

Digitaalisen kaksosen perusteet ja teknologiat



Hannu Haapala
MMT Dos (HY)
Johtava tutkija
Jamk Biotalousinstituutti

HH 4.11.25

Sisältö

- Johdatus digitaalisiin kaksosiin
- Esim. Finnish Future Farm



Mikä on digitaalinen kaksonen?

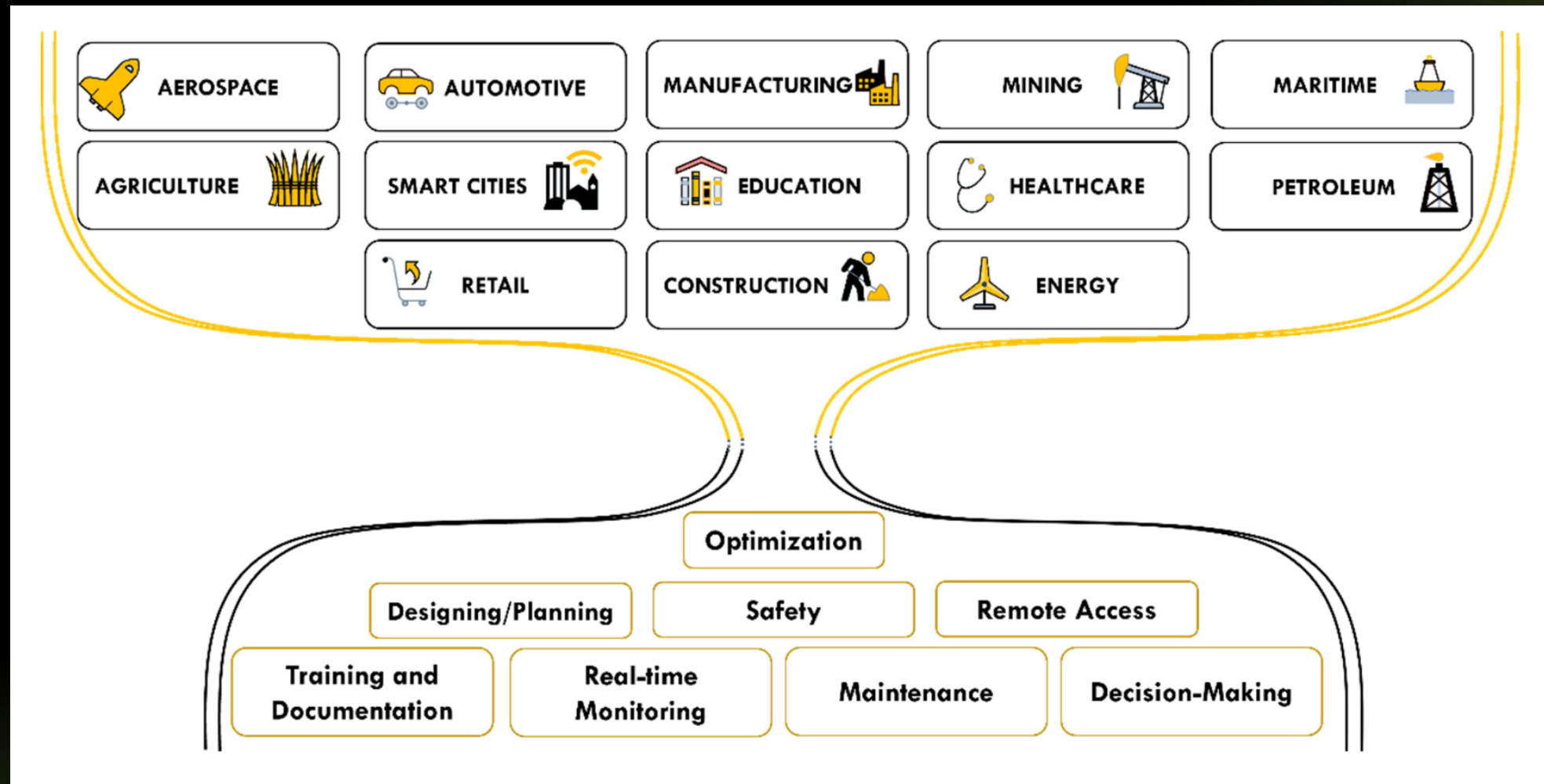
- Virtuaalinen esitys fyysisestä kohteesta tai järjestelmästä
- Yhdistää reaaliaikaisen datan ja simulointimallit
- Tavoite: parempi päätöksenteko, tehokkuus ja ennakointi
- Yhdistää vaiheita: esim. kohteen suunnittelun, käytön ja huollon

virtuaalinen
malli, joka
kuvaa fyysistä
kohdetta,
järjestelmää tai
prosessia

Lyhyt historia

- 2000-luku: NASA toi termin 'Digital Twin' (DT) käyttöön
- Kehitys: CAD → IoT → Big Data → AI
- Yhteentoimivuus ja standardit vauhdittavat DT-ratkaisujen kasvua
- Soveltaminen laajentunut teollisuudesta muille sektoreille





Miksi digitaalinen kaksonen on tärkeä?

- Reaaliaikainen tilannekuva
- Ennakoiva kunnossapito
- Kustannussäästöt ja riskienhallinta
- Kiertotalous ja resurssitehokkuus

Digitaalisen kaksosen rakenne

Kolme keskeistä osaa:

1. Fyysinen kohde
2. Virtuaalinen malli
3. Datayhteys (IoT, anturit, pilvi)



Teknologiat taustalla (1/2)

- IoT ja anturiverkot – datan keruu
- Pilvipalvelut ja edge computing – laskenta ja tiedon säilytys
- Simulointi ja mallinnus – CAD, CFD, FEM, prosessisimulaatiot

IoT-tekniikoiden
Edge computing -
tietojenkäsittely
lähellä sitä paikkaa,
missä data syntyy:
•Vähentää viivettä
•Säästää
kaistanleveyttä
•Laitteet voivat
toimia myös silloin,
kun verkkoyhteys on
heikko tai poikki.
•Mahdollistaa
reaaliaikaisen
analyysin ja
automaation

CAD
CFD - laskennallinen
FEM - äärellisten
elementtien
menetelmä:
•Rakenteiden
lujuuslaskenta
(esim. sillat, koneen
osat)
•Lämpötilan ja
lämmönsiirron
mallinnus
•Mekaniikan ja
materiaalien
tutkimus

Teknologiat taustalla (2/2)

BIM - digitaalinen menetelmä, jolla rakennuksen tai muun rakenteen fyysinen ja toiminnallinen tieto mallinnetaan virtuaalisesti. BIM-malli sisältää esimerkiksi rakennuksen geometrian, materiaalit, tekniset järjestelmät ja elinkaaren tiedot.

OPC UA - teollisuusautomaatio- ja tiedonsiirtostandardi, joka mahdollistaa eri valmistajien laitteiden ja järjestelmien välisen kommunikoinnin.

- Tietomallit ja standardit: BIM, OPC UA, ISO 23247
- Visualisointi ja AR/VR – käyttöliittymät ja koulutus
- AI ja koneoppiminen – älykkäät, ennakoivat kaksoiset

ISO 23247

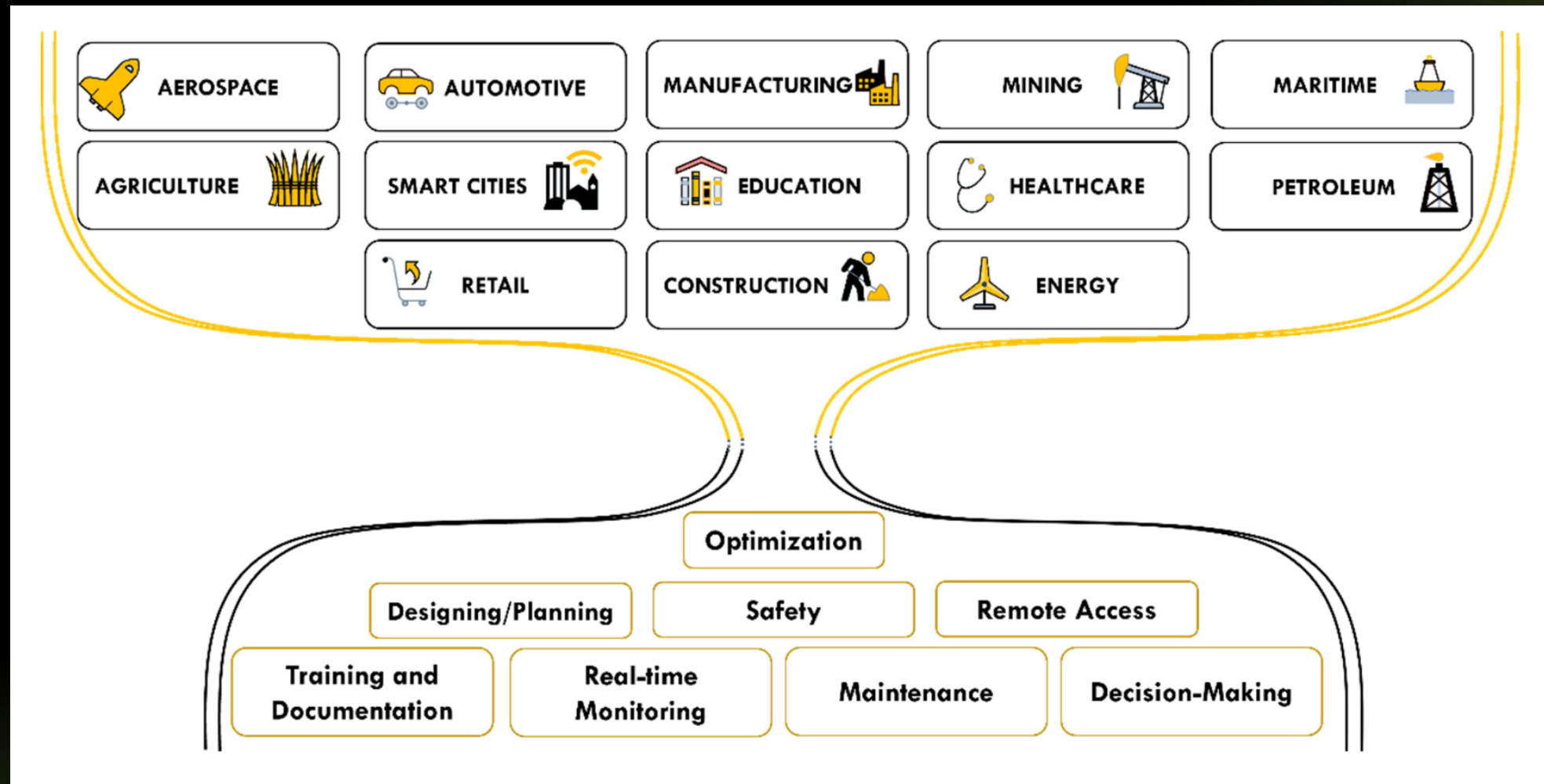
- Määrittelee, miten digitaalinen kaksoinen rakennetaan ja liitetään osaksi tuotantoympäristöä.
- Mahdollistaa fyysisten laitteiden tilan, sijainnin ja suorituskyvyn seuraamisen reaaliajassa.
- Tukee älytehtaiden ja automaation kehitystä sekä tulevaisuudessa tekoälyn ja pilvipalveluiden hyödyntämistä

Strateginen näkökulma

- Missä digitaalisella kaksoella on eniten arvoa?
- Arvonluonti datan, analytiikan ja toiminnan kautta
- Digitaalinen kaksonen osana älykästä järjestelmää/ekosysteemiä

Käyttötapauksia

- Teollisuus: kunnossapito, tuotannon optimointi
- Rakennettu ympäristö: rakennusten energiatehokkuus
- Energia: verkkojen simulointi ja kuormituksen ennakointi
- Terveys: potilaskohtaiset simulaatiot
- Koulutus: interaktiiviset harjoitusympäristöt



Käytännön esimerkki Jamkista:

Finnish Future Farm

Smart Bioeconomy Testbed

HH 4.11.25

jamk

Smart Bioeconomy Testbed

by Jamk Institute of Bioeconomy @ Tarvaala, Saarijärvi, Cent

Nordic Testbed Network



Supporting digital transformation in
the Nordic bioeconomy

* Member of Nordic Testbed Network since 2022



Co-funded by the
European Union



Test Farms Subcontractor
in the Nordics region



Jamk Biotalousinstituutti

Keskeiset palvelut

◆ **Smart Bioeconomy Testbed** – fyysinen ja virtuaalinen maatilaympäristö: Testaa ja esittele uusimmat innovaatiot pohjoismaisessa vaativassa ympäristössä.

◆ **Biotalousen koulutus:**
Kattava koulutus tulevaisuuden innovaattoreille. Uutuutena [Luonnonvaratekniikan insinööri](#) –tutkinto (haku 2026 keväällä)

◆ **BioBoosters:**
Yrityskiihdyttämö, mentorointi, rahoitus ja globaalit markkinamahdollisuudet erityisesti agroteknologian startupeille.

Miksi valita meidät?

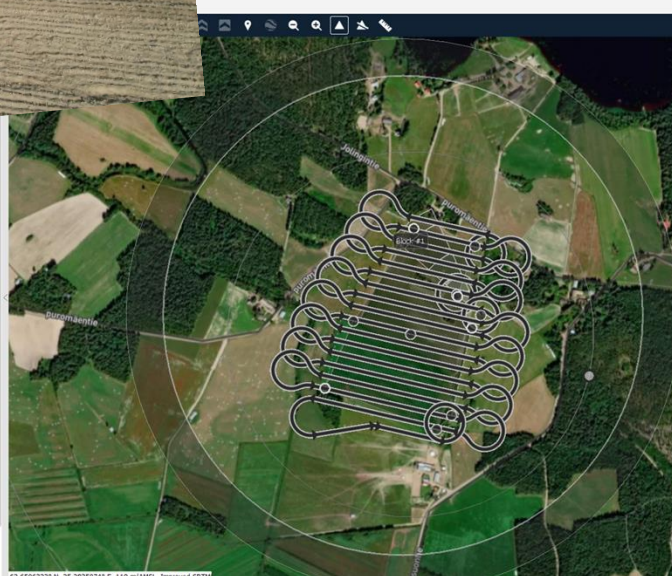
- ◆ **Kattavuus:** Tukea maatalan optimoinnista startupin kasvuun.
- ◆ **Vaikuttavuus:** Skaalaa innovaatiotasi globaalin verkostomme avulla.



Automaation testaus



Updater	Name:	Block #1
Logbook	Camera:	Duet T
Options	Plan above:	Elevation data - AED
Help	Thermal	
Fullscreen	Resolution:	15.00 cm/px
	Lat. overlap:	65 %
	Long. overlap:	75 %
	Between photos:	19 m
	Image coverage:	96677 m
	RGB	
	Resolution:	2.60 cm/px
	Lat. overlap:	76 %
	Long. overlap:	86 %
	Between photos:	19 m
	Image coverage:	14295 m
	Reverse flight	☐
	Perpendicular lines	☐
	Interlaced flight lines	☐
	Area:	13.5 ha, 9.14 km²
	Flight altitude:	114.7 m AED
	Photos:	296
	Est. flight time:	00:16:57
	Est. flight distance:	11946 m
	Flight line spacing:	34 m
	Waypoints:	52
	Reset progress	



jamk

Maaperäskannaus & Paikannetut maanäytteet



23-00124350	23-00124351	23-00124352	23-00124353	23-00124354
10	11	12	13	14
7290447046	7290447046	7290447046	7290727639	7290727639
Maatalo	Maatalo	Maatalo	Huipuri	Huipuri
Hs	Mm	Mm	Hs	Hs
m	-	-	m	mm
0,6	1,2	2,2	0,6	1,3
6,5	5,6	5,2	6,3	5,6
1300	2000	2100	1200	2200
8,9	1,6	2,0	4,4	<1,5
100	48	31	87	93
270	250	210	230	240
4,4	17	15	5,7	11
11	19	23	10	20
59	53	46	60	55
2	1	0	2	1
20	11	8	19	10
2	1	1	3	1
0	10	20	0	9
Kalkkikivi- jauhe	Vapaa- valintainen	Vapaa- valintainen	Kalkkikivi- jauhe	Vapaa- valintainen

Sadon kehityksen mittaaminen



jamk



Nurmen korjuustrategia



Tekoälyn opettaminen rikkakasvien torjunnassa

jamk

Dronemittaukset



HH 4.11.25



Kamerat



SenseFly Duet T

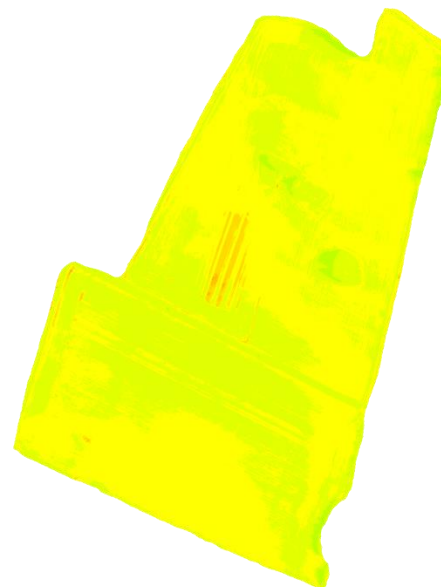


MicaSense RedEdge-MX

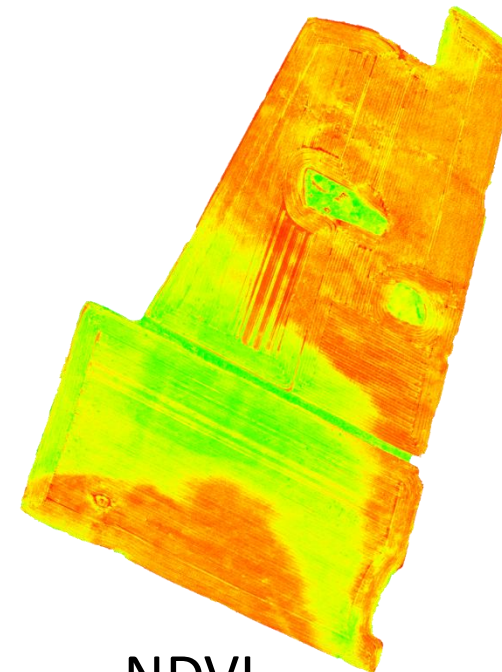
Karttatasot



RGB



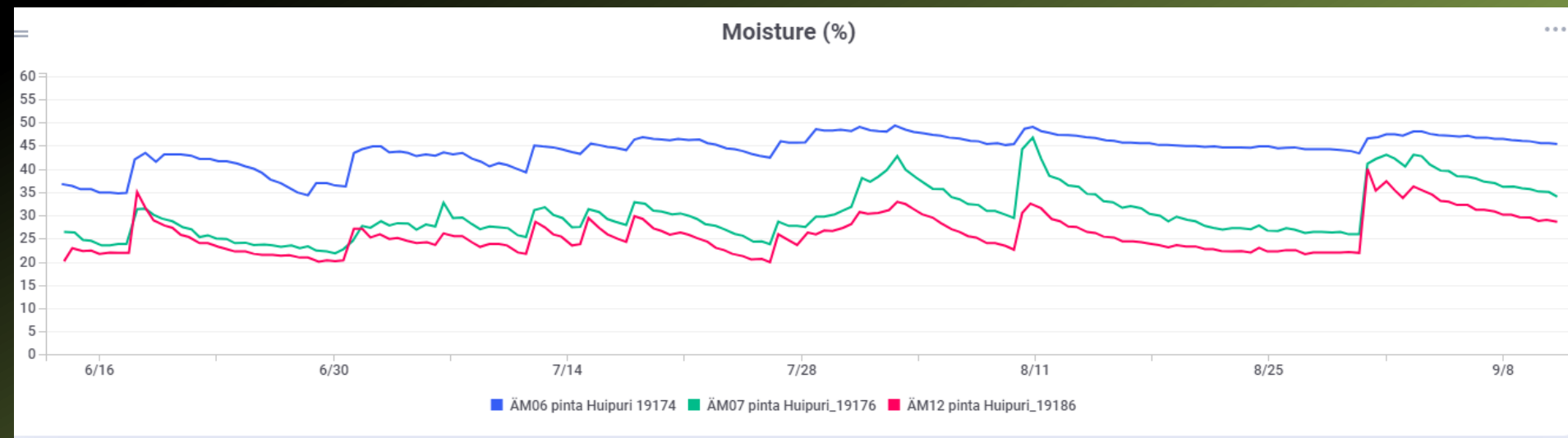
Lämpökamera



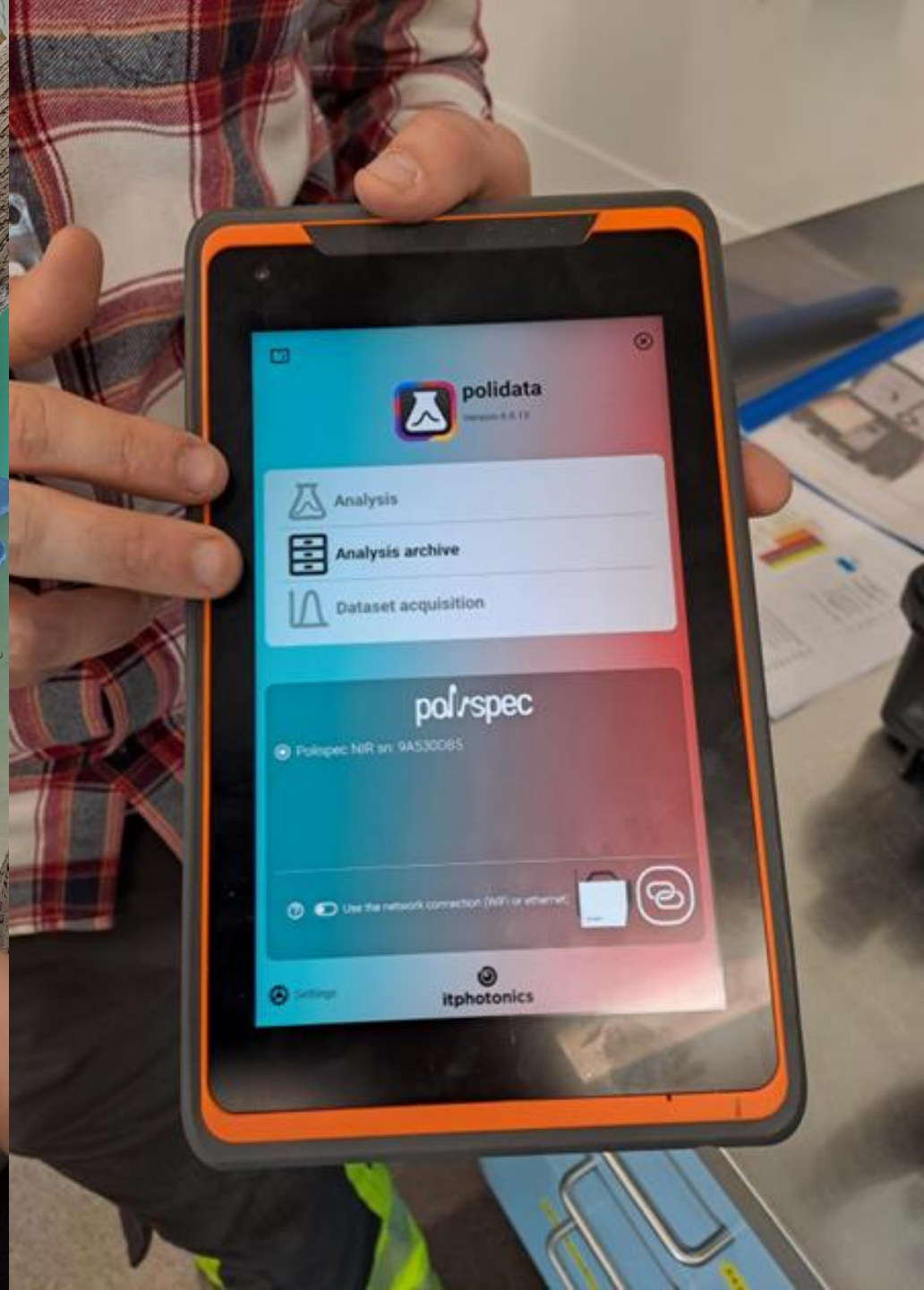
NDVI



Soil Scout – langattomat maaperäanturit



Säilörehun laadun mittaus NIR- tekniikalla



Viljasadon laadun kartoitus NIR-tekniikalla

Puimuri



Laboratorio



Laatukartta

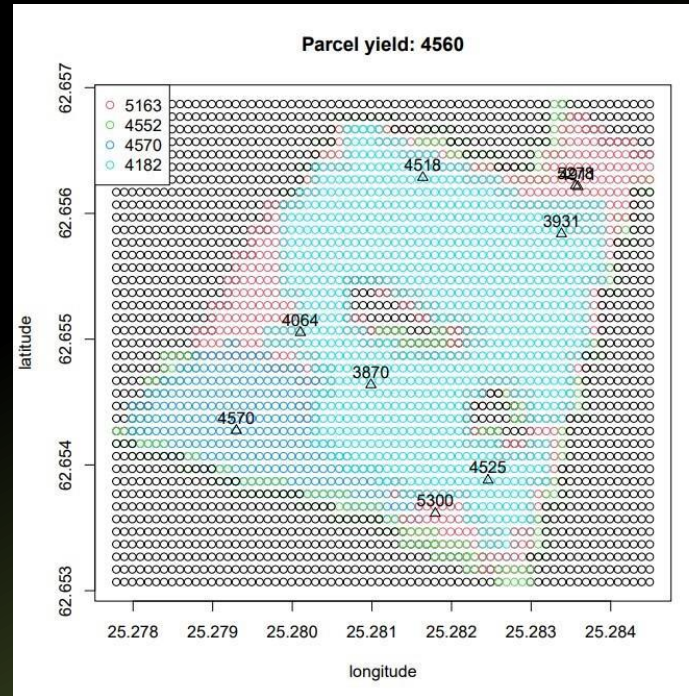


Kokeilut / testaukset

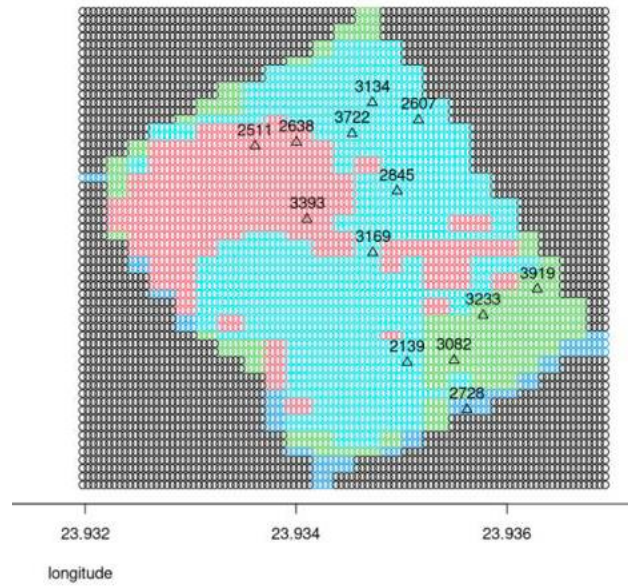
- Esim. videoklipit → **AI** → satoennuste



Valikoiva puinti

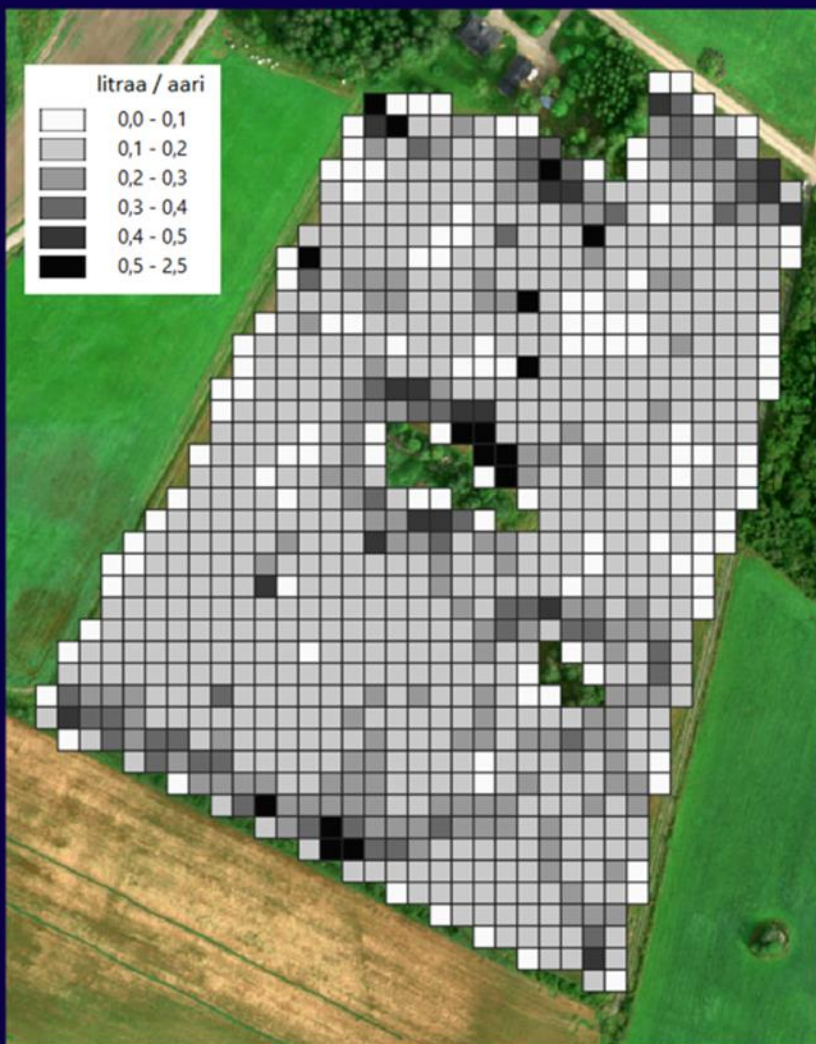


Parcel yield: 2982



jamk

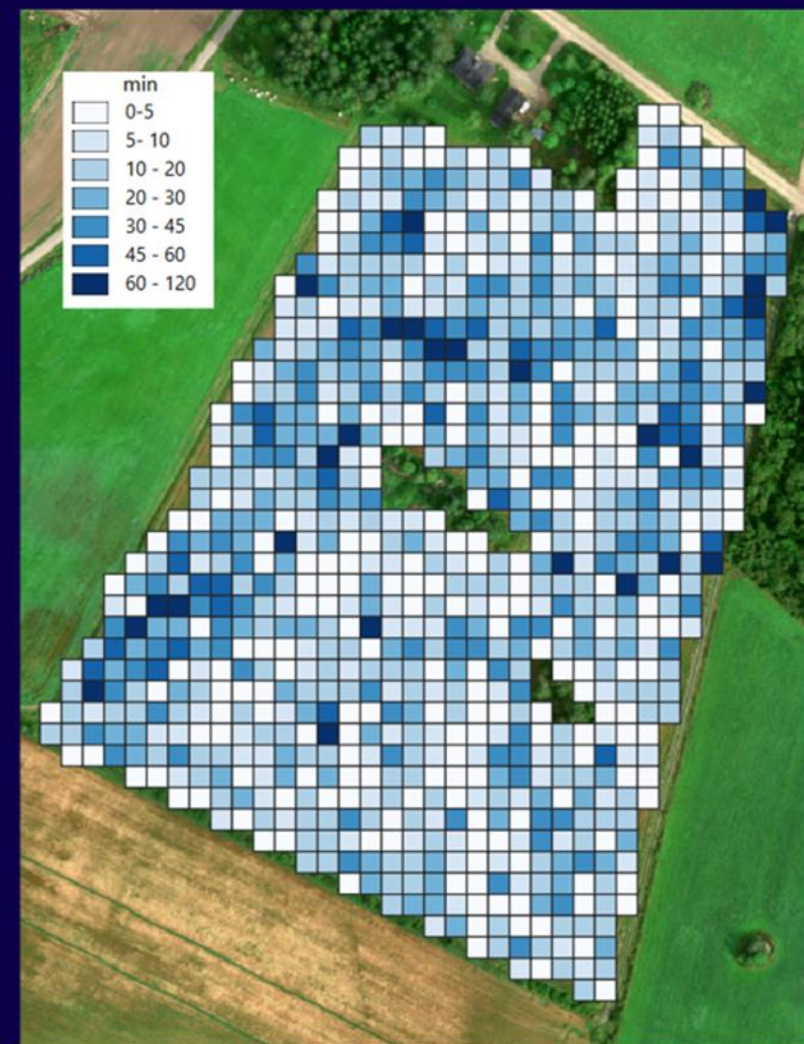
Polttoaineen kulutus



Paikkakohtainen kannattavuus

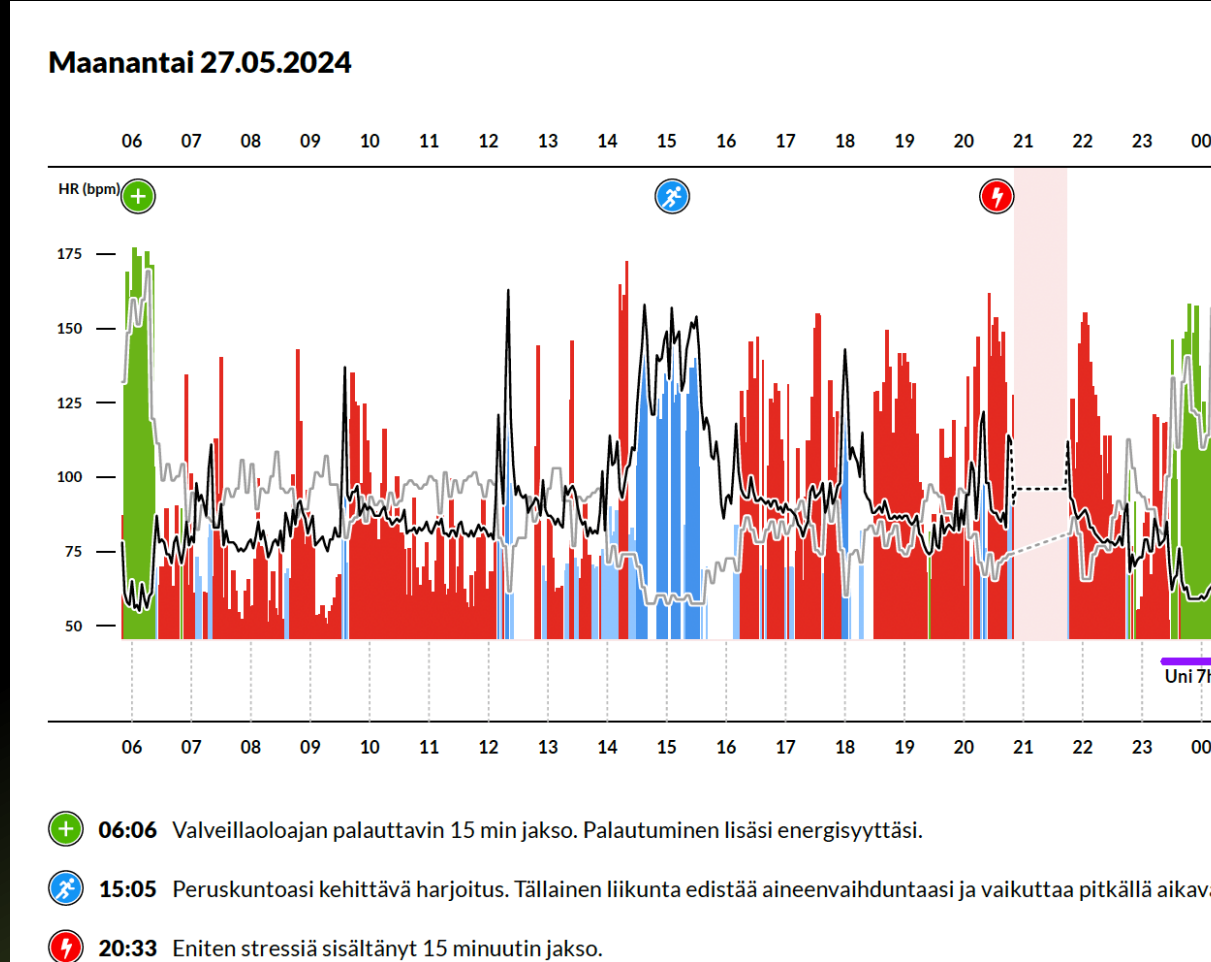


Aikakartta



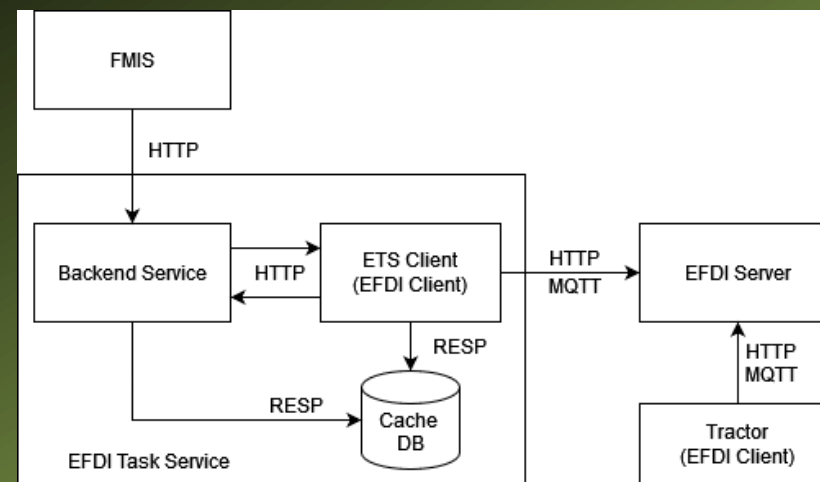
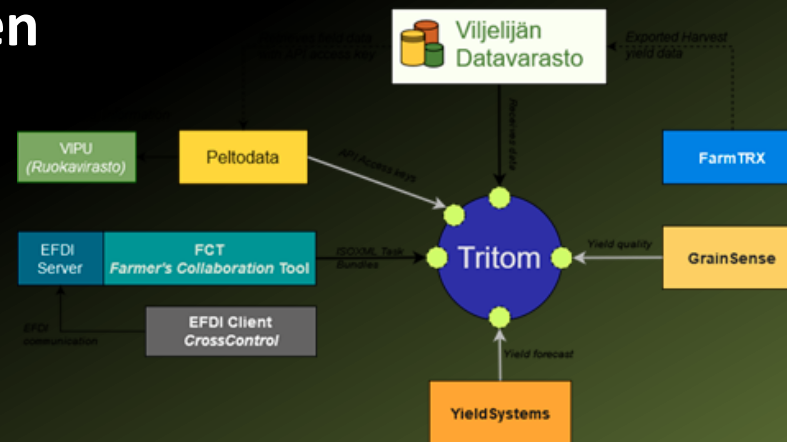
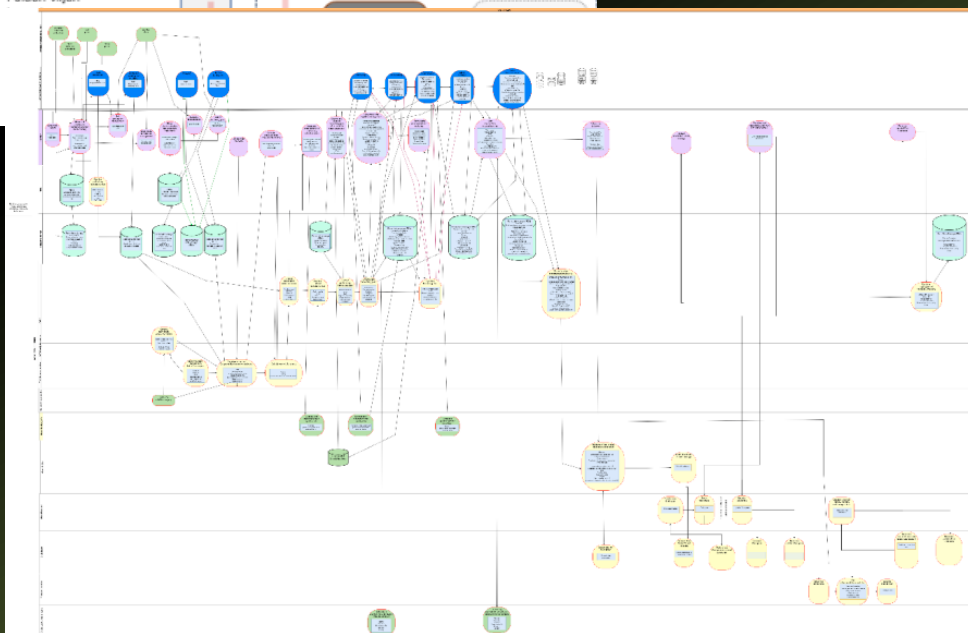
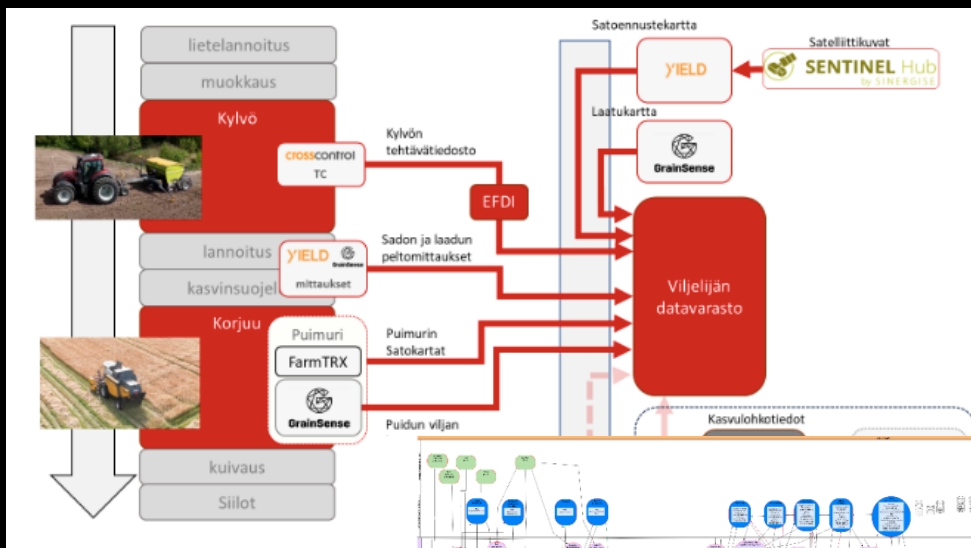
Kuljettajan stressi ja palautuminen

Automaation edut (vasemmalla)



jamk

Tietojärjestelmien rakentaminen



jamk

Digitaalinen kaksonen

Älymaatilan Digitaalinen Kaksonen / Virtuaalinen Tarvaala

-Opetukseen, kokeiluihin, testaukseen ja tutkimukseen



jamk

FFF-metaversessa käyttäjät voivat esimerkiksi luoda samanaikaisesti useita yksityisiä istuntoja, joissa he voivat kommunikoida.

Järjestelmä toimii selaimessa älypuhelimilla, tableteilla, tietokoneilla sekä VR- ja MR-laseilla.



Metaverse on integroitu maatalan digitaaliseen kaksoseen,
Virtuaaliseen Tarvaalaan

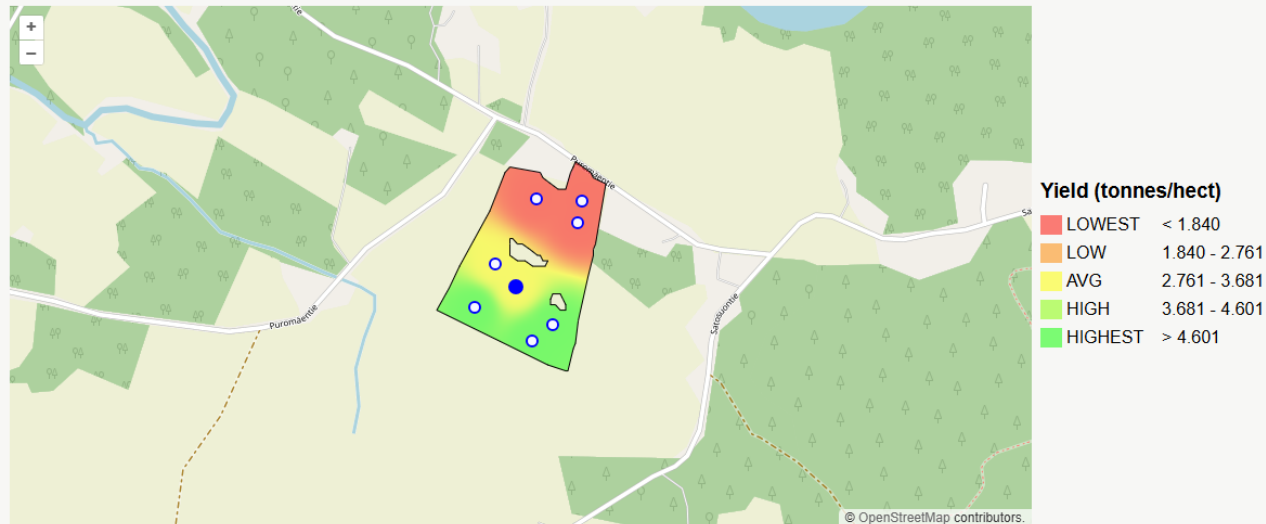


Virtuaalisessa Tarvaalassa voit esimerkiksi:

- Seurata älytilan tilaa etänä.
- Visualisoida mitattua dataa tai simulaatioiden tuloksia.
- Tarjota käyttäjille parannusehdotuksia tai hälytyksiä.
- Oppia ja opettaa älymaataloutta.
- Simuloida ja kokeilla lähes rajattomasti erilaisia vaihtoehtoja.

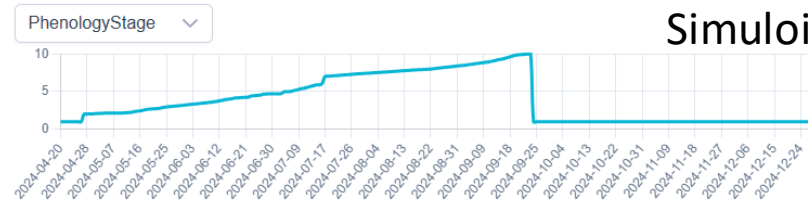


Simulointi: maatalan käyttöliittymä



Parameters

CropType: Oats
 Cultivar: Niklas
 SoilType: Clay
 SowingDepth: 30
 RowSpacing: 250
 PlantDensity: 120
 FertilizerType: NH4N
 FertilizerAmount: 100



Simuloitu sadon kehitys

jamk

Tarvaalan digitaalinen kaksonen

-esittelyvideo Landtechnik 2025



Tulevaisuuden suunta

- Yhä reaaliaikaisemmat ja itseoppivat kaksoiset
- Yhdistyminen generatiiviseen tekoälyyn
- Avoimet alustat ja datastandardit
- Kestävyys ja vastuullisuus ajureina

Yhteenveto

- Digitaalinen kaksonen = yhdistelmä **dataa**, **mallinnusta** ja **älyä**
- Mahdollistaa tehokkuuden, ennakkoinnin ja kestäväen kehityksen
- Teknologiat kehittyvät nopeasti – nyt on oikea aika aloittaa

Kysymykset ja keskustelu

- Mitä mahdollisuuksia näet omalla alallasi?
- Millaisia haasteita digitaalinen kaksonen voisi ratkaista?

Lisämateriaalia

Digital Twin Consortium:

<https://www.digitaltwinconsortium.org/>

Kansainvälinen organisaatio, joka edistää digitaalisten kaksosten kehitystä, standardointia ja käyttöönottoa eri toimialoilla. Se tarjoaa resursseja, ohjeita ja verkostoitumismahdollisuuksia digitaalisten kaksosten kehittämiseen.

Tampereen korkeakouluyhteisö – Digitaalisten kaksosten kokeiluympäristö:

<https://projects.tuni.fi/digi2/tietoa-digitaalisista-kaksosista/>

Tietoa digitaalisista kaksosista ja niiden teknologioista sekä kokeiluympäristöistä

FFF-projektin pilottikoulutus

<https://www.jamk.fi/fi/projekti/finnish-future-farm/tietoon-perustuva-paatoksenteko-kauran-viljelyssa-pilottikoulutus>

Pilottiryhmä, jossa harjoitellaan viljelypäättösten tekoa simuloiduissa tilanteissa - yhdessä oppien ja keskustellen. Koulutus toteutetaan kokonaan etänä.

[Luonnonvaratekniikan insinööri](#) –tutkinto (haku 2026 keväällä)