

Niko Kärjä

Pistepilvien hyödyntäminen uudisrakennussuunnittelussa

Pistepilvien hyödyntäminen uudisrakennussuunnittelussa

Niko Kärjä
Opinnäytetyö
Lukukausi vuosi: Kevät 2018
Rakennusarkkitehti (AMK)
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto, rakennusarkkitehti (AMK)

Tekijä: Niko Kärjä

Opinnäytetyön nimi: Pistepilvien hyödyntäminen uudisrakennussuunnittelussa

Työn ohjaaja: Kimmo Illikainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 42

Pistepilvi on kolmiulotteista mittaustietoa, jota voidaan tuottaa laserkeilausmenetelmällä. Yksittäinen keilaus pystyy tuottamaan hetkessä miljoonia mittauspisteitä, jolloin voidaan saavuttaa todellisuuden toisinto digitaalisesti. Mittaustekniikasta ja käsittelystä riippuen mittausta voi olla hyvinkin luotettava.

Pistepilviaineistoa onkin nykyään varsin kattavasti tarjolla, mutta niiden hyödyntämisestä on hyvin vähän tutkittua tietoa arkkitehtisuunnittelun kannalta. Siksi tässä opinnäytetyössä selvitetiinkin, miten pistepilviä voitaisiin hyödyntää arkkitehtisuunnittelun eri vaiheissa. Pääpaino asetettiin uudisrakennussuunnitteluun, jotta tutkimusongelma saatiin rajattu riittävän tehokkaasti. Tavoitteena oli, että tutkimustuloksia voitaisiin käyttää myös työelämässä.

Tutkimusmenetelmänä hyödynnettiin laadullista empiiristä tutkimusmenetelmää, jossa kerättiin sekä empiiristä eli kokemukseen perustuvaa havaintoaineistoa että alan kirjallisuuteen perustuvaa tutkimusaineistoa. Havaintoaineistosta tehtiin induktiivista päättelyä eli johtopäätöksiä siitä, miten empiiriset tutkimukset vastasivat tutkimusongelmaan.

Tutkimuksessa havaittiin, että pistepilviä voidaan hyödyntää uudisrakennussuunnittelussa varsinkin luonnosvaihesuunnitteluvaiheessa. Pistepilvillä saadaankin mitattua tietoa asioista, joita ei ennen pystytty mittaamaan saati mallintamaan tarkasti. Näitä ovat mm. puut ja moniulotteiset rakennusosat. Myös ympäristön mallintamiseen tekniikka antaa uudenlaista tarkkuutta.

Pääsuunnitteluvaiheessa pistepilviä voidaan kuitenkin hyödyntää lähinnä vain muun suunnittelun tukena. Ympäristömalleissa niiden tarkkuus ei riitä tarkempaan suunnitteluun ja rakennetuissa ympäristöissä pistepilvien hidas työstäminen vaikeuttaa niiden käyttöä. Tekniikka mahdollistaa kuitenkin yksityiskohtaisempien mallien rakentamisen ja toteutusvaiheen aikaiset tarkistusmittaukset laajoilta alueilta.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Bachelor of Architecture

Author: Niko Kärjä

Title of thesis: Utilizing Point Clouds in New Construction Architecture

Supervisor: Kimmo Illikainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 42

Point cloud is a three-dimensional measurement data that can be generated by a laser scanning method. A single scan can produce millions of points of measurement in seconds so that a reality can be reproduced digitally. Depending on the measurement technique and handling, the measurement can be very reliable.

Point Cloud data is now quite extensively available, but there is very little research about its use in architectural design. Therefore, this thesis explored how point clouds could be used in different phases of architectural design. The emphasis was placed on new building design so that the research problem was sufficiently limited. The aim of the thesis was that the research results could also be used at work.

The empirical research method was used in the thesis. For this purpose, empirical observation material and literature were collected. Inductive reasoning of how the empirical studies responded to the research problem was made from the observation material.

The study found that point clouds can be utilized in new building design, especially in the sketch design phase. Point clouds give measured data on matters which could not be measured before or modeled accurately. These include: trees and multi-dimensional building blocks. The point clouds also provide a new kind of precision for environmental models.

However, in the main design phase, point clouds can be utilized mainly as support only. In environmental models, their precision is not enough for more detailed design and the sluggishness of point clouds makes it more difficult to use them in built environments. However, technology allows for more detailed measurements during the implementation phase from large areas.

Keywords: point cloud, architecture, building, model

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
1 JOHDANTO.....	6
2 PISTEPILVITEKNIikka.....	7
2.1 Lasermittauksen kehitys.....	7
2.2 Laserkeilaustekniikka.....	8
2.3 Laserkeilauskalusto.....	8
2.3.1 Maastolaserkeilaustekniikka.....	9
2.3.2 Ilmalaserkeilaustekniikka.....	10
2.4 Mittatarkkuus.....	11
2.4.1 Ympäristömallinen mittatarkkuus.....	11
2.4.2 Kovien pintojen mittatarkkuus.....	11
2.4.3 Mallintamisen mittatarkkuus.....	11
2.5 Pistepilvimateriaalien formaatit ja ohjelmat.....	13
2.6 Pistepilviaineistot.....	16
3 PISTEPILVIEN KÄYTTÖ LUONNOSSUUNNITTELUVAIHEESSA.....	17
3.1 Lähtötilanteen mallintaminen.....	17
3.2 Rakennettu ympäristö.....	18
3.3 Ympäristön tutkiminen.....	20
3.3.1 Rannikkoalueet.....	22
3.3.2 Rinnetontit.....	24
3.4 Lisärakentaminen.....	28
4 PISTEPILVIEN KÄYTTÖ PÄÄSUUNNITTELUVAIHEESSA.....	31
4.1 Pihasuunnittelun tukena.....	31
4.2 Rakennettuun ympäristöön suunnittelu.....	33
4.3 Pistepilvien hyödyntäminen lisärakentamisessa.....	34
5 PISTEPILVIEN KÄYTTÖ TOTEUSVAIHEESSA.....	36
5.1 Laserkeilauksella lisäarvoa rakentamisen valvontaan.....	36
5.2 Muutosten dokumentointi.....	37
5.3 Rakennusmallien yhdistyminen kaupunkimalleihin.....	38
6 YHTEENVETO.....	39
LÄHTEET.....	40

1 JOHDANTO

Pistepilviaineiston yleistyminen on tuonut pääsuunnittelijoille uuden työkalun arkkitehtisuunnitteluun. Luonnosteluvaiheessa tontin korkeustiedot ovat perinteisesti käyneet ilmi kantakartoista, joissa suuri mittakaava on vähentänyt tietojen tarkkuutta. Lisäksi rakennetussa ympäristössä inventointimittaukset tehdään yleensä käsin, jolloin vaikeasti tavoiteltavat paikat ovat jääneet mittamatta. Pistepilvien avulla suunnittelija pystyykin nyt tutustumaan rakennuskohteeseen yksityiskohdaisemmin, sillä pistepilvet ovat rakennuksista ja ympäristöstä saatua kolmiulotteista mittatietoa.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten laserkeilaamisesta saatuja pistepilviä voidaan hyödyntää rakennussuunnittelussa, luonnossuunnitteluvaiheesta toteutussuunnitteluun. Pääpaino asetetaan uudisrakentamisen luonnossuunnitteluun, jotta tutkimusongelma saadaan rajattua riittävän tarkasti. Tavoitteena on, että tutkimustuloksia voitaisiin käyttää myös työelämässä.

Pistepilvitekniikka-osiossa perehdytään laserkeilaustekniikan historiaan ja mittauksissa käytettävään kalustoon. Lisäksi tutkitaan mittauksien mittatarkkuutta ja pistepilvien käsittelyssä käytettäviä ohjelmistoja. Toteutuksessa hyödynnetään alan kirjallisuuden ja havaintoaineistojen lisäksi pistepilvien hyödyntämiseen tarkoitettuja ohjelmistoja.

Pistepilvien käyttö luonnossuunnitteluvaiheessa- ja pääsuunnitteluvaiheessa-osiot sisältävät tutkimukset havainto- ja tutkimusaineistosta. Toteutuksessa hyödynnetään alan kirjallisuuden ja havaintoaineistojen lisäksi Archicad 21 -suunnitteluohjelmistoa.

Pistepilvien käyttö toteutusvaiheessa-osiossa käydään läpi, miten nykyään pistepilviä hyödynnetään rakennushankkeiden toteutusvaiheissa. Tutkimusaineistona hyödynnetään Rakennustieto Oy:n tietokantoja, Senaatti-kiinteistöjen julkaisemia ohjeita yleisistä tietomallivaatimuksista, alan kirjallisuutta ja internetjulkaisuja

2 PISTEPILVITEKNIikka

Luvussa 2 johdatellaan pistepilvitekniikkaan, johon perehdyttäessä hyödynnettiin Rakennustieto Oy:n tietokantoja, Senaatti-kiinteistöjen julkaisemia ohjeita yleisistä tietomallivaatimuksista, alan kirjallisuutta ja internetjulkaisuja. Empiirisenä havaintoaineistona käytettiin Arkkitehtitoimisto Jorma Paloranta Oy:n lähtötietoaineistoa, johon tätä opinnäytetyötä varten saatiin käyttöoikeus. Ne on tuotettu Kuopion ja Kirkkonummen kaupunkien toimesta. Lisäksi hyödynnettiin sekä Espoon ja Oulun kaupungin ilmaiseksi jakamia pistepilviä että EU:n rahoittaman ilmaisen DURAARK-tietokannan rakennusmalleja. DURAARK-tietokannan tehtävänä on tutkia rakennetun ympäristön säilyttämistä tietomallintamalla.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin laadullista empiiristä tutkimusmenetelmää, jossa kerättiin sekä empiiristä eli kokemukseen perustuvaa havaintoaineistoa että alan kirjallisuuteen perustuvaa tutkimusaineistoa. Havaintoaineistosta tehtiin induktiivista päättelyä eli johtopäätöksiä siitä, miten empiiriset tutkimukset vastasivat tutkimusongelmaan.

Pistepilvien esikäsittelyssä hyödynnettiin Autodesk Civil 3D 2018-, ReCap- ja CloudCompare-ohjelmistoja. Arkkitehtisuunnitteluohjelmanä käytettiin ArchiCAD 21 -ohjelmistoa.

2.1 Lasermittauksen kehitys

Laser keksittiin 1950-luvun loppupuolella, ja jo 1960-luvun alussa Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruusviranomaiset (NASA) hyödynsivät sitä kuun etäisyysmittauksiin. 1970-luvulla NASA kehitti merentutkimuksiin lentokonemittausmenetelmän, jota myöhemmin testattiin myös maanpinnan mittauksiin. Sillä voitiin helposti tehdä laserpoikkileikkauksia ja maaston profilointia. (3, s.36.)

Tästä Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruusviranomaiset (NASA) kehittivät laserkeilaimen, jota hyödynnettiin pitkään sotilaskäytössä. Esimerkiksi Ruotsissa sellainen oli käytössä jo 1990-luvun alussa. Ensimmäinen siviiliversio kehiteltiin Stuttgartin yliopistossa. Sillä pystyttiin tehdä ilmakuvausta ja laseretäisyysmittauksia. Sen kaupallinen versio tuli myyntiin 1994. (3, s.10.)

Nykyisin laserkeilauksia voidaan tehdä sekä maanpinnalta että lentokoneesta käsin. Miehittämättömät lentokoneet ja kopterit ovatkin helpottaneet laserkeilauksen yleistymistä kustannustehokkuudellaan. (3, s.36.)

2.2 Laserkeilaustekniikka

Laserkeilauksen kehittymisen ja yleistymisen mahdollisti Yhdysvaltain viranomaisten satelliittipaikannusjärjestelmien (GPS) avautuminen julkiseen käyttöön. Lisäksi sen yleistymistä auttoivat lentokoneinertiajärjestelmien, keilaustaajuuksien ja lasertekniikan kehitys. (3, s.11; 12.)

Laserkeilauksessa laite lähettää laserpulssin kohteeseen, josta se heijastuu takaisin laitteeseen. Kun laitteen sijainti on määritetty joko satelliittipaikannusjärjestelmällä tai kiintopisteistä mittamalla, voidaan laskea matkaan käytetty aika ja saada sen perusteella etäisyys mittauspisteeseen halutussa koordinaatistossa. Lopputulos voidaan muuntaa x-y- ja z-koordinaateiksi. (3, s.11; 12.)

Pistepilveen on mahdollista yhdistää myös 360 asteen värivalokuva, josta mittauspisteisiin voidaan siirtää RGB-lukuina väritietoa. Yksittäisen mittauksen tuottamassa pistepilvessä on tavallisesti miljoonia pisteitä, joten pistejoukosta on mahdollista luoda kolmiulotteinen toisinto ympäristöstä. (1.)

2.3 Laserkeilauskalusto

Laserkeilausta on nykyään mahdollista tehdä monin eri tavoin. Kaupunkien ja puuston kuvaamiseen käytetään yleensä lentokonetta tai helikopteria. Myös radio-ohjattavat pienoishelikopterit ja lentokoneet ovat nykyään yleistymässä. Ympäristöä on myös mahdollista skannata maasta käsin autolla, mönkijällä tai käsikäyttöisillä laitteilla. (2, s.24; 3, s.36.)

Parhaimpaan tulokseen päädytään, kun käytetään molempia tekniikoita. Näin vältetään isoimmilta katvealueilta. Kaupunkien tarjoama pistepilvimateriaali on vielä kuitenkin tehty ilmasta käsin. (3, s.30; 2, s.24.)

2.3.1 Maastolaserkeilaustekniikka

Maastolaserkeilaimella tarkoitetaan yleensä kolmijalalle sijoitettua laserkeilainta (kuva 1). Ne voidaan jakaa tekniikaltaan kahteen luokkaan. Pulssilaserkeilain on hyvä suurien alueiden mittaamiseen ja vaihe-erokeilan, joka mittaa pulssien vaihe-eroa, on hyvä yksityiskohtaisempiin mittauksiin. (3, s. 30.)



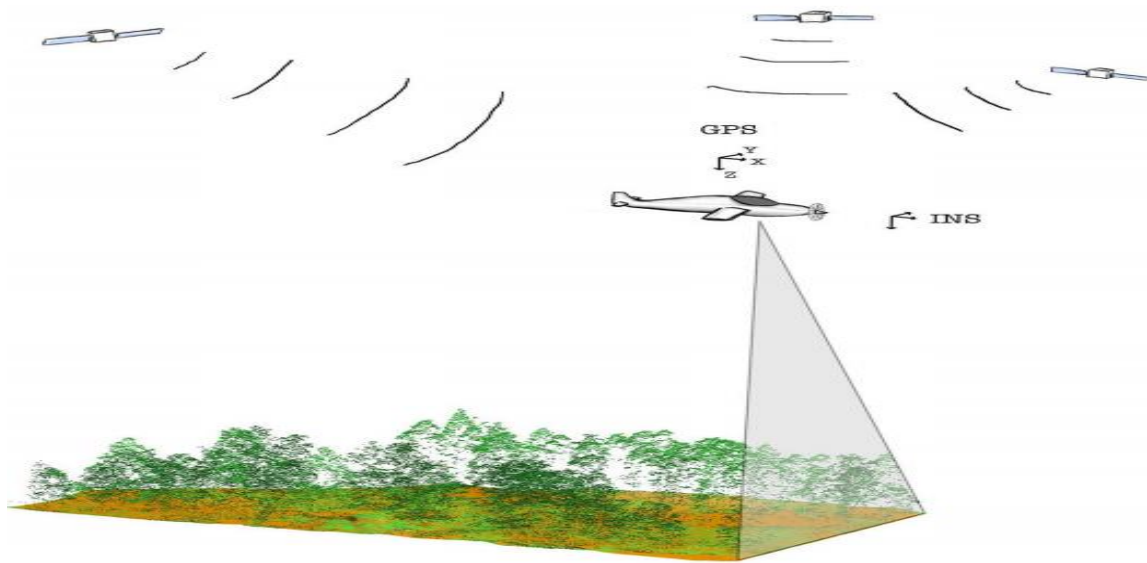
KUVA 1. Rakennuksen laserkeilaus

Maastolaserkeilaimen etu on siinä, että sillä voi tuottaa nopeasti tarkan 360 asteen pistepilven aina 120 metriin asti. Se kuitenkin jättää katvealueen kiinteiden pintojen taakse ja ylhäältä rajautuviin paikkoihin. Se ei myöskään voi ottaa mittauksia kotelosta. (3, s.30; 4, s.15.)

Kun laserkeilain liitetään autoon, mönkijään tai reppuun, voidaan suureltakin alueelta saada tehokkaasti kattava pistepilvi. Laadukkaaseen pistepilven yhdistetään kuitenkin vielä ilmasta tehty ai-neisto, jotta mahdolliset katvealueet saadaan poistettua. Haasteena maastossa tehtävissä mittauksissa on kuitenkin keilaimen sijainnin paikannus metsässä. (2, s.17; 3, s.30–31.)

2.3.2 Ilmalaserkeilaustekniikka

Ilmakuvaus voidaan toteuttaa lentokoneella tai helikopterilla jopa useiden kilometrien korkeudelta suurelta alueelta (kuva 2). Pienissä kohteissa ilmakuvaus voidaan toteuttaa radio-ohjattavilla pienoiskoptereilla ja lennokeilla. Niiden etuina ovat kustannustehokkuus ja liikuteltavuus. (3, s. 14; 36.)



KUVA 2. Lento-/ilmalaserkeilauksen periaate (3)

Ilmakuvausssä käytetään pulssilasereita, jotka keilaustekniikasta riippuen tuottavat erilaisen pistepilvikuvion. Rakentamiseen parhaiten soveltuva on kartiokeilaustekniikka, joka tuottaa ellipsimäisen kuvion kohteesta. Siinä saadaan tästä johtuen eniten reuna osumia rakennuksista ja puista. Lisäksi sen etuna on, että se on sekä eteen- että taaksepäin katsottava, joten katvealue on pienempi. (3, s. 16.)

Ilmakuvausssä haasteena on tarkan sijainnin saaminen, jotta pistepilvi saadaan kohdistettua oikein. Tällä hetkellä yleisin käytössä oleva paikannusjärjestelmä on Yhdysvaltojen puolustushallinnon GPS-satelliittipaikannusjärjestelmä. Myös kilpailevia järjestelmiä on, mutta ne eivät ole vielä yhtä kattavia. (3,s.16.)

2.4 Mittatarkkuus

2.4.1 Ympäristömallinen mittatarkkuus

Maastosta tehtävissä mittauksissa tarkkuuteen vaikuttavat sekä kasvillisuuden ja puuston tiheys että maaston muodot. Mittauksen ajankohta vaikuttaa huomattavasti mittauksen laatuun. Talvessa lehtimetsässä läpäisyprosentti on jopa 70 %, kun taas kesällä se on vain 20–40 %. Tämän johdosta satunnaista mittavirhettä lehtimetsissä voi olla jopa 50 cm. Havumetsässä laserkeilauksen läpäisyprosentti on 20–50 % ympäri vuoden. Satunnaisessa mittavirheessä päästään alle 20 cm:n tarkkuuteen. Jyrkät rinteet tuovat myös virhettä. (3,s. 14; 23; 25.)

Lisää virhettä muodostuu myös mittauksen lentokorkeudesta. Mittatarkkuus paljaalle maapinnalle Leica ALS-50 II:lla, 500 m:n korkeudella, on z-akselilla 6 cm sekä x- ja y-akseleilla 7 cm. 6 km:n korkeudessa tarkkuus pienenee z-akselilla 64 cm:iin sekä x- ja y-akseleilla 23 cm:iin. Samalla kuitenkin mitattavan alueen koko kasvaa. (3, s. 18.)

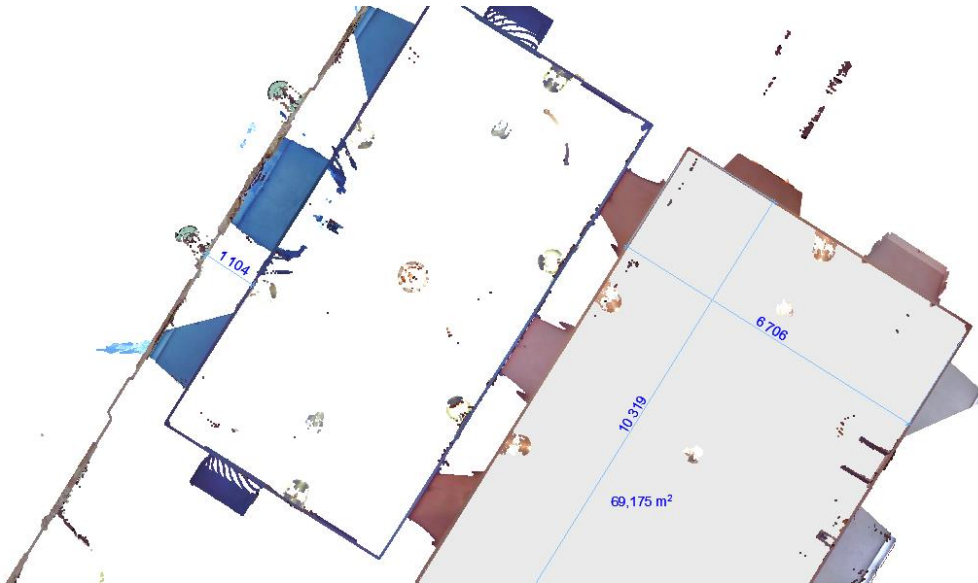
2.4.2 Kovien pintojen mittatarkkuus

Nykyisin laserkeilaimia on myös mahdollista käyttää turvallisesti jopa julkisilla paikoilla, minkä vuoksi hankalasti saavutettavat paikat ovat nyt mitattavissa. Tarkkuus laitteissa vaihtelee, mutta maasta käsin tapahtuvan laserkeilauksen tarkkuus on noin ± 2 mm suuntaansa kovilla pinnoilla. Heijastavista materiaaleista ja pinnoista voi tulla vääristymiä. (1; 4, s.15.)

2.4.3 Mallintamisen mittatarkkuus

Yleiset tietomallivaatimukset mahdollistavat inventoitavien rakennuskohteiden tietomallin rakentamisen pistepilvien avulla. Mallinnus tehdään inventointimalleissa vaaka- ja pystysuuntaisten leikkauksien avulla. (8, s.10; 9, s.10.)

Kuvassa 3 on tehty tasoleikkaus DURAARK-tietokannan pistepilvestä, jossa tutkittiin tietomallintamista pistepilven päälle. Tutkimuksessa tämän havaittiin olevan hyvin aikaa vievää, koska pistepilvien käsittely on tietoteknisesti raskasta ja hidasta.



KUVA 3. Pistepilvi DURAARK-tietokannasta

Lisäksi vanhojen rakennusten mallintamisen huomattiin vaativan useita leikkauskuvia, mikäli halutaan saavuttaa yleisissä tietomallivaatimuksissa esitetty lähtötietojentietomallinnustasoon 3. Pääsuunnittelijalla on kuitenkin yleensä parhaat lähtötiedot käytettävissään, joten hänen kannattaa tästäkin huolimatta tehdä inventointimalli kuitenkin itse. (8; s.16; 9, s.7.)

Perinteistä inventointia eli tarkistusmittausta ei voi kuitenkaan jättää tekemättä, koska mallintaminen itsessään tuottaa epätarkkuutta. Siksi on tärkeää, että pääsuunnittelija voi vertailla aineistoja keskenään. Mallinnusvirheitä voi tapahtua mallin siistimisestä johtuen, mallintajan tulkintojen takia tai pintojen virheiden takia. (19, s.13.)

Kuvassa 4 pistepilven kohinaksi mitattiin tutkimuksessa 12 mm ulkoseinäpinoille. Sisäseinäpintojen kanssa yhteiskohinaksi saadaan 24 mm. Esimerkki pistepilvi on DURAARK-tietokannasta. Lisäksi mittavirhettä voi tulla pistepilvien kohdistamisesta ja sijoittamisesta haluttuun koordinaatistoon. Poikkeamat ja niiden syyt on kirjattava tietomalliselostukseen. (9, s. 4-6; 8, s.24.)



KUVA 4. Pistepilvi DURAARK-tietokannasta

Yleisten tietomallivaatimusten mukainen laserkeilauksen mittatarkkuus on kohinalle enimmillään ± 10 mm ja pistetiheydelle 5 mm. Mittaus vaaditaan vain näkyville pinnoille. Inventointikuville kokonaistoleranssi on nurkkapisteiden osalta 10 mm, pinnoilta kuten seinät ja lattiat 25 mm ja vanhoilta epäsäännöllisiltä rakenteilta kuten vesikatto 50 mm. Mallinnustarkkuus jaetaan kolmeen tasoon. Taso 1 sisältää vain tilamallinnuksen, kun taas tasot 2 ja 3 sisältävät jo rakennusosamallinnuksia. Mallinnustarkkuus sovitaan kuitenkin projektikohtaisesti. (8, s.10;13.)

2.5 Pistepilvimateriaalien formaatit ja ohjelmat

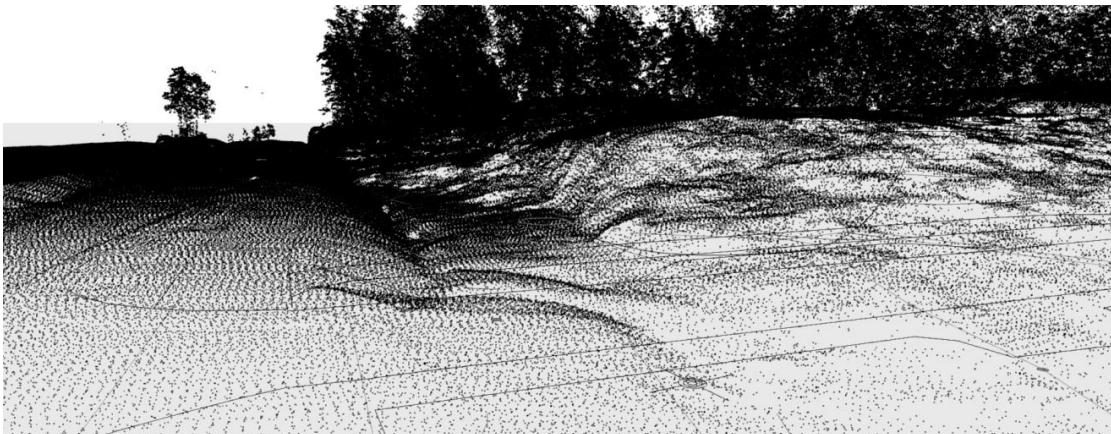
Tässä tutkimuksessa havaittiin, että laserkeilauksesta saatavat pistepilvet tallennetaan yleensä LAZ- tai LAS-tiedostoksi. Näitä tiedostomuotoja ei voi suoraan tuoda nykyisiin suunnitteluohjelmiin. Lisäksi tutkimuksen aikana tuli ilmi, että pistepilviaineistot ovat erittäin massiivisia ja raskaita. Niiden hyödyntämisen nähtiin myös kasvattavan tiedostokokoa paljon.

Archicad 21-ohjelmiston huomattiin hallitsevan natiivisti vain xyz- ja e57-formaatteja. Tutkimuksessa kuitenkin selvisi, että ohjelmistoon on mahdollista tuoda pistepilviä myös dwg- tai dxf-formaatissa. Revit-suunnitteluohjelman huomattiin käyttävän omaa pcg-tiedostomuotoa. Tätä varten ohjelmistovalmistaja tarjoaa ilmaisen muunto-ohjelman Autodesk ReCapin. (5.)

Pistepilvien työstettävyyteen havaittiin vaikuttavan myös origon sijainti. Kun dwg-kantakartta ja pistepilvi tuotiin Archicad 21 -ohjelmistossa objektimuodossa alkuperäiseen origoon, niin mallia oli tutkimuksessa helppo työstää. Kun aineistot tuotiin käsin projektin omaan origoon, kohdistaminen osoittautui liian mahdottomaksi.

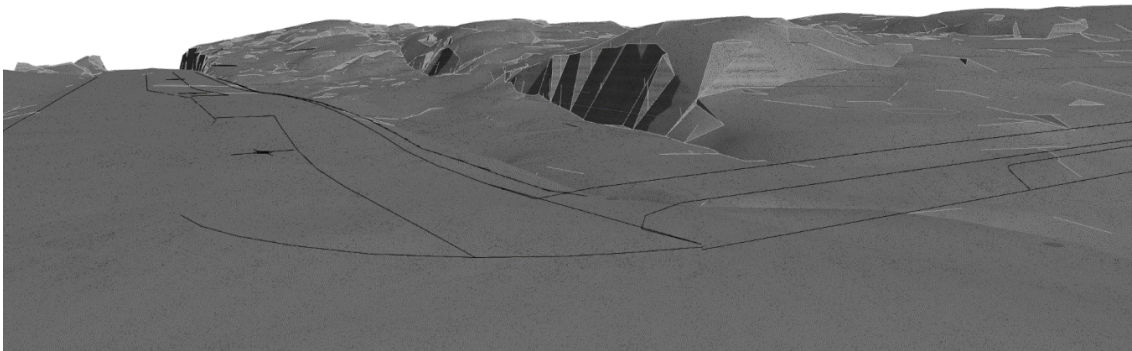
Tutkimuksessa ensisijaisesti hyödynnetty ohjelmisto oli avoimeen lähdekoodiin perustuva CloudCompare-ohjelmisto. Sillä aineistoa voidaan siistiä käsin sekä tallentaa pinnaksi. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että pistepilvet tarvitsevat muutakin esikäsittelyä ennen kuin niitä pystytään hyödyntämään. Ongelmalliseksi koettiin, että tutkimuksessa hyödynnetyllä ilmaisohjelmistolla voidaan siistiä vain yksittäisiä pisteitä pois. Tällöin kasvillisuutta ei kyetty rajaamaan pois, jotta maastoa olisi voitu tallentaa pinnaksi. Kyseisellä ohjelmistolla pistepilvi voidaan kuitenkin muuntaa haluttuun tiedostomuotoon, jolloin se saadaan auki suunnitteluohjelmistolla. (5.)

Kuvassa 5 on CloudCompare-ohjelmistolla tallennettu pistepilvi, johon on tuotu myös dwg-kantakartta. Kuvasta huomataan, että raakapistepilvestä on helppo tehdä visuaalista tarkastelua. Kantakartta auttaa samalla suunnistamisessa ja hahmottamisessa.



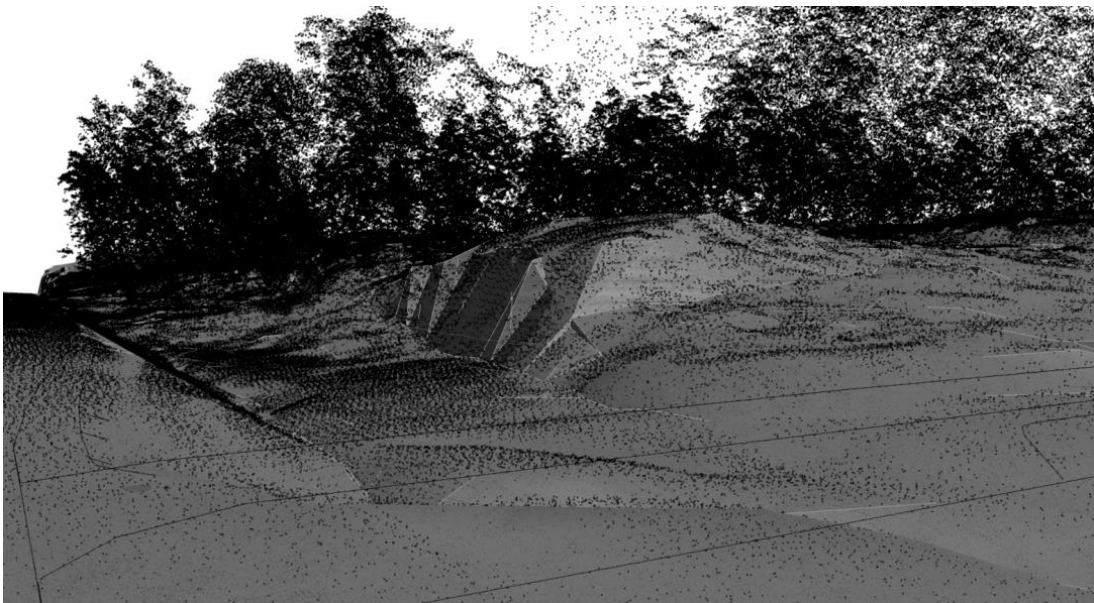
KUVA 5. Kirkkonummella tuotettu raakapistepilvi

Tutkimuksessa hyödynnettiin myös maksullista Autodesk Civil 3D -ohjelmistoa, minkä huomattiin pystyvän käsittelemään pistepilviaineistoa ja kääntämään sen IFC-formaattiin. IFC-formaatti on avoimen tiedonsiirron standardi, joka sisältää yhteiskäyttöisiä osia suunnitteluohjelmistojen alkuperäismallien tiedostoista. Kyseisellä ohjelmistolla on myös mahdollista karsia pistepilvestä kasvillisuutta ja puustoa automaattisesti. Sillä voidaan lisäksi tuottaa pistepilvistä sekä levymäistä pintaa että vähentää mallista ylimääräisiä pisteitä. Pisteiden ja kasvillisuuden poistamisen havaittiin kuitenkin tekevän mallista reikäisen (kuva 6). (7, s.9.)



KUVA 6. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty pintamalli

Vertailu käsittelemättömän ja käsitellyn aineiston välillä osoitti, että lähtötilanne muuttuu huomattavasti (kuva 7). Tämä otettiin pistepilvien hyödyntämisen tutkimuksissa huomioon ja siksi kasvillisuutta sisältävissä kohteissa hyödynnettiin esikäsittelemätöntä pistepilviaineistoa.



KUVA 7. Kirkkonummella tuotettu raakapistepilvi yhdistettynä pintamalliin

2.6 Pistepilviaineistot

Suomi on laserkeilaamisen edelläkävijämaita sekä pistepilvien tuottamisessa että hyödyntämisessä. Tutkimuksessa havaittiin, että pistepilviaineistoa on nykyään saatavilla varsin kattavasti. Kaupungit tarjoavat suunnittelun lähtöaineistoksi maastomalleja sekä värillisiä pistepilviä kaupunkien keskustoista (kuva 8). Tutkimusaineistona olleista, maastosta otetuista pistepilvistä lähes kaikki olivat puhdistamattomia. Myös maanmittauslaitos tarjoaa ilmaiseksi pistepilviaineistoa, minkä on määrä tulla kattamaan koko Suomen lähitulevaisuudessa. (3, s.5; 59.)



KUVA 8. Väripistepilvi Oulusta

Tutkimuksessa havaittiin lisäksi, että pistepilviä valmistavia yrityksiä on Suomessa jo runsaasti. Haasteena tosin on se, milloin laserkeilaus suoritetaan ja miten. Tilajilta voi myös puuttua teknii-
kan tuntemusta, jolloin lähtötietoja ei osata tilata tarpeeksi ajoissa. Pistepilvistä saadaan enemmän hyötyä mitä aikeisemmin aineisto on suunnittelijoiden käytettävissä. (19, s.7.)

3 PISTEPILVIEN KÄYTTÖ LUONNOSSUUNNITTELUVAIHEESSA

Luvussa 3 syvennyttään pistepilvien hyödyntämiseen luonnosteluvaiheessa, mikä on tärkeä työvaihe rakennusprojektissa. Siinä määritellään suurimmat linjaukset ja projektin kustannukset. Pääsuunnittelijan tehtävänä onkin tehdä tontinkäyttösuunnitelman ja miettiä rakennuksen tilaohjelmaa. Eri hankkeiden samankaltaiset tilaohjelmat voivat olla kustannuksiltaan erilaisia mm. tontista ja rakennusten massoittelusta johtuen. (6, s.1-3.)

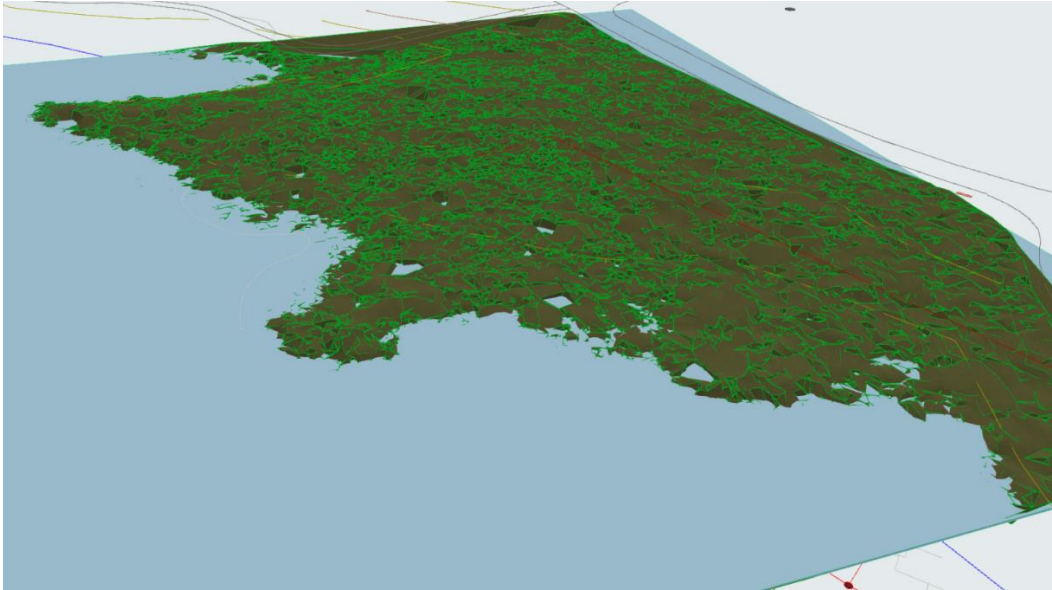
Tutkimusaineistot ja -menetelmät ovat luvussa 2 kuvatun mukaiset. Ohjelmistona hyödynnettiin ArchiCAD 21 -ohjelmistoa.

3.1 Lähtötilanteen mallintaminen

Yleisissä tietomallinnusohjeissa määritellään, että tontti täytyy mallintaa kolmiulotteisena pintamallina. Tontin mallinnus rajataan niin, että siitä selviävät juridisesti merkittävät pisteet ja sijainnit. Inventointimallinnus aloitetaan kantakartan mallintamisesta pintamalliksi ja täydennetään myöhemmin paikanpäällä tehdyillä mittauksilla. Karttojen tekotavasta ja niiden suuresta mittakaavasta johtuen paljon tietoa jää kuitenkin puuttumaan. Kohteessa käyntiä ei edellytetä vielä luonnossuunnitteluvaiheessa, joten sitä ei myöskään aina tehdä. Tällöin suunnittelija on muiden lähtötietojen varassa. (10; 8, s.7; 11, s.13–14.)

Puuston ja kasvillisuuden määrittäminen on myös haastavaa pelkästään ilmakuvien perusteella, koska niistä voidaan tehdä vain kaksiulotteista tarkastelua. Perinteisesti puuston ja kasvillisuuden tunnistus onkin tehty maastossa tehtyjen mittauksen perusteella. Tutkimuksessa havaittiin, että pistepilvistä saadaan helposti visuaalinen käsitys tontin topografiasta ja suunnittelutarpeista. (3, s.8.)

Kuvassa 9 on nähtävillä sekä pistepilvestä tuotettu pintamalli (vihreä osuus) että oletusarvoisen vedenpinnan päälle mallinnettu vedenpinnanmalli (sininen osuus). Vedenpinta mallinnettiin, jotta maanpintamalli saataisi paremmin korostettua. Kuvasta huomataankin, miten tarkasti tontin topografia piirtyy tietomalliin.

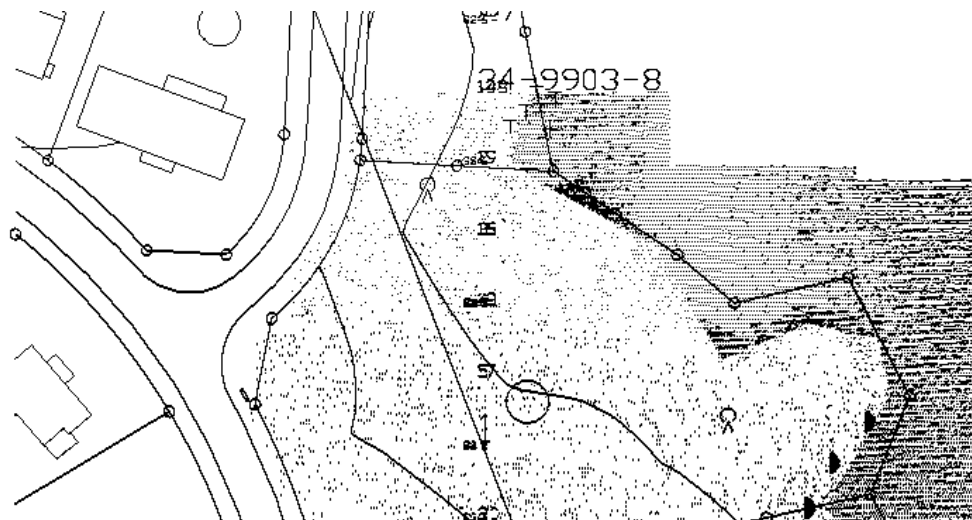


KUVA 9. Kuopiossa tuotetusta pistepilvestä tehty pintamalli

3.2 Rakennettu ympäristö

Suunniteltaessa rakennettuun ympäristöön on suositeltavaa tietää olemassa olevien rakennusten massoittelusta. Kantakartoissa on nähtävillä pelkästään rakennusten ulkoseinien mukainen pohja-projektio (kuva 10). Niitä myös päivitetään kunnasta riippuen joko jatkuvasti tai määräaikaaisesti. Siksi niistä ei aina selviä rakennetun ympäristön todellista tilannetta. Joissain kunnissa kantakartan päivitysväli voi olla jopa 5 vuotta. (8, s.7; 12, s.8-11.)

Kuvassa 10 nähdään, että kantakartoissa ei välttämättä aina ilmoiteta tienpinnan korkoja riittävällä tarkkuudella. Lisäksi rakennusten massoittelusta saadaan vain pelkistetty käsitys.



KUVA 10. Kuopiossa tuotettu dwg-kantakartta

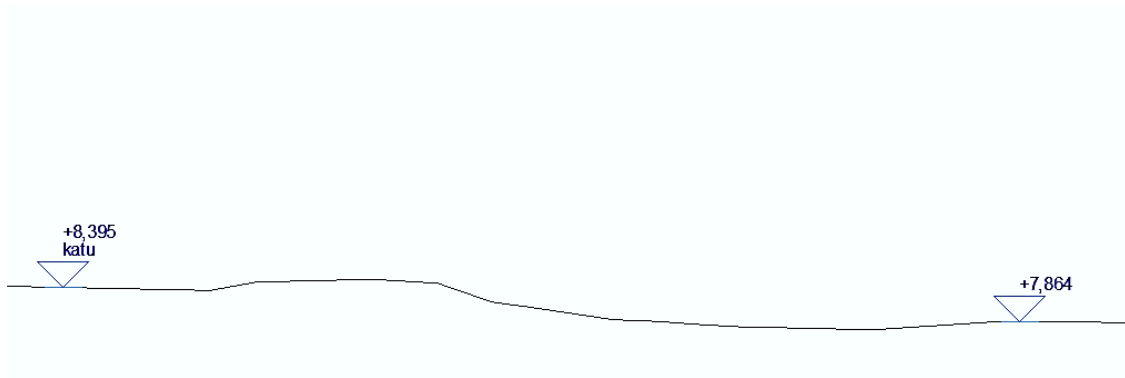
Havaintoaineistosta huomattiin lisäksi, että pistepilvestä voidaan ottaa tarvittava määrä mitta- ja korkotietoja viereisistä rakennuksista. Maasta käsin tehtävä laserkeilaus antaa jopa ± 2 mm mittatarkkuuden, joten sitä voidaan käyttää pääsuunnitteluvaiheessakin. Pelkästään ilmasta käsin tehdyissä pistepilveissä tosin havaittiin, että ne sisältävät paljon katvealueita ja vääristymiä. (1.)

Kuvassa 11 katvealueet on nähtävillä valkoisina alueina. Kuvasta nähdään myös, miten helposti pistepilvestä voidaan julkisivunäkymillä ottaa mittatietoa halutuista kohdista.



KUVA 11. Pistepilvi Oulusta

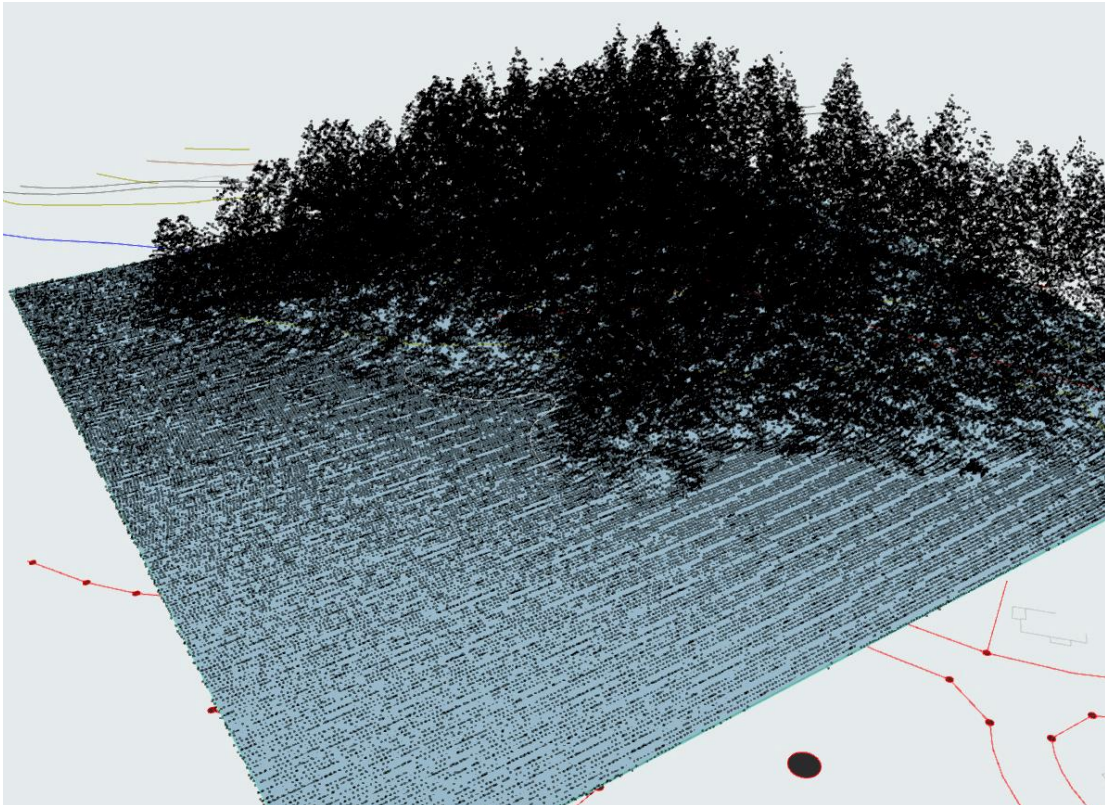
Pistepilviaineistosta voidaan myös havaita korkotietoja tienpinnasta. Kuvassa 12 otettiin Espoolaisen lähiön ympäristöstä alueleikkauksia tienpinnan kohdilta. Näistä nähtiin selvästi tienpinnan muodot ja tonttien rajautuminen katualueisiin. Mittaustuloksia voidaan myös pitää varsin luotettavina, koska pistepilviaineiston mittatarkkuus asfaltin tapaisilla kovilla pinnoilla on hyvä. Tämä on tärkeää luonnossuunnitteluvaiheessa, jossa tulee esittää tontin liittyminen katualueeseen. (1; 11, s.12.)



KUVA 12. Alueleikkaus Espoossa tuotetusta pistepilvestä

3.3 Ympäristön tutkiminen

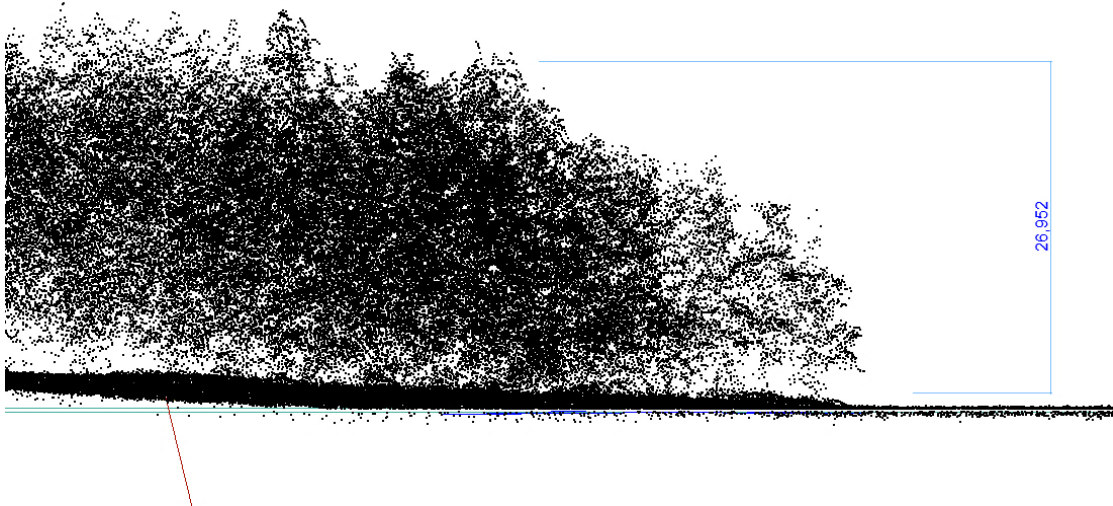
Tutkimuksessa tarkasteltiin myös mahdollisuutta saada pistepilviaineistosta tietoa sekä kasvillisuuden ja puuston esiintymistiheydestä että niiden korkeudesta. Puuston tiheyttä havainnoitiin sekä kolmiulotteisesti että tasoleikkauksien avulla (kuva 13). Kuvasta nähdään, että esimerkkikohteessa on runsaasti puustoa ja kasvillisuutta.



KUVA 13. Perspektiivikuva Kuopiossa tuotetusta pistepilvestä

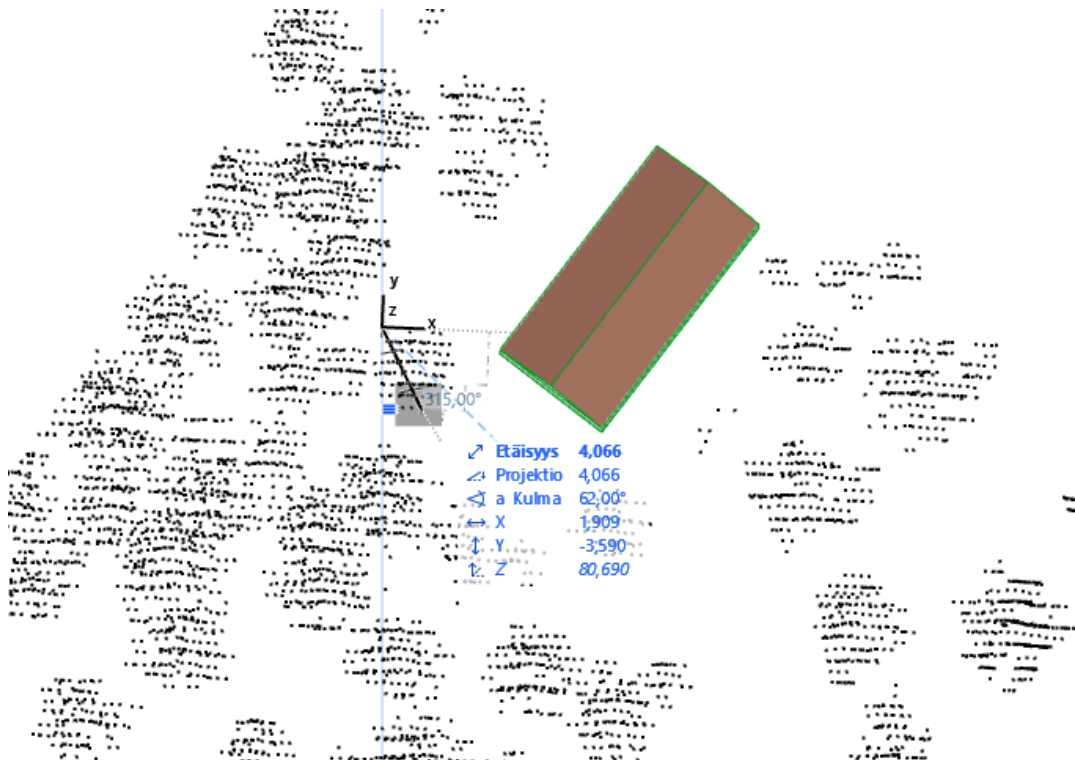
Puuston ja kasvillisuuden lajin tunnistuksessa pistepilvestä on vaihtelevasti hyötyä, koska aineiston tulkittavuus on rajallista. Tämä johtuu sekä pistepilviaineiston tarkkuudesta että laserkeilaamisesta syntyvistä vääristymistä ja virheistä. Pistepilvillä voidaan kuitenkin nähdä puuston ja kasvillisuuden kasvamista varsin tehokkaasti, mikäli mittauksia on tehty pitkällä aikavälillä useammin. (3, s.35; 41.)

Tutkimuksessa havaittiin, että puuston korkeutta ja leveyttä on mahdollista tutkia laserkeilausaineistosta. Kuvassa 14 nähdään, että puusta on mahdollista ottaa alueleikkauksien avulla mittatietoja. Tässä on mitattu puiden korkeuksia, mutta myös niiden leveyden selvittäminen on mahdollista.



KUVA 14. Alueleikkaus Kuopiossa tuotetusta pistepilvestä

Puiden leveyden selvittämisen huomattiin olevan eduksi tutkittaessa, miten lähelle puita voidaan suunnitella rakentamista. Kuvassa 15 otettiin leveysmittoja puiden oksista ja sijoitettiin rakennus saatujen mittojen mukaan. Puuston tutkimisessa parhaaksi tavaksi koettiin tasoleikkauskuvia ottaminen oksiston kohdalta, jolloin maasto rajautui kuvasta pois. Kasvillisuudesta voidaan halutesaan työstää myös 3D-malli (9, s.14).



KUVA 15. Tasoleikkaus Kuopiossa tuotetusta pistepilvestä

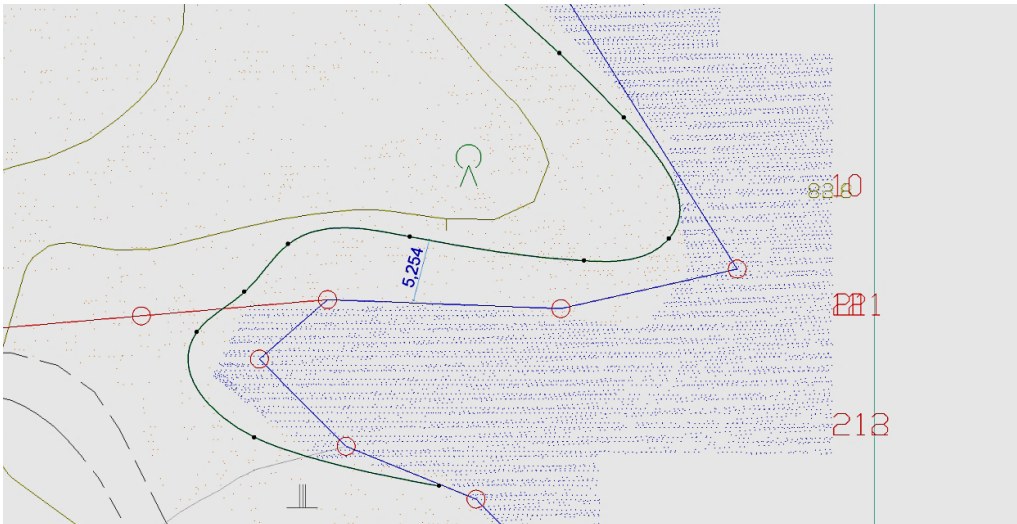
3.3.1 Rannikkoalueet

Kantakartan ilmoittamia korkeus- ja sijaintitietoja tutkittiin työssä vertailemalla niitä pistepilveen. Kantakartat tehdään ilmakuvista, jolloin kasvillisuus voi peittää todellisen tilanteen (kuva 16). Vertailemalla sekä ilmakuvaa että dwg-kantakarttaa pistepilviaineistoon havaittiin kantakartan noudattelevan ilmakuvan piirtämää rantaviivaa. (10.)



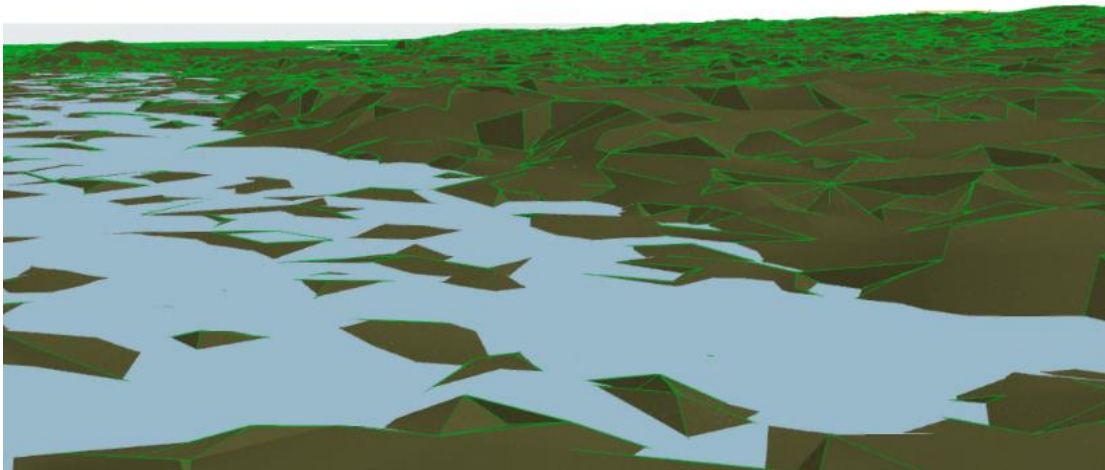
KUVA 16. Kuopiossa tuotettu Dwg-kantakartta ja ilmakeku yhdistettynä

Kun rantaviivan sijaintia tarkasteltiin pistepilviaineistosta, huomattiin sen piirtyvän välillä jopa yli 5 metriä sisämaahan päin (kuva 17). Tutkimuksessa pistepilven rantaviiva saatiin sijoittamalla tasoleikkaus vedenkorkeuden yläpintaan, jolloin maanpinta rajautui pois kuvasta ja rantaviiva voitiin piirtää tähän rajapintaan. Kuvassa kantakartan ilmoittamaa rantaviivaa on merkitty rasterina ja pistepilvestä piirrettyä rantaviivaa pallojanana.



KUVA 17. Kuopiossa tuotetun pistepilven ja kantakartan vertailu

Asemakaavassa ja rakennustapaohjeessa voidaan määrätä rantakallion ja ympäristön säilyttämisestä. Luonnosteluvaiheessa on siksi tärkeää, että päästään heti käsiksi maastomalliin, jossa voidaan määritellä säilytettävät alueet. Tutkimuksessa havaittiin, että pistepilvien avulla on mahdollista muodostaa ranta-alueista pintamalli, mikäli käytetään siihen soveltuvia ohjelmistoja (kuva 18). (20; 11, s.12.)

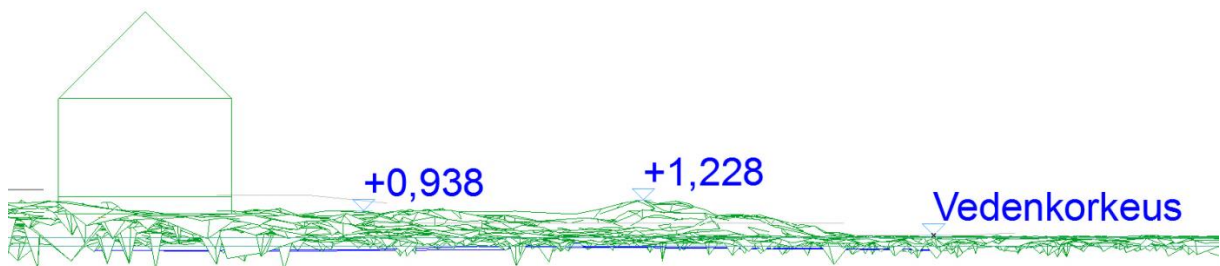


KUVA 18. Kuopiossa tuotetusta pistepilvestä tehty pintamalli

Tarkan pintamallin muodostaminen on myös tärkeää kohteissa, joissa noudatetaan yleisten tietomallivaatimusten ohjeistusta lähtötietojen mallintamisesta. Tästä voidaan tapauskohtaisesti myös sopia toisin. Tarkka pintamallinnus voi olla etuna myöhemmin, kun tontista tehdään pintavesi- ja pihasuunnitelmia. (8, s.9-10; 11, s.13.)

Vedenpinnankorkeuden selvittäminen on olennainen osa suunniteltaessa ranta-alueille, sillä rakennuksen sijainti riippuu yleensä siitä. Kuntien rakennusjärjestyksissä ilmoitetaan pääsääntöisesti, miten lähelle rakennuksen voi sijoittaa keskivedenkorkeuden mukaisesta rantaviivasta. Ympäristöhallinnon internetsivustoilla on nähtävillä kirjattuja havaintoja vesistöjen keskivedenkorkeuksista eri vuoden aikoina. Jos kirjattuja havaintoja ei ole, niin on tehtävä tarkastelua paikan päällä ja selvitettävä, missä vedenpinta on keskimääräisesti ollut. (13, s.8.)

Tutkimuksessa havaittiin, että pistepilvistä voidaan myös tarkastella keskivedenkorkeutta alue- ja tasoleikkauksilla (kuva 19). Jos muita havaintotietoja ei ole, tätä mittausta voidaan kuitenkin käyttää riittävällä tarkkuudella myös keskivedenkorkeutena. Täten saadaan yleensä keskivedenkorkeutta korkeampia tuloksia. (13, s.8.)



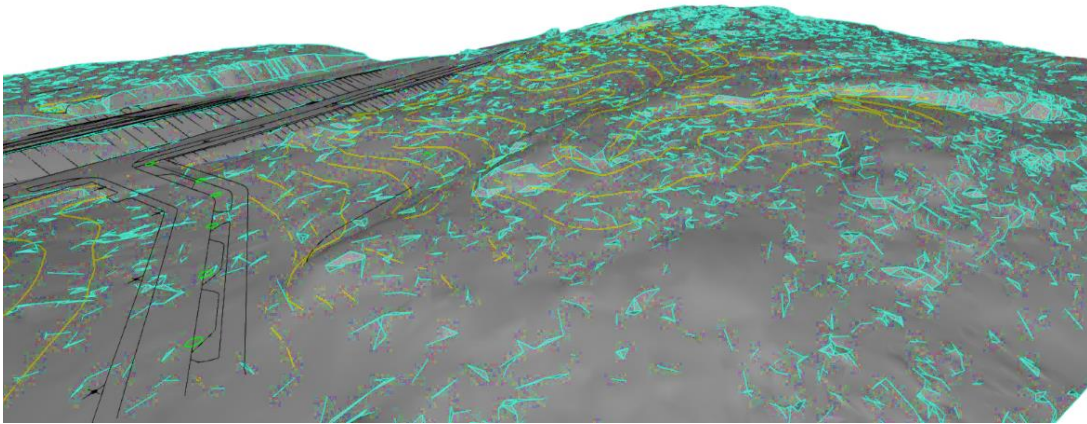
KUVA 19. Alueleikkaus Kuopiossa tuotetusta pistepilvestä

3.3.2 Rinnetontit

Rinnetonteista suunnittelijat ovat saattaneet mallintaa tontin ja rakennukset pienoismalleilla, mutta nykyään suuntaus on kohti tietomallintamista. Kantakartoissa korkotiedot ilmaistaan korkeuskäyrin ja korkopisteillä. Tutkimuksessa selvisi, että kantakarttojen suuret mittakaavat kuitenkin hukkaavat merkittävästi tietoa tontin profiilista. (10.)

Tontin pohjatutkimukset ja pintavaaitus tehdään yleensä vasta, kun rakennuksen sijoittuminen on saatu päätettyä. Tätä ennen suunnittelija joutuu turvautumaan muihin lähteisiin luonnossuunnitteluvaiheessa. Tutkimuksessa pistepilvi havaittiin hyväksi vaihtoehdoksi. Pistepilvestä voidaankin saada sekä maanpintamalleja että kasvillisuuden 3D-malleja. (14, s.2; 9, s.14.)

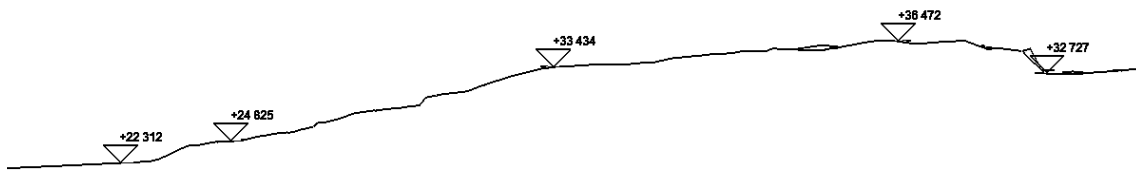
Kuvassa 20 on päällekkäin sekä dwg-kantakartta (keltaiset ja mustat viivat) että pistepilvestä tehty pintamalli (harmaa alue). Kuvasta huomataan, että kyseisessä kohteessa korkeuskäyrät noudattelevat kiitettävästi pintamallia. Pahimmat kumpareet jäävät kuitenkin piiloon kuvassa. Tällä voi olla merkitystä, kun mietitään rakennushankkeen esteettömyyttä (15, s.1-2).



KUVA 20. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty pintamalli

Tontilla käyminen on suositeltavaa ja se antaa suunnittelijalle todellisen käsityksen tontista. Tämä on tärkeää, koska asemakaavassa ja rakennustapaohjeessa voidaan myös määrätä, että ympäristöä ja kalliota täytyy säilyttää tietty osuus. Viimeistään suunnittelijan täytyy kuitenkin käydä rakennuspaikalla rakennushankkeen aloituskokouksessa, jossa kaikki osapuolet kokoontuvat ennen työmaan aloitusta. Siellä tutustutaan sekä rakennuksen korkeusasemaan että ympäristöön liittymiseen ja varmistetaan suunnittelijoiden perehtyminen kohteeseen. (20; 17, s.2.)

Pistepilviaineiston huomattiinkin tutkimuksessa olevan hyvä tapa tutusta haastaviin suunnittelukohteisiin jo varhaisessa vaiheessa. Tontin liittyminen ympäristöön onkin esitettävä jo tällöin. Tutkimusaineistona olleista pistepilvistä voitiinkin helposti selvittää kyseinen asia. Sekä kolmiulotteisessa että kaksiulotteisessa tarkastellussa tästä nähtiin olevan hyötyä. Kuvassa 21 nähdään, miten tarkasti tontin profiili saatiin tutkimuksessa näkyville. Myös korkeustietoja siitä saatiin helposti mitattua ja merkittyä. (11, s.12.)

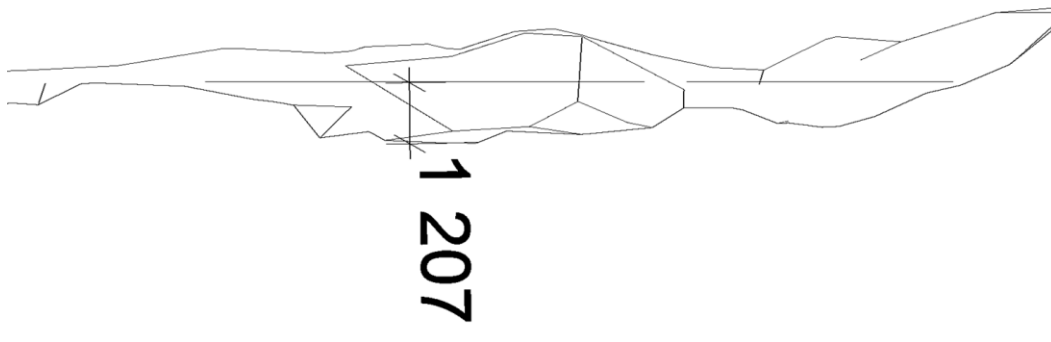


KUVA 21. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty alueleikkaus

Tutkimuksessa, pistepilviaineiston esikäsittelystä riippuen, pistepilvi voitiin nähdä suunnitteluohjelmassa, joko pintana tai mittapisteiden muodostamana joukkona. Pinnan eduksi havaittiin se, että siitä saatiin pohjakuvassakin korkotietoja. Sitä voitiin myös tarkastella kolmiulotteisesti huomattavasti paremmin, koska se oli saatu puhdistettu puista ja kasvillisuudesta. Puhdistamisen havaittiin kuitenkin tekevän mallista reikäisemmän ja epätarkemman.

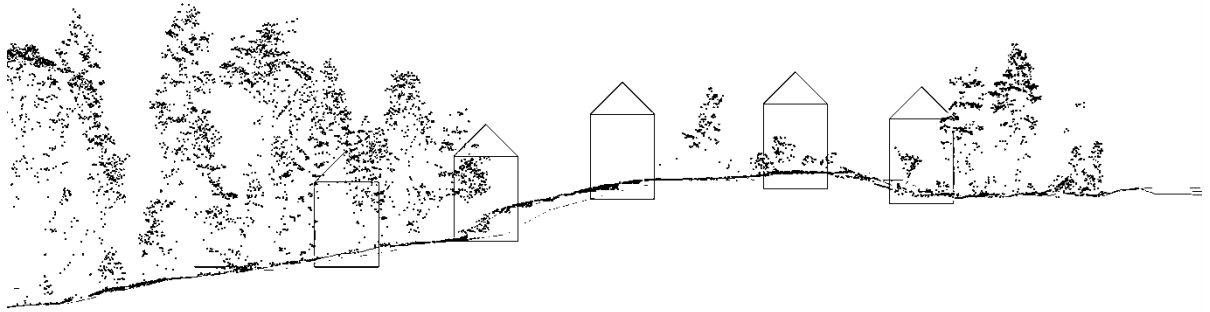
Raakapistepilveä ei käsitellyn pistepilven tavoin voitu työstää pohjanäkymässä, koska se nähtiin siinä vain epämääräisenä pistejoukkona. Tutkimuksessa sitä ei myöskään voitu työstää maastomalliksi muuten kuin tekemällä erillisen maastomallin pistepilven pohjalta. Tämän havaittiin olevan hidasta, koska maastomallia varten jouduttiin ottamaan paljon leikkauskuvia, missä korot säädettiin kohdilleen.

Tutkimuksessa molemmista lähestymistavoista koettiin olevan kuitenkin hyödyllistä tehdä alueleikkauksia. Kuvassa 22 nähdään, miten pistepilvimalli piirtää syvänteet ja kumpareet (epätasainen viiva) verrattuna kantakartan korkeuskäyrään (suora viiva).



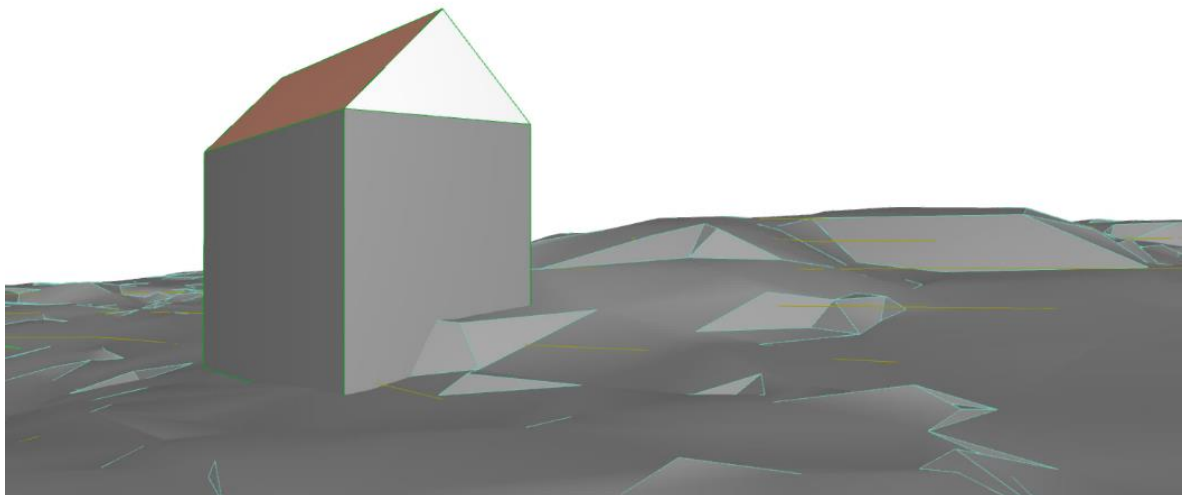
KUVA 22. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty alueleikkaus

Lisäksi kuvassa 23 nähdään, miten alueleikkauksilla saatiin tutkittua rakennusten massoitte-
lun helpottamista pistepilvimallilla. Tutkimuksessa rakennukset asetettiin paikalleen ensin pohjanäky-
mässä, minkä jälkeen niiden korkeusmaailmaa tutkittiin pintamallissa alueleikkauksilla. Raakapis-
tepilvestä tutkittiin myös, miten rakennusten korkeutta voitaisiin vertailla ympäröiviin puihin. Ku-
vasta huomataan myös, että puut piirtyvät erittäin tarkasti ja niitä on helppo vertailla rakennuksiin.



KUVA 23. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty alueleikkaus

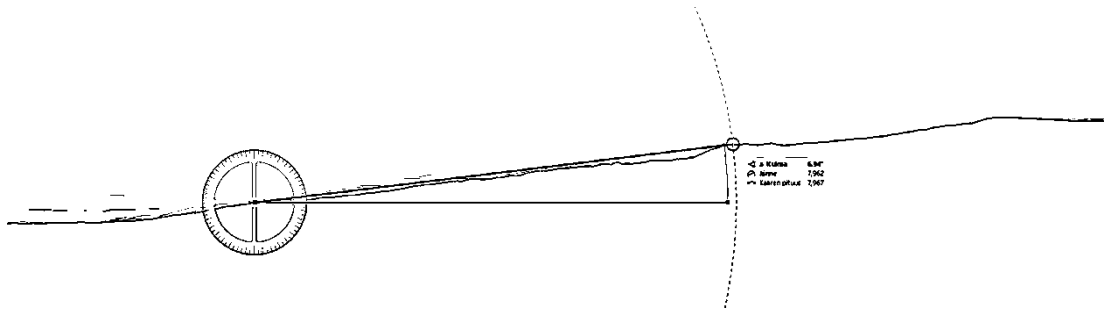
Kuvassa 24 nähdään myös, miten pintamallista saadaan tarkasteltua rakennuksen perspektiiviä ja
liittymistä ympäristöön. Tutkimuksessa tämän havaittiin helpottavan merkittävästi suunnittelutilan-
teen hahmottamista.



KUVA 24. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty pintamalli

Esteettömyyssuunnittelussa pistepilvistä voi olla hyötyä erityisesti kaltevuuksia tutkittaessa. Pihan pysäköintialueiden ja piha-alueiden täytyy olla esteettömiä, jolloin niiden on oltava pääsääntöisesti korkeintaan 1:20 kaltevia kulkusuuntaansa nähden ja 1:50 kaltevia sivuttaissuuntaisesti. Luiska-
tuilla alueilla sallitaan 1:12,5 kaltevuuksia kulkusuuntaan nähden. (15, s.1-2.)

Kuvassa 25 huomataan, että kallistuksia on helppo mitata pistepilvestä tehdyistä pystyleikkauksista. Tätä voidaan hyödyntää mm. esteettömyyssuunnittelussa.



KUVA 25. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty alueleikkaus

3.4 Lisärakentaminen

Lisärakentamisessa ja korjausrakentamisessa pistepilvi voidaan tilaajan toimesta tuottaa jo luonnosteluvaiheessa. Niistä voidaan myös tilata tietomallinnus, jolloin ongelmana tosin voivat olla mallien oikeellisuus ja vastuukysymykset. Tutkimuksessa huomattiin myös, että joidenkin kaupunkien keskustoista on saatavilla värillisiä pistepilvimalleja. Ne on otettu ulkoa joko lentokoneesta tai dronesta käsin. (18, s.20; 19, s.18.)

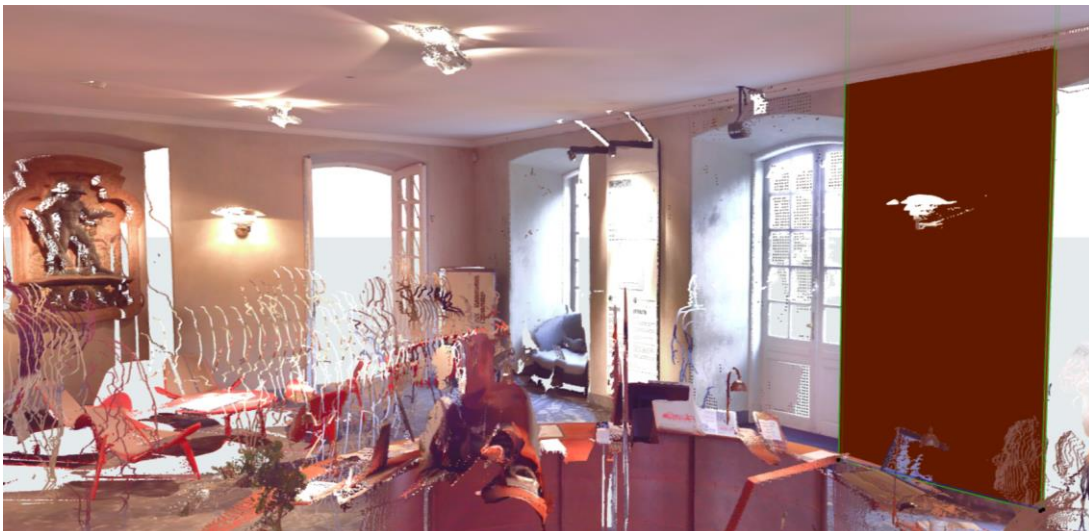
Tutkimuksessa hyödynnettiin sekä Oulun kaupungin ilmaiseksi tarjoamaa värillistä pistepilvimallia että DURAARK-tietokannan pistepilviä. Niistä tutkittiin, miten pistepilviä voitaisi hyödyntää apuvälineenä luonnossuunnitteluvaiheessa. Tutkimuksessa saatiin selville, että pistepilvien päälle on helppo massoitella yksinkertaisia massamalleja. Pistepilviä voidaan myös hyödyntää mallituksen lähtötietoina ja vertailumateriaalina. Myös tulkinnanvaraisuus vähenee, kun tieto voidaan perustaa mitattuun tietoon. (4, s.2;12.)

Kuvassa 26 mallinnettiin ensin pohjanäkymässä massamalli, minkä jälkeen se nostettiin pystynäkymässä oikeaan kohtaan. Kolmiulotteisen perspektiivinkuvan huomattiin antavan nopeasti kuvan uudisosan istuvuudesta. Massamalleja voidaan myöhemmin hyödyntää mm. vaihtoehtoisten tilaohjelmien esittelemisessä ja visualisoinnissa (4, s.9).



KUVA 26. Pistepilvi Oulusta

Tutkimuksessa tehtiin myös sisätilojen tarkastelua DURAARK-tietokannan pistepilvimalleihin. Kuvassa 27 mallinnettiin kuvassa oikealla näkyvä punainen seinä ensin pohjanäkymässä, minkä jälkeen sen korkeus säädettiin oikeaksi. Tämän havaittiin olevan erittäin nopea tapa tuottaa mittatarkkaa visualisointimateriaalia jo luonnossuunnitteluvaiheessa. Vaihtoehtoisesti joudutaan käymään paikanpäällä useammin ottamassa mittoja ja valokuvaamassa. (4, s.9;10;13.)



KUVA 27. Pistepilvi DURAARK-tietokannasta

Lisäksi tutkimuksessa huomattiin, että massamalleista voitiin samalla myös tutkia niistä syntyviä näkymiä ja maisemia. Tästä voi olla hyötyä, kun vertaillaan eri suunnitteluvaihtoehtoja. Kuvassa 28 tutkittiin näkymää Oulun kaupungin keskustassa sijaitsevan kerrostalon katolta. Siitä voitiin havaita, miten muiden rakennusten korkeudet vaikuttivat näkymään. Ympäristöä mallintamalla voidaan lisäksi tehdä auringonvalotarkastelua. Mitat voidaankin tällöin saada suoraan pistepilvestä.



KUVA 28. Pistepilvi Oulusta

Pistepilvimalleista on myös mahdollista tehdä alustavaa törmäystarkastelua ja tutkia monimuotoisten rakennusten geometriaa jo luonnosteluvaiheessa (kuva 29). Värillisistä pistepilvistä nähdään lisäksi kohteen ja rakennuksen värimaailmaa. Tutkimuksessa selvisi myös, että pistepilvimalleista on mahdollista tehdä leikkauskuvia, milloin niistä saadaankin tietoa kerros- ja huonekorkeuksista (kuva 29). (4, s.4;9;11;13.)



KUVA 29. Leikkauskuva pistepilvestä (2, s.13)

4 PISTEPILVIEN KÄYTTÖ PÄÄSUUNNITTELUVAIHEESSA

Luvussa 4 käydään läpi pistepilvien hyödyntämistä pääsuunnitteluvaiheessa, mikä on arkkitehtisuunnittelun kannalta tärkein työvaihe. Silloin työstetään rakennushankkeen lupakuva-aineisto eli juridisesti sitovat dokumentit. Pääsuunnitteluvaiheessa myös muut suunnittelijat astuvat viimeistään mukaan projektiin. (11, s.12.)

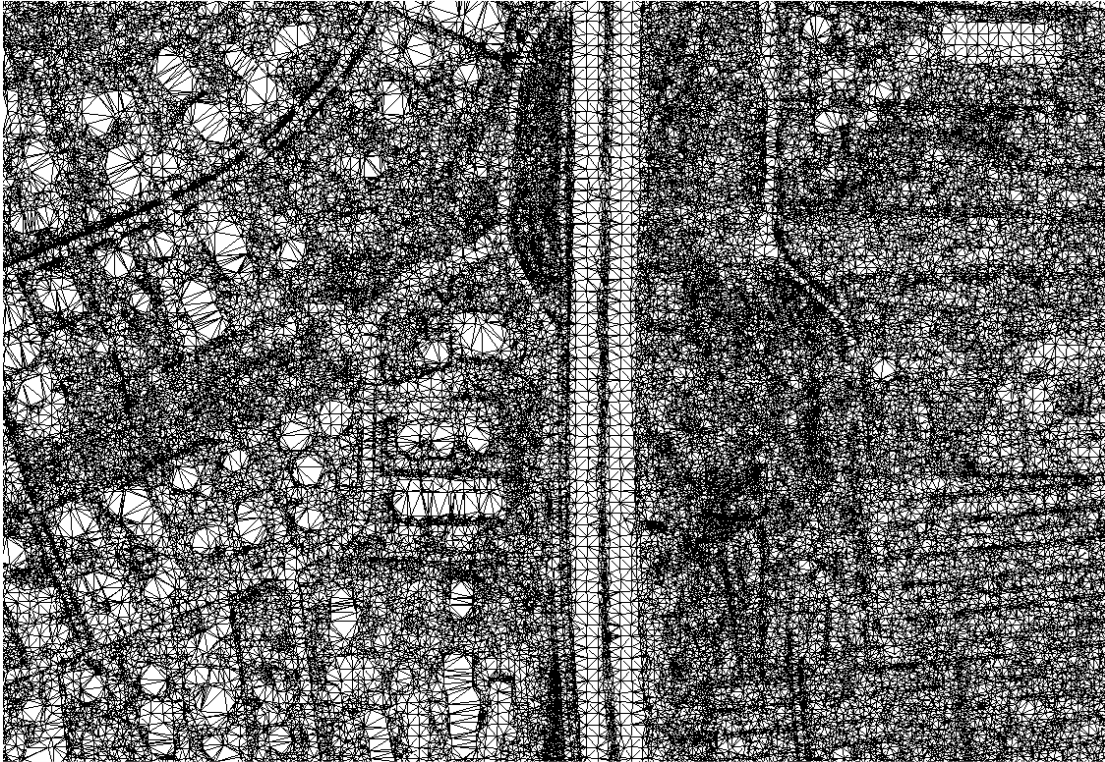
Tutkimusaineistot ja -menetelmät ovat luvussa 2 kuvatun mukaiset. Ohjelmistona hyödynnettiin ArchiCAD 21 -ohjelmistoa.

4.1 Pihasuunnittelun tukena

Pistepilviä voidaan käyttää mm. pihasuunnitteluun pääsuunnitteluvaiheessa, mikäli aineisto on tuotettu riittävän tarkasti. Yleiset tietomallivaatimukset antavat lähtötietojen mallintamiseen, pistepilvien osalta, 10 mm toleranssin. Tällöin aineistoa voidaan pitää vielä luotettavana. Pistepilvien tarkuus ei tosin yleensä riitä tähän, koska kasvillisuus ja muut vääristymät heikentävät tuloksia. (3,s. 14; 23–25; 30–32; 8, s.11.)

Tarkempaa tietoa saadaankin kuitenkin tontin pintavaaituksessa, jossa tontille merkitään tarkat korkeuspisteet merenpintaan nähden. Lisäksi merkitään lähiympäristön korkeuspisteitä, mikäli niitä on mahdollista mitata. Tien korkeuspisteet ovat yleensä tärkeimpiä niistä. Lisäksi saatetaan merkitä tontilla sijaitsevia puita ja rakennuksia. Naapurien puita ja rakennuksia ei välttämättä mitata paikalleen muuten kuin erityisissä hankkeissa. Tämä voi olla ongelmallista, kun pyritään sitomaan suunniteltava tontti osaksi lähiympäristöä. (14, s.2.)

Rakennushankkeessa tuleekin tehdä pintavesi- ja pihasuunnitelmat, jossa lähiympäristö täytyy ottaa huomioon. Pelkästään kaksikulotteisessa tarkastetussa voi olla vaikeaa nähdä, miten tontin pinnanmuodot menevät. Tutkimuksessa huomattiin, että pistepilvestä saadaankin visuaalinen mielikuva tontin topografiasta mm. tätä varten. Kuvassa 30 on Espoolaisen lähiön pistepilvi, josta voitiin tutkia rakennetun ympäristön pinnanmuotoja kolmiulotteisesti. (11, s.12.)



KUVA 30. Pistepilvi Espoosta.

Kolmiulotteisen tarkastelun lisäksi on hyvä hankkia mitattua tietoa leikkauskuvien avulla. Kuvassa 31 on tehty alueleikkaus rinnetontilla. Siitä nähdäänkin, miten pistepilvi helpottaa kokonaisuuksien hahmottamista. Tästä voi olla hyötyä pääsuunnitteluvaiheessakin.



KUVA 31. Kirkkonummella tuotetusta pistepilvestä tehty alueleikkaus

4.2 Rakennettuun ympäristöön suunnittelu

Pääsuunnitteluvaiheessa suunnitellaan rakennuksen lopulliset julkisivut. Pistepilvi tarkasteluissa huomattiinkin, että pistepilvistä nähdään viereisten rakennusten julkisivut hyvällä tarkkuudella. Rakennusosien detaljit ja värimaailmojen havaittiin tulevan pistepilvistä hyvin esille. Tutkimuksessa saatiinkin selville, että pistepilviä voidaan käyttää pääsuunnitteluvaiheessa aiheiden ja värien lainaamisessa. Pistepilvistä voidaan myös rakentaa suuria kokonaisuuksia ja aluemalleja. (11, s.13; 9, s.14–15.)

Rakennettuun ympäristöön suunniteltaessa on suositeltavaa tarkastella myös naapurirakennusten asemointia ja korkeutta. Tutkimuksessa huomattiin, että kaupunkien tarjoamista pistepilvistä nämä selviävät varsin kätevästi. Myöskin naapurirakennusten mallintaminen pistepilvien perusteella huomattiin helpommaksi. Tällä voi olla suunnitteluun suurestikin vaikutusta, kun tehdään näkymätarkasteluja. Kuvassa 32 on pystytty ottamaan tarkkoja ulkomittoja Oulun kaupungin tarjoamasta pistepilvestä. (8, s.7.)



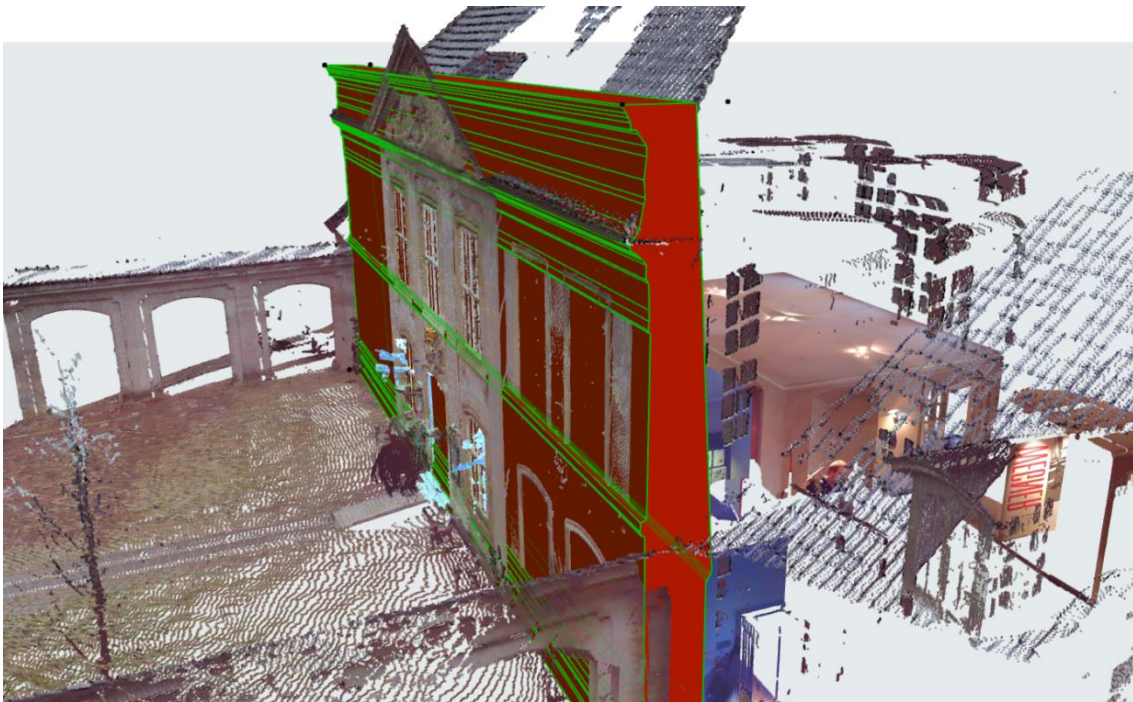
KUVA 32. Pistepilvi Oulusta

4.3 Pistepilvien hyödyntäminen lisärakentamisessa

Lisärakentamisessa pistepilvet mahdollistavat tarkempien inventointikuvien tekemisen, koska laserilla pystytään mittaamaan vaikeasti tavoiteltavissa olevat kohdat. Katvealueita laserilla ei kuitenkaan pysty mittaamaan, joten ne joudutaan tutkimaan muilla keinoin. (4, s. 15.)

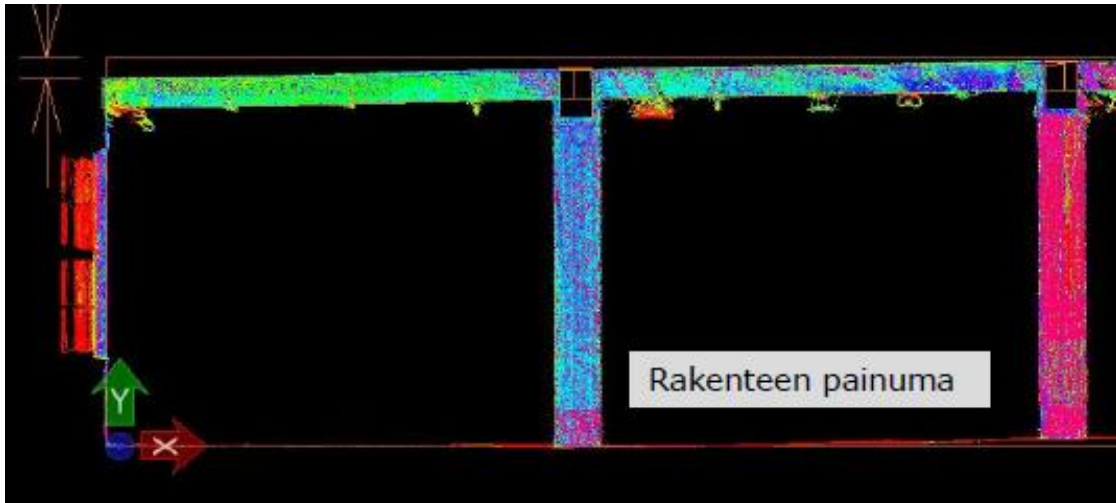
Tutkimuksessa huomattiin, että mallintaminen tuottaa aina hieman virhettä, koska tietomallit joudutaan tekemään käsin pistepilvistä otettujen tasopohjien ja leikkausten päälle. Tulinnanvaraisuutta ilmenee erityisesti monimuotoisissa pistepilvimalleissa. Virhettä syntyy myös heijastavista pinnoista ja pistepilvien kohdistamisesta. Korjaus- ja lisärakentamisessa on kuitenkin suuremmat toleranssit kuin uudisrakentamisessa. (9, s.5; 2, s.15; 8, s.13.)

Kuvassa 33 otettiin leikkauskuva pistepilvestä, minkä pohjalta työstettiin poikkileikkausprofiili seinärakenteesta. Seinä voitiin tämän jälkeen pursottaa oikeaan kohtaan pohjanäkymässä, missä pistepilvestä saatiin seinärakenteen sisä- ja ulkomitat. Tämän havaittiin olevan oiva tapa rakentaa kolmiulotteinen mallinnus. Tietoteknisesti pistepilvityöskentely tosin koettiin raskaaksi, koska mallin pyörittäminen oli erittäin hidasta.



KUVA 33. Pistepilvi DURAARK-tietokannasta

Pistepilvistä on myös mahdollista tehdä tarkistusmittauksia, mikäli epäillään rakennuksen vajoamista tai piirustusten vastaavuutta toteutuneeseen kohteeseen (kuva 34). Inventointikohteissa vanhojen piirustusten ja perinteisten tarkistusmittausten yhtäaikainen käyttö ei yleensä johda hyvään lopputulokseen. (19, s. 3;17.)



KUVA 34. Pistepilvistä voidaan nähdä rakennuksen painumat (19, s.17)

Pistepilviaineistosta on hyötyä lisäksi lisärakentamisen suunnittelussa erityisesti törmäystarkastelussa (kuva 35). Laserkeilaamalla voidaan mitata alakattojen yläpuolisia tiloja ja näin voidaan myöhemmin tarkastella, miten uudet suunnitelmat sopivat vanhoihin järjestelmiin. Arkkitehtisuunnittelijalle voi myös olla hyödyksi, että hän voi nähdä rakennuksen kolmiulotteisesti. Vaikeasti tulkittavissa piirustuksissa on hyödyllistä, että suunnittelija voi edes raakapistepilvestä tehdä törmäystarkastelua ja tarkastaa monimuotoisten tilojen geometriaa visuaalisesti. Muutoin hän voi joutua käymään useammin kohteessa tarkistamassa asian. Tämä on aina pois muusta suunnittelusta. (4, s.11–14.)



KUVA 35. Törmäystarkastelua (4, s.11)

5 PISTEPILVIEN KÄYTTÖ TOTEUSVAIHEESSA

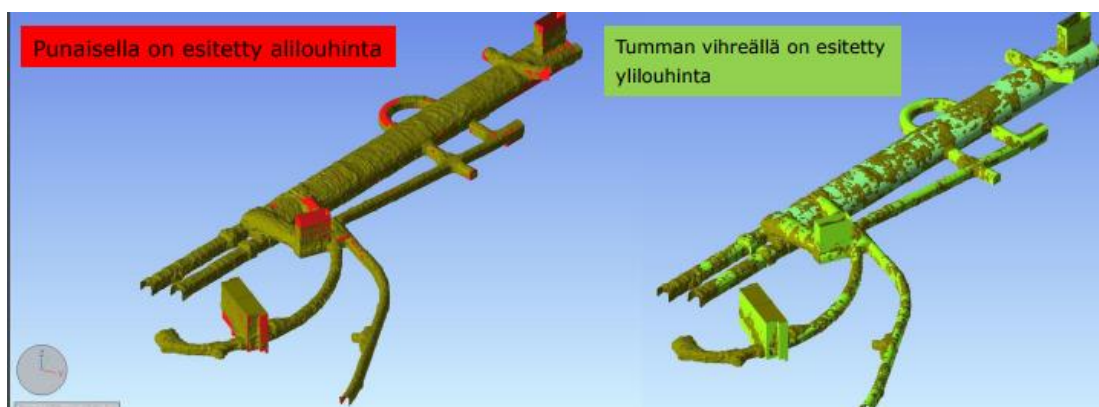
Luvussa 5 perehdytään siihen, miten pistepilviä hyödynnetään rakennushankkeiden toteutusvaiheissa. Kyseissä työvaiheissa suunnittelijan onkin huolehdittava, että työmaalla on käytettävissä kaikki tarvittavat dokumentit ja piirustukset rakennushankkeen läpiviemiseen. Lisäksi suunnittelijoiden tulee huolehtia suunnitelmien toteutumisesta työmaalla. (11, s.14.)

Tutkimusaineistona tässä luvussa hyödynnetään Rakennustieto Oy:n tietokantoja, Senaatti-kiinteistöjen julkaisemia ohjeita yleisistä tietomallivaatimuksista, alan kirjallisuutta ja internetjulkaisuja.

5.1 Laserkeilauksella lisäarvoa rakentamisen valvontaan

Rakennustöiden aikainen laserkeilaus antaa kohteesta ns. as-built -tietoa. Tätä voidaan myöhemmin hyödyntää esimerkiksi korjaus- ja lisärakentamisessa. Pistepilveen tallentuvat rakennusosien asennustarkkuudet, jotka erityistä tarkkuutta vaativissa kohteissa voivat olla merkittäviä tekijöitä. Laserkeilaaminen onkin varsin tehokas tapa saada seurantatietoa. Raakapistepilvestä on myös mahdollista tehdä tarvittavia havaintoja ja dokumentointia. (9, s.16–19.)

Projektin hallinnassa ja aikataulun seurannassa pistepilvet antavat tilaajalle ja pääsuunnittelijalle uuden tavan seurata projektin etenemistä. Epäselvissä tilanteissa rakennusosista voidaan ottaa pistepilvikuvat ja tarkastella niiden perusteella tilannetta. Näitä voivat olla mm. suuret teollisuusalueet ja kaivokset (kuva 36). (9, s.16–19.)

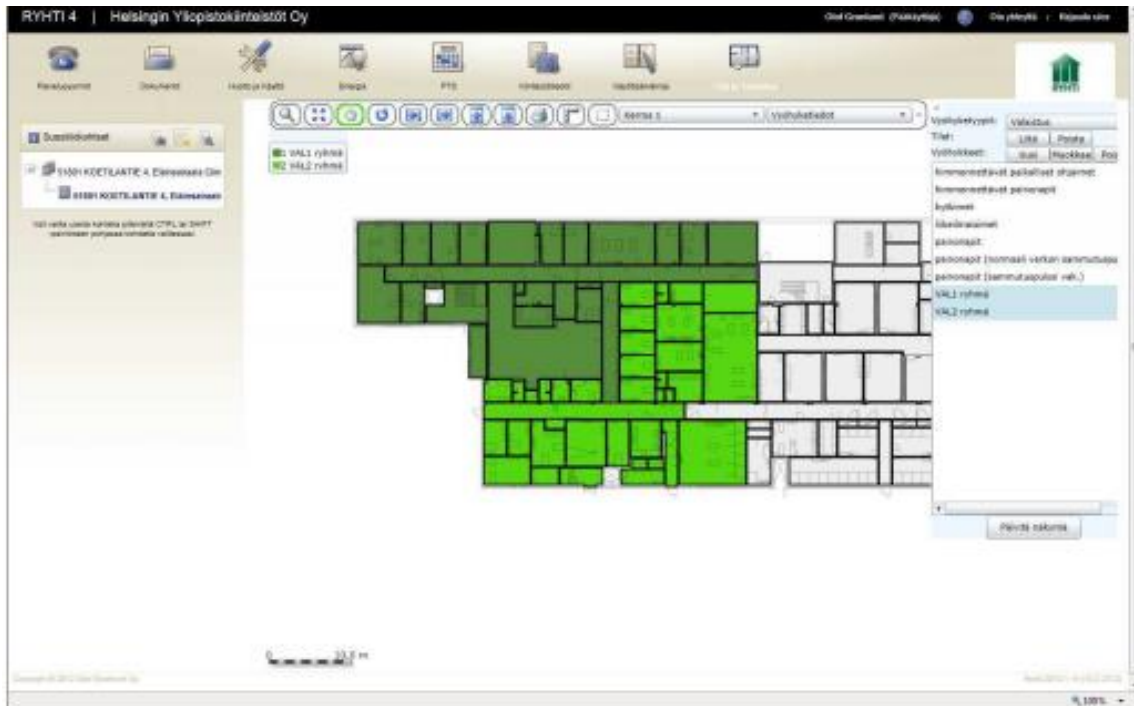


KUVA 36. Pistepilvimallista voidaan seurata rakennushanketta (9, s.17)

5.2 Muutosten dokumentointi

Pistepilvien avulla voidaan inventointimallit päivittää vastaamaan rakentamisvaiheen aikaisia muutoksia. Tämä voidaan tehdä dokumentoimalla esim. pilon jääviä rakenteita tai talotekniikkaa. Jos hankkeesta tehdään tietomalli, niin silloin päivitettyjä malleja kutsutaan toteumamalleiksi. (7, s.13; 19.)

Toteumamallia voidaan myöhemmin hyödyntää rakennuksen ylläpidossa ja pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnittelussa eli PTS-suunnittelussa (kuva 37). Toteumamallit tallennetaan IFC-tiedostomuodossa, joka on avoimen tiedonsiirron tiedostomuoto, ja luovutetaan asiakkaalle jatkokäsittelyä varten. (7, s.13.)



KUVA 37. Toteumamallia voidaan hyödyntää rakennuksen ylläpidossa (7, s.15)

5.3 Rakennusmallien yhdistyminen kaupunkimalleihin

BIMistä eli tietomallintamisesta on tullut arkipäivää Suomessa ja siksi tietomallien käyttöä halutaan-kin lisätä tuomalla ne osaksi kaupunkien kaupunkimalleja. Tällä hetkellä mm. Vantaan kaupunki kehittää tällaista paikkatietojärjestelmää, jossa suunnittelijoiden tietomallit päivittyvät lähes automaattisesti rakennusvalvonnan tietokantaan. Mallien tarkastelulla on jo nyt tutkittu rakennustehokkuuden lisäämistä Vantaan Vapaalan kaupunginosassa. Lisäksi Vantaan Kivistön asuntomessuilla kokeiltiin messutalojen yhdistämistä interaktiiviseen malliin (kuva 28). Olemassa olevia rakennuksia voidaan tuottaa kaupunkimalleihin tonttitietojen sekä pistepilvien avulla. Vantaalla kaupungin kolmiulotteisen mallin pohjana on ollut maanmittauslaitoksen avoin data. (20; 21, s.125–132.)



KUVA 38. Vantaan Kivistön kaupunkimalli (20)

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin pistepilvien hyödyntämistä uudisrakennussuunnittelussa. Empiiriset tutkimukset osoittivat, että pistepilvillä voidaan saada mitattua tietoa asioista, joita ei ennen pystytty mittaamaan saati mallintamaan tarkasti. Näitä ovat mm. puut ja moniulotteiset rakennusosat. Myös ympäristön mallintamiseen tekniikka antaa uudenlaista tarkkuutta.

Pistepilvien hyödyllisyys tulee ilmi erityisesti luonnossuunnitteluvaiheessa, jolloin parempaa lähtötietoa ei ole vielä saatavilla. Uudisrakentamisen suunnitteluun onkin nykyään tarjolla runsaasti maastomalleja kuntien karttapalveluista. Niitä hyödyntämällä voidaan saada ajallista säästöä muissa työvaiheissa, kun tietomalli on saatu alusta asti kohdistettua oikein ympäristöönsä nähden.

Korjaus- ja lisärakentamisessa pistepilvistä saadaan myös huomattava etu, koska mittatarkkuus kovilla pinnoilla on erinomaista. Monimuotoisissa rakennuksissa on lisäksi paljon paikkoja joita olisi muutoin vaikea hahmottaa. Mittaustarkkuutta tosin heikentävät sekä pistepilvien vääristymät ja katvealueet että mallintamisen aiheuttama virhe.

Pääsuunnitteluvaiheessa pistepilviä voidaankin käyttää lähinnä vain muun suunnittelun tukena. Ympäristömalleissa niiden tarkkuus ei riitä tarkempaan suunnitteluun ja rakennetuissa ympäristöissä pistepilvien hidas työstäminen vaikeuttaa niiden käyttöä. Tekniikka mahdollistaa kuitenkin yksityiskohtaisempien mallien rakentamisen ja toteutusvaiheen aikaiset tarkistusmittaukset laajoilta alueilta.

Haasteena pistepilvien yleistymisen kannalta on se, että pistepilvien esikäsittely ja ohjelmistojen hallitseminen vaativatkin erityisosaamista. Lisäksi sekä tiedostoformaatit että pistepilvien massiiviset tiedostokoot aiheuttavat ongelmia tiedonkäsittelyssä ja yhteydenpidossa.

LÄHTEET

1. ProDigiOUs. 2017. Productivity with Digitalisation. Open data and Usability. Laserkeilauksen ja pistepilvien hyödyt. Saatavissa: <http://prodigious.tamk.fi/laserkeilaus-ja-tietomallinus-korjaushankkeissa/laserkeilauksen-ja-pistepilvien-hyodyt/>. Hakupäivä 30.11.2017.
2. Soininen, Arttu 2015. Kaupunkimallit. Saatavissa: <http://docplayer.fi/18553419-Www-terrasolid-com-kaupunkimallit.html>. Hakupäivä 19.4.2018.
3. Holopainen, Markus – Hyyppä, Juha – Vastaranta, Mikko 2013. Laserkeilaus metsävarojen hallinnassa. Helsingin yliopiston Metsätieteiden laitos. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42935/Laserkirja_painettu.pdf?sequence=2. Hakupäivä 05.12.2017.
4. Poutanen, Pietari 2017. Laserkeilaus arkkitehtisuunnittelussa. BST-Arkkitehdit Oy. Saatavissa: <http://prodigious.tamk.fi/files/2017/05/Laserkeilaus-arkkitehtisuunnittelussa-Pietari-Poutanen.pdf>. Hakupäivä 30.11.2017.
5. Ullakko, Miika 2016. LAZ-pistepilven muuntaminen Archicad 19 yhteensopivaksi. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=uL80qhgBaDs>. Hakupäivä 23.4.2018.
6. KH 90-00599. 2016. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00599.html.stx>. Vaatii käyttäjälisenssin. Hakupäivä 23.04.2018.
7. Jokela, Markku – Laine, Tuomas – Hänninen Reijo 2012. Yleiset tietomallivaatimukset Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_12_yllapito.pdf. Hakupäivä 3.2.2018.
8. Rajala, Marko 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Osa 2. Lähtötilanteen mallinnus. Tietoa Finland Oy. Saatavissa: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_2_lahtotilanne.pdf. Hakupäivä 3.2.2018.
9. Mäkelä, Jukka – Ala-Hiiri, Arto – Puuskari, Ari – Viitasaari, Osmo 2014. Korjausrakentamisen inventointimittaus ja -mallinnus. Profoz Companies Ltd. Saatavissa: http://www.profoz.fi/pdf/Allianssiesite_Profox.pdf. Hakupäivä 10.1.2018.
10. Kartat. 2017. Peda.Net. Saatavissa: https://peda.net/forssa/forssan-yhteislyseo/luva-2017_18/biologia/suomi2/10-kartat-esa. Hakupäivä 23.4.2018.

11. RT 10-10387. 1989. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2410387%2446%24pdf.0>. Vaatii käyttäjälisenssin. Hakupäivä 23.4.2018.
12. Asikainen, Mikael 2016. Kansallinen maastotietokanta -hankkeen tilannekuva. Työpaketissa vuonna 2016 toteutetun kantakarttakyselyn tuloksia. Saatavissa: <https://pta-files-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/kmtk-public/attachments/2017/09/Kantakarttakyselyn%20raportti.pdf?L4hnsj1ptlJo4zBx14Y1mGZnQ2W0PMnn>. Hakupäivä 23.4.2018.
13. Hakala, Jari 2017. Haja-asutuksen jätevesineuvojen koulutus. Vesistö ja keskivedenkorkeus. SYKE, Vesikeskus. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/anonymous/7B86467944-FF27-4984-819A-6B307672C7E3%7D/127208>. Hakupäivä 17.2.2018.
14. RT 10-10619. 1996. Asuinrakennushankkeen pohjatutkimus ja pohjarakennussuunnittelu. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/10619.html.stx>. Vaatii käyttäjälisenssin. Hakupäivä 24.4.2018.
15. Valtioneuvoston asetus rakennuksen esteettömyydestä (214/2017). 2017. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/anonymous/7BBCF040FC-C9A8-4859-B7B6-A2E8A40317AD%7D/127521>. Hakupäivä 10.2.2018.
16. Pientalorakentamisen määräyksiä ja ohjeita. Oulun rakennusvalvonta. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/rakentamistapaohjeet>. Hakupäivä 23.4.2018.
17. Rämä, Markku 2000. Rakennustyön aloituskokous. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010501.pdf>. Vaatii käyttäjälisenssin. Hakupäivä 24.4.2018.
18. Malmi, Juho 2017. Lähtötietoja korjausrakentamiseen. Laserkeilauksen tilaaminen ja hyödyt kiinteistön omistajalle. Senaatti-kiinteistöt. Saatavissa: <http://docplayer.fi/56179170-Lahtotietoja-korjausrakentamiseen-laserkeilauksen-tilaaminen-ja-hyodyt-kiinteiston-omistajalle.html>. Hakupäivä 24.4.2018.
19. Mäkelä, Jukka 2016. Korjauskohteen rakennusmittauksen ja lähtötietomallintamisen haasteet. SmartGeo Oy. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/koulutus--ja-esitysaineistot/2016/130416_korjauskohteen-rakennusmittauksen-ja-lahtotietomallintamisen-haasteet_jukka-makela-smartgeo-oy.pdf. Hakupäivä 10.12.2017.
20. Helpinen, Varpu 2016. Koko kaupunki 3D:ksi – uusi malli näyttää, miltä naapuritontille tuleva talo näyttäisi sinun pihaltasi. YLE. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9136945>. Hakupäivä 24.2.2018.

21. Ahlavo, Marika – Hyyppä, Hannu – Ylikoski, Elina 2016. Digitaalista tulevaisuutta. Huippuosaamisella vaikuttavuutta ja vuorovaikutusta. Humanistinen ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <https://www.humak.fi/wp-content/uploads/2016/12/digitaalista-tulevaisuutta-ahlavo-hyyppa-ylikoski.pdf> Hakupäivä 24.2.2018.