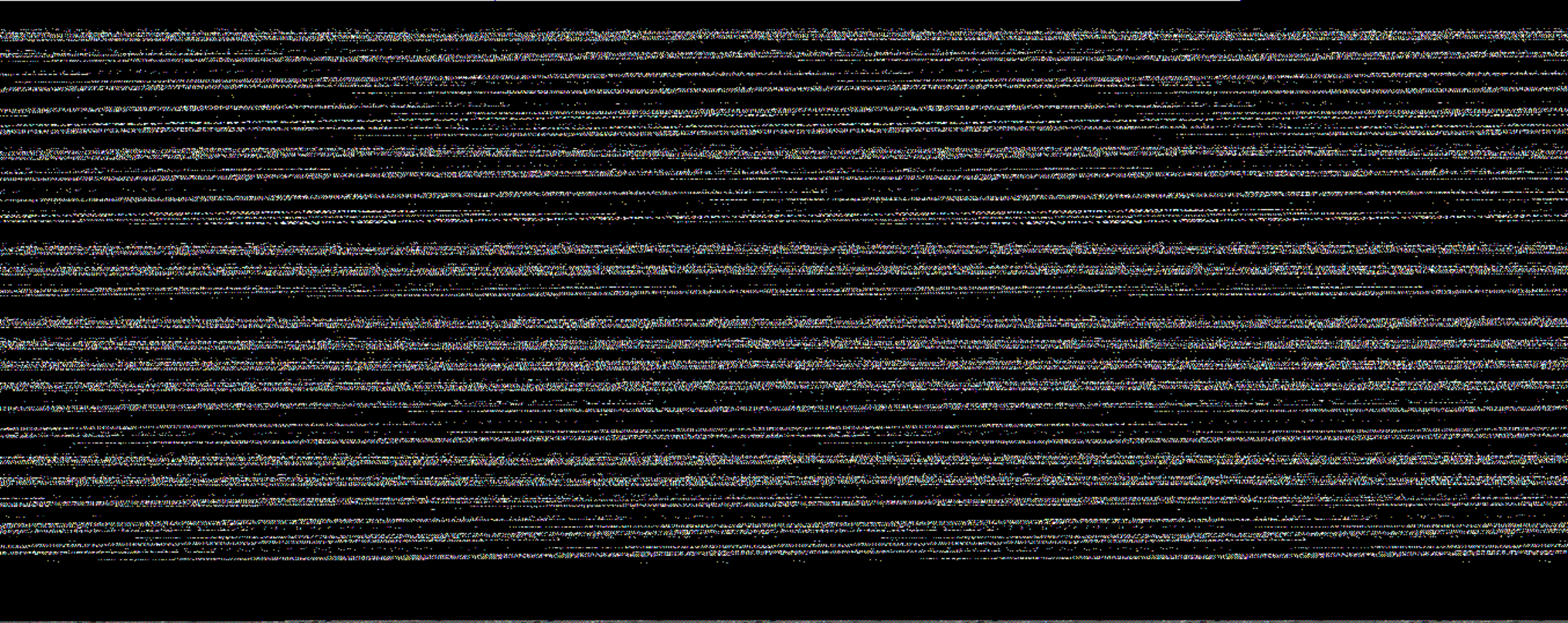
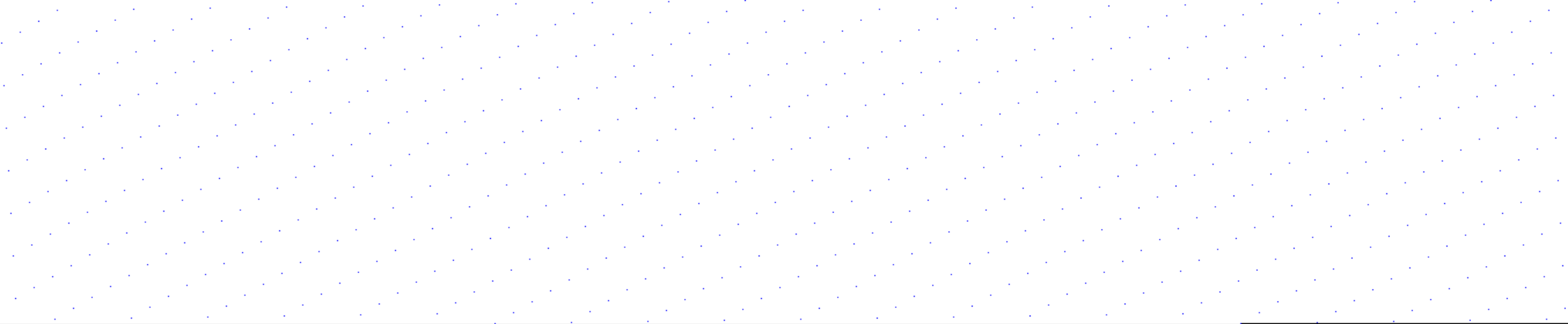




# KOLMIULOTTEISET KORTTELIT

Opas taloyhtiöille kiinteistökohtaisen  
3D-paikkatiedon hyödyntämiseen





## SISÄLLYS

Kolmiulotteisten aineistojen hyödyntäminen taloyhtiössä .....	4
Kenttätyöt .....	7
Pelimoottori .....	10
Demo 1: Hulevesi .....	11
Demo 2: Muutostulkinta .....	13
Demo 3: Valaistus .....	16
Yhteenveto .....	20
Sanasto .....	22

### Circular Green Blocks – Kestävät kaupunkikorttelit kestävän liiketoiminnan ajureina

**Kesto:** syyskuu 2021–syyskuu 2023.

**Kumppanit:** Helsingin seudun ympäristöpalvelut, Forum Virium Helsinki, Metropolia Ammattikorkeakoulu ja Aalto-yliopisto.

**Rahoittajat:** Euroopan aluekehitysrahasto. Hanke on saanut rahoituksensa osana Euroopan unionin covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

**Tavoite:** Circular Green Blocks –hankkeen tavoitteena oli edistää kierto- ja jakamistaloutta asuinkortteleissa yhdessä taloyhtiöiden, yritysten ja kaupungin kanssa.

**Tekstit ja toimitus:** Heikki Kauhanen, Bai-Bai Bairoh, Miikka Norola, Osama Bin Shafaat, Arttu Julin, Toni Rantanen, Kaisa Jaalama ja Matti Vaaja / Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos

Lassi Sarlos / HSY

Circular Green Blocks –tiimi

**Taitto:** Ami Koiranen / Metropolia

**Rahoitus:** Julkaisu on tuotettu osana Circular Green Blocks -hanketta.



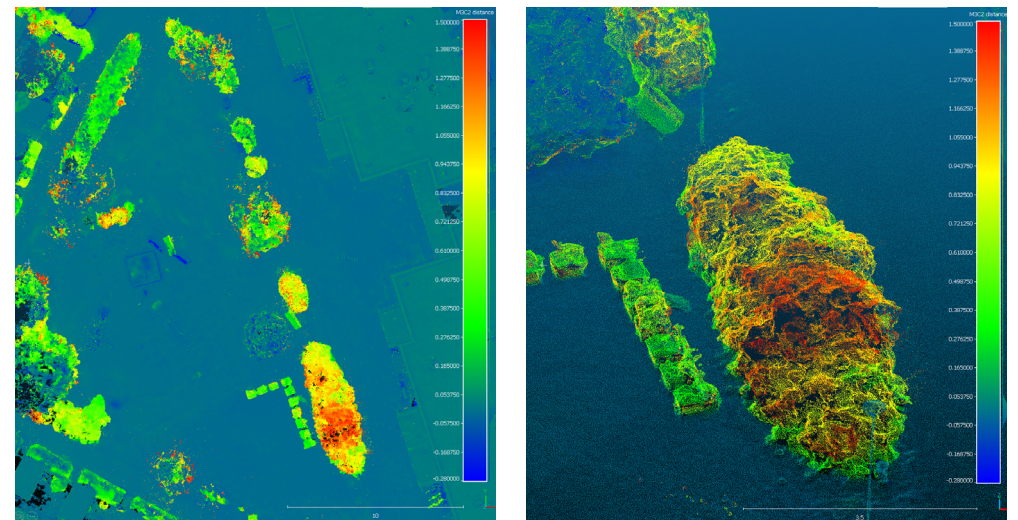
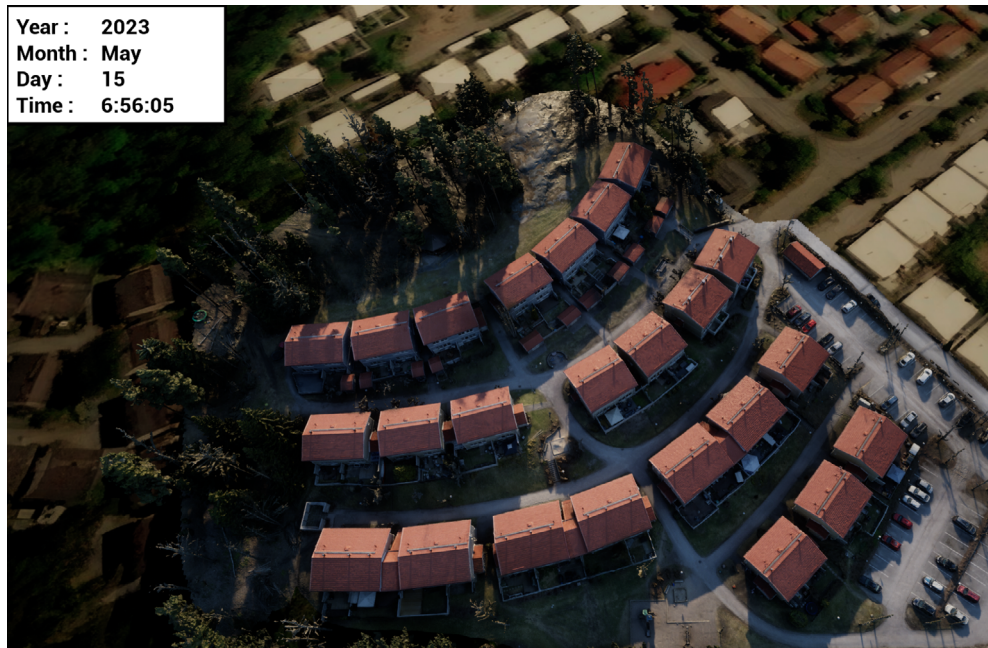
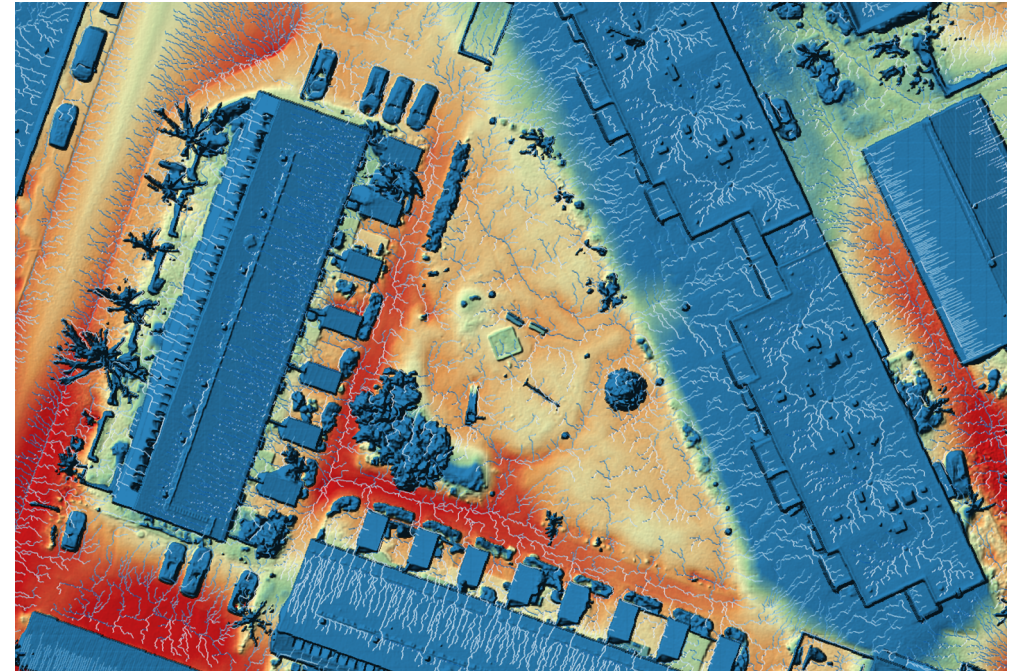
# KOLMIULOTTEISTEN AINEISTOJEN HYÖDYNTÄMINEN TALOYHTIÖSSÄ

**Aineistojen avulla on mahdollista lisätä ymmärrystä esimerkiksi taloyhtiön rakenteiden kunnosta ja korjaustarpeista. Aineistot palvelevat myös asukkaiden kokemusten havainnollistamisessa ja siinä, miten kehittämistarpeita olisi mahdollista tukea.**

Opas kiinteistökohtaisen 3D-paikkatiedon hyödyntämiseen kiertotalouden näkökulmasta perustuu Circular Green Blocks-hankkeessa tehtyyn selvitykseen siitä, miten taloyhtiöt voivat hyötyä yksityiskohtaisista 3D-paikkatietoaineistoista. Selvitystyöhön kuuluvat laserkeilaukseen ja fotogrammetriaan perustuvien 3D-mittausaineistojen käyttö ja demonstroinnit. Demonstroinnit käsittelevät taloyhtiöiden hulevesien hallintaa, muutosten seurantaan taloyhtiön pihalla sekä valaistuksen ja aurinkoenergiapotentiaalin arviointia. Nämä teemat on esitelty kuvassa 2. Tulevissa luvuissa kerrotaan tarkemmin näiden aineistojen tuottamisesta.

Useimmilla kaupungeilla Suomessa on olemassa olevia 3D-kaupunkimalliaineistoja, jotka perustuvat yleensä ilmasta lentokoneella tai helikopterilla kerättyihin aineistoihin. Näissä aineistoissa korttelipihat jäävät usein rakennusten ja puiden katveeseen. Siten yksityiskohtaista ja korttelipihakohtaista paikkatietoa on olemassa vielä varsin vähän.



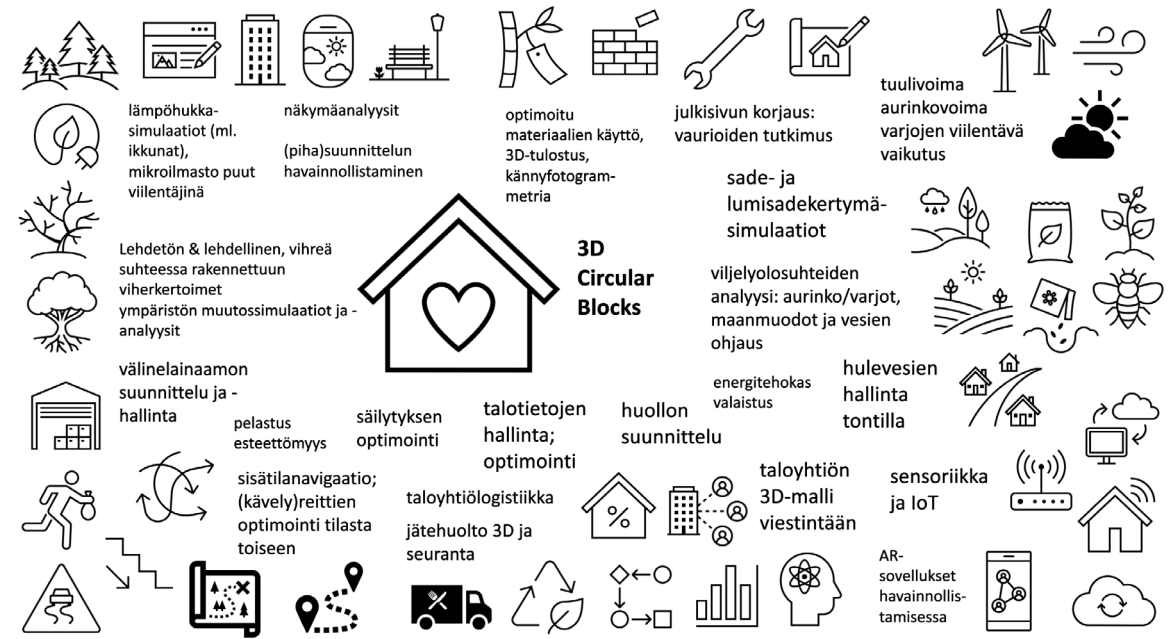


**Kuva 2.** Vasemmalla Malminkartanon ja Latokasken valaistusmallit, ylhäällä oikealla Malminkartanon hulevesianalyysi ja alhaalla oikealla Malminkartanon muutostulkinta.

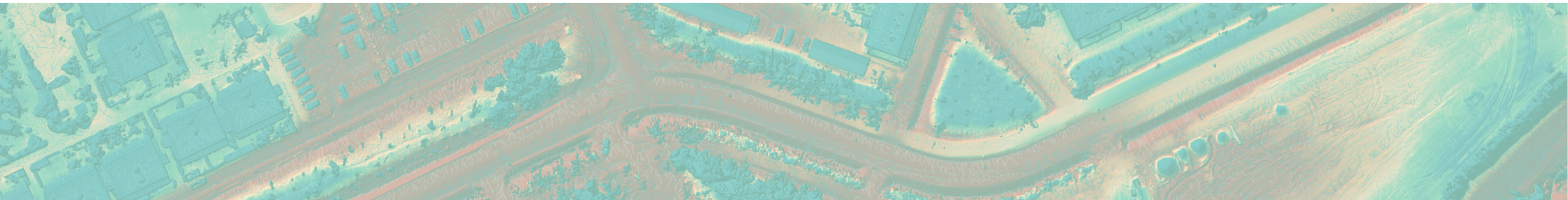
Tavoitteena on paikallisten kortteliyhteisöjen kiertotalouden kehittäminen yksityiskohtaisten 3D-mittausaineistojen avulla. Lisäksi päämääränä on yritysten uusien potentiaalisten 3D-paikkatietoa hyödyntävien palvelusisältöjen ja -ratkaisujen tunnistaminen. Tarkoituksena on, että taloyhtiöillä, yrityksillä ja muilla keskeisillä toimijoilla on paremmat lähtökohdat ymmärtää 3D-paikkatietolähtöisiä kiertotalouden suunnittelumahdollisuuksia. Näin havainnollistetaan kolmiulotteiseen paikkatiedon mahdollisuuksia sekä luodaan keskusteluyhteyksiä taloyhtiökentän ja paikkatietoyritysten välille.

Lähtökohtana selvitystyölle hankkeessa toteutettiin ideointi 3D-mittausaineistojen hyödyntämisestä taloyhtiöissä. Ideointi oli suunnattu 3D-mittaus- ja mallinnusteknologioiden sekä paikkatietoalan tutkijoille. Näitä teemoja on kerätty yhteen kuvassa 3. Lisäksi keräsimme paikkatietoalan yritysten näkökulmia ja kokemuksia yritysdialogien avulla.

Hankkeessa toteutettiin pilottikortteleiden asukkaiden tarvekartoitus. Kartoituksessa nousi esille mm. sade- ja sulamisvesien hallinta taloyhtiöiden pihoilla sekä parkkipaikoilla, aurinkoenergiapotentiaalin selvitys, julkisivujen rappeutuminen, viljelylaattikokeilu ja yhteisen infrastruktuurin kunnossapito. Tämän oppaan kolmen demon lisäksi kolmiulotteista paikkatietoa voidaan hyödyntää lukuisissa muissakin sovelluksissa.



**Kuva 3.** Circular Green Blocks -hankkeen alkuvaiheessa tunnistettuja potentiaalisia selvitettäviä teemoja.



# KENTTÄTYÖT

**Kiinteistökohtaista 3D-paikkatietoa voidaan kerätä paikan päällä erilaisia 3D-mittausmenetelmiä hyödyntäen.**

Yksityiskohtaista 3D-paikkatietoa kerätään mm. laserkeilaukseen tai fotogrammetriaan perustuvien tekniikoin. Nämä tekniikat soveltuvat hyvin, kun yksittäisten kiinteistöjen suuruisista kohteista halutaan mahdollisimman yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi tarkkojen visualisointien tai analyysien pohjaksi.

Julkisella ja yksityisellä sektorilla on Suomessakin lukuisia organisaatioita ja yrityksiä, jotka suorittavat 3D-mittauksia kenttätöinä. Tässä oppaassa esitellyt toteutusmerkit pohjautuvat pääosin Aalto-yliopiston tutkijoiden suorittamiin kenttätöihin valituissa kiinteistökohteissa Malminkartanossa ja Latokaskessa.



**Kuva 4.** Leica RTC360 maalaserkeilain mittaamassa Latokasken kohdetta.

## 3D-MITTAUKSET

### MAALASERKEILAUS (LEICA RTC360)

Maalaserkeilaimet (Kuva 4) ovat kolmijalan päälle asetettavia staattisia mittausinstrumentteja, joiden toiminta perustuu lasersäteiden lähtökulman ja kulkuajan avulla kerättäviin etäisyyshavaintoihin. Maalaserkeilaus lyhennetään usein muotoon TLS, joka tulee sanoista terrestrial laser scanning.

Maalaserkeilaamalla pystytään mittaamaan jopa miljoonia etäisyyshavaintoja sekunnissa. Yksittäisistä pistemäisistä etäisyyshavainnoista muodostuu niin sanottuja pistepilviä (Kuva 5), jotka kuvaavat yksityiskohtaisesti laserkeilaimen ympärillä olevien kohteiden muotoja. Useimmat maalaserkeilaimet sisältävät myös kamerasen, jonka avulla pistepilvet voidaan värjätä.

Maalaserkeilainten mittausetäisyydet vaihtelevat keilaimen mallista ja käyttötarkoituksesta riippuen useista kymmenistä metreistä useisiin satoihin metreihin. Menetelmän staattisen luonteen vuoksi ja riittävän kattavuuden takaamiseksi mittauksia on kuitenkin usein tehtävä useasta eri sijainnista. Sijainnit yhdistetään jälkikäsitellyssä yhdeksi kokonaisuudeksi.

Kuva 5 esittää Malminkartanon kohteen keilainasemien sijainnit, niiden väliset rekisteröintiin käytetyt linkit ja yhdistetyn pistepilven. Menetelmä soveltuu parhaiten rakennusten ja pienempien alueiden mittaamiseen. Maalaserkeilaimia voidaan käyttää ympäristön geometrian mittaamiseen myös täysin pimeässä. Maalaserkeilauksen kannalta haasteellisia kohteita ovat dynaamiset ja runsaasti heijastavia pintoja omaavat ympäristöt. Tämä johtaa usein virheellisiin mittaushavaintoihin ja lisää jälkikäsitellyn tarvetta.



**Kuva 5.** Hankkeessa toteutetun maalaserkeilauksen yhdistetty pistepilvi keilainasemien Malminkartanon kohteesta.



Kuva 6. Vasemmalla DJI Mavic 3 –drone, oikealla Geodrone.

### FOTOGRAMMETRINEN DRONEKUVAUS (DJI MAVIC 3, GEODRONE)

Fotogrammetrinen dronekuvaus on mittausmenetelmä, joka perustuu dronen (Kuva 6) avulla kerättävään ilmakehän kuva-aineistoon ja siitä laskettavaan 3D-malliin. Kuvassa vasemmalla esitetyn DJI Mavic 3- dronen lisäksi hankkeessa käytettiin Geotrim Oy:lta tilattua Geodrone-mallisella dronella kerättyä kuva-aineistoa. Droneista käytetään usein termiä UAV, joka tulee sanoista unmanned aerial vehicle.

Kuva-aineiston kerääminen tapahtuu tyypillisesti automaattisesti ennalta määritetyn lentosuunnitelman mukaisesti. Aineistoa voidaan kerätä kohteista myös manuaalisesti. Kuva-aineisto koostuu pääsääntöisesti suuren päällekkäisyyden omaavista nadiiri- ja viistokuvista. Nadiirikuvan suuntaus on suoraan alaspäin ja viistokuva taas suunnataan nimensä mukaisesti viistoon. Kuvakulma on viistokuvissa yleensä hieman lentosuunnasta alas.

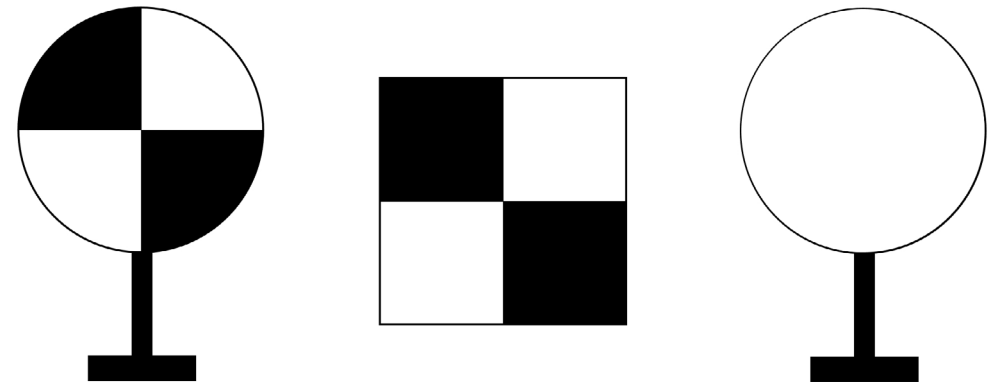
Nadiirikuvilta saadaan luotettavasti mitattua maan pinnanmuotoja. Viistokuvilta nähdään lisäksi esimerkiksi talojen julkisivut. Kuva-aineiston yksityiskohtaisuuteen ja siten myös muodostettavan mallin yksityiskohtaisuuteen vaikuttavat käytettävän sensorin ominaisuudet sekä etäisyys kohteeseen.

Kuva-aineiston prosessointi 3D-malliksi tapahtuu fotogrammetristen laskentaso-velusten tai -palveluiden avulla (esim. DJI Terra, DroneDeploy, Metashape, Pix4D, Reality Capture). Menetelmä on verrattain nopea ja se soveltuu erityisesti laajojen, vaikeakulkuisten ja vaarallisten alueiden kartoitukseen. Menetelmän kään- töpöpuolena on mm. riippuvaisuus valaistusolosuhteista ja heikko suorituskyky piirteettömien kohteiden kartoituksessa.

Fotogrammetrinen mittaus pohjautuu kuvilta erotettaviin yhtenäisiin piirteisiin, joita voi olla vaikea havaita esimerkiksi henkilöauton sileästä ja heijastavasta maalipinnasta. Valaistusolosuhteista johtuvia ongelmia voidaan yrittää korjata mm. kuvankäsittelyllä. Se ei kuitenkaan aina takaa onnistunutta lopputulosta. Fotogrammetrisia menetelmiä hyödynnettäessä onkin tärkeää, että käytettävä kuva-aineisto on mahdollisimman korkealaatuista.

### GEOREFEROINTI (LEICA GS18)

3D-mitta-aineistojen georeferointi tarkoittaa aineiston kiinnittämistä kartasto-koordinaatistoon. Georeferointi voidaan toteuttaa tähyksiä hyödyntäen. Tähykset ovat mitta-alueelle sijoitettavia kohteita, jotka voidaan tunnistaa mittalaitteilla. Niiden avulla sidotaan eri mittauksia yhteen. Yleisimmin käytettyjä tähystyypppejä ovat mm. shakkiruututähykset, ilmakehässä käytettävät signaalit ja tyypillisesti laserkeilauksessa hyödynnettävät pallotähykset (Kuva 7).



Kuva 7. Erilaisia tähyksiä.

Tähysten tarkat sijainnit voidaan mitata kätevästi esimerkiksi satelliittipaikannusta käyttäen (GNSS) (Kuva 8). Tavoitteena on luoda mitattavan kohteen sisälle tunnettuja pisteitä, jotka voidaan jälkikäsitellyssä osoittaa mita-aineistosta. Georeferointia varten kohteeseen lisättävien tähysten lisäksi voidaan pyrkiä hyödyntämään kohteen näkyviä luonnollisia piirteitä. Tällaisia ovat esimerkiksi katujen maaliviivat tai kaivonkannet. Georeferoinnin ohella tukipisteiden mittaaminen on olennaisessa osassa myös syntyvän 3D-mallin laadun varmistamisessa. Lisäksi tukipisteet auttavat eri aineistolähteiden yhdistämisessä. Eri aineistolähteitä ovat esimerkiksi maalaserkeilauksen ja fotogrammetrisen dronekuvaamisen tuloksena syntyneet aineistot.



Kuva 8. GNSS-vastaanotin.



## MITEN ERI TAVOIN KERÄTYT AINEISTOT EROAVAT TOISISTAAN?

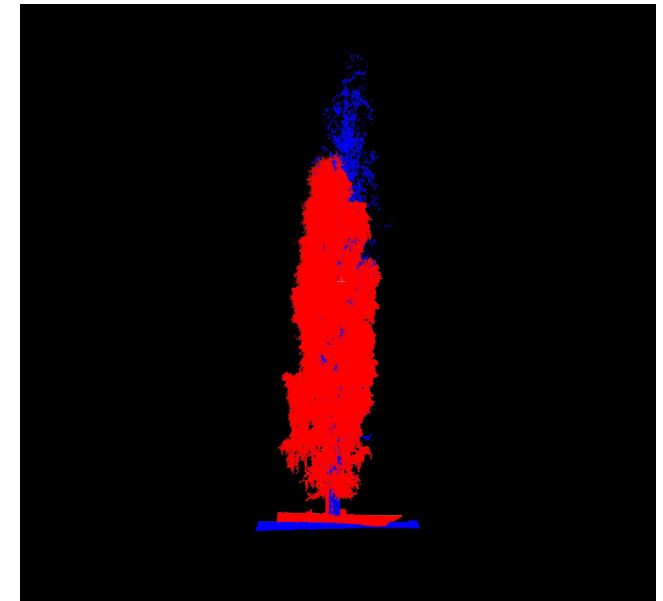
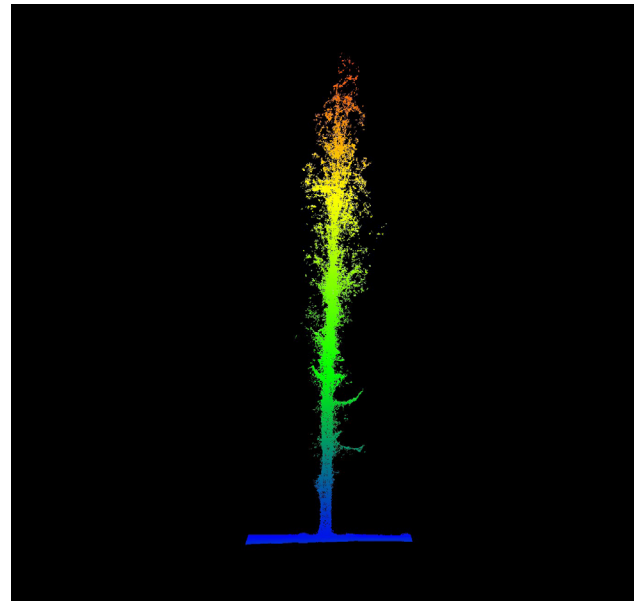
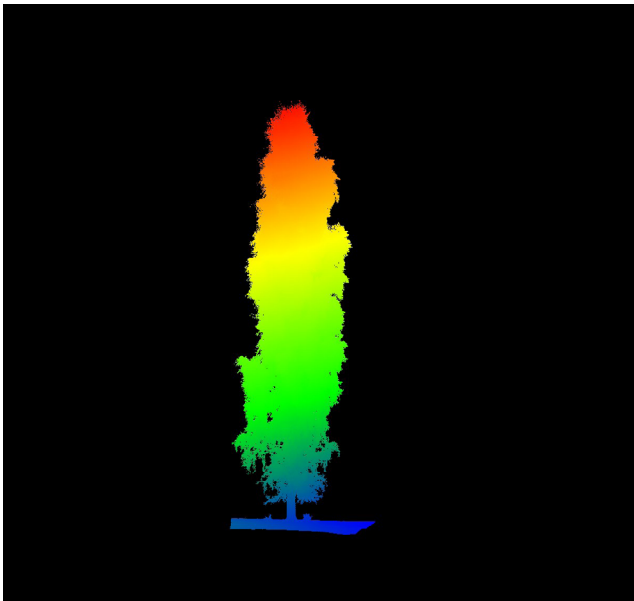
Pistepilvien resoluutiolla tarkoitetaan usein pisteiden määrää neliömetrillä. Maalaserkeilailaimilla saa yleensä luotua tiheitä ja tarkkoja pistepilviä. Droneilla kuvatessa haasteena on laitteen kantavuus – tarkemmat instrumentit ovat usein painavampia, mitä kopteri kykenee kannattelemaan.

Maalaserkeilainten rajoitteena on kuitenkin suurten alueiden keilaamisen hitaus ja haasteet keilaussijainnin valinnassa. Tähän verrattuna joustavat dronet sekä perinteinen lentokoneilla tehtävä ilmalaserkeilaus ovat tehokkaampia, koska laitteistoa voi liikuttaa keilatessa. Toisaalta ylhäältä käsin ei välttämättä saa kerättyä pisteitä vaikkapa puun lehvästön alta. Kannattaakin miettiä, mihin tarpeeseen aineistoa käytetään.

Tyypillisesti maan pinnalta mitatussa aineistoissa etäisyys kohteeseen on pienempi kuin ilmasta mitatun. Siten myös yksityiskohtaisuuden taso on korkeampi. Toisaalta nykyaikaisten dronejen myötä myös alhaisen lentokorkeuden mittaukset ovat mahdollisia.

Oppaan esimerkeissä etäisyys kohteeseen maalaserkeilauksen tapauksessa on muutamasta metristä kymmeneen metriin. Dronella kerätyn materiaalin osalta mittausetäisyys on reilu sata metriä. Tästä syystä dronemateriaaleista tuotetun mallin tarkastelu läheltä maanpintaa ei ole yhtä vaikuttavaa kuin maalaserkeilaimella tuotetun. Vastaavasti maalaserkeilaimella tuotettu aineisto vaikuttaa puutteelliselta tarkastellessa sitä lintuperspektiivistä.

On syytä muistaa, että aineiston keräämisen ei tarvitse olla joko-tai-tilanne. Pistepilviä ja muita paikkatietoaineistoja on mahdollista yhdistää. Näin voidaan täydentää heikkouksia yhdellä tavalla kerätyssä aineistoissa toisella aineistolla. Tämä nähdään esimerkiksi kuvissa 9–11, joissa on yhdistetty kahdesta pistepilvestä parempi kokonaiskuva puusta. TLS-aineistolla saa kattavamman kuvan rungosta ja oksista. UAV:lla tuotetusta aineistosta taas saadaan pisteitä myös puun latvasta.



**Kuva 9–11.** Ensimmäisenä TLS-aineistosta mittauksen tuloksena saatu puu. Toisessa kuvassa sama puu, tuloksena UAV-aineistokeruusta. Viimeisessä kuvassa on päällekkäin asetetut pistepilvet molemmista aineistosta. Maasta mitattu aineisto ei ole yltänyt puun latvaan asti, ja osoittaa puun olevan n. 21,5 metriä korkea. Dronekuvauksen perusteella puu on todellisuudessa 23 metrin korkuinen.

# PELIMOOTTORI

**Pelimoottoreilla on mahdollista tehdä paikkatieto tutuksi. Pelimoottorien avulla voidaan luoda visuaalisesti näyttäviä malleja.**

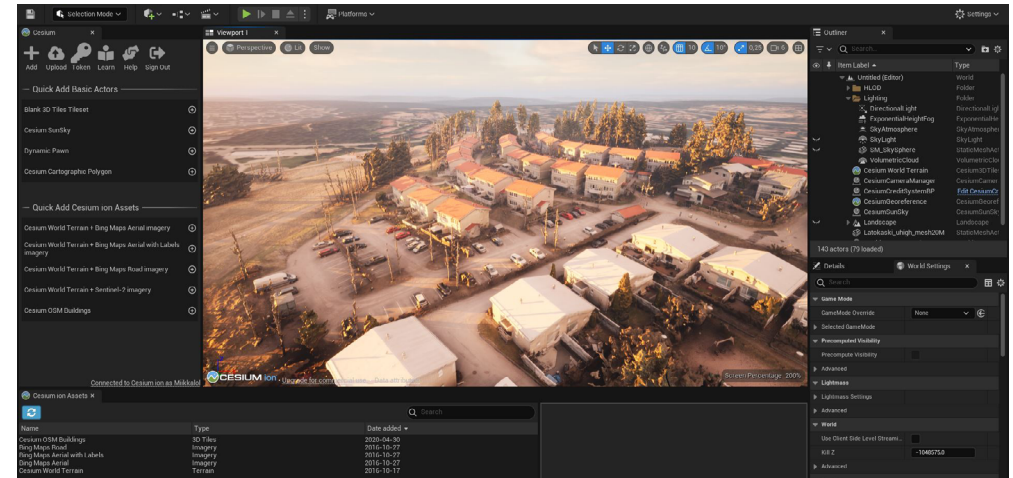
Pelimoottorit ovat videopelien sekä muiden interaktiivisten sovellusten rakennus- alustoja. Ne tarjoavat tarvittavan infrastruktuurin ja työkalut sovellusten kehittämiseen. Nykyaikaiset interaktiiviset virtuaaliympäristöt ovat pääosin toteutettu pelimoottoreiden avulla. Laajennetun todellisuuden (XR) toteutukset ovat usein pelimoottoripohjaisia.

Pelimoottoreita on käytetty pitkään 3D-paikkatiedosta jalostettujen mallien visualisointiin. Niiden tarjoama tuki erilaisille paikkatietoaineistoille on myös lisääntynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Esimerkiksi suosituille **Unreal Engine** (Kuva 12) ja **Unity** -pelimoottoreille on tarjolla avoimen paikkatietoalusta Cesiumin liitännäinen, joka avaa virtuaalisen maapallon pelimoottorissa hyödynnettäväksi.

Nykyaikaiset pelimoottorit mahdollistavat 3D-grafiikan reaaliaikaisen mallin esittämisen erittäin tehokkaasti. Lisäksi moottori tarjoaa esimerkiksi fysiikan ja valaistuksen realistisen simuloinnin. Reaaliaikaisuuden ansiosta pelimoottoreilla toteutettu visualisointi soveltuu hyvin interaktiiviseen esittelyyn. Näin mallia voidaan tarkastella mielivaltaisesta paikasta tarjoten valtavan potentiaalin verraten aiempiin staattisiin havainnekuviin.

3D-mittausaineistoista tuotettavien 3D-mallien hyödyntäminen suoraan pelimoottorialustoissa on helpottunut viime vuosina huomattavasti. Pelimoottorit tukevat suoraan teksturoituja kolmioverkkomalleja, joiden tuottaminen on erityisesti fotogrammetrisista laskentaohjelmista hyvin suoraviivaista. Yleisimpiä formaatteja ovat mm. OBJ ja FBX.

Laserkeilainten avulla tuotetut pistepilvimuotoiset aineistot, kuten E57 ja LAS, toimivat pelimoottorissa melko hyvin. 3D-mittausmenetelmin tuotetut 3D-mallit ovat yhä tänä päivänäkin raskaita, joten datamäärää on syytä keventää erilaisia



**Kuva 12.** Latokasken pilottikohteen pintamalli avattuna Unreal Enginen käyttöliittymässä.

optimointitekniikoita hyödyntäen. Keventäminen tapahtuu ennen mallien viemistä pelimoottoriympäristöihin. Oppaassa esitellyt toteutus esimerkit pohjautuvat valituista kiinteistökohteista tuotettuihin 3D-malliaineistoihin ja niiden hyödyntämiseen Unreal Engine 5 -pelimoottorissa.

Unreal Engine on Epic Gamesin kehittämä ja julkaisema pelimoottori, jonka editoria voi käyttää Windows-, OS-X ja Linux-alustoilla. Se on ensisijaisesti luotu videopelejä varten. Kuitenkin moottorille on saatavilla monia liitännäisiä, jotka ovat luotu muihin käyttötarkoituksiin.

Hankkeessa luoduissa esimerkeissä on hyödynnetty moottoria käyttämällä sille saatavaa Cesium-liitännäistä. Liitännäisen avulla pelimoottoriin voi tuoda oikeaa maailmaa vastaavaa 3D-aineistoa. Aineisto mukailee myös maaperän muotoja.

Pelimoottoriin voidaan tuoda 3D-malleja esimerkiksi rakennuksista. Niissä voidaan simuloida auringon liikettä sekä valoa eri kellonaikoina. Näin voidaan luoda hyvinkin realistisia simulaatioita vaikkapa pihapiirin valaistuksesta, kun nähdään miten vuoden- ja kellonajat vaikuttavat varjojen kokoon.

Pelimoottori on ilmainen, kunnes sillä on luonut pelin tai muun kaupallisen ohjelmiston, joka on tuottanut yli miljoona dollaria. Tämän jälkeen Epic Gamesille tulee maksaa rojalteja. Tämä tekee ohjelmistosta monen sovelluksen kannalta käyttäjänsä maksuttoman.

## DEMO 1: HULEVESI

Hulevesien hallinta on tarpeen rakennetun ympäristön toimivuuden kannalta. Väärin toimiva tai puuttuva hulevesijärjestelmä voi johtaa mittaviin vahinkoihin esimerkiksi veden päästessä kiinteistön rakenteisiin. Myös piha-alueiden hulevesien hallinta on tärkeää, sillä se vaikuttaa suuresti pihan viihtyvyyteen ja käytettävyyteen.

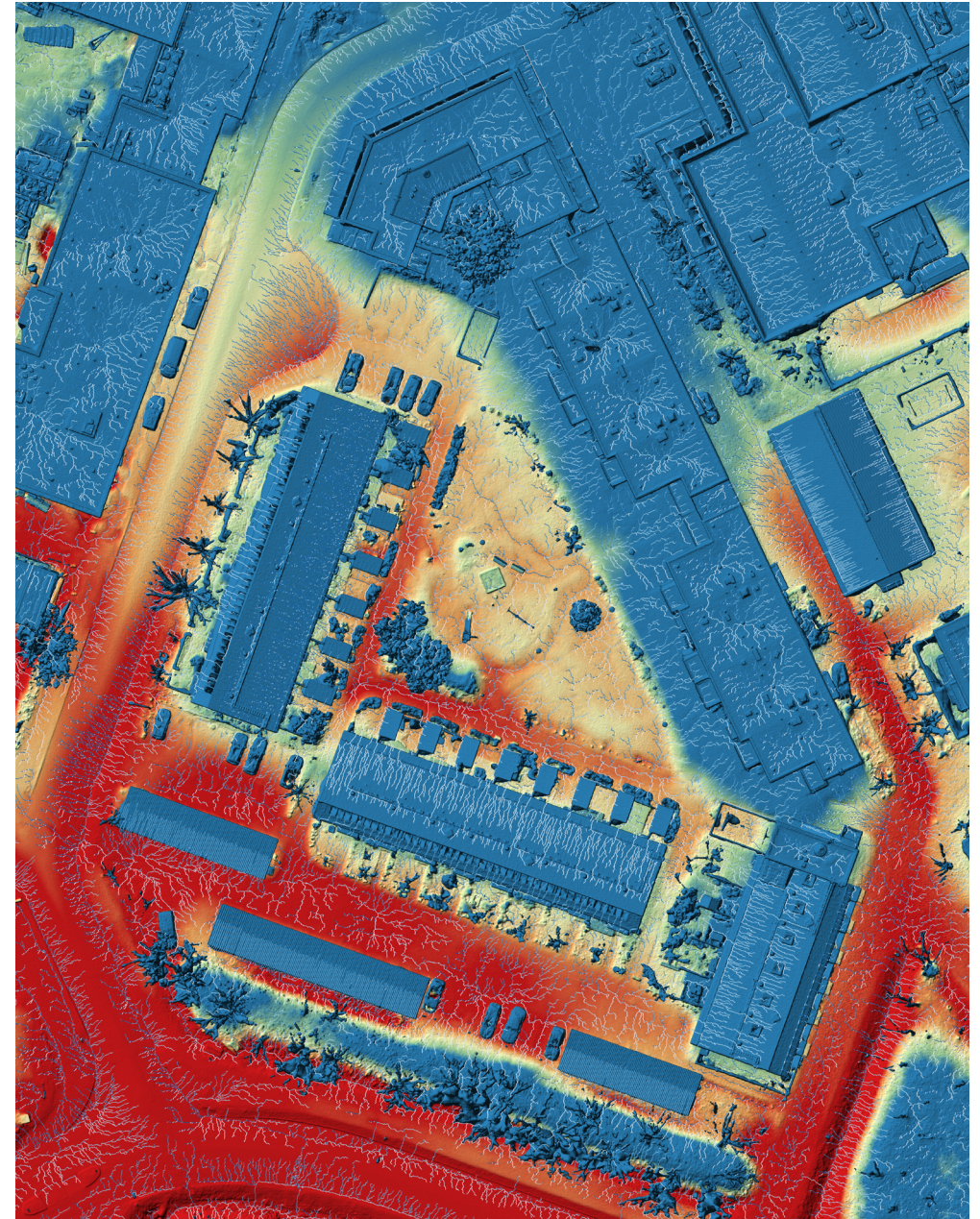
Kolmiulotteinen paikkatieto mahdollistaa perinteisiä menetelmiä kattavamman tavan selvittää hulevesien käyttäytymistä. Menetelmä perustuu aineistolta lasketun korkeuskartan hyödyntämiseen. Kuvassa 13 on esitetty Malminkartanon kohteesta kerättyjen aineistojen pohjalta laskettu korkeuskartta ja sen avulla lasketut hulevesivektorit. Punainen väri esittää matalaa korkeutta ja sininen korkeaa. Värjäys on valittu kattamaan kohteen piha-alueen.

### MITEN TÄMÄ TUOTETAAN?

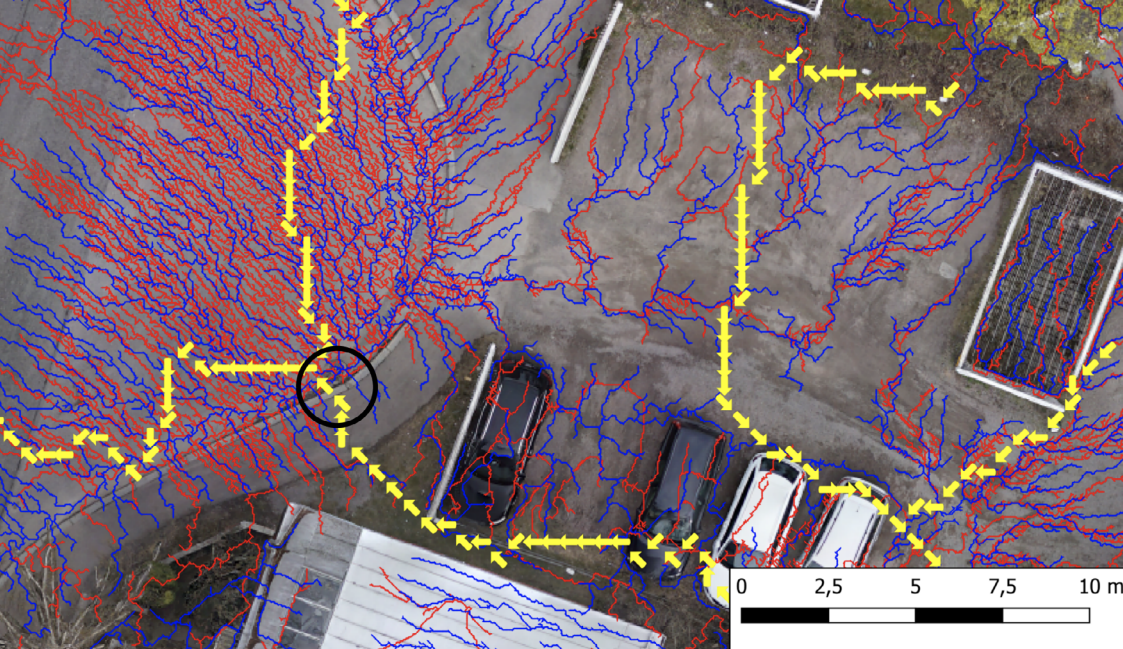
Ensin kolmiulotteinen aineisto muutetaan 2.5D aineistoksi. Siinä kaksikulotteisen kartan jokaisella pisteellä on myös korkeusarvo. Tältä pohjalta voidaan laskea kullekin kartan pisteelle suunta, mihin vesi valuu. Pohjana on oletus, että vesi valuu jyrkimmän rinteeseen suuntaan. Nykyinen toteutus ei huomioi pinnan läpäisevyyttä, mutta se on mahdollista ottaa mukaan analyysiin tulevaisuudessa. Tällöin tarvitaan lisäksi arvio tai mittaus pinnan läpäisevyydestä. Kuva 14 esittää Malminkartanon pilottikohteesta tuotettua hulevesianalyysin osaa.

Kuvassa esitetyn analyysin tuottaminen edellyttää perinteisiä paikkatietoaineistoja tarkemman yksityiskohtaisuuden tason. Esimerkissä yhden kartan pisteen koko on 4 cm ja se on tuotettu hankkeessa kerätyn paikkatietoaineiston pohjalta. Sinisellä merkatut veden kulkureitit ovat tuotettu dronekuvauksen pohjalta lasketun kolmiulotteisen aineiston avulla.

Punaiset reitit on määritetty maalaserkeilauksella kerätyltä aineistolta. Maalaserkeilaus mahdollistaisi vielä tarkemmankin analyysin, mutta tässä



**Kuva 13.** Malminkartanon kohteen korkeuskartta ja sen pohjalta lasketut hulevesivektorit.



**Kuva 14.** Hulevesianalyysi.

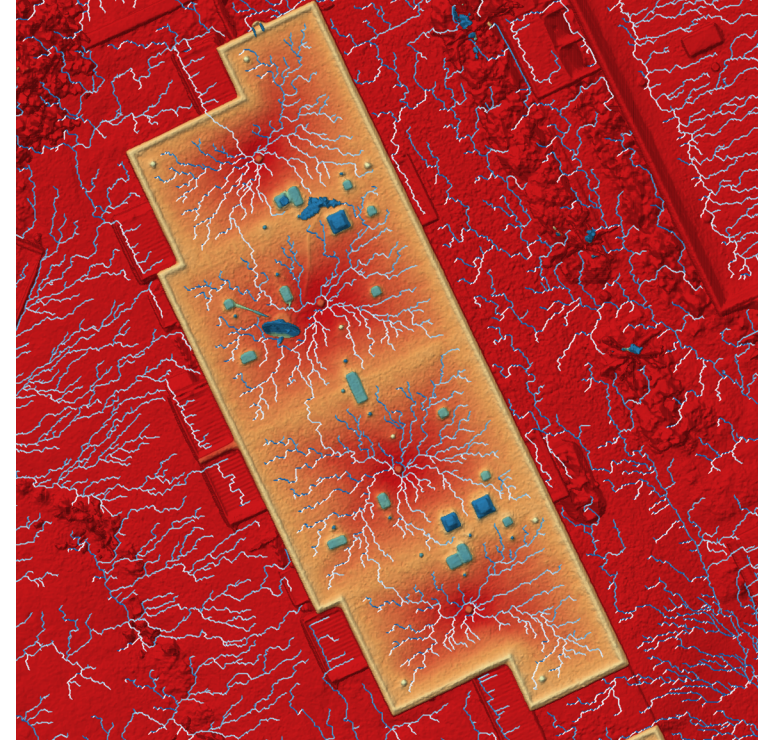
esimerkissä sitä haluttiin verrata droneaineistoon. Siksi aineistot skaalattiin samaan mittakaavaan. Kuvaan 14 on merkitty mustalla ympyrällä katualueella sijaitseva sadevesikaivo, jonne vesi analyysin mukaan valuu.

## AINEISTOA TARPEEN MUKAAN

Malminkartanon pilottikohteesta tuotettiin vastaava analyysi Helsingin kaupungin avoimeen ilmalaserkeilausmateriaaliin pohjautuen. Tuloksena saatiin aineisto, joka on yksityiskohtaisuudeltaan heikompi. Se kuitenkin soveltuu esimerkiksi katualueiden hulevesien käyttäytymisen tutkimiseen. Nämä reitit on merkitty kuvaan keltaisilla nuolilla. Myös punaisten ja sinisten reittien kullekin pisteelle on tiedossa suunta.

Avoimeen aineistoon perustuvan analyysin yksityiskohtaisuus ei kuitenkaan riitä esimerkiksi piha-alueille muodostuvien lätäkköalueiden määrittämiseen. Hankkeessa tuotettu tarkempi aineisto sen sijaan riittää määrittämään myös pihan lätäkköalueet. Piha-alueen painaumien määrittäminen olikin hankkeen tarkoituksessa esiin noussut seikka.

Lisäksi havaittiin tasakattorakenteen viemäroinnin toimivuuden tarkastuksen onnistuvan aineistolta. Kuva 15 esittää Malminkartanon kohteen tasakaton korkeuskarttaa ja sen pohjalta laskettuja hulevesivektoreita. Kuvan pohjalta voidaan arvioida hulevesijärjestelmän toimivuutta.



**Kuva 15.** Hulevesianalyysi Malminkartanon kohteen tasakaton tasakaton korkeuskartalta.

## MIKSI TEHDÄ HULEVESIANALYYSI?

Hulevesianalyysin käyttö voi auttaa etenkin viherrakentamisen ammattilaisia suunnittelemaan toimivia piharakenteita ja selvittämään olemassa olevien hulevesiratkaisujen ongelmakohtia. Hulevesianalyysi voidaan lisäksi yhdistää pelimootorissa käytettävään visualisointiin. Näin taloyhtiön asukkaille voidaan havainnollistaa erilaisia suunniteltuja ratkaisuja.

Hulevesianalyysi auttaa ymmärtämään esimerkiksi lätäköiden muodostumisen painanteisiin. Aineistoon voi tuoda myös suunnitteluelementtejä, joita ei tässä demonstraatiossa toteutettu. Esimerkiksi tulevaa piharakentamista voidaan visualisoida pelimootorissa ennen rakentamisen tilauspäätöstä. Näin taloyhtiö voi tutustua suunnitelman toimivuuteen ennen tilauksen sitoutumista. Vastaavasti menetelmä mahdollistaa yrityksille tavan kommunikoida suunnitelmistaan tilaajalle entistä tarkemmin ja havainnollisemmin.

## DEMO 2: MUUTOSTULKINTA

**Muutostulkinnalla viitataan kahden tai useamman eri aikoina samasta kohteesta kerätyn aineiston vertailuun. Näin voidaan tunnistaa oleelliset muutokset kohteessa.**

Muutostulkintaa voidaan soveltaa moneen käyttötapaukseen. Näitä ovat esimerkiksi viherympäristön kehitys, kaupungin kasvun seuranta tai geologisten ominaisuuksien muuttuminen. Lisäksi muutostulkinnalla saadaan määriteltyä muutoksen suuruus ja tietyin menetelmin myös suunta. Tämä mahdollistaa asianmukaiseen ja ajantasaiseen tietoon perustuvien päätösten teon esimerkiksi luonnonvarojen hallinnassa ja suojelussa.

Kiinteistössä ja sen lähialueella muutostulkinnan avulla voidaan seurata esimerkiksi mahdollisia salaojien aiheuttamia vajoamia pihalla, sora- tai hiekka-alueen leviämistä sekä asfaltin tai laattojen halkeilua. Tulkinnan avulla seuraaminen on mahdollista ennen kuin ongelmakohta on havaittavissa ihmissilmin.

### MUUTOSTULKINTA 3D-PISTEPILVIAINEISTOILLA

Muutostulkinnan pohjana voidaan käyttää laserkeilauksen avulla luotuja yksityiskohtaisia 3D-karttoja. 3D-aineiston hyödyt muutostulkinnassa ovat merkittävät.



**Kuva 16.** Elokuussa kerätty, realistisesti värjätty pistepilvi pilottikohteen pihasta.

Ne antavat yksityiskohtaisemman ja tarkemman kuvan ympäristöstä kuin perinteiset kaksiulotteiset kartat tai kuvat. Näin tunnistetaan paremmin olennaiset muutokset kohteessa. Lisäksi kerättyä 3D-aineistoa voidaan käyttää realististen 3D-visualisointien luontiin, mikä helpottaa muutosten hahmottamista.

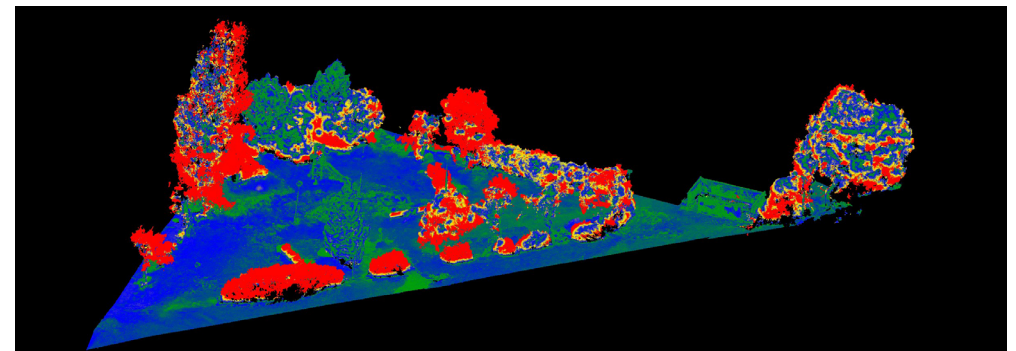
### KUINKA YMMÄRTÄÄ MUUTOSTULKINNAN TULOKSIA?

Oppaan esimerkeissä muutostulkinnasta punainen kuvaa suurimpia, keltainen huomattavia, vihreä pieniä ja sininen lähes olemattomia muutoksia kahden pistepilven välillä.

Muutostulkinnan analysoinnissa pelkkä arvojen tai värien katsominen kuvasta ei kuitenkaan riitä. Tulkintaa katsomalla voisi luulla, että vain analysoidun piha-alueen pensaissa ja lehtipuissa on tapahtunut merkittävää muutosta – eli kesänaikaista kasvua.

Nurmikko näyttää isolta osin muuttumattomalta, ja sitä ei vain muutostulkintaa katsomalla voi välttämättä arvata nurmikoksi: Kyseessä on vain asfalttia. Syy muutoksen puutteeseen on tässä tapauksessa se, että ruoho on leikattu myöhemmin kesällä suunnilleen saman pituiseksi kuin kesän alussa. Kontekstin ja piha-alueen tunteminen auttaa luomaan oikean tulkinnan.

Myös havupuissa muutokset jäävät kesän aikana pieniksi, koska ikivihreät puut ovat olleet ”täydessä lehdessä” jo toukokuussa. Pidentämällä tarkastelujaksoa esimerkiksi muutaman vuoden pituiseksi voitaisiin arvioida varsinaista puiden kasvua. Sama pätee muihinkin hitaampiin muutoksiin.



**Kuva 17.** Muutostulkinnan perusteella värjätty pistepilvi edellisen kuvan pihasta.

## ESIMERKKITAPAUS: KASVILLISUUDEN MUUTOSTULKINTA 3D-PISTEPILVELLÄ

Hankkeessa tutkittiin kasvillisuuden muutoksia toukokuun ja elokuun välillä Helsingin Malminkartanossa. Vertaamalla kahden eri ajankohdan aineistoja nähdään, kuinka pensaat ja istutuslaatikkojen kasvit ovat kasvaneet kesän aikana. Esimerkissä istutuslaatikot nähdään muutoksina, koska ne eivät olleet paikoillaan vielä toukokuun kenttätöiden aikaan.

Kerätty 3D-pistepilvi mahdollistaa yksityiskohtaisen 3D-kartan luonnin pihasta. Sitä voidaan käyttää pohjana muutostulkinta-analysissä. Perinteisillä kaksiulotteisilla kartoitustekniikoilla pienemmät muutokset ympäristössä, kuten kasvillisuudessa, jäävät helpommin huomiotta.

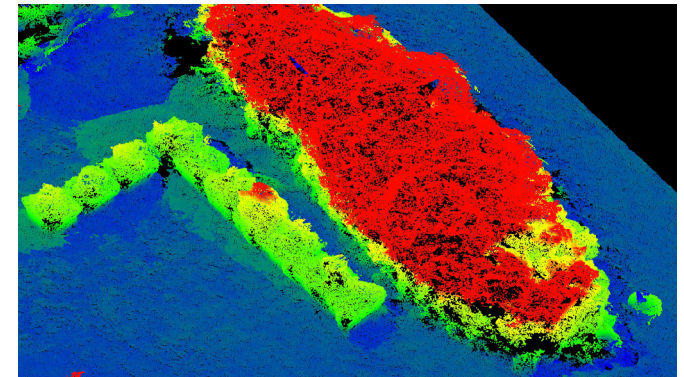
Muutostulkinta ei kuitenkaan ole kaikkivoipaa. Sen hyödyllisyyteen vaikuttaa esimerkiksi vertailtavien aineistojen tarkkuuserot. Myös aukot aineistossa vaikeuttavat vertailua. Vertailu voi olla jopa mahdotonta, jos vertailtavaa kohtaa ei löydykään toisesta aineistosta.



**Kuva 18.** Kuva toukokuulta kohdasta, johon ei vielä ollut asetettu kukkalaatikoita.



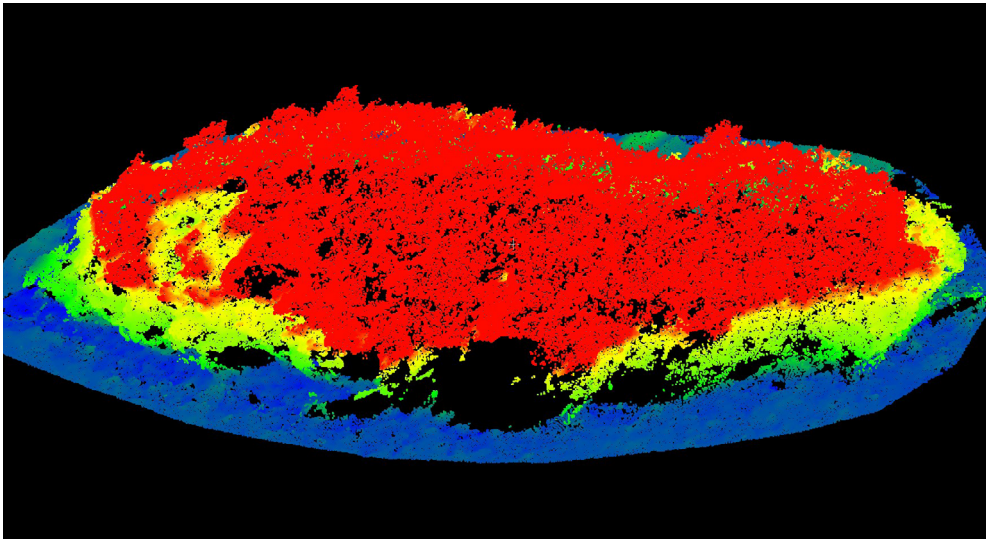
**Kuva 19.** Kuva elokuulta samasta kohdasta, laatikoiden asettamisen jälkeen.



**Kuva 20.** Saman sijainnin toukokuun ja elokuun aineistojen muutostulkinnan tulokset. Punainen väri kertoo suuresta muutoksesta, eli käytännössä uusista pisteistä pilvessä. Vihreä väri taas kuvaa pientä ja sininen lähes olematonta muutosta.



**Kuva 21.** Pistepilvi pensaasta, syyskuu 2022. Huomioi aukko aineistossa oksien alla.



**Kuva 22.** Muutostulkinta pensaasta. Onko maaperä pensaalla muuttunut vai ei? Kysymykseen ei voi vastata vain näiden pistepilvien perusteella.

## MUUTOSTULKINNAN TEKNIIKAT

Muutostulkintaan on olemassa useita erilaisia tekniikoita. Näistä mainittakoon hankkeen analyseissa käytetyt tekniikat:



**Cloud to Cloud (C2C)** on yksittäisiä pistepilven pisteitä vertaava tekniikka. Tämän menetelmän hyödyt korostuvat tiheiden pistepilvien verrattain pienten muutosten vertailussa.



**Cloud-to-Mesh (C2M)** -menetelmässä vertaillaan pistepilveä ja toisesta aineistosta luotua 3D-pintamallia. Tämä tekniikka on erityisen herkkä pintamallin laadusta. Menetelmä soveltuu parhaiten selkeiden tasomaisten pintojen muutoksien vertailuun.



**Multi-scale model-to-model (M3C2)** on muutostulkinnan menetelmä, jossa kahta pistepilveä verrataan toisiinsa. Menetelmässä otetaan huomioon arvio pisteiden muodostamasta pinnasta ilman erillisen pintamallin luomista. Menetelmä soveltuu monenlaisten aineistojen arviointiin, mutta edellyttää käyttäjän arviota pinnan epätasaisuudesta.

Esitetyt menetelmät ovat todistetusti tehokkaita 3D-pistepilven muutostulkinnassa. Kullakin menetelmällä on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Yleisesti voidaan todeta 3D-pistepilviaineiston antavan korkealaatuista ja yksityiskohta materiaalia muutostulkinta-analyyseihin tekemiseksi. On hyvä kuitenkin huomioida, että menetelmän toimivuus yhdessä projektissa ei ole tae sopivuudesta toiseen projektiin.

## DEMO 3: VALAISTUS

**Tulkoon valo! Kuinka taloyhtiö tai asukas voi saada aineistoa oman kotinsa aurinkoenergiapotentiaalista? Entä siitä, kuinka monena päivänä vuodessa aurinko paistaa sisään asunnon läntisestä ikkunasta?**

Osiassa esitellään kolmiulotteisen paikkatiedon hyödyntämisen mahdollisuuksia valaistukseen liittyen. Valaistuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä laajalti valon käyttäytymistä, mutta pääpaino on auringon vaikutuksen simuloinnilla.

Keinotekoisia valonlähteitä voidaan sijoittaa kolmiulotteiseen malliin nykyaikaisilla ohjelmistoilla (Kuva 23). Näin voidaan luoda varjokarttoja, jotka havainnollistavat miten eri valonlähteet valaisevat kohdetta. Sijoittamalla voimakas keinontekoinen valonlähde auringon suuntaan voidaan simuloida kohteen valo ja varjot valitulla ajanhetkellä. Tämä mahdollistaa laajat sovellukset etenkin pihasuunnitteluun.

Kolmiulotteiseen malliin voidaan myös sijoittaa erilaisia virtuaalisia esineitä. Kerrostaloon kerroksia lisäämällä voidaan simuloida täydentämiskerrostuksen vaikutusta. Istuttamalla virtuaalinen puu malliin nähdään, miten valo ja varjo käyttäytyvät muutosten jälkeen. Nykyaikaisilla ohjelmistoilla muutunut varjostus voidaan simuloida reaaliaikaisesti. Myös muiden virtuaalisten valonlähteiden lisääminen malliin on mahdollista. Mallissa voidaan tarkastella esimerkiksi suunnitteluvaiheessa olevien katuvalojen vaikutuksia kohteessa.

Kenttätöitä suunnitellessa on hyvä pitää mielessä, että aineistoon taltioituu keruuhetkellä vallitseva valaistus. Valaistussimulaatioon tarkoitettu aineisto kannattaa kerätä pilvisellä säällä, jolloin kohteeseen ei synny jyrkkiä varjoja. Kuvan 23 terävät varjot ovat laskennallisia. Todellisuudessa aineiston keruuhetkellä valo oli varsin tasainen.



**Kuva 23.** Ilmakuvatusta pistepilviaineistoista kehitetty pintamalli valaistussimulaatioissa.



Paikkatietoa käytetään apuna aurinkoenergian hyödyntämisen suunnittelussa. Kaupunkimalleissa on usein tarvittava tieto esimerkiksi rakennusten sijainneista ja korkeuksista. Näin karkea aurinkoenergiapotentiaalin määrittäminen onnistuu. Esimerkiksi Helsingin kaupunki tarjoaa potentiaalin laskemiseen soveltuvaa palvelua: <https://kartta.hel.fi/3d/solar/#/>

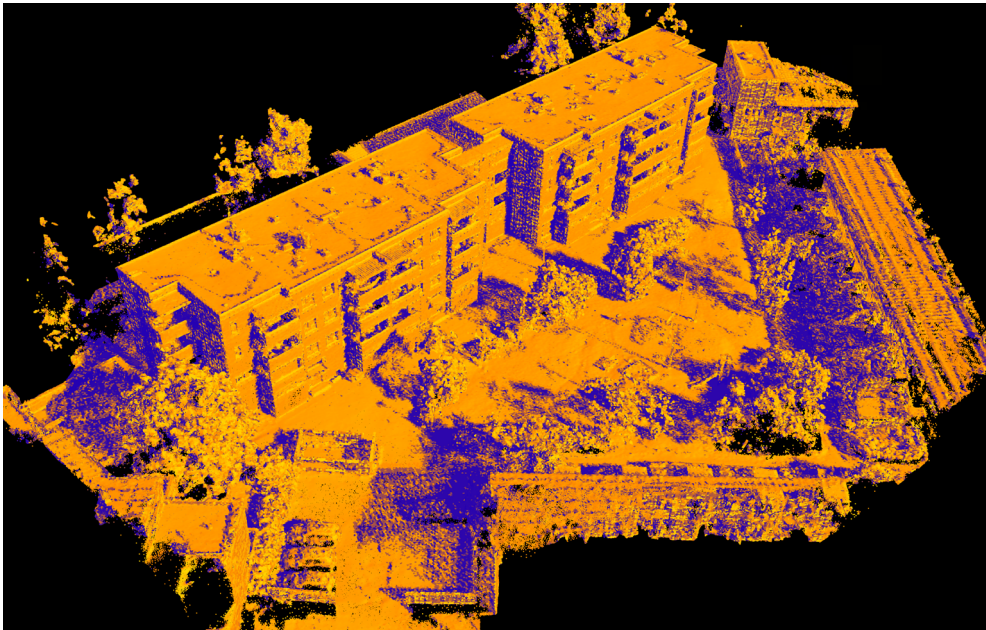


## MITÄ LISÄARVOA VALAISTUKSEN KOLMIULOTTEINEN SIMULOINTI TUO?

3D-aineistolta on mahdollista laskea kertymä auringon säteilystä määritellyltä vuorokaudelta (kuva 24). Näin havaitaan, mitkä kohdat piha-alueelta ovat varjoisia ja mitkä aurinkoisia. Menetelmää voidaan hyödyntää myös rakennusten julkisivujen lämpökuorman arviointiin.

Menetelmään voidaan yhdistää virtuaalisten kohteiden lisääminen. Näin voidaan suunnitella esimerkiksi varjostavien lehtipuiden istutusta. Puut hellittävät rakennuksen julkisivun lämpökuormaa kesällä, mutta varjostavat lehdettömään aikaan vain maltillisesti.

Kolmiulotteisen simulaation avulla suunnitelmia voidaan havainnollisesti esitellä asukkaille. Näin vaikutukset ovat asukkaiden tiedossa ennen suunnitelmien toteuttamista.



**Kuva 24.** Auringon säteilykertymän simulaatio yhden vuorokauden aikana. Keltainen väri kertoo suuremmasta säteilykertymästä, ja violetti pienemmästä. Huomaa, miten rakennuksen nurkkiin ja puiden taakse jää katvealueita, joissa kertymä jää pieneksi.

Aurinkoenergian suunnittelua voidaan tarkentaa yksityiskohtaisen kolmiulotteisen paikkatiedon avulla. Puiden varjostusta voidaan arvioida eri ajanhetkinä. Lisäksi rakennusten katoilla voi olla erilaisia paneelien asennukseen vaikuttavia rakenteita. Rakenteet voidaan huomioida suunnittelussa, kun käytössä on riittävän yksityiskohtainen kolmiulotteinen aineisto. Myös julkisivuihin kiinnitettävien ja kaksipuolisten paneelien potentiaalia voidaan simuloida, kun analyysi ei rajoitu kaksikulotteiseen karttatasoon.



**Kuvat 25–27.** Pelimootorin avulla voidaan valaistusta simuloida eri vuorokaudenajoina. Kuvasarjassa esimerkit ovat klo 7.00, klo 13.00 ja klo 17.00. Simulaatio mahdollistaa auringon liikkeen muutosten huomioinnin esimerkiksi vuoden aikana. Tässä simulatiossa päivämäärä on maaliskuun 15. päivä.

## MISTÄ ALOITTAAN VALAISTUKSEN TAI ENERGIAPOTENTIAALIN SELVITYS?

Mistä kannattaa aloittaa, jos taloyhtiö haluaa selvittää aurinkoenergian potentiaalin esimerkiksi rakennuksen katolla? Kolmiulotteinen tieto valaistuksesta ei ole välttämättömyys kaikkiin tarpeisiin, mutta siitä voi olla hyötyä selvitystyössä.

3D-simulaation tuottaminen voi tuntua yliampuvalta esimerkiksi aukealla alueella, jossa varjojen tiedetään vaikuttavan hyvin vähän auringon säteilyn määrään. Tällöin kannattaa aloittaa yksinkertaisimmista mallinnuksista. Lukuisat erilaiset paikkatietoopalvelut kuluttajille ovat vain muutaman klikkauksen päässä. Tässä osiossa esitellään niistä kaksi.



### HELSINGIN KUNTA3D AURINKOENERGIAPOTENTIAALI

[kartta.hel.fi/3d/solar](https://kartta.hel.fi/3d/solar)

Helsingin kaupungin karttapalvelusta löytyy aurinkoenergiapotentiaalia kuvaava osio. Palvelussa käytetään pohja-aineistona maastomallia sekä LOD2-rakennusmalleja. Nämä antavat käyttäjälle tarkan kuvan vuotuisesta sekä kuukausikohtaisesta energiapotentiaalista kilowattitunteina. Palvelun avulla on mahdollista selvittää, mitkä tasot todennäköisesti soveltuvat aurinkopaneelien asennukselle.

Ote aineistokuvauksesta: *Laskennassa on otettu huomioon ympäröivien rakennusten varjostus. Arvot on laskettu erikseen yksittäisille katto- ja seinäpinoille ja yhdistetty myös rakennuksen kokonaisarvoksi.*

Käyttäjä voi valita rakennuskohtaisen katon, jonka potentiaalin haluaa selvittää (Kuva 28). Energiapotentiaalissa on eritelty auringon suora säteilyenergia, hajasäteily sekä kokonaissäteily.



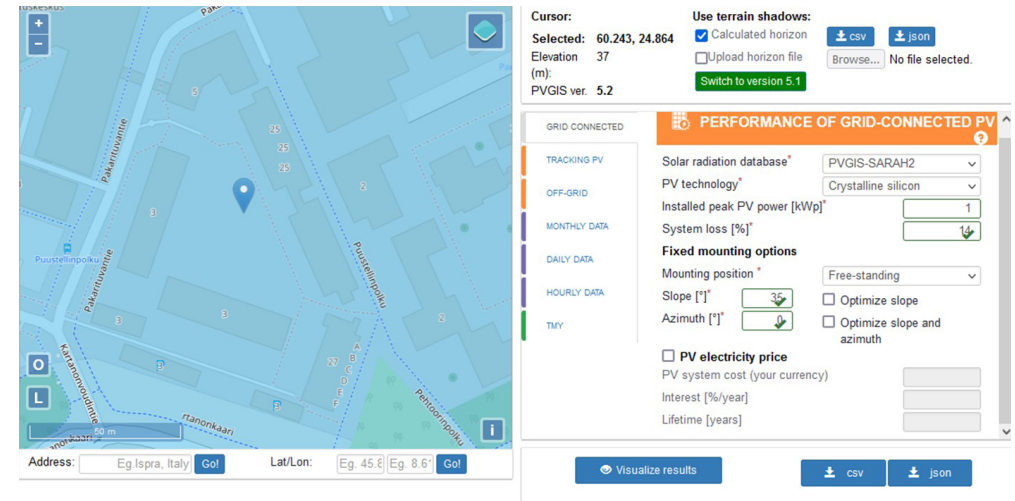
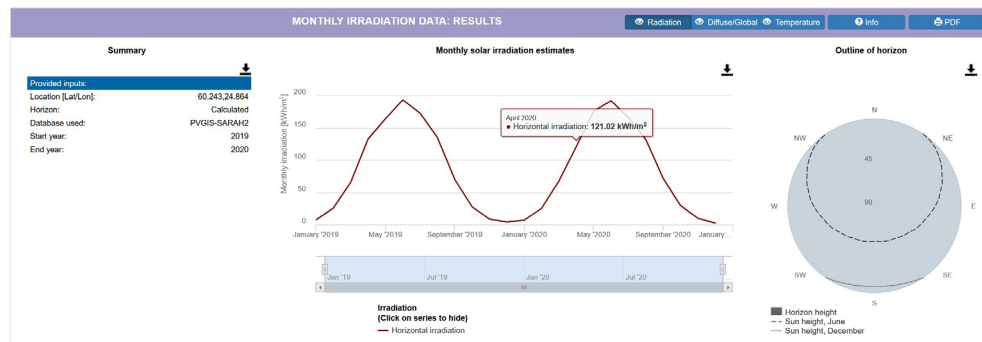
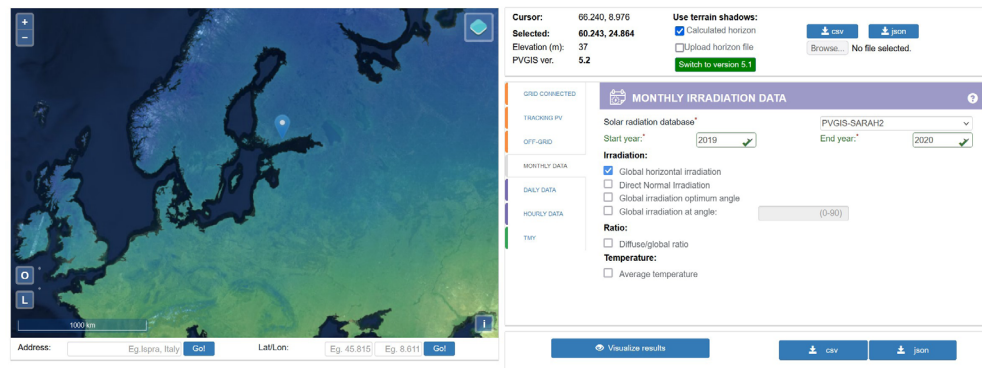
**Kuva 28.** Näyttökuva Helsingin kaupungin aurinkoenergiapotentiaalin palvelusta. Valitun rakennuksen katto näkyy hieman muita tummempana. Palvelun ponnahdusikkunassa käyttäjä näkee arvion rakennuksen kattoon osuvasta säteilystä kuukausittain.



PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) on ilmainen ja avoin aurinkoenergiapotentiaalin arviointiin käytettävä palvelu. Käyttäjä valitsee tutkittavan sijainnin kartalta tai koordinaatteja käyttäen. Palvelu kertoo arvioidun säteilyn määrän pyydetylle ajanjaksolle. Palveluun voi syöttää erilaisia aurinkopaneelityyppejä ja muuttaa niiden asetuksia. Näin käyttäjä saa konkreettista tietoa esimerkiksi siitä, kuinka aurinkopaneelin asennuskulma vaikuttaa tuotetun sähkön määrään (Kuva 29).

Palvelusta löytyy koko kattavat tiedot aurinkoenergian potentiaalista Euroopassa ja Afrikassa. Tiedot kattavat myös osin Aasian sekä Amerikan mantereet. Palvelu on saatavilla englanniksi eikä käyttö edellytä rekisteröitymistä. Palvelun käyttöön löytyy oppaita. Palvelun avulla voi esimerkiksi ladata PDF-muotoisia automaattisesti luotuja raportteja sijainnin säteilyvoimakkuudesta.

Lisätietoa: [joint-research-centre.ec.europa.eu](http://joint-research-centre.ec.europa.eu)



**Kuva 29.** Näyttökuvaa PVGIS-palvelun käyttöliittymästä. Tutkittava sijainti on Malminkartanon pilottikohteesta.

**Kuva 29b.** Näyttökuvaa PVGIS-palvelun käyttöliittymästä. Vasemman yläreunan kartta on zoomattu antamaan laajemman kuvan eroista Pohjois- ja Keski-Euroopan aurinkoenergiapotentiaalista. Tutkittava sijainti on Malminkartanon pilottikohteesta. Oikeassa yläreunassa tarkasteltavaksi ajankohdaksi on asetettu vuodet 2019 ja 2020 ja alhaalla nähdään kuukausittainen energiapotentiaali.

# YHTEENVETO

## Mittaat mitä näet. Perspektiivi vaikuttaa oleellisesti kaikkiin tässä oppaassa esitettyihin analyysihin ja demoihin.

Oppaassa esiteltiin sekä maalaserkeilauksella että dronekuvauksella tuotettuja materiaaleja. Molemmilla menetelmillä voidaan tuottaa kolmiulotteista paikkatietoa.

Dronekuvauksella kerätyn kuva-aineiston pohjalta voidaan tuottaa pistepilviä, mutta myös suoraan pintamalleja. Menetelmä perustuu korkealaatuisen kuva-aineistoon. Näin myös pistepilvien ja pintamallien värjäys onnistuu samalla hyvällä laadulla.

Laserkeilauksella tuotetaan ensin pistepilviä, jotka voidaan jatkojalostaa esimerkiksi pintamalleiksi. Maalaserkeilauksella saadaan mitattua kattavammin esimerkiksi talojen julkisivut. Menetelmän avulla nähdään myös pensaiden ja puiden latvustojen alle. Yksityiskohtaisuuden taso on yleisesti ottaen korkeampi, koska mittaus tehdään lähempää. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että ainoastaan mittalaitteen näkemiä asioita voi mitata.

Esimerkiksi Google Mapsin satelliittikuvanäkymästä voi arvioida, näkyykö jokin kiinnostava kohde ilmasta. Jos kohde ei näy, niin maalaserkeilaus voi olla tarpeen kyseisen kohteen mittaukseen. Kannattaa kuitenkin muistaa, että esimerkiksi talojen julkisivut voidaan kohtalaisesti mitata ilmasta viistokuvilta. Myös aineistojen yhdistäminen on mahdollista. Näin voidaan esimerkiksi yhdistää dronekuvauksella tuotettuun pintamalliin jokin maalaserkeilattu yksityiskohta, kuten kuvassa 30 on esitetty vaihtamalla C-rapun ja sen viereisten parvekkeiden malli dronekuvauksella tuotettua mallia tarkempaan laserkeilausaineistoon.

**Kuva 30.** Maalaserkeilauksen avulla tuotetun pintamallin vertailu dronekuvaukseen perustuvaan malliin. C-rappu ja sen viereiset parvekkeet on laserkeilattu, muu malli dronekuvauksella.





Mielekkäintä on jättää epäselvät tapaukset paikkatietoalan ammattilaisten harkittaviksi. Tilaajan tulee kuitenkin osata kommunikoida ammattilaisille, mitä kohteita halutaan mitata ja mihin tarpeeseen mittauksilla halutaan vastata.

## KUINKA TARKKAA JA MIKSI?

Suurten alueiden yksityiskohtaisen mittauksen työmäärä voi olla melkoinen. Droneaineisto korttelitason kattavuudella voidaan kerätä noin vartissa. Toisaalta oppaassa esitetyn kaltaiseen maalaserkeilauskampanjan toteuttamiseen täytyy varata kokonainen työpäivä per kohde.

Kartoitusmenetelmä kannattaakin valita kohteen ja tarpeen mukaan. Toisaalta keräämällä yksityiskohtainen aineisto voidaan samaa aineistoa hyödyntää useampaan käyttötarkoitukseen.

Oppaassa esiteltiin, miten samalta aineistolta voidaan toteuttaa kolme erilaista analyysia. Tämän mahdollisti yksittäistä tarvetta yksityiskohtaisemman paikkatiedon kerääminen. Oppaan esimerkit valittiin hankkeen alkuvaiheen tarvekartoituksen mukaan, mutta samoja paikkatietoaineistoja voidaan käyttää myös muihin analyyseihin.

Paikkatietoaineistoja tilatessa ja tuottaessa kannattaakin miettiä, olisiko hyödyllistä kerralla tuottaa suoraa tarvetta yksityiskohtaisempia aineistoja. Näin aineistojen laaja-alaisempi käyttö on mahdollista. Tämänkaltaisessa tapauksessa voidaan puhua datan kiertotaloudesta.

Esimerkiksi katualueiden hulevesianalyysi voidaan todistetusti toteuttaa tämän oppaan muita aineistoja karkeammalta ilmalaserkeilausaineistolta. Karkea

aineisto ei kuitenkaan mahdollista esimerkiksi pihan painanteiden aiheuttamien lätäköiden muodostumisen analysointia.

Jos taloyhtiöllä olisi käytössä korkealaatuista paikkatietoaineistoa, voisi sen pohjalta tehdä myös vertailua odottamattomien muutosten tapahtuessa. Esimerkiksi rakennusten painuminen voidaan luotettavasti todeta oppaassa esitetyn aineiston pohjalta. Aineiston kuitenkin oltava olemassa. Lisäksi sen on oltava riittävän tarkkaa ja yksityiskohtaista.

## ANALYYSIEN VUOROVAIKUTTEISUUS

Tässä oppaassa esitellyt demot ovat käyttökelpoisia erillisinä esimerkkeinä. Lisäksi ne tukevat toisiaan. Analyysien välisiä riippuvuussuhteita voidaan tarkastella, sillä analyysit pohjautuvat samaan paikkatietoaineistoon.

Esimerkiksi muutostulkinnan tuloksista voidaan tunnistaa paikallinen maan painuminen. Tämän pohjalta voidaan tarkastella kyseisen kohdan hulevesianalyysin tuloksia. Vastaavasti eri vuodenaikoina kerätyt aineistot aiheuttavat erilaisen varjostuksen valaistussimulaatioissa. Erilaiset infrarakentamisen toimenpiteet voidaan sijoittaa virtuaalisesti malliin. Toimenpiteiden vaikutusta taas voidaan tarkastella valaistukseen ja hulevesien ohjautumiseen.

Ajatusketjua voi laajentaa pidemmällekin yhdistämällä aineistoja esimerkiksi rakennefysiikan malleihin. Näin voitaisiin tulevaisuudessa esimerkiksi arvioida erilaisten rakenteiden kulutuskestävyyttä tai energiatehokkuutta huomattavasti perinteisiä menetelmiä kattavammin. Kasvillisuuden osalta etenkin muutostulkinnan tuloksia voi hyödyntää hiilensidonnan arvioinnissa.

## SANASTO

**2D** = Kaksiulotteinen. Tarkoittaa esimerkiksi perinteistä tasomaista kartta-aineistoa.

**2.5D** = Kaksi- ja puoliulotteinen. Tarkoittaa kaksiulotteista aineistoa, jossa lisäksi jokaisella kohteella on korkeus.

**3D-aineisto** = Kolmiulotteinen aineisto. Tarkoittaa aineistoa, jossa jokaisella pisteellä on tiedossa sijainti kolmiulotteisessa koordinaatistossa.

**3D-mittaus** = Menetelmä, jolla tuotetaan kolmiulotteista aineistoa.

**3D-mallinnus** = Menetelmä, jolla muokataan tai luodaan kolmiulotteista aineistoa mallinnuksen keinoin. Esimerkiksi arkkitehdin laatimat 3D-havainnemallit, mutta myös 3D-mittauksilla tuotettujen aineistojen jatkojalostus.

**3D-paikkatieto** = Kolmiulotteinen paikkatieto. Yleensä tarkoitetaan käytännössä 3D-aineistoa, mutta erikoistapauksissa voidaan tarkoittaa myös esimerkiksi 2D-karttaa, jossa kolmantena ulottuvuutena on vaikkapa väestötiheys kussakin pisteessä.

**Drone** = Miehittämätön ilma-alus tai miehittämätön ilma-alusjärjestelmä.

**E57** = 3D-aineiston tiedostoformaatti. Käytetään etenkin pistepilvimuotoisen aineiston tallentamiseen.

**FBX** = 3D-aineiston tiedostoformaatti. Monipuolisesti pelimoottorien ja arkkitehtien suosimien ohjelmistojen tukema erityisesti pintamallimuotoisen aineiston tallentamiseen soveltuva.

**Georeferointi** = Menetelmä, jolla 3D-aineisto kiinnitetään haluttuun kartastokoordinaatistoon.

**GIS** = Geographic information system. Paikkatiedon analysoimiseen ja visualisointiin soveltuva tietojärjestelmä. Joskus myös Geographic Information Science, jolloin viitataan tieteenalaan, jossa käsitellään paikkatietoa.

**GNSS** = Global navigation satellite system. Satelliittipaikannusjärjestelmä. Usein puhutaan GPS:sta, mutta se ei ole ainut järjestelmä. Paikkatietoalalla käytetään usein samanaikaisesti useita järjestelmiä ja myös esimerkiksi älypuhelimissa on enenevässä määrin tuki muillekin järjestelmille kuin GPS:lle.

**LAS** = 3D-aineiston tiedostoformaatti. Käytetään etenkin pistepilvimuotoisen aineiston tallentamiseen.

**Liitännäinen = Plugin**. Ohjelmistoon asennettava lisäosa, jonka avulla saadaan laajennettua ohjelmiston toiminnallisuutta.

**OBJ** = 3D-aineiston tiedostoformaatti. Monipuolisesti tuettu erityisesti pintamallimuotoisen aineiston tallentamiseen soveltuva. Voidaan pitää yleisformaattina, kun halutaan varmistaa laaja yhteensopivuus.

**Pelimoottori** = Ensisijaisesti pelien rakentamiseen kehitetty alusta, jolla voidaan luoda virtuaalisia maailmoja. Pelimoottorien avaus laajemmalle yleisölle on mahdollistanut paikkatiedon visualisoinnin niitä käyttäen. Aiemmin pelitalot pitivät pelimoottorit suljettuina.

**Pistepilvi** = Kolmiulotteista paikkatietoa, jossa jokaisella pisteellä on 3D-koordinaatti ja mahdollisista esimerkiksi väri, mutta ei tietoa, miten ne muodostavat esimerkiksi pintoja. Voidaan jatkojalostaa pintamalliksi.

**PVGIS** = PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Ilmainen ja avoin aurinkoenergiapotentiaalin arviointiin käytettävä palvelu.

**TLS** = Terrestrial laser scanning. Maalaserkeilaus. Menetelmä, jossa hyödynnetään tunnettua valonnopeutta mittaamaan etäisyyksiä kohteeseen maanpinnan lähettyvillä erityistä maalaserkeilainta käyttäen. Laserkeilain tuottaa ympäristöstä 3D-pistepilven.

**Tähys** = Paikkatietoalalla kenttätöissä käytetty yksiselitteisesti tunnistettava kohde, joka voidaan viedä mitattavan kohteen läheisyyteen ja havaita mittausvälineistöllä. Tähyksiä hyödynnetään aineistojen yhdistämiseen.

**UAV** = Miehittämätön ilma-alus.

**Unity** = Pelimoottori, joka on avattu laajemman yleisön käyttöön.

**Unreal Engine** = Pelimoottori, joka on avattu laajemman yleisön käyttöön.

## MITTAUKSISSA MUKANA OLLEET TALOYHTIÖT


Asunto-osakeyhtiö Suurkartano, Malminkartano


M2-kodit, Latokaski

## KIITOKSET

Kiitämme **Matti Kurkelaa**, **Aino Keitaanniemeä**, **Hannu Handolinia (Aalto-yliopisto)** ja **Geotrim Oy:tä** avusta 3D-mittausaineistojen tuottamisessa ja aineistojen prosessoinnissa.

### TUTUSTU MYÖS SARJAN MUIHIN JULKAISUIHIN:

 **Asukkaista asiakkaiksi:**  
opas yrityksille palveluiden tuottamisesta taloyhtiöihin

 **Yhteiskäyttöä yhtiöön:**  
opas asukkaalle ja osakkaalle palvelun hankkimiseksi taloyhtiöön

## KUVAT

*Kuva 1 Aalto-yliopisto / Miikka Norola*

*Kuva 2 Aalto-yliopisto / Heikki Kauhanen*

*Kuva 3 Aalto-yliopisto / Kaisa Jaalama*

*Kuvat 4–5 Aalto-yliopisto / Toni Rantanen*

*Kuva 6 Aalto-yliopisto / Toni Rantanen (vas.), Geodrone Geotrim Oy (oik.)*

*Kuva 7 Wikipedia*

*Kuva 8 Aalto-yliopisto / Toni Rantanen*

*Kuvat 9–11 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh, muutostulkinta Osama Bin Shafaat*

*Kuva 12 Aalto-yliopisto / Miikka Norola*

*Kuvat 13–15 Aalto-yliopisto / Heikki Kauhanen*

*Kuva 16 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh*

*Kuva 17 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh, muutostulkinta Osama Bin Shafaat*

*Kuvat 18–19 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh*

*Kuva 20 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh, muutostulkinta Osama Bin Shafaat*

*Kuva 21 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh*

*Kuva 22 Aalto-yliopisto / Bai-Bai Bairoh, muutostulkinta Osama Bin Shafaat*

*Kuva 23 Aalto-yliopisto / Miikka Norola*

*Kuva 24 Aalto-yliopisto / Arttu Julin*

*Kuvat 25–27 Aalto-yliopisto / Miikka Norola*

*Kuva 28 Helsingin kaupunki / Aurinkoenergiapotentiaali*

*Kuvat 29–29b Euroopan komissio / Photovoltaic Geographical Information System*

*Kuva 30 Aalto-yliopisto / Heikki Kauhanen*

