- **Rakennetun ympäristön suunnitteludatat ja kaupunkitietomallit reaaliaikaisen tilannekuvan alustoina**

RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.



Tilannekuva 2035: Sensorifuusio uuden turvallisuuden ja älykkään yhteiskunnan mahdollistajana

Jarkko Männistö, Ramboll Finland Oy

Kaupunki 2026





Kaupunki 2035



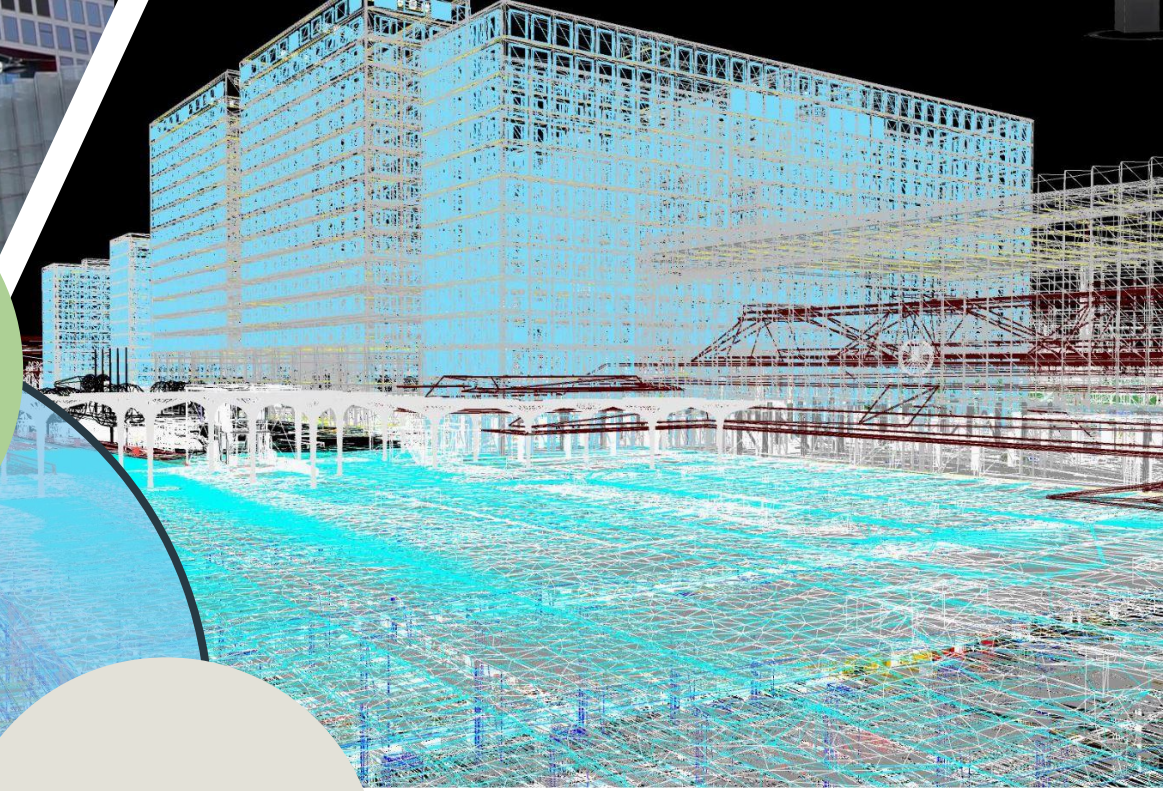


Kaupunki 2035? Liikenne, logistiikka, ihmiset, data, laitteet



Fyysinen kaupunki: 3D…





Digitaalinen ulottuvuus

5G, IoT, CIM, BIM, GIS, XR, AI

Sosiaalinen ulottuvuus

Fyysinen kaupunki





Digitaalinen kaupunki: …4D, 5D, 6D…

Käsitteitä

BIM = Building Information Model, myös **InfraBIM,** rakennuksen tai infran tietomalli. **Geometria rakenteet**

GIS = Geographic information System, paikkatieto, paikkatietoalusta

CIM = City information model, semanttinen kaupungin 3d –malli eli kaupunkitietomalli. **Geometria ulkopinnat**

Pelimoottorit = Mahdollistavat dynaamisen 3d –virtuaaliympäristön luomisen

Digitaalinen kaksonen on virtuaalinen malli tai simulaatio, joka edustaa fyysistä esinettä, järjestelmää tai prosessia. Se voi olla esimerkiksi tuotteen, laitteen tai kokonaisen tehdasprosessin digitaalinen kopio. Digitaaliset kaksoset hyödyntävät reaaliaikaista tietoa ja data-analytiikkaa, jotta fyysisen maailman toiminnot ja käyttäytyminen voidaan simuloida, testata ja optimoida digitaalisesti.

Metaverse on virtuaalinen maailma tai digitaalinen tila, jossa käyttäjät voivat olla vuorovaikutuksessa toistensa ja digitaalisen ympäristön kanssa reaaliaikaisesti. Se yhdistää erilaisia digitaalisia teknologioita, kuten virtuaalitodellisuus (VR), lisätty todellisuus (AR) ja internet, luoden immersiivisen kokemuksen, jossa käyttöliittymän rajat hämärtyvät

Citiverse on kansalaislähtöinen vuorovaikutteinen digitaalinen kaupunki- ja toimintaympäristö, joka yhdistää metaversumin ja digitaalisten kaksosten teknologiat todelliseen BIM-, GIS- ja kaupunkitietomallidataan

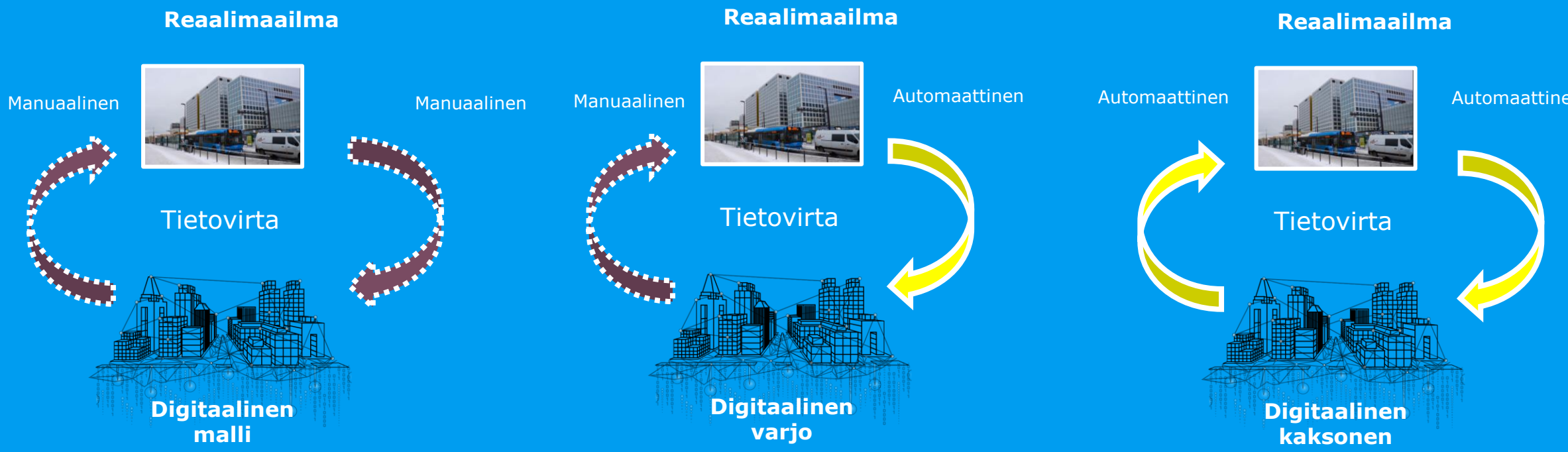
Standardit

- **ISO 19650** on kansainvälinen standardisarja, joka käsittelee rakennusten ja infrastruktuurin informaationhallintaa rakennustiedon mallintamisen (BIM) avulla.
  - ISO 19650-1: Konseptit ja periaatteet
  - ISO 19650-2: Tietomallinnuksen hallinta hankkeiden toteutusvaiheessa
  - ISO 19650-3: Tietomallinnuksen hallinta käyttö- ja ylläpitovaiheessa
  - ISO 19650-4 (tuleva): Informaation vaihdon määrittelyt
  - ISO 19650-5: Tietoturva BIM-ympäristössä

- Rakennusalan standardi **bSDD**, eli **Building Smart Data Dictionary**, on rakennusalan kansainvälinen standardi, joka liittyy tietojen hallintaan ja yhteensopivuuteen. bSDD tarjoaa formaalit määritelmät rakennusalan käsitteille ja määritelmille, ja se toimii tietosanakirjana eri osapuolille rakennushankkeissa, kuten suunnittelijoille, urakoitsijoille ja materiaalitoimittajille.

- Rakennusalan standardi **IDS** eli "**Information Delivery Specification**" on malli tai ohje, joka määrittelee vaatimukset tietojen toimitukselle ja vastaanotolle rakennushankkeissa. IDS:ssä määritellään tarkasti, minkä tyyppistä tietoa kyseisessä projektissa tarvitaan, milloin se tarvitaan, sekä missä muodossa ja laadussa tiedot tulisi toimittaa.

Digitaalisesta mallista digitaaliseen kaksoseen



Digitaalisen kaksosen kypsyysmalli päätöksentekoon

1. STAATTINEN

Mallien kuvaus

2. KYTKETTY

Ajantasainen tilannekuva

3. ENNAKOIVA

Skenaariot ja vaikutukset

4. YHTEENSOVITETTU

Toimialojen yhteinen ohjaus

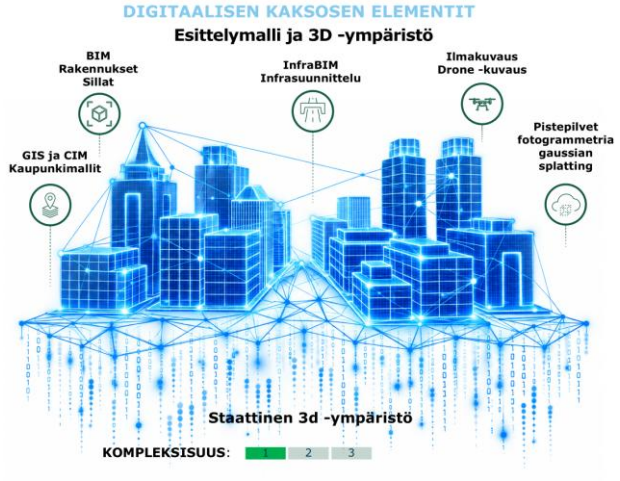
5. AUTONOMINEN

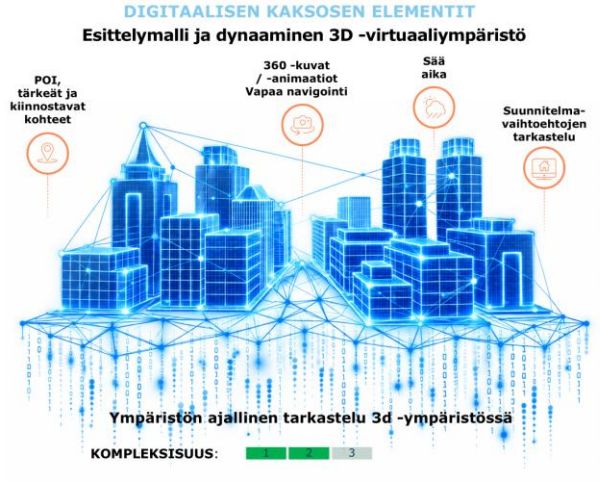
Rajatut automaattiset toimet

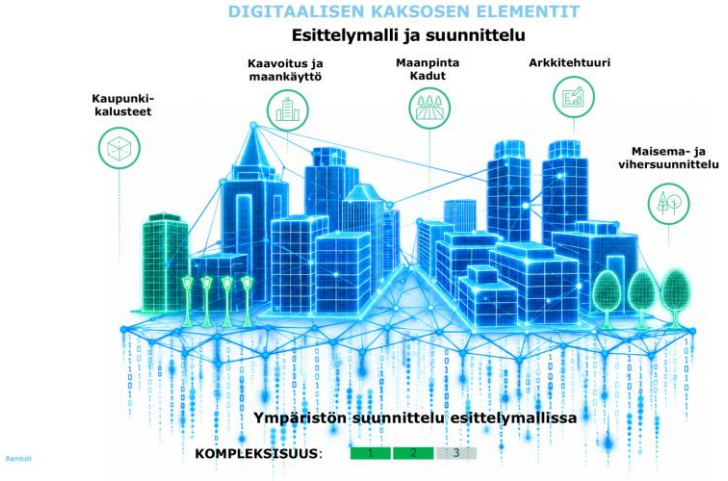
Solita - Fintraffic

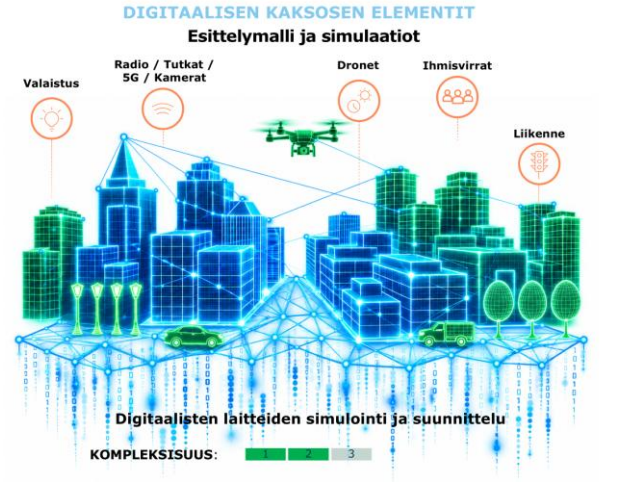
Kypsyyden edellytykset: Data ja ajantasaisuus • Semanttinen yhteentoimivuus • Mallinnus ja simulointi
Tekoäly ja analytiikka • Visualisointi ja vuorovaikutus • Päätöksenteko ja ohjaus

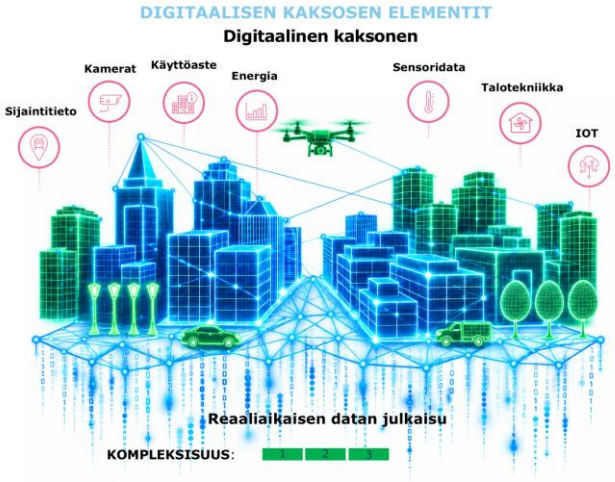
Kaupunkitietomallin jalostuminen digitaaliseksi kaksoseksi

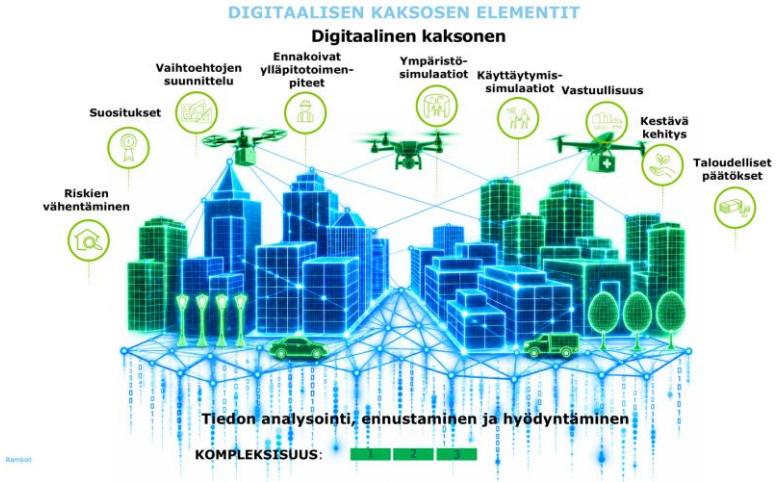




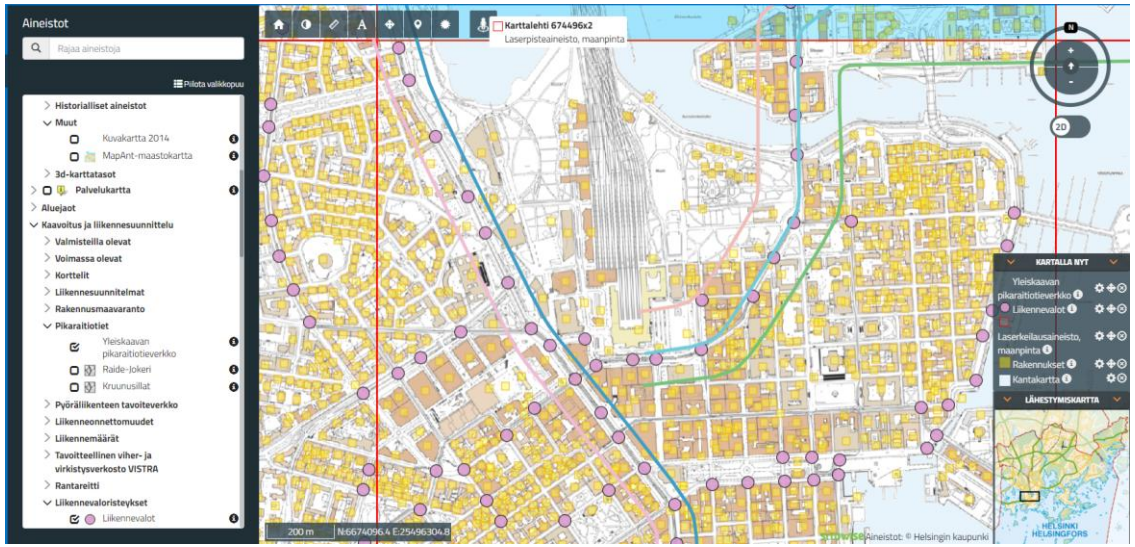


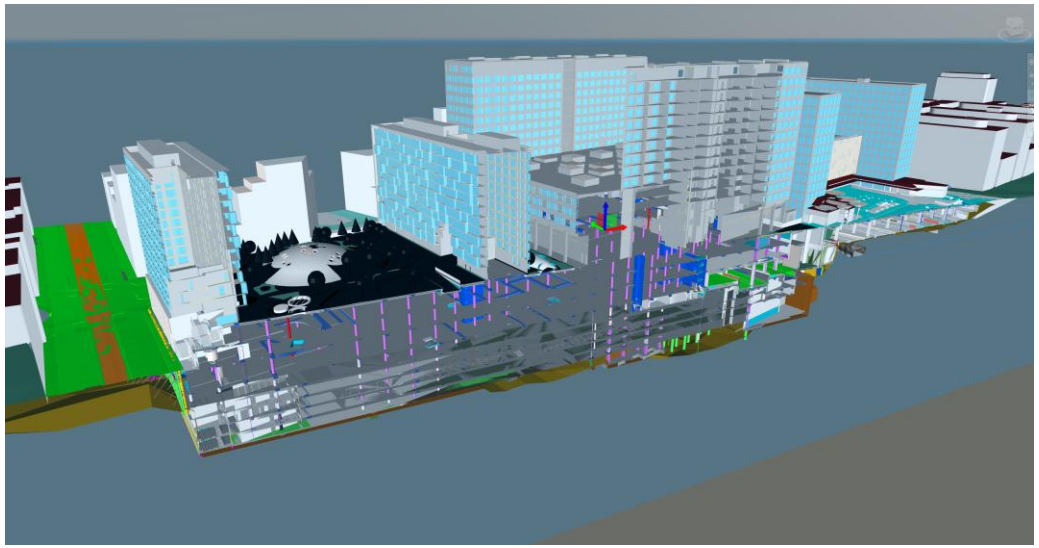




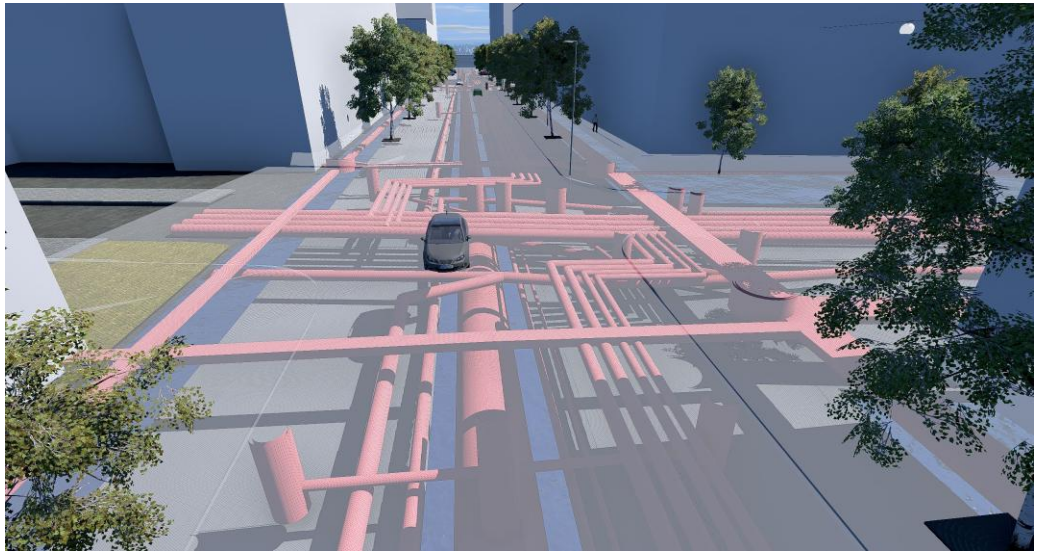


Karttapalvelut, kaupunkitietomalli, suunnittelun tietomallit -> Erilaiset 3D -sovellukset

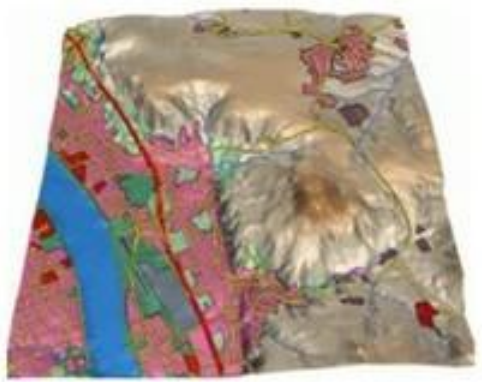






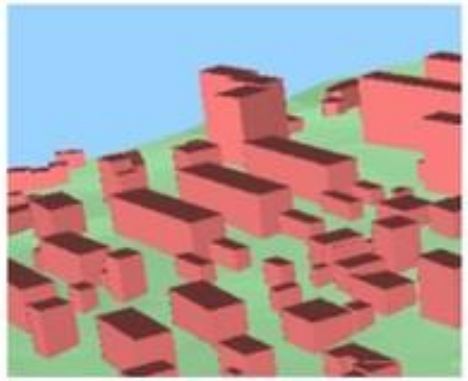


Aineistot ja tarkkuus eli kaupunkitietomallin LOD –tasot (level of detail)



(a) LOD0

- Lod 0, valtakunnallinen aineisto
- Olemassa oleva tieto
- GIS, maastomalli



(b) LOD1

- Lod 1, valtakunnallinen aineisto
- Olemassa oleva tieto
- GIS, laatikkomalli



(c) LOD2

- Lod 2, kaupunkien ja kuntien aineistot
- Olemassa oleva tieto
- GIS, kaupunkimalli
- Ilmakeilaus, kattomuodot,
- Ilmasta tapahtuva tarkastelu

- Lod 2 tekstuurit (2.5, ei virallinen



(d) LOD3

- Lod 3, suunnittelumallit
- BIM, InfraModel
- Vaakakeilaus, aukotukset, julkisivut
- Maantasosta tehtävä tarkastelu
- Metaversekyvykkyys ulkotilat



(e) LOD4

- Lod 4 suunnittelumallit
- BIM, InfraModel
- Sisätilat
- Metaversekyvykkyys sisätilat
- Taso siirtyy ifc -määristysten ja mallintamisen puolelle

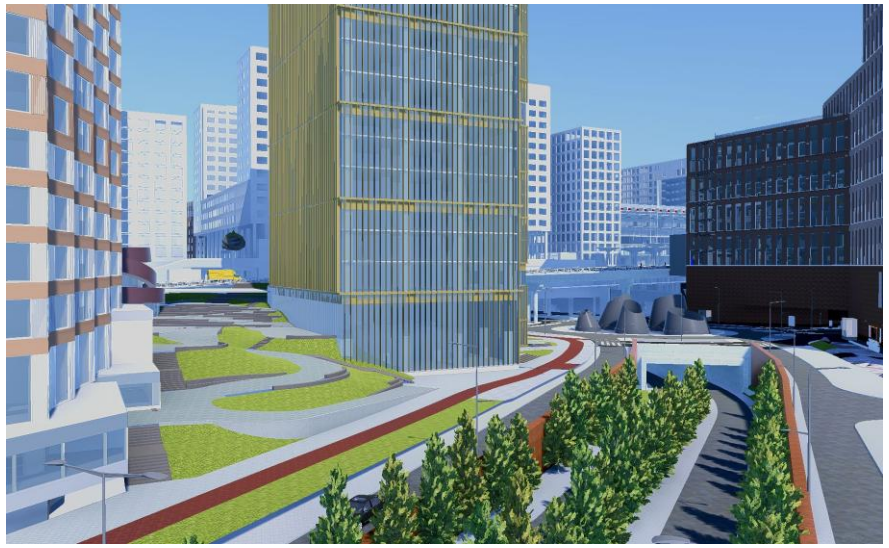
GIS **BIM**

Kaupunkitietomallin ja tietomallien geometriset eroavaisuudet

- Kaupunkitietomallin kehittäminen standardien ja suunnittelun tietomallien (BIM) kautta kohti digitaalisia kaksosia
- Formaatti- ja teknologiakehitys: CityGML, Cityjson, Cesium, 3d Tiles, glTF, USD
- Suunnitteludatan luovutusohjeet ja geometrian optimointi (rakennusten ulkopinta)
- Standardien kehitys ja käsitteet ISO 19650, bsDD, IDS, LOIN
- Uudet 3d –teknologiat, kuten Gaussian Splatting kehitys
- **Heikkous: Kaupunkitietomallien hidas päivitettväyys ja prosessit**

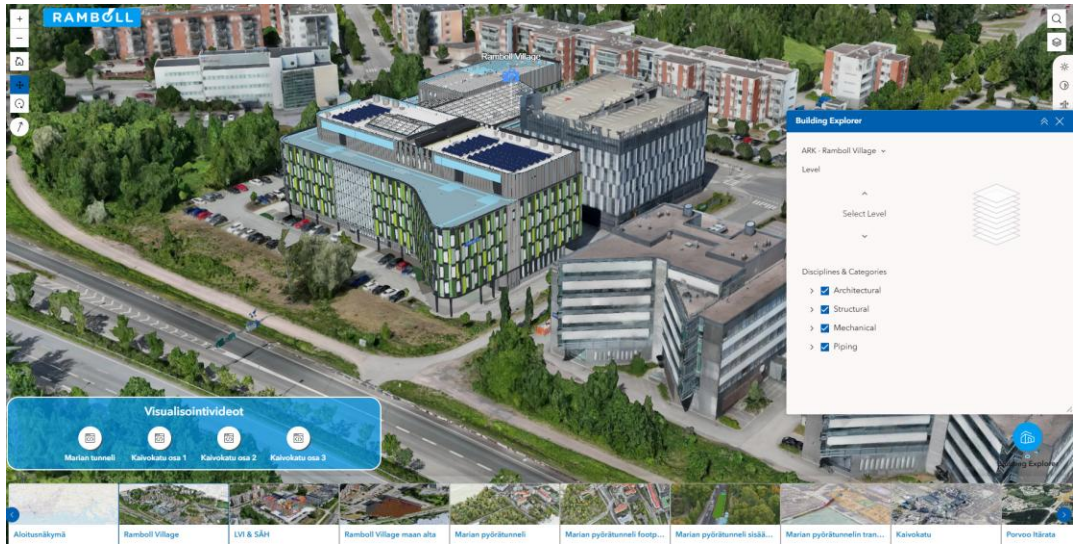


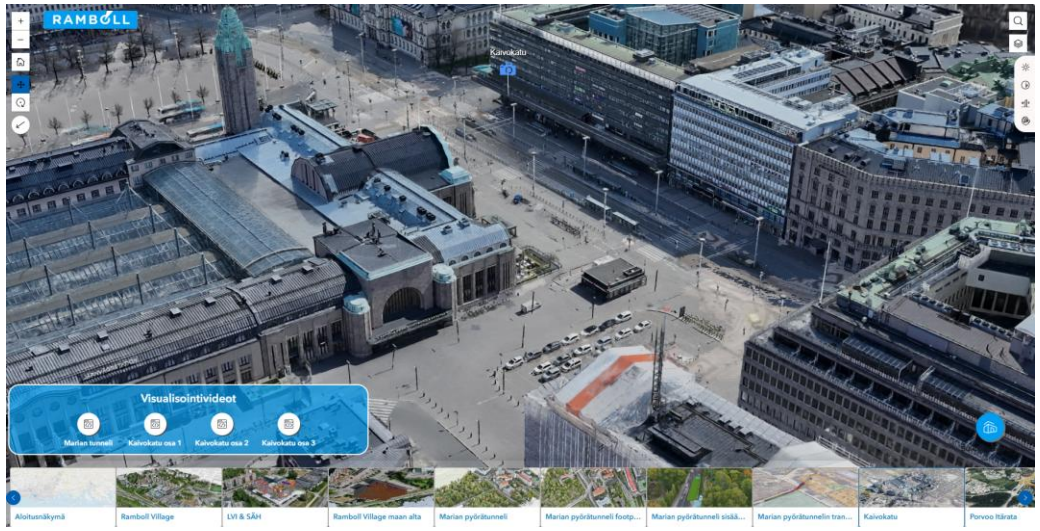
- Tarkastelu makrotaso
- Geometrian luokittelu (kuvan ja objektien tunnistus)
- Näkyvät pinnat ja turvallisuus (geometria)
- Varjojen ja pintatekstuurilaadun hallinta
- Muut referenssigeometriat, kuten pistepilvet, fotogrammetria, 3d gaussian splatting



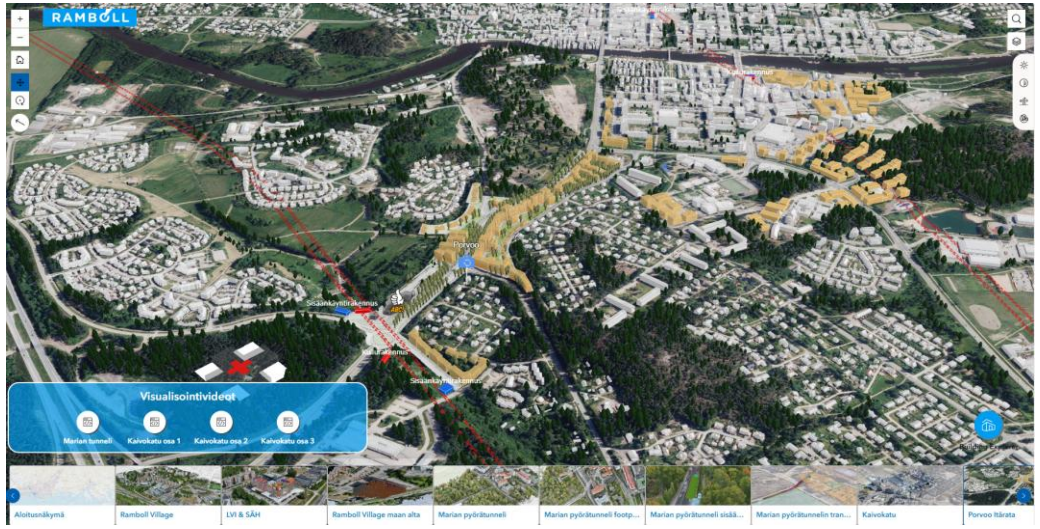
- Tarkastelu mikrotaso
- Tarkkuustasot eli level of detail / development
- Koordinaatistot
- Yksittäisten 3d –mallien geometrioiden rajapinnat
- Suunnittelun eri tekniikkalajit
- BIM –luovutusohje ja muu täydentävä dokumentointi
- Inframodel –luovutusohje (YYP) ja muu täydentävä dokumentointi

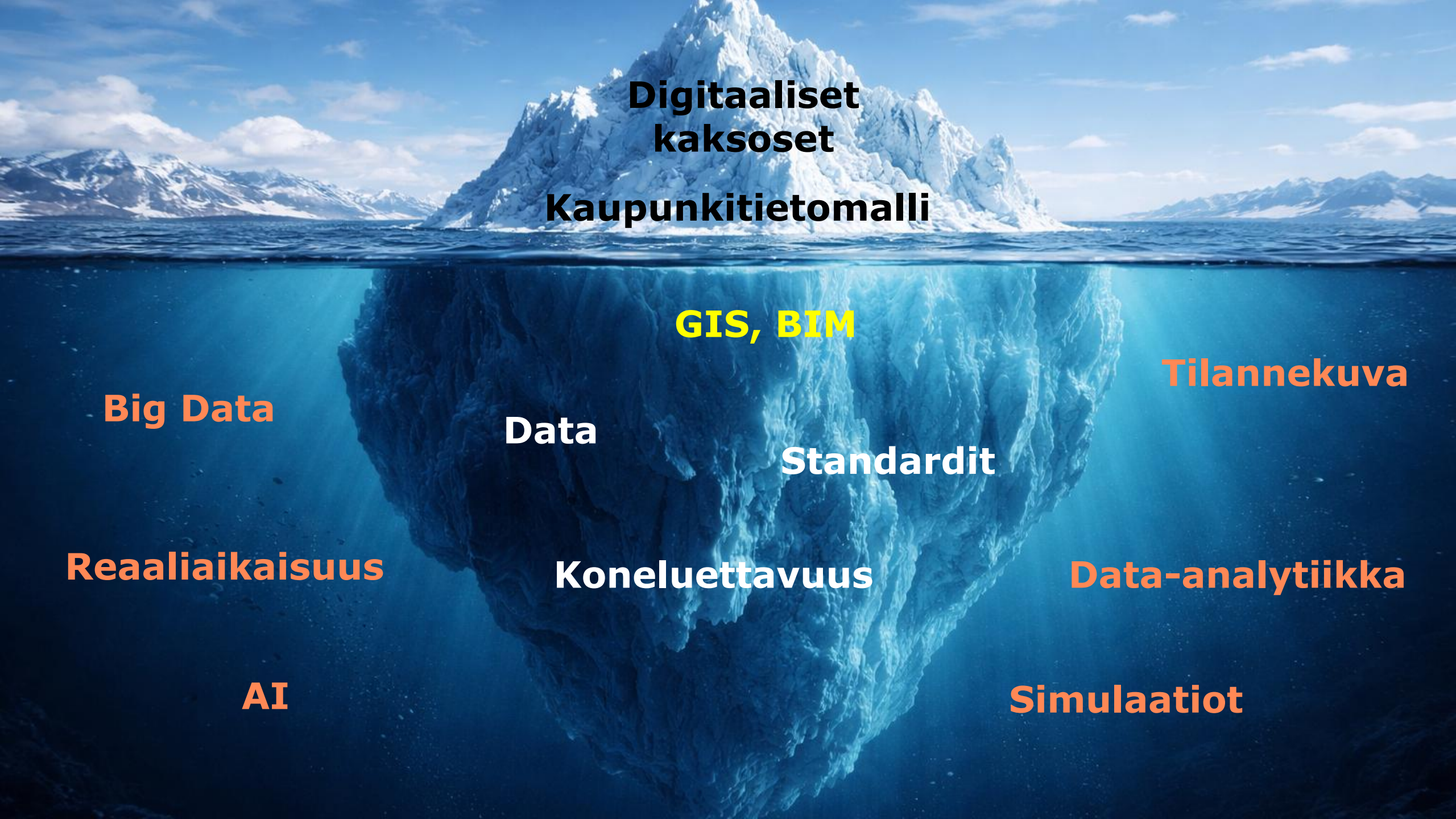
BIM – GIS – CIM -> Dynaaminen kaupunkitietomalli
Visuaalisesti ymmärrettävä, ei kielirajoitteita










Digitaaliset kaksoset
Kaupunkitietomalli
GIS, BIM
Tilannekuva
Big Data
Data
Standardit
Reaaliaikaisuus
Koneluettavuus
Data-analytiikka
AI
Simulaatiot

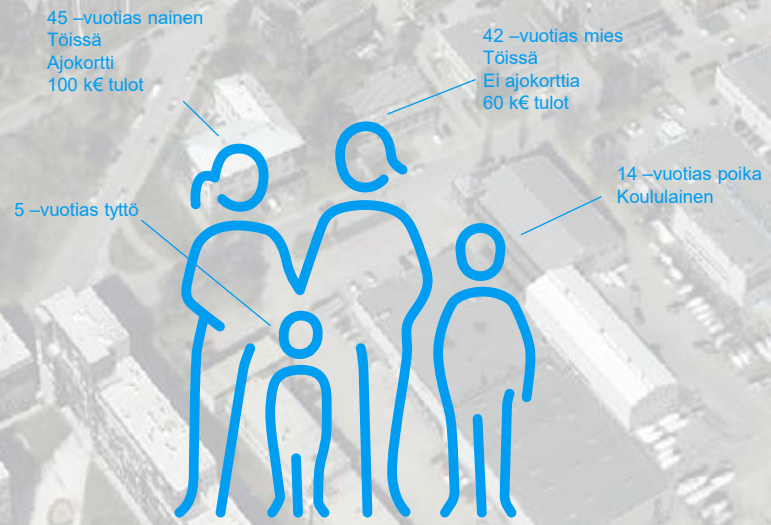
Synteettinen data ja käyttötapaukset
Ihmiset keskiössä

Maantieteellinen sijainti
Kodin sijainti tarkassa ruudukossa tai aluejaossa

Asumismuoto
Asumismuoto: Omakotitalo tai kerrostaloasunto

Demografinen segmentointi
Yksilötason sosioekonomiset muuttujat

Auton omistus
Käytettävissä olevien henkilökohtaisten ajoneuvojen määrä



Kotitalouden koko ja rakenne

Aktiviteettiketjut
Yksilön toimintojen järjestys, toimintatyypit ja matkojen lukumäärä

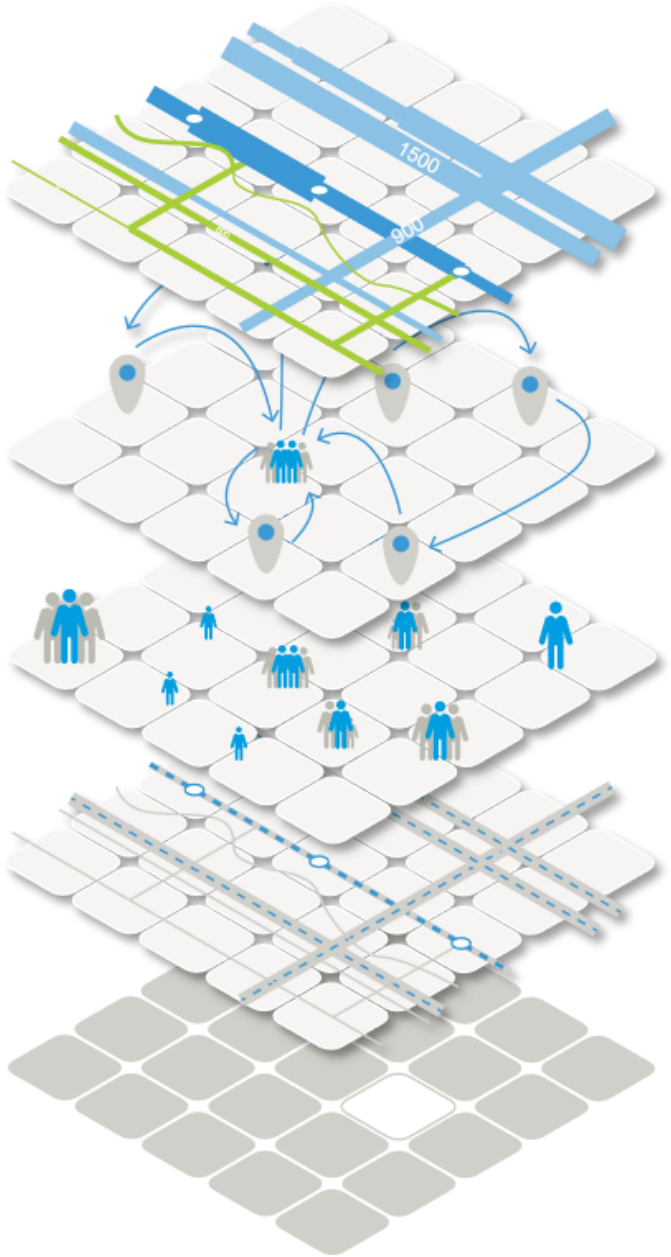
Liikkumismallit
Matkakysyntä (OD-matriisi) ja eri kulkutapojen liikennevirrat verkossa.

BRUTUS by Ramboll

Brutus is a state-of-the-art activity-based travel demand model. Empirical models are applied using Random Utility Modelling to simulate single households' and individuals' decision-making situations.

How it works?

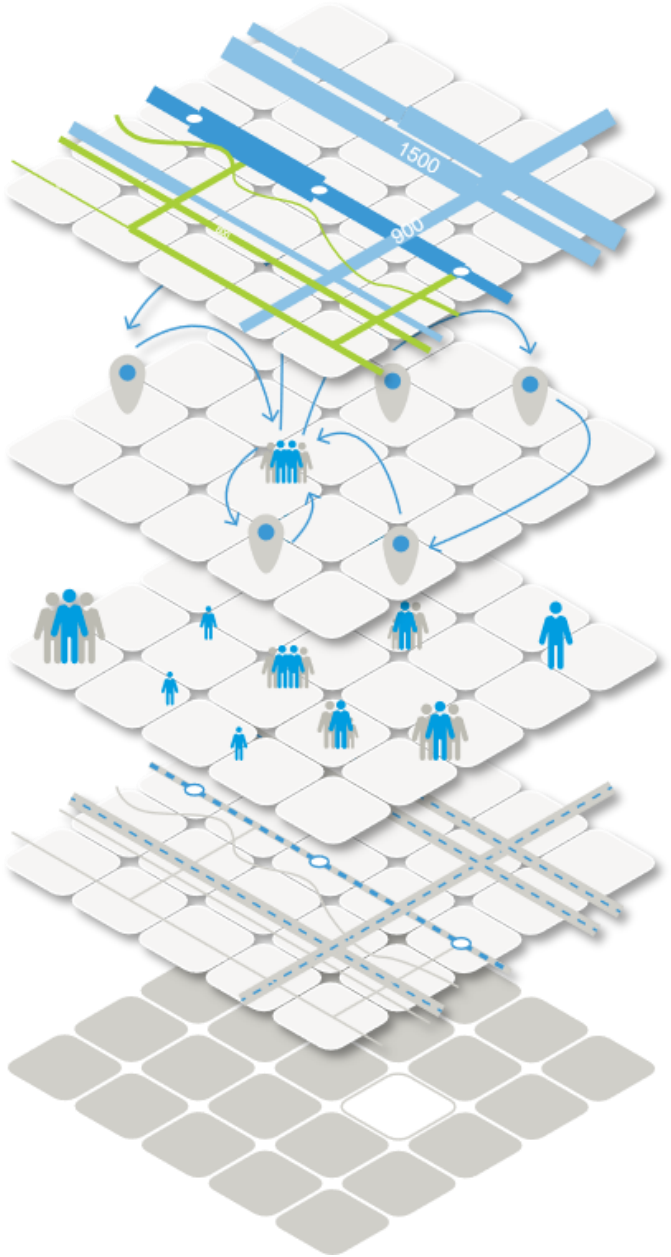
1. Brutus represents land-use in a dense grid containing information about socio-economic activities and population. **Synthetic population** is generated to closely resemble the study area population.
2. The grid cells are connected via a **multimodal transport network**.
3. **Activity patterns** are generated for each person in the model.
4. Traveling between activities is modelled as travel chains simulating a **detailed activity diary** of each agent.
5. All trips are assigned to the travel modes and routes that are most attractive in terms of time, cost and level of service.



BRUTUS by Ramboll

BRUTUS is particularly well suited to traffic flow analysis and to powering a transport-system digital twin because of its specific characteristics.

- BRUTUS treats **journeys as temporally and spatially continuous**, so the results can be viewed in desired locations at desired time intervals.
- **Individual-based modelling** means that the BRUTUS model includes information about the travelers' age, working hours, family size and car ownership.
- BRUTUS contains **modes-specific networks** and information about the **purpose of the trip**.
- The BRUTUS model is estimated using the data observed in the traffic survey, but the analyzes are based on a synthetic population. The results are thus **anonymized and meet data protection requirements**.
- BRUTUS can also be used to **forecast future scenarios**, to illustrate the impacts of changes in land use and the transport network.



Integrating modelling with real-time data sources

Activity-Based Modelling

BRUTUS by Ramboll is a state-of-the-art activity-based travel demand model. BRUTUS is particularly well-suited for traffic flow analyses as it treats journeys as temporally and spatially continuous, allowing results to be viewed in desired locations at specific time intervals. Individual-based modelling means demographic information is included. The use of synthetic data ensures privacy by design.

Value from Data Fusion

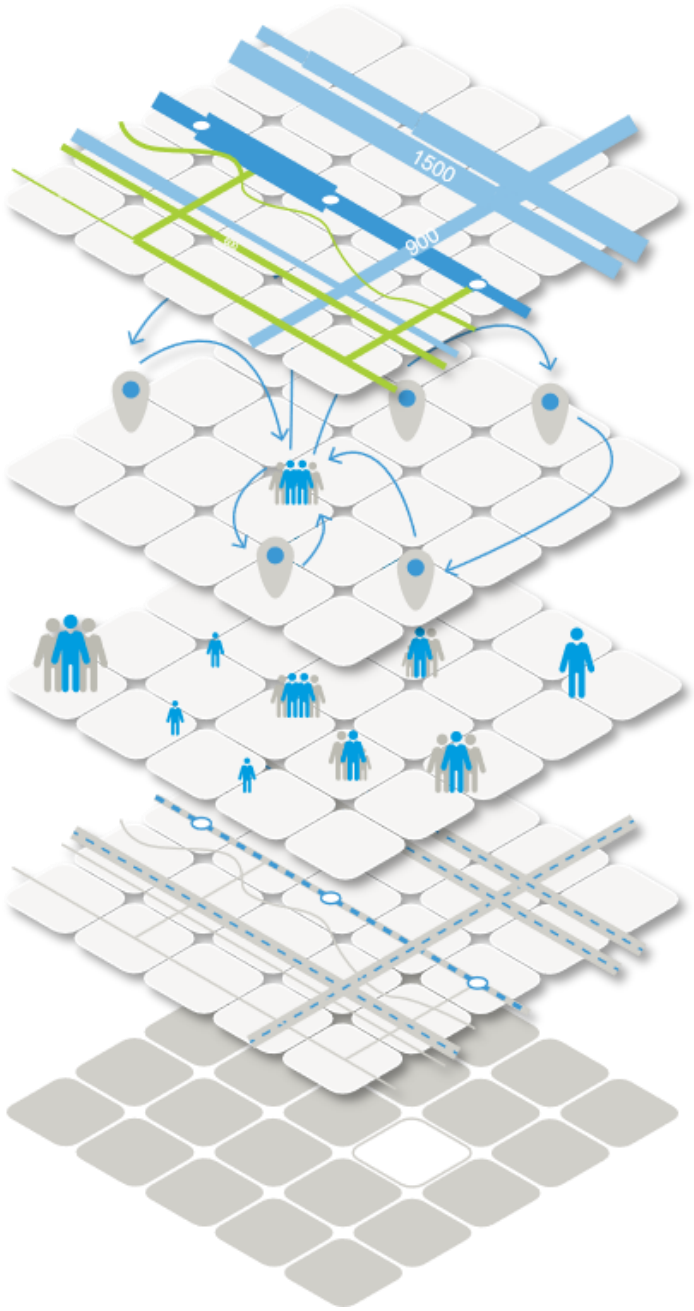
We continuously obtain more and increasingly accurate data about traffic and people's movements. However, utilizing these data sources involves challenges related to pricing, scalability, privacy, and biases. Typically, selecting the best data source for the use case and combining different data sources provides the most value.

With extensive expertise in relevant data sources for mobility, including geospatial data, travel surveys, multi-modal transport networks, GPS data, sensor data, and mobile network data, combined with strong global partnerships, we excel at data fusion.

Integrating Modelling with Real-Time Data Sources

By integrating activity-based transport modelling and other modelling methods with real-time data sources, we can address various use cases by examining past trends, current status, and forecasting future scenarios. Typically, this means providing network-level understanding on top of data sources with an incomplete view.

We combine best practices from data science with mobility domain expertise to leverage data-driven insights into user needs and mobility patterns.



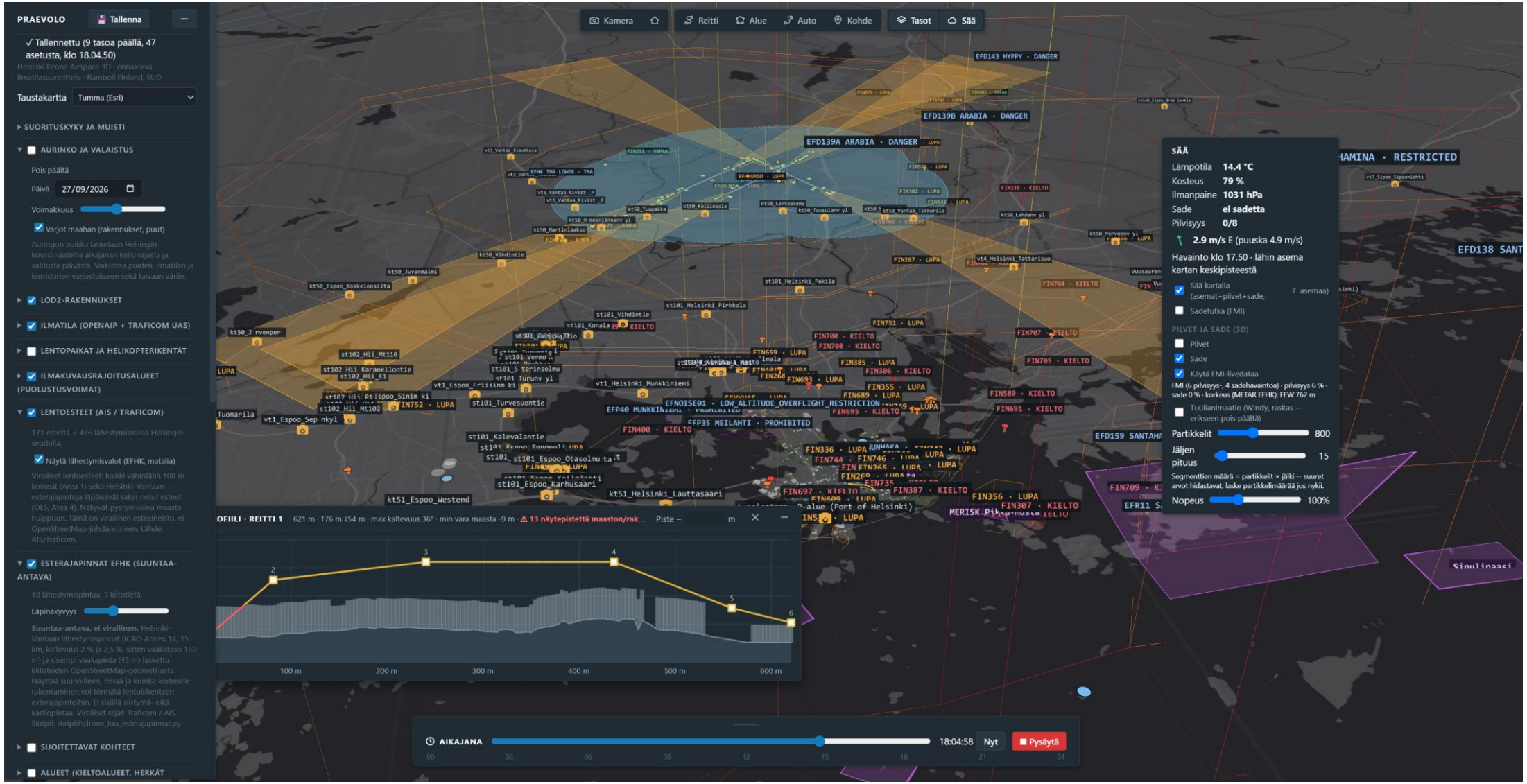
RAMBØLL

Bright ideas.
Sustainable change.

For more information: c.ramboll.com/dml
Contact Us: Teemu Sihvola, Head of Digital Mobility Lab
(teemu.sihvola@ramboll.fi, +358 40 735 8885)

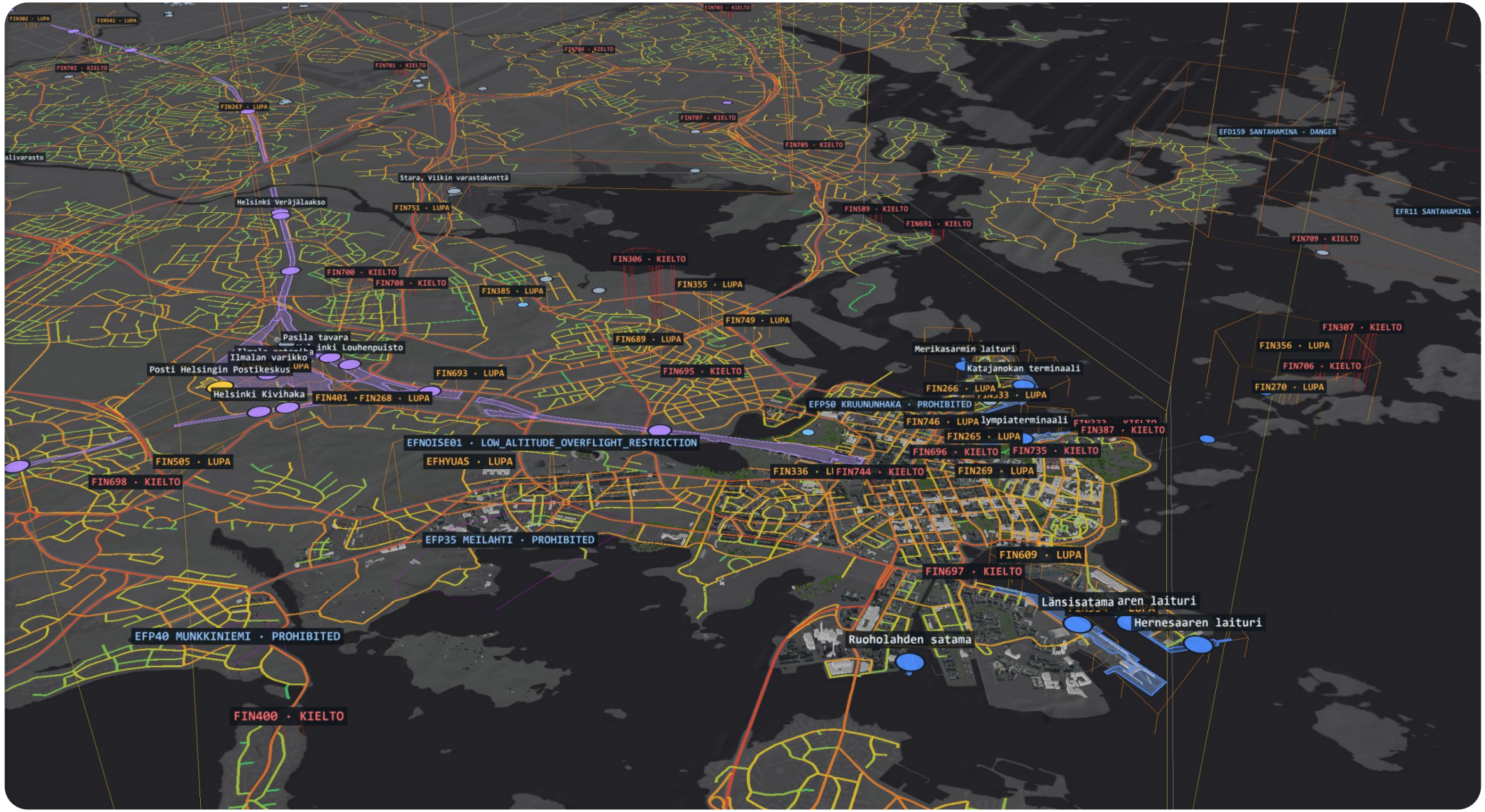
Tekoälypohjaiset simulaatiotyövälineet kehittyvät

Ilmarajoituksia on kattavasti.



Tekoälypohjaiset simulaatiotyövälineet kehittyvät

Reitti-editori: korridorit (LUPA / KIELTO), ilmatilaluvat, sääolosuhteet, liikkennekuormitus kaduilla



Konsepti: Mitä käyttäjä näkee sovelluksessa

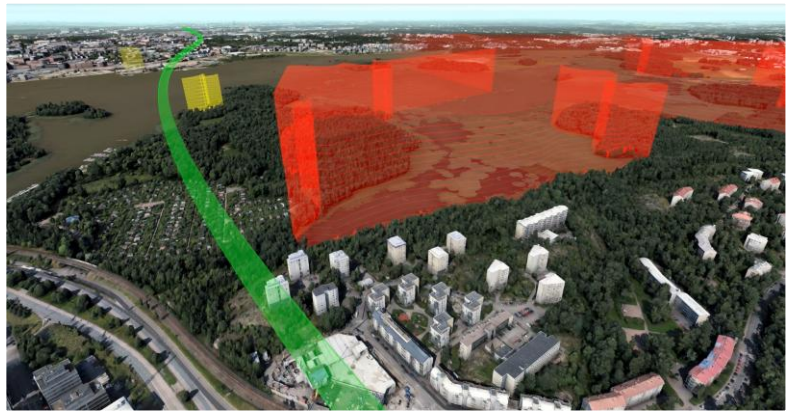
- **3D-maasto ja Helsingin rakennukset** — LoD2, koko kaupunki
- **Ilmatilan volyymit 3D:ssä** — CTR, TMA, R, D, UAS-vyöhykkeet
- **Aika-slider** — ilmatila vuorokaudessa, aukioloajat, NOTAM-poikkeukset
- **Editoitavat drone-tilat** — Käyttäjä voi valita alueita tai pyytää tekoälyn määrittään niitä.
- **Fotorealistinen näkymä** — Kalasatama, toggle-tasona valittuun kohtaan

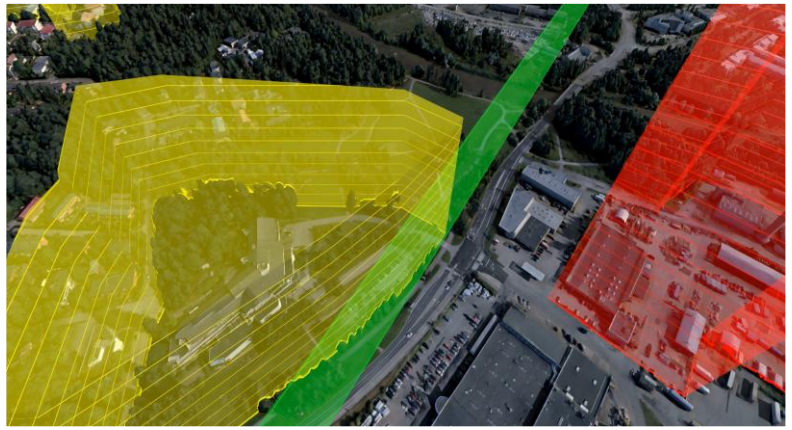
Data: datalähteet

Lähde	Sisältö	CRS / lisenssi	Laajuus
Helsingin 3D-kaupunkimalli	LoD2-rakennukset, semanttinen (GMLID, RATU, VTJ-PRT)	EPSG:3879 · CC BY 4.0	4 260 rakennusta
MML 2 m DEM	Maastomalli	ETRS-TM35FIN	Helsingin bbox
Kalasataman 3D Tiles -mesh	Fotorealistinen kolmioverkko	Valmis, ei konversiota	Toggle-taso
OpenAIP	Ilmatilaluokat CTR / TMA / R / D	GeoJSON, avoin	29 aluetta Hki:ssä
Traficom UAS-vyöhykkeet	Drone-kielto- ja rajoitusalueet	Julkinen JSON-API	82 aluetta Hki:ssä

Digitaalinen tyhjä tila ja sen arvottaminen Helsingin kaupunki: 4D –malli, rajoitetut ja kielletyt alueet









Kuvat Helsingin kaupunki

Projektiesimerkki kaupunkitietomallin jalostamisesta digitaaliseksi kaksoseksi:
Nokia bell labs: Luxturrim5G ja digitaalinen kaksonen linkki

Espoon Keran alueelle suunniteltiin ja rakennettiin 19 kpl tulevaisuuden älykästä valaisinpylvästä, joissa testattiin erilaisia sensoreita tukemaan tulevaisuuden älykaupunkia.

Projektissa luotiin alueesta ns. digitaalinen kaksonen, jossa tutustuttiin Espoon tuottamiin 3D –aineistoihin, BIM –malleihin, sekä 3D -virtuaaliympäristöjen mahdollisuuksiin suunnittelun ja simulointien tukena.

Projektissa toteutettiin myös reaaliaikainen kameran seuranta.



Simulaatiotyökalut: Kamerat, älyvalaistus, tutkat, valotutkat, ilmanlaatu- ja sääsensorit, 5G -verkko



Älykkäät kadunkalusteet ja modulaariset valaisinpylväät
Reaaliaikainen kamera



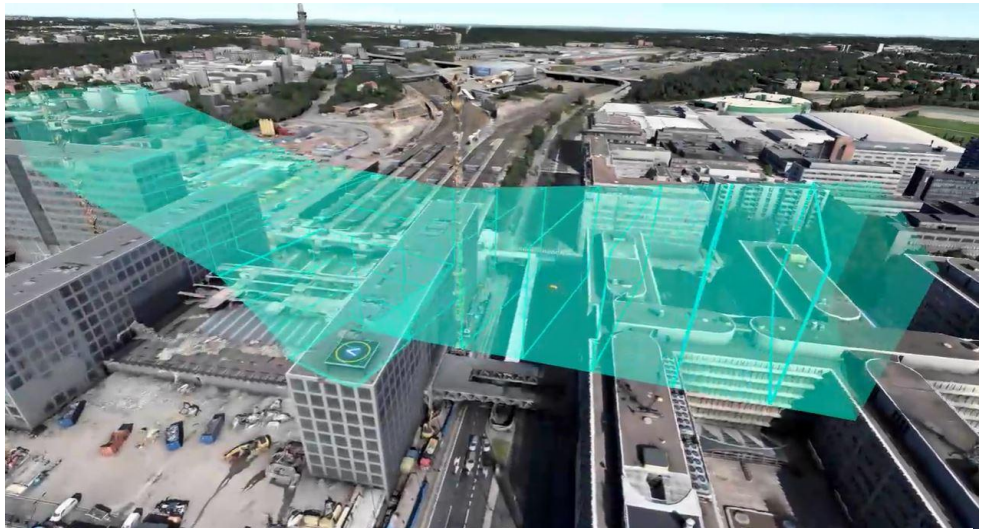
Kaupunkitietomalli ja BIM –data ja Keran testialue
Kameroiden suunnittelu ja simulointi

Projektiesimerkki kaupunkitietomallin hyödyntämisestä drone –lentoihin ja -operointeihin Helsingin kaupunki: Helsinki u-space videot video 1 video 2

Projektissa luotiin markkinointivideot tulevaisuuden drone lennoille tavarakuljetuksiin Vuosaaren satamasta Pasilaan ja sairaalakuljetuksiin Meilahden ja Malmin sairaalan väliltä .

Mallina käytettiin kaupunkitietomallia, jossa hyödynnettiin Cesium teknologiaa, 3D Tiles formaattia ja pelimoottoria.

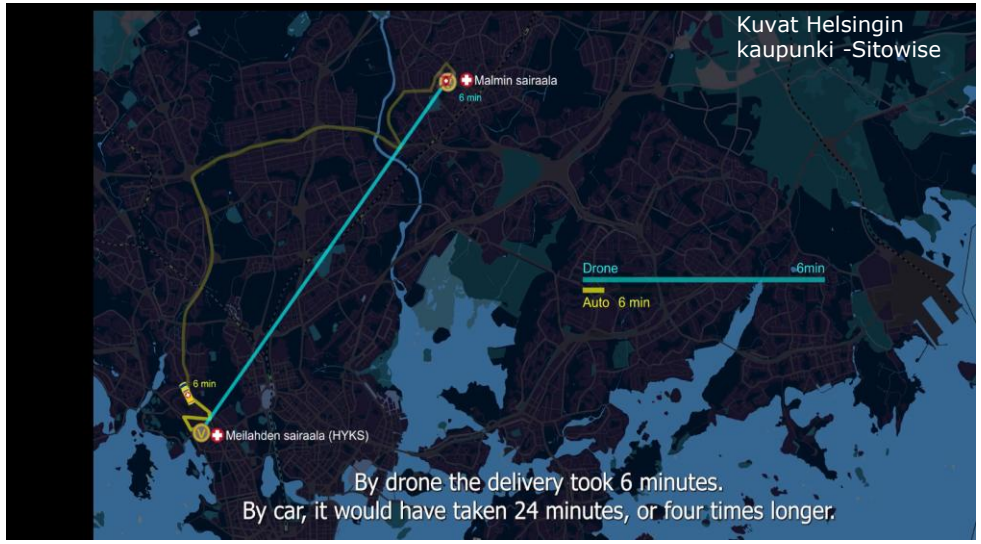
Videoissa osoitettiin lentojen nopeus verrattuna autokuljetuksiin.



Kaupunkitietomalli, laskeutumisalustat eli vertiportit



Dronen BVLOS –lento ja sääolosuhteet



Dronen lennon ja auton aikavertailu

Projektiesimerkki digitaalisesta kaksosesta ja virtuaalisesta harjoitus- ja koulutusalustasta Poliisiammattikorkeakoulun digitaalinen kaksonen koulutuksen ja viranomaistoiminnan tukena ja kehittämisvälineenä

[Linkki]

Kaupunkitietomallidatan selvitys ja hyödyntäminen

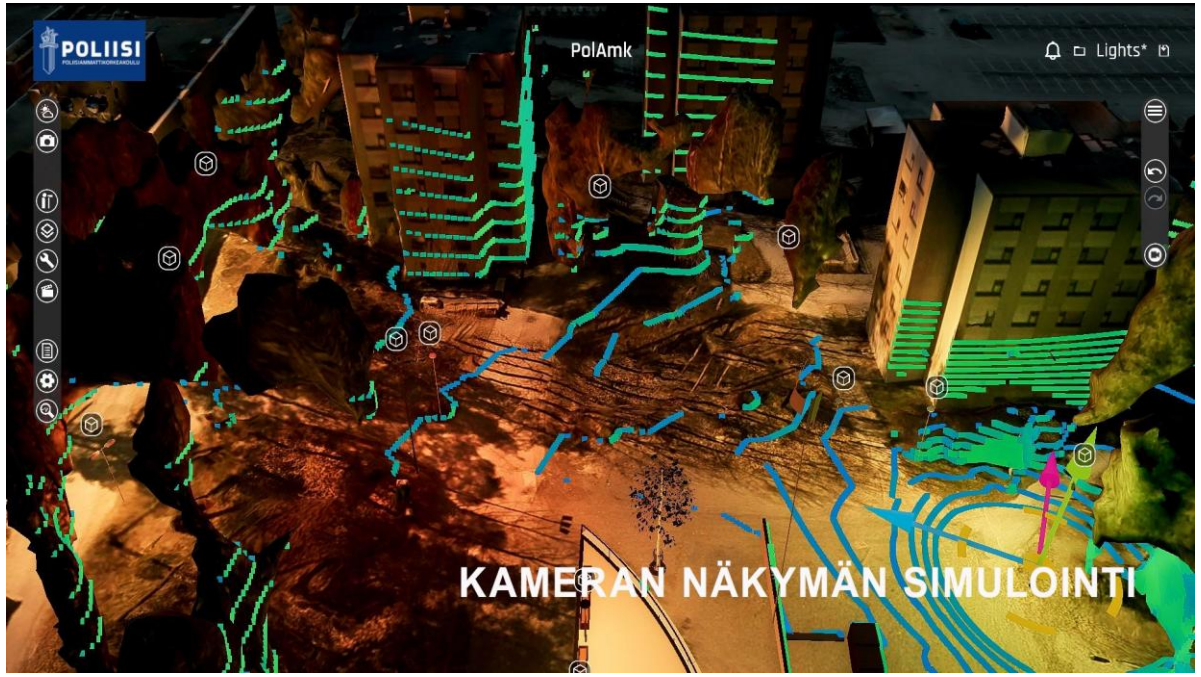
BIM –mallien data ja sisätilat

Virtuaalisten opetusympäristöjen tuottaminen

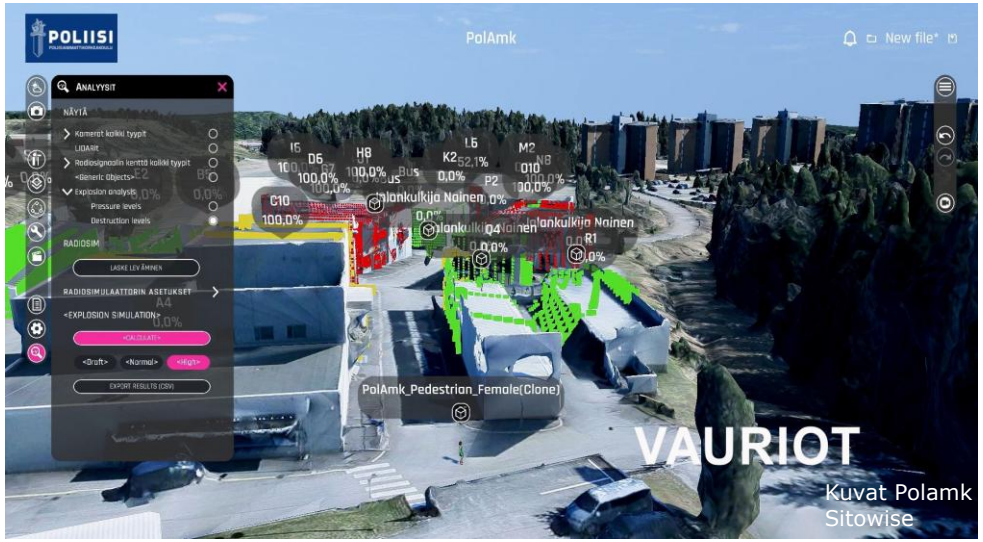
Pistepilvet ja fotogrammetriadata



360 –kuvaukset ja pistepilvet



Turvallisuusvalaistus



Onnettomuuspaikat ja niiden tutkiminen

Bright ideas. Sustainable change.

RAMBØLL