

Vastaanottaja
Pennalan Aurinkovoima Oy

Asiakirjatyyppi
Heijastusmallinnusraportti

Päivämäärä
9.6.2026

Pennalan aurinkovoimahankkeen heijastusmallinnusraportti

Ramboll Finland Oy



Pennalan aurinkovoimahankkeen heijastusmallinnusraportti

Ramboll Finland Oy

Projekti **Pennalan aurinkovoiman osayleiskaava**
Projekti nro **1510086092-002**
Vastaanottaja **Pennalan Aurinkovoima Oy**
Asiakirjatyyppi **Heijastusmallinnusraportti**
Päivämäärä **9.6.2026**
Laatija **Helena Muukkonen**
Tarkastaja **Tiina Heikkilä, Henna Leppänen**
Kuvaus **Heijastusvaikutuksien mallintaminen ja johtopäätökset**

Ramboll
Kansikatu 5B
33100 TAMPERE

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://www.ramboll.com/fi-fi/>

Sisältö

1.	Lähtötiedot	2
2.	Mallinnuksen lähtökohdat ja tulokset	2
2.1	Näkymäalueanalyysi	3
2.2	Heijastusmallinnus	4
2.2.1	Heijastusmallinnuksen tulokset Lahdentielle	5
2.2.2	Heijastusmallinnuksen tulokset asuinrakennuksille	7
3.	Johtopäätökset ja epävarmuustekijät	10
4.	Lähteet	11

1. Lähtötiedot

Pennalan Aurinkovoima Oy suunnittelee Orimattilaan aurinkoenergian tuotantoa kaava-alueelle. Kaavoituksen tavoitteena on mahdollistaa aurinkovoimalan rakentaminen enintään noin 160 hehtaarin (ha) suuruiselle alueelle. Suunnittelualueen pinta-ala on noin 600 ha.

Aurinkovoimalat sijoittuvat pääosin avoimille peltomaille sekä joiltakin osin metsäisille alueille. Suunnittelualueelle sijoittuva peltoalueiden ulkopuolinen luonnonympäristö on pääosin ihmisen voimakkaasti käsittelemää talousmetsää. Suunnittelualueelle on lisäksi tarkoitus rakentaa tarvittava huoltotiestö ja sisäinen sähkönsiirto sekä maakaapelilla toteutettava liityntä sähköasemalle.

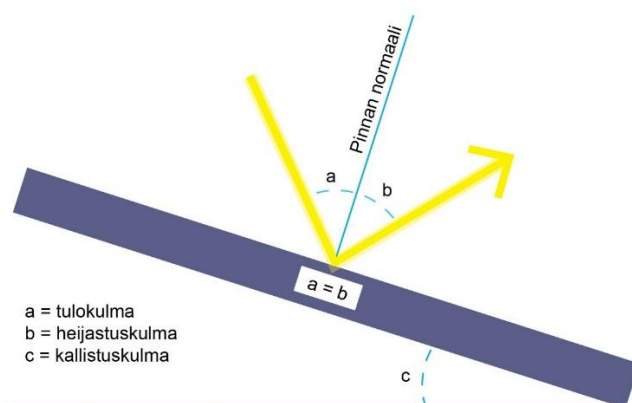
Suunnittelualueella sijaitsee useita asuinrakennuksia ryhmittyminä ja yksittäisinä rakennuksina. Suunnittelualueutta halkoo etelä/pohjoissuunnassa Lahdentie, jonka keskivuorokausiliikenne oli 6967 vuonna 2024.

Selvityksen tarkoituksena on arvioida aurinkovoimahankkeen aurinkopaneeleista heijastuvien auringonsäteiden vaikutuksia häiriintyviin kohteisiin.

2. Mallinnuksen lähtökohdat ja tulokset

Arvioinnissa heijastuksella tarkoitetaan aurinkopaneelin pinnalta heijastuvaa auringonsäteilyä, joka heijastuu aurinkopaneelin pinnasta havaitsijan silmiin. Aurinkopaneelistä heijastuvan valon määrään vaikuttavat paneelityypin lisäksi aurinkopaneelin koko, pintamateriaalin heijastuskyky, paneelin kallistus- ja suuntauskulma sekä aurinkopuiston laajuus ja maantieteellinen sijainti.

Aurinkopaneeleista aiheutuvat heijastusvaikutukset muodostuvat auringon paistaessa aurinkopaneelin pintaan, josta auringonvalo heijastuu samassa kulmassa aurinkopaneelin pinnan normaaliin nähden (Kuva 1).



Kuva 1. Periaatekuva auringonsäteiden heijastumisesta aurinkopaneelin pinnasta (Ramboll Finland Oy).

Noin 95 prosenttia aurinkopaneelin pinnalle kohdistuvasta näkyvästä säteilystä absorboituu paneelin pintamateriaaliin energiantuotantoa varten. Vastaavasti noin 5 prosenttia heijastuu takaisin ympäristöön, mikä vastaa veden pinnan heijastuskykyä.

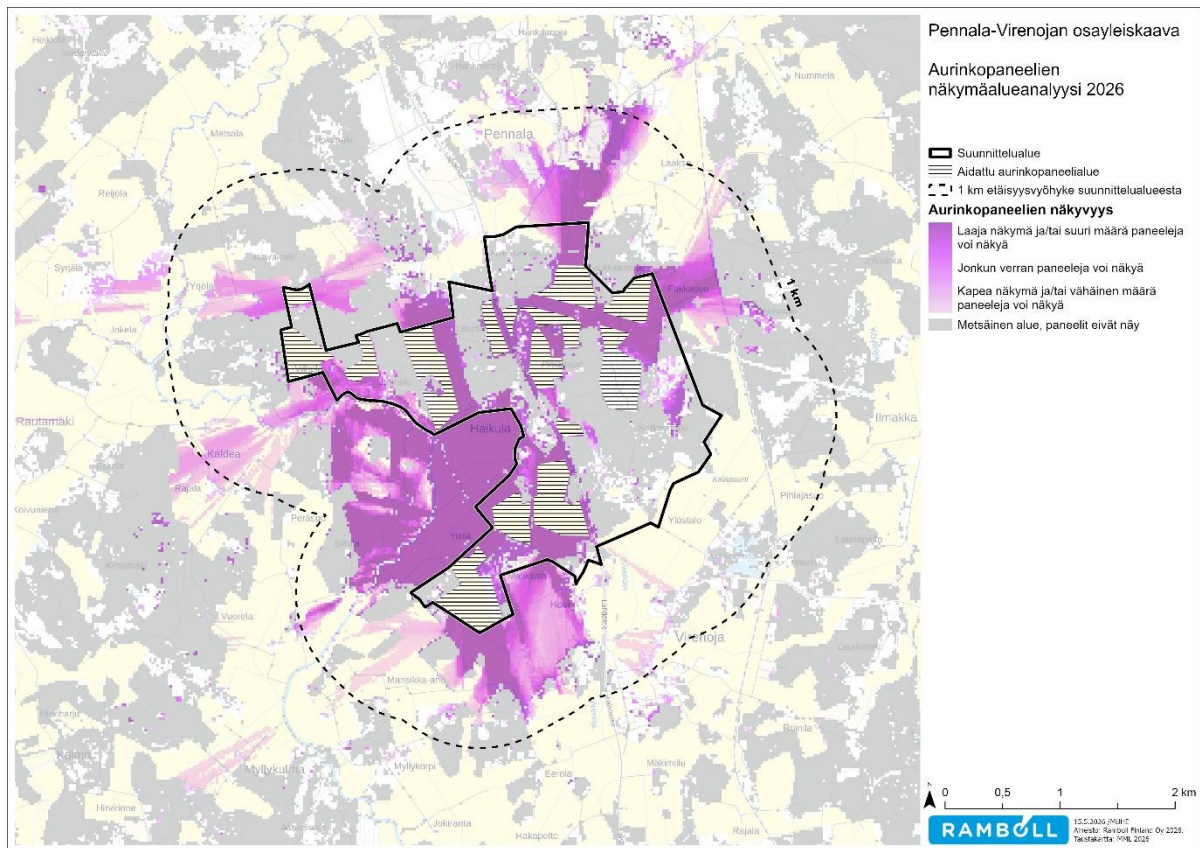
Heijastusvaikutuksia voi muodostua vain auringonpaisteella. Auringon paistaessa korkealla taivaalla paneelista heijastuvan valonsäteen heijastuskulma on pieni, eikä aiheuta vaikutuksia maan tasolla oleville havaitsijoille. Tämän takia heijastusvaikutukset ajoittuvat pääosin aamu- ja iltaiikoihin auringon sijaitessa matalammalla suhteessa paneeleihin. Lentoliikenteeseen vaikutuksia voi syntyä muinakin kellonaikoina.

Heijastusvaikutusten muodostuminen edellyttää auringonsäteiden suoran osumisen paneelin pintaan sekä esteettömän näköyhteyden paneelista heijastuvan valonsäteiden ja havaitsijan välille. Erilaiset esteet kuten rakennukset tai korkea kasvillisuus voi estää valonsäteiden osumisen paneeliin tai heijastuksen osumiseen havaitsijaan, jolloin heijastusvaikutuksia ei voi syntyä.

Heijastusvaikutuksen kesto vaikuttaa sen haitallisuuteen etenkin paikallaan pysyvien havaitsijoiden, kuten asuinrakennusten kohdalla. Liikkuvien havaitsijoiden, kuten autojen osalta vaikutuksen arviointiin vaikuttavat enemmän havaitsijan nopeus ja heijastuksen esiintymisen todennäköisyys.

2.1 Näkymäalueanalyysi

Pennalan aurinkovoimahankkeen heijastusvaikutusten laajuutta on arvioitu laatimalla näkymäalueanalyysi suunnitelluista aurinkopaneelialueista (Kuva 2). Analyysi osoittaa ne alueet, joilta paneelit voivat olla nähtävissä ja siten heijastusvaikutusten esiintyminen on mahdollista. Näkymäalueanalyysissä on otettu huomioon olemassa olevat metsäalueet, lukuun ottamatta paneelialueita, jotka on huomioitu avoimina alueina. Analyysi ei ota huomioon rakennuksia tai istutuksia, kuten pihapuustoa.



Kuva 2. Pennala-Virenojan osayleiskaavassa osoitettujen paneelialueiden näkymäalueanalyysi (ehdotusvaiheen sijoitussuunnitelma).

Näkymäalueanalyysin perusteella suunnittelualueella ja sen ympäristössä sijaitsee reilu 20 asuinrakennusta, joilta on suora näkymä aurinkopaneeliin. Heijastusvaikutusalueelle sijoittuvat rakennukset ovat pääosin ryhmittyneet suunnittelualueen kyläalueille. Lisäksi yksittäisiä rakennuksia sijaitsee aurinkopaneelialueiden ja avoimien peltoalueiden läheisyydessä. Asuinrakennusten lisäksi paneelit näkyvät hyvin suunnittelualueen lävistävälle Lahdentielle.

2.2 Heijastusmallinnus

Tunnistetuille häiriintyville kohteille laadittiin heijastusmallinnus hyödyntäen WindPro:n GLARE-moduulia. Ohjelma laskee valittuihin havaitsijoihin kohdistuvan näkyvän heijastuneen valon ajankohdan ja keston vuoden aikana. Mallinnus perustuu reseptoripisteisiin eli havaitsijoiden maantieteelliseen sijaintiin, aurinkopaneelin asennuskulmiin ja korkeuteen, maanpinnan korkeustasoon sekä auringon sijaintiin eri vuorokauden- ja vuoden aikoina. Mallinnus on luonteeltaan worst case -tyyppinen mallinnus, joka ei huomioi esimerkiksi puuston tai muun kasvillisuuden lieventäviä vaikutuksia, paneelien pinnoitteita tai pilvisyyttä.

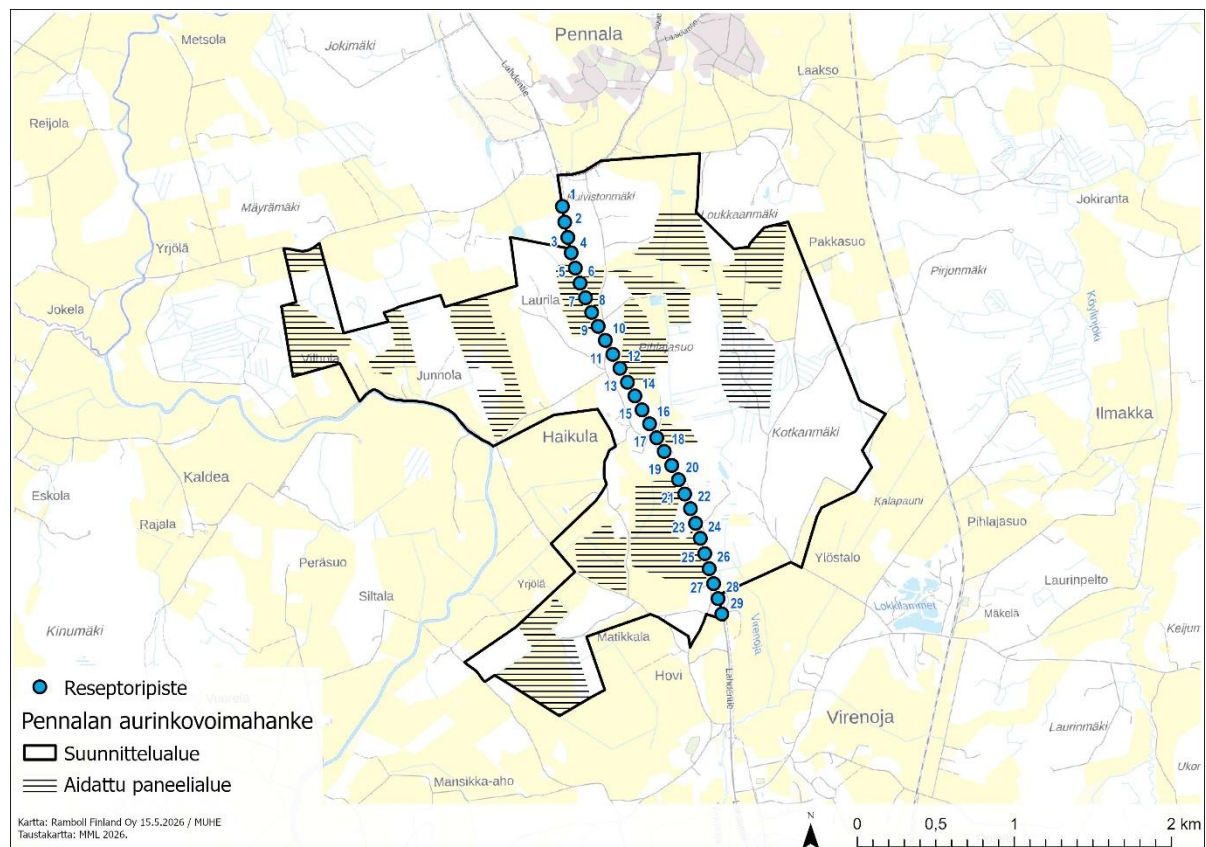
Heijastusmallinnuksessa käytettiin maastomallina Maanmittauslaitoksen 10 m korkeusmallia ja suunnitelman mukaista aurinkopaneelien sijoittelua. Aurinkopaneelien suuntaus on etelään, paneelien alareunan korkeus maanpinnasta noin 0,65 metriä ja kallistuskulma on 30 astetta. Aurinkopaneelit asennetaan riveihin, joiden välimatka on noin 5 metriä. Mallinnuksessa käytettävä aika-askel on 1 minuutti ja auringon paistekulman resoluutio 0,05 astetta. Reseptoripisteiden eli havaitsijoiden silmien korkeus maanpinnasta on 1,5 metriä ja näkökenttä on 360 astetta.

Mallinnusohjelma huomioi auringonvalon tulokulman ja auringonpaisteen voimakkuuden on oletettu olevan 1000 W/m². Mallinnuksessa on käytetty monokiteistä aurinkopaneelia, jossa ei ole heijastuksenestopinnoitetta. Nykyisin käytössä olevissa aurinkopaneeleissa on lähtökohtaisesti aina heijastuksenestopinnoite paneelin hyötysuhteen maksimoimiseksi.

Heijastusmallinnuksessa ei ole huomioitu puuston vaikutusta heijastuksen näkyvyyteen. Riittävän korkea ja tiheä kasvillisuus, kuten puusto, voi estää näköyhteyden muodostumisen joko auringon ja aurinkopaneelin tai aurinkopaneelin ja havaitsijan välille, jolloin heijastusvaikutusta ei voi syntyä. Erityisesti huomioitavaa on, että mallinnuksessa ei ole myöskään huomioitu säätilojen vaikutusta tai heijastuksen intensiteettiä. Mallinnusohjelmisto laskee kaiken säteilyn ikään kuin taivas olisi aina pilvetön ja aurinko paistaa maksimiteholla. Mallinnukset laadittiin erikseen Lahdentielle ja asuinrakennuksille, joilta on näköyhteys aurinkopaneeleihin.

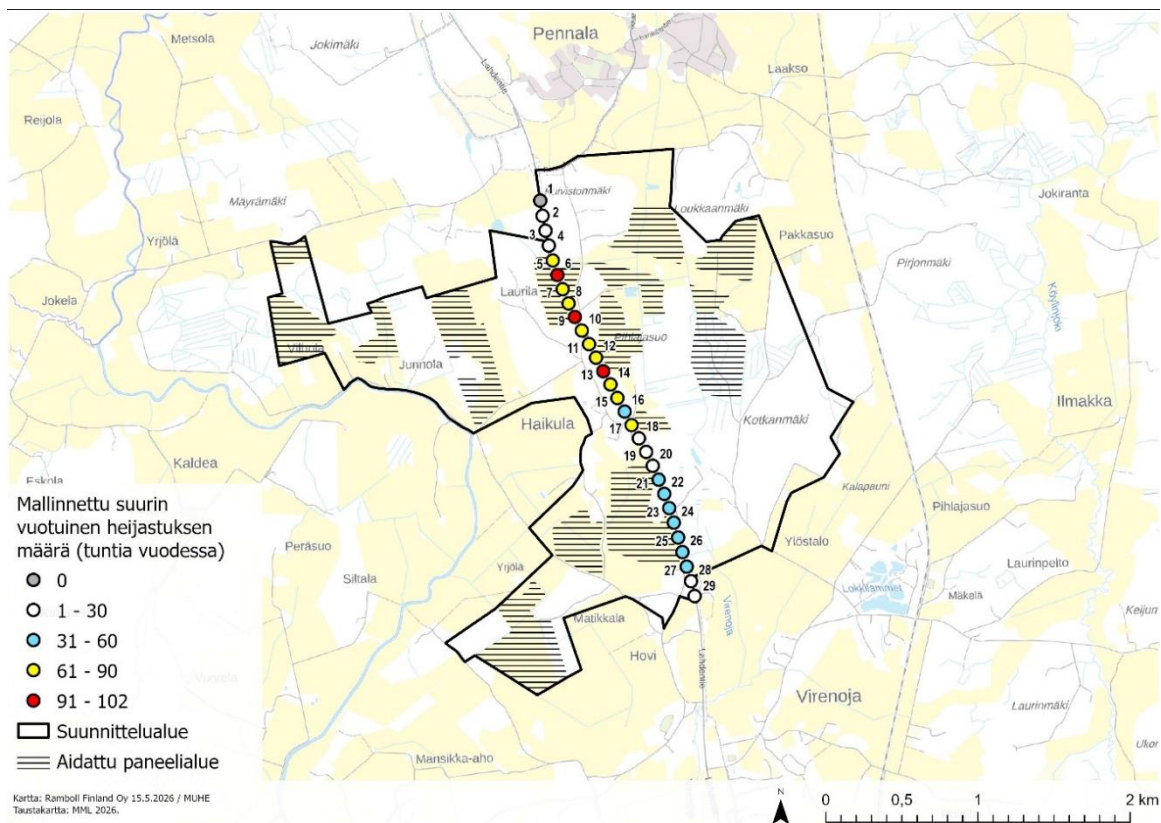
2.2.1 Heijastusmallinnuksen tulokset Lahdentielle

Mallinnus toteutettiin suunnittelualueen läpi kulkevalle Lahdentielle. Mallinnuksessa käytettävät reseptoripisteet sijoitettiin 100 metrin välein tien mukaisesti (Kuva 3).



Kuva 3. Mallinnuksessa käytetyt reseptoripisteet Lahdentiellä.

Mallinnetut arviot reseptoripisteiden heijastuksen määrästä on esitetty Lahdentien osalta kuvissa Kuva 4 ja Kuva 5. Mallinnuksen perusteella **reseptoripisteisiin Lahdentiellä kohdistuu heijastuksia maaliskokuun välisenä aikana varhain aamulla ja kuuden jälkeen illalla.** Suurin päiväkohtainen heijastuksen määrä tapahtuu reseptoripisteillä 6 ja 13, joissa päiväkohtainen heijastuksen määrä on noin 26–27 minuuttia. Suurin vuotuinen heijastuksen

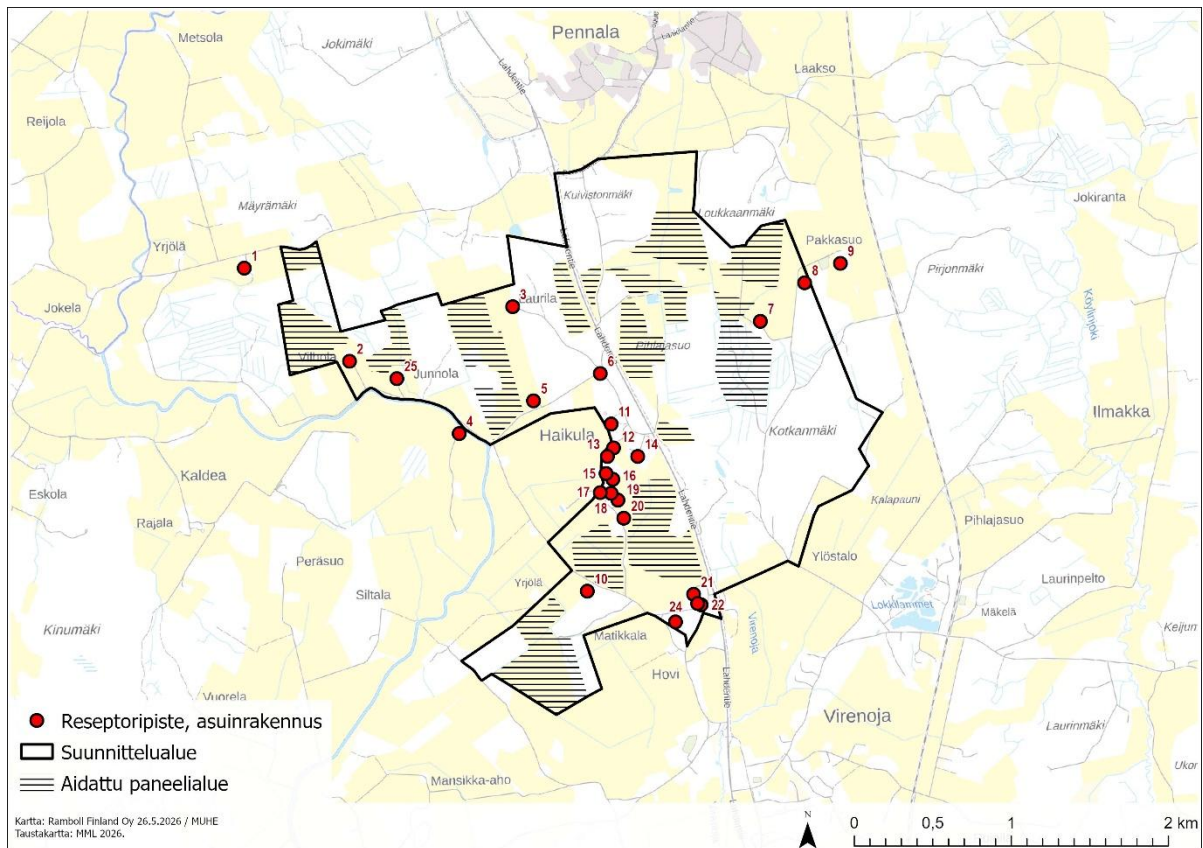


Kuva 5. Mallinnettu VUOTUINEN heijastuksen määrä Lahdentiellä reseptoripisteiden kohdalla.

Suunnittelualan kohdalla Lahdentie nopeusrajoitus on Traficomin mukaan 80 km/h, jolloin yksittäisessä reseptorissa havainnoitsijan nopeus on heijastuksen määrää merkittävämpi tekijä. Mallinnuksen perusteella suunnittelualan merkittävimmät heijastusvaikutukset muodostuvat tasaisesti paneelien ympäröiville tieosuuksille Laurilan ja Pihlajasuon välille. Näille alueille heijastuksia syntyy sekä aamu- että ilta-aikoina. Aurinkopaneelien heijastavat pinnat suunnataan etelään, minkä seurauksena mahdolliset **heijastusvaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti pohjoiseen suuntautuvaan liikenteeseen**. Etelän suuntaan liikuttaessa heijastusvaikutukset ovat merkittävästi vähäisempiä.

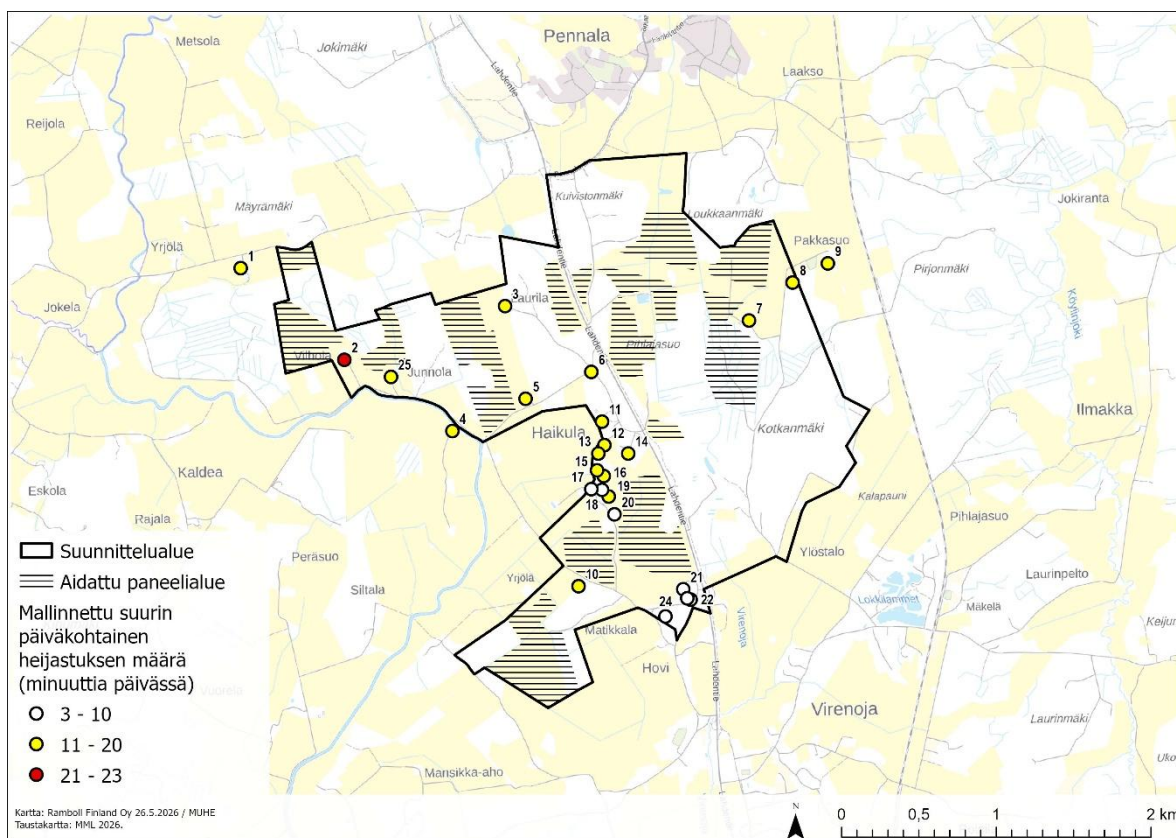
2.2.2 Heijastusmallinnuksen tulokset asuinrakennuksille

Heijastusmallinnus toteutettiin suunnittelualueella ja sen ympärillä sijaitseville rakennuksille, joilla on näkymäalueanalyysin perusteella näköyhteys aurinkopaneeleihin. Mallinnukseen valitut asuinrakennukset on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 6).

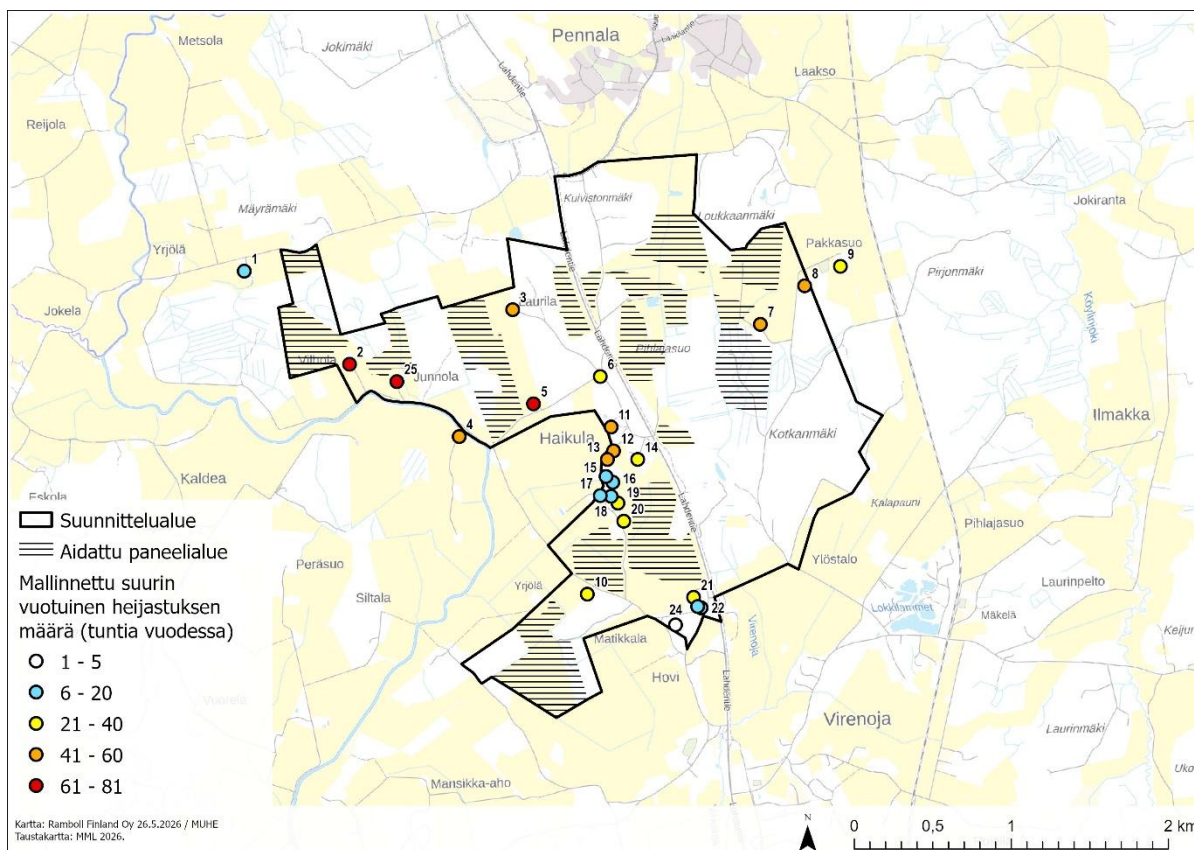


Kuva 6. Mallinnuksessa käytetyt reseptoripisteet asuinrakennuksille, joilta on näköyhteys aurinkopaneeliin.

Mallinnetut arviot reseptoripisteiden heijastuksen määrästä on esitetty asuinrakennusten osalta kuvissa Kuva 7 ja Kuva 8. Mallinnuksen perusteella **asuinrakennuksiin kohdistuu heijastuksia maaliskokuun välisenä aikana aamulla klo 6–9 ja klo 18 jälkeen illalla**. Suurimmat päiväkohtaiset heijastusmäärät kohdistuvat asuinrakennuksille, jotka sijaitsevat paneelientien läheisyydessä suunnittelualueen keski- ja pohjoisosassa. Näiden rakennusten suurimmat päiväkohtaiset heijastusten määrät liikkuvat 21–23 minuutin välillä (reseptoripiste 2). Vuositasolla heijastuksen kokonaiskesto vaihtelee noin 61–81 tunnin välillä (reseptoripisteet 2, 5, 25).



Kuva 7. Mallinnettu PÄIVÄKOHTAINEN heijastuksen määrä asuinrakennusten kohdalla.



Kuva 8. Mallinnettu VUOTUINEN heijastuksen määrä asuinrakennusten kohdalla.

Maanmittauslaitoksen ilmakuvien perusteella useimpien asuinrakennusten ja aurinkopaneelikenttien väliin sijoittuu puustoa tai muita rakennuksia. Nämä toimivat näkösuojina ja vähentävät merkittävästi heijastusvaikutuksia tai estävät ne kokonaan. Heijastuslaskentaan käytetty ohjelmisto ei kuitenkaan kykene huomioimaan esteitä laskennan yhteydessä, mikä tulee huomioida arvioita tulkittaessa.

3. Johtopäätökset ja epävarmuustekijät

Suunnittelualueelta tunnistettiin häiriintyviksi kohteiksi suunnittelualan läpi kulkeva Lahdentie ja asuinrakennuksia, joilta on suora näköyhteys aurinkopaneeleihin. Lahdentien osalta merkittävimmät heijastusvaikutukset kohdistuvat tieosuuksiin, joiden molemmin puolin (itä- ja länsipuolella) sijaitsee runsaasti suunniteltuja paneeleja. Näille tieosuuksille heijastuksia kohdistuu sekä aamulla että ilta-aikoina pohjoisen suuntaan liikuttaessa. Etelän suuntaan liikuttaessa vaikutukset ovat vähäisemmät johtuen paneelien heijastavan pinnan suuntauksesta. Merkittävimmät heijastusvaikutukset asuinrakennuksiin kohdistuvat suunniteltujen paneelikenttien ja avointen peltoalueiden läheisyydessä sijaitseviin asuinrakennuksiin.

Tulosten tulkinta

Aurinkopaneelit absorboivat jo lähtökohtaisesti niihin kohdistuvan auringonvalon tehokkaasti, joten mallinnuksessa käytetyillä lähtöarvoilla paneeleista heijastuvan valon voimakkuus on enimmillään reseptoripisteessä noin 114 W/m^2 . Tämä vastaa suuruusluokaltaan pilvisen päivän hajavaloa tai esimerkiksi veden pinnasta heijastuvaa valoa. Vertailun vuoksi mallinnusta täydennettiin antireflect -mallinnuksella (huomioi pinnoitteen), joka laski suurimmaksi intensiteetiksi 104 W/m^2 . Aurinkopaneelin pinnoite ei ole mallinnuksen kannalta merkityksellinen. Lisäksi pinnoite ei luonnollisestikaan lyhennä heijastuksen kestoa, mutta se vähentää sen intensiteettiä.

Tulosten tulkinnassa on huomioitava, että häikäisyn kesto painaa enemmän kuin hetkellinen intensiteetti, eli se, kuinka paljon vuodessa kertyy tunteja, joina heijastus osuu reseptoripisteeseen. Mallinnuksessa auringon oletetaan paistavan kirkkaalta taivaalta ympäri vuoden, mikä ei vastaa todellista tilannetta. Suomen Ilmatieteen laitoksen mukaan säteilymäärä vaihtelee huomattavasti vuodenaikojen mukaan ja on myös selvästi erilainen etelässä ja pohjoisessa. Pilvisyyden vuoksi korkein vuotuinen säteilymäärä saavutetaan yleensä kaikkialla Suomessa tavallisesti kesäkuun alussa. Päivittäinen säteilyhuippu ajoittuu normaalisti ennen puoltapäivää, niin ikään pilvisyyden vaikutuksesta. Vuotuinen auringonpaistetuntien määrä on suurin (1 900 tuntia) lounaisilla meri- ja rannikkoalueilla ja pienin (1 300 tuntia) Itä-Lapissa. Pilvisuus on Suomessa erityisen runsasta syksyllä ja talvella. Pilvisiä päiviä (keskimääräinen pilvisuus yli 80 %) on enemmän kuin selkeitä päiviä (keskimääräinen pilvisuus alle 20 %) tai puolipilvisiä päiviä. Selkeitä päiviä esiintyy eniten touko- ja kesäkuussa ja vähiten marras- ja joulukuussa.

Mallinnus ei huomioi puuston suojaavaa vaikutusta, jolla on merkitystä heijastusvaikutusten muodostumiseen. Riittävän tiheä puusto voi estää tai merkittävästi vähentää heijastusvaikutuksia, sillä se katkaisee näköyhteyden aurinkopaneeleihin tai estää auringonvalon pääsyn niiden pinnalle. Jo vähäinenkin kasvillisuus voi hajottaa näkymää ja vähentää heijastuksia. Heijastukset syntyvät pääasiassa aamulla ja illalla, kun aurinko on matalalla, voi puusto parhaimmillaan kokonaan estää niiden muodostumisen tai ainakin huomattavasti lieventää niitä. Puuston peittovaikutus kuitenkin vaihtelee puuston iän ja vuodenvaihteen mukaan sekä sen pysyvyydestä ei voi olla varma mahdollisten myrskytuhojen ja hakkuiden vuoksi.

Tulokset tiivistettynä

Lahdentie

Lahdentielle kohdistuvat suurimmat päiväkohtaiset ja vuotuiset heijastusten määrät tilanteessa, jossa aurinko paistaa ympäri vuoden pilvettömältä taivaalta, olivat seuraavat:

- 26–27 min/päivä (reseptoripisteet 6 ja 13)
- 91–102 h/vuosi (reseptoripisteet 6, 9 ja 13)

Asuinrakennukset

Asuinrakennusten suurimmat päiväkohtaiset ja vuotuiset heijastusten määrät määrät tilanteessa, jossa aurinko paistaa ympäri vuoden pilvettömältä taivaalta, olivat seuraavat:

- 21–23 min/päivä (reseptoripiste 2)
- 61–81 h/vuosi (reseptoripisteet 2, 25, 5)

Lentoliikenne

Lentoliikenteen osalta ei ole tunnistettuja vaikutuksia, sillä Traficomien mukaan suunnittelualue ei sijoitu lentokentän lähestymis- tai lennonjohtoalueille.

Huomioiden edellä kuvatut epävarmuustekijät, voidaan arvioida, että päivittäinen ja vuotuinen heijastusmäärä ei nouse kestoaltaan lähellekään niin suureksi, mitä arvoja mallinnus antaa. Asuinrakennusten osalta myös olemassa oleva kasvillisuus lieventää vaikutuksia. Vaikutukset jäävät merkitykseltään vähäiseksi.

Lieventämistoimenpiteet

Lieventämistoimenpiteenä mahdollisiin heijastusvaikutuksiin voidaan tarvittaessa käyttää istutuksia paneelialueiden ja häiriintyvien kohteiden välillä.

4. Lähteet

Pager Power, 2022. <https://www.pagerpower.com/wp-content/uploads/2022/09/Solar-Photovoltaic-Glint-and-Glare-Guidance-Fourth-Edition.pdf>

Ilmatieteen laitos, 2025. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>

Ilmatieteen laitos, 2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/auringon-paistetunnit>

Ilmatieteen laitos, 2026. <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/climate-elements>

Traficom ilmatilasovellus, 2025. <https://eservices.traficom.fi/Ilmatilasovellus/Map>