

# Infra-alan työmaamittauksen ja laadun digitaalisuus

Geotrim Oy

Kari Immonen

[Kari.immonen@geotrim.fi](mailto:Kari.immonen@geotrim.fi)



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

DigiMestari

# Sisältö

- Paikannusjärjestelmät
  - Takymetri
  - GNSS
  - IS käyttö
  - IMU ja muut teknologiat
- Työmaamittauksen digitaalisuus
  - Mittalaitteiden käyttö työmaalla
  - Suunnitelman käyttö
- Drone tiedonkeruussa
  - Käyttöesimerkkejä
- Laserkeilaus ja pistepilvet
  - Staattinen ja liikkuva
  - Pistepilven käsittely

# Paikannusjärjestelmät



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



# Paikannusjärjestelmät- Takymetri

- Elektro-optiset sensorit
- Integroitu laserkeilaus
- Tyypillinen tarkkuus 1-3 mm @ 1000m
- Käytetään esim tarkkuutta vaativissa mittauksissa ja tiehöylän paikantamisessa



Kuva: Geotrim / Trimble Navigation Ltd

# Takymetri - toimintaperiaate

- Takymetrin osat



Kuva: Geotrim verkkokoulutus

# Takymetrikalusto

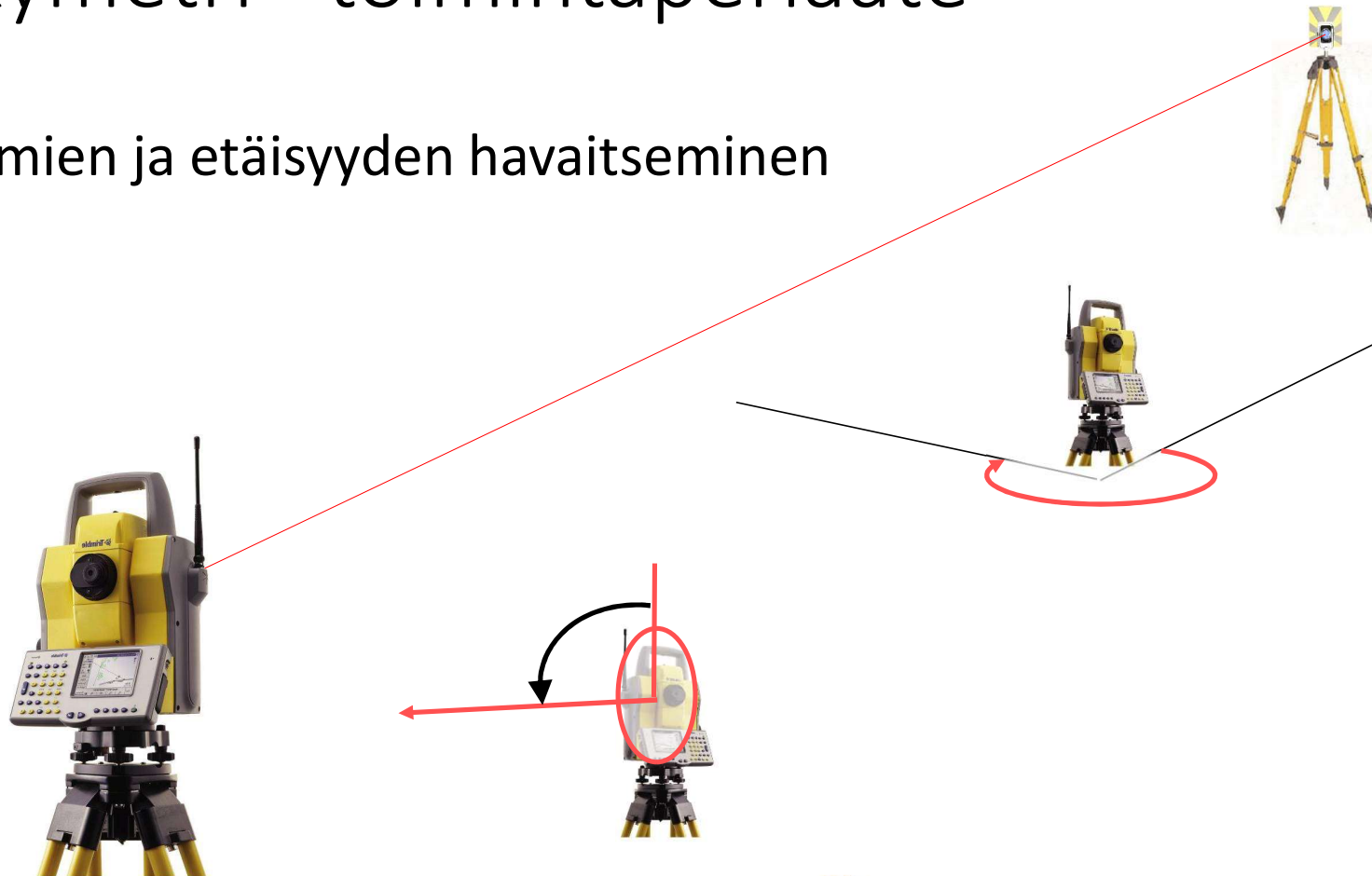
- Tyypillinen kokoonpano



Kuva: Geotrim verkkokoulutus

# Takymetri - toimintaperiaate

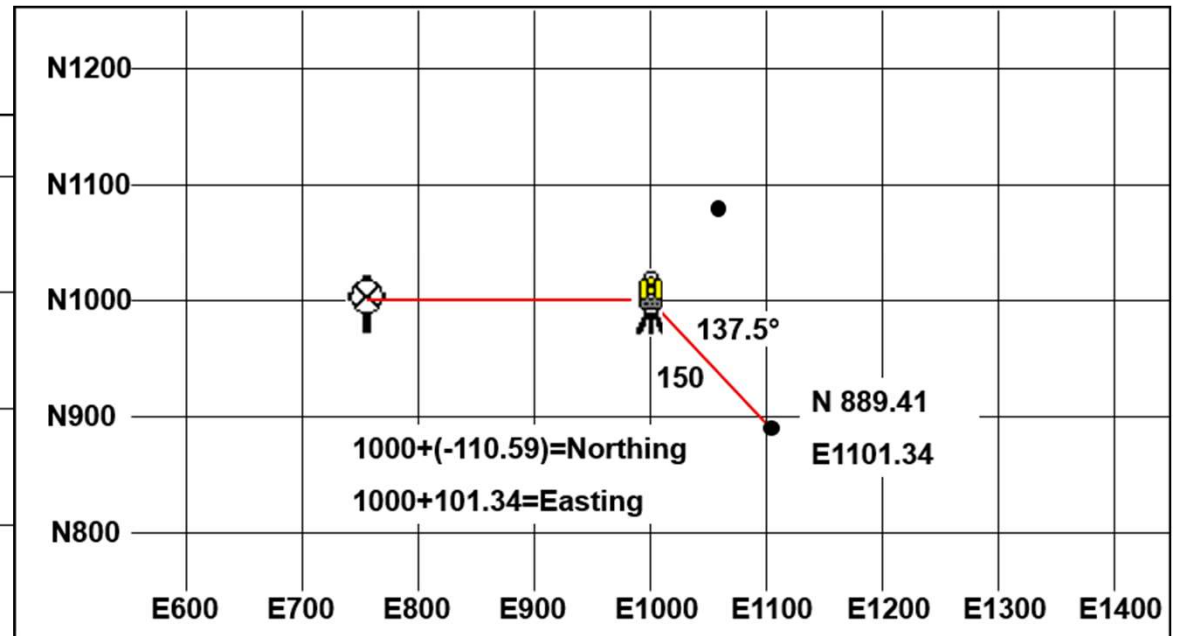
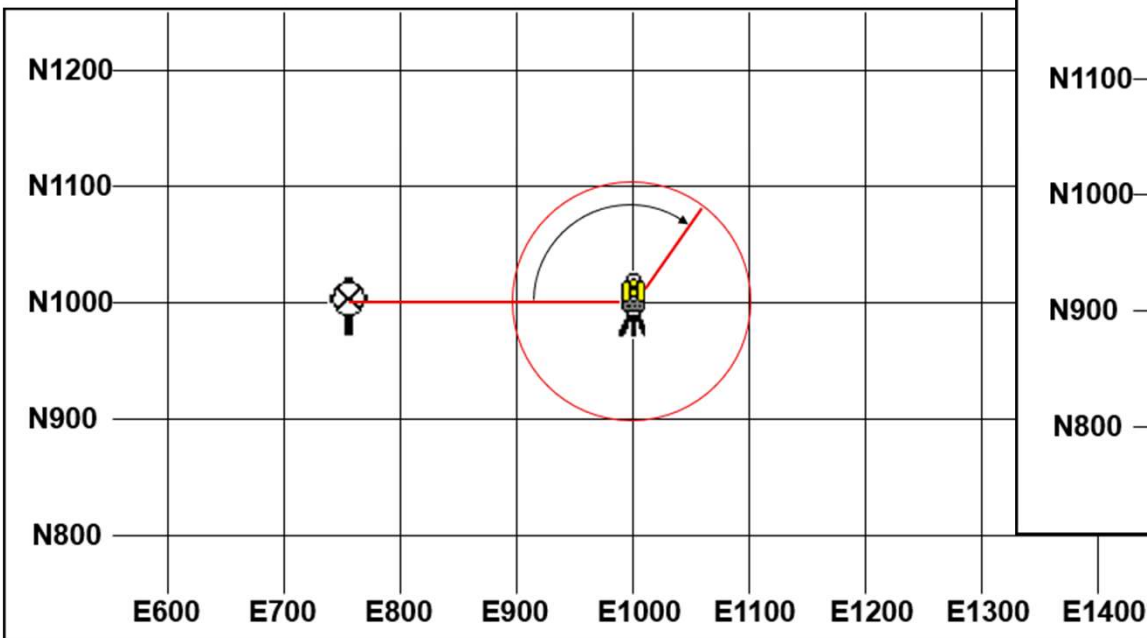
- Kulmien ja etäisyyden havaitseminen



Kuva: Trimble Navigation Ltd

# Takymetri - toimintaperiaate

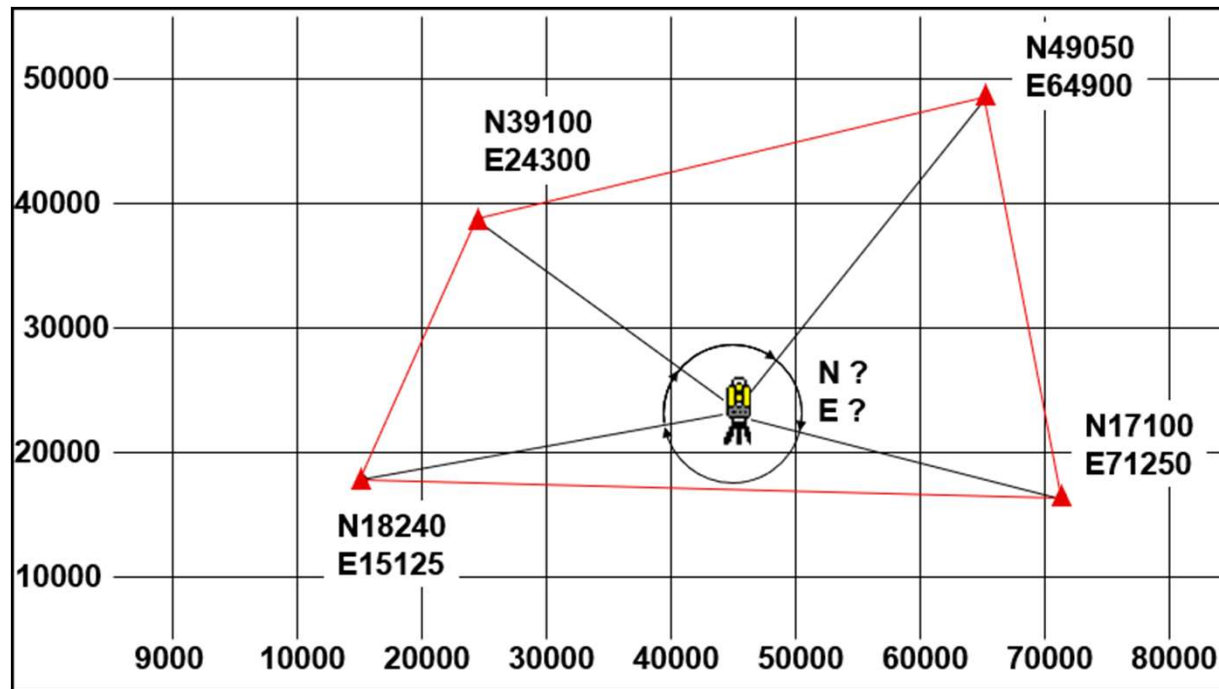
- Koordinaattien laskenta em havainnoilla



Kuva: Geotrim / Trimble Navigation Ltd

# Takymetri - toimintaperiaate

- Vapaa kojeasema



Kuva: Geotrim / Trimble Navigation Ltd

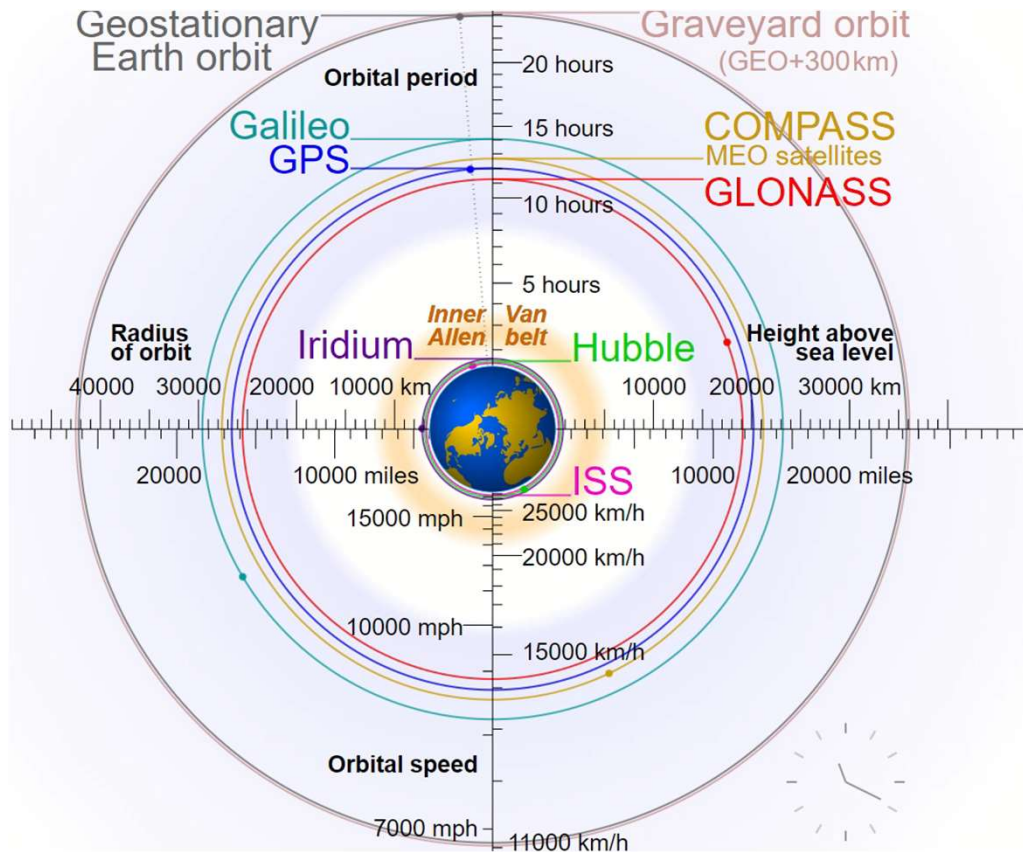
# Paikannusjärjestelmät - GNSS



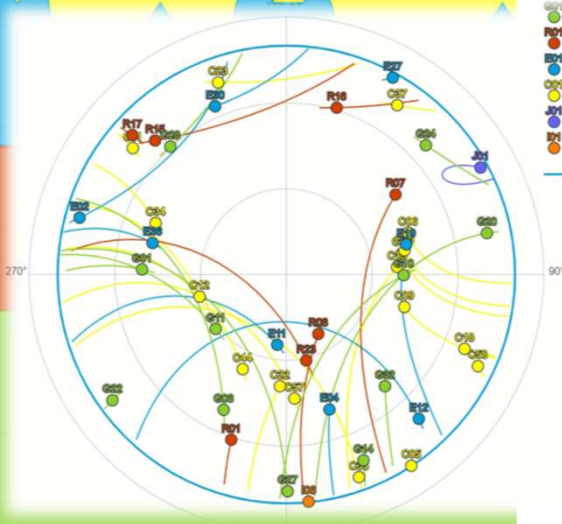
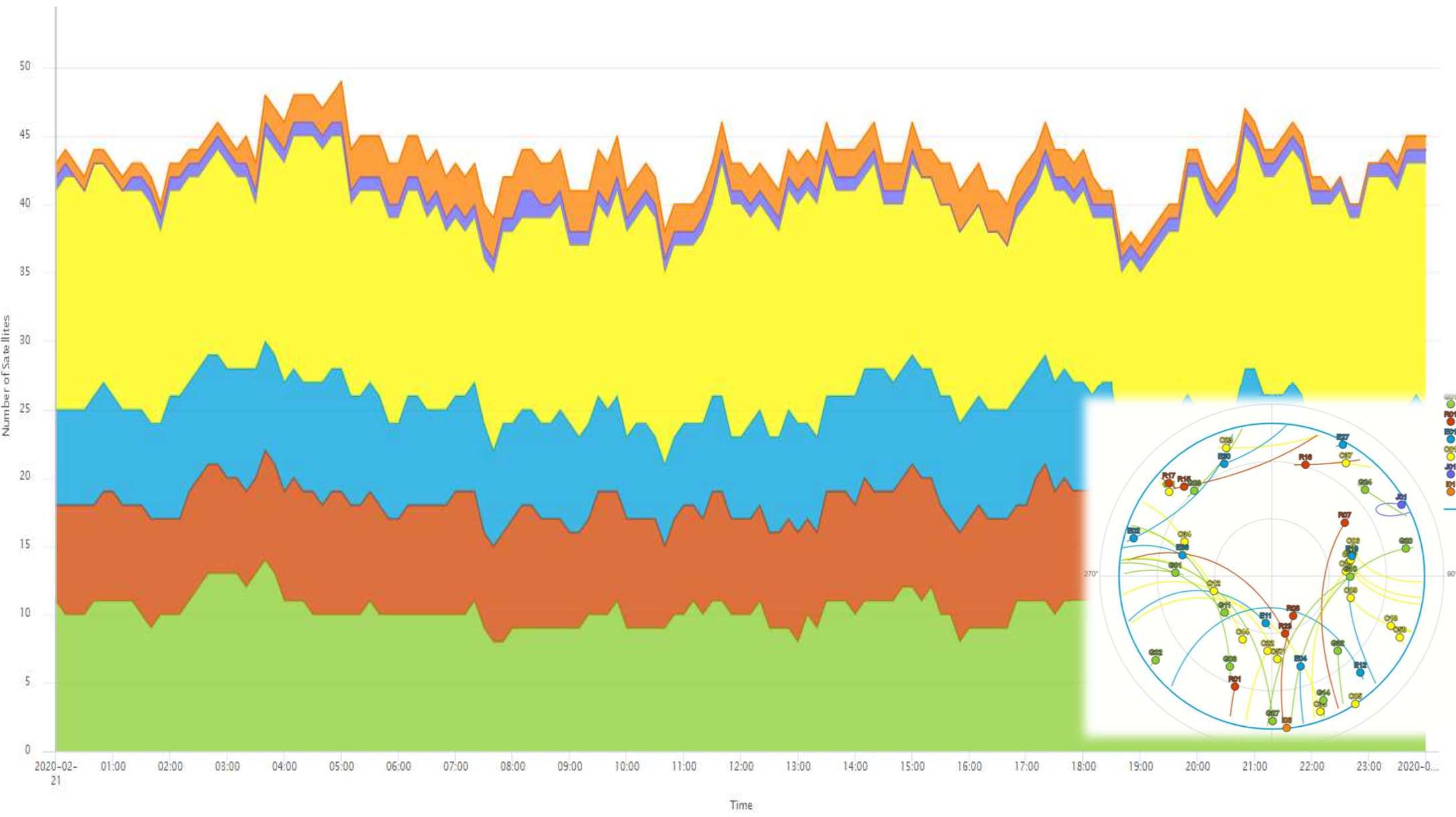
Rakennustyömaiden työnjohdon digitaitojen vahvistaminen (DigiMestari) ESR -hanke  
Hanke rahoitetaan osana unionin Covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

DigiMestari

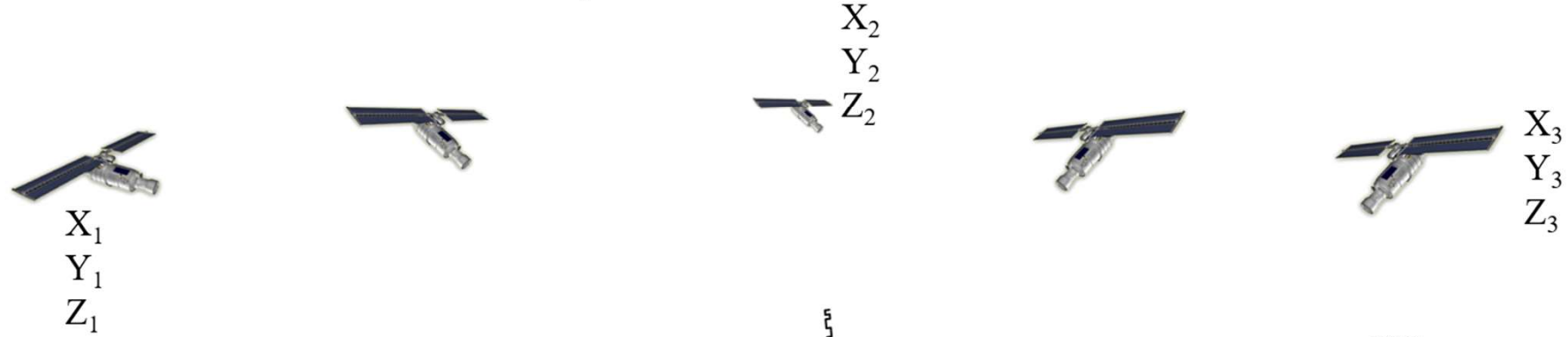
# Paikannussatelliitteja taivaalla



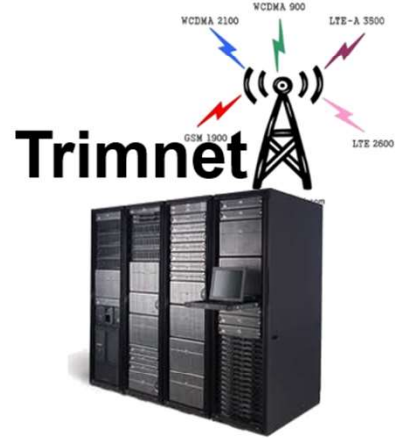
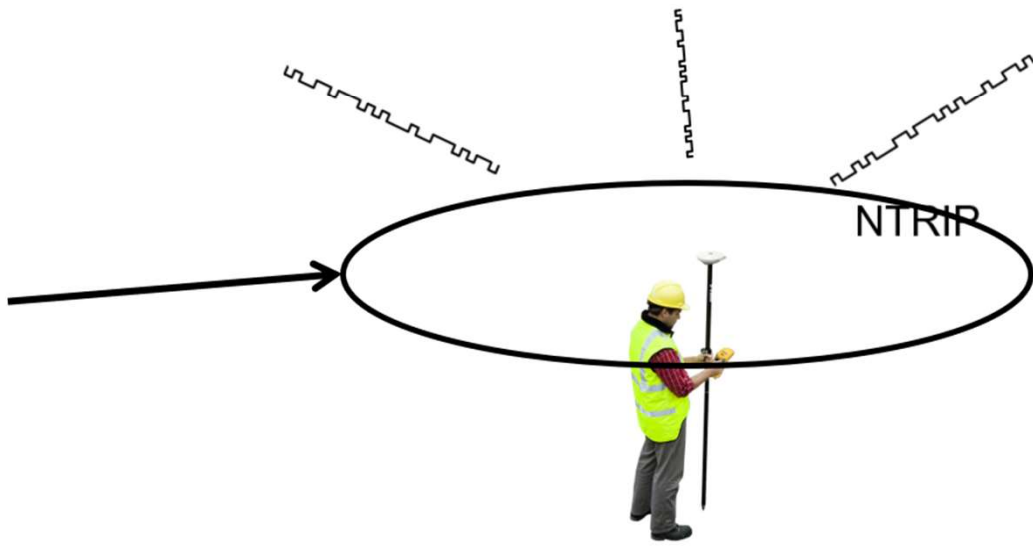
- Paikannussatelliittien seuranta
- GPS
- Glonass
- Galileo
- Beidou



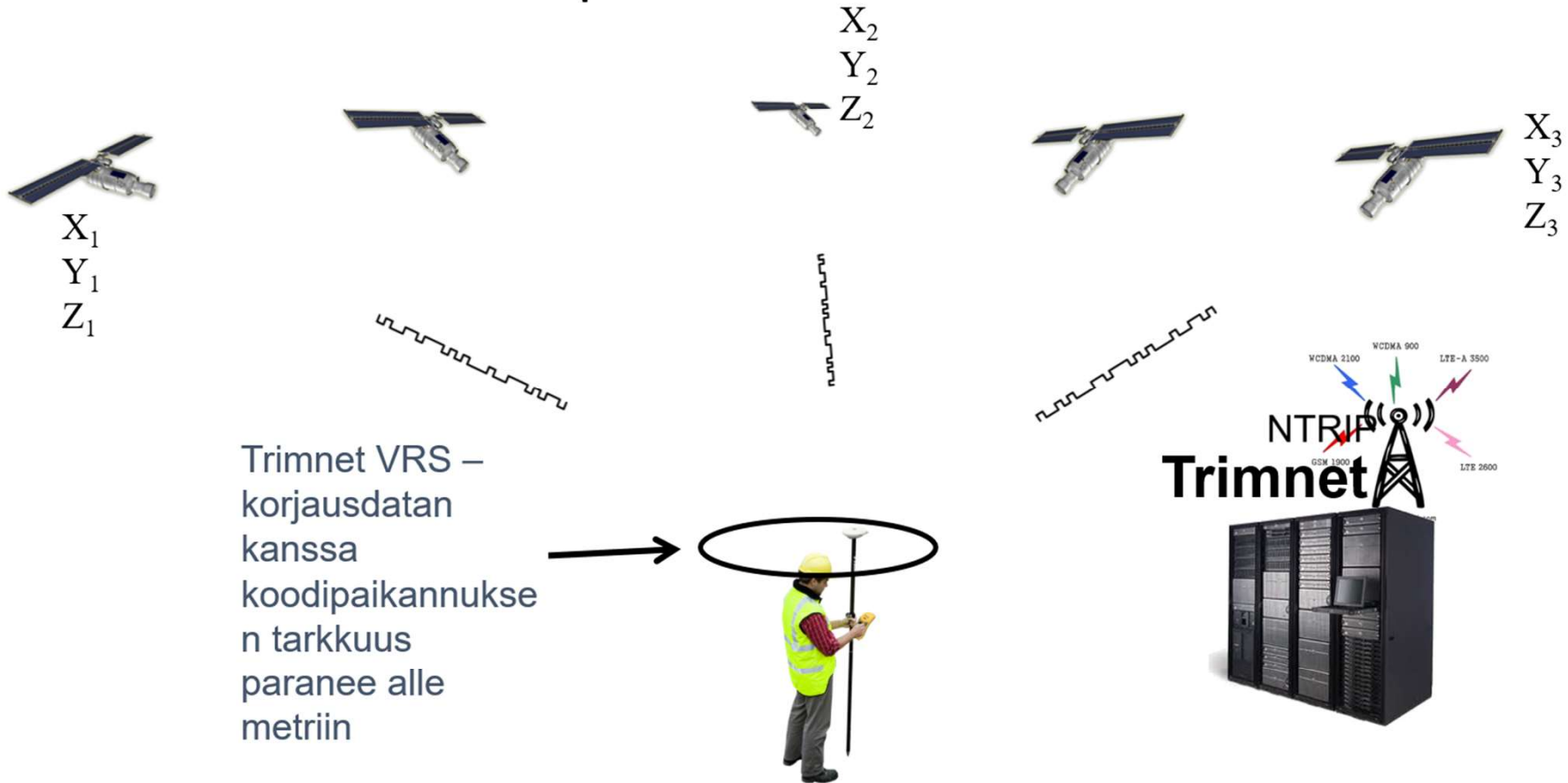
# GNSS – toimintaperiaate - RTK



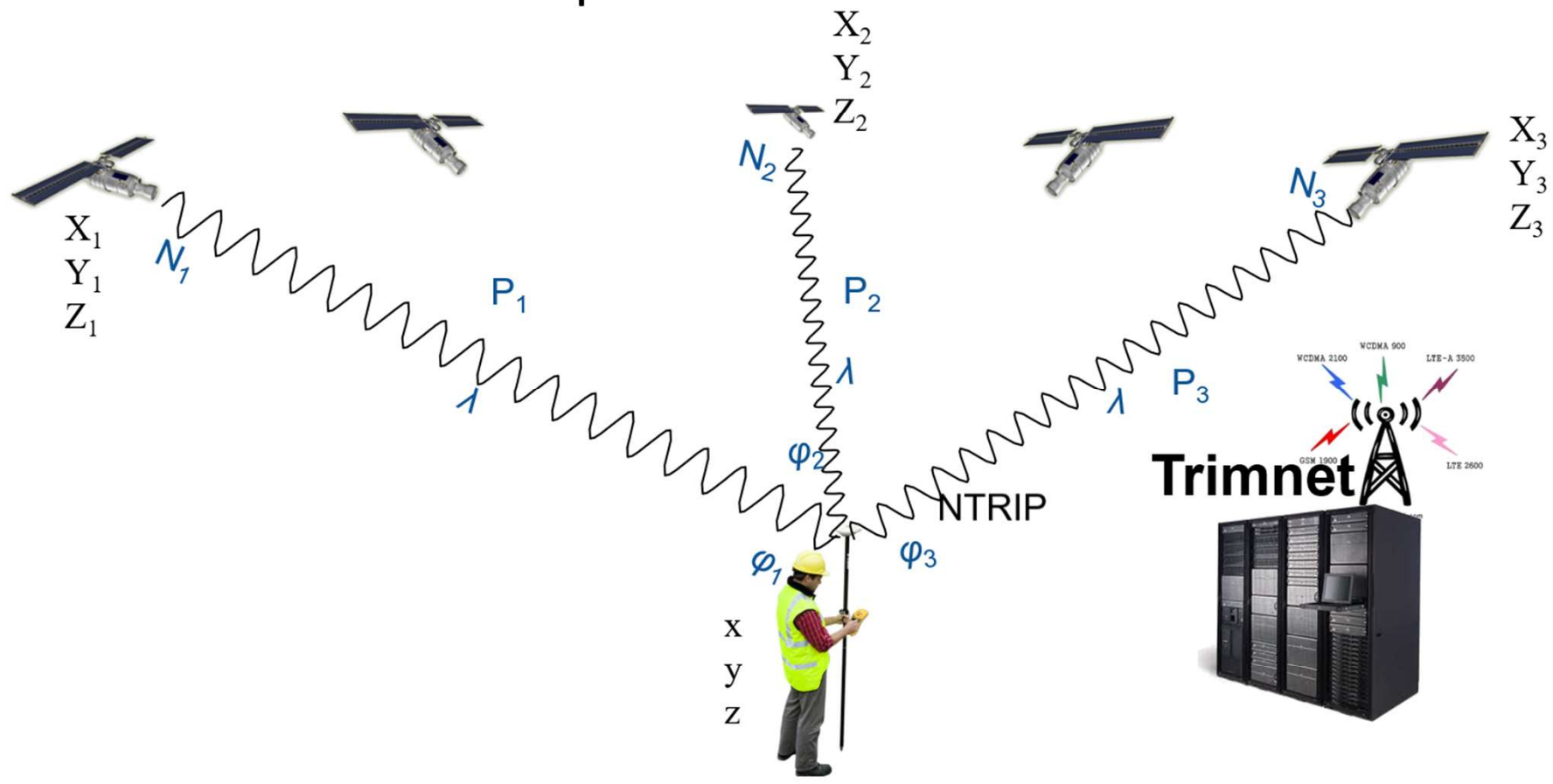
Kun käytössä on vähintään neljä satelliittia, saadaan koodihavaintoihin perustuva xyz – sijainti 5-10 m tarkkuudella



# GNSS – toimintaperiaate - RTK



# GNSS – toimintaperiaate - RTK



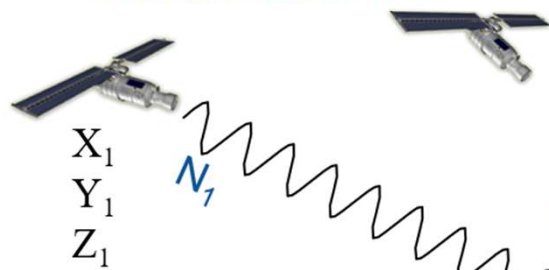
$$P \equiv \lambda \left( \frac{\varphi}{2 \cdot \pi} + N \right) = \sqrt{(x - X)^2 + (y - Y)^2 + (z - Z)^2} + c(\Delta t - \Delta T) + \dots$$



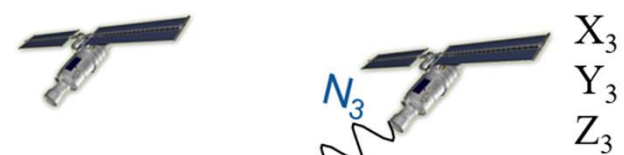
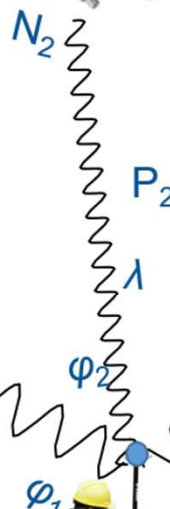
# GNSS – toimintaperiaate - RTK

Virhettä satelliittien koordinaateissa

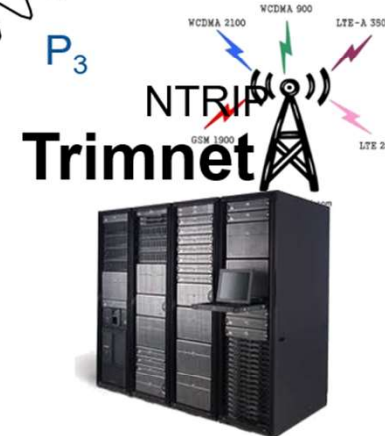
Virhettä satelliittien kellovirheissä



X<sub>2</sub>  
Y<sub>2</sub>  
Z<sub>2</sub>



Virhettä rataparametreissa



Ilmakehä aiheuttaa virhettä:

- Troposfääri
- Ionosfääri

Virheet eri lähteistä

RTK H:0.003m V:0.005m

x  
y  
z



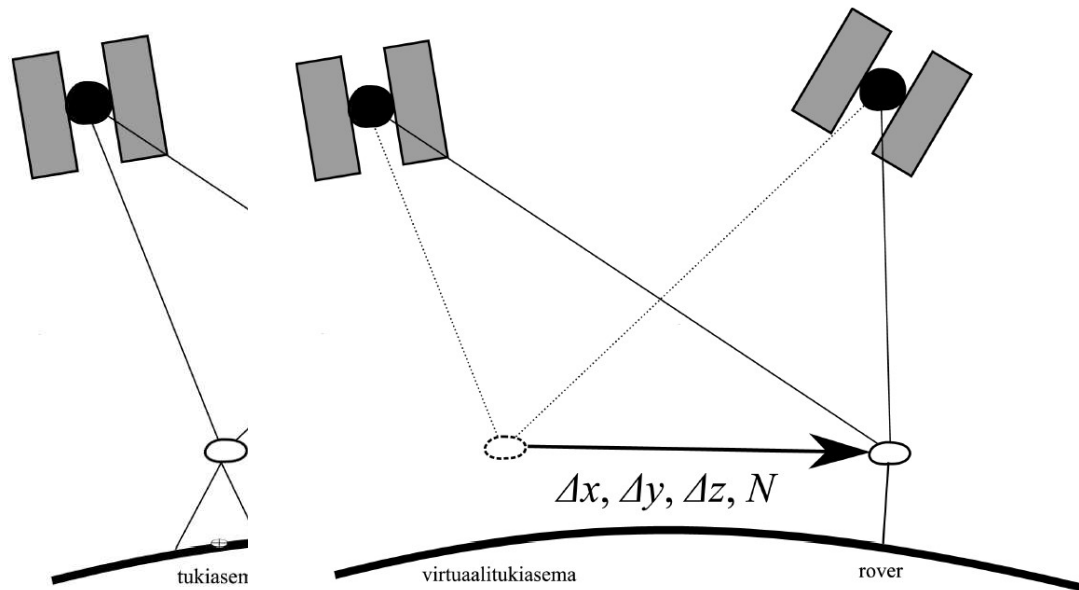
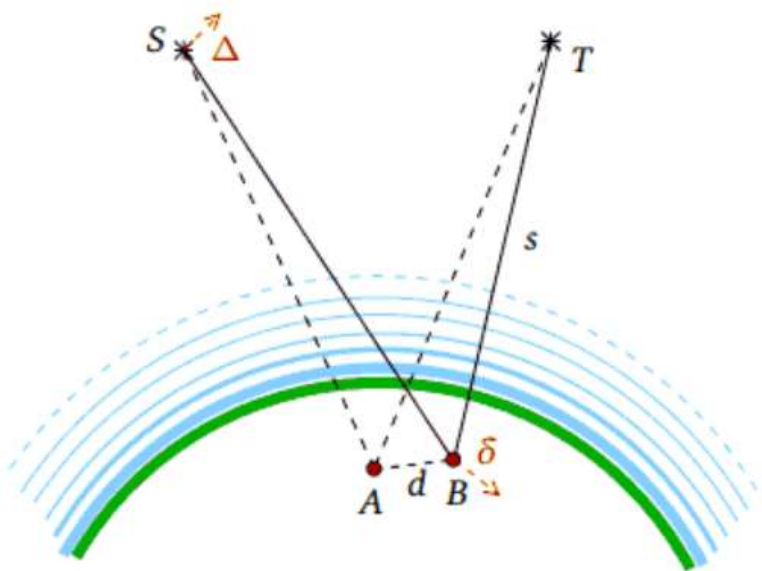
$$P \equiv \lambda \left( \frac{\varphi}{2 \cdot \pi} + N \right) = \sqrt{(x - X)^2 + (y - Y)^2 + (z - Z)^2} + c(\Delta t - \Delta T) + \dots$$

AB University of applied Sciences



# Cm-tarkka satelliittimittaus

- Erotushavainnot: moni virhelähde pienenee, mutta sijainti ei ole absoluuttinen vaan suhteellinen



# Paikannusjärjestelmät - GNSS

- Käyttösovelluksia
- GNSS - RTK
- DGNS
- Autonominen



Koneautomaatio, infra



# Teknologioiden yhdistäminen



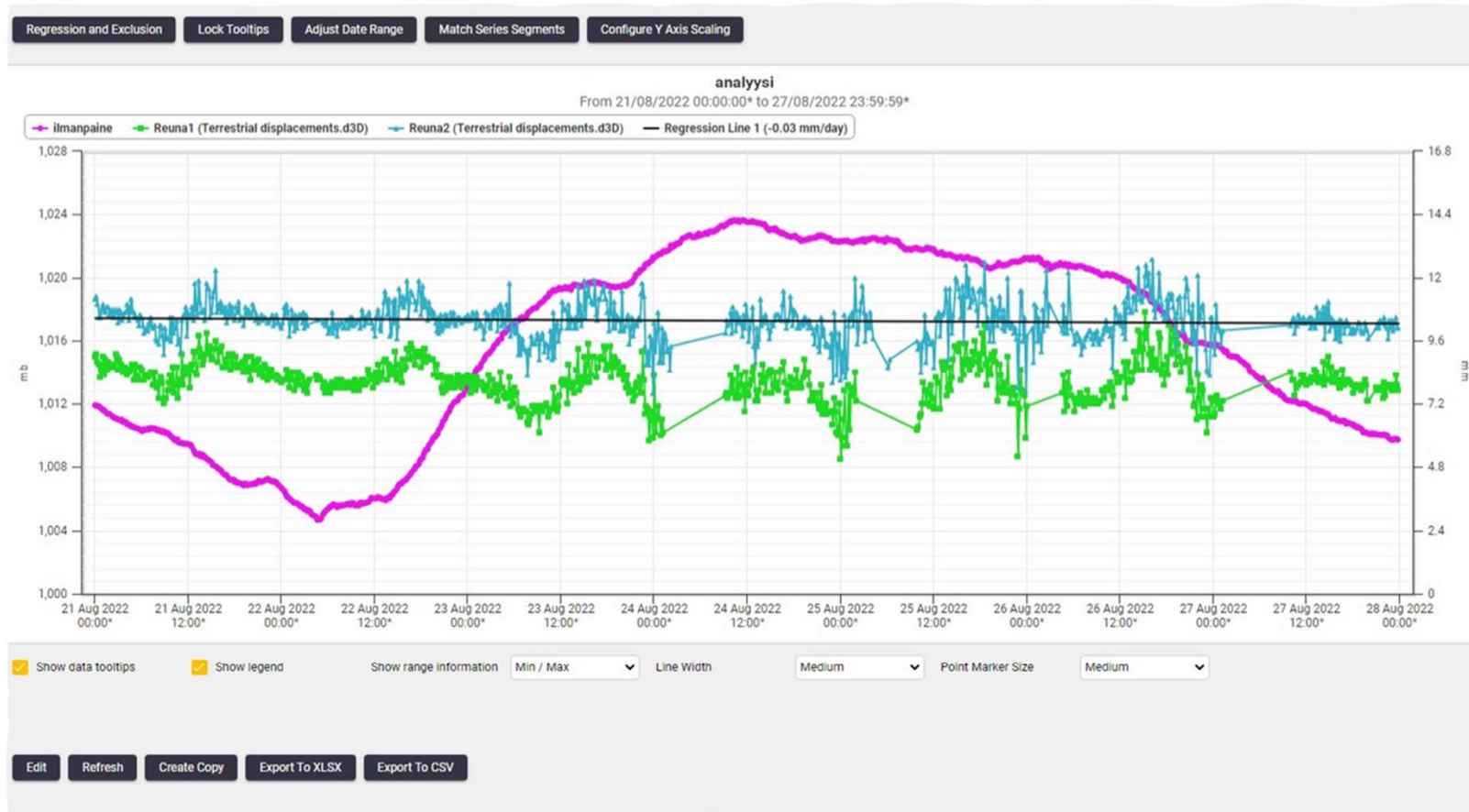
# Erikoissovelluksia



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



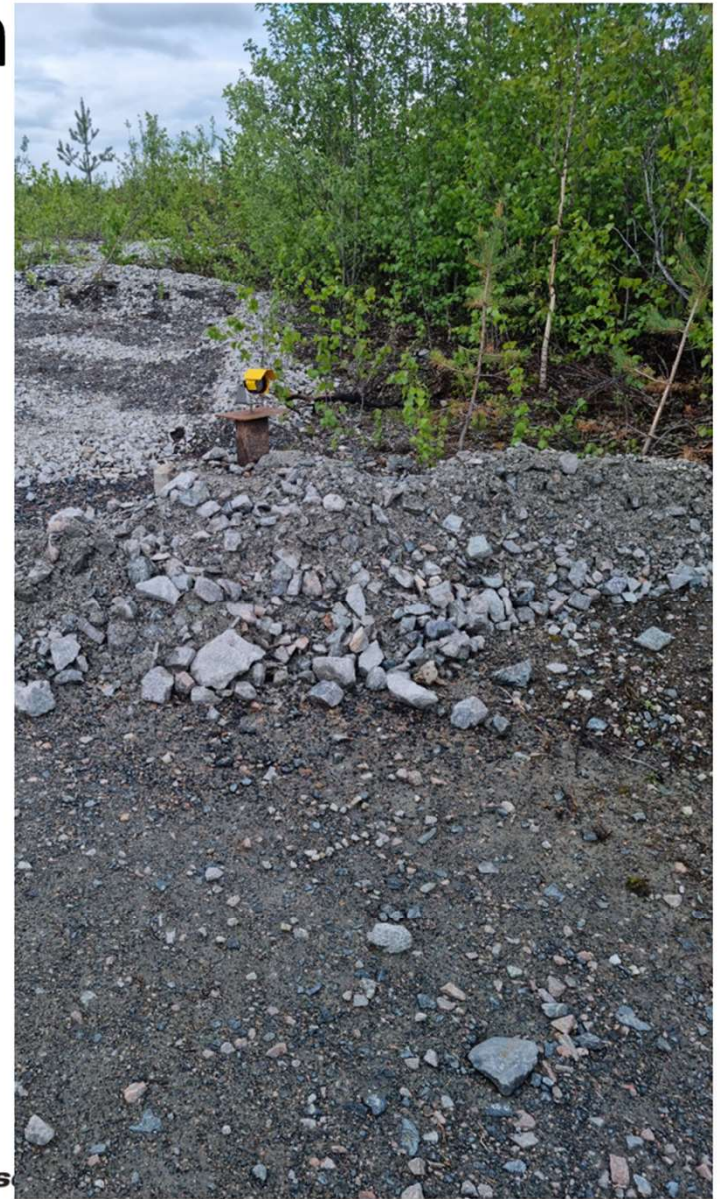
# Kohteiden sijainnin ja muodonmuutosten valvonta



Kuvat: Geotrim / Trimble 4DControl



Kuvat: Geotrim / Trimble 4DControl



# IMU ja muut teknologiat

## Inertial Technology in track survey

### IMU technology

- 6-axis for rotation and linear move
- MEMS (micro electrical-mechanical)
- FOG (fiber-optic gyro)
- RLG (ring laser gyro)

### Compensating IMU trajectory drift

- IMS trajectory is in constant drift depending on time
- Lateral/vertical shift of 2mm @ 130 meters
- Referencing every 60 - 300 meters



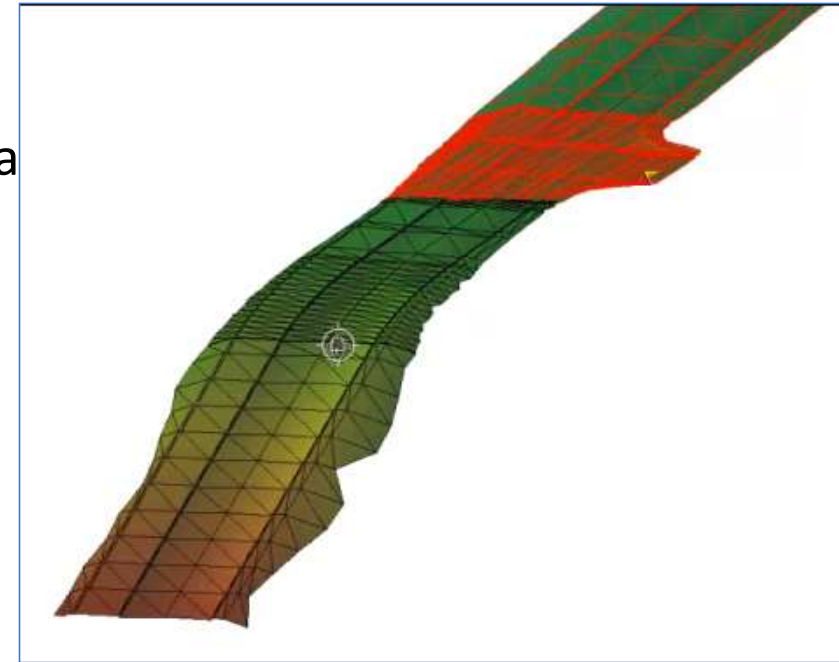
Kuva: Trimble Railway GmbH

# Mittalaitteiden käyttö työmaalla

- Tien rakentaminen ja ylläpito
- Radan rakentaminen ja ylläpito
- Laadunvalvonta
- Monitorointi

# Suunnitelma - Inframalli

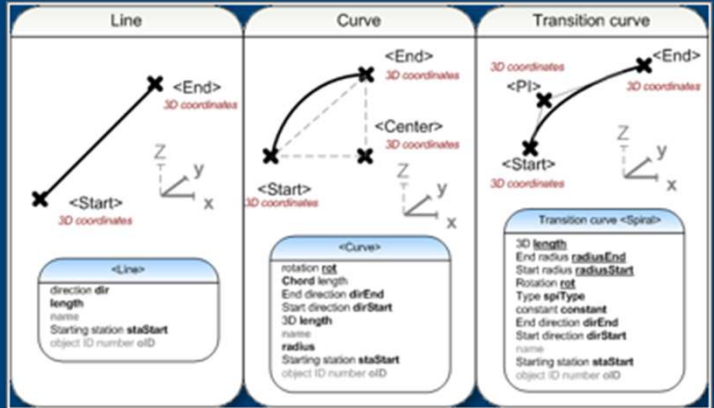
- Tyypillisesti xml tiedosto (LandXML)
  - Malli valmiiksi esim ETRS-GK25 N2000 koordinaa
- Kansainvälinen LandXML määrittely
- Paikallinen Inframodel4 xml määrittely,
- <https://buildingsmart.fi/infra/inframodel/>
- Kehitteillä IFC Infra, IFC Road, IFC Rail



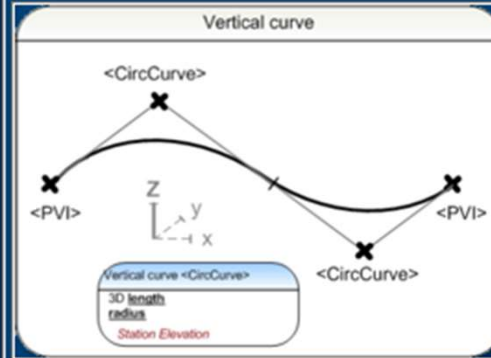
# Inframodel LandXML elementit

## Supported geometry element types

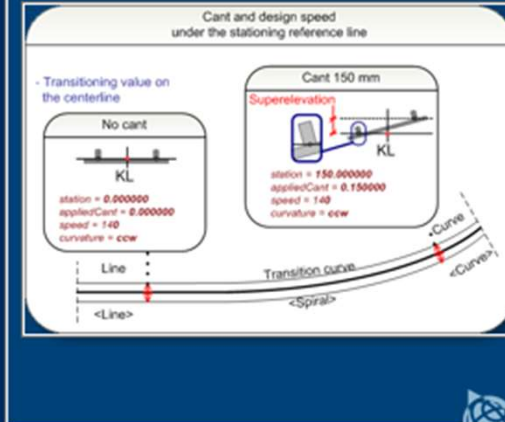
- HA elements: lines, curves, spirals (clothoid, biquadratic, cubic)



- VA elements: lines, curves

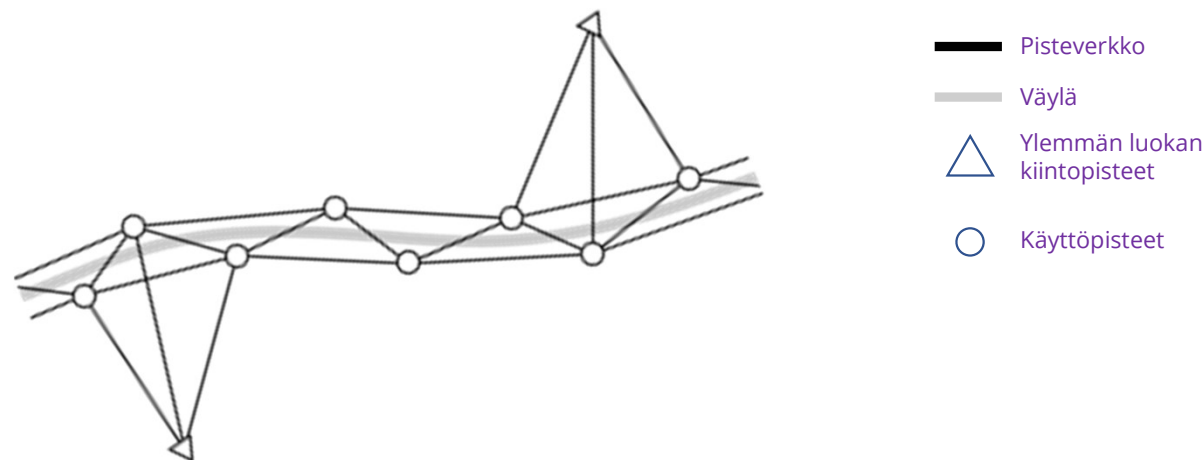


- CANT elements: linear, biquadratic and cubic ramps



# Mittausperusta

- ”Mittausperustalla tarkoitetaan pitkin ratalinjaa rakennettua kiintopisteverkkoa, jossa kiintopisteiden sijainnit tunnetaan tarkasti ja luotettavasti käytössä olevassa vertausjärjestelmässä (esim. European Terrestrial Reference System 1989 N2000)”





- Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot – Mittausohje
- [https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2017-18\\_maastotiedot\\_mittausohje\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-18_maastotiedot_mittausohje_web.pdf)
- Tasorunkomittaus (JHS184)
- Korkeusmittaus
- Laskenta ”pienimmän neliösumman virheyhtälötasoituksena
- Pisteverkon saneerauksessa omat speksit, kts Mittausohje sivut 18-19

# Droonit tiedonkeruussa



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



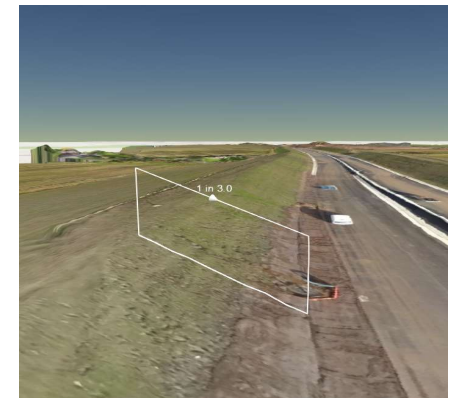
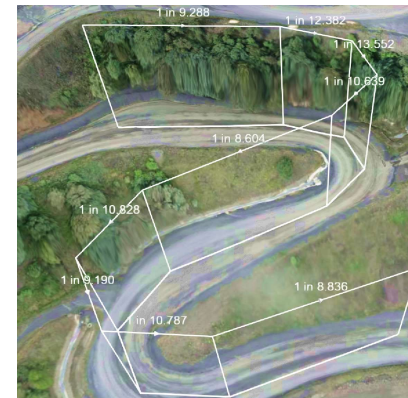
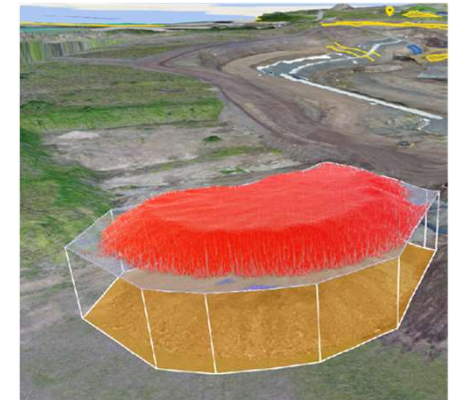
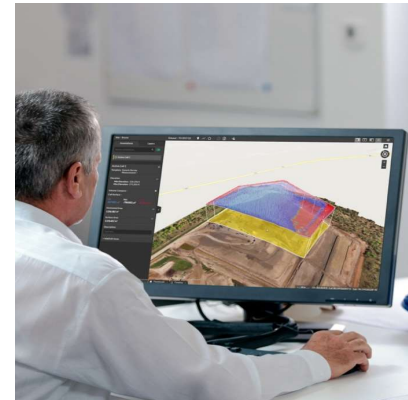
# Dronetekniikka infraprojekteissa

- **UAV-tekniikka soveltuu hyvin infraprojekteihin**
  - Suljettu ympäristö
  - Avoin maasto
  - Esteetön näkyvyys
  - Ei metsää tai aluskasvillisuutta
  - Kovat pinnat
  - Hyvä tekstuuri
  - Kooltaan usein ideaalisia

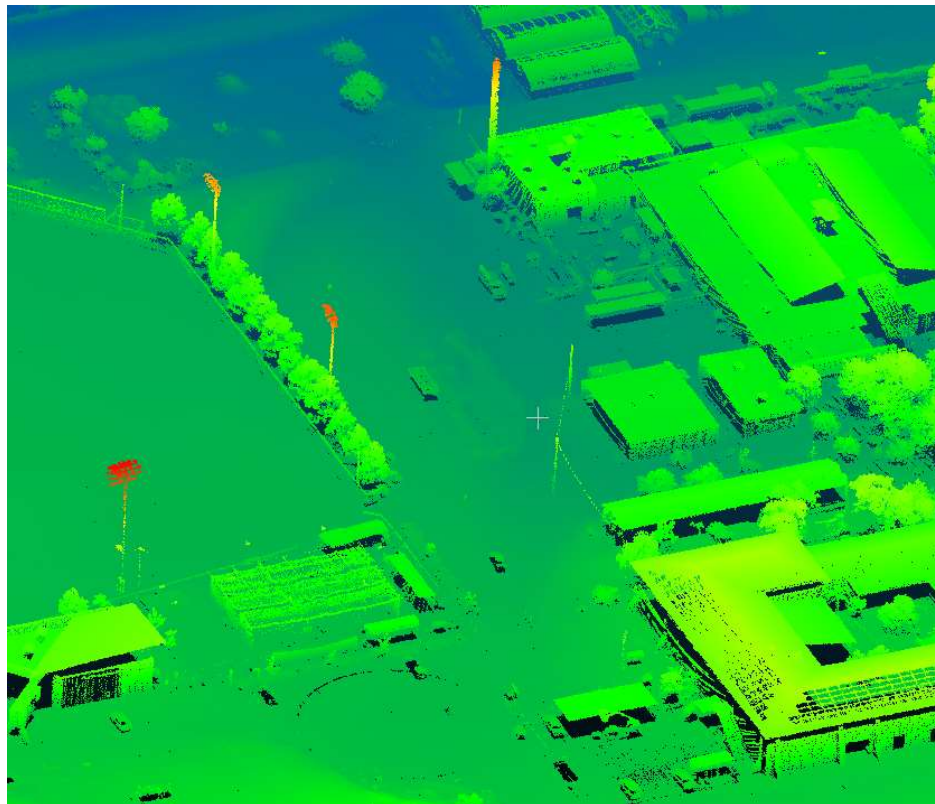


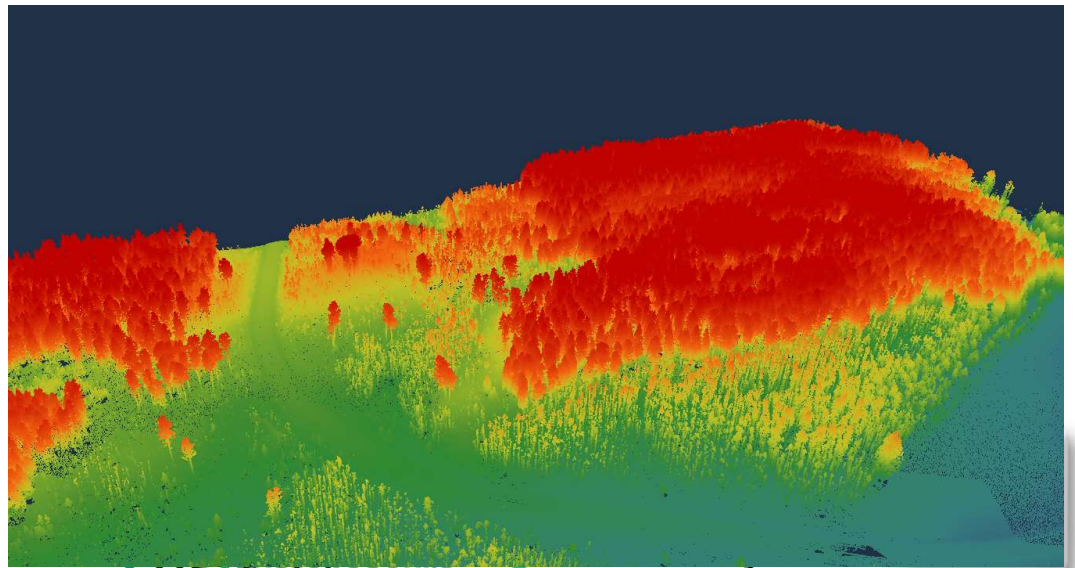
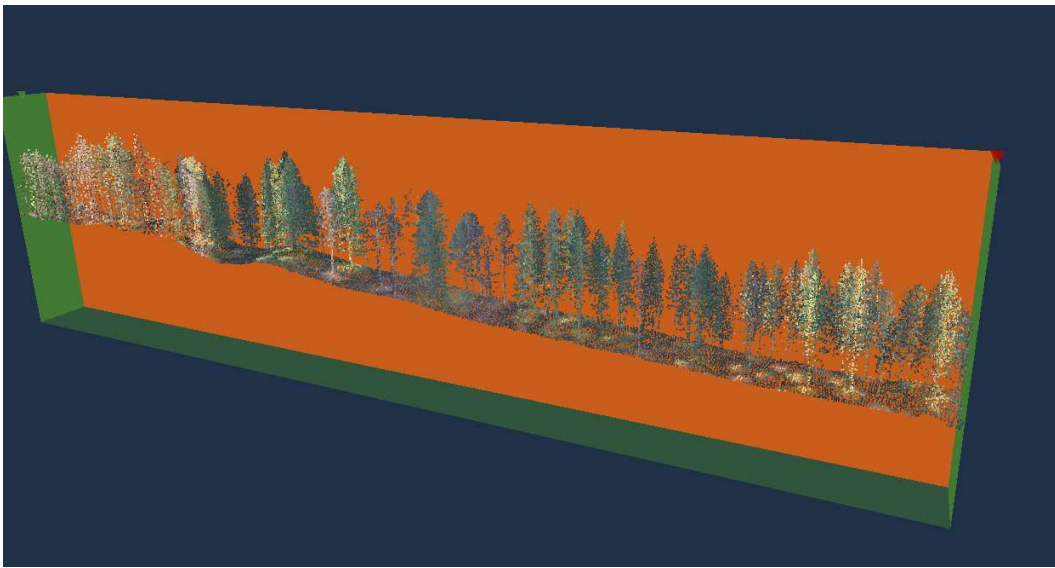
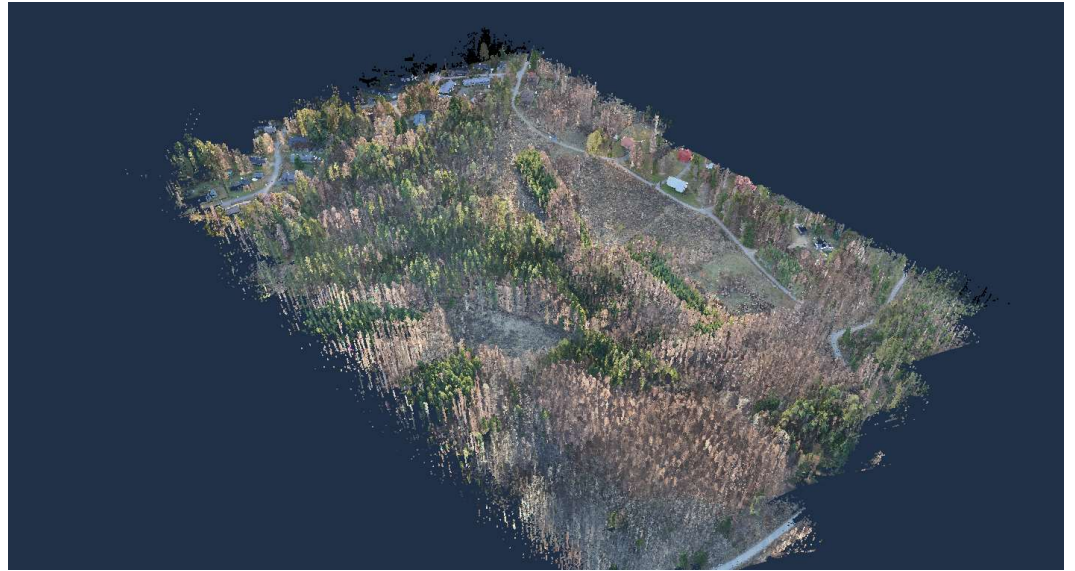
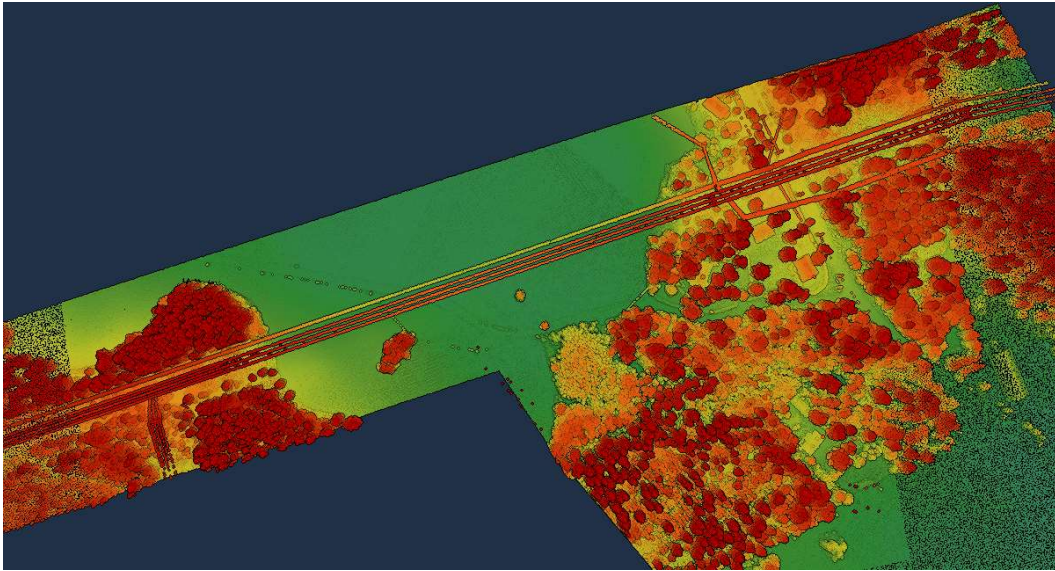
# Mihin dronetekniikkaa voidaan hyödyntää infratyömaalla?

- Lähtötietojen keruu
- Työmaan dokumentointi
- Tarkastelu aikajanalla
- Rakentamisen etenemisen seuranta
- Kiistatilanteiden ratkaiseminen
- Massat/tilavuudet
- Louhinta/massanvaihto/maa-aineskasat/maantäyttö
- Tarkkeet
- Toteuman seuranta
- Turvallisuus



# UAV-pistepilvi ja valokuva





# Laserkeilaus ja pistepilvet



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



# Pistepilveä tuottavat tiedonkeruuteknologiat

Ominaisuus	Maalaserkeilaus	Käsilaserkeilaus	Mobiililaserkeilaus	UAV	Ilmalaserkeilaus
Pistetiheys	>10 000 pts/m <sup>2</sup>	>5 000 pts/m <sup>2</sup>	>500 pts/m <sup>2</sup>	>100 pts/m <sup>2</sup>	1-10 pts/m <sup>2</sup>
Tarkkuus	1-5 mm	1-3 cm	2-5 cm	2-5 cm	5-10 cm
Alue	< 1000 m <sup>2</sup>	< 1000 m <sup>2</sup>	+ 100 km	+ 1 km <sup>2</sup>	+ 100 km <sup>2</sup>
Hinta	€	€	€€€	€€	€€€€

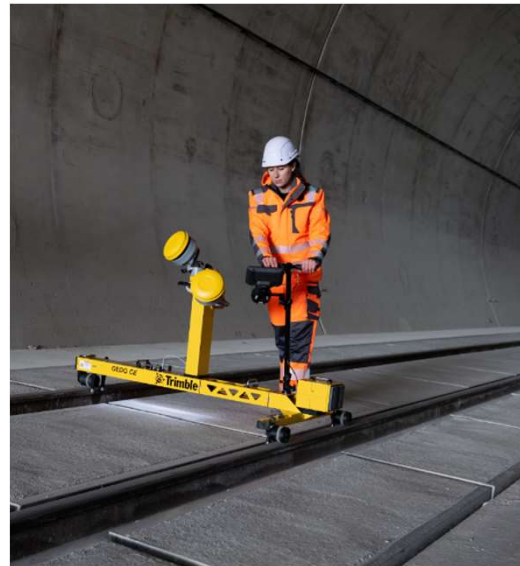


Kuva: Geotrim / Trimble Navigation Ltd





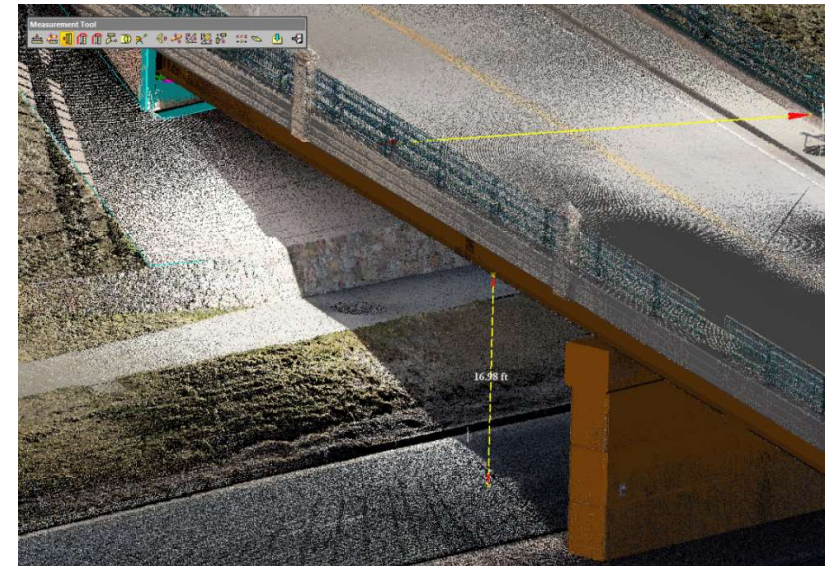
# Paikannusteknologia- Laserkeilaus



Kuva: Geotrim / Trimble Navigation Ltd

# Staattinen laserkeilaus

- Nopea tiedonkeruu
- Kattava ja yksityiskohtainen sisältö
- Eliminoi tarpeen uudelleenmittauksiin





# Liikkuva laserkeilaus

- Mobiilisti tuotettu pistepilvi- ja kuva-aineisto
- Katukäytävät ja muut väylämäiset kohteet
- Katujen kuntotietojen ylläpito
- Katuvarusteiden inventointi ja tiedon ylläpito

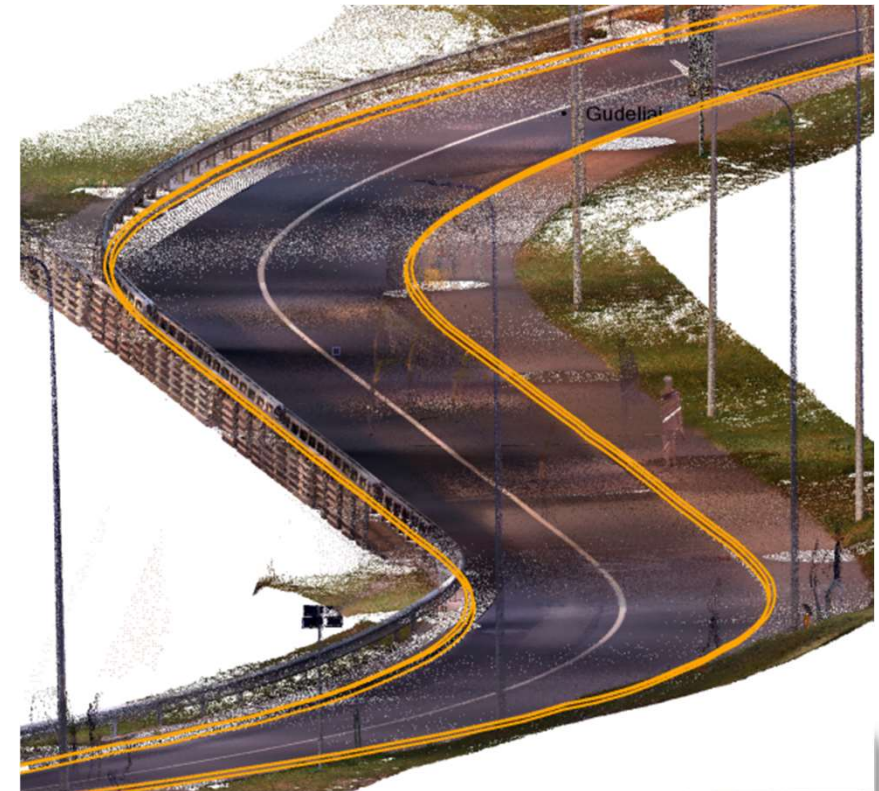
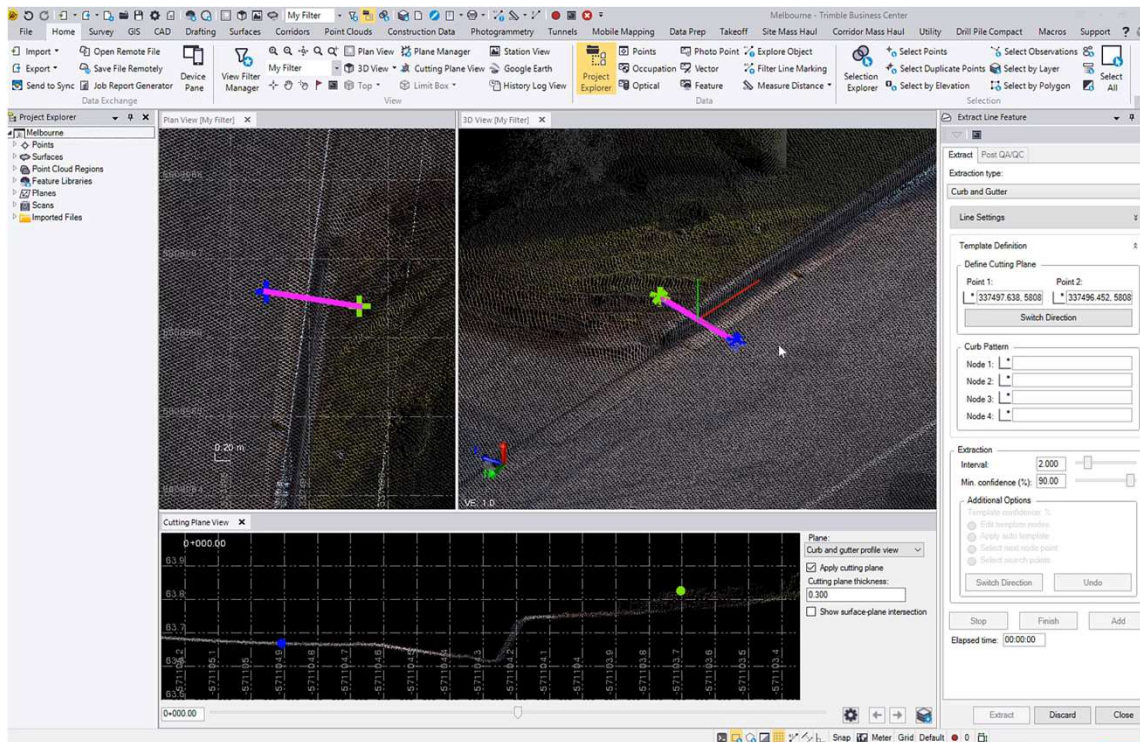


# Pistepilven käsittely

- Luokittelu
- Analysointi
- Kohteiden ja pintojen poiminta
- Vertailut suunnitelmaan

# Käyttökohteita – lähtötilanteen taltiointi

- Reunakivet, taiteviivat – profiilin avulla



# Käyttökohteita – lähtötilanteen taltiointi

Create Point

**General**

Point ID:  
43

Layer:  
Points

Feature code:  
-

Measure Codes mode

**Measure Codes**

Feature/control code group  
Water Utilities

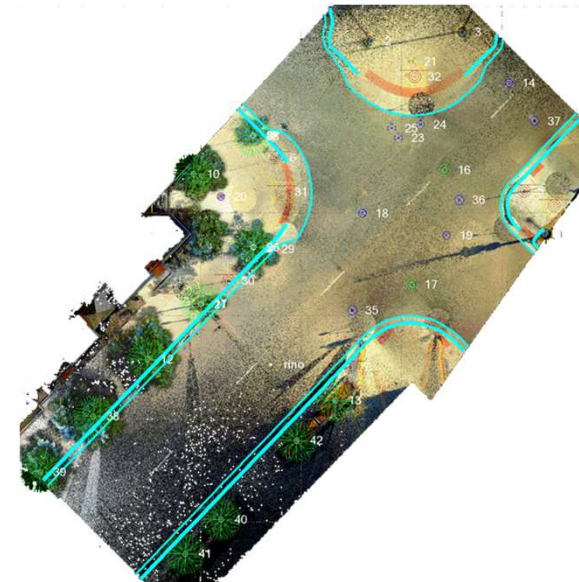
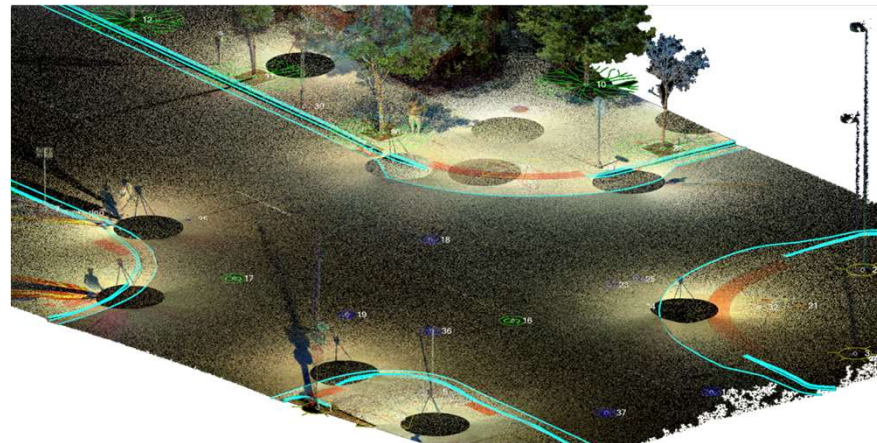
FH	7	HH	8	WM	9
WV	4	STMH	5	SMH	6
	1		2		3

Multi code mode

Edit	-	+
------	---	---

- Virtuaalinen kartoitus toimistolla nopeasti

- Lisätty toimintona Luo Piste komentoon
- Lisää koodi tai luo oma koodiryhmä
- Valitse lajikoodi yhdellä napilla - pikakoodaus
- Toimii yhdessä CAD komentoikkunan kanssa



**Overhead line detection tool**

Reference track: \_\_\_\_\_

Select a point by clicking on a scan point at the desired chainage

Chainage start (shift+left click): 25090.884 m

Chainage end (shift+right click): 25307.008 m

Point distance: 10.000 m

Add interval

50N\_C (SIG\_CLR)

50N (SIG\_3LH)

50N (SIG\_3LH)

SPP\_100 (SIG)

**Collision test**

Clearance profile: Profil (22)

3D wagon: 18\_2  
Number of Wagons: 3  
Number of Bogies: 4  
Length: 34.181 m

Start chainage (shift + left click): 5175.692 m

End chainage (shift + right click): 5342.919 m

Use cloud cache

Start collision test

Chainage	Depth	#
5175.692 m	0.092 m	14
5176.692 m	0.157 m	52
5177.992 m	0.010 m	2
5179.618 m	0.390 m	5677
5185.128 m	0.872 m	86683
5199.172 m	0.001 m	1
5200.355 m	0.003 m	1
5202.309 m	0.569 m	1435
5202.969 m	0.213 m	63
5203.601 m	0.007 m	1
5204.294 m	0.016 m	1
5207.173 m	0.002 m	1
5208.188 m	0.005 m	1
5208.796 m	0.007 m	1
5212.134 m	0.677 m	22600
5215.025 m	0.020 m	1
5215.922 m	0.003 m	1

**Track details**

5193.998 m

5175.692m

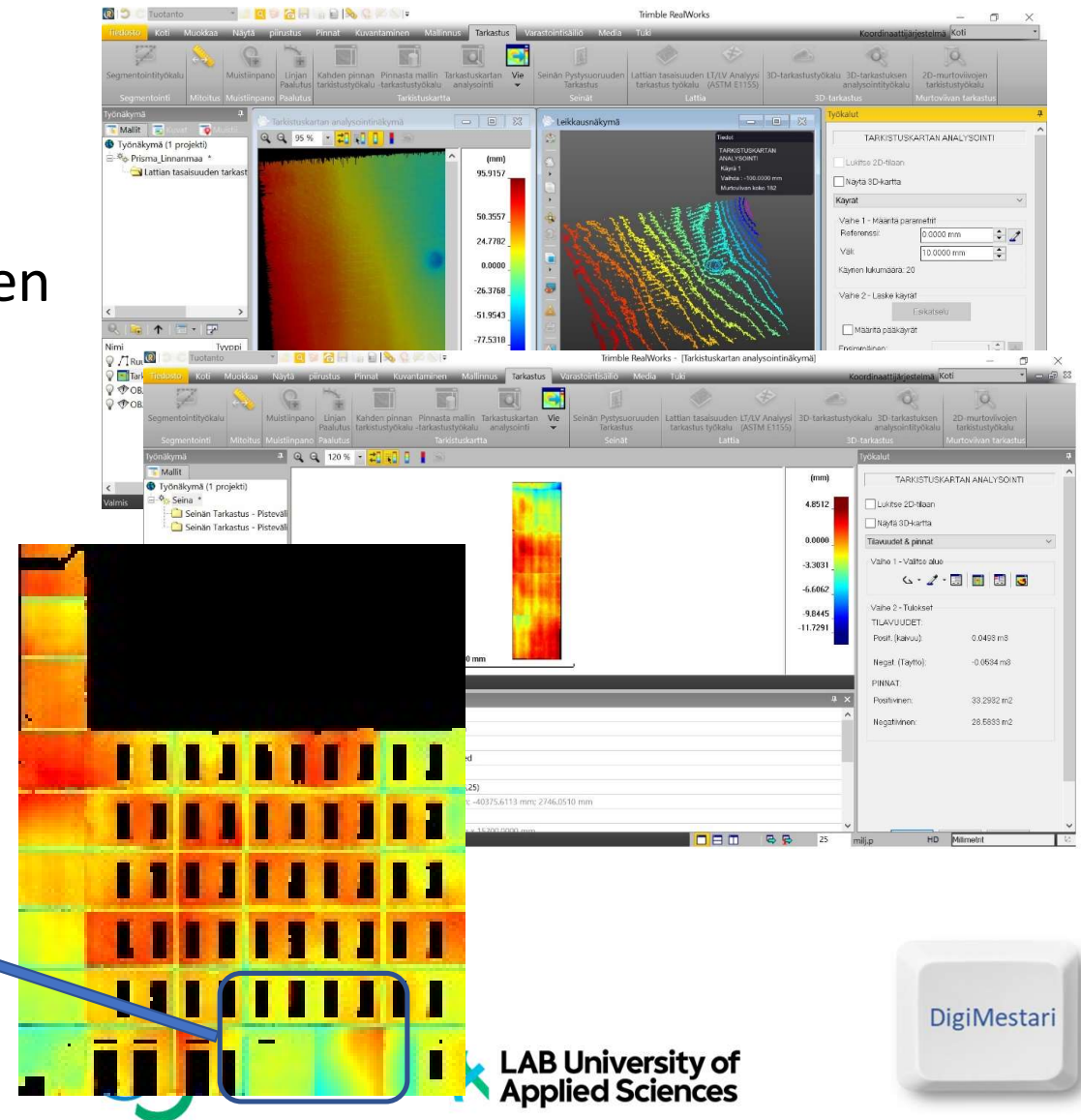
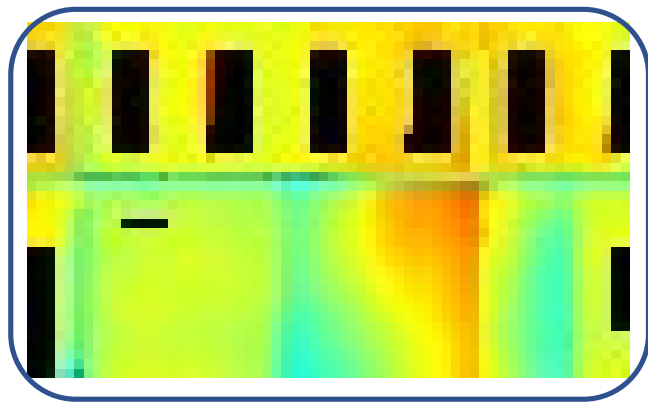
5342.919m

25-100KM	M_POST	24717.4	126.361 m	-281.052
SPP_100	SIG_BOX	24577.5	70.593 m	-152.607
50N_C	SIG_CLR	168.727	75.120 m	-151.109



# Pintojen vertailu

- Pinnan tasaisuuden tarkastaminen
- Määrälaskenta
- Rakenteen pystysuoruuden ja muodon tarkastaminen



Production

File Home Edit View Drawing Surfaces Imaging Model Inspection Storage Tank Media Support

Coordinate System Home

Segmentation Measure Annotate Annotation Stationing Twin Surface Inspection Surface to Model Inspection Inspection Map Analyzer Export

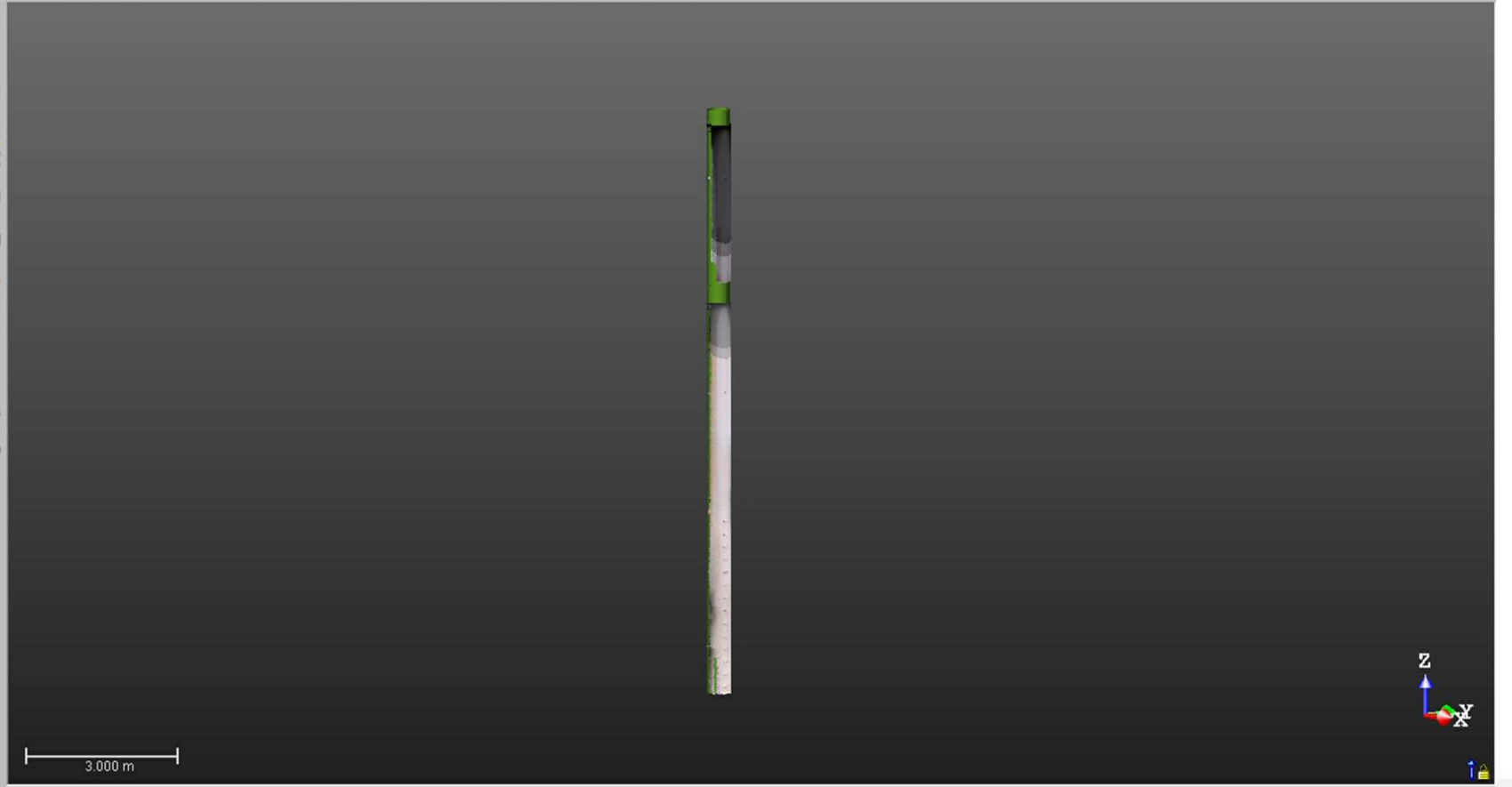
Floor Inspection FF/FL Analysis (ASTM E1155) Floor 3D Inspection 3D Inspection Analyzer 2D-Polyline Inspection Polyline Inspection

WorkSpace

Models Images

- WorkSpace (1 project)
  - Skannaus 20191211\_a
    - Suunnitelma IFC

Name	Type	Num
Project Cloud	Project Cloud	16
Suunnitelma IFC	Group	
Pilari1	Cloud	479
Pilari1 IFC	Mesh	
Pilari2	Cloud	327
Pilari2 IFC	Mesh	



Properties

No Selection

Limit Boxes

Name	Comment	Comment Editor

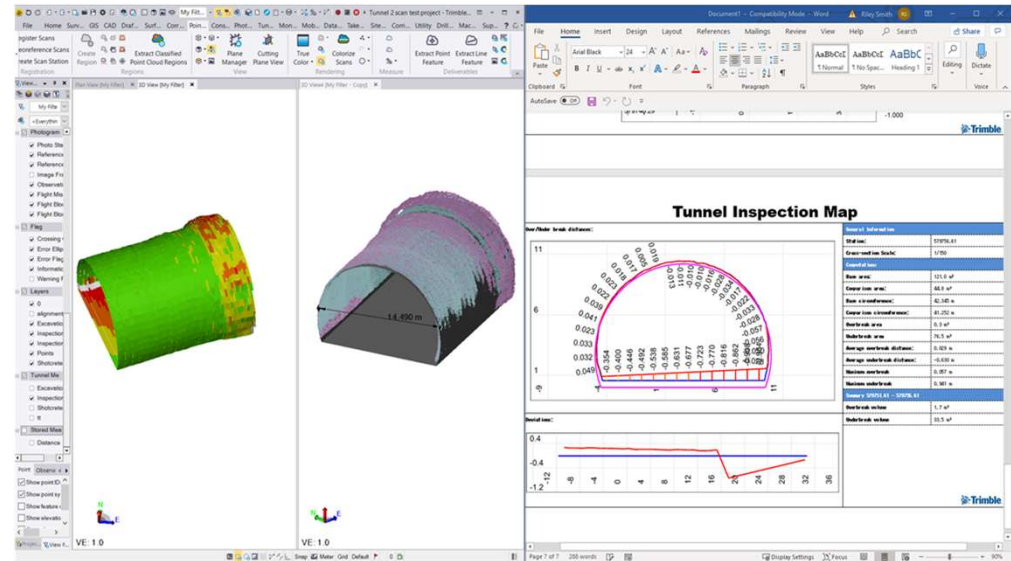
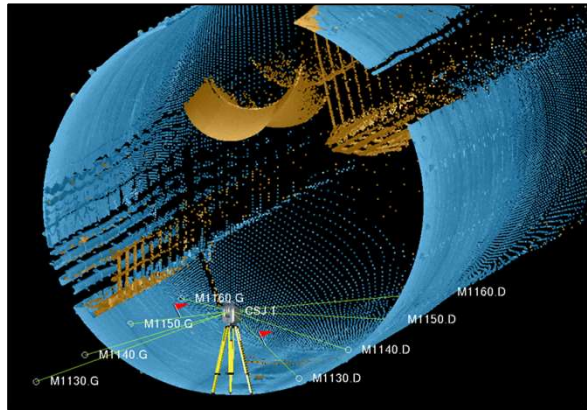
Classification Layers Limit Boxes



Meters

# Tarkkeiden tuottaminen

- Väylän rakenteet
- Taitorakenteet
- Tunnelit



# Sisältö

- Paikannusjärjestelmät
  - Takymetri
  - GNSS
  - IS käyttö
  - IMU ja muut teknologiat
- Työmaamittauksen digitaalisuus
  - Mittalaitteiden käyttö työmaalla
  - Suunnitelman käyttö
- Drone tiedonkeruussa
  - Käyttöesimerkkejä
- Laserkeilaus ja pistepilvet
  - Staattinen ja liikkuva
  - Pistepilven käsittely