



Lappeenranta

# UUSIUTUVAN ENERGIAN INVESTOINTIOPAS

2019

Wirma Lappeenranta Oy

Lappeenrannan seudun ympäristötoimi



Lappeenranta Lemi Luumäki Savitaipale Taipalsaari

LAPPEENRANNAN SEUDUN  
Ympäristötoimi

Asiantuntijat,  
teksti ja ulkoasu

**REJLERS**

Lappeenranta  
2017  
päivitetty tammikuu 2019

- 4 Kohti hiilineutraalia Etelä-Karjalaa
- 5 Lappeenrannan kaupunki ja ekoenergia
- 5 Uusiutuvan energian tuotanto Lappeenrannassa
- 6 AURINKOVOIMA
- 6 Aurinkovoima ja sen hyödyntäminen
- 7 Aurinkoenergian tuotantoon soveltuvat kohteet
- 8 Lupaprosessit aurinkovoimainvestoinneissa
- 8 Esimerkkilaskelmat aurinkoenergian hyödyntämisestä
- 12 Aurinkoenergian kohdekartat
- 26 MAALÄMPÖ
- 27 Maalämpö ja sen hyödyntäminen
- 27 Maalämmön hyödyntämiseen soveltuvat alueet
- 28 Lupaprosessit maalämpöinvestoinneissa
- 29 Maalämmön kohdekartat
- 34 TUULIVOIMA
- 34 Tuulivoima ja sen hyödyntäminen
- 35 Tuulivoiman tuotantoon soveltuvat alueet
- 35 Lupaprosessit tuulivoimainvestoinneissa
- 36 Tuulivoiman kohdekartta
- 37 ENERGIAN TUOTANNON LIITTYMINEN SÄHKÖVERKKOON
- 37 Verkkoon liittämisen vaatimukset
- 39 Pientuotannon verkkoon liittäminen
- 41 UUSIUTUVAN ENERGIAN INVESTOINTITUET JA RAHOITUS
- 41 Investointituet
- 42 Suomen energia- ja ilmastointistrategia sekä uudet tukimuodot
- 43 Rahoitus
- 45 Sähkötuotannon verotus ja siirtomaksut

## Kohti hiilineutraalia Etelä-Karjalaa

Lappeenrannan kaupunki on liittynyt hiilineutraalien kuntien verkostoon (HINKU) vuonna 2014. Lappeenranta on lisäksi hyväksynyt Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran Kohti resurssiviisautta -tiekartan vuonna 2015 ja liittynyt yhtenä ensimmäisistä kunnista Suomen resurssiviisaiden kaupunkien ja kuntien verkostoon eli Fisu-verkostoon. Lappeenrannan kaupungin tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 % vuoteen 2030 mennessä ja olla hiilineutraali kaupunki vuonna 2050.

Lappeenrannan kaupunki tekee jatkuvaa ja tiivistä yhteistyötä Lappeenrannan teknillisen yliopiston kanssa, joka on Suomen johtava energia-alan yliopisto. Seutukuntien välillä tehdään niin ikään tiivistä yhteistyötä kuten Green Lappeenranta - Imatra -ohjausryhmän kautta pyrkimällä levittämään hiilineutraalisuus koko Etelä-Karjalan maakuntaan. Lappeenrannan kaupunki koordinoi Greenreality Network -yritysverkostoa. Verkosto vaikuttaa aktiivisesti Etelä-Karjalan muuntumiseen energia-, bio- ja ympäristöalan keskittymäksi.

Uusiutuvan energian investointiopas on osa Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittamaa "Kohti hiilineutraalia Etelä-Karjalaa" -hanketta. Hankkeen tavoitteena on viedä eteenpäin toimenpiteitä, jotka tuovat alueellisesti työpaikkoja, lisäävät energiatehokkuutta, tuovat säästöjä energiakuluissa tai vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä. Tavoitteena on parantaa hiilineutraalisuuteen tähtäävän seudun kykyä toimia yritysten kehitysalustana sekä edistää näiden yritysten kansainvälistymistä.

Uusiutuvan energian investointiopas tuo esille Lappeenrannan kaupungin alueen uusiutuvan energian investointimahdollisuudet. Se on suunnattu uusiutuvan energian käyttöönotosta kiinnostuneille yrityksille ja alueelle uusiutuvan energian tuotantoa suunnitteleville sijoittajille. Opas on suunnattu myös Lappeenrannan kaupungin viranhaltijoille helpottamaan päätöksentekoa ja ohjaamaan investointisuunnitelmissa kaupungin ja maakunnan tavoitteita noudattaen.



Kuva 1. Lappeenrannan läntisen paloaseman aurinkopaneelit.

### RESURSSIVIISAUS

Luonnonvarojen hupeneminen, väestönkasvu ja ilmastonmuutos pakottavat yhteiskunnat ympäri maailmaa muuttamaan tehokkaammiksi ja vähäpäästöisemmiksi. Resurssien viisas käyttö on nousemassa kansainväliseksi kilpailuvalttiksi.

Panostaminen alueelliseen resurssitehokkuuteen lisää ekologista kestävyttä, mutta hyödyt näkyvät myös taloudellisen ja sosiaalisen hyvinvoinnin parane misena. Energiatehokkuus paranee, päästöt vähenevät, paikallistalous kohenee ja omavaraisuus kasvaa.

*(Kohti resurssiviisautta -hanke, Sitra, 2015)*

### HIILINEUTRAALI KAUPUNKI

**Hiilineutraalisuus** tarkoittaa, että hiilinielut ja päästöt ovat tasapainossa. Esimerkiksi kasvaviin metsiin sitoutuu vähintään yhtä paljon hiilidioksidia kuin energiantuotannossa ja muussa toiminnassa syntyy päästöjä. Hiilineutraali kaupunki voi siis tuottaa päästöjä, mutta on ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta päästötön.

### energiavallinta.fi

= uusiutuvan energian hyödyntämismahdollisuuksien ja niiden kannattavuuden vertailemisen **verkkopalvelu**. Helppo ja käyttäjälle maksuton vertailupalvelu arvioi kiinteistökohtaisesti vähähiilisten energiantuotantomuotojen potentiaalin ja niillä saavutettavat hiilidioksidipäästöjen vähenemät. Palvelu tarjoaa laskelmat vuosisäästöistä euroina, energiana ja hiilidioksidipäästöinä, investointi- ja takaisinmaksuaikalaskelmat sekä tarjouspyynnöt uudesta energiaratkaisusta.

# Lappeenrannan kaupunki ja ekoenergia

Lappeenrannan kaupunki on Etelä-Karjalan maakuntakeskus, joka sijaitsee Saimaan etelärannalla Etelä-Karjalan maakunnassa. Asukasluvultaan Lappeenranta on Suomen 13:nneksi suurin kaupunki, asukkaita on n. 73 000. Lappeenrannan kaupungin tavoitteena on kehittyä uusiutuvan energian keskuksiksi ja edelläkävijäksi Euroopassa. Tavoitetta tukee Lappeenrannan teknillisen yliopiston kansainvälisesti tunnettu energia- ja ympäristöosaaminen. Merkittäviä askelia tavoitteeseen pääsemiseksi on jo otettu: Lappeenrannassa sijaitsee Suomen ensimmäinen sisämaan tuulipuisto Muukossa valtatie 6 varrella, pääasiassa metsätalouden sivutuotteita käyttävä Kaukaan biovoimala tuottaa valtaosan kaupungin kaukolämmöstä ja aurinkoenergiantuotantoon panostetaan voimakkaasti. Vuonna 2016 Lappeenranta ylsi 18 parhaan kaupungin joukkoon kansainvälisessä ilmastonmuutoksen vastaisia toimia mittaavassa WWF:n Earth City Challenge –kilpailussa.

Lappeenrannan kaupunki on maailman ensimmäinen EKOenergia-kaupunki. Lappeenrannan kaupungin ja Lappeenrannan Energia Oy:n välillä on sopimus EKOenergiasta. Sopimus tarkoittaa, että jatkossa kaupungin kiinteistöissä käytetään pelkästään EKOenergia-sertifioitua metsävoimaa ja tuulivoimaa. Moni kaupunki Euroopassa käyttää jo uusiutuvaa sähköä, mutta Lappeenranta on maailman ensimmäinen kaupunki, joka ottaa sähkönhankinnassaan käyttöönsä myös kestävyyskriteerit.

## Uusiutuvan energian tuotanto Lappeenrannassa

Lappeenrannan seudulla panostetaan ennakkoluulottomasti kestävä kehityksen ratkaisuihin. Greenreality Lappeenranta on nostettu kaupungin strategiassa keskeiseksi tavoitteeksi niin asukkaiden viihtyisyyden kuin elinkeinopolitiikan näkökulmasta. Lappeenrannan kaupunki on sitoutunut kunnianhimoisiin kestävä kehityksen tavoitteisiin ja ilmastotavoitteisiin tarjoten vihreän energian ja ympäristöteknologian alojen yrityksille erinomaisen toimintaympäristön. Päämääränä on kehittää Lappeenrannasta ympäristöä säästävän toiminnan mallikaupunki, jossa elinkeinoelämän kasvu nousee puhtaasta elinympäristöstä ja jätteenkäsittelystä maailmasta.

Lappeenrannan kaupunki on investoinut viime vuosina merkittävästi aurinkoenergiaan ja muuttanut säädoksi aurinkoenergian investointien vauhdittamiseksi. Lappeenrannan seudulla tuotetaan jo nyt enemmän aurinkovoimaa asukasluukumäärään suhteutettuna kuin missään muualla Suomessa: 8,2 % Suomen kaikista aurinkovoimaloista sijaitsee Lappeenrannassa.

Kesällä 2013 valmistunut TuuliMuukko on Etelä-Karjalan ensimmäinen tuulipuisto. Se tuottaa sähköä seitsemällä tuuliturbiinilla, joiden teho on yhteensä 21 MW. Tuulisähkön tuotanto vaihtelee päivittäin tuulisuuden mukaan. Tuulipuisto saavutti tuotantotavoitteensa jo ensimmäisenä täytenä toimintavuotenaan. Voimaloiden tuottamalla sähköllä voidaan lämmittää jopa 3 000 omakotitaloa.

Uusiutuvien kotimaisten energialähteiden osuus Lappeenrannan energiantuotannosta ylittää kirkkaasti valtakunnallisen keskitason. Suomen toiseksi suurin, Kaukaan Voiman biovoimalaitos, tuottaa prosessihöyryä sekä sähköä UPM Kaukaan tehtaille ja kaukolämpöä sekä sähköä Lappeenrannan Energialle. Kaukolämpöä laitostuotantaa Lappeenrannan kaupungin kaukolämmön vuositarpeesta noin 85 %.

### LAPPEENRANTA

Sijainti 61°04'N, 028°11'E  
Perustettu vuonna 1649  
Asukkaita n. 73 000  
Pinta-ala 1 723,55 km<sup>2</sup>  
Poutapäiviä vuodessa 170-185

Lappeenrannan CO<sub>2</sub>-päästöt vuoden 2016 lopussa viikolla 52  
8000 t ekv:  
maatalous 640 t  
jätehuolto 480 t  
kaukolämpö 1440 t  
erillislämmitys 1040 t  
sähkölämmitys 480 t  
muu sähkönkulutus 1920 t  
tieliikenne 2080 t  
(www.co2-raportti.fi)

### LAPPEENRANTA GREENREALITY

Greenreality on vihreää tulevaisuutta luova ajattelu- ja toimintamalli, johon Lappeenrannassa on sitouduttu. Se on ekologista ajattelua, vihreää tietoa, vastuullisia valintoja ja ennen kaikkea tekoja kestävä huomisen puolesta

### UUSIUTUVAA ENERGIAA LAPPEENRANNASSA

#### Kaukaan Voima

- polttoaineesta 80 % biopolttoaineita
- kaikki tuhka hyötykäytetään
  - jatkuvatoiminen päästömittaus

#### TuuliMuukon tuulipuisto

- 7 turbiinia, teho yht. 21 MW
- voimaloiden tuottamalla sähköllä voidaan lämmittää 3000 omakotitaloa

#### Aurinkoenergian investoinnit

- 8,2 % Suomen kaikista aurinkovoimaloista sijaitsee Lappeenrannassa

#### Rauhan hybridilämpölaitos

- energiaa n. 60 loma-asunnolle
- lämpöä Saimaan vedestä 359 kW teholla
- lämpöä aurinkokeräimistä 40 m<sup>2</sup>:n alalla

# AURINKOVOIMA

## Aurinkoenergia ja sen hyödyntäminen

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää sekä aktiivisesti että passiivisesti. Aktiiviseen aurinkoenergian hyödyntämiseen kuuluu sähkön tuottaminen aurinkopaneeleilla ja lämmön tuottaminen aurinkokeräimillä. Passiivista aurinkoenergian hyödyntämistä on auringon säteilyn hyödyntäminen lämmityksessä, esimerkiksi rakennuksen rakenteiden lämpiämisen muodossa, sekä auringon valon hyödyntäminen.

Tässä oppaassa keskitytään aktiiviseen aurinkoenergian hyödyntämiseen aurinkopaneeleilla. Aurinkopaneelit tuottavat sähköä ja niiden toiminta perustuu tyypillisesti kahden eri tavoin käsitellyn puolijohteen keskinäisen rajapinnan vuorovaikutukseen auringonsäteilyn kanssa. Yleisin aurinkopaneeleissa käytetty puolijohde on pii. Tällä hetkellä käytössä olevat aurinkopaneelitekniikat voidaan jakaa kiteiseen piihin ja ohutkalvotekniikkaan perustuviin teknologioihin. Kiteiseen piihin perustuvalla teknologialla valmistettujen paneelien hyötysuhteet ovat ohutkalvopaneeleja korkeammat ja ne sopivat paremmin Suomen olosuhteisiin. Aurinkopaneelit asennetaan useimmiten rakennusten katoille, mutta paneeleja voidaan kiinnittää myös julkisivurakenteisiin sekä erilaisiin katoksiin mm. pysäköintikatoksiin. Autokatoksissa tuotettava sähkö voidaan käyttää suoraan sähkökäyttöisten autojen lataamiseen.

Aurinkokeräimiä käytetään lämmöntuotantoon. Ne kuumentavat keräimessä kiertävää nestettä, josta taas lämpöenergiaa voidaan siirtää lämmitettävään kohteeseen, kuten rakennuksen sisäilmaan tai käyttöveteen. Yleisimpiä keräintyyppisiä ovat tasokeräimet ja tyhjiöputkikeräimet. Tasokeräimet ovat teknisesti yksinkertaisempia ja käyttövarmempia. Tyhjiöputkikeräimillä sen sijaan saavutetaan korkeammat lämpötilatasot ja ne tuottavat enemmän lämpöenergiaa. Aurinkokeräinten avulla voidaan lämmitellä asukkaiden käyttövettä, teollisuuden prosessivettä sekä rakennuksia. Suomen olosuhteissa aurinkolämpöratkaisu toimii parhaiten hybridienergiajärjestelmässä, joissa lämpö tuotetaan usealla toisiaan tukevalla energialähteellä. Rinnakkaisia järjestelmiä ovat mm. lämpöpumppu, vesitakka, bioenergia, maalämpö tai kaukolämpö. Aurinkolämpöratkaisun myötä esimerkiksi maa- ja ilmalämpöpumpun käynnistykerrat vähenevät, jolloin kompressorin käyttöikä pitenee. Aurinkolämpöjärjestelmien vuosituotanto vaihtelee Suomessa keskimäärin välillä 0,4–0,5 MWh/keräin-m<sup>2</sup>.



Kuva 2. Aurinkopaneeleita Lappeenrannan teknillisen yliopiston katolla.  
(Kuva: © Teemu Leinonen)

### AURINKOENERGIAN AKTIIVINEN HYÖDYNTÄMINEN

= sähkön tuottaminen aurinkopaneeleilla, lämpöenergian tuottaminen aurinkokeräimillä

### AURINKOENERGIAN PASSIIVINEN HYÖDYNTÄMINEN

= auringon valon ja lämpöenergian hyödyntäminen esim. rakennuksen sisätilojen valaistuksessa ja rakenteiden lämpiämisessä

### AURINKOPANEELIEN yleisin puolijohde on pii.

Aurinkopaneelitekniikat jakautuvat kiteiseen piihin ja ohutkalvotekniikkaan perustuviin teknologioihin.

### AURINKOKERÄIMET

kuumentavat keräimessä kiertävää nestettä, josta lämpöenergia siirretään lämmitettävään kohteeseen.

### Potentiaalista aurinkopaneelien asennuspintaa

30 % kattopinta-alasta.

Kiinteästi katolle asennettujen aurinkopaneelien teho on 130 W/m<sup>2</sup> kun paneelien suuntaus on optimaalinen eli suoraan etelään ja paneelien kallistuskulma parhaan vuosittaisen tuoton tuottava 35°.

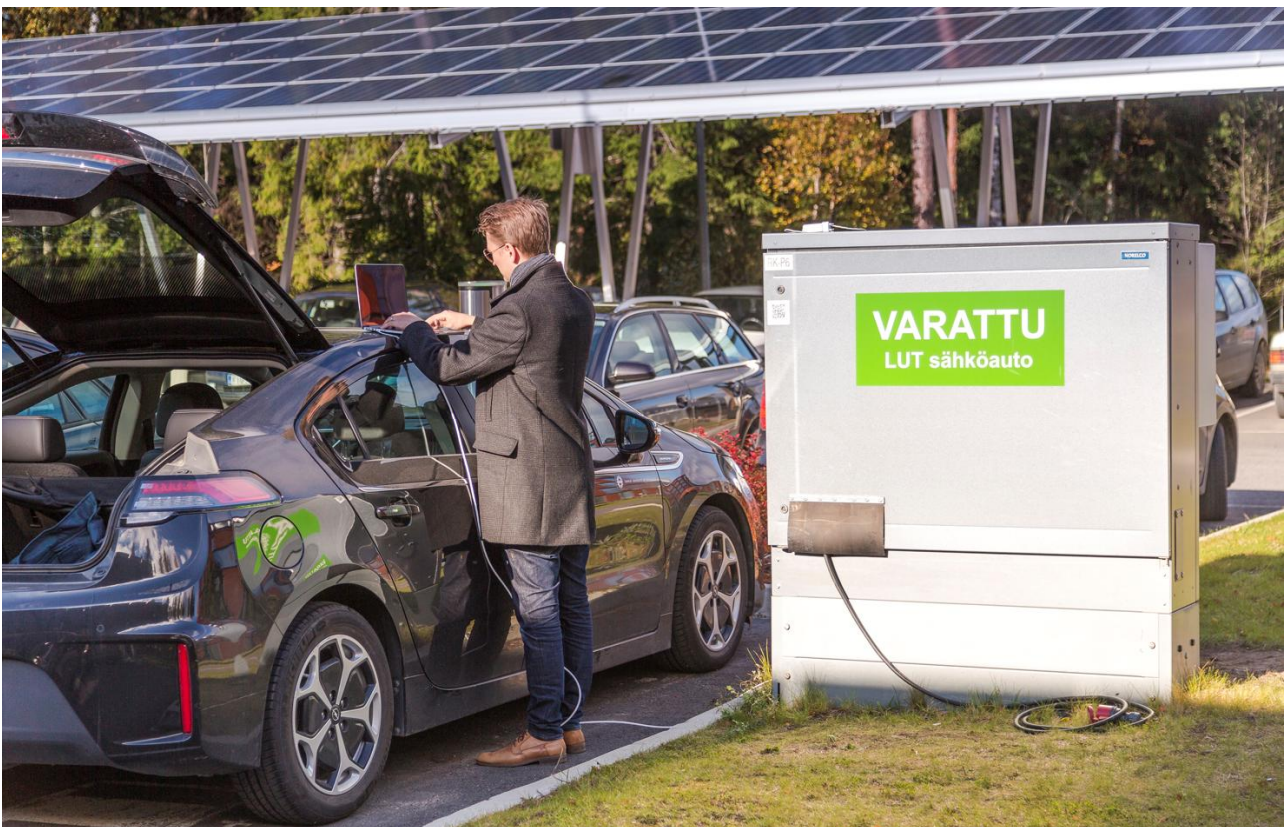
### Aurinkoenergian

tuotantopotentiaalia on Lappeenrannassa yhteensä vähintään 39 GWh vuodessa.

## Aurinkoenergian tuotantoon soveltuvat kohteet

Tässä oppaassa on esitetty aurinkoenergian tuotantoon soveltuvina kohteina Lappeenrannan kaupungin alueella sijaitsevat rakennukset, joiden kattopinta-ala on hyödynnettävissä ja joissa aurinkoenergialla tuotettava sähkö on käytettävissä kokonaan samalla kiinteistörekisterin mukaisella maakiinteistöllä sijaitsevien rakennusten sähkönkulutukseen. Osoitetut kohteet sijaitsevat Lappeenrannan kaupungin alueella. Kohteille on esitetty kattopinta-alat neliömetreinä. Pinta-alat on laskettu Lappeenrannan kaupungin paikkatietoaineiston perusteella ja ne ovat viitteellisiä, esim. piippujen ja hormien viemää tilaa ei ole huomioitu. Aurinkopaneeleille soveltuvien kattojen muotoja ei ole myöskään arvioitu, joten kattopinta-ala vastaa tasakattoa.

Aurinkopaneeleille soveltuvaa potentiaalista asennusalaa arvioidaan olevan keskimäärin 30 % kattopinta-alasta. Kiinteästi katolle asennettujen aurinkopaneelien tehon oletetaan olevan  $130 \text{ W/m}^2$  kun paneelien suuntaus on optimaalinen eli suoraan etelään ja paneelien kallistuskulma on parhaan vuotuisen tuoton antava  $35^\circ$ . Kattopinta-alaa on kohteissa yhteensä n. 1,26 milj.  $\text{m}^2$ , josta potentiaalista aurinkopaneelien asennuspintaa on likimäärin  $378\,000 \text{ m}^2$ , joka vastaa n. 49 MW asennettua kapasiteettia. Kaikkien aurinkoenergiiaan soveltuvien kohteiden kokonaistuottopotentiaali on 39 GWh vuodessa. Aurinkopaneelien kehitystyö on kuitenkin jatkuvaa ja teknologian kehityksen myötä kennojen hyötysuhde paranee jatkuvasti.



Kuva 3. Autokatosten aurinkopaneelit tuottavat sähköä ajoneuvoihin ladattavaksi. (Kuva: ©Teemu Leinonen)

Lappeenrannan alueella maan pinnalle tulee vuodessa auringon säteilyä noin  $920 \text{ kWh/m}^2$ . Tämä tarkoittaa  $1\,320\,000 \text{ GWh}$  säteilyenergiaa vuodessa kaupungin alueelle, kun huomioon otetaan maa-alueet ilman sisävesiä. Vuosittaisesta säteilymäärästä vain noin 10 % ajoittuu ajanjaksolle marraskuusta maaliskuulle, jolloin energiankulutus on suurinta.

Lappeenrannan alueelle on alustavasti kartoitettu potentiaaliset maastokohteet aurinkoenergiapuistojen sijoittamiseksi hyödyntämällä monipuolista kartta-aineistoa. Kaikki kohteet sijaitsevat Lappeenrannan kuntarajojen sisällä. Alkukartoituksessa löytyi noin 40 kohdetta alkaen Luumäen rajan tuntumasta aina lähelle Imatran rajaa. Maa-alueiden koko vaihtelee muutamasta hehtaarista yli 100 hehtaariin. Esimerkiksi 1 MW:n suuruinen aurinkopuisto edellyttää keskimäärin 2,5 – 3,5 hehtaaria maapinta-alaa.

Kohteiden arviointiin luotiin monipuoliset kriteerit, joiden avulla selvitettiin niiden soveltuvuus aurinkoenergian tuotantoon. Kaikki kohteet arvioitiin ja valokuvattiin ja arvioinnin perusteella valittiin potentiaalisimmat kohteet. Valinnassa painoarvoa annettiin mm. seuraaville kriteereille:

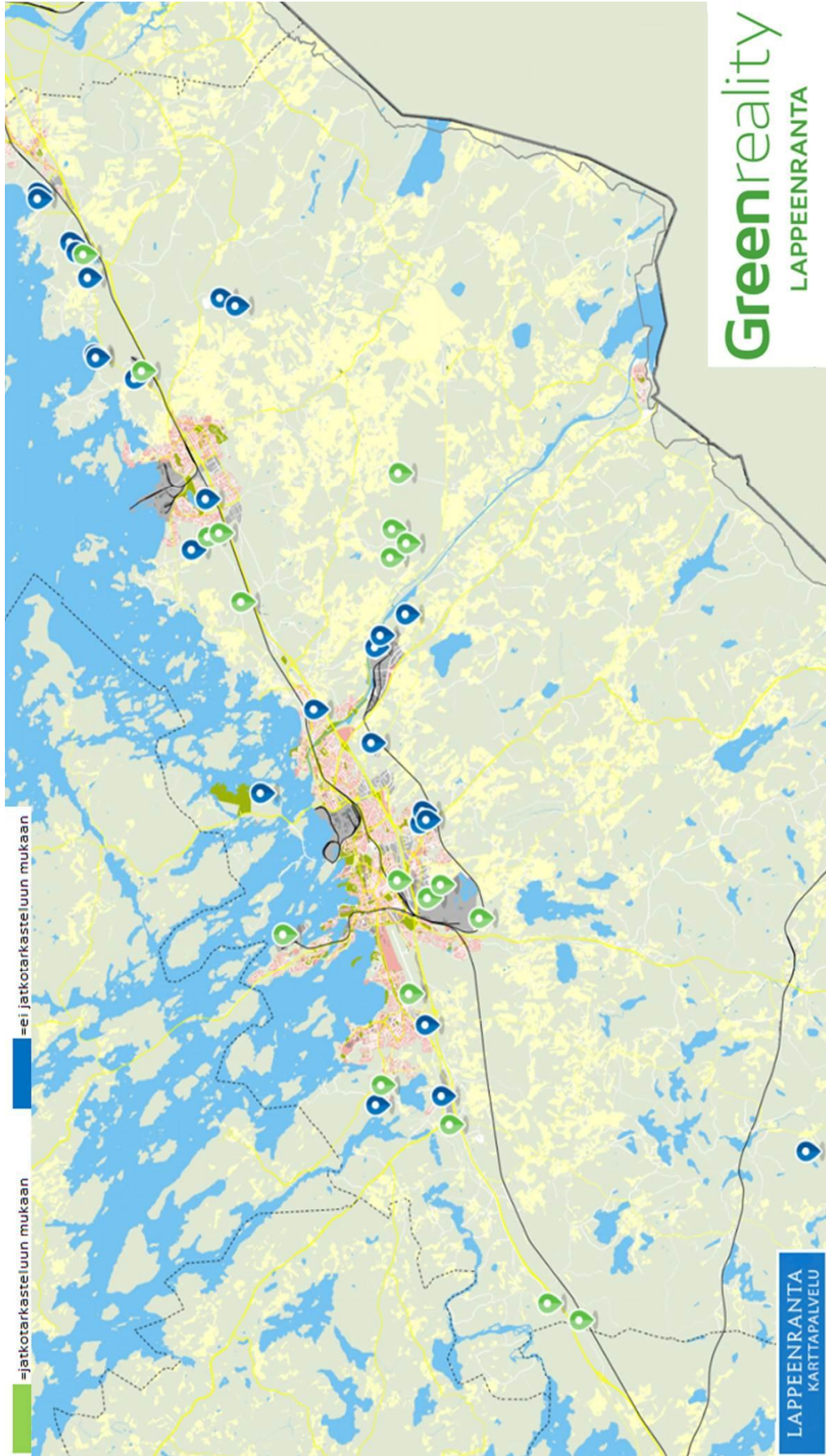
- maanomistajuus (suositaan ensisijaisesti kaupungin omistamia alueita)
- alueen vajaakäyttöisyys (alueen muut hyötykäyttömahdollisuudet ovat rajalliset)
- alueen kaavoitusilanne
- maaston tekninen sopivuus aurinkopaneeliasennuksiin
- potentiaalinen riittävän merkittävä käyttäjätaho läheisyydessä
- vähintään 110 kV voimajohto liittymismahdollisuudella läheisyydessä
- alue sijaintinsa puolesta tuo positiivisia imago-, julkisuus- ja näkyvyshyötyjä

Kaikki arvioidut kohteet ovat sivun 9 kartassa. Potentiaalisiksi arvioidut kohteet on merkitty karttaan vaaleanvihreällä.



Kuva 4. Aurinkopaneeleja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Green Campuksella. (Kuva: ©Teemu Leinonen)





Kuva 5. Potentiaaliset maastokohteet aurinkoenergiapaistojen sijoittamiseksi.

## Lupaprosessit aurinkovoimainvestoinneissa

Lappeenrannan kaupunginvaltuuston 29.8.2016 hyväksymän rakennusjärjestyksen kohdan 2.2 mukaan nesteen lämmitykseen tarkoitettun aurinkokeräimen tai sähköntuottoon tarkoitettun aurinkopaneelin asentaminen ei edellytä toimenpidelupaa tai -ilmoitusta silloin kun ao. laite sijoitetaan katon lappeen suuntaisesti.

Rakennusjärjestys määrää aurinkokeräimistä ja -paneeleista seuraavasti:

- Jälkiasennetut aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit eivät saa aiheuttaa ympäristöön eikä naapureille kohtuutonta haittaa.
- Kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennetun ympäristön kohteiden ominaispiirteiden säilymiseen tulee kiinnittää huomiota. Tämä koskee erityisesti eriasteisilla suojelumerkinnöillä osoitettuja kohteita ja alueita, mutta myös muita arvokkaiksi tunnistettavia kohteita ja alueita. Jos rakennus on suojeltu asemakaavalla tai oikeusvaikutteisella osayleiskaavalla, aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit edellyttävät aina lupaa.
- Paloturvallisuuden vuoksi on erittäin tärkeää noudattaa valmistajan asennusohjeita.
- Jos kiinteistöllä on sähköliittymä, on aurinkokeräimistä ja aurinkopaneeleista tehtävä ilmoitus Lappeenrannan Energiaverkot Oy:lle.

Aurinkopaneelit voidaan sijoittaa myös aurinkoenergiapuistoksi maa-alueelle. Aurinkopaneelipuiston rakentamisen luvanvaraisuudesta, mahdollisista osayleiskaavan ja asemakaavan muutos- ja laatimistarpeista tulee olla yhteydessä Lappeenrannan kaupungin tekniseen toimeen.

## Esimerkilaskemat aurinkoenergian hyödyntämisestä

Seuraavassa on tarkasteltu kahta kohdetta, joiden katoille asennetaan kuvitteellisesti aurinkopaneelit. Kohteet ovat urheilutalo ja uimahalli osoitteessa Pohjolankatu 29 (A1) sekä Lappeenrannan Kisapuiston jäähalli osoitteessa Kisakatu 9 (A2). Rakennukset on mallinnettu todellisen kattopinta-alan mukaan ja saatava energia on laskettu alueen auringonsäteilyn mukaisesti. Kohteissa on huomioitu käytettävissä oleva todellinen kattopinta-ala. Tuotetun energian määrässä on esitetty energiamäärät, jotka pystytään käyttämään kiinteistössä sekä energiamäärät, jotka syötetään verkkoon. Mallinnuksessa on käytetty kohteiden todellisia tuntimittaustietoja. Mallinnuksen perusteella mm. kesällä ei kaikkea auringolla tuotettua energiaa voida kuluttaa kiinteistössä. Urheilutalon ja uimahallin esimerkissä paneelien määrään vaikuttaa katon muoto. Jäähallin esimerkissä on tarkasteltu paneelien asettelua katon toiselle lappeelle, johon aurinko pääasiassa paistaa.

Kisapuistossa on jäähallin lisäksi potentiaalista aurinkopaneelien asennuspintaa UK-Areenan kaakonpuoleisella kattolapella n. 1500 m<sup>2</sup> (energiantuottoarvio 108 kWh). Autokatoksien rakentaminen Kisapuiston pysäköintipaikalle toisi n. 0,7–0,9 ha lisää potentiaalista kattopinta-alaa aurinkopaneeleille. Arvioitu energiantuotto olisi 0,8–1,0 MWh.

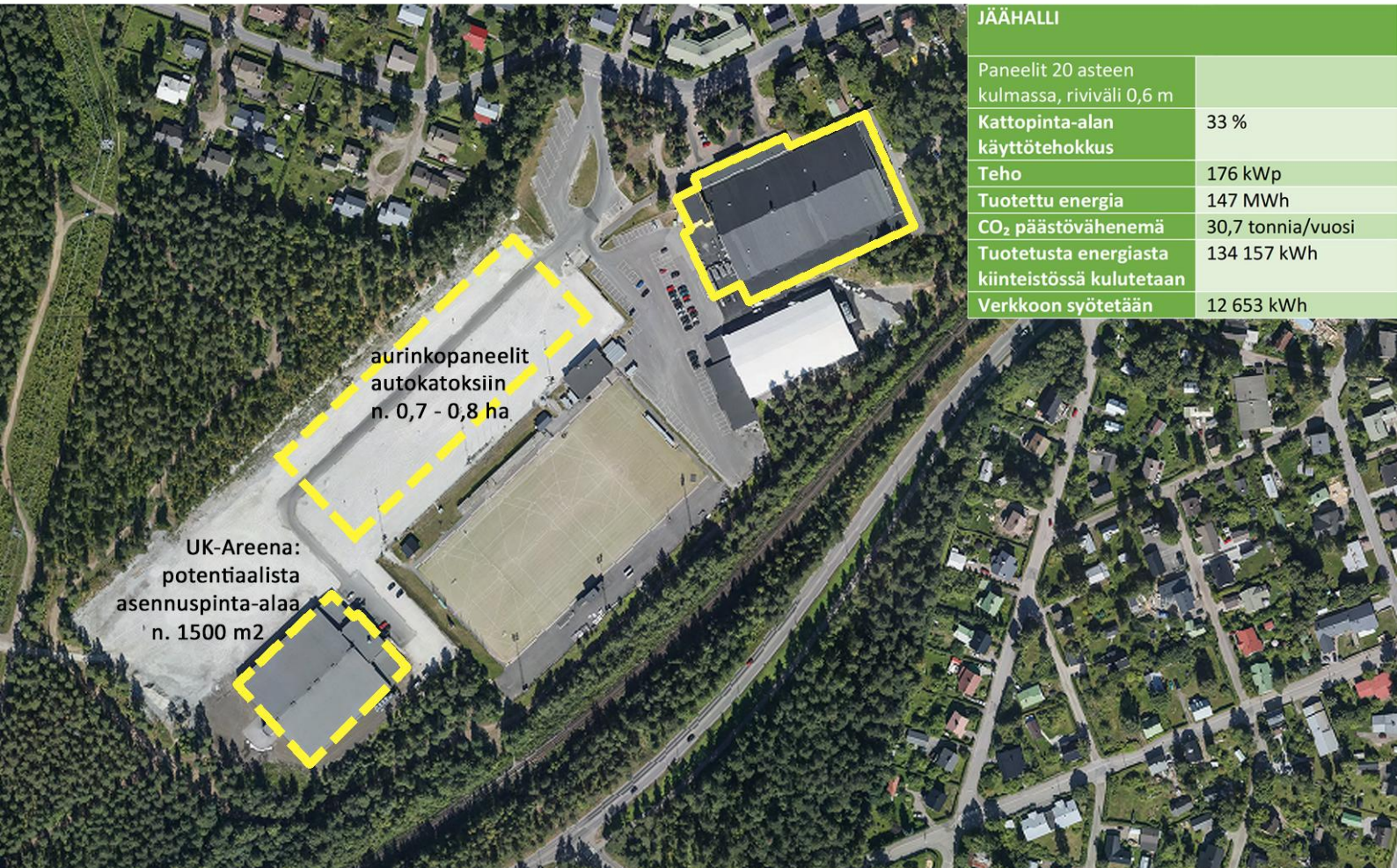


Kuva 6. Lappeenrannan Myllymäen päiväkodin aurinkopaneelit.



**URHEILUTALO JA  
UIMAHALLI**

Paneelit 15 asteen kulmassa, riviväli 1 m	
<b>Kattopinta-alan käyttötehokkus</b>	47 %
<b>Teho</b>	393 kWp
<b>Tuotettu energia</b>	320 MWh
<b>CO<sub>2</sub> päästövähennä</b>	66,8 tonnia/vuosi
<b>Tuotetusta energiasta kiinteistössä kulutetaan</b>	293 564 kWh
<b>Verkkoon syötetään</b>	26 210 kWh



**JÄÄHALLI**

Paneelit 20 asteen kulmassa, riviväli 0,6 m	
<b>Kattopinta-alan käyttötehokkus</b>	33 %
<b>Teho</b>	176 kWp
<b>Tuotettu energia</b>	147 MWh
<b>CO<sub>2</sub> päästövähennä</b>	30,7 tonnia/vuosi
<b>Tuotetusta energiasta kiinteistössä kulutetaan</b>	134 157 kWh
<b>Verkkoon syötetään</b>	12 653 kWh

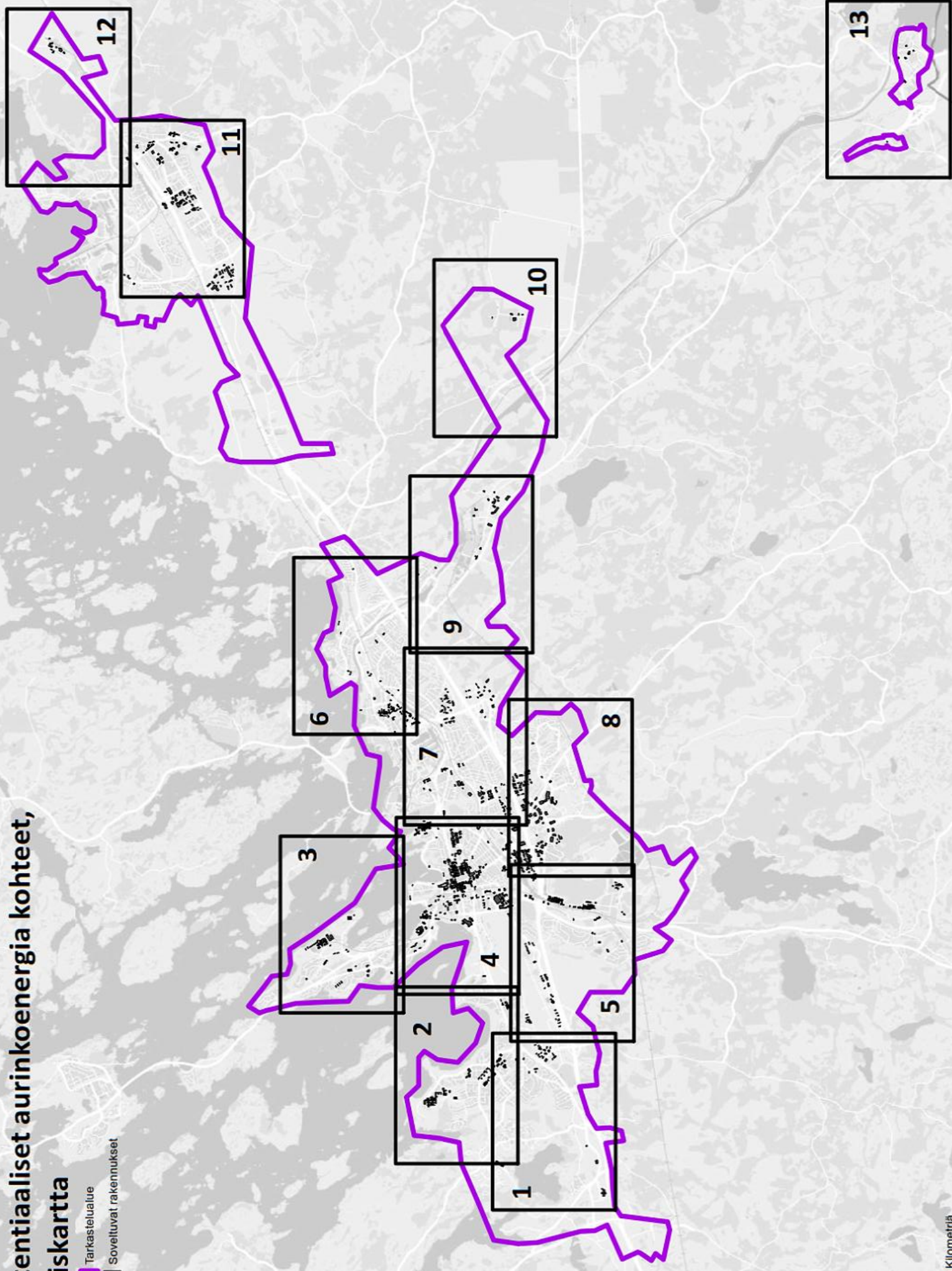
aurinkopaneelit  
autokatoksiin  
n. 0,7 - 0,8 ha

UK-Areena:  
potentiaalista  
asennuspinta-alaa  
n. 1500 m<sup>2</sup>

# Potentiaaliset aurinkoenergia kohteet,

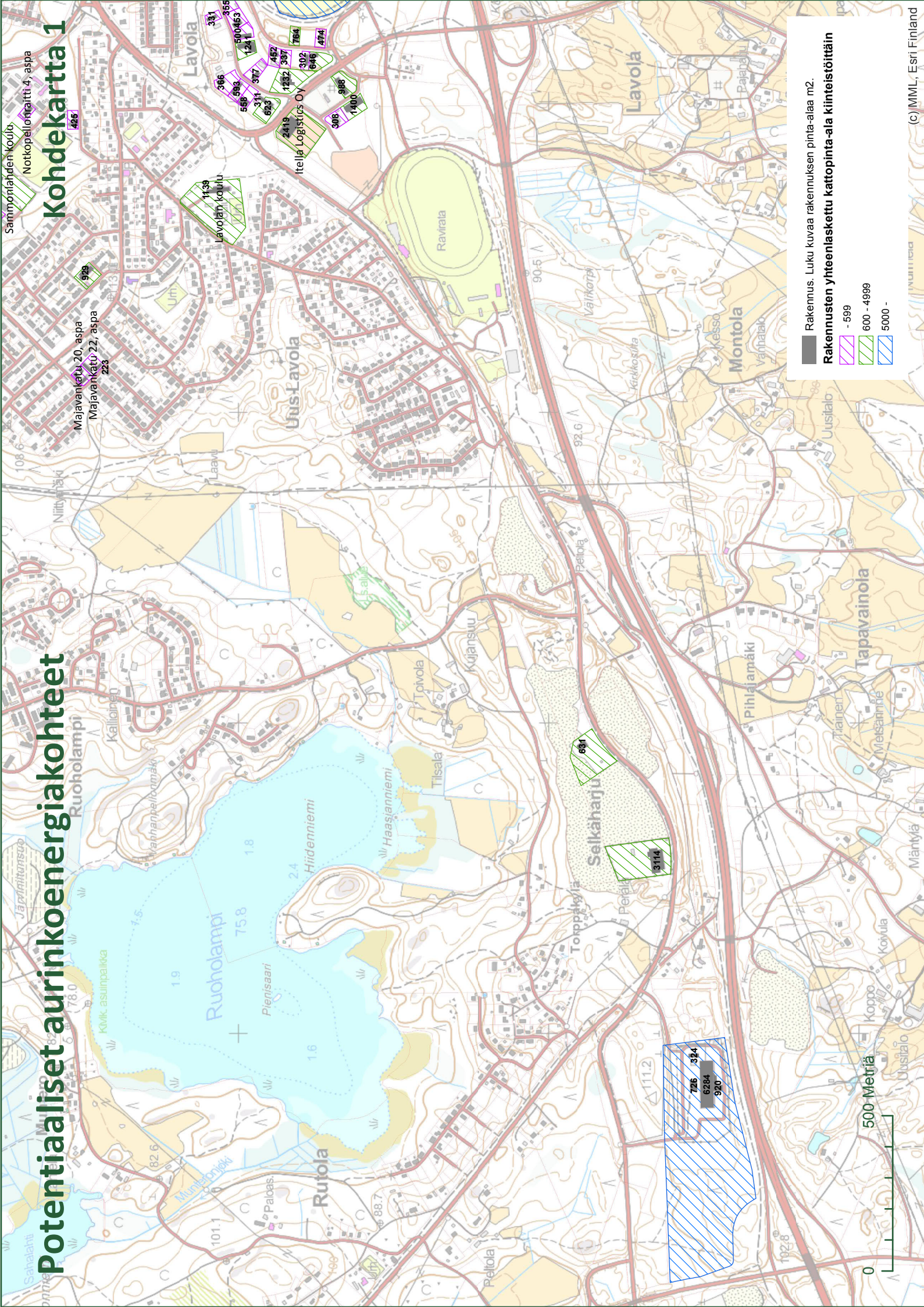
## yleiskartta

- Tarkastelualue
- Soveltuvat rakennukset



# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

# Kohdekartta 1



Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-alaa m<sup>2</sup>.

## Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala Kiinteistöittäin

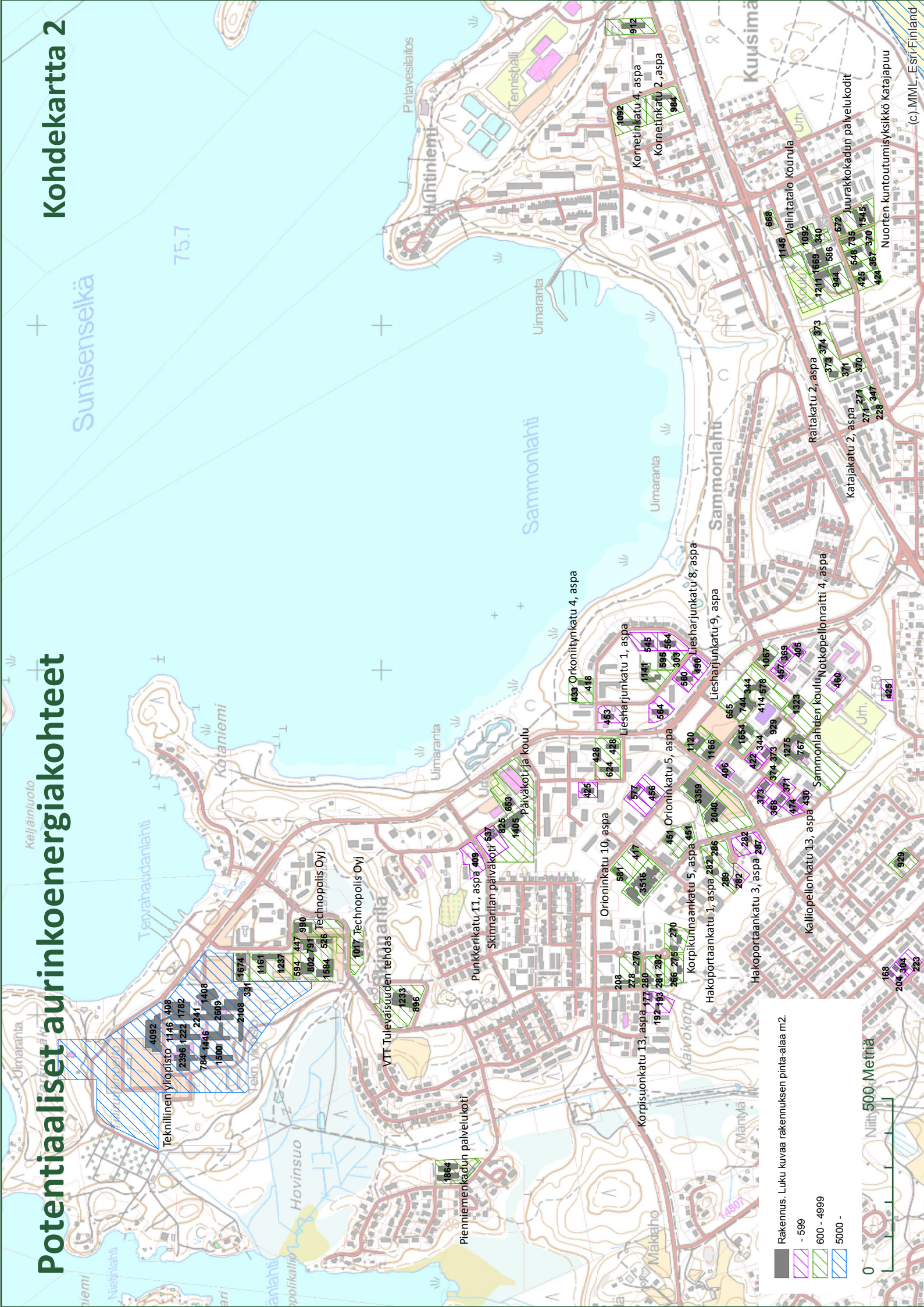
- 599
- 600 - 4999
- 5000 -

500 Metriä

0

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

# Kohdekartta 2



Sunisenselkä

75.7

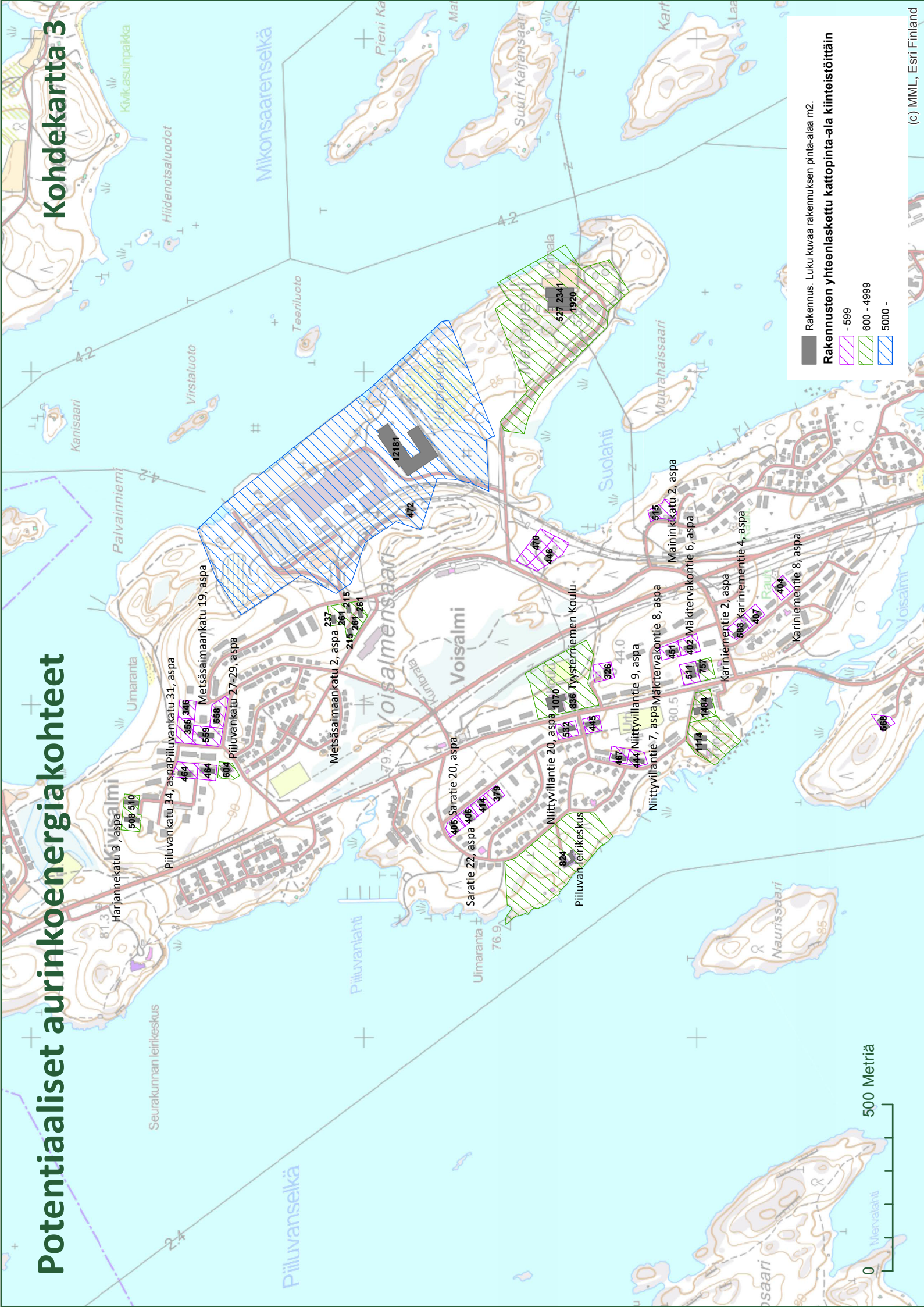
Sammonlahti

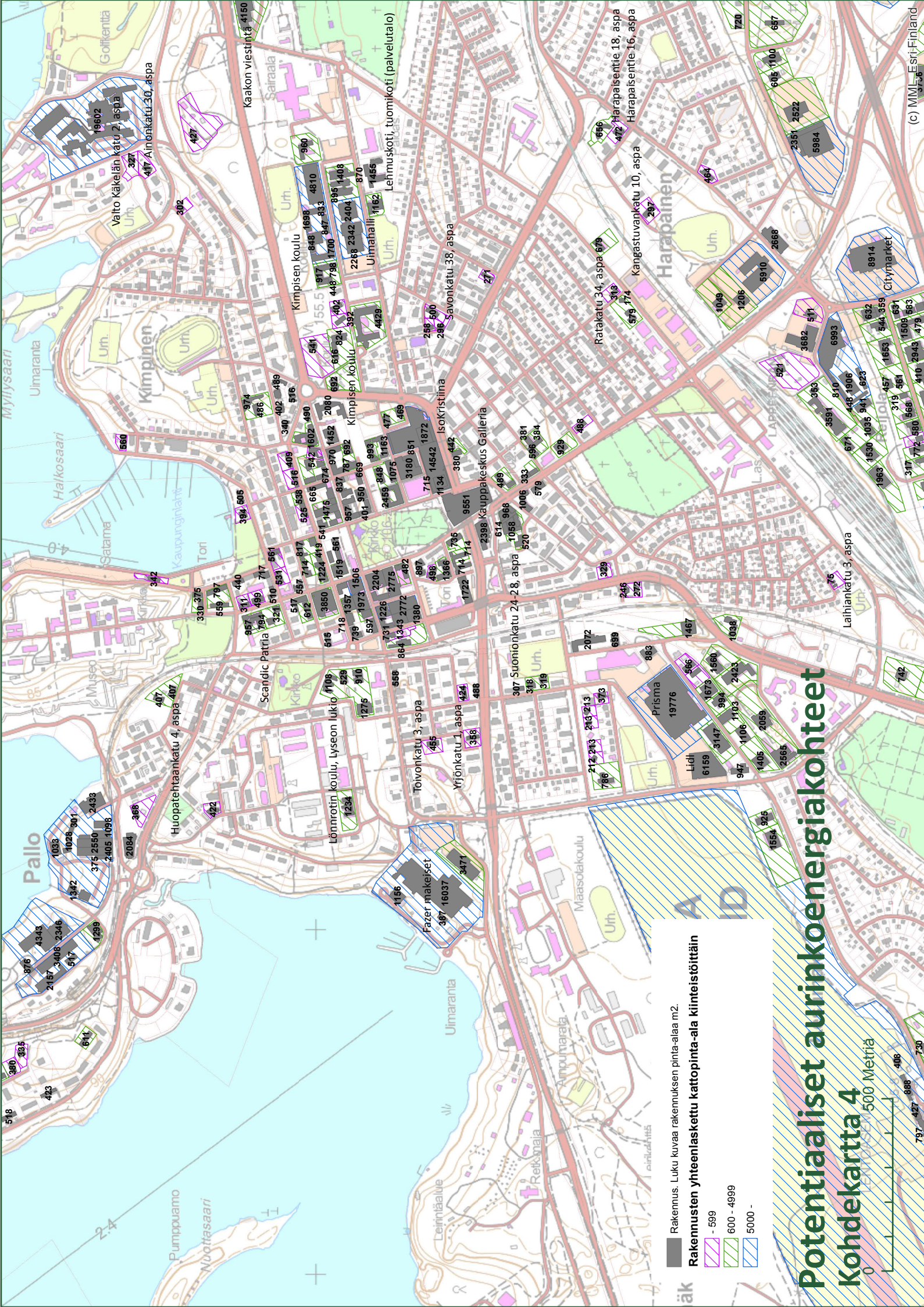
Kuusimäki

(C) MML, Esri, Finland

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

## Kohdekartta 3





**Rakennus.** Luku kuvaa rakennuksen pinta-alaa m<sup>2</sup>.

**Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala kiinteistöittäin**

- 599
- 600 - 4999
- 5000 -

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

## Kohdekartta 4

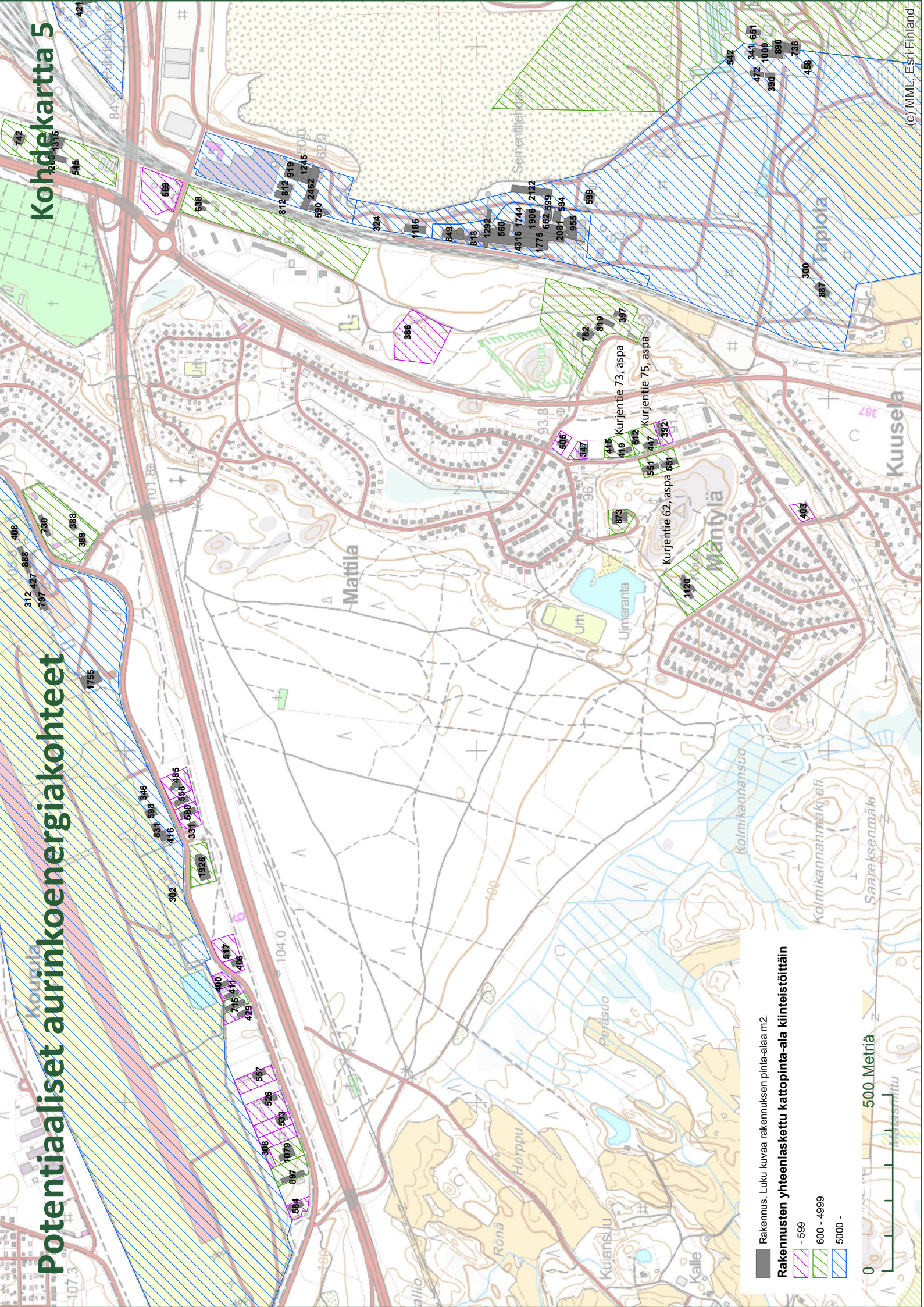
500 Metriä





# Kohdekartta 5

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet



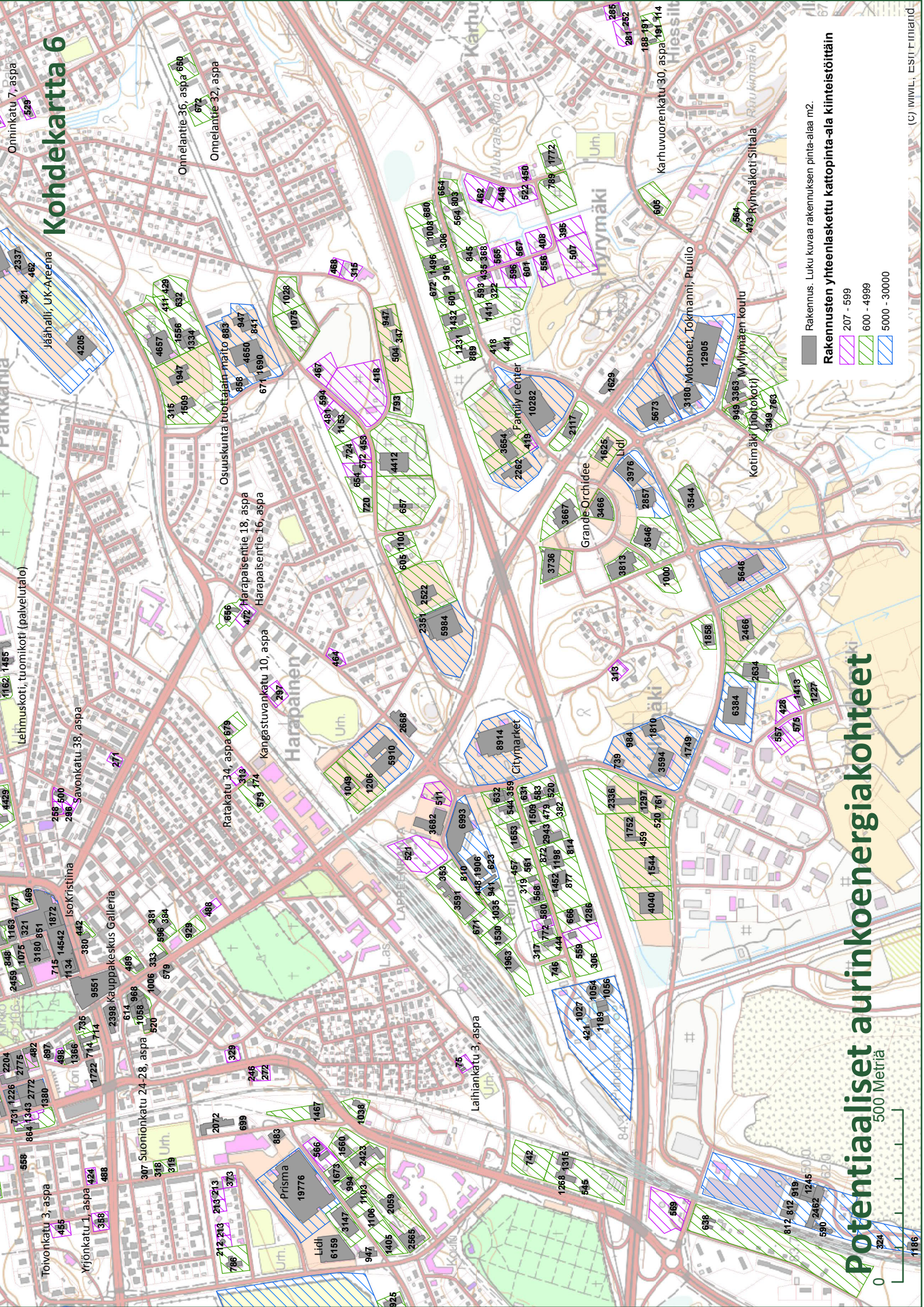
Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-alaa m<sup>2</sup>.

### Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala kiinteistöittäin

- 599 -
- 600 - 4999
- 5000 -



# Kohdekartta 6



Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-alaa m<sup>2</sup>.

## Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala Kiinteistöittäin

- 207 - 599
- 600 - 4999
- 5000 - 30000

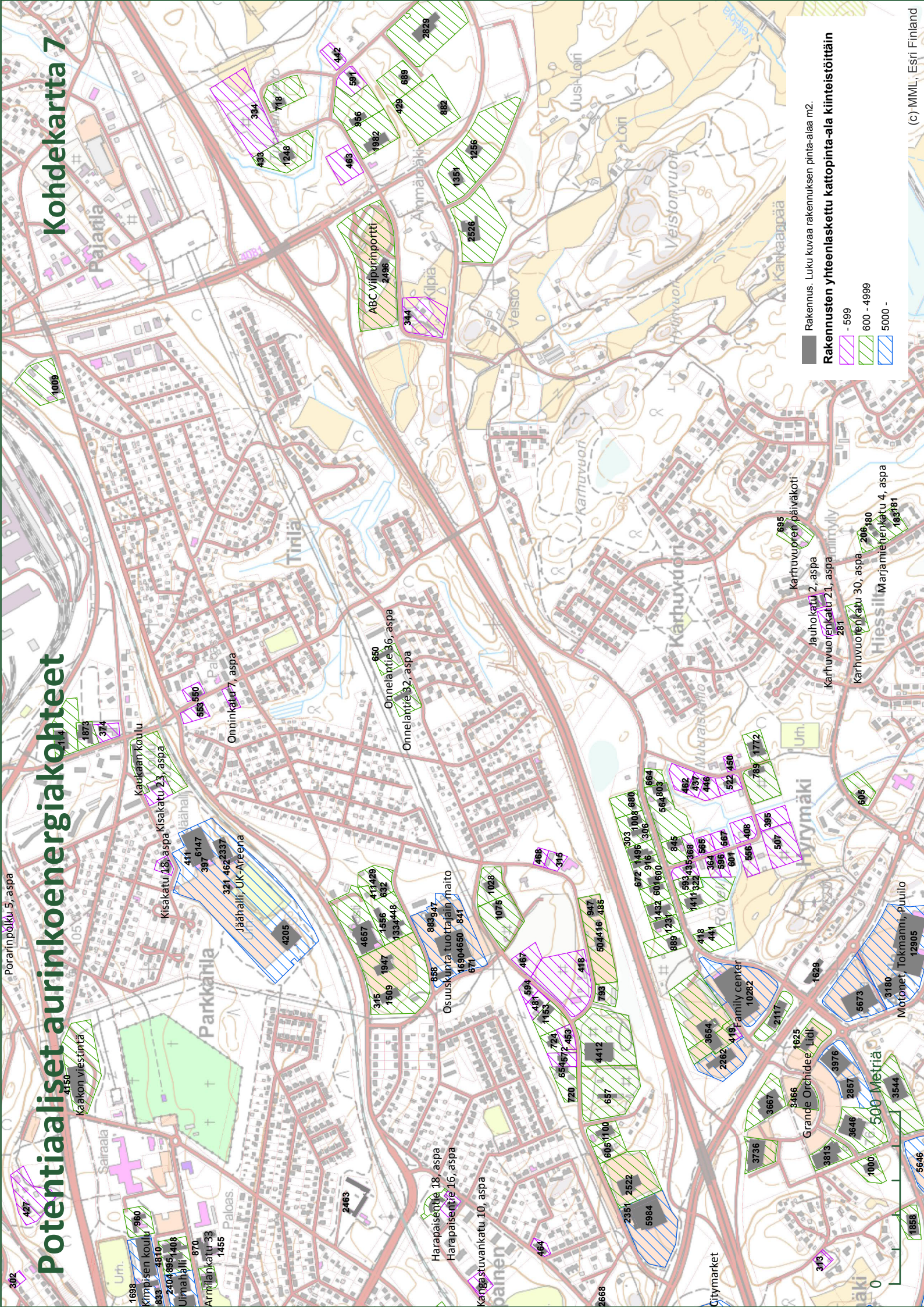
# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

500 Metriä

0 324 1186

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

# Kohdekartta 7



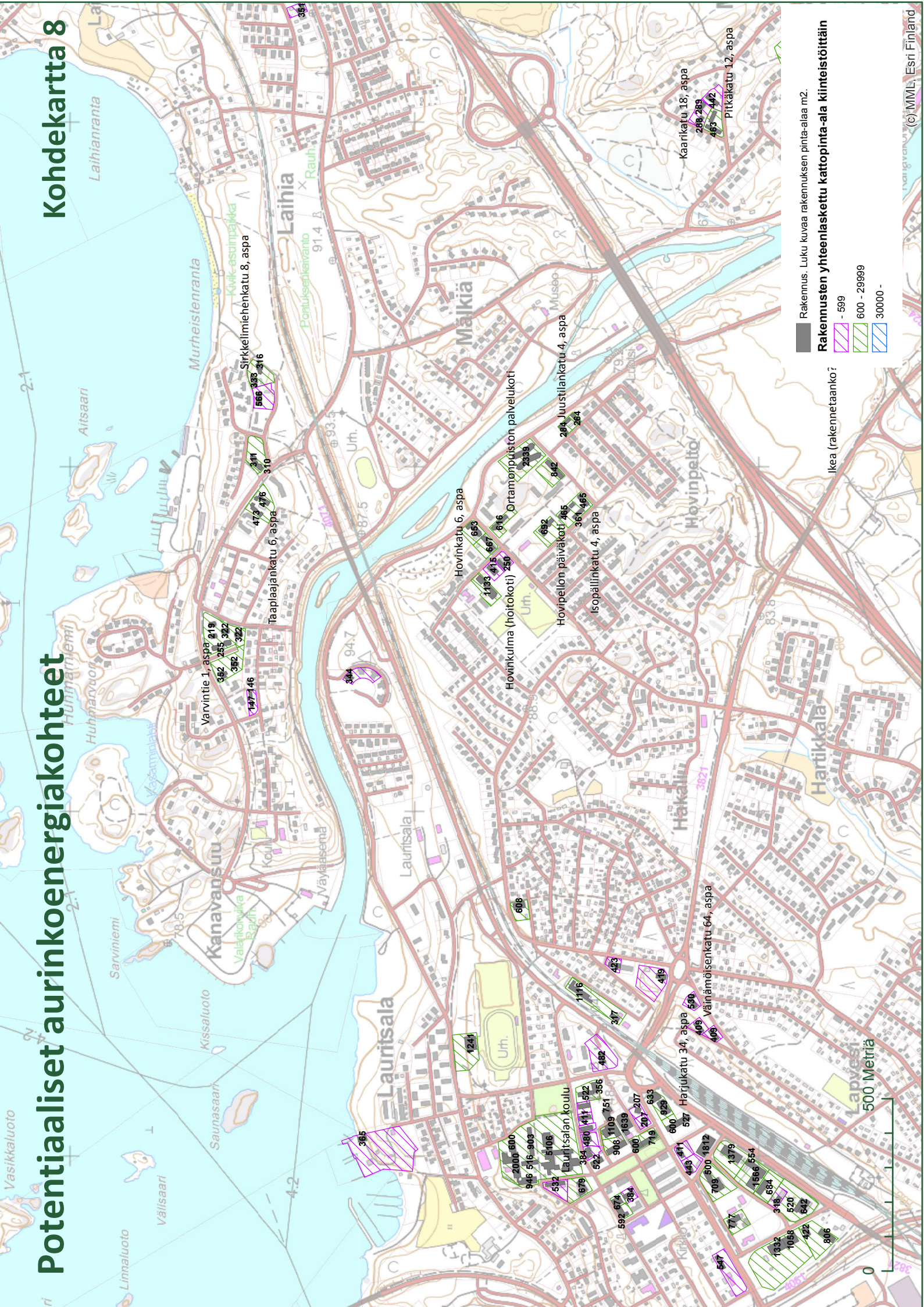
Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-ala m<sup>2</sup>.

### Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala Kiinteistöittäin

- 599
- 600 - 4999
- 5000 -




# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

## Kohdekartta 8



Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-alaa m<sup>2</sup>.

Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala kiinteistöittäin

-  - 599
-  600 - 29999
-  30000 -

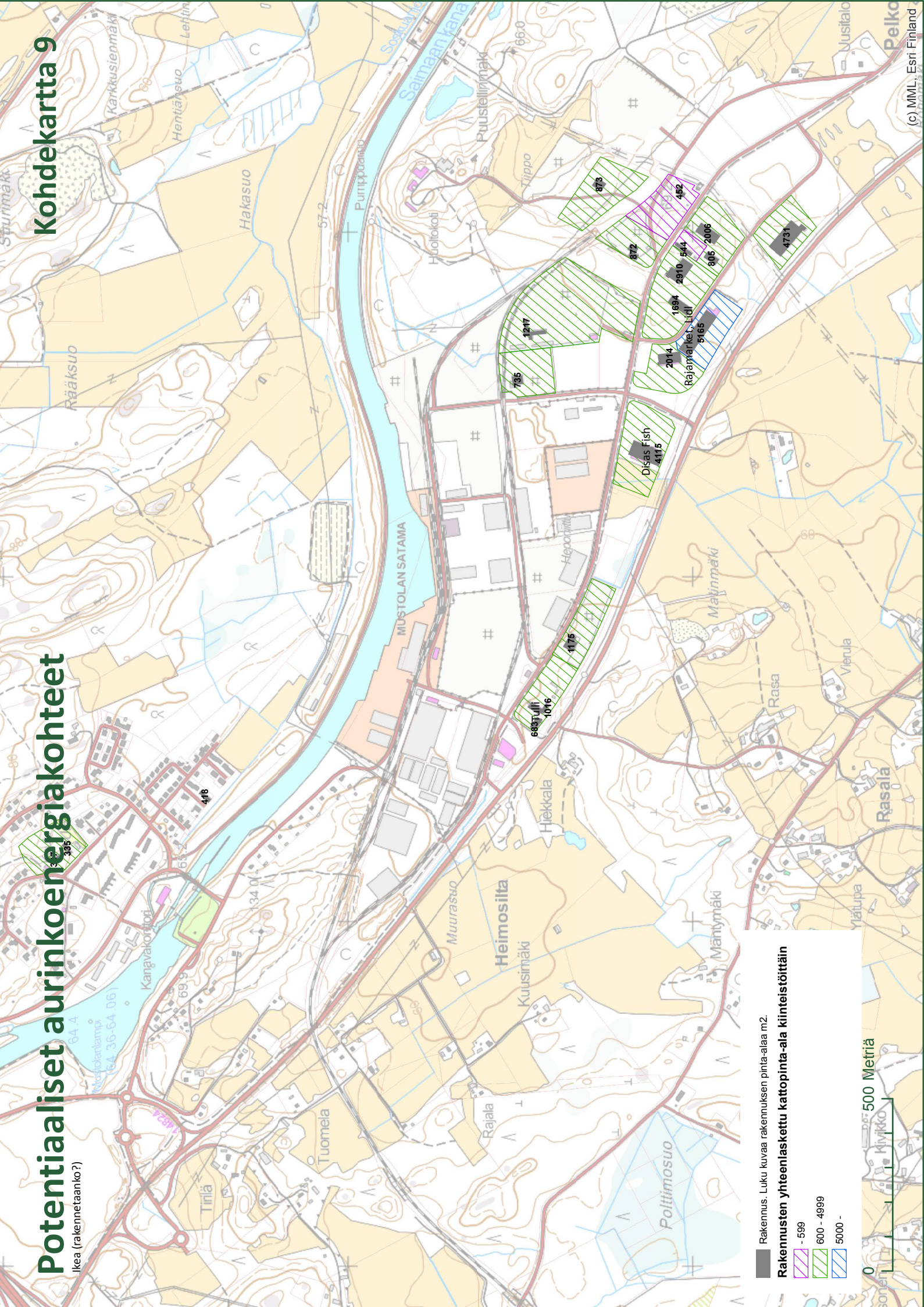
Ikea (rakennetaanko?)

500 Metriä

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

Ikea (rakennetaanko?)

# Kohdekartta 9



Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-alaa m2.

## Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala kiinteistöittäin

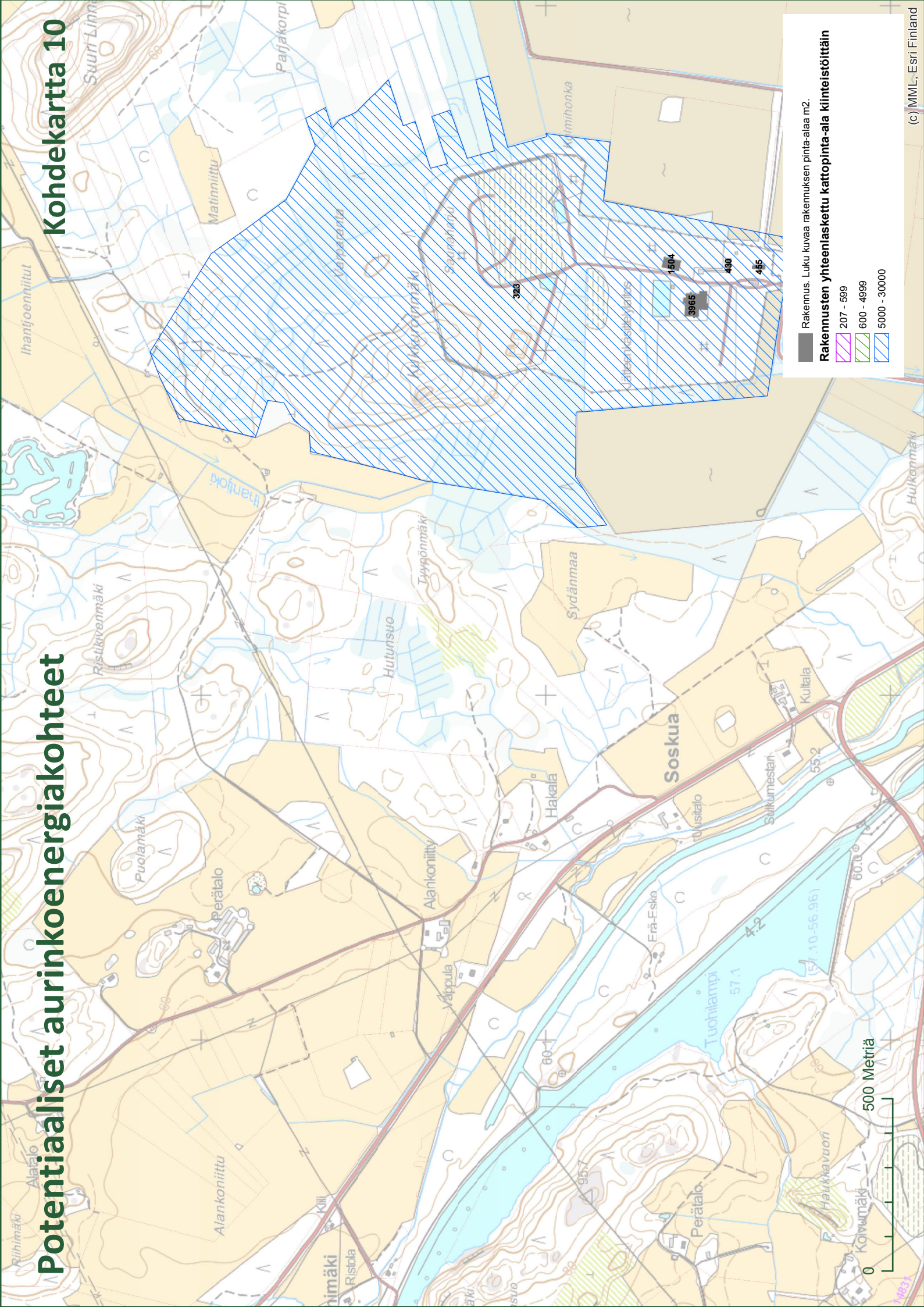
- 599
- 600 - 4999
- 5000 -



500 Metriä

# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

# Kohdekartta 10



Rakennus. Luku kuvaa rakennuksen pinta-ala m2.

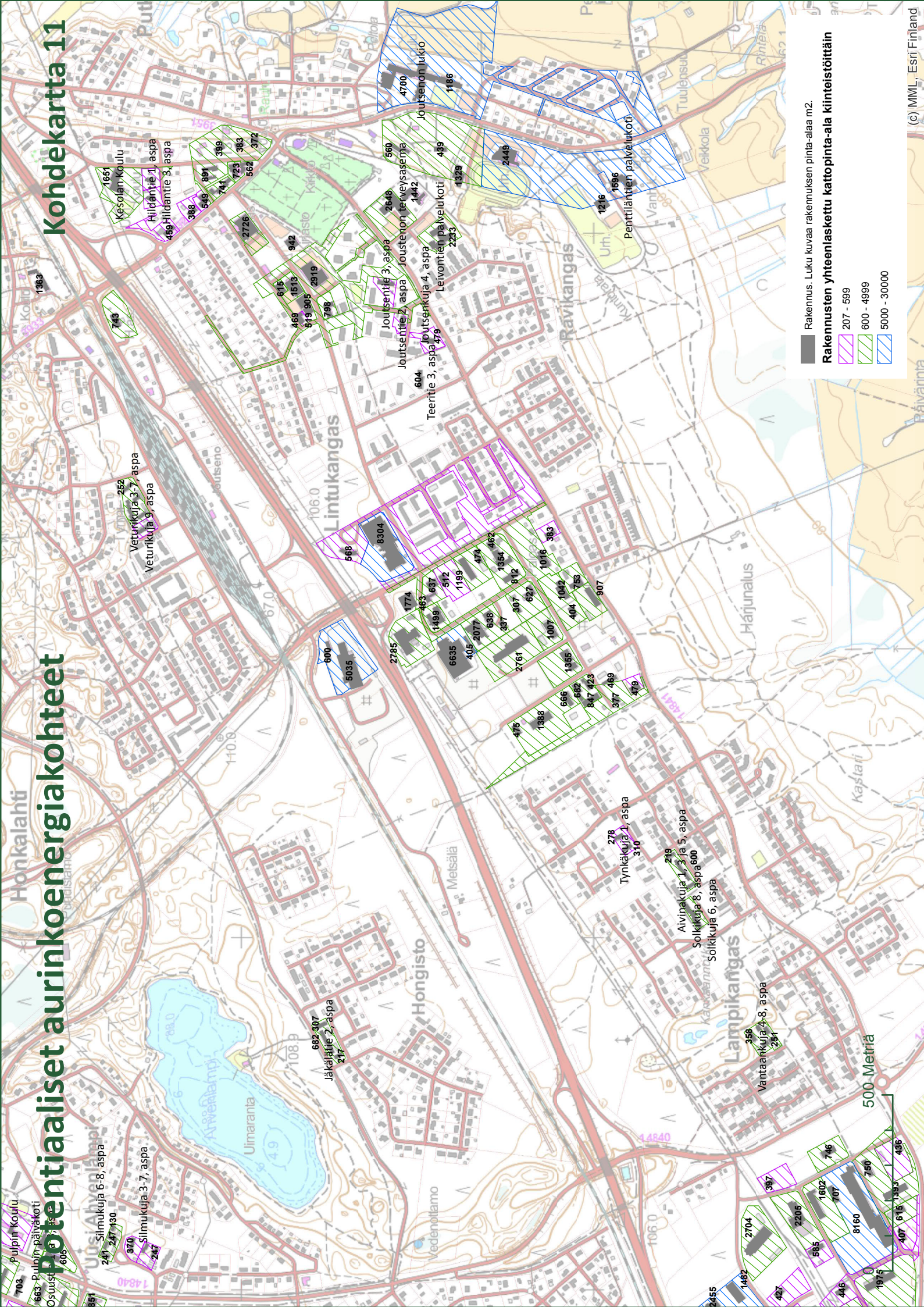
### Rakennusten yhteenlaskettu kattopinta-ala kiinteistöittäin

- 207 - 599
- 600 - 4999
- 5000 - 30000

500 Metriä

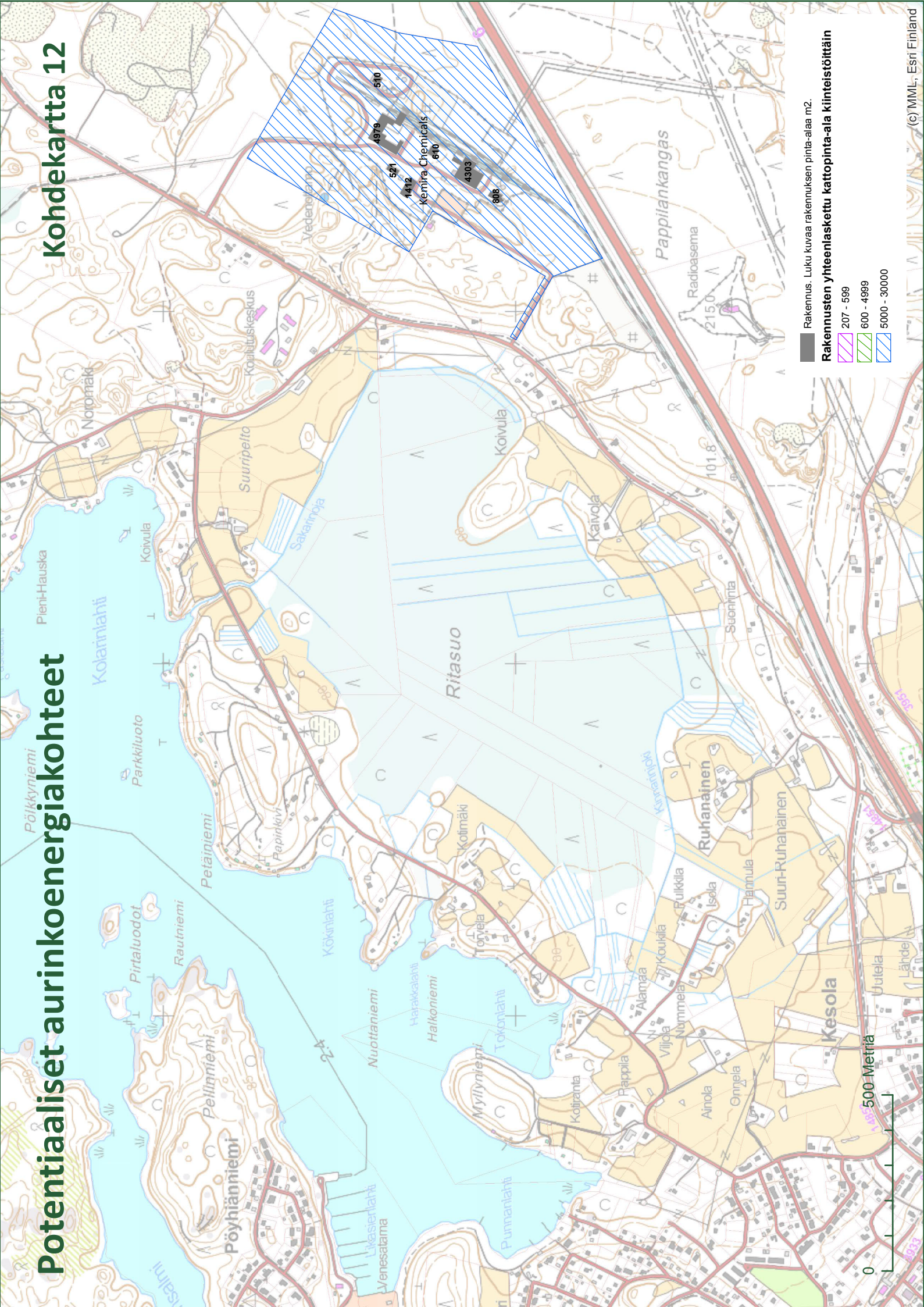
# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

# Kohdekartta 11



# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

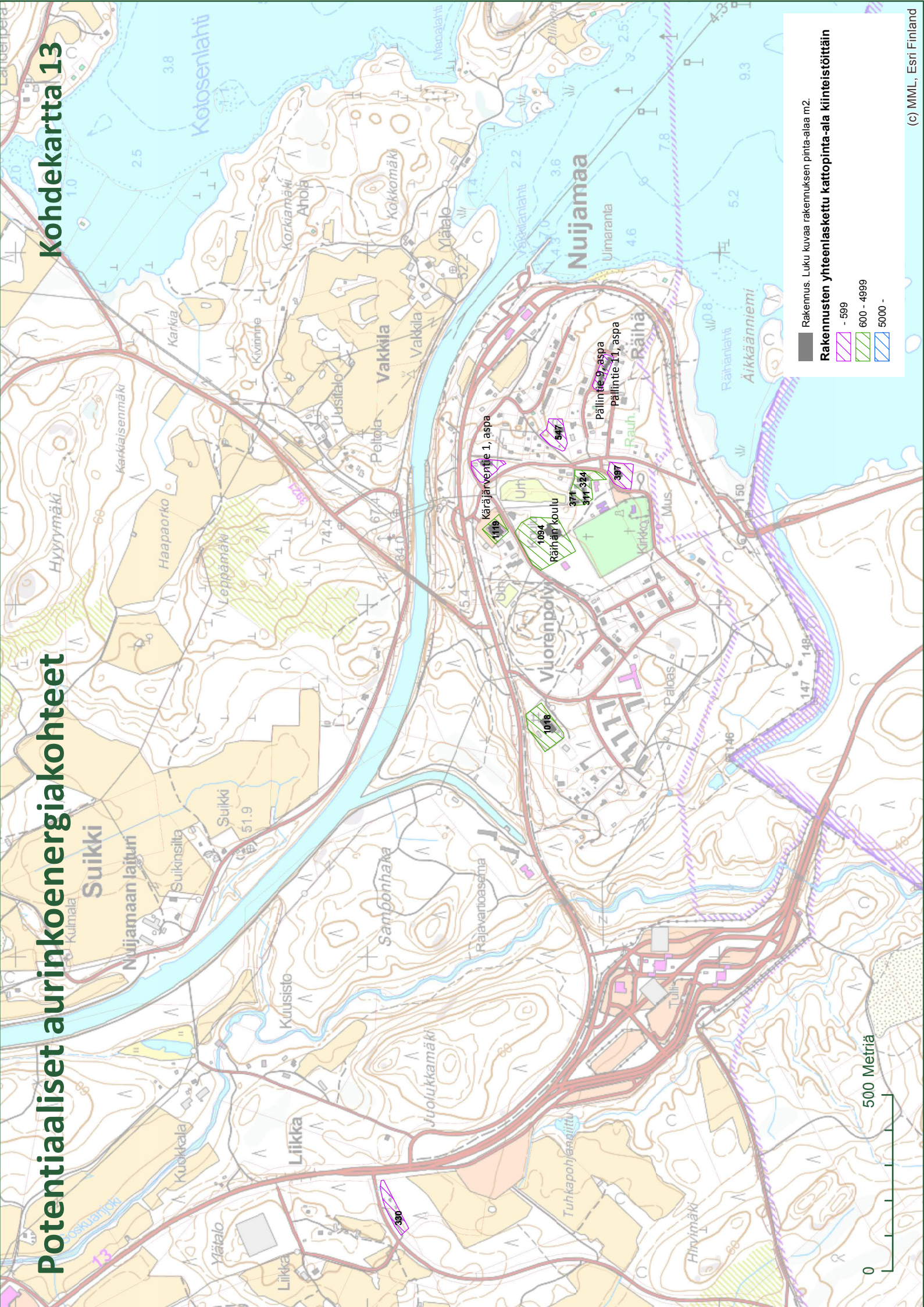
# Kohdekartta 12





# Potentiaaliset aurinkoenergiakohteet

# Kohdekartta 13



# MAALÄMPÖ

## Maalämpö ja sen hyödyntäminen

### MAALÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN

- lämpöenergiaa siirretään lämpöpumppujen avulla matalassa lämpötilassa olevasta aineesta korkeampaan lämpötilaan
- lämpö maaperästä tai kalliosta keruuputkistolla

Uusissa rakennuksissa maalämpö on kilpailukykyinen lämmitysratkaisu kaukolämpöverkon ulkopuolella.

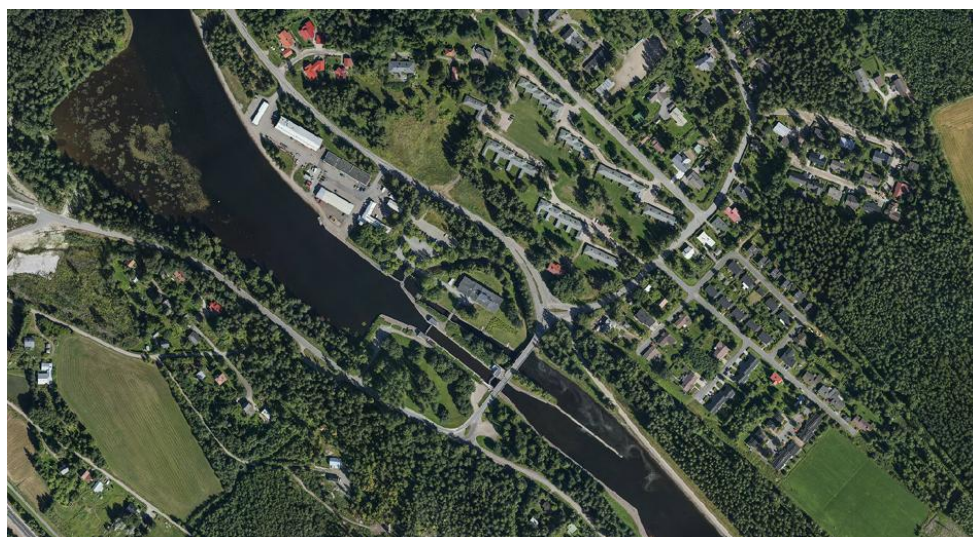
Maalämpöpumput soveltuvat parhaiten rakennuksiin, joissa on vesikiertoinen lämmitys.

Maalämmöllä eli geoenergialla tarkoitetaan maa- ja kallioperään varastoitunutta auringon lämpöenergiaa, joka siirtyy maa- ja kallioperään johtamalla ja pohjaveden mukana. Maalämmön talteenotossa siirretään lämpöenergiaa matalassa lämpötilassa olevasta aineesta korkeampaan lämpötilaan lämpöpumpuilla. Lämpöpumppujen matalassa lämpötilassa oleva lämmönlähde voi olla kaasumaisessa (ulkoilma tai rakennuksen poistoilma), nestemäisessä (vesi) tai kiinteässä (maa, kallio, sedimentti) muodossa.

Lämpöpumpun pääosat ovat lauhdutin (lämmin puoli), paisuntaventtiili, höyrystin (kylmä puoli) sekä kompressori. Näiden välillä liikkuu lämmönsiirtoaine (kylmäaine), joka siirtää lämpöenergiaa. Lauhdutin luovuttaa pumpun siirtämän energian halutulle kohteelle. Kun lämmönsiirtoaine lähtee lauhduttimesta, se paisuu paisuntaventtiilissä eli sen tilavuus kasvaa ja paine laskee. Samalla lämpötila laskee ympäristöään kylmemmäksi. Tämän jälkeen höyrystimessä lämpöenergiaa sitoutuu kylmään lämmönsiirtoaineeseen matalan lämpötilan lämpövarastosta (esim. ilmasta tai maalämpöpumppujen kohdalla maasta lämmönkeruupiiriin kautta). Seuraavaksi aineen painetta nostetaan kompressorissa. Samalla nousee myös sen lämpötila. Aineen palatessa lauhduttimelle sen lämpötila on suurempi kuin lähtiessään siltä. Lämpötilaeron mukaisen lämpöenergian aine luovuttaa lämmitettävälle kohteelle.

Maalämpöpumppuihin lasketaan kuuluvaksi sekä maaperästä että kalliosta lämpöä lämmityskohteisiin siirtävät lämpöpumput. Maalämpöpumppujärjestelmään kuuluu maan tai kallion sisässä oleva keruuputkisto. Putkistossa kiertää jäätymätön neste, joka luovuttaa lämpöenergiaansa lämpöpumpun höyrystimellä lämpöpumpussa kiertävään lämmönsiirtonesteeseen. Maalämpöpumput soveltuvat parhaiten rakennuksiin, joissa on vesikiertoinen lämmitys. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi vesikiertoisen lämmityksen rakentamista uudiskohteeseen tai öljylämmityksen korvaamista maalämmöllä.

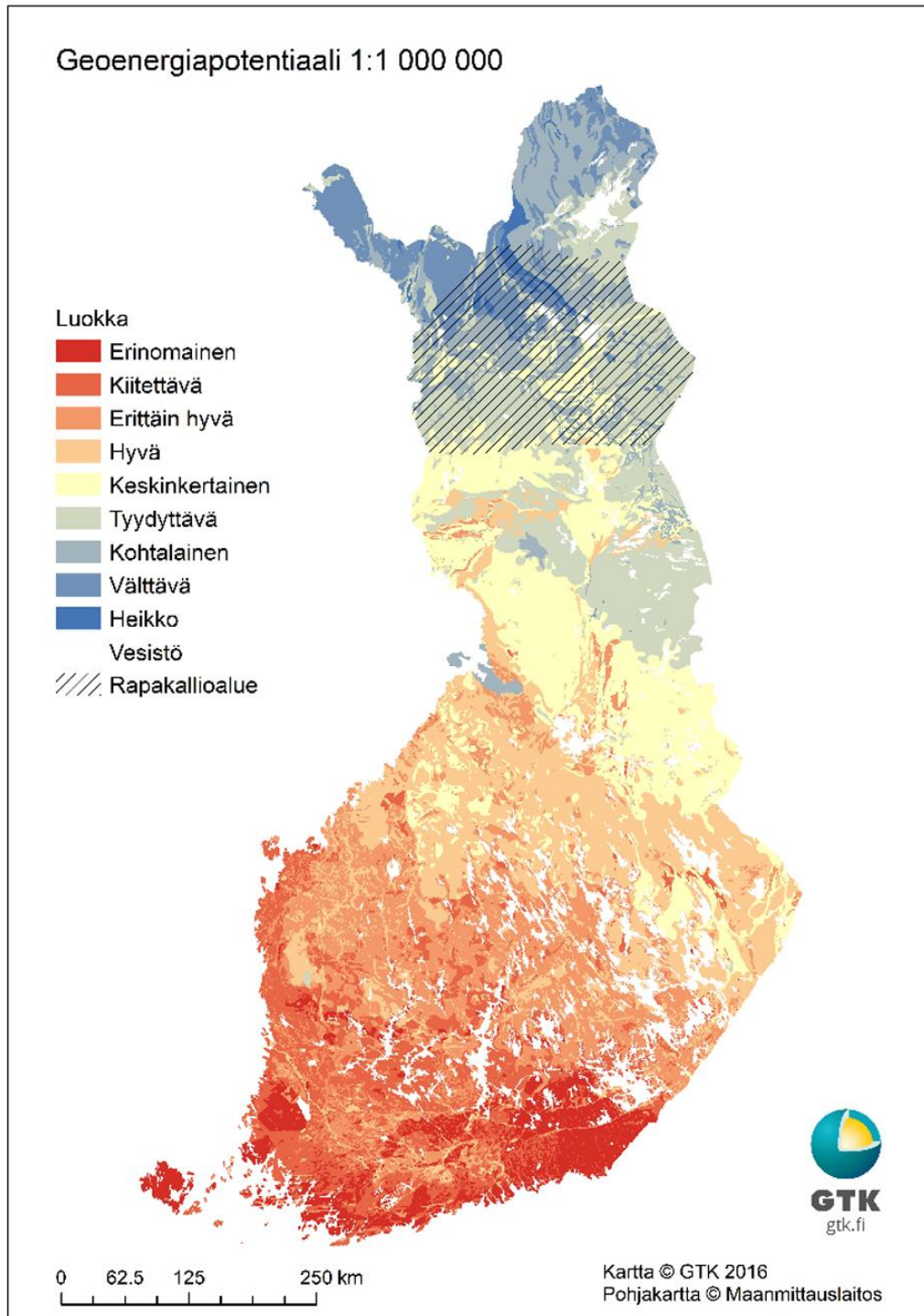
Uusissa rakennuksissa maalämpö on kilpailukykyinen lämmitysratkaisu kaukolämpöverkon ulkopuolella, kun kilpailevat ratkaisut ovat sähkö- ja pellettilämmitys. Kiinteistökohtaisten lämpöpumppujen lisäksi lämpöpumpuilla voidaan tuottaa lämpöä alue- tai kaukolämpöverkkoon.



Kuva 7. Mustolan asuinalueita Saimaan kanavan varressa.

## Maalämmön hyödyntämiseen soveltuvat alueet

Geologinen tutkimuskeskus on julkaissut vuonna 2016 geoenergiakartan, josta on nähtävissä, että Etelä-Karjalan seutu on potentiaalista geoenergian hyödyntämisaluetta. Kartta sisältää paikkatietomuuttujina kallioperän kivilajiominaisuudet, maakerroksen paksuuden ja kallioperän lämpötilatason maanpinnan lämpötilasta arvioituna.



Kuva 8. Suomen geoenergiapotentiaali. (Lähde: GTK, 2017)

Lappeenrannan alueen geoenergiapotentiaalia on selvitetty Lappeenrannan kaupungin tilaamassa ja FCG Consulting Oy:n toteuttamassa selvityksessä. Lappeenrannan geoenergiapotentiaali on selvityksen perusteella suurimmalta osaltaan hyvin maalämmön talteenottoon soveltuvaa aluetta. Geoenergian kannalta heikoimmat alueet sijoittuvat Jurvala-Vainikkala –radan pohjoispuolelle välille Jurvala-Simola sekä Konnunsuolle. Erittäin hyvin maalämmön talteenottoon soveltuvat pienet alueet sijoittuvat mm. Kärkjärven länsipuolelle Kasukkalaan sekä Ravattilan koillispuolelle.

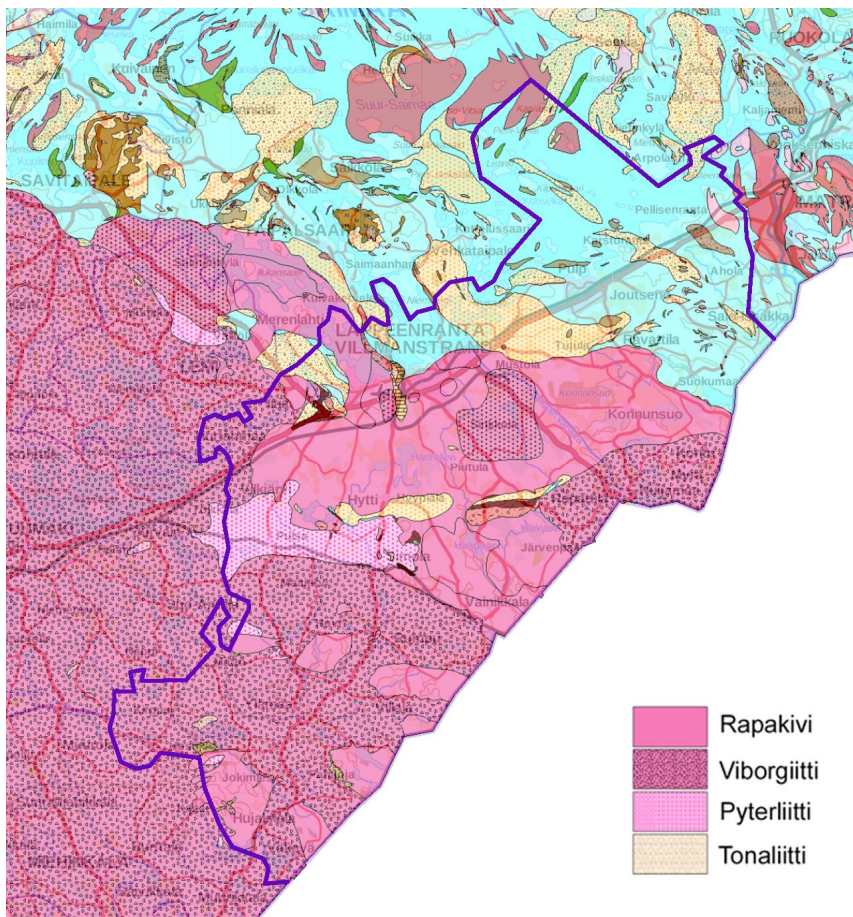
Maalämmön kieltoalueita ovat kaikki Lappeenrannassa sijaitsevien vedenottamojen alueet. Lisäksi Lappeenrannan keskustan eteläpuolella toimiva Nordkalk Oy Ab on esittänyt, että minimissään 500 metrin ja ohjeellisesti 1000 metrin päähän Ihalaisen kaivospiirin lähimmästä rajasta ei tehtäisi lämpökaivoja.

Merkittävä osa Lappeenrannan keskusta-alueetta sekä asuinalueita on kaukolämpöverkon piirissä. Kaukolämmön piirissä olevilla alueilla maalämpöön perustuvan lämmitysjärjestelmän rakentaminen ei ole niin perusteltua kuin alueilla, joille keskitetysti tuotettu kaukolämpö ei ulotu.

## Lupaprosessit maalämpöinvestoinneissa

Maalämpöjärjestelmän rakentamiseen on haettava lupaa Lappeenrannan kaupungilta. Jo olemassa olevan rakennuksen lämmitysjärjestelmän muuttaminen maalämpöön perustuvaksi tarvitsee toimenpideluvan. Uudisrakennuksissa maalämpöprosessia varten tarvittava lupa sisältyy rakennuslupaan. Luvan saaminen edellyttää naapurien kuulemista. Naapurien kuuleminen voidaan tehdä kaupungin rakennusvalvonnasta saatavalla lomakkeella.

Pohjavesialueilla tai poratessa pilaantuneeseen maaperään, on tarvittaessa haettava Aluehallintoviraston (AVI) lupa. Vedenottamoiden suoja vyöhykkeillä ja 500 metrin säteellä vedenottamosta tulee välttää energiakaivojen poraamista tai maapiirien asentamista. Pohjavesialueella geoenergiakentälle (> 10 kaivoa) on haettava vesilain mukainen lupa Aluehallintovirastolta (AVI).

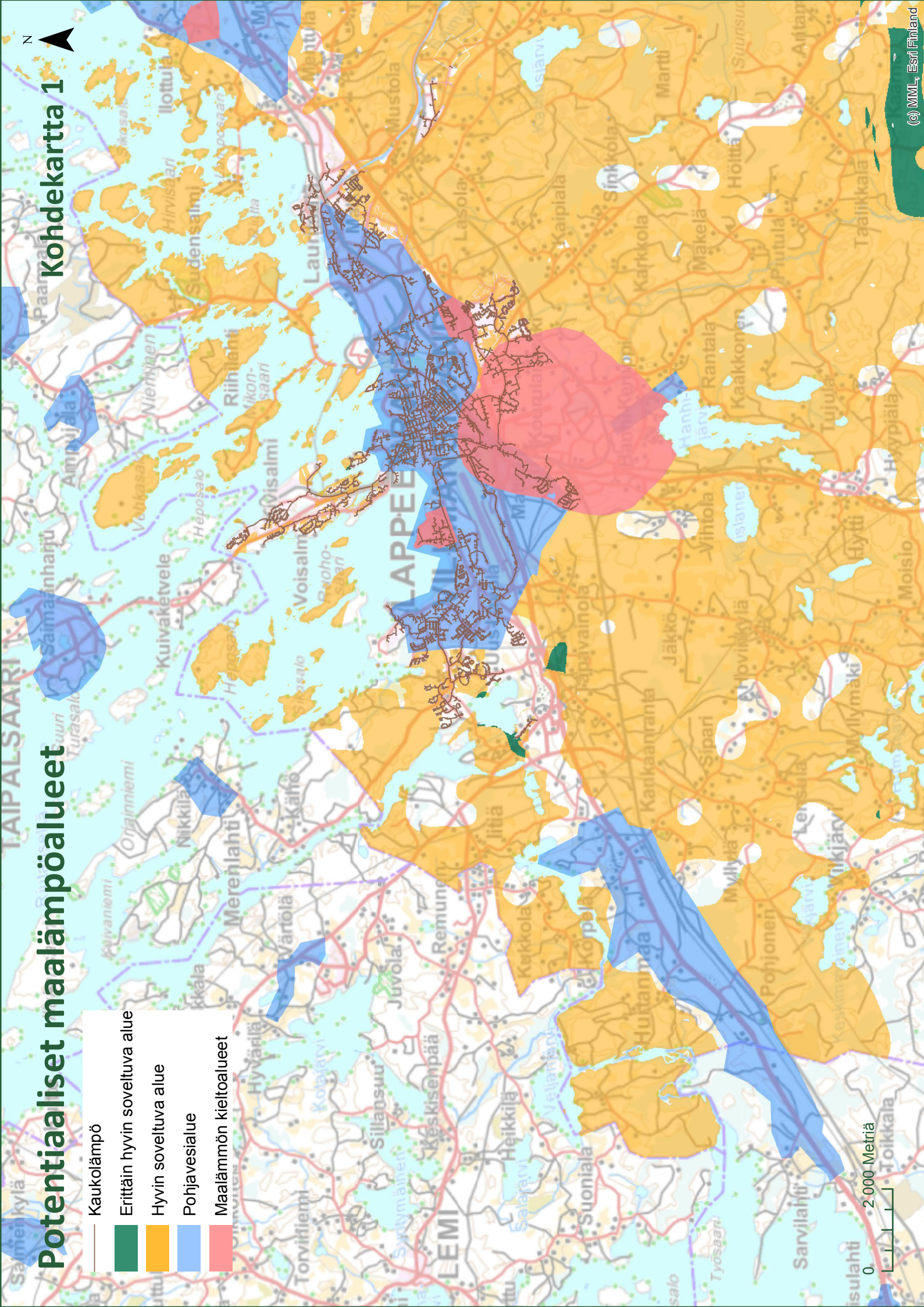


Kuva 9. Suurin osa Lappeenrannan alueen kallioperästä on rapakiveä ja viborgiittia. (Lähde: GTK, 2017)

# Potentiaaliset maalämpöalueet

## Kohdekartta 1

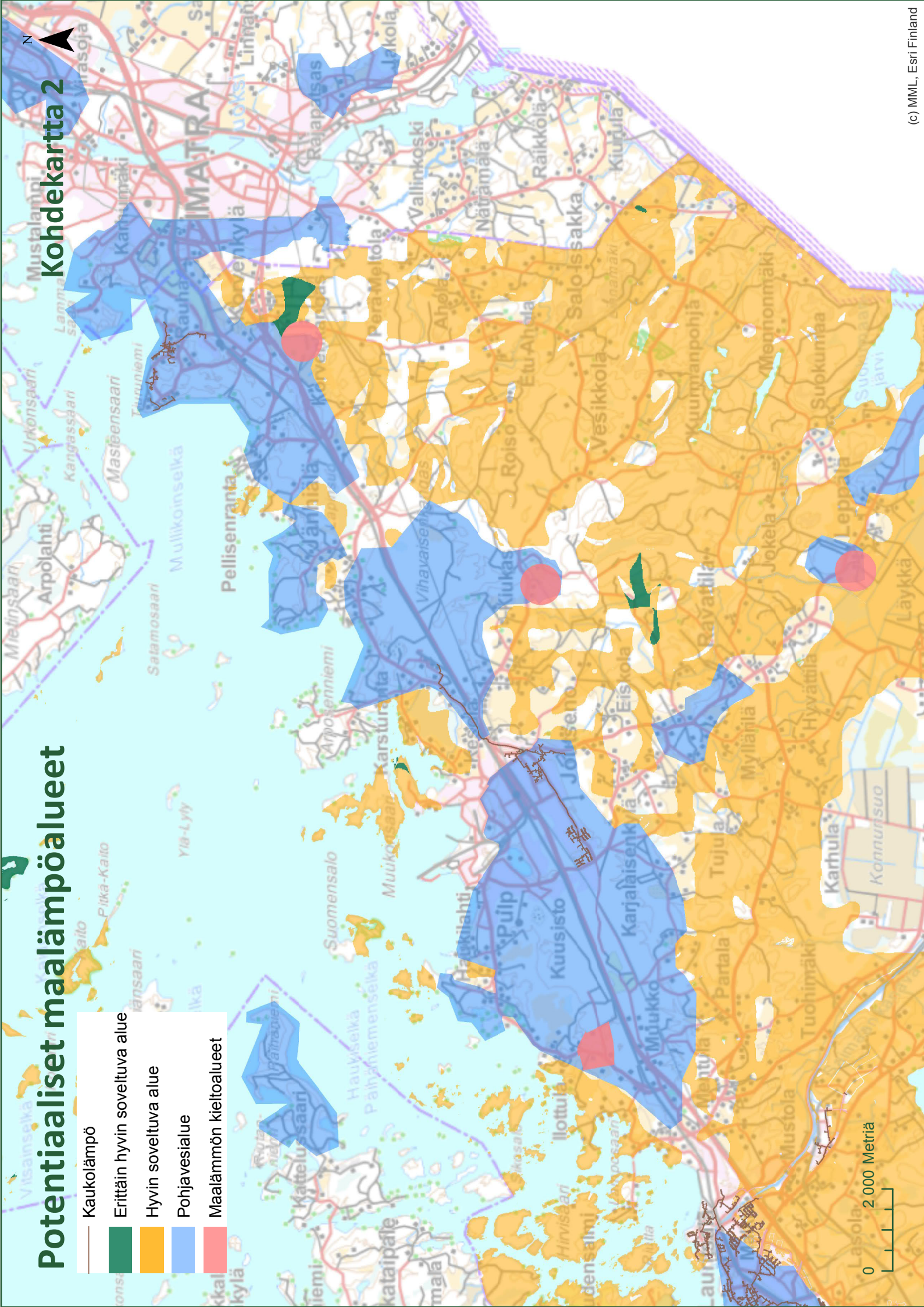
- Kaukolämpö
- Erittäin hyvin soveltuva alue
- Hyvin soveltuva alue
- Pohjavesialue
- Maalämmön kieltoalueet



# Potentiaaliset maalämpöalueet

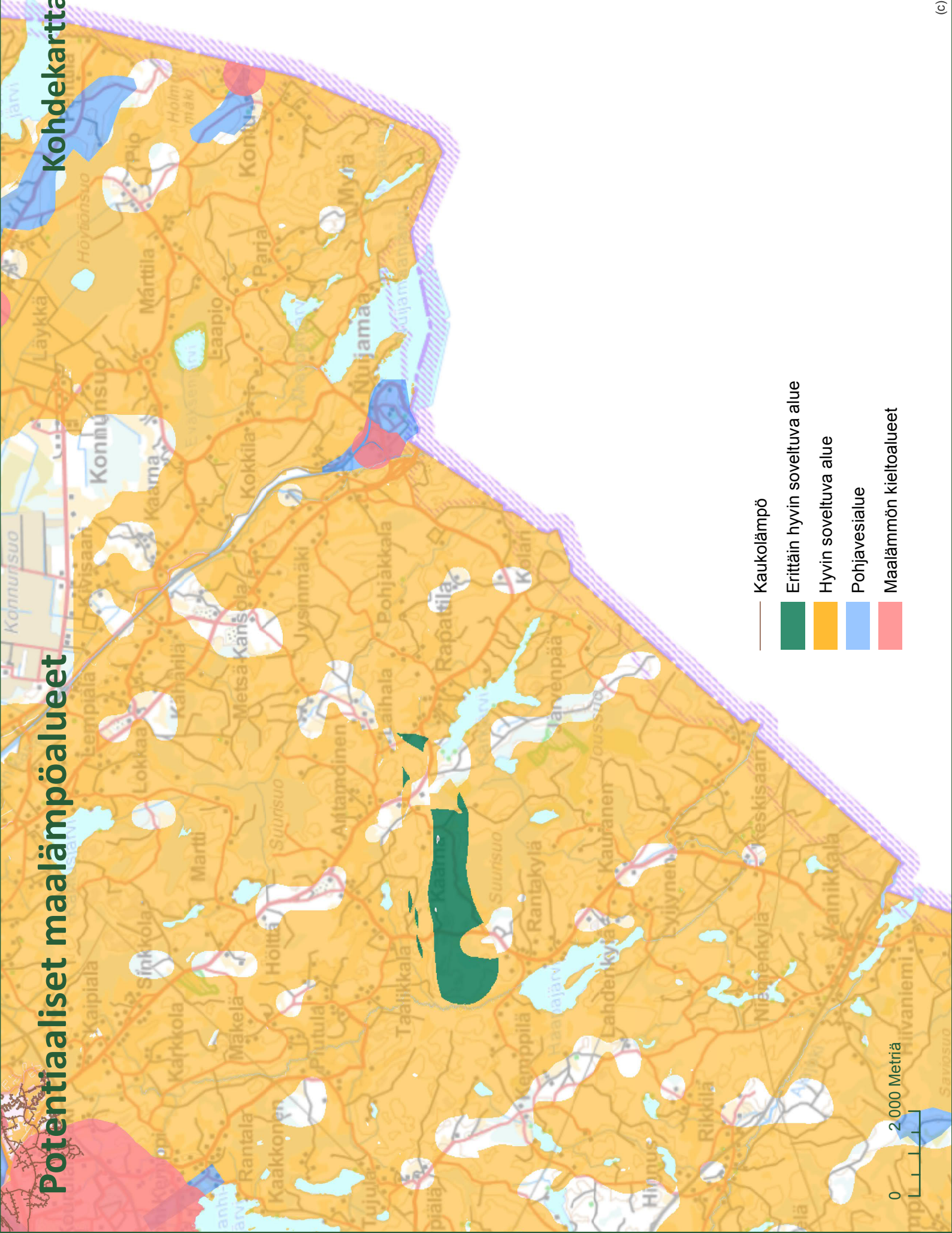
- Kaukolämpö
- Erittäin hyvin soveltuva alue
- Hyvin soveltuva alue
- Pohjavesialue
- Maalämmön kieltoalueet

## Kohdekartta 2



# Potentiaaliset maalämpöalueet

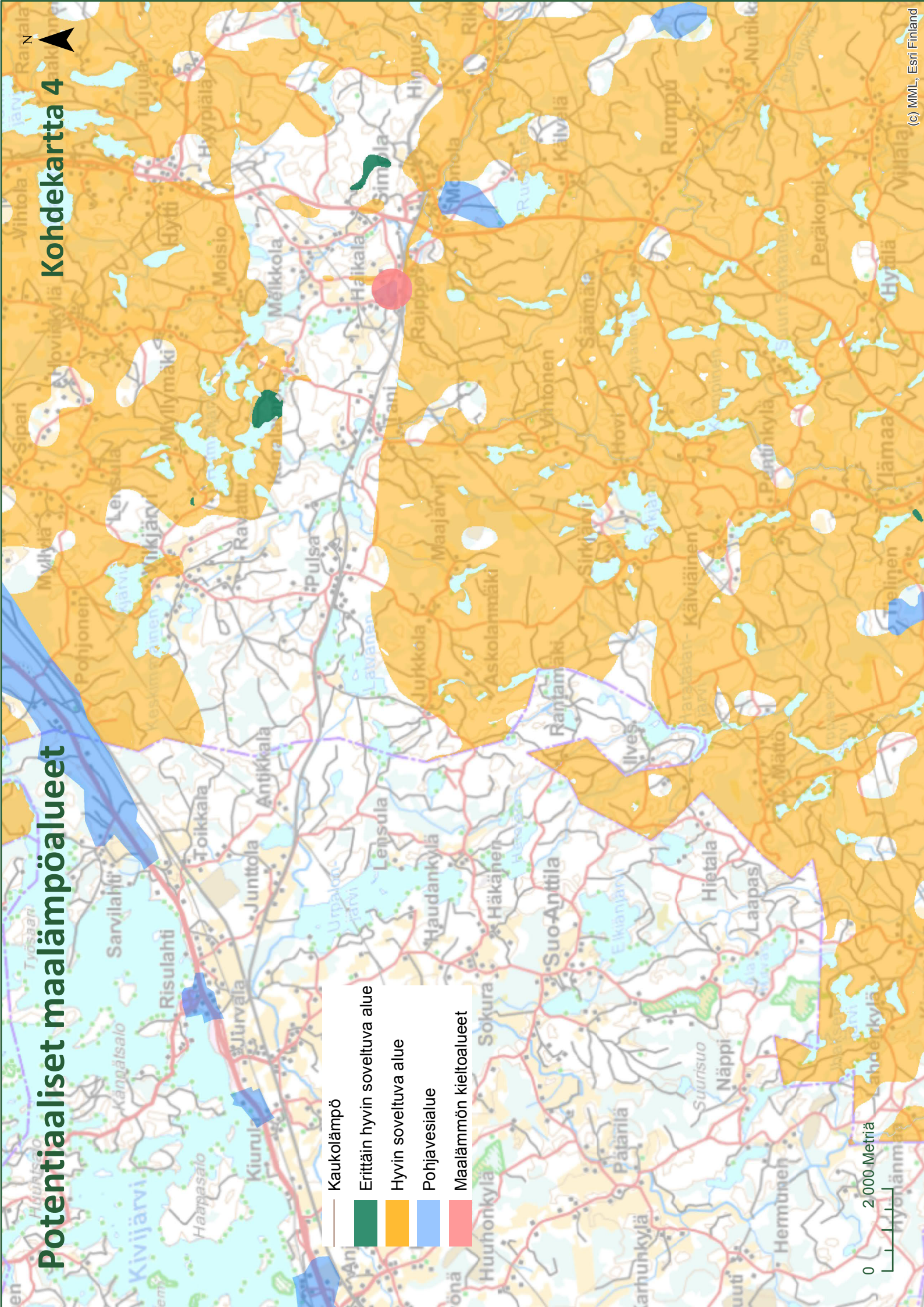
## Kohdekartta 3



0 2 000 Metriä

# Potentiaaliset maalämpöalueet

## Kohdekartta 4



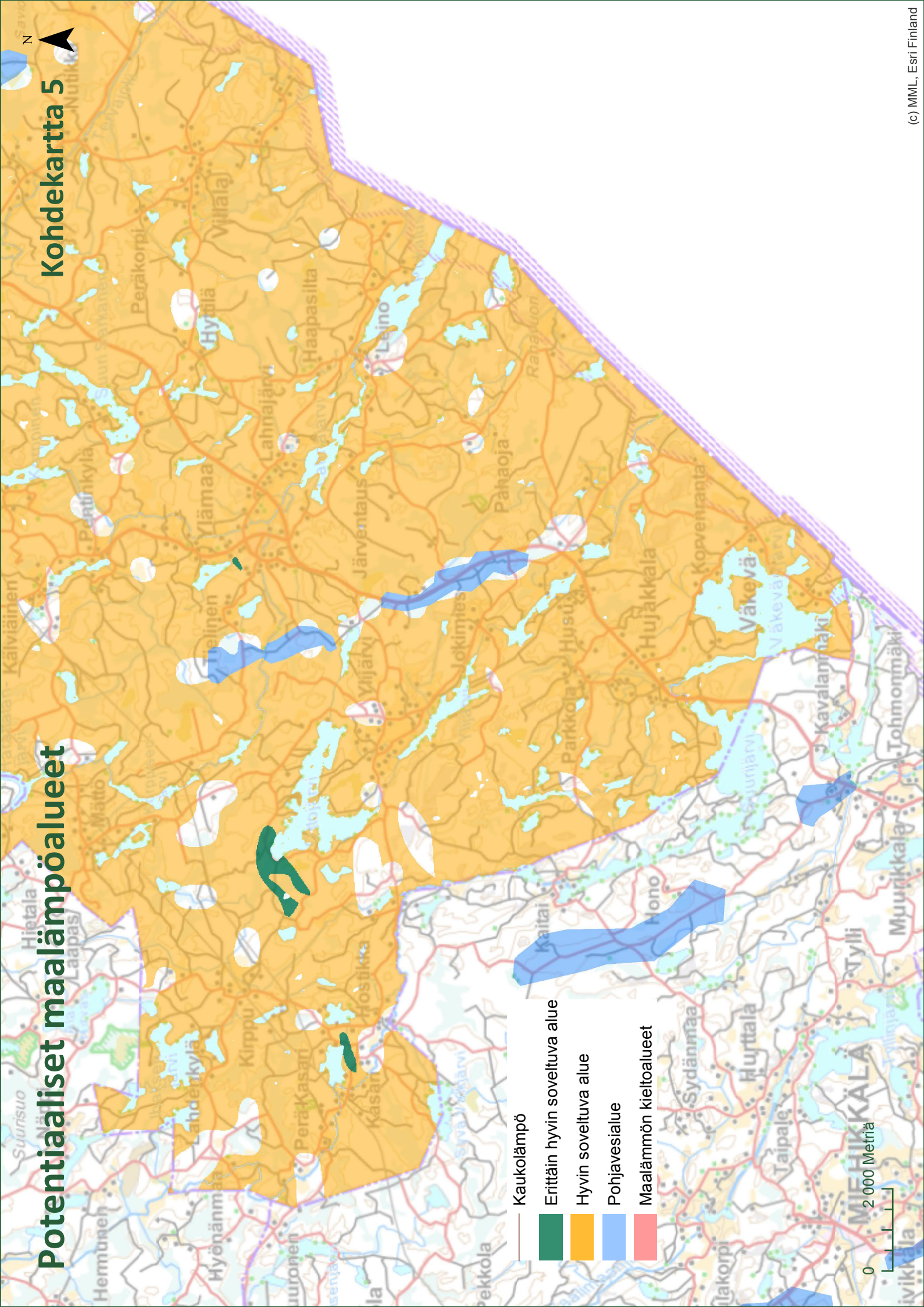
- Kaukolämpö
- Erittäin hyvin soveltuva alue
- Hyvin soveltuva alue
- Pohjavesialue
- Maailmännön kieltoalueet

0 2 000 Metriä



# Potentiaaliset maalämpöalueet

## Kohdekartta 5



- Kaukoliämpö
- Erittäin hyvin soveltuva alue
- Hyvin soveltuva alue
- Pohjavesialue
- Maalämmön kieltoalueet

0 2 000 Metriä

# TUULIVOIMA

## Tuulivoima ja sen hyödyntäminen

### PIENTUULIVOIMALAT

- maataloudessa
- kotitalouksissa
- vapaa-ajan asunnoissa

### TEOLLISEN KOKOLUOKAN VOIMALAT

- teho 3 – 5 MW
- tornin korkeus 80 - 140 m
- roottorin lapojen pituus 50 – 60 m

### TUULIPUISTO

= useita toisiinsa liitettyjä tuulivoimaloita, kytkeytyvät yhtenä kokonaisuutena sähköverkkoon

### HAJAUTETTU

#### ENERGIANTUOTANTO

= suhteellisen pienikokoiset sähkön-, lämmön- ja kylmäntuotannon laitokset ovat hajaantuneena ympäri siirtoverkkoa

Liittäminen sähköverkkoon pienvoimalaitoksiin tarkoitettuja standardeja ja ohjeistuksia noudattaen.

Yli 500 kW:n voimalaitokset -> otettava lisäksi huomioon Fingridin verkkoon liittämisen vaatimukset.

Tuulivoimalat voidaan jakaa teollisen kokoluokan tuulivoimaloihin ja pientuulivoimaloihin. Teollisen kokoluokan voimalat ovat teholtaan tyypillisesti noin 3 - 5 MW. Tornin korkeus on yleensä 80 - 140 m ja roottorin lapojen pituus 50 - 60 m. Pientuulivoimalat ovat teholtaan ja kooltaan pienempiä kuin teollisen kokoluokan tuulivoimalat. Pientuulivoimaloita käytetään muun muassa maataloudessa, kotitalouksissa ja vapaa-ajan asunnoissa. Kansainvälisissä standardeissa (IEC 61400-2) pientuulivoimalaksi lasketaan voimala, jonka roottorin ala on alle 200 m<sup>2</sup> ja siten lavan pituus korkeintaan noin 8 m. Voimalan teho on tällöin maksimissaan noin 100 kW ja roottori asennetaan noin 20–40 m korkeuteen. Tyypillisimmät omakotitalojen tai vapaa-ajan asuntojen yhteyteen pystytetyt tuulivoimalat ovat teholuokaltaan kuitenkin pienempiä, teholtaan yleensä 0,2–5 kW. Tällöin lavan pituudeksi tulee noin 1–3 m.

Tuulivoimaloiden rypästä kutsutaan tuulipuistoksi. Siinä on useita toisiinsa liitettyjä tuulivoimaloita ja ne kytkeytyvät yhtenä kokonaisuutena sähköverkkoon. Tyypillisimmillään maalle rakennettavissa tuulipuistoissa on 6-20 voimalaa. Tuulivoimaloiden sijoitusetäisyys toisiinsa nähden on useita satoja metrejä muun muassa roottorin koosta, voimaloiden lukumäärästä ja sijoituskuviosta riippuen. Isojen tuulivoimaloiden luokkaan kuuluvien voimaloiden (3 - 5 MW) välillä sijoitusetäisyydet vaihtelevat tavallisesti 400–1000 metrin välillä.

Tuulivoimapuistot sijaitsevat tyypillisesti rannikoilla, mutta suuremmat tornikorkeudet mahdollistavat tuulivoiman rakentamisen myös metsäiseen sisämaahan, jossa hyvät tuuliolosuhteet löytyvät rannikkoa korkeammalta.



Kuva 10. Lappeenrannan teknillisen yliopiston Green Campuksen 20 kW:n tuulivoimala. (Kuva: ©Teemu Leinonen)

## Tuulivoiman tuotantoon soveltuvat alueet

Tuulivoimalle soveltuvien alueiden tarkastelun lähtökohta on tässä oppaassa ollut Suomen Tuuliatlas. Suomen Tuuliatlas on työ- ja elinkeinoministeriön tilaama ja Ilmatieteenlaitoksen keräämä ja mallintama tietoaineisto tuulisuudesta Suomessa. Tuuliatlaksen tarkemman ruututiedon (tarkasteluruudun koko 250 m x 250 m) perusteella on määritelty alueet, joilla tuulen nopeus 150 metrin korkeudella on yli 7,5 m/s. Näitä alueita on tarkasteltu suhteessa

- Natura- ja luonnonsuojelualueisiin
- Rakennetun kulttuuriympäristön (RKY) kohteisiin ja alueisiin
- Ilmatieteenlaitoksen säätutkien tuottamaan dataan
- Lentoesterajapintojen asettamiin tuulivoimaloiden korkeusrajoituksiin (Lappeenrannan lentokenttä)
- Maakuntakaavan sisältöön

Tuulivoiman laajempaan tuotantoon hyvin soveltuvia alueita on Lappeenrannassa ainoastaan Joutsenon ranta-alueilla ja Joutsenon edustalla Saimaalla. Laajemmalla tuotannolla tarkoitetaan tässä laajaan sähköntuotantoon tarkoitettuja teollisen kokoluokan yksittäisiä voimaloita tai useamman voimalan tuulivoimapuistoja. Tuulivoimaa voidaan hyödyntää myös kiinteistökohtaisilla pientuulivoimaloilla.

## Lupaprosessit tuulivoimainvestoinneissa

Maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 132/1999) perusteella ratkaistaan, edellyttääkö tuulivoimaloiden rakentaminen alueen kaavoittamista (osayleis- tai asemakaava) vai haetaanko tuulivoimaloiden rakentamiselle pelkästään lupaa (rakennuslupa, toimenpidelupa, poikkeamislupa, suunnittelutarveratkaisu). Tuulivoimalat voidaan rakentaa pelkästään luparatkaisuihin perustuen ainoastaan alueille, joilla on vähäinen tarve sovittaa yhteen tuulivoimarakentaminen ja muu alueidenkäyttö.

Sekä tuulivoimalakaavaa laadittaessa että lupamenettelyssä on riittävässä määrin selvitettävä tuulivoimaloiden rakentamisen ympäristövaikutukset sekä vaikutukset mm. yhdyskuntarakenteeseen ja -talouteen. Kaavaa laadittaessa on lisäksi huolehdittava maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesta vuorovaikutus-menettelystä.

**Rakennuslupa ja toimenpidelupa (MRL 77 §, 125 §, 126 §)**

Tuulivoimalan rakentaminen vaatii aina joko rakennusluvan tai toimenpideluvan. Toimenpideluvalla voidaan toteuttaa yksityisiä kiinteistökohtaisia pieniä tuulivoimaloita. Asemakaavassa tai MRL 77 § mukaisessa osayleiskaavassa esitetyt tuulivoimalat voidaan toteuttaa suoraan rakennusluvalla.

**Poikkeamislupa (MRL 171 §, 172 §)**

Tuulivoimalan rakentaminen saattaa tarvita poikkeamispäätöksen. Poikkeus voidaan myöntää esim. kaavasta tai kaavamääräyksestä.

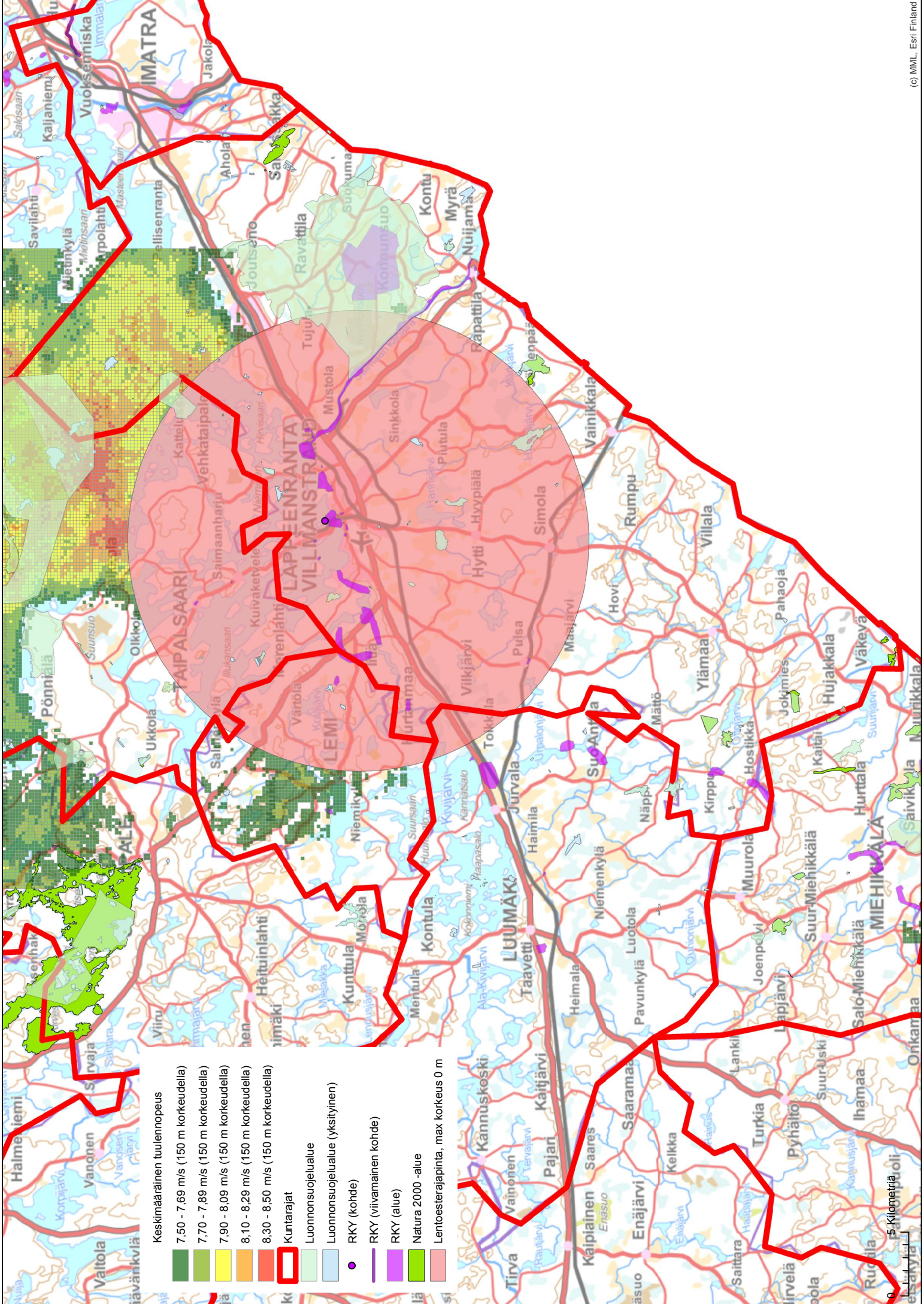
**Suunnittelutarveratkaisu (MRL 72 §, 172 §)**

Tuulivoimaloiden rakentamisella voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia, jolloin rakentaminen edellyttää tavanomaista menettelyä laajempaa harkintaa asemakaava-alueen ulkopuolella. Tällöin ns. suunnittelutarvealueelle voidaan myöntää lupa rakentamiseen edellyttäen, että rakentaminen

- ei aiheuta haittaa kaavoitukselle tai alueiden käytön muulle järjestämiselle
- ei aiheuta haitallista yhteiskuntakehitystä ja
- on sopivaa maisemalliselta kannalta eikä vaikeuta erityisten luonnon- tai kulttuuriympäristön arvojen säilyttämistä eikä virkistystarpeiden turvaamista.

Mikäli tuulivoimalan rakentaminen kohdistuu vesialueelle, tarvitaan myös vesilain mukainen lupa (vesilaki 2:6.2§).

Teolliset tuulivoimalat luetaan korkeutensa puolesta Suomen ilmailulaissa (864/2014 158 §) määritellyiksi lentoesteiksi. Tuulivoimalan koosta riippuen tarvitaan myös lentoestelupa (Trafi) ja selvitys puolustusvoimien tutkavaikutuksista. Mikäli rakentamisesta saattaa seurata naapuruussuhdelaisissa tarkoitettua kohtuutonta rasitusta naapureille, voidaan tarvita ympäristölupa.



- Keskimääräinen tuulennopeus
- 7,50 - 7,69 m/s (150 m korkeudella)
  - 7,70 - 7,89 m/s (150 m korkeudella)
  - 7,90 - 8,09 m/s (150 m korkeudella)
  - 8,10 - 8,29 m/s (150 m korkeudella)
  - 8,30 - 8,50 m/s (150 m korkeudella)

- Kuntarajat
- Luonnonsuojelualue
- Luonnonsuojelualue (yksityinen)
- RKY (kohde)
- RKY (viivamainen kohde)
- RKY (alue)
- Natura 2000 -alue
- Lentoesteraajapinta, max korkeus 0 m

0 5 Kilometriä  
0 5 Kilometriä

# ENERGIAN TUOTANNON LIITTYMINEN SÄHKÖVERKKOON

Hajautetun energiantuotannon voimalaitos voidaan kytkeä verkkoon hyvin monella eri tapaa. Suuremmat voimalaitokset liittyvät keskijänniteverkkoon omalla liityntämuuntajalla tai suoraan jo olemassa olevaan muuntajaan kuluttajien rinnalle. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa muuntajan kuormitettavuus sekä tuotannon ja kulutuksen vaihtelevuus tulee ottaa huomioon mitoitus- ja tehtaessa.

Hajautetun energiantuotannon liittäminen sähköverkkoon tulee suunnitella pienen voimalaitoksen tarkoitettuja standardeja ja ohjeistuksia noudattaen. Kun voimalaitoksen koko kasvaa teholtaan yli 500 kW:n, tulee lisäksi ottaa huomioon Fingridin verkkoon liittäminen vaatimukset.

## Verkkoon liittäminen vaatimukset

Verkkoon liittymisen ehdot eli verkkomääräykset määrittävät puitteet verkon haltijoiden ja verkossa toimivien osapuolten välille, jonka tavoitteena on varmistaa voimajärjestelmän turvallinen ja luotettava käyttö. Paikalliset jakeluverkkoyhtiöt voivat määrittää tarkempia verkkoon liittymisen ehtoja, mutta yleisesti voidaan soveltaa Fingrid Oyj:n määrittelemiä kantaverkon liittymisvaatimuksia YLE2013 ja voimalaitosten järjestelmäteknisiä vaatimuksia VJV2013.

Teholuokka	Voimalaitoksen mitoitusteho $P_{max}$
Teholuokka A	$P_{max} \leq 0,1 \text{ MW}$
Teholuokka B	$0,1 \text{ MW} \leq P_{max} \leq 0,5 \text{ MW}$
Teholuokka 1	$0,5 \text{ MW} \leq P_{max} \leq 10 \text{ MW}$
Teholuokka 2	$10 \text{ MW} \leq P_{max} \leq 25 \text{ MW}$
Teholuokka 3	$25 \text{ MW} \leq P_{max} \leq 100 \text{ MW}$
Teholuokka 4	$P_{max} \geq 100 \text{ MW}$ tai $P_{max} \geq 10 \text{ MW}$ ja laitos liittyy Lapissa Valajaskosken ja Pirttikosken 220 kV:n sähköasemien Isoniemen ja Kokkosnivan johtolähtöjen takana sijaitsevaan sähköverkkoon

Taulukko 1. Voimalaitosten teholuokittelu mitoitustehon ja maantieteellisen sijainnin perusteella.

Voimalaitoksen vaatimusten todentaminen suoritetaan vaiheittain. Vaiheessa 1 toimitetaan yleiset tiedot hankkeesta, vaiheessa 2 projektikohtaiset tiedot ja käyttökokeiden suunnittelun tiedot, vaiheessa 3 käyttöönottokokeiden dokumentointi ja vaiheessa 4 vaatimusten todentamisprosessin hyväksyntä. Lisäksi teholuokan 4 voimalaitoksilta voidaan edellyttää häiriö- ja heilahtelutalentimien asennusta.

Hajautetun energiantuotannon verkkoon liittymisen vaatimukset voidaan jakaa yleisiin vaatimuksiin, suojausvaatimuksiin, taajuuden ja pätötehon säädön vaatimuksiin, loistehokapasiteettivaatimuksiin, jännitteen ja loistehon säätöön liittyviin vaatimuksiin ja mallinnus-, sekä todentamisvaatimuksiin.

Fingrid Oyj:n määrittelemät kantaverkon liittymisvaatimukset YLE2013 ja voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset VJV2013

Hajautetun energiantuotannon verkkoon liittymisen vaatimukset:

- yleiset vaatimukset
- suojausvaatimukset
  - taajuuden ja pätötehon säädön vaatimukset
- loistehokapasiteettivaatimukset
- jännitteen ja loistehon säätöön liittyvät vaatimukset
- mallinnus- sekä todentamisvaatimukset

Liittyjällä on aina ensisijainen vastuu vaatimusten täyttämistä ja todentamisesta, sekä niihin liittyvistä kustannuksista. Liittyjällä on myös vastuu suojausvaatimuksista, sekä sähkön laatuun liittyvistä vaatimuksista.

Liittyjän tulee huolehtia, että poikkeuksellinen jännite tai taajuus tai jännitteen häviäminen ei aiheuta vahinkoa sähkölaitteistoille. Tämä suojaus voidaan toteuttaa yli- ja alijännitesuojauksella, sekä laitteiston taajuussuojauksella.

Saarekekäytön suojauksessa liittyjällä on velvollisuus irrottaa sähkölaitteistonsa sähköverkosta tai irrottautua saarekekäytön häiriötilanteissa.

Usein liityntälaitteistot, invertterit, on varustettu jo tarvittavilla suojausominaisuuksilla, mutta suuremmissa järjestelmissä rinnakkaisvaikutukset tulee huomioida.

Liittyjällä ensisijainen vastuu vaatimusten täyttämistä ja todentamisesta sekä niihin liittyvistä kustannuksista.

Liittyjän tulee huolehtia, että poikkeuksellinen jännite tai taajuus tai jännitteen häviäminen ei aiheuta vahinkoa sähkölaitteistoille.



Kuva 11. Aurinkopaneeleita rakennuksen julkisivussa Lappeenrannan teknillisellä yliopistolla. (Kuva: LUT)

# Pientuotannon verkkoon liittäminen

Pientuotantolaitteiston asennuksineen tulee täyttää pienjännitteisiä sähköasennuksia koskevan standardin SFS 6000 vaatimukset ja standardin SFS-EN 50438 "Suomen tekniset vaatimukset yleisen pienjänniteverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille".

Työturvallisuusstandardissa SFS 6002 on lisäksi kuvattu muun muassa laitteiston turvallista verkosta erottamista koskevia määräyksiä.

Energiavirasto on julkaissut pientuotannon liittämiseen liittyen kattavan aineiston tietoa, jonka puitteissa liittäminen verkkoon on sallittua. Tällä ohjeistuksella pyritään välttämään vaaratilanteet sähköverkossa ja standardoimaan liittämisen tavat ja ehdot. Ohje tuotannon liittamisestä jakeluverkkoon kattaa alle 100 kVA tuotantolaitokset ja yli 100 kVA tuotantolaitokset. Merkittävä ero näiden kokoluokkien välillä on, että enintään 100 kVA tuotantolaitoksen osalta kohteen tuotanto ja kulutus voidaan mitata samalla mittarilla, kun yli 100 kVA tuotantolaitokset tulee lisäksi varustaa omalla mittarilla. Lisäksi tässä yhteydessä pitää muistaa, että sähkön tuotantoon liittyen markkinoille tuotetulle sähkölle pitää olla myyjä.

Tärkein vaatimus on, että sähkön laatu pysyy sellaisena, että muut sähköverkkoon kytketyt laitteet eivät häiriinny. Toinen tärkeä vaatimus suojaukseen liittyen on, että sekä sähkön käyttäjien että sähköverkon parissa työskentelevien turvallisuus on varmistettu.

Sähköliittymään voidaan liittää tuotantoa liittymissopimuksessa määritellyn tehon mukaisesti, jos tuotantolaitoksen käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta yli 4 % jännitteen muutosta ja sähkön laatu liittämiskohdassa pysyy aina SFS EN-50160 rajoissa. Tämä perustuu oikosulkuvirtalaskentaan liittymispisteessä. Mikrotuotanto voidaan lähtökohtaisesti kytkeä verkkoon, jos liittämiskohdan oikosulkuteho  $S_k$  toteuttaa yhtälön

$$S_k \geq 25 \cdot I_{suhde} \cdot S_N$$

Verkon kanssa rinnan toimiva mikrotuotanto ei saa aiheuttaa verkkoon häiriöitä. Täten sähkön laatuun tulee aina kiinnittää huomiota. Jännitteen laadun tulee säilyä liityntäpisteessä SFS-EN-50160 standardin rajoissa. Lisäksi harmoninen kokonaissärö saa liittämiskohdassaan olla maksimissaan 8 %.

SFS 6002 standardin mukaan tuotantolaitos tulee olla erotettavissa verkosta.

Erotuslaitteissa tulee olla näkyvä ilmaväli ja käyttömekanismin tulee olla lukittavissa. Jakeluverkon haltijalla tulee olla joko rajoittamaton pääsy erottimelle tai kaukokytkenämahdollisuus (SFS 6000).

Tuotantolaitoksella on oltava riittävät suojalaitteet ehkäisemään takasyöttöriski. Tämä tarkoittaa, että tuotantolaitoksen on riittävän nopeasti irrottava verkosta Loss of Mains (LoM) -tilanteessa, eli silloin jos verkon jännite katoaa. LoM suojaus on tärkeä sähköverkkoasentajien työturvallisuuden kannalta.

## STANDARDIT

Pienjännitteisiä sähköasennuksia koskeva standardi SFS 6000

Suomen tekniset vaatimukset yleisen pienjänniteverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille SFS-EN 50438.

Sähkön laadun on pysyttävä sellaisena, että muut sähköverkkoon kytketyt laitteet eivät häiriinny.

Verkon kanssa rinnan toimiva mikrotuotanto ei saa aiheuttaa verkkoon häiriöitä.

Paikallisella sähköverkkoyhtiöllä on lisäksi vaatimuksia lämpöpumpun verkkoon liittämisen teknisistä vaatimuksista:

- Sähkökeskuksen tulee olla nimellisvirraltaan lämpöpumpun liittämiseen/käynnistysvirtaan sopiva
- Liittymän pääsulakekoko ja taloyhtiössä kiinteistömittauksen etusulakekoko on aina tarkistettava ennen pumpun toimitusta. Sulakkeiden on oltava selektiivisiä pumpun sulakkeisiin/etukojeeseen nähden koko ketjussa
- Tarvittaessa sähköliittymää on suurennettava ja pääkeskus uusittava vastaamaan uutta liittymäkoko
- Kiinteistön, johon lämpöpumppu toimitetaan, liittymisjohdon sopivuus on tarkistettava, vastaako sen poikkipinta suurentunutta liittymisvirtaa
- Pumpussa tulisi olla liitälaitteena taajuusmuuttaja tai jokin muu vastaava liitälaitte verkkohäiriöiden sekä mahdollisesti tarvittavan liittymän sulakekokoan ja liittymiskaapelin suurentamisen minimoimiseksi



Kuva 12. Aurinkopaneeleja Lappeenrannan teknillisen yliopiston Green Campuksella.  
(Kuva: © Teemu Leinonen)



# UUSIUTUVAN ENERGIAN INVESTOINTITUET JA RAHOITUS

## Investointituet

Uusiutuvan energian nykyisen syöttötariffi järjestelmän lisäksi keskeinen uusiutuvan energian investointitukimuoto on investointeihin myönnettävä energiatuki, jota haetaan paikalliselta ELY-keskukselta. Tukea voidaan myöntää yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille sellaisiin ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka

- edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä sekä
- energiansäästöä tai energian tuotannon tai käytön tehostamista
- vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja.

Energiatukea voi saada energiansäästöä ja energiankäytön tehostamista sekä uusiutuvan energian käyttöä koskeviin selvityshankkeisiin, joita ovat energiakatselmuksiset ja -analyysit. Tukea voi saada myös pieniin lämpökeskuksiin sekä pieniin sähköntuotantohankkeisiin ja uuden teknologian demonstraatio hankkeisiin.

Energiatuen osuudelle hyväksyttävistä kustannuksista on määritelty energiatuen myöntämisen yleisistä ehdoista annetun valtioneuvoston asetuksessa (1063/2012) enimmäismäärät:

- Kuntasektorin uusiutuvan energian katselmuksiset 60 %
- Kuntasektorin, mikroyritysten ja pk-yritysten energiakatselmuksiset 50 %
- Muut energiakatselmuksiset, -analyysit ja selvityshankkeet 40 %
- Uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen liittyvät investoinnit, uusi teknologia 40 %
- Uusiutuviin energialähteisiin ja energiatehokkuuteen liittyvät investoinnit, tavanomainen teknologia 30 %
- Muut energiantuotannon ympäristöhaittoja vähentävät investoinnit 30 %

Energiansäästöä ja energiatehokkuutta edistävät investoinnit (tavanomainen teknologia)

- energiatehokkuussopimukseen liittyneille yrityksille ja yhteisöille 20 %
- energiatehokkuussopimukseen liittyneille yrityksille ja yhteisöille, kun käytetään ESCO-palvelua 25 %
- muille kuin energiatehokkuussopimukseen liittyneille yrityksille ja yhteisöille, kun käytetään ESCO-palvelua 15 %

Tukea ei myönnetä uudisrakennuskohteissa tehtäviin energiatehokkuus- tai lämpöpumppuhankkeisiin (pl. uusi teknologia). Aurinkosähköhankkeissa tukea voidaan myöntää myös uudisrakennuskohteille.

*Lähde: MOTIVA ja TEM (2016 tiedot)*

Energiatuki on keskeisin uusiutuvan energian investointitukimuoto.

Energiatukea voi saada energiansäästöä ja energiankäytön tehostamista sekä uusiutuvan energian käyttöä koskeviin selvityshankkeisiin.

Energiatukea voidaan myöntää enintään 60 % investoinneista.

# Suomen energia- ja ilmastostrategia sekä uudet tukimuodot

Valtioneuvosto hyväksyi 24.11.2016 Suomen energia- ja ilmastostrategian annettavaksi selontekona eduskunnalle.

Suomen tavoitteena on lisätä uusiutuvien energiamuotojen osuutta energian tuotannossa 50 prosenttiin 2020-luvulle mentäessä.

Tavoitteen saavuttaminen vaatii uusia tukimuotoja.

Suomen tavoitteena on lisätä uusiutuvien energiamuotojen osuutta energian tuotannossa 50 prosenttiin 2020-luvulle mentäessä. Perusskenaarion mukaan uusiutuvaa sähköä on tuotettava 10 TWh lisää. Tämän saavuttaminen vaatii uusia tukimuotoja aiemmin käytetyn syöttötariffijärjestelmän tilalle.

Valtioneuvosto hyväksyi 24.11.2016 Energia- ja ilmastostrategian annettavaksi selontekona Eduskunnalle. Strategiassa esitetään, että vuosina 2018 - 2020 kilpailutetaan yhteensä kaksi terawattituntia uusiutuvaa sähköntuotantoa.

Energia- ja ilmastostrategia käsittää käytännössä kaikki uusiutuvan energian tuotantomuodot. Tuulivoiman jatkorakentamisen osalta energia- ja ilmastostrategian mukaan tuotantotukilain valmistelun edellytys on, että tuulivoiman terveysvaikutuksia selvitetään lisää tuulivoiman mahdollisen äänen ja infraäänien vaikutusten osalta.

Suora lainaus strategiasta:

*"Uusiutuvan energian lisääminen ja energiajärjestelmän muuttaminen pitkällä aikavälillä täysin päästöttömäksi ja hiilineutraaliksi edellyttää kannustimia osaamisen ja yhä tehokkaampien ratkaisujen kehittämiseen. Kansalliset markkinat on perusteltua säilyttää kiinnostavina muun muassa tuulivoima- ja aurinkosähköhankkeiden kehittämiseksi, joihin liittyvät investoinnit ovat maailmalla vahvassa kasvussa.*

*Suomen uusiutuvan energian potentiaalin hyödyntäminen teollisen mittakaavan sähkön tuotannossa on yksi keskeisistä kysymyksistä pitkän aikavälin energia- ja ilmastotavoitteiden kannalta. Nykyisenkaltaisesta tuulivoiman syöttötariffijärjestelmästä luovutaan sovitusti. Tavoitteena on sen sijaan hankkeiden toteutuminen tulevaisuudessa markkinaehtoisesti. Ylimenokauden ratkaisuna ja suomalaisen hankeosaamisen ylläpitämiseksi on tarpeen ottaa käyttöön teknologianeutraalit tarjouskilpailut, joiden perusteella maksetaan sähkön tuotantotukea ainoastaan kustannustehokkaimmille ja kilpailukykyisille uusiutuvan sähkön tuotantoinvestoinneille.*

*Tavoitteena on lisätä uusiutuvan sähkön tuotantokapasiteettia 2020 -luvulle mentäessä sähköjärjestelmän kehittämistarpeet huomioon ottaen. Vuosina 2018 - 2020 kilpailutetaan yhteensä 2 TWh, jolloin voidaan hyödyntää laajasta potentiaalisesta hankejoukosta edullisimmin ja valtiontalouden kannalta optimaalisesti toteutettavat.*

*Tuotantotuen ja siihen liittyvän kilpailutuksen malli täsmennetään asiaa koskevan hallituksen esityksen valmistelun yhteydessä. Tuotantotukijärjestelmää valmisteltaessa ja sovellettaessa otetaan huolella huomioon yhteiskunnalliset vaikutukset, mukaan lukien yritys-, ympäristö- ja terveysvaikutukset. Työ- ja elinkeinoministeriö teettää riippumattoman ja kattavan selvityksen tuulivoiman terveys- ja ympäristöhaitoista ennen tuotantotukea koskevan lain valmistelua."*

Kun hallituksen esitys on valmisteltu, saadaan vuoden 2017 aikana lisätietoa tulevista tukimuodoista ja kilpailutuksen mallista. Tämä vaikuttaa merkittävästi uusiutuvan energian hankkeiden kannattavuuteen ja toteutukseen

# Rahoitus

## Investoinnit

Uusiutuvan energian investoinneissa voidaan käyttää suoran investoinnin lisäksi myös muita rahoitusmalleja. Esim. aurinkovoimalatoimittajat voivat tarjota myös pienemmissä kohteissa osamaksu- ja suuremmissa kohteissa leasingvaihtoehtoja. Suuremmat voimalat voidaan toteuttaa myös rahoittajan avulla esimerkiksi pitkäaikaiseen energianhankintasopimukseen perustuen (Power Purchase Agreement) ilman, että kohteen omistaja joutuu suoraan rahoittamaan koko investoinnin.

## Vaihtoehtoisia rahoitusmalleja

### Energianhankinta sopimus (PPA)

- Kiinteähintainen energianostosopimus, kesto hankkeesta riippuen tyypillisesti 10-30 vuotta
- Voimalan omistajuus voi siirtyä asiakkaalle vaiheittain, jäännösarvolla tai muuten sopien
- Ylläpito voimalasta sovittavissa
- Maksuprofiili – kiinteä kuukausimaksu tai muuttuva €/MWh-pohjainen maksu painotukset sopien

### Leasingmalli

- Käyttöleasingrahoituksella tarkoitetaan voimalan pitkäaikaista vuokrausta
- Omistusoikeus pysyy rahoittajalla sopimuskauden, käyttöleasingsopimuksen päättyessä voimala ei yleensä siirry käyttäjän omistukseen (vrt. rahoitusleasing), käyttöleasingsopimukset ovat yleensä hyvin pitkiä
- Rahoitustyyppinen leasing, omistus säilyy rahoittajalla koko sopimuskauden
- Ylläpito voimalasta sovittavissa

Leasingmallin etuna on, että kunta tai yritys voi tehdä investoinnin ilman erityisiä vakuuksia. Pääsääntöisesti leasingrahoitusta ei käsitellä taseessa velkana, jolloin organisaation pääomarakenne säilyy edullisempänä lainarahoituksella tehtyihin investointeihin. Eri rahoitus- ja projektimalleja varten suositellaan teetettäväksi asiantuntevalla insinööritoimistolla hankkeen tekninen ja kaupallinen selvitys sekä kannattavuuslaskelmat eri vaihtoehdoille.



Kuva 13. Muukon tuulipuiston seitsemän turbiinia.

Uusiutuvan energian hankkeiden rahoitusta varten tulee selvittää tai laatia

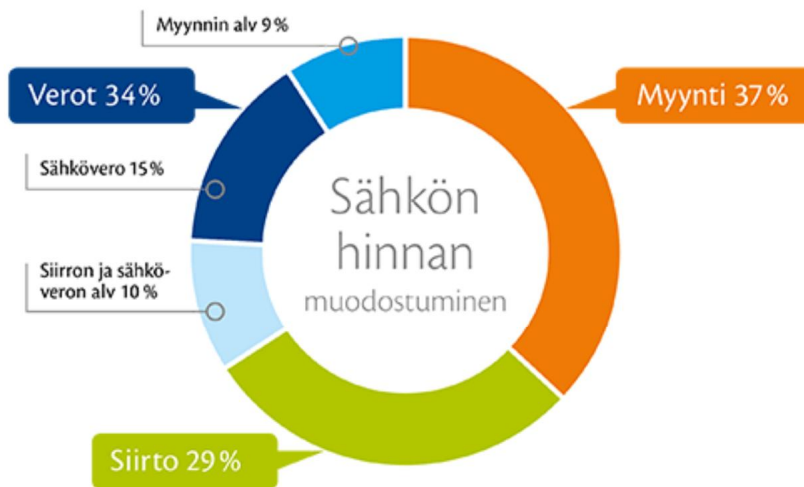
- HANKEKOHTAISEN LUPAMENETTELYN -
- VUOKRASOPIMUKSET -
- TUOTANTOENNUSTE JA HÄVIÖANALYYSI -
- KUVAUS KÄYTETTÄVÄSTÄ TEKNIIKASTA -
- OLEMASSA OLEVA INFRA, JOTA HYÖDYNNETÄÄN -
- LIITYNNÄT JA TARVITTAVAT MITTAUKSET -
- HANKKEEN KEHITYSKULUT -
- YKSITYISKOHTAINEN INVESTOINTILASKELMA (CAPEX) -
- YKSITYISKOHTAINEN KÄYTTÖKULULASKELMA (OPEX) -
- ENERGIAN HANKINTAHINTA JA ENNUSTE TUOTANTOAJALLE -
- INVESTOINTI JA YRITYSRAKENNE -
- RAKENNUSAIKA JA HANKKEEN AIKATAULU -
- KANNATTAVUUSLASKELMA -
- RAHOITUSLASKELMA -
- RAHOITUS- JA PROJEKTIMALLIT -

Edellä esitetty rahoituksen muistilista koskee laajempia uusiutuvan energian hankkeita sekä soveltuvilta osin myös pienempiä hankkeita. Eri rahoitus- ja projektimalleja varten suositellaan teetettäväksi asiantuntevalla insinööritoimistolla hankkeen tekninen ja kaupallinen selvitys sekä kannattavuuslaskelmat eri vaihtoehdoille.



Kuva 14. Lappeenrannan teknillisen yliopiston hybridibussi. (Kuva: ©Teemu Leinonen)

# Sähkön tuotannon verotus ja siirtomaksut



Esimerkki on tehty asiakkaasta, jolla on toistaiseksi voimassa oleva sopimus yleissähköstä 5000 kWh:n vuosikulutusarviollla.

Kuva 14. Sähkön hinnanmuodostus. (Lähde: Lappeenrannan Energia Oy)

Sähkön hinta koostuu verosta sekä siirto- ja energiamaksusta. Kun tuotettu sähkö käytetään saman kiinteistön alueella, sitä mene siirtomaksuja eikä myöskään sähköveroa vuosituotannon ollessa alle 800 000 kWh. Tämä vastaa kapasiteetiltaan noin 0.9-1 MWp voimalaa. Yli 100 kVA nimellistehoisten voimaloiden omistajien tulee rekisteröityä verovelvollisiksi. Mikäli tuotanto jää alle 800 000 kWh rajan omistaja tekee ns. nollaveroilmoituksen vuosittain.

Mikrotuotannolla tarkoitetaan enintään 50 kVA laitteistoa, jolla tuotetaan sähköenergiaa kotitalouden omaan käyttöön. Mikäli tällainen laitteisto tuottaa ylijäämäsähköä verkkoon ja verkkoyhtiö maksaa siitä korvausta, on saatu korvaus veronalaista ansiotuloa. Sähkön tuotantolaitteiston asennuksesta ja huollosta voi saada kotitalousvähennystä. Hankinnasta, asennuksesta ja luvista aiheutuneista kuluista voi tehdä verotuksessa enintään 25 % vuotuisen poiston (lisätietoja verottajan diaarinumero A148/200/2013).

Tapauskohtaisesti voidaan tutkia useamman maakiinteistön yhdistämistä tuotannon ja kulutuksen kannalta kokonaisuudeksi.

# Lappeenranta

## Uusiutuvan energian investointiopas

Wirma Lappeenranta Oy

Markku Mäki-Hokkonen, kehityspäällikkö  
Katja Tiikasalo, markkinointiviestintäpäällikkö

Lappeenrannan seudun ympäristötoimi

Ilkka Räsänen, ympäristötoimen johtaja  
Petri Kero, projektityöntekijä  
Matti Pylkkö, projekti-insinööri

Rejlers Finland Oy

Juha Tuominen, DI  
Lasse Kankainen, DI  
Mikko Vainikka, DI  
Mikko Helin, DI  
Kaija Maunula, arkkitehti SAFA  
Jenni Oksanen, DI  
Ville Satka, DI  
Leo Hari, FM paikkatieto

Lappeenranta 2017  
päivitetty tammikuu 2019