

Talonrakennusalan työmaamittauksen ja laadun digitaalisuus

Tuomas Anttila

BuildingPoint Finland

23.3.2023



Rakennustyömaiden työnjohdon digitaitojen vahvistaminen (DigiMestari) ESR -hanke
Hanke rahoitetaan osana unionin Covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

DigiMestari

Päivän aiheet

- Työmaamittauksen digitaalisuus
- Laserkeilaus ja pistepilvet
- Robotit tiedonkeruussa
- Lisätty ja yhdistetty todellisuus rakentamisessa

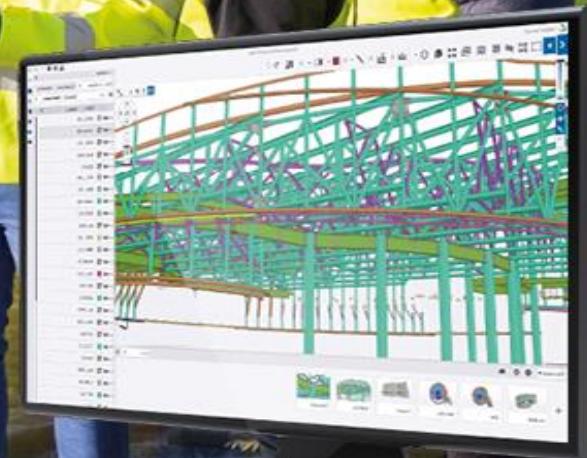
Tietomallit ja suunnitelmat toimistosta työmaalle



Spot-
robotikoira



Trimble
XR10 with
HoloLens 2



Trimble
Connect



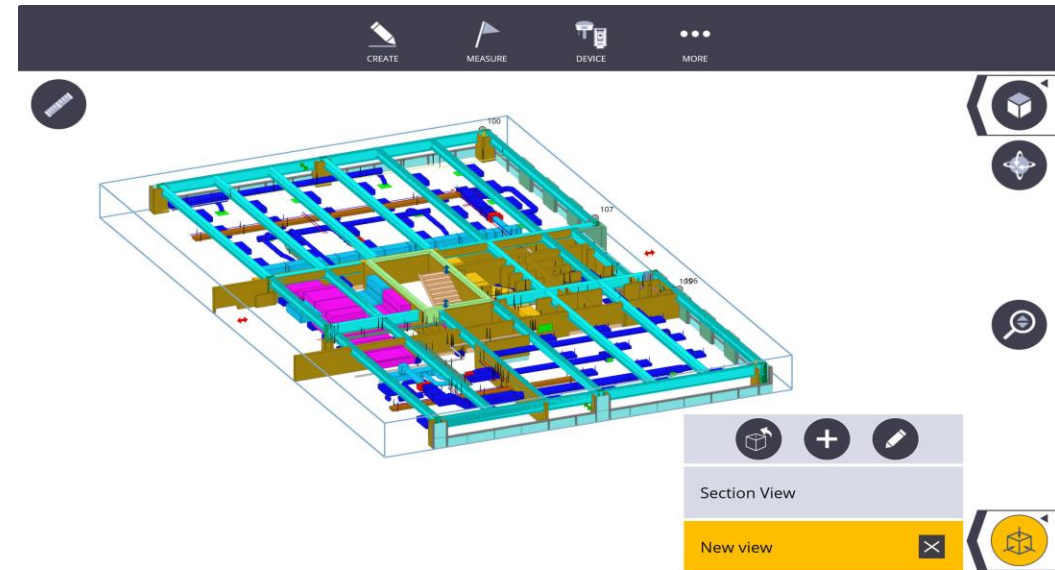
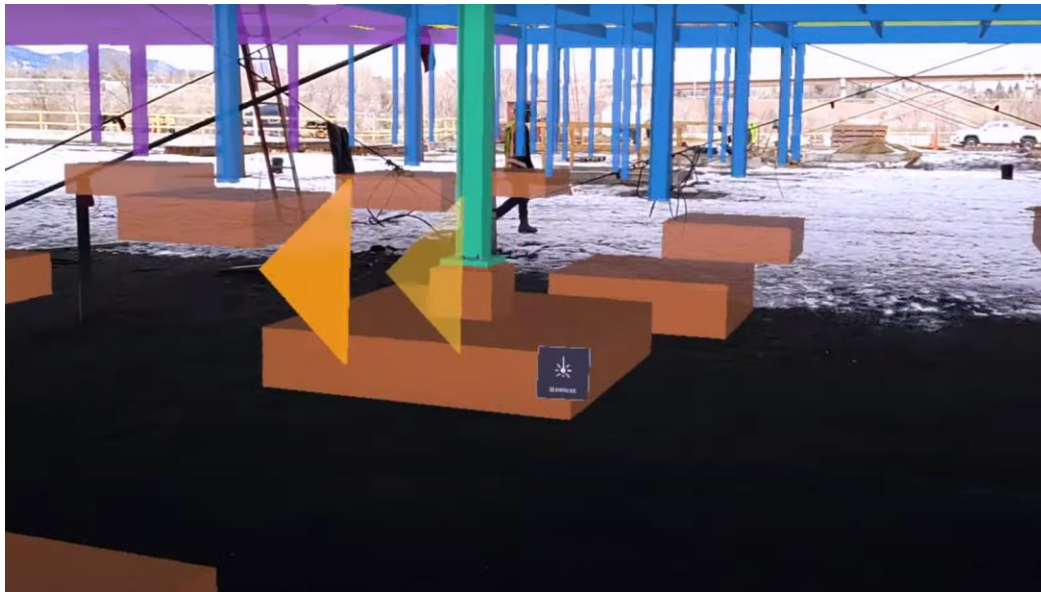
BuildingPoint
FINLAND

BuildingPoint Finland
Perintökuja 6 (Avia Line 2)
01510 Vantaa

0207 510 608
info@buildingpointfinland.fi
www.buildingpointfinland.fi

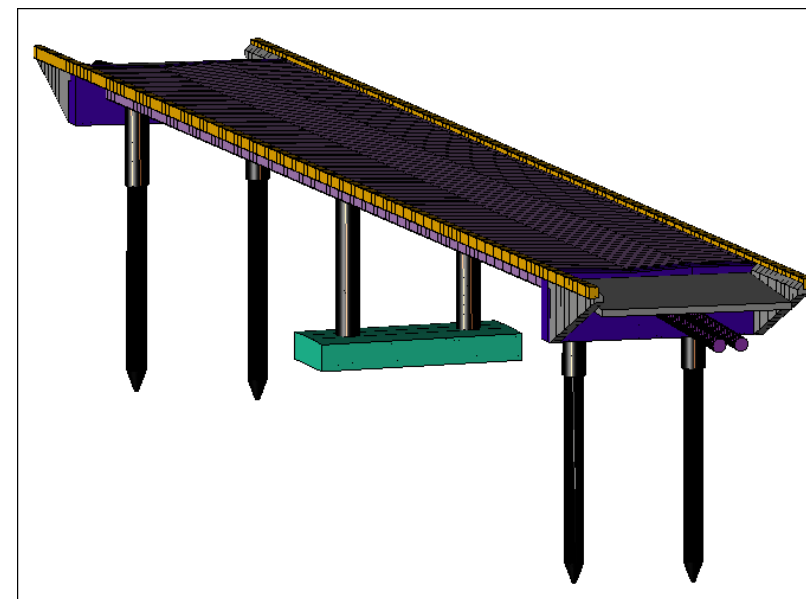


Työmaamittauksen digitaalisuus



IFC

- Industry Foundation Classes (IFC)
- Natiivimalli yleensä paikallisessa koordinaatistossa (XYZ)
- IFC joko paikallisessa (XYZ) tai valtakunnallisessa esim ETRS-GK25 N2000 (NEZ)
- Mittausta varten tehdään tarvittaessa Georeferointi, jolla malli siirretään valtakunnalliseen koordinaatistoon
- Visualisointi esim. AR-tekniologialla edellyttää todellista sijaintia



Paikannusteknologia- GNSS

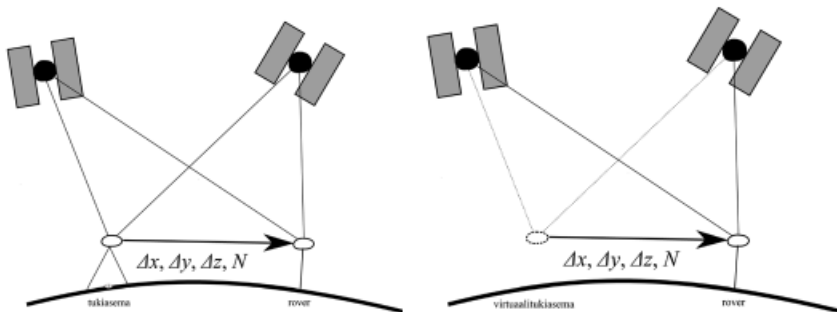
- GNSS, Global Navigation Satellite System
- Tyypillinen tarkkuus 3/5 cm - 1 m
- Vrt. matkapuhelimen GPS-paikannus 2 - 5 m
- Vastaanottimen ominaisuudet ratkaisevat



Koneautomaatio, infra

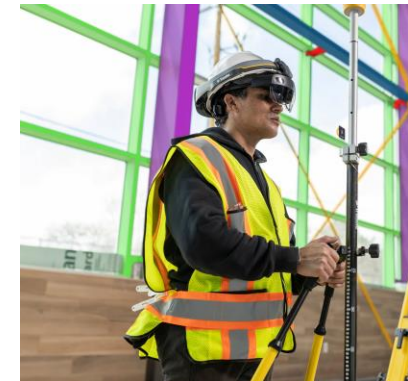
Cm-tarkka satelliittimittaus

- 1) Staattinen relatiivinen vaihemittaus
- 2) Tosiakainen kinemaattinen vaihemittaus eli RTK-mittaus



Paikannusteknologia- Takymetri

- Elektro-optiset sensorit
- Osassa laitteissa integroitu laserkeilaus
- Tyypillinen tarkkuus 1-3 mm @ 1000m
- Käytetään tarkkuutta vaativissa mittauksissa



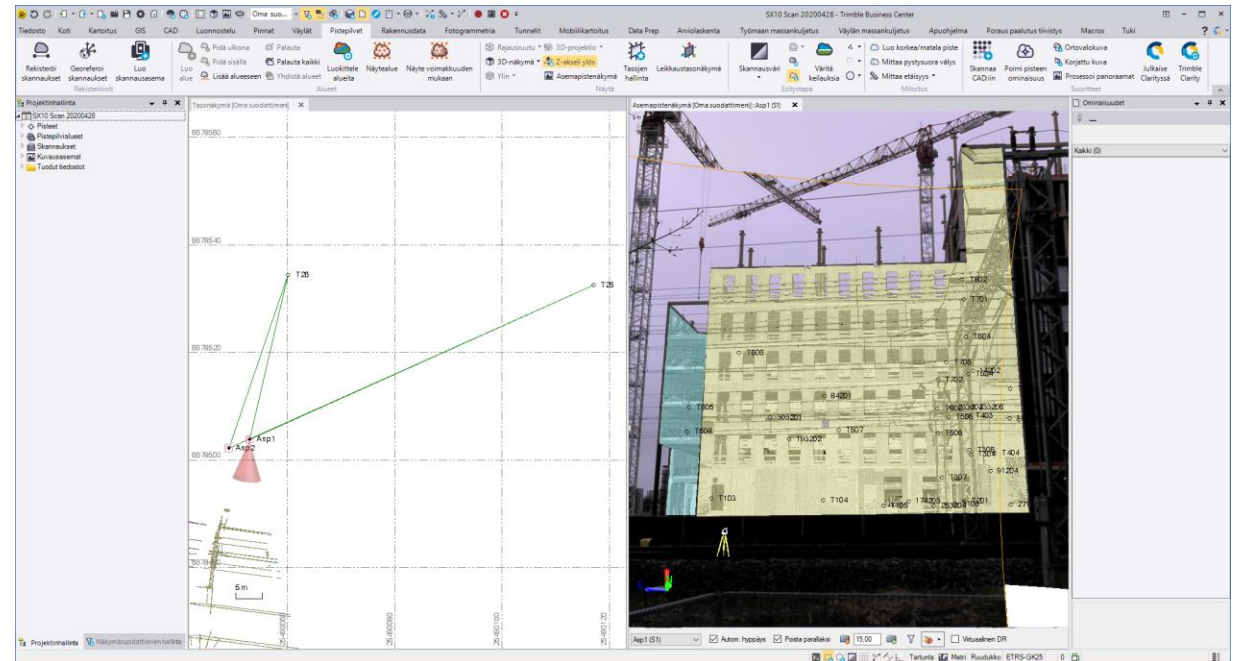
Paikannusteknologia- Muut

- Taso- ja putkilaser
- Hyvä paikallinen tarkkuus, esim. 5mm @100m
- Maanalaiset putkistot
- Pinnan tasaukset



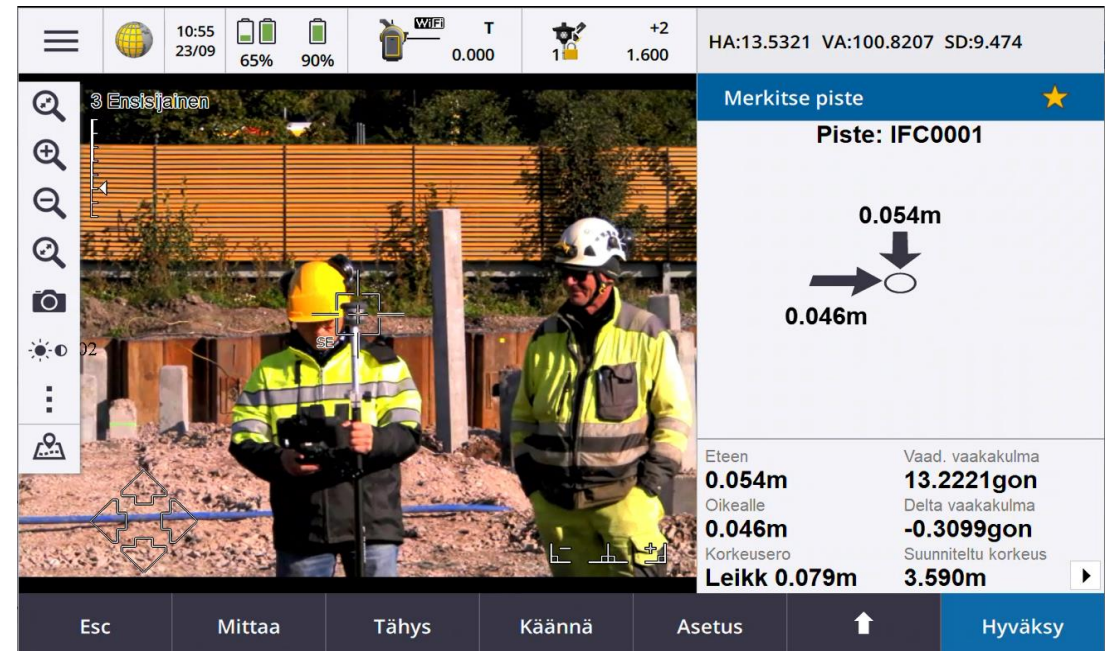
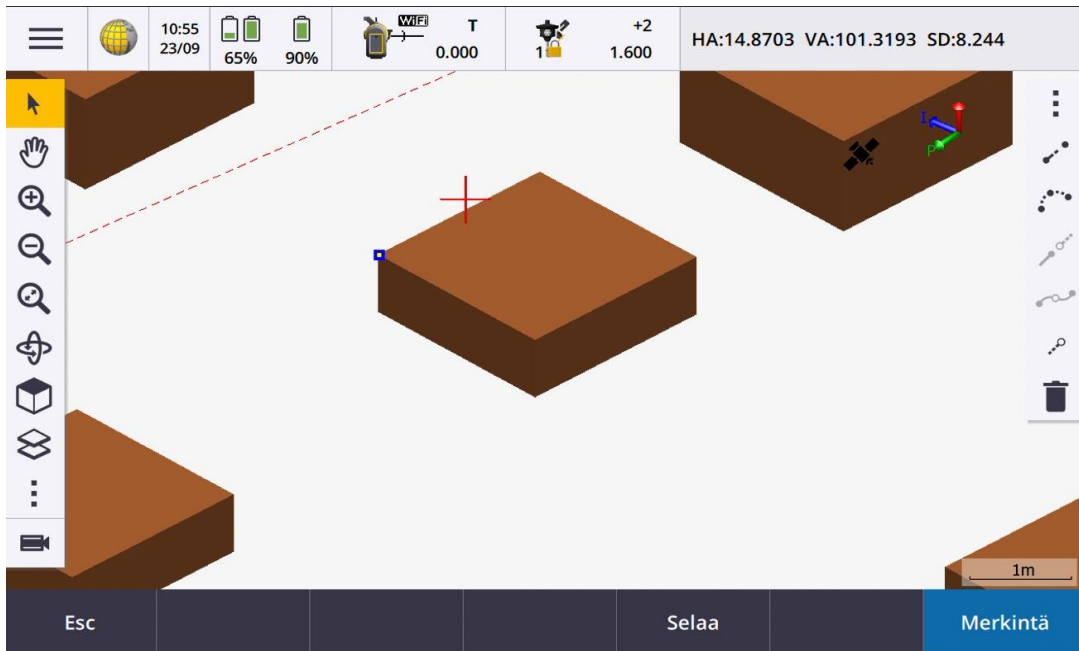
Takymetrin käyttöesimerkki

- Kojeaseman määrittäminen tarrapisteestä, näitä mitataan vähintään kaksi kappaletta



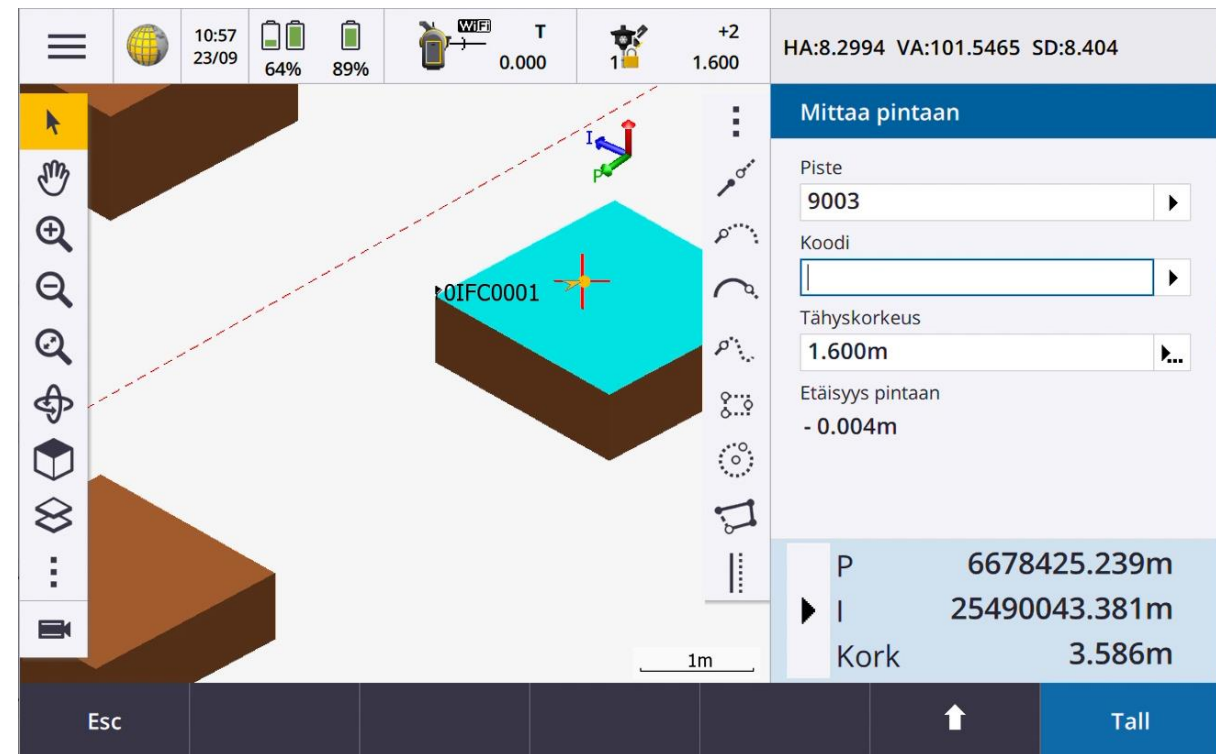
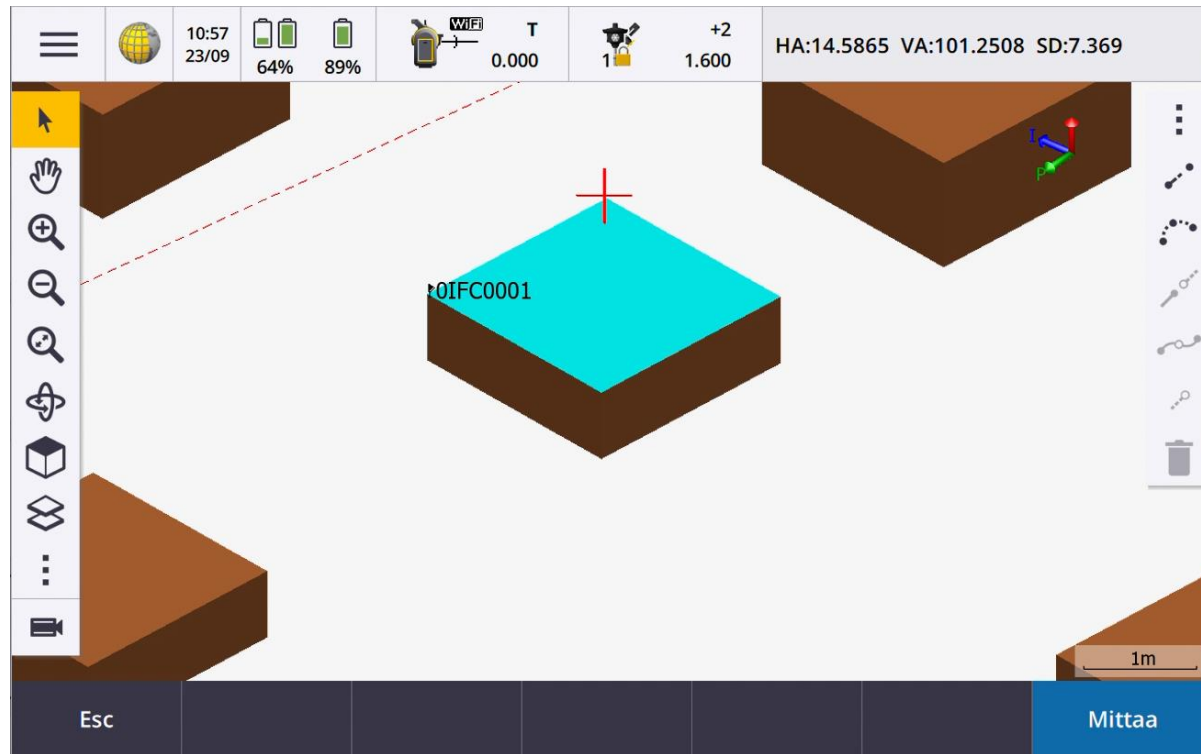
IFC mallin käyttö paikalleenmerkinnässä

- Anturan merkintä pisteittäin, valitaan nurkka ja aloitetaan merkintä
- Voidaan edetä pisteittäin



Toteumamittaus IFC mallin avulla

- Valitaan pinta ja aloitetaan tarkistus
- Lopputuotteena poikkeama pinnasta



Peruspultin toteutumamittaus

- Valitaan pultti IFC mallista ja aloitetaan tarkistus
- Lopputuotteena pistepoikkeamat

The screenshot shows a mobile application interface for measuring a base bolt. The interface is divided into three main sections: a 3D model on the left, a camera view in the center, and a data panel on the right.

3D Model (Left): Shows a blue cylinder on a grey base. A red dot indicates the measurement point.

Camera View (Center): Shows a person in a yellow safety vest using a red tool to measure a bolt. The camera view is labeled "5 Telekamera".

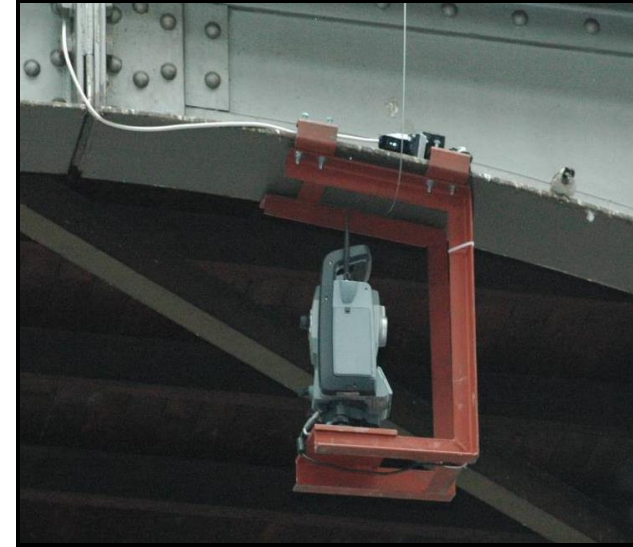
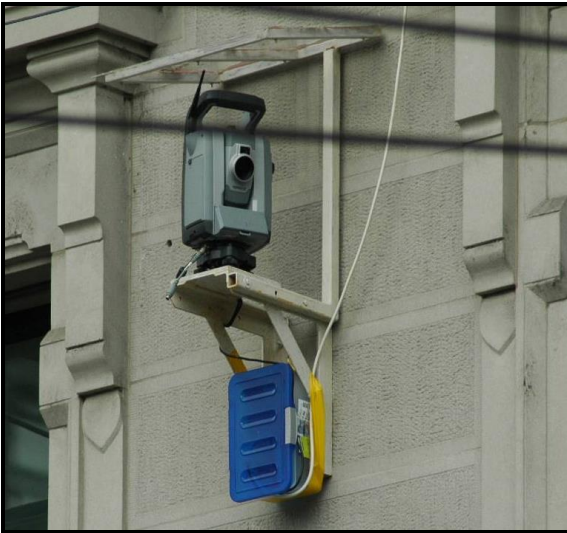
Data Panel (Right): Displays various measurements:

- Merkitse piste (Mark point) - Piste: pultti2
- Taakse (Back): 0.006m
- Oikealle (Right): 0.001m
- Korkeusero (Height difference): Leikk 0.005m
- Vaad. vaakakulma (Req. horizontal angle): 149.180gon
- Delta vaakakulma (Delta horizontal angle): -0.005gon
- Suunniteltu korkeus (Planned height): 4.270m

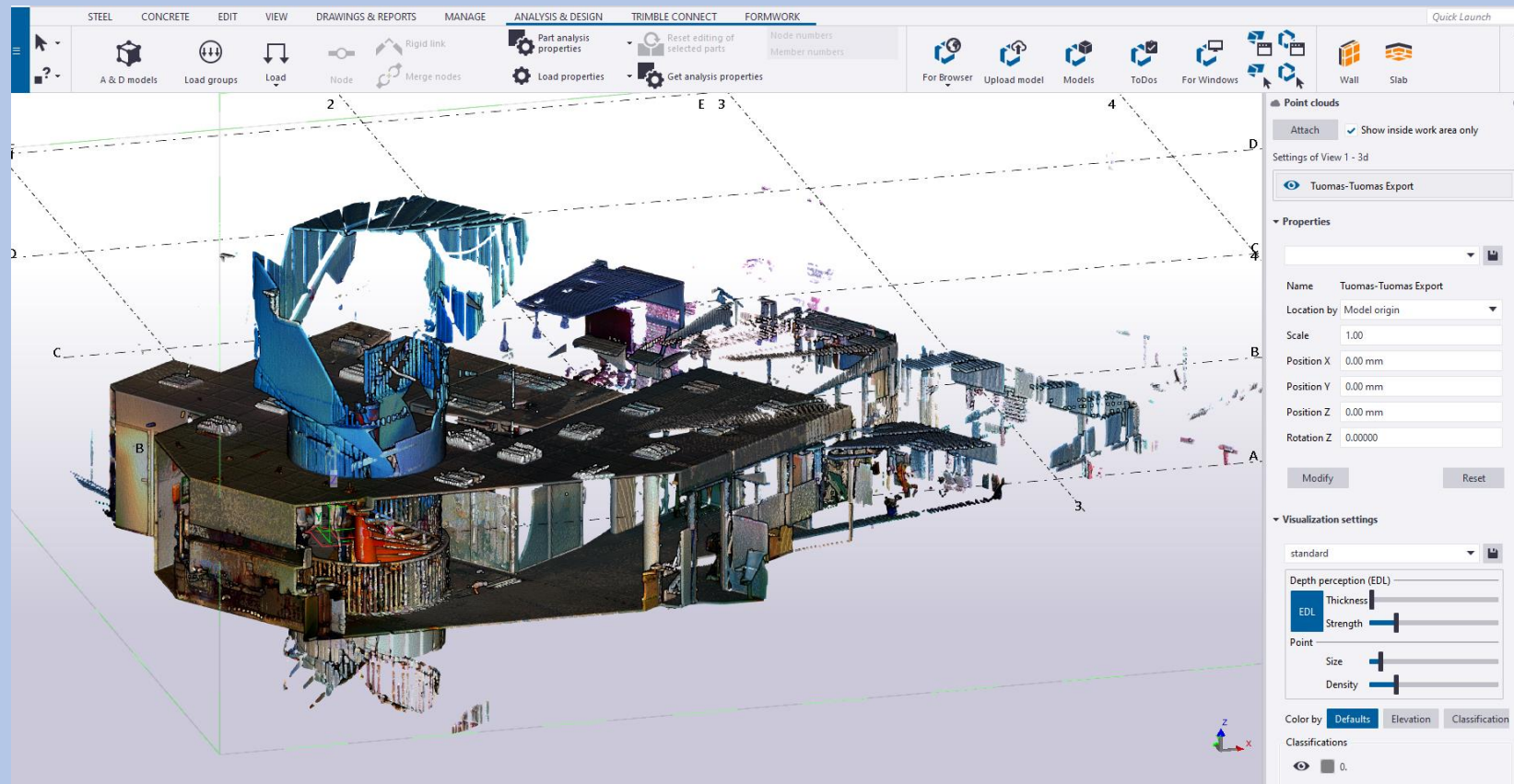
The bottom of the screen shows a keyboard interface with buttons for "Esc", "Mittaa", "Tähys", "Käänä", "Käännä", "Asetus", and "Hyväksy".

Työmaan rakenteiden monitorointi

- Esim. rakennuksen vajoamisen seuranta



Laserkeilaus ja pistepilvet



Laserkeilaus eli 3D-laserskannaus

- Laserkeilaamalla voidaan nopeasti tuottaa rakennetusta ympäristöstä kolmiulotteinen, tarkka, pisteistä koostuva malli, pistepilvimalli.
- Pistepilvestä on mahdollista mitata koordinaatteja, etäisyyksiä ja pinta-aloja, sekä tutkia pistepilven ominaisuustietoja
- Pistepilvimallia voidaan jatkokäsitellä erillisillä ohjelmilla ja siirtää CAD-järjestelmin tietomallintamisen lähtötiedoksi.



Laserkeilaus ja pistepilvet rakentamisessa

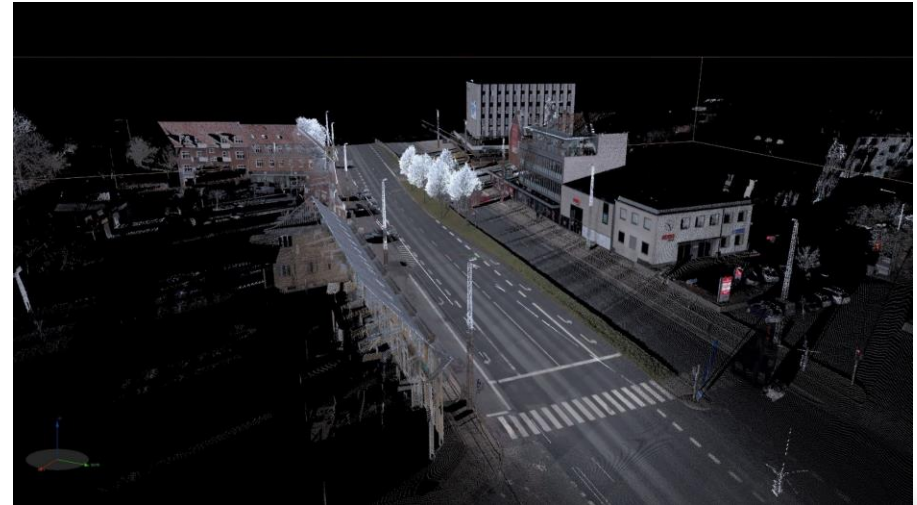
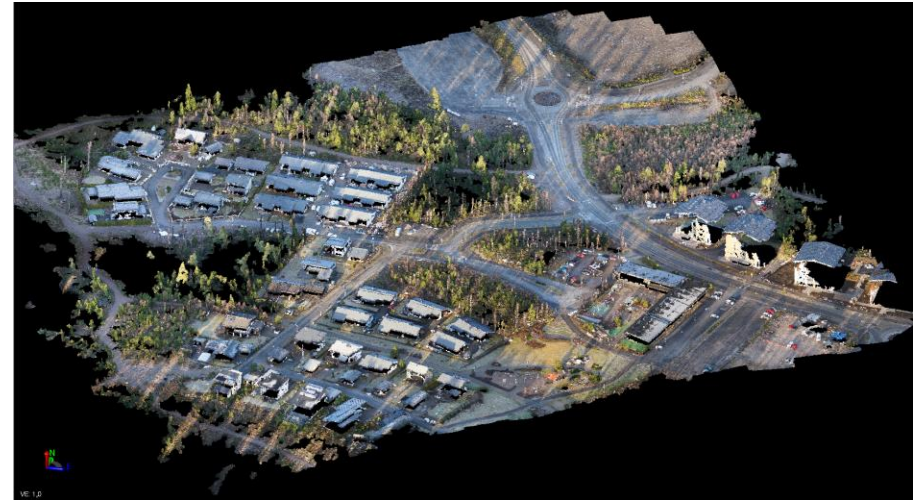
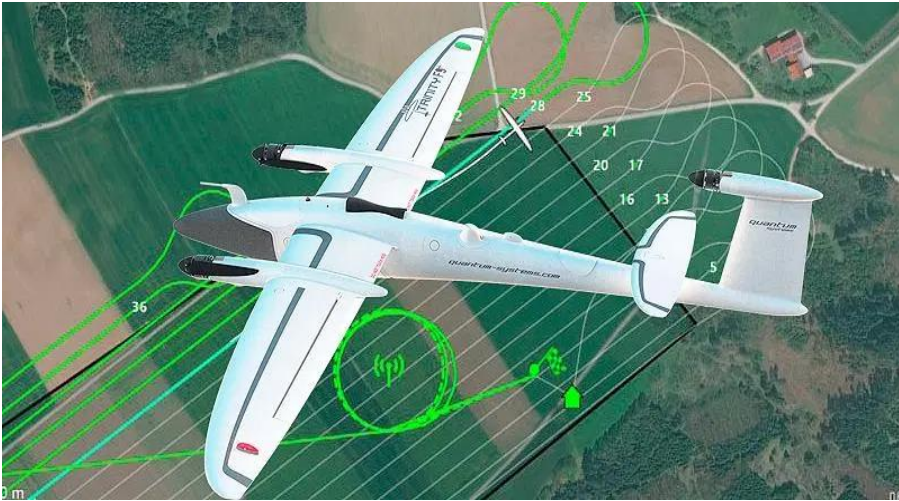
- Pistepilven kerääminen
- Aineiston jatkokäsittely
- Pistepilven käyttösovellukset ja hyödyntäminen

Pistepilven kerääminen

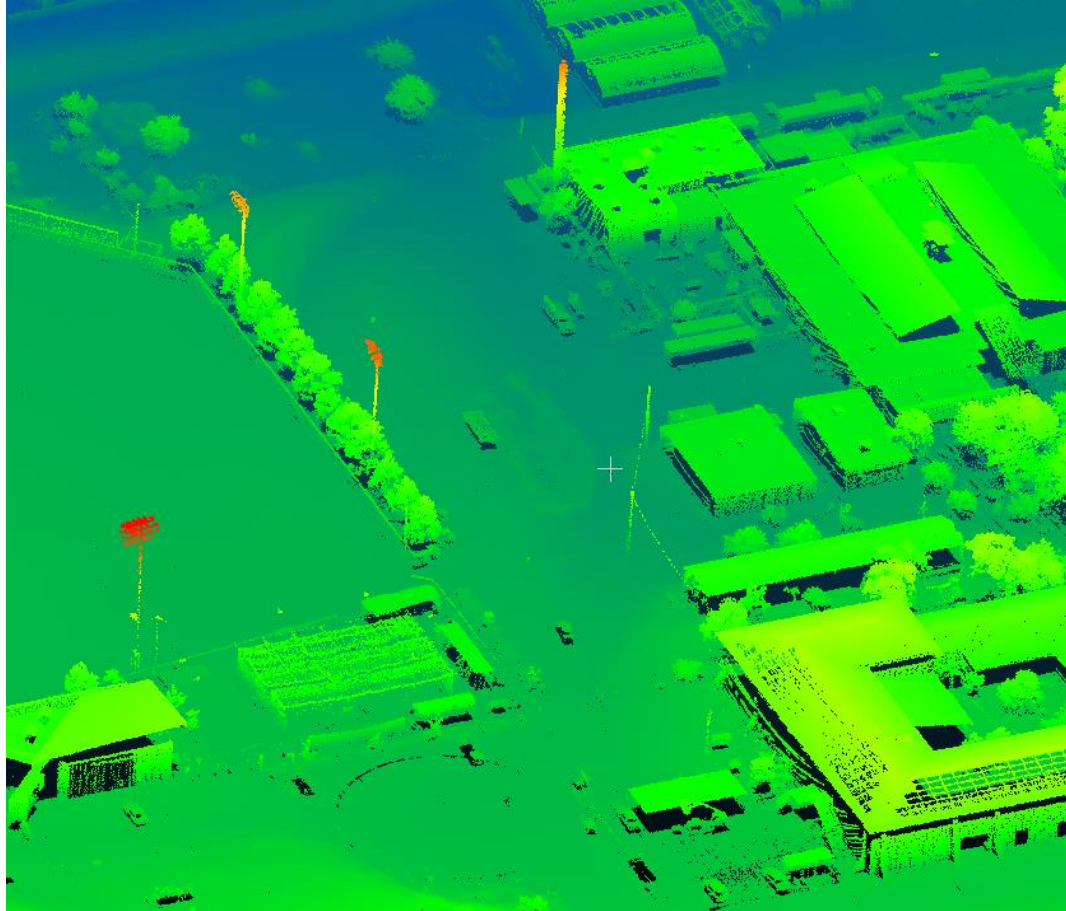


Skannausmenetelmät - Mobiilikeilaimet

- Liikkuvaa, nopeaa ja helppoa tiedonkeruuta
- Ilmasta, autolla, junalla, kävellen
- Mobiilikeilauksen pääkomponentit
 - Kamera
 - LiDAR
 - Paikannussysteemit (SLAM, IMU, GNSS ja yhdistelmät)

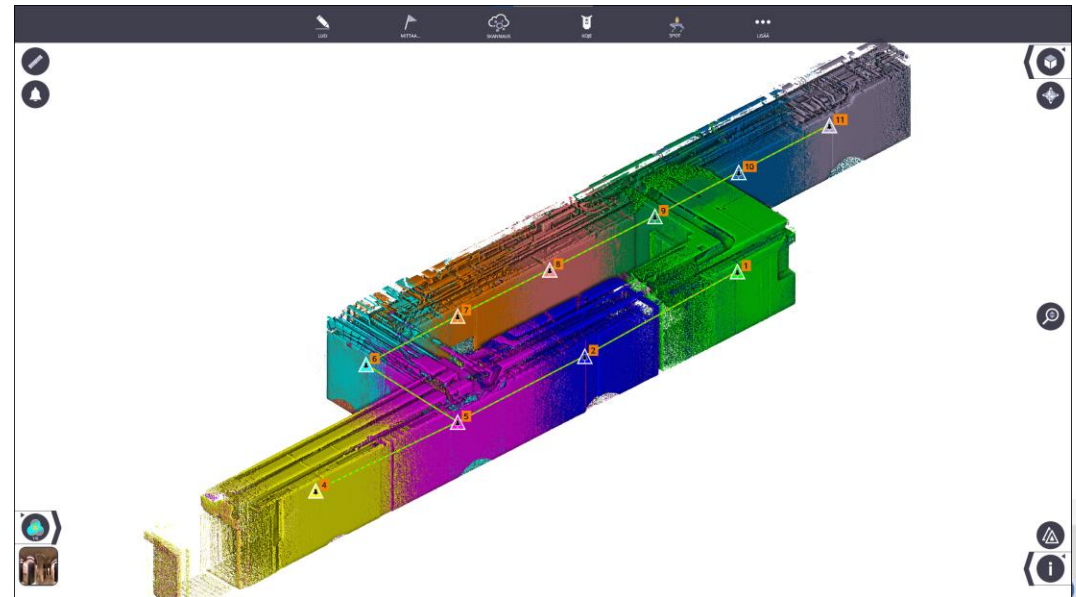
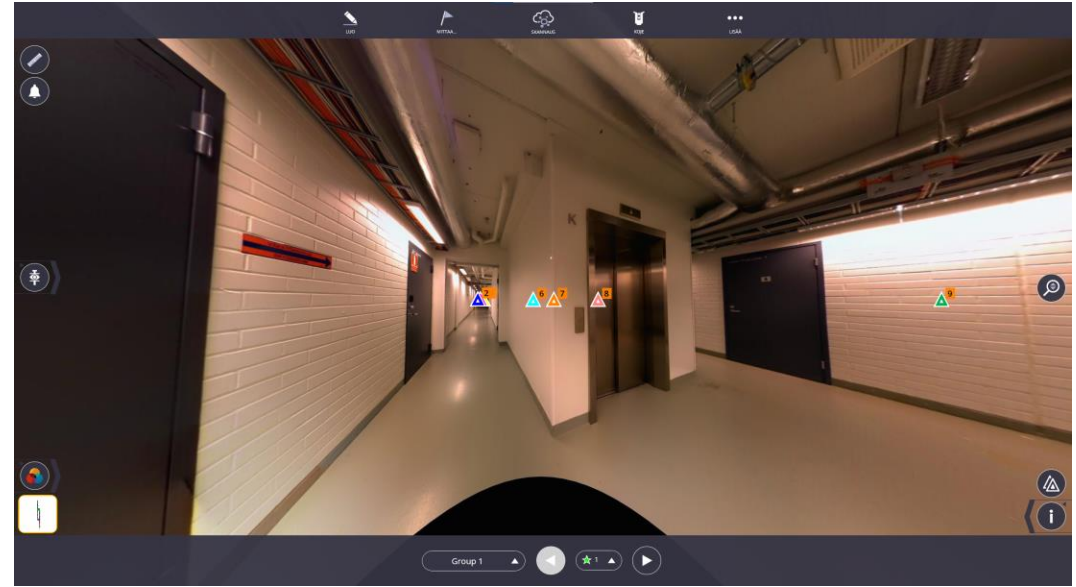


UAV-pistepilvi ja valokuva



Skannausmenetelmät - Maalaserkeilaimet

- Tarkkuus ja luotettavuus
- Staattinen laserkeilauskeilaus
- Pistepilven lisäksi otetaan valokuvat



Muita 3D-tiedonkeruumenetelmiä

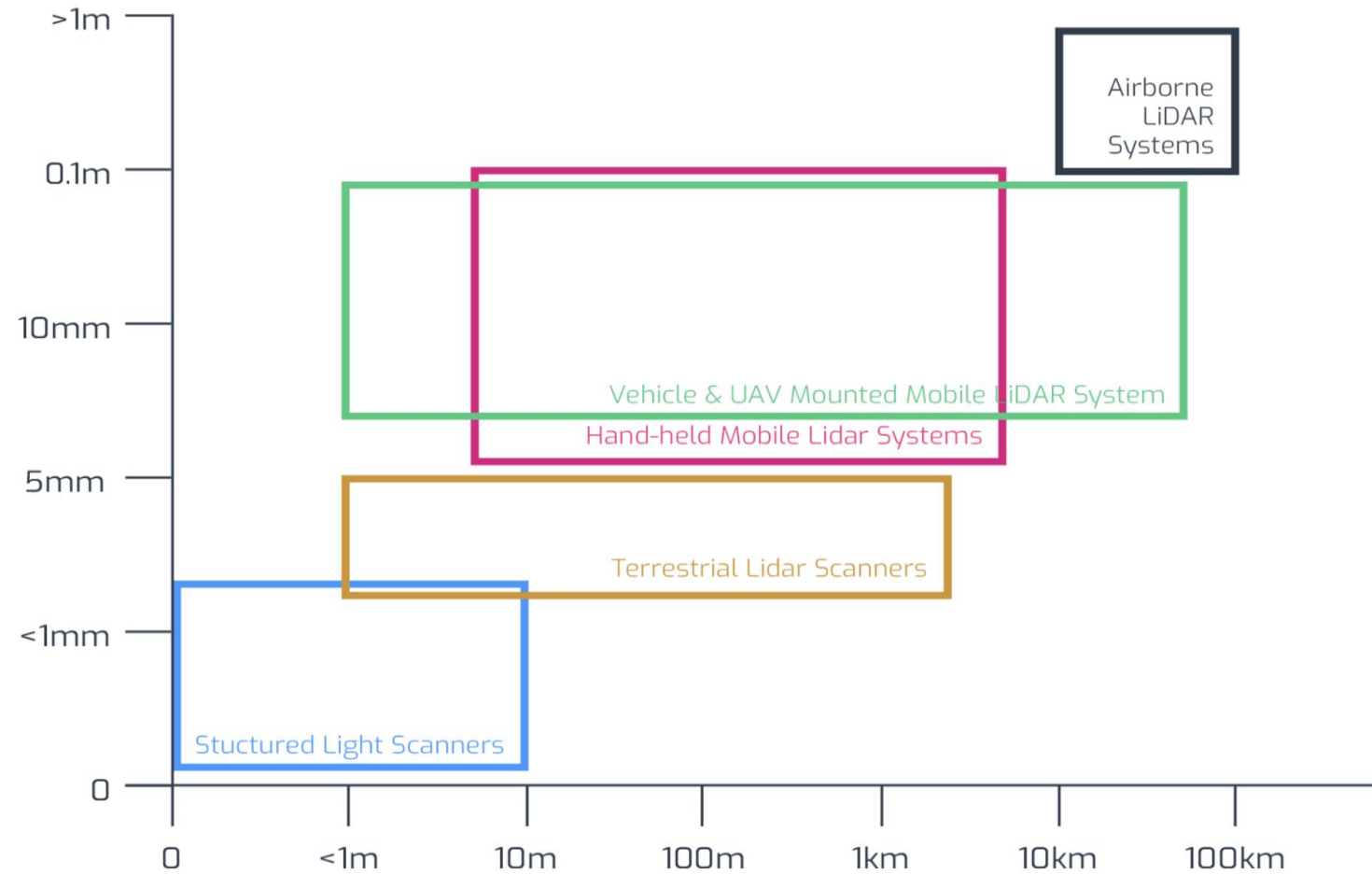
- Valokuvaus & fotogrammetria
 - Kohteiden kolmiulotteista mittausta kohteesta otetuilla valokuvilla
 - Maasta tai ilmasta
 - Kuvatusta kohteesta voidaan koostaa 3D-malli
 - Verkkomalli eli Mesh model
 - Pistepilvi
- Syvyyskamera (RGB-D)
 - 3D-kamerat kuten Matterport



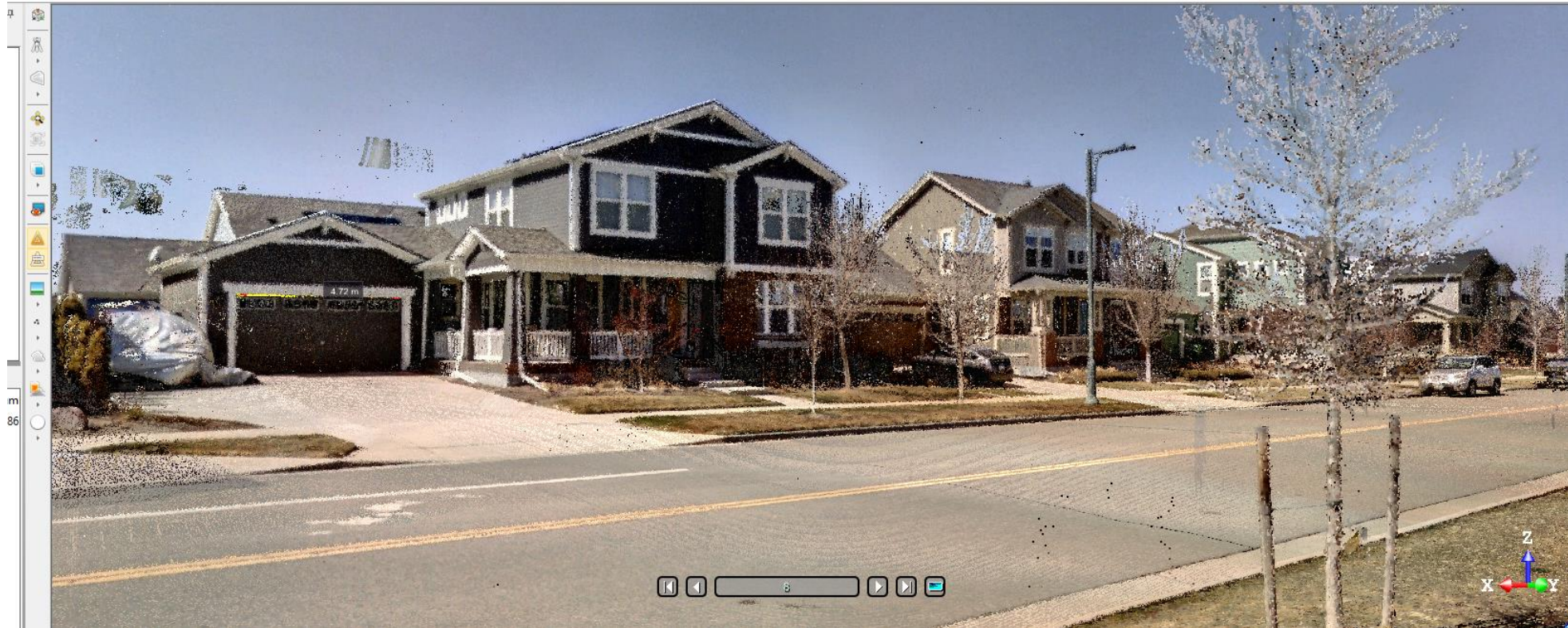
Employee Training ▾



Menetelmien vertailu



Aineiston jatkokäsittely



Mihin tarvitaan pistepilven jatkokäsittelyä?

- Laserkeilattu aineisto on datamäärältään valtava ja sisältää paljon ”turhaa” ja ylimääräistä
 - Käyttö sellaisenaan hankalaa
 - Isoa aineistoa ei voi viedä sellaisenaan suunnitteluohjelmistoihin
- Käsitellään aineisto erillisellä ohjelmistolla lopputarpeen mukaan
- Ohjelmistoja: Trimble RealWorks, Leica Cyclone, Faro Scene

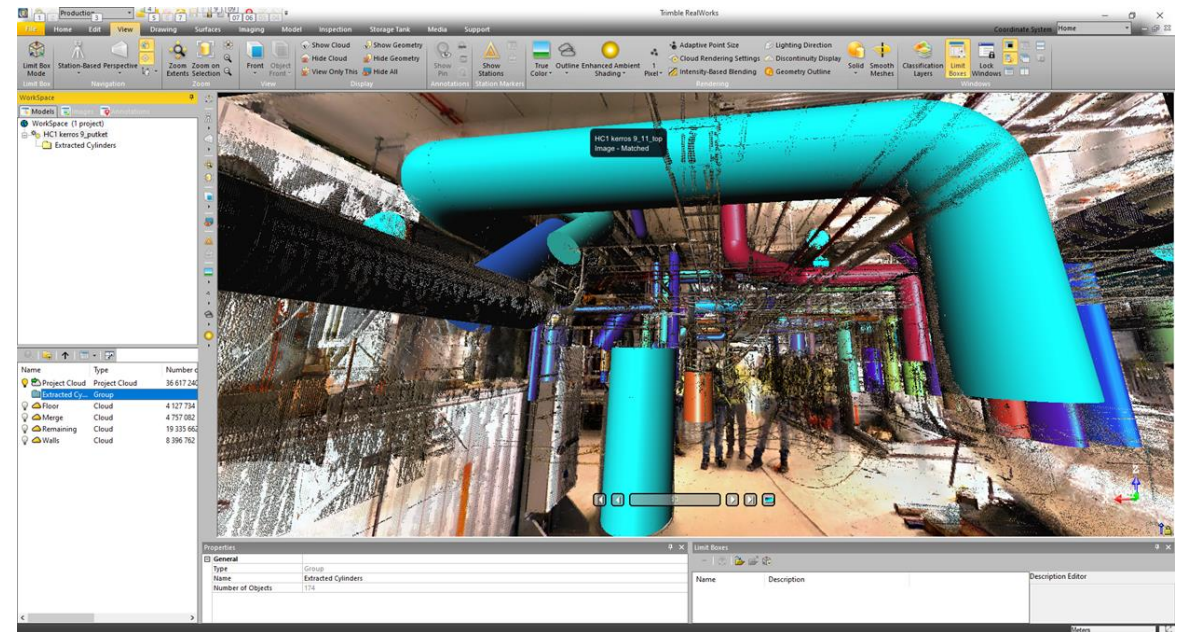
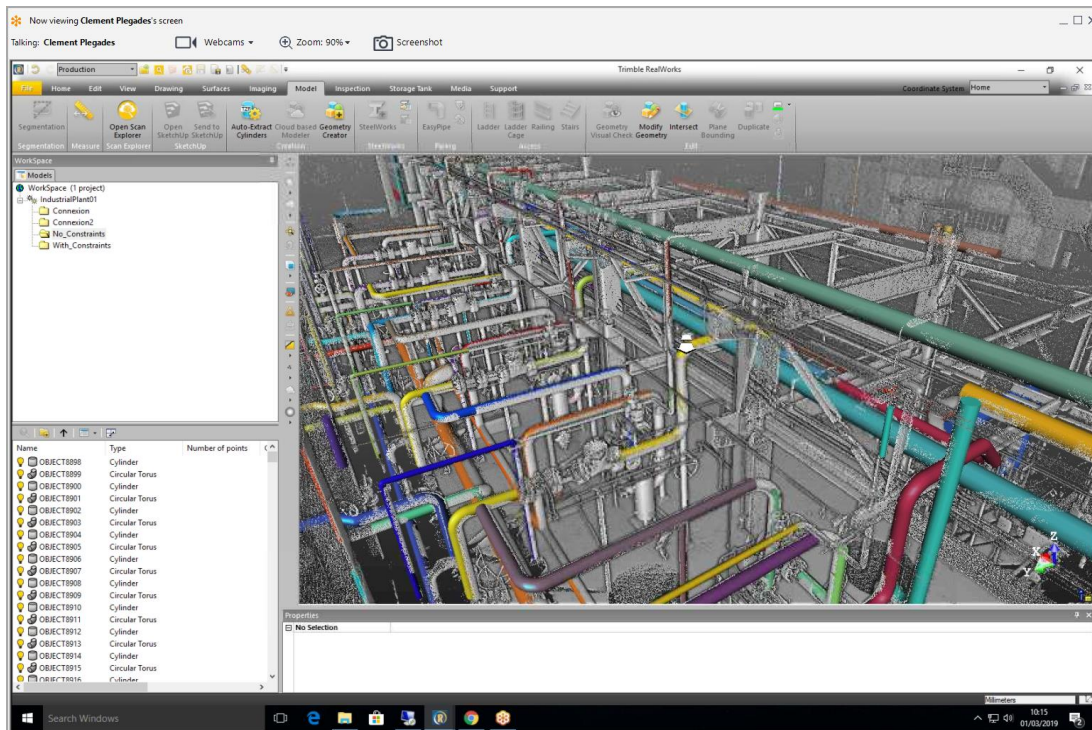
Pistepilven jatkokäsittely

- Mallin luominen pistepilvestä



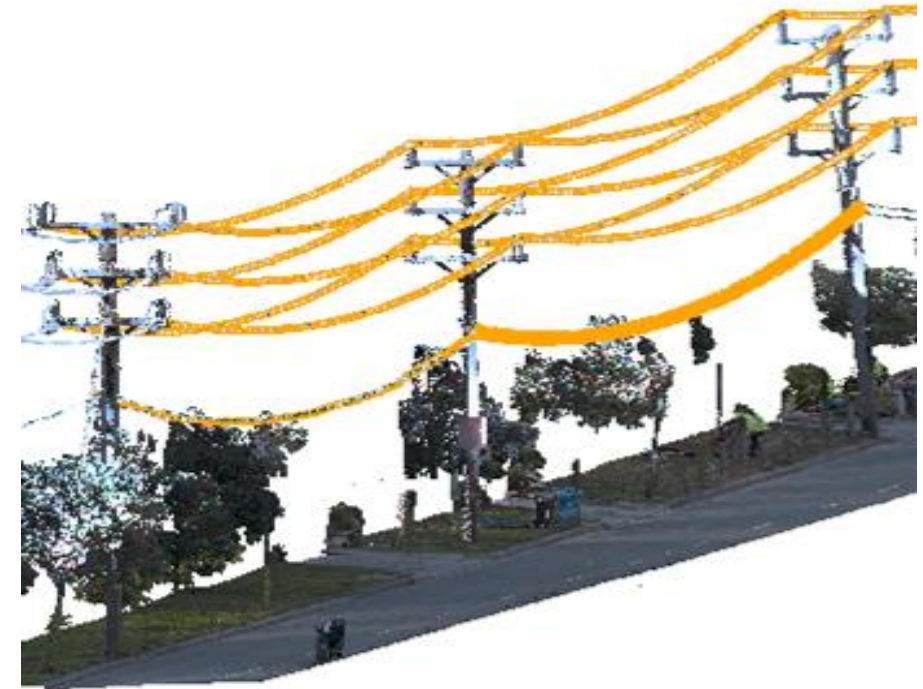
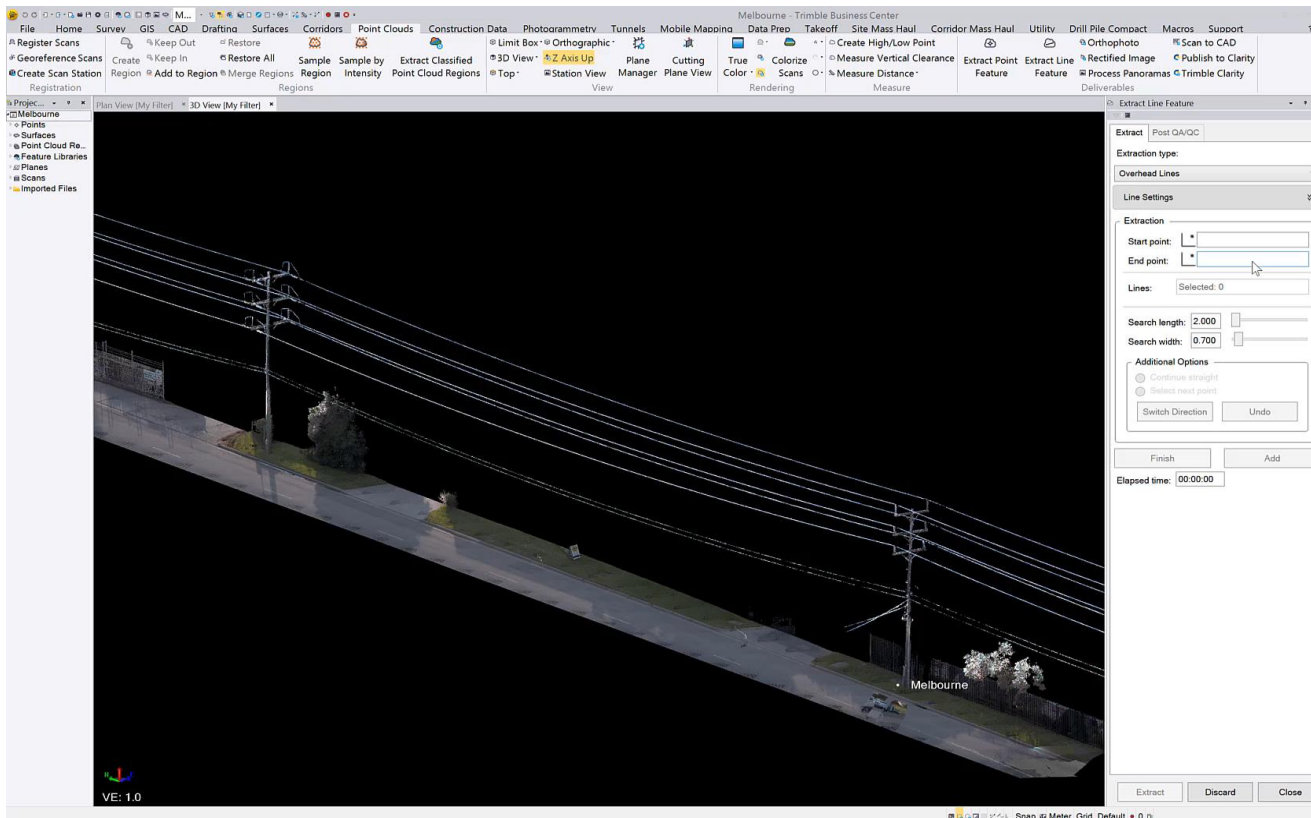
Pistepilven jatkokäsittely

- Automaattiset mallinnustoiminnot



Jatkokäsittely – Esimerkkejä

- Kohteiden ja esim. viivojen poiminta



Jatkokäsittely – Esimerkkejä

- Viivamaisten kohteiden poiminta – reunakivet ja taitteet



Pistepilven käyttösovellukset ja hyödyntäminen

Ilmasta keilatun aineiston käyttösovelluksia

- Kartoitus- ja kaupunkimallinnus
- Massalaskenta ja maastomallit
- Kaukolämpöputkien ja kiinteistöjen lämpövuodot
- Myrsky- ja ympäristövahingot
- Siltojen, mastojen sekä muiden korkeiden rakenteiden tarkistaminen
- Valvonta, tiedustelu, onnettomuustutkinta ja etsinnät
- Ilmanlaadun mittaukset
- Metsävaratiedon kerääminen
- Täsmäviljely
- Magnetometriset mittaukset
- yms....

Metsä-
talous

Kaupunki-
mallinnus

Väylämäiset kohteet

Kaivos-
teollisuus

Suunnittelu

Maa-
ainekset

Maasto-
mallit

Maamassojen laskemista



Inventointimalli

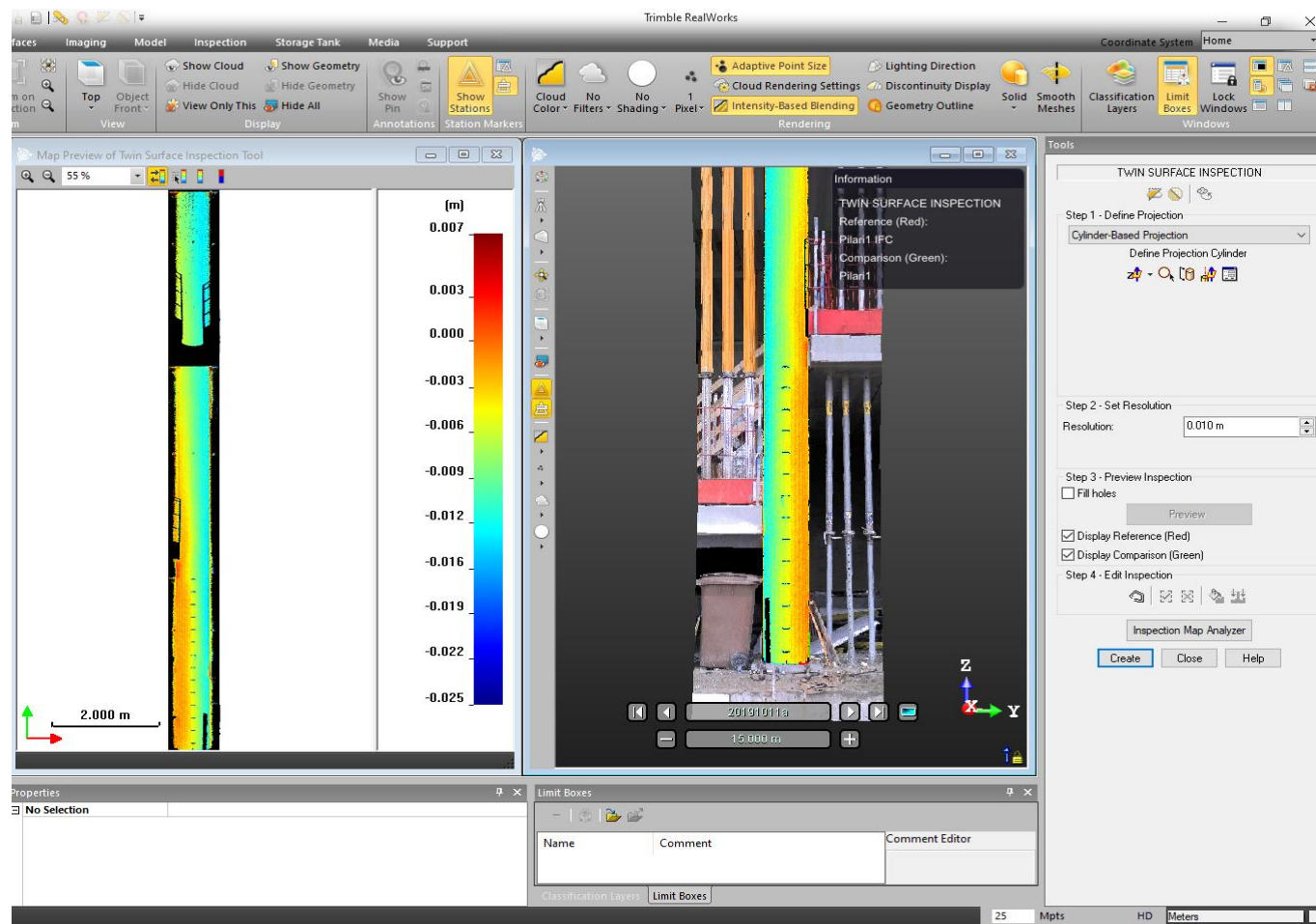
- Kohteen lähtötiedoista laadittu tietomalli – hankkeessa tarvittavien lähtötietojen dokumentointia hankkeen kannalta tarkoituksenmukaisessa muodossa.
- Hankkeen lähtötietoja ovat esimerkiksi kohteen mittatiedot ja geometria, materiaalitiedot sekä tila- ja laajuustiedot

Dokumentointi

- Rakennusvaiheiden tarkka dokumentointi laserkeilaamalla
- Hankkeen pysymistä aikataulussa on mahdollista seurata riittävän ajantasaisella pistepilvellä vertaamalla tätä suunnitelmiin
- Työmaavaiheessa laserkeilatun pistepilven avulla voidaan tehdä toteumavertailuja suunnitelmamalliin ja havaita mahdollisia puutteita tai laadullisia poikkeamia
- Laserkeilausta hyödynnetään myös hankkeen aikaisessa toteumamallinnuksessa

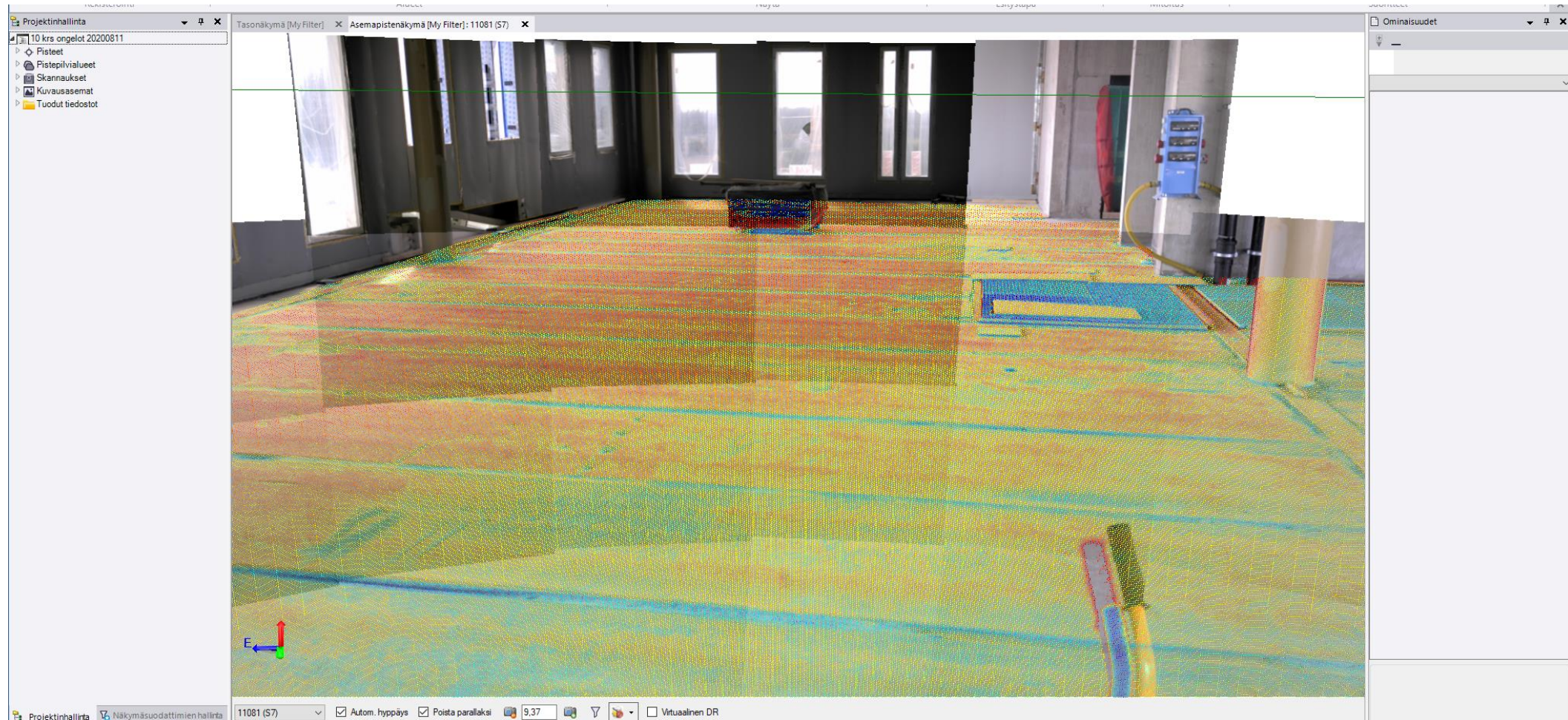
Toteuman tarkastelu

- IFC-mallin vertailu toteumaan

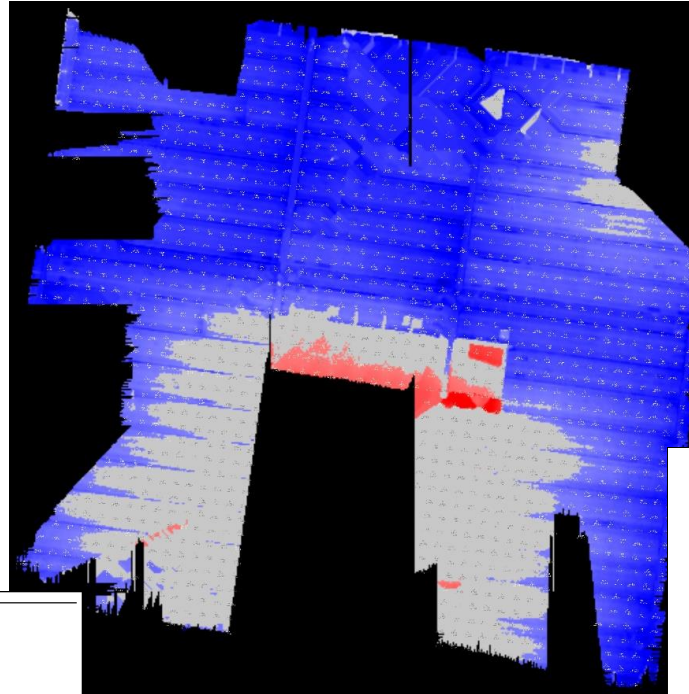




Lattian tai seinän suoruus



Lattian suoruusraportti



Vertailutaso 41.255m, Ontelolaatan yläpinta

GENERAL

Grid size: 97 Columns by 97 rows
DeltaX: 0.250 m
DeltaY: 0.250 m
X-Range: 25490224.919 m to 25490249.169 m
Y-Range: 6678487.711 m to 6678511.961 m
Z-Range: 41.192 m to 41.287 m

CUT & FILL VOLUMES

Positive Volume [Cut]: 0.260 m3
Negative Volume [Fill]: 7.435 m3
Cut minus Fill: -7.175 m3
Cut plus Fill: 7.695 m3

AREAS

Planar Area (Positive section): 18.750 m2
Planar Area (Negative section): 308.188 m2
Total Planar Area: 326.938 m2
First Area : 18.761 m2
Second Area: 308.220 m2

General Information

Grid Spacing	0.500
Inspection Map Resolution	0.050
Reference Elevation	41.255
Tolerance	0.015

Volumes (m3)

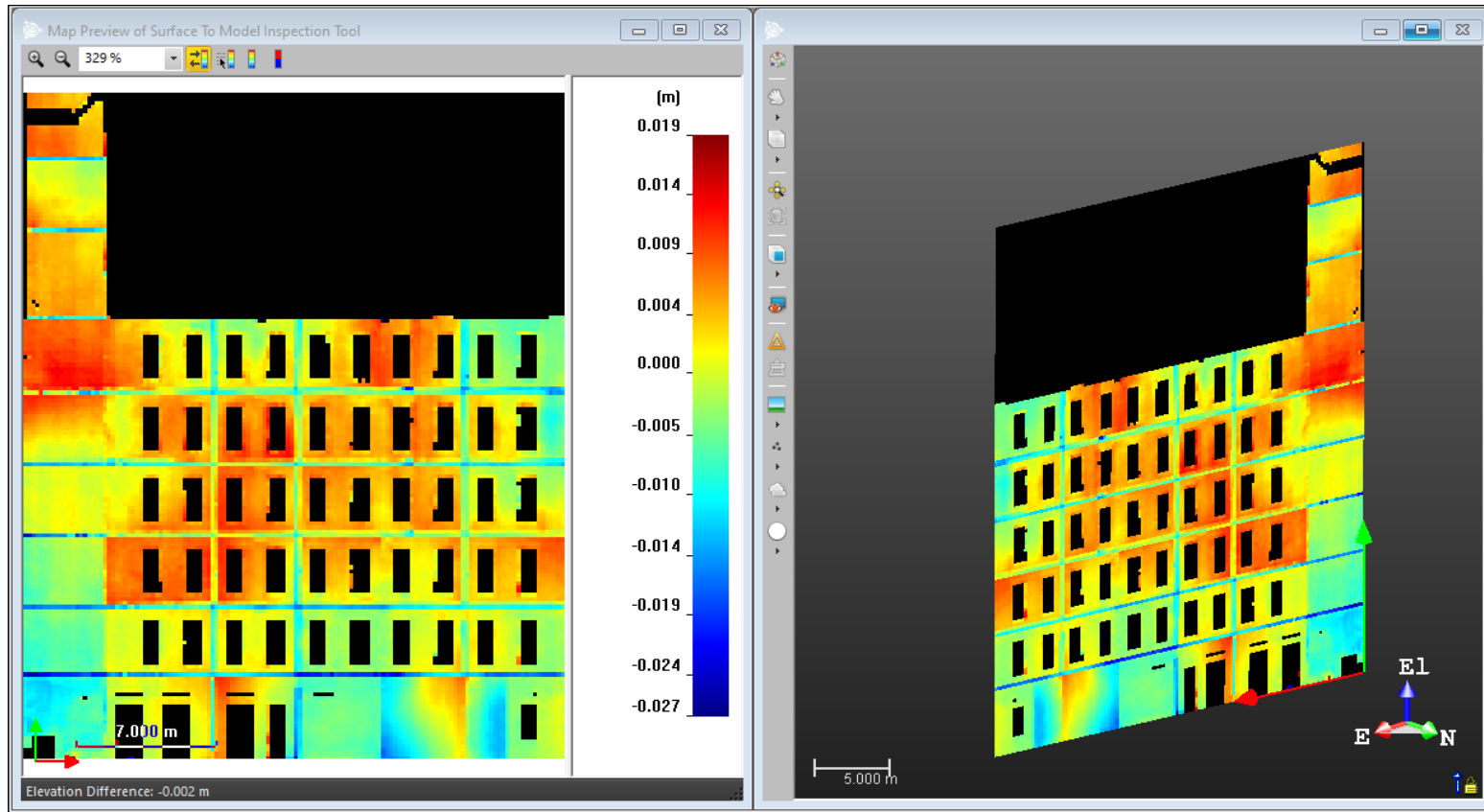
Above Reference (Cut)	0.307
Below Reference (Fill)	-8.341
Exceeds Tolerance Above Reference (Cut)	0.053
Exceeds Tolerance Below Reference (Fill)	-3.827

Areas (m2)

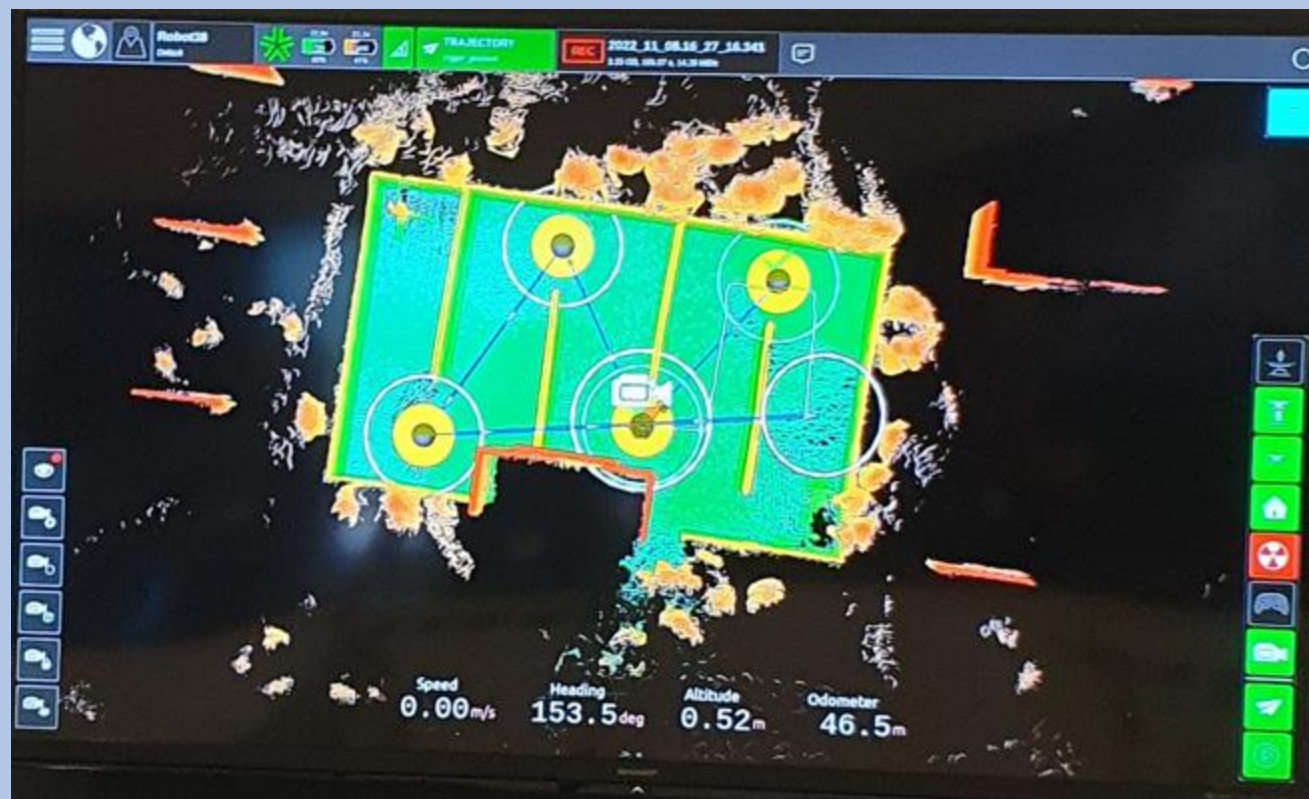
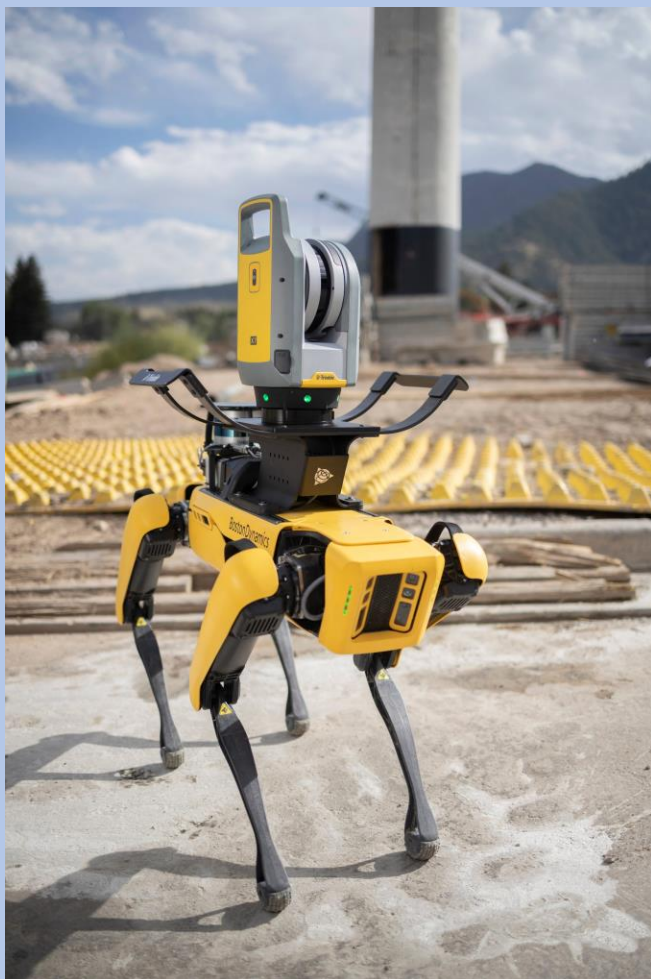
Above Reference	21.677
Below Reference	336.813

Esimerkkejä pistepilven käytöstä

- Punainen väri osoittaa seinän kallistuksen ulos, sininen väri sisäänpäin

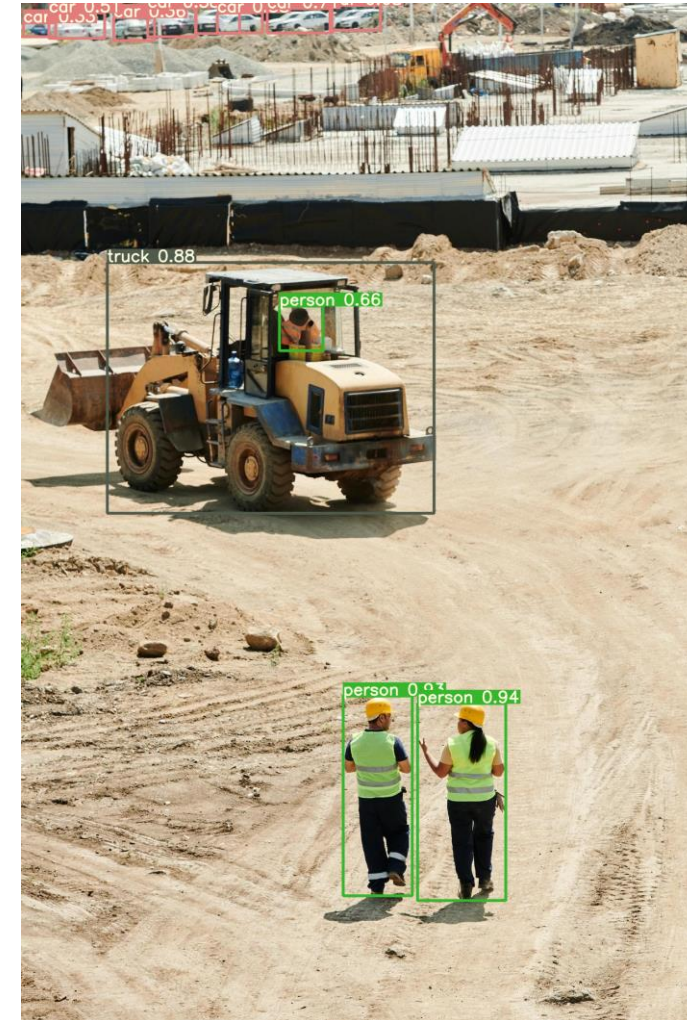
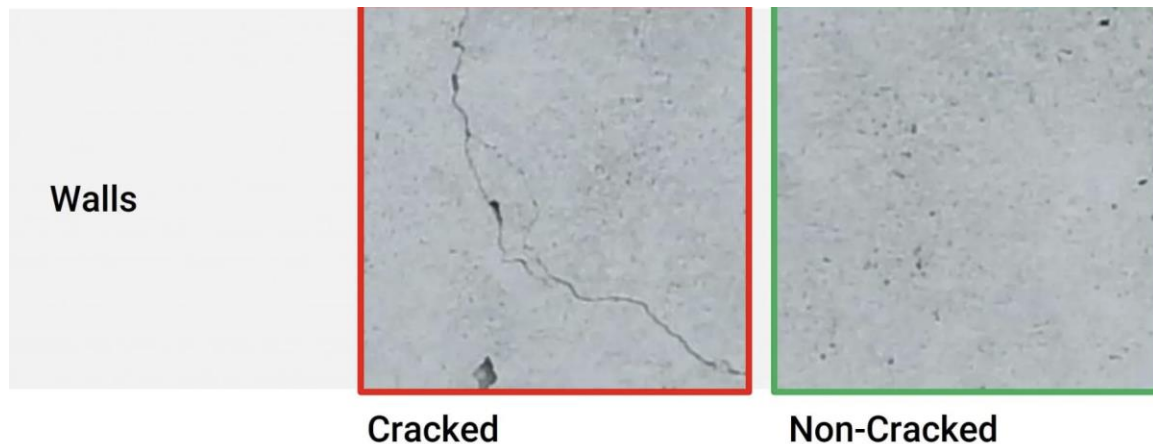


Robotit tiedonkeruussa



Konenäkö

- Koneiden ja ihmisten tunnistus
- Työmaan omaisuuden seuranta ja hallinta
- Autonominen laadunvalvonta
- Materiaalien tarkastus
- Työergonomian seuranta



Liikkuvat robotit

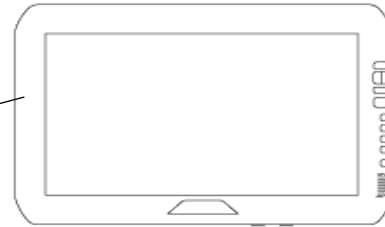


Spot with Trimble X7

Tekniset ominaisuudet	
Maksiminopeus	1,6 m/s
Keskimääräinen käyttöaika ladattuna	1,5 h
Latausaika	Noin 2 h
IP-luokitus	IP54
Käyttölämpötila	-20°C ... +45°C
Toiminta kaltevilla pinnoilla	+/- 30 astetta
Maksimi askelpituus	300 mm
Maksimi päällelastattava kuorma	14 kg
Kameroiden määrä	5
Yhteydet	WiFi 2,4 Gh / 5 Ghz



Trimble tablet ja
FieldLink Robotics-
module



T100 Tablet
(T10 supported)



X7 Laser
Scanner

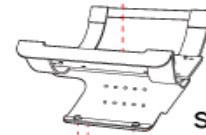
Trimble X7-
laserkeilain

Spot EAP

Velodyne LiDAR
(part of EAP)



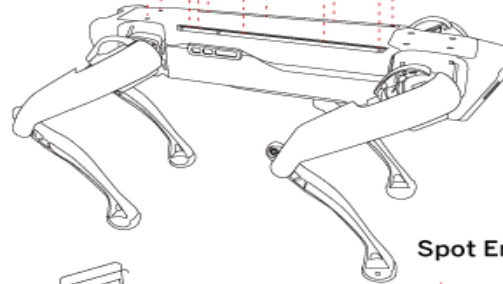
Spot CORE
(part of EAP)



Spot Defender

Spot
Defender

Spot
Enterprise

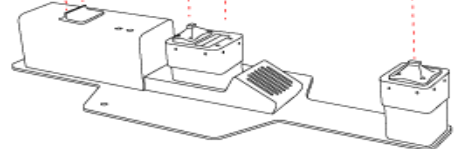


Spot Enterprise Robot

Docking
Fiducial



Docking Station



Spot Dock



Autonomiset dronet

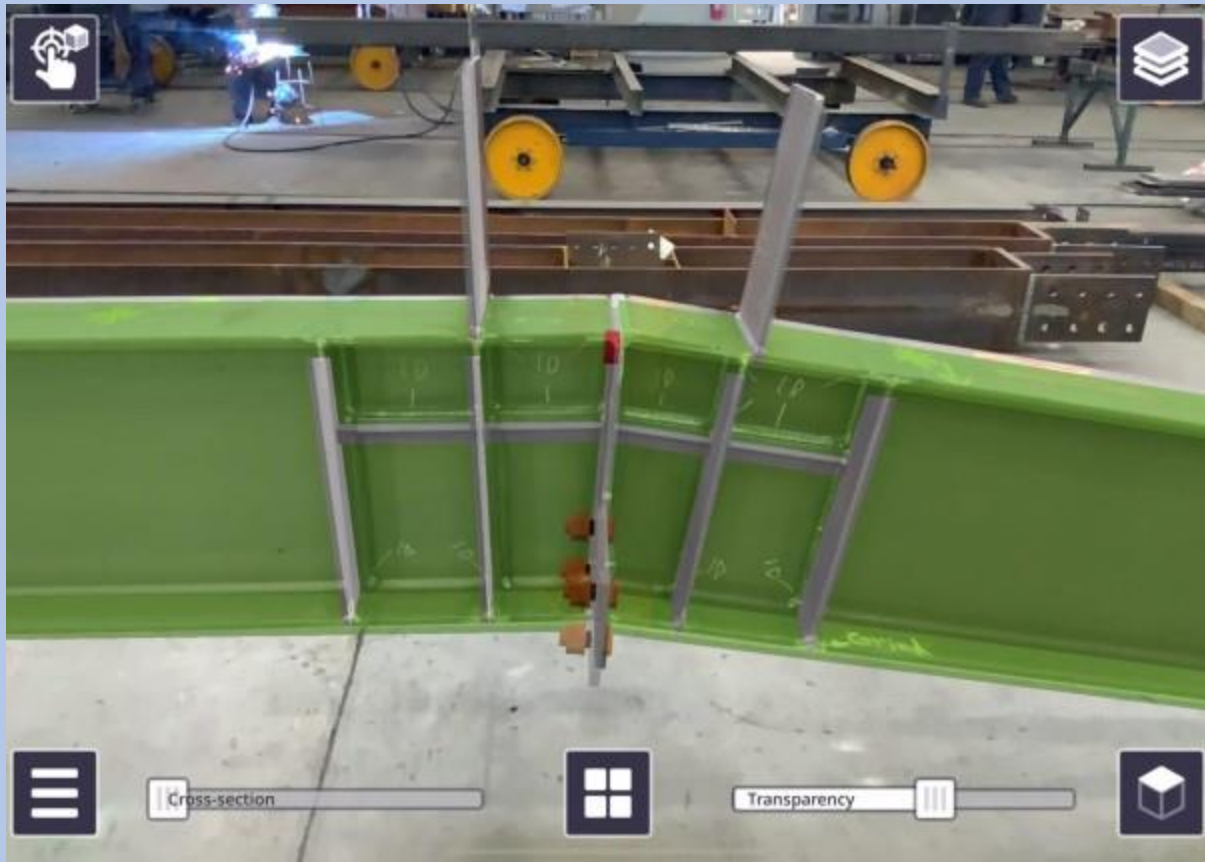
- Autonomiseen tiedonkeruuseen ilmasta



Autonomiset työkoneet



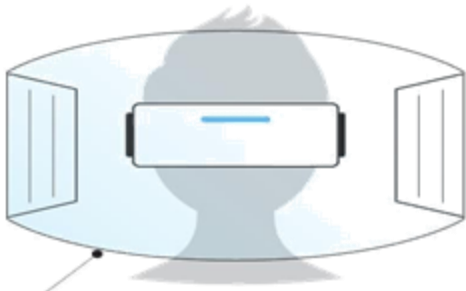
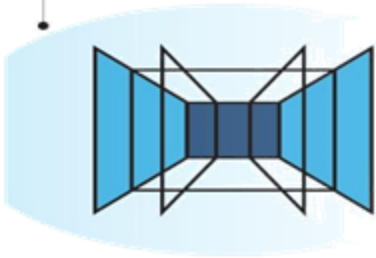
Lisätty ja yhdistetty todellisuus rakentamisessa



Kokonaan tietokoneella
luotu ympäristö

VIRTUAL REALITY (VR)

Completely digital environment



Fully enclosed, synthetic experience
with no sense of the real world.

Suljettu, synteettinen käyttökokemus,
ei yhteyttä reaali maailmaan

Reaali maailma, jonka päällä
digitaalinen taso

AUGMENTED REALITY (AR)

Real world with digital
information overlay



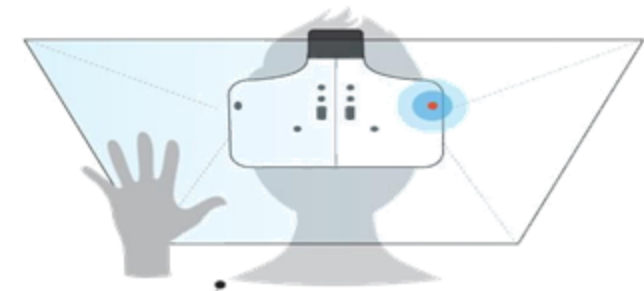
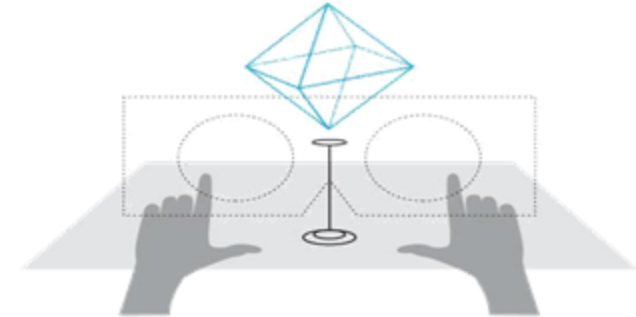
Real world remains central
to the experience, enhanced by
virtual details.

Reaali maailma käyttökokemuksen
keskiössä, tehostettu virtuaalisilla
yksityiskohdilla

Reaali maailma ja virtuaali maailma
kietoutuneet toisiinsa

MERGED REALITY (MR)

Real and the virtual are intertwined



Interaction with and manipulation
of both the physical and
virtual environment.

Mahdollista olla vuorovaikutuksessa
ja käsitellä sekä fyysistä
että virtuaali ympäristöä

Mihin käytetään rakentamisessa?

- Suunnitelmien havainnointi ja visualisointi todellisessa ympäristössä
- Virheiden ja ongelmakohtien havaitseminen ajoissa
- Senttitarkkaan mittaamiseen ja esim. pinta-alojen laskentaan
- Suunnittelun ja työmaan yhteistyön parantamiseen

GNSS-tekniologiaan perustuva lisätyn todellisuuden ratkaisu – Trimble SiteVision

- Satelliittitekniologian avulla mallien paikannus todelliseen ympäristöön
- Tarvittaessa tarkkuus on senttimetriluokkaa



Trimble SiteVision-järjestelmä



INTEGROITU SENSORIKAHVA

Käsihva laseretäisyysmittarilla

Yhdistää Catalyst-antennin, etäisyysmittarin ja älypuhelimien yhdeksi kokonaisuudeksi



TRIMBLE CATALYST

GNSS-antenni ja paikannuspalvelu

Senttitarkka RTK-sijainti Trimble Catalyst antennin ja **Trimnet AR** -korjauspalvelun avulla



SITEVISION SOVELLUS

Lisätyn todellisuuden sovellus

Valjastaa Google AR Coren ja Trimblen-paikannusteknologian mitatun tai suunnitellun tiedon AR-visualisointiin



BYO (Bring Your Own) PUHELIN

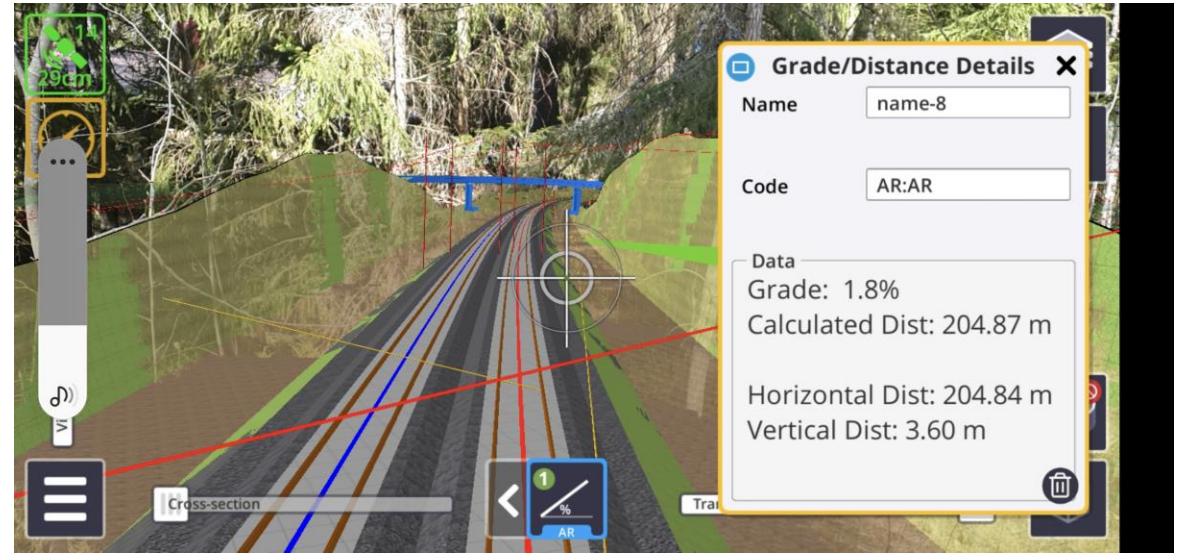
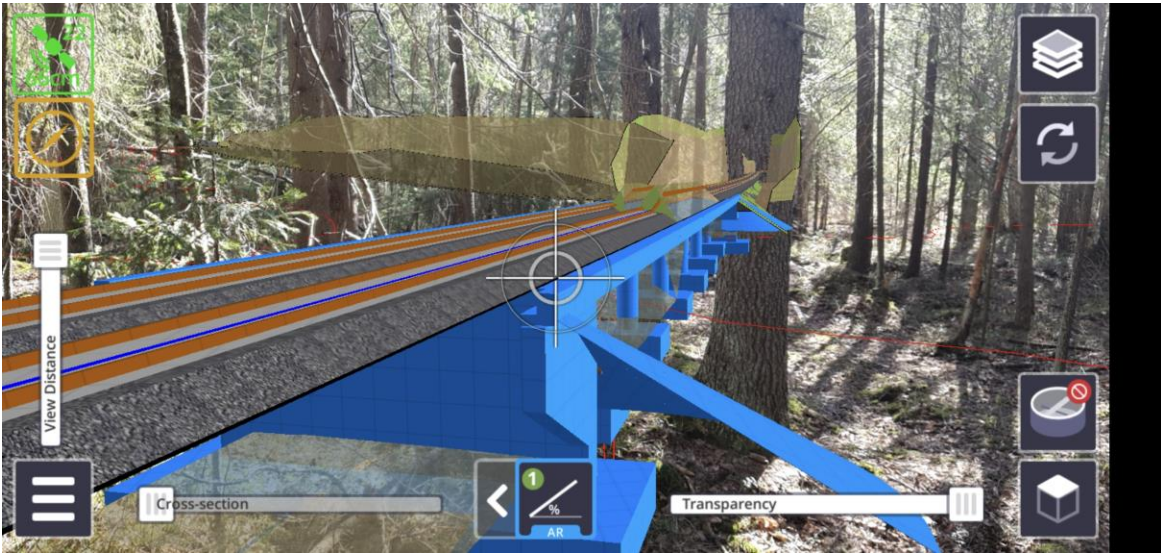
Android – älypuhelin tai tabletti

Yhteensopivan älypuhelimien laskentateho käytetään sijainnin, mallin orientoinnin ja visualisoinnin määrittämiseen SiteVision –sovelluksessa

Käyttösovellukset, SiteVision

- Suunnitelmien visualisointi maastossa
- Maanalaisten rakenteiden visualisointi
- Abstraktien kohteiden visualisointi
- Mittaus (GNSS, EDM tai AR)
- Tarkkeet
- Raportointi







RECORD MISSING FEATURES

Trimble XR10 with HoloLens 2

Trimble Connect MR



Trimble XR10 with HoloLens2

- Turvakypärään integroidut HoloLens2-virtuaalilasit
- Trimble Connect for HoloLens
 - Mallien, suunnitelmien ja dokumenttien jakamiseen ja yhteiskäyttöön
 - Tuetut tiedostomuodot: .SKP, .IFC, .RVT, .DWG, .DXF ja muita



XR10 with HoloLens2-järjestelmän komponentit

Viiden mikrofonin muodostama synkronoitu äänen taltiointi ja luujohtoiset kuulokkeet



Trimble Connect for HoloLens-pilvipalvelu mallien jakamiseen



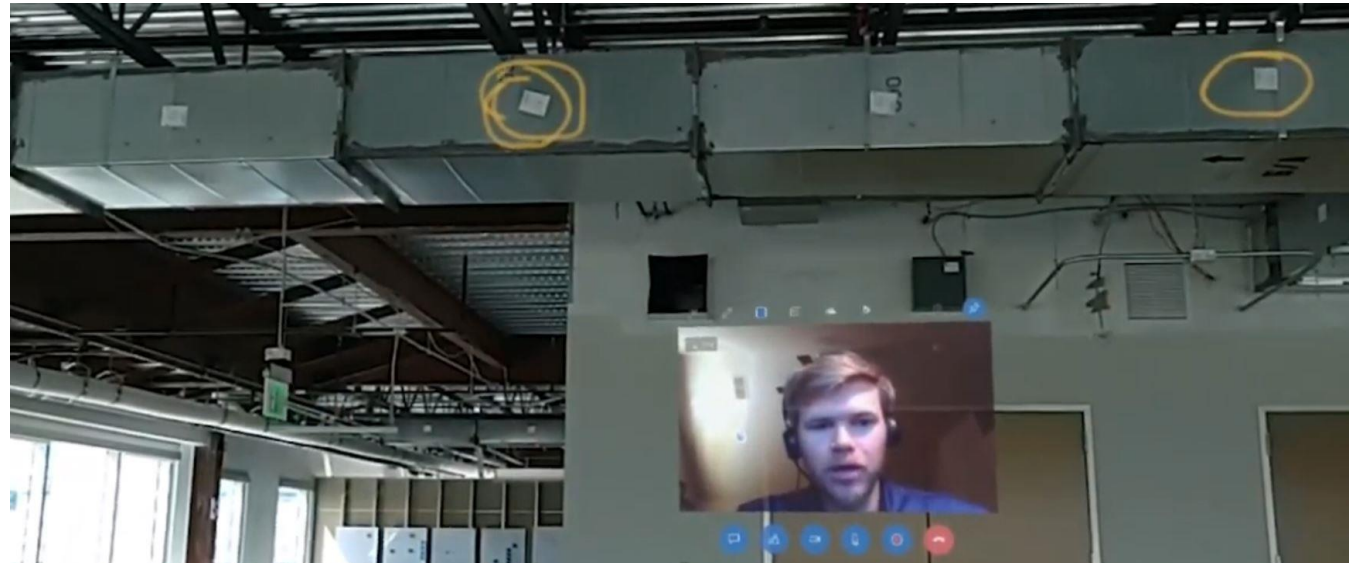
Määräysten mukainen turvakypärä rakennustyömaalle

Microsoft HoloLens 2-virtuaalilasit

Paino 1,25kg

Käyttösovellukset

- Mallien ja suunnitelmien tarkastelu todellisessa ympäristössä
- Merkinnot ja huomautukset malliin
- Työmaapalaverit ja –katselmukset etäyhteydellä
- Asennustyöt ja korjaukset etäyhteydellä

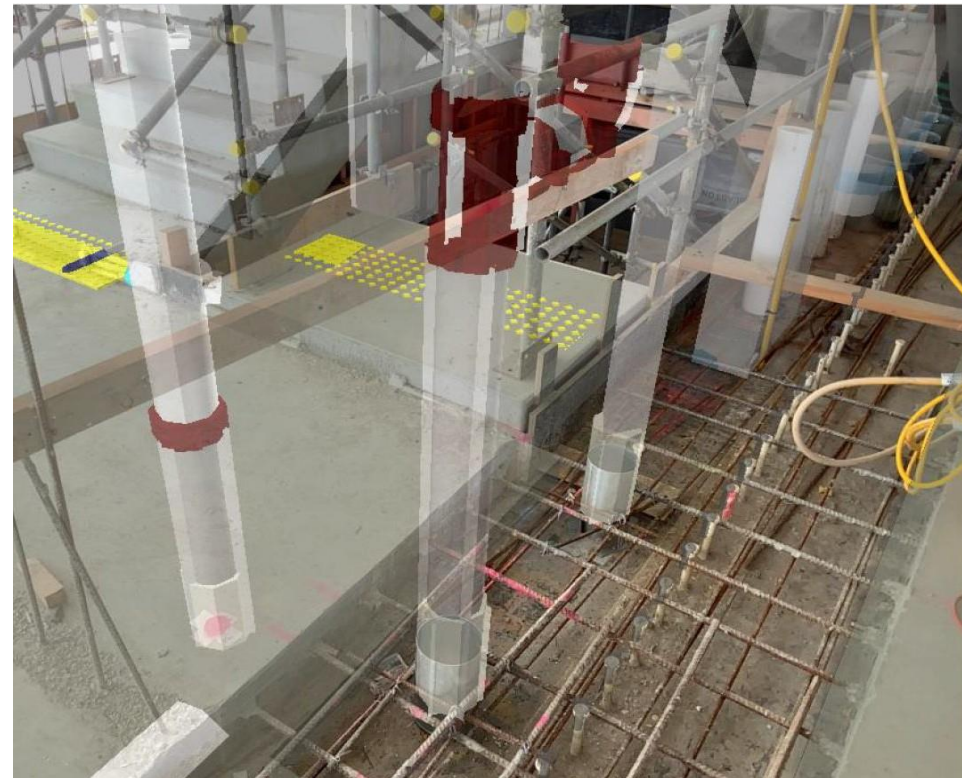




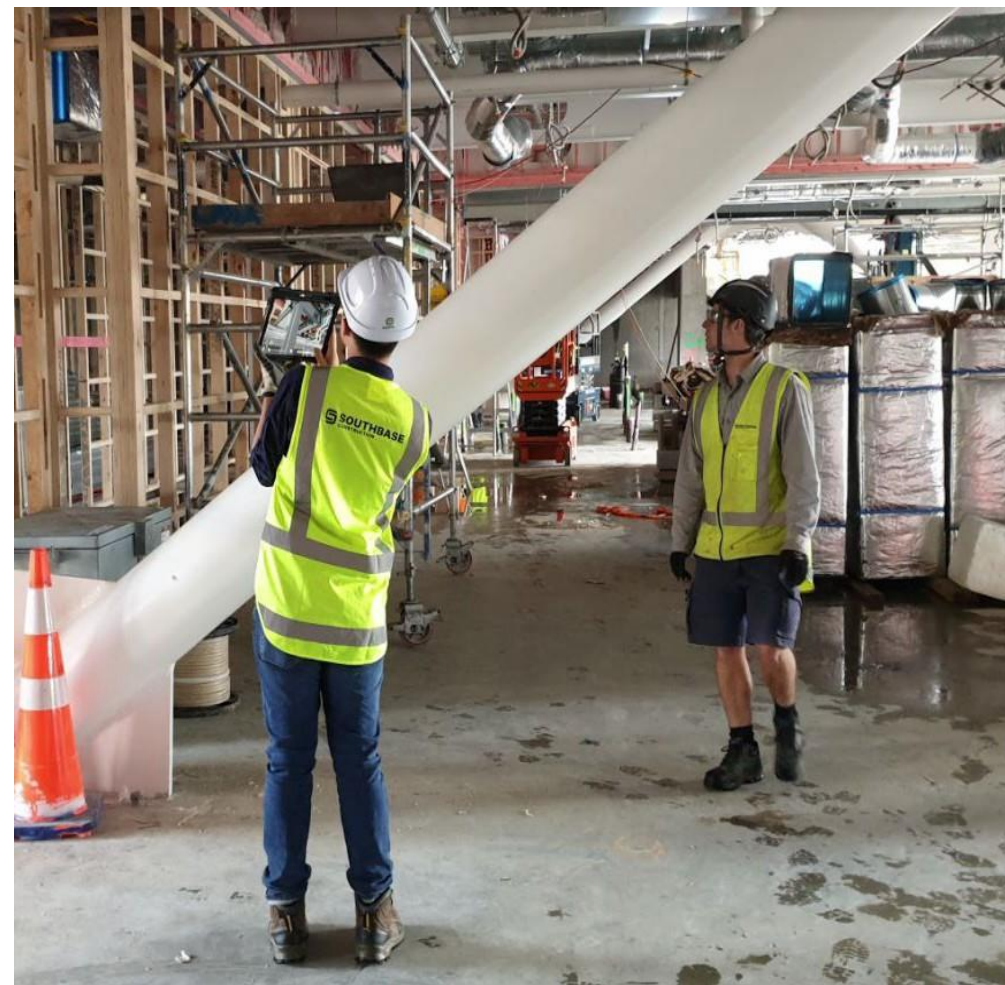
Trimble Connect AR

Trimble Connect AR

- 1:1-skaalattu lisätyn todellisuuden näkymä 3D-mallista
- Tabletilla tai puhelimella
 - iOS ja Android
- Tuetut tiedostomuodot
 - Nawisworks
 - Revit
 - IFC
 - SketchUp
 - DWG
 - TRB



- Esivalmistuksen koordinointi
- Rakenteiden tarkastus
- As built-tarkastukset ja laadunvalvonta
- Helppo käyttää
- QR-koodeilla mallien asemointi helposti paikoilleen
- Trimble Connectin avulla sujuvat tiedonkulut ja mahdollisuus käsitellä isojakin tiedostokokoja





Kiitos



Rakennustyömaiden työnjohdon digitaalitojen vahvistaminen (DigiMestari) ESR-hanke
Hanke rahoitetaan osana unionin Covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

DigiMestari