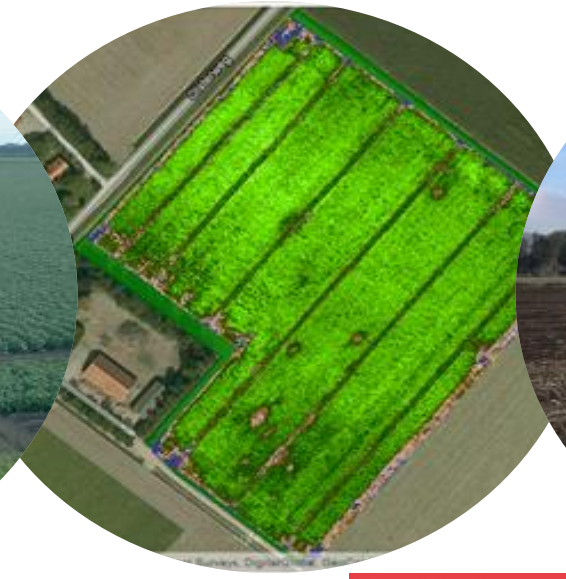
Precision farming: advances in high tech, data driven agriculture at field, farm and regional level

Corné Kempenaar

Wageningen, 25 October 2018



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

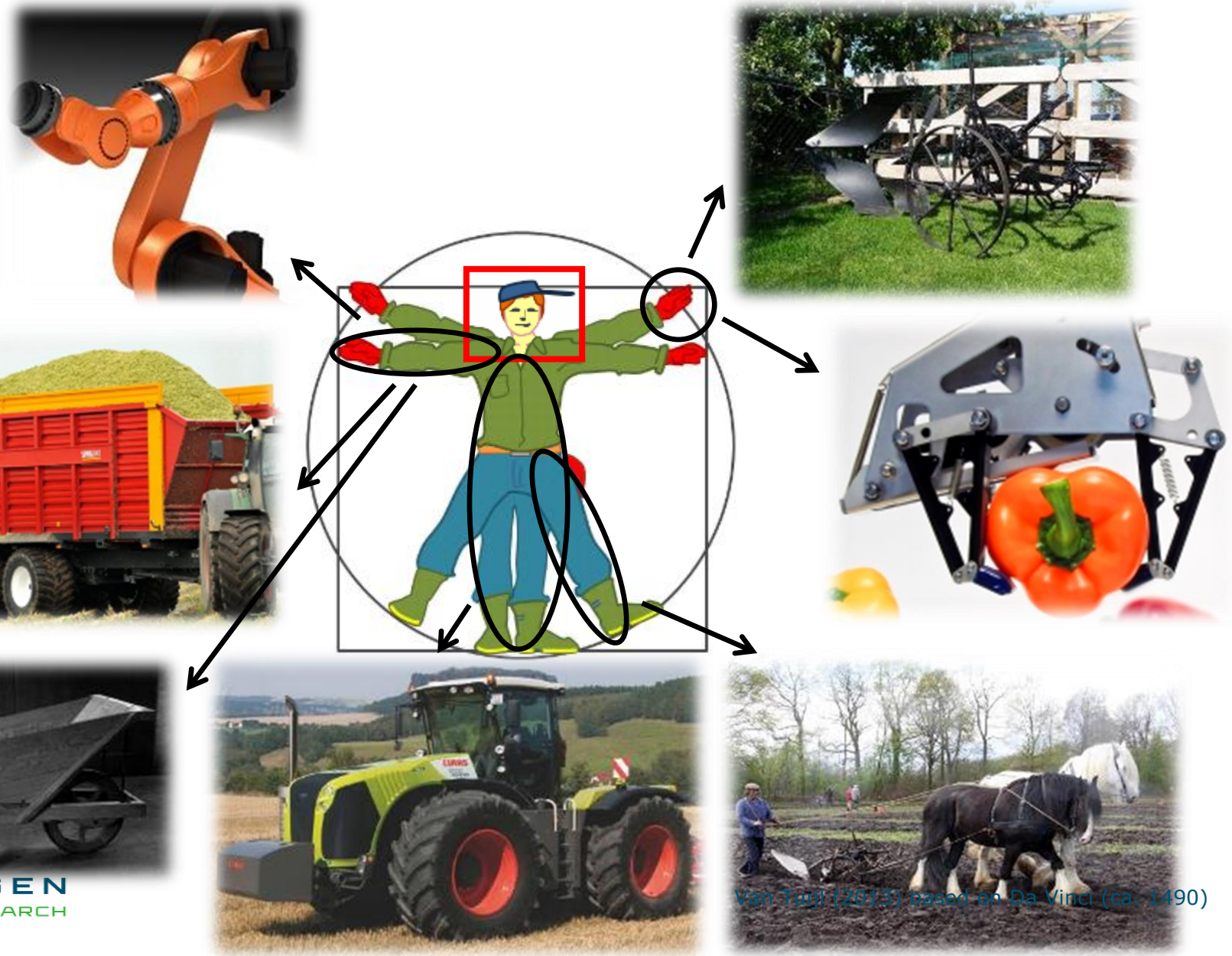
AERES
HOGESCHOOL
DRONTEN

Millennium goals and challenges for agriculture

Development of agriculture (in nutshell)

- 12.000 years of innovation
  - First revolution (10.000 BC) start of cultivation of land
  - Arab (800-1300) and British (1750-1900) agricultural revolutions
  - Green revolution (1930-1960)
  - Fourth revolution
    - Precision agriculture first mentioned around 1990
    - Later on also digital farming/smart farming/IoT/Robotics
- Note: 1-2 out of 400 generations of farmers apply digital technologies so far on there farms (1 generation is 30 years)

Technological developments



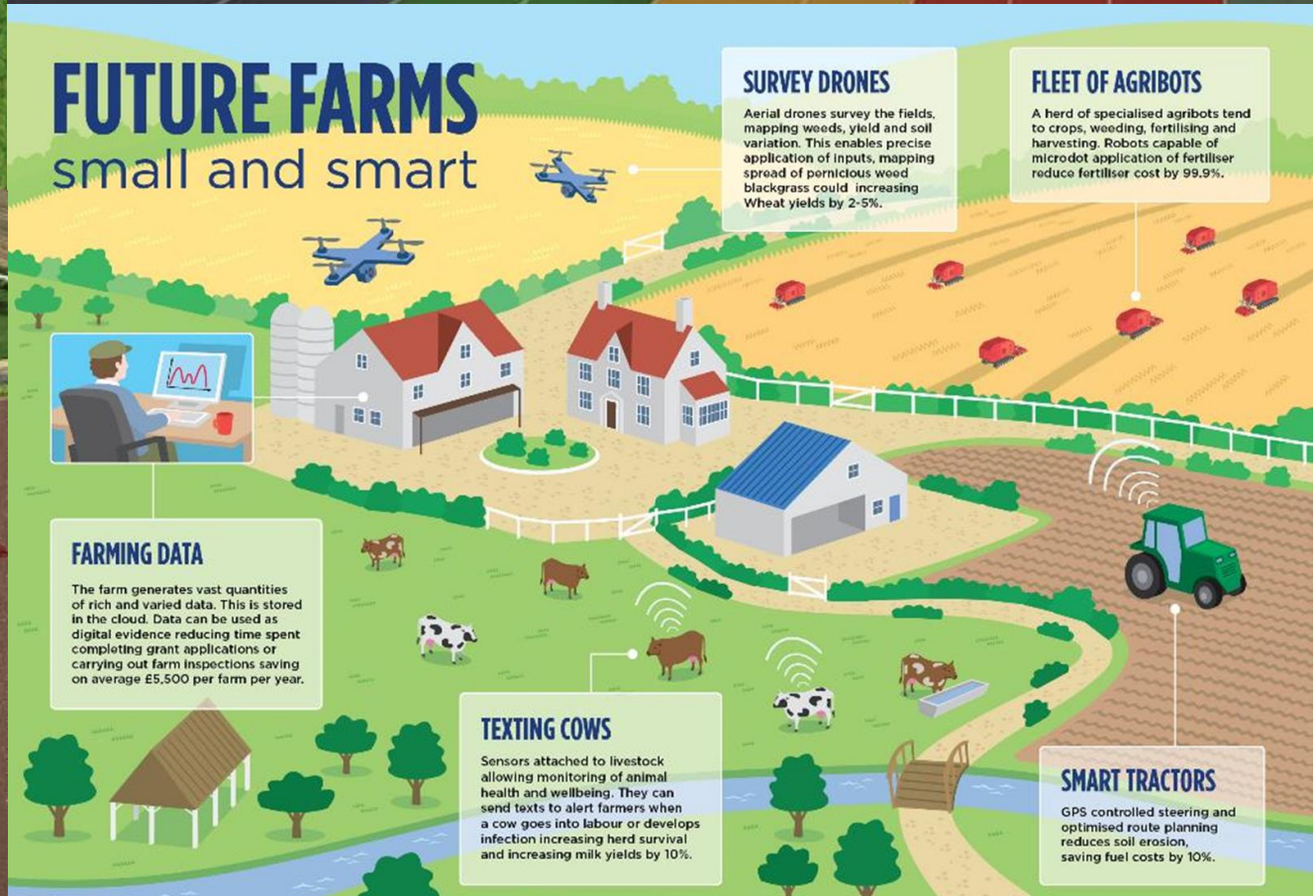
Van Tuijl (2013) based on Da Vinci (ca. 1490)

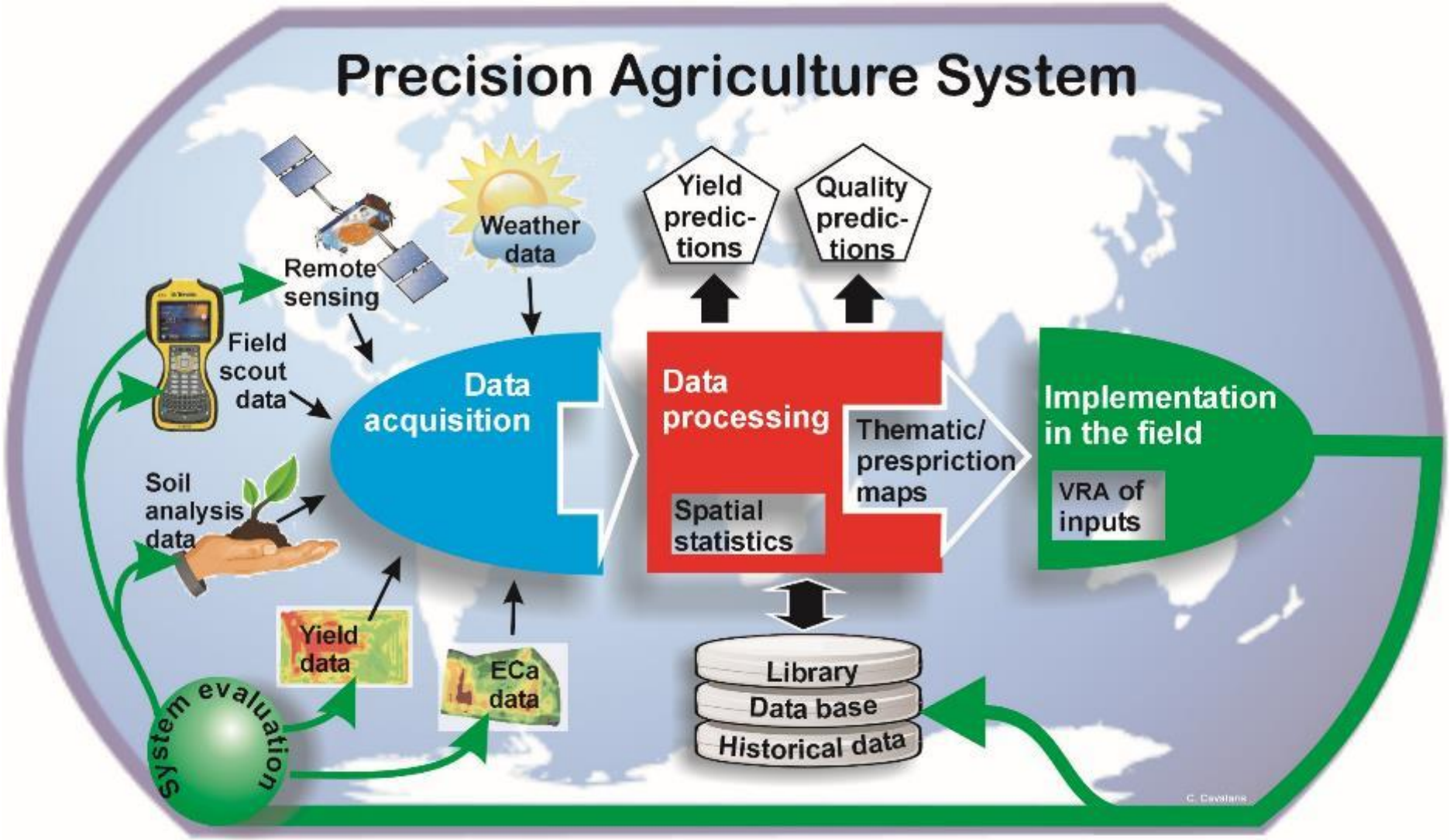
Precision Farming / Smart Farming / Digital farming ....

- A farming management concept based on measuring and responding to temporal and spatial variability in crops, livestock and the environment
    - Sensing -> decision making ->implementation
        - Operational, tactical, strategical operations
- Many enabling technologies are available:
    - GNSS, sensors, ICT, autonomous platforms, robotics
- Expected benefits (in short): More with Less & Better


GNSS satellite
Data satellite
Mini robots
RTK pole
Data collection
Data collection
Mini robots
Data collection


CROP CARE & NUTRIENT APPLICATION
FARM OFFICE
GRAIN DRYING, MONITORING & CONTROL
MOBILE
PLANTING
CROP HARVESTING
DECISION SUPPORT: DEALERS & SERVICE PROVIDERS
TILLAGE & FIELD PREP
FUSE
Connecting Your Farm


FUTURE FARMS
small and smart
SURVEY DRONES
Aerial drones survey the fields, mapping weeds, yield and soil variation. This enables precise application of inputs, mapping spread of pernicious weed blackgrass could increasing Wheat yields by 2-5%.
FLEET OF AGRIBOTS
A herd of specialised agribots tend to crops, weeding, fertilising and harvesting. Robots capable of microdot application of fertiliser reduce fertiliser cost by 99.9%.
FARMING DATA
The farm generates vast quantities of rich and varied data. This is stored in the cloud. Data can be used as digital evidence reducing time spent completing grant applications or carrying out farm inspections saving on average £5,500 per farm per year.
TEXTING COWS
Sensors attached to livestock allowing monitoring of animal health and wellbeing. They can send texts to alert farmers when a cow goes into labour or develops infection increasing herd survival and increasing milk yields by 10%.
SMART TRACTORS
GPS controlled steering and optimised route planning reduces soil erosion, saving fuel costs by 10%.



- **Right time**
- **Right place**
- **Right input**
- **Right amount**

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

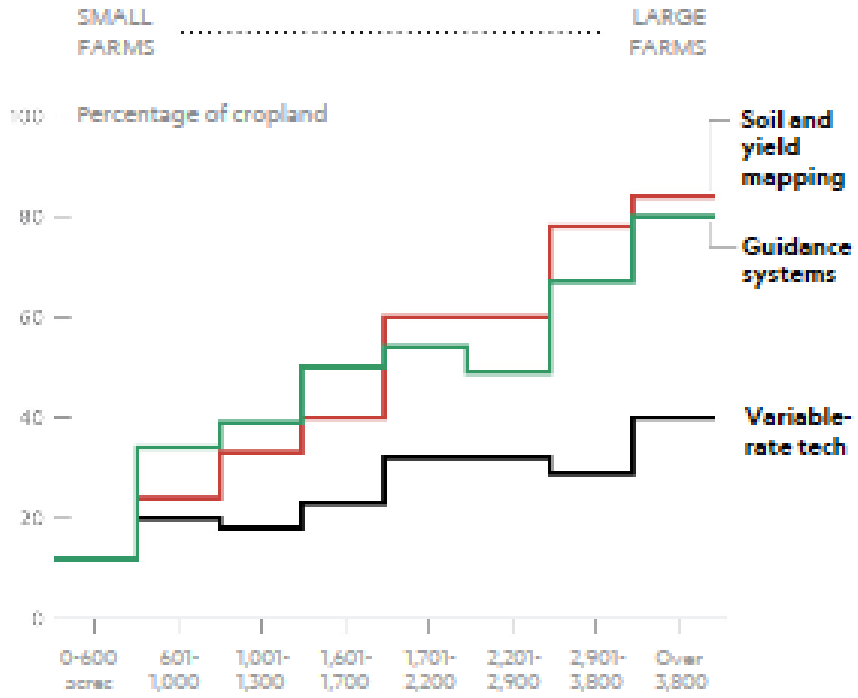
PA Infographic National Geographic

Buying In

With more ability to scale, large farms have higher rates of adoption for the most popular precision agriculture technologies, including soil and yield mapping and guidance systems.

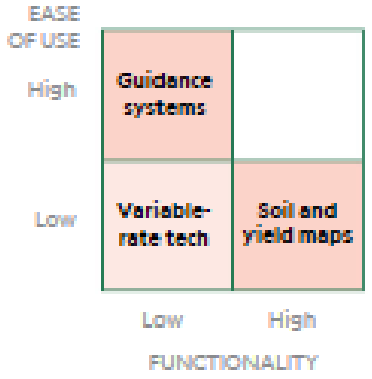
SIZE MATTERS

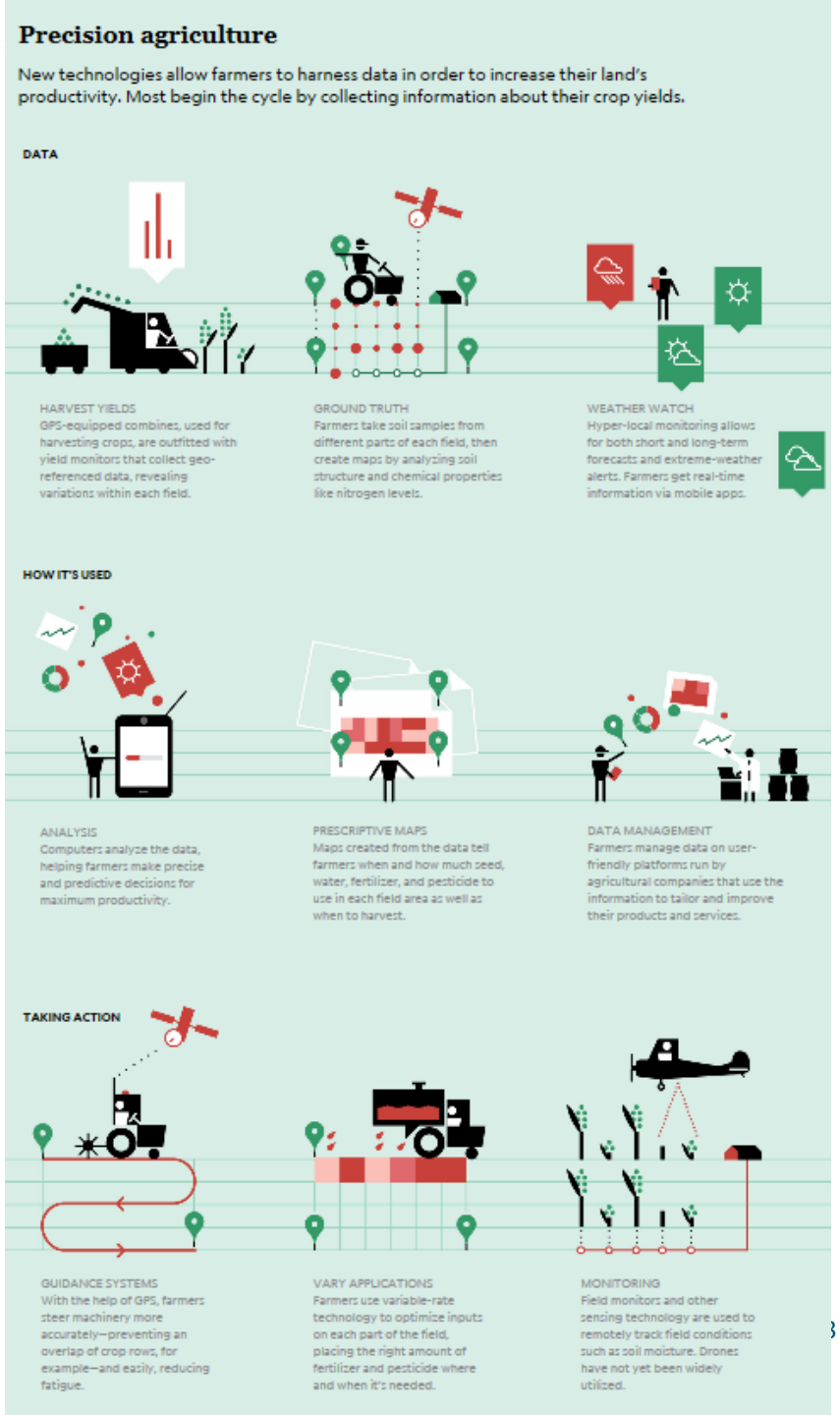
2010 data



APPLICATION

Mapping is most practical, applying to both seeding density and fertilizer use. Variable-rate technology (VRT) allows farmers to customize, planting different types of seeds at multiple locations with a single pass of the tractor. But VRT comes at a high cost, requiring specialized machinery for each crop.





EU study: STOA report 2016 “PA Impact on EU Policy”

++

- Business development in agri-food chains
- Food security & food safety
- Transparency of agri-food chains
- Sustainable production

+

- Competitiveness of EU-farming
- Skilled workforces
- Demographic and rural development
- Climate change and action

=

- Farm holding size and number
- Multi-functional agriculture

—

- Jobs on farms in primary production

veteffect
veterinary and public health

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Barriers

- Skills needed
- Independent data on cost-benefit
- Implementation of technologies in farming practices
- Interoperability
- Standardization
- Smart use of sensor data (adding value to data by generic models and local calibration)

Where is the PF business case in potato?

WAGENINGEN UR
For quality of life

Quantitative Information French Fries Potato Production in Flevoland, NL, clay soil (Source: KWIN of WUR, 2015)

	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	Eenheid	Bedrag
hoofdproduct	53560	kg	0.16	€/kg	8,332
BRUTOGELDOPBRENGST (a)					8,332
UITGANGSMATERIAAL					
pootgoed	2700	kg	0.28	€/kg	756
BEMESTING					
kalkammonsalpeter	252	kg N	1.05	€/kg N	265
tripelsuperfosfaat	105	kg P_2O_5	1.00	€/kg P_2O_5	105
kali 60 (chloorhoudend)	180	kg K_2O	0.64	€/kg K_2O	115
GEWASBESCHERMINGSMIDDELEN					
boscalid (27%), pyraclostrobine (7%)	0.4	kg,l	66.00	€/kg	26
chloorprofam (300)	1.6	kg,l	31.00	€/l	50
cyazofamid (160)	3	kg,l	52.00	€/l	156
diquat dibromide (200)	4	kg,l	17.00	€/l	68
fluopicolide (63), propamocarb (524)	4.8	kg,l	20.00	€/l	96
lambda-cyhalothrin (100)	0.05	kg,l	125.00	€/l	6
mandipropamid (250)	3.6	kg,l	36.50	€/l	131
metribuzin (70%)	0.5	kg,l	44.00	€/kg	22
prosulfocarb (800)	4	kg,l	13.50	€/l	54
thiacloprid (480)	0.15	kg,l	170.00	€/l	26
ENERGIE [1)]					
stroomverbruik bewaring	1071	kWh	0.15	€/kWh	164
diesel	150	l	1.10	€/l	285
AFZETKOSTEN					
opscheppen	54	ton	1.80	€/ton	96
OVERIGE PRODUCTGEBONDEN KOSTEN					
berekende rente	1251	€	5.50	%	69
N-mineraalmonster	0.1	keer	43.00	€/keer	4
potatopol	1	ha	19.45	€/ha	19
TOEGEREKENDE KOSTEN (b)					2,514
SALDO PER EENHEID EIGEN MECHANISATIE (c=a-b)					5,818
ARBEIDSBEHOEFTE					
grondbewerking	4.6	uur			
bemesten	0.6	uur			
zaaien/poten/planten	1.4	uur			
bespuitingen	5.3	uur			
overige gewasverzorging	2.5	uur			
oogsten	15.2	uur			
verwerken	0.0	uur			
	29.6	**uur**			

1.Closing the yield gap, still ca. 40%

2. More precise crop Management

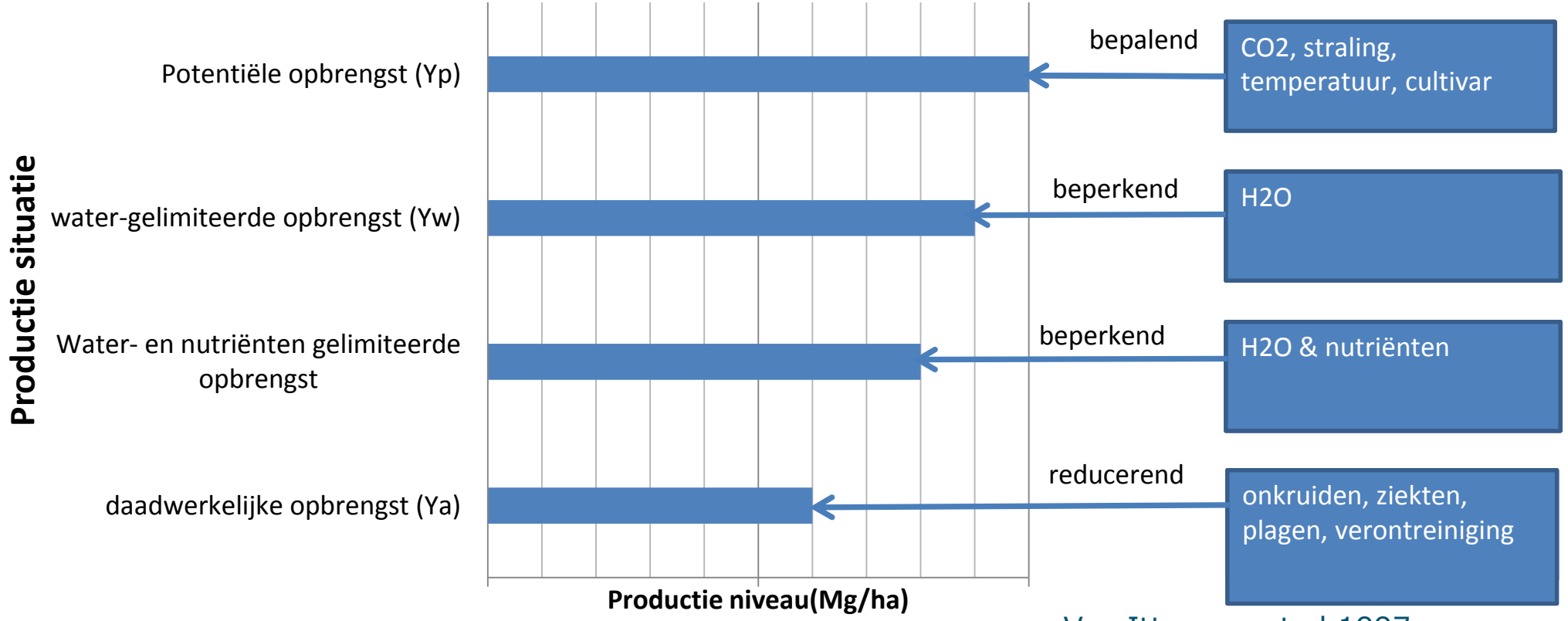
Total: 1900 €/ha

3. Less labour and advisory costs

4. Others

[1)] Energiekosten bij luchtgekoelde bewaring tot eind januari, inclusief opwarmen voor aflevering.

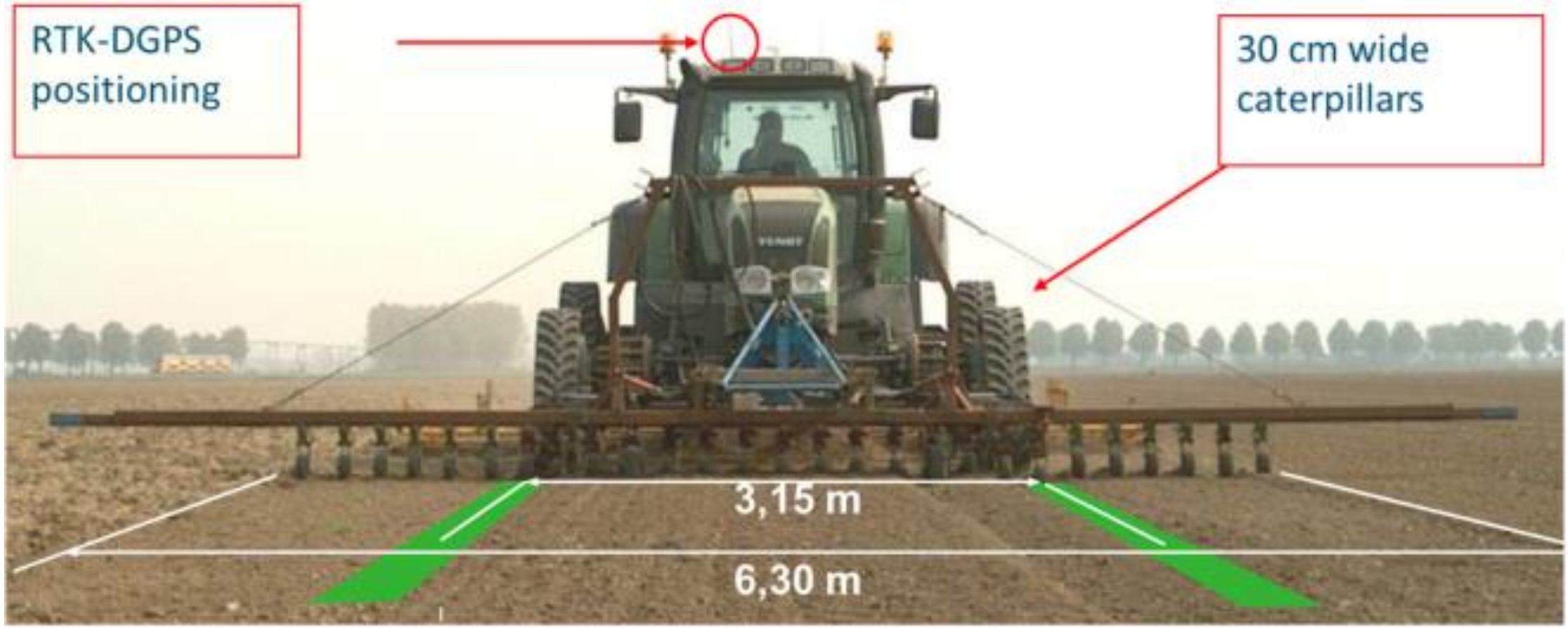
Frame work for analysis of crop yields



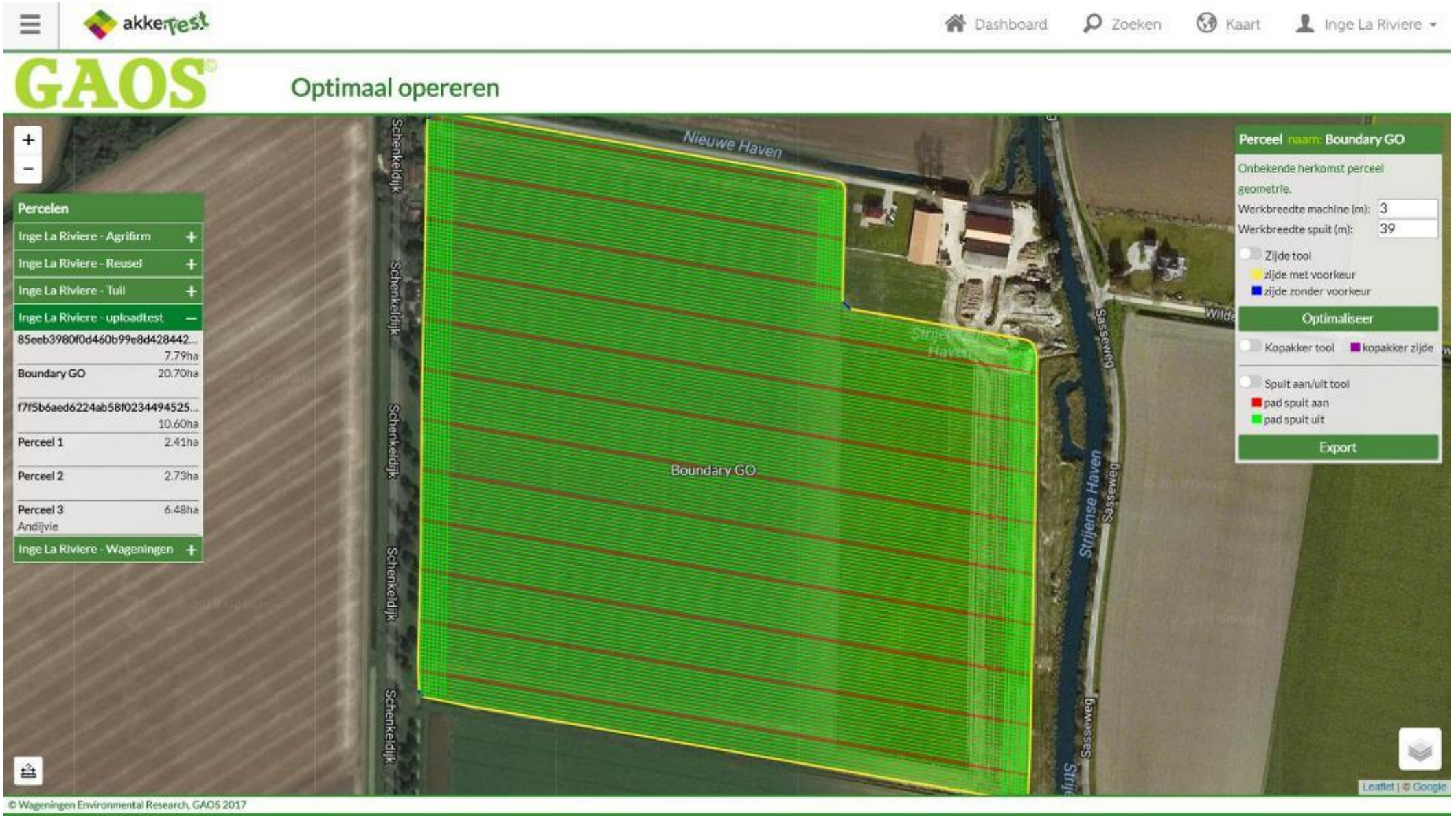
Van Ittersum et al.1997

Y_a in NL arable farming is ca ½- ¾ of Y_p

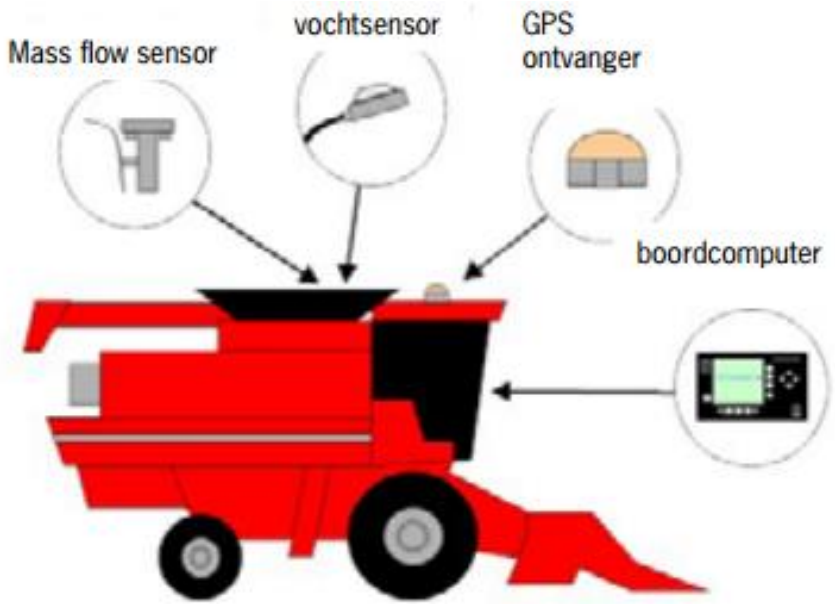
PA 1.0: Global Navigation Satellite systems (GNSS) and Controlled Traffic Farming (CTF)



PA 1.0+ Use of GAOS module for route planning



PA 2.0: yield maps



Werkdatums: 16-08-2016 - 17-08-2016

AGRONOMISCHE GEGEVENS
DROOG GEWICHT 92,61 t
GEM. DROOG GEWICHT 7,52 t/ha
GEM. MSTR 15,8 %
BEWERKT GEBIED 12,31 ha
NAT GEWICHT 94,06 t
GEM. NAT GEWICHT 7,64 t/ha

LEGENDA	
8,33	9 %
8	21 %
7,73	17 %
7,4	17 %
7,05	17 %
6,67	11 %
0	8 %

WAGENINGEN UR
For quality of life

PA 2.0: Crop biomass data from light reflection sensor systems, delivering crop biomass maps



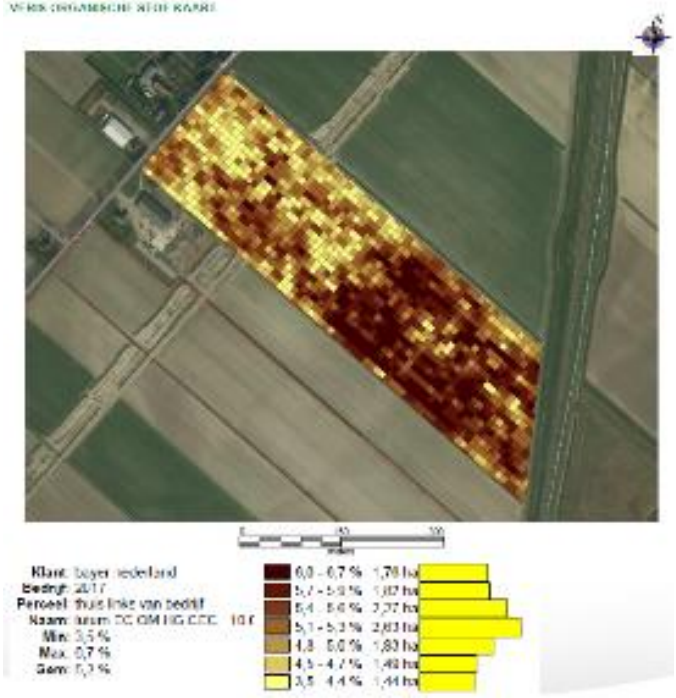


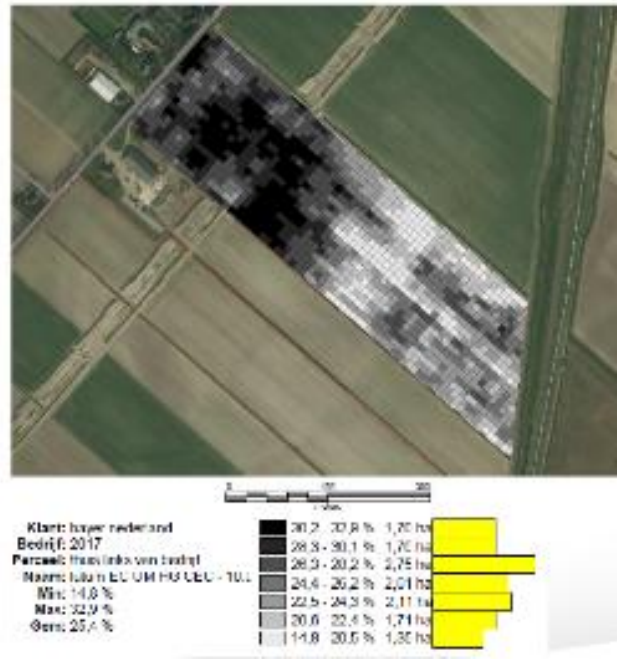




PA 2.0 monitoring: Satellite image of (potato) crops

PA 2.0: Soil sensors systems for mapping of soil properties

















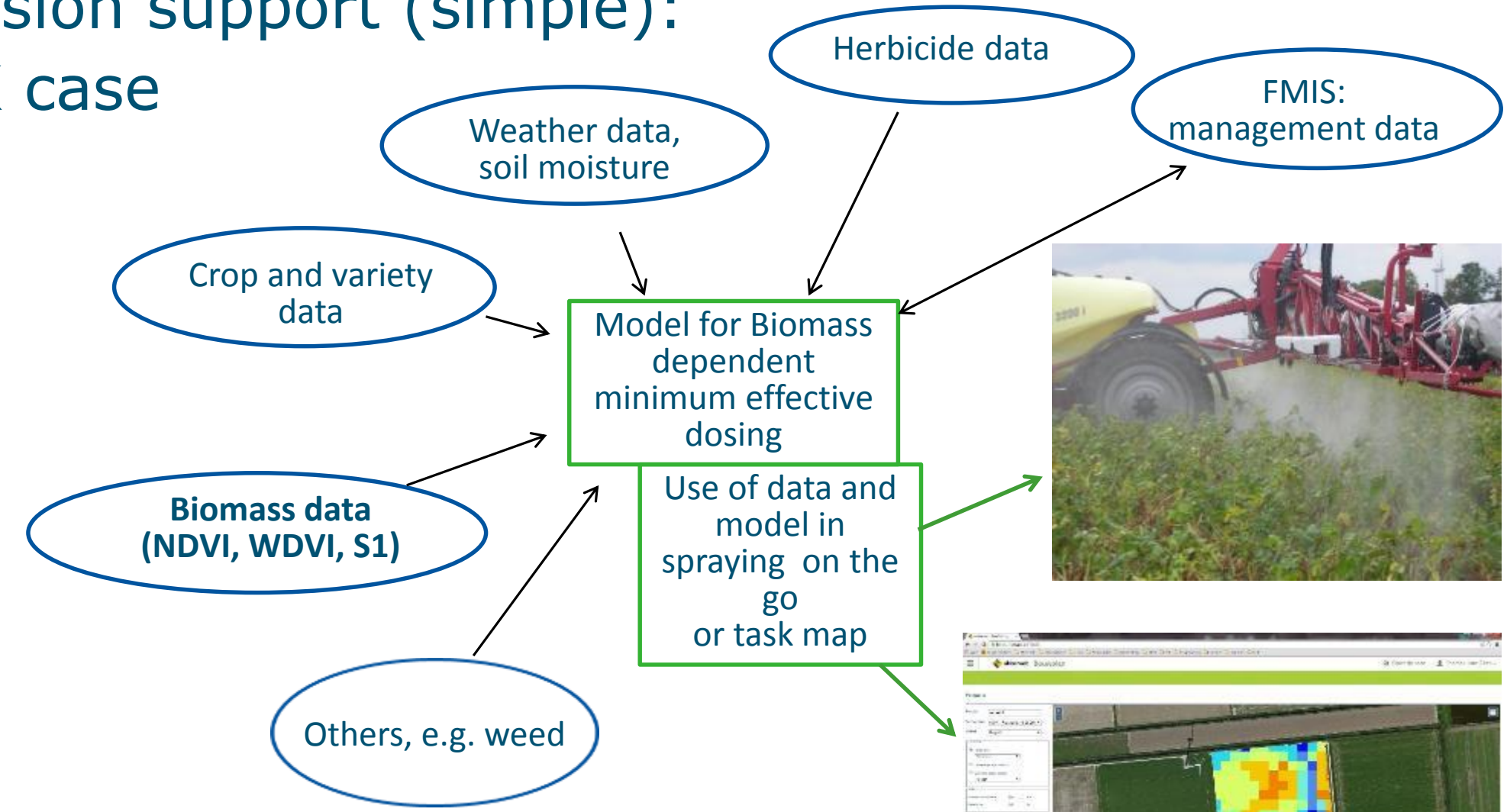


Potato production cycle:

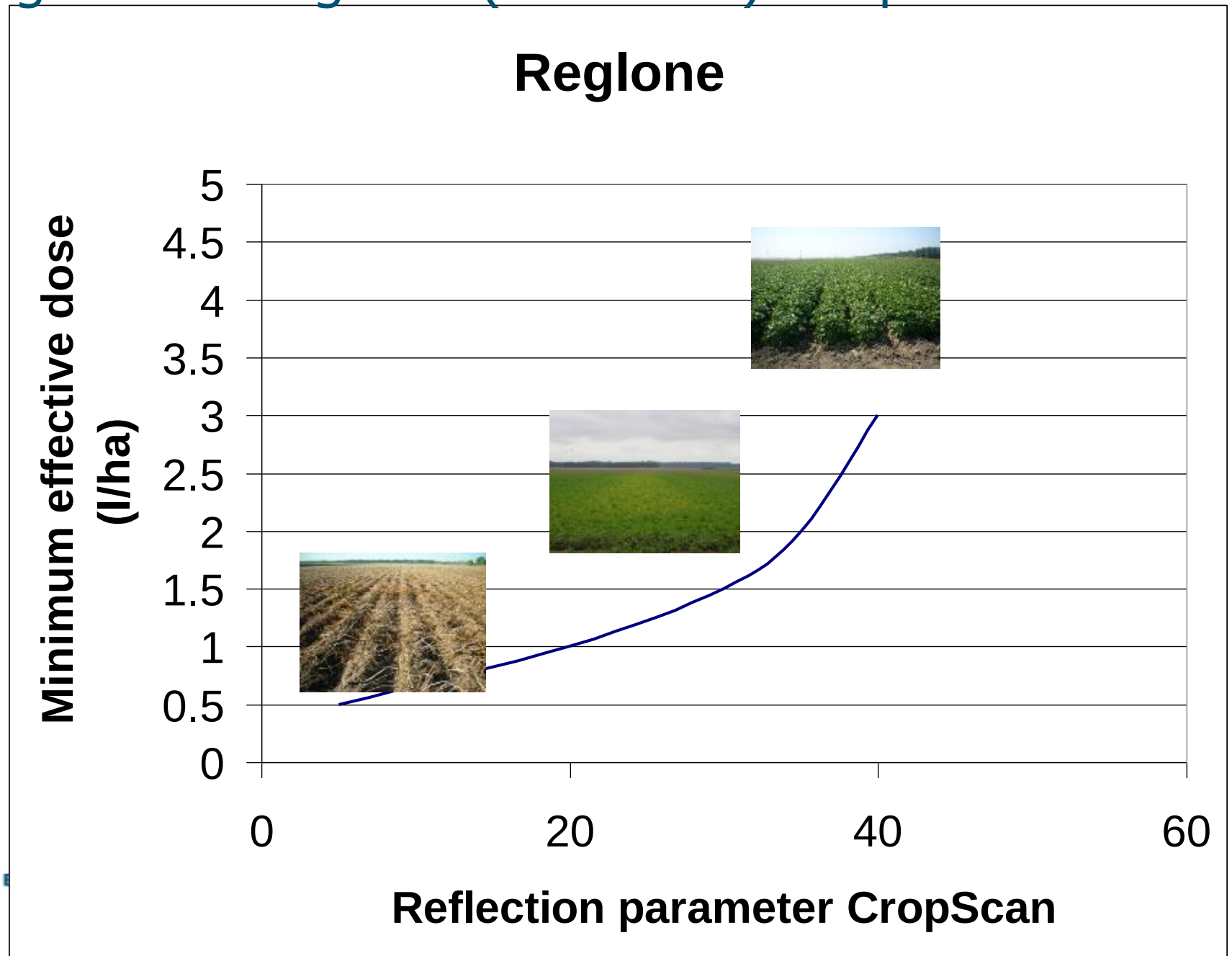
VRA haulm killing

WAGENINGEN UR
For quality of life

PA 2.0: Variable rate application (VRA) using data and decision support (simple): PHK case

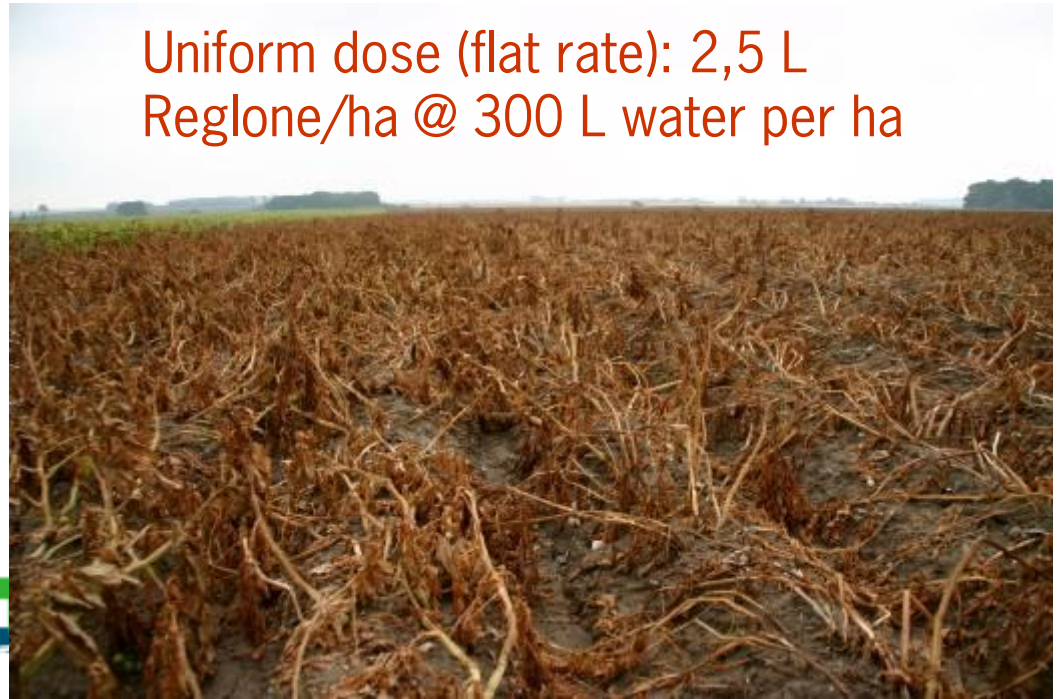


VRA algorithm Reglone (standard) for potato haulm killing

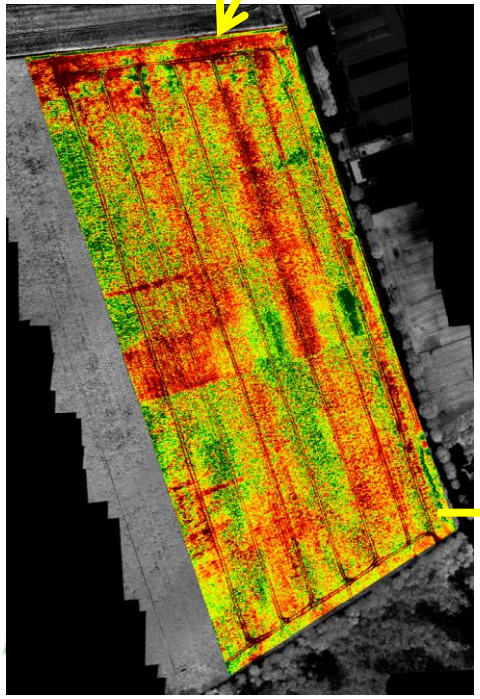


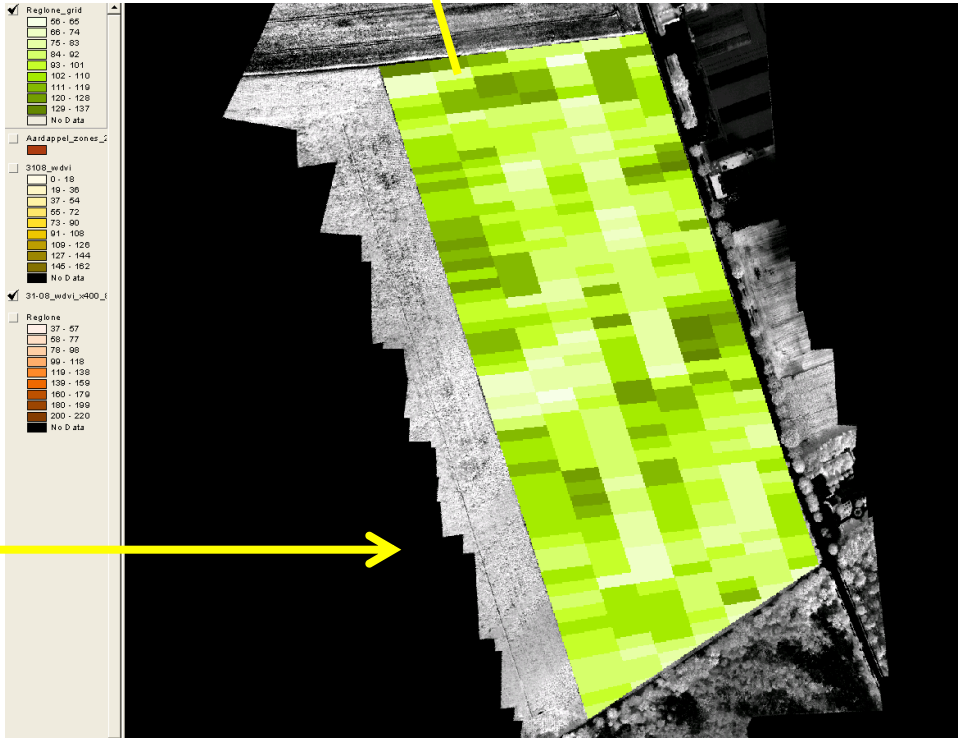
VRA on the go (2009)

- Leipzig, potato crop, Yara N-Sensor
- Reglone herbicide, standard situation
- Pictures below 4 days after spraying



VRA task map from drone sensor system (2012)
(Reglone task map (av. rate 0.9 L/ha))

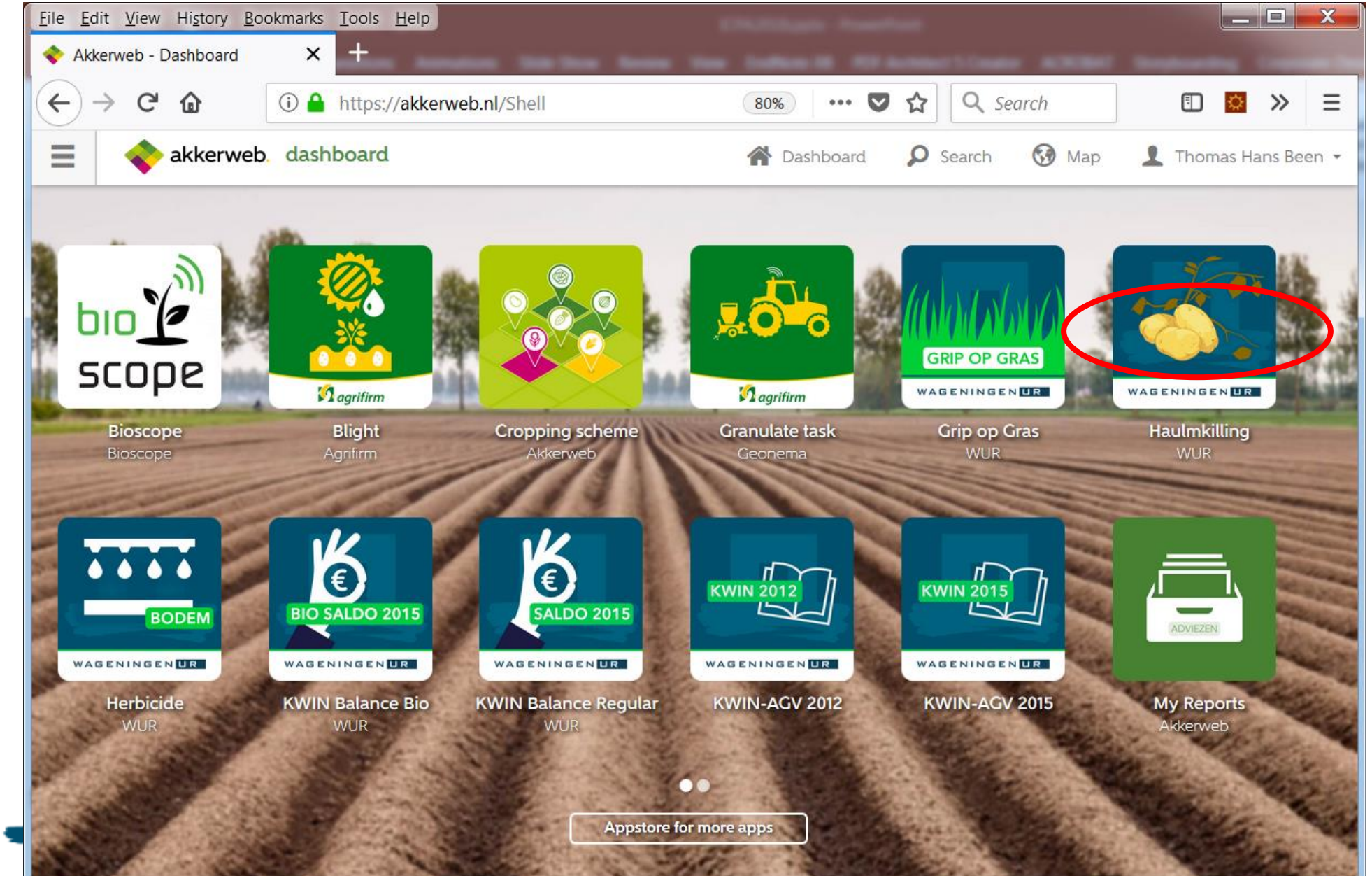




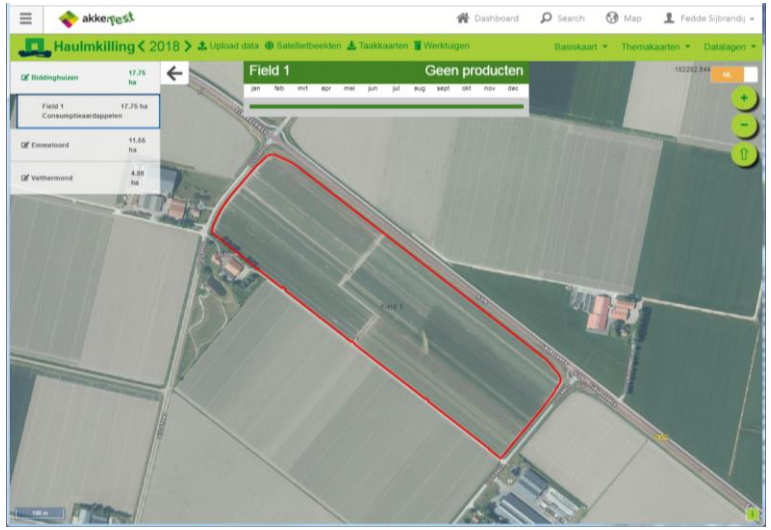
Acknowledgement:
TerraSphere,
Vd Borne

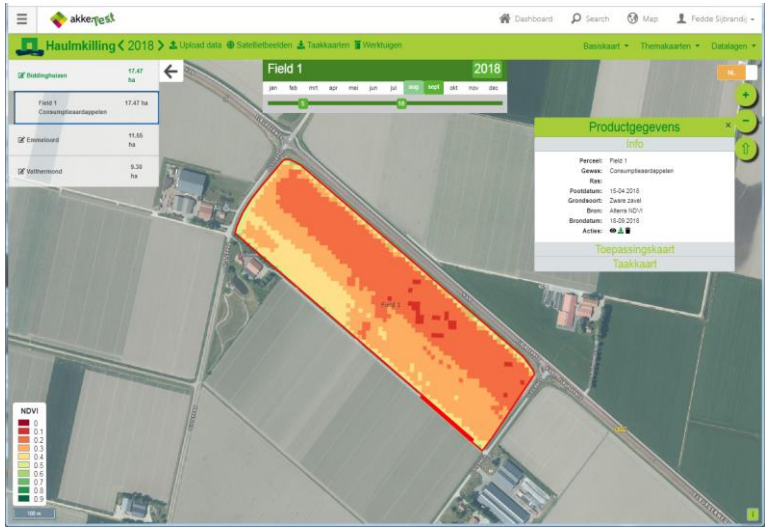
ENINGE
For quality of

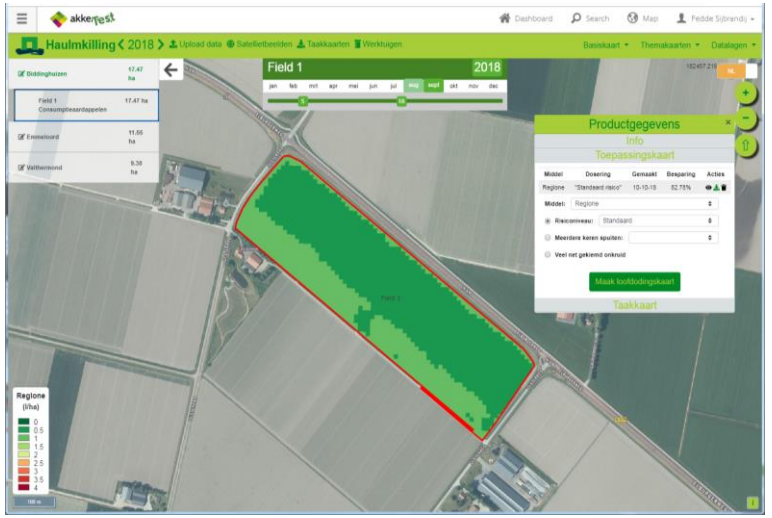
My Akkerweb

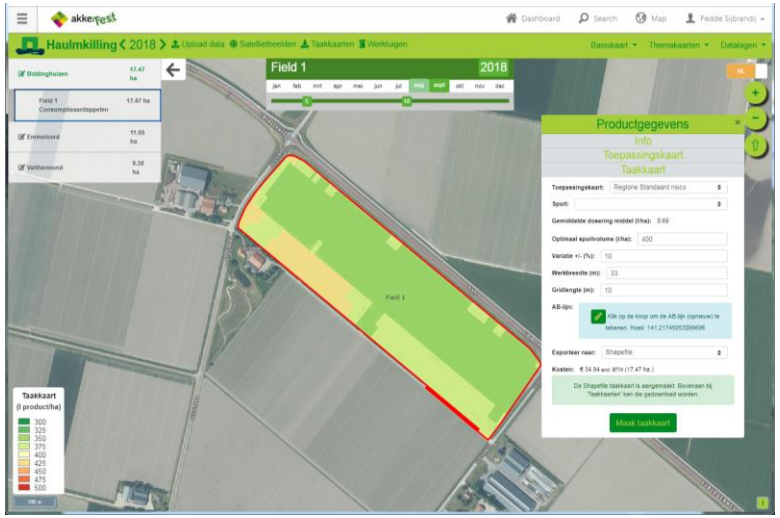

File Edit View History Bookmarks Tools Help
Akkerweb - Dashboard
https://akkerweb.nl/Shell
80%
Search
akkerweb dashboard
Dashboard
Search
Map
Thomas Hans Been
Bioscope
Bioscope
Blight
Agrifirm
Cropping scheme
Akkerweb
Granulate task
Geonema
Grip op Gras
WUR
Haulmkilling
WUR
Herbicide
WUR
KWIN Balance Bio
WUR
KWIN Balance Regular
WUR
KWIN-AGV 2012
KWIN-AGV 2015
My Reports
Akkerweb
Appstore for more apps

Selection of field, biomass data, VRA algorithm and machine gives task map



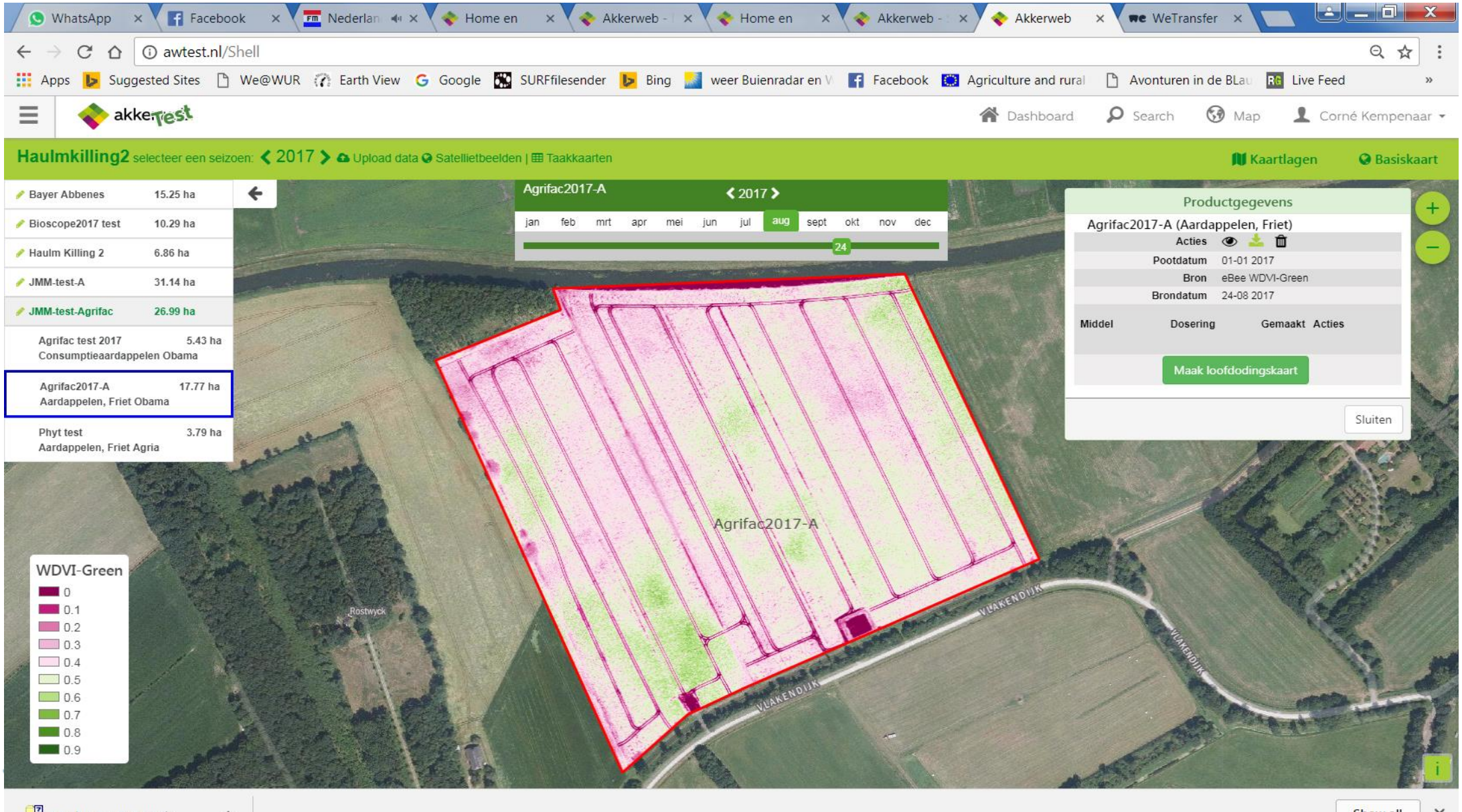




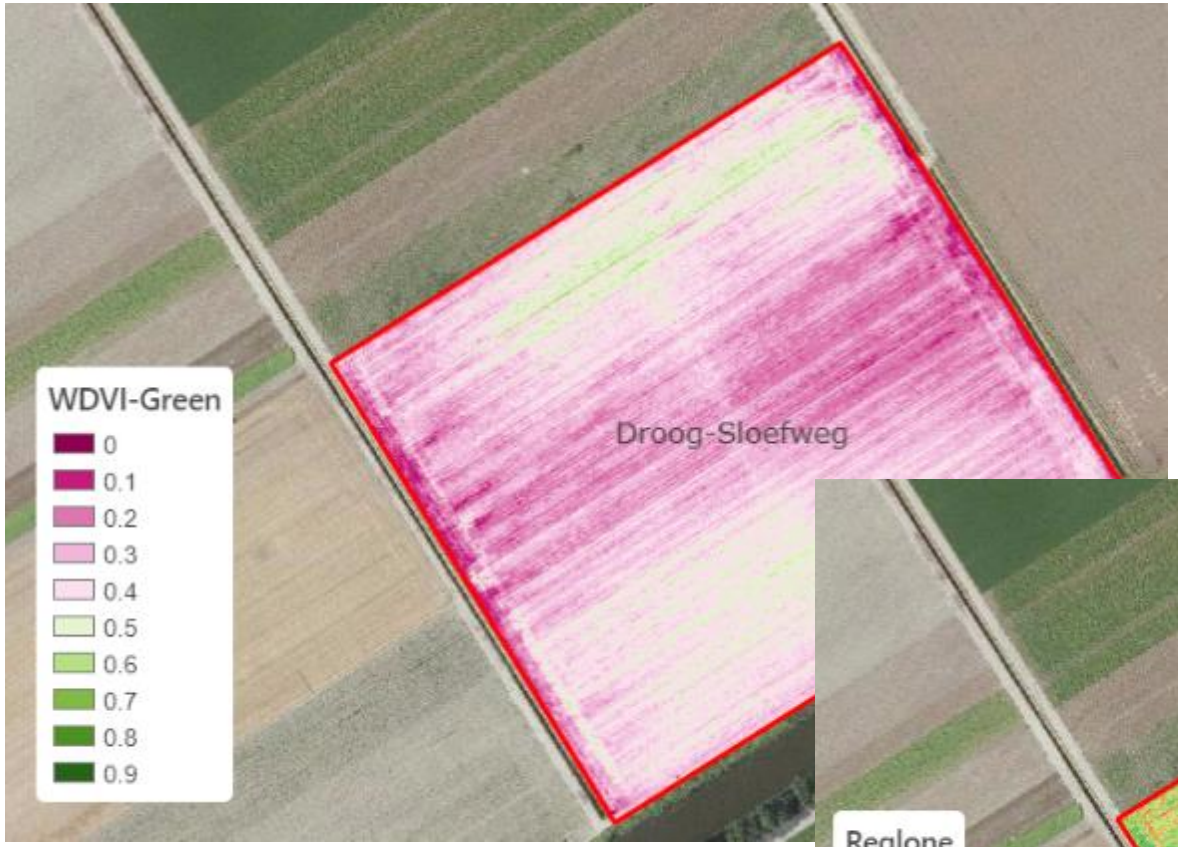


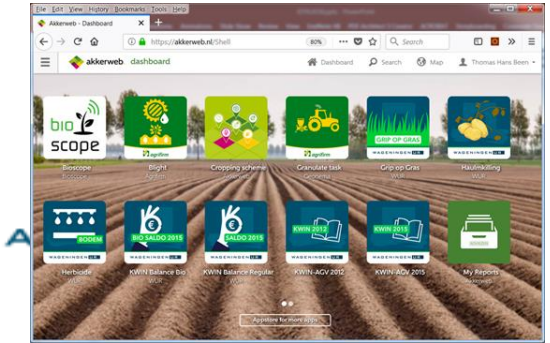
WAGENINGEN UR
For quality of life

High resolution biomass map from drone



Drone image and dosing map (2017) (reduction over 50%)





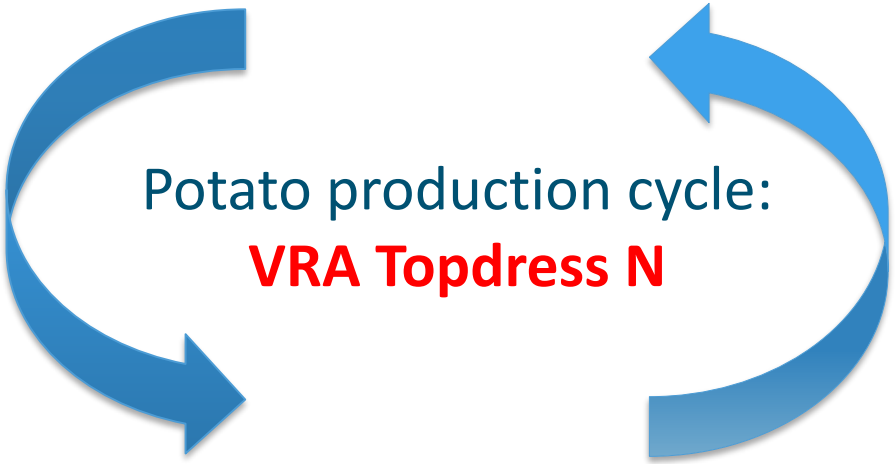
Other examples of PA 2.0+ (monitoring and VRA)

- Grip on Grass
- GAOS route navigation
- VRA Lime
- VRA Topdress Nitrogen
- VRA Soil herbicides
- VRA planting
- Late blight control (here infection risk assessment/timing control most important)
- Nematode control (here population dynamics most important)











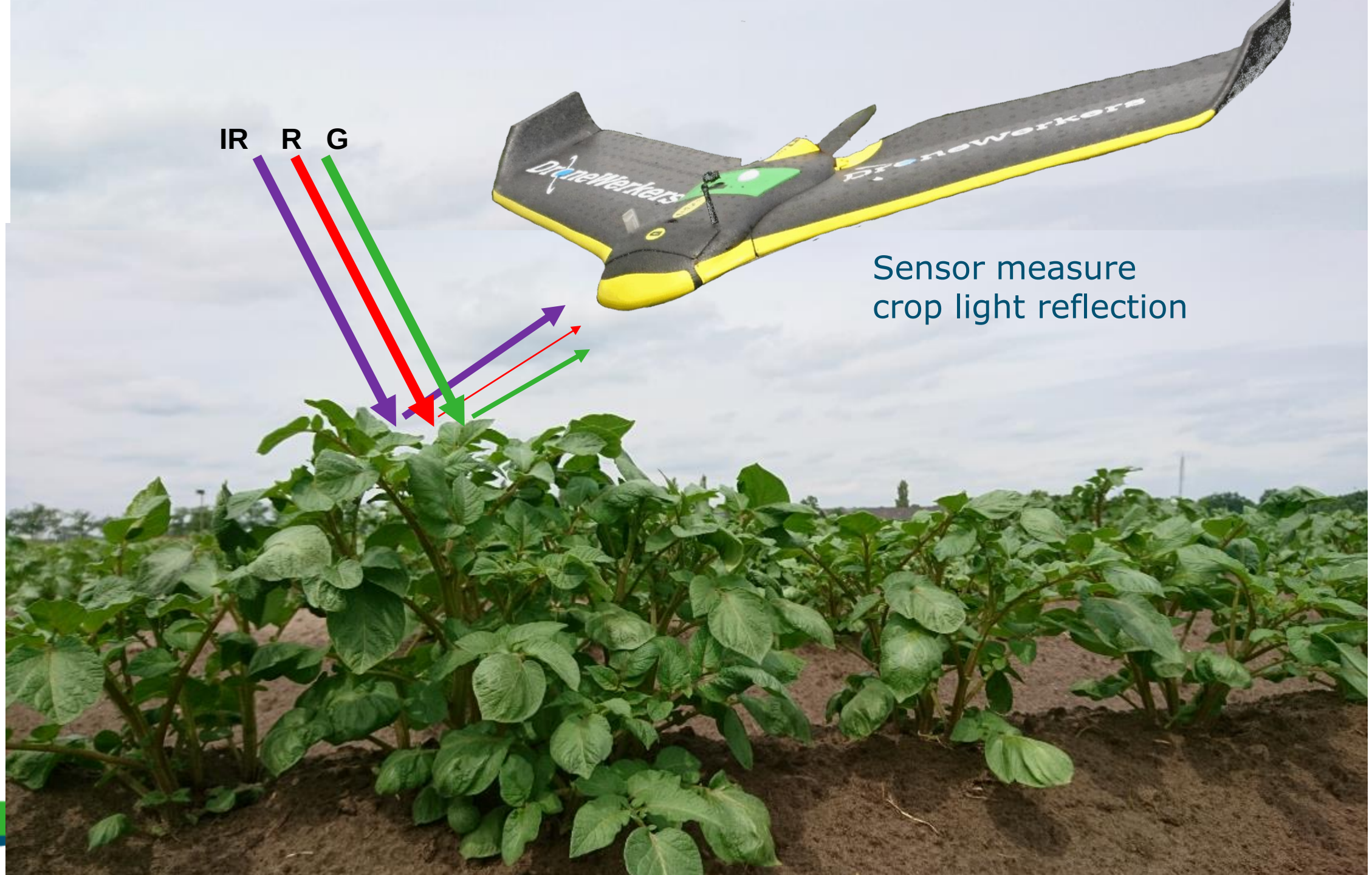





Potato production cycle:

VRA Topdress N

WAGENINGEN UR
For quality of life


IR
R
G
Sensor measure
crop light reflection

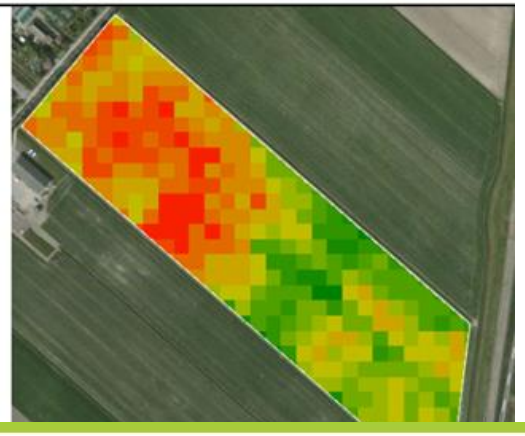
From Chlorophyl index map to N-topdress task map

Soil maps input for soil herbicide task maps

VerisLutum2020.zip

Quantity: Lutum
Name: VerisLutum2020
Data Definition: [LUTUM]
Interpolation: IDW
Raster size X (m): 20
Raster size Y (m): 20
Workingwidth (m): 20
Contour Params:
Save | Delete | Back

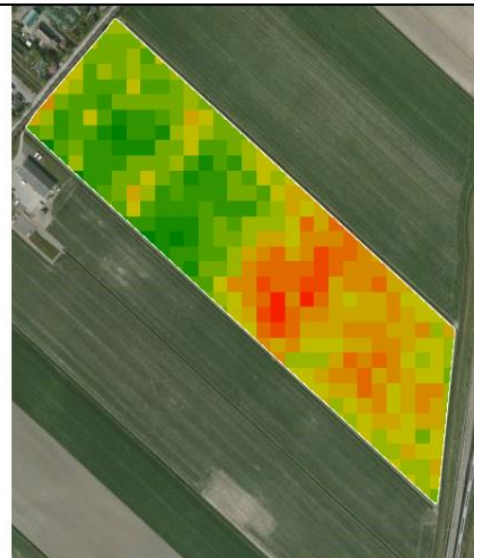
16.11 - 17.50
17.50 - 18.90
18.90 - 20.29
20.29 - 21.68
21.68 - 23.07
23.07 - 24.46
24.46 - 25.85
25.85 - 27.25
27.25 - 28.64
28.64 - 30.03
30.03 - 31.42
31.42 - 32.81



VerisOM2020.csv

Quantity: Organic Matter
Name: VerisOM2020
Data Definition: [OM]
Interpolation: IDW
Raster size X (m): 20
Raster size Y (m): 20
Workingwidth (m): 20
Contour Params:
Save | Delete | Back

3.97 - 4.00
4.00 - 4.03
4.03 - 4.06
4.06 - 4.09
4.09 - 4.12
4.12 - 4.15
4.15 - 4.18
4.18 - 4.21
4.21 - 4.24
4.24 - 4.27
4.27 - 4.30
4.30 - 4.33



Perceel 2 Noord

Cropfield: Perceel 2 Noord
Clay: LUTUM - VerisLutum2020.z
Organic Matter: ORGMATTER - VerisOM20
Product: Boxer

Sprayer
Optimal spraying volume: 250 l/ha
Variation +/-: 10 %

Water usage **1361** liter
Usage of Boxer **19.969** liter (**1.45** %)

Download ISOXML taskcard
Download shape taskcard

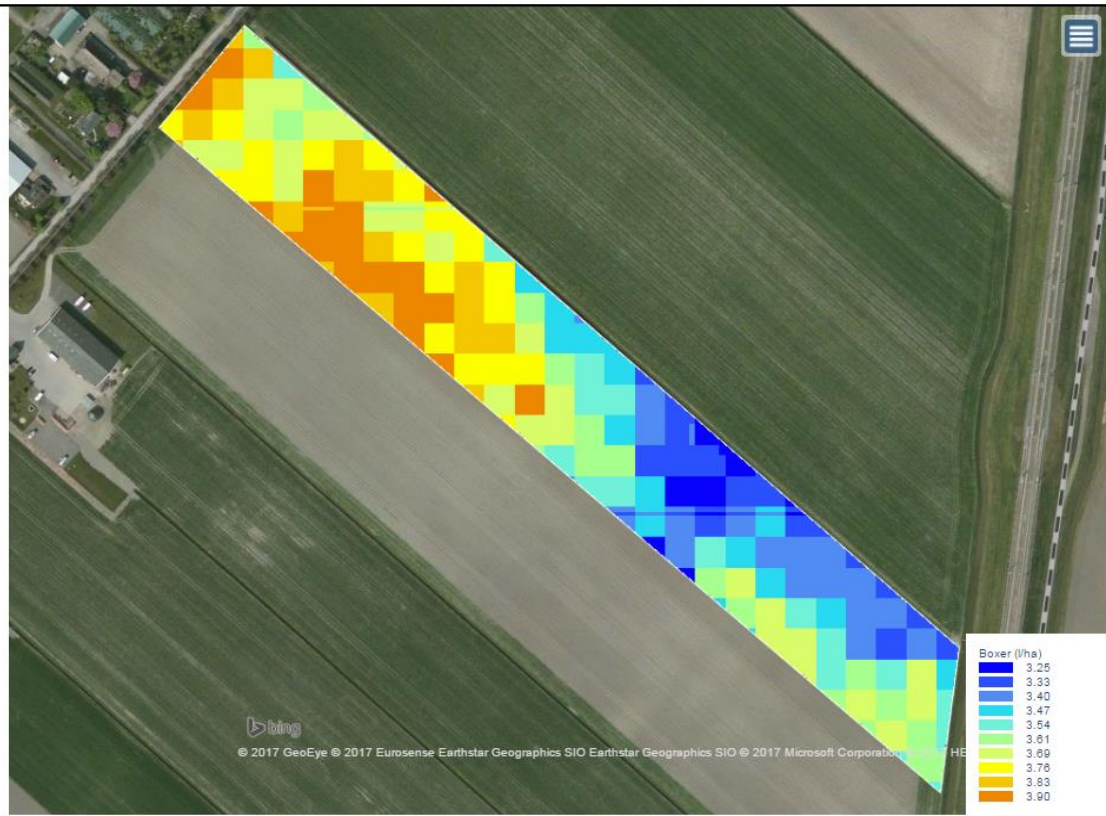
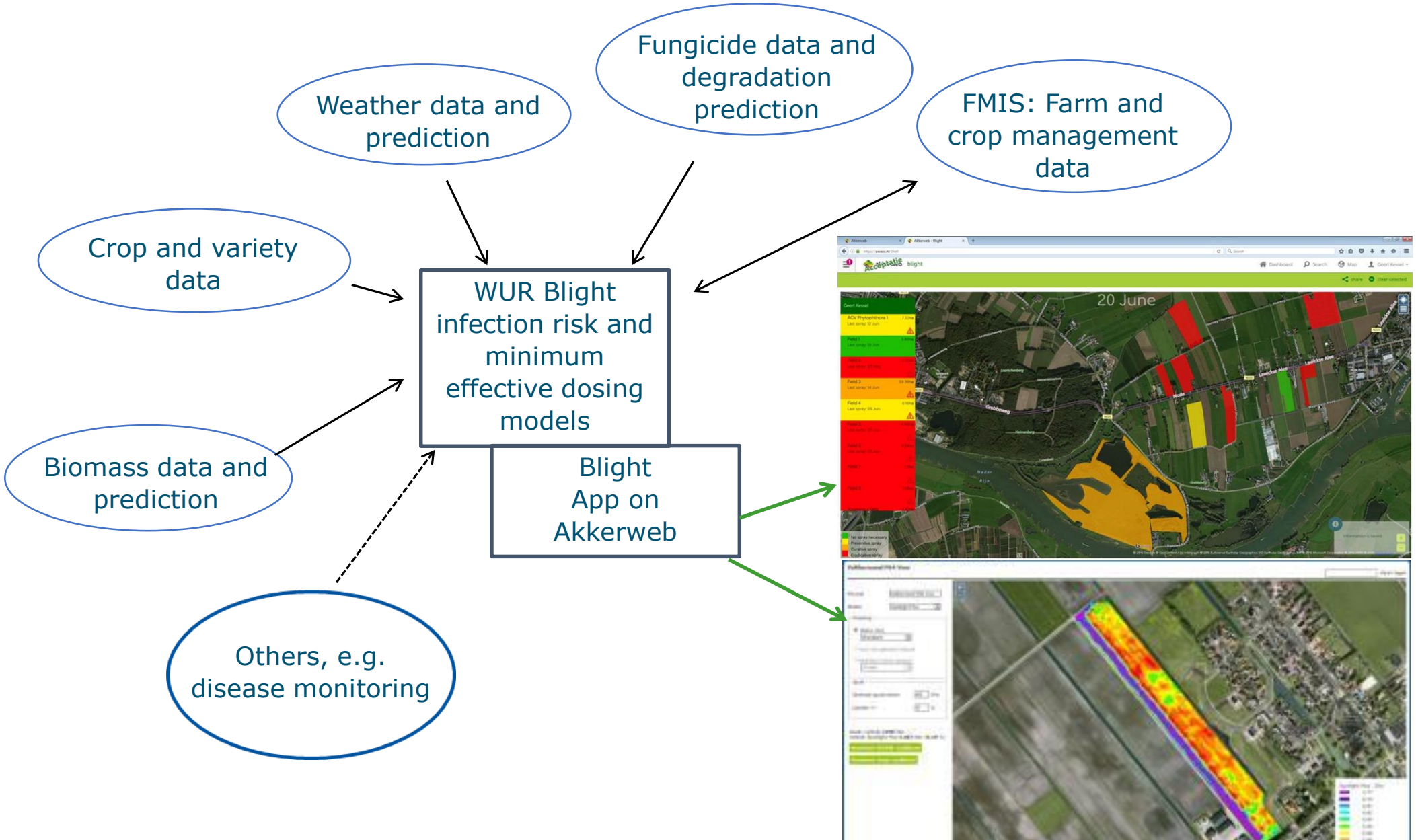


Image: Howard F. Schwartz, Colorado State University

Potato late blight DSS and VRA maps

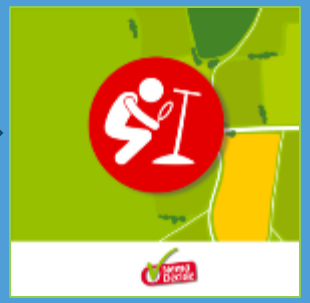


The NemaDecide Geo supply chain

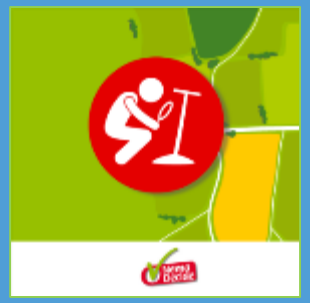
Potato cyst nematodes, root knot nematodes, root lesion nematodes

Cropping scheme

Digital sampling request



Sampling result



NemaDecide Geo

NemaDecide advice

RVO Crop polygons

Generating sampling units

Database soil sampler

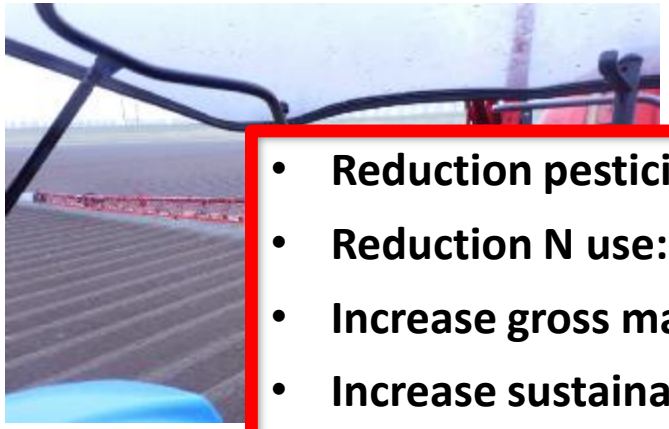
Laboratory result

Potato info

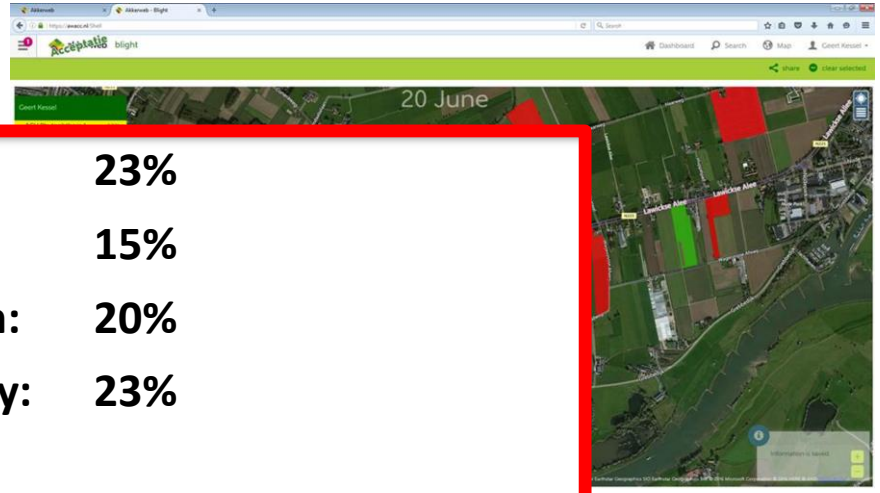
Taskmap nematostats

WAGENINGEN UR
For quality of life

Four PA 2.0 applications in potato



Soil herbicid



- **Reduction pesticides: 23%**
- **Reduction N use: 15%**
- **Increase gross margin: 20%**
- **Increase sustainability: 23%**

Van Evert et al. (2017).
https://doi.org/10.3390/su9101863

Kempenaar et al. (2017)

https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11540-018-9357-4

Sidedress N

Potato haulm killing

WAGENINGEN UR
For quality of life

National Fieldlab Precision Agriculture (NPPL)

The project will run 4 years

The project is initiated by ProAgrica and WUR. Financial resources are mainly from Ministry of Agriculture (LNV).

NPPL aims to achieve “more sustainble agriculture” by stimulation of adoption of Precision Agriculture applications.

We aim at farmers in the early adopters and early majority groups

Selection process of six farmers in NPPL in 2018

Gezocht: zes telers

die hun bedrijf toekomstbestendig willen maken met precisielandbouw

- ministerie van LNV geeft steun aan precisielandbouw
- zes precisietoepassingen op zes bedrijven krijgen duw in de rug
- iedereen is bezig met precisielandbouw, behalve de boer
- subsidies gaat ook niet helpen
- systemen hebben al laten zien dat ze technisch werken
- Nationale Proeftuin Precisielandbouw voor iedereen online te volgen

36

Straks wordt één bedrijf compleet doorgelicht

Eind 2018 wordt één van de zes NPPL-bedrijven geselecteerd om vergaand te worden doorgelicht om stappen voorwaarts te kunnen zetten. Dat wil zeggen, om bij een goede verdiencapaciteit ook te kunnen voldoen aan de toekomstige eisen die aan de open teelten gesteld gaan worden.

Samen met de ondernemer worden door experts dan cruciale onderdelen van het bedrijf tegen het licht gehouden en beoordeeld.

De blik wordt dan breder dan alleen de precisielandbouw. Experts op hun vakgebied kijken naar de effecten van precisielandbouw en data op bodem, afzet, het machinepark, bouwplan, samenwerkingsmogelijkheden, capaciteit per man, input van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen, biodiversiteit en ga zo maar door.

En let op: het blijft niet bij kijken en doorlichten; de operatie moet na vier jaar eindigen in een aangepaste stevige en bijdetijdse bedrijfsstrategie, die uitgevoerd moet kunnen worden. Ook dit traject is dan voor collegatelers via www.proeftuinprecisielandbouw.nl te volgen.

Nationale Proeftuin Precisie Landbouw

NPPL
Nationale Proeftuin Precisie Landbouw

Er is een Nationale Proeftuin Precisielandbouw om akkerbouwers en vollegrondgroentetelers verder te helpen met precisielandbouw. Zes bedrijven krijgen hulp om stappen vooruit te zetten. Iedereen kan meekijken.

37

PRECISIELANDBOUW is veelbelovend, maar heeft een duw nodig om te kunnen landen bij akkerbouwers en vollegrondsgroenetelers. De opvatting dat precisielandbouw een rol kan gaan spelen bij de verlaging van de milieubelasting en verhoging van de voedselveiligheid wordt steeds breder gedragen. Tegelijk is nog geen sprake van een grootschalige adaptie in de boerenpraktijk. Daar krijgt precisielandbouw nog maar moeilijk voet aan de grond. "Iedereen is bezig met precisielandbouw, behalve de boer", rapporteerde ABN Amro vorig jaar treffend.

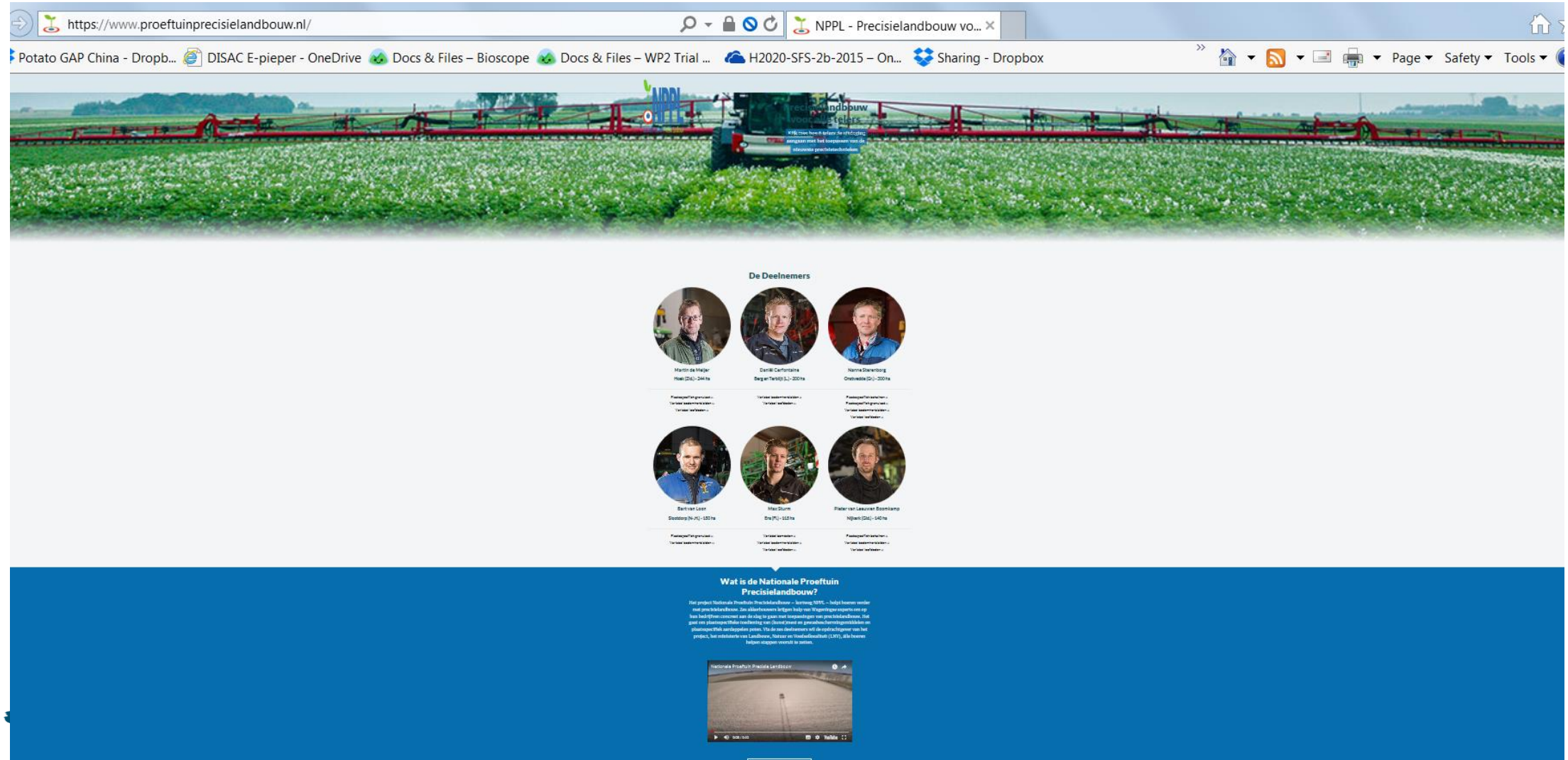
Want ondanks dat technisch en softwarematig al veel kan en verschillende systemen feitelijk praktijkrijp zijn, kijkt de boer de kat uit de boom. Hij vindt het rendement van een precisielandbouwtoepassing te laag. Of hij vindt precisielandbouw te ingewikkeld. Het principe snappen is namelijk één ding, zelf op zoek naar de juiste data voor plaatsspecifieke teeltmaatregelen, die downloaden, er taakkaarten mee produceren en die vervolgens invoeren in eigen machines is wel even wat anders. Dat blijkt – op enkele uitzonderingen na – voor de zittende generatie akkerbouwers en vollegrondsgroenetelers een brug te ver.

Nationale Proeftuin

Om uit deze impasse te komen heeft het ministerie van Economische Zaken de *Nationale Proeftuin Precisielandbouw* (NPPL) in het leven geroepen. In dit project wordt alle kennis op het gebied van precisielandbouw samengebracht en bruikbaar gemaakt voor telers. Het project vloeit voort uit de Voedselagenda →

NPPL website

www.proeftuinprecisielandbouw.nl



NPPL farmers 2018

- Six farms

Techniek


Plaatsspecifiek bekalken


Plaatsspecifiek granulaat


Variabel bemesten


Variabel bodemherbiciden


Variabel loofdoden


Variabel poten aardappelen


akkerbouw
Precisieproeftuin helpt telers verder
Zes akkerbouwers gaan aan de slag met
ORBit Dualem 21s Bodemsensor
De Nationale Proeftuin Precisielandbouw is gestart.
Zes akkerbouwers verspreid over het land gaan dit jaar met hulp van experts precisielandbouw op hun bedrijven halen. Dit project moet precisielandbouw een impuls geven.


Info
Discussie
Foto's
Evenementen
Jean-Marie Michielsen
Vorige week maandag lukte het niet om met de Fendt spuit van Pieter van Leeuwen Boomkamp een variabele bespuiting uit te voeren. Vanwege de tijdsdruk was het die dag niet mogelijk de oorzaak van dit probleem te achterhalen. Vandaag 30 april zijn vertegenwoordigers van d...


Info
Discussie
Foto's
Evenementen
Akkerbouwbedrijf Sturm
Vanavond heeft Gijs het onkruid in de uien bestreden door de bodemherbicide Stomp 400 SC variabel toe t...


NPPL
NPPL zoekt 6 nieuwe kandidaten voor 2019
Schrijf je in


1
NPPL

New applications in 2019 NPPL

- Dairy farming
  - Fertilizer use
  - Irrigation
  - Weed detection
  - Birds protection
  - Route planning
  - VRA fungicides

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Towards PA 3.0 and 4.0

- PA 3.0
  - More ‘on the go’ applications
  - More and better sensing at high resolution
    - Crop condition and quality, soil quality, biodiversity
  - Better decision making based on site specific data and models
  - More robotics / autonomous machines / mixed cropping

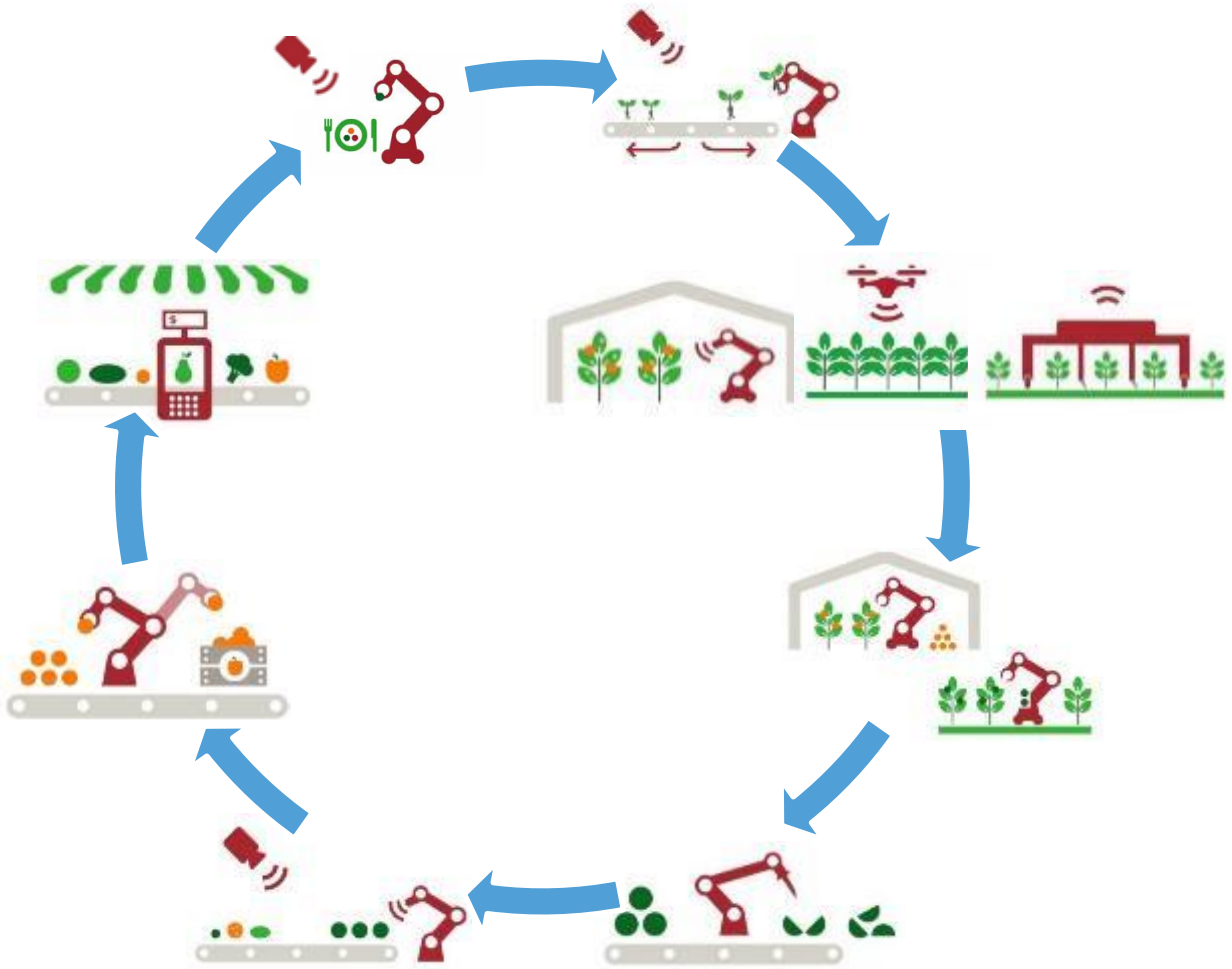
- PA 4.0
  - Data sharing between farmers and chain partners
  - Better decision making based on shared data (less field experiments)

PA 3.0 in autonomous machine platforms and actions on-the-go

https://www.wur.nl/en/Research-Results/Projects-and-programmes/Agro-Food-Robotics.htm

Robotics assisting in food production chain

https://www.wur.nl/en/Research-Results/Projects-and-programmes/Agro-Food-Robotics.htm



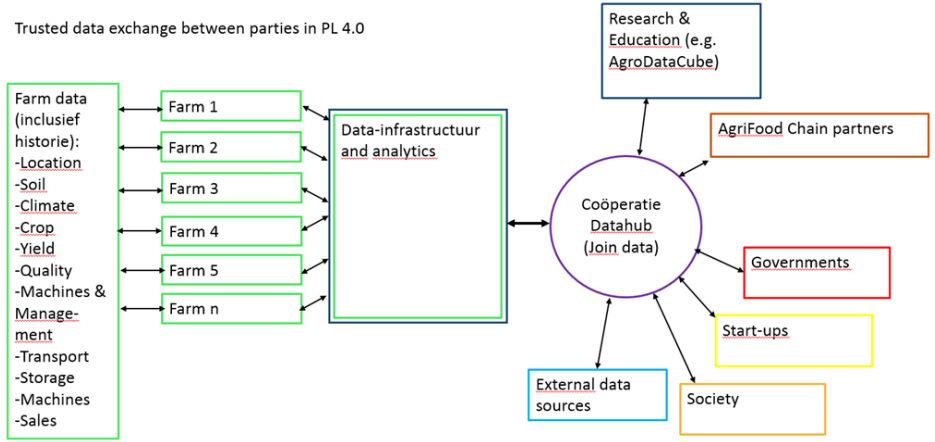
Ongoing PP R&D projects boosting PA

SMARAGD
Slimme Mechanisatie | Automatisering | Robotisering voor een Akkerbouw met Groei en Duurzaamheid

IOF 2020
INTERNET OF FOOD & FARM

FRUIT4.0

PPS PL 4.0



Challenge: yield gap at field level

- Method
  - Data-set of group of farmers in a region (>20)
    - Crop management data
    - Link with environmental (open) data
  - Study at crop rotation level
  - Calculate crop yields with mechanistic model (Yp, Yn, Yw, Ywn)
  - Compare with actual yield
  - Factor and frontier analysis to rank yield determining factors


WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

PPS Op naar Precisielandbouw 2.0

Corné Kempenaar namens kennisinstellingen, Geert Hermans namens bedrijfsleven

Achtergrond

Precisielandbouw (PL) is op het landbouwbedrijf de juiste dingen doen op de juiste plaats en het juiste tijdstip in de juiste mate. Sinds 2000 is er veel technologie beschikbaar gekomen voor PL, zoals GNSS, sensoren, ICT, mechanisatie, mechatronica. Het aantal PL-toepassingen in de praktijk is echter nog beperkt. Om PL-toepassingen te ontwikkelen is de PPS 'Op naar Precisielandbouw 2.0' gestart in 2015 vanuit topsector AgriFood, met looptijd 4 jaar.

Doelstelling

PL2.0 is een gecoördineerde publiek-private R&D inspanning op strategische thema's binnen precisielandbouw binnen TKI A&F. Eindgebruikers, toeleverende bedrijven, ketenpartijen en kennisinstellingen werken samen in dit programma aan een viftal R&D-thema's. Tevens is kennisdoorstroming naar groene onderwijs een deelproject in het programma.

R&D thema's in PL2.0

PL2.0 omvat de volgende R&D onderwerpen:

- Ontwikkeling toepassingen voor satellietdata in landbouw
- Ontwikkeling van vision technology voor detective aardappelziekten
- Integratie van data, modellen en implements in precisielandbouwtoepassingen
- Ontwikkeling van perceelkarakteristieken methodiek voor bepaling factoren die opbrengst beïnvloeden
- Ontwikkeling en ontsluiting van strategische perceelinformatie

Partners in PL2.0

Impressies van PL2.0

Hieronder enkele impressies van PL2.0 R&D:

- Bepaling sluitingsdatum suikerbietengewas met RADAR
- Prototype detectie ziekten in aardappel
- Akkerweb platform en Apps
- Proefveld voor ontwikkeling beslisregels

Samenvatting

PL2.0 leverde de volgende (tussen)resultaten

- Een toepassing van RADAR-satellietbeelden in landbouw
- Bijdrage aan Bioscope service (levering biomassaskaarten elke 10 dagen op schaal 10x10 m)
- Nieuwe methoden voor opbrengstvoorspelling
- Een prototype voor detectie aardappelziekten met vision technology
- Integratie van data en kennis in verschillende Apps op Akkerweb platform.
- Strategische perceelinformatie in Apps en databases.

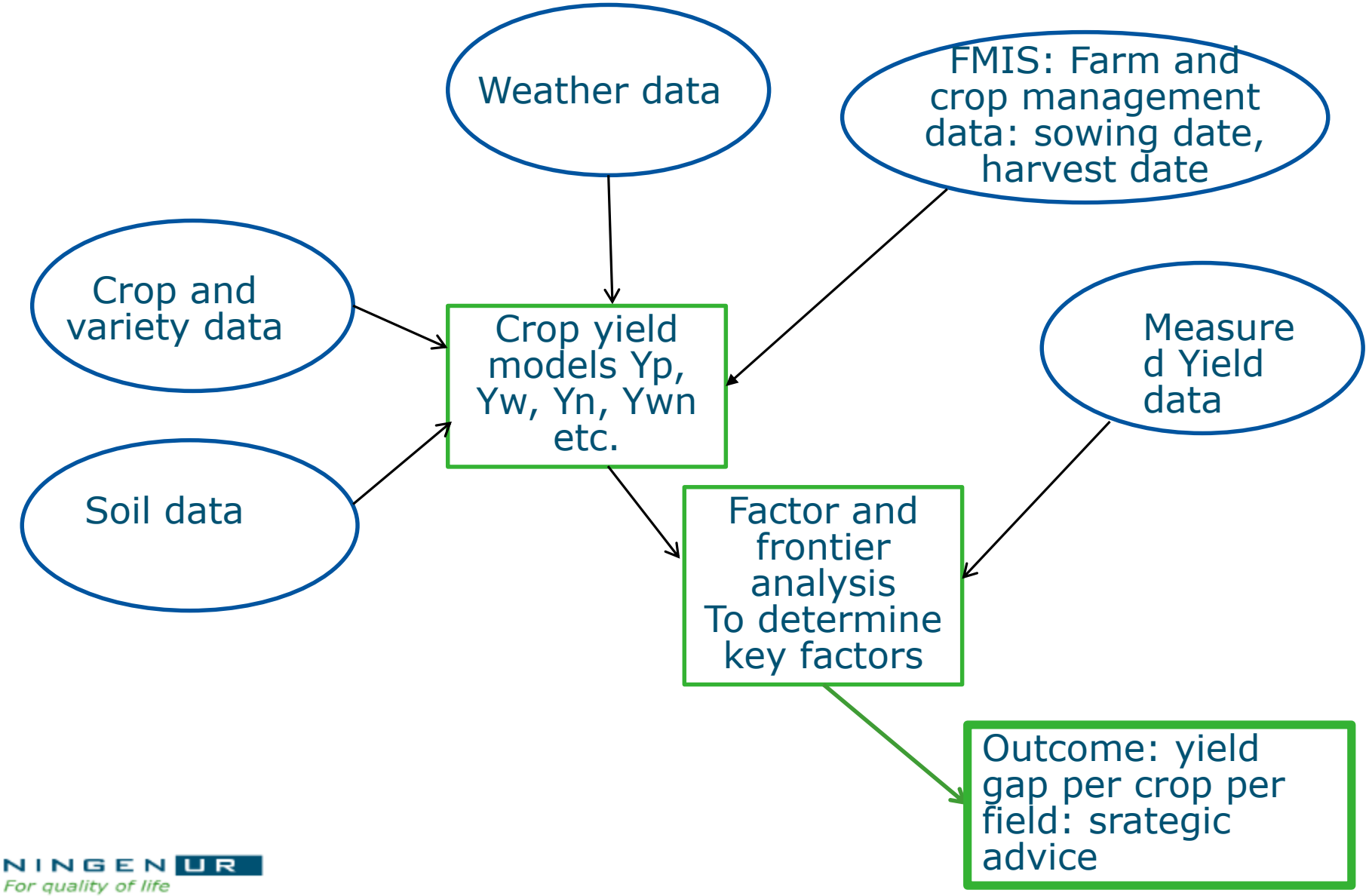
Dankwoord

PL2.0 is een publiek-privaat project. Publieke financiering komt van het Ministerie van LNV, ESA en lokale overheden. Diverse telers wetten mee aan het testen van PL-toepassingen. Wij bedanken allen die bijgedragen hebben aan de resultaten van PL2.0.

Wageningen University & Research (/ ZLTO)
Postbus 16, 6700 AA Wageningen
Contact: corne.kempenaar@wur.nl (/ geert.hermans@zlto.nl)
T + 31 (0)317 480100, M +31 (0)6 54 95 44 13
www.precisielandbouw.eu

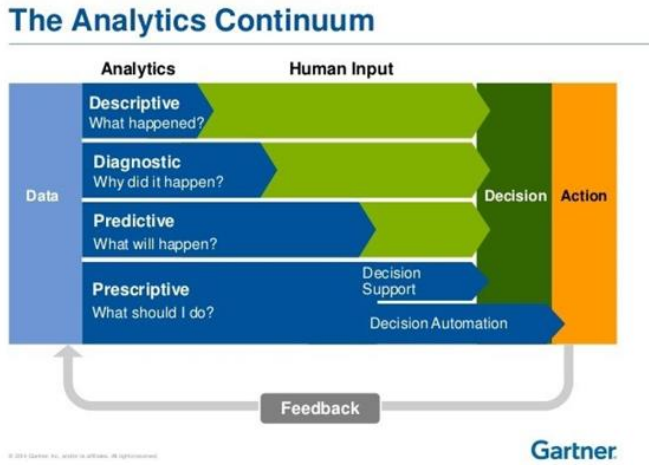
http://www.precisielandbouw-openteelten.nl/disac/44-nederlandstalige-content/pl20

Decision support system for farmers to rank yielding factors



In conclusion

- PA is changing agriculture, food production and landscape (4e revolution?)
- Adoption of guidance systems in modern agriculture is high (PA 1.0), but adoption of variable rate applications at 10-50 m^2 is still low (PA 2.0, but increasing)
- Adoption of variable rate at 1 m^2 / plant level requires R&D/innovations on sensing, robotics and ICT (PA 3.0, on the go systems) to become mainstream
- Data-driven ag. (PA 4.0) requires besides R&D/innovations on data analytics also trust in data sharing and compliance to FAIR by aligned parties



Will analytics replace the farmer at the end ..... ?

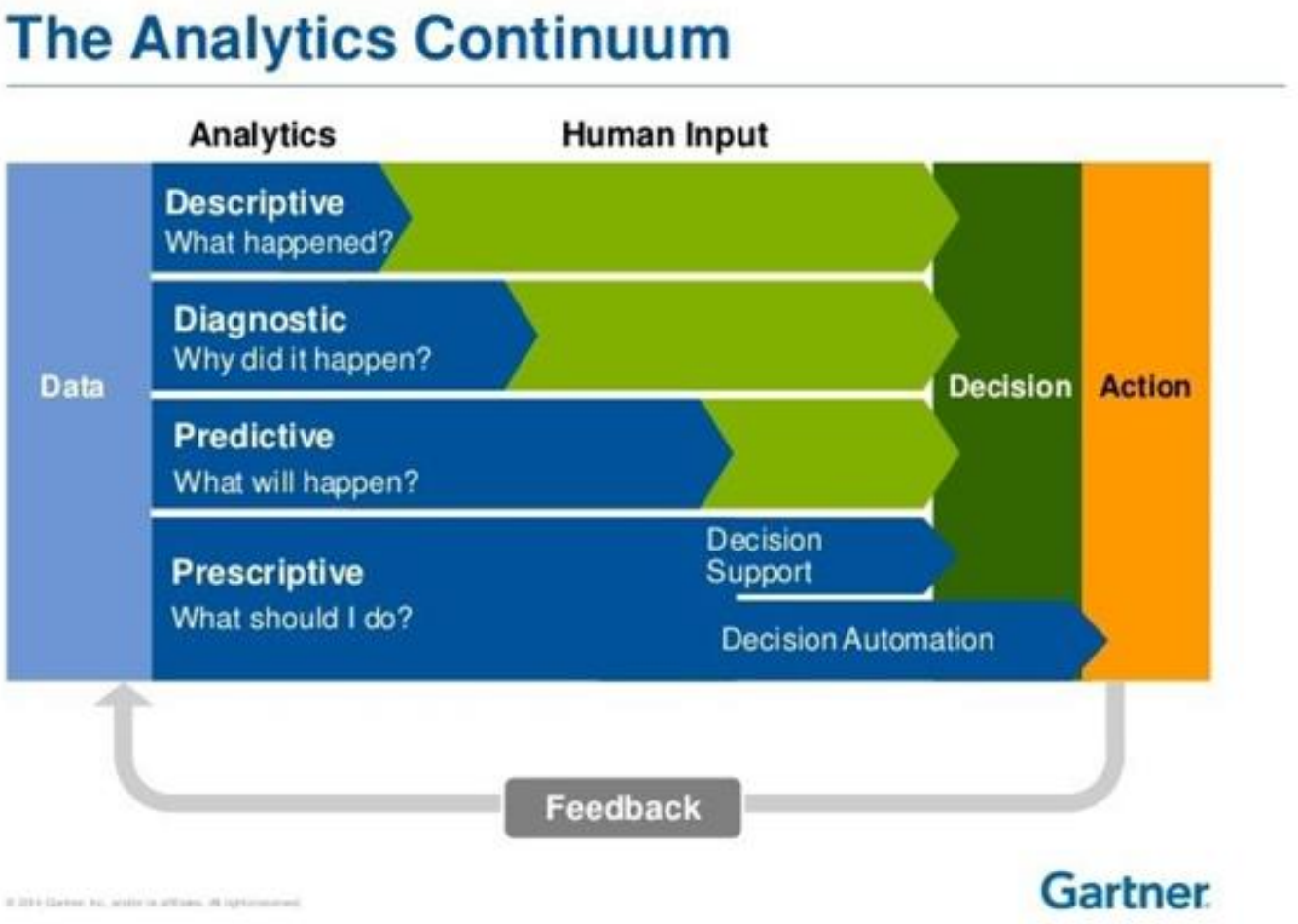


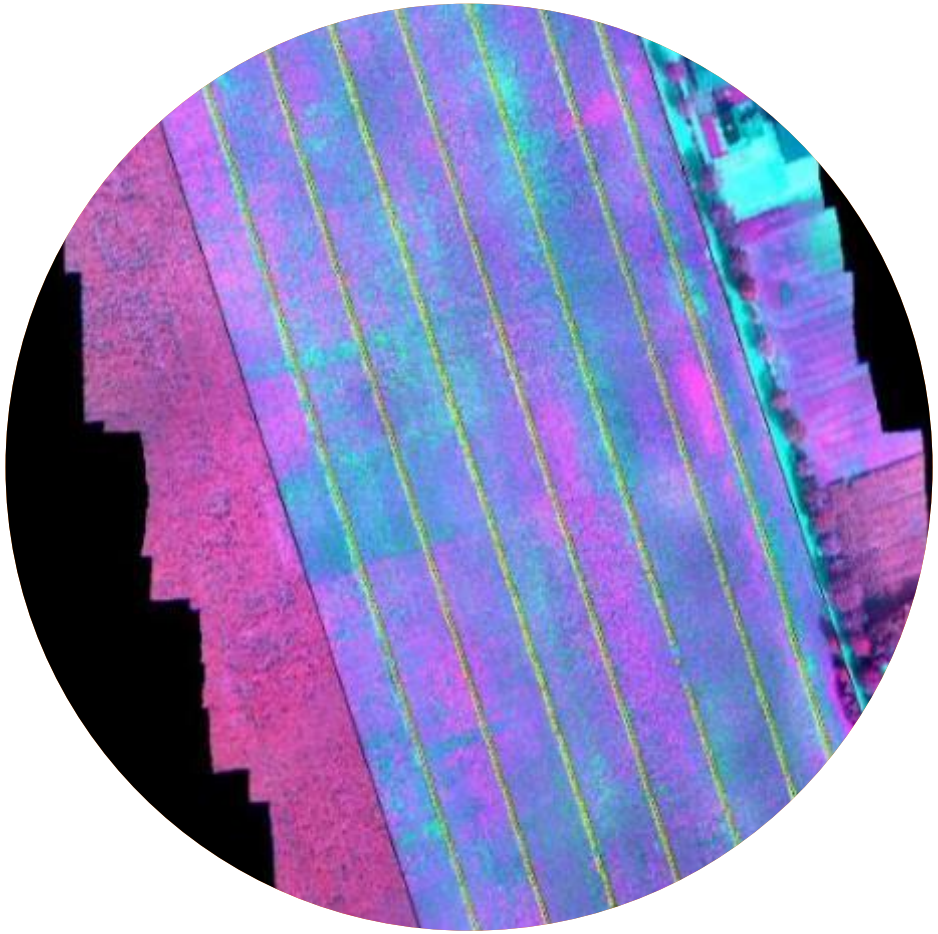
***Figure 1**. The Analytics Continuum (Gartner): Developments in data driven research progress from descriptive analytics, to predictive, to prescriptive. The latter facilitates (real-time) automated decision support.*

Thank you for your attention

www.precisielandbouw.eu

http://precisielandbouw-openteelten.nl/

www.proeftuinprecisielandbouw.nl



Email1: corne.kempenaar@wur.nl

Email2:c.kempenaar@aeres.nl

Tel.: +31654954413

Skype: corne.kempenaar

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

AERES
HOGESCHOOL
DRONTEN