



UDVIKLINGSPULJE
FOR PLANTSEKTOREN

Markvanding med drænvand fra vandreservoirs på lerjord

Søren Kolind Hvid, SEGES Innovation

Plantekongres

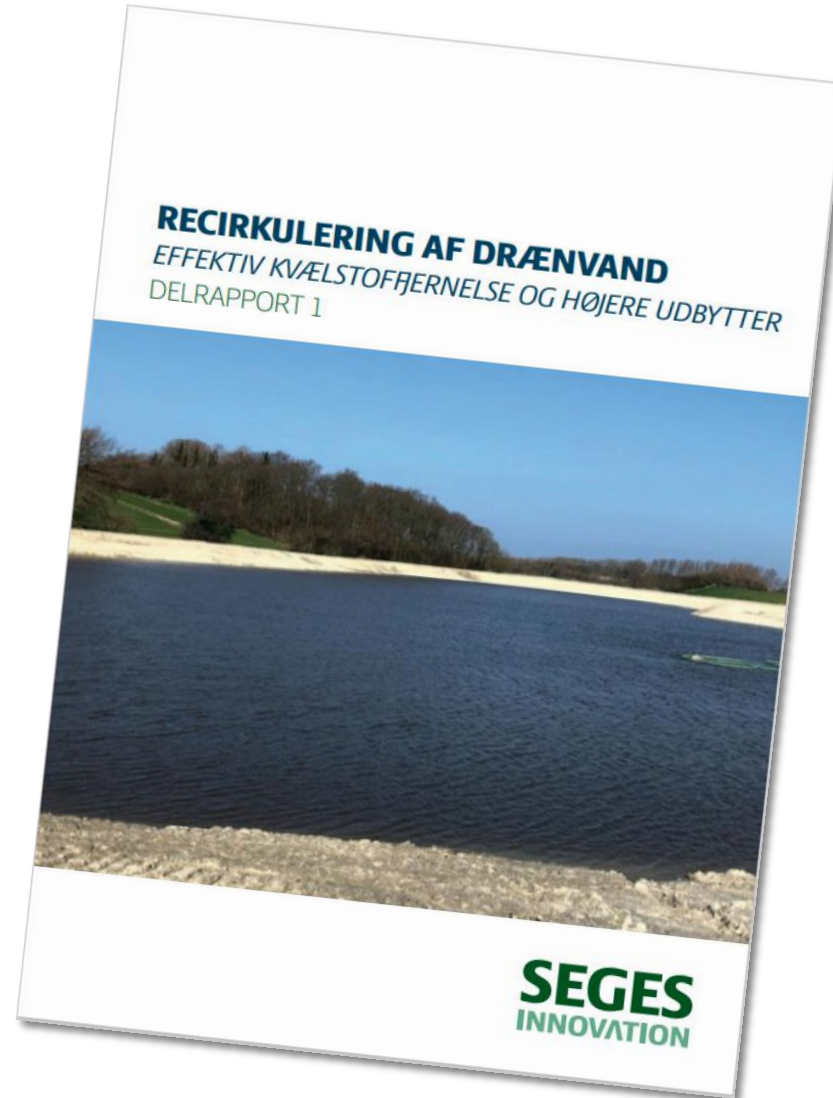
Den 11. januar 2024

Markvanding med drænvand fra vandreservoirs kan løse to udfordringer

- Flere og længere tørkeperioder, især forårstørke.
- Store krav til reduktion af kvælstofudledningen.

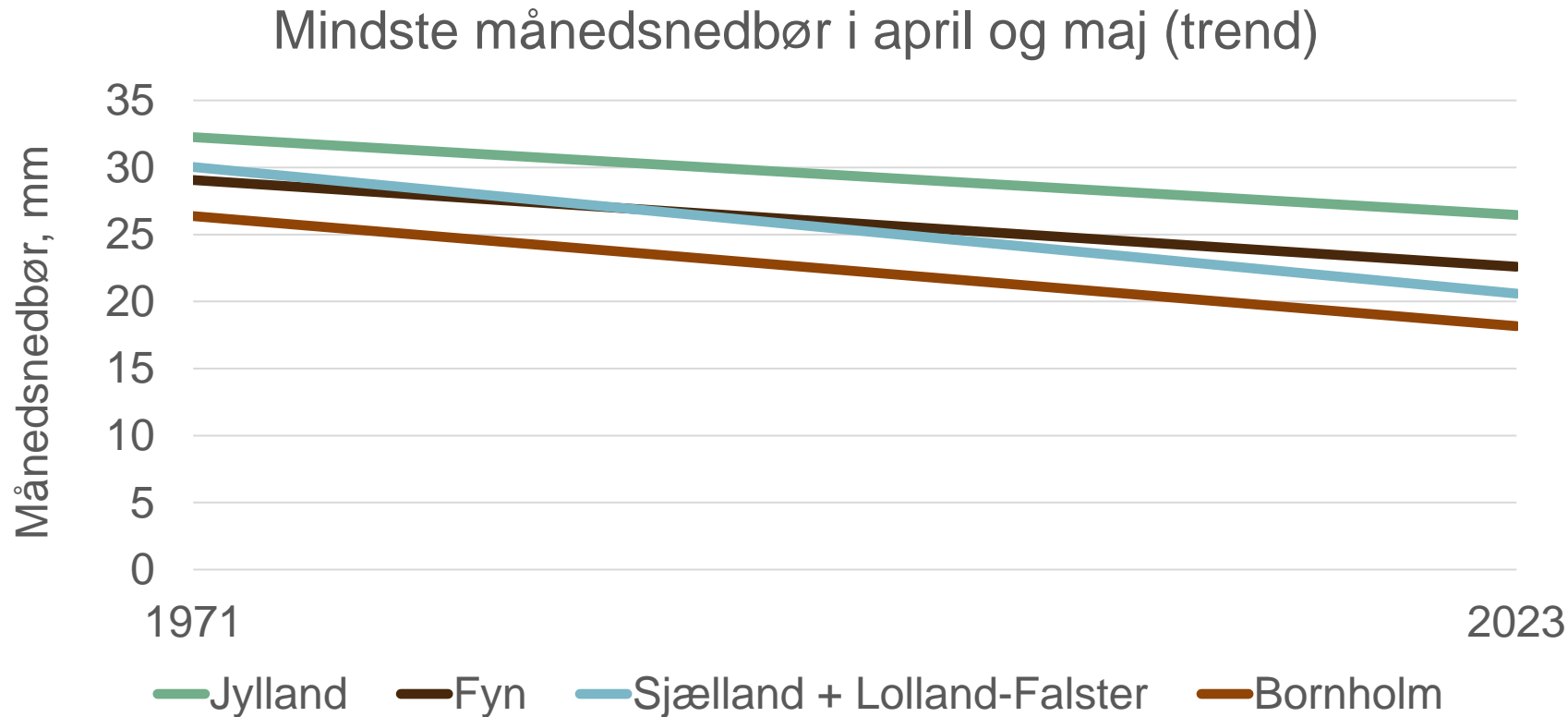
Rapport:

[Recirkulering af drænvand](#)



Sandsynligvis længere tørkeperioder, især forårstørke

- Temperaturstigninger giver klimaforandringer og mere ekstremt vejr, også tørke.
- Temperaturen i Danmark er steget 1,8 °C på 40 år.
- Forårstørken i 2023 var ekstrem – også langsigtet tendens til øget forårstørke



Skånsk landmand 2023 med nyt vandreservoir



Reservoir: 200.000 m³
Vand til 500 ha - 40 mm/ha

Vander lerjord.
Pumper vand fra dræn og
grøfter i vinterhalvåret.

Vandreservoirs – opmagasinering af drænvand

Opgravet jord – anvendes til diger



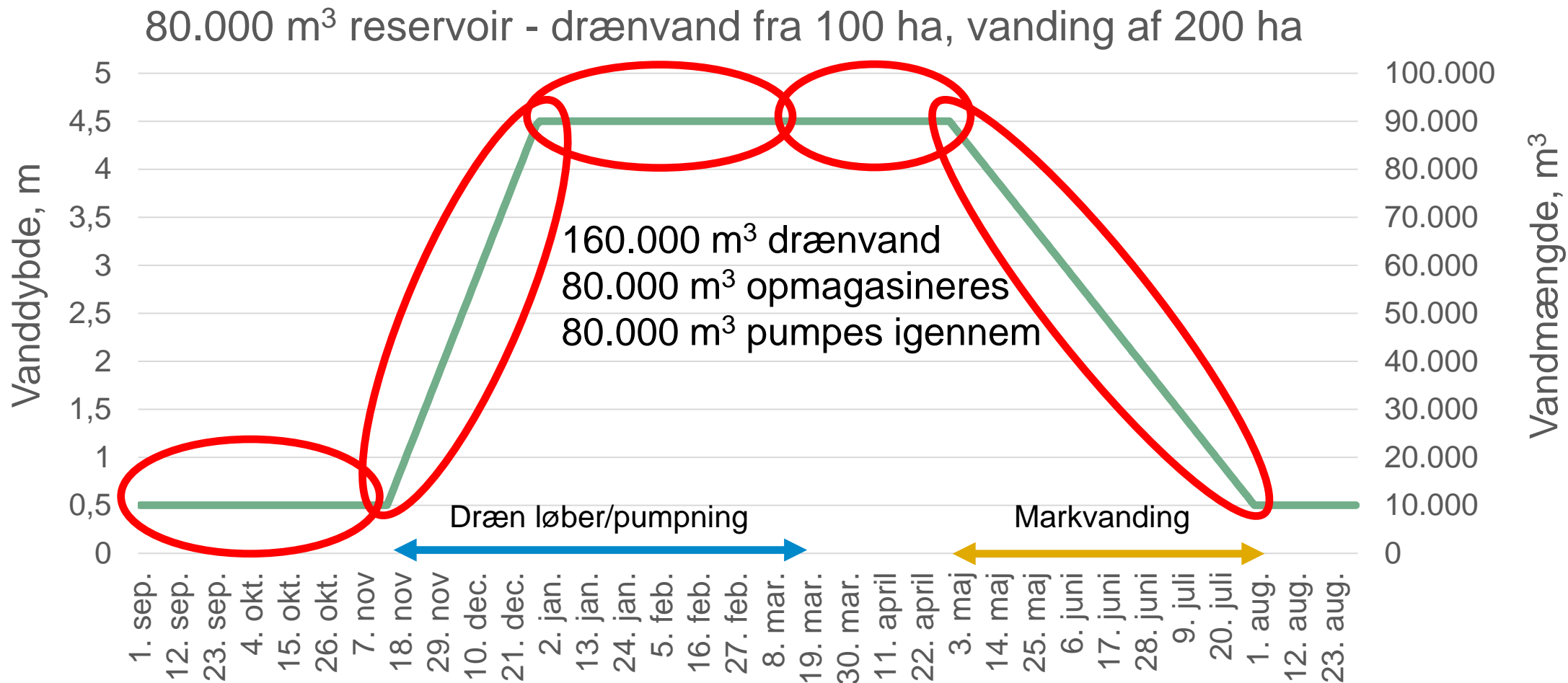
Uden membran
kun på lerjord.
Drænvandet skal
normalt pumpes.

Drænandel af
afstrømning:
40-80 pct.
(55 pct.)

Drænvand fra 1 ha
er nok til at vande
fra 2 til 4 ha.

| | Afstrømning rodzone, mm | Drænvand, (55%), mm | Drænvand, m ³ pr. ha |
|-------------|----------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Falster | 212 | 117 | 1.170 |
| Sydsjælland | 230 | 126 | 1.260 |
| Bornholm | 294 | 162 | 1.620 |
| Østfyn | 298 | 164 | 1.640 |
| Vejle | 367 | 202 | 2.020 |
| Haderslev | 393 | 216 | 2.160 |

Vand i vandreservoaret



Kvælstoffjernelse i reservoiret

N-fjernelsen i reservoiret er beregnet med 2 modeller (en dansk og en amerikansk), der giver næsten samme resultat. Opholdstiden er afgørende for fjernelsesraten.

Eksempel: 160.000 m³ drænvand fra 100 ha:

| Scenarie | Reservoir, m ³ | Vanding, ha | Gennemløb, m ³ | Opholdstid i reservoir, dage | N-fjernelse i reservoir, pct. |
|----------|---------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| A | 40.000 | 100 | 120.000 | 48 | 27 |
| B | 60.000 | 100 | 100.000 | 69 | 32 |
| C | 80.000 | 200 | 80.000 | 89 | 34 |
| D | 120.000 | 200 | 40.000 | 123 | 38 |

Til sammenligning er N-fjernelsen i minivådområder i gns. 22 pct.

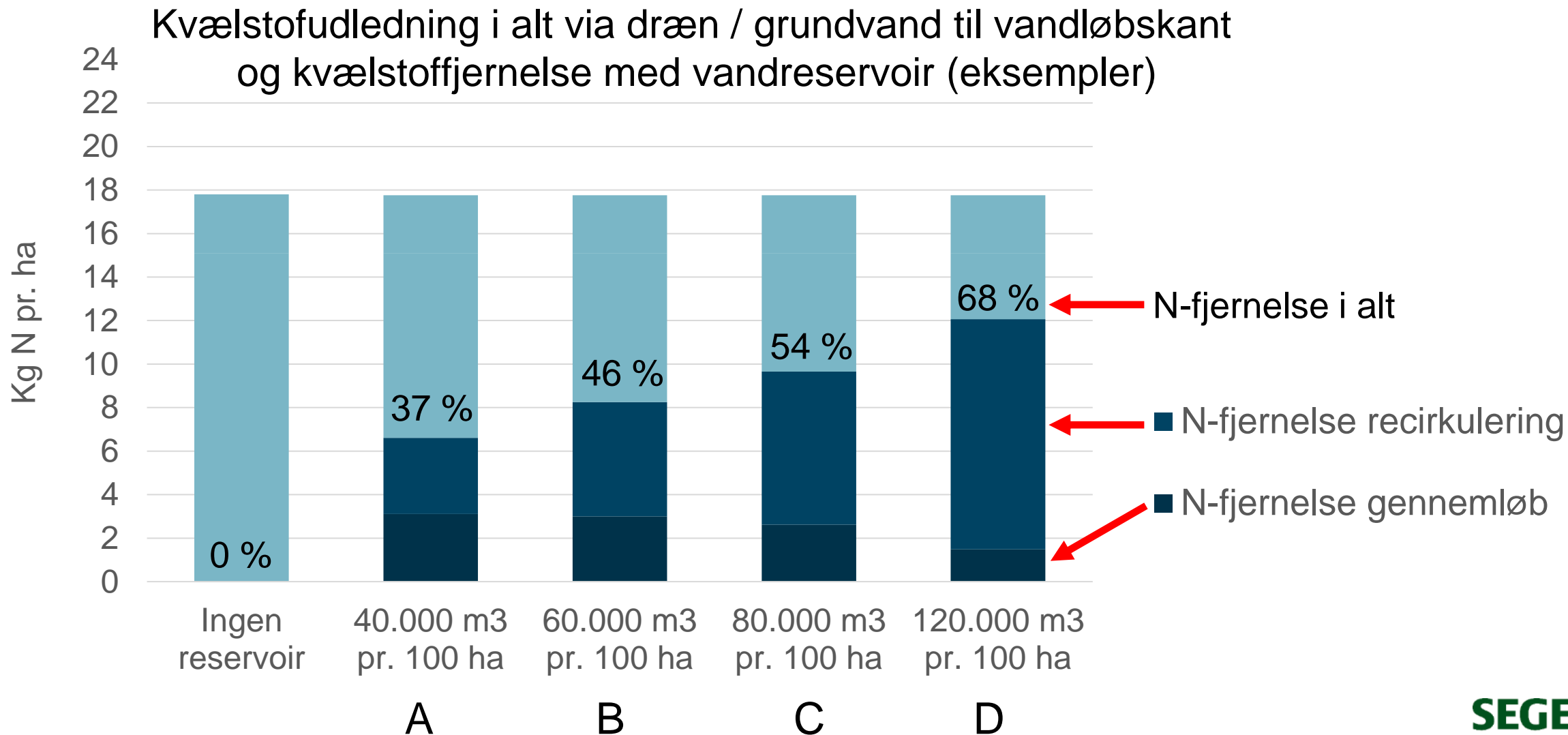
Kvælstoffjernelse ved recirkulering af drænvand

- Med 40-60 mm vandingsvand tilføres 2-4 kg N pr. ha
- Merudvaskningen er under 1 kg N/ha.
N-tilbageholdelsen i marken er ca. 83 pct.
- Kvælstof fjernes også mellem rodzone og vandløbskant (grundvandsretention)
- typisk 40-50 pct.
- Samlet kvælstoffjernelse: Ca. 94 pct.

Recirkulering af drænvand giver robust høj kvælstoffjernelse, fordi der indgår 3 processer i kæde:

1. Fjernelse i reservoiret
2. Kvælstoftilbageholdelse i marken
3. Grundvandsretention

Kvælstoffjernelse i alt ved recirkulering og gennemløb



Markvanding på lerjord

- Vandingsbehov på lerjord - men markvanding af korn hidtil ikke rentabel.
- Mere forårstørke kan ændre på det.
- Overvintrende afgrøder: Tidligst vandingsbehov i juni/juli på lerjord
Vårafgrøder: Kan rammes af forårstørke (som i 2023) – vanding fra april-maj.
- Frøafgrøder, kartofler m.fl. "betaler" mere for markvanding end korn
- Opsamling af drænvand påvirker ikke grundvandsressourcen.

Vandingsbehov på lerjord

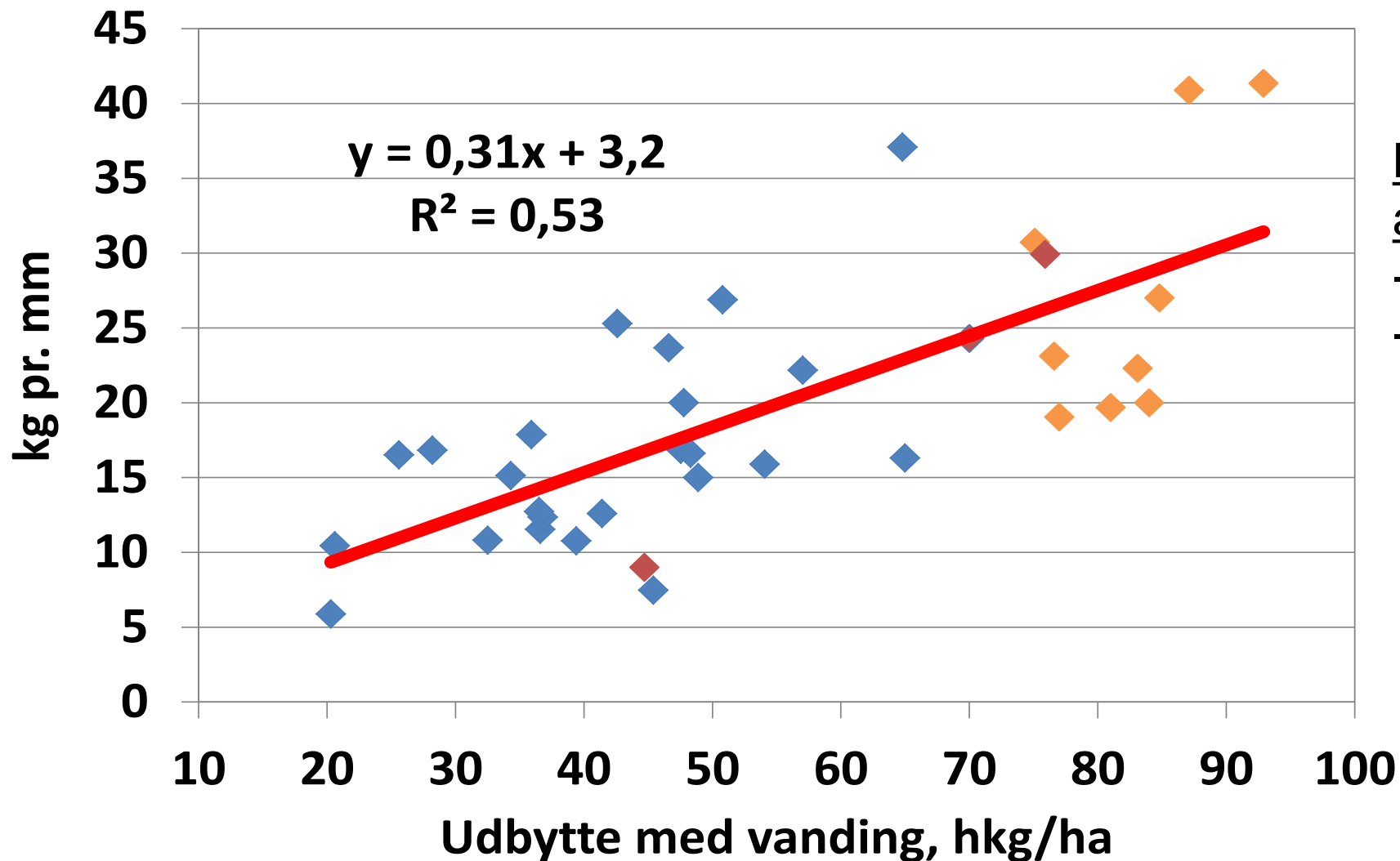
Aarhus Universitet har opgjort vandingsbehovet for 10 lokaliteter og forskellige rodzonekapaciteter for perioden 1990-2015.

Gns. vandingsbehov (mm) i vårbyg på 3 lokaliteter:

| Lokalitet | Rodzonekapacitet, mm | | | |
|-------------|----------------------|-----|-----|-----|
| | 140 | 160 | 180 | 200 |
| Flakkebjerg | 92 | 78 | 67 | 55 |
| Årslev | 81 | 61 | 50 | 37 |
| Askov | 52 | 42 | 26 | 12 |

Damme et al:
The Gross- and Net Irrigation
Requirements of Crops with Different
Root Zone Capacities at ten Locations
In Denmark 1990-2015.
[DCA-rapport nr. 112.](#)

Merudbytte for markvanding i korn



Merudbyttet pr. mm
afhænger af:

- graden af tørkestress
- markens udbyttelniveau

Forsøg på grovsandet jord
ved Jynde vad Forsøgsstation

Merudbytter for markvanding af korn

Merudbytte for markvanding af korn på lerjord: 10-15 kg kerne pr. mm (forsigtigt estimat)

Gns. merudbytte for vanding af korn med 40-60 mm: 5-7 hkg pr. ha.

Bruttomerudbytte i korn: 700-1.000 kr. pr. ha



Værdi af kvælstoffjernelse

Kvælstoffjernelse i store minivådområder koster i gns. 118 kr. pr. kg N.

Eksempel: 160.000 m³ drænvand fra 100 ha:

| Scenarie | Reservoir, m ³ | Vanding, ha | N-fjernelse, % | N-fjernelse, kg | Værdi af N-fjernelse, kr. |
|----------|---------------------------|-------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| A | 40.000 | 100 | 37 | 660 | 78.000 |
| B | 60.000 | 100 | 46 | 830 | 98.000 |
| C | 80.000 | 200 | 54 | 970 | 114.000 |
| D | 120.000 | 200 | 68 | 1.210 | 142.000 |

Ved store krav til reduktion af kvælstofudledning kan værdien af kvælstoffjernelsen være større.

Bruttoværdi af vandreservoir og recirkulering af drænvand

Eksempel: 160.000 m³ drænvand fra 100 ha:

| Scenarie | Reservoir, m ³ | Vanding, ha | Værdi af N-fjernelse, kr. | Brutto-udbytte vanding, kr. | Bruttoværdi i alt, kr. |
|----------|---------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|
| A | 40.000 | 100 | 78.000 | 68.000 | 146.000 |
| B | 60.000 | 100 | 98.000 | 102.000 | 200.000 |
| C | 80.000 | 200 | 114.000 | 136.000 | 250.000 |
| D | 120.000 | 200 | 142.000 | 204.000 | 346.000 |

Beregning baseret på vanding af korn.
Andre afgrøder kan betale bedre for markvanding.

Investering og årlig omkostning (overslag)

Reservoir til 80.000 m³ og markvanding af 200 ha:

| Emne | 1.000 kr. |
|--|----------------------|
| Opsamling af drænvand inkl. pumpe | 40 - 60 |
| Reservoir, 10-12 kr./m ³ – jordarbejde vil variere | 800 – 1.100 |
| Vandingsanlæg, inkl. 3.500 m jordledning, pumpe og 1 vandingsmaskine til 200 ha, (60 m ³ / time og Ø-125 x 560 m vandingsmaskine) | 1.200 – 1.300 |
| I alt investering | 2.000 – 2.500 |
| | |
| Driftsomkostninger inkl. el, løn, vedligehold | 100 – 130 |
| Forrentning og afskrivning af investering | 110 – 140 |
| Omkostninger i alt | 210 - 270 |

Investering og omkostninger vil variere meget efter forholdene.

*Kilde:
Gunnar Schmidt
Byggeri & Teknik I/S*

Markvanding med drænvand fra vandreservoirs

Opsamling vedr. vandreservoirs:

- Klimatilpasning til mere tørke / forårstørke (især vanding af vårafgrøder)
- Effektivt kvælstofvirkemiddel – høj N-tilbageholdelse
Alternativ til braklægning mv.
- Økonomien skal stå på 2 ben: Merudbytte for vanding og værdi af N-fjernelse
- Tilskud til etablering af reservoirs?
- Kompensation for kvælstoffjernelse?
(virkemiddel i ny udledningsbaseret kvælstofregulering?)
- Vandreservoirs har potentiale, men brug af reservoirs skal udvikles og kræver samarbejde med myndigheder.

Tak for opmærksomheden!

Ny satellitbaseret metode til bestemmelse af evapotranspiration og vandingsbehov

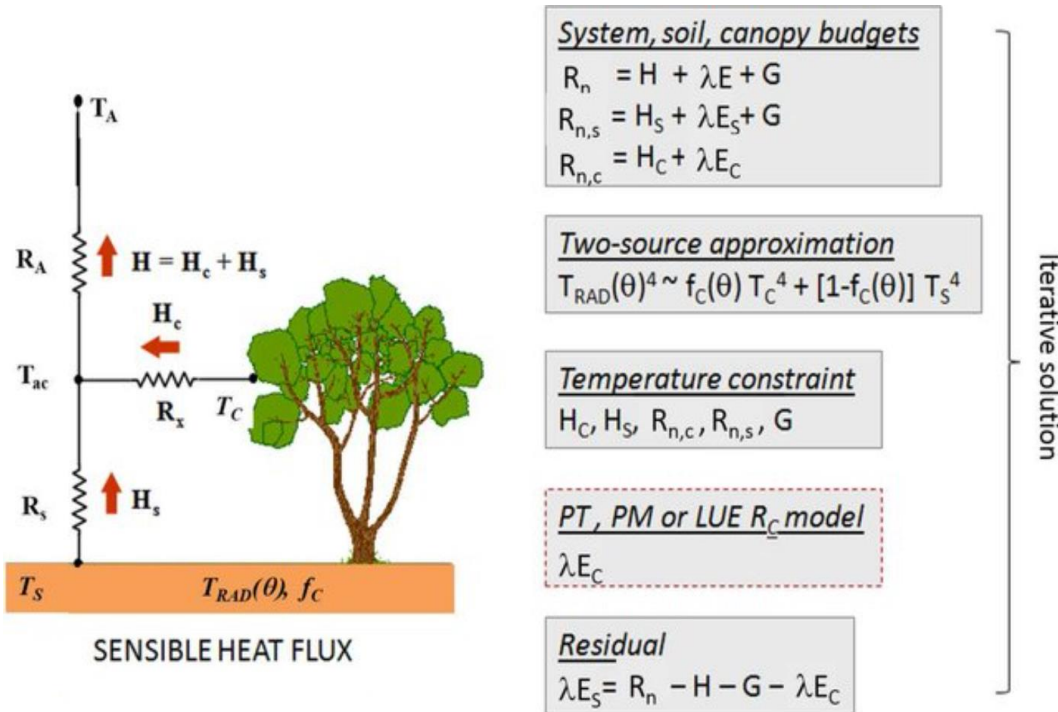
Markvanding i en tid med forsommertørke

Junxiang Peng
Kiril Manevski
Mathias N. Andersen

Plantekongres
11 Jan 2024, Herning

Aarhus Universitet

TSEB model



- TSEB: To-systemer energibalanc
- Antagelse: **total stråling** = Σ **målbar, latent, jordvarmeflux**
- **Priestley-Taylor (PT) ligning, bladarealindeks og bladdakke** til at vurdere (skelne mellem?) jordoverflade temperatur og overflade flux til **bladdel** og **jorddel**
- <https://github.com/hectornieto/pyTSEB>
- **Hovedformål:** at teste TSEB på Sentinel-data (m-km opløsning) sammenlignet med resultater fra UAV-data (cm-m)

Norman et al. (1995), [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(95\)02265-Y](https://doi.org/10.1016/0168-1923(95)02265-Y)

Kustas and Norman (1999), [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00005-2)

Markforsøg med kartofler til stivelse tæt på Foulum (grovsand, JB1, 2018)



Fulde og stiplede linjer angiver henholdsvis meget og lav vanding.

Anvendelse af TSEB på UAV-data

➤ Indgange:

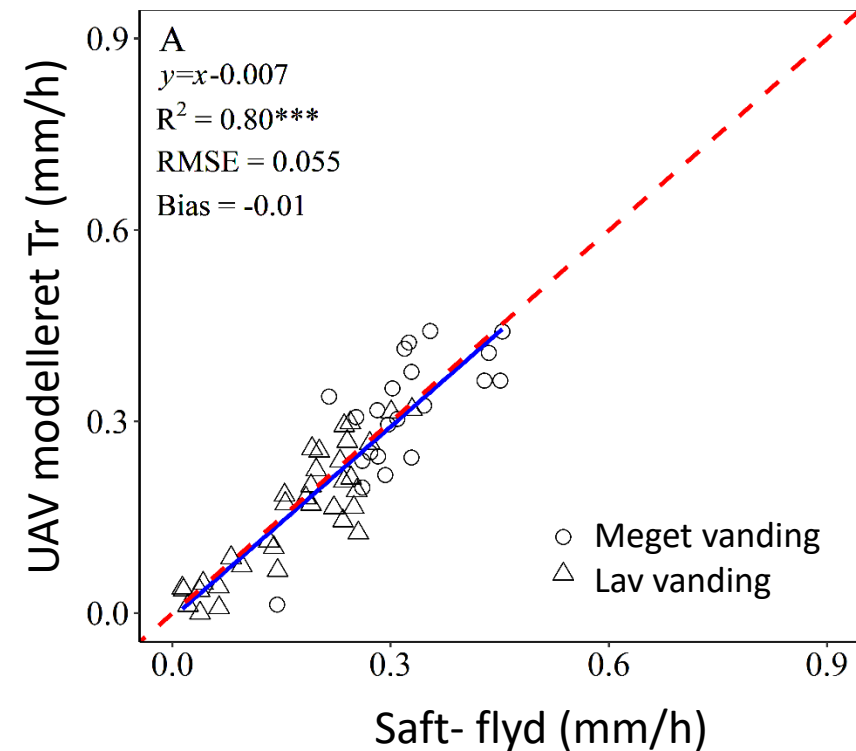
- **Jordoverfladetemperatur** – UAV termiske billeder
- **Bladarealindeks** - beregnet fra f_{lpar}
- **Plantehøjde** - fra UAV RGB DSM billeder
- **Bladdakke** – beregnet fra RGB Greenness index
- **Vejrdata**

➤ Udgange:

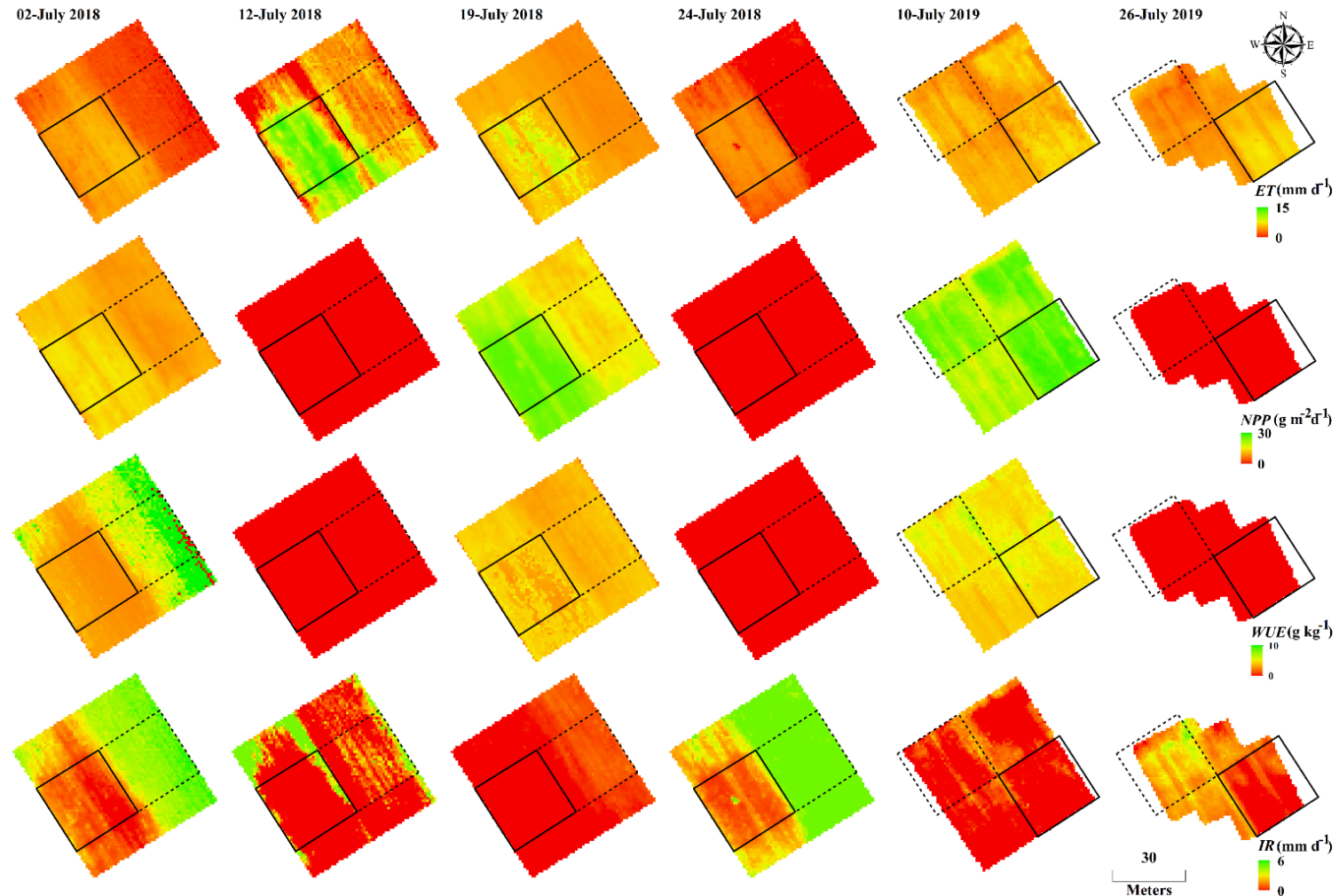
- **Transpiration (Tr)** ~ Saft-flyde måling
- **Evapotranspiration (ET)**

➤ Validering:

- God korrelation mellem Tr_{UAV} and $Tr_{sap\ flyde}$ – model **robusthed**



Anvendelse af TSEB på UAV-data



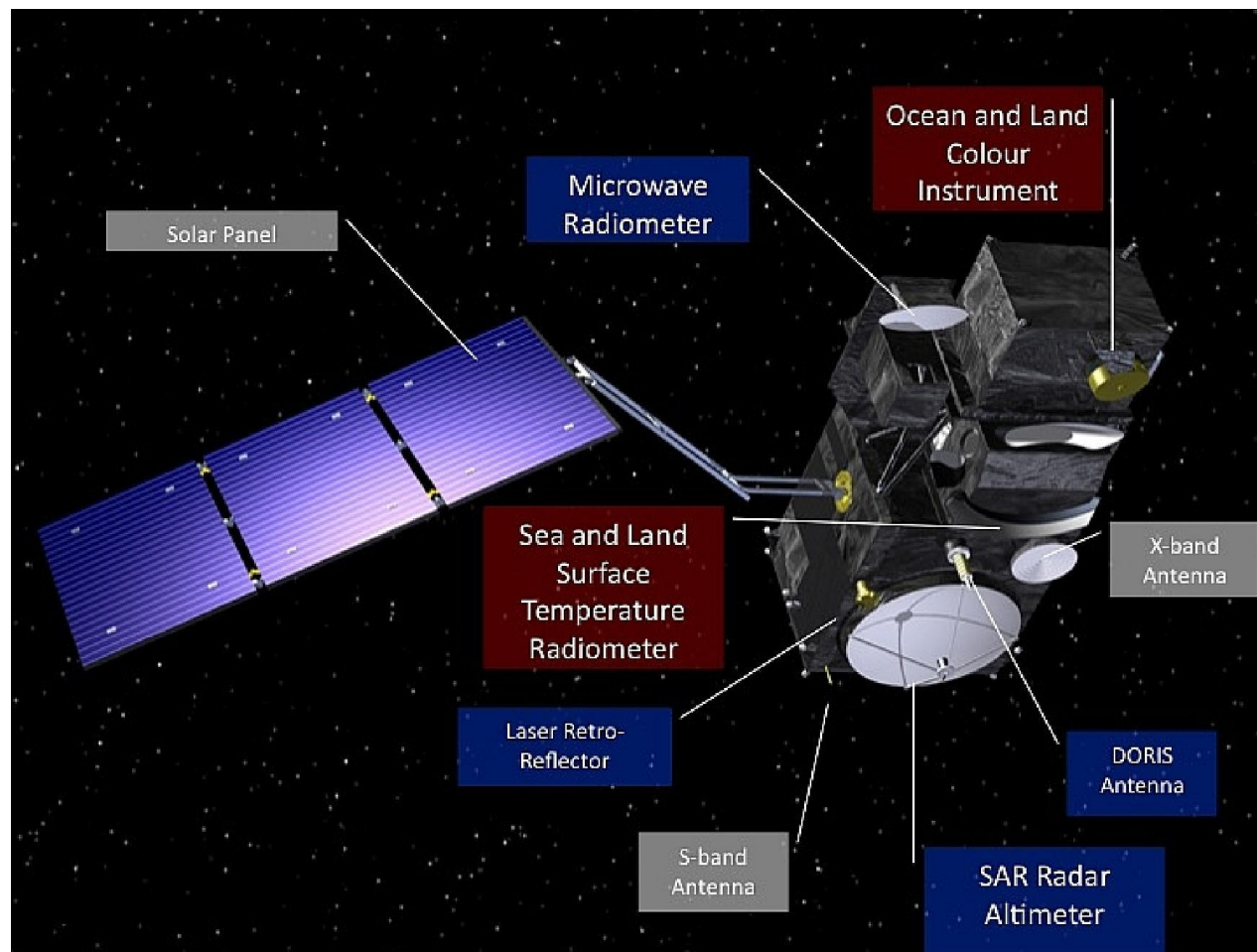
Men...

Ulemper ved UAV-dataapplikation?

- Dyrt, både dronen og termisk kamera
- Umuligt til anvendelse i større skala
- Kameraet er følsomt over for drift, let at optage data i dårlig kvalitet
- Andre (lovgivning, data behandling, GDPR, ...)

TSEB-applikation på åbne (offentlige) satellitdata

Sentinel-3 jordoverflade temperatur (LST)

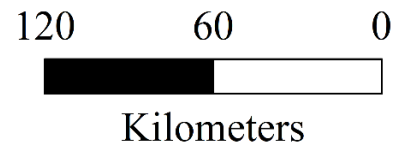
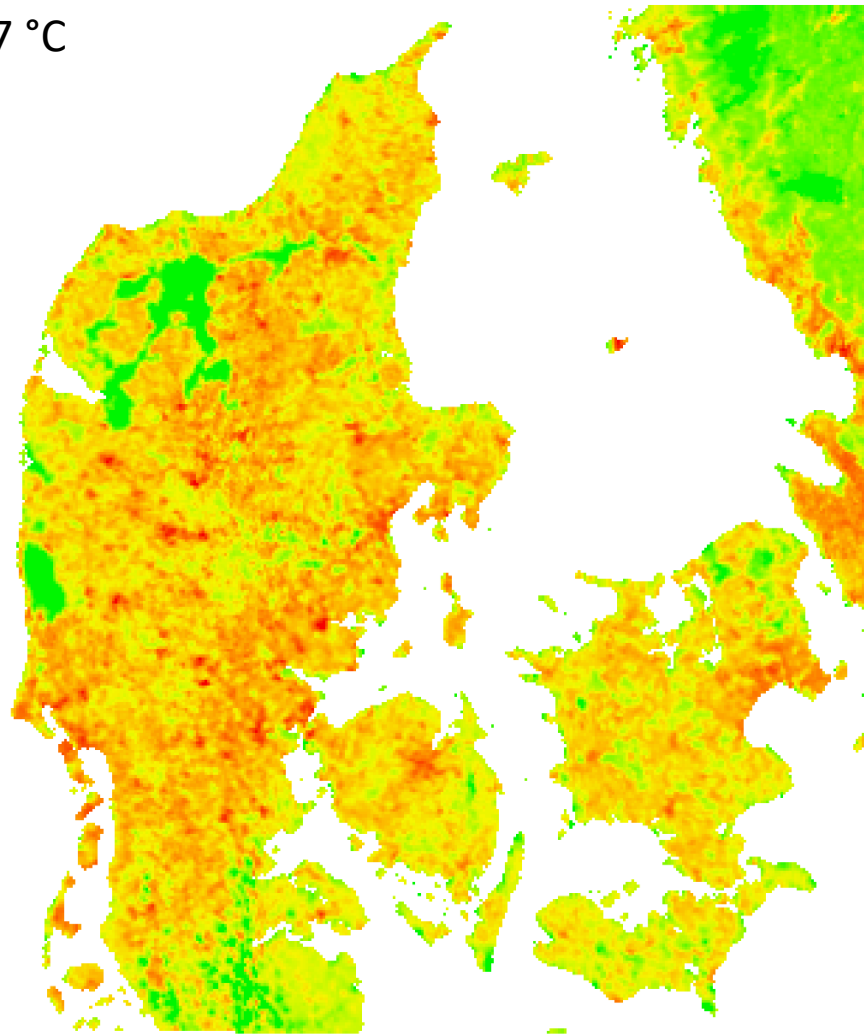
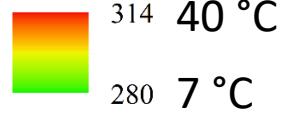


- Høj tidsopløsning
- Grov rumlig opløsning

| product_group | product | record_id |
|---------------|------------|--|
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180903T210855_20180903T211155_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180903T094001_20180903T094301_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180902T195407_20180902T195707_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180902T100611_20180902T100911_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180901T202018_20180901T202318_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180901T103222_20180901T103522_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180831T204628_20180831T204928_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180831T091734_20180831T092034_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180830T211239_20180830T211539_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180830T094344_20180830T094644_202... |
| sentinel | sentinel-3 | S3A_SL_2_LST__20180830T105750_20180830T106050_202... |

S

LST 2018-07-02 10:15:16



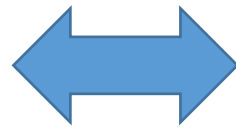
atur (LST)

- Rumlig opløsning: 1 km
- For grov for brug til præcisionslandbrug

Data forbedret oplysningen



1 km

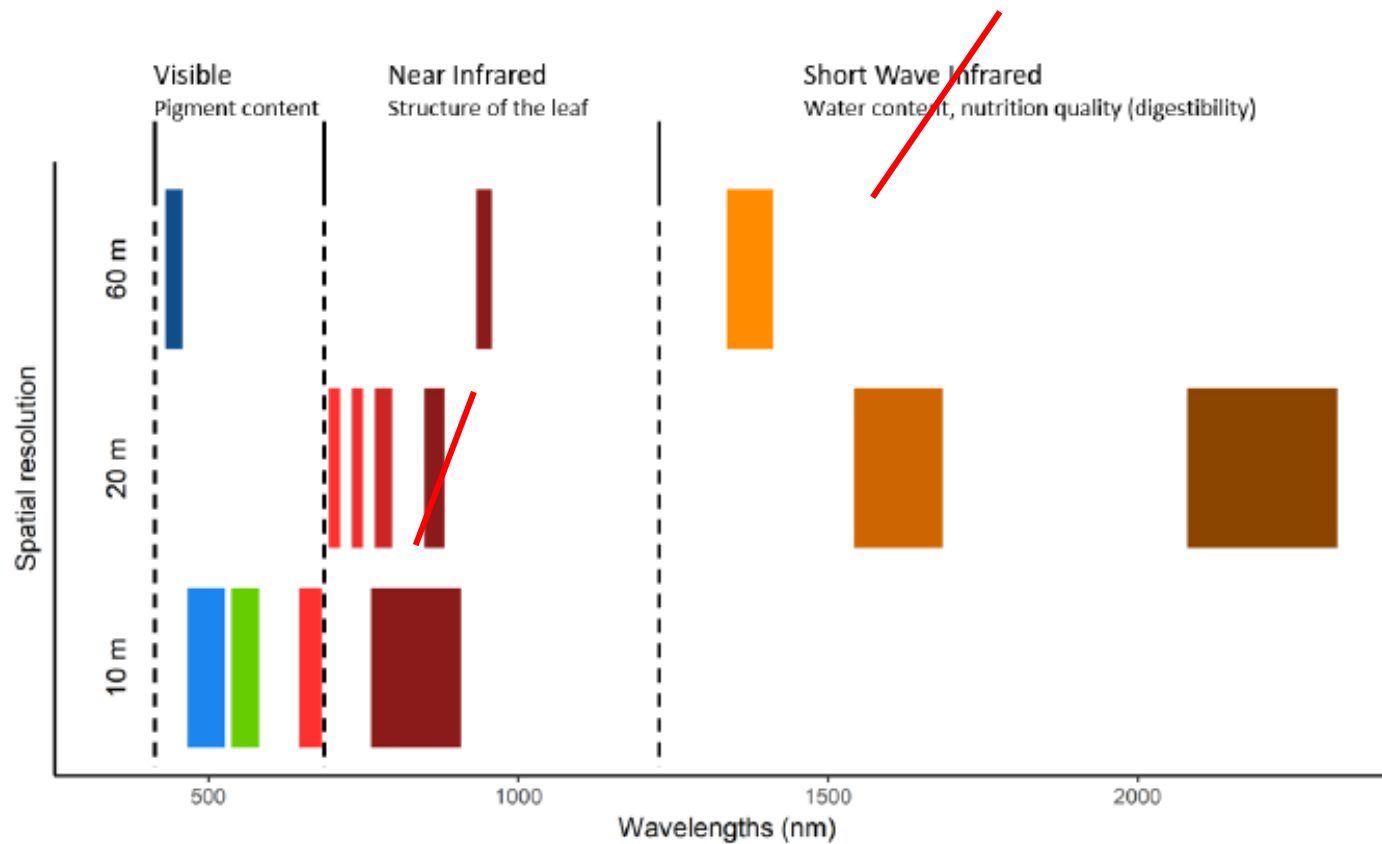


Sentinel-2 multispektrale data



10 m

Data forbedret oplysningen



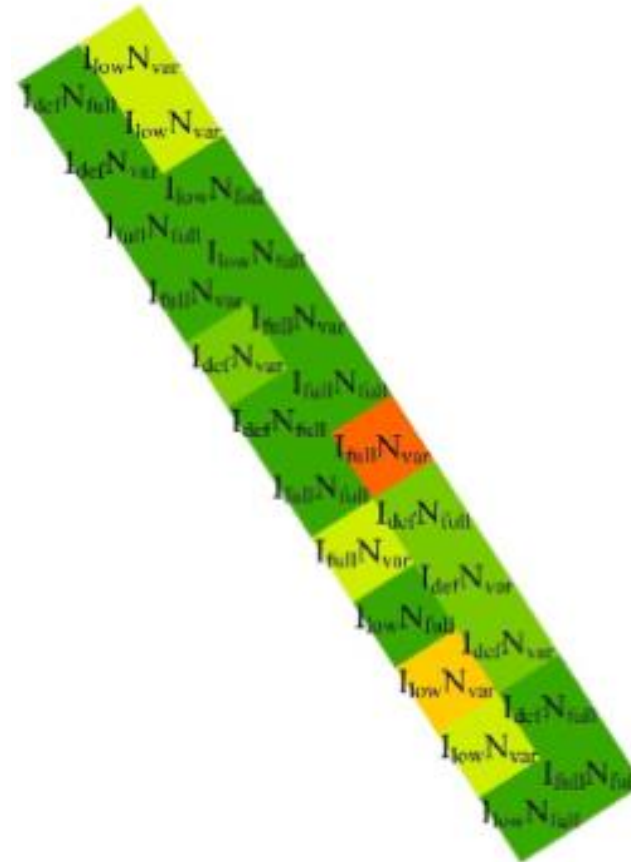
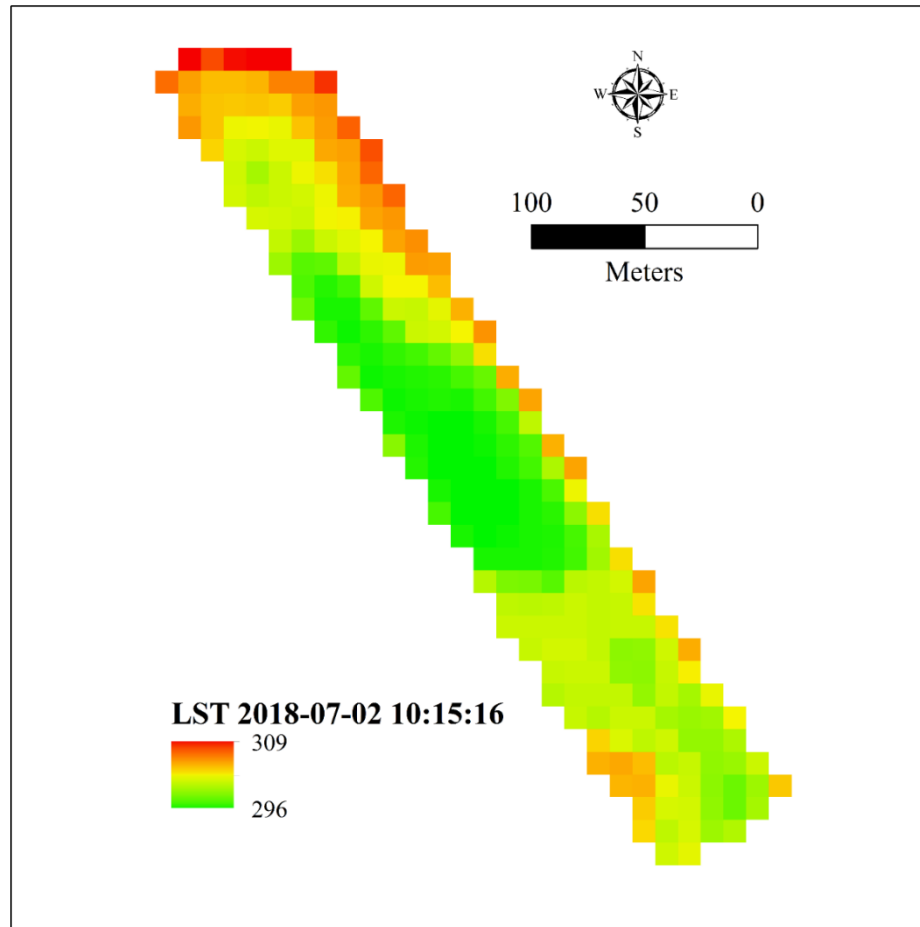
- Sentinel-2 multispektrale data
- Omsamlet bånd 20 m til 10 m
- 20 m NIR ikke brugt
- Altså 9 bånd på 10 m i alt

Data forbedret oplysningen

- Gensample (bilineær) S2-data (9-bånd) fra 10 m til 1 km (S3 rumlig opløsning)
- Tilpas S2- og S3-data på pixelniveau og 1 km (1 pixel men højere tidsopløsning)
- Korreler S2- og S3-data på pixelniveau og 1 km - *tilfældig skov regression*
- Brug originale S2-data (9 bånd ved 10 m) i den indbyggedetilfældig skov model til at beregne nye S3-data ved 10 m rumlig opløsning

(Gao et al. 2012; <https://doi.org/10.3390/rs4113287>)

Data forbedret oplysningen



TSEB-applikation på Sentinel 2+3 data

➤ Indgange:

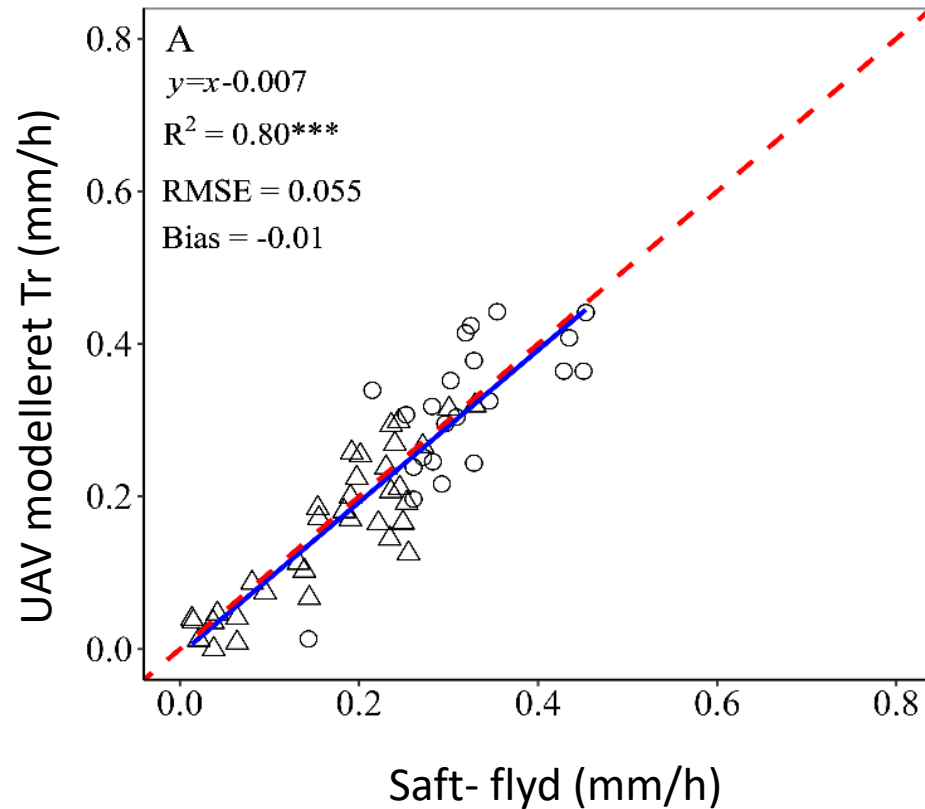
- **Jordoverfladetemperatur** – fra skærpe LST data
- **Bladarealindeks** – beregnet fra f_{Ipar} Sentinel 2 data
- **Plantehøjde** – beregnet fra markforsøg
- **Bladdakke** – beregnet fra NDVI $(\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{jord}}) / (\text{NDVI}_{\text{blad}} - \text{NDVI}_{\text{jord}})$
- **Vejrdata**

➤ Udgange:

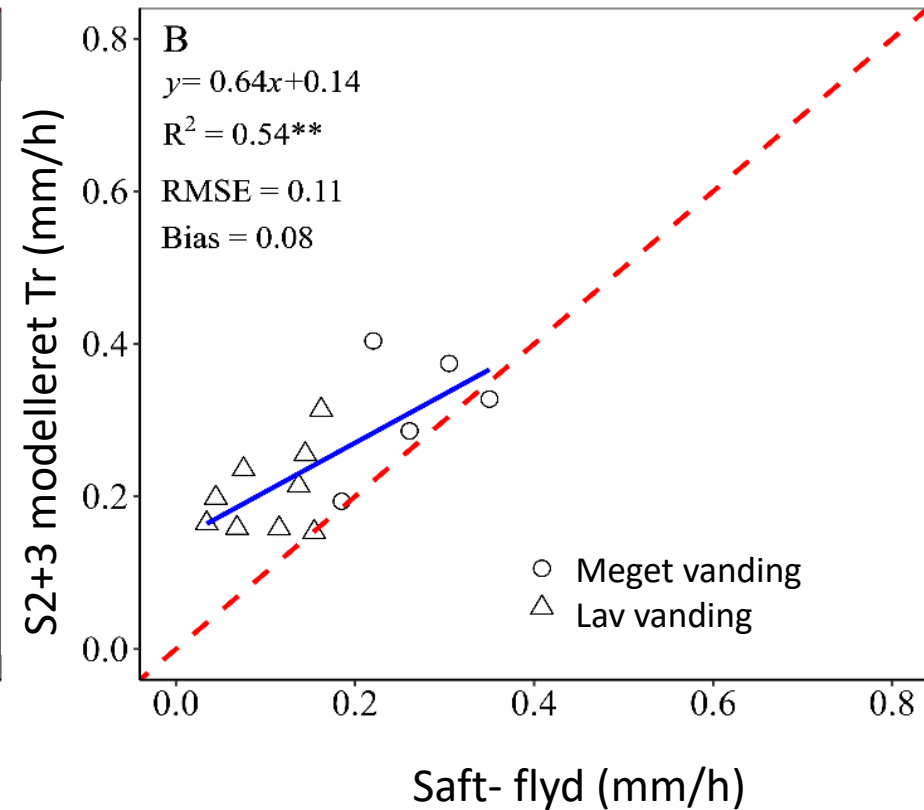
- **Transpiration (T)** ~ Saft-flyde måling
- **Evapotranspiration (ET)**

TSEB-applikation på Sentinel 2+3 data

UAV: Flere datapunkter hver dag



Satellit: Kun et datapunkt hver dag



Konklusion og usikkerheder

- Interessante data med stort potentiale, men behøver forbedringer
 - Kvaliteten af skarphed (skyeffekt, kanteffekt)
 - Effekt fra skyer, kanteffekter
- Korrelation mellem Sentinel-2 og Sentinel-3 data
- Usikkerheder ved TSEB
 - Usikkerheder ved estimering af bladarealindeks og bladdakke
- Løsninger:
 - Vi prøver at få forbedret data oplysningen fra 10 m til 20 m
 - Vi kører SNAP værktøj (drevet af det Europæiske rumagentur ESA) for at få bladarealindeks og bladdakke

Spørgsmål?

(på engelsk hvis muligt 🎅)

Project: Variable rate irrigation and nitrogen fertilization in Potato; engage the spatial variation

Acronym POTENTIAL (Reference Number: WaterJPI-JC-2016_15)

Duration 01/04/2017 - 31/03/2020

Project Topic With a total acreage of more than 5 200 km² in all four countries, potato is an important agricultural crop in Belgium, Denmark, The Netherlands and Germany. In the participating countries percolation water contains NO₃--concentrations higher than 25 mg/l so they have a common interest in reducing N-leaching and increasing the water use efficiency by irrigation in potato fields. It is expected that irrigation in potato will be crucial in the future to maintain stable yields as scenarios predict an increased occurrence of climatic extremes. The objective of the proposed POTENTIAL ("Variable rate irrigation and nitrogen fertilization in Potato; engage the spatial variation.") project is to increase N and water use efficiency in potato. Innovative precision farming solutions are used to meet this objective. Spatio-temporal variation in water and N deficit in potato fields is revealed using various data sources (satellite, drone, EMI, tractor-mounted sensors, ...). The combination of these different types of information on above-and below-ground crop and soil information opens up new opportunities for a sound decision making. The project envisages the translation of years of research on mapping the variability in crop vitality and soil condition to specific task maps for farmers in order to optimize their management. The consortium is multidisciplinary, which guarantees a short loop feedback and a broad distribution of the research results over all stakeholders. POTENTIAL will lead to the adoption of management practices with increased water and nutrient use efficiency in potato cultivation in Europe.

Network WaterWorks2015

Call 2016 JOINT CALL: Sustainable management of water resources in agriculture, forestry and freshwater aquaculture sectors

Project partner

| | | | |
|---|--|-------------|-------------|
| 1 | Soil Service of Belgium - Bodemkundige Dienst van België vzw | Coordinator | Belgium |
| 2 | Flemisch Institute for Technological Research | Partner | Belgium |
| 3 | Université de Liège - Gembloux Agro-Bio Tech | Partner | Belgium |
| 4 | Forschungszentrum Jülich | Partner | Germany |
| 5 | Aarhus University | Partner | Denmark |
| 6 | Fasterholt | Partner | Denmark |
| 7 | Wageningen University - Applied Plant Research (PPO) | Partner | Netherlands |

Junxiang Peng



Junxiang Peng is Postdoctoral researcher of Crop Science (with focus on remote sensing) at the Department of Agricultural Research for Northern Sweden. He has PhD degree at Agroecology. His research aims to monitor crop status using remote sensing data, and he has expertise in precision agriculture, nutrient management, remote sensing and digital images analysis.