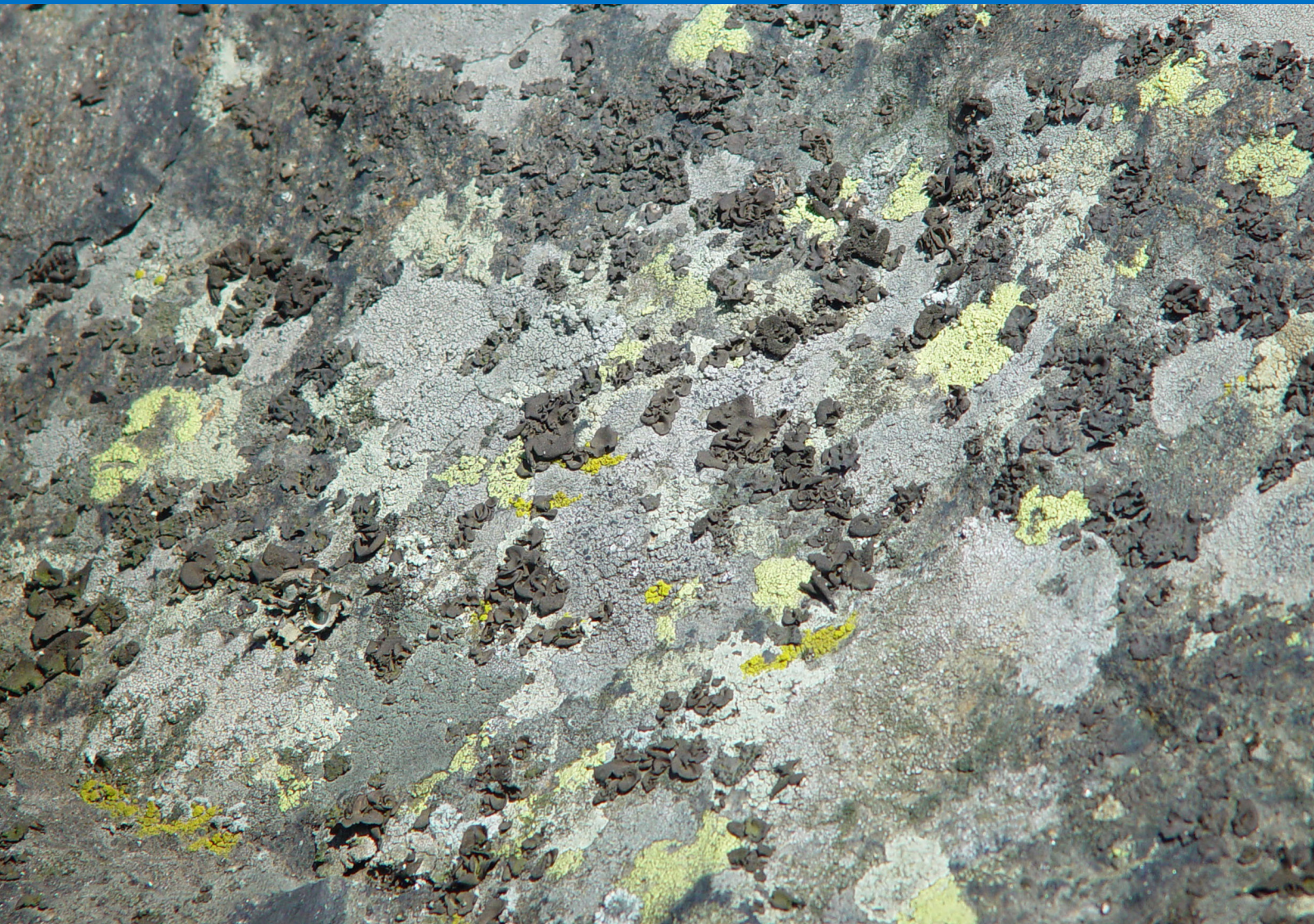


Maankäytön suunnittelu ja maalämpö



Helsinki

Maankäytön suunnittelu ja maalämpö

Kaupunkiympäristön aineistoja 2020:1

Julkaisija | Helsingin kaupunki / kaupunkiympäristön toimiala
Kannen kuva | Helsingin kaupungin aineistopankki / Olli Turunen
Tekijät | Sweco Talotekniikka Oy ja Sweco Ympäristö Oy
Niina Laasonen, Mika Penttinen, Maritta Heinilä, Joni Hilpinen, Henri Ruuskanen,
Ville Mattila, Mikko Raninen, Tarja Ojala, Eija Miettinen

ISBN | 978-952-331-707-9 (verkkoversio)

ISSN | 22489-4257 (verkkoversio)

SISÄLTÖ

1	Johdanto	7
1.1	Tavoitteet	7
1.2	Työn tilaaja ja laatijat	7
2	Helsingin kaupungin maankäyttöä koskevat keskeiset tavoitteet ja nykytila	7
2.1	Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet	8
2.2	Uudenmaan maakuntakaava	8
2.3	Helsingin kaupunkistrategia	9
2.4	Kuntakaavoitus	9
2.4.1	Helsingin uusi yleiskaava	9
2.4.2	Östersundomin kuntien yhteinen yleiskaava	11
2.4.3	Maanalainen kaavoitus	12
2.5	Selvityksen suhde ilmastotavoitteisiin	13
2.6	Helsingin geoenergiapotentiaali	14
2.7	Lämmöntuotanto Helsingissä	15
2.7.1	Kaukolämpö	15
2.7.2	Maalämmön hyödyntämisen nykytilanne ja lämmönjakotavat	17
2.8	Energiansiirtoverkot Helsingissä	20
3	Maalämpöjärjestelmät ja energiantarve	22
3.1	Maalämpöjärjestelmien vertailu	22
3.1.1	Alueelliset järjestelmät	23
3.1.2	Lämpöpumppujen hyötysuhteet erilaisissa ja eri-ikäisissä kiinteistöissä	24
3.2	Rakennusten energiantarpeen arviointi	25
3.3	Helsingin aluekohtaiset lämmitystarpeet	26
4	Maalämpöjärjestelmän energiantuotto ja maapinta-alan tarve	27
4.1	Maalämpökentän mallinnus ja oletukset	28
4.1.1	Maalämpöjärjestelmät pientaloalueella (Asuntovaltainen alue A4)	30
4.1.2	Maalämpöjärjestelmät asuin- ja kerrostaloalueilla (Asuntovaltainen alue A2 ja Kantakaupunki C2)	31

4.1.3	Maalämpöjärjestelmät tiiviillä toimistoalueella (Kantakaupunki C1/C2)	34
4.2	Herkkyystarkastelut	36
5	Maalämmön hyödyntämisen rajoitteet	38
5.1	Ohjausryhmän linjaamat maalämmön hyödyntämistä poisraaavat tekijät	38
5.1.1	Helsingin geologisesti arvokkaat kohteet	38
5.1.2	Arkeologinen kulttuuriperintö	39
5.2	Maalämmön hyödyntämistä yleisesti rajoittavat tekijät	40
5.2.1	Kallioperän heikkousvyöhykkeet	41
5.2.2	Väylät suoja-alueineen	41
5.2.3	Maanalainen rakentaminen	41
5.2.4	Helsingin uuden yleiskaavan virkistys- ja viherverkosto	42
6	Maalämpökaivojen tekninen toteutus	43
6.1	Maalämpöjärjestelmän rakenne	43
6.2	Maalämmön rakentamisen vaikutukset työmaa-aikana	46
6.3	Maalämpökaivon huolto/käytöstäpoisto	47
6.4	Maalämpöratkaisujen tilantarpeet ja varusteet	47
6.1	Maalämpökaivojen toteutuskapasiteetti	48
7	Maalämpökaivojen huomiointi kiinteistölainsäädännössä ja lupakäytäntö	52
7.1	Suunnittelua ohjaavat säädökset	52
7.1.1	Periaatteet	52
7.1.2	Yleiskaava	53
7.1.3	Asemakaava	54
7.1.4	Suunnittelutarvealue	55
7.2	Rakentamista ohjaavat säädökset	55
7.2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	56
7.2.2	Vesilaki	56
7.2.3	Ympäristönsuojelulaki	56
7.2.4	Kiinteistönmuodostamislaki	57
7.3	Nykyisten oikeusvaikutteisten kaavojen, rakennusjärjestyksen ja lupakäytäntöjen oikeudellinen sitovuus lämmitysratkaisua valittaessa tai sitä vaihdettaessa	57

7.4	Korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisukäytäntö	59
7.5	Johtopäätöksiä	59
8	Maalämpökaivojen ympäristövaikutukset	59
8.1	Kallioperän termogeologiset ominaisuudet	60
8.2	Stationääritilan saavuttaminen ja kaivon jäätyminen	60
8.3	Yksittäisen kaivon vaikutus kallioperän lämpötilaan	61
8.4	Maalämpökaivon elinkaaren pidentäminen viilentämällä	62
8.5	Taipuma ja suojaetäisyydet	62
8.6	Vaikutukset pohjaveden määrään ja laatuun	64
8.6.1	Luparatkaisut pohjavesialueilla	65
8.7	Vaikutukset kasvillisuuteen	66
8.8	Ympäristövaikutusten arviointi- ja mittausmenetelmät kaivojen suunnittelussa ja rakentamisessa	66
9	Helsingin maalämpöpotentiaali	67
9.1	Maalämmön hyödynnettävyysspotentiaali Helsingin kaupungin alueella nykytilanteessa	67
9.2	Arvio maalämmön osuudesta Helsingin lämmitystarpeen kattamisessa Helsingin uuden yleiskaavan tavoitevuonna 2035	70
9.3	Maalämpöpotentiaali kaavamerkintäalueittain	73
10	Maalämmön vaikutus hiilidioksidipäästöihin	75
11	Johtopäätökset	77
	Lähteet	81
	Liitteet	83

1 Johdanto

1.1 Tavoitteet

Helsingin kaupunki laatii parhaillaan uutta maanalaista yleiskaavaa. Työn yhteydessä kaupungin tulee varmistua siitä, että tärkeät yhteiskunnalliset palvelut, mm. yhteiskäyttötunnelit ja liikennetunnelit sekä maanalaiset pysäköintilaitokset, väestönsuojat, energia- ja vesihuoltolaitokset, kaupalliset tilat sekä vapaa-ajan monikäyttötilat voidaan turvata varaamalla riittävät kallioresurssit maanalaista rakentamista varten. Tämä vaatii myös maalämpökaivojen ja muun maanalaisen rakentamisen yhteensovittamista. Tämän selvityksen tarkoituksena on toimia MRL 9 § mukaisena taustaselvityksenä maanalaisen yleiskaavan suunnittelun ja vaikutusten arvioinnin tueksi ja linjata periaatteita, joiden mukaan maalämpökaivoja voidaan jatkossa suunnitella Helsingin alueelle osana muuta maankäytön suunnittelua. Keskeinen tavoite on myös arvioida maalämpöön perustuvien energiaratkaisujen realistista osuutta tulevaisuudessa Helsingin kokonaislämmöntarpeesta.

1.2 Työn tilaaja ja laatijat

Työn ohjausryhmän vetäjänä on toiminut Helsingin kaupungin teknistaloudellisesta suunnittelusta Pekka Leivo. Ohjausryhmän muina jäseninä ovat toimineet Eija Kivilaakso (Helsingin kaupungin teknistaloudellinen suunnittelu), Tuomas Hakala (Helsingin kaupungin Asemakaavoitus / Pohjoinen alueyksikkö), Risto Niinimäki (Helsingin kaupungin Maa- ja kallioperä), Jouko Kunnas (Helsingin kaupungin Yleispiirteinen maankäytön suunnittelu), Raisa Kiljunen-Siirola (Helsingin kaupungin Yleispiirteinen maankäytön suunnittelu) ja Jouni Kivirinne (Helen Alueellinen energiasuunnittelu).

LVI- ja energiatekniikan osalta konsulttina ovat olleet Sweco Talotekniikka Oy:ltä Niina Laasonen (DI), Mika Penttinen (Ins. AMK), Joni Hilpinen (DI), Henri Ruuskanen (TkK) sekä Ville Mattila (DI). Maankäytön ja ympäristösuunnittelun osalta konsulttina ovat olleet Sweco Ympäristö Oy:ltä Maritta Heinilä (arkkitehti), Tarja Ojala (FM biologi), Ville Rautiainen (HTM ympäristöoikeus) sekä Mikko Raninen (DI).

2 Helsingin kaupungin maankäyttöä koskevat keskeiset tavoitteet ja nykytila

Helsingin maankäytön tarkempaa suunnittelua ohjaavat mm. valtakunnallisella tasolla valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, seudullisella tasolla Uudenmaan maakuntakaava, kaupunkitasolla Helsingin kaupunkistrategia ja kaupungin laatimat maanpäälliset ja maanalaiset yleis- ja asemakaavat. Tässä kappaleessa on esitetty tiivistelmät Helsingin kaupungin maankäyttöä ohjaavista merkittävimmistä instrumenteista nostaen esiin niiden suhteen maalämmön hyödyntämiseen. Lisäksi kappaleessa on esitetty Helsingin alueen energiainfrastruktuurin ja maalämmön nykytila, sillä maalämmön hyödyntämiseen ja taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttavat merkittävästi käytössä olevat lisäenergianlähteet sekä nykyisen rakennuskannan osalta lämmönjakotapa.

2.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista on annettu 14.12.2017. Päätöksellään valtioneuvosto korvaa valtioneuvoston 30.3.2000 tekemän sekä 13.11.2008 tarkistaman päätöksen valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista.

Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden keskiöön on nostettu ilmastonmuutos, kaupungistuminen ja väestönmuutokset, elinkeinojen uusiutuminen ja digitalisaatio sekä luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen. Tavoitteena on tehdä kestävää alueidenkäyttösuunnittelua, jossa edistetään yhteiskunnan toimivuutta, rakennetun ympäristön laatua ja ihmisten arjen sujuvuutta. Alueidenkäytöllä tulee valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden mukaan tukea siirtymistä vähähiiliseen yhteiskuntaan.

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

2.2 Uudenmaan maakuntakaava

Uudenmaan maakuntakaavan uudistus UUSIMAA-KAAVA 2050 on käynnistynyt. Maakuntakaavan kokonaisuus tehdään kaksiportaisena. Kaava koostuu yleispiirteisestä pitkän aikavälin rakennekaavasta ja sitä tarkentavista seutukohtaisista vaihemaakuntakaavoista.

UUSIMAA-KAAVA on nimi uudenlaiselle maakuntakaavakokonaisuudelle, joka koostuu kolmesta oikeusvaikutteisesta kaavasta: Helsingin seudun, Itä-Uudenmaan ja Länsi-Uudenmaan vaihemaakuntakaavoista. Seutujen kaavoja ohjaa strateginen, oikeusvaikutukseton Uudenmaan rakennesuunnitelma. Rakennesuunnitelma on oikeusvaikutukseton, seutujen kaavoja ohjaava taustavisio. Tullessaan voimaan UUSIMAA-KAAVA 2050 korvaa nyt Uudellamaalla voimassa olevat maakuntakaavat, lukuun ottamatta 4. vaihemaakuntakaavan tuulivoiman ratkaisua. Kaikki maankäytön keskeiset teemat yhteen kokoava kaavakokonaisuus valmistellaan vuosina 2016–2019.

Uudenmaan liitossa on samaan aikaan käynnissä Uusimaa-ohjelman (2018-2021) laatiminen. Sekä Uusimaa-ohjelman että kaavatyön valmistelun yksi päätavoite on ilmastonmuutokseen vastaaminen sekä luonnon ja luonnonvarojen kestävä käyttö. Maakuntakaavalla ilmastonmuutosta on tarkoitus hillitä erityisesti alue- ja yhdyskuntarakenteen sekä liikkumisen ratkaisujen kautta. Kaavan taustaselvityksillä on tutkittu, miten Uudenmaan kuntien ja muiden alueella toimivien on mahdollista hyödyntää tuulivoimaa, aurinkoenergiaa ja metsäbioenergiaa. Varsinaista maalämmön hyödyntämistä koskevaa selvitystä ei ole laadittu.

Liitto on valmistellut myös Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartan, jonka päivitystyö on parhaillaan käynnissä. Päivityksen pyrkimyksenä on tavoitella entistä kunnianhimoisempaa hiilineutraaliustavoitetta, jonka mukaan Uusimaa on hiilineutraali jo vuonna 2035. Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartta ja sitä tukeva selvitys esittelevät keinoja, millä hiilineutraali maakunta saavutetaan vuoteen 2050 mennessä.

Selvityksessä maalämmön osalta todettu, että omakotitalojen lämmityksestä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää vaihtamalla lämmönlähde öljystä tai suorasta sähköstä vähäpäästöisempään vaihtoehtoon. Maalämpöpumpulla saavutettavien päästövähennysten potentiaali nähtiin korkeana. Arviointi on laadittu olettamalla, että kaikki Uudenmaan nykyiset öljylämmityksellä tai suoralla sähkölämmityksellä varustetut asuinkäytössä olevat erillISRakennukset siirtyisivät kokonaan maalämpöpumppujen käyttäjiksi vuoteen 2050 mennessä.

2.3 Helsingin kaupunkistrategia

Helsingin kaupunkistrategia 2017 – 2021 on hyväksytty 27.9.2017. Sen mukaan Helsingin visiona on olla maailman toimivin kaupunki. Maankäytön näkökulmasta strategia linjaa, että yleiskaavan toteuttamisen suunnittelu aloitetaan Vihdintien bulevardista. Myös Tuusulanväylän bulevardin suunnittelua viedään eteenpäin. Uusien aluekokonaisuuksien ohella tehostetaan täydennysrakentamista. Kaupunki korostaa toiminnassaan ekologisia arvoja ja pyrkii mukaan maailman johtavien kaupunkien C40-ilmastoverkostoon. Tavoitteeksi asetetaan 60 prosentin päästövähennys vuodelle 2030 ja hiilineutraalisuustavoitteen aikaistaminen vuodesta 2050 vuoteen 2035. Kaupunki varautuu valtion mahdolliseen päätökseen hiilen käytön kieltämisestä energiatuotannossa. Uusiutuva energia ja energiatehokkuus pyritään yhdistämään optimaalisella tavalla paitsi yksittäisissä rakennuksissa myös alueellisesti. Suoraan maalämpöä koskevia tavoitteita ei strategiassa ole linjattu.

2.4 Kuntakaavoitus

2.4.1 Helsingin uusi yleiskaava

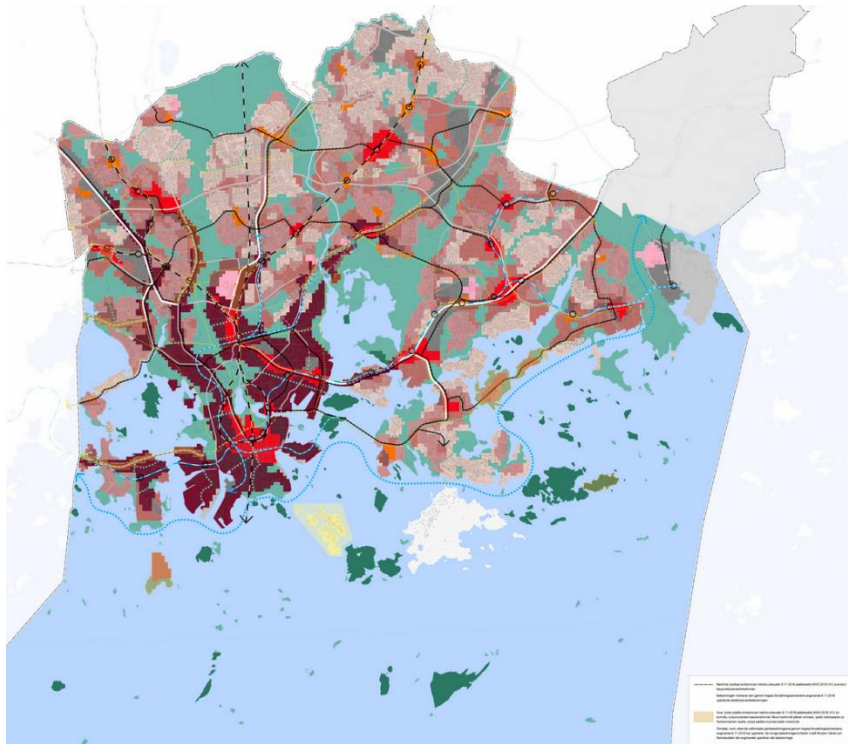
Helsingin uusi yleiskaava, jota kutsutaan lyhyemmin Helsingin yleiskaavaksi (2016) on tullut voimaan 5.12.2018. Korkein hallinto-oikeus on antanut päätöksensä kaavaa koskevista valituksista 8.11.2018. Päätöksen mukaisesti kaupunginvaltuuston 26.10.2016 hyväksymästä yleiskaavasta kumottiin eräitä osia. Kumotuilta osin voimaan jäivät Yleiskaava 2002 sekä Koivusaaren osayleiskaava (liittyen Länsiväylään ja ympäristöön) ja Pohjois-Haagan itäosan osayleiskaava (liittyen Hämeenlinnanväylään ja ympäristöön). Muilta osin uusi yleiskaava on saanut lainvoiman ja toimii Helsingissä asemakaavoituksen ja liikennesuunnittelun lähtökohtana. Yleiskaava käsittää koko Helsingin alueen, lukuun ottamatta Östersundomin aluetta, jonne on valmisteltu Helsingin ja Vantaan kaupunkien sekä Sipoon kunnan yhteistä yleiskaavaa. Ote Helsingin uuden yleiskaavan toteuttamisohjelmasta on esitetty liitteessä 1.

Yleiskaavan kaavamääräyksessä on todettu, että oikeusvaikutteinen maanalainen yleiskaava on voimassa yleiskaava-alueella lukuun ottamatta Katajaharjun tunnelia, Heli-rataa, Merikannontien-Mechelininkadun tunnelia, Kalasataman tunnelia, Maratontien tunnelia, Pitäjänmäentunnelia sekä Paciuksenkadun-Nordenskiöldinkadun tunnelia.

Uuden yleiskaavan aikajänne ylittää vuoteen 2050. Vuonna 2050 Helsingissä on arvioitu olevan noin 860 000 asukasta, eli 210 000 asukasta nykyistä enemmän. Väkimäärän lisääntyminen aiheuttaa rakentamispaineita. Kaavaan liittyvän toteuttamissuunnitelman mukaan ensisijaisesti kehitettävät/täydennysrakennettavat alueet ovat kaupunkibulevardit Tuusulanväylän ja Vihdintien yhteydessä, Raide-Jokerin ympäristö, Malmin alue ja asemanseudut, kuten Siltämäki, Puistola, Tapanila, Jakomäki, Pukinmäki, Vuosaari, Malminkartano, Pohjois-Haaga ja Herttoniemi. Hankkeet nivoutuvat kiinteästi yhteen liikenneinfran kehittämishankkeiden kanssa.

Yleiskaavan maankäyttöä kuvaavien aluevarausten määräyksissä on kuvattu tavoitteet aluekohtaisista korttelitehokkuuksista, jotka vaihtelevat tehokkuudeltaan alle 0,4 pientalo-alueista tehokkuuslukuun 2, mahdollistaen myös tätä tehokkaamman rakenteen. Kanta-kaupungin lisäksi tehokkaimmat alueet sijoittuvat kaupunkibulevardien, Raide-Jokerin ja asemaseutujen yhteyteen.

Kaava koostuu 100x100 metrin ruuduista, mikä korostaa yleiskaavan yleispiirteisyyttä. Kaavakartalla esitetään alueen pääkäyttötarkoitusta kuvaava merkintä, muut aluetta koskevat määräykset ovat sanallisia. Ote Helsingin uudesta yleiskaavasta on esitetty kuvassa 1.



Kuva: 1 Ote Helsingin uusi yleiskaava.

10 (101)

Yleiskaavan tärkeimmät tavoitteet ovat ekotehokkuus, saavutettavuus, kaupunkituottavuuden huomioiminen, hyvä kaupunkielämä sekä ympäristöarvot. Päämääränä on keskusta-mainen kaupunkirakenne myös esikaupungeissa ja joukkoliikennesaavutettavuuden parantaminen. Tavoitteena on mahdollistaa hyvät palvelut ja palveluverkko koko kaupungin alueella sekä kehittää kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen palvelutasoa. Infrastruktuurin ja pysäköinnin sijoittaminen maanalaisiin tiloihin mahdollistaa osaltaan kaupunkirakenteen tiivistymisen ja huoltovarmuuden.

Uusi yleiskaava ei ota suoraan kantaa energijärjestelmän kehittämiseen, mutta mahdollistaa monipuoliset ratkaisut energijärjestelmän muuttamiseksi. Yleiskaavaa koskee yleismääräys: *”Kaikille alueille saa sijoittaa yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevia tiloja ja laitteita. Kantakaupungissa saa sijaita myös suuria energiantuotantoon liittyviä laitoksia. Rakennettavien ja rakennettujen alueiden aluevarauksiin sisältyvät seudulliset energia- ja vesihuoltoverkostot ja -laitokset suoja-alueineen.”*

2.4.2 Östersundomin kuntien yhteinen yleiskaava

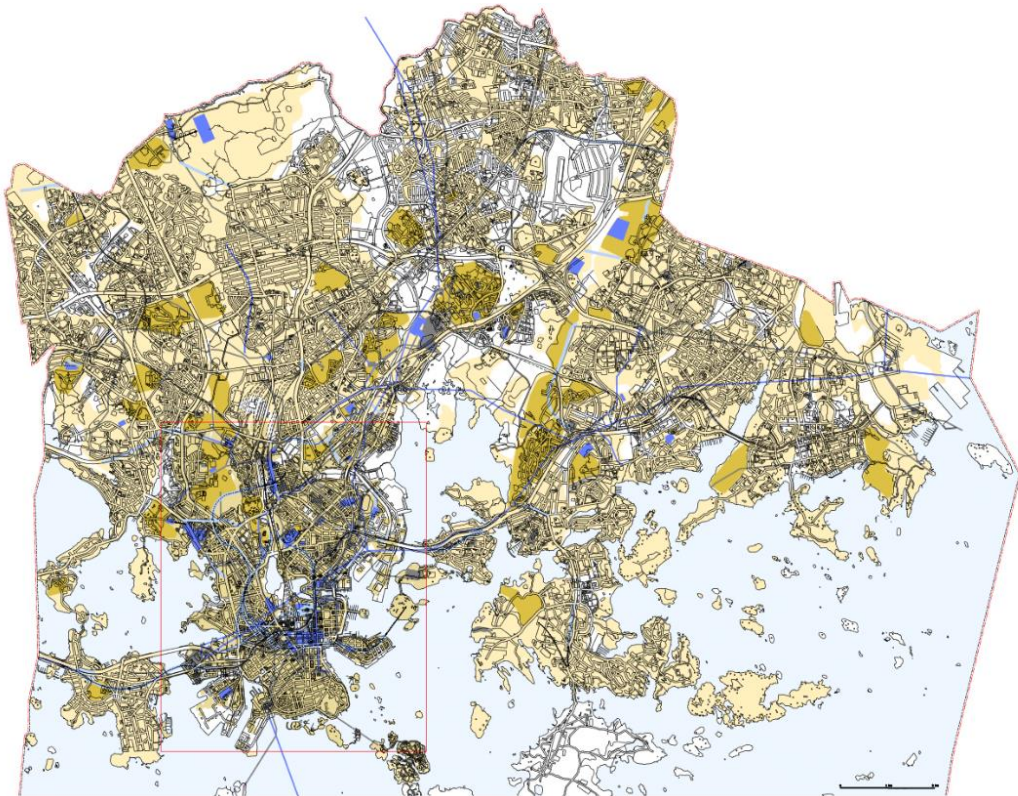
Östersundomin alueella on merkittävä tulevaisuuden laajentamis- ja rakentamispotentiaali. Kaupunkirakenteen tiivistyttyä ja levittyä Helsingistä länteen ja pohjoiseen ovat samaan aikaan idässä Östersundomin ja Helsingin-Porvoon välillä muutokset kaupunkirakenteessa olleet vähäisiä. Östersundom-toimikunta on hyväksynyt Östersundomin yhteisen yleiskaavan 11.12.2018. Yleiskaavan hyväksymispäätöksestä on tehty valitus hallinto-oikeuteen, joten kaava ei ole lainvoimainen.

Yleiskaavan avulla luodaan pääkaupunkiseudun ydinalueen tiiviin kaupunkimaiselle rakenteelle uusi laajentumissuunta itään. Nykyisin alue on pääasiassa maaseutua ja asukkaita on noin 6 400. Uusi yleiskaava mahdollistaisi vuoteen 2060 mennessä asuntojen rakentamisen n. 80 000–100 000 uudelle asukkaalle ja 25 000–38 000 uutta työpaikkaa, jotka ovat hyvin saavutettavissa Helsingin keskustan, lentokentän, Vuosaaren sataman, Porvoonväylän ja Kehä III:n suunnalta. Kaava-alueen pinta-alasta 44,5 km² maa-alueita on n. 39 km². Keskuksia ja asuntovaltaisia rakentamisalueita tästä on noin 16 km². Tästä merkittävä osa (60 %) on kaupunkipientalovaltaisia tai pientalovaltaisia alueita.

Yleiskaavatyön tavoitteena on ollut, että Östersundomissa selvitetään erilaisia puhtaan teknologian tuotanto-, varastointi- ja käyttötapoja monipuolisesti ja rakennukset toteutetaan nollaenergiatasoon. Östersundomin kaavoituksessa on pyritty varaamaan riittävät alueet puhtaan teknologian toiminnoille. Lämpöä alueelle on tarkoitus tuottaa uusiutuvia energialähteitä hyödyntäen (aurinko- ja maalämpö sekä biopolttoaineet). Työn yhteydessä on tutkittu erityisesti aurinkoenergian hyödyntämistä. Maalämpöä koskien ei ole laadittu vastaavaa omaa laajempaa selvitystä. Lämmitysratkaisuista on laadittu erillinen raportti (Östersundomin lämmitysratkaisut, Pöyry Finland Oy, 2010). Yleiskaavassa osoitetut laajat kaupunkipientalovaltaiset tai pientalovaltaiset alueet luovat lähtökohtaisesti potentiaalia maalämmön hyödyntämiselle alueellisena energiamuotona.

2.4.3 Maanalainen kaavoitus

Helsingin maanalainen yleiskaava on tullut voimaan vuonna 2011. Maanalainen kaava on rinnasteinen Helsingin yleiskaavan kanssa täydentäen sitä maanalaisten merkintöjen osalta. Maanalainen kaava koostuu kahdesta kartasta, jossa ensimmäisessä on osoitettu koko suunnittelualue ja toisessa tarkemmin kantakaupungin alue. Ote nykyisestä maanalaisesta yleiskaavasta on esitetty kuvassa 2.



Kuva: 2 Ote voimassa olevasta maanalaisesta yleiskaavasta

Maanalainen yleiskaava ohjaa uusien merkittävien kalliotilojen ja liikennetunnelien tilavarauksia, keskinäistä yhteensovittamista ja sijoittelua. Kaavamääräykset ovat väljiä ja sallivat eri käyttötarkoituksia. Uudet tilavaraukset on osoitettu maanalaisina tiloina tai liikennetunnelivarauksina. Kaavassa on esitetty merkittävimmät maanalaiset tilat ja suunnitelmat, joilla voidaan turvata tiedossa olevien tai suunniteltujen hankkeiden tilan tarve. Kaavassa on osoitettu myös ne alueet, joiden soveltuvuus ja käyttötarkoitus maanalaiseen rakentamiseen voidaan tutkia asemakaavoituksen yhteydessä.

Maalämmön hyödyntämistä ei ole poissuljettu kaavakartalla tai sen määräysosassa. Yleisen määräyksen mukaan maanalaisessa yleiskaavassa esitettyjen tilatarpeiden lisäksi sallitaan muutakin maanalaista rakentamista, mikäli siitä ei aiheudu haittaa alueen pääasialliselle maanalaiselle toiminnalle tai maanpäälliselle käyttötarkoitukselle. Kaavaselostuksessa on mainittu, että maalämpökaivoja ei saa tehdä maanalaisten tunnelien tai suunnitelmien kohdalle tai niin, että tilojen toiminta vaarantuu.

Uuden maanalaisen yleiskaavan valmistelu on aloitettu vuonna 2017. Yleiskaavaluonnoksen on tarkoitus tulla nähtäville vuoden 2020 alussa. Uudessa maanalaisessa yleiskaavassa huomioidaan myös Östersundomin alue, jota ei ole osoitettu voimassa olevassa maanalaisessa yleiskaavassa. Helsingin yleiskaavan (2016) mitoitus ohjaa aiempaa tehokkaampaan rakentamiseen, mikä luo tarvetta lisätä myös maanalaisten tilojen monipuolista käyttöä. Uudessa maanalaisessa yleiskaavassa huomioidaan maalämpökaivojen toteuttamisedellytykset ja parannetaan kalliotilojen suunnitelmallista hyödyntämistä. Maanalaisen yleiskaavan muutoksessa otetaan paremmin huomioon myös uusien käyttötarkoitusten maanalaisten tilojen varaustarpeet.

Maanalaisen yleiskaavan lisäksi Helsingissä on voimassa useita maanalaisia asemakaavoja.

2.5 Selvityksen suhde ilmastotavoitteisiin

Suomen ja Helsingin kaupungin ilmastopoliittiset linjaukset pohjautuvat YK:n ilmastonmuutosta koskevaan puitesopimukseen sekä EU:n linjauksiin. EU:n tavoitteeksi on määritelty kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen 80–95 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 1990 tasosta. Maalämpöä koskevia yleisiä tavoitteita ei ole laadittu.

Valtakunnan tasolla Suomen pitkän aikavälin tavoite on hiilineutraali yhteiskunta. Eduskunnan vuonna 2018 hyväksymässä selonteossa ”Kohti ilmastoviisasta arkea” todetaan, että rakennusten erillislämmityksessä suurimmat päästöt aiheutuvat öljylämmityksestä. Tästä syystä öljyalaa veloitetaan lisäämään myytävään lämmitysöljyyn biokomponenttia 10 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi valtio luopuu öljylämmityksestä omistamissaan kiinteistöissä vuoteen 2025 mennessä. Öljylämmityksestä luopuminen edistää maalämmön hyödyntämistä, vaikka virallisia valtakunnallisia linjauksia tai maalämpöpotentiaalia koskevaa selvitystä ei ole laadittu.

Uudenmaan maakunta ja Helsingin kaupunki ovat molemmat linjanneet tavoitteekseen olla hiilineutraaleja vuonna 2035. Liiton valmisteleman Hiilineutraali Uusimaa 2050 -tiekartan mukaan maalämpöpumpulla saavutettavien päästövähennysten potentiaali nähtiin korkeana. Kaupunkitasolla Helsingin tavoitteet perustuvat kaupunginhallituksen vuonna 2018 hyväksymään Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelmaan (myöhemmin HNH2035 -toimenpideohjelma). Siihen kirjatuissa toimenpiteissä on mainittu, että kaupunki tekee selvityksen öljylämmityksen poistamiseksi lämmitysmuotona vuoteen 2035 mennessä sekä sähkölämmitteisten rakennusten uusiutuva energian ja energiatehokkuuden lisäämiseksi

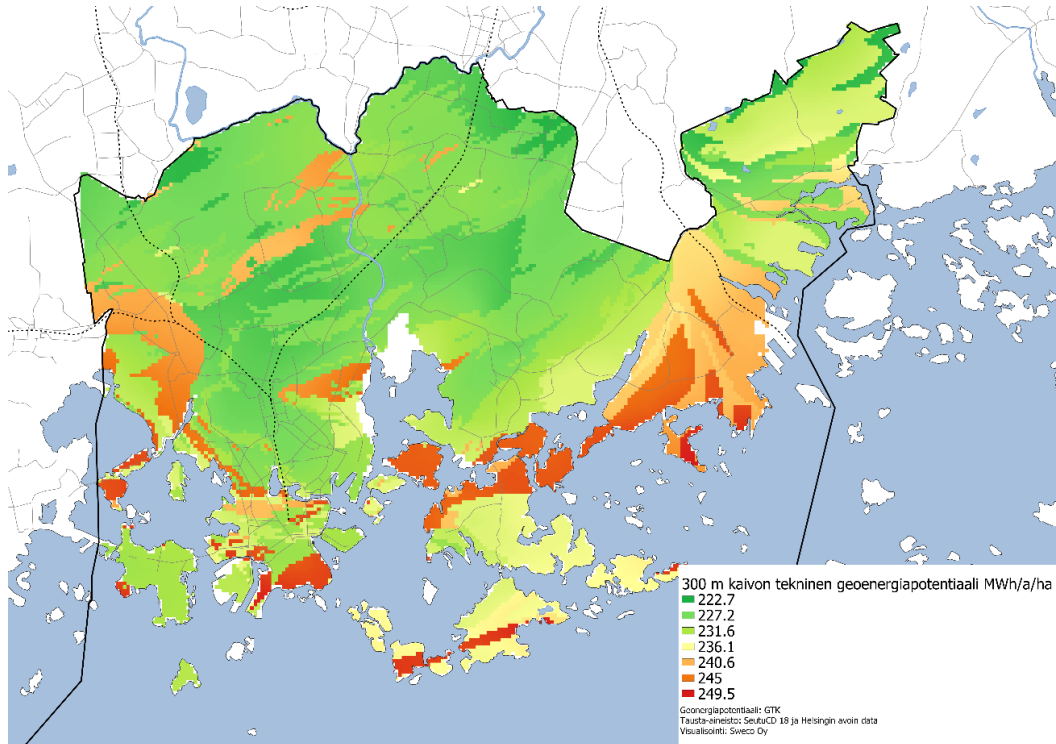
(toimenpide #68), maalämpökaivojen tilavarauksellisia toteuttamisedellytyksiä arvioidaan osana maanalaisen yleiskaavan valmistelua (toimenpide #80) ja lisäksi geoenergiaan soveltuvat alueet kartoitetaan (toimenpide #81).

Maalämpökaivojen tilavarauksellisten toteuttamisedellytysten arvioimiseksi tässä selvityksessä tutkitaan Helsingin rakennuskannan nykyisiä lämmönlähteitä ja mahdollisuuksia vaihtaa fossiilisia polttoaineita, kuten öljyä, käyttävät kohteet maalämpöön. Täten raportti vastaa osittain myös toimenpiteeseen #68. Toimenpiteen #81 mukainen maalämpöpotentiaaliselvitys on toteutettu Helsingin kaupungin maa- ja kallioperäyksikössä ("Helsingin geoenergiapotentiaali" -raportti, 2019) ja sitä hyödynnetään tämän selvityksen lähtötietona.

HNH2035 -toimenpideohjelman mukaan Helsingin alueen päästöistä suuri osa syntyy rakennusten energiankulutuksesta. Toimenpideohjelmassa rakennusten energiankäytön päästövähennystavoitteeksi on asetettu yli 80 % aikavälillä 1990 – 2035. Tavoitteeseen pyritään rakennusten energiaremonttien lisäksi pienentämällä rakennusten käyttämän lämmitys- ja sähköenergian tuotannosta syntyviä päästöjä. Toimenpideohjelmassa on arvioitu korjausrakentamisella saavutettavan 15 % säästö rakennusten lämmityksen hiilidioksidipäästöissä vuoteen 2030 mennessä; vastaava säästö on arvioitu saavutettavan siirtymällä maalämmön käyttöön. Maalämpötyöryhmän ehdotus -raportin (2019) mukaan Helsingin lämmitystarpeesta katetaan nykyisin noin 0,7 % maalämmöllä, joten maalämmön osuutta on kasvatettava merkittävästi 15 % päästövähennystavoitteen saavuttamiseksi.

2.6 Helsingin geoenergiapotentiaali

Helsingin kaupungin alueen geoenergiapotentiaalia on selvitetty Geologian tutkimuskeskuksen selvityksessä Helsingin geoenergiapotentiaali (2019). Selvityksessä on esitelty eri alueiden pääasialliset kallioperälajit sekä kallioperän lämmönjohtavuuteen, ominaislämpökapasiteettiin ja tiheyteen vaikuttavat asiat koostumuksen, huokoisuuden sekä rikkonaisuuden osalta. Selvitys sisältää paljon kartta-aineistoa geoenergiajärjestelmien mitoituksessa ja suunnittelussa käytettävistä ominaisuuksista sekä maanpeitteen paksuuksista Helsingin alueella. Selvityksessä laskettu tekninen geoenergiapotentiaali 300 metrin syvyisillä maalämpökaivoilla on esitetty kuvassa 3.



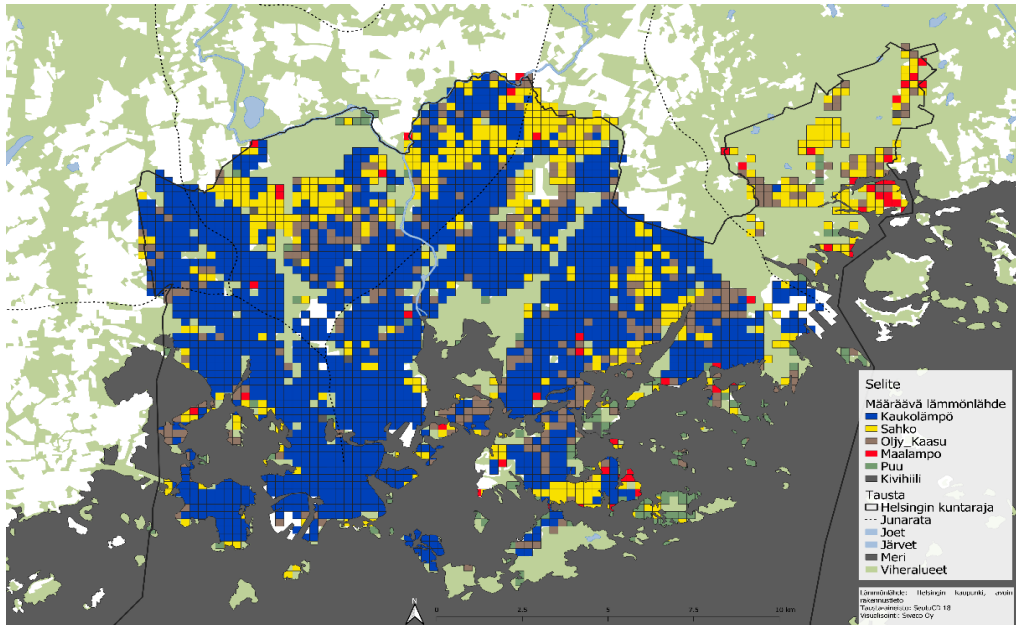
Kuva: 3 Tekninen geenergiapotentiaali 300 metrin maalämpökaivoilla. Kartta kuvaa geenergian määrää, joka voitaisiin saada Helsingin kalliosta maksimissaan yhdeltä hehtaarilta 50 vuoden ajan ilman kallioperän lämpötilan laskua alle 0 Celsiusasteen. (Helsingin geenergiapotentiaali, 2019)

Helsingin alueelta kerättyjen kallioperätietojen ja niiden ominaisuuksien avulla GTK:n selvityksessä ”Helsingin geenergiapotentiaali” (2019) on tutkittu geenergiapotentiaalia ja maasta saatavaa vuotuista energia määrää 50 vuoden aikajänteellä. Tätä kautta on haettu teoreettinen geenergiapotentiaali yksittäiselle sekä suuremmalle kaivokentälle Helsingin alueella. Lähtökohteisesti Helsingin kallioperä on geenergiaominaisuuksiltaan hyvällä tasolla mutta eri muuttujien yhteisvaikutuksen toteaminen vaatii toteutusvaiheessa TRT- mittauksen, jolloin saadaan tarkka kuva kohteen kallioperän lämmönjohtavuudesta.

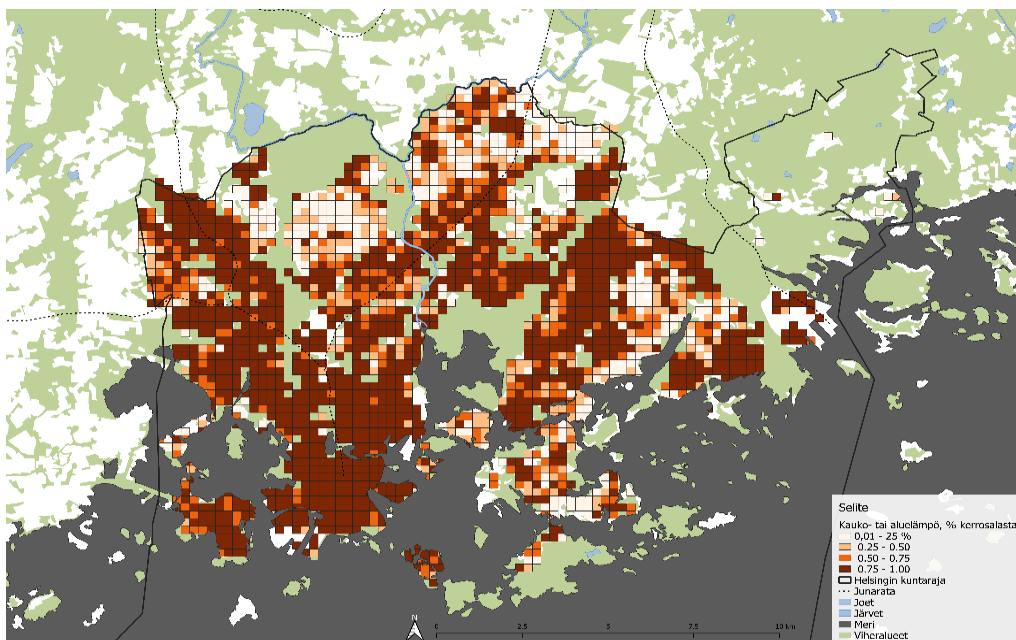
2.7 Lämmöntuotanto Helsingissä

2.7.1 Kaukolämpö

Helsingin kaupunkialueella on kattava kaukolämpöverkosto, jolla tuotetaan noin 90 % alueen rakennusten lämmitystarpeesta (Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma). Kuten kuvista 4 ja 5 nähdään, suurin osa Helsingin rakennuskannasta kuuluvat kauko- tai aluelämmön piiriin. Lähinnä Helsingin pohjoisissa ja itäisissä osissa lämmönlähteenä käytetään muitakin muotoja. Suoran sähkölämmityksen osuus muista muodoista on noin puolet.



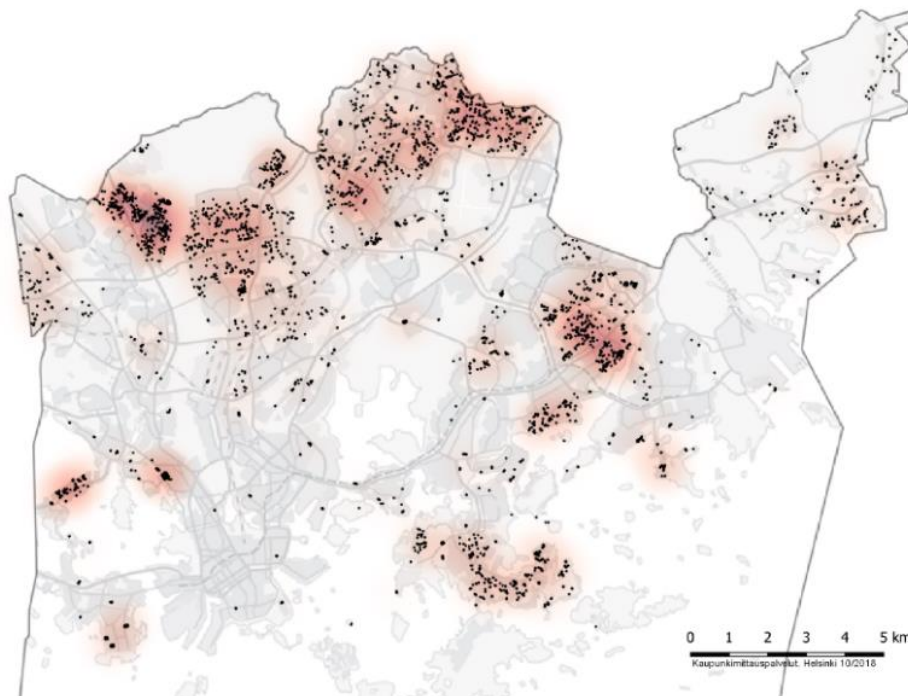
Kuva: 4 Määrävä lämmönlähde 250x250m tilastoruuduissa. Lämmönlähteellä on katsottu olevan määrävä asema, mikäli sillä lämmitettävän kersosalan osuus on suurin kyseisen ruudun alueella. Lähde: Helsingin kaupunki, avoin rakennusaineisto. Taustakartta: HSY Seutu



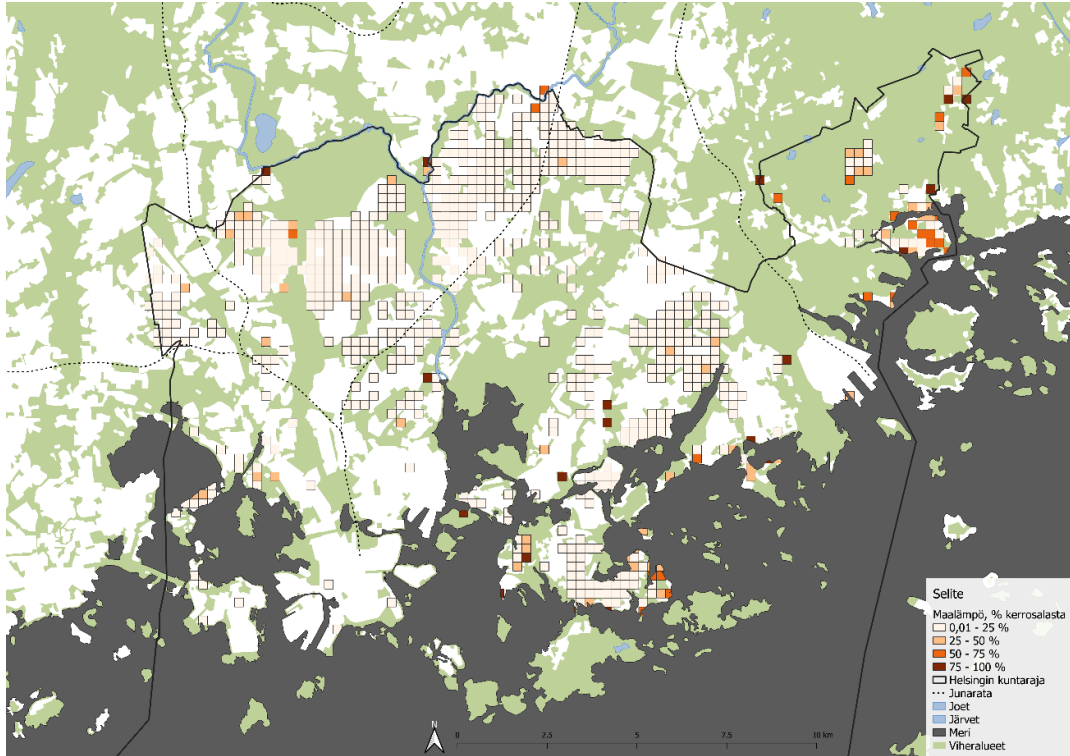
Kuva: 5 Kauko- tai aluelämpöön kuuluvien kersosneliöiden osuus 250m x 250 m tilastoruudun kokonaiskersosalasta. Lähde: Helsingin kaupunki, avoin rakennusaineisto. Taustakartta: HSY SeutuCD

2.7.2 Maalämmön hyödyntämisen nykytilanne ja lämmönjakotavat

Paikkatietoanalyysin perusteella vain pieni osa Helsingin alueella olevista rakennuksista hyödyntää maalämpöä energiantarpeensa kattamiseen. Helsingin kaupungin maalämpötyöryhmän ehdotuksessa (2019) on kuvattu maalämpökaivojen määrä Helsingissä vuonna 2018. Kuvan 6 kartta on suora lainaus raportista. Kartasta voidaan nähdä maalämpökaivojen keskittyvän erityisesti Helsingin pohjoisosiin, Vartio- ja Mellunkylään sekä Laajasaloon. Suurimmat yksittäiset energiakentät sijaitsevat Malmin ja Meilahden sairaala-alueilla (Maalämpötyöryhmän ehdotus, 2019). Kuvassa 7 on esitetty maalämmöllä lämmitettävän kerrosalan osuus alueen kokonaiskerrosalasta. Kuten kartasta nähdään, vain hyvin harvassa ruudussa maalämmön osuus on merkittävää.

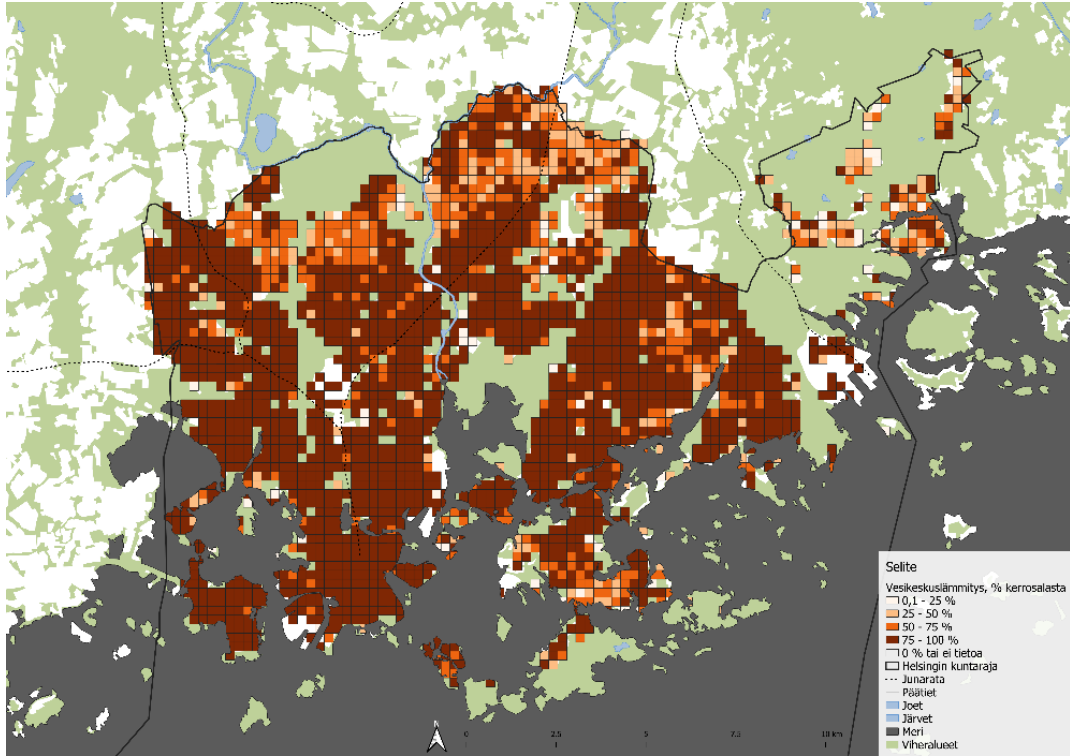


Kuva: 6 Kartta maalämpökaivojen sijoittumisesta Helsingissä, lokakuu 2018 (Maalämpötyöryhmän ehdotus, 2019)



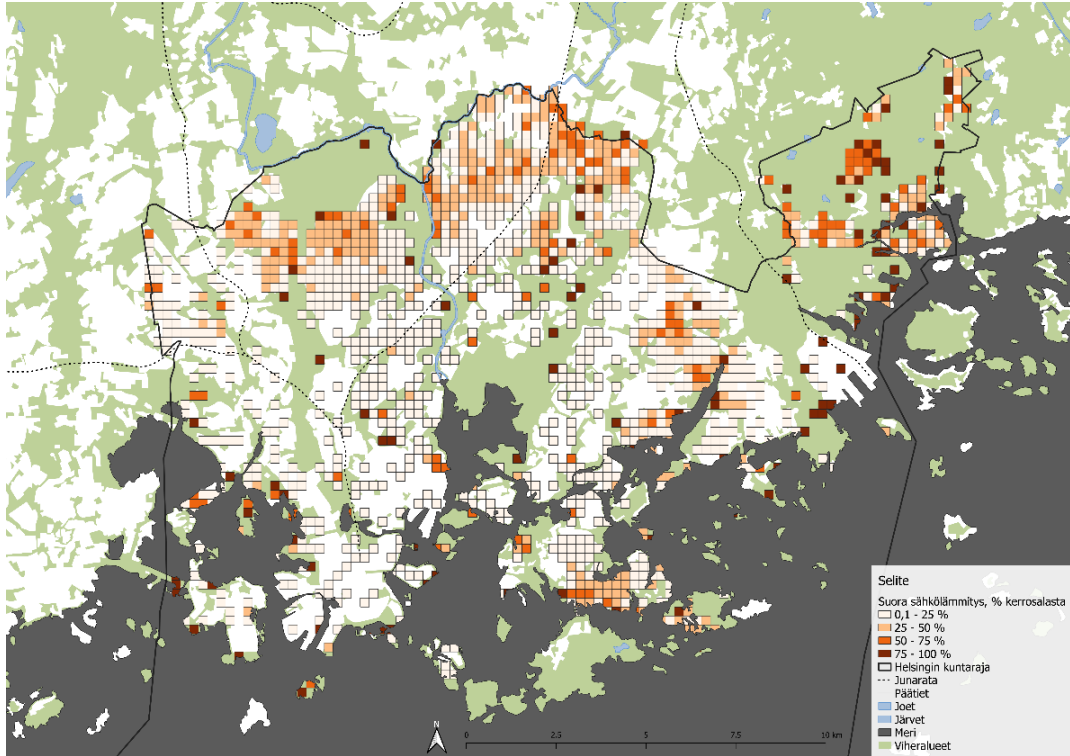
Kuva: 7 Maalämmöllä lämmitettävän kerrosalan osuus kokonaiskerrosalasta 250m x 250m tilastoruuduissa.
Lähde: Helsingin kaupunki, avoin rakennusaineisto. Taustakartta: HSY SeutuCD

Maalämpö voidaan ottaa käyttöön kohteissa, joissa on nestekiertoinen lämmönjakotapa tai, joiden lämmönjako on mahdollista muuttaa nestekiertoiseksi esimerkiksi muun talotekniikkasaneerauksen yhteydessä. Tämän vuoksi nykytila-analysissä kartoitettiin rakennusten nykyiset lämmitystavat ja lämmönjakomuodot, sillä niiden perusteella saadaan hyvä yleiskäsitys siitä, miten helposti maalämpö on käyttöönotettavissa eri alueilla. Nykytila-analyysi tämän hetkisistä lämmitysmuodoista on esitetty kuvassa 8 vesikeskuslämmityksen osalta. Helsingin pohjoisia alueita, Laajasaloo, Mellunkylää ja Östersundomia lukuun ottamatta yli 75 % kokonaiskerrosalasta on vesikeskuslämmitteistä.



Kuva: 8 Vesikeskuslämmitettyjen kerrosneliöiden osuus 250m x 250m tilastoruudun kokonaiskerrosalasta. Lähde: Helsingin kaupunki, avoin rakennusaineisto. Taustakartta: HSY SeutuCD

Kuvassa 9 on esitetty suoralla sähköllä lämmitettävät kohteet, joiden muuttaminen maalämpöön on huomattavasti kalliimpaa kuin nestekiertoisella lämmönjaolla varustettujen kohteiden. Kuvasta havaitaan, että omakotitalovaltaisilla alueilla Helsingin pohjoisissa osissa ja Östersundomissa paljon suoralla sähköllä lämmitettyjä rakennuksia. Näissä kohteissa käytetyn lämmityssähkön määrää on taloudellisesti kannattavinta lisätä esimerkiksi ilmalämpöpumpulla, jolloin lämmönjakotapaa ei tarvitse muuttaa. Laajemman talotekniikkasaneerauksen yhteydessä maalämpö on mahdollista ottaa käyttöön myös suoran sähkölämmityksen kohteissa, jos lämmönjakotapa muutetaan suorasta sähköstä esimerkiksi nestekiertoiseen patteri- tai lattialämmitykseen.

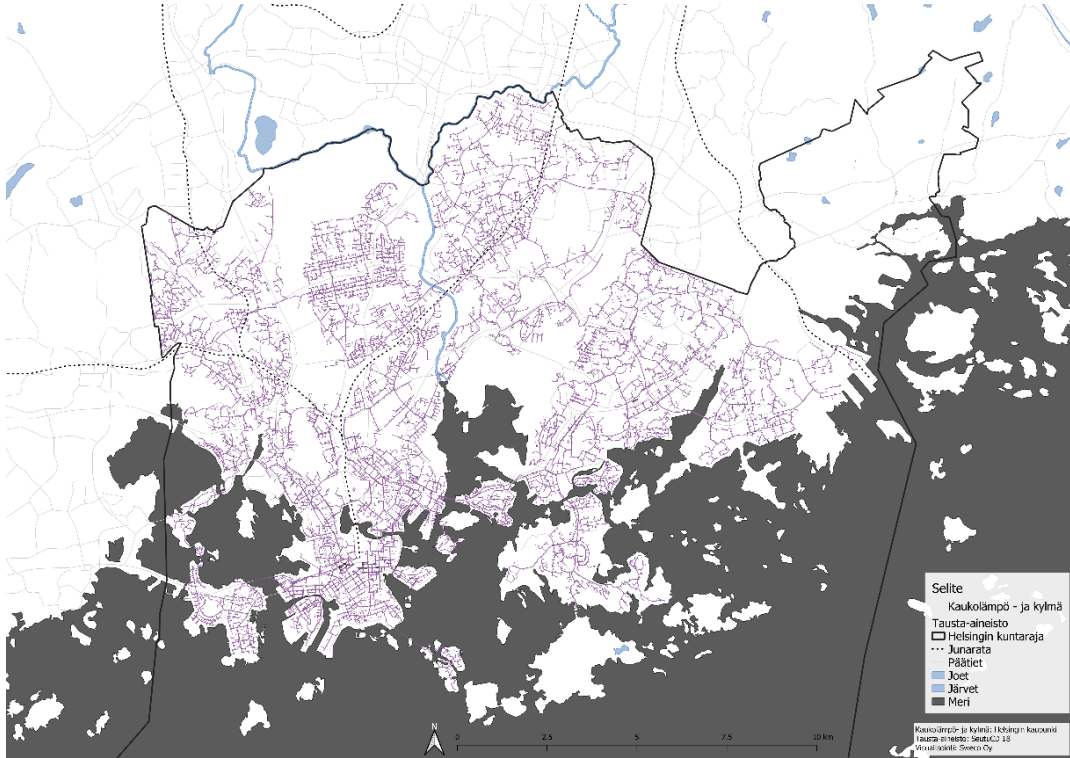


Kuva: 9 Suoralla sähkölämmityksellä lämmitettävien kerrosneliöiden osuus 250 m x 250 m tilastoruudun kokonaiskerrosalasta. Lähde: Helsingin kaupunki, avoin rakennusaineisto. Taustakartta: HSY SeutuCD

2.8 Energiansiirtoverkot Helsingissä

Maalämpö tarvitsee rinnalleen aina toisenkin energianlähteen, useimmiten kaukolämmön tai lämpökattilan. Pienemmissä kohteissa lisäenergianlähteenä voivat toimia myös sähkövastukset.

Helsingin alueella kaukolämpöverkosto on hyvin kattava, joten se soveltuu lähes kaikkialla maalämpöjärjestelmän lisäenergianlähteeksi. Kuten kuvasta 10 nähdään, kaukolämpöverkko on varsin kattava Helsingin alueella ulottuen käytännössä kaikkialle paitsi Östersundomiin. Östersundomin alueella ei ole kaukolämpöverkkoa, joten siellä maalämpöä hyödyntävien rakennusten lisäenergian tarve täytyy nykytilanteessa kattaa muulla tavoin.



Kuva: 10 Kaukolämpö ja -kylmäputkisto Helsingissä. Lähde: Helsingin kaupunki

Lämpökattiloiden energianlähteenä voidaan hyödyntää kaasua tai muita polttoaineita, kuten (bio)öljyä, puuperäisiä polttoaineita tai kaasua. Kaasu soveltuu paremmin erityisesti kaupunkialueilla hyödynnettäväksi, koska kaukolämmön tapaan kaasukäyttöisissä ratkaisuissa ei tarvita erillistä polttoainelogistiikkaa, vaan polttoaine- tai energia voidaan jakaa verkoston kautta. Helsingin alueen kaasuverkosto sijoittuu lähinnä kantakaupungin alueelle sekä Herttoniemen, Viikin, Pihlajamäen ja Suurmetsän kaupunginosiin. Pihlajamäestä kaasuputkisto jatkuu itä-länsi suunnassa Käskynhaltijantietä, Pakilantietä ja Pirkkolantietä pitkin länteen Vihdintien ympäristöön. Itä-Helsingissä putkisto jatkuu Herttoniemestä Puotinharjuun ja Puotinkylään saakka sekä yksittäisenä yhteytenä Vuosaaren satamaan saakka.

Östersundomin alueella maalämmön lisäenergianlähteiden vaihtoehdot ovat rajoitettuja, sillä toistaiseksi alueella ei ole kaukolämpö- eikä kaasuverkostoa. Näin ollen maalämmön lisäenergianlähde nojautuu polttoainelogistiikkaan: (bio)öljyyn tai puuperäisiin polttoaineisiin tai sähkөөn.

3 Maalämpöjärjestelmät ja energiantarve

Tässä kappaleessa on esitetty erilaisia maalämpöjärjestelmiä sekä arvioitu kiinteistön lämmönjakotavan vaikutusta lämpöpumpun hyötysuhteeseen. Lisäksi on esitetty selvityksessä käytetyt energiantarpeet valituille rakennustyypeille.

Maalämpöä voidaan käyttää rakennuksen päälämmitysenergianlähteenä, mutta ollakseen taloudellisesti kannattava se tarvitsee tuekseen aina lisäenergianlähteen, esimerkiksi kaukolämmön tai kattilan. Yleensä maalämpöjärjestelmä mitoitetaan 40 – 60 % osateholle, jolloin maalämpökentästä saadaan 80 – 99 % lämmitysenergiantarpeesta. Kylmimpinä pakkaspäivinä lisätehoa otetaan varajärjestelmästä.

Huomioiden Helsingin hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä maalämmölle soveltuvia varavoimajärjestelmiä ovat bioöljyyn ja -kaasuun, sähköön, kaukolämpöön ja poistoilmalämpöpumppuun pohjautuvat hybridijärjestelmät. Näistä poistoilmalämpöpumppu ei yksinään riitä lisälämmöntuottajaksi, jolloin järjestelmän tulee koostua useammasta lisäenergianlähteestä.

3.1 Maalämpöjärjestelmien vertailu

Vaihtoehtoisille maalämmön hybridijärjestelmille laadittiin SWOT-analyysi, jossa arvioitiin eri periaateratkaisujen vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. SWOT-analyysin perusteella maalämmön vahvuuksina minkä tahansa lisälämmitysjärjestelmän kanssa voidaan olettaa ympäristöystävällisyyden nousevan ja energiatehokkuuden parantuvan.

Maalämpöjärjestelmien yleistyminen vähentää polttoainelogistiikkaa kohteissa, joissa maalämmöllä korvataan öljyn tai puuperäisten polttoaineiden käyttöä. Tämä parantaa alueiden turvallisuutta. Myös kaasun käytön vähentyminen lisää turvallisuutta.

Maalämpöjärjestelmän suurimpiin heikkouksiin lukeutuvat sähkön hinnan mahdollinen kasvu sekä maalämpökentän tilantarve tontilla. Näitä riskejä voidaan vähentää erilaisilla hybridilämpöpumppuratkaisuilla ja käyttämällä varavoimana muita energianlähteitä.

Ulkoisina mahdollisuuksina pidettiin ympäristöystävällisyyttä ja keskitettyjä päästölähteitä, kuten sähköntuotanto voimalaitoksissa, joissa voidaan hyödyntää savukaasujen puhdistusta. Uhkia maalämpöjärjestelmille todettiin olevan mm. tulevaisuudessa maalämpökenttien alueille ja turvaetäisyyksien sisään suunniteltavat tunnelihankkeet, pääkallioperälajien vaihtelu eri alueiden välillä ja tulevat uudet innovaatiot, jotka voisivat syrjäyttää maalämpöpumput kokonaan.

Maalämpöjärjestelmän heikkoutena on kompressorien melko lyhyt käyttöikä verrattuna muihin lämmöntuotantomuotoihin sekä hybridijärjestelmän suuremmat huoltokustannukset. Maalämpöjärjestelmän uhkana voidaan pitää alimitoitettuja maalämpökaivoja ja -kenttiä, jolloin niissä on jäätymisvaara. Jäätyessään maalämpökentän energiantuotanto lakkaa,

ja rakennuksen energiantarve täytyy kattaa muulla tavoin. Tämä voi aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia käytönajan energiakustannuksissa. Myös ympäröivien kiinteistöjen maalämpöjärjestelmät voivat väärin mitoittettuna vaikuttaa omaan maalämpökenttään heikentävästi.

3.1.1 Alueelliset järjestelmät

Alueellisissa eli keskitetyissä maalämpöratkaisuissa toteutetaan useampaa kiinteistöä palveleva kokonaisuus. Alueellisissa ratkaisuissa kiinteistöillä voi olla yhteisen maalämpökentän lisäksi yhteinen tekninen lämpökeskus, johon sijoitetaan lämpöpumppujen lisäksi lisäenergianlähde. Tällöin kaavoitusvaiheessa tulee varata tilat alueelliselle lämpökeskukselle. Vaihtoehtoisesti alueelliset ratkaisut voidaan toteuttaa siten, että jokaisella kiinteistöillä on oma lämmönjakohuoneensa ja yhteistä ovat ainoastaan maalämpökenttään kuuluvat komponentit.

Alueellisissa järjestelmäratkaisuissa energiantuotantoa voidaan kasvattaa vaiheittain alueen rakentamisaikataulun mukaisesti, jolloin jo aluekehitysvaiheessa tulee huomioida energiantuotantojärjestelmän vaiheittainen rakentaminen sekä alueellisen järjestelmän pienin ja suurin mahdollinen kokoluokka kyseiselle alueelle. Näin voidaan varmistaa, että järjestelmä toimii myös toteutuessaan vain osittain. Taloudellisesta näkökulmasta alueellinen ratkaisu täytyy vaiheistaa, jotta investoinnista ei tule liian etupainotteinen ja mahdollinen riski alueen toteutuessa pienemmässä laajuudessa pienenee.

Alueellisella, keskitetyllä järjestelmällä lämpöpumppulaitoksen käyttöikä saadaan usein pidemmäksi kuin usealla yksittäisellä ratkaisulla, sillä keskitetyn ratkaisun käyntijaksot ovat yleensä pidempiä. Keskitetty ratkaisu vaatii tällöin tilavarauksen alueelliselle tekniselle keskukselle, mikä voi olla haasteellista toteuttaa tiiviissä kaupunkirakenteessa. Toisaalta yhdyskuntarakenne ei saa olla keskitetyssä ratkaisussa liian väljä, jotta maalämpökaivoilta ja tekniseltä keskukselta tehtävien vaakaputkistojen pituudet rakennuksiin eivät kasva liian suuriksi ja tätä kautta kaada keskitetyn järjestelmän taloudellisuutta.

Kattilaan perustuvassa ratkaisussa alueellinen järjestelmä vähentää polttoainelogistiikkaa yksittäisiin kattiloihin verrattuna, mutta polttoainesäiliöiden koot suurenevat ja voivat kasvattaa vaadittuja turvaetäisyyksiä. Keskitetyn järjestelmän osalta tulee huomioida myös tarvittavat sopimukset energia- ja huoltokustannusten jakamiseksi kiinteistöjen kesken.

Alueellisten maalämpöjärjestelmien toteuttamiseksi rakennuttaja tai rakentaja tulee sitouttaa keskitettyyn järjestelmään mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, esimerkiksi osana asemakaavasunnittelua. Investoinnin etupainotteisuuden vuoksi ratkaisun yleistymistä voisi helpottaa, jos keskitetyn järjestelmän toteuttaisi erillinen operaattori, joka huolehtisi myös järjestelmän ylläpidosta käyttöönottovaiheessa. Tällöin operaattoreita tulisi kuulla jo asemakaavoituksen yhteydessä sekä tehdä maalämpöjärjestelmien suunnittelusta osa kunnallistekniikan suunnittelua, jolloin maalämpöön liittyvälle laitteistolle tehtäisiin tilavarauksia maan päällä sekä maan alla vastaavaan tapaan kuin muulle kunnallistekniikalle.

Lisäksi alueellisten järjestelmien toteuttamista voidaan edistää sallimalla toteutukset tonttien ulkopuolelle, esimerkiksi puistoihin tai vinoporauxsin liikenneväylien ja rakennusten alle.

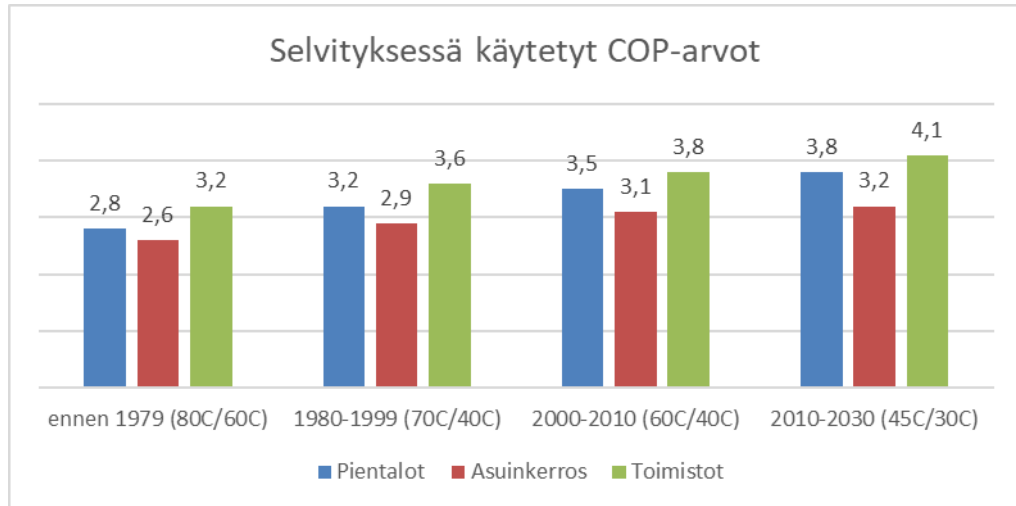
3.1.2 Lämpöpumppujen hyötysuhteet erilaisissa ja eri-ikäisissä kiinteistöissä

Maalämpöpumpun hyötysuhteeseen vaikuttavat merkittävästi lämpötilaerot: Mikä on lämpöpumpulle saapuvan lämmönlähteen lämpötilataso ja kuinka korkea lämpötilaa jakeluverkostoon täytyy tuottaa? Maalämmön osalta lämmönlähteen lämpötilatason määrittää kallioperän lämpötila, joka voi muuttua, jos kallioperästä otetaan liian paljon energiaa tai sinne syötetään ylimääräistä energiaa eli kaivoa ladataan.

Jakeluverkoston lämpötilataso määritetään rakennusta suunniteltaessa. Maalämmöllä voidaan tuottaa lämpöä ilmanvaihdon, tilalaitteiden ja käyttöveden lämmitykseen tai vain osaan näistä. Ilmanvaihdon ja tilalaitteiden lämmitystä varten tarvitaan huomattavasti matalampia lämpötilatasoja kuin käyttöveden lämmitykseen, joten hyödyntämällä maalämpöä vain näiden verkostojen lämmitystarpeen kattamiseen saadaan lämpöpumppu toimimaan paremmalla hyötysuhteella. Vanhoissa kiinteistöissä on kuitenkin usein käytetty korkeita lämpötiloja myös lämmitysverkostoissa, koska lämpöpumppuratkaisuja ei ole huomioitu suunnittelussa.

Eryisesti asuinrakennuksissa käyttöveden lämmityksen osuus rakennuksen kokonaislämmitystarpeesta on usein niin suuri, että maalämmöllä halutaan tuottaa myös käyttöveden lämmitystä. Pientaloissa ilmanvaihdon lämmitys toteutetaan useimmiten suoralla sähkölämmityksellä, jolloin sen tarvitsemää lämmitysenergiaa ei voida tuottaa maalämpöjärjestelmällä.

Kuvaajassa 1 on tarkastelu eri vuosikymmenillä rakennettujen rakennusten lämpötilatasojen mukaan vuosittaisia, keskimääräisiä maalämpöpumpun hyötysuhteita eli COP-arvoja. COP-arvojen laskennassa on käyttöveden tekeminen lämpöpumpulla oletettu olevan 100 % ja lämmitysnesteen korkein lämpötila 65 celsiusastetta tarkastelun yksinkertaistamiseksi. Tarkastelussa on huomioitu vanhempien kiinteistöjen lämmitysverkostojen korkeammat lämpötilatasot, minkä vuoksi lämpöpumpun hyötysuhde paranee siirryttäessä vanhoista kiinteistöistä uusiin. Samaa hyötysuhdetta on käytetty myöhemmin myös maalämpökentän mallintamisessa Earth Energy Designer (EED) -ohjelmistossa.



Kuvaaja: 1 Maalämpökentän mallinnuksessa käytetyt hyötysuhteet eli COP-arvot lämpöpumpuille eri aikakausilla perustuen rakennusten verkostojen lämpötilatasoihin.

3.2 Rakennusten energiantarpeen arviointi

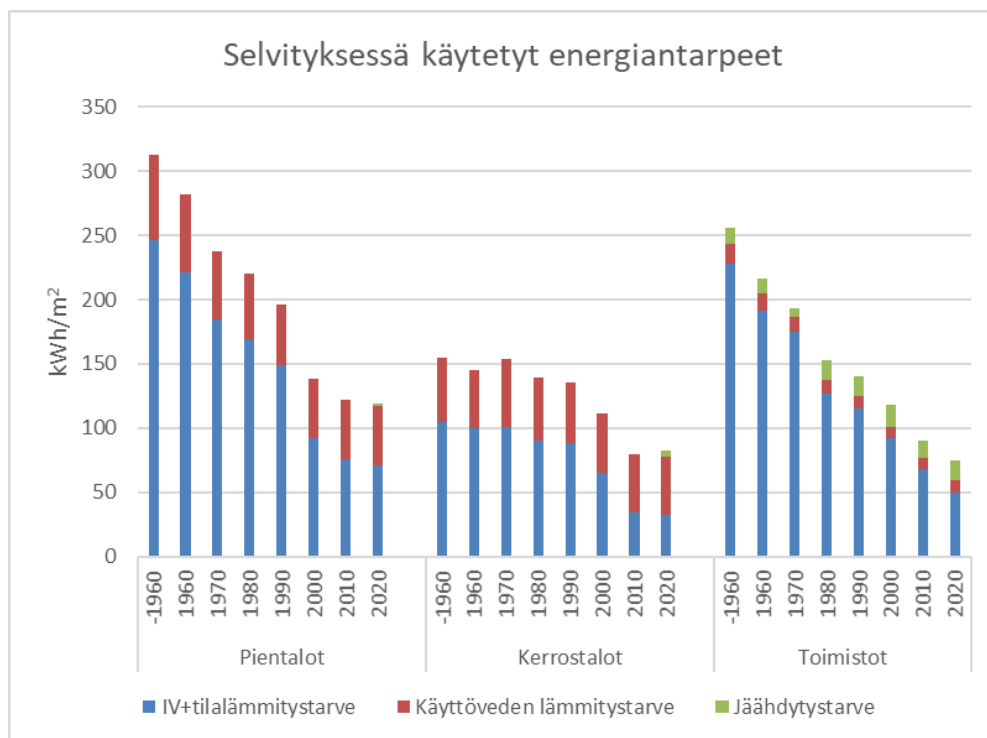
Maalämmön hyödyntämispotentiaalin arvioimiseksi tarvittiin arvio erityyppisten rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiatarpeista. Helsingin alueella asuinkerrostalot kuluttivat vuonna 2010 noin 50 %, pien- ja rivitalot noin 11 % ja palvelurakennukset noin 34 % rakennusten lämmitysenergiatarpeesta (PEK-selvitys, 2011). Rakennuskanta uusiutuu hitaasti, joten prosenttiosuudet eivät ole muuttuneet merkittävästi tämän vuosikymmenen aikana. Teollisuusrakennusten osuus lämmitysenergiankulutuksesta on selvityksen mukaan vain 5 % ja niiden lämmitystarve on hyvin kohdekohtaista. Lämmitysenergiankulutuksen perusteella päätettiin laatia tyyppirakennukset seuraaville rakennustyypeille: pientalot (omakoti- ja rivitalot), asuinkerrostalot sekä toimistorakennukset. Näiden tyyppirakennusten tutkimisella saadaan katettua suurin osa Helsingin alueen rakennuksista ja arvioitua karkeasti Helsingin lämmitystarve vuonna 2035.

Arviot Helsingin kaupungin alueella olevan rakennuskannan energiankulutuksesta saatiin tuottamalla kolmelle rakennustyyppille tyyppirakennus IDA ICE 4.8 -energiasimulointiohjelmalla. Valituille tyyppirakennuksille laadittiin eri vuosikymmenien versiot vuodesta 1960 lähtien. Simuloinnissa käytetyt, kunkin rakennuskannan ryhmälle ja aikakaudelle ominaiset rakennusmateriaalien, ilmanvaihdon, tiiveyden ja käyttöaikojen lähtötiedot perustuvat VTT:n REMA -mallissa käytettyihin arvoihin. (Tuominen et al. 2014). Simuloinnin säämallina on käytetty Hki-Vantaa ref (2012) testivuotta, jonka tiedot perustuvat vuosina 1980–2009 tehtyihin säähavaintoihin. Testivuosi pyrkii kuvastamaan keskimääräisen vuoden säädataa Helsingissä.

Rakennusten energiankulutukseen vaikuttavat teknisten arvojen lisäksi myös rakennuksen sisäiset lämpökuormat. Simuloinnissa rakennuksen sisäisinä lämpökuormina huomioitiin

valaistus, henkilöt ja laitteet FINVAC-tutkimuksen (2014) mukaisesti. Muiden asetusten, kuten lämmityksen- ja jäähdytyksen asetusarvojen sekä ilmamäärien osalta hyödynnettiin 1010/2017 Ympäristöministeriön uuden rakennuksen energiatehokkuudesta -asetuksen mukaisia ohjearvoja.

Laskennan tuloksena saatuja rakennusten ominaisenergiankulutuksia verrattiin viimeisimmän Helsinkiin tehdyn REMA-mallinnuksen tuloksiin (VTT, Heka Oy, Helsingin rakennusvalvontapalvelut ja HSY, 2018) ja tässä raportissa esitetyt ja jatkotarkasteluissa käytetyt ominaisenergiankulutukset ovat näiden kahden mallinnuksen keskiarvotulokset. Rakennusten jäähdytys on asuinrakennuksissa vielä harvinaista, joten jäähdytyksen osalta ratkaisun oletettiin yleistyvän asuinrakentamisessa vasta 2020-luvulla. Saadut tulokset on esitetty lämmitysenergian osalta kuvaajassa 2.



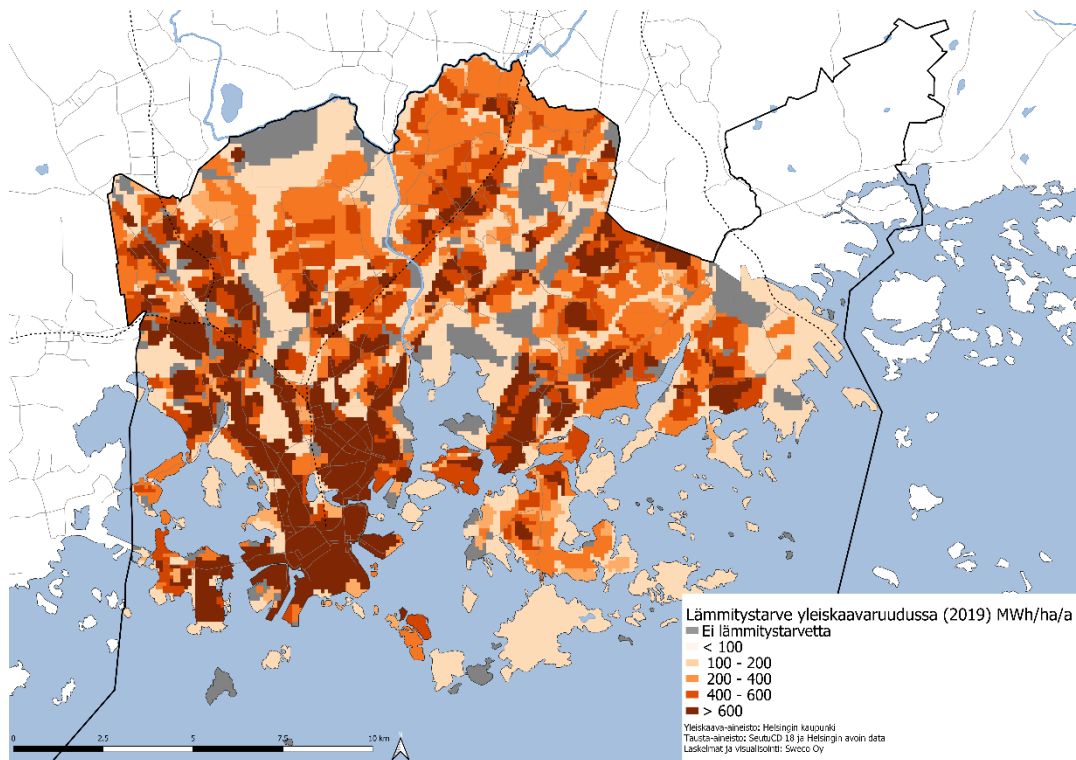
Kuvaaja: 2 Selvityksessä käytetyt energiantarpeet rakennustyypeittäin ja aikakausittain.

3.3 Helsingin aluekohtaiset lämmitystarpeet

Helsingin alueen lämmitysenergian tarvetta arvioitiin hyödyntämällä simulointitulosten avulla saatuja rakennustyyppikohtaisia ominaislämmitysenergian tarpeita. SeutuCD:n aineistosta saatiin tieto Helsingin alueella nykyisin olevien rakennusten rakennustyypeistä sekä niiden pinta-aloista. Pientaloille ja vapaa-ajan rakennuksille käytettiin luvussa 3.1 pientaloille esitettyjä lämmitystarpeita huomioiden niiden käyttöönottovuosi. Vastaavasti

laskettiin asuinkerrostalojen lämmitystarve. Muiden rakennusten osalta käytettiin toimitoille laskettua ominaislämmitystarvetta huomioiden rakennuksen käyttöönottovuosi.

Pientalot, asuinkerrostalot ja toimistot vastaavat laskelmien perusteella nykyisin noin 70 % Helsingin alueen lämmitystarpeesta. Suuri osa muista rakennustyypeistä, kuten liike- ja palvelurakennukset, ovat lämmitystarpeeltaan melko samantyyppisiä kuin toimistorakennukset. Näin ollen yksinkertaistuksia tehtiin eniten erikoisempien rakennustyyppien, kuten teollisuus- ja liikenteen rakennusten osalta. Kokonaisuutta tarkasteltaessa havaittiin, että näin saatu lämmitystarve oli noin 5 – 10 % suurempi kuin Helsingin alueelle muissa lähteissä ilmoitettu lämmitysenergiantarve. Selvityksen tarkkuustaso huomioiden tämä karkeus hyväksyttiin. Kuvassa 11 on esitetty näin laskettu Helsingin lämmitystarve yleiskaavaruudutain.



Kuva: 11 Helsingin lämmitysenergian tarpeet 250x250 ruutuaineistona vuonna 2019.

4 Maalämpöjärjestelmän energiantuotto ja maapinta-alan tarve

Tässä kappaleessa on esitetty maalämpökenttien simuloinnissa käytetyt lähtötiedot ja oletukset. Lisäksi kappaleessa esitetään maalämpökentän tilantarve korttelitehokkuuksien kautta yksittäisissä maalämpökohteissa sekä maalämmön laajentuessa alueellisiksi järjestelmiksi. Alueellisissa järjestelmissä on oletettu, että maalämpökaivoja voidaan sijoittaa

myös tontin ulkopuolelle, esimerkiksi viheralueille tai vinoporauxsin liikenneväylien alle. Alueellisille järjestelmille saatuja tuloksia voidaan hyödyntää myös tarkastelemaan tilannetta, jossa useat vierekkäiset kiinteistöt toteuttavat omat maalämpöjärjestelmänsä, jolloin naapurikiinteistöjen lämpökaivot alkavat vaikuttamaan toisiinsa.

Kappaleessa esitetään myös maalämmölle soveltuvan korttelitehokkuuden muuttuminen kallioperälajin tai sen ominaisuuksien muuttuessa. Maalämmön tilantarpeiden arvioimisessa on hyödynnetty esimerkkikortteleita, jotka vastaavat Helsingin uuden yleiskaavan mukaisia aluetyyppejä A4 (pientaloalue), A2 (asuinkerrostaloalue), C1/C2 (kantakaupunki, toimisto) ja C2 (kantakaupunki, asuinkerrostaloalue).

4.1 Maalämpökentän mallinnus ja oletukset

Rakennusten energiantarpeiden vaikutusta tarvittavaan maalämpökentän kokoon ja maapinta-alaan tutkittiin teoreettisesti mallintamalla maalämpökentät Earth Energy Designer (EED) -ohjelmistolla. Vaihtoehtojen rajaamiseksi maalämpökaivon syvyydeksi oletettiin tässä selvityksessä enintään 300 metriä, mikä on yleisin nykyisellä poraustekniikalla saatutettava syvyys. Yksittäisissä omakotitaloissa maalämpökaivon syvyys määritettiin energiantarpeen perusteella, jolloin syvyys oli noin 120 – 200 metriä.

Maalämpökaivojen väliseksi etäisyydeksi oletettiin 20 metriä, jotta kaivojen välinen vaikutus olisi mahdollisimman pieni, mutta maalämpökentän koko ei kasvaisi liian suureksi. Nykytila-analyysin perusteella Helsingin alueella yleisin rakennetun alueen kallioperälaji on graniitti, joten laskennassa käytettiin tälle kallioperälajille tyypillisiä teknisiä arvoja. Kivilajivalinnan tarkempi perustelu sekä pää- että herkkyystarkastelun osalta on esitetty Raportin lopussa liitteessä 2.

Rakennusten energiankulutusten osalta kuvaajasta 1 havaittiin, että lämmitys- ja jäähdytysenergian ominaiskulutukset ovat melko lähellä toisiaan vierekkäisillä vuosikymmenillä. Tästä johtuen maalämpökenttien mallinnusta päätettiin yksinkertaistaa yhdistämällä muutamia vuosikymmeniä keskenään. Yhdistämisen taustalla oli myös oletus siitä, että saneerausten yhteydessä erityisesti vanhemmissa rakennuksissa myös energiatehokkuutta parannetaan esimerkiksi julkisivujen eristyksiä, ikkunoita tai ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa parantamalla. Vanhoissa kiinteistöissä pelkällä lämmitysverkoston tasapainotuksella voidaan saada jo merkittävä energiansäästö. Näin ollen pientalot ja kerrostalot yhdistettiin seuraaviin aikakausiin: ennen 1979, 1980 – 1999, 2000 – 2010 ja 2010 – 2030. Toimistorakennusten ominaisenergiankulutusten yhdistäminen poikkeaa hieman aikakausijaoltaan ollen seuraava: ennen 1979, 1980 – 1999, 2000 – 2019 ja 2020 – 2030.

Yhdistetyt energiantarpeet muutettiin kuukausitasolle, jotta kaivokentän kuormitus saatiin vastaamaan rakennusten todellista tarvetta mahdollisimman hyvin. Lämmitysenergian osalta lähtökohdaksi otettiin, että rakennuksen lämmitystarpeesta vähintään 80 % täytyy kattaa maalämmöllä, jotta järjestelmä on taloudellisesti kannattava. Lisäksi reunaehdoksi

otettiin lämmönkeruunesteen lämpötilat: Lämmityskäytössä matalin sallittu nesteen keskilämpötila yhden kuukauden aikana oli 0 °C ja jäähdytyskäytössä suurin sallittu, huipputehoa käytettäessä ilmenevä, nesteen keskilämpötila 12 °C. Näillä reunaehdoilla haluttiin varmistaa, että maalämpökenttä ei pääsisi talvisin jäätymään toimintakelvottomaksi ja toisaalta, että kesäajan jäähdytys olisi mahdollista kaikissa tilanteissa, sillä jäähdytyksen tilalaitteiden ja ilmanvaihdon jäähdytyspatterin nesteen menolämpötila mitoitetaan usein enintään 15 celsiusasteeseen. Käytännössä tämä tarkoitti toimistorakennusten osalta sitä, että jäähdytysenergiantarpeesta pystyttiin tuottamaan noin 90 % maalämpökentän vapaajäähdytyksellä. Vuoden 2010 jälkeen rakennetuissa toimistorakennuksissa vapaajäähdytyksellä saatavaa jäähdytysenergianmäärää jouduttiin kuitenkin rajoittamaan maaperän liiallisen lämpenemisen takia, jolloin hieman alle 80 % jäähdytysenergiasta saatiin vapaajäähdytyksellä maaperästä. Loput jäähdytysenergiantarpeesta tulee tuottaa esimerkiksi vedenjäähdytyskoneella tai kaukokylmällä.

Tarkastelut tehtiin rakennus- sekä aluetasolla siten, että maalämpökentän koko mallinnettiin ensin yksittäisen rakennuksen tapauksessa, jolloin ympärivät maalämpökentät eivät vaikuta yksittäisen rakennuksen maalämpökentän tuottoon. Aluetason tarkasteluissa hyödynnettiin esimerkkikortteleita, joiden avulla haluttiin havainnollistaa maalämpökaivojen keskinäisiä vaikutuksia toisiinsa ja toisaalta keskitetyn ratkaisun hyödyt maalämpöjärjestelmän tarvitsemaan maapinta-alaan sekä alkuinvestointiin.

Aluetason tarkastelua varten valittiin esimerkkikohteita kullekin rakennustyyppille: pientaloalue Pakilasta, asuinkerrostaloalueet Pikku Huopalahdesta ja Verkkosaaresta sekä toimistoalue Pasilasta. Esimerkkikohteet valittiin niiden erilaisten aluetehokkuuksien sekä Helsingin uuden yleiskaavan mukaisten aluevarausten perusteella. Yleiskaavan mukaiset aluetypit ja tavoite niiden korttelitehokkuudeksi sekä selvityksessä käytetty esimerkkikortteli ja sen korttelitehokkuus on esitetty taulukossa 1. Maalämpökentän mallinnuksessa käytetyt korttelikaaviot on esitetty liitteessä 3.

Taulukko: 1 Tarkastelussa käytetyt Helsingin uuden yleiskaavan mukaiset aluetyypit, niiden tehokkuustavoite ja esimerkkikortteli.

Yleiskaavan mukainen aluetyyppi	Yleiskaavan mukainen tavoite korttelitehokkuudelle	Esimerkkikortteli ja sen korttelitehokkuus
A4, pientaloalue	<0,4	Pakila 0,25
A2, asuinkerrostaloalue	1-2	Pikku Huopalahti 1,2
C1/C2, kantakaupunki, toimisto	>1,8	Pasila 2,4
C2, kantakaupunki, asuinkerrostaloalue	>1,8	Verkkosaari 1,8

4.1.1 Maalämpöjärjestelmät pientaloalueella (Asuntovaltainen alue A4)

EED-mallinnusohjelmalla testattiin alueellisten ratkaisuiden vaikutusta kaivosta saatavaan lämmöntuottoon ja havaittiin, että usean kaivon sijaitessa 20 metrin päässä toisistaan maalämpökaivot vaikuttavat toisiinsa heikentäen kaivojen ominaislämmöntuottoa.

Pientaloissa tarvittava maalämpökaivon syvyys on 2000-luvulla rakennetuilla kohteilla noin 120 – 150 metriä, joten keskitetyllä ratkaisulla kaivoista voidaan tehdä syvempiä ja täten kaivojen lukumäärä rakennusta kohti on keskitetyllä ratkaisulla pienempi kuin rakennuskohtaisella ratkaisulla. Vaikutus maalämpökaivojen määrässä näkyy erityisesti uusilla pientaloalueilla, joissa keskitetyn maalämpöratkaisun avulla maalämpökaivoja tarvittaisiin yli 60 % vähemmän kuin rakennuskohtaisilla ratkaisuilla toteutettuna. Vanhoilla alueilla keskitetyn ratkaisun vaikutus maalämpökaivojen lukumäärään on pienempi, sillä yksittäin toteutettuna maalämpökaivon vaadittu syvyys on lähemmäs 200 metriä, jolloin keskitetyllä ratkaisulla ei saada yhtä suurta hyötyä kuin uudemmilla alueilla. Ennen 1980-lukua rakennetuissa kohteissa maalämpökaivoja tarvitaan noin 15 % vähemmän keskitetyllä ratkaisulla rakennuskohtaisiin järjestelmiin verrattuna. Maapinta-alana ero voi kuitenkin olla merkittävä, sillä yksi maalämpökaivo tarvitsee ympärilleen 15 metrin etäisyydellä noin 180 m² tilan. 20 metrin etäisyydellä tilantarve on jo yli 300 m².

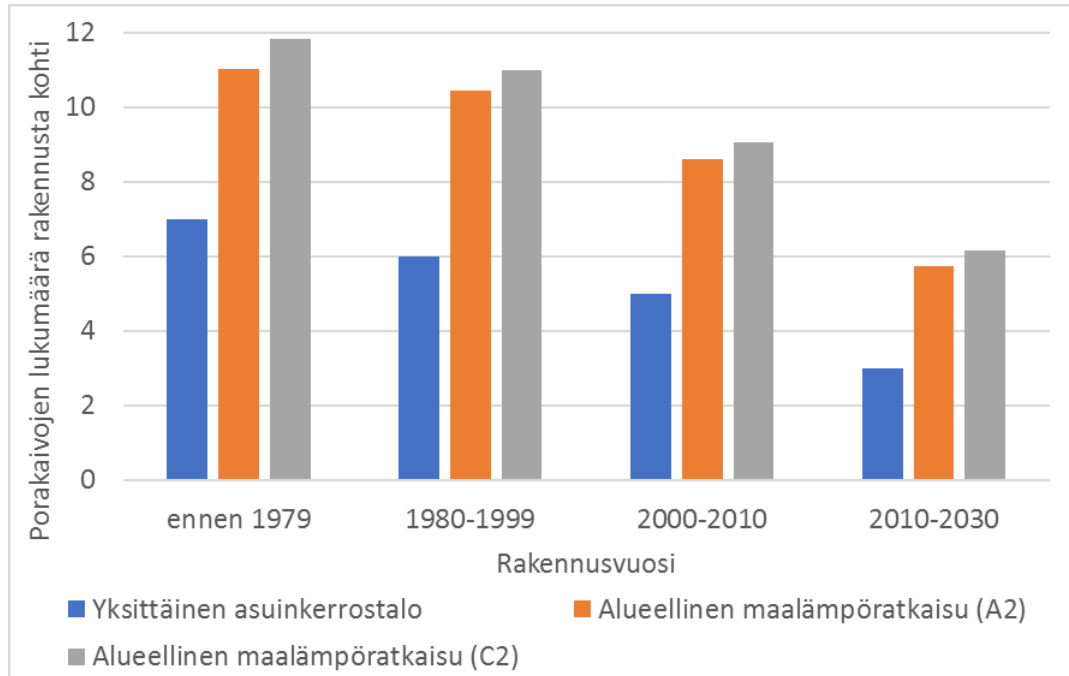
Tehdyn tarkastelun perusteella pientaloalueilla maalämmön hyödyntäminen on aina mahdollista sekä alueellisesti että kiinteistökohtaisesti riippumatta kohteen rakennusaikakaudesta. Alueellisella toteutuksella maalämpöä voidaan hyödyntää kaikkein tehokkaimmillakin pientaloalueilla, kuten townhouse-tyyppisissä kohteissa, jotka voidaan toteuttaa pientaloalueiksi erittäin korkealla korttelitehokkuudella. Kiinteistökohtaisilla ratkaisuilla, joissa maalämpökaivon syvyys on usein varsin matala, korttelitehokkuuden raja maalämmön hyödyntämiselle on tehtyjen mallinnusten perusteella 0,5.

Periaatteessa pientaloalueilla on mahdollista toteuttaa alueellisia maalämpöjärjestelmiä, jotka tuottaisivat lämmitysenergiaa myös alueen ulkopuolisille rakennuksille esimerkiksi myymällä lämpöä kaukolämpöverkkoon. Haasteena on kaukolämpöverkon tarvitsema korkea lämpötilataso sekä toisaalta maalämpöporakaivolle asetettavat käyttöiät. Lämmön myyminen alueen ulkopuolelle lyhentää maalämpökaivon käyttöikä, jos vastaavaa lämpö määrää ei jossain kohtaa ladata takaisin maalämpökaivoon. Periaatteessa pientaloalueella pystytään tuottamaan rakennuskannan iästä riippuen jopa 2 – 5 kertainen lämpö määrä, kun tavoitteena on tonttitehokkuus 0,4.

4.1.2 Maalämpöjärjestelmät asuinkerrostaloalueilla (Asuntovaltainen alue A2 ja Kantakaupunki C2)

Kerrostalon maalämpöjärjestelmän toteuttaminen vaatii useita maalämpökaivoja riippumatta siitä, toteutetaanko alueellinen vai kiinteistökohtainen ratkaisu. Tehtyjen EED-mallinnusten perusteella havaittiin, että kerrostaloalueella maalämpökaivojen lämmöntuotto putoaa merkittävästi, jos useat alueen kiinteistöt toteuttavat maalämpöjärjestelmän yhdessä tai erikseen. Alueella, jossa vain yksittäisillä kiinteistöillä on maalämpöjärjestelmä, voi lämmöntuotto olla jopa 60 – 75 % suurempi kuin alueilla, joissa useilla vierekkäisillä tonteilla on maalämpöjärjestelmä. Tehdyn mallinnuksen perusteella maalämmön tuotantoon ei kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi se, onko alue toteutettu Pikku Huopalahden kaltaisena (korttelitehokkuus 1,2), hieman väljempänä A2 alueena vai tiiviimpänä, C2-alueena kuvaavana Verkkosaaren kaltaisena (korttelitehokkuus 1,8) korttelina.

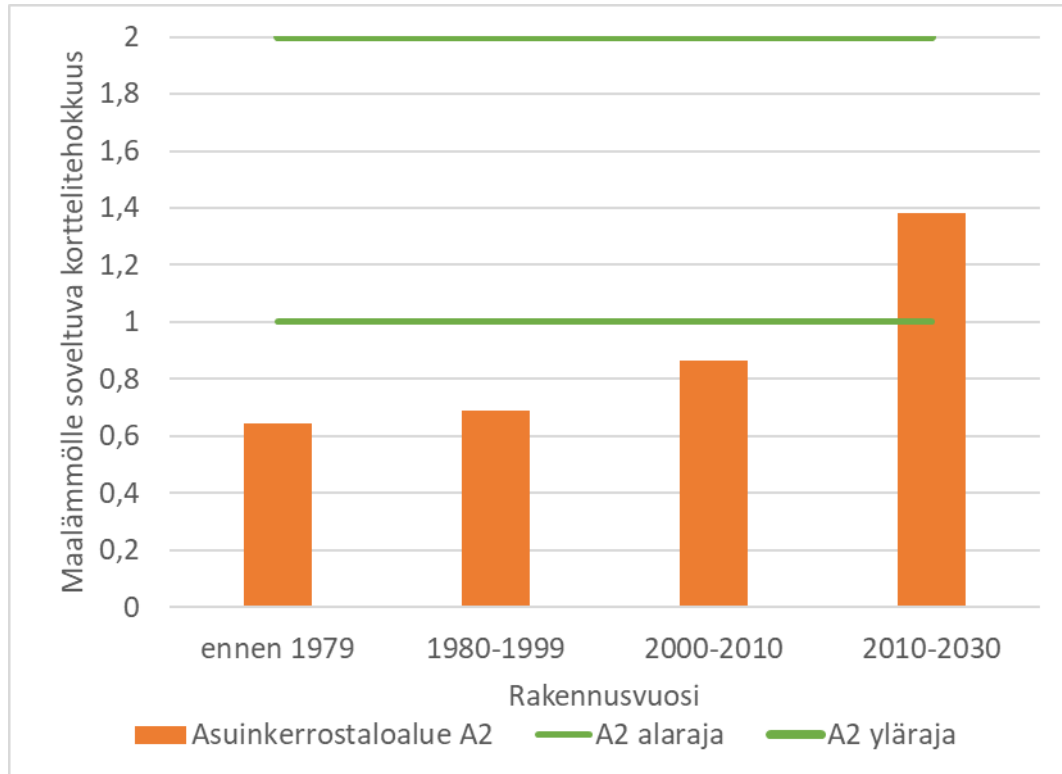
Kuvaajassa 3 on esitetty alueellisen ratkaisun tarvitsema maalämpökaivojen määrä verrattuna yksittäisen kohteen tarvitsemaan maalämpökaivojen määrään. Toisin kuin pientalopaikauksessa, asuinkerrostaloalueella keskitetty ratkaisu kasvattaa tarvittavaa maalämpökäivomäärää. Tämä johtuu siitä, että maalämpökentistä tulee laajoja: Verkkosaaren 1,8 korttelitehokkuudella tarvitaan lähes 400 kaivoa yhtä korttelikokonaisuutta varten. Näin suuressa maalämpökentässä maalämpökaivot alkavat vaikuttaa toisiinsa merkittävästi. Tämä tarkoittaa myös sitä, että toteutettaessa yksittäisiä maalämpökenttiä vierekkäisille tonteille tulisi huomioida myös naapureiden tekemien maalämpökenttien lämmöntuottoa heikentävä vaikutus, jotta voidaan taata maalämpökentän toimivuus pitkällä, yli 20 vuoden aikajänteellä.



Kuvaaja: 3 Maalämpökaivojen lukumäärä rakennusta kohti eri tarkasteluvaihtoehdoissa.

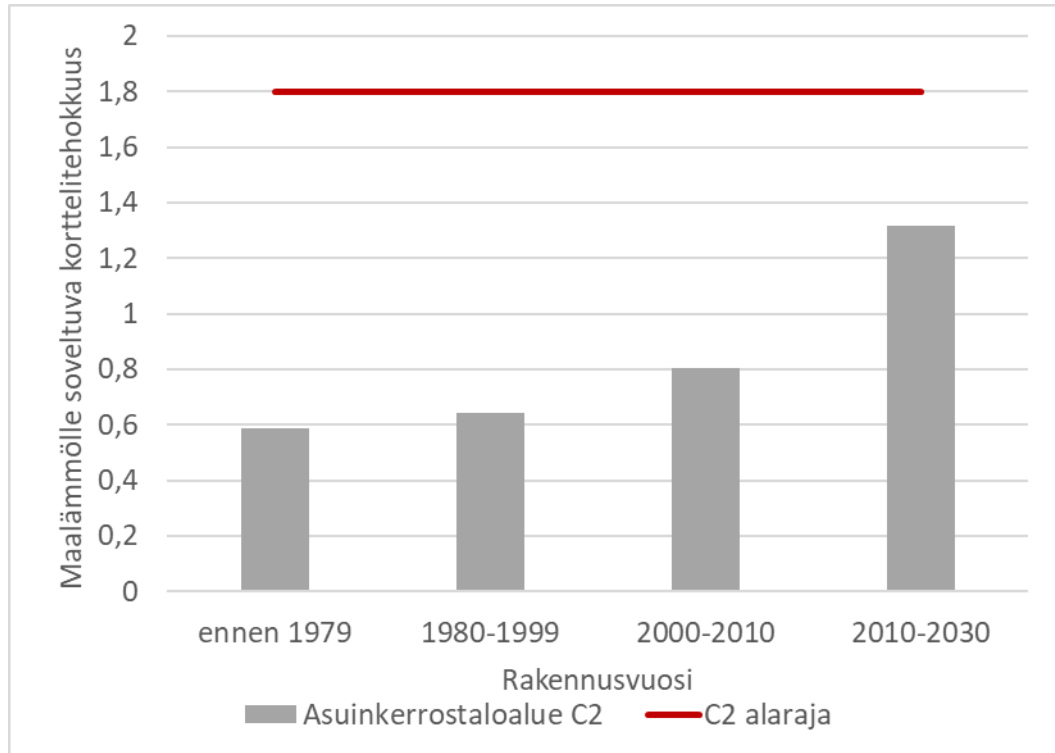
Asuinkerrostalon osalta tarvittavaan maalämpökaivojen määrään vaikuttaa merkittävästi kohteen rakennusvuosi, sillä ennen 1980-lukua tehtyjen kohteiden energiankulutus voi olla moninkertainen uudiskohteisiin verrattuna. Näin ollen vanhan kohteen tarvitsema maalämpökaivojen määrä voi myös olla 2 – 3 kertaa niin suuri kuin uudiskohteissa. Saneerauskohteiden tarvitsemaa maalämpökaivojen lukumäärää voidaan vähentää energiaremontin avulla, jolloin maalämpökentästä tarvittava lämmitysenergiatarve pienenee.

Tehtyjen mallinnusten perusteella arvioitiin A2- ja C2-alueille soveltuvaa korkeinta mahdollista korttelitehokkuutta, jolla maalämpöä voitaisiin hyödyntää alueen lämmitysenergian kattamiseen. Kuvaajassa 4 on esitetty asuinkerrostaloalueelle A2 saadut korkeimmat maalämmön hyödyntämiseen soveltuvat korttelitehokkuudet sekä Helsingin uuden yleiskaavan mukaiset, tavoitteelliset ala- ja ylärajat. Kuvaajasta 4 voidaan havaita, että ainoastaan 2010 jälkeen rakennetuilla kerrostaloalueilla voidaan laajamittaisesti hyödyntää maalämpöä päälämmitysmuotona. Mitä vanhemmasta rakennuskannasta on kyse, sitä väljempi korttelitehokkuuden tulisi olla maalämmön laajamittaista hyödyntämistä ajatellen. Tarvittavaa korttelitehokkuutta voidaan kuitenkin nostaa vähentämällä maasta otettavaa lämmitysenergiatarvetta esimerkiksi parantamalla energiatehokkuutta tai hyödyntämällä muita energiälähteitä.



Kuvaaja: 4 Maalämmölle soveltuvat korttelitehokkuudet asuinkerrostaloalueella A2 eri aikakausien rakennusten energiantarpeet huomioiden. Kuvaajassa on esitetty myös Helsingin uudessa yleiskaavassa alueille esitetyt tavoitteet.

Kuvaajassa 5 on esitetty asuinkerrostaloalueelle C2 laskettu korkein mahdollinen korttelitehokkuus, jolla maalämmön hyödyntäminen olisi vielä kannattavaa. Lisäksi kuvaajassa on esitetty Helsingin uuden yleiskaavan mukainen alaraja C2-alueiden korttelitehokkuudelle. Kuvaajasta 5 voidaan havaita, että maalämpö ei sovellu laajamittaiseen käyttöön C2-alueille esitetyllä korttelitehokkuudella. Maalämmölle soveltuva korttelitehokkuus on uusien asuinkerrostalojenkin osalta kaukana C2-alueille asetetusta korttelitehokkuustavoitteesta.



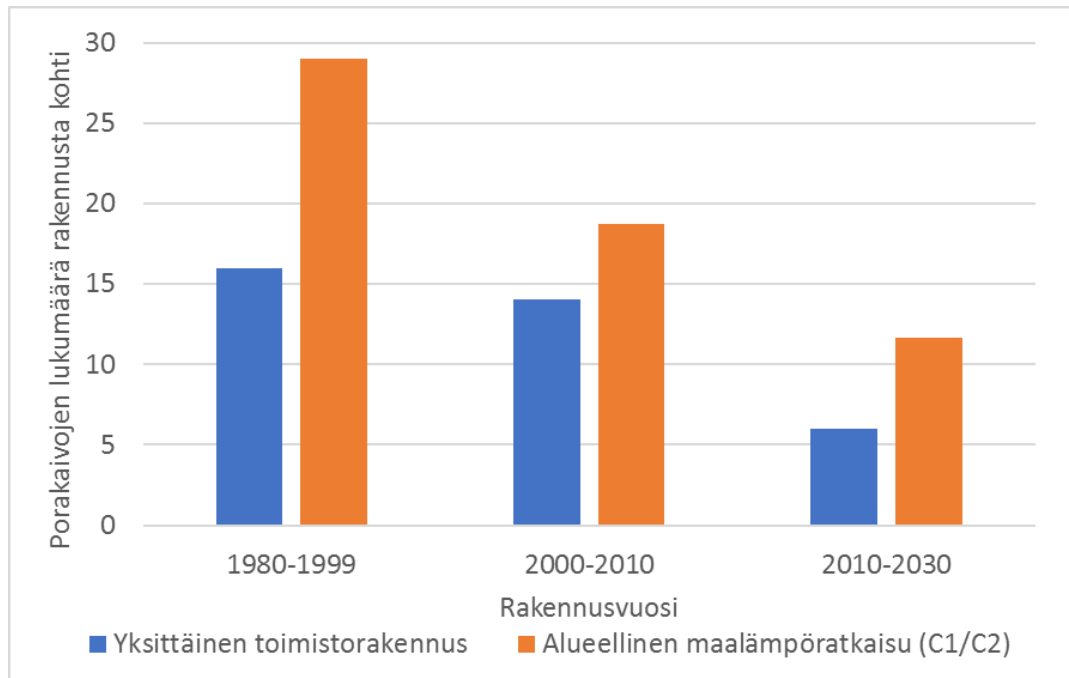
Kuvaaja: 5 Maalämmölle soveltuvat korttelitehokkuudet pientaloalueella eri aikakausien rakennusten energiatarpeet huomioiden. Kuvaajassa on esitetty myös Helsingin uudessa yleiskaavassa alueille esitetyt tavoitteet.

4.1.3 Maalämpöjärjestelmät tiiviillä toimistoalueella (Kantakaupunki C1/C2)

Tiiviillä toimistoalueella toistuu sama ilmiö kuin tiiviillä asuinkerrostaloalueella: Tarvittava maalämpökaivojen määrä nousee suureksi, jolloin kaivot alkavat ottaa energiaa toisiltaan ja ominaistuotanto heikkenee. Yksittäisen maalämpökentän tapauksessa näin ei tapahdu, mutta jos useita vierekkäisiä kiinteistöjä toteuttaa omat maalämpökenttensä, heikentyy kaikkien maalämpökenttien ominaistuotto. Pahimmassa tapauksessa tämä voi johtaa kaikkien maalämpökaivojen jäätymiseen, jolloin kiinteistölle täytyy toteuttaa uusi energianlähde tai tuottaa tarvittava lämmitysenergia maalämmön lisäenergianlähteeksi suunnitellulla ratkaisulla.

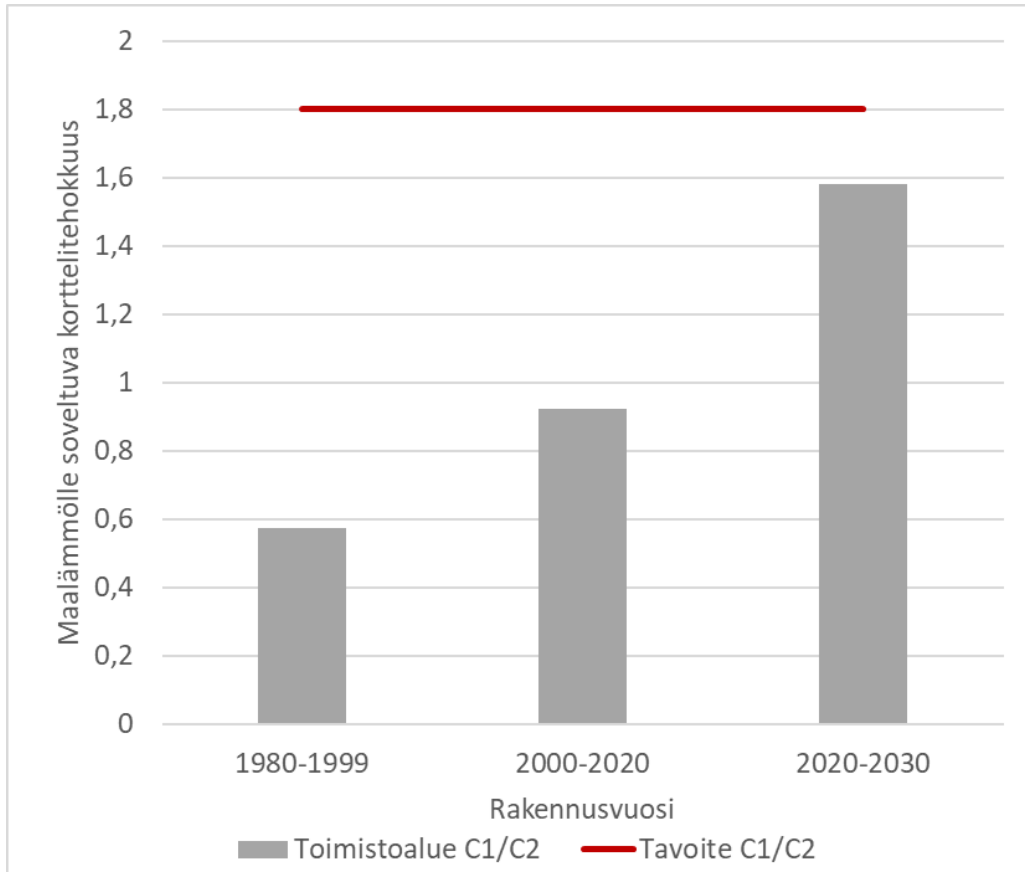
Lämpökaivojen heikentynyt ominaistuotto vaikuttaa tarvittavaan maalämpökentän kokoon: Tiiviisti toteutetulla, maalämpöjärjestelmään perustuvalla alueella rakennusta kohti tarvittavien maalämpökaivojen määrä kasvaa merkittävästi. Vanhoilla alueilla, joissa rakennusten lämmitystarve on suuri, on maalämpökaivojen tarve jo yksittäisen rakennuksen tapauksessa suuri. Keskitetyssä ratkaisussa maalämpökaivojen määrä lähes kaksinkertaistuu, jos

maalämpökaivojen välisiä etäisyyksiä ei nosteta oletetusta 20 metristä. Toisaalta etäisyyksien nostaminen muutamallakin metrillä vaatii merkittävästi lisää maapinta-alaa, kun simuloidussa alueellisessa maalämpökentässä maalämpökaivojen lukumäärä on yli 400 kappaletta. Kuvaajassa 6 on esitetty rakennusta kohti tarvittava maalämpökaivomäärä yksittäisen rakennuksen osalta sekä alueellisessa tapauksessa.



Kuvaaja: 6 Maalämpökaivojen tarvittava lukumäärä, jos maalämpökenttä toteutetaan yksittäiselle toimistorakennukselle kaukana muista maalämpökentistä sekä alueellisessa tapauksessa, jossa samalle alueelle toteutetaan vierekkäin useita maalämpökenttiä tai yksi keskitetty maalämpökenttä.

Kuvaajassa 7 on esitetty tiiviille toimistoalueelle saadut tulokset maalämmölle soveltuvasta korttelitehokkuudesta. Tulosten perusteella uusimmissakin toimistokohteissa korttelitehokkuuden tulisi olla alle 1,6, jotta maalämpö olisi mahdollinen päälämmitysenergianlähde. Toimistojen mallinnuksessa on huomioitu kentän lataaminen jäähdytysenergian lauhdelämmöllä, mutta tästä huolimatta tarvittava maapinta-ala on liian suuri suhteessa yleiskaavassa tavoiteltuun korttelitehokkuuteen.



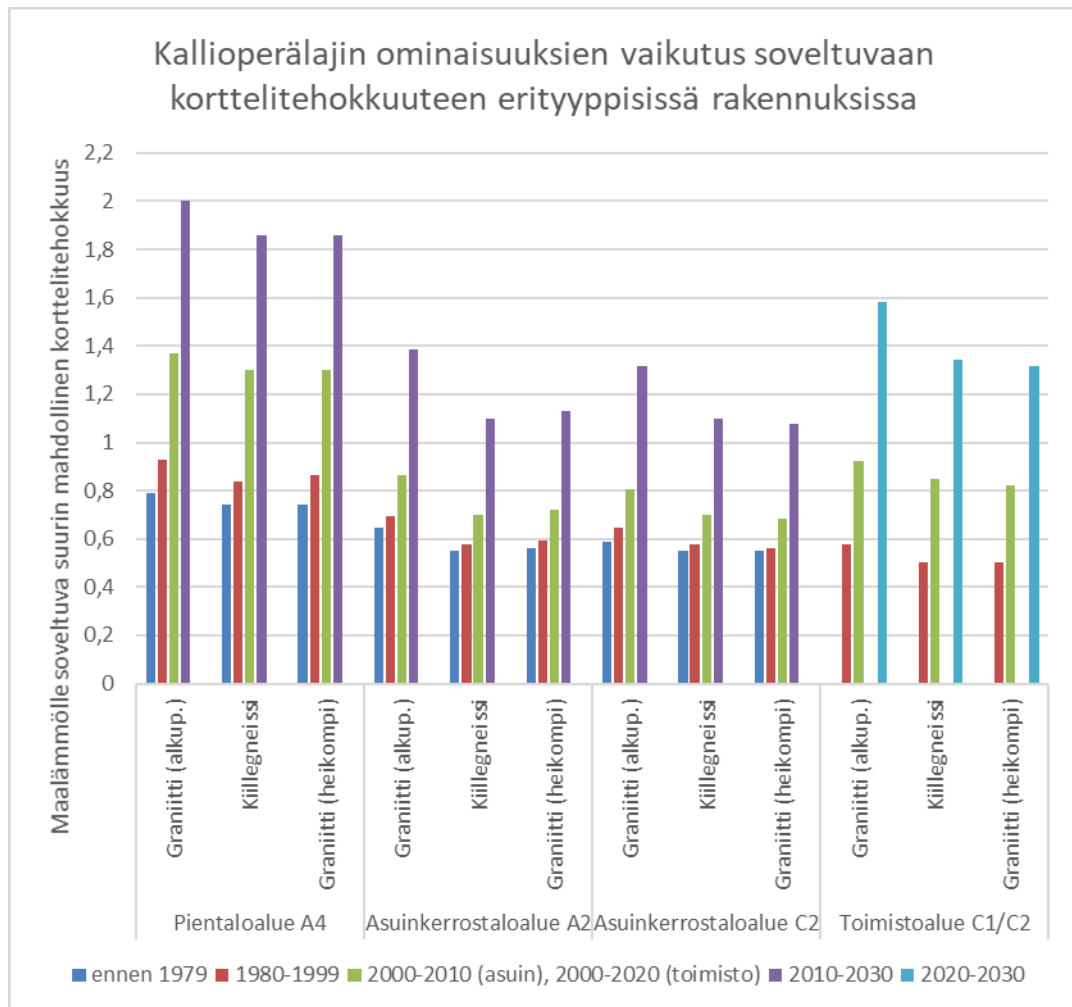
Kuvaaja: 7 Tiiville toimistoalueelle soveltuvat korttelitehokkuudet maalämmön hyödyntämisen näkökulmasta sekä Helsingin uuden yleiskaavan tavoite.

4.2 Herkkyystarkastelut

Korttelikohtaisille maalämpökentille tehtiin kaksi herkkyystarkastelua, joiden avulla arvioitiin kallioperän teknisten arvojen vaikutusta maalämpökentän kokoon ja maalämpökaivon ominaislämmöntuottoon. Toiseen herkkyystarkasteluun valittiin kallioperälajiksi kiillegneissi, joka on Helsingin alueella graniitin jälkeen toiseksi yleisin kallioperälaji ja teknisiltä arvoiltaan selvästi graniittia heikompi. Lisäksi tehtiin toinen herkkyystarkastelu, jossa graniitin teknisinä arvoina käytettiin Geologian tutkimuskeskuksen laatiman Helsingin geoenegiapotentiaali -tutkimuksessa (2019) arvioituja graniitin teknisiä arvoja EED-työkalun käyttämien valtakunnallisten suositusten sijaan.

Tehdyissä herkkyystarkasteluissa kiillegneissin lämmönjohtavuus on noin 10 % huonompi ja lämpökapasiteetti 12 % pienempi kuin kohdassa 4.4. käytetyssä graniitissa. Herkkyystarkastelun graniitti puolestaan on lämmönjohtavuudeltaan samaa, mutta sen lämpökapasiteetti on 20 % huonompi kuin kohdassa 4.4. käytetyssä graniitissa.

Herkkyystarkastelut tehtiin EED-ohjelmistolla muuttaen edellisiin mallinnuksiin verrattuna vain kallioperälajin tyyppiokohtaisia teknisiä arvoja. Keruukaivojen lukumäärän kasvaessa ja maalämpökenttien suurentuessa kentän muotoa jouduttiin muuttamaan, mutta vertailun mahdollistamiseksi maalämpökentän leveyden ja pituuden suhde pyrittiin pitämään mahdollisimman muuttumattomana. Kuvaajassa 8 on esitetty koonti alkuperäisistä tuloksista sekä herkkyytarkastelusta kaikille tutkituille rakennustyypeille.



Kuvaaja: 8 Maalämmölle soveltuvat suurimmat mahdolliset korttelitehokkuudet eri ikäisille sekä eri tyyppisille rakennustyypeille.

Kuvaajassa 8 esitettyjen herkkyytarkastelujen tulosten perusteella kallioperän tekniset arvot eivät vaikuta A4-pientaloalueiden maalämpöpotentiaaliin, vaan Helsingin uuden yleiskaavan mukaiset korttelitehokkuudet pystytään saavuttamaan kallioperästä riippumatta. Pikku Huopalahden -tyylisellä A2-alueella maalämmölle soveltuvat korttelitehokkuudet

heikkenevät, ja uusimmilla alueilla Helsingin uuden yleiskaavan mukainen korttelitehokkuuden vähimmäismäärä ylitetään niukasti. Verkkosaaren kaltaisella C2-alueella sekä tiiviillä toimistoalueilla (kaavamerkintäalueilla C1/C2) korttelitehokkuudet heikkenevät entisestään kallioperän heikkenemisen johdosta eikä tavoiteltuihin korttelitehokkuuksiin päästä, jos maalämpöä halutaan hyödyntää tasapuolisesti kortteleiden sisällä.

Tuloksista havaitaan, että mitä laajemmalle alueelle maalämpöjärjestelmä toteutetaan, sitä väljempi yhdyskuntarakenteen on oltava. Maalämpöpotentiaali heikkenee entisestään, jos kallioperä on keskimääräistä heikompi teknisiltä arvoiltaan. Suurin maalämpöpotentiaaliin vaikuttava tekijä on kuvaajan 8 perusteella kohteen energiantarve.

5 Maalämmön hyödyntämisen rajoitteet

Tässä kappaleessa on käyty läpi maanpäällisen rakentamisen lisäksi muita maalämpökäyttöjen rakentamista yleisesti rajoittavia tekijöitä, joita ovat mm. luontoarvot, pohjavesialueet, arvokkaat kallioalueet, rikkonainen kallioaines, arkeologinen kulttuuriperintö, väylät suoja-alueineen ja maanalainen rakentaminen. Lisäksi on nostettu esiin hankkeen ohjausryhmän linjaamat erityiset rajoitteet, jotka on rajattu pois Helsingin maalämpöpotentiaalia laskettaessa.

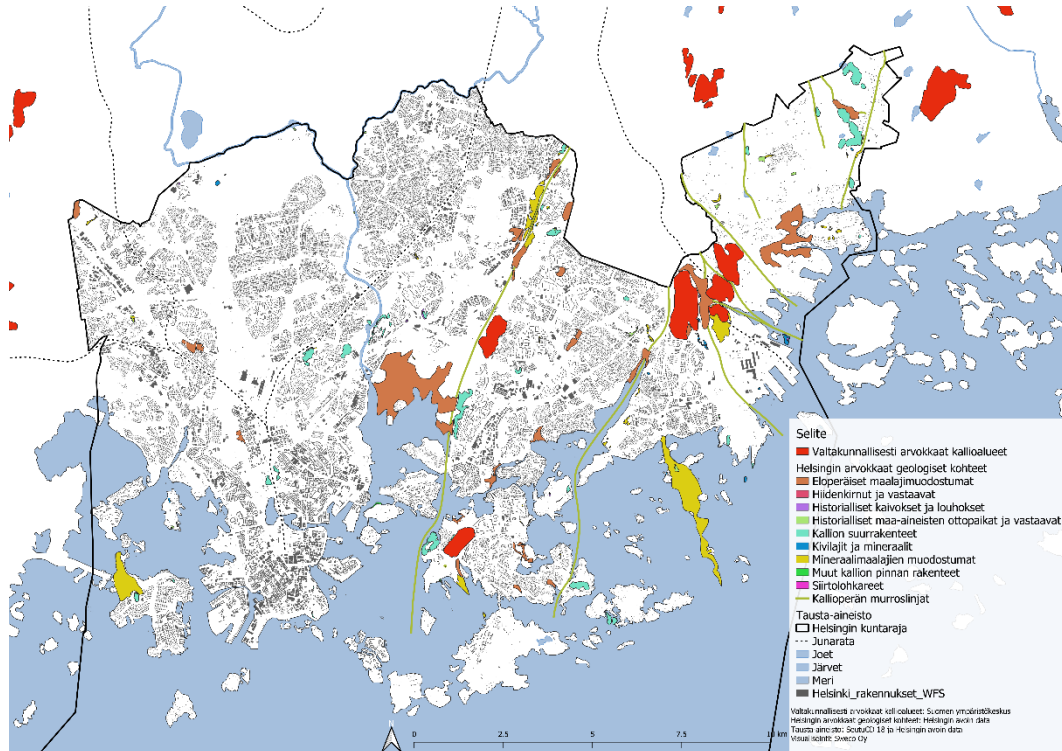
5.1 Ohjausryhmän linjaamat maalämmön hyödyntämistä poisrajaavat tekijät

Maalämpöpotentiaalin määrittämiseksi hankkeen ohjausryhmä linjasi maalämmön hyödyntämistä rajoittaviksi tekijöiksi pohjavesialueet, Pitkähäski-Vanhakaupunki raakavesitunnelin suoja-alueineen, luonnonsuojelualueet, geologisesti arvokkaat kohteet, arkeologisen kulttuuriperinnön ja valtakunnallisesti arvokkaat kallioalueet. Luonnonsuojelukohteet on esitetty Helsingin yleiskaavan (2016) kaupunkiluonto-liitekartalla. Arkeologisen kulttuuriperinnön rooli maa-alan maalämpöpotentiaalin laskennassa ei kuitenkaan karttatarkastelun yleispiirteisyydestä johtuen nouse tarkasti esiin, sillä pääosa kulttuuriperintökohteista on pistemäisiä. Seuraavissa luvuissa on esitetty tarkemmin osa ohjausryhmän linjaamista rajoittavista tekijöistä.

5.1.1 Helsingin geologisesti arvokkaat kohteet

Helsingissä on valtakunnallisesti arvokkaita kallioalueita yhteensä viisi. Näistä Kasaberget, Labbacka, Viikki sekä Kaitalahti/Laajasalo ovat arvokkaita kallioalueita ja Mustavuori hyvin arvokas kallioalue. Kaupungin alueella ei ole valtakunnallisesti arvokkaita moreenimuodostumia, kivikoita tai tuuli- ja rantakerrostumia. Kaupungin alueella on tehty kartoitus muista paikallisesti arvokkaista geologisista kohteista (kuva 13). Geologisesti arvokkaissa kohteissa on eniten siirtolohkareita, lähteitä sekä kallion suurrakenteita, jotka yleensä ovat maisemallisesti arvokkaita kohteita (Helsingin kaupungin ympäristökeskus 2004). Tällaisia maisemallisesti arvokkaita kohteita, joilla maalämmön rakentaminen on todennäköisesti mahdollista riippuen kohteen koosta ja geologisten ja muiden arvojen sijainnista, on yhteensä 26 kpl. Muut kallio- ja maaperän arvokohteet ovat pääasiassa pienialaisia ja ne

sisältävät sellaisia geologisia, historiallisia ja ekologisia arvoja, jotka todennäköisesti rajoittavat maalämmön rakentamisen näille alueille.



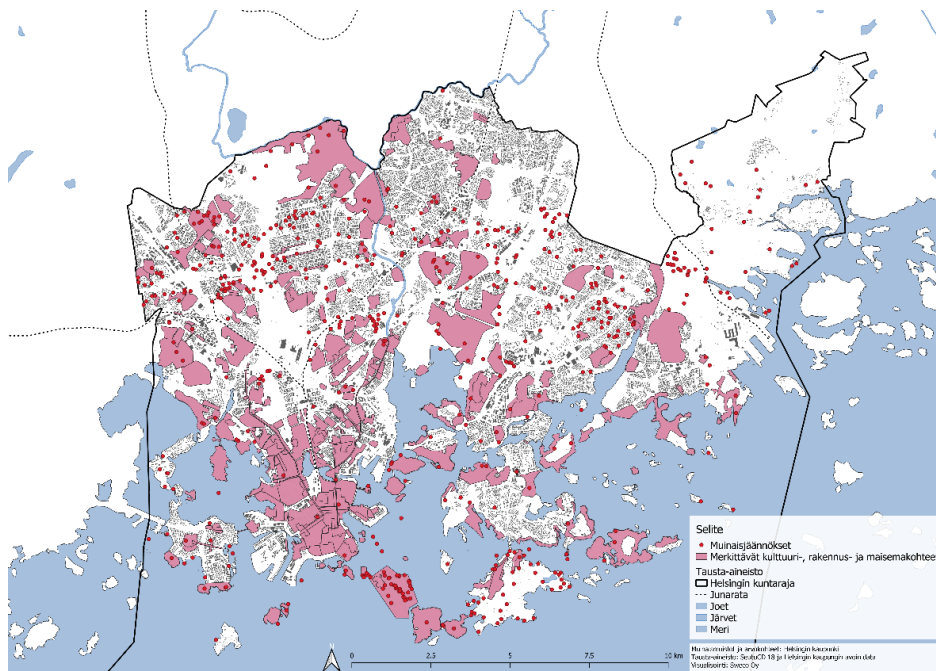
Kuva: 12 Helsingin kaupungin alueelle sijoittuvat valtakunnallisesti ja paikallisesti arvokkaat geologiset kohteet.

5.1.2 Arkeologinen kulttuuriperintö

Maalämpökaivojen poraamista estää arkeologinen kulttuuriperintö, millä tarkoitetaan maalla tai vedessä säilyneitä, ihmisen toiminnasta esihistoriallisella ja historiallisella ajalla syntyneitä jäännöksiä, rakenteita, kerrostumia ja löytöjä. Osa arkeologista kulttuuriperintöä ovat muinaismuistolailla (17.6.1963/295) rauhoitetut kiinteät muinaisjäännökset. Lisäksi arkeologiseen kulttuuriperintöön kuuluu rakenteita ja paikkoja, joita Museoviraston linjauksen mukaisesti ei lueta muinaismuistolain tarkoittamiin kiinteisiin muinaisjäännöksiin, mutta joiden säilyttämistä pidetään perusteltuna niiden historiallisen merkityksen ja kulttuuriperintöarvojen vuoksi. Kulttuuriperintökohteita voidaan tarpeen mukaan suojella kaavoituksen keinoin.

Kulttuurimaiseman vanhin elementti Helsingissä ovat esihistorialliset muinaisjäännökset, jotka ovat ensisijaista löydettävissä Museoviraston ylläpitämästä muinaisjäännösrekisteristä. Kaikki historialliset muinaisjäännökset ovat muinaismuistolain (1963) nojalla rauhoi-

tettuja. Helsingin tiedossa olevat esihistorialliset muinaisjäännekohteet keskittyvät Mätäjoki-laaksoon ja Itä-Helsinkiin. Helsingissä on myös laajuudeltaan huomattava vedenalainen kulttuuriperintö. Esihistoriallisten muinaisjäännekohteiden lisäksi maalämpökaivojen poraamista estää ensimmäisen maailmansodan aikainen linnoitusketju, joka kattaa pohjoisilla esikaupunkialueilla uloimman ja sisemmän kehän, ulottuen itäisestä Helsingistä läntisiin kaupunginosiin saakka. Linnoitteita on lisäksi monissa Helsingin edustalla olevissa saarissa. Muinaismuistoalueet ja 1. maailmansodan puolustuslinjan kohteet on esitetty kuvassa 14.



Kuva: 13 Muinaismuistoalueet, 1. maailmansodan puolustuslinjan kohteet.

5.2 Maalämmön hyödyntämistä yleisesti rajoittavat tekijät

Huomioitavaa on, että ohjausryhmän linjaamien maalämpöpotentiaalain hyödyntämistä rajoittavien tekijöiden lisäksi todellisuudessa pinta-alallisesti laajoja rajoittavia tekijöitä ovat maanalainen sekä maanpäällinen rakentaminen, väylät suoja-alueineen ja Helsingin uuden yleiskaavan virkistys ja viherverkostoa koskevat alueet. Virkistys- ja viherverkkoa koskevilla alueilla, ns. vihersormilla, maalämmön hyödyntämistä rajoittavat niille pitkälti keskittyneet erilaiset virkistys-, luonto-, kulttuuriympäristö- ja maisema-arvot. Näiden arvojen säilyttämisestä määrätään erityislakien yhteydessä, kuten luonnonsuojelu-, vesi-, ja muinaismuistolaisissa, joita maankäyttö- ja rakennuslain pohjalta yhteensovitetään kaavanlaadinnassa. Virkistysalueiden potentiaali maalämmön tuotannossa rajoittuu todennäköisesti viheralueisiin rajoittuviin korttelialueisiin, uusien rakennettavien alueiden puistoihin, liikunta- paikkoihin ja koulupihoille.

5.2.1 Kallioperän heikkousvyöhykkeet

Heikkousvyöhyke on kalliorakentamiseen liittyvä termi, jolla tarkoitetaan kallioperän yleensä lineaarista rakennetta, jossa kiviaines on selvästi rikkonaista. Heikkousvyöhyke voi olla muodostunut kallioperän siirros- tai ruhjevyöhykkeestä, rakotihentymästä, pehmeitä tai rapautuneita mineraaleja sisältävästä kivilajikerroksesta tai –juonesta tai kivilajien rajapinnasta. Kallioperän heikkousvyöhykkeet sijaitsevat usein laaksoissa, paksujen maakerrosten peittäminä.

Geoenergiapotentiaalin kannalta pohjaveden liikkeet kallioperän avoimissa raoissa mahdollistavat lämmön paremman siirtymisen energiakaivon läheisyyteen. Mikäli ruhjeet ovat hienoinessedimenteillä voimakkaasti rapautuneita, ne voivat tukkivat kallion raot ja hydrauliset yhteydet, jolloin veden liikkeet estyvät. Tällöin ne eivät paranna lämmön siirtymistä. Yleisesti ottaen nuorempia ruhjeita voidaan pitää rikkonaisuudeltaan avoimempina verrattuna vanhempiin, mahdollisesti jo täyttyneisiin ruhjeisiin, jolloin niiden rakoilua voidaan pitää edullisena geoenergiapotentiaalin kannalta.

Osa kallioperän rakoilusta on hyvin vettä hyvin johtavaa, mikä parantaa maalämmön saatavuutta. Kaksi ominaisuutta, jos vesi liikkuu hyvin – saadaan lämpöä, jos rikkonaista, lataaminen ei onnistu.

5.2.2 Väylät suoja-alueineen

Maalämpökaivojen rakentamista rajoittaa väylät ja niiden ulkopuolella olevat suoja-alueet. Maanteiden välittömässä läheisyydessä rakentamista on rajoitettu erityisesti liikenneturvallisuussyistä. Suoja-alueelle kohdistuvan rakennushankkeen johdosta on haettava lausunto ELY-keskukselta ennen kuin lupaviranomainen käsittelee rakennus- tai toimenpidelupasian. Rakennusten, rakennelmien ja laitteiden (varasto, aita, ym.) rakentaminen maantien suoja- tai näkemäalueelle on ELY-keskuksen ohjeistamana lähtökohtaisesti kielletty, mutta se voi myös erityisestä syystä sallia rakentamisen, jos siitä ei aiheudu vaaraa liikenneturvallisuudelle tai haittaa tienpidolle.

Maantien suoja-alueet lasketaan maantien ajoradasta tai, jos ajoratoja on useampia, lähimmän ajoradan keskilinjasta. Suoja-alueille käytetyt etäisyydet ovat pääsääntöisesti seutu- ja yhdysteillä 20 metriä, valta- ja kantateillä 30 metriä ja moottori- ja moottoriliikenteillä 50 metriä.

5.2.3 Maanalainen rakentaminen

Olemassa oleva tai suunniteltu maanalainen rakentaminen rajaa maalämpökaivojen hyödynnettävyyttä. Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen (voimassa 1.11.2010 alkaen) 58 §:n mukaan rakentamisessa on erityisesti varmistuttava siitä, ettei sillä ole vaikutusta ympäristössä jo olemassa olevien maanpäällisten ja maanalaisten rakenteiden turvallisuuteen.

Helsingissä on yli 400 maanalaista tilaa ja yli 200 kilometriä tunneleita. Tunneliverkostosta merkittävä osa muodostuu liikenne- ja yhdyskuntateknisen huollon tunneleista. Kantakaupungin ulkopuolella sijaitsevia yhdyskuntateknisen huollon tunneleita on noin 100 kilometriä. Tunnelit ovat tilavuudeltaan laajoja. Helsingin rakennusvalvonnassa määritelty suojaetäisyys tunneleihin on 2 x 25 metriä tunnelin molemmin puolin. Tämän etäisyyden on katsottu olevan riittävä turvaamaan tunnelin porareikien mahdollisesti aiheuttamilta taipumilta. Maalämpöreikien poraaminen alle 20 metrin etäisyydelle kalliotiloista on kielletty. Raakavesitunnelin osalta varoetäisyys on 50 metriä.

Myös maanomistukselliset kysymykset vaikuttavat maanalaisen rakentamisen mahdollisuuksiin. Maanalaisten tilojen maanomistukseen vaikuttaa 3D-kiinteistönmuodostus. 3D-kiinteistönmuodostamisen säädösmuutokset ovat tulleet voimaan 1.8.2018, jolloin muutoksia tuli kiinteistönmuodostamislakiin, kiinteistörekisterilakiin sekä maankäyttö- ja rakennuslakiin sekä näihin liittyviin asetuksiin:

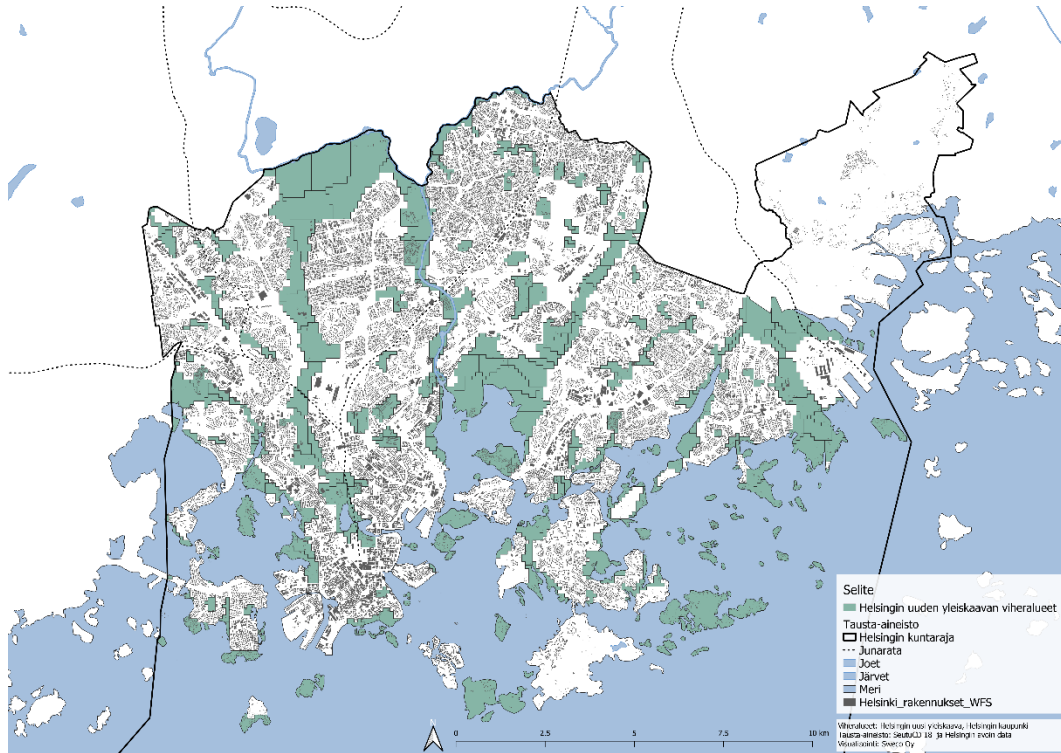
- KML muutokset 2, 20 ja 154 §:t
- KRL muutokset 2 §
- MRL muutokset 78 ja 79, 133 ja 194 §:t ja uudet 81 a, 158 a, 164 a ja 164 b §:t

3D-kiinteistöjä voi syntyä vain asemakaava-alueilla, joten maanalainen yleiskaava ohjaa asemakaavoitusta ohjaamalla myös maanalaisten kiinteistöjen muodostamista.

5.2.4 Helsingin uuden yleiskaavan virkistys- ja viherverkosto

Yleiskaavakarttaa täydentää kahdeksan teemakarttaa, joista yksi on ”Virkistys- ja viherverkosto 2050” (Kskl 14.6.2016). Kyseisellä teemakartalla on esitetty kaupunkirakennetta halkovat vihersormet ja laajat viheralueet, joita kehitetään monipuolisina virkistys-, ulkoilu-, liikunta-, luonto- ja kulttuurialueina ottaen huomioon kulttuurihistoriallisesti, maisemallisesti sekä luonnonsuojelun kannalta tärkeät alueet. Kaupunkipuistot ja vihersormet muodostavat rungon ekologiselle verkostolle ja muille luontoarvoille, joita on kuvattu ”Kaupunki-luonto”-teemakartalla. Kuvassa 15 on esitetty Helsingin uuden yleiskaavan viheralueet.

Helsingin uuden yleiskaavan virkistystä ja viherverkostoa koskevilla alueilla maalämmön hyödyntämistä rajoittavat virkistys-, luonto-, kulttuuriympäristö- ja maisema-arvojen säilyttäminen. Näiden arvojen säilyttämisestä määrätään erityislakien yhteydessä, kuten luonnonsuojelu-, vesi-, ja muinaismuistolaisissa, joita maankäyttö- ja rakennuslain pohjalta yhteensovitetään kaavanlaadinnassa. Virkistysalueiden potentiaali maalämmön tuotannossa rajoittuu todennäköisesti viheralueisiin rajoittuviin korttelialueihin, uusien rakennettavien alueiden puistoihin, liikuntapaikkoihin ja koulupihoille.



Kuva: 14 Helsingin uuden yleiskaavan viheralueet

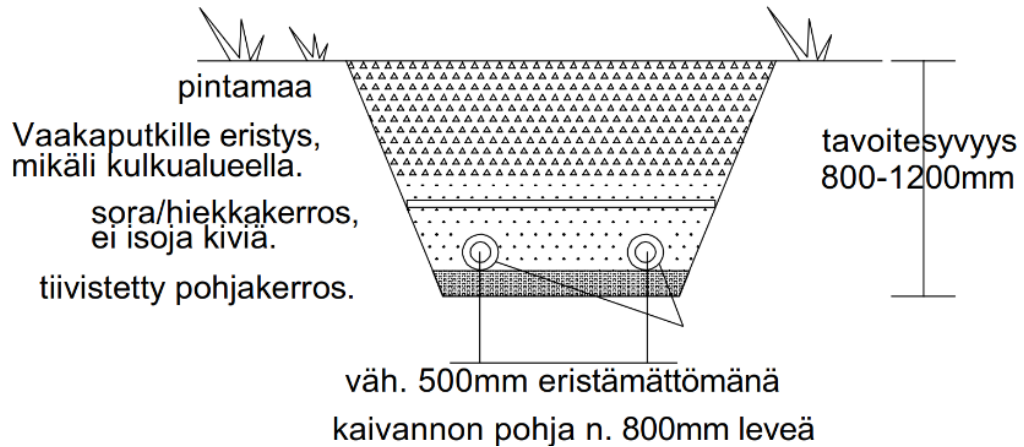
6 Maalämpökaivojen tekninen toteutus

Tässä kappaleessa on esitetty maalämpökentän tekninen toteutus sekä suuntaa-antavia pinta-aloja kiinteistöissä tarvittavista tilavarauksista eri rakennustyypeille. Lisäksi on kerrottu maalämpökaivojen toteuttamisesta maanalaisiin tiloihin sekä porauksen työmaa-aikaisista vaikutuksista. Kappaleen lopussa on esitetty arvio maalämpöjärjestelmien toteuttamisen kasvupotentiaalista porauskaluston sekä maalämpöpumppujen myynnin näkökulmasta.

6.1 Maalämpöjärjestelmän rakenne

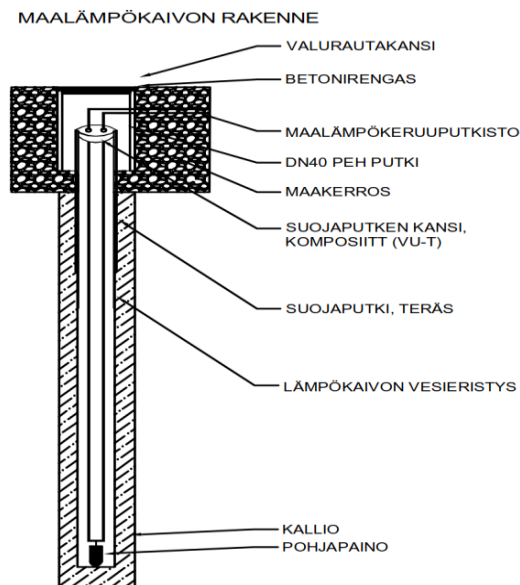
Maalämpöjärjestelmä koostuu lämpöpumpusta, putkistoista ja lämpökaivoista. Useamman kaivon tapauksessa käytetään lisäksi myös jakokaivoja. Jakokaivon tarkoituksena on jakaa keruupiirejä useammalle lämpökaivolle. Jakokaivolle keruuputkisto tuodaan vaakavetona. Kuvassa 16 on esitetty vaakaputkistokaivannon periaate.

KAIVANTO VAAKAPUTKILLE, PERIAATE



Kuva: 15 Vaakaputkiston kaivannon periaate

Lämpökaivon rakenne on pääosin aina samanlainen ja se koostuu teräs/muovisuojaputkesta, joka on juotettu vesitiiviisti kallioreiän yläosaan estäen maapohjaveden ja reiän kalliopohjaveden sekoittumista, lämpökaivon vesieristyksestä, keruuputkista ja pohjapainosta. Mikäli kaivo tulee alueelle, jossa on raskasta liikennettä, tulee lisäksi asentaa huoltokaivo ja sen päälle 40 tonnia kestävä valurautakansi. Kuvassa 17 on kuvattu maalämpökaivon rakenne liikennöidyllä alueella.

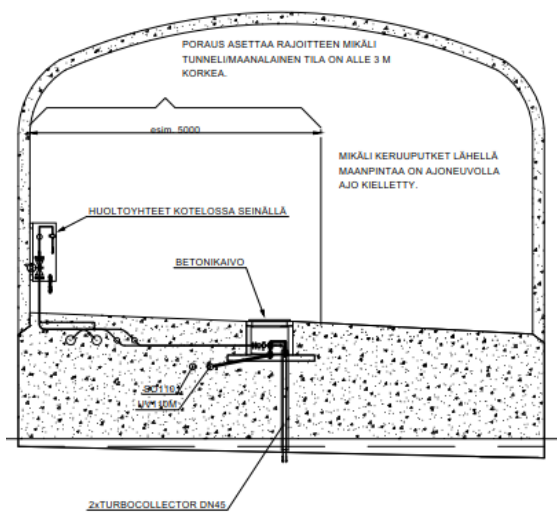


Kuva: 16 Maalämpökaivon rakenne liikennöidyllä alueella

Tyypillisesti lämpökaivojen syvyydet vaihtelevat n. 120 – 350 m välillä. Tulevaisuudessa lämpökaivojen syvyyden voidaan olettaa kasvavan. Esimerkiksi Rototec on tehnyt testausmielessä 600 metrisen kaivon, jonka tuloksia ja ominaisuuksia se tutkii tulevaisuuden mahdollisuuksia varten (Rototec, 2019). ST1 on toteuttanut olemassa olevaan kerrostalokohteeseen 500-600 metristä maalämpökaivoista koostuvan järjestelmäkokonaisuuden. Kyseinen kohde sijaitsee Länsimetron lähellä ja käytettävä maanpäällinen pinta-ala oli pieni, joten osa lämpökaivoista toteutettiin metrotunnelin alle tehtävien vinoporausten avulla. (Case Niittykumpu 3, 2019). Käytännössä yli 400 metriset kaivot ovat vasta tuotekehitysvaiheessa ja tätä syvempiin kaivoihin liittyy vielä haasteita muun muassa kollektoriin ja paine-eroihin liittyen. Lähivuosina on kuitenkin odotettavissa 500-600 metristen kaivojen laajempi kaupallinen käyttöönnotto. (Rototec, 2019)

Pohjavesialueella lämpökaivoihin on asennettava suojasukka, joka estää lämmönkeruunesteen pääsyn pohjaveteen pilaantumisherkillä alueilla. Suojasukka heikentää hieman lämmönsiirto-ominaisuuksia.

Mikäli maalämpöjärjestelmä halutaan alueelle, jossa maapinta-alaa on vähän, vaihtoehtona on tehdä lämpökaivot esimerkiksi maanalaiseen parkkihalliin. Kuvassa 18 on esitetty periaatteellinen kuva asennusteknisistä vaatimuksista maanalaisessa parkkihallissa. Ratkaisussa lämpökaivokohtaiset säädöt on nostettu maanalaisen tilan seinälle.



Kuva: 17 Periaatteellinen kuva lämpökaivon asennuksesta sisätiloihin, esim. tunneliin.

Maalämpöjärjestelmien putkistoja maanalla voidaan toteuttaa sekä liikennöidyille, että liikennettömille alueille. Liikennöidyillä alueilla tulee huolehtia lämpökaivojen osalta, että huoltokaivon kansi on valurautakansi, jonka kesto on 40 tonnia. Lämpökaivot ja lämmönjakohuoneen yhdistävien vaakaputkistojen osalta tulee kantavuus varmistaa eristyksellä ja riittävällä syvyydellä.

Hyötyinä maanalle porattaessa on maanpinnan lämpötila, joka on suurempi kuin maanpinnalla. Tällöin lämpökaivon hyödynnettävissä oleva energia paranee. Maanalle porattaessa etuna on myös, että tällöin lämpökaivoja voidaan sijoittaa myös ahtaalle toimistorakennusalueelle. Heikkouksina maanalle alle porattaessa on suuremmat työkustannukset, jotka muodostuvat paineellisen veden poisjohtamiseen tarvittavasta erikoislaitteistoista ja ahtaammista työtiloista. Paineellisen veden poisjohtamiseen tulee varautua koko järjestelmän elinkaaren ajan.

6.2 Maalämmön rakentamisen vaikutukset työmaa-aikana

Lämpökaivojen porauksien ja keruuputkien vaaka-asennusten rakentamisen aikana tulee huolehtia jäteainesten keräyksestä. Niin sanottua porausjätettä syntyy runsaasti ja se tulee kerätä talteen. Lisäksi käytettävät nesteet kuten keruuneste ja työkoneiden voiteluöljyt eivät saa päästä maastoon, vaikka nykyiset keruunesteet ovatkin ympäristöystävällisiä. Varsinkin maanalaisissa porauksissa paineellinen vesi tulee ottaa huomioon ja se tulee pumpata pois tilasta. Kalliopohjaveden painetaso ja virtausolosuhteet voivat vaikeuttaa lämpökaivojen toteuttamista, joten mahdollinen runsas vedentulo maalämpökaivosta tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa.

Kuvassa 19 on esitetty normaalia porauskalustoa. Tyypillisen porauskaluston mitat ovat 6,1 x 6 x 2,5 m. Porausyrityksillä on myös kalustoa, joiden mastonkorkeus on 3,75 m tai vain 2,75 m. Maston korkeudeltaan matalampaa kalustoa voidaan käyttää esimerkiksi parkkihalleissa tai muissa ns. sisätiloihin tulevilla porauksissa, jolloin se mahtuu ahtaista aukoista.



Kuva: 18 Porauskalusto takaapäin ja sivulta kuvattuna (Rototec, 2019)

6.3 Maalämpökaivon huolto/käytöstäpoisto

Lämpökaivon huoltaminen on tehtävä helpoksi esim. tilanteissa, joissa keruuneste vaihdetaan paremman lämpöarvon tai ympäristöystävällisempään tuotteeseen. Vanhaa keruunestettä on käsiteltävä ongelmajätteenä.

Maalämpökaivo voidaan suunnitella myös väliaikaiseksi lämmitysratkaisuksi, sillä se voidaan poistaa käytöstä. Kun maalämpökaivo poistetaan käytöstä lopullisesti, kaivon sisällä olevat keruuputket tyhjennetään ja nostetaan ylös. Kun keruuputket on nostettu ylös, tulee kaivo täyttää, jottei kaivoon pääse esim. valumavesien mukana likaista vettä likaamaan pohjavettä. Väliaikaisia maalämpökaivoja voidaan hyödyntää esimerkiksi alueilla, joille on suunniteltu maanpäällistä tai maanalaista rakentamista pidemmän aikavälin, esimerkiksi 10 vuoden päähän.

6.4 Maalämpöratkaisujen tilantarpeet ja varusteet

Maalämpöratkaisuissa, joissa on mukana lisälämpöjärjestelmä, on lämmönjakohuoneen tilantarve suurempi kuin yhden lämmönlähteen ratkaisuissa. Tyypillisesti lämmönjakohuoneen varusteisiin maalämpökohteissa kuuluvat seuraavat pääkomponentit: maalämpöpumppu/pumput, lisäenergianlähde, puskurivaraajat, käyttövesivaraaja, tulistusvaraaja, paisuntasäiliöt, jäähdytysjärjestelmät ja niiden varaajat sekä pumppuryhmät eri verkostoille.

Hybridijärjestelmän tilantarve on aina tapaus- ja suunnittelukohtainen. Tilantarve tulee arvioida jo esisuunnitteluvaiheessa eri suunnittelijaryhmien kanssa yhteistyössä. Asuinkerrostaloissa on tyypillistä, että varaajat vievät ison osan lämmönjakohuoneesta johtuen suuresta lämpimän käyttöveden tarpeesta. Toimistorakennuksissa ei niinkään kulu lämmintä käyttövettä, mutta jäähdytysjärjestelmä tarvittavine apulaitteineen vie paljon tilaa. Taulukossa 2 on esitetty lämmönjakohuoneiden vähimmäistilantarpeita eri rakennustyypeille.

Taulukko: 2 Lämmönjakohuoneiden tilantarpeita eri rakennustyypeille

Rakennustyyppi	Vähimmäistilantarve, m ²	Huomiot
Pientalot	2 (integroitu varaaja)-	Jos maalämpölaitteiden kanssa samaan tilaan sijoitetaan esim. sähkökeskus, ilmanvaihtolaitteita, jäähdytysjärjestelmiä, lisälämmönlähteitä esim. kaukolämpökeskus tai muita laitteita, niille on varattava erikseen riittävästi tilaa.
Asuinkerrostalot	20 ...	
Toimistorakennukset	40 ...	

6.1 Maalämpökaivojen toteutuskapasiteetti

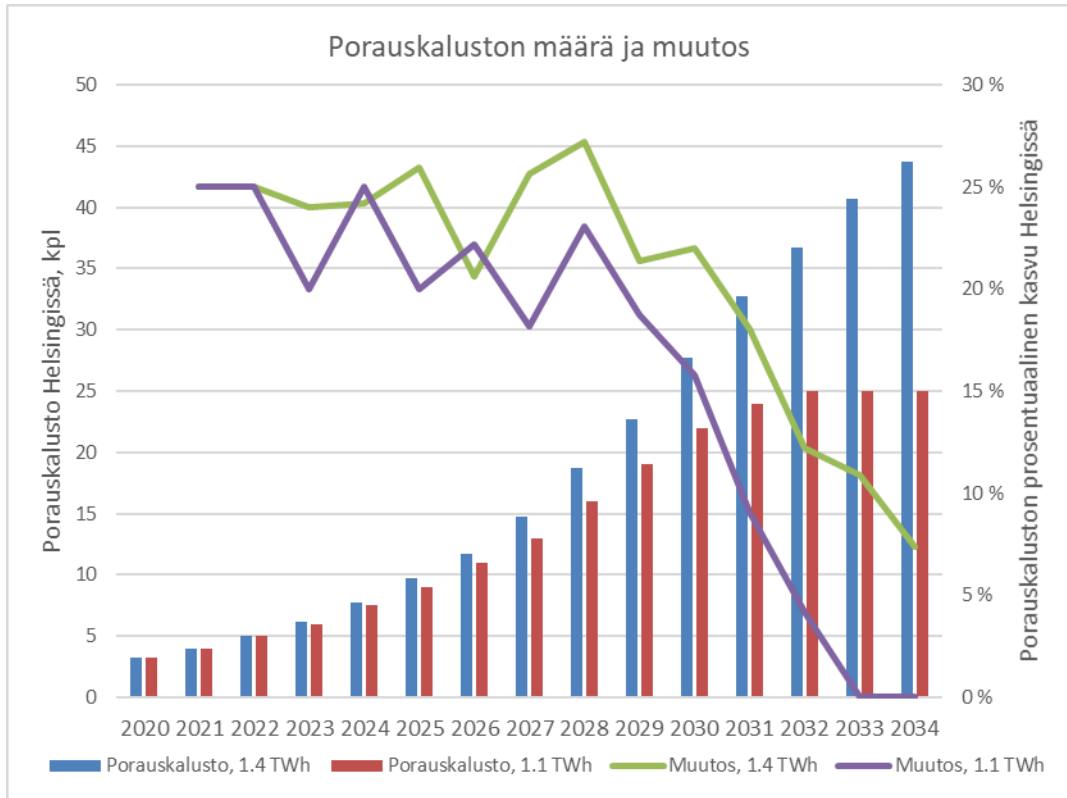
Helsingin alueen nykyinen lämmitysenergiantarve on noin 7 TWh/vuosi (Helsingin ge-energiapotentiaali, 2019). Jos lämmitysenergiantarve pysyy energiaremonttien ja muiden toimenpiteiden avulla nykytasolla vuoteen 2035 mennessä, vastaa 15 % Helsingin alueen lämmitysenergiantarpeesta yhteensä 1.1 TWh vuotuista tuotantoa. Tehtyjen EED-mallinnusten perusteella alueellisissa toteutuksissa voidaan maalämpöjärjestelmällä saada keskimäärin noin 80 kWh/m lämpöenergiaa, jolloin 1.1 TWh tuotantoon tarvittaisiin yhteensä 13 000 000 metriä lämpökaivojen aktiivisyvyyttä. Tämä tarkoittaa noin 52 000 maalämpökaivoa ja pintamaan osuus huomioiden noin 13 300 000 porausmetriä.

Selvityksessä käytettyjen simuloitujen rakennusten lämmitystarpeiden perusteella vuoteen 2035 arvioitu rakennusmäärä tarkoittaisi noin 9 TWh vuotuista lämmitystarvetta, mikäli vanhoihin kohteisiin ei tehdä energiaremontteja tai lämmitystapamuutoksia. Jotta tästä tarpeesta saataisiin katettua 15 %, tarvittaisiin lämpökaivoja arviolta 70 000 kappaletta ja porausmetrejä pintamaan osuus huomioiden noin 17 700 000 metriä.

Rototecilta (2019) ja ST1:ltä (2019) saatujen tietojen perusteella maalämpökaivoja voitaisiin yhdellä porauskalustolla toteuttaa noin 56 000 metriä vuodessa. Tämä sisältää myös pehmeän pintamaan poraamisen. Lisäksi arviossa on oletettu, että kohteet ovat lähellä toisiaan ja siirtymät saadaan tehtyä liikenne-ruuhkien ulkopuolella.

Suomessa on tällä hetkellä käytössä yhteensä enimmillään noin 30 porausyksikköä. Helsinkiin on vuosien 2012 – 2018 aikana porattu keskimäärin 66 000 metriä vuodessa (Helsingin maalämpötyöryhmän ehdotus, 2019), mikä vastaa noin 1.2 porausyksikön tuotantokapasiteettia. Porausyksiköiden kapasiteettiin liittyvässä arviossa on oletettu, että vuonna 2020 Suomessa käytössä olevista porausyksiköistä 3.2 kappaletta (noin 15 %) toimisivat Helsingin alueella. Tämä tarkoittaisi moninkertaista kasvua keskimääräiseen vuoteen verrattuna, mutta esimerkiksi vuonna 2013 maalämpökaivoja on porattu 600 kappaletta (Helsingin maalämpötyöryhmän ehdotus, 2019), johon on tarvittu arviolta 2 – 3 porausyksikköä.

Kuvaajassa 9 on esitetty tarvittava porauskaluston määrä, jotta maalämmöllä voitaisiin tuottaa 1.1 TWh lämpöä (15 % Helsingin nykyisestä lämmitystarpeesta) tai 1.4 TWh (15 % vuoden 2035 kasvaneesta lämmitystarpeesta) vuoteen 2035 mennessä.

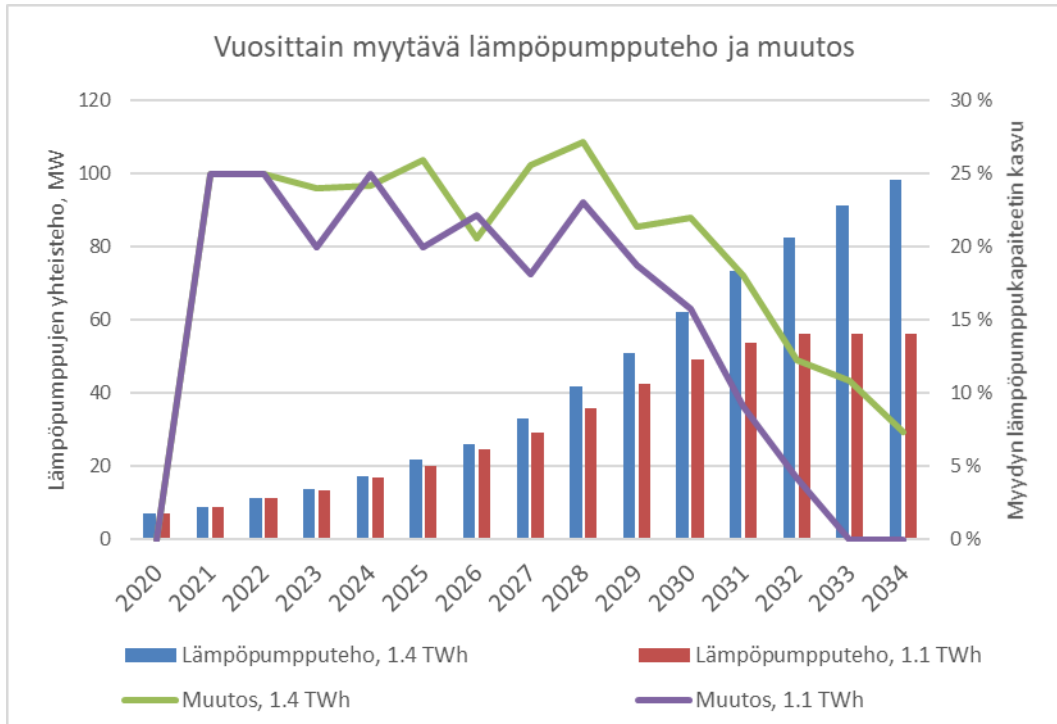


Kuvaaja: 9 Porauskaluston tarvittava määrä 1.1 TWh (15 % nykyisestä lämmitystarpeesta) ja 1.4 TWh (15 % kasvaneesta lämmitystarpeesta) lämmöntuotannon toteuttamiseksi vuoteen 2035 mennessä. Kuvaajassa on esitetty myös porauskaluston määrän kasvu, jos vuonna 2020 käytössä on 3.2 porausyksikköä.

Kuvaajasta 9 havaitaan, että porauskaluston määrää joudutaan ensimmäisten vuosien aikana kasvattamaan merkittävästi, jotta 15 % lämmitystarpeen tuotanto on mahdollista toteuttaa vuoteen 2035 mennessä. Toimittajien arvioiden mukaan porauskaluston määrän kasvattaminen 10 – 20 % vuodessa on helposti toteutettavissa, mutta ensimmäisinä vuosina tarvittava kasvu on luokkaa 25 %. Merkittävä kysynnän kasvu voi vaikuttaa myös maalämpöjärjestelmien toteuttamiskustannuksiin, jos markkinat eivät pysty vastaamaan nopeasti kasvavaan kysyntään.

Maalämpökaivojen porauskaluston lisäksi toiseksi tuotantoa rajoittavaksi tekijäksi voi nousta maalämpöpumppujen tuotantokapasiteetti. Suomen lämpöpumppu -yhdistys SULPU ylläpitää tilastoa maalämpöpumppujen myyntimääristä kansallisesti. Vuonna 2018 myytiin lähes 8 000 maalämpöpumppua, joiden yhteisteho vastasi lämpötehoaan hieman yli 120 MW. Yhdestä lämpökaivosta voidaan ottaa keskimäärin noin 40 W/m lämpötehoa sisältäen maalämpöpumpun sähkötyön, jolloin vuonna 2035 tarvittava lämpöteho olisi noin 480 – 640 MW. Kuvaajassa 10 on esitetty, kuinka paljon vuosittain Helsingin alueella myy-

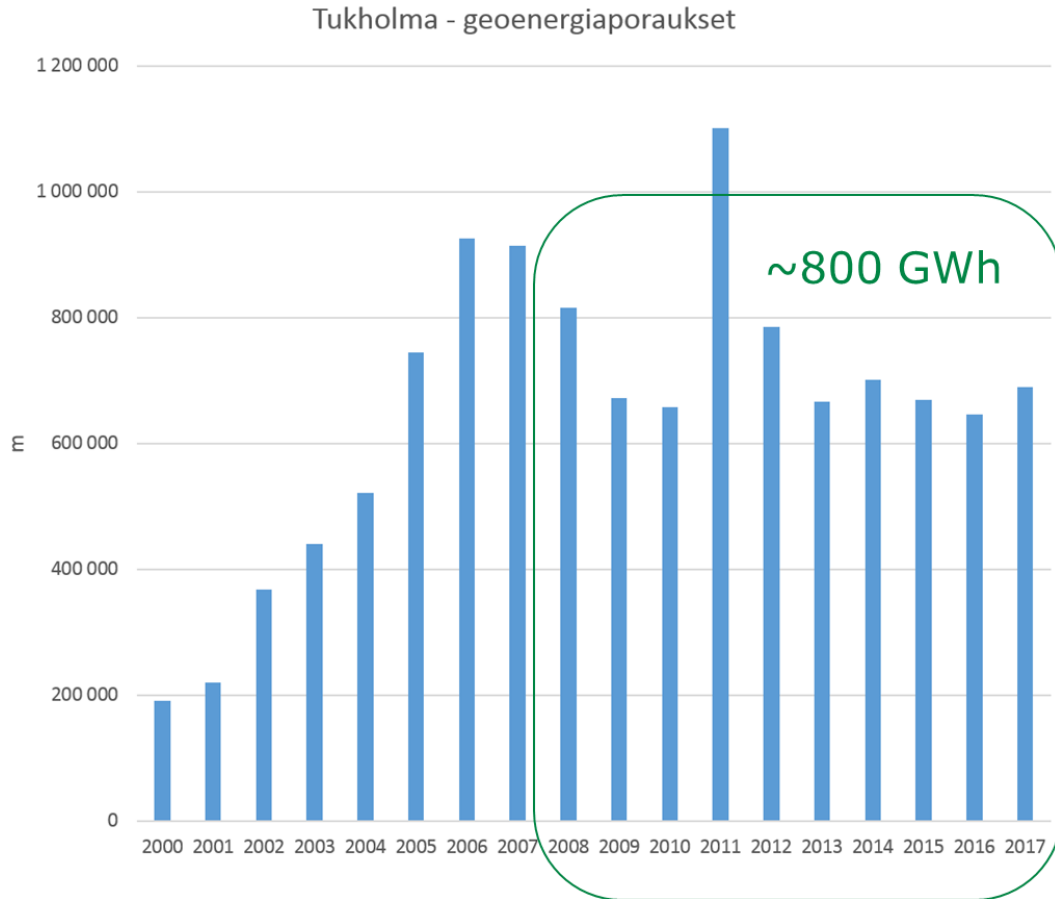
tävän maalämpöpumpputehon tulisi kasvaa tavoitteen saavuttamiseksi molemmissa tilanteissa. Lähtötilanteessa on oletettu, että Suomessa nykyisin myytävästä noin 120 MW lämpöpumpputehosta 10 % sijoittuu Helsinkiin.



Kuvaaja: 10 Tavoitteen saavuttamiseksi tarvittava lämpöpumpputehon vuotuinen myyntimäärä ja sen prosentuaalinen kasvu edellisvuoteen verrattuna Helsingin alueella.

Kuvaajasta 10 havaitaan, että myydyn maalämpöpumppukapasiteetin tulisi kasvaa vuosittain ensimmäisten vuosien aikana noin 20 – 25 %, jotta asetettu tavoite 15 % osuus lämmitysenergiatuotannosta voitaisiin kattaa maalämmöllä. Tukholmassa maalämpöpumppujen myynti on kasvanut enimmillään jopa yli 80 %, mutta kasvu on tapahtunut 2000-luvun alussa, jolloin maalämpöjärjestelmien määrä on ollut pieni. Näin ollen 20 – 25 % kasvu nykytilanteesta voi olla haasteellista saavuttaa.

Kuvaajassa 11 on esitetty maalämmön määrän lisääntyminen Tukholmassa vuosien 2000 – 2017 välillä. Kuvaajasta 11 havaitaan, että Tukholmassa maalämmön tuotanto on lisääntynyt viimeisten 10 vuoden aikana yhteensä noin 800 GWh eli keskimäärin noin 80 GWh / vuodessa.



Kuvaaja: 11 Maalämmön kasvu Tukholmassa 2000-luvulla (Rototec, 2019).

Käytettävissä olevan porauskaluston, myytävän maalämpöpumppukapasiteetin ja mahdollisen kasvun perusteella Helsingin 15 % tavoitteen mahdollistamiseksi lämmitysenergiankulutus ei saisi kasvaa nykytilanteesta. Tämä tarkoittaa, että maalämmön edistämisen lisäksi energiaremonttien määrää ja muiden ilmaisenergianlähteiden hyödyntämistä tulee lisätä, jotta nykyisen rakennuskannan ostolämmitystarvetta saadaan pienennettyä ja tätä kautta Helsingin alueen lämmitystarve ei kasvaisi uudisrakentamisesta huolimatta. Tällöin seuraavan 15 vuoden aikana maalämmön tuotantoa tulisi lisätä vuosittain noin 73 GWh, mikä on hieman vähemmän kuin Tukholmassa toteutunut maalämmön keskimääräinen vuosituotanto viimeisen 10 vuoden aikana.

7 Maalämpökaivojen huomiointi kiinteistöainsäädännössä ja lupakäytäntö

Tässä kappaleessa on käsitelty maalämpöä koskevaa lainsäädäntöä jaotellen keskeinen lainsäädäntö alueiden käytön suunnitteluvaihetta koskevaan sääntelyyn ja maalämpökaivojen rakentamisvaihetta koskevaan sääntelyyn. Alueiden käytön suunnitteluvaiheen osalta tarkastelu on keskittynyt yleis- ja asemakaavoitukseen sekä suunnittelutarvealueita koskevaan sääntelyyn. Alueiden käytön suunnittelun säännöksillä on merkitystä kartoittaessa eri alueiden soveltumista maalämmön hyödyntämiseen sekä erityisesti silloin, kun alueille suunnitellaan aluevarauksia toiminnoille, jotka joko estävät maalämmön hyödyntämisen tai vaihtoehtoisesti mahdollistavat sen hyödyntämisen.

7.1 Suunnittelua ohjaavat säädökset

7.1.1 Periaatteet

Alueiden käytön suunnittelusta on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL, 132/1999). Maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistus on parhaillaan meneillään ja hankkeen tavoitteena on, että hallituksen esitys uudeksi maankäyttö- ja rakennuslaiksi valmistuu vuoden 2021 loppuun mennessä (www.mrluudistus.fi). Alueiden käytön suunnittelun yleiset tavoitteet on lueteltu MRL 5 §:ssä. Säännöksessä luetellut tavoitteet on tarkoitettu täydentämään maankäyttö- ja rakennuslain yleisiä tavoitteita (MRL 1 §). MRL 5 §:ssä luetellut tavoitteet ovat tarkoitettu olevan yhteiset kaikille kaavamuodoille (s.62, HE 101/1998). Tavoitesäännös kuitenkin korostaa alueiden käytön suunnittelun vuorovaikutteisuutta ja suunnittelun perustumista riittävään vaikutusten arviointiin, jonka perusteella alueiden käyttöä pyritään edistämään. Vuorovaikutusta ja osallistumista kaavoituksen valmistelussa on edellytetty erillisellä säännöksellä. MRL 6.1 §:n mukaan kaavaa valmisteltaessa on oltava vuorovaikutuksessa niiden henkilöiden ja yhteisöjen kanssa, joiden oloihin tai etuihin kaava saattaa huomattavasti vaikuttaa. Kaavoitusmenettelyn vuorovaikutuksesta ja osallistumisesta on tämän lisäksi säännelty vielä erikseen kaavoitusmenettelyn sääntelyn yhteydessä (MRL 62 §).

Tavoitesäännökset on tarkoitettu ohjaamaan suunnittelua. Kaavojen sisältövaatimuksista säädetään kuitenkin tarkemmin kaavakohtaisesti. Kaavojen sisältövaatimukset ovat tosin osittain ristiriidassa keskenään, joka käy ilmi myös kaavoitusjärjestelmän tarkimman tason, eli asemakaavan sisällön yksityiskohtaisista perusteluista. Asemakaavan sisältövaatimusten osalta on todettu, että asemakaavaa laadittaessa tulee pyrkiä optimaaliseen ratkaisuun erilaisten ja osittain ristiriitaistenkin vaatimusten suhteen (s.80, HE 101/1998).

Maankäyttö- ja rakennuslaki ei sisällä erikseen säännöstä maanomistajien yhdenvertaisuudesta tai tasapuolisesta kohtelusta. Suomen perustuslain (PL, 731/1999) 6 §:ssä turvattu yhdenvertaisuus sekä hallinto-oikeudelliset yleiset periaatteet kuitenkin asettavat hallinto-toiminnalle vaatimuksen yhdenvertaisesta ja tasapuolisesta kohtelusta. Tämä on vahvistettu useassa korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisussa. Esimerkiksi korkeimman hallinto-

oikeuden ratkaisujen KHO 2005:5, KHO 2008:71 ja KHO 2011:54 perustelut sisältävät saman toteumuksen yhdenvertaisuusperiaatteen toteutumisesta kaavoituksessa:

PL 6 §:n yhdenvertaisuusperiaatetta on sovellettava myös maankäyttö- ja rakennuslain mukaisessa kaavoituksessa. Periaatteen, jonka toteutumistapa viimekädessä riippuu kulloinkin kysymyksessä olevasta kaavamuodosta, edellyttää muun ohella, ettei alueiden omistajia kaavassa aseteta toisistaan poikkeavaan asemaan, ellei siihen kaavan sisältöä koskevat säännökset huomioon ottaen ole maankäytöllisiä perusteita.

Maankäytöllisillä perusteilla tarkoitetaan alueiden erilaisia ympäristöolosuhteita, joilla on vaikutusta alueen hyödyntämiseen. Samalla kaava-alueella voi vallita hyvinkin erilaiset ympäristöolosuhteet.

7.1.2 Yleiskaava

Kunnan maankäytön suunnittelun yleinen ohjausväline on yleiskaava. Yleiskaavan tarkoitus on kunnan tai sen osan yhdyskuntarakenteen ja maankäytön yleispiirteinen ohjaaminen sekä toimintojen yhteensovittaminen (MRL 35.1 §). Yleiskaavalla osoitetaan tarpeelliset alueet yksityiskohtaisen kaavoituksen ja muun suunnittelun sekä rakentamisen ja muun maankäytön perustaksi (MRL 35.2 §). Yleiskaava ohjaa tarkempaa alueidenkäytön suunnittelua, jonka välineenä toimii asemakaava (MRL 42.1 ja MRL 54.1 §:t).

Maankäyttö- ja rakennuslain 39 §:ssä on säädetty yleiskaavan vähimmäisisällöstä. Säännöksen toinen momentti sisältää listauksen seikoista, jotka on otettava huomioon yleiskaavaa laadittaessa. Maalämpöhankkeiden osalta yleiskaavan sisältövaatimuksista voidaan nostaa esille MRL 39.2 §:n 4 kohta, jonka mukaan yleiskaavaa laadittaessa on otettava huomioon mahdollisuudet liikenteen, erityisesti joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen, sekä energia-, vesi- ja jätehuollon tarkoituksenmukainen järjestäminen ympäristön, luonnonvarojen ja talouden kannalta kestäväällä tavalla. MRL 39.4 §:n mukaan yleiskaava ei saa aiheuttaa maanomistajalle tai muulle oikeuden haltijalle kohtuutonta haittaa. Säännöksen yksityiskohtaisten perusteluiden mukaan kohtuullisuusharkinnassa on huomioitava yleiskaavassa osoitettujen aluevarausten ja kaavamääräysten kokonaisuus (s.75, HE 101/1998).

Maankäyttö- ja rakennuslain 41 §:ssä säädetään yleiskaavamääräyksistä. Yleiskaavassa annettavat määräykset voidaan erotella yleiskaavamääräyksiin (MRL 41.1 §) ja suojelumääräyksiin (MRL 41.2 §). Yleiskaavassa voidaan antaa määräyksiä, jotka ovat tarpeellisia kaavan tarkoituksen ja sen sisällön huomioon ottamiseksi yleiskaava-aluetta suunniteltaessa tai rakennettaessa tai muutoin käytettäessä (MRL 41.1 §). Yleiskaavamääräykset voivat koskea maankäytön ja rakentamisen erityistä ohjausta tietyllä alueella sekä haitallisten ympäristövaikutusten estämistä tai rajoittamista, kuten säännöksessä on esimerkin omaisesti lueteltu. Määräysten käyttötapa ja muotoilu riippuu ohjaustarkoituksesta, kuten esimerkiksi siitä, että onko alue suunniteltu asemakaavoitettavaksi (s. 30, YM 2003: Yleiskaavamerkinnot ja -määräykset). MRL 41.2 §:n mukaan yleiskaavassa voidaan antaa aluetta

tai rakennusta koskevia tarpeellisia määräyksiä maiseman, luonnonarvojen, rakennetun ympäristön, kulttuurihistoriallisten arvojen tai muiden erityisten ympäristöarvojen suojelemiseksi.

Yleiskaava toimii ohjeena laadittaessa asemakaavaa ja muutettaessa asemakaavaa. Yleiskaava ohjaa myös muita toimenpiteitä, jotka on tarkoitettu toteutettavaksi alueiden käytön järjestämiseksi (MRL 42.1 §). Maankäyttö- ja rakennuslain 42.2 §:n mukaan viranomaisten on suunnitellessaan alueiden käyttöä koskevia toimenpiteitä ja päättäessään niiden toteuttamisesta katsottava, ettei toimenpiteillä vaikeuteta yleiskaavan toteuttamista. Yleiskaavan ohjausvaikutusta on väljennetty ja joustavoitettu niissä tilanteissa, jolloin yleiskaava on ilmeisen vanhentunut. MRL 42.4 §:n mukaan asemakaava voidaan laatia perustellusta syyistä tai muuttaa MRL 42.1 §:stä poiketen, jos yleiskaava on ilmeisen vanhentunut.

Maanalaiseksi yleiskaavaksi mielletään yleiskaava, jolla ohjataan pääosin kalliotiloihin sijoittuvia tilavarauksia. Nykyinen maankäyttö- ja rakennuslaki ei käsittele maanalaisen yleiskaavan laadintaa. Vuonna 2011 hyväksytty Helsingin maanalainen yleiskaava oli ensimmäinen laatuaan Suomessa. Se toimii ohjeena maanalaiselle asemakaavoitukselle, jota käsitellään kohdassa 7.1.3. Tiedossa ei ole esimerkkejä maanalaisista yleiskaavoista kansainväliselläkään tasolla.

7.1.3 Asemakaava

Yleiskaava tarkempi alueiden käytön ohjausväline on asemakaava. Asemakaavan tarkoitus on ohjata yksityiskohtaisesti alueiden käytön järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä. Asemakaavalla osoitetaan tarpeelliset alueet eri tarkoituksiin ja ohjataan maankäyttöä sekä rakentamista paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan, olemassa olevan rakennuskannan käytön edistämisen ja kaavan muun ohjaustavoitteen edellyttämällä tavalla (MRL 50.1 §).

Asemakaavaa laadittaessa on otettava huomioon maakuntakaava ja oikeusvaikutteinen yleiskaava (MRL 54.1 §). Säännöksen yksityiskohtaisten perusteluiden mukaan yleispiirteisimmässä kaavoissa tehdyt maankäytölliset ratkaisut on otettava asemakaavan laatimisen lähtökohdaksi ja näistä lähtökohdista poikkeaminen on mahdollista vain rajoitetusti (s.79, HE 101/1998). Maankäyttö- ja rakennuslain 54.2 §:ssä on säädetty asemakaavan laatimisessa huomioon otettavista seikoista. Asemakaavan laatimista rajoittaa vaatimus siitä, ettei kaavalla saa aiheuttaa kenenkään elinympäristön laadun sellaista merkityksellistä heikkenemistä, joka ei ole perusteltua asemakaavan tarkoitus huomioon ottaen. Asemakaavalla ei myöskään saa asettaa maanomistajille tai muulle oikeuden haltijalle sellaista kohtuutonta rajoitusta tai aiheuttaa sellaista haittaa, joka kaavalle asetettavia tavoitteita tai vaatimuksia syrjäyttämättä välttää (MRL 54.3 §). Kyseisen momentin yksityiskohtaisten perusteluiden mukaan pääsääntö on, ettei kohtuuttomia rajoituksia tulisi aiheuttaa, mutta kielosta voi poiketa erityisistä syistä (s.79, HE 101/1998). Kuten yleiskaavamääräykset, myös

asemakaavamääräykset voidaan jaotella asemakaavamääräyksiin (MRL 57.1 § (230/2017)) sekä suojelumääräyksiin (MRL 57.2 §).

Asemakaavan oikeusvaikutuksista on säädetty maankäyttö- ja rakennuslain 58 §:ssä. Asemakaavan konkreettinen rakentamista ohjaava vaikutus käy ilmi säännöksen ensimmäisestä momentista, jonka mukaan rakennusta ei saa rakentaa vastoin asemakaavaa. Myös muiden ympäristön muutostoimenpiteiden kohdalla asemakaava on otettava huomioon siten kuin maankäyttö- ja rakennuslaissa on säädetty. Käytännössä MRL 58.1 §:n mukainen rakentamis- ja toimenpiderajoitus konkretisoituu rakennuslupaharkinnassa sekä muussa MRL:n mukaisessa lupaharkinnassa (s.81, HE 101/1998). MRL 58.2 §:n mukaan asemakaava-alueelle ei saa sijoittaa toimintoja, jotka aiheuttavat haittaa kaavassa osoitetulle muiden alueiden käytölle. Säännöksen toisen virkkeen mukaan asemakaava-alueelle ei saa sijoittaa myöskään sellaisia toimintoja, jotka ovat haitallisten tai häiriötä aiheuttavien ympäristövaikutusten estämistä tai rajoittamista koskevien asemakaavamääräysten vastaisia. Myös kyseisen momentin kielto konkretisoituu MRL:n mukaisessa lupaharkinnassa.

Maankäyttö- ja rakennuslain 56 § mahdollistaa asemakaavan laatimisen maanalaisia tiloja varten. Helsingissä maanalaisia asemakaavoja on laadittu jo pitkään. Maanalainen asemakaava on mahdollista laatimia vaiheittain niin, että se koskee vain maanalaisia alueita. Jos asemakaava-alue käsittää vain maanalaisia tiloja, sovelletaan asemakaavoittamatonta aluetta koskevia maanpäällisiä maankäyttöä ohjaavia MRL:n tai muiden lakien säännöksiä.

7.1.4 Suunnittelutarvealue

Maankäyttö- ja rakennuslain 16 §:ssä on säädetty suunnittelutarvealueesta. MRL 16.1 §:n mukaan suunnittelutarvealue on alue, jonka käyttöön liittyvien tarpeiden tyydyttämiseksi on syytä ryhtyä erityisiin toimenpiteisiin, kuten teiden, vesijohdon tai viemärin rakentamiseen tai vapaa-alueiden järjestämiseen. MRL 16.3 §:n mukaan kunta voi oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa tai rakennusjärjestyksessä osoittaa suunnittelutarvealueeksi alueen, jolla on sen sijainnin vuoksi odotettavissa suunnittelua edellyttävää yhdyskuntakehitystä tai alueella on erityisten ympäristöarvojen tai ympäristöhaittojen vuoksi tarpeellista suunnitella maankäyttöä. Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen 28 §:n mukaan koko Helsingin kaupungin asemakaavoittamaton alue on MRL 16 §:n mukaista suunnittelutarvealuetta. Rakennusluvan erityisistä edellytyksistä suunnittelutarvealueella on säädetty MRL 137 §:ssä (MRL 16.4 §).

7.2 Rakentamista ohjaavat säädökset

Maalämpökaivojen rakentamista ohjataan pääasiassa maankäyttö- ja rakennuslailla (MRL, 132/1999). MRL ohjaa alueiden käytön suunnittelua sekä konkreettisesti rakentamista. Maalämpökaivojen rakentamista ohjaa myös vesilaki (VL, 587/2011). Maalämpökaivo voi edellyttää VL:n mukaista vesitalouslupaa, mikäli suunniteltu hanke sijaitsee pohjavesialueella tai pohjavesialueen läheisyydessä.

7.2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Uusien rakennuksien lämmitysjärjestelmän rakentaminen ratkaistaan osana MRL 125 §:n mukaista rakennuslupaa. Rakentamislupaa edellytetään rakennuksen rakentamisen lisäksi sellaiseen korjaus- ja muutostyöhön, joka on verrattavissa rakennuksen rakentamiseen sekä myös rakennuksen laajentamiseen tai kerrosalan lisäämiseen (MRL 125.2 §). Rakennusluvan myöntämisen edellytyksistä asemakaava-alueella on säännelty MRL 135 §:ssä ja asemakaava-alueen ulkopuolella MRL 136 §:ssä. Rakennusluvan myöntämisen edellytyksien täytyminen kuuluu kunnan rakennusvalvontaviranomaiselle (MRL 130.1 §). Maankäyttö- ja rakennuslain 137 §:ssä on säädetty erikseen rakennusluvan myöntämisen erityisistä edellytyksistä MRL 16 §:n mukaisella suunnittelutarvealueella.

Maankäyttö- ja rakennuslain 126 a §:n 1 momentin 12 kohdan mukaan maalämmön hyödyntämiseen tarkoitetun maalämpökaivon poraaminen tai lämmönkeruuputkiston asentaminen edellyttää MRL 126 §:n mukaisen toimenpideluvan. Toimenpidelupaa edellytetään, kun maalämpöjärjestelmällä on tarkoitus korvata aikaisempi lämmitysjärjestelmä, tai järjestelmä on tarkoitettu otettavaksi käyttöön lisälämmönlähteenä. Kunnille on säädetty mahdollisuus antaa rakennusjärjestyksissään määräys, ettei toimenpidelupaa tarvita kunnassa tai sen osassa eräisiin MRL 126 a §:n 1 momentissa tarkoitettuihin toimenpiteisiin, jos toimenpidettä on pidettävä vähäisenä (MRL 126 a §:n 3 momentti). Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen (2010) 21 §:ssä on määrätty vapautukset toimenpideluvan hakemisesta kaikilla tonteilla. Määräyksen ensimmäisen kohdan neljännen alakohdan mukaan maalämpöpumpun sijoittaminen rakennukseen, rakennelmaan tai pihamaalle ei edellytä toimenpidelupaa. Vapautus ei kuitenkaan koske itse kaivon poraamista, joka edellyttää aina vähintäänkin toimenpideluvan tai vaihtoehtoisesti rakentamisluvan. Toimenpideluvan myöntämisen edellytyksien arvioinnissa on noudatettava soveltuvin osin, mitä rakennusluvan edellytyksistä on säädetty MRL:n 72, 135, 136 ja 137 §:ssä sekä mitä rakennuskiel-loista on säädetty (MRL 138.1 § (476/2004)).

7.2.2 Vesilaki

Vesilain 3 luvun 2 §:n 1 momentin 5 kohdan mukaan vesitaloushankkeella on oltava lupaviranomaisen lupa, jos hanke voi muuttaa pohjaveden laatua tai määrää, ja tämä muutos olennaisesti vähentää tärkeän tai muun vedenhankintakäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuutta tai muutoin huonontaa sen käyttökelpoisuutta taikka muutoin aiheuttaa vahinkoa tai haittaa vedenotolle tai veden käytölle talousvetenä. Vesilain mukaisena lupaviranomaisena toimii aluehallintovirasto (VL 1 luvun 7 §:n 1 momentti).

7.2.3 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain (YSL, 527/2014) 17 §:ssä on säädetty pohjaveden pilaamiskiellosta. YSL 17.1 §:n 1 kohdan mukaan ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa ter-

veydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua. Saman säännöksen toisen kohdan mukaan kielto koskee myös toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muuttamista siten, että siitä aiheutuisi vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää. YSL 17.1 §:n 3 kohdan mukaan kielto koskee toimenpiteitä, jotka vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua.

Ympäristönsuojelulain 17.2 § sisältää valtuutussäännöksen, jonka nojalla valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä YSL 17.1 §:ssä tarkoitetuista aineista, jotka ovat ympäristölle ja terveydelle vaarallisia ja joiden päästäminen pohjaveteen on kielletty. Vanhan jo kumotun ympäristönsuojelulain (VYSL, 86/2000) sekä vesienhoidon järjestämisestä annetun lain (1299/2004) sekä vesihuoltolain (119/2001) nojalla on annettu valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (Vna, 1022/2006), joka on jätetty voimaan YSL 227 §:n mukaisesti. Kyseisen valtioneuvoston asetuksen 4 a §:ssä (1308/2015) on täsmennetty YSL 17.1 §:n kieltoa aineluettelolla, joita ei saa päästää pohjaveteen. Asetuksen mukaan kielto ei kuitenkaan koske säännöksessä mainitun aineen tai aineryhmään kuuluvan aineen vähäisen määrän päästämistä pohjaveteen, mikäli päästöstä ei aiheudu pohjaveden laadun heikkenemistä tai sen vaaraa.

7.2.4 Kiinteistönmuodostamislaki

Kiinteistönmuodostamislaki (KML, 554/1995) voi tulla maalämpöhankkeissa vastaan niissä tapauksissa, kun maalämpökaivoa suunnitellaan sijoitettavaksi joko osittain tai kokonaan naapurikiinteistön puolelle. KML 154 §:n 1 momentin 5 kohdan mukaan kiinteistön hyväksi voidaan perustaa toisen rekisteriyksikön alueelle pysyvänä rasitteena oikeus lämpö- tai muun johdon sekä johtoihin liittyvien laitteiden ja rakennelmien sijoittamiseen ja käyttämiseen.

Helsingin kaupunki on kuitenkin sisällyttämässä vuokratonttien maanvuokrasopimuksiin ehtoja, joiden mukaan kaupunki vuokranantajana ei salli minkäänlaisen pysyvän käyttöoikeuden tai rasitteen perustamista maalämpökaivoja varten tarvittavia porareikiä, keruuputkistoja tai vastaavia varten. Vastaavia ehtoja on sisällytetty ilmeisesti jo aikaisempiinkin vuokrasopimuksiin (Helsingin maalämpötyöryhmän ehdotus, s. 25-26). Kyseisen maalämpötyöryhmän ehdotuksen liitteessä 1 on esitelty luonnosta maanvuokrasopimukseen liitettävästä lämpö- ja porakaivo ehdosta sekä vastaavasti liitteessä 2 on esitelty luonnosta vastaavasta ehdosta kauppakirjoissa.

7.3 Nykyisten oikeusvaikutteisten kaavojen, rakennusjärjestyksen ja lupakäytäntöjen oikeudellinen sitovuus lämmitysratkaisua valittaessa tai sitä vaihdettaessa

Oikeusvaikutteiset kaavat, Helsingin kaupungin rakennusjärjestys sekä rakentamista koskevat lupakäytännöt ohjaavat rakentamista. Lämmitysratkaisun valinnan kannalta kaikilla

mainituilla ohjauskeinoilla on merkitystä. Kaavoituksella voidaan ohjata maalämpöjärjestelmien rakentamista välillisesti siten, että kaavoituksessa (yleis- ja asemakaavassa) osoitetaan alue- ja tilavarauksilla alueet, joilla maalämpöratkaisut eivät ole mahdollisia. Tällaisia aluevarauksia voivat esimerkiksi olla maanalaisille rakennelmille varatut tilat. Kaavamääräykset eivät voi sisältää määräystä kiinteistökohtaisesta lämmitysmuodosta (KHO 2017:48, tapaus koskee jo kumotun MRL 57 a §:n tulkintaa). Maankäyttö- ja rakennuslain 57 a §:n kumonneen säännöksen (873/2018) perusteluissa on todettu, että kumottavaan säännöksen mukainen asemakaavamääräys rajoittaa maanomistajan tai haltijan valinnanvaputta. Säännöksen katsottiin olevan kilpailuoikeudellisia ulottuvuuksia sisältävä poikkeussäännös niin sen perusteluissa kuin myös KHO 2017:48 ratkaisussa. Kumoamissäännöksen perusteluissa on lisäksi todettu, että tiukentuneiden energiatehokkuusvaatimusten sekä energiatehokkaiden lämmitysmuotojen kehitys ja suosio ovat johtaneet rakennusten parempaan energiatehokkuuteen, minkä takia tarve ohjata lämmitysvalintoja MRL 57 a §:n kaltaisella säännöksellä on vähentynyt (s. 2-3, HE 79/2018).

Helsingin voimassa olevan maanalaisen yleiskaavan kaavamääräyksen mukaan maanalaisessa yleiskaavassa esitettyjen tilatarpeiden lisäksi sallitaan muutakin maanalaista rakentamista, mikäli siitä ei aiheudu olennaista haittaa alueen pääasialliselle maanalaiselle toiminnalle tai maanpäälliselle käyttötarkoitukselle. Kaavamääräyksen lisäksi Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen 58 §:ssä on annettu tarkentavaa ohjeistusta maanalaista rakentamista koskien. Kyseisen rakennusjärjestyksen määräyksen kolmannen kohdan mukaan maalämpöpumppureikää porattaessa ei saa vahingoittaa maanalaisia kaukolämpö-, vesi-, viemäri- ym. tunneleita, johtoja tai kaapeleita, eikä kalliokatteista tilaa, kuten johtotunneleita väestönsuojia ja pysäköintilaitoksia. Rakennusjärjestyksen määräyksen 58 §:n toisen kohdan mukaan rakentamisessa on erityisesti varmistuttava siitä, ettei sillä ole vaikutusta ympäristössä jo olemassa olevien maanpäällisten ja maanalaisten rakenteiden turvallisuuteen.

Voimassa olevassa maanalaisessa yleiskaavassa on osoitettu kallioresurssialueita. Kaavamääräysten mukaan kyseisten kallioresurssialueiden soveltuvuus maanalaiseen rakentamiseen ja käyttötarkoitus tutkitaan tarkemmin asemakaavoituksen yhteydessä. Kallioresurssialueet ovat näin ollen mahdollisia maanalaisen rakentamisen alueita, joilla maalämpöratkaisun toteuttaminen voi aluetta koskevan varauksen takia jäädä toteuttamatta.

Maalämpöhanketta suunnittelevan tai harkitsevan kannalta olennaista on saada tietoa aluetta koskevista suunnitelmista mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämä viittaa samalla myös osallistavaan kaavoitusprosessiin, jossa asianosaisilla on mahdollisuus ensinnäkin saada tietoa aluetta koskevista suunnitelmista, mutta toisaalta myös mahdollisuus tuoda oma mielipide asiasta esille.

7.4 Korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisukäytäntö

Selvityksen yhteydessä on tarkasteltu korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisut, joissa käsitellään maalämmön rakentamiseen liittyviä kysymyksiä. Kootut korkeimman hallinto-oikeuden päätökset ovat selvityksen liitteenä 5.

Korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisukäytännöstä käy ilmi, että maalämpöhankkeista on yleisesti ottaen arvioitu aiheutuvan sellaista vaara hankealueen läheisyydessä oleville pohjavesille, ettei maalämpöhankkeesta yksityisille eduille saatavat hyödyt ole ylittäneet pohjaveden pilaantumisen vaarasta aiheutuvia yleisen edun menetyksiä. Ainoastaan yhdessä tapauksessa (KHO 2016:2012 (muu päätös)) maalämpöhankkeelle myönnettiin vesitalouslupa, koska maalämpöhankkeen suojaustoimien katsottiin olevan riittävät yhdessä lupamääräysten kanssa suojaamaan pohjavesi pilaantumiselta.

Ratkaisussa arvioitavana on ollut lisäksi MRL 57 a §, joka on sittemmin kumottu (873/2018).

7.5 Johtopäätöksiä

Alueiden käytön suunnittelua ohjaava lainsäädäntö ei ota enää suoraan kantaa siihen, kuinka kiinteistöjen lämmitys tulisi järjestää kaavoituksessa annettavilla määräyksillä, kun MRL 57 a § kumottiin lailla 873/2018 (voimaan 1.1.2019). MRL 57 a §: sovelletaan kuitenkin asemakaavoihin, jotka on asetettu julkisesti nähtäville ennen kumoamissäännöksen voimaantuloa. Säännöstä ei ole käsitelty tässä yhteydessä tarkemmin, koska sitä ei enää sovelleta uusissa kaavoitushankkeissa. Kumoamissäännöksen perusteluissa on lisäksi todettu, että rakennusten tiukentuneiden energiatehokkuusvaatimusten takia säännöksen soveltamisala on kaventunut. Lisäksi säännöksen haitallisten kilpailuoikeudellisten ulottuvuuksien takia säännöksen mukaista ohjausta ei voida pitää enää perusteltuna (s.3, HE 79/2018).

Maalämmön hyödyntämisen kannalta alueiden käytön suunnittelulla on merkitystä erityisesti kaavoituksella asetettavien aluevarauksien osalta. Erityisesti maanalaiset aluevaraukset voivat tarkoittaa sitä, että maalämpökaivoa ei voida rakentaa kyseiselle alueelle. Kyselyn perusteella tiettyjen maanalaisten tilojen, kuten parkkihallien, alle on kuitenkin mahdollista porata maalämpökaivoja. Tätä voidaan pitää yhtenä vaihtoehtona maalämpökaivojen toteuttamisvaihtoehtona siitakin huolimatta, vaikka alueelle olisi kaavoitettu maanalaisia tiloja.

8 Maalämpökaivojen ympäristövaikutukset

Maalämpökaivojen rakentaminen ei aiheuta merkittäviä ympäristövaikutuksia tai niiden riskejä, sillä toiminta on luvanvaraista ja poraamisessa käytetyt menetelmät ovat viime vuosina kehittyneet huomattavasti. Lämmönsiirtonesteenä pyritään suosimaan etanolia, joka hajoo nopeasti biologisesti sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. Kaikille mer-

kittäville kalliorakenteille, kuten kalliotiloille ja yhdyskuntateknistä huoltoon palveleville putkistoille, on määritelty suojaetäisyydet, joita noudattaen vahingoilta voidaan välttyä. Pora-reikien taipuman on myös todettu olevan vähäinen sillä tasolla, jolla Helsingin kaupungin kalliotilat ja muut kallionsisäiset toiminnot sijoittuvat, minkä vuoksi uusimmissa suosituksissa reikien taipuman mittaamista ja ohjuriin käyttöä poraamisessa suositellaan pakolliseksi toimenpiteiksi vain erityistapauksissa. Pientalojen lähekkäin sijaitsevat kaivot vaikuttavat toisiinsa ja niistä saatavaan lämpömäärään, mutta vaikutus tulee esille vasta muutama kymmenen vuoden käytön jälkeen. Lähekkäin toisiaan sijaitsevien kaivojen vaikutusta toisiinsa on mahdollista vähentää ohjaamalla lämpöenergiaa takaisin kaivoon kesäaikana.

8.1 Kallioperän termogeologiset ominaisuudet

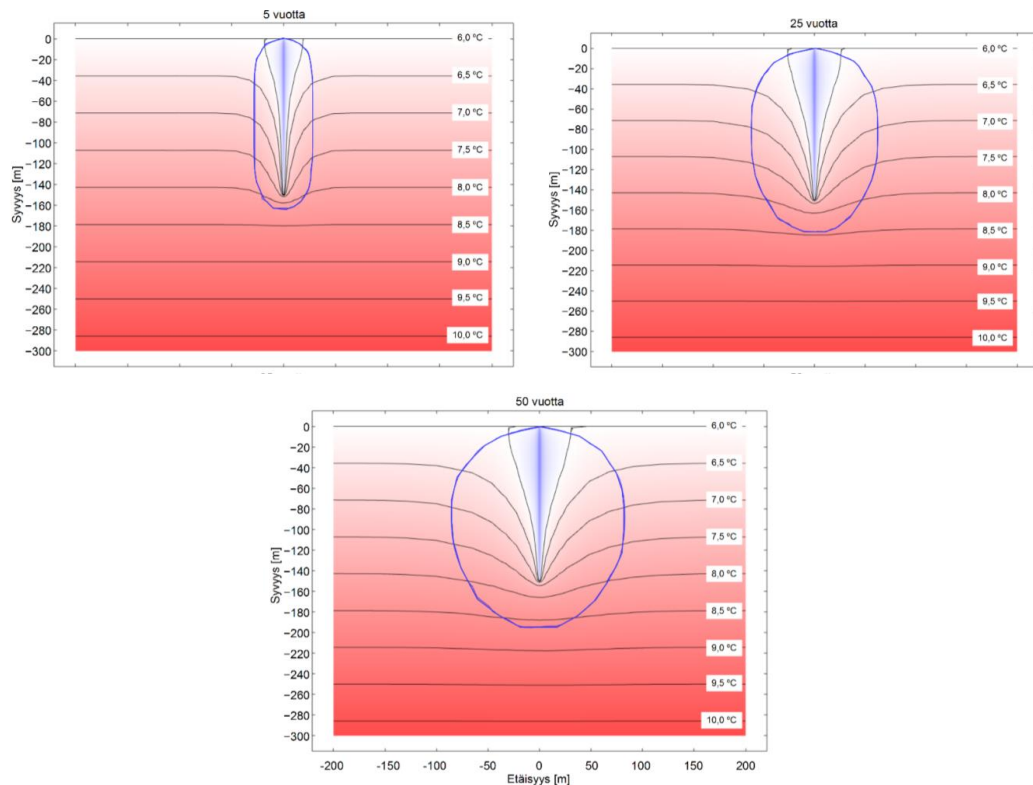
Kallioperän lämmönjohtavuus, tiheys, ominaislämpökapasiteetti, tilavuuslämpökapasiteetti ja terminen diffusiviteetti kuvaavat kallion lämmönsiirto- ja lämmönvarastointiominaisuuksia. Mitä suurempi kallion lämmönjohtavuus on, sitä paremmin lämpö johtuu siitä. Ominaislämpö- ja tilavuuslämpökapasiteetit kertovat kallion kyvystä varastoida lämpöä. Terminen diffusiviteetti riippuu kallion lämmönjohtavuudesta ja tilavuuslämpökapasiteetti ja kuvaa sitä, miten nopeasti kallio reagoi lämpötilamuutoksiin. Lisäksi kalliolämpöjärjestelmien suunnitteluun vaikuttavat maapeitteen paksuus, maanpinnan lämpötila ja geotermisen lämpövuon suuruus. Paksut maapeitteet lisäävät perustamiskustannuksia, sillä maaosuus joudutaan putkittamaan, jotta maa ei sortuisi porattuun reikää eikä lämmönkeruuputkien rikkoutuessa vuotamaan pääsevä lämmönkeruuneste pääsisi sekoittumaan pohjaveteen.

Helsingissä maapeitteet ovat ohuet ollen keskimäärin 5,1 metriä. Maaperän lämpötila vaihtelee vuodenaikojen mukaan noin 15 metrin syvyydelle asti ja sitä syvemmällä maaperän lämpötila on vuodenaikasta riippumaton. Ilman vuosittainen keskilämpötila määrään maankamaraan lämpötilan ($T(\text{maa}) \approx 0,71 * T(\text{ilma}(a)) + 2,93$). Helsingissä maankamaraan vuosittainen keskilämpötila on noin +6 °C.

8.2 Stationääritilan saavuttaminen ja kaivon jäätyminen

Kun lämpöä otetaan kallioperästä, viilenevät kaivo sekä sitä ympäröivä kallio. Mitä pidempään lämpöä kaivosta otetaan, sitä suurempi osa lämpövirrasta on peräisin maanpinnalta ja 25 käyttövuoden jälkeen noin 32 % maalämpökaivon lämmöstä on peräisin maanpinnalta ja loput 68 % kaivoa ympäröivästä maasta ja kallioista. Kallioperän lämpötila laskee nopeimmin toiminnan alkuvaiheessa ja kaksi kolmasosaa lämpötilan laskusta tapahtuu kahden ensimmäisen kuukauden aikana. Kun toiminnan aloittamisesta on kulunut viisi vuotta, kaivon lämpötila on lähes vakiintunut (stationääritilan saavuttaminen). Mikäli kaivo on alimitoitettu, eikä kallioperä kykene palautumaan riittävästi lämmönoton aiheuttamasta rasituksesta, voi kaivo jäätyä ja lämmönkeruuputkisto vaurioitua jos kaivon lämpötila laskee alle nollan celsiusasteen. Jos kaivo on lievästi alimitoitettu, etenee jäätyminen kaivossa vuosittain ja kaivon lopullinen jäätyminen voi tapahtua vasta 5 – 10 vuoden kuluttua käytön aloittamisesta. Mikäli talviajan keskimääräiset liuoslämpötilat ovat alle -2 °C, tulisi kaivon kuormitusta rajoittaa jäätyminen ehkäisemiseksi. Alaraja lämmönsiirtonesteen lämpötilalle

on $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, jonka alle se ei saisi pudota koskaan. Yksittäisen 150 metriä syvän kaivon vaikutus maaperän lämpötilaan 5, 25 ja 50 vuotta lämmönoton aloittamisen jälkeen on esitetty kuvassa 20. Mallinnuksessa maanpinnan keskilämpötila oli $6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, kallion lämmönjohtavuus $3\text{ W/m}\cdot\text{K}$ ja geoterminen gradientti $1,333\text{ }^{\circ}\text{C}$ sataa metriä kohden.



Kuva: 19 Yhden 150 metriä syvän lämpökaivon lämmönoton vaikutus kallion lämpötiloihin 5, 25 ja 50 vuoden kuluttua kaivon käytön aloittamisesta. Lämpöä otettiin suurin mahdollinen määrä, jolla kaivon seinämän lämpötila ei laskeutunut alle nollan asteen. Sinisen viivan esittämän alueen sisäpuolella lämpötila on laskeutunut lämmönoton vaikutuksesta enemmän kuin $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Helsingin geoenergiapotentiaali 2019).

Kuvasta 20 voidaan havaita, että yhden 150 metriä syvän lämpökaivon lämmönoton vaikutus 50 vuoden aikajännteellä vaikuttaa maan pinnalla noin 40 metrin päähän maalämpökaivosta. Tutkittaessa maalämpökaivon vaikutuksia ympäristössä oleviin muihin kaivoihin tulisi tarkasteltavan etäisyyden olla kuvan 20 perusteella vähintään 40 metriä.

8.3 Yksittäisen kaivon vaikutus kallioperän lämpötilaan

Yksittäisen maalämpökaivon vaikutus kallion lämpötilaan ulottuu 150 metrin syvyisellä kaivolla 81 metrin etäisyydelle ja 300 tai 1 000 metrin syvyisellä kaivolla 88 metrin etäisyydelle 50. käyttövuotena. Jos kaivojen ei siis haluta vaikuttavan toisiinsa ja käyttöikä pidetään

50 vuotta, tulee 150 metriä syvien kaivojen olla vähintään 162 metrin ja 300 ja 1 000 metriä syvien kaivojen 176 metrin etäisyydellä toisistaan. (Helsingin geoenergiapotentialiaali, 2019)

8.4 Maalämpökaivon elinkaaren pidentäminen viilentämällä

Viilennyksellä voidaan parantaa kalliolämpöjärjestelmän toimintaa tai pidentää sen ikää, sillä lämpimänä vuodenaikana kalliioon siirretty lämpö on uudelleenkäytettävissä lämmitykseen. Lämpimänä vuodenaikana kerätystä lämmöstä noin 80 % on käytettävissä lämmitykseen kylmänä vuodenaikana ja noin 20 % kuluu maankamarassa tapahtuviin lämpöhäviöihin. Suomessa viilennysenergian osuus lämmitysenergian tarpeesta on noin 25 %, joka pidentää 150 metriä syvän kaivon elinkaarta 24 vuodella ja 300 ja 100 metriä syvien kaivojen elinkaarta 17 vuodella. (Helsingin geoenergiapotentialiaali, 2019)

8.5 Taipuma ja suojaetäisyydet

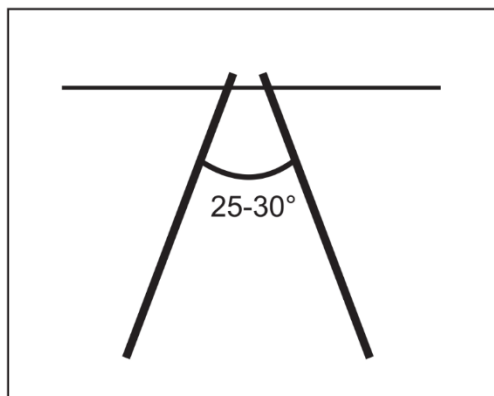
Kun maalämpökaivoa porataan kallioperään, porausreikä saattaa taipua ennalta määrittelmättömään suuntaan johtuen kallion geologisista tekijöistä, porauskalustosta ja poraajan ammattitaidosta. Sadan metrin syvyydellä taipuma on yleensä vielä vähäinen, mutta syvemmällä taipuma voi vaihdella muutamista kymmenistä sentteistä aina kymmeneen metriin. Taipuman suuntaa tai suuruutta ei pystytä ennustamaan etukäteen, minkä vuoksi maalämpökaivojen todelliset sijaintitiedot tulisi varmistaa mittaamalla porareian sijainti koko reiän pituudelta. Maalämpökaivon rakentamiselle on annettu suosituksetäisyydet niihin kohteisiin, jotka tulee ottaa huomioon työtä suunniteltaessa ja tehtäessä (taulukko 3).

Kaivon sijainti voidaan mitata sivusuuntamittarilla poraamisen jälkeen, mutta sellaisia reikiä, jotka pyrkivät täyttymään kiviaineksella heti poraamisen jälkeen, ei voida mitata, sillä mittaus on erillinen, porauksen jälkeen tehtävä toimenpide. Mittaus tehdään mittarilla, joka lasketaan vajjerilla kairareikään ja nostetaan takaisin maanpinnalle. Sijainnin lisäksi mittari voi mitata esim. lämpötilaa ja suuntakulmaa. (Reflex, 2019) Porareikien taipumaa voidaan vähentää käyttämällä porauksessa ohjureita. Helsingin geoenergiapotentialiaali -selvityksessä (2019) ohjuriin käyttöä esitetään pakolliseksi, mikäli porattava reikä on alle 30 metrin etäisyydellä kalliotilasta, jonka katto on tasolla -50 tai syvemmällä. Vaihtoehtoisesti ilman ohjureita porattaessa tulisi reiän pohjan sijainti mitata 10 metriä ennen kalliotilan katon tasoa. Tällä hetkellä käytettävien suojaetäisyyksien on selvityksessä katsottu olevan taipumien suhteen riittävän suuret. Päätelmät perustuvat nykyisten kalliotilojen sijaintiin ja koe-porausten yhteydessä tehtyihin havaintoihin porareikien taipumisesta.

Lämpökaivojen välisestä suositellusta minimietäisyydestä voidaan poiketa, jos yksi tai useampi rei'istä on vinoreikä. Maalämpökaivot voidaan porata myös vierekkäin, sillä vinoreiät ovat tarpeeksi etäällä toisistaan, kun niiden keskinäinen kaltevuuskulma on riittävän suuri (kuva 21).

Taulukko: 3 Maalämpökaivon suositeltavat minimietäisyydet eri kohteisiin. (* lähteinä Helsingin rakennusvalvonnan ohjeistus, ** lähteinä suositukset Maalämpöryhmän raportti 2019).

Maanpäälliset rakenteet	Suosittelut minimietäisyys	Maanalaiset rakenteet	Suosittelut minimietäisyys
Maalämpökaivo	15 m*	Tunneli	2 x 25 m**
Porakaivo	40 m*	Kalliotila	20 m*
Rengaskaivo	20 m*	Raakavesitunneli	50 m**
Rakennus	3 m*		
Tontin raja	7,5 m*		
Kiinteistökohtainen jätevedenpuhdistamo	Kaikki jätevedet 30m, Harmaat vedet 20 m*		
Viemärit ja vesijohdot	5 m*		



Kuva: 20 Esimerkki kahden vierekkäisen vinoreiän kaltevuuskulmasta.

8.6 Vaikutukset pohjaveden määrään ja laatuun

Yleensä kaivo täyttyy porausvaiheen aikana pohjavedellä, mutta mikäli näin ei tapahdu, voidaan kaivo täyttää maanpinnalta käsin tai tehdä painehalkaisu, joka avaa rakoja kalliioon.

Riskiä pohjavesialueille aiheuttavat maalämpökaivojen rakentamisessa seuraavat tekijät:

- Pintavesien pääsy pohjaveteen puutteellisesti tiivistettyjen kaivorakenteiden vuoksi
- Kalliopohjaveden eri kerrosten sekoittuminen rannikolla ja muinaisen merenpohjan alueilla, ts. suolainen pohjavesi sekoittuu makeaan veteen ja saattaa pilata lähialueen talousvesikaivojen veden väliaikaisesti
- Lämmönsiirtoaineiden vuodot, jotka voivat pilata lähistöllä sijaitsevia talousvesikaivoja ja muuttaa pohjavesien ekosysteemejä
- Työskentely pilaantuneella maa-alueella
- Vaikutukset pohjaveden virtaukseen, määrään tai laatuun; talousvesikaivojen antoisuus voi nousta tai laskea kun pohjavedelle avautuu uusia kulkureittejä kallioperän porauksen ansiosta
- Orsivesikerroksen puhkeaminen, jonka seurauksena pohjaveden pinnan korkeus voi muuttua pysyvästi ja aiheuttaa talousvesikaivojen antoisuuden laskua tai paineellisen pohjaveden tulvimista
- Pohjaveden lämpötilamuutos, jolla voi olla vaikutuksia pohjaveden bakteerien määrään ja laatuun
- Radonpitoisuuden lisääntyminen porauksen avatessa uusia reittejä radonin kulkeutumiselle
- Porauslaitteistojen öljyvuo-dot
- Porattaessa muodostuva porauslietteen huuhtominen paineilman avulla maanpinnalle, jolloin kallioperän raot voivat tukkeutua porauslietteestä tai uusia reikiä saattaa avautua; kalliopohjaveden virtaus saattaa muuttua ja pohjaveden mukana kulkeutua haitta-aineita pohjaveteen

Pintavesien ja irtoaineksen pääsy kaivoon estetään teräksisellä/muovisella suojaputkella, joka sijoitetaan kallioperään 1-6 metrin syvyydelle ja tiivistetään. Lämmönkeruuputkistossa käytetään eri aineiden ja veden muodostamaa liuosta lämmönsiirtoaineena. Näiden aineiden tarkoitus on estää veden jäätyminen alle 0 °C lämpötilassa. Käytössä olevien lämmönsiirtoaineiden ominaisuuksia on esitetty taulukossa 4. Nykyisin käytetään pääasiassa etanolia, joka mahdollisen vuodon sattuessa hajoaa biologisesti sekä hapellisissa että hapetomissa olosuhteissa. Hapellisissa olosuhteissa puoliintumisaika on alle viikon. Geoenergiakentän sijoittaminen pohjavesialueelle kuitenkin lisää pohjaveden pilaantumisriskiä, sillä lämmönsiirtoaineen määrä voi niissä olla kymmeniä tuhansia litroja, tosin suurkentissä yksittäinen maalämpökaivo voidaan sen rikkoutuessa sulkea pois muusta piiristä. Tällöin vahinko rajoittuu vain kyseiseen kaivoon.

Nykyiset porausmenetelmät, käytetyt lämmönsiirtonesteet, toimenpidelupamenettely ja muut varotoimenpiteet ennen ja jälkeen maalämpökaivon poraamisen eivät aiheuta merkittävää riskiä pohjavedelle tai muulle Helsingin kaupungin vedenhankinnalle.

Taulukko: 4 Käytössä olevien lämmönsiirtoaineiden vesiliuosten ominaisuudet jäätymispisteessä -25°C.

Ominaisuus	Betaiini (40–45 p%)	Etanoli (35p%)	Etyleeni-glykoli (41 p%)	Kalium-formiaatti (34 p%)	Pro-pyleeniglykoli (44 p%)
Tiheys [kg/m ³] (-15 °C)	1 097	966	1 068	1 232	1 051
Lämmönjohtavuus [W/mK] (-15 °C)	0,37	0,37	0,39	0,51	0,37
Ominaislämpökapasiteetti [kJ/kgK] (-15 °C)	2,99	4,00	3,34	2,96	3,63
Kinemaattinen viskositeetti [mm ² /s] (-15 °C)	19,7	19,1	11,65	3,41	42,6
Sekoittuvuus veteen	täysin liukeneva	täysin liukeneva	täysin liukeneva	täysin liukeneva	täysin liukeneva
Haitallisuus (ihmiselle /ympäristölle)	ei haitallinen	ei haitallinen	haitallinen	ei haitallinen	ei haitallinen

8.6.1 Luparatkaisut pohjavesialueilla

Maalämpökaivon rakentaminen edellyttää Helsingissä toimenpidelupaa. Vesilain lupamenettelyä, jossa aluehallintovirasto on lupaviranomaisena, on edellytetty niissä tapauksissa, joissa hanke on sijoittunut vedenhankinnan kannalta tärkeälle pohjavesialueelle. Vesilain mukaisen lupatarpeen ratkaisee kunnan ympäristöviranomainen ja lupakynnys ylittyy, jos hanke voi muuttaa pohjaveden laatua tai määrää ja tämä muutos olennaisesti vähentää tärkeän tai muuhun vedenkäyttöön soveltuvan pohjavesiesiintymän antoisuutta tai muutoin huonontaa sen käyttökelpoisuutta taikka muulla tavoin aiheuttaa vahinkoa tai haittaa vedenotolle tai veden käytölle talousvetenä (Vesilaki 3. luku 2 §).

Aluehallintoviraston ratkaisuissa hakemukset on yleensä hylätty, mikäli hankkeesta saatavan hyödyn ei ole katsottu olevan huomattava yleisille tai yksityisille eduille koituvien menetyksiin verrattuna. Aluehallintovirasto on pääsääntöisesti hylännyt vedenhankintaa varten tärkeille pohjavesialueille sijoittuvat maalämpöhankkeet. Hylkäämisperusteita ovat olleet sijoittuminen vedenottamon tai tekopohjavesilaitoksen imeytysalueen 500 metrin suojavyöhykkeelle. Lupa on myös evätty, jos hankealueen maaperä ja pohjavesi ovat olleet pilaantuneita. Hakemuksia on hylätty myös hankkeissa, joissa maalämpökaivot on ollut tarkoitus rakentaa 500 metrin suojavyöhykkeen ulkopuolelle, mutta joilta pohjavedenvirtaus

suuntautuu vedenottamolle päin. Lupa on myönnetty pohjavesialueelle tapauksessa, jossa hakemuksessa on esitetty pohjaveden suojaustoimenpiteitä, hankealue on sijainnut pohjaveden muodostumisalueen ulkopuolella sekä riittävän etäällä käytössä olevista vedenottoista. Lisäksi päätöksessä on esitetty lupamääräyksiä pohjaveden suojelemiseksi.

Helsingissä pohjavesialueelle poraaminen on kiellettyä ja se on sisällytetty maalämmön rakentamista koskevaan ohjeistukseen.

8.7 Vaikutukset kasvillisuuteen

Maaperän ylimmän 15 metrin lämpötila on vuodenaikasta riippuvainen, eikä maalämmön hyödyntämisellä ole vaikutusta siihen. Tämän vuoksi maalämmön hyödyntämisellä ei ole vaikutusta kivennäismaiden kasvillisuuteen tai luontotyyppeihin. Helsingin lähteet ovat pääasiassa maaperästä peräisin olevasta pohjavedestä riippuvaisia, minkä vuoksi maalämmön rakentamisella ei arvioida olevan vaikutusta pohjavesivaikutteisiin soihin tai lähteisiin. Vähäisenä rakentamisaikaisena vaikutuksena voidaan todeta, että rakentamisaikana työkoneet tiivistävät maata ja porauksesta tuleva porausjäte voi tuhota lähiympäristön kasvillisuutta. Negatiiviset vaikutukset syntyvät lähinnä puistojen luonnonmukaisilla alueilla, joiden kasvillisuutta on vaikea palauttaa luonnontilaan.

8.8 Ympäristövaikutusten arviointi- ja mittausmenetelmät kaivojen suunnittelussa ja rakentamisessa

Maalämpökaivojen rakentamisen aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin pyritään vaikuttamaan ensi sijassa siten, että toiminta on luvanvaraista. Toimenpideluvan myöntää Helsingin kaupungin rakennusvalvonta ja luvan myöntämisen yhteydessä varmistetaan, ettei hanke aiheuta merkittäviä kielteisiä ympäristövaikutuksia. Lupa voidaan myös evätä, ja mikäli hanke sijoittuu alueelle, jolle rakentaminen edellyttää vesilain mukaista harkintaa, lupahakemuksen käsittelee aluehallintovirasto. Uusien rakennusten maalämpöä koskevat luvat käsitellään rakennusluvan myöntämisen yhteydessä. Ennen toimenpide- tai rakennusluvan hakemista tulee hakijan tehdä maalämpökaivon rakennettavuus selvitys, jossa tarkastetaan mahdolliset rajoitukset tai esteet poraamiselle. Maalämpökaivojen poraamisen yhteydessä työtä tekevä urakoitsija on vastuussa siitä, ettei ympäristölle aiheudu kielteisiä vaikutuksia.

Helsingin kaupungin laatimalla ohjeistuksella ja määräyksillä pyritään myös vähentämään maalämpökaivon poraamisesta syntyviä ympäristövaikutuksia. Kaupungin rakennusvalvonta on ohjeistanut maalämpökaivon rakentajaa seuraavasti: *”Lämpökaivon porauksessa syntyvä karkea kiviaines ja liete tulee käsitellä siten, ettei siitä aiheudu haittaa ympäristölle tai naapureille. Kiviainesta tai lietettä ei saa johtaa sellaisenaan suoraan vesistöön (puro, lampi, meri) eikä yleisiin viemäreihin. Jos lietettä johdetaan porattavan tontin maaperään imeytettäväksi tai lähiojiin, tulee se tehdä niin, ettei siitä aiheudu naapuritontin vettymistä tai ojen tukkeutumista. Kaivon lämmönsiirtoaineena tulee käyttää ympäristölle mahdollisimman haitatonta ainetta kuten etanolia. Lämmönkeruuputkien vuotaminen voi aiheuttaa pohjaveden pilaantumista. Pilaantumisriskin estämiseksi lämmönsiirtoaineena ei tulisi*

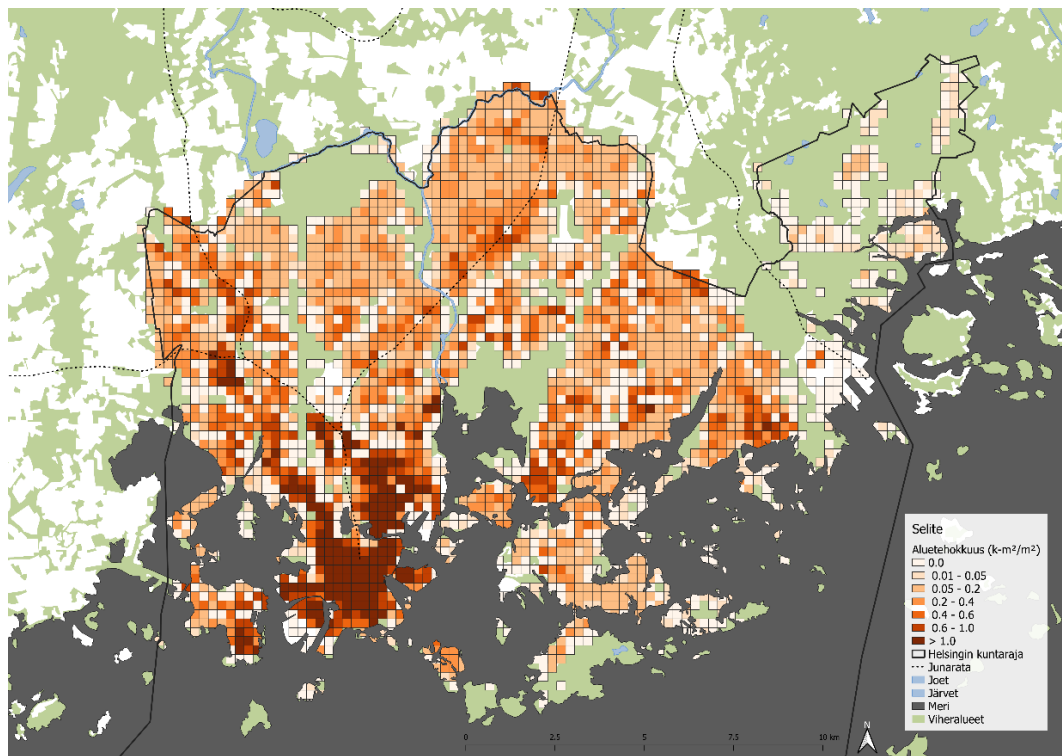
käyttää pohjavedelle haitallisia yhdisteitä, esim. etyleeni- tai propyleeniglykolia eikä meta-nolia. Pohjaveden pilaaminen on kielletty ympäristönsuojelulain 8 §:ssä. Pintavesien suora pääsy pohjaveteen tulee estää asianmukaisesti tiivistettyjen kaivorakenteiden avulla”.

9 Helsingin maalämpöpotentiaali

Tässä kappaleessa arvioidaan Helsingin maalämpöpotentiaali nykytilanteessa sekä Helsingin uuden yleiskaavan mukaisilla aluetehokkuuksilla vuonna 2035. Laskennassa on oletettu, että alueellisesta lämmitystarpeesta tulee kattaa maalämmöllä vähintään 80 %, jotta maalämpöjärjestelmän toteuttaminen on kannattavaa.

9.1 Maalämmön hyödynnettävyyspotentiaali Helsingin kaupungin alueella nykytilanteessa

Teknisestä näkökulmasta kallioperän ja rakennusten lämmitysmuodon lisäksi oleellista maalämmön hyödyntämisen osalta on rakentamisen alueellinen tehokkuus. Kuvassa 22 on esitetty Helsingin kaupungin alueen nykyinen aluetehokkuus.



Kuva: 21 Aluetehokkuus (k-m²/m²) 250x250m ruuduilla. Lähde: Helsingin kaupunki, avoin rakennusaineisto. Taustakartta: HSY SeutuCD

Nykytilanteessa Helsingin kantakaupungin aluetehokkuus on > 1 . Tehokkuusluvultaan yli yhden rakentamisalueita on lisäksi Lauttasaaren eteläosassa ja Munkkiniemessä. Esikaupunkialueet ovat aluetehokkuudeltaan keskimäärin huomattavasti väljempiä; pääasiassa rakentamistehokkuus on alle 0,4 luokkaa. Koska maalämpökaivot vaikuttavat toisiinsa heikentäen kaivojen ominaislämmöntuottoa, tarvitsevat yksittäiset maalämpökaivot runsaasti tilaa ympärilleen.

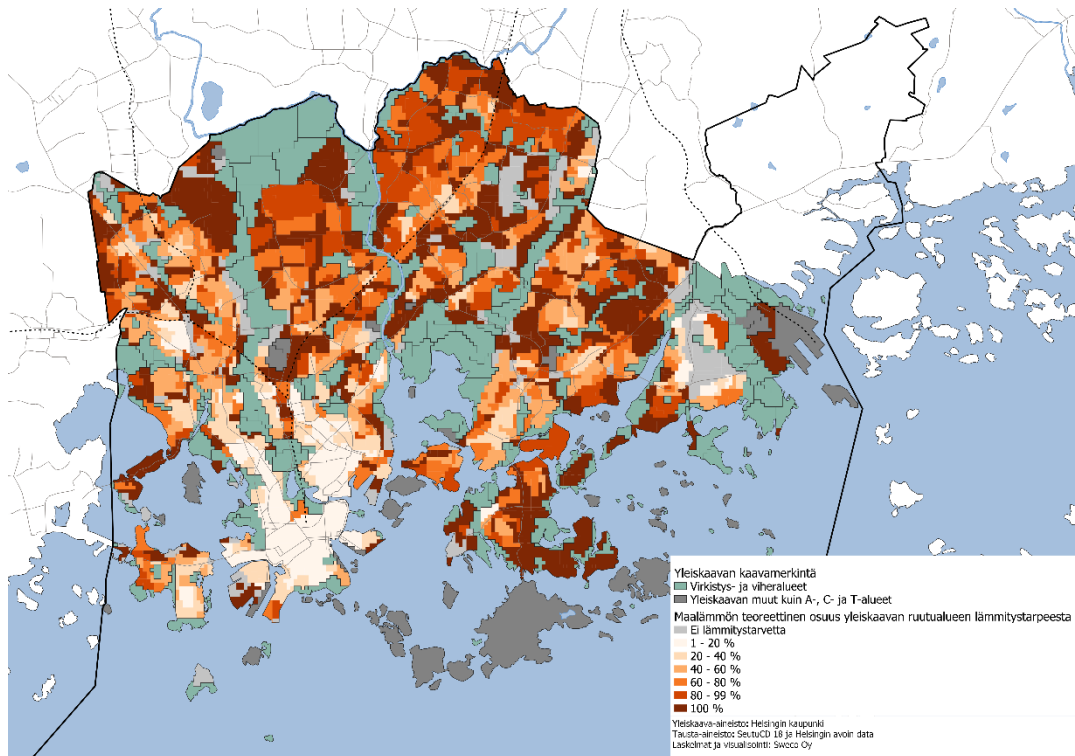
Selvityksen kappaleessa ”4 Maalämpöjärjestelmän energiantuotto ja tilantarve” on tutkittu maalämmölle soveltuvia tonttitehokkuuksia eri aikakausien rakennusten energiatarpeet huomioiden. Tehtyjen tarkastelujen perusteella oleellista maalämmön hyödyntämiselle on, pystytäänkö maalämpöjärjestelmät toteuttamaan alueellisina ratkaisuin. Alueelliset ratkaisut lisäävät merkittävästi maalämmön hyödyntämispotentiaalia, kun maalämpökaivoja voidaan sijoittaa alueelle huolimatta kiinteistöjen välisistä tonttirajoista. Ainoastaan pientaloalueilla maalämpö voidaan toteuttaa kiinteistökohtaisena kaikkien ikäluokkien rakennuksille yleiskaavan tehokkuustavoitteen mukaisena: muilla yleiskaavan aluetypeillä maalämpö on laajemmin hyödynnettävissä vain keskitettynä ratkaisuna ja silloinkin vain uudemman rakennuskannan osalta. Tiiveimmillä alueilla maalämpö ei ole hyödynnettävissä laisinkaan laajemmassa mittakaavassa.

Helsingin kaupunkialueella on kattava kaukolämpöverkosto, sähkö- ja öljy toimivat määrävänä lämmitysmuotona lähinnä pientalovaltaisilla alueilla Kaarelassa, Tuomarinkylässä, Tapaninkylässä, Suutarilassa, Suurmetsässä, Östersundomissa, Mellunkylässä, Vartiokylässä ja Laajasalossa. Maalämmön hyödyntäminen suoralla sähköllä lämmitettävissä kohteissa on huomattavasti kalliimpaa kuin nestekiertoisella lämmönjaolla lämmitettyjen kohteiden, sillä se vaatii lämmönjakotavan kokonaisvaltaisen muutoksen. Näitä kohteita edellä mainittujen pientaloalueiden rakennuskannasta on keskimäärin 25-50 %. Tämä heikentää todennäköisyyttä maalämmön hyödyntämiseen laajemmin kyseisillä pientalovaltaisilla alueilla.

Asuinkerrostalojen alueilla maalämmön hyödyntäminen nykytilanteessa on aluetehokkuuden näkökulmasta laajasti mahdollista. Esikaupunkien asuinkerrostaloalueilla määrävänä lämmönlähde on selkeästi kaukolämpö. Siellä aluetehokkuus vaihtelee 0,2 -1 välillä, ollen pääosin alle 0,6 tehokkuutta. Kappaleen ” 4 Maalämpöjärjestelmän energiantuotto ja tilantarve ” mukaan vanhoilla asuinkerrostalojen alueilla aluetehokkuus saisi olla luokkaa 0,6...0,7, jotta alueen lämmitysmuotona voitaisiin hyödyntää maalämpöä.

Helsingin alueen nykyistä maalämpöpotentiaalia arvioitiin yhdistämällä kuvassa 3 esitetty Helsingin alueen tekninen geoenergiapotentiaali sekä kuvassa 11 esitetty Helsingin alueen lämmitystarve vuodelle 2019. Kuvan 3 geoenergiapotentiaalista vähennettiin hankkeen ohjausryhmän linjaamat rajoittavat tekijät, joita ovat pohjavesialueet, Pitkälampi-Vanhakaukunki raakavesitunnelin suoja-alueineen, luonnonsuojelualueet, arkeologinen kulttuuriperintö ja valtakunnallisesti arvokkaat kallioalueet. Arkeologisen kulttuuriperinnön rooli maa-

alan maalämpöpotentiaalin laskennassa ei kuitenkaan karttatarkastelun yleispiirteisyydestä johtuen nouse tarkasti esiin, sillä pääosa kulttuuriperintökohteista on pistemäisiä. Näin saatiin kuvassa 23 esitetty Helsingin maalämpöpotentiaali vuonna 2019.

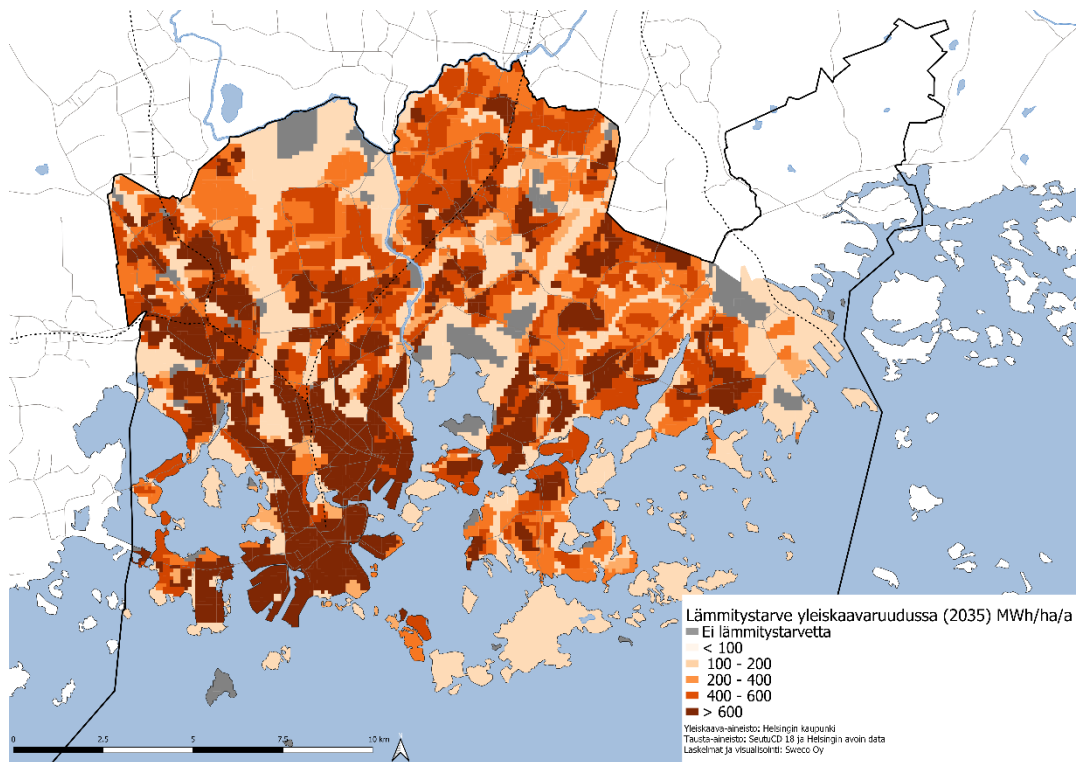


Kuva: 22 Helsingin maalämpöpotentiaali vuoden 2019 arvioidulla lämmitystarpeella.

Kuvasta 23 havaitaan, että nykyisellään Helsingin alueella on useita alueita, joiden maalämmön hyödyntämispotentiaali on korkea. Maalämmölle soveltuvat kohteet sijoittuvat erityisesti kantakaupungin ulkopuolisille alueille lähelle kaupungin reunoja ja muita väljemmin asutettuja alueita. Kantakaupungin alueella maalämmön hyödyntämispotentiaali on pääosin alle 20 %, jolloin järjestelmän rakentaminen on taloudellisesti tarkasteltuna haasteellista. Lisäksi maalämpöjärjestelmien toteuttamista kantakaupunkiin voi rajoittaa yhdenvertaisuusperiaate, mikäli kaikille alueen asukkaille halutaan mahdollistaa yhtäläiset mahdollisuudet maalämmön tuotantoon.

9.2 Arvio maalämmön osuudesta Helsingin lämmitystarpeen kattamisessa Helsingin uuden yleiskaavan tavoitevuonna 2035

Helsingin uuden yleiskaavan vuoden 2035 mukaisen lämmitystarpeen arvioimiseksi määrätettiin vuoden 2019 jälkeen rakentuvan yleiskaavan mahdollistaman rakennuskannan määrä. Tämä saatiin vähentämällä tieto olemassa olevista rakennusmääristä vuoden 2035 tavoitteen mukaisista rakennusmääristä. Näin saatu arvio uudisrakentamisen määristä kerrottiin kappaleessa 3 esitetyillä uudisrakennusten ominaislämmitysenergiankulutuksilla, jolloin saatiin vuoden 2019 jälkeen rakennettavien kiinteistöjen lämmitystarve. Tämä yhdistettiin aiemmin laskettuun tietoon nykyisen rakennuskannan lämmitystarpeesta, jolloin saatiin karkea arvio Helsingin vuoden 2035 lämmitystarpeesta. Laskenta tehtiin 100x100 ruutualueittain ja laskennan tulos on esitetty kuvassa 24.

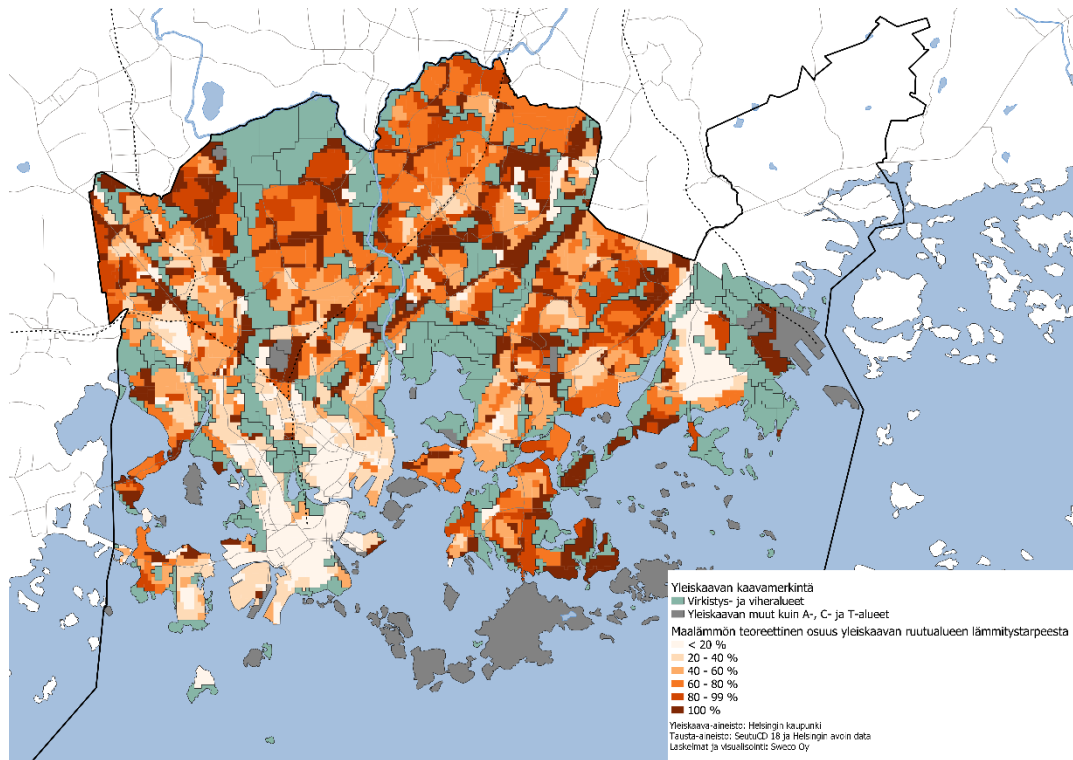


Kuva: 23 Arvio Helsingin lämmitystarpeesta vuonna 2035.

Kuvassa 24 esitettyä tietoa alueellisesta lämmitystarpeesta verrattiin GTK:n ”Helsingin energiapotentiaali” -selvityksessä (2019) antamaan alueelliseen geoenergiapotentiaaliin 300 metrin syvyisille maalämpökaivoille, jos kaivoja toteutettaisiin tasaisesti 20 metrin välein (kuva 3). Geoenergiapotentiaalista on vähennetty hankkeen ohjausryhmän linjaamat

rajoittavat tekijät, joita ovat pohjavesialueet, Pitkälampi-Vanhakaupunki raakavesitunnelin suoja-alueineen, luonnonsuojelualueet, arkeologinen kulttuuriperintö ja valtakunnallisesti arvokkaat kallioalueet. Arkeologisen kulttuuriperinnön rooli maa-alan maalämpöpotentiaalin laskennassa ei kuitenkaan karttatarkastelun yleispiirteisyydestä johtuen nouse tarkasti esiin, sillä pääosa kulttuuriperintökohteista on pistemäisiä.

Kuvassa 25 on esitetty ruutualueille laskettuna arvio siitä, kuinka suuri osuus alueen Helsingin uuden yleiskaavan vuoden 2035 mukaisesta lämmitystarpeesta voitaisiin kattaa maalämmöllä. Kuva havainnollistaa, että Helsingin pohjoisosissa maalämmön hyödyntämispotentiaali on suuri, mutta siirryttäessä kohti kantakaupunkia ja muita Helsingin keskustamaisia alueita maalämmön hyödyntämispotentiaali putoaa merkittävästi. Vuoteen 2019 verrattuna (kuva 23) maalämpöpotentiaali on selvästi matalampi. Tämä johtuu lämmitystarpeen kasvamisesta.



Kuva: 24 Arvio Helsingin uuden yleiskaavan vuoden 2035 mukaisen lämmitystarpeen alueellisesta maalämpöpotentiaalista poissulkevat tekijät huomioituna.

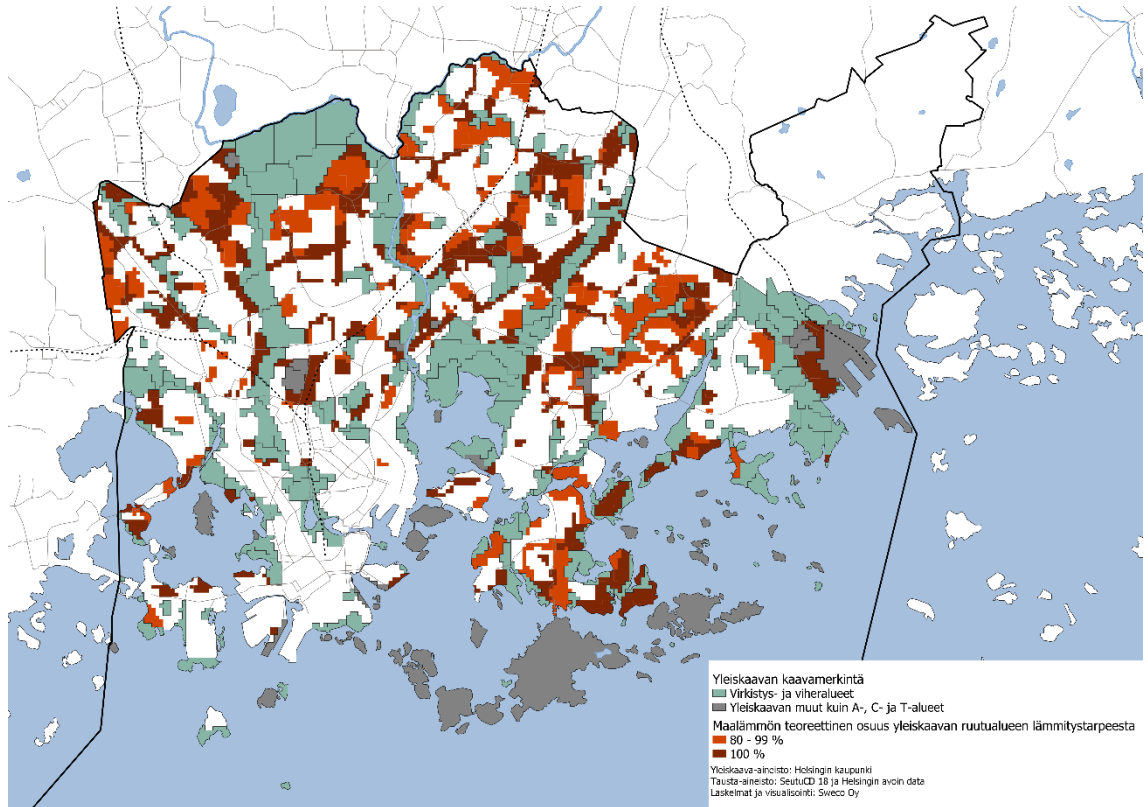
Esitettyssä maalämpöpotentiaalissa ei ole huomioitu Helsingin kaupungin vaatimia suojaetäisyyksiä tonttirajoista, vaan maalämpöpotentiaalia on tarkasteltu alueellisella tasolla. Näin ollen kuvassa esitetty potentiaali on teoreettinen suurin mahdollinen maalämmön osuus kyseisellä ruudulla. Käytännössä maalämpöpotentiaalia pienentää suojaetäisyyksien lisäksi esimerkiksi nykyinen lämmönjakotapa, joka voi tehdä maalämpöinvestoinnista

taloudellisesti kannattamattoman. Teoreettisella tasolla tarkasteltuna erityisesti pientalo-alueiden lämmitystarve voitaisiin kattaa kokonaisuudessaan maalämmöllä, mikäli järjestelmiä saadaan toteutettua aluetasolla ja esimerkiksi liikennealueita voitaisiin hyödyntää vi-noporauksin.

Kuvassa 25 ei ole esitetty viheralueiden maalämpöpotentiaalia niiden teknisten toteuttamismahdollisuuksien vuoksi. Rakennettujen alueiden ulkopuolella sijaitsevien virkistysalueiden hyödyntäminen maalämmön tuotannossa olisi teknisesti tarkasteltuna mahdollista vain, jos lämpöverkko-operaattori haluaa investoida maalämpökaivojen toteuttamiseen ja myydä viheralueilta kerättävissä olevaa maalämpöä lämpöverkkoon liittyneille kiinteistöille. Helsingin alueen geoenergiapotentiaali on yhteensä hieman yli 4 TWh (Helsingin geoenergiapotentiaali, 2019), josta yhteensä noin 0.2 TWh sijoittuu poissuljetuille alueille. Näin ollen voidaan todeta, että virkistysalueiden valjastaminen maalämmön tuotantoon ei kasvata maalämpöpotentiaalia merkittävästi.

Kuvasta 10 voidaan havaita, että Helenin kaukolämpöverkko on hyvin laajalti levittäytynyt Helsingin alueelle ja täten virkistysalueiden alle jäävä geoenergiapotentiaali olisi teoriassa mahdollista hyödyntää Helenin lämpöverkon kautta. Haasteena on lämpötilatasot: Talvisin kaukolämpöverkon vaatimat lämpötilatasot ovat niin korkeita, että lämmöntuotanto maalämpöjärjestelmällä on kallista huonon hyötysuhteen vuoksi. Kesäaikaan lämpötilatasot ovat riittävän matalia lämpöpumpun perustuvalla ratkaisulla, mutta investoinnin takaisinmaksun näkökulmasta lämpöpumpun käyttötuntien määrä ei saisi rajoittua ainoastaan kesäajalle.

Kuvassa 25 esitetty, yhteenlaskettu maalämpöpotentiaali vastaa noin 3.9 TWh lämmitysenergiantuotantoa. Luku sisältää maalämpöpumpun käyttämän sähkötyön, jolloin maasta saadaan otettua noin 2.7 TWh. Tämä vastaa noin 30 %:ia Helsingin arvioidusta lämmitysenergiantarpeesta vuonna 2035, kun lämmitysenergiantuotantoon ei lasketa maalämpöpumpun käyttämää sähköntarvetta. Tästä potentiaalista poistettiin kuitenkin alueet, joissa maalämmöllä voidaan kattaa alle 80 % lämmitysenergiantarpeesta, kuva 26. Tällöin maalämmöllä tuotetun energian määräksi ilman lämpöpumpun sähkötyötä jää vain noin 0.9 TWh, kun maalämpöä hyödynnetään ruutualueittain lämmitystarpeen kattamiseen. Tämä vastaa arviolta noin 10 prosenttia Helsingin alueen lämmitysenergiantarpeesta vuonna 2035 ja lämpöpumpun sähkötyö huomioiden noin 14 % lämmitysenergiantarpeesta.



Kuva: 25 Helsingin alueet, joilla vähintään 80 % alueen lämmitystarpeesta voidaan kattaa maalämmöllä vuonna 2035.

Helsingin lämmitystarpeen arvioinnissa on käytetty yksinkertaistuksia, jotka johtivat vuoden 2019 lämmitystarpeen osalta noin 7 % todellisuutta suurempaan lämmitystarpeeseen. Mikäli oletetaan, että vuoteen 2035 lämmitystarve saadaan pidettyä 8 TWh tasolla energiaremonttien ja energiatehokkuustoimenpiteiden avulla, vastaa kuvassa 26 esitetty geoenergiapotentiali (sisältäen lämpöpumpun sähkötyön) noin 16 % Helsingin lämmitystarpeesta.

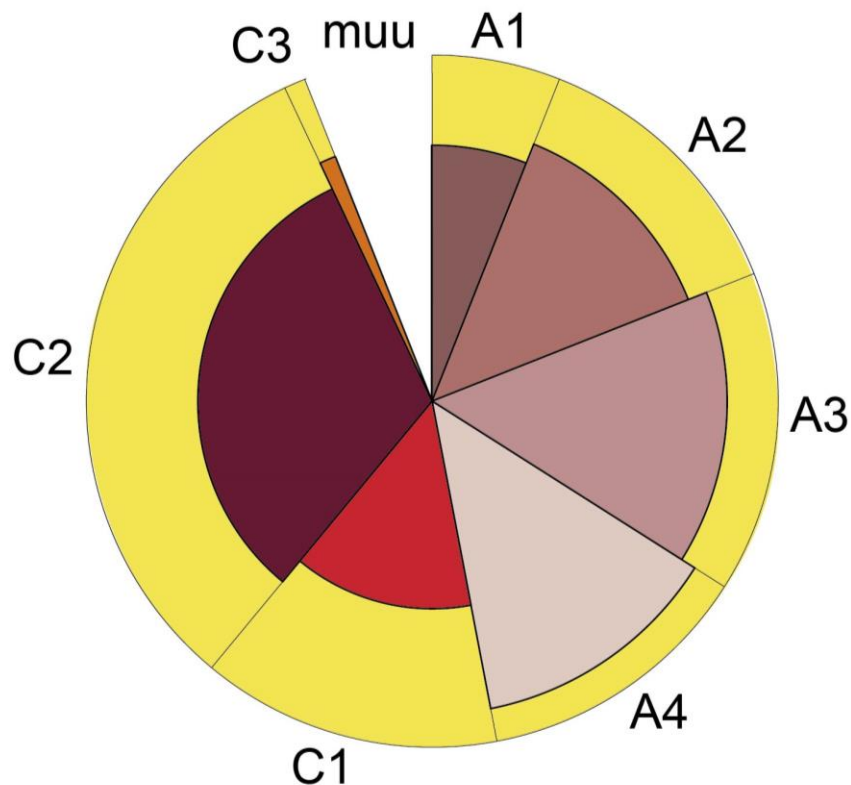
Nestekiertoisen lämmönjakotavan huomioiminen nostaa potentiaalia hieman, sillä samalle ruutualueelle osuu sekä nestekiertoisella lämmönjakotavalla toteutettuja että suoralla sähkölämmityksellä toteutettuja rakennuksia, jolloin suoran sähkölämmityksen kohteet voisivat teoriassa luovuttaa tonttinsa alla olevan geoenergiapotentialin muille alueen rakennuksille, jolloin maalämmöllä voitaisiin kattaa suurempi osa nestekiertoisten rakennusten lämmitystarpeesta ja järjestelmästä tulisi taloudellisesti kannattavampi.

9.3 Maalämpöpotentiaali kaavamerkintäalueittain

Helsingin uudessa yleiskaavassa alueet on jaettu niiden toimintojen ja rakentamisen tiiviiden perusteella kaavamerkintäalueisiin seuraavasti:

- Liike- ja palvelukeskusta C1
- Kantakaupunki C2, korttelitehokkuus pääsääntöisesti yli 1,8 (korkeita kerrostaloja)
- Lähikeskusta C3
- Asuntovaltainen alue A1, korttelitehokkuus pääasiassa yli 1,8 (korkeita kerrostaloja)
- Asuntovaltainen alue A2, korttelitehokkuus pääasiassa 1,0 – 2,0 (asuinkerrostaloja)
- Asuntovaltainen alue A3, korttelitehokkuus pääasiassa 0,4 – 1,2 (pienkerrostaloja)
- Asuntovaltainen alue A4, korttelitehokkuus pääasiassa alle 0,4 (pientaloja)

Kuvaajassa 12 on esitetty koonti kaavamerkintäalueiden lämmitysenergiantarpeesta sekä maalämmöllä keskimäärin tuotettavissa oleva osuus kaavamerkintäalueiden omasta lämmitystarpeesta. Kuvaajasta 12 voidaan havaita, että suurin osa Helsingin alueen lämmitysenergiantarpeesta kuluu kaavamerkintäalueella C2. Seuraavaksi eniten lämmitystä kuluu alueella A3.

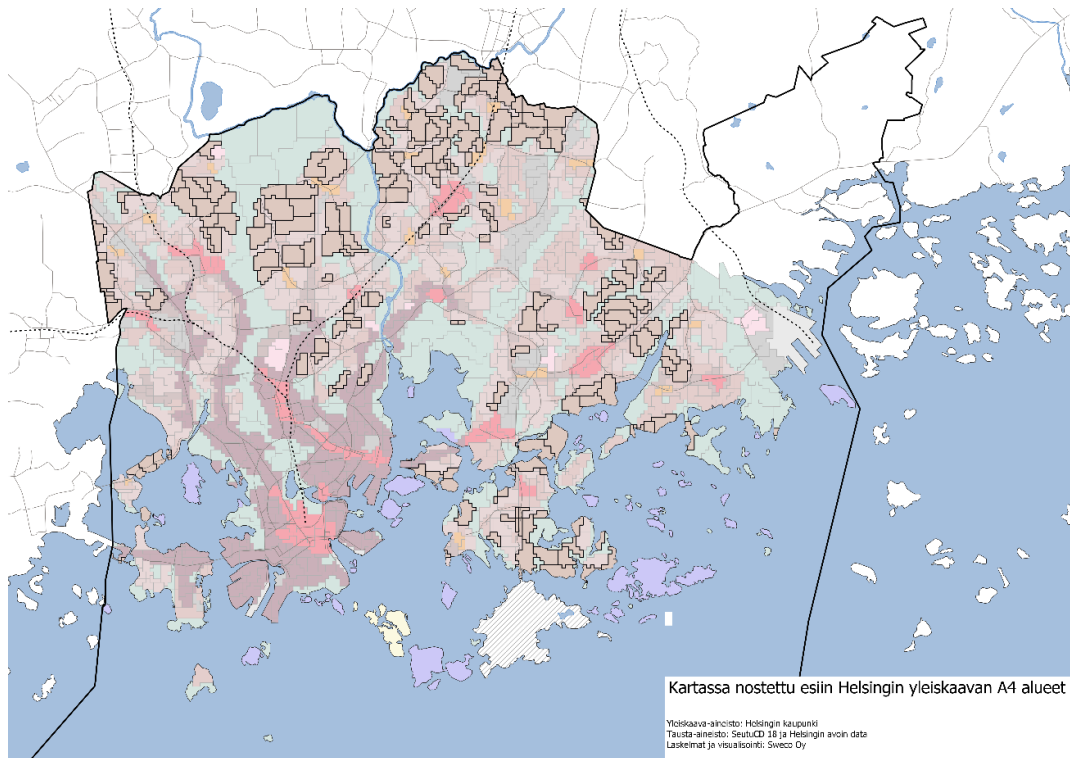


Kuvaaja: 12 Helsingin alueen lämmitystarpeen jakautuminen kaavamerkintäalueittain sekä alueen maalämpöpotentialiaali. Piirakan lohkon suuruus kuvaa kaavamerkintäalueen lämmitystarvetta Helsingin kokonaislämmitystarpeesta. Ruskean ja punaisen eri sävyillä on esitetty kaavamerkintäalueen osuus lämmitystarpeesta,

joka voidaan kattaa maalämmöllä. Keltaisella on osoitettu lämmitystarve, joka tulee kattaa muilla energianlähteillä. Tiiviillä alueilla on suuri määrä maalämpöpotentiaalia, mutta sen tuotto riittää vain pieneen osaan rakennuskannasta.

Lisäksi kuvaajasta 12 havaitaan, että pientaloalueilla A4 maalämpöpotentiaali on merkittävä. Muiden kaavamerkintäalueiden osalta ei voida kaavamerkinnän perusteella arvioidaan maalämpöpotentiaalia, vaan tarkastelu tulee tehdä alueittain. Tarkempi erittely maalämpöpotentiaalista alueittain on esitetty liitteessä 3.

Kuvassa 27 on esitetty A4-alueiden sijoittuminen Helsingin kaupungin alueelle. Kuten kuvasta 27 havaitaan, pientaloalueita on sijoittunut erityisesti Helsingin pohjoisosiin.

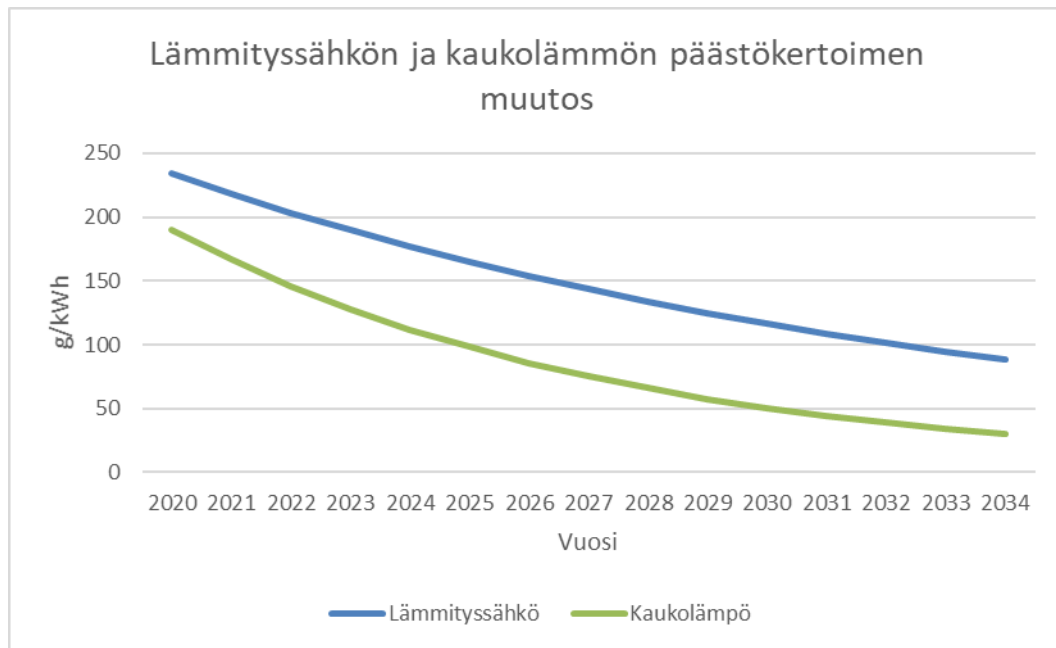


Kuva: 26 A4-alueiden sijoittuminen Helsingin alueelle.

10 Maalämmön vaikutus hiilidioksidipäästöihin

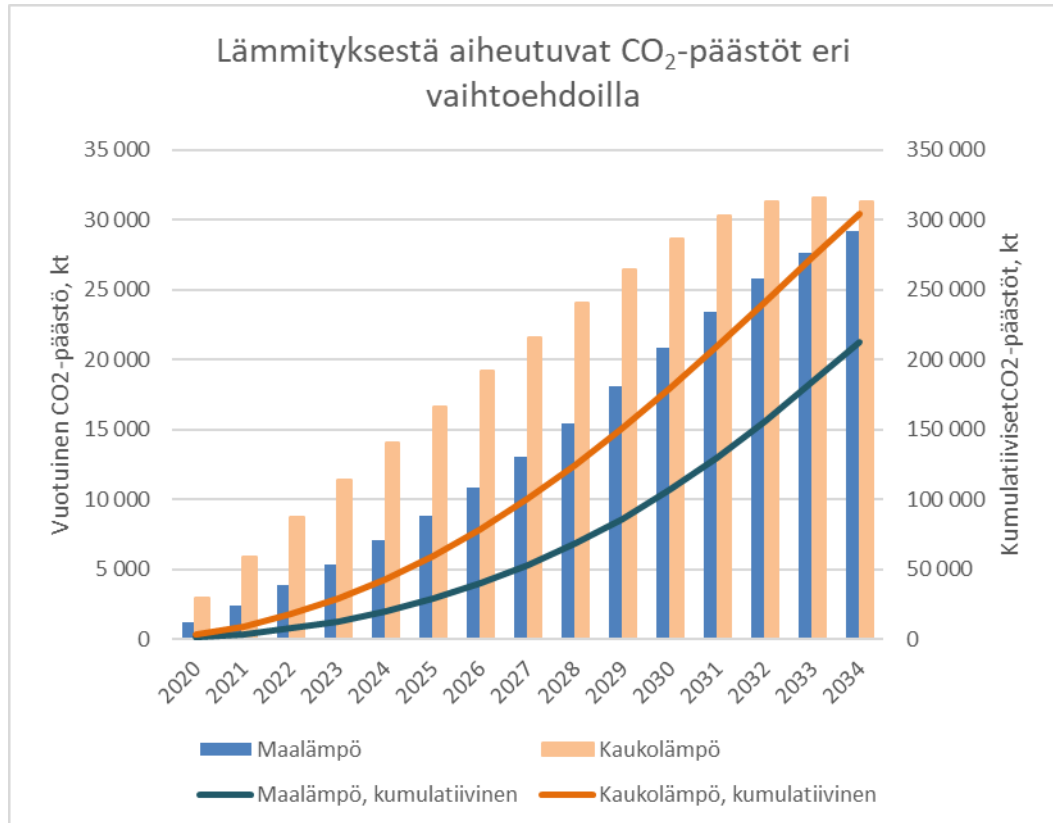
Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelman (2018) mukaan lämmityssähkön valtakunnallinen päästökerroin on nykyisin 234 g/kWh ja ennuste vuoden 2035 päästökertoimelle on 88 g/kWh. Toimenpideohjelmassa Helen Oy:n kaukolämmön nykyiseksi päästökertoimeksi on ilmoitettu 190 g/kWh. Vuoden 2035 päästökertoimeksi Helen ilmoitti 30 g/kWh

(Tolonen, 2019). Vuosien 2020 – 2035 välille arvioitiin tasainen päästökertoimen pienentyminen, jolla nykytasosta päästään ennusteiden mukaisiin päästökertoimiin. Päästökertoimien muutos on esitetty kuvaajassa 13.



Kuvaaja: 13 Energiantuotannon päästökertoimille arvioidut muutokset. Maalämmön päästökertoimen on murto-osa lämmityssähkön päästökertoimesta ja riippuu lämpöpumpun hyötysuhteesta.

Kappaleessa 6.4 Maalämpökaivojen toteutuskapasiteetti esitettiin arvio toteutettavasta maalämpökaivojen määrästä, jolla Helsingin lämmitysenergiatarpeesta 15 % katettaisiin maalämmöllä. Kappaleen 9.2 Arvio maalämmön osuudesta Helsingin lämmitystarpeen kattamisessa Helsingin uuden yleiskaavan tavoitevuonna 2035 perusteella 15 % osuus lämmitystarpeesta voidaan saavuttaa, mikäli lämmitysenergiankulutus onnistutaan pitämään nykytasolla ja maalämpöratkaisuja ryhdytään toteuttamaan alueellisesti. Helsingin 15 % maalämmön osuuden tavoitteeseen peilaten kuvaajassa 14 on esitetty vuotuiset sekä kumulatiiviset CO₂-päästöt, kun 15 % lämmitystarpeesta tuotetaan maalämmöllä tai vaihtoehtoisesti kaukolämmöllä. Laskennassa on oletettu, että lämmitystarve pysyy nykytasolla.



Kuvaaja: 14 Hiilidioksidipäästöjen vertailu, jos maalämmön osuutta kasvatetaan 15 %:iin Helsingin alueen lämmitystarpeesta vuoteen 2035 mennessä tai jos vastaava lämpömäärä tuotetaan kaukolämmöllä.

Kuvaajasta 14 havaitaan, että 2020-luvun alussa maalämpöön siirtyminen vähentää hiilidioksidipäästöjä merkittävästi kaukolämpöön verrattuna. Ero maalämmön ja kaukolämmön aiheuttamissa vuotuisissa hiilidioksidipäästöissä pienenee ajan kuluessa ja vuonna 2035 vaihtoehdot tuottavat suurin piirtein yhtä paljon CO₂-päästöjä. Maalämmön ja kaukolämmön välillä kumulatiivisten päästöjen ero on noin 45 % aikajänteellä 2020 – 2035.

11 Johtopäätökset

Selvityksen perusteella Helsingin alueen lämmitystarpeesta on laskennallisin perustein mahdollista tuottaa noin 14 – 18 % maalämmön avulla vuonna 2035. Esitetyt prosenttiluvut ovat teoreettisia, sillä lukujen takana ei ole vielä tarkempaa maankäytön suunnittelua ja toisaalta prosenttiosuus Helsingin lämmitystarpeesta perustuu ennusteisiin kokonaislämmitystarpeen muutoksesta. Tavoitteen saavuttaminen vaatii merkittävää kasvua maalämpökaivojen porauskapasiteettiin sekä maalämpöpumppujen myyntimääriin, jotta maalämmön tuotantoa pystytään toteuttamaan riittävästi vuoteen 2035 mennessä. Käytännössä

tuotantokapasiteetti näyttää riittävän ainoastaan tilanteessa, jossa Helsingin alueen lämmitystarve pystytään pitämään nykytasolla.

Maalämpöpotentiaalin suuruuteen vaikuttaa olennaisesti se, pystytäänkö Helsingin lämmitystarve pitämään nykytasolla parantamalla vanhojen kiinteistöjen energiatehokkuutta sekä hyödyntämällä muita ilmaisenergioita. Maalämpöön siirtyminen tukee HNH2035-tavoitetta, sillä jo 2020-luvun alussa maalämpöön siirtyminen vähentäisi hiilidioksidipäästöjä merkittävästi kaukolämpöön verrattuna. Vuosien 2020 – 2035 aikana maalämmön ja kaukolämmön aiheuttamien päästöjen kumulatiivinen ero on noin 45 %, mutta vuotuinen ero aiheutuneissa päästöissä vuonna 2035 on enää noin 7 %.

Lähtökohtaisesti parhaiten maalämmölle soveltuvia alueita ovat yleiskaavan A4-alueet, joiden maalämpöpotentiaali on merkittävä. Östersundomin kuntien yhteinen yleiskaava tukee maalämmön hyödyntämistä tavoitteidensa kautta, mutta nykyisten pientalojen suora sähkölämmitys heikentää lämmitysmuodon vaihtamisen taloudellista kannattavuutta. Muiden kaavamerkintäalueiden osalta ei voida kaavamerkinnän perusteella arvioimaan maalämpöpotentiaalia, vaan tarkastelu tulee tehdä alueittain. Yleisesti maalämpöpotentiaaliiltaan parhaimpina alueina voidaan mainita esimerkiksi Viikinranta, Vartiosaari, Vanha Munkkiniemi, Torpparinmäki, Tapaninvainio, Roihuvuori, Roihupelto, Pukinmäki, Malmin lentokenttä, Länsi-Herttoniemi, Lehtisaari, Kumpula, Jakomäki ja Ala-Malmi.

Maalämmön hyödyntämisen mahdollisuudet heikentyvät rakennustehokkuuden lisääntyessä. Tiiviisti toteutetulla, maalämpöjärjestelmään perustuvalla alueella rakennusta kohti tarvittavien maalämpökaivojen määrä kasvaa merkittävästi, mikä vaikuttaa myös maalämpökentän kokoon. Maaperästä saatavan energian määrään vaikuttavat merkittävästi ympäröivät lämpökaivot, joten maalämpöratkaisuja luvitettaessa tulisi aina tutkia myös alueellinen tilanne ja tarkastella maalämmön hyödyntämistä laajemmassa kokonaisuudessa. Maalämpökaivojen käyttäytymisen ymmärtämiseksi toimenpideluvan yhteydessä suositellaan vaatimaan maalämpökentän mallintamista simulointiohjelmistolla sekä 40 metrin etäisyydellä olevien maalämpökaivojen huomioimista. Näin voidaan varmistaa, että uusi maalämpökenttä toimii suunnitellusti eikä heikennä naapureiden maalämmön tuotantoa.

Esitetyn maalämpöpotentiaalin saavuttaminen edellyttää alueellisten ratkaisujen käyttöönottoa ja niiden edistämistä aluekehitysvaiheessa, sillä nykyiset lupakäytännöt rajoittavat merkittävästi maalämpökaivojen sijoittamista toteuttajan omistaman tai vuokraaman tontin ulkopuolelle. Lupakäytäntöjä tulisi uudistaa siten, että alueellisille maalämpöratkaisuille voi hakea toteutuslupaa myös esimerkiksi kaupungin puistoalueille tai liikenneväylien varrelle. Lupakäsittelyyn voisi sisältyä tarpeen mukaan maalämpökaivojen sijoittamiseen liittyviä neuvotteluja, joiden avulla kartoitettaisiin tontin ulkopuolisia alueita, joille maalämpökaivojen sijoittaminen on mahdollista.

Alueellisten maalämpöratkaisujen toteuttamista voidaan edistää osana alueellista yleisuunnittelua ottamalla energiaoperaattorit mukaan suunnittelemaan alueellisen maalämpöjärjestelmän toteutusta ja tilavarauksia. Maalämpöpotentiaalin hyödyntäminen edellyttää

alueellisen tason tarkastelua viimeistään asemakaavavaiheessa, jotta riittävät maalämmölle varattavat yleiset - tai yhteiskäyttöalueet voidaan osoittaa maalämmön hyödyntämisen näkökulmasta edullisille sijainneille. Maanomistajien tasapuolisen kohtelunkin vuoksi tonttikohtaisen tarkastelun sijaan tulisi pyrkiä yhteiseen alueelliseen ratkaisuun. Alueellisten ratkaisujen toteuttamista voitaisiin edistää myös huomioimalla maalämmön vaatimat tilavaraukset osana kunnallisteknistä suunnittelua vastaavasti kuin esimerkiksi viemäri-, vesi-, kaukolämpö- ja kaukokylmäverkostot sekä edistämällä maalämpöratkaisujen toteuttamista hankekaavojen yhteydessä.

Kaavoituksella voidaan ohjata maalämpöjärjestelmien rakentamista välillisesti siten, että kaavassa osoitetaan kaavatasosta riippuen alue- tai korttelivarauksina alueet, joilla maalämpöratkaisut ovat mahdollisia. Tällöin maalämmön hyödyntäminen voitaisiin kaavoitusvaiheessa sallia esimerkiksi tontin ulkopuolelle maanomistajan luvalla. Esimerkiksi Espoon kaupungilla on käytössään kaavamääräyksiä, joissa tietyille kiinteistöille on annettu lupa hyödyntää viereisiä puistoalueita maalämpökaivojen toteuttamiseen maanomistajan luvalla. Tehdyn tarkastelun perusteella tällaisia alueita Helsingissä olisivat lähes kaikki pienaloalueet.

Alueiden käytön suunnittelua ohjaava lainsäädäntö ei ota enää suoraan kantaa siihen, kuinka kiinteistöjen lämmitys tulisi järjestää kaavoituksessa annettavilla määräyksillä. Kaavamääräykset eivät voi sisältää määräystä kiinteistökohtaisesta lämmitysmuodosta (KHO 2017:48, tapaus koskee jo kumotun MRL 57 a §:n tulkintaa). Maankäyttö- ja rakennuslain 57 a §:n kumonneen säännöksen (873/2018) perusteluissa on todettu, että kumottavan säännöksen mukainen asemakaavamääräys rajoittaa maanomistajan tai haltijan valinnanvapautta. Kaupunki voi kuitenkin edistää maalämmön ja muiden uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämistä esimerkiksi kaupungin ja sen yhteistyökumppaneiden järjestämällä arkkitehtuuri- ja ideakilpailuilla, joissa laatupisteitä saa kyseisten ratkaisujen hyödyntämisestä.

Maalämpöpotentiaalın näkökulmasta maanalaisen kaavoituksen yhteydessä tulisi huomioida maalämmölle potentiaalisimmat alueet ja pyrkiä sijoittamaan erityisesti kantakaupungin ulkopuolella sijaitsevat maanalaiset tilat mahdollisuuksien mukaan erilleen maanpäällisestä rakentamisesta. Maalämpöpotentiaali menetetään, mikäli laaja maanalainen rakentaminen sijoittuu maanpäällisen kaavan maalämpöpotentiaaliltaan korkeiden rakentamisalueiden yhteyteen. Tämä voidaan estää siten, että korkean maalämpöpotentiaalın alueille ei suunnitella uusia maanalaisia tiloja, mikäli se on muun maankäytön kannalta mahdollista.

Maanalaisten tilojen kaavoituksessa voidaan huomioida maanpäällisen ja maanalaisen rakentamisen erilaiset aikajänteet: mikäli maanalaisen tilavarauksen käyttöönotto on epävarmaa tai sijoittuu yli 10 vuoden päähän, voitaisiin alueelle sallia väliaikaisia maalämpökaivoja, jotka toteuttaja sitoutuisi poistamaan käytöstä maanalaista tilavarausta käyttöönotettaessa.

Kantakaupungin osalta maalämmön hyödyntämistä rajoittavat merkittävästi nykyiset maanalaiset tilat, joista suurin osa on kunnallistekniikkaan tai raideliikenteeseen liittyviä tilavaroja ja näin ollen maalämpökaivojen toteuttaminen niiden läpi tai niiden alapuolelle ei ole mahdollista. Lisäksi kantakaupungin alueella maalämpöpotentiaali on verrattain heikko, joten maalämmön hyödyntämistä kantakaupungissa ei ole tarpeen edistää 15 % lämmitysosuuden saavuttamiseksi. Uusiutuvan energian tuotantoa ja lämmitystarpeen pienentämistä erityisesti kantakaupungin avulla voidaan edistää muiden lämmöntuotantomuotojen, kuten poistoilma- ja ilmajäähdytyslaitteiden, kautta.

Kantakaupungin lisäksi maalämmön poissulkeminen kaavoituksessa tulee esiin mm. tilanteissa, jolloin suunnittelualueella sijaitsee pohjavesialueita, arvokkaita kalliioalueita, luonnonsuojelukohteita, arkeologista kulttuuriperintöä tai liikenneväyliä. Hyvin suunniteltujen viemäriputkien avulla maalämpökaivoja voidaan toteuttaa myös liikenneväylien alle, mutta tämä vaatii muutoksia nykyisiin lupakäytäntöihin.

Maalämmön poissulkeminen voidaan kaavamääräyksellä siirtää rakennuslupavaiheeseen. Helsingin kaupungin rakennusjärjestyksen (voimassa 1.11.2010 alkaen) 58 §:ssä on annettu tarkentavaa ohjeistusta maanalaisesta rakentamisesta koskien. Sen mukaan maalämpöreikää porattaessa ei saa vahingoittaa maanalaisia kaukolämpö-, vesi- ja viemäri- ym. tunneleita, johtoja tai kaapeleita, eikä kalliokatteista tilaa, kuten johtotunneleita väestönsuojia ja pysäköintilaitoksia. Rakennusjärjestyksen määräyksen 58 §:n toisen kohdan mukaan rakentamisessa on erityisesti varmistettava siitä, ettei sillä ole vaikutusta ympäristössä jo olemassa olevien maanpäällisten ja maanalaisen rakenteiden turvallisuuteen. Käytännössä maalämpöhanketta suunnitteleva teettää rakennettavuusselvityksen Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön toimialan asiakaspalvelun yhteydessä toimivalta johtotietopalvelun alueiden käyttö ja valvonta -yksiköltä. Rakennettavuusselvityksessä tarkastetaan myös maalämpökaivojen rakentamisen edellytykset.

Lähteet

Agendasta teoiksi, YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden toteutuminen Helsingissä 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/helsinki/julkaisut/SDG-VLR-Helsinki-2019-fi.pdf>

Case Niittykumpu 3. 2019. Verkkoaineisto. ST1. Saatavissa: <https://www.st1.fi/yksityisille/tuotteet-ja-palvelut/st1-lahienenergia/referenssit-ja-asiakkaat/case-niittykumpu-3-st1>

Energia- ja ilmastoatlas: Laskennallinen energiankulutus Helsingin rakennuskannassa ikäryhmittäin. 2018. Verkkojulkaisu. Helsingin kaupunki. Saatavissa: https://kartta.hel.fi/3d/atlas/#/iframe?iframe=..%2FAtlas%2Fshared%2F6_Rakennusten_laskennalliset_kulutukset.pdf

Energiatehokkuuden edistäminen Helsingin kaupungin asuntotuotannossa. 2009. Verkkoaineisto. Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/liitteet/kanslia/aluerakentaminen/kehittyvakerrostalo/Julkaisut/energiatehokkuuden-edistaminen-helsingin-kaupungin-asuntotuotannossa.pdf>

Helsingin geoenergiapotentiaali. Työnumero GEO 8009. 2019. Geologian tutkimuskeskus (GTK). Espoo.

Helsingin maanalainen yleiskaava. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. Saatavissa: <https://www.hel.fi/Helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/ajankohtaiset-suunnitelmat/maanalainen-yleiskaava>

Helsingin yleiskaava. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. Saatavissa: <http://www.yleiskaava.fi/>

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

Maalämpötyöryhmän ehdotus: Maalämpökaivot Helsingissä. Työnumero GEO 6802. 2019. Helsingin kaupunki.

PEK-selvitys. 2011. Verkkojulkaisu. Helsingin kaupunki. Saatavissa: <https://www.stadinil-masto.fi/files/2013/04/PEK-raportti.pdf>

Reflex: Intelligence on demand. 2019. Verkkojulkaisu. Reflex. Saatavissa: <https://reflexnow.com/>

Rototec: Tomi Mäkiäho ja Niko Pihlanen. Tapaaminen 24.10.2019. Helsinki.

Tolonen, Rauno. 18.09.2019. Sähköpostikeskustelu.

Tuominen et al. Calculation method and tool for assessing energy consumption in the building stock. 2014. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/science/2015/S117.pdf>

Uutta Helsinkiä. 2019. Verkkojulkaisu. Helsingin kaupunki. Saatavissa: <https://www.uuttahelsinki.fi/fi>

Liitteet

Liite 1. Ote Helsingin uuden yleiskaavan toteuttamisohjelmasta.

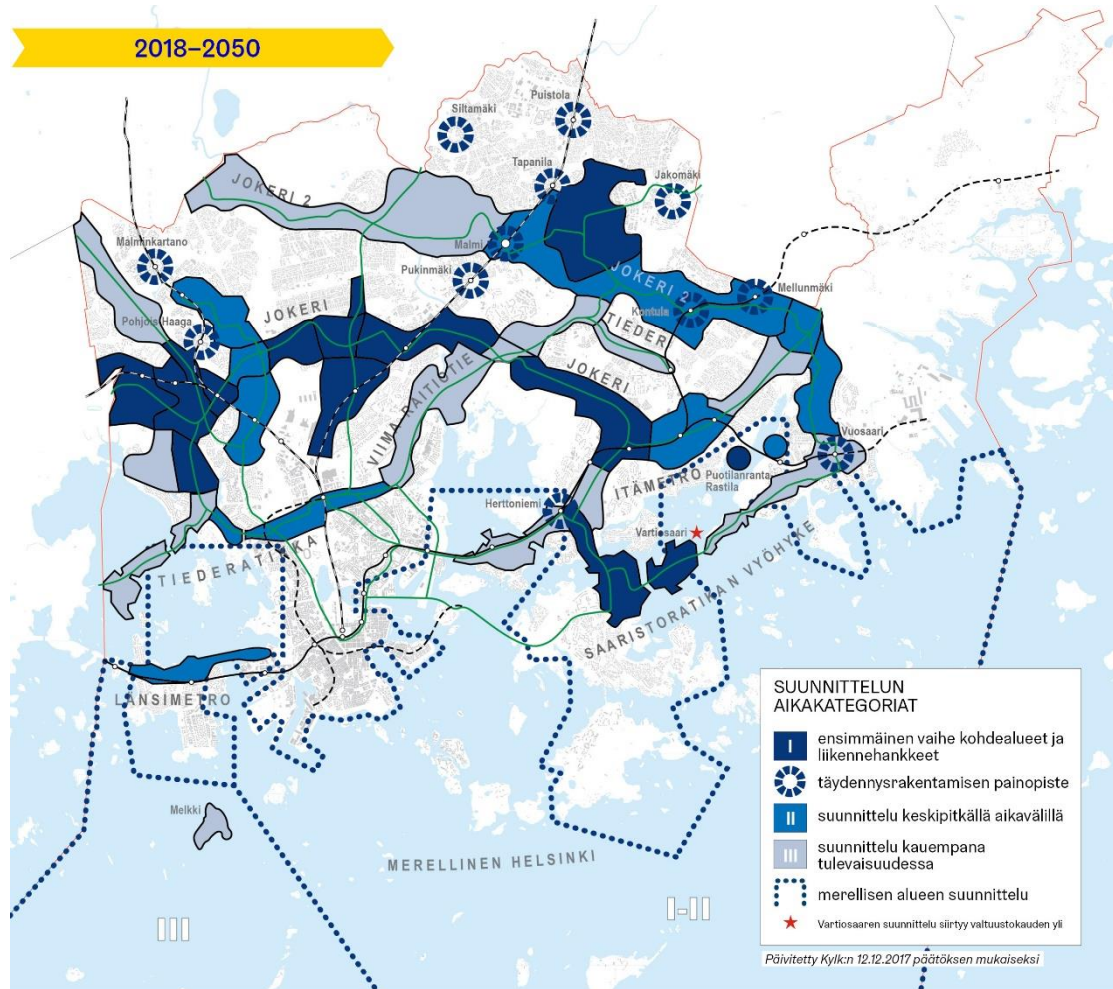
Liite 2. Kivilajin valinnat tarkasteluissa

Liite 3. Korttelikaaviot

Liite 4. Maalämmön hyödyntämispotentiaali Helsingin uuden yleiskaavan mukaisten kaavamerkintöjen perusteella

Liite 5. Korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisukäytäntö

LIITE 1. Ote Helsingin uuden yleiskaavan toteuttamishohjelmasta



Kuva: 1.1 Ote Helsingin uuden yleiskaavan toteuttamishohjelmasta.

LIITE 2. Kivilajin valinnat tarkasteluissa

GTK:n raportissa ”Helsingin geoenergiapotentiaali” (2019) on mitattu 16 graniittinäytteen tiheys, joiden avulla raportissa on laskettu Helsingissä sijaitsevan graniitin volumetrisen lämpökapasiteetin arvoksi 1,905 MJ/m³, K.

Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa (2019) esitetyt volumetriset lämpökapasiteetit erosivat huomattavasti maalämpökaivojen mitoituksessa käytettävän Earth Energy Designer (EED)-ohjelman arvoista. EED-ohjelmassa esitetään graniitin volumetrisen lämpökapasiteetin vaihteluväliksi 2,05 – 2,96 MJ/m³,K ja suositukseksi 2,4 MJ/m³, K.

Helsingin geoenergiapotentiaali -raportin (2019) ja EED-ohjelman suositusten välisen suuren eron vuoksi päätettiin päätarkasteluissa painottaa EED-ohjelman suosittamaa arvoa korjaamalla sitä vain hieman alaspäin arvoon 2,3 MJ/m³, K. Herkkyystarkastelut toteutettiin Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa ilmoitetulla, mittauksiin perustuvalla arvolla 1,905 MJ/m³, K. Päätarkastelussa painotettiin EED-ohjelman suositusta johtuen Helsingin maaperästä otettujen näytteiden vähyydestä (16 kpl). Lämmönjohtavuudeksi valittiin Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa esitetty arvo, sillä ero EED-ohjelman suositusarvoon oli pieni. Taulukossa 2.1 on esitetty päätarkastelussa käytetyt graniitin tekniset arvot.

Päätarkastelu	C [MJ/m ³ ,K]	k [W/m,K]
Graniitti	2.3	3.2

Taulukko 2.1: Päätarkastelun kivilaji ja tekniset arvot.

Herkkyystarkasteluun valittiin Helsingissä graniitin jälkeen esiintymistiheydeltään yleisimmät kivilajit. Kivilajeja tarkasteltaessa käytettiin lähtötietoina taulukossa 2.2 esitettyjä arvoja.

Kivilajien tekniset arvot	Helsingin geoenergiapotentiaali (2019)		Earth Energy Designer -ohjelman suositusarvot	
	C	k	C	k
Graniitti	1.905	3.2	2.4	3.4
Kiillegneissi	1.967	2.87	2.1	2.9
Kvartsi-maasälpagneissi	2.021	3.1	-	-
Granodioriitti	1.952	3.17	2.6	3.3
Amfiboliitti	2.106	2.66	2.6	2.9

Taulukko 2.2: Kivilajien tekniset arvot Helsingin geoenergiapotentiaali -raportista (2019) ja EED -ohjelmasta.

Volumetrisen ominaislämmön, C, osalta ääripäävät Helsingin geoenergiapotentiaali -raportin mukaan graniitti ja amfiboliitti ja mitoitusohjelman mukaan kiillegneissi ja amfiboliitti.

Lämmönjohtavuuden, k , osalta ääripäät ovat Helsingin geoenergiapotentiaali -raportin mukaan amfiboliitti ja graniitti ja mitoitusohjelman mukaan amfiboliitti ja graniitti.

Näistä tiedoista ja Helsingin alueen kivilajikarttaan perustuen päätettiin herkkyystarkastelussa käyttää graniitin osalta Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa (2019) graniitille mittaustulosten perusteella johdettuja arvoja sekä kiillegneissin osalta EED-ohjelman suositusta volumetrisen lämpövuon osalta ja Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa esitettyä arvoa lämmönjohtavuuden osalta. Arvot on esitetty taulukossa 2.3.

Herkkyystarkastelu	C [MJ/m ³ ,K]	k [W/m,K]
Graniitti	1.9	3.2
Kiillegneissi	2.1	2.87

Taulukko 2.3: Herkkyystarkastelun kivilajit ja tekniset arvot.

Amfiboliitti jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, sillä Helsingin geoenergiapotentiaali -raportin (2019) mukaan sen määrä on vähäinen verrattuna graniittiin ja kiillegneissiin.

Kiillegneississä luotettiin EED-ohjelman antamaan volumetrisen ominaislämmön arvoon johtuen Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa (2019) esitettyjen mittaustulosten vähyyteen (9 kpl).

Graniitin kohdalla herkkyystarkasteluun valittiin Helsingin geoenergiapotentiaali -raportissa (2019) esitetyt keskimääräistä heikommat tekniset arvot, jotta pystyttiin arvioimaan niiden vaikutusta maalämpökaivojen määrään.

LIITE 3. Korttelikaaviot

Pasila – yleiskaava C1/C2



Pinta-ala

45 200 m²

Tonttialueet

36 500 m²

Rakennusoikeus

88 500 m²

Korttelitehokkuus e_k

= 2,4

Aluetehokkuus e_a

= 2,0

Verkkosaari – yleiskaava C2

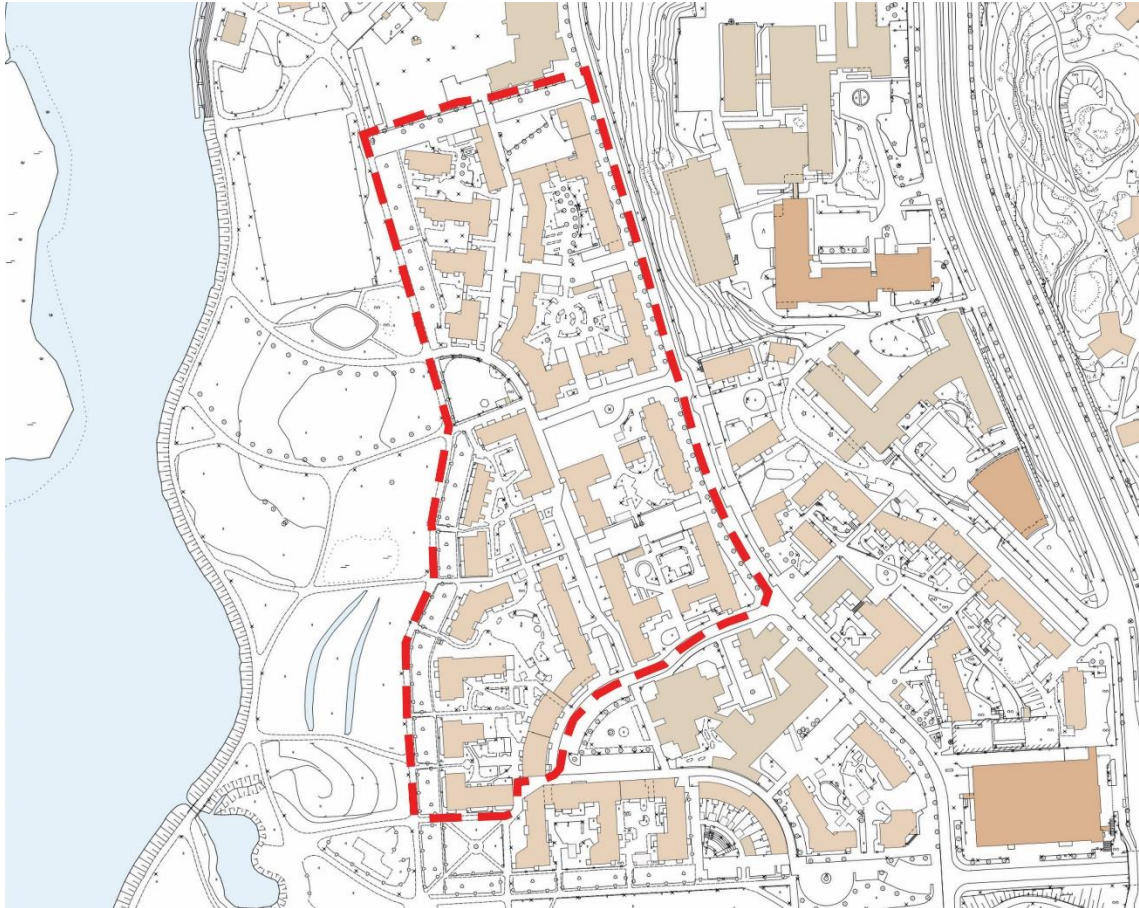


Pinta-ala	48 400 m ²
Tonttialueet	41 400 m ²
Rakennusoikeus	75 750 m ²
Korttelitehokkuus e _k	= 1,8
Aluetehokkuus e _a	= 1,6

88 (101)

MAANKÄYTÖN SUUNNITTELU JA
MAALÄMPÖ

Pikku Huopalahti – yleiskaava A2



Pinta-ala 47 500 m²

Tonttialueet 33 900 m²

Rakennusoikeus 41 500 m²

Korttelitehokkuus e_k = 1,2

Aluetehokkuus e_a = 0,9

Pakila – yleiskaava A4



Pinta-ala

46 400 m²

Tonttialueet

41 600 m²

Rakennusoikeus

10 400 m²

Korttelitehokkuus e_k

= 0,25

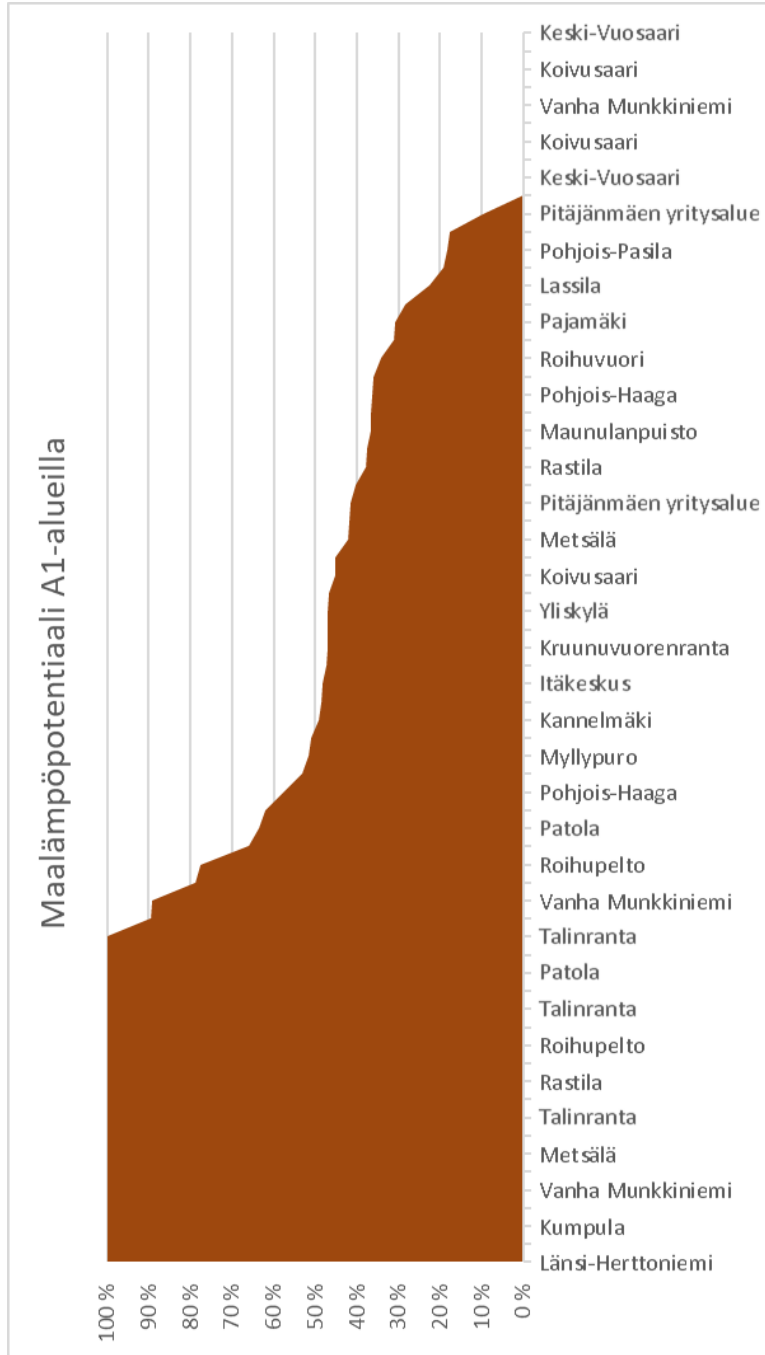
Aluetehokkuus e_a

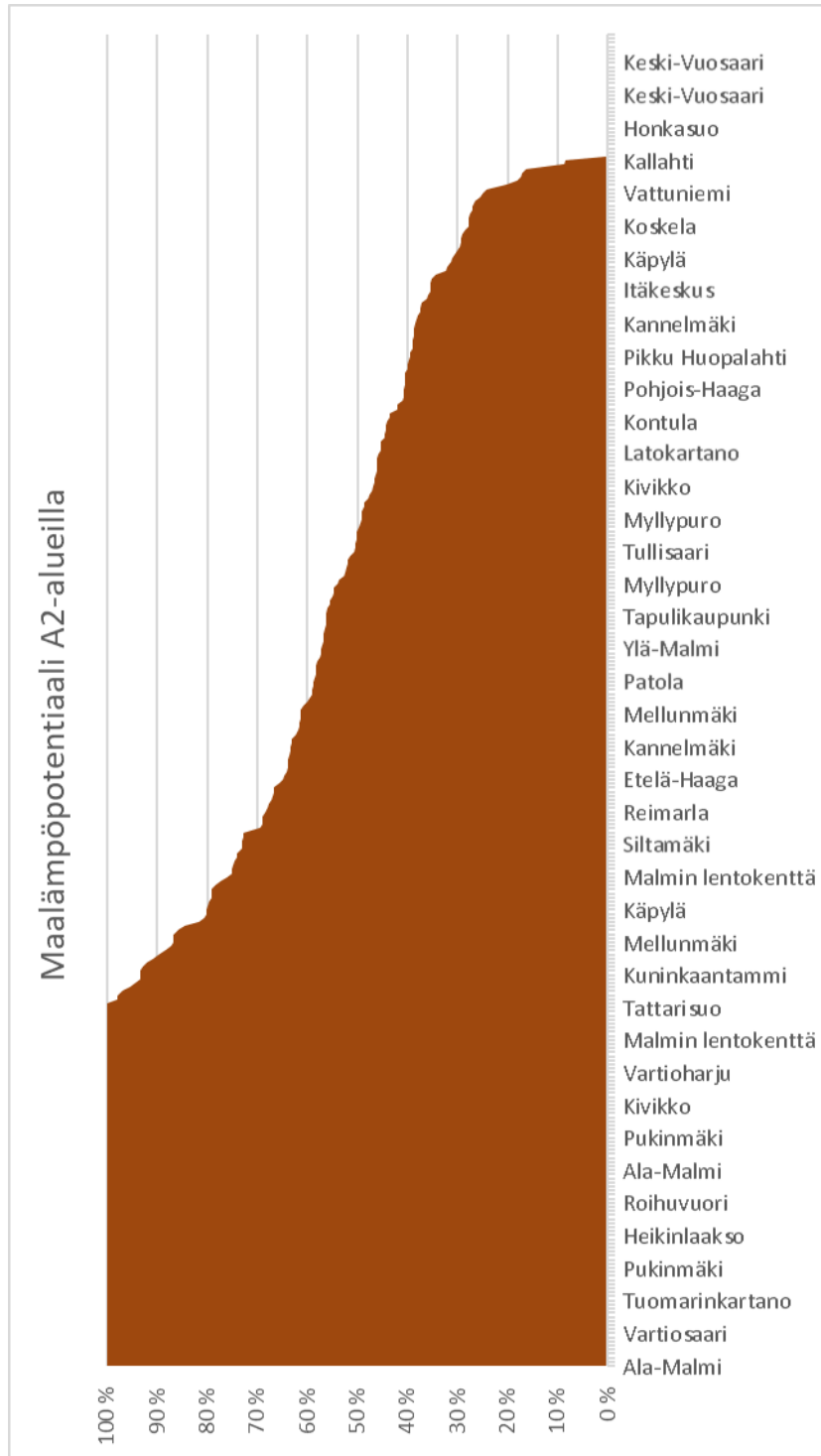
= 0,22

90 (101)

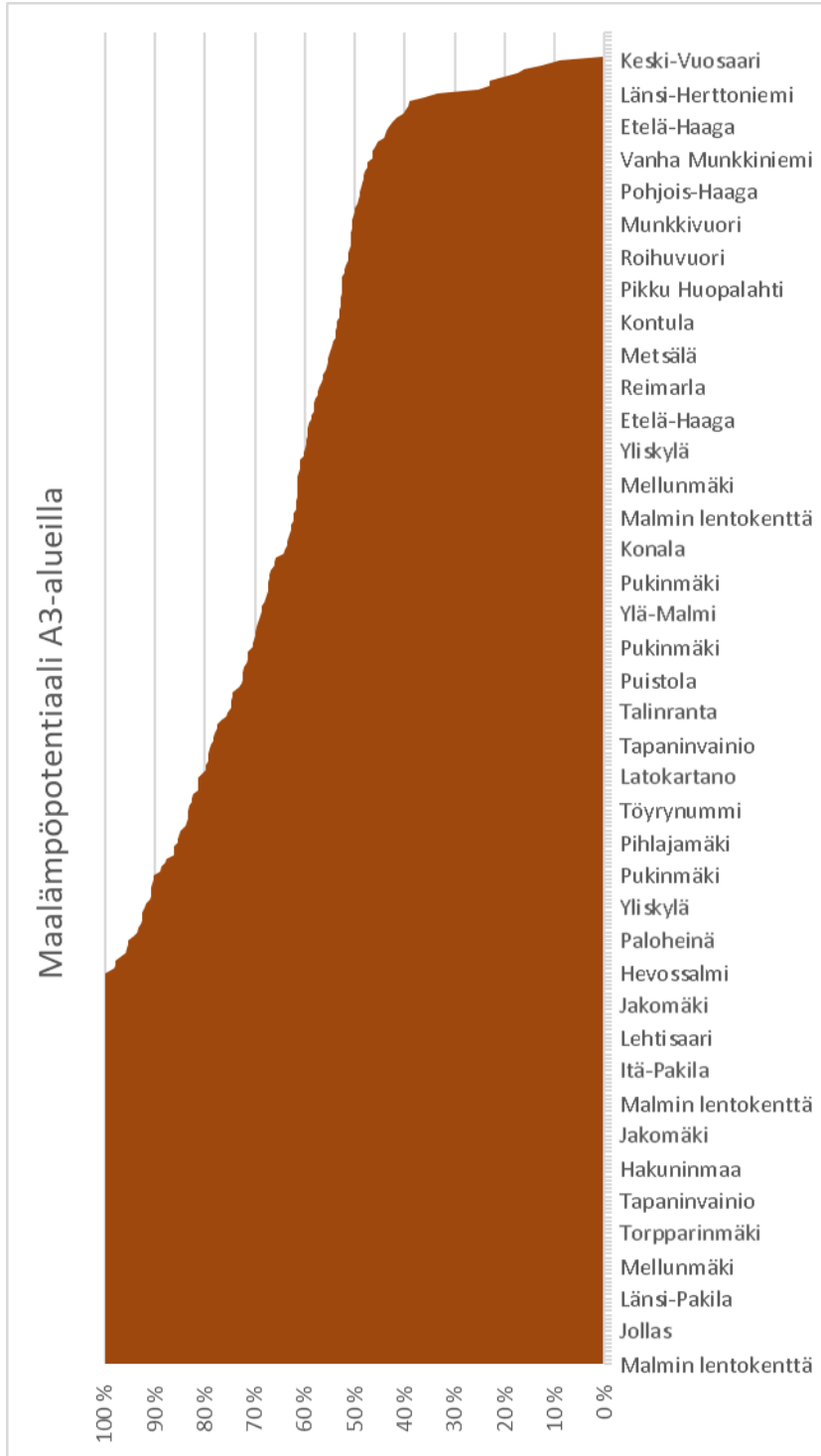
MAANKÄYTÖN SUUNNITTELU JA
MAALÄMPÖ

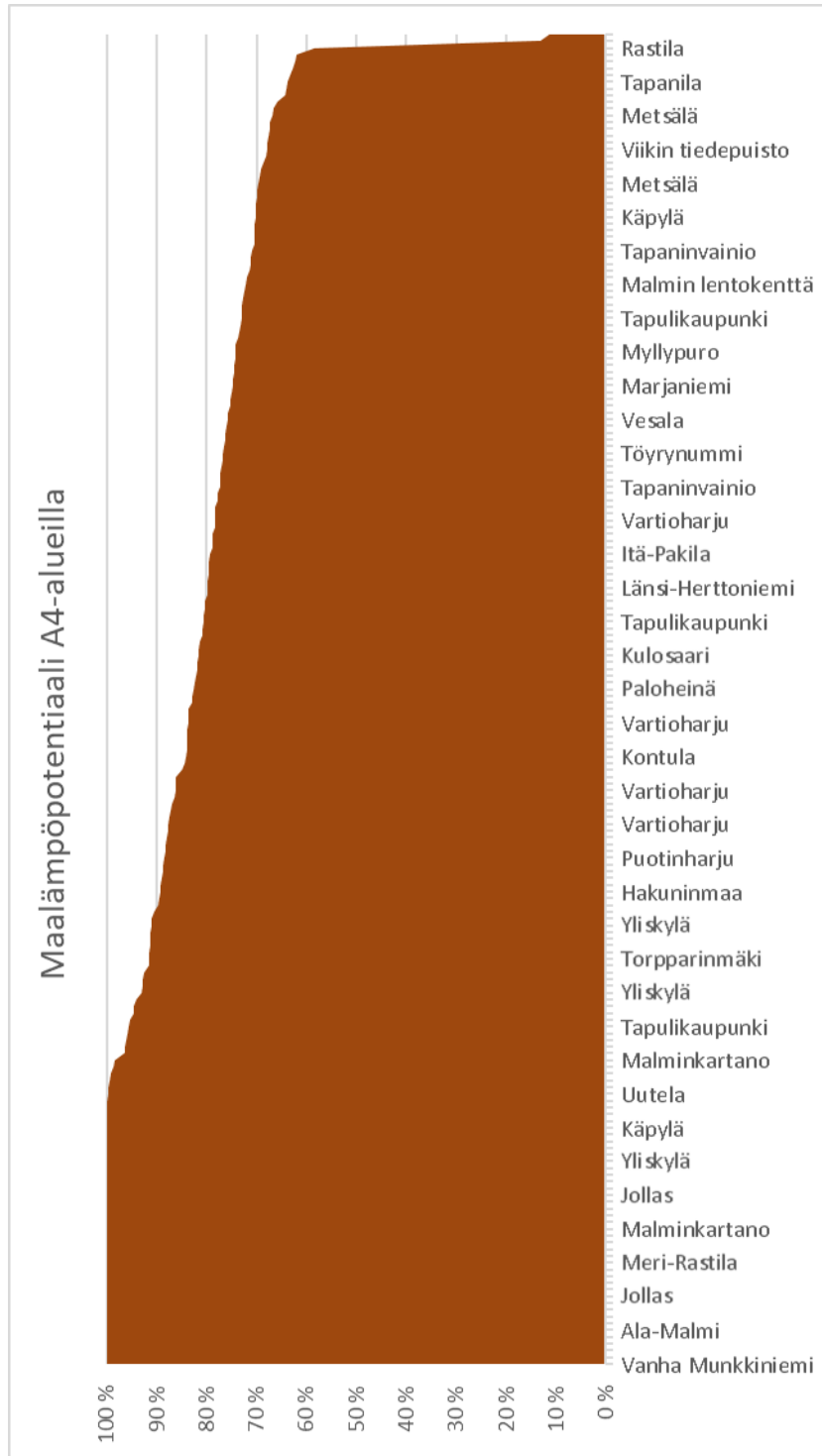
LIITE 4. Maalämmön hyödyntämispotentiaali Helsingin uuden yleiskaavan mukaisten kaavamerkintöjen perusteella



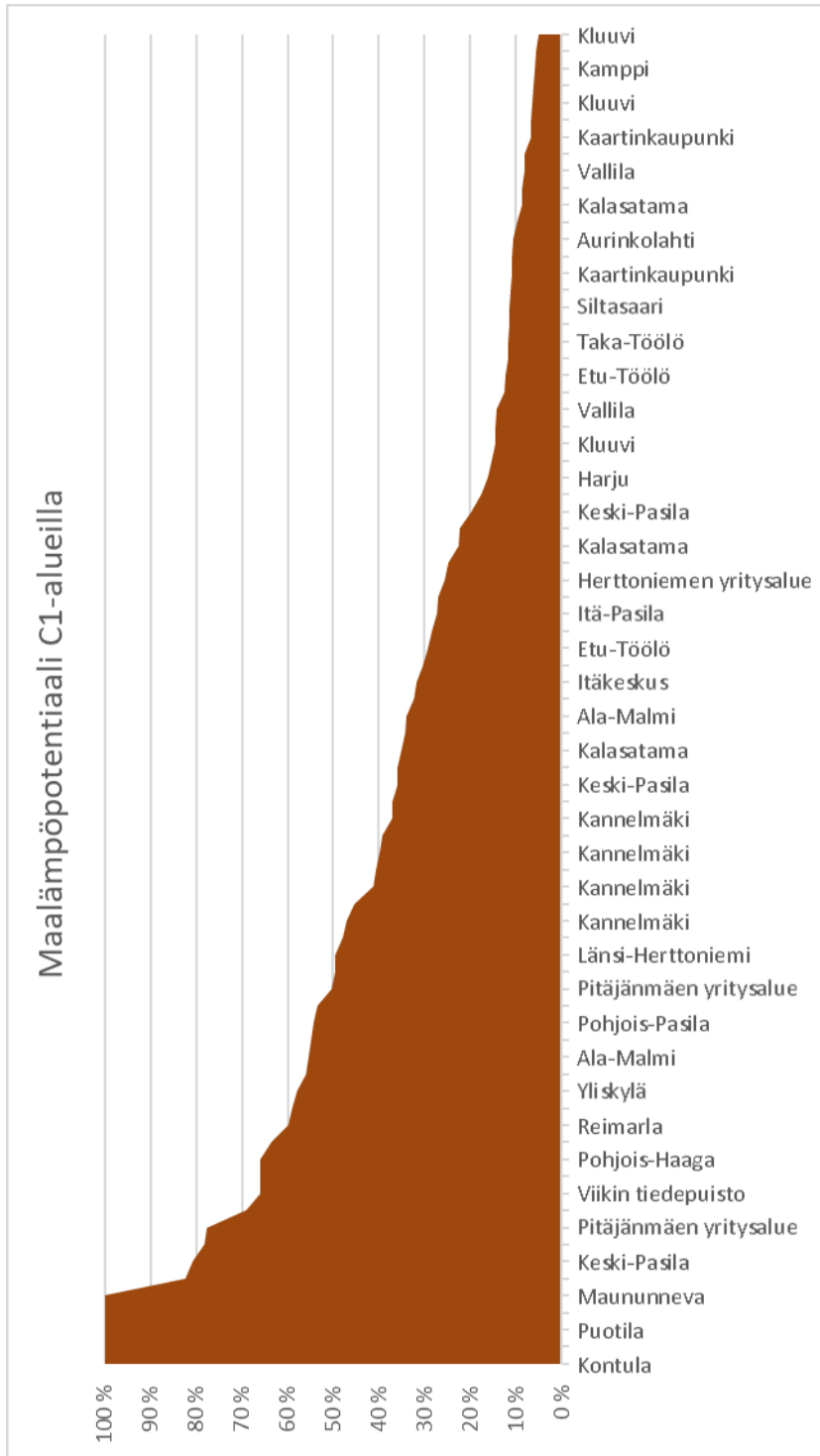


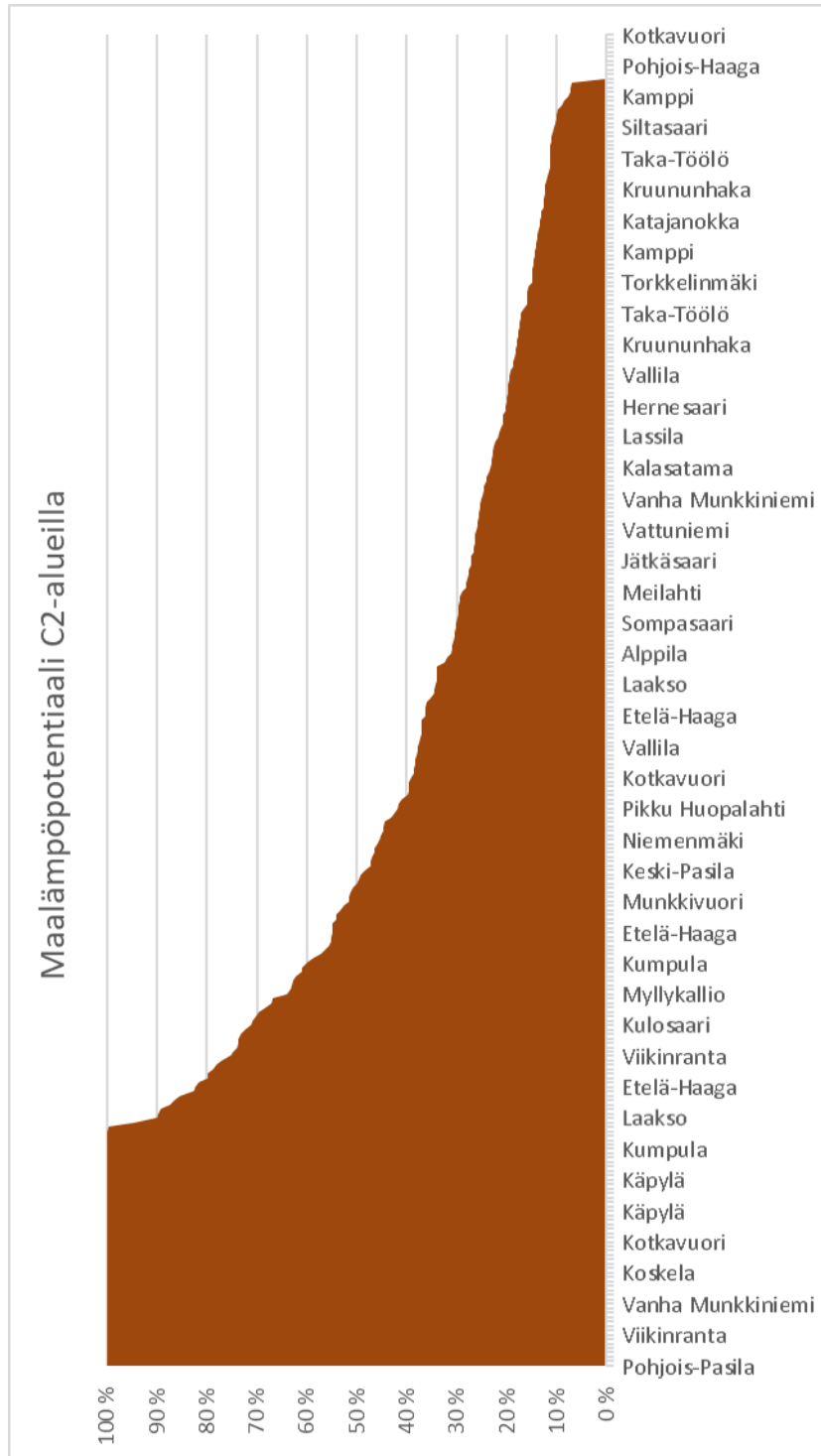
92 (101)



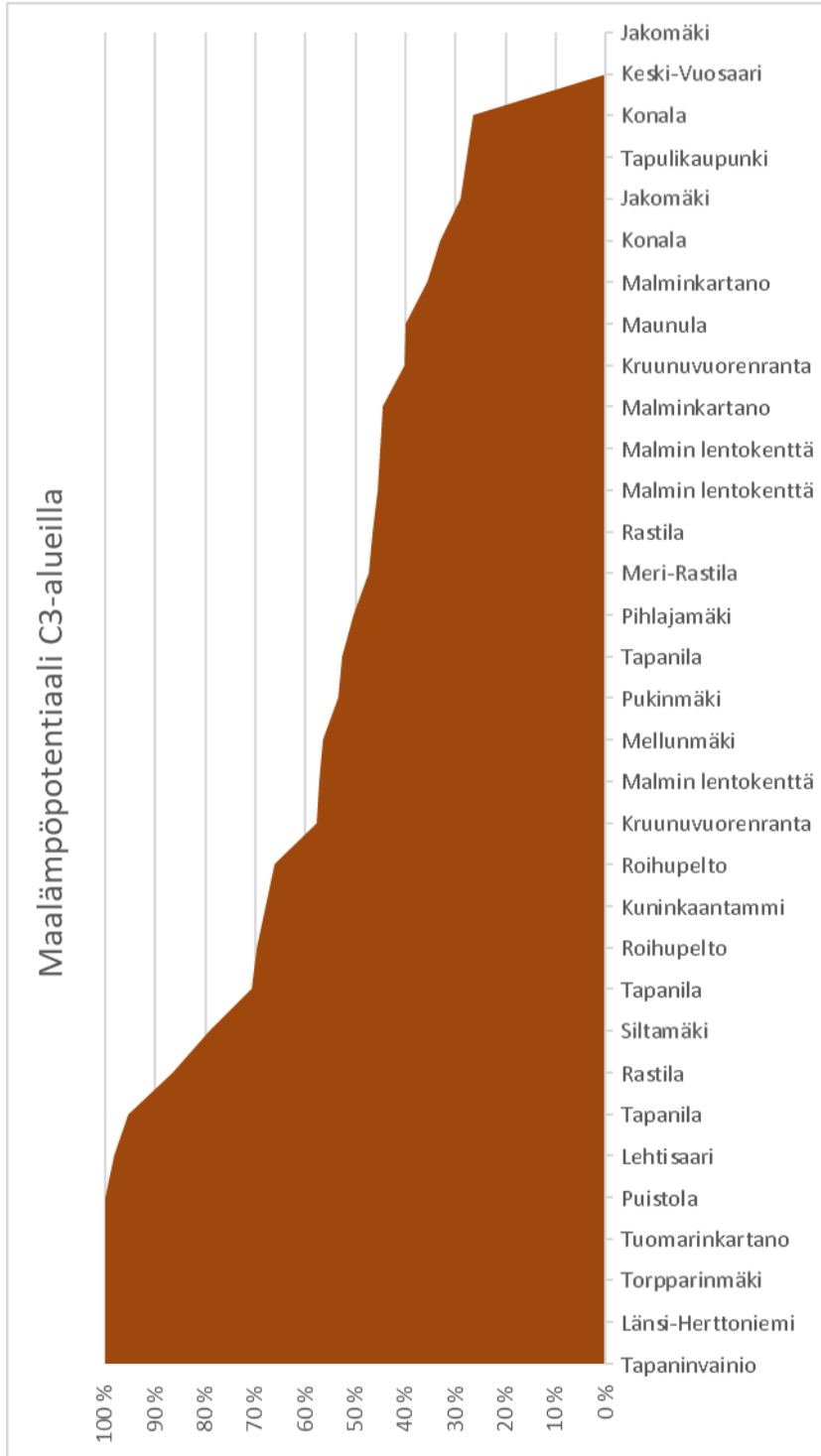


94 (101)





96 (101)



LIITE 5. Korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisukäytäntö

Tarkasteltavaksi on valittu korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisut, joissa käsitellään maalämmön rakentamiseen liittyviä kysymyksiä. Näin ollen esimerkiksi verotukselliset ratkaisut on rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Tapausta KHO 2017:48 lukuun ottamatta kaikissa muissa esiteltyissä tapauksissa on ollut kysymys maalämpökaivohankkeisiin liittyvän vesitalousluvan myöntämisen edellytyksistä. Korkeimman hallinto-oikeuden ratkaisukäytännöstä käy ilmi, että maalämpöhankkeista on yleisesti ottaen arvioitu aiheutuvan sellaista vaara hankealueen läheisyydessä oleville pohjavesille, ettei maalämpöhankkeesta yksityisille eduille saatavat hyödyt ole ylittäneet pohjaveden pilaantumisen vaarasta aiheutuvia yleisen edun menetyksiä. Ainoastaan yhdessä tapauksessa (KHO 2016:2012 (muu päätös)) maalämpöhankkeelle myönnettiin vesitalouslupa, koska maalämpöhankkeen suojaustoimien katsottiin olevan riittävät yhdessä lupamääräysten kanssa suojaamaan pohjavesi pilaantumiselta.

KHO 2019:37

Hankkeen tarkoituksena oli korvata valittajien omistamalla kiinteistöllä sijaitsevan asuinrakennuksen öljylämmitysjärjestelmä maalämmöllä energiakustannusten pienentämiseksi. Hanketta varten kysymyksessä olevan kiinteistön kallioperään oli tarkoitus porata energiakaivo noin 180 metrin syvyyteen. Energiakaivo tulisi sijoittamaan pohjavesialueelle pohjaveden varsinaiselle muodostumisalueelle. Hankkeen toteuttaminen edellytti siten vesilain nojalla myönnettävää lupaa. Luvan myöntämisen edellytyksiä tuli arvioida vesilain 3 luvussa säädetyn intressivertailun mukaisesti.

Hankkeesta pohjaveden laadulle pohjaveden muodostumisalueella aiheutuva vaaraa oli vesilain mukaisessa intressivertailussa haittoja arvioitaessa pidettävä huomattavana häirtana. Hankkeessa vesilain mukaisessa intressivertailussa huomioon otettavat yksityiselle edulle saatavat hyödyt eivät olleet vesilain 3 luvun 4 §:n 1 momentin 2 kohdassa edellytetyin tavoin yleiselle edulle koituvia menetyksiä huomattavasti suurempia. Sen vuoksi hakemus oli hylättävä, eikä hankkeelle näin ollen myönnetty vesilain mukaista vesitalouslupaa.

KHO 2017:48

A ja B olivat hakeneet lupaa omakotitalon pääasiallisen lämmitysjärjestelmän muuttamiseksi kaukolämmöstä maalämmöksi ja maalämpökaivon poraamiseksi. Alueella voimassa olevan asemakaavan yleisissä määräyksissä oli määrätty, että rakennukset on liitettävä maankäyttö- ja rakennuslain 57 a §:n edellytysten mukaisesti kaukolämpöverkkoon.

Maalämpöjärjestelmä oli sellainen uusiutuviin energialähteisiin perustuva vähäpäästöinen lämmitysjärjestelmä, jota maankäyttö- ja rakennuslain 57 a §:n 3 momentin 2 kohdassa tarkoitettiin. Asemakaavassa annettu määräys kaukolämpöverkkoon liittymisestä ei siten tullut sovellettavaksi. Maalämpöjärjestelmän pitäminen vähäpäästöisenä lämmitysjärjestelmänä ei säännöksen sanamuoto huomioon ottaen edellyttänyt vertailua maalämpöön perustuvan lämmitysjärjestelmän ja kysymyksessä olevalla paikkakunnalla tarjolla olevan kaukolämmön päästöjen välillä. Kunta ei näin ollen ollut voinut hylätä A:n ja B:n hakemusta tällaiseen päästövertailuun perustuen.

Ratkaisussa arvioitavana ollut MRL 57 a § on kumottu (873/2018).

KHO 2017:6368 (muu päätös)

Tapauksessa on kyse vesilain mukaisen vesitalouslupan käsittelystä. Vesitalouslupaa oli haettu maalämpökaivojen poraamiselle pohjavesialueen pohjaveden muodostumisalueelle. Asia ratkaistiin vesilain intressivertailun mukaisesti. Hankkeesta aiheutuvia yleisiä haittoja ja riskejä pidettiin hankkeesta saataviin yksityisiin hyötyihin nähden merkittävänä, eikä vesilain mukaista vesitalouslupaa näin ollen myönnetty.

KHO 2017:6367 (muu päätös)

Korkein hallinto-oikeus arvioi, kuten hallinto-oikeuskin, että hankkeesta saatavaa hyötyä on pidettävä yksityiselle aiheutuvana taloudellisena hyötynä lämmityskustannusten pienentymisen vuoksi. Hyötyä ei ole tältä osin pidettävä huomattavana. Energian kulutuksen vähentymistä ja uusiutuvan energian käytön merkitystä ilmastomuutoksen torjunnassa ei ole tässä yhteydessä pidettävä lupaharkinnassa huomioon otettavana yleisen edun kannalta merkityksellisenä hyötynä.

Hankkeesta pohjaveden laadulle aiheutuvaa vaaraa pohjavedenottamon läheisyydessä ja pohjaveden muodostumisalueella on vesilain mukaisessa intressivertailussa haittoja arvioitaessa pidettävä huomattavana haittana. Kun otetaan huomioon hakemuksessa tarkoitettujen lämpökaivojen sijainti I luokan pohjavesialueen muodostumisalueella sekä asiakirjoista pohjaveden virtaussuunnasta ja alueen maaperäoloista saatava selvitys, hanke voi kysymyksessä olevissa pohjavesiolioissa heikentää vedenhankintaan käytettävän pohjavesialueen pohjaveden laatua ja lisätä pohjaveden pilaantumisvaaraa. Asiassa on myös otettava huomioon, että suunnitellut lämpökaivot tulisivat sijoitettavaksi Ruoveden keskustan taajamaan. Edellytykset lämpökaivojen sijoittamiseen alueelle on arvioitava kokonaisvaltaisesti. Hankkeesta pohjaveden laadulle aiheutuvia riskejä on näissä oloissa

pidettävä merkittävänä ja siten hankkeesta aiheutuvia, vesilain mukaisessa intressivertailussa huomioon otettavia haittoja hyötyihin nähden huomattavina, joten hankkeelle ei myönnetty vesilain mukaista vesitalouslupaa.

KHO 2016:2012 (muu päätös)

Tapauksessa on kyse vesilain mukaisen vesitalousluvan käsittelystä maalämpökaivon rakentamiseksi. Suunnitellut kaivot sijaitsivat pohjavesialueen vieressä. Vesitalousluvan käsitellyt lupaviranomainen hylkäsi hakemuksen, mutta Vaasan hallinto-oikeus kumosi lupapäätöksen ja palautti asian AVI:lle. Asiasta valitettiin korkeimpaan hallinto-oikeuteen, joka kuitenkin hylkäsi valituksen ja hallinto-oikeuden päätöstä ei näin ollen muutettu. Ratkaisussa oli huomioitu hakemuksen hankesuunnitelmassa esitetyt pohjaveden suojaustoimet sekä hankealueen sijainti pohjavesialueeseen nähden ja hankealueen maaperän koostumus. Lisäksi lupapäätöksen lupamääräyksillä katsottiin saatavan aikaan riittävä ehkäisevä vaikutus, jolla voitiin estää pohjaveden pilaantuminen.

KHO 2015:150

Taloyhtiö oli hakenut vesitalouslupaa neljäntoista 220 metriä syvän maalämpökaivon rakentamiseen pohjavesialueelle. Lupaa haettaessa lämpökaivoista oli porattuna jo kaksitoista. Samalla pohjavesialueella sijaitsi kunnan päävedenottamo, jonka suoja-alueen ulkopuolella hankekiinteistö sijaitsi. Alueen pohjavedessä oli todettu liuotinjäämiä useassa havaintopisteessä.

Vesitaloushankkeen luvanvaraisuutta koskevan vesilain 3 luvun 2 §:n mukaan luvanvaraisen muutoksen kohteena voi olla myös pohjaveden laatu. Lisäksi 1 momentin 2 kohdassa tarkoitetut haitalliset muutokset pohjavesiesiintymän tilassa voivat viitata muutoksiin niin pohjavesien määrällisessä kuin kemiallisessa tilassakin. Pykälän 1 momentin 5 kohdan perusteella lämpökaivokentän rakentamiseen yhdyskunnan vedenhankintakäytössä olevalla pohjavesialueella voidaan edellyttää lupaa mahdollisen suoja-alueen rajauksesta riippumatta. Kun hankekiinteistön ympäristössä lisäksi oli pilaantuneita maa-alueita ja pohjavettä, saattoi lämpökaivojen poraamisesta ja kaivutöistä aiheutua vesilain 3 luvun 2 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettuja haitallisia vaikutuksia pohjavesiesiintymän tilaan.

Vesitalousluvan myöntämisen edellytyksiä tuli arvioida vesilain 3 luvussa säädetyn intressivertailun perusteella. Tässä tapauksessa hankkeesta saatavat hyödyt koituivat ainoastaan yksityiselle edulle eli luvanhakijana olevalle taloyhtiölle maalämpöjärjestelmästä saatavan energiatuotannon kautta. Tätä hankkeesta saatavaa yksityistä hyötyä oli vesilain 3 luvun 4 §:n 1 momentin 2 kohdan mukaan verrattava

hankkeesta yleisille tai yksityisille eduille koituviin menetyksiin. Yleiselle edulle aiheutuvia menetyksiä arvioitaessa voitiin vesilain 3 luvun 6 §:n 2 momentin nojalla muun ohella ottaa huomioon pohjavesien kemiallisen tilan arviointiin tarkoitettut ympäristölaatu-normit. Hankkeesta yleiselle edulle koituvat menetykset kohdistuivat tässä tapauksessa yhdyskunnan vedenottoon ja veden käyttöön talousvetenä sekä vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä annetun lain mukaan arvioitavaan pohjaveden kemialliseen tilaan.

Hankkeesta yksityiselle edulle saatavat hyödyt eivät olleet yleiselle edulle aiheutuvia menetyksiä huomattavasti suurempia, eikä vesilain 3 luvun 4 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettuja luvan myöntämisen edellytyksiä ollut.

Kuvailulehti

Tekijä(t)	Sweco Talotekniikka Oy ja Sweco Ympäristö Oy Niina Laasonen, Mika Penttinen, Maritta Heinilä, Joni Hilpinen, Henri Ruuskanen, Ville Mattila, Mikko Raninen, Tarja Ojala, Eija Miettinen
Nimeke	Maankäytön suunnittelu ja maalämpö
Sarjan nimeke	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön aineistoja
Sarjanumero	2020:1
Julkaisu-aika	2020
Sivuja	107
Liitteitä	5
ISBN	978-952-331-707-9 (verkkoversio)
ISSN	2489-4257 (verkkoversio)
Kieli, koko teos	Suomi

Tiivistelmä:

Raportti on laadittu osana Helsingin maanalaisen yleiskaavan päivityksen selvityksiä. Työssä tehtiin taustaselvitystä maalämmön hyödyntämisestä, maalämpöön liittyvistä tilavarauksista sekä maalämmölle soveltuvista aluetehokkuuksista. Selvityksestä saatujen tulosten perusteella pohdittiin maalämmön realistista osuutta Helsingin alueen lämmitystarpeen kattamisessa sekä mahdollisuuksia edistää maalämmön hyödyntämistä kaavoituksen keinoin.

Tehtyjen analyysien perusteella maalämpöä voidaan hyödyntää hyvin laajasti Helsingin alueella lukuun ottamatta tiiviimpiä kantakaupungin ja keskustojen alueita. Laskelmien perusteella Helsingin alueen lämmitystarpeesta voidaan kattaa vuonna 2035 noin 14–18 % maalämmöllä riippuen Helsingin alueen lämmitystarpeen lisääntymisestä. Tämä vaatii maalämpöjärjestelmien alueellista toteuttamista, sillä tarkastelussa ei ole huomioitu suojaetäisyyksiä esimerkiksi tonttirajoista, puistoista tai liikennealueista. Näin ollen esitettyyn prosenttiosuuteen pääseminen vaatii aluetason ohjausta jo aluekehitysvaiheessa sekä nykyisten lupakäytäntöjen uudistamista. Viimeistään asemakaavoituksen yhteydessä tulisi tutkia alueellinen maalämpöpotentiaali sekä tehdä tarvittavat tilavaraukset paikallisille energiakeskuksille ja maalämpökaivojen välisille vaakaputkistoille muun infrastruktuurin (vesi, viemäri, kaukolämpö, sähkö) tapaan. Nyt tehty tarkastelu on laadittu osana maanalaisista yleiskaavaa, minkä vuoksi tarkastelut on tehty karkealla tasolla, eikä siitä voi vetää suorita johtopäätöksiä yksittäisen tontin tai pienemmän alueen maalämpöpotentiaaliin.

Suurin potentiaali maalämmön hyödyntämiseen on tarkastelun perusteella pientaloalueilla, joilla maalämpöä voidaan hyödyntää lähes kaikkialla Helsingin alueella. Nykyisten pientalojen siirtymistä maalämpöön jarruttaa erityisesti lämmönjakotapa, sillä vanhojen pientalojen lämmönjakotapa ei yleensä sovellu maalämpöön ja sen muuttaminen on kallista. Maalämmön tuotantopotentiaaliin vaikuttaa merkittävästi myös se, pystytäänkö porauskaluston määrää sekä maalämpöpumppujen tuotantokapasiteettia nostamaan riittävästi 15 % tavoitteen saavuttamiseksi, sillä tämä tarkoittaisi jossain vuosina jopa lähemmäs 30 % kasvua porauskalustossa ja lämpöpumppujen myynnissä. Verrattuna Tukholman viimeisen 10 vuoden aikaiseen toteumaan tämä vaikuttaa mahdolliselta toteuttaa, jos lämmitystarve pystytään säilyttämään nykytasolla esimerkiksi vanhojen kiinteistöjen energiatehokkuutta parantamalla.

Maalämmön vaikutusta CO₂-päästöihin verrattiin tilanteeseen, jossa vastaava lämpömäärä tuotettaisiin Helen Oy:n tuottamalla kaukolämmöllä. Päästölaskelmissa huomioitiin kaukolämpöyhtiön ennuste päästökertoimen muutokselle vuoteen 2035 mennessä. Laskelman perusteella kaukolämmön tuottamat kumulatiiviset päästöt aikavälillä 2020–2035 ovat noin 45 % suuremmat kuin maalämmön. Vuoden 2035 jälkeen kaukolämmön ja maalämmön tuottamat ominaispäästöt ovat lähes yhtä suuret.

Tarkastelun perusteella suuri osa maanalaisista tiloista sijoittuu kantakaupunkiin rajoittaen maalämmön hyödyntämistä. Maalämpökaivojen toteuttaminen kantakaupungin olemassa oleviin maanalaisiin tiloihin on haastavaa porauskaluston korkeuden, tilojen käyttötarkoituksen sekä tiiviin maanpäällisen rakentamisen vuoksi. Maalämmön hyödyntämistä suositellaan edistettävän erityisesti pientaloalueilla sekä väljemmillä kerrostaloalueilla huomioimalla maalämmön mahdollisuudet kaavoitusvaiheessa ja tukemalla alueellisiin ratkaisuihin perustuvia maalämpöselvityksiä hankekaavoissa sekä tontinluovutuskilpailuissa.

Avainsanat	Maanalainen yleiskaava, maalämpö, tilavaraukset, energiantuotanto, aluetehokkuus, hiilineutraali, päästövähennys
------------	--



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