteutuksessa

Projektinjohto: Rikhard Manninen, Pasi Rajala, Sami Haapanen, Tuomas Hakala, Raisa Kiljunen-Siirola, Jussi Luomanen, Kaisa-Reeta Koskinen, Pekka Leivo, Alpo Tani ja Ilkka Vähäaho

Tekijät: Niina Laasonen, Mikko Raninen, Sanukka Lehtiö, Timo Heikkilä, Topias Siren, Jani Rantalainen, Ville Rautiainen ja Maritta Heinilä (Sweco Talotekniikka Oy, Sweco Infra & Rail Oy ja Sweco Industry Oy)

Kannen kuva | Sweco Finland Oy
Julkaisija | Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala
ISBN | 978-952-331-839-7
ISSN | 2489-4257

Esipuhe

Maanalainen yleiskaava 2021 tulee osaltaan edistämään kallioperästä saatavan energian (ns. maalämmön) hyödyntämistä. Päälämpöjärjestelmän kehittäminen on erittäin keskeinen osa Hiili-neutraali Helsinki 2035 -tavoitetta. Tavoitteiden toteutuminen edellyttää alueellisten järjestelmien hyödyntämistä. Kyseessä on merkittävä tavoite maankäytön suunnittelulle ja tontinluovutukselle. Myös operaattorimallin kehittäminen osana kokonaisuutta on olennaista. Aluksi toteutettavat pi-lottikohteet ovat merkityksellisiä ja niissä tehtävän työn pitää tarjota vastauksia siihen, miten alu-eellisia hankkeita voidaan toteuttaa, mitä yleisiä periaatteita näissä voidaan nähdä ja millä tavoin alueiden yksilölliset ominaisuudet vaikuttavat ratkaisuihin.

Tämä selvitys oli tarpeen toteuttaa nopealla aikataululla, jotta se ehtisi valmistua ajoissa osaksi maanalaisen yleiskaavan tausta-aineistoja. Maanalaisen yleiskaavan ehdotus on tarkoitettu käsi-tellä kaupunkiympäristölautakunnassa vuoden 2021 alkupuolella. Kaupunkiympäristön teknista-loudellinen yksikkö tilasi työn 29.6.2020 Sweco Oy:ltä. Työ käynnistyi varsinaisesti elokuussa ja työn valmistumisajankohdaksi oli määritetty 31.10.2020.

Yhteistyö konsultin ja kaupungin välillä on ollut erittäin tiivistä ja lopputulos on mielestämme enemmän kuin onnistunut. Tästä on hyvä jatkaa kohti uutta maanalaista yleiskaavaa, jossa maa-lämmön hyödyntämisen edellytyksiä tullaan merkittävästi parantamaan selvityksen tuloksia hyö-dyntäen. Selvitystä voidaan käyttää myös yksityiskohtaisemman suunnittelun lähtöaineistona.

Helsingissä lokakuussa 2020

Rikhard Manninen

maankäyttöjohtaja

Pasi Rajala

yleiskaavapäällikkö

Yhteenveto

Alueellisten maalämpöratkaisujen periaatteet maankäytön suunnittelussa ja toteutuksessa -selvitys on laadittu osana Helsingin maanalaisen yleiskaavan päivityksen tausta-aineistoja.

Maalämpöä ja geotermistä energiaa voidaan hyödyntää monessa eri kokoluokassa. Alueellisia maalämpöjärjestelmiä voidaan toteuttaa alle kilometrin syvyisillä, yleensä noin 300 metrin syvyisillä, maalämpökaivoilla, 1-3 km syvillä geotermisillä energiakaivoilla tai 4-7 km syvillä geotermisillä, hydrauliseen paineistukseen perustuvilla EGS-voimalaitoksilla.

Alueellisella maalämpöratkaisulla tarkoitetaan useamman kuin yhden kiinteistön yhteistä energiantuotantoratkaisua. Vaikka suoria velvoittamiskeinoja maalämpöön siirtymiseksi ei tämän hetken lainsäädännöllä ole, se ei tarkoita, etteikö alueellisiin maalämpöratkaisuihin voisi ohjata. Tehokkaimmin maalämmön hyödyntämistä voidaan edistää asemakaavoituksen yhteydessä tehtävällä kunnallisteknisellä yleissuunnittelulla, mahdollistavilla kaavamääräyksillä ja sopimuksilla matalasta E-luvusta.

Kaikki maalämmön edistämisen keinot on otettava käyttöön, jotta tavoite 15 prosentin osuudesta Helsingin lämmöntuotannosta täyttyy vuoteen 2035 mennessä. Havainnollistaakseen tavoitteen tiukkuutta ja kaikkien keinojen tarpeellisuutta on työn aikana karkeasti arvioitu, että 100 000 kem² suuruisia alueita (noin 15-20 asuinkerrostalokorttelia) tulisi toteuttaa tai siirtää maalämmön piiriin yhteensä yli sata kappaletta vuoteen 2035 mennessä.

Alueellisen maalämpöjärjestelmän toteuttaminen on lähtökohtaisesti helpointa uusilla asemakaava-alueilla, kun järjestelmä voidaan suunnitella rinnakkain alueen toteutuksen kanssa. Energiaremonttejakin kuitenkin tarvitaan, sillä tavoitteeseen tuskin päästään toteuttamalla maalämpöjärjestelmiä vain uusille alueille.

Raportti sisältää maankäytön suunnittelun keinovalikoimaa eri suunnitelmatasoilla. Keinovalikoimaa on viety lähemmäs konkretiaa laatimalla pilottialueille, Karhunkaatajan asemakaava-alue ja Mellunkylän kaupunginosa, ehdotuksia alueellisen maalämpöjärjestelmän suunnitteluun. Karhunkaatajan asemakaava-alue edustaa uutta asemakaava-aluetta ja Mellunkylän kaupunginosaan tehty ehdotus täydennysrakennuskohdetta.

Sisällys

1. Johdanto	9
1.1. Lähtökohdat ja tavoitteet.....	9
1.2. Aiemmin laaditut maalämpöselvitykset Helsingin alueella.....	10
2. Alueellinen maalämpöjärjestelmä	11
2.1. Alueellisen maalämpöjärjestelmän määritelmä.....	11
2.2. Alueellisen maalämpöjärjestelmän pääperiaatteet.....	11
2.2.1. Yhteinen maapiiri.....	12
2.2.2. Yhteinen lämmitysverkko.....	13
2.3. Maalämmön eri kokoluokat.....	15
2.3.1. Maalämpökaivot (syvyys <350 metriä).....	16
2.3.2. Syvennetyt maalämpökaivot (350..1000 metriä).....	17
2.3.3. Geotermiset energiakaivot (1..3 km).....	18
2.3.4. EGS-voimalaitokset (4..7 km).....	20
2.4. Tulevaisuuden näkymät ja aikataulutus.....	23
3. Alueellisten maalämpöratkaisujen toteutettavuus	25
3.1. Alueellisen maalämpöjärjestelmän toteutusmallit.....	25
3.2. Alueellinen maalämpöjärjestelmä liiketoimintana.....	25
3.3. Operaattoreiden edellytykset aluejärjestelmän toteuttamiselle.....	26
4. Maalämmön alueellisten energiaratkaisujen edistäminen osana kaupunkikehityshankkeita	28
4.1. Maalämmön huomiointi kaavoituksessa.....	28
4.1.1. Toteutuneet ja toteutuksessa olevat kohteet sekä kaavallinen ohjaus.....	29
4.1.2. Helsingin yleiskaavojen nykytilan suhde maalämmön edistämiseen.....	30
4.1.3. Ehdotuksia yleiskaavamerkinnöiksi ja -määräyksiksi.....	31
4.1.4. Ehdotuksia asemakaavamerkinnöiksi ja -määräyksiksi.....	33
4.1.5. Toteuttamisesta yleis- ja asemakaavan viher- ja puistoalueilla.....	35
4.2. Maalämmön edistäminen kunnallisteknisessä yleissuunnittelussa.....	36
4.3. Maalämmön edistäminen sopimuksin.....	37
4.3.1. Sopimusmallina alueelliset imujätejärjestelmät ja liittymisvelvollisuus.....	38
4.3.2. Sopimusmallina vesihuoltojärjestelmä ja liittymisvelvollisuus.....	39
4.3.3. Tontinluovutus sopimusten ehdot maalämmön rakentamiseen ohjaamisessa.....	40
5. Pilottikohteet	41
5.1. Pilottikohteiden valinta ja työpaja.....	41
5.1.1. Maalämmön teoreettiset mitoituseriaatteet.....	42

5.2. Karhunkaataja	42
5.2.1. Lähtötiedot.....	42
5.2.2. Alueellinen maalämpöratkaisu	43
5.3. Mellunkylä	46
5.3.1. Lähtötiedot.....	46
5.3.2. Alueellinen maalämpöratkaisu	48
6. Johtopäätökset.....	51
Lähteet.....	54

1. Johdanto

1.1. Lähtökohdat ja tavoitteet

Helsingin kaupunki tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen tueksi on laadittu ”Hiilineutraali Helsinki 2035” -toimenpideohjelma, jossa yhtenä toimenpiteenä on esitetty maalämmön osuuden nostamista nykyisestä 1 prosentista 15 prosenttiin (Helsingin kaupunki 2018a). Tavoitteen saavuttamiseksi Helsingin kaupungin tulee selvittää ja edistää alueellisten maalämpöjärjestelmien käyttöönottoa, jotta maalämpö saadaan laaja-alaisesti käyttöön vaaditussa aikataulussa. Lisäksi toimenpideohjelmassa on mainittu, että maalämpökaivojen tilavarauksellisia toteuttamisedellytyksiä arvioidaan osana maanalaisen yleiskaavan valmistelua (toimenpide #80) ja lisäksi geoenergiaan sopivat alueet kartoitetaan (toimenpide #81).

Helsingin kaupunki laatii parhaillaan uutta maanalaista yleiskaavaa, jossa voidaan välillisesti edistää myös maalämpöjärjestelmien hyödyntämistä. Yksi maanalaisen yleiskaavan suunnitteluperiaatteista (kohta 2.9) koskee maalämpökaivojen toteuttamisedellytyksiä ja vaatimuksena on, että **”uudessa maanalaisessa yleiskaavassa otetaan kantaa maalämpökaivojen toteuttamiseen ja sen vaikutuksiin sekä linjataan niitä periaatteita, joiden mukaan maalämpökaivoja voidaan jatkossa suunnitella Helsingin alueelle”** (Helsingin kaupunki 2017). Kaupunkiympäristölautakunta päätti käsitellessään maanalaisen yleiskaavan luonnosta, että **”kaavan valmistelun seuraavassa vaiheessa tulee varmistaa kokonaisvaltaisesti maalämmön edistämisen tavoite ja riittävä kaavallinen ohjaus ja ottaa valmistelussa huomioon ajantasainen maalämmön eri kokoluokkien ja teknologioiden käynnissä oleva kehitys”**.

Tämä työ täydentää vuonna 2019 tehtyä maalämpöselvitystä alueellisten maalämpöratkaisujen osalta. Maankäytön suunnittelu ja maalämpö raportissa tarkasteltiin maalämpökaivojen potentiaalia suhteessa lämmitystarpeeseen. Selvityksessä keskityttiin perinteisiin tonttiikohtaisiin ratkaisuihin ja tultiin tulokseen, ettei tehokkaasti rakennetuilla alueilla tonttiokohtainen maalämpöratkaisu riitä kattamaan energiatarvetta. Selvityksen tavoitteena on tarkastella alueellisten maalämpöjärjestelmien mahdollisuuksia ja maankäytön suunnittelun keinoja järjestelmien edistämiseksi. Työn lähtökohdanna on, ettei kunnilla ja kaupungeilla ole lain nojalla mahdollisuutta määrätä suoraan lämmitysmuodon valintaa.

Raportin alussa määritellään alueellinen maalämpöjärjestelmä ja esitellään sen komponentit sekä erilaiset maalämpökaivojen syvyydet. Kappaleen kolme sisältö on syntynyt maalämpöoperaattoreiden haastattelujen pohjalta ja siinä pureudutaankin alueellisen maalämpöratkaisun toteuttamiseen nimenomaan operaattorinäkökulmasta. Neljännessä kappaleessa käydään läpi alueellisen maalämmön edistämisen keinot maankäytön suunnittelussa, kunnallisteknisessä yleissuunnittelussa ja maalämmön edistäminen sopimuksin. Teorian pohjalta keinoja tuodaan lähemmäs konkretiaa esittämällä kahden pilottialueen kohdalta teoreettinen alueellisen maalämpöjärjestelmän ratkaisu kappaleessa viisi. Lopuksi raportin keskeisin sisältö vedetään yhteen johtopäätöksissä.

1.2. Aiemmin laaditut maalämpöselvitykset Helsingin alueella

Helsingin kaupungin alueen geoenergiapotentiaalia on selvitetty Geologian tutkimuskeskuksen selvityksessä [Helsingin geoenergiapotentiaali](#) (Helsingin kaupunki 2019). Selvitys sisältää paljon kartta-aineistoa geoenergiajärjestelmien mitoituksessa ja suunnittelussa käytettävistä ominaisuuksista sekä maanpeitteen paksuuksista Helsingin alueella. Lähtökohtaisesti Helsingin kallio-perä on geoenergiaominaisuuksiltaan hyvällä tasolla.

Helsingin geoenergiapotentiaali -selvitystä (Helsingin kaupunki 2019) on hyödynnetty ”[Helsingin kaupunki: Maankäytön suunnittelu ja maalämpö](#)” selvityksessä, jossa laadittiin karttaesitys maalämmölle soveltuvista ruutualueista Helsingin kaupungin alueella (Helsingin kaupunki 2020b). Lisäksi selvityksessä tarkastettiin, millä reunaehdoilla maalämmöllä pystytään kattamaan 15 % Helsingin kaupungin alueen lämmitystarpeesta vuoteen 2035 mennessä. Selvityksessä keskityttiin 300 metriä syviin maalämpökaivoihin ja niistä muodostettaviin maalämpökenttiin. Tähän alueellisten ratkaisujen selvitykseen keskeinen lähtötieto selvityksestä on, ettei perinteisillä noin 300 metrin syvyisillä kaivoilla päästä riittävään energiaperusteeseen korkean alue- ja korttelitehokkuuden alueilla. Alueellisten ratkaisujen merkitys korostuu jatkossa, sillä kaupungin tavoite on, että uudet alueet ovat entistä tehokkaampia ja vanhojakin alueita tehostetaan täydennysrakentamisella.

Helsingin kaupungin maalämpöön liittyviä nykyisiä viranomaisprosesseja, mm. toimenpidelupa-vaatimuksia, ja niihin liittyviä kehitysehdotuksia on kuvattu raportissa ”[Maalämpötyöryhmän ehdotus](#)” (Helsingin kaupunki 2020a).

Yllä esitettyjen kaupunkitason geoenergia- ja maalämpöselvitysten lisäksi Helsingin kaupungissa on laadittu alueellisempia energiaselvityksiä, joissa on tarkasteltu myös maalämpöpotentiaalia ko. alueen energiantuotannossa. Tällaisia selvityksiä ovat mm. Malmin lentokentän alueelle tehty energiaselvitys (Ramboll Finland Oy 2019) sekä Postipuiston alueelle tehdyt geoenergia- ja maalämpöselvitykset (Granlund Consulting Oy 2017a, 2017b, 2017c, 2018, 2020).

2. Alueellinen maalämpöjärjestelmä

2.1. Alueellisen maalämpöjärjestelmän määritelmä

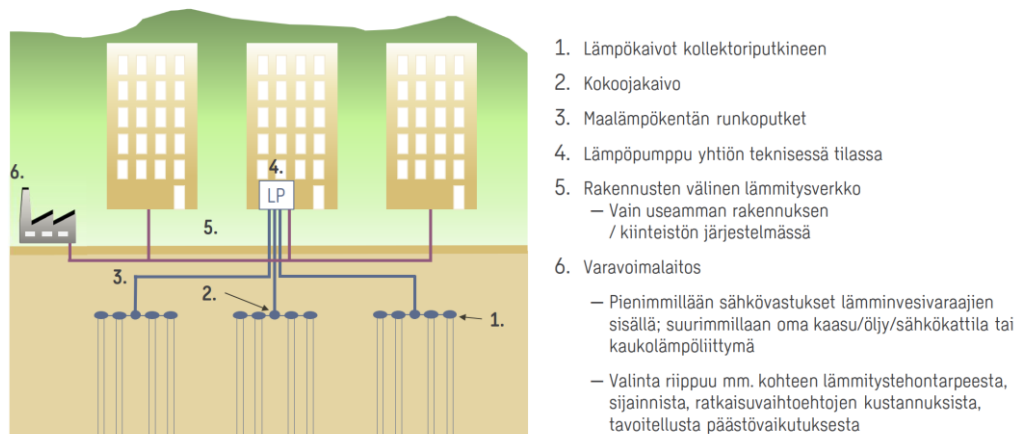
Tässä selvityksessä alueellinen maalämpöjärjestelmä käsitetään usean kiinteistön yhteisenä energiantuotantoratkaisuna, jolla voidaan kattaa alueen lämmitys- ja jäähdytysenergian tarve kokonaisuudessaan tai osittain maalämpöön perustuen. Alueellisessa maalämpöjärjestelmässä energiaa voidaan tuottaa hajautetusti tai keskitetysti hyödyntäen usean kiinteistön maaperästä saatavaa energiaa. Ominaista alueelliselle maalämmölle on se, että energiaa jaetaan kiinteistöjen kesken verkon tai verkostojen avulla.

Aiemmin on toteutettu useamman kiinteistön yhteisiä aluelämpöverkkoja, esimerkiksi useamman rivi- tai asuinkerrostalojen yhteisiä öljylämmitysjärjestelmiä. Alueellinen maalämpöjärjestelmä eroaa perinteisestä aluelämpöverkosta siinä, että maalämpöä varten tarvitaan myös maalämmön keruuputkisto. Pääperiaate on kuitenkin sama: yhteisellä järjestelmällä tuotetaan kiinteistöille energiaa, joka jaetaan alueverkon kautta hyödynnettäväksi. Maalämmön osalta alueverkostojen toteuttamiselle on useampia teknisiä vaihtoehtoja, joita on kuvattu tarkemmin luvussa 2.2.

Alueverkostojen teknisen toteutustavan lisäksi oleellinen muuttuja alueellisessa maalämpöjärjestelmässä on maalämpökaivon/-kaivojen syvyys, josta geoenergiaa kerätään. Luvussa 2.3 on esitetty maalämmön eri kokoluokat syvyyden perusteella jaoteltuna.

2.2. Alueellisen maalämpöjärjestelmän pääperiaatteet

Alueellinen maalämpöjärjestelmä koostuu pitkälti samoista komponenteista kuin kiinteistökohtainenkin ratkaisu – lisäksi komponenttina ovat ainoastaan aluelämpö- ja mahdollinen aluekylmäverkko. Alueellisen maalämpöjärjestelmän komponentit on esitetty kuvassa 1. Osat 1 – 4 ovat samat kuin kiinteistökohtaisessa järjestelmässä, ainoastaan lämpökaivojen määrä muuttuu alueen rakennustilavuuden funktiona muuttuvan lämpö- ja jäähdytystarpeen mukaan.



Kuva 1. Alueellisen maalämpöjärjestelmän komponentit.

Maalämpökenttä koostuu kiinteistöjen alueelle sijoitetuista lämpökaivoista (1), niiden kollektoriputkissa kiertävän maalämpöliuoksen kokoavista kokoojakaivoista (2) sekä kaivoista tekniseen tilaan lämpöpumpulle kulkevista liuosrunkoputkista (3). Maalämpökaivot kollektoriputkineen ja kokoojakaivo voidaan suuremman mittakaavan aluejärjestelmässä korvata myös geotermisellä energiakaivolla tai EGS-voimalaitoksella.

Geoenergiaa keräävän laitteiston lisäksi maalämpöjärjestelmään kuuluu lämpöpumppulaitos (4), joka sijaitsee esimerkiksi rakennukseen integroidussa teknisessä tilassa tai erillisessä rakennuksessa. Lämpöpumppu tuottaa lämpöenergiaa alueverkkoon (5), jonka kautta energiaa jaetaan kiinteistöille. Tarvittaessa lämpöenergiaa tuotetaan lisälämmönlähteellä (6), joka voi pienimmillään tarkoittaa sähkövastuksia lämminvesivaraajien sisällä. Suuremmissa kokoluokissa lisälämmönlähde on erillinen aluelämpökattila. Kokoluokasta riippumatta lisälämmönlähteenä voidaan käyttää myös kaukolämpöä. Lämpöpumppulaitos ja lisälämmönlähde voivat sijaita samassa tai eri tilassa, esimerkiksi yhden kiinteistön isommassa teknisessä tilassa tai erillisessä energiakeskuksessa.

Olennaista alueellisen toteutuksen osalta on, että siirtoetäisyydet pysyvät kohtuullisina. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakennusten pitää sijaita suhteellisen lähellä toisiaan sekä maalämpökenttiä tai geotermisiä energiakaivo(ja). Tällöin verkostot saadaan toteutettua mahdollisimman kompakteina ja niihin liittyvä alkuinvestointi pysyy maltillisena. Olemassa olevissa kohteissa alueellisen järjestelmän toteuttamiseen liittyy myös maisema-arkkitehtuuri. Joissain tapauksessa kiinteistöjen omilla pihilla olisi riittävä tila maalämpökaivojen sijoittamiseen, mutta esimerkiksi viherrakenteiden vuoksi maalämpökaivojen toteuttaminen viereiselle puistoalueelle nähdään mielekkäämpänä ja taloudellisempänä vaihtoehtona.

Usean kiinteistön yhteisessä järjestelmässä haasteita tuottaa erityisesti juridiikka, sillä kiinteistöjen täytyy sopia mm. investoinnin, huollon ja energiamaksujen jyvittämisestä. Lisäksi haasteena voivat olla erilaiset näkemykset järjestelmän toteutukseen tai ylläpitoon liittyen. Aluejärjestelmästä saadaan kuitenkin merkittävää hyötyä useamman kiinteistön yhteisenä toteutuksena silloin, kun alueverkkoon liittyy erityyppisiä energiankuluttajia (esim. asuin- ja toimistorakennuksia) sekä mahdollisia hukkalämmön tuottajia (elintarvikekaupat, jäähallit).

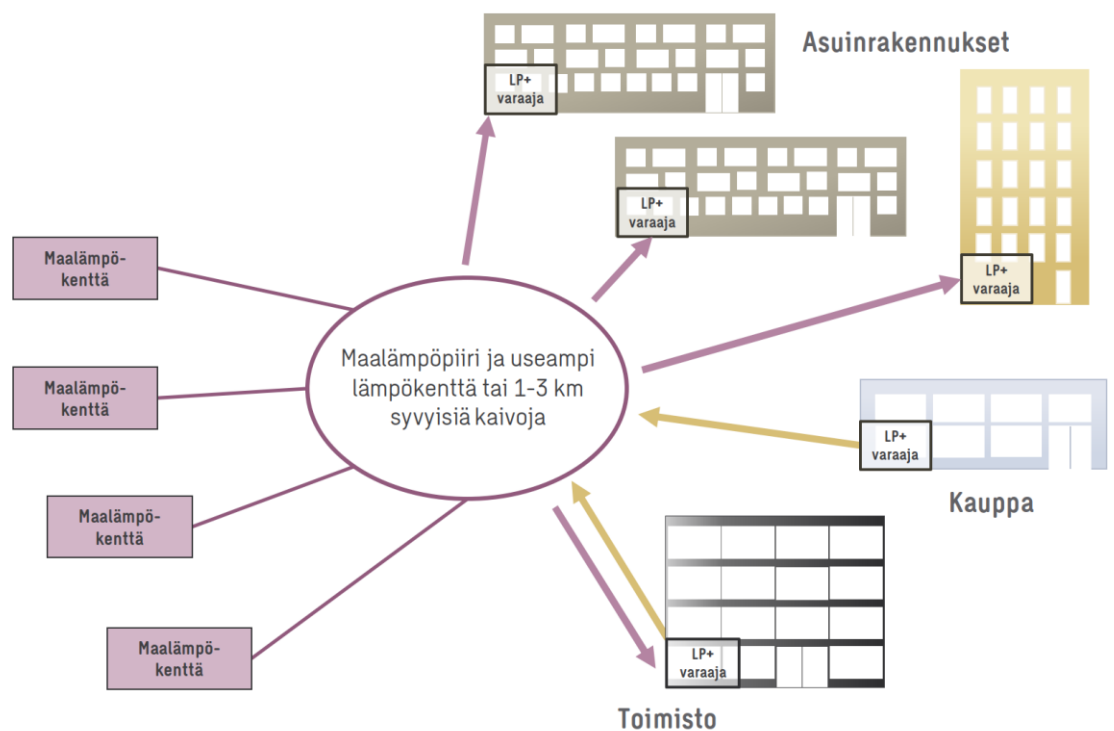
Alueellisia maalämpöjärjestelmiä ei ole vielä juurikaan toteutettu, joten konseptit ovat toistaiseksi yksittäisiä ja suunnittelupöydällä. Pääpiirittäin alueellinen maalämpöjärjestelmä voidaan jakaa kahteen toteutusvaihtoehtoon: Yhteiseen maapiiriin tai yhteiseen lämmitysverkkoon. Molemmissa vaihtoehdoissa kiinteistöillä on yhteinen maalämmön keruuverkosto, joka voi muodostua useista 0..1000 metriä syvistä maalämpökaivoista, geotermisestä energiakaivosta (1..3 km) tai syvästä geotermisestä energiakaivosta (4..7 km).

2.2.1. Yhteinen maapiiri

Yhteisessä maapiirissä maasta saatava lämpö-/kylmäenergia kerätään yhteisen lämmönkeruuverkoston avulla, mutta jokaisella kiinteistöllä on oma lämpöpumppu. Kiinteistökohtainen lämpöpumppu määrittää kiinteistön energiantarpeen perusteella hyödynnetäänkö keruuverkosta lämpö- vai kylmäenergian tuottamiseen. Ratkaisun haasteena on, että kiinteistöjen lämpöpumpujen täytyisi pystyä myös keskustelemaan keskenään, jotta keruuverkosta ei rasi liikaa. Kiinteistöillä on yhteiset maalämpöpiirin liuospumput ja maalämmön keruupiiriin voidaan myös syöttää ylimääräistä lämpöä esimerkiksi kaupan lauhteista tai kesäisin jäähdytyksen lauhteista.

Hyötynä yhteisessä maapiirissä on, että verkoston lämpötila on lähellä maaperän lämpötilaa ja näin ollen lämpöhäviöt maapiiristä ovat erittäin pienet. Toisaalta myös verkoston sisäinen lämpötilaero on pieni (noin $+5^{\circ}\text{C}$ - $+0^{\circ}\text{C}$), jolloin liuosvirtaaman täytyy olla suuri tarvittavan tehon siirtämiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa lämmitysverkkoon verraten moninkertaisia putkikokoja, joille on löydettävä tarpeeksi tilaa maan alta. Maapiiri toteutetaan matalan lämpötilatasonsa vuoksi esimerkiksi vesiglykoliseoksena, joka osaltaan aiheuttaa lisäkustannuksia verrattuna vesi- verkostoon.

Lämpöpumpun hyötysuhde riippuu rakennusten ilmanvaihdon ja tilalämmityslaitteiden lämpöverkostojen lämpötilasta ja käyttöveden tuotantotavasta: katetaanko käyttöveden lämmitystarve samalla lämpöpumpulla kuin muidenkin kiinteistön sisäisten lämpöverkostojen lämmitystarve, vai priimataanko käyttövesi kuumempaan lämpötilaan omalla lämpöpumpulla tai sähkövastuksilla. Ratkaisuvaihtoehto riippuu alueen käyttöveden tarpeesta. Periaatekuva yhteisestä maapiiristä ja sen komponenteista on esitetty kuvassa 2.



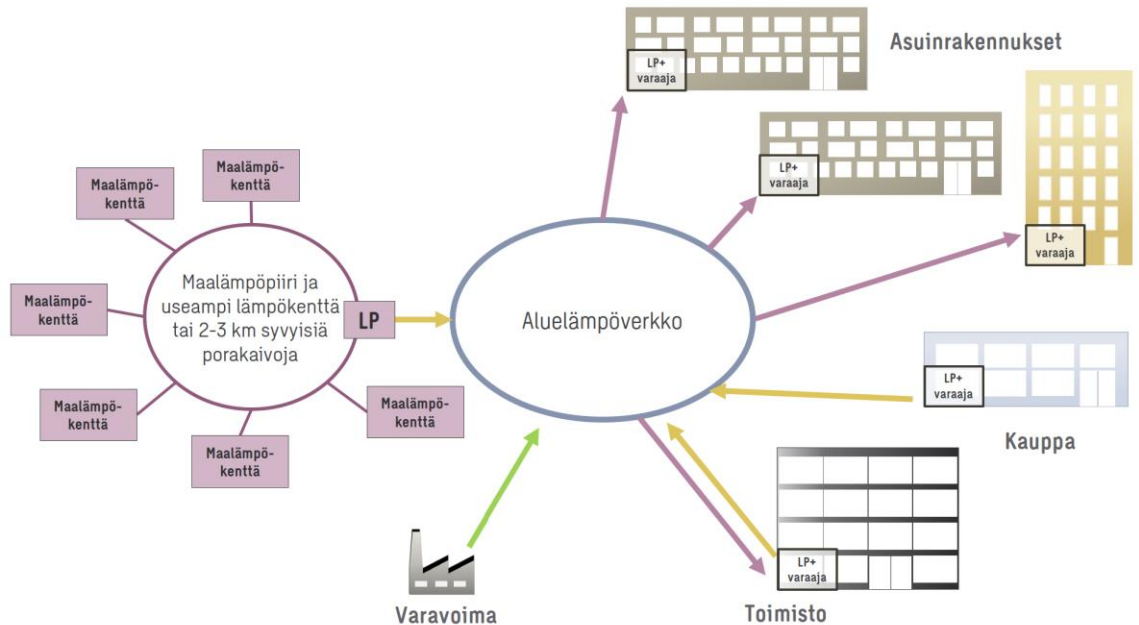
Kuva 2. Kiinteistöjen yhteinen maapiiri.

2.2.2. Yhteinen lämmitysverkko

Yhteisessä lämmitysverkossa kiinteistöillä on yhteisen maalämmön keruupiirin lisäksi yhteinen aluelämpöverkko sekä yhteinen lämpöpumppulaitos. Lämpöpumppulaitos hyödyntää maalämmön keruupiiriä ja tuottaa lämpöä alueverkkoon. Ratkaisu ei mahdollista jäähdytysenergian jakelua rakennuksiin ilman erillistä kylmäverkostoa. Yhteinen lämmitysverkko voidaan toteuttaa joko ulkoilman lämpötilan mukaan säätyvällä alueverkon lämpötilalla tai vakiolämpötilaisena.

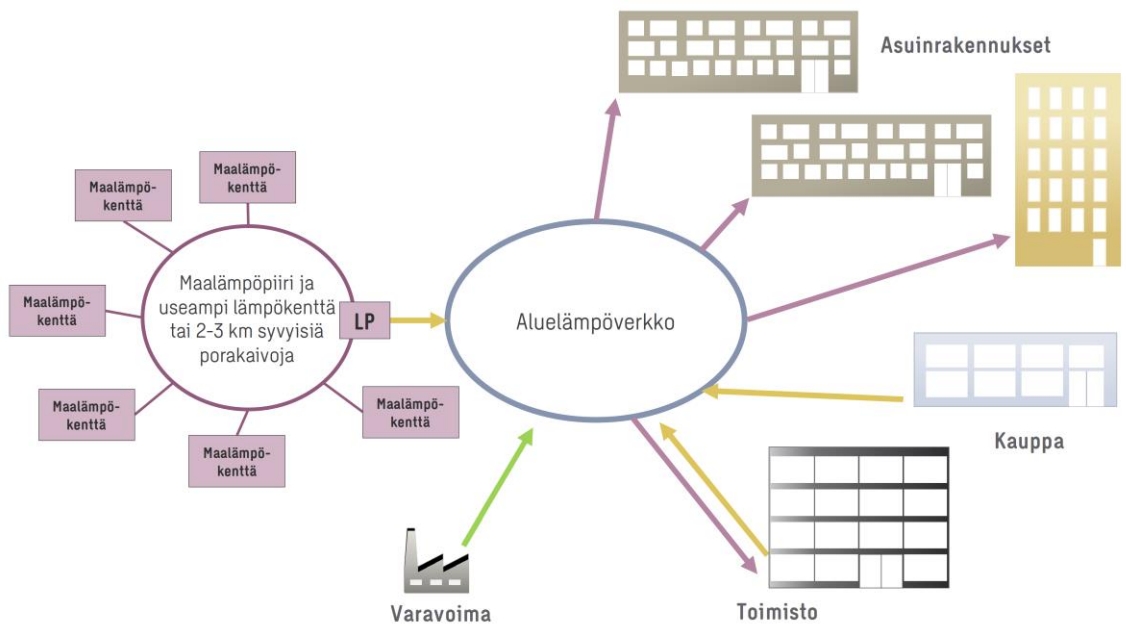
Ulkoilman mukaan säätyvä alueverkko on toimiva ratkaisu erityisesti alueilla, joissa käyttöveden tarve on vähäinen: Alueverkon lämpötila pidetään ilmanvaihdon ja tilalämmityksen verkostoihin sopivassa, noin 20 .. 40 Celsiusasteen lämpötilassa, jolloin alueverkon lämpöhäviöt maaperään

ovat pienet ja lämpöpumppulaitoksen hyötysuhde korkea. Haittapuolena on, että käyttöveden tuottamista varten kiinteistöihin tarvitaan erilliset lämpöpumput tai lämpövastukset, mikä lisää kustannuksia lämpöpumppulaitteiston osalta. Lisäksi ratkaisu ei mahdollista maalämpöpiirin laa- taamista hukkalämmöllä, sillä kiinteistöt eivät ole suoraan yhteydessä maalämpöpiiriin vaan ai- noastaan välillisesti alueverkon kautta. Toisaalta aluelämpöverkkoa voidaan ladata alueen huk- kalämmöllä, mikäli hukkalämpö saadaan tuotettua tai nostettua riittävään lämpötilaan. Periaate- kuva ratkaisusta on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Ulkoilman lämpötilan mukaan säätyvä alueverkko.

Toinen vaihtoehto aluelämmitysverkon toteuttamiselle on noin 65 Celsiusasteinen alueverkko, joka mahdollistaa käyttöveden tuottamisen suoraan alueverkosta. Tällöin häviöt maaperään ovat kuitenkin suuremmat johtuen alueverkon ja maaperän suuremmasta lämpötilaerosta. Myös huk- kalämpöjen hyödyntäminen on haastavampaa, sillä hukkalämmöt täytyy nostaa kuumempaan lämpötilaan, jolloin sähkönkulutus kasvaa lämpöpumpun hyötysuhteen heikentyessä. Periaate- kuva vakioilma-tilaisesta aluelämpöverkosta on esitetty kuvassa 4.

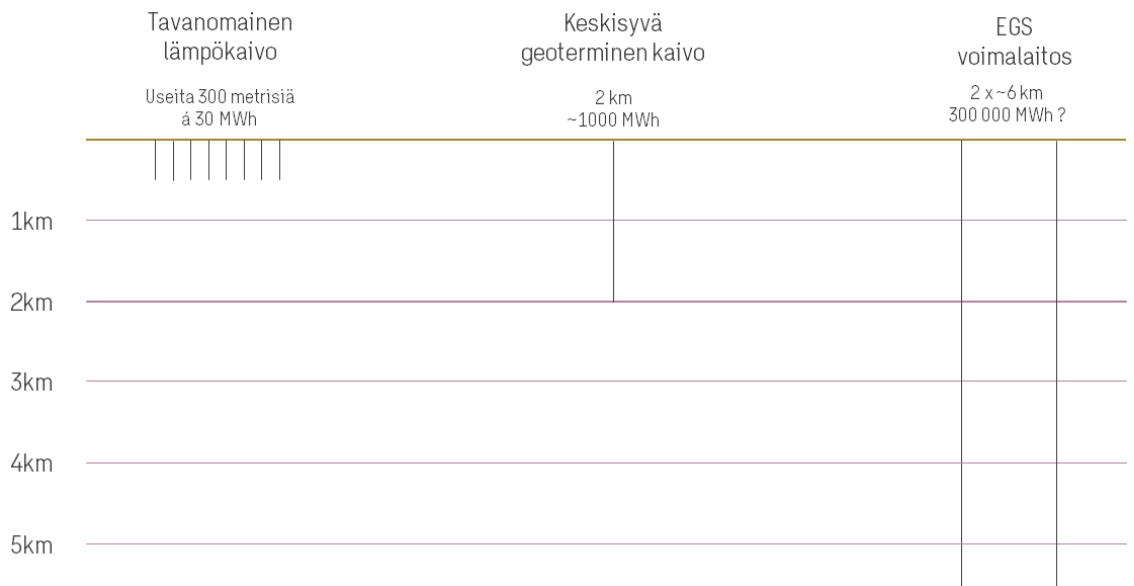


Kuva 4. Vakiolämpötilaisen (65 °C) aluelämpöverkon periaatepiirros.

2.3. Maalämmön eri kokoluokat

Maalämpö voidaan jaotella karkeasti kolmeen pääkategoriaan (kuva 5):

- Maalämpökaivot (0..1000 m), joiden keruupiirissä kiertää vesi-etanoliseos ja kaivojen sisällä on U-putket
- Keskisyvät geotermiset energiakaivot (1..3 km), joissa vesi kulkee putken sisäpintaa alas, lämpenee ja nostetaan putken ulkopintaa pitkin ylös (suljettu järjestelmä)
- Syvät geotermiset energiakaivot, joista esimerkkinä ST1:n EGS-voimalaitos (Enhanced Geothermal System, 2 x 4..7 km). EGS -voimalaitoksessa kylmä syöttövesi pumpataan alas peruskallioon. Peruskallioon on tehty ylipaineistuksen avulla rakoverkosto, jossa kylmä vesi lämpenee. Lämmennyt vesi pumpataan ylös toisesta kaivosta, jota kutsutaan tuotantoreiäksi.



Kuva 5. Esimerkkejä maalämmön kokoluokista. Energiantuotto MWh/vuosi.

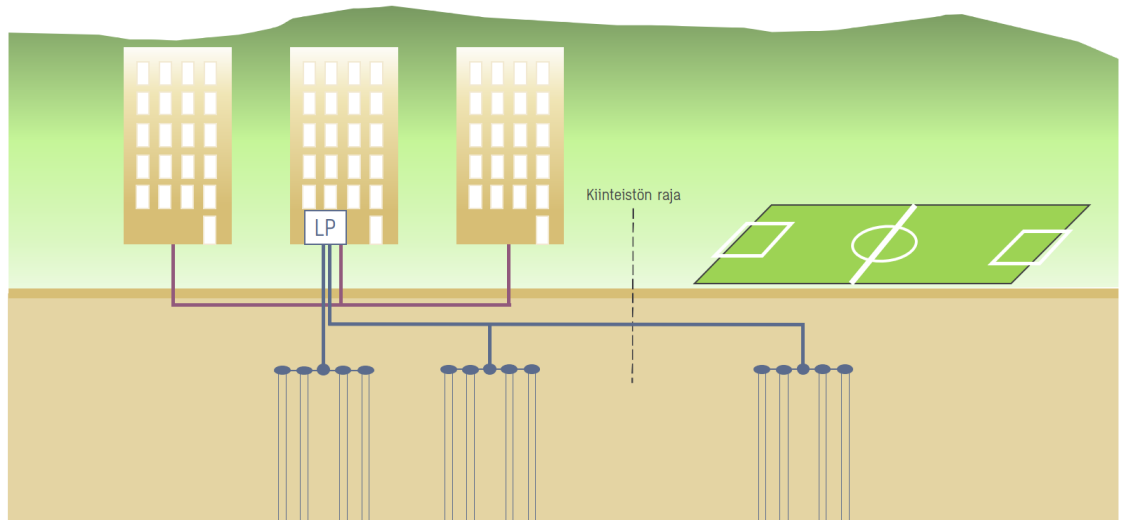
2.3.1. Maalämpökaivot (syvyys <350 metriä)

Maalämpökaivojen syvyys kasvaa jatkuvasti tekniikan kehittyessä, mutta tässä selvityksessä maalämmön matalin kokoluokka rajattiin tällä hetkellä yleisimpään, 350 metrin syvyysrajaan. Helsingin kaupungin alueella maalämpökaivojen keskimääräinen syvyys on nykytilanteessa luokkaa 180 metriä.

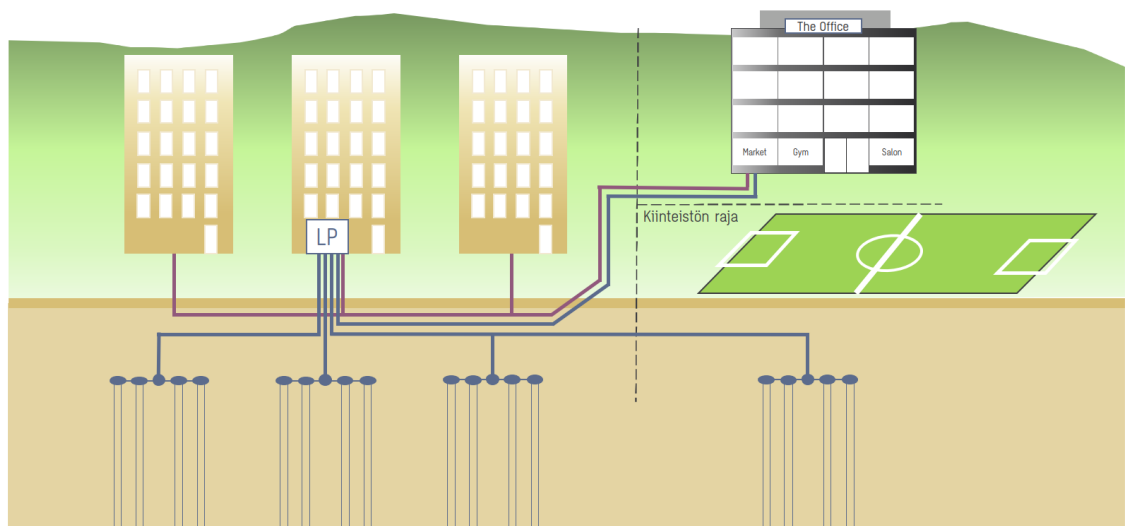
Uusissa maalämpöhankkeissa maalämpökaivojen syvyys on usein luokkaa 300...350 metriä. Syvyys määräytyy nykyhetkellä porauskustannusten perusteella: Yli 350 metrin syvyydessä paine kasvaa niin suureksi, että nykyisellä poraustekniikalla on usein taloudellisesti kannattavampaa toteuttaa useampi alle 350 metriä syvä reikä kuin kasvattaa yhden porareian syvyyttä.

Maankäytön suunnittelu ja maalämpö -selvityksessä (2019) todettiin, että enintään 300 metriä syvät maalämpökaivot soveltuvat erityisesti pientaloalueille sekä uusille pienkerrostaloalueille. Tiheämmin rakennetuilla alueilla ja vanhassa, paljon lämmitysenergiaa kuluttavassa rakennuskannassa lämmitystarve on niin suuri, että riittävää maalämpökenttää on haastavaa toteuttaa. Jos kiinteistön omalle tontille ei mahdu tarvittavaa määrää lämpökaivoja, voisi maalämmön toteutuskelpoisuutta parantaa esimerkiksi seuraavien vaihtoehtojen avulla:

1. Lämpökaivojen sijoittamista tontin rajojen tuntumaan kiinteistön alueelle helpotettaisiin esimerkiksi kiinteistön rajoituksessa katuun tai viheralueeseen
2. Kiinteistön lämpöpumppuja palvelevia lämpökaivojen sijoittaminen kiinteistön rajojen ulkopuolelle sallittaisiin (kuva 6)
3. Lämpökaivoja sijoitettaisiin usean kiinteistön alueelle maaperän lämmön jaettua hyödyntämistä varten (kuva 7)



Kuva 6. Kiinteistökohtainen maalämpöjärjestelmä, kaivoja kiinteistön alueen ulkopuolella.



Kuva 7. Alueellinen maalämpöjärjestelmä, maaviileä lataa kaivokenttää

Kiinteistökohtaisilla maalämpöjärjestelmillä jokaiselle omakotitalolle tarvitaan oma, noin 100 – 150 metriä syvä maalämpökaivo – peukalosääntönä lämmitystarpeessa voidaan käyttää arviota 1 kaivo-m/1kem². Alueellisissa maalämpöjärjestelmissä maalämpökaivojen määrää voidaan pienentää merkittävästi, kun yhdestä 350 metrin maalämpökaivosta saadaan tuotettua kolmen omakotitalon tarvitsema lämmitysenergia. Kerrostaloalueilla maalämpökentän kokoa saadaan pienennettyä noin 15 – 20 % lataamalla kesäisin kaivokenttää poistoilmasta kerätyllä hukkalämmöllä.

2.3.2. Syvennetyt maalämpökaivot (350..1000 metriä)

Vaihtoehtona alle 350 metrin syvyisten maalämpökaivojen sijoittelumahdollisuuksien laajentamiseksi on maalämpökaivojen syvyyden lisääminen, jolloin yhdestä porakaivosta saadaan enemmän lämpöenergiaa. Kun yksi 350 metrin maalämpökaivo vastaa 3 omakotitalon lämmitysenergiantarvetta, voidaan yhdellä 1 000 metrin kaivolla (500 MWh/a) voidaan kattaa noin 25 omakotitalon (á 20 MWh/a) lämmöntarve.

Helsingin geoenergiapotentiaali -selvityksen mukaan 300 metriä ja 1000 metriä syvien maalämpökaivojen vaikutusalueet 50 vuoden tarkastelujaksolla ovat lähes yhtä suuria, joten maalämpökaivojen syvyyden lisääminen ei vaikuta kaivojen keskinäisiin vaikutuksiin (Helsingin kaupunki 2019). Porakaivojen syventäminen taas johtaa väistämättä useamman kiinteistön yhteiseen ratkaisuun. Alueellisten maalämpöjärjestelmien toteuttamista puoltaa myös se, että alueellisessa järjestelmässä maalämpökaivojen keskinäiset vaikutukset ovat helpommin havaittavissa jo suunnitteluvaiheessa myös naapureiden välillä.

Maalämpökaivojen syventäminen tulee nykyhetkellä kyseeseen erityisesti silloin, kun tontin koko rajoittaa maalämpökaivojen määrän kasvattamista. Käytännössä Helsingin tiiviimmillä alueilla joudutaan aina syventämään maalämpökaivojen pituutta, jotta maaperästä saadaan kerättyä tarvittava lämpöenergiämäärä. Tämä nostaa maalämpökentän hintaa, sillä porauskustannukset €/m kasvavat, kun maalämpökaivon syvyys ylittää 350...400 metriä. Käytännössä maalämpökaivon poraus syvyysvälillä 400...500 metriä on tällä hetkellä noin kaksi kertaa kalliimpaa kuin välillä 0...400 metriä. Seuraavan 100 metrin (syvyysväli 500...600 metriä) porauskustannus on taas kolme kertaa kalliimpi kuin ensimmäiset 400 metriä. Porauskustannukset kuitenkin laskevat koko ajan tekniikan kehittyessä. (Savela 2020a). Syvempien energiakaivojen porauskustannukset tulevat mitä todennäköisimmin laskemaan, kun niiden osalta päästään joukkotuotantoon. (Vähäaho, 2020a)

Pienemmän tilantarpeen lisäksi syvistä maalämpökaivoista saadaan enemmän lämpöenergiaa metriä kohti, sillä maankamaran lämpötila kasvaa syvemmälle mentäessä noin 14 °C/km (Helsingin kaupunki 2019). Tavoitesyvyyttä ei kuitenkaan aina saavuteta, jos esimerkiksi kallio on rikkonainen. Tavoitesyvyyksiin liittyviä epävarmuuksia voidaan kuitenkin poistaa hyvällä kallioperän tuntemuksella. Porattaessa syvempiä maalämpökaivoja tulee huomioida myös mahdolliset maaperässä muodostuvat kaasut, jotka voivat hyvin harvinaisissa olosuhteissa räjähtää. Suomessa on tapahtunut yli 300 metrin poraushankkeissa kaksi kaasuräjähdykseen liittyvää työtatapaturmaa (GTK, 2020).

Helsingin kantakaupungissa yhdenkin maalämpökaivon poraaminen on haastavaa, sillä porauskalustoa ei monissa tapauksissa voida kuljettaa kiinteistöjen sisäpihoille porttikongien ahtauden vuoksi. Lisäksi rakennusten kivijalat ulottuvat usein tontin rajalle, jolloin poraaminen kadun puolelta ei myöskään ole vaihtoehto. Näin ollen maalämpökaivojen syvyyden kasvattaminen ei ratkaise kaikkia haasteita maalämmön toteuttamiseksi Helsingin kantakaupungin alueella. Tämän takia erityisesti kantakaupungissa tulisi etsiä maalämpökaivoille soveltuvia sijoituspaikkoja yleisiltä alueilta.

2.3.3. Geotermiset energiakaivot (1..3 km)

Maalämpökaivojen syvyyden ylittäessä 1 000 metrin rajan voidaan siirtyä termistä ”maalämpö” termiin ”geotermisen energia”, sillä suuri osa saatavasta energiasta on peräisin maan ytimessä tapahtuvasta radioaktiivisten aineiden hajoamisesta.

Geotermisten energiakaivojen energian- ja tehontuotto voidaan laskea lämpöhäviöiden perusteella samaan tapaan kuin maalämpökentissä, joten näihin liittyvät epävarmuudet ovat pieniä. Toistaiseksi suurin kysymysmerkki geotermisten energiakaivojen osalta liittyy alkuihminen suuruuteen ja aikatauluun sekä käytönaikaisiin huolto- ja ylläpitomaksuihin. Esimerkiksi 2 km syvyydestä geotermisestä energiakaivosta saatava lämpöenergian määrä (noin 800 MWh) vastaa noin 100 - 200 kerrostalokaksion lämmitysenergiatarvetta.

Siirtyminen maalämpökaivoista geotermiseen energiaan ei poista kaikkia haasteita. Porauskalusto ei usein mahdu kulkemaan Helsingin kantakaupungin kapeista porttikongeista, joten energiakaivo täytyisi keskusta-alueilla toteuttaa kadun puolelta. Käytännössä tämä sulkisi toisen kais-tan ja poistaisi parkkipaikat pois käytöstä 10 viikon ajaksi noin 30 metrin matkalta. Puistot ke-vyen liikenteen reitteineen ovat potentiaalisia lämpökaivojen sijoituspaikkoja, mutta helpoimmin toteutettavissa olevat sijainnit geotermisille energiakaivoille löytyvät kantakaupungin ulkopuo-lelta, jossa myös maanalaisten tilojen tarve on vähäisempi. Myös projektialueet ja tiiviitkin uudis-kohteet ovat maalämmölle ja geotermiselle energialle potentiaalisia toteutuskohteita.

Suomessa ensimmäinen käytössä oleva yli 1 km geoterminen energiakaivo on Espoon Koske-loon toteutettu 1,3 km syvyinen energiakaivo. Se on otettu käyttöön syksyllä 2019, joten pian käyttökokemusta on vuoden ajalta. Kokemusten perusteella energiakaivosta saadaan lämpöä 800...900 MWh vuodessa ja lämpöteho on 100 kW sisältäen lämpöpumpun sähkönkäytön. Geo-termisen energiakaivon on toteuttanut Qheat Oy. Toimitukseen kuului energiakaivon lisäksi läm-pöpumppulaitteisto. Järjestelmän omistaa kiinteistön omistaja NREP. Tässä kohteessa lämpö hyödynnetään suoraan teollisuushallin oman lämmitystarpeen kattamiseen eikä järjestelmää ole yhdistetty kaukolämpö- tai muuhun alueelliseen verkkoon. Kohteen toteutuksessa ei vaadittu seismologisia mittauksia ja luvitusprosessi sujui hyvin (Niemi, 2020). Sopiva koko hankkeen vaa-timalle tontille on noin 20 m * 25 m alue, jossa rakennusoikeutta on noin 50 m². Lisäksi geotermi-sen energiakaivon ja lämpöpumppulaitoksen väliin jäävää aluetta voidaan hyödyntää myös muu-hun käyttöön. Kuva keskisyvästä reiästä ja lämpöpumppulaitoksesta on esitetty kuvassa 8.



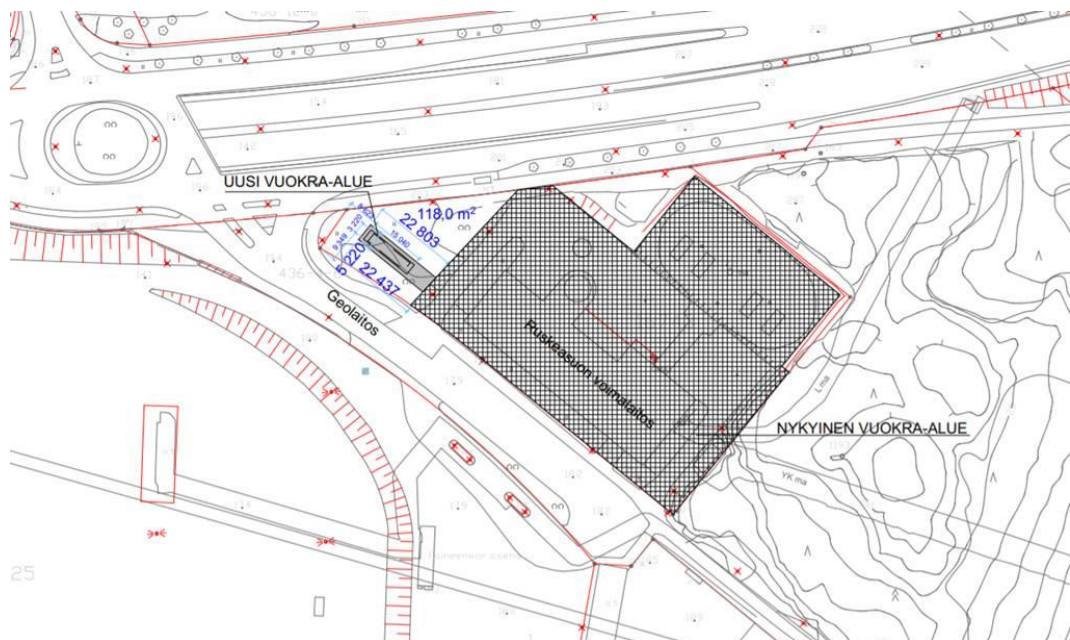
Kuva 8. Espoon Koskelon 1,3 km keskisyvä geoterminen energiakaivo ja lämpöpumppu-laitos. Kuva: Sweco Talotekniikka Oy.

Ensimmäisen onnistuneen kokeilun jälkeen uusia 1...3 km geotermisiä energiakaivoja on ryh-dytty suunnittelemaan myös muualle. Vantaan Energia on toteuttamassa 2 km syvyistä energia-kaivoa Varistoon. Poraukset aloitetaan syksyllä 2020 ja tavoiteaikataulu toteutukselle on 10 viik-koa. Laitos otetaan käyttöön vielä vuoden 2020 aikana. Laitosta hyödynnetään erityisesti Van-taan jätteenpolttolaitoksesta syntyvän ylimääräisen lämmön varastointiin. Kesäisin hukkalämpö varastoidaan maahan ja hyödynnetään talviaikaan kaukolämpöverkon kautta. Energiakaivon hyötysuhde riippuu käytötavasta, mutta tavoitteena on saada varastoinnin avulla 1 400 MWh/a energiaa hyötykäyttöön. Arvioitu lämpöteho on 150 kW sisältäen lämpöpumpun sähkönkulutuk-sen. Vastaavan laitoksen toteutus on hyväksytty myös toisen kaukolämpöyhtiön hallituksessa, mutta tarkemmat tiedot eivät ole vielä julkisia. (Niemi, 2020)

Näiden lisäksi geotermistä energiakaivoa suunnitellaan eräälle tehdasalueelle sekä asuinalue-elle, johon kuuluu kuusi asuinkerrostaloa ja päiväkotia. Molemmat kohteet ovat vielä luottamuk-sellisia, mutta käytännössä molemmissa hankkeissa voidaan puhua alueellisesta ratkaisusta. Tehdasalueella rakennukset ovat tosin saman omistajan, mutta asuinalueella kiinteistöt ovat eri rakennuttajien ja energiakaivon toteuttaminen on lähtenyt eteenpäin tontinluovutusehtojen

kautta. Alueverkko pystytään näiden kohteiden perusteella rakentamaan varsin matalilla investointikustannuksilla hyödyntäen matalalämpöverkkoa (luokkaa 35 °C) sekä talokohtaisia lämpöpumppuja. Huomiona on, että tällä ratkaisuvaihtoehdolla asuinrakennuksiin saadaan jäähdytysratkaisu ”kaupan päälle”. Asuinalueella lisälämmönlähteenä toimii sähkökattila (Niemi, 2020).

Qheatin hankkeiden lisäksi myös Helen Oy suunnittelee 2 - 3 km syvyisen energiakaivon toteuttamista Helsingin Ruskeasuolle nykyisen lämpölaitoksen viereen. Hankkeen kokonaiskustannukseksi on tällä hetkellä arvioitu 2,5 M€ sisältäen geofysikaaliset tutkimukset, suunnittelun, lämmönkeruuputkiston, lämpöpumppulaitoksen sekä liitännät kaukolämpö- ja kaukokylmäverkkoihin (Vähäaho, 2020b). Tällä toteutushinnalla hanke ei ole taloudellisesti kannattava, mutta ajatuksena on, että toteutushintaa saadaan pilottien kautta pudotettua tulevaisuudessa. Ruskeasuolle tulevalle geotermiselle laitokselle on vuokrattu 118 m² suuruinen tontti (Vähäaho, 2020c). Energiakaivo sijoitetaan rakennukseen, jonka mitat ovat noin 15 m * 3 m. Tontti on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Helen Oy:n suunnittelema 2 – 3 km energiakaivon sijainti, ”uusi vuokra-alue”. Laitokselle vuokrattu tontti on vain 118 m² (Vähäaho, 2020c).

2.3.4. EGS-voimalaitokset (4..7 km)

Yli 4 km syvillä geotermisillä kaivoilla tarkoitetaan tässä selvityksessä EGS-voimaloita, jotka tavoittelevat syvyydestä riippuen 60..120°C lämpötilaa ja tuottavat energiaa yleensä isoille teollisille kohteille kokonaiselle kaupunginosalle tai kaukolämpöverkkoon. Syväreistä saatava lämmitysenergiämäärä vastaa pienen kaupunginosan lämmitysenergian tarvetta ja voi näin ollen soveltua parhaiten olemassa olevien kohteiden lämmitykseen korvaamaan muuta lämmitysenergian tuotantoa.

Noin 4 km asti poraustekniikkana voidaan käyttää kierto-porausta sekä ilma- ja vesivasaratekniikoita, minkä jälkeen vain kierto-poraus on taloudellisesti kannattavaa. Syvien geotermisten reikien poraus vaatii muutenkin huomattavasti raskaampaa porauskalustoa ja runsaasti työmaan tukitoimintoja. Usein myös syvien kaivojen lämmönsaantia tehostetaan stimuloimalla kallionrakoja. Stimuloinnissa pumpataan korkealla paineella huomattava määrä vettä reikään ja kasvatetaan lämpöä välittävää rakopinta-alaa. Stimulointi indusoi seismisyyttä, joten näissä hankkeissa

tulee etukäteen tehdä indusoidun maanjäristyksen hasardiarviointi, käynnistää tarvittava valvonta ja asettaa toimenpiderajat.

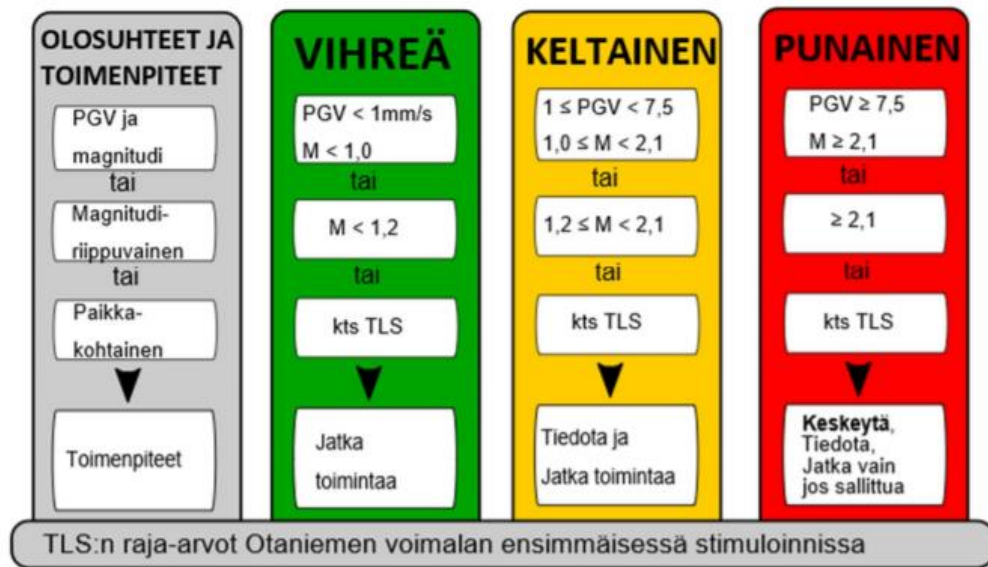
Syvien reikien porauksessa reiän stabiliteettia parannetaan käyttämällä porausveden tiheyttä nostavia lisäaineita kasvavassa määrin syvemmälle poratessa. Näitä lisäaineita voi kulkeutua porareian lävistäviin rakoihin, mutta vain korkeintaan metrejä reiän ympärille. Stimuloinnissa voidaan käyttää sekä rakojen avaumaa ylläpitäviä partikkeleita, jotka jäävät stimuloinnin yhteydessä rakoihin, että kemikaaleja, usein happoja, joilla liotetaan rakotäytteitä avauman kasvattamiseksi. Stimulointi kohdistuu painelinjaa pitkin vain stimulointialueelle, eikä muu ympäristö altistu kemikaaleille. Porauksessa ja stimuloinnissa käytettävien kemikaalien vaikutukset ympäristölle tulee kuitenkin aina arvioida.

Suomen ensimmäinen geoterminen voimala tulee olemaan Espoon Otaniemeen valmisteilla oleva, ST1:n toteuttama, kahdesta 6,1 km syväkaivosta koostuva voimalaitos. Tavoitteena on käynnistää laitos alkuvuodesta 2021. Toistaiseksi investoinnin suuruus on luokkaa 100 M€ ja tavoiteltu lämpöteho on 40 MW. Jatkossa vastaavan voimalan investoinnin oletetaan laskevan noin 60 M€ tasolle (Vähäaho, 2020b).

St1:n toteuttaman EGS-voimalaitoksen saavuttama lämpöteho tiedetään vasta noin vuoden testikäytön jälkeen, jolloin voidaan myös arvioida hankkeen kannattavuutta. Sopiva koko hankkeelle olisi 70 m * 90 m suuruinen tontti, jonka rakennusoikeus on noin 1 600 m², mutta tontin kokoa on mahdollista pienentää lyhentämällä syväreikien ja lämpöpumppulaitoksen välistä etäisyyttä. Toisaalta syväreikien ja lämpöpumppulaitoksen väliin jäävää tilaa on mahdollista hyödyntää myös muuhun käyttötarkoitukseen.

St1:n projektissa on stimuloitu kalliota ensin ensimmäisen porareian ympäriltä, myöhemmässä vaiheessa myös toisen porareian ympäriltä, lopulta yhdistäen stimuloitun rakoverkon kahden reiän väliin. Stimulointi aiheutti satoja indusoituja maanjäristyksiä, joissa magnitudi oli enimmillään M 1,8. Stimulointeihin liittyy riskejä olemassa olevien siirrosten aktivoitumisesta, joka voi johtaa itse stimulointia huomattavasti merkittävämpään maanjäristykseen vakavin seurauksin, mistä johtuen laitosten seimiset riskit tulee arvioida etukäteen ja valvoa stimuloinnin aikana. Kalliossa vapaasti kiertävä lämmönkeruuneste aiheuttaa riskejä myös käytön aikana ja tämän tyyppisten laitosten aiheuttamia indusoituja maanjäristyksiä on valvottava myös käytön aikana ja toiminnan lopettamisen jälkeen.

Otaniemen St1:n syväreian toteuttamiseksi viranomainen (Seismologian instituutti) määritteli niin sanotun liikennevalojärjestelmän (Traffic Light System TLS) indusoituneiden maanjäristysten toimenpiderajoiksi. Järjestelmässä viranomainen asettaa sallitut raja-arvot ja toteuttaja seuraa niiden täyttymistä. Kuvassa 10 on esimerkki liikennevalojärjestelmästä.



Kuva 10. Liikennevalojärjestelmän toimenpiderajat (Uski M. & Piipponen K. (2019).

Laitoksen sijainti kaukana asutusta alueesta voi vähentää stimuloinnista johtuvista indusoiduista maanjäristyksistä aiheutuvaa haittaa, muttei poista siirrosliikunnoista johtuvan vakavan maanjäristyksen riskiä myös kymmenien kilometrien päässä laitoksesta. Vaikka Suomi ei ole seismisesti aktiivista aluetta, voi suuriin siirroksiin tästä huolimatta liittyä merkittävä maanjäristyksen riski, mikäli stimulointi aktivoi siirroksen (Uski & Piipponen, 2019).

Vastaavanlainen EGS-voimala on luvitettu Turun kaupungin alueelle, mutta toteutusta ei ole vielä käynnistetty. Turun hanke odottaa lisätietoja Otaniemen hankkeesta ja poraukset Turussa on tarkoitus käynnistää, mikäli Otaniemessä saavutetaan tavoiteltu lämpöteho. Myös Ruotsin Malmössä on luvitettu vastaava laitos ja testikaivoa ollaan poraamassa (Savela, 2020a).

Turku Energia on solminut ST1:n kanssa aiesopimuksen geotermisestä laitoksesta vuonna 2016 ([Turku Energia ja ST1, 2016](#)) ja kertoo seuraavansa mielenkiinnolla Otaniemen projektin kokeuksia. Niin ikään Tampereen Sähkölaitoksella odotetaan vuonna 2018 TEGS Finland Oy:n kanssa julkaistun Nekalan geolämpöhankkeen siirtymistä toteutusvaiheeseen. Molemmilla paikkakunnilla halutaan kuulla meneillään olevien projektien kokemuksia toteutettavuuden ja riskien arvioimiseksi.

Toistaiseksi EGS-voimaloille ei tarvitse tehdä ympäristövaikutusten arviointia. Helsingin kaupunkiympäristölautakunta päätti 1.9.2020 esittää, että Helsingin kaupunginhallitus esittäisi Ympäristöministeriölle, että jatkossa EGS-voimaloilta vaadittaisiin YVA-menettelyä.

Geotermisissä voimalaitoksissa eli 4..7 km syvyisissä rei'issä tarvittava alkuinvestointi on merkittävästi suurempi kuin muissa maalämmön kokoluokissa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ainoastaan suuremmilla toimijoilla on mahdollisuus lähteä toteuttamaan tämän kokoluokan laitoksia. Toisaalta syvät geotermiset energiakaivot ovat myös energiantuotannoltaan niin suuria, että ne vaativat ympärilleen paljon olemassa olevaa rakennusmassaa eli käytännössä laajan alueellisen lämpöverkon, johon energiaa voidaan syöttää. Suuren etupainotteisen investoinnin vuoksi syvä geotermisen energiakaivo voi olla haastava toteuttaa uudisalueelle, jonka rakentaminen voi kestää vuosikymmeniä.

2.4. Tulevaisuuden näkymät ja aikataulut

Maalämpökaivojen syvyyttä pystytään kasvattamaan ilman porauskustannusten yksikköhinnan nousua arviolta 50 metriä vuodessa, milloin 1 000 metrin syvyyseen, kohtuuhintaisiin maalämpökaivoihin päästäisiin seuraavan 15 vuoden aikana eli vuoteen 2035 mennessä. Aikataulu maalämpökaivojen toteutukselle on kuitenkin hidas peilattuna Helsingin hiilineutraaliustavoitteeseen, joten maalämmön edistämistä täytyisi tukea mahdollistamalla tarvittava tilankäyttö 400..600 metriä syville maalämpökaivoille ja/tai uuden teknologian mukaisia geotermisiä energiakaivoja edistämällä. Useammalla operaattorilla on kuitenkin jo meneillään 800..1000 metriin saakka yltäviä maalämpökaivoja, joten niiden toteuttaminen on mahdollista, vain kustannukset saattavat rajoittaa toimintaa. Syvempien energiakaivojen porauskustannukset tulevat mitä todennäköisemmin laskemaan, kun niiden osalta päästää joukkotuotantoon (Vähäaho, 2020a).

300 metrin maalämpökaivoista koostuvan maalämpökentän lämpöpumppulaitteinen ja vaakavetoineen toteuttaa nykyisin noin 3 – 5 kuukaudessa yhdelle taloyhtiölle. Tämä vastaa keskimäärin noin 500 MWh lämmöntuottoa vuodessa. Alueellisessa maalämpöjärjestelmässä aikataulua saadaan kiristettyä, kun porauskaluston siirtymisille ei tarvitse varata aikaa. Korttelikohtaisia 1000 metrin järjestelmiä voidaan toteuttaa puolessa vuodessa. Viivettä voivat kuitenkin aiheuttaa rakennuspaikalla työskentelevät muut urakoitsijat ja erityisesti lämpöpumpun sijoituspaikka. Jos lämpöpumppua varten tarvittava tekninen tila valmistuu vasta rakennushankkeen lopussa, myös lämpöpumppulaitoksen käyttöönotto viivästyy, vaikka maalämpökaivot olisi toteutettu jo aiemmin (Savela, 2020b).

Maalämpökaivojen osalta porausaikaan vaikuttaa se, porataanko enintään 400 metriä syviä kaivoja vai 1 000 metriä syviä maalämpökaivoja. Lyhyempiä kaivoja saadaan toteutettua noin kaksi kertaa nopeammin kuin syviä. Esimerkiksi suuremman, 100 000 kem² aluekokonaisuuden toteuttaminen maalämpökaivoina olisi mahdollista 400 metrin maalämpökaivoilla alle puolessa vuodessa kuudella porausyksiköllä, kun taas 1 000 metrin maalämpökaivoilla aikaa kuluisi vajaa vuosi. Nopein toteutustapa maalämpökaivoille on sijoittelu rakentamisalueen reunamille, milloin maalämpökaivojen poraamisesta ei aiheudu haittaa rakennustyömaalle ja poraukset toteutetaan 400 – 1 000 metrin syvyisinä vaihtaen porauspaikkaa mahdollisten vaikeuksien ilmetessä ilman suurempaa ongelmanratkomista ko. kaivosyvyiden kasvattamiseksi (Savela, 2020b).

Helsingin kaupungin HNH2035-toimenpideohjelmassa on asetettu tavoitteeksi, että vuonna 2035 maalämmöllä katetaan 15 % Helsingin lämmitysenergiatarpeesta eli maalämmöntuotanto on yhteensä noin 1 000 000 MWh. Jotta tavoitteeseen olisi mahdollista päästä, tulisi 100 000 kem² suuruisia alueita (15 – 20 asuinkerrostalokorttelia) toteuttaa / siirtää maalämmön piiriin seuraavan 15 vuoden aikana yhteensä yli 100 kappaletta. Enintään 400 metriä syvillä maalämpökaivoilla tähän kuluisi yhdeltä toimittajalta noin 35 vuotta, joten jo kolme operaattoria pystyisi toteuttamaan tarvittavan määrän aluehankkeita seuraavan 15 vuoden aikana. 1 000 metrin kaivoilla porausaika venyy pidemmäksi, jolloin operaattoreita tarvittaisiin tuplasti enemmän.

Qheat arvioi yhden 2 km syväkaivon toteuttamiseksi vaadittavan 10 viikkoa aloituksesta käyttöönottoon. Arvio voi olla optimistinen, sillä Koskelossa aloituksesta käyttöönottoon kului aktiivista työaikaa 3 – 4 kk laskutavasta riippuen ja reiän lopullinen syvyys oli 1,3 km. HNH2035-tavoitteen mukaisen 1 000 000 MWh tuottamiseksi tarvitaan noin 1 000 geotermistä energiakaivoa (à 2 km). Jos oletetaan, että 2 km energiakaivojen tekemiseen ja laitoksen käyttöönottoon kuluu 3 kuukautta (toteutuneen ja nykyisen arvion keskiarvo), tarvittaisiin 2 km kaivohankkeita vuodesta 2021 alkaen noin 60 vuodessa, jotta kaivoja olisi riittävä määrä vuoteen 2035 mennessä.

EGS-tason voimaloita tarvittaisiin Helsingin alueelle 3 – 6 kappaletta, jotta 15 % lämmitysosuus saataisiin katettua pelkästään EGS-voimaloilla (syvyys 2 x 7 km). Yhden voimalan toteuttamiseen menee useampi vuosi, jolloin yksi voimala täytyisi toteuttaa noin 3 – 5 vuoden välein, jotta HNH2035-tavoitteeseen päästäisiin.

Taulukko 1. Yhteenvedo eri kokoluokkien energiakaivojen pääkohdista.

<i>Kaivo-syvyys</i>	<i>Komponentit</i>	<i>Kokoluokka</i>	<i>Riskit</i>
<i>0 - 350 m</i>		1 pientalo	Kylmäainevuodot, melko tiukka aikataulu
<i>350 - 1000 m</i>	Porakaivoja (d=15 cm) 15 – 20 m välein, vaakavedot, kokoojakaivot, lämpöpumppulaitos	Pienkerrostalo	Kylmäainevuodot, kaivon taipuminen tontin ulkopuolelle, tiukka aikataulu
<i>1 km - 3 km</i>	Yksi suurempi kaivo, vaakavedot, lämpöpumppulaitos	Kortteli	Taloudellinen kannattavuus, erittäin tiukka aikataulu
<i>4 km - 7 km</i>	Kaksi suurempaa kaivoa, vaakavedot, lämpöpumppulaitos	Helsingin keskiverto kaupunginosa	Taloudellisuus, tehontuotto

**Karkea arvio tarvittavasta maanpäällisestä pinta-alasta laskettuna syvimmän kaivometrin mukaan.*

3. Alueellisten maalämpöratkaisujen toteutettavuus

3.1. Alueellisen maalämpöjärjestelmän toteutusmallit

Alue-energiajärjestelmän toteuttaa ja omistaa yleensä järjestelmän operaattori, jolloin puhutaan ”energiaa palveluna” -mallista. Sopimuskaudet vaihtelevat asiakkaan toiveiden ja kohteen mukaan esimerkiksi 5 – 20 vuoteen. Sopimuksissa on usein mahdollisuus myös aluejärjestelmän lunastamiseen kesken sopimuskauden tai tiettyinä ajanhetkinä, mutta tällöin kaikkien asiakkaiden tulee olla halukkaita ostamaan aluejärjestelmä omakseen sekä huolehtimaan järjestelmän ylläpidosta. Lunastamisen jälkeen aluejärjestelmästä tulee alueen asiakkaiden yhteinen, ja he jakavat järjestelmän omistusoikeuden esimerkiksi prosentiosuuksin. Lunastamisen jälkeen järjestelmän ylläpito voidaan ostaa joko operaattorilta, huoltoyhtiöltä tai kilpailuttaa erikseen. Operaattorimallia suositaan kuitenkin usein rahoituksellisista syistä.

Alueellisissa ratkaisuissa operaattori on vastuussa alueverkon ja siihen kuuluvien komponenttien, lämpöpumppulaitoksen, lisälämmönlähteen ja maalämpökentän toiminnasta. Operaattori ylläpitää aluejärjestelmää ja laskuttaa siihen liittyneitä asiakkaita sopimusehtojen mukaisesti. Laskutus voi olla esimerkiksi kulutusperusteista tai neliöpohjaisesti jyvitettyä. Järjestelmän ylläpidokustannusten nousu voidaan sitoa esimerkiksi kiinteistön ylläpitoindeksin mukaisiin vuotuisiin korotuksiin. Lämpöpumpun käyttämän sähkön hinta voidaan vastaavasti sitoa sähköhinnan nousuun.

Vaihtoehtoisesti aluejärjestelmä voidaan toteuttaa siten, että kiinteistöt omistavat järjestelmän alusta alkaen. Tällöin järjestelmän ylläpito on kiinteistöjen vastuulla, mutta usein joko järjestelmän toimittaja, alueellinen huoltoyhtiö tai erikseen kilpailutettava operaattori jää huolehtimaan ylläpidosta. Tällöin järjestelmän ylläpito ja energiankulutus laskutetaan operaattorin toimesta esimerkiksi omistussuhteiden ja/tai energiankulutuksen suhteessa. Tämä vaihtoehto vaatii suurta alkuinvestointia kiinteistöiltä, kun taas ”energiaa palveluna” -malleissa alkuinvestointi on usein pienempi ja tuotto kerätään vuotuisten käyttömaksujen kautta.

3.2. Alueellinen maalämpöjärjestelmä liiketoimintana

Alueellinen järjestelmä on aina etukäteisinvestointia ja business casen rakentamista vaativaa liiketoimintaa. Huomion arvoista on erityisesti se, että energialiiketoimintaa harjoittava toimija tarvitsee sijoitetulle pääomalle huomattavasti suuremman tuoton kuin maalämmön takaisinmaksu-aikalaskelmissa on totuttu pääoman korkona käyttämään. Käytännössä tämä tarkoittaa, että maalämpö kiinteistön omana järjestelmänä on edullisempi kiinteistön omistajalle kuin operaattorin kautta hankittuna, mutta vaatii suurta alkuinvestointia omistajalta.

Energialiiketoiminta on palveluliiketoimintaa eli investoinnin avulla saadaan tasainen jatkuva kasvavirta. Onnistunut business case vaatii konseptin, joka on teknisesti ja siten taloudellisesti kilpailukykyinen asiakkaan vaihtoehtoihin nähden. Perinteisten kaukolämpöyhtiöiden lisäksi markkinoilla on myös muita, useammassa kaupungissa toimivia ”energiaa palveluna” -tarjoavia operaattoreita, muun muassa St1, Adven sekä Auris Energiapalvelut tarjoavat kiinteistökohtaisia sekä alueellisia energiaratkaisuja, jotka perustuvat maalämmön hyödyntämiseen. Toiminta on

selvästi kasvussa, esimerkiksi Auris Energiapalvelut on halukas kasvattamaan energian myyntiin liittyvää liiketoimintaa, sillä kaasuliiketoiminnan nähdään pitkällä aikavälillä vähenevän (Kunigas, 2020). Auris Energiapalvelut käyttävät kumppaneita ja tekevät pääosin 5 – 10 vuoden sopimuksia ilman asiakkaan investointia. Vuonna 2020 Auris Energiapalvelut ostivat osan keskisyviä geotermisiä energiakavioja tekevästä Qheatistä. Tavoitteena on, että asiakas ostaa lämpöä palveluna Qheatin toteuttamasta reiästä, jolloin Auris Energiapalvelut toimii investorina, järjestelmän operaattorina ja lämmön myyjänä. St1 ja Adven tarjoavat tällä hetkellä pääasiassa maalämpökaivoihin perustuvia ratkaisuja.

3.3. Operaattoreiden edellytykset aluejärjestelmän toteuttamiselle

Alueellisen maalämpöjärjestelmän suurimpana taloudellisena ja mitoitusta ohjaavana hyötynä nähdään erilaisten kiinteistöjen eriaikainen energiankulutus, milloin maalämpökentän kokoa pystytään pienentämään. Haasteena nähdään, että suuruuden ekonomia ei esimerkiksi asuin kerros-taloalueilla välttämättä päde kuin maalämpöpumppulaitokseen ja sen asennustyöhön.

Aluelämpöverkon ja maalämmön keruulinjojen rakentaminen lisää investointia, ja voi pahimmassa tapauksessa ylittää muista osioista saadut kustannushyödyt. Tällöin kiinteistökohtainen ratkaisu voi olla edullisempi toteuttaa kuin alueellinen, mutta kysymykseksi jää, pystytäänkö kiinteistökohtaisessa ratkaisussa sijoittamaan kaikille kiinteistöille riittävä määrä maalämpökaivoja tontin sisäpuolelle minimietäisyysvaatimukset huomioiden? Tähän vaikuttaa myös poraustekniikan kehityksen nopeus, sillä maalämpökaivot mahtuvat koko ajan pienemmälle ja pienemmälle tontille, kun kaivojen syvyyttä on pystytty kasvattamaan viimeisen 10 vuoden aikana jo noin 200 metriä.

Maalämpöä ja geotermistä energiaa hyödyntäviin ratkaisuihin liittyvä alkuinvestointi on merkittävä, minkä vuoksi porattavalle alueelle ei haluta ylimääräisiä rasitteita. Mikäli alueella on esimerkiksi varaus maanalaiselle rakenteelle, ei alueelle haluta toteuttaa porakaivoja, ellei porakaivojen käytölle pystytä lupaamaan kymmenien vuosien käyttöaikaa. Tämä johtuu siitä, että energiakaivojen käyttöikä on vähintään 30 vuotta ja takaisinmaksuaika usein 10 – 20 vuotta. Tähän liittyvää riskiä on Helsingin kaupungissa helpotettu sillä, että kaupunki korvaa järjestelmän teknisen arvon, jos alue täytyy ottaa muuhun käyttöön. Kolmas osapuoli määrittää järjestelmän teknisen arvon, joka voi kuitenkin poiketa kiinteistön omistajan saamasta käyttöarvosta. Nykyisten käytäntöjen mukaan maalämpöjärjestelmän teknistä arvoa ei kuitenkaan korvata kallioresurssi-alueilla.

Monimuotoisen kaupunkirakenteen ja tontin rasitteiden lisäksi tärkeänä osana alueen kiinnostavuutta nähtiin alueen rakentajien sitouttaminen alueelliseen maalämpöjärjestelmään. Operaattoreiden välillä on kuitenkin eroja riskinsietokyvyssä. Osa operaattoreista halusi, että kaikki asiakkaat ovat sitoutuneita aluemaalämpöjärjestelmään ennen toteuttamista. Toiset taas näkivät osittaisen sitoutumisen olevan riittävää. Ehdotuksena oli, että kaupunki toteuttaisi alueratkaisun omiin vuokrataloyhtiöihinsä, jolloin kaupunki olisi ainoa omistaja ja samalla ainoa sopimuskumppani alueoperaattorin kanssa.

Lisäksi ehdotettiin, että alueratkaisut voitaisiin pilkkoa pienempiin, esimerkiksi kortteleiden kokoi-siin, osiin, milloin ratkaisu toteutettaisiin samanaikaisesti rakentamisen yhteydessä. Tässäkin mallissa haasteeksi nähtiin, että samalla korttelilla voi olla useampia rakennusliikkeitä ja sopimusten laatiminen monen osapuolen kesken on haasteellista. Toisaalta myös rakennusliikkeet haluavat pitää päätöksenteon mahdollisimman yksinkertaisena, jolloin usean eri toimijan kanssa sopimusten laatiminen ei ole heille kiinnostava vaihtoehto, ellei aluejärjestelmän avulla saada merkittäviä hyötyjä rakennuttajan alkuinvestointiin esimerkiksi rahoitusinstrumenttien tai sopimusteknisin keinoin.

Vaikka alueellisen maalämpöjärjestelmän pilkkominen yksittäisiksi kortteliratkaisuiksi ei olisi mahdollista, tulee kiinnittää huomiota alueen rakentamisen vaiheistukseen. Liian suurella vaiheistuksella operaattorin maksettavaksi tulevat alkuiinvestointiin liittyvän riskin lisäksi suuret pääomakustannukset. Tämä rajaa potentiaalisten toimittajien määrää, sillä vain suuret toimijat pystyvät maksamaan korko- ja lyhennysmaksut sekä ottamaan vaadittavan riskin.

Operaattoreiden näkökulmasta nähtiin tärkeänä, että vaihtoehtoja rakennusten energiantuotannolle ei rajata liiaksi. Tämä koskee erityisesti pientaloalueita, joissa yksityisomistajien vaihtoehtojen rajaaminen voi tuoda negatiivisia tunteita tulevaa operaattoria kohtaan. Näin ollen soveltuvien ohjauskeinojen pohtiminen on ensiarvoisen tärkeää ja toisaalta operaattorin haasteeksi jää luoda alueellisesta maalämpöjärjestelmästä taloudellisesti kiinnostava vaihtoehto.

4. Maalämmön alueellisten energiaratkaisujen edistäminen osana kaupunkikehityshankkeita

Maankäyttö- ja rakennuslaki ei sisällä enää säännöstä siitä, että kunta voi kaavoituksella ohjata rakennusten lämmitysmuodon valintaa. Maankäyttö- ja rakennuslaki sisälsi aiemmin säännöksen, jonka mukaan asemakaavassa voitiin antaa määräys rakennuksen liittämistä kaukolämpöverkkoon (57 a §, kumottu lailla 873/2018). Säännöksen liittyi vahvasti kilpailuoikeudellisia ulottuvuuksia, jotka vaikuttivat maanomistajan tai -haltijan valinnanvapauteen sekä yrittäjien kilpailuvapauteen. Korkein hallinto-oikeus otti myös kantaa säännöksen tulkintaan antamassaan vuosikirjaratkaisussa KHO 2017:48. Ratkaisussaan korkein hallinto-oikeus totesi säännöksen nojalla annetun asemakaavamääräyksen rajoittavan rakennushankkeeseen ryhtyvän vapautta valita rakennuksensa lämmitysjärjestelmä. Säännöksen kumoamista koskevan lain perusteluissa on todettu, että rakennusten energiatehokkuusvaatimusten tiukennukset sekä muiden energiatehokkaiden lämmitysmuotojen kehitys ja suosion kasvu ovat ohjanneet rakennusten energiatehokkuutta merkittävästi parempaan tasoon. Lisäksi säännöksen kumoamisella arvioitiin olevan myönteisiä vaikutuksia yritysten väliseen kilpailuun sekä edistävän kuluttajien mahdollisuuksia valita itselleen sopiva lämmitystapa, joka tukee lämmitysmarkkinoiden vapaata kilpailua (HE 79/2018 vp, s.3–4).

Kunnilla ei siis ole mahdollisuutta ohjata rakennusten yksityiskohtaista lämmitysmuodon valintaa suoraan kaavoituksella, kun huomioidaan lämmitysmarkkinoiden perustuminen vapaalle kilpailulle ja kuluttajien vapaus valita sopiva lämmitysmuoto. Tilanteen muuttaminen edellyttäisi lain-säädännön muutosta. Kun huomioidaan MRL 57 a §:n kumoavan säännöksen perustelut ja asiaan liittyvän korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisu sekä rakennusten energiatehokkuutta koskeva sääntely, kynnys oikeustilan muuttamiselle sen suhteen, että kaavoituksella voitaisiin suoraan ohjata rakennusten lämmitysmuodon valintaa, vaikuttaa olevan varsin korkealla. Näin ollen alueellisten maalämpöjärjestelmien toteutumista voidaan kaavoituksen kautta edistää pääasiassa mahdollistamalla tarvittavien järjestelmien sijoittaminen kaava-alueelle sekä huomioimalla niiden vaatimat tilavaraukset kaavoituksessa ja yhdyskuntateknisessä suunnittelussa. Kaupunki voi kuitenkin maankäyttösopimusten ja tontinluovutussopimusten yhteydessä asettaa vaatimuksia esimerkiksi rakennusten E-luvulle ja tätä kautta välillisesti ohjata lämmitystuotantomuodon valintaa. Lisäksi kaavoituksen yhteydessä voidaan määrätä selvittämään alueellisen maalämpöratkaisun soveltuvuutta asemakaava-alueella.

4.1. Maalämmön huomiointi kaavoituksessa

Yleiskaavan tarkoitus on osoittaa kunnan tahtotila sen alueiden käytön järjestämiseksi sovittaen yhteen niitä paikallisia intressejä, joita alueiden käyttöön kohdistuu. Oikeusvaikutteinen yleiskaava ohjaa asemakaavoitusta ja tukee kunnan tavoittelemaa kehitystä. Siten alueellisen maalämmön edistämistä on esitettävä jo yleiskaavatasolla. Yleiskaavan tulee kestää aikaa asema-

kaavoitusta pidempään ja siten sitä tulee voida tulkita joustavasti. Liian yksityiskohtainen yleiskaava johtaa nopeastikin muutostarpeisiin ja toisaalta turhan yleispiirteinen jättää tärkeitä asemakaavoituksen lähtökohtia avoimiksi ja ohjauksen vajaaksi.

Asemakaavamääräykset ovat julkisoikeudellisia julkisen vallan ja yksityisten välisten oikeussuhteiden määräyksiä. Yksityisten keskinäisistä oikeussuhteista ei kaavalla sen sijaan voida sitovasti määrätä. Kaavamääräysten tulee liittyä rakentamiseen taikka rakennusten tai alueen käyttämiseen. Määräys, jonka antamisella on jokin muu peruste, on asemakaavaan kuulumaton. Tästä syystä maalämmön toteuttamiseen voidaan määräämisen sijaan ainoastaan myötävaikuttaa. Koska kaavamääräyksillä on oikeudellisia vaikutuksia, ne on voitava tulkita ilman vaikeuksia. Kaavamääräysten vaikutukset maankäyttöön, ympäristöön ja rakentamiseen on myös voitava todeta täsmällisesti. Informaatiotarkoituksessa kaavakartalle voidaan kaavamääräysten ja niitä kuvaavien merkintöjen selitysten lisäksi esittää esimerkiksi aluetta koskevia erityistietoja tai kehittämistavoitteita.

4.1.1. Toteutuneet ja toteutuksessa olevat kohteet sekä kaavallinen ohjaus

Hankkeen alussa selvitettiin, miten muissa Suomen yli 100 000 asukkaan kaupungeissa on huomioitu erityisesti maalämmön edistäminen osana yleis- ja asemakaavoitusta. Vastaus saatiin Lahden, Oulun, Espoon ja Vantaan kaupungeilta. Kyselyn ja tehdyn taustatutkimuksen perusteella voidaan todeta, että toistaiseksi kaavallinen ohjaus alueellisiin tai kiinteistökohtaisiin maalämpöjärjestelmiin on vähäistä ja lähinnä erilaiset maalämpökaivojen sijoitusvaihtoehdot mahdollistavaa. Pelkästään maalämpöön liittyvää kaavallista ohjausta on toistaiseksi toteutettu vain Oulussa ja Espoossa, sillä useimmiten toteutuneissa kohteissa kaavamääräykset ovat laajoja koskien yleisesti uusiutuvaa energiaa.

Oulun kaupungin toimeksiantona Geologian tutkimuskeskus on laatinut Oulun geoenergiapotentiaalin kartoitus -selvityksen vuonna 2013 (Geologian tutkimuskeskus, GTK 2013). Selvityksen pohjalta Uuden Oulun yleiskaavassa on suositustyyppinen yleismääräys maalämmön hyödyntämisestä. Tiedossa ei ole yhtään asemakaavakohtetta, jossa maalämpöä olisi käsitelty kaavamerkinnoissa tai -määräyksissä Oulun kaupungissa.

Espoossa kaavamääräyksillä on haluttu parantaa maalämmön hyödyntämismahdollisuuksia energiantarpeen kattamisessa. Espoon kaupunki on laatinut asemakaavoja, joissa maalämmön osalta toistuu samankaltainen määräys. Maalämpökaivojen sijoitusalueita on laajennettu tontin rajautuessa virkistysalueeseen tai katuun seuraavin ehdoin: "Tontin rajautuessa virkistysalueeseen, maalämpökaivot voidaan sijoittaa tontin ja viheralueen rajalle. Maalämpökaivoja voidaan porata myös viistosti virkistysalueen alle maanomistajan tai -haltijan sijoitusluvalla. Tontin rajautuessa katuun, maalämpökaivoja voidaan sijoittaa tontin ja katualueen rajalle maanomistajan tai -haltijan sijoitusluvalla, mikäli etäisyys kadun keskikohdasta maalämpökaivoon on vähintään 8 metriä. Energiantuotannosta ei saa jäädä näkyvää jälkeä alueelle, eikä se saa haitata alueen pääasiallista käyttötarkoitusta tai kadun ylläpitoa" (Espoon kaupunki 2016). Suurpelto III-kaava-alueella ei kuitenkaan tietävästi ole hyödynnetty kaavamääräyksen sallimaa sijoittelua tontin ulkopuolelle.

Espoon Niittykalliossa on toteutettu kolmea rakennusta palveleva maalämpöjärjestelmä, jossa rakennusten keskellä sijaitseva uusi tekninen tila palvelee kaikkia rakennuksia. Kohde sijaitsee Länsimetron välittömässä läheisyydessä, maalämpökaivot on toteutettu 600 metrin syvyisinä ja niitä on porattu myös vinosti metroaseman alle. Asemakaavamääräyksiin on kirjattu: "Tontin rajautuessa virkistysalueeseen, maalämpökaivot voidaan sijoittaa tontin ja virkistysalueen rajalle (Espoon kaupunki 2017). Maalämpökaivoja voidaan porata myös viistosti virkistysalueen alle

maanomistajan sijoitusluvalla. Energiantuotanto ei saa haitata virkistysalueen puustoa tai muuta virkistysalueen käyttöä”. Espoossa edellytetään myös naapurin kirjallista suostumusta tonttiyksikön kautta haettuna. Myös kaupunkitekniikan keskus antaa lausunnon hankkeesta.

Espoossa ei olla sallittu puiston/kadun alle vinoon poraamista ilman kaavamääräystä. Myöskään puisto-/katualueelle poraamista ei olla sallittu ilman kaavamääräystä. Näille alueille annettua suositusetaisyudesta (4 m) on saatettu poiketa, jos asiaa on tutkittu tarkemmin. Haasteita ovat tuottaneet porausalueiden lähellä oleva tai tuleva muu kunnallistekniikka, pohjaolosuhteet, suojellut eliölajit, kadun tai puiston rakenteiden ja korkeusasemien yhteensovitus, kaavamuutokset sekä maanalainen rakentaminen. Maalämpökaivoja salliessa tuleekin muistaa, että maanalaiset rakentamissuunnitelmat virkistysalueilla ovat ristiriidassa maalämpökaivojen toteuttamisen kanssa, ellei niitä suunnitella etukäteen yhdessä.

Espoon Koskelossa QHeat on toteuttanut geotermisen maalämpölaitoksen, joka hyödyntää lämpöä 1,3 kilometrin syvyydestä. Alueen voimassa oleva asemakaava on vuodelta 1993 eikä siinä oteta kantaa maalämpöön. Laitos sijaitsee T-1 eli teollisuus- ja varistorakennusten korttelialueella.

Vantaalla Varistossa Vantaan Energia rakentaa geotermisen maalämpölaitoksen. Energia ohjataan kaukolämpöverkkoon ja myydään kiinnostuneille asiakkaille. Lämpökeskuksen toteuttaa QHeat ja lämpökaivojen syvyys tulee olemaan noin 2 kilometriä. Ratkaisu soveltuu myös energiavarastoksi, jolla voi tasata energian kausivaihtelua. Laitos sijaitsee Variston lämpökeskuksen tontilla, joka on asemakaavassa merkitty ET-alueeksi eli yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten korttelialueeksi.

4.1.2. Helsingin yleiskaavojen nykytilan suhde maalämmön edistämiseen

Yleiskaavan oikeusvaikutteisuus koostuu kaavakartasta merkintöineen ja määräyksineen, joilla asiat saadaan osapuolia sitoviksi velvoitteiksi tai rajoitteiksi. Halutessa voidaan erilaisia suosituksia kirjoittaa myös kaavakartalle ja useimmin kaavan selostukseen kuvailemaan visiota tai ohjeistamaan toteuttamista. Kaavamerkintöjen keinovalikoima alueellisen maalämmön edistämiseen on laaja. Kehittämistavoitteiden, alueiden ominaisuuksia kertovien, varsinaisten käyttötarkoitusten ja ympäristömuutosta kuvaavien merkintöjen kirjosta on tässä kappaleessa poimittu kaupungissa totuttujen tapojen mukaisesti merkinnät alueellisen maalämmön toteuttamisen tarpeisiin. Kaavamääräyksiä kunta voi merkintöihin liittää niin suunnittelu- kuin rakentamismääräyksiä.

Helsingin yleiskaavan ruuduista muodostuvat alueet kuvaavat maankäytön pääkäyttötarkoitusta. Sen kaikille alueille saa sijoittaa yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevia tiloja ja laitteita sekä energiantuotantoon liittyviä laitoksia. Tämä ei estä, mutta ei laajasti edistäkään alueellisten maalämpöratkaisujen toteutumista.

Koska yleiskaavan määräyksissä todetaan, että rakennettavien ja rakennettujen alueiden aluevarauksiin sisältyvät seudulliset energia- ja vesihuoltoverkostot ja -laitokset suoja-alueineen, niin toki seudullista tasoa lievempänä, alueellisen maalämmön laitoksia voidaan sijoittaa kaavamerkinnöistä riippumatta kaikkialle.

Helsingin vireillä oleva maanalainen yleiskaava osoittaa suurten ja merkittävien tilojen ja yhteyksien tilavaraukset periaatteellisina ja yleispiirteisinä. Kaavan määräyksissä sallitaan maalämmön hyödyntäminen kohteissa, joissa maalämpökaivojen poraaminen ei ole ristiriidassa nykyisten tai suunniteltujen maanalaisten varausten eikä maanpäällisten arvojen tai maankäytön kanssa.

Maanalaisia tiloja kehitetään monipuolisesti ja suunnitelmallisesti kokonaisuuksia eri toimintoja yhdistäen.

Helsingissä on yleiskaavan ja maanalaisen yleiskaavan lisäksi vajaa kymmenkunta voimassa olevaa tai ehdotusvaiheessa olevaa tarkempaa osayleiskaavaa.

Yksityiskohtainen osayleiskaava on hyvä työkalu suunniteltaessa uusia alueita tai alueita, joiden käyttötarkoitusta halutaan muuttaa. Aluevaraukset ja mittakaavat ovat osayleiskaavassa tarkoituksenmukaisemmat ratkaisujen esittämiseen kuin maankäytön esittäminen suoraan asemakaavalla. Osayleiskaava on hyvä väline mm. asemakaavoitusta edeltävän liikenneratkaisujen ja katu- ja järjestelyiden tutkimiseen. Myös uudisrakentamisen mitoitus, jopa korttelien rakennusoikeus sekä sen jakautuminen eri käyttötarkoituksiin ja pysäköintinormit, ovat yleiskaavallisesti usein mielekkäämpiä tarkastella.

Osayleiskaavalla voidaan edistää alueellista maalämpöä laatimalla sitä koskevat yleiskaavamerkinnot ja -määräykset siten, että ne antavat konkreettiset reunaehdot asemakaavoitukselle. Tarvittaessa voidaan käyttää myös asemakaavamerkintöjä, mutta määräykset on muotoiltava yleiskaavan ohjausvaikutuksen mukaiselle tasolle.

Osassa Helsingin osayleiskaavoista on yleisenä määräyksenä käytetty lauseita: *”Rakentamisessa ja yhdyskuntateknisessä huollossa on suosittava energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä menetelmiä, rakenteita ja materiaaleja. Uusiutuvien energiamuotojen käyttöä tulee edistää.”* (mm. Hernesaaren OYK ja Vartiosaaren OYK-ehdotus), jotka osaltaan kannustavat myös alueellisiin maanlämpöratkaisuihin. Kruunuvuorenrannan osayleiskaavan A-, AK-, AK1- ja AP1-alueiden määräyksissä on huomioitu, että aluetta kehitetään lisäksi alueelle tarpeellisen yhdyskuntateknisen huollon käyttöön. Jätkäsaaren osayleiskaavassa on em. lisäksi, että LS/TP-alueelle salitaan satama- ja työpaikkatoimintojen lisäksi yhdyskuntateknisen huollon tiloja. Myös muun muassa Keski-Pasilan C ja C-1 -alueelle on mahdollista toteuttaa rakentamista tarpeellisen yhdyskuntateknisen huollon käyttöön. Sörnäistenrannan osayleiskaavassa on käytetty myös varsinainen EN- eli energiahuollon alueen merkintää sekä toteutumisen vaiheistusta kuvattu ”voimassa kunnes toinen vaihe toteutuu”. Alueellista maalämpöä voi jo nyt toteuttaa myös Hernesaaren osayleiskaavan P/TP-alueille ympäristöhäiriötä aiheuttamattomana tuotantona. Useissa osayleiskaavoissa on merkintöjen osalta kirjoitettu vain merkinnän kuvaukset eikä lainkaan määräyksiä, joten alueellisille maanlämpöratkaisuille ei ole estettä, kun se ei hankaloita alueen pääkäyttötarkoitusta.

4.1.3. Ehdotuksia yleiskaavamerkinnöiksi ja -määräyksiksi

Vahvin keino on varata yleiskaavaan sopivia yhdyskuntateknisen huollon alueita tai osoittaa kohdemerkinnöin sijainteja, jotka on varattu ensisijaisesti maalämpötuotantoon. Kun Helsingin yleiskaavaa 2016 uusitaan, on tarkoituksenmukaista siinä prosessissa vahvistaa merkintöjä ja määräyksiä kohti hiilettömiä energiamuotoja tehtyjen päätösten mukaisesti. Mikäli yleiskaavan uudistamiselle ei nähdä muutoin tarvetta, voidaan aloittaa Helsingin vaiheyleiskaavan laadinta niin sanottuna energiakaavana. Vireillä olevaan maanalaiseen yleiskaavan yleispiirteisyys ei tue tarkkojen aluevarausten osoittamista maalämpökaivoille, eikä alue- tai kohdemerkintöjen osoittamisen vaatima selvitystyö ole koko kaupungin mittakaavassa järkevää. Maanalaiseen yleiskaavaan suositellaan lisättävän kehittämisaluemerkintä ja -määräys (kuva 11) kaupungin yleiskaavan mukaisille uudis- ja täydennysrakentamisen alueille, jotka sijaitsevat kantakaupungin ulkopuolella.

muovata vastaavasti oman kehittämismerkinnän määräyksineen. Esimerkiksi *"Alueelle on laadittava alueellisen maalämmön selvitys, jossa määritellään tarkemmin ne alueet ja toimenpiteet, jotka ovat tarpeen alueellisen maalämpöratkaisun edistämiseksi asemakaavoituksella. Rakennukset tulee sijoittaa asemakaavassa siten, että ne eivät heikennä alueellisen maalämpöratkaisun käyttöä."*

4.1.4. Ehdotuksia asemakaavamerkinnöiksi ja -määräyksiksi

Kaavamerkintöjen laaja valikoima antaa monipuoliset mahdollisuudet alueellisen maalämmön edistämiseksi. Tässä kappaleessa esitellään keinovalikoimaa, mitä asemakaavatasolla tulee ilmetä, jotta alueellinen maalämpöratkaisu voidaan toteuttaa ja miten siihen voidaan ohjata.

Kun on tiedossa alueellinen maalämpöratkaisu, voidaan energiakeskukselle sekä lämpöpumpuille varata kaavaan oma erillinen yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten korttelialue. Yleisesti ET-merkinnällä osoitetaan tietoliikenteen, yhdyskuntateknisen huollon rakennusten ja laitosten, kuten voimaloiden, vedenottamoiden, vedenpuhdistamoiden ja niihin liittyvien jätteidenkäsittelylaitosten alueet. Myös palo- ja pelastusasemat osoitetaan tälle korttelialueelle. Merkintää voi käyttää myös, kun toteuttajana on yksityinen taho. Energiahuollon korttelialueen EH -merkinnällä osoitetaan energiatuotanto- ja muuntamoalueet silloin, kun ne on tarpeen osoittaa erikseen. Pienehköt varavoimat voidaan sijoittaa myös ET-alueelle. Alueen sijainnin tai ympäristövaikutusten takia on usein syytä ilmaista, että on kysymys maalämmön tuottamisesta. Vähäinen asuntoalueen omaan tarpeeseen tarkoitettu asuntokorttelin yhteinen energiakeskus tai lämpöpumppu ilmaistaan joko merkinnällä AH eli asumista palveleva yhteiskäyttöinen korttelialue tai palveluja ilmaisevalla P-merkinnällä, mikäli tarkoitus on varata alue asuntoalueen sisällä näitä toimintoja hoitavaa kaupallista toimijaa varten. Kaavamääräyksellä voidaan sallia osa (yleensä enintään 50 %) korttelialueesta käytettäväksi myös muuta kuin pääkäyttötarkoitusta varten, kuten esimerkiksi alueellista maalämpökeskusta. Maalämpöratkaisun tarvitsemat laitteet on rakennussuunnitteluvaiheessa siten mahdollista joko integroida rakennukseen tai rakentaa tontille erillisenä.

Rakennusoikeuden kirjoittamisessa tulee huomioida kirjoittamistapa. Siten, että energiakeskukselle ja lämpöpumpuille sallitun kerrosalan rakentamatta jättäminen ei mahdollista tilan rakentamista muuhun käyttötarkoitukseen (esimerkiksi: "Luku osoittaa neliömetreinä, kuinka suuren osan rakennuksen alimmasta kerroksesta (I) saa kerrosalaneliömetreinä ilmoitetun kerrosalan lisäksi osoittaa alueellisen maalämpöratkaisun tarvitsemiin tiloihin" ja asemakaavan muutoksen kohdalla esimerkiksi: "Edellinen luku ilmaisee olemassa olevan, säilytettävän kerrosalan, jäljimmäinen luku osoittaa sallitun uuden kerrosalan alueellisen maalämmön toteuttamiseen").

Jos taas kaavaprosessin edetessä ei ole saatu varmuutta siitä, millaiseen alueelliseen maalämpöratkaisuun oltaisiin päätymässä, on mielekkäämpää varata energiakeskukselle ja muille rakenteille osa-alue muulta pääkäyttötarkoitukselta. Esimerkiksi yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten korttelialueen päämaankäyttömuodon tunnuskirjaimia ET voidaan käyttää tällaisen osa-alueen kirjaintunnuksina. Siten muun pääkäyttötarkoituksen korttelialueella voidaan muodostaa rakennusala merkinnällä et eli yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevan rakennuksen rakennusala. Käyttötarkoituserkintä voidaan tarvittaessa varustaa numeroindekseillä ja silloin määräys koskee vain kyseessä olevalla käyttötarkoituserkinnällä ja numerolla osoitettuja alueita. Helsinki voi ottaa myös käyttöön oman pienten kirjainten yhdistelmän osa-alueelle, joka on tarkoitettu nimenomaan maalämmön tarpeisiin eikä yleisesti yhdyskuntatekniikkaan.

Korttelin pääkäyttötarkoituksen ollessa esimerkiksi teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue, voidaan korttelin sisälle osoittaa erikseen osa-alue myös ohjeellisella sijoittelumerkinnällä. Jos

alueellisen maalämmön tekniset laitteet on tarkoitus rakentaa katu- tai torialueelle, tulee rakennuslupakirjasta paitsi käyttötarkoitus (et, ykt, amk...) myös rakentamisen määrä neliöinä.

Energiakeskuksen voi toteuttaa hyvin myös suojaviheralueelle, jolla osoitetaan sellaiset lähinnä liikenneväylien varrella olevat viheralueina säilytettävät alueet, joiden tarkoituksena on pääasiassa suojata muita alueita liikennemelulta ja joita ei sijaintinsa takia voida käyttää virkistysalueina. Rakennusalan sijoittamisessa EV-alueelle on tarpeen mukaan annettava yksityiskohtaisempia määräyksiä esimerkiksi puuston säilyttämisestä tai istuttamisesta sekä mahdollisista mellesteistä energiakeskuksen lisäksi tai jatkeeksi.

Helsingin kaupungilla on oikeus lunastaa yleinen alue tai sellainen yleisten rakennusten tontti, joka asemakaavassa on osoitettu kunnan tarpeisiin. Vahvin pääkäyttötarkoitus on tällöin julkisten palvelujen korttelialue. Y-merkinnän käytöllä voidaan varmistaa palvelujen toteutuminen alueella, kun tiloja osoitetaan pääasiassa kunnan ylläpitämiä julkisia palveluja varten. Tämä sulkee pois yksityiset palvelun tarjoajat, joten asia pitää sallia määräyksissä erikseen. Myös Y-korttelissa energiakeskuksen rakennuslupakirjasta pitää kirjata paitsi käyttötarkoitus myös rakentamisen määrä neliöinä.

Usein asemakaava-alueella on tilan puutetta ja voi olla vaikeaa osoittaa alueita alueellisen maalämmön tarpeisiin. Kaavamerkintänä osa-aluemerkintää voidaan käyttää myös koskemaan maanalaisia tiloja. Pääsääntöisesti tulisi tällöin maanpäällinen alue osoittaa maanalaisen muokaiseksi korttelialueeksi (esim. ET), tontin muodostuksen ja kiinnityksen vuoksi. Jos maanalaisen energiakeskuksen tai lämpöpumppujen maanpäällinen osa on tarkoituksenmukaista säilyttää esimerkiksi luonnontilassa, niin ET-korttelialuemuokaisessa voidaan kirjata tämä ja sallia sijoittaa rakentamista vain maanalaisiin tiloihin. Helsingissä Katri Valan puisto on asemakaavan pääkäyttötarkoituksella varattu puistoksi (VP) ja maanalaisin osa-aluevarauksin puiston alaista tilaa käytetään paitsi väestönsuojana myös lämpöpumppulaitoksen tarpeisiin (Vähäaho 2019).

Maankäyttö- ja rakennusasetuksen 47.2 §:n mukaan liikennealueelle ei saa rakentaa rakennusta, joka ei sovellu alueen tarkoitukseen. Alueellisen maalämmön maanalaiset reiät eivät ole lain tarkoittamia rakennuksia. Liikennealueelle voidaan tarpeen mukaan osoittaa osa-alueita, ohjeellisia osa-alueita tai sallia määräystekstinä lämpökaivojen poraamiset. Myös yleisen pysäköintin tai yleisten pysäköintilaitosten korttelialue tai autopaikkojen korttelialueet soveltuvat myös alueellisen maalämmön tarpeisiin. Kaivot voidaan hyvin porata myös katualueelle. Istutettavan alueen osan määräykseenkin tulisi lisätä kannuste käyttää aluetta myös kaivoille.

Maalämmön edistämiseksi tulee asemakaavassa osoittaa osa-alueita tai ohjeellisia osa-alueita vastaavasti lämpökaivoja varten. Määräykseen on aihetta kirjata mille kortteleille kyseinen alue on ensisijaisesti varattu. Tämä voidaan esittää, kuten esimerkiksi LP- tai LPY-alueen autopaikoista osoitetaan jokin tietty määrä käytettäväksi 123-456 korttelia varten. Vahva kannuste alueellisen maalämmön toteuttamiseen on asemakaavassa kieltää kaivokentäksi tarkoitettujen alueen päälle tuleva (esim. pysäköintilaitoksen) rakentaminen. Kaavan toteuttamisen ajoittamiseksi asetettu kieltä on voimassa enintään kolme vuotta, mutta kaupunki voi sitä erityisestä syystä jatkaa enintään kolme vuotta kerrallaan (MRL 58.4 §).

Alueellisen maalämmön toteuttaminen vaatii varattavaksi alueita myös tätä yhdyskuntateknistä huoltoa palveleville johdoille ja linjoille. Asemakaavaan voidaan ottaa määräys johtojen vetämisestä tontin kautta ja johtoviivan ympyrän sisään merkitään kirjaintunnus I =lämpöjohto. Katualueella johtomerkintää ei tarvita. Katualue käsittää asemakaavassa osoitetun katualueen maanalaisine ja maanpäällisine sekä yläpuolisine johtoineen, laitteineen ja rakenteineen, jollei asemakaavassa ole toisin osoitettu. Asemakaavassa ei yleensä määrätä katualueiden sisäisistä järjes-

telyistä ja yksityiskohtainen suunnittelu kuuluu katusuunnitelmaan (MRL 85 § ja MRA 41 §). Katualueelta voidaan kaavassa osoittaa kuitenkin rakennusala, mutta rakennusoikeuden on oltava sen suuruinen ja rakennusalan sijaittava niin, että kadun luonne yleisenä kulkuväylänä säilyy. Puistomuuntamon tavoin esitetään kaavassa energiakeskuksen rakennusala tai ohjeellinen sijainti ja sallittu rakennusoikeus neliöinä. Vastaavasti kaavan katuaukio tai torialue on yleistä aluetta.

Energiakeskusten ja rakennusten ulkopuolisten lämpöpumppujen rakennussuunnittelussa tulee ottaa huomioon rakennuksen sopeutuminen ympäristöön, mikäli niitä ei sijoiteta maan alle tai integroiden rakennuksiin. Maankäyttö- ja rakennuslain 117 §:n mukaan rakennuksen tulee soveltaa rakennettuun ympäristöön ja maisemaan sekä täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset. Tätä seikkaa voidaan täsmentää erilaisilla määräyksillä. Yksi on merkitä rakennuslalle rakennuksen vesikaton ylimmän kohdan korkeusasema merenpinnasta tai rakennuksen ja rakenteiden korkein sallittu korkeusasema tai enimmäiskorkeus metreinä. Myös rakennuksen pääasialliset julkisivumateriaalit ja väritystä voidaan määrätä sekä kattokaltevuutta vaikka asteina. Energiakeskukset voivat olla ulkonäöltään alueen identiteettiä vahvistavia julkisia taideteoksia valaistuksineen.

Kaavamääräystä valmistellessa tulee huomioida seikka, että tiettyä ratkaisua on voinut kaavaa laadittaessa pitää hyvänä, mutta samalla tulee tehdä mahdolliseksi ehkä myöhemmin havaittavan paremman vaihtoehdon toteuttaminen. Kaavan toteuttamisen joustavuuden kannalta voidaan kannuste alueellisesta maalämmöstä kirjata kaavan yleismääräyksiin. Yleismääräykset voidaan kirjoittaa koskemaan koko kaavan aluetta tai sen tiettyjä kortteleita.

4.1.5. Toteuttamisesta yleis- ja asemakaavan viher- ja puistoalueilla

Alueellista maalämpöä edistääkseen tulee kaavojen mahdollistaa moninaiset toteuttamisen ratkaisut. Kaavassa tulee varautua vaihtoehtoisii tapoihin, joilla alueen maalämpöratkaisu voitaisiin realisoida. Kaavan sallimaa koko sijoituskirjoa ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista toteuttaa, vaan kaavan mahdollistamien toteutuskeinojen moninaisuus jättää rakentamiselle riittävästi aitoja vaihtoehtoja.

Ahtaitten ja erityisesti täydennysrakennettävien korttelialueiden ja nykyisten katualueiden osalta alueellisen maalämmön toteuttaminen voi olla haasteellista. Kaavassakin tulisi löytää sijoituspaikkoja myös yleisiltä alueilta. Jotta alueellisen maalämmön teknisiä laitteita voisi olla mahdollista rakentaa viher-, puisto- tai muulle virkistysalueelle, tulee puistomuuntamon tavoin esittää kaavassa energiakeskuksen rakennusala tai ohjeellinen sijainti ja asemakaavassa sallittu rakennusoikeus neliöinä.

Uusille tai kokonaan uudelleen perustettaville puisto- ja liikunta-alueille kannattaa kaivot porata ja putkistot rakentaa ennen viherrakentamista. Tällöin kaivot ja putket on helppo piilottaa viherrakentamisen alle. Kaavoittaessa näiden alueiden merkintöjen ja määräyksien tulee olla sallivia. Puiston tai liikunta-alueen valmistumisen jälkeen alueellisen maalämmön rakentaminen onnistuu myös. Porauksen kannalta ei ennen kalliota olevalla maaperällä ole väliä, sillä maakerrosten läpi asennetaan maaputki ennen varsinaisen reiän porausta aina kallioon asti. Rajoitteena maalämmön toteutuksessa voivat olla alueella jo olevat putket ja johdot, mutta nekin voidaan selvittää ja toteutus suunnitella ennalta.

Mikäli luonnontilaan jätettäville virkistysalueille aiotaan toteuttaa ulkoilureittejä, olisi alueellisen maalämmön vaatimat poraukset ja johdotukset hyvä tehdä ennen kevyen liikenteen väylien toteuttamista. Yleisesti jalankululle ja pyöräilylle varatun alueen osan tai ohjeellisen ulkoilutien

määräystä voisi laajentaa lauseesta virkkeeseen eli lisätä ”, *jolla maalämpökaivojen poraus ja putkitus on sallittua*”. Noin kahden metrin levyistä suunniteltua polku-uraa pitkin voidaan ajaa porauskalustolla paikan päälle ja porata kaivot nauhamaisesti ulkoilureitin linjalle. Erityisesti kallio- metsäisillä alueilla työtä tilatessa tulee määrittää, ettei maastoon saa laskea porausjätteitä, vaan ne tulee kerätä konttiin tai suorittaa työ suljetulla kierrolla. Näin ympäristöön ei jää rakentamisesta jälkiä.

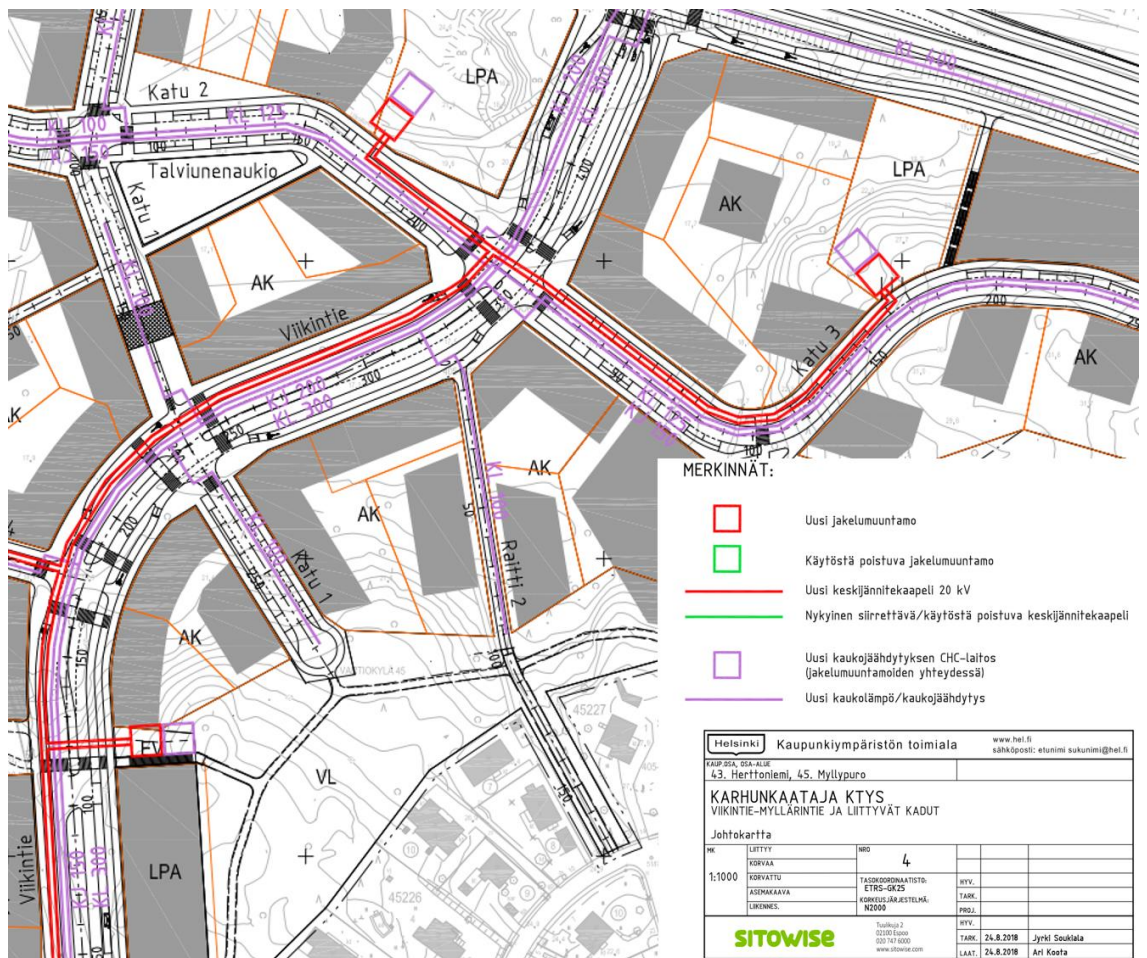
4.2. Maalämmön edistäminen kunnallisteknisessä yleissuunnittelussa

Kunnallisteknisen yleissuunnitelman tavoitteena on määrittää infrastruktuurin, kuten katujen, vesihuollon ja muun teknisen huollon vaatima tilantarve ja mitoitus. Alueellinen maalämpöratkaisu voidaan laskea kategoriaan muu tekninen huolto. Esimerkiksi Karhunkaatajan asemakaava-alueen kunnallisteknisessä yleissuunnitelmassa on esitetty muuna teknisen huollon järjestelyinä sähkö- ja lämpöverkko.

Kunnallistekninen yleissuunnittelu on erinomainen keino alueellisen maalämmön mahdollistamisessa ja siihen ohjaamisessa. Kunnallisteknistä yleissuunnitelmaa laaditaan yleensä rinnakkain asemakaavatyön kanssa, milloin alueellisen maalämpöjärjestelmän mahdollistavia varauksia ja sitä ohjaavia merkintöjä voidaan laatia sekä asemakaavaan että kunnallistekniseen yleissuunnitelmaan. Näin ollen maalämpöjärjestelmän edellyttämät tilatarpeet ja mitoitus voidaan huomioida jo varhaisessa vaiheessa.

Maalämmön tilavarauksia tehdessä tulee ottaa huomioon kadun alle sijoittuva muu kunnallistekniikka, jotta maalämmön putkiverkosto on tarvittaessa myöhemmin auki kaivettavissa ilman, että se aiheuttaa käyttökatkoksia muissa verkostoissa. Turhia risteämiä muun kunnallistekniikan kanssa vältetään, eikä muuta kunnallistekniikkaa sijoiteta päällekkäin maalämpöputkien kanssa. Maalämpöputkia, kuten muitakaan johtoja ja putkia ei tule sijoittaa 2,5 m lähemmäs puita, jotta puun juuret eivät vaurioidu, mikäli näitä joudutaan myöhemmin kaivamaan esille. Maalämpökaivot voidaan sijoittaa myös katu- ja puistoalueille sekä muille yleisille alueille. Maalämpökaivojen osalta kunnallisteknisessä yleissuunnitelmassa ja katujen tyyppipoikkileikkauksissa tulisi esittää esimerkiksi aluevarauksina maalämpökaivoille osoitettu tila.

Kunnallisteknisellä yleissuunnitelmalla voidaan varata tilaa, mutta suunnitelma ei yleensä ole lopulliseen ratkaisuun velvoittava. Suunnitelman tarkoitus onkin mahdollistaa kaiken kunnallistekniikan yhteensovittaminen niin, että toteutusvaiheen ratkaisuja ei ole liiaksi sidottu etukäteen. Kunnallisteknisen yleissuunnitelman ohjaavuus on siis verrattavissa myös tietyissä tapauksissa asemakaavaan ja erityisesti osayleiskaavaan ja yleiskaavaan. Yleissuunnitelman osana laaditaan yleensä johtokartta, jossa on esitetty alustava suunnitelma maan alla kulkevista putkista ja johdoista, esimerkiksi energian (sähkö, lämpö, kylmä) jakeluverkostot. Kunnallistekniikka sisältää kadut, joiden yhteydessä myös suurin osa putkista ja johdoista kulkevat. Yleissuunnittelun yhteydessä laaditaan periaatteet kunkin kadun tarkempaan suunnitteluun. Tuloksena syntyvät katujen tyyppipoikkileikkaukset, joissa on yleensä esitetty myös johtotiedot. Alueellisen maalämpöjärjestelmän jakeluverkko tulisikin esittää tai vähintään osoittaa sille soveltuva tila katupoikkileikkauksista sekä johtokartasta. Jakeluverkko voitaisiin esittää samaa esitystapaa käyttäen kuin kunnallisteknisen yleissuunnitelman johtokartassa on esitetty kaukolämpö ja -kylmäverkko (Kuva 12). Lisäksi alue-energiakeskukselle tulisi osoittaa ohjeellinen sijainti samalla tavoin kuin kuvan 12 kartassa on esitetty jakelumuuntamo ja kaukojäähdytyksen CHC-laitos. Mikäli alueelle toteutettava energiaratkaisu ei ole selvillä yleissuunnitelmavaiheessa, tulisi johtoverkon ja laitoksien varaukset tehdä niin etteivät ne sulje pois mitään energiaratkaisua, mikäli poissulkeminen ei ole tarkoituksenmukaista.



Kuva 12. Ote Karhunkaatajan kunnallisteknisen yleissuunnitelman johtokartasta (Sitowise 2018). Vastaavasti kuin kartassa on esitetty kaukolämmön ja -jäähdytyksen verkko, voisi kartassa esittää maalämpöjärjestelmän siirtoverkon.

Edellä mainittu koskee lähinnä uusia asemakaava-alueita. Nykyisillä, mahdollisesti täydennysrakennettavilla tai katu- ja vesihuoltosaneerattavilla, alueilla kunnallisteknisen suunnittelun keinovalikoima on pienempi, kun maalämpöratkaisun vaatima infrastruktuuri joudutaan sovittamaan nykyiseen infrastruktuuriin. Nykyisillä alueilla maalämpöjärjestelmän edellyttämän infrastruktuurin, esimerkiksi siirtoverkon, rakentaminen on kustannustehokkuuden kannalta järkevää muun kunnallistekniikan, esimerkiksi katu-, vesihuolto- ja kaapelityöt, saneerauksen yhteydessä. Helsingissä on käytössä sopimus Yhteisestä kunnallisteknisestä työmaasta (YKT), jolla pyritään vähentämään kaivuuhaittoja, lyhentämään toteutusaikoja sekä parantamaan työmaiden laatua. Sopimuksen osapuolia ovat esimerkiksi Helsingin kaupunki, Helen Oy, Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY sekä teleoperaattorit. Hyvissä ajoin informoitu tieto kunnallisteknisistä työmaista mahdollistaisi saneerauksen yhteydessä myös maalämmön siirtoverkon kustannustehokkaan toteuttamisen.

4.3. Maalämmön edistäminen sopimuksin

Rakennusten lämmityksen järjestämistä vastuu kuuluu rakennushankkeeseen ryhtyvälle: Maankäyttö- ja rakennuslain 119 §:n (41/2014) 1 momentin mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvan mukaisesti. Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä sen

nojalla annetut asetukset ohjaavat rakennusten energiatehokkuuden määrittämistä. Rakennuksille on säännelty energiatehokkuusvaatimuksia, joihin niiden tulee päästä. Energiatehokkuuteen vaikuttavat käytetyt rakennusmateriaalit sekä valittu lämmitysmuoto.

Rakennusten energiahuollon järjestämistä erityisesti lämmitysmuodon osalta ohjataan siis energiatehokkuutta koskevan sääntelyn kautta. Sääntelyn taustalla on rakennusten energiatehokkuudesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (2010/31/EU), joka on saatettu voimaan kansallisesti MRL:n muutoksilla sen nojalla annetuilla asetuksilla ja rakentamista koskevilla määräyksillä.

Verrattaessa maalämpöä muihin yhdyskuntatekniikan osa-alueisiin on otettava huomioon näiden muiden yhdyskuntateknisten järjestelmien taustalla vaikuttava lainsäädäntö. Jäte- ja vesihuollosta on annettu erikseen sääntelyä, jossa on määritelty kunnan ja kyseistä toimialaa koskevien laitosten järjestämisvastuusta. Maalämpö sen sijaan on osa energiahuoltoa, jota ei koske vastaavat julkishallinnon järjestämisvastuut, kun on kyse yksityisten kiinteistöjen lämmityksen järjestämisestä. Vastuu on osoitettu rakennushankkeeseen ryhtyvälle (MRL 117 g § (1151/2016)). Energiahuollon järjestäminen on jäänyt vapaasti valittavaksi kiinteistöille. Energiahuollon alle voidaan lukea lämmityksen lisäksi myös sähkön käyttöä koskevat järjestelyt.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty jätehuoltoon sekä vesihuoltoon liittyviä säädöksiä, liittymisvelvoitteita sekä mahdollisia sopimusmalleja. Nämä yhdyskuntatekniset järjestelmät on nostettu esille, sillä niihin liittymiseen voidaan velvoittaa lainsäädännön nojalla. Vastaavia säädöksiä ei ole toistaiseksi esitetty alueellisille maalämpöjärjestelmille tai muille energiaratkaisuille.

4.3.1. Sopimusmallina alueelliset imujätejärjestelmät ja liittymisvelvollisuus

Alueelliset imujätejärjestelmät ja niiden sopimusmallit voidaan nähdä osana jätehuoltojärjestelmää. Jätelain pääsäännön mukaan jätteen haltija vastaa ensisijaisesti jätehuollon järjestämisestä jätelain (JäteL, 646/2011) 28.1 §:n nojalla. Yhdyskuntajätteen jätehuollon järjestämisvelvollisuus on osoitettu kunnalle jätelain 32.1 §:n mukaisesti. Kun huomioidaan kunnan rooli kaavoituksen toteuttamisessa, voidaan tällaisten järjestelyiden huomioiminen kaavamääräyksissä ja tontinluovutusehdoissa nähdä edesauttavan kunnalle osoitetun velvoitteen toteuttamista.

Kalastaman ja Kruunuvuorenrannan alueille toteutetaan alueelliset imujätejärjestelmät, joihin liittymistä velvoitetaan sekä kaava-asiakirjoissa että tontinluovutusehdoissa. Imujätejärjestelmää hallinnoi erillinen yhtiö, näissä tapauksissa Kalastaman jätteen putkikeräys Oy ja Kruunuvuorenrannan jätteen putkikeräys Oy. Yhtiö tekee taloyhtiöiden kanssa kolme sopimusta (Mattila, 2020):

1. **Suunnittelu- ja toteutussopimus:** Sovitaan kiinteistöliittymän rajoista suunnittelun ja toteutuksen osalta. Sopimuksessa määritellään esimerkiksi, että taloyhtiö suunnittelee laittilan annetun ohjeistuksen mukaisesti tai tekee tilavarauksen syöttöpisteelle ja toteuttaa tarvittavat maanrakennustyöt ja/tai rakennustekniset työt laittilaan tai piha-asennukseen. Operaattori toimittaa vain järjestelmän osien suunnittelun ja asennuksen.
2. **Merkintäsopimus:** Tontti/taloyhtiö sitoutuu merkitsemään jäteyhtiön äänivallattomia B-osakkeita ajantasakaavan mukaisen rakennusoikeuden määrän perusteella (esim. 3 500 kem² = 3 500 osaketta). Osakkeiden hinta muodostuu kahdesta osasta:

1. Yleinen osa: Osuudella katetaan koko alueen yhteiset järjestelmänosat, kuten runkoverkko ja jätteen koonta-asema. Yleinen osa on laskettu koko alueen investointikustannuksista jaettuna koko alueen rakennusoikeusneliöillä ja on esim. Kruunuvuorenrannassa tällä hetkellä 27,35 euroa/kem². Hintaa voidaan korottaa 5% vuosittain, mutta toistaiseksi korotusta ei ole tehty joka vuosi.
 2. Kiinteistöliittymäosuus: Osuudella katetaan toteuttava kiinteistöliittymä. Järjestelmätoimittaja laatii kiinteistölle suunnitelmat ja antaa niiden perusteella operaattorille tarjouksen kiinteistöliittymän toteuttamisesta. Järjestelmätoimittajien kanssa on tehty hankintasopimus.
- 3. Käyttösopimus:** Sovitaan järjestelmän käyttämisestä ja käytönajan kustannuksista. Käyttökustannukset muodostuvat perusmaksusta, käyttömaksusta sekä huolto-osuudesta. Operaattorin yhtiökokous vahvistaa vuosittain liittymän perusmaksun. Käyttömaksun ja huolto-osuuden korotuksista päättää operaattoriyhtiön hallitus vuosittain.

Edellä kuvatut imujätejärjestelmän sopimusmallit muodostuvat kolmesta yleisestä sopimusmallista. Ensimmäinen sopimusmalli koskee suunnittelua ja toteutusta. Toinen sopimusmalli voidaan ymmärtää myös liittymissopimukseksi, josta on käytetty edellä kuvausta merkintäsopimus. Kolmas sopimusmalli on käyttösopimus, jossa määritellään järjestelmän käytöstä ja sen kustannuksista. Sopimukset koskevat siis operaattorin (mukaan lukien laitteiston suunnittelu ja rakentaminen) sekä järjestelmää käyttäviä taloyhtiöitä. Sopimusmalli on myös sovellettavissa taloyhtiöiden energiahuollon järjestämiseksi, eli maalämpö operaattorin (mukaan lukien järjestelmän suunnittelu ja rakentaminen) ja järjestelmää hyödyntävien tahojen välille.

Operaattoreiden ja niiden tarjoamien palveluiden käyttäjien välisten sopimusten tarkastelu ei kuitenkaan vastaa kysymykseen siitä, mikä on kaupungin tai kunnan rooli tällaisissa sopimussuhteissa. Kalasataman ja Kruunuvuorenrannan alueilla imujätejärjestelmään liittymistä veloitetaan kaava-asiakirjoissa sekä tontinluovutusehdoissa. Tämä on mahdollista, kun huomioidaan kunnan vastuu jätehuollon järjestämisessä yhdyskuntajätteen osalta.

4.3.2. Sopimusmallina vesihuoltojärjestelmä ja liittymisvelvollisuus

Kunnan rooli vesihuollon järjestämisessä on erilainen suhteessa esimerkiksi jätehuoltoon nähden. Vesihuollosta on annettu erikseen vesihuoltolaki (VesiHL, 119/2001). Vesihuoltolakia sovelletaan asutuksen vesihuoltoon ja asutuksen vesihuoltoon rinnastuviin elinkeino- ja vapaa-ajan toiminnan vesihuoltoon (VesiHL 2.1 §). Kunnat vahvistavat vesihuoltolaitosten toiminta-alueet (VesiHL 8 §) sellaisille alueille, joilla kiinteistöjen liittäminen vesihuoltolaitoksen vesijohtoon tai jätevesiviemäriin on tarpeen toteutuneen tai suunnitellun yhdyskuntakehityksen myötä (VesiHL 7 §). Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella oleva kiinteistö on liitettävä laitoksen vesijohtoon ja jätevesiviemäriin (VesiHL 10.1 §). Säännös koskee taajamassa sijaitsevia kiinteistöjä. Taajaman ulkopuolella sijaitseville kiinteistöille ei ole osoitettu vastaavaa velvollisuutta.

Kiinteistön liittymisestä vesihuoltolaitoksen verkostoon on säännelty vesihuoltolain 21 §:ssä. Sopimus kiinteistön liittämisestä vesihuoltolaitoksen verkostoon tai laitoksen palvelujen toimittamisesta ja käyttämisestä on tehtävä kirjallisesti tai sähköisesti siten, että sopimuksen sisältöä ei voida yksipuolisesti muuntaa ja että sopimus säilyy kummankin osapuolen saatavilla (VesiHL 21 §). Säännöksestä voidaan erottaa kaksi eri sopimusmallia: liittymissopimus sekä käyttösopimus. Kuntaliitto on julkaissut suosituksen liittymis- ja käyttösopimusmallien ehdoista sekä yleisistä toimitusehdoista (Kuntaliitto, Yleiskirje 16/80/2001, A. Valli-Lintu/eg, 10.8.2001).

VesiHL 10.1 §:ssä säädettyyn liittymisvelvollisuuteen on mahdollista hakea poikkeusta. Vapaus liittymisvelvollisuudesta on myönnettävä, jos hakija osoittaa, että VesiHL 11.2 §:ssä ja 11.3 §:ssä tarkoitetut perusteet täyttyvät.

4.3.3. Tontinluovutus sopimusten ehdot maalämmön rakentamiseen ohjauksessa

Tontinluovutus- ja maankäytösopimuksissa voidaan sopia monista sellaisistakin ympäristön kannalta keskeisistä asioista, joista ei kannata tai voida kaavassa määrätä. Sopimuksiin voidaan ottaa ehtoja E-lukurajasta tai esimerkiksi velvoite alueellisen maalämpösuunnitelman tai kunnallisteknisen yleissuunnitelman tekemisestä. Vastaavia ehtoja ei kannata laittaa kaavamääräyksiksi esimerkiksi kaavan ja tontinluovutus sopimusten erilaisten aikajänteiden vuoksi: Kaavat pyritään laatimaan vuoksiksi tai vuosikymmeniksi ja niiden päivittäminen on hidasta, mutta tontinluovutus sopimuksia voidaan päivittää jopa tonttikohtaisesti.

Tontinluovutusehtoja on hyödynnetty energiatehokkuuden parantamiseen ainakin Tampereella, Espoossa, Turussa ja Helsingissä. Näissä kaupungeissa tontinluovutusehtoja on hyödynnetty myös osana tontinluovutus kilpailuja, jolloin energiatehokkuuteen tai uusiutuvaan energiantuotantoon liittyvistä ratkaisuksista on voinut saada laatu pisteitä. Myös E-luvun avulla saatavaa ohjauksivaikutusta on hyödynnetty vaatimalla lainsäädäntöä pienempää E-lukua. Haasteena tontinluovutusehdoissa on, että ne nähdään usein lisäkustannuksia aiheuttavina vaatimuksina.

Yleisesti kunnat voivat tukea alueellisten maalämpöjärjestelmien toteutumista esimerkiksi huomioiden vaatimuksen aiheuttamat lisäkustannukset rakennusoikeuden myyntihinnassa tai vuokratonttien vuokrahinnassa. Yksi vaihtoehto tämän toteuttamiselle olisi esimerkiksi edullisempi tontin myynti-/vuokrahinta, jos kohteen elinkaaren hiilijalanjälki olisi alle asetetun raja-arvon. Esimerkiksi Tampereen kaupungissa tonttivuokriin on saanut alennuksen, jos kohteen energiatehokkuus on ollut A-luokkaa. Käytännössä tämä vaatii usein esimerkiksi jäteveden lämmöntalteenoton tai maalämmön hyödyntämistä. Helsingin kaupungin tontteihin on tulossa pakolliseksi A-energialuokka, joten Helsingissä vaatimus voisi olla esimerkiksi E-luvun raja-arvoon perustuva. Tätä varten jatkosuunnittelussa voitaisiin hakea raja-arvot, joiden saavuttamiseksi maalämpö- tai muu lämpöpumppuratkaisu olisi käytännössä lähes pakollinen tai selvästi kustannustehokkain vaihtoehto toteuttajalle raja-arvon saavuttamiseksi.

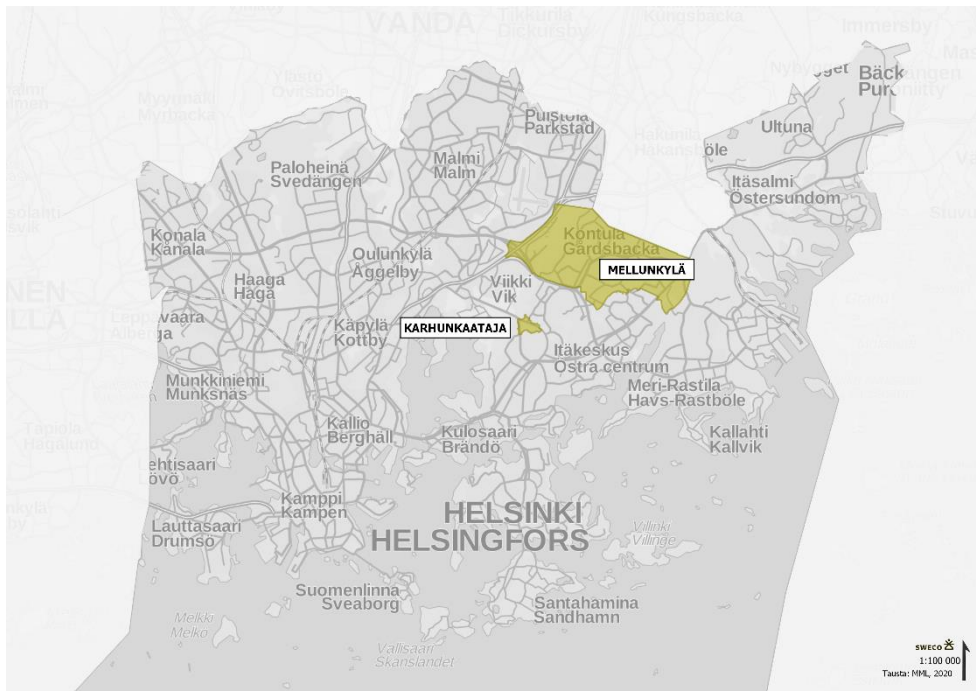
5. Pilottikohteet

5.1. Pilottikohteiden valinta ja työpaja

Selvitykseen on valittu kaksi pilottikohdetta (kuva 13). Tavoitteena on testata kaavoituksen ja yhdyskuntateknisen suunnittelun keinovalikoimaa kyseisillä alueilla. Asemakaava-alueelle on laadittu teoreettinen suunnitelma alueellisesta maalämpöjärjestelmästä, mahdollistavista toimenpiteistä ja ohjauskeinoista. Suunnitelman tarkoitus on konkretisoida raportissa esitetyjä alueellisia maalämpöratkaisuja sekä maankäytönsuunnittelun keinovalikoimaa ohjata ratkaisujen toteutumiseen.

Asemakaavatason pilottikohteeksi valittiin uusi asemakaava Karhunkaataja, jonka kaavaprosessi on vielä kesken. Toiseksi pilottikohteeksi valittiin Mellunkylän kaupunginosa, joka jakautuu Kivikon, Vesalan, Kontulan, Kurkimäen ja Mellunmäen osa-alueisiin. Mellunkylä valittiin pilottikohteeksi, jotta selvityksessä tulisi käsiteltyä monipuolisemmin eri kaava- ja suunnittelutasojen keinovalikoimaa myös täydennysrakennusalueilla ja nykyisillä alueilla, joilla voitaisiin siirtyä maalämmön piiriin.

Ennen suunnitelman laatimista pilottikohteiden asemakaavoittajille ja kunnallisteknikoille järjestettiin etätyöpaja, jossa syvennettiin osallistujien ymmärrystä alueellisista maalämpöratkaisuista, ja etsittiin mahdollisuuksia maalämpöratkaisujen toteuttamiseksi. Lisäksi työpajassa käsiteltiin maankäytön ja kunnallistekniikan suunnittelun ohjauskeinoja alueellisen maalämmön edistämiseksi.



Kuva 13. Pilottikohteiden sijainti Helsingissä.

5.1.1. Maalämmön teoreettiset mitoitusperiaatteet

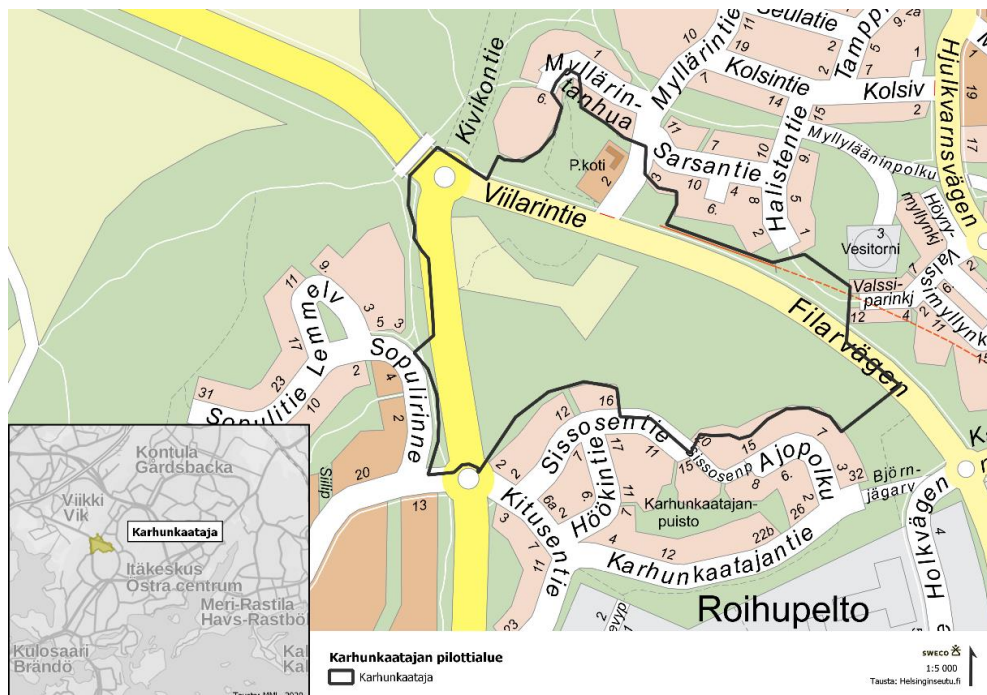
Asemakaavatasolla on uudisrakennusten osalta oletettu lämmitysenergiankulutukseksi 75 kWh/m² perustuen Helsingin kaupungin tontinluovutusehtojen E-lukuvaatimukseen. Maalämpökaivoista saatavaksi lämmitysenergiantuotoksi (sisältäen lämpöpumpun sähkönkäytön) on arvioitu 85 – 105 kWh/kaivometri. Lopullinen lämmöntuotanto metriä kohti riippuu useista muuttujista, kuten alueen kalliolajista, lämpöpumpusta, kiinteistöjen lämmitysverkostojen lämpötilastosta ja aluelämpöjärjestelmän toteutustavasta (kts. luku 2). Helppona karkeana muistisääntöjä voidaan kuitenkin pitää kaavoitusvaiheessa ”1 k-m² = 1 kaivometri”. Tällöin kaavoitusvaiheessa tulee varattua riittävästi vaihtoehtoisia sijoituspaikkoja maalämpökaivoille, jolloin energiakaivojen tarkempi sijoittelu on helpompaa toteutusvaiheessa. Tarkemmassa mitoituksessa tulee käyttää esimerkiksi EED-simulointia. Maalämpökaivojen keskinäiseksi etäisyydeksi suositellaan jätettävän 15 - 20 metriä.

Geotermisistä energiakaivoista on oletettu saatavan 2 km energiakaivoilla 800 – 1 300 MWh lämpöenergiaa vuodessa ja EGS-voimalaitoksista 160 000 – 320 000 MWh vuodessa riippuen laitosten huipunkäyttöajasta ja lopullisesta tehontuotosta. 1 – 3 km energiakaivojen välinen suositusetäisyys on 40 metriä.

5.2. Karhunkaataja

5.2.1. Lähtötiedot

Karhunkaatajan alue sijaitsee Myllypuron lounaisosassa ja Herttoniemen pohjoisosassa Viikintien ja Viilarintien välisellä alueella (kuva 14). Asemakaavan tavoitteena on mahdollistaa uusi Raide-Jokeriin tukeutuva asuinalue noin 3 500 asukkaalle (Helsingin kaupunki 2018 b). Asemakaava on menossa keväällä 2021 tarkastettuna ehdotuksena eteenpäin.



Kuva 14. Karhunkaatajan pilottialueen sijainti ja aluerajaus.

Alueesta syntyy tehokas korttelitehokkuuden ollessa yli 1,5. Ylivoimaisesti suurin osa alueen kerosalasta on osoitettu asumiseen (129 600 k- m²). Lähipalveluille, kuten päiväkodille on osoitettu 3 600 k-m² ja monikäyttötiloille sekä liiketiloille 5 000 k-m². Pysäköinti järjestetään pysäköintialoissa. Kaavan tavoitteena on säilyttää VL-alueet mahdollisimman luonnontilaisina ja koskemattomina. Maanalaisessa yleiskaavassa alueelle on merkitty nykyisiä tunneleita. Alueella kulkevat Ströms-Kivikko viemäritunneli, Viikintien vesijohtotunneli ja Myllypuron viemäritunneli (Helsingin kaupunki 2018b). Alueelle on laadittu kunnallistekninen yleissuunnitelma (Sitowise 2018).

5.2.2. Alueellinen maalämpöratkaisu

Pilottikohde Karhunkaataja ei ole parhaassa vaiheessa alueellisen maalämpöselvityksen laatimiseen. Asemakaavaprosessin laatimisvaiheessa voitaisiin maalämpöratkaisun selvityksen perusteella varata kaavaan tarvittavat korttelialueet tai osa-alueet, johtovaraukset ja katutilat. Karhunkaatajan asemakaavaprosessi on pitkällä. Mikäli kaavalla on kiire hyväksyttäväksi, ei kaavaehdotukseen voi tehdä vähäistä suurempia muutoksia ilman uutta ehdotusvaiheen nähtävillä pitoa. Koska alue on kokonaisuudessaan Helsingin omistuksessa eikä sillä ole muita maanomistajia, voidaan varsinaista kaavaratkaisua muuttamatta pääkäyttötarkoituksille vielä lisätä osa-alue- ja kehittämismerkintöjä ja jo esitetyjä määräyksiä voidaan tarkentaa ennen hyväksymiskäsittelyä.

Jos alueellista maalämpöratkaisua ei kaavoitustyö ohessa varsinaisesti selvitetä, niin kaavoittaja voi mitoittaa alueen käyttämällä nyrkkisääntöä, jossa neliö lämmitettävää pinta-alaa vastaa yhtä maalämpökaivon syvyysmetriä. Tavanomaisten maalämpökaivojen välinen suositusväli on 15 - 20 metriä. Geotermiset energiakaivot mitoitetaan erikseen siten, että yksi 2 km energiakaivo vastaa noin 200 kerrostalokaksiota ja niiden suositusväli on 40 metriä.

Kuvassa 15 on esitetty viitteellisesti useita energiakaivoille mahdollisesti soveltuvia teoreettisia sijaintivaihtoehtoja, jotta lopullinen toteutus ei ole liian sidottu tiettyyn ratkaisuun. Tarvetta suuremmalla varannolla voidaan varmistaa se, että yhden osa-alueen ratkaistaessa lämmitys muulla järjestelmällä jää riittävästi sijoitusvaihtoehtoja edelleen käytettäväksi.

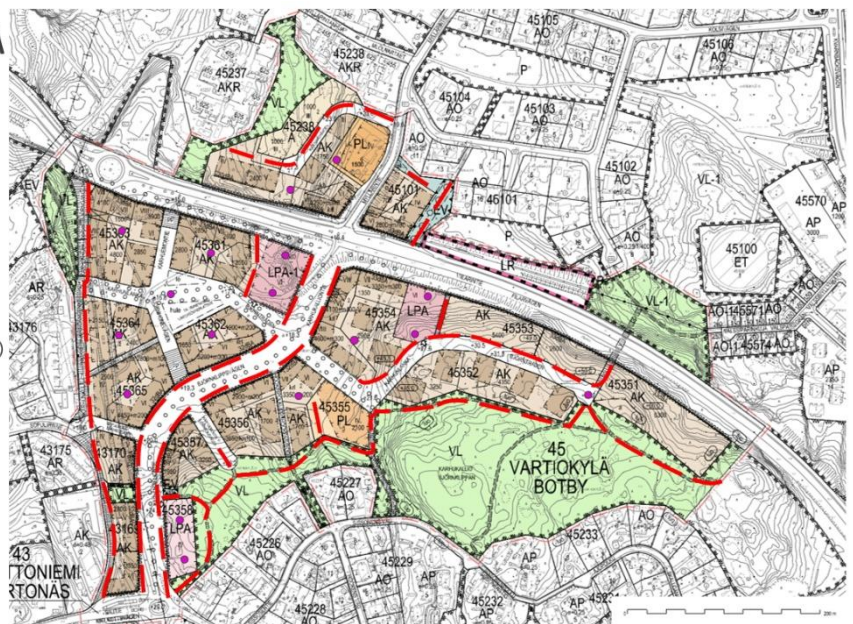
KARHUNKAATAJA

Teoreettinen aluemaalämpöratkaisu kaavaehdotuksen korttelirakenteeseen sovitattaen.

350m syviä kaivoja nauhana (200m ≈ 13 kpl)

(mahdollisia sijoituspaikkoja katu- ja korttelialueita (n. 180 kpl)
Kattamaan yksin koko alueen lämmitystarve po. 250±30 kpl)

- 2 km syviä kaivoja (vaihtoehtoisia likimääräisiä sijoituspaikkoja 17 kpl.
Kattamaan yksin koko alueen lämmitystarve po. 8±2 kpl)



Kuva 15. Pilottikohde Karhunkaatajan teoreettinen alueellinen maalämpöratkaisu.

Kaavaehdotuksessa AK- ja A-korttelialueilla saa rakentaa asumista palvelevia yhteis-, varasto-, huoltotiloja, teknisiä tiloja sekä portaiden valoaukkoja asemakaavakarttaan merkityn rakennusoi-keuden lisäksi. Tämä on mm. lämpöpumppuja ajatellen kannattava määräys. Se, että korttelialueille 45354 ja 45361 suunnittelun yhteydessä tulee selvittää mahdolliset tilatarpeet hajautettua energiatuotantoa varten, on osittain toimiva määräys. Hajautetun tuotannon tilatarpeiden selvittäminen ja siitä seuraava mahdollinen toteuttaminen ei yksinään takaa ilmastollista kestävyttä ja hiilineutraaliuutta, johon Helsinki ”Hiilineutraali Helsinki 2035” -toimenpideohjelmallaan pyrkii. Koska hajautettu tuotanto ei periaatteellisesti edellytä mitään tiettyä raaka-ainetta, tulisi energia-lähteet (esim. maalämpö ja aurinkoenergia) rajata määräykseen. Nykyisissä määräyksissä ole- van, vain em. kahden korttelin, sijaan voidaan kaikille AK-, A-, LPA- ja P-kortteleille lisätä vaade selvittää alueellisia ratkaisuja.

Alue-energiakeskuksen sijoittaminen palvelukortteliin (PL) on helpomman käytettävyyden ja hal- linnoinnin kannalta hyvä vaihtoehto. Alueelle suunnitellun päiväkodin ratkaisu voisi olla alueellisen hankkeen alullepanija. Ainakin LPA ja LPA-1 -määräyksiä yhteyteen tulee lisätä vaade tutkia mahdollisuudet alueellisen maalämmön toteuttamiseen (kuva 16). Pysäköintilaitosten syväkai- voilla voitaisiin lämmitellä useampikin alueen taloyhtiö. Myös muissa uudisrakentamisen kortte- leissa voisi kannustuksena olla ylimääräiset tekniikan vaatimat lisäneliöt, jos korttelikohtaiseen maalämpöön päätyvät.

Kaikilla korttelialueilla rakentamattomiksi jäävien korttelien osien sekä katualueen määräykseen tulisi lisätä mahdollisuus korttelien yhteisten maalämpökaivojen poraamiseen, esimerkiksi yhteen- sovittaen tilavarauksia jalankulun, pyöräilyn ja/tai erotuskaistan alla.

Enemmän tilaa vievien kaivokenttien etuna syvempiin reikiin on niiden helpompi ja riskittömämpi toteuttaminen. Myös toimijoita perinteisille syvyyksille löytyy useampia ja haasteet toteuttaessa ovat huomattavasti vähäisempiä. Kaivojen ei tarvitse olla kentän muodossa vaan esimerkiksi nau- haratkaisu on myös toimiva. Yleisesti uusilla asemakaava-alueilla katualueet tulisi osoittaa riittä- vän leveinä, jotta niissä on myös tilaa kaivojen poraukseen kiinteistöjen kohdalla. Katualueelle voi myös rajata osa-alueet tai ohjeelliset osa-alueet nauhana toteutettaville lämpökaivoille tai osoittaa koko katualue kehittämisen aluemerkinä. Nauhana kaivoja voidaan porata myös jalankulku- ja pyöräilyliikenteen kohdalle puistoalueelle. Mikäli lähivirkistysalueille toteutetaan kivituhkapintaiset ul- koilureitit, voidaan kaivot porata ja putkien roilotukset toteuttaa suunnitellun polun linjalle, eikä toiminnasta jää jälkeä ympäristöön.

Asemakaavaehdotuksen VL-alueille esitetyille kevyen liikenteen reittien määräykseen voi lisätä sallivan määräyksen, jolla maalämpökaivojen poraaminen ja putkituksen asentaminen polun linjalle ympäristöhäiriötä aiheuttamatta olisi mahdollista. Jos alueelle toteutetaan uusia rakennettavia viheralueita tai puistoja, voisi määräys sisältää esimerkiksi seuraavaa: *”Alueellisen maalämpöratkaisun perusteella on puistoa ja sen leikki- ja oleskelualueiksi sekä jalankululle ja pyöräilylle varattuja alueen osia mahdollisuus käyttää lämpökaivoja varten. Energiantuotannosta ei saa jäädä näkyvää jälkeä alueelle, eikä se saa haitata alueen pääasiallista käyttötarkoitusta.”*

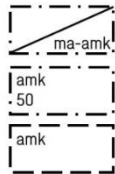
Toisena vaihtoehtona alueellisen maalämmön edistämiseksi yleismääräyksiin voidaan lisätä vaade, jonka mukaan suunnittelun yhteydessä tulee huolehtia siitä, että alueellisen maalämpörat- kaisun toteuttamisen soveltuvuus selvitetään korttelitasolla ja että selvityksen perusteella sen to- teuttamis- ja toimintaedellytykset tulee turvata. Alueellista maalämpöä voi myös edistää yleismää- räyksellä esimerkiksi: *”Tontin rajautuessa katu-/virkistysalueeseen, maalämpökaivot voidaan si- joittaa tontin ja katu-/viheralueen rajalle. Maalämpökaivoja voidaan porata myös viistosti katu-/vir- kistysalueen alle maanomistajan ja alueiden käyttö- ja valvontayksikön sijoitusluvalla.”*

Aluemerkinnoillä:

LPA-1

Autopaikkojen korttelialue, jolle tulee rakentaa pysäköintitalo. Tontille 45361/5 tulee rakentaa lisäksi rakennusoikeuslukeman mukainen määrä päivittäistavarakaupan liiketiloja sekä ilmoitetun kerrosalan lisäksi tontille saa rakentaa alueellisen maalämpöratkaisun tarvitsemat tilat.

Osa-aluemerkinnöillä:



Maanalainen alueen osa, jolle saa rakentaa alueellisen maalämmön energiakeskuksen ja lämpökaivoineen.

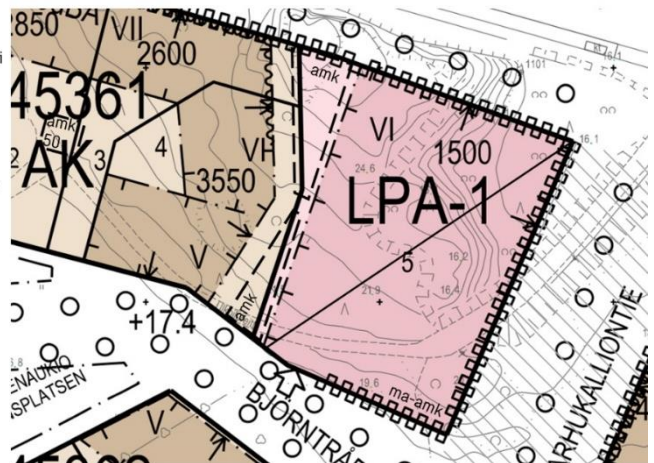
Alueen osa, jolle saa rakentaa alueellisen maalämmön energiakeskuksen ja lämpökaivoineen.

Ohjeellinen alueellisen maalämmön toteuttamista varten varattu alueen osa.

Kehittämismerkinnöillä:



Alueellisen maalämpöratkaisun perusteella on katualueella huomioitava mahdolliset kaivovaraukset. Energiantuotannosta ei saa jäädä näkyvää jälkeä alueelle, eikä se saa haitata alueen pääasiallista käyttötarkoitusta.

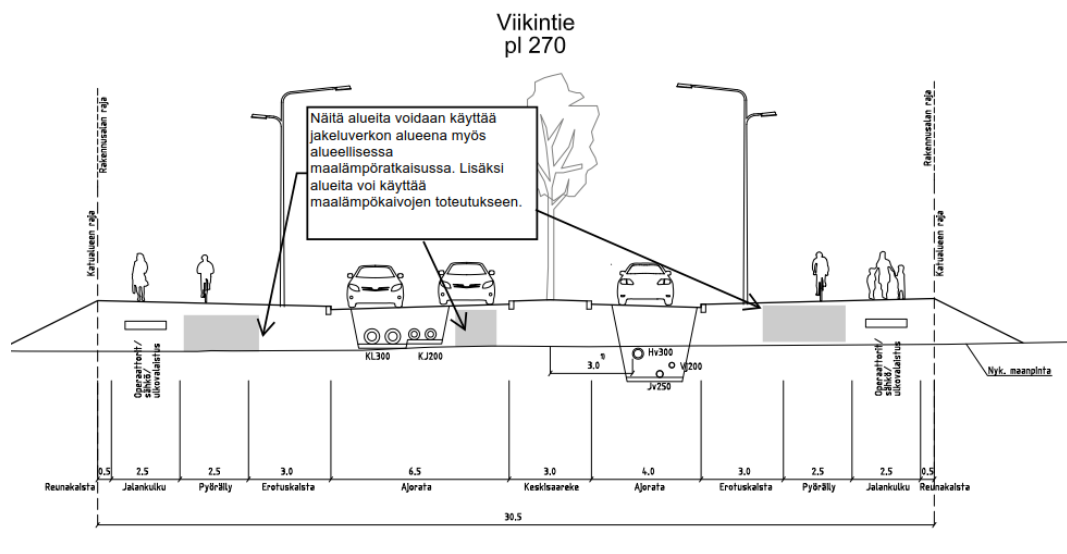


Kuva 16. Esimerkkejä alueellisen maalämmön edistämiseksi Karhunkaatajan asemakaava-merkintöinä ja -määräyksinä

Kunnallistekniikan osalta asemakaavasunnittelun laatimisvaiheessa on hyvä selvittää tarkemmin alueellisen maalämpöjärjestelmän tilatarpeita ja tarkentaa suunnittelua sen osalta. Tarkentamalla alueellisen maalämpöjärjestelmän toteutusvaihtoehtoja voidaan kunnallisteknisessä yleissuunnitelmassa ottaa alusta alkaen huomioon sekä maalämpökaivojen toteutus että siirtoverkko ja alueelliset energiakeskukset. Esimerkiksi katusuunnittelun yhteydessä tulee varmistaa, että katulevydet ovat riittävät maalämpöjärjestelmän sijoittamiselle tai alueelta varataan keskeinen alue, esimerkiksi aukio tai tori, johon maalämpökaivoja sijoitetaan tiiviimmin. Tarkennetuilla tiedoilla voidaan vielä vaikuttaa asemakaavaan ja kunnallistekniseen suunnitteluun

Karhunkaatajan kunnallisteknisessä yleissuunnitelmassa otetaan varsin vähän kantaa energiaratkaisuihin, sillä ratkaisu perustuu Helenin nykyisiin käytäntöihin. Raportissa todetaan kappaleessa 3.2 Lämpöverkot, että kaukolämpö- ja kaukokylmäverkosto on esitetty johtokartta-piirustuksessa ja että alueelle varataan sijainti neljälle CHC-laitokselle. Kunnallistekninen yleissuunnitelma liitteineen olisi hyvä väline mahdollistamaan ja myös ohjaamaan alueellisen maalämpöjärjestelmän toteutumista. Esimerkiksi johtokartassa voisi esittää maalämmön jakeluverkon kaukolämmönjakeluverkon tapaan tai vähintään jättää auki, onko kyseessä kauko- vai aluelämpöverkko eli putkiston tilavarausta ei nimettäisi suoraan yhdelle toimijalle. Lisäksi uutena elementtinä voisi esittää maalämpökaivoille soveltuvia pistemäisiä ja nauhamaisia kohteita sekä aluekohteita, kuten kuvassa 15 on esitetty asemakaavan päälle.

Useat Karhunkaatajan katualueet ovat melko kapeita ja niille on osoitettu jo valmiiksi paljon maanalaisia sekä maanpäällisiä infrastruktuuritarpeita, esimerkiksi puut, valaisimet ja telekaapelit. Paras mahdollisuus maalämpökaivojen toteuttamiseen ja alueellisen siirtoverkon järjestämiseen ovat leveämmillä kokoojakaduilla (kuva 17). Jakeluverkon järjestäminen on luonnollisesti mahdollista myös tyypillisesti kaukolämpöverkolle varatussa tilassa katualueen, joskus myös jalkakäytävän ja pyörätien, alla, mikäli kaukolämmön jakeluverkkoa ei alueelle tule tai maalämpöenergia yhdistetään kaukolämpöverkkoon. Tarkemmassa suunnittelussa voidaan myös tutkia mahdollisuutta sekä kaukolämpöverkon että maalämmön jakeluverkon vierekkäiseen toteuttamiseen, mikäli energiaratkaisut toimivat alueella rinnakkain. Mikäli katuvalojen kanssa samaan riviin ei ole suunniteltu puita, on katuvalojen väliin jäävä maanalainen tila myös kaivojen hyödynnettävissä.



Kuva 17. Ote Karhunkaatajan KTYS, Viikintien tyypipoikkileikkauksesta. Laatija: Sitowise 24.8.2018. Merkinnät Sweco 10/2020 tämän raportin yhteydessä.

5.3. Mellunkylä

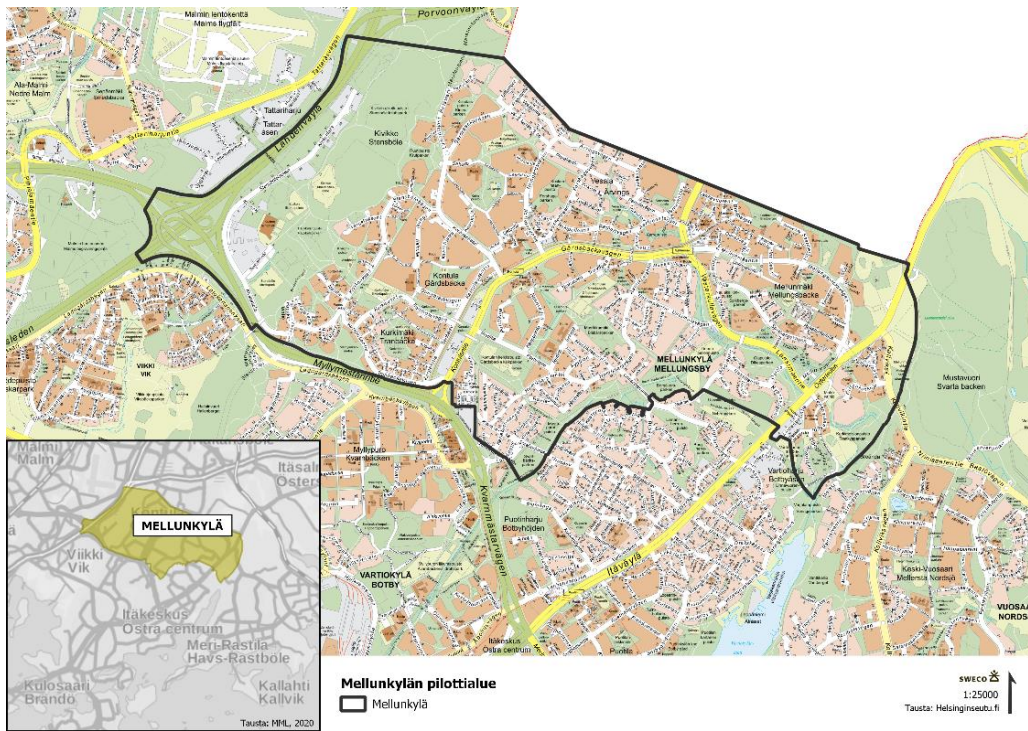
5.3.1. Lähtötiedot

Mellunkylän kaupunginosa sijaitsee Helsingin koillisissa osissa pitäen sisällään Kontulan, Kivikon, Vesalan, Mellunmäen ja Kurkimäen osa-alueet. Alue rajautuu Lahdenväylään, Vantaan rajaan, Itäväylään ja Kehä I:seen. Metrolinja kulkee alueen keskellä niin, että alueelle sijoittuu kaksi metroasemaa: Kontula ja Mellunmäki. Mellunkylän nykyisten kerrostaloalueiden rakentaminen alkoi 1960-luvulla Kontulan ja Mellunmäen lähiöistä. Alueella oli tuolloin jo pientaloja. Myöhemmin alueet ovat täydentyneet muun muassa metroasemien ympärille 1990-luvulla. Läntisessä Mellunkylässä, Lahdenväylän kupeessa, sijaitsee Kivikon laaja ulkoilualue.

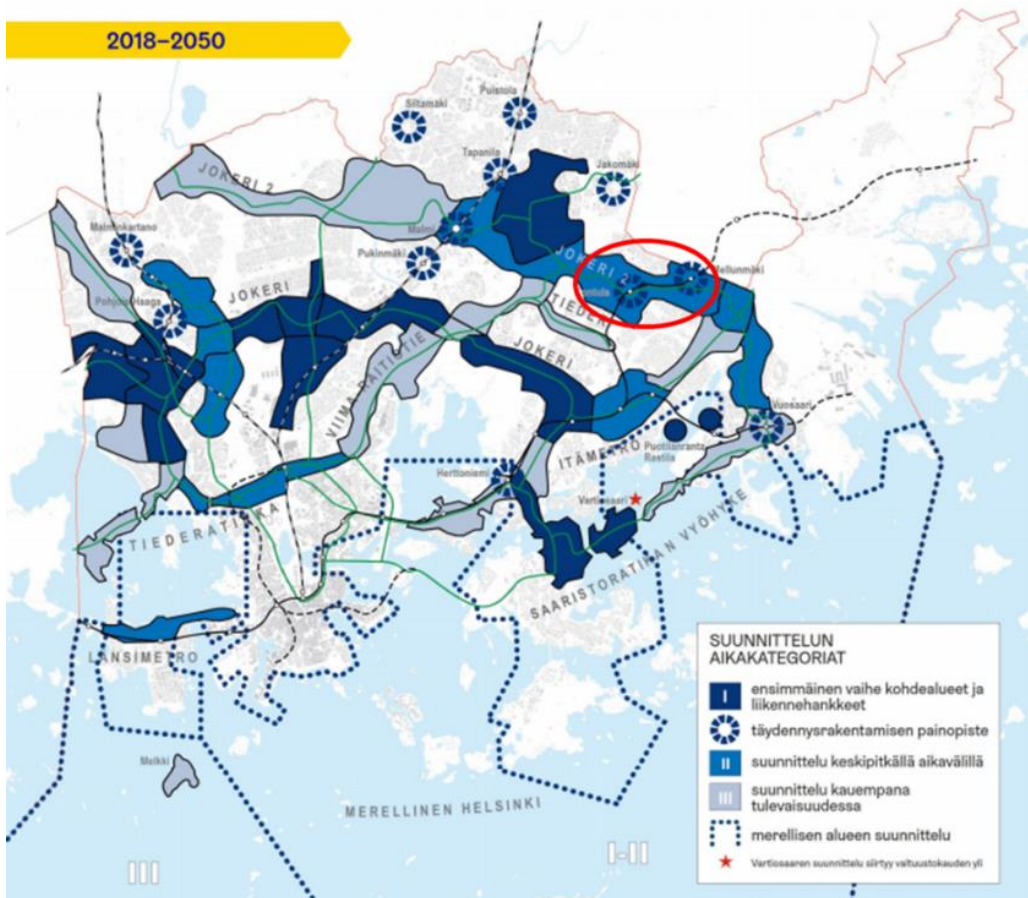
Helsingin uuden yleiskaavan toteuttamishjelmassa Mellunkylän alueelle on osoitettu kaksi täydennysrakentamisen painopistealuetta, Kontulan ja Mellunmäen metroasemien yhteyteen (kuva 19). Muutoin suurin osa alueesta on keskipitkän aikavälin suunnittelualuetta, joka tukeutuu Jokeri II linjaan.

Maanalaisessa yleiskaavassa Mellunkylän alueella on varsin vähän merkintöjä. Mellunmäen ja Kontulan metroasemien yhteydessä sijaitsee nykyisiä maanalaisia tiloja. Lisäksi alueen eteläosassa kulkee nykyisiä tunneleita. Alueen itäiseen osaan on varattu teknisen huollon yhteystarve ja läntiseen osaan puolestaan ohjeellinen suunniteltu liikennetunneli.

Maalämmön käyttöönottoa rajoittaa Mellunkylän pohjoisosassa Vantaan rajalla sijaitseva arvokas pohjavesialue. Lisäksi Kivikon muinaismuistot Tykkitiellä ja siirtolohkareet koillisosassa rajoittavat maalämmön hyödyntämistä.



Kuva 18. Mellunkylän pilotialueen sijainti ja aluerajaus.



Kuva 19. Helsingin uuden yleiskaavan toteuttamishojelman aikataulus. Mellunkylän alue osoitettu punaisella kehällä suurpiirteisesti.

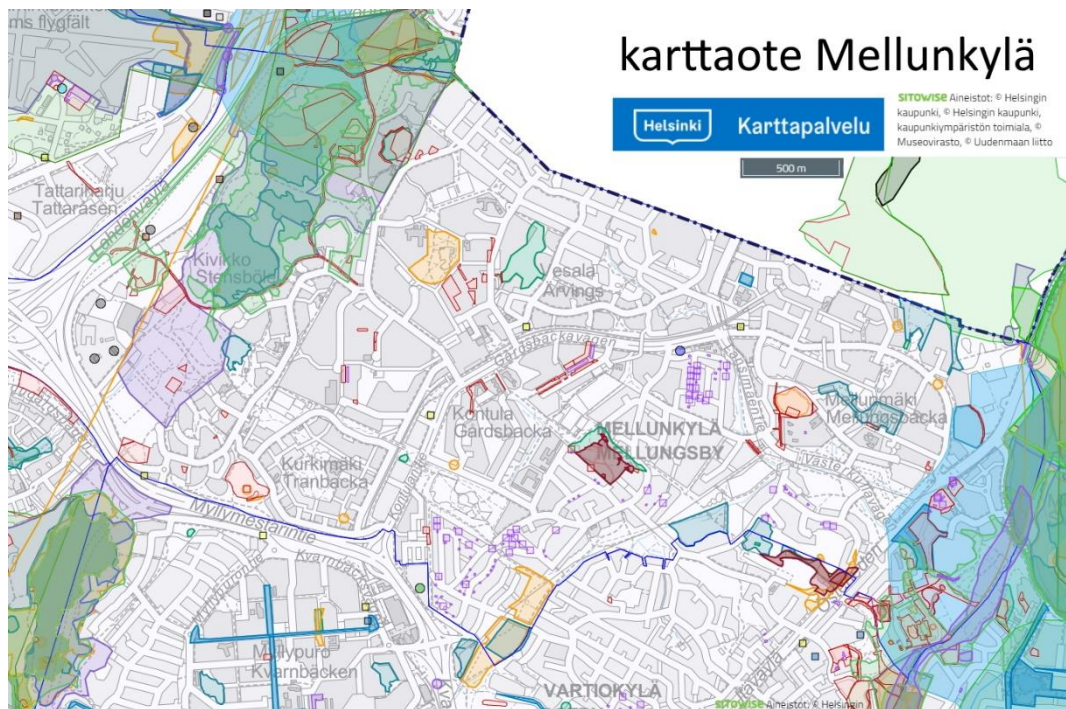
5.3.2. Alueellinen maalämpöratkaisu

Osayleiskaavataso alueen, Mellunkylän, osalta maalämmön edistäminen on jatkosuunnittelulla hyvin monella tavalla mahdollista. Mellunkylään kohdistuu paitsi täydennysrakentamisen tarve yleiskaavasta myös se, että alueella voidaan huomioida purkavan saneerauksen hankkeet, joista saadaan jopa korttelitasoista tilaa alueellisen maalämmön edistämiseen. Ympäristön kannalta merkityksellisintä on se, että olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseen tulisi voida pakottaa. Siten perinteinen osayleiskaavahanke olisi perusteltua, mutta melko raskaana prosessina se on varsin hidas väline edistämiseen.

Yksi vaihtoehto on laatia ns. vaiheosayleiskaava, jolla tutkitaan kaupunginosan laajuudelta aluetta teknisenä maalämpöosayleiskaavana. Osayleiskaavoituksessa selvitetäisiin vain kaupungin päätöksen perusteella syntynyt tarve edistää maalämmön osuutta yhdestä prosentista viiteentoista. Siten osayleiskaava ei ottaisi kantaa yleiskaavan muihin sisältövaatimuksiin, vaan se antaisi keinovalikoimaa asemakaavamuutoksiin ja toimisi myös tukena asemakaavamuutosprosessia kiireellisempiin poikkeusmenettelyihin. Tekninen osayleiskaava tulisi laatia aluevarauskaavana esimerkiksi mittakaavassa 1:5000, jotta sen tarkkuus on riittävä ja se olisi käyttökelpoinen jatkotoimiin.

Kaavoituksen keinoista eräs voisi olla asemakaavamuutoksen laatiminen vaiheittain. Tietävästi MRL 50 §:n muutoksen myötä vaiheittain laadittavat kaavat ovat koskeneet tähän mennessä lähinnä vain yhtä kaavan osa-alueita, esimerkiksi ranta-asemakaavan rakennuspaikkojen rakennusoikeuden lisäämistä. Yleiskaavan sijaan ”Mellunmäen maalämpövaiheasemakaava” voisi yhtä lailla olla lain tarkoittama osakokonaisuus, jolla olevien asemakaavojen suunnitteluperiaatteiden yhtenäistäminen voisi olla mahdollista.

Kolmantena vaihtoehtona on Helsingin kaupungilla käytössä olevien suunnitteluperiaatteiden uudistaminen. Seuraavan kerran Mellunkylään koskevia suunnitteluperiaatteita uudistaessa voitaisiin alueelliseen maalämpöön ottaa yleisesti rohkaiseva ote ja siten hankkeita voitaisiin alueella innostua toteuttamaan jo mahdollisesti olevien asemakaavojen puitteissa tai poikkeusmenettelyin. Neljäs vaihtoehto olisi laatia asemakaavamuutosten taustalle koko Mellunkylän maalämmön hyödyntämisen kunnallistekninen yleissuunnitelma. Kaikissa edistämisvaihtoehdoissa lähtöteinä tulee huomioida rajoittavat tekijät, kuten mm. tärkeät pohjavesialueet, muinaisjäännökset, maanlaiset varaukset, suojelu- ja virkistyskohteet ja -alueet (kuva 20).



Kuva 20 Lähtötietona huomioitavat maalämpöä rajoittavat tekijät Mellunkylän alueella.

Seuraavaksi tulisi kartoittaa olemassa olevien asemakaavojen yhdyskuntatekniselle huollolle, julkisiin palveluihin sekä pysäköintiin varattujen korttelien käyttöaste ja täydennysrakentamisen mahdollisuudet. Alueellisen maalämmön energiakeskukset on mahdollista sijoittaa myös esimerkiksi urheilukenttien rakennusten yhteyteen, jos päädytään esittämään ratkaisuna kaivokenttien sallimista ulkoilu- ja virkistysalueille (kuva 21).



Kuva 21. Alueellisen maalämmön edistämiseksi tarkastellaan katu- LP- ja LPA-alueiden, ap- ja p-osa-alueiden toteutumaa sekä mahdollisuuksia kaivojen toteuttamiseen. Lisäksi rakennettujen V-alueiden kenttäsanerausten yhteydessä maalämpökaivojen toteuttaminen on mahdollista.

Katualueiden osalta jatkosuunnittelun yhteydessä tulee tutkia, onko maalämpökaivoja mahdollista sijoittaa katutilaan kadun suuntaisena jonona tai voiko maalämpökaivoja sijoittaa jollekin au-

kio- tai torialueelle. Katualueiden hyödyntäminen on kustannustehokkainta toteuttaa katusaneerauksien yhteydessä, sillä muutoin kadun avaaminen alueellisen maalämpöjärjestelmän tekniikan takia nostaa rakentamisen kustannuksia merkittävästi.

Mikäli Mellunkylän alueella halutaan pilotoida alueellisen maalämmön edistämiseen liittyviä ohjaukeinoja nopealla aikataululla, voisi pienemmäksi pilottikohteeksi ottaa esimerkiksi vireillä olevan Kontulan pelastusaseman asemakaavan. Asemakaavoituksen yhteydessä olisi mahdollista testata näitä yleisiä periaatteita ja saada projektista malli, miten jo rakentuneella asemakaava-alueella maalämmön edistäminen on mielekästä toteuttaa. Kontulan alueelta ja sen maanalais-tilojen käyttö- ja laajentamismahdollisuuksista saatujen tulosten perusteella soveltuvia käytäntöjä voitaisiin skaalata ja toteuttaa koko Mellunkylän alueella. Yksittäinen pelastusaseman asemakaava ei vielä täytä alueellisen maalämpöjärjestelmän määritelmää, mutta kyseinen kaava voisi toimia ikään kuin järjestelmän ankkuripisteenä, josta maalämpöverkostoa voisi jatkaa. Tämä edellyttää ympäröivien alueiden potentiaalin ja myös rajoittavien tekijöiden selvittämistä ja esimerkiksi onko ympäröivien alueiden katuverkkoon tulossa saneeraustarpeita, joiden yhteydessä siirtoverkkoa olisi kustannustehokasta toteuttaa.

6. Johtopäätökset

Maalämpöä ja geotermistä energiaa voidaan hyödyntää monessa eri kokoluokassa. Alueellisia maalämpöjärjestelmiä voidaan toteuttaa alle kilometrin, yleensä noin 300 metrin, syvyisillä maalämpökaivoilla, 1-3km syvillä kaivoilla tai 4-7 km syvillä kaivoilla (EGS-voimala). Maankäytön suunnittelun näkökulmasta tilavaraus maalämpöjärjestelmän komponenteille vaikuttaa olevan samankaltainen aina noin 3 kilometrin syvyisiin kaivoihin asti.

Alle kilometrin syvyisiä kaivoja tarvitaan hyvin paljon kattamaan lämmitystarve, mistä syystä tehokkailla alueilla ainoastaan alueellinen toteutus on riittävä ja myös aikataulullisesti järkevä, sillä ison kokonaisuuden rakentamisessa saadaan synergiaetuja tonttikohtaisiin ratkaisuihin nähden. Kahdesta kolmeen kilometriä syviä kaivoja on jo toteutuksessa ja suunnittelussa useampia. Niiden teknologia vaikuttaa potentiaaliselta, mutta kyseisiäkin kaivoja tulisi toteuttaa vuosittain noin 60 kappaletta, jotta päästäisiin tavoitteeseen nostaa maalämmön osuus 15 prosenttiin vuoteen 2035 mennessä. EGS-voimalaitoksia sen sijaan tarvittaisiin vain kolmesta kuuteen kappaletta, mutta niiden toteuttamiseen liittyy niin toiminnallisia kuin seismisiä riskejä, jotka on selvitettävä ennen luvitusta. Joka tapauksessa alalla on paljon kiinnostuneita operaattoreita toteuttamaan alueellisia maalämpöratkaisuja. Operaattoreiden toive on, että heidän taloudellista riskiänsä pienennettäisiin velvoittamalla alueen rakennuttajat liittymään maalämpöjärjestelmään.

Kaikki maalämmön edistämisen keinot on otettava käyttöön, jotta Helsingin kaupungin tavoite maalämmön osuuden nostamisesta 15 prosenttiin täytyy vuoteen 2035 mennessä. Havainnollistaakseen tavoitteen tiukkuutta ja kaikkien keinojen tarpeellisuutta on työn aikana karkeasti arvioitu, että 100 000 kem² suuruisia alueita (noin 15 - 20 asuinkerrostalokorttelia) tulisi toteuttaa tai siirtää maalämmön piiriin yhteensä yli sata kappaletta vuoteen 2035 mennessä. Alueellisen maalämpöjärjestelmän toteuttaminen on lähtökohtaisesti helpointa uusilla asemakaava-alueilla, kun järjestelmä voidaan suunnitella rinnakkain alueen toteutuksen kanssa. Energiaremontteja kuitenkin tarvitaan, sillä tavoitteeseen tuskin päästään toteuttamalla maalämpöjärjestelmiä vain uusille alueille.

Maalämpöjärjestelmien toteuttamisen kannalta keskeistä on, että maankäytön suunnittelussa varataan riittävästi tilaa ja jätetään avoin vaihtoehto toteutukseen. Kun maalämpöjärjestelmää selvitetään ja suunnitellaan riittävän varhain, ymmärretään, kuinka siihen voidaan varautua. Maalämpöjärjestelmän on tilaa vaativaa asia ja se täytyy huomioida muun muassa muuta kunnallistekniikkaa suunniteltaessa, vaikka arkielämässä se onkin ihmisille lähes näkymätön. Karkeilla kaavatasoilla alueellisia maalämpöratkaisuja voidaan edistää kehittämismerkinnöin ja määräyksin, tarkemmalla tasolla ja kunnallisteknisessä suunnittelussa varataan jo tilaa energiakeskuskille, maalämpökaivoille ja siirtoverkolle. Liikkumavaraa tulee kuitenkin jättää toteutukseen, jotta ei suljeta potentiaalisia ratkaisuja pois.

Helsingin kaupunki laatii parhaillaan uutta maanalaista yleiskaavaa, jonka yksi teemoista on maalämmön hyödyntäminen. Kaavaluonnos sisältää koko kaupungin aluetta koskevan maalämmön yleismääräyksen, jossa todetaan, että maalämpöä voidaan hyödyntää kohteissa, joissa maalämmön poraaminen ei ole ristiriidassa muun maanalaisen tai maanpäällisen maankäytön tai maan päällä sijaitsevien suojelu- ja virkistysarvojen kanssa. Kaupunkiympäristölautakunta päätti käsitellessään maanalaisen yleiskaavan luonnosta, että *"kaavan valmistelun seuraavassa vaiheessa tulee varmistaa kokonaisvaltaisesti maalämmön edistämisen tavoite ja riittävä kaaval-*

linen ohjaus ja ottaa valmistelussa huomioon ajantasainen maalämmön eri kokoluokkien ja teknologioiden käynnissä oleva kehitys". Tässä selvityksessä on tutkittu maankäytön suunnittelun mahdollisuuksia eri kaavatasoilla, kunnallisteknisen suunnittelun keinoja ja maalämmön edistämistä sopimuksin. Selvityksessä on huomioitu viimeaikainen maalämpöteknologioiden kehitys ja eri kokoluokat.

Helsingin yleiskaava 2016 ja valmisteltava uusi maanalainen yleiskaava sallivat nykyisellään maalämmön ja geotermisen energiantuotannon kaikissa kokoluokissa. Maanalaisen yleiskaavan tarkkuustaso ja mittakaava eivät sovellu maalämmön aluevarausten tai kohdemerkintöjen osoittamiseen, sillä maalämpöjärjestelmiin ja geotermiseen energiaan liittyvät komponentit ovat mittasuhteiltaan liian pieniä esitettäväksi nyt laadittavana olevassa maanalaisessa yleiskaavassa. Maalämmön ja geotermisen energiantuotannon edistämistavoitetta voidaan korostaa lisäämällä maanalaiseen yleiskaavaan joko "maalämmön kehittämisalue" -merkintä ja sitä koskeva kaavamääräys tai yleismääräys koskemaan Helsingin kantakaupungin ulkopuolisia uudis- ja täydennysrakentamiskohteita.

Alueellisten maalämpöhankkeiden toteutumisen edistämiseksi maalämmön ja geotermisen energian kokonaisvaltaista kaavallista ohjausta pitää jatkaa yleiskaavatasolta asemakaavatasolle. Nykyisissä kaavamääräyksissä olevia viittauksia hajautettuihin energiajärjestelmiin tulisi täsmentää tarkoittamaan ainoastaan uusiutuvia energianlähteitä. Jos kaavoituksessa halutaan edistää nimenomaan maalämmön hyödyntämistä, tulee asemakaavatasolla osoittaa tiloja alueellisia maalämpöjärjestelmiä varten erillisellä alue- tai osa-aluemerkinnällä. Lisäksi voidaan hyödyntää kehittämismerkintänä rasterityyppistä aluerajausta, jonka sisällä tulee huomioida mahdolliset kii-
vovaraukset.

Kunnallisteknisen yleissuunnittelun osalta on tärkeää huomioida mahdolliset maalämpöjärjestelmän eri komponenttien toteutusmahdollisuudet katualueilla sekä muilla yleisillä alueilla, kuten toreilla. Tähän voidaan ohjata esittämällä yleissuunnitelmassa tilavaraukset maalämpöjärjestelmille vastaavaan tapaan kuin nykyisin esitetään kaukolämpö- ja kaukokylmäverkostoille. Ohjausta ja huomiointia helpottaa, mikäli yleissuunnitteluvaiheessa on jo selvitetty alueellisen maalämpöjärjestelmän potentiaalia ja mahdollista toteutustapaa alueella. On tarkasteltava, onko muiden operaattoreiden tilavarauksia mahdollista kaventaa tai muuten yhteensovittaa maalämpöjärjestelmän infran kanssa ja tätä kautta saada lisää tilaa maalämpöjärjestelmää varten. Jotta maalämmön sijoittaminen katualueelle on mahdollista, tulee tarve huomioida jo kaavoitusvaiheessa ja jatkaa yhteistyössä yhdyskuntateknisen yleissuunnittelun kanssa etenkin uudisrakentamisen alueilla.

Maankäyttö- ja rakennuslaki ei sisällä enää säännöstä siitä, että kunta voi kaavoituksella tai sopimuksin suoraan velvoittaa tietyn lämmitysmuodon valintaan. Tontinluovutus- ja maankäyttöso-
pimuksissa voidaan kuitenkin sopia monista sellaisistakin ympäristön kannalta keskeisistä asioista, joista ei kannata tai voida kaavassa määrätä. Sopimukseen voidaan ottaa ehtoja E-lukurajasta tai esimerkiksi veloitte alueellisen maalämpösuunnitelman tai kunnallisteknisen yleissuunnitelman tekemisestä tietyssä ajassa. Kaupunki voi lisätä maalämpöjärjestelmien toteuttamisen todennäköisyyttä vaatimalla alhaisia E-lukuja, sillä maalämmöllä voidaan saavuttaa varsin kustannustehokkaasti matala E-luku.

Vaikka suoria velvoittamiskeinoja ei tämän hetken lainsäädännöllä ole, se ei tarkoita, etteikö alueellisiin maalämpöratkaisuihin voitaisi ohjata. Jokaisella suunnitelmatasolla voi ja tulee edistää maalämmön hyödyntämistä kyseisen suunnitelmatason keinot huomioiden. Alueellisten maalämpöjärjestelmien huomioiminen onkin tärkeää jo ylätasolla, jotta ei tarkoituksetta rajata mahdollisuuksia sen toteuttamiseen. Tehokkaimmin maalämmön hyödyntämistä voidaan edistää asema-

kaavoituksen yhteydessä tehtävällä kunnallisteknisellä yleissuunnittelulla, mahdollistavilla kaavamääräyksillä ja sopimuksilla matalasta E-luvusta. Olemme koonneet taulukkoon 2 yhteenvedon maankäytön suunnittelun keinoista eri suunnitelmatasoilla. Keinovalikoiman tarkoitus ei ole ottaa kantaa, kuinka Helsingin kaupungin pitää toimia, vaan antaa työkaluja eri suunnittelutason ratkaisujen mietintään.

Taulukko 2. Yhteenvedo maankäytön suunnittelun keinoista alueellisen maalam- pöjärjestelmän edistämiseksi eri suunnittelutasoilla

<i>Maankäytön suunnittelun taso</i>	<i>Maankäytön suunnittelun keinot</i>
<i>Yleiskaava</i>	Asetetaan tavoite yleismääräyksellä ja strategisella tasolla kehittämismerkinnöin ja -määräyksiin. Vaihe-energiayleiskaavassa aluevaraukset ja sijoittamisen poissulkevat alueet
<i>Osayleiskaava/aluesuunnitelmat/kaavarunko</i>	Kaupunginosatasolla aluevarauksin, pääkäyttötarkoituksen päällä osa-alue tai ohjeellinen osa-alue -merkinnöin sekä määräyksiin. Suunnittelulla mahdollistetaan täydennysrakentamiskohteiden poikkeamisenmenetelyt sekä asemakaavamutokset.
<i>Asemakaava</i>	Asemakaavatasolla määritellään aluevaraukset (ET ja EH) sekä pääkäyttötarkoituksen päällä osa-alue tai ohjeellinen osa-alue -merkinnöin sekä määräyksiin ja rakennusoikeudet. Kehittämismerkinnöin tai yleismääräyksiin mahdollistetaan yleisille alueille siirtoverkon johtolinjausten osa-aluemerkinnät.
<i>Kunnallistekninen yleissuunnitelma</i>	Huomioidaan tilavarauksissa (esim. kadut), varataan siirtoverkolle, energiakeskukselle ja kaivoille tilaa sekä yhteensovitetaan muun yhdyskuntatekniikan kanssa.
<i>Maankäyttösopimukset ja tontinluovutusehdot</i>	Sopimukseen ehtoja matalasta E-lukurajasta ja velvoite alueellisen maalam- pösuunnitelman tai kunnallisteknisen yleissuunnitelman tekemisestä

Lähteet

Espoon kaupunki (2019). maalämpökaivojen lupamenettely, 24.05.2019: <https://www.es-poo.fi/download/noname/%7B41E4EA47-F207-473C-898D-443E1BBB5AF6%7D/114707>

Espoon kaupunki (2017). Niittykallio asemakaavan muutos, AK 15:61, päivätty 26.4.2016 ja muutettu 30.8.2017.

Espoon kaupunki (2016). Suurpelto III asemakaava ja asemakaavan muutos. AK.21:15, muutettu 28.10.2016.

Geologian tutkimuskeskus, GTK (2013). Oulun geoenergiapotentiaalin kartoitus. Geologian tutkimuskeskus Länsi-Suomen yksikkö. 26.4.2013.

Granlund Consulting Oy (2020). Pohjois-Pasilan Postipuiston alue: Maalämmön energiapeittoaste ja korttelitehokkuus.

Granlund Consulting Oy (2018). Pohjois-Pasilan alueen geoenergiaselvitys.

Granlund Consulting Oy (2017a). Pohjois-Pasilan kaava-alueen maalämpövertailun tarkastuslaskelmat.

Granlund Consulting Oy (2017b). Pohjois-Pasilan kaava-alueen maalämpö – kaukolämpö vertailut.

Granlund Consulting Oy (2017c). Pohjois-Pasilan kaava-alueen korttelitason maalämmön toteutusvertailu.

Helsingin kaupunki (2020a). Maalämpötyöryhmän ehdotus: Maalämpökaivot Helsingissä. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2020:8.

Helsingin kaupunki (2020b). Maankäytön suunnittelu ja maalämpö. Kaupunkiympäristön aineistoja 2020:1. Tekijät Sweco Talotekniikka Oy ja Sweco Ympäristö Oy.

Helsingin kaupunki (2019). Helsingin geoenergiapotentiaali. Kaupunkiympäristön julkaisuja 2019:25. Tekijät Geologian tutkimuskeskus.

Helsingin kaupunki (2018a). Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma. 2018. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf>

Helsingin kaupunki (2018b). Karhunkaatajan alue, asemakaavan ja asemakaavan muutoksen nro 12550 selostus. Helsingin kaupunki. 9.10.2018.

Helsingin kaupunki (2017). Maanalainen yleiskaava: Maanalaisen yleiskaavan muutoksen suunnitteluperiaatteet. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto.

Ikonen, P. Espoon kaupunki. Sähköposti 24.08.2020.

Immonen, H. Gebwell. Sähköposti 16.06.2020.

Kulmala, J. Espoon kaupunki. Sähköposti 26.08.2020.

Kuningas, J. Suomen Kaasuenergia. Puhelinhaastattelu 23.9.2020.

- Lahden kaupunki (2016). Energiakaivo Lahdessa ja Kärkölässä, rakennusvalvonnan ohje nro 52., 12.4.2016. http://lahdenvuosi.fi/filebank/658-52-Maalampo_Lahdessa_ ja_Karkolassa.pdf
- Leppäharju, N (2020). Geoenergia Suomessa 2020-luvulla. GTK, Hukkalämmön hyödyntäminen -webinaari 27.08.2020
- Mattila, J (2020). Kalasataman jätteen putkikeräys Oy ja Kruunuvuorenrannan jätteen putkikeräys Oy. Sähköposti 25.08.2020.
- Niemi, R (2020). Qheat. Puhelinhaastattelu 21.8.2020.
- Ramboll Finland Oy (2019). Hiilineutraali Malmin lentokentän alue -energiaselvitys.
- Savela, K (2020a). ST1. Puhelinhaastattelu 19.8.2020.
- Savela, K(2020b). ST1. Sähköpostikeskustelu 15.09.2020.
- Sitowise (2018). Karhunkaatajan asemakaava-aleen kunnallistekniikan yleissuunnitelma. Sitowise 30.8.2018.
- St1 (2016). Turku Energia ja St1 ovat solmineet aiesopimuksen Turkuun rakennettavasta geotermisestä laitoksesta. Verkkajulkaisu. 31.05.2016. Saatavissa: <https://www.st1.fi/turku-energia- ja-st1-ovat-solmineet-aiesopimuksen-turkuun-rakennettavasta-geotermisesta-laitoksesta>
- Uski M. & Piipponen K. (2019). Selvitys geotermisen energian syväreikäporaamisesta, siihen liittyvistä ympäristönäkökohdista sekä riskienhallinnasta. Report S-68, Institute of Seismology, University of Helsinki.
- Vähäaho, I (2020a). Maalämpö ja geotermisen energia: Vastaus ilmastonmuutokseen ja energiantarpeeseen?, Suomen Geoteknillinen Yhdistys SGY:n jäsenlehti Nro 50, Lokakuu 2020.
- Vähäaho, I (2020b). Helsingin kaupunki. Sähköposti 16.09.2020.
- Vähäaho, I (2020c). Helsingin kaupunki. Sähköposti 5.10.2020.
- Vähäaho, I (2019). Helsinki Urban Underground Spaces - Guidelines for visitors.

Kuvailulehti

Projektinjohto	Rikhard Manninen, Sami Haapanen, Tuomas Hakala, Raisa Kiljunen-Siirola, Kaisa-Reeta Koskinen, Pekka Leivo, Jussi Luomanen, Pasi Rajala, Alpo Tani ja Ilkka Vähäaho
Tekijät	Niina Laasonen, Mikko Raninen, Sanukka Lehtiö, Timo Heikkilä, Topias Siren, Jani Rantalainen, Ville Rautiainen ja Maritta Heinilä (Sweco Talotekniikka Oy, Sweco Infra & Rail Oy ja Sweco Industry Oy)
Nimike	Alueellisten maalämpöratkaisujen periaatteet maankäytön suunnittelussa ja toteutuksessa
Sarjan nimike	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2020:22
Julkaisuaika	11:2020
Sivuja	57
Liitteitä	0
ISBN	978-952-331-839-7
ISSN	2489-4257 (verkkojulkaisu)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi
Lyhytosoite	http://bit.ly/alueellisten-maalamporatkaisujen-periaatteet

Tiivistelmä:

Selvitys on laadittu osana Helsingin maanalaisen yleiskaavan päivityksen selvityksiä. Työ täydentää vuonna 2019 tehtyä maalämpöselvitystä alueellisten maalämpöjärjestelmien osalta, sillä selvityksessä todettiin, ettei tehokkailla alueilla tonttikohtaiset maalämpöratkaisut riitä täyttämään lämmitystarvetta. Selvityksen tavoitteena on tarkastella alueellisten maalämpöjärjestelmien mahdollisuuksia ja maankäytön suunnittelun keinoja järjestelmien edistämiseksi. Työn lähtökohtana on, ettei kunnilla ja kaupungeilla ole lain nojalla mahdollisuutta määrätä suoraan lämmitysmuodon valintaa.

Maalämpöä ja geotermistä energiaa voidaan hyödyntää monessa eri kokoluokassa. Alueellisia maalämpöjärjestelmiä voidaan toteuttaa alle kilometrin syvyisillä, yleensä noin 300 metrin syvyisillä, maalämpökaivoilla, 1-3km syvillä kaivoilla tai 4-7 km syvillä kaivoilla (EGS-voimala). Alueellisella maalämpöratkaisulla tarkoitetaan useamman kuin yhden kiinteistön yhteistä energiantuotantoratkaisua. Kaikki maalämmön edistämisen keinot on otettava käyttöön, jotta tavoite 15 prosentin osuudesta täyttyy vuoteen 2035 mennessä. Havainnollistaakseen tavoitteen tiukkuutta ja kaikkien keinojen tarpeellisuutta on työn aikana karkeasti arvioitu, että 100 000 kem² suuruisia alueita (noin 15-20 asuinkerrostalokorttelia) tulisi toteuttaa tai siirtää maalämmön piiriin yhteensä yli sata kappaletta vuoteen 2035 mennessä. Alueellisen maalämpöjärjestelmän toteuttaminen on lähtökohtaisesti helpointa uusilla asemakaava-alueilla, kun järjestelmä voidaan suunnitella rinnakkain alueen toteutuksen kanssa. Energiaremonttejakin kuitenkin tarvitaan, sillä tavoitteeseen tuskin päästään toteuttamalla maalämpöjärjestelmiä vain uusille alueille.

Vaikka suoria velvoittamiskeinoja ei tämän hetken lainsäädännöllä ole, se ei tarkoita, etteikö alueellisiin maalämpöratkaisuihin voitaisi ohjata. Jokaisella suunnitelmatasolla voi ja tulee edistää maalämmön hyödyntämistä kyseisen suunnitelmatason keinot huomioiden. Alueellisten maalämpöjärjestelmien huomioiminen onkin tärkeää jo ylätasolla, jotta ei tarkoituksetta rajata mahdollisuuksia sen toteuttamiseen. Tehokkaimmin maalämmön hyödyntämistä voidaan edistää asemakaavoituksen yhteydessä tehtävällä kunnallisteknisellä yleissuunnittelulla, mahdollistavilla kaavamääräyksillä ja sopimuksilla matalasta E-luvusta. Raportti sisältää maankäytön suunnittelun keinovalikoimaa eri suunnitelmatasoilla maalämmön hyödyntämisen mahdollisuuksista. Keinovalikoiman tarkoitus ei ole ottaa kantaa, kuinka Helsingin kaupungin pitää toimia, vaan antaa työkaluja eri suunnittelutason ratkaisujen mietintään. Keinovalikoimaa on viety lähemmäs konkretiaa laatimalla pilottialueille, Karhunkaatajan asemakaava-alue ja Mellunkylän kaupunginosa, ehdotuksia alueellisen maalämpöjärjestelmän suunnitteluun.

Avainsanat: maalämpö, alueellinen maalämpö, maankäyttö, maanalainen yleiskaava, asemakaava, kunnallistekniikka, energia, hiilineutraali, energiantuotanto



Helsinki

Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.