

Bezpilotní monitoring stavu porostů pro přípravu variabilních aplikací hnojiv a POR

Odborná témata:
Hodnocení stavu porostů a monitoring pozemků pomocí bezpilotních prostředků – výsledky výzkumu a možnosti uplatnění pro variabilní hnojení a cílenou aplikaci POR
 V. Lukas (MENDELU), P. Šírůček (ROSTÉNICE a.s.), V. Setnický (Skymaps s.r.o.)

Zkušenosti z nasazení dronů v zemědělském sektoru, legislativní podmínky provozu bezpilotních prostředků v ČR a postupy zpracování dat
 V. Setnický (Skymaps s.r.o.), M. Kraus (ROSTÉNICE a.s.)

Program:
 9:00 - 10:00 zahájení, první část prezentací
 10:00 - 10:15 – přestávka
 10:15 - 11:15 - druhá část prezentací
 11:15 - 11:30 – přestávka
 11:30 - 12:30 – praktická ukázka
 12:30 - 13:00 – diskuze a ukončení



Hodnocení stavu porostů a monitoring pozemků pomocí bezpilotních prostředků – výsledky výzkumu a možnosti uplatnění pro variabilní hnojení a cílenou aplikaci POR

Vojtěch Lukas a kolektiv

Mendelova univerzita v Brně
 Ústav agrosystémů a bioklimatologie
 Mendelova univerzita v Brně



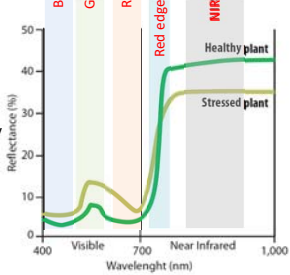
Ústav agrosystémů a bioklimatologie (MENDELU)



Úvod

Dálkový průzkum Země (DPZ)

- Distanční metody sledování objektů bez přímého kontaktu s nimi
- Metody DPZ hodnotí porost na základě **spektrálních charakteristik** (odrazivosti) vyjádřením v podobě tzv. **vegetačních indexů** v oblasti viditelného a blíže infračerveného záření
- Nejčastěji používané veg. indexy (NDVI, EVI, SAVI) jsou silně ovlivněny množstvím nadzemní hmoty a stresovými projevy rostlin



Lze těmito metodami nahradit tradiční hodnocení porostů???

Dálkový průzkum

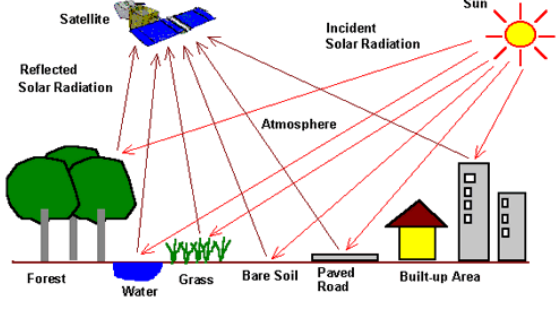
Využití distančních metod

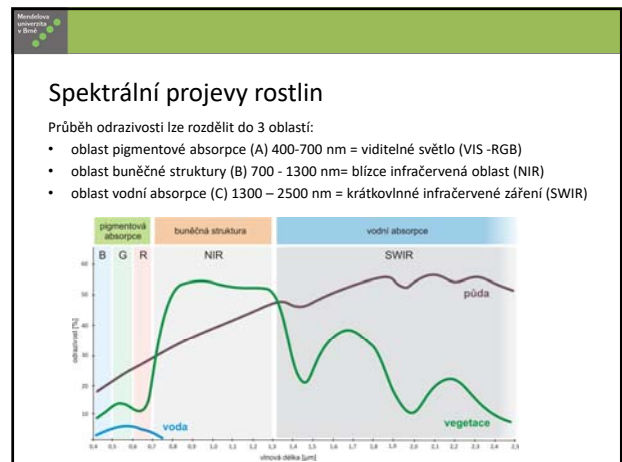
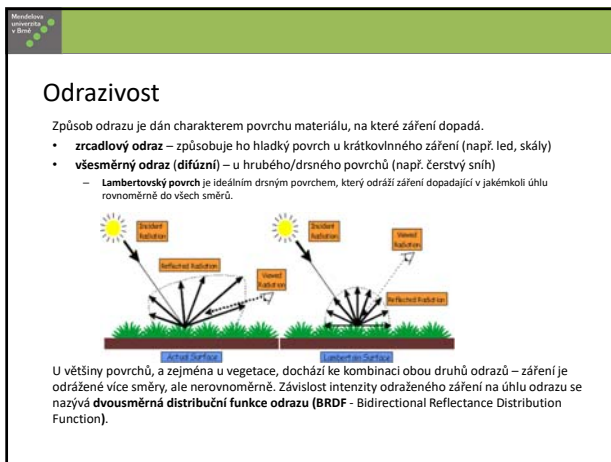
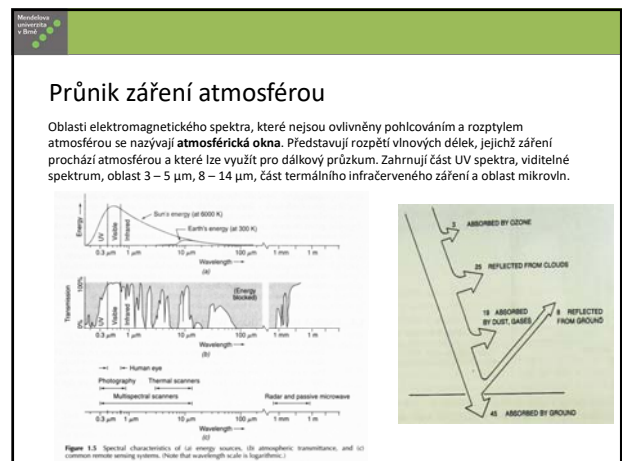
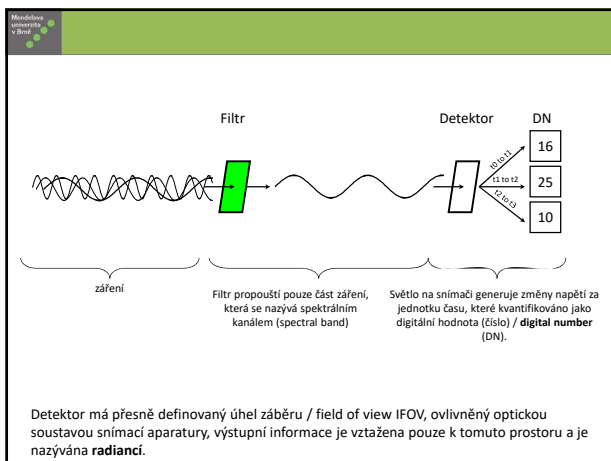
- diferenci v zapojení porostu
- výživného stavu
- zapevlení porostů
- zralosti porostů
- polehnutí
- rozlížení míst s projevy stresových stavů porostů
- nebo při snímkování půdy k diferencii půdních typů, vlhkostních poměrů a obsahu humusu.



„Rukověť agronoma“ prof. Petr (Petr a kol., 1989)
 „...vytvoření víceúrovňového informačního systému resortu zemědělství, který by měl poskytovat pro účely řízení produkčních procesů expertní prognózy podmínek tvorby výnosů zemědělských plodin“.

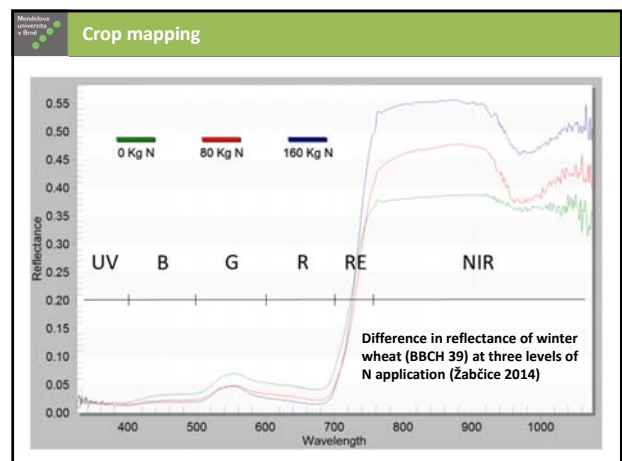
Princip DPZ

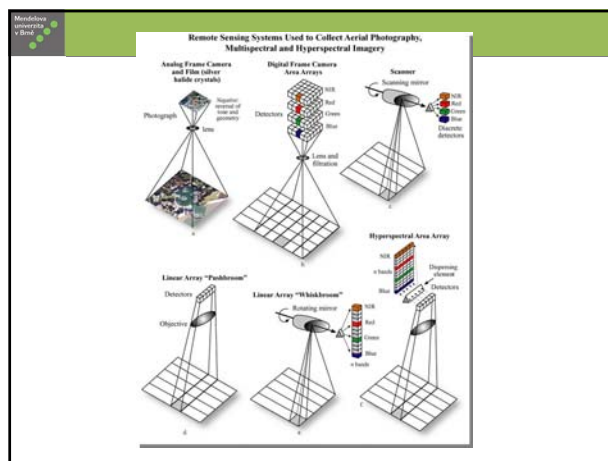
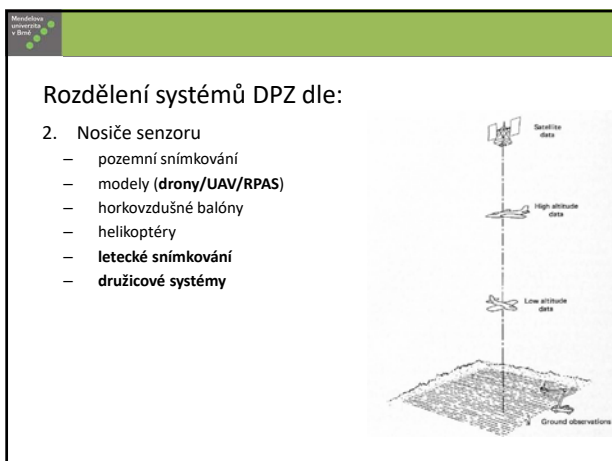
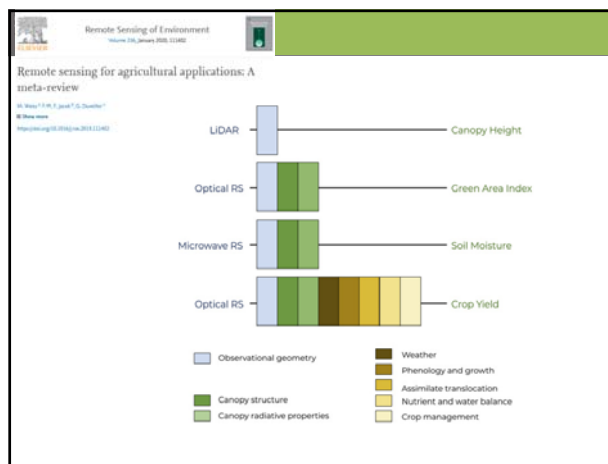
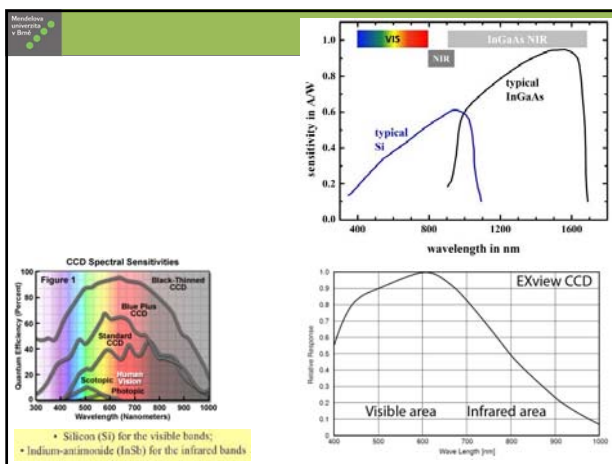
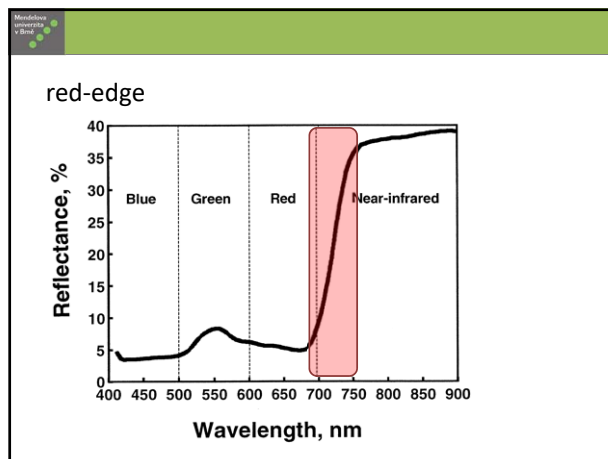
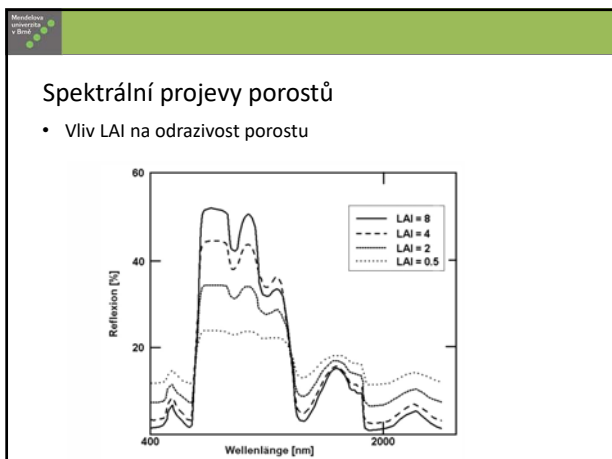




Spektrální projevy rostlin

- oblast pigmentové absorpce (400 – 700 nm)**
Záření je ovlivněno (pohlcováno) rostlinnými pigmenty, zejména chlorofylem (a,b) v oblasti modrého a červeného spektra. Při stárnutí dochází k rychlému odbourávání chlorofylu než karotenoidů, což způsobuje žlutou až hnědou barvu listů
- oblast buněčné struktury (700 – 1300 nm)**
Hlavním faktorem ovlivňujícím odrazivost v této části spektra je morfologická struktura listu. V 750 – 780 nm dochází k prudkému nárůstu odrazivosti zhruba na 50%. Tento jev je nazýván **red edge** a je typický pro zelené části rostlin. Vysokou odrazivost způsobuje vzduch v rostlinném parenchymu.
- oblast vodní absorpce (1,3 – 3 μm)**
Spektrální odrazivost je formována absorpčními pásy vody. Vyšší obsah vody v rostlinných pletevch přítom vede ke snížení odrazivosti, neboť voda pohlcuje MIR záření. Při usychání listů dochází k úbytku vody a tím i ke zvýšení odrazivosti. S vazbou na základní metabolické procesy rostlin se změna obsahu vody projeví na odrazivosti i v ostatních spektrálních oblastech.





Typy senzorů

Hyperspectral Data Collection Using Linear and Area Arrays

Energy from each pixel in the linear array is dispersed onto the corresponding column of the area array.

Typy senzorů

JPL AVIRIS CONCEPT

EACH SPATIAL ELEMENT HAS A CONTINUOUS SPECTRUM THAT IS USED TO ANALYZE THE SURFACE AND ATMOSPHERE

224 SPECTRAL IMAGES TAKEN SIMULTANEOUSLY

Družicový monitoring

Družicový průzkum z volně dostupných dat

- Landsat (NASA/USGS) od 70. let 20.stol., v současnosti Landsat 8 (2014)
 - Doba oběhu 16 dnů (8 dnů v překryvech)
 - Rozlišení 30m (OLI) / 100m (TIRS), záběr 180 km
 - zdroj: Earth Explorer, Google Earth Engine
- Sentinel 2 (ESA), od 2015
 - Doba oběhu 10 dnů (5 (3-4dny) dnů od 2017 – S2B)
 - Rozlišení (10m/20m/60m), záběr 290 km
 - Red-edge pásma
 - zdroj: ESA scihub, Amazon Web Service, Google Earth Engine

Start Sentinel 2B 7.3.2017 02:30 CET

Časové rozlišení

- Doba oběhu družice – kdy přelétá znovu nad zájmovým územím
- Zvýšená četnost = význam pro eliminaci oblačnosti a sladění termínu s prováděním polních prací

MODIS / PlanetScope
1 den

Sentinel 2 A/B
5 dnů (3-4)

Landsat 8
16 dnů (8)

Satellite monitoring

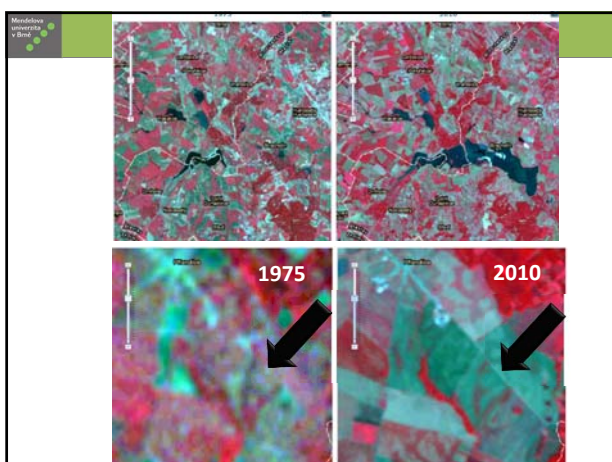
Availability of Sentinel 2 scenes (Pelhřimov, 2017)

cloud free
semi-cloudy
cloudy

free EO computing platform - Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>)

Družicový monitoring

Vývoj stavu porostů - Sentinel-2 NDVI, Rostěnice (Vyškov), 2017



Družicový monitoring

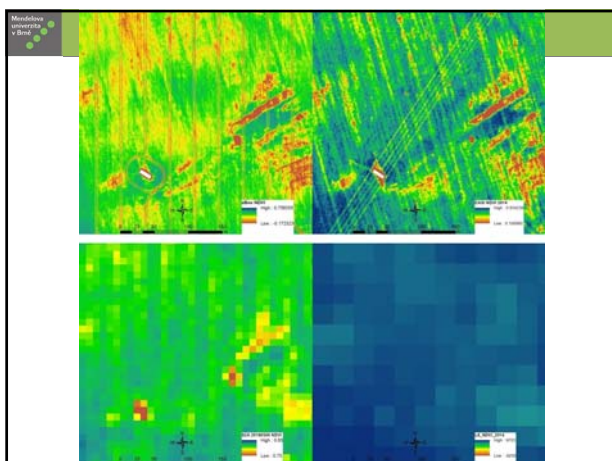
Jak prohlížet / získat / zpracovat data

- Komerční aplikace
 - Sinergise Sentinel-hub (tvorba WMS služeb): <http://sentinel-hub.com/>
 - Satagro (www.satagro.pl)
 - Cropio (www.cropio.com)
- Bezplatné prohlížečky
 - EO browser (<http://apps.sentinel-hub.com/geo-browser>)
 - Landviewer (<https://eos.com/landviewer>)
- Cloud platformy pro zpracování
 - Google Earth Engine (<https://code.earthengine.google.com/>)
- Ruční stahování / zpracování dat
 - QGIS – Semi-automatic Classification Plugin
 - SNAP (<http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/>)
- Automatizované dotazování/stahování
 - SentinelSat: <https://github.com/cenima-ibama/sentinelat>
 - Sentinel-download <http://olivierhagolle.github.io/Sentinel-download/>
 - Sat utils <https://github.com/sat-utils>

Prostorové rozlišení

- určuje detailnost snímků
- významné pro hodnocení heterogenity pozemků o nižší výměře, okrajové vlivy, identifikace poškození porostu, hodnocení zaplevelení...

Sentinel 2A/B	10 / 20 / 60 m/pix
Landsat	30 / 100 m/pix
Rapid Eye	5 m / pix
PlanetScope	3 m / pix
Skysat	1 m / pix



Vegetační indexy

Normalized and threshold indices proposed in relevant literature. Such as tested in the present study. Indices are sorted according to their original design and expected function.

Index	Formula	Reference
SAVI (Normalized Vegetation Index)	$SAVI = \frac{1.25(R_{NIR} - R_{VIS})}{R_{NIR} + R_{VIS} + 0.5}$	Kleiner et al. (1987)
GCI (Green Chlorophyll Index)	$GCI = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Collins et al. (1996)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Tucker (1979)
SI (Simple Ratio)	$SI = \frac{R_{NIR}}{R_{VIS}}$	Smith (1985)
SA (Simple Ratio)	$SA = \frac{R_{NIR}}{R_{VIS}}$	Kelly et al. (1994)
CI (Chlorophyll Index)	$CI = \frac{R_{NIR}}{R_{VIS}}$	Green Valley et al. (2001)
CI2 (Chlorophyll Index 2)	$CI2 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Colewell et al. (2004)
MCWI (Modified Chlorophyll Absorption Index)	$MCWI = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Spiegel and Bauer (2001)
MCWI2 (Modified Chlorophyll Absorption Index 2)	$MCWI2 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Mohamed et al. (2006)
MCWI3 (Modified Chlorophyll Absorption Index 3)	$MCWI3 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Abdelaziz et al. (2006)
NDVI2 (Normalized Difference Vegetation Index 2)	$NDVI2 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Tucker and Carter (2002)
NDVI3 (Normalized Difference Vegetation Index 3)	$NDVI3 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Li et al. (1996)
NDVI4 (Normalized Difference Vegetation Index 4)	$NDVI4 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Shelton and Carter (2002)
NDVI5 (Normalized Difference Vegetation Index 5)	$NDVI5 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Shelton and Carter (2004)
NDVI6 (Normalized Difference Vegetation Index 6)	$NDVI6 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Abdelaziz et al. (2006)
NDVI7 (Normalized Difference Vegetation Index 7)	$NDVI7 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Tucker (1979)
NDVI8 (Normalized Difference Vegetation Index 8)	$NDVI8 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Abdelaziz et al. (1996)
NDVI9 (Normalized Difference Vegetation Index 9)	$NDVI9 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Shelton and Carter (1996)
NDVI10 (Normalized Difference Vegetation Index 10)	$NDVI10 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Spiegel et al. (1998)
NDVI11 (Normalized Difference Vegetation Index 11)	$NDVI11 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI12 (Normalized Difference Vegetation Index 12)	$NDVI12 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI13 (Normalized Difference Vegetation Index 13)	$NDVI13 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI14 (Normalized Difference Vegetation Index 14)	$NDVI14 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI15 (Normalized Difference Vegetation Index 15)	$NDVI15 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI16 (Normalized Difference Vegetation Index 16)	$NDVI16 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI17 (Normalized Difference Vegetation Index 17)	$NDVI17 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI18 (Normalized Difference Vegetation Index 18)	$NDVI18 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI19 (Normalized Difference Vegetation Index 19)	$NDVI19 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI20 (Normalized Difference Vegetation Index 20)	$NDVI20 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI21 (Normalized Difference Vegetation Index 21)	$NDVI21 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI22 (Normalized Difference Vegetation Index 22)	$NDVI22 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI23 (Normalized Difference Vegetation Index 23)	$NDVI23 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI24 (Normalized Difference Vegetation Index 24)	$NDVI24 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)
NDVI25 (Normalized Difference Vegetation Index 25)	$NDVI25 = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}}$	Probert et al. (1995)

Phenotyping

BOSCH
Invented for life

OID	opak	ZONE_CODE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
0	B	1	140905	18.189992	0.15	0.913043	0.763043	0.312619	0.081747
1	A	2	40051	4.345812	0.15	0.655172	0.505172	0.228087	0.059077

Spektrální projevy půdy

Organická hmota má nejvýraznější vliv při překročení 2% podílu, přičemž vyšší obsah vede ke snížení odrazivosti (půda se jeví tmavší).

Spektrální křivky organických půd dle podílu rozložení organické hmoty: a) fibrické půdy s nižším podílem, b) hemické půdy a c) saprické půdy s vyšším podílem rozložení organické hmoty

Spektrální projevy půdy

Zrnitost půdy – se zvyšující se velikostí půdních částic se snižuje odrazivost. Jílovité půdy se tedy jeví tmavší než půdy písčité. Zrnitost půdy často silně koreluje s obsahem vody, na výsledné odrazivosti se podílí obě složky. Např. v případě absence vody mohou hrubozrnné frakce půdní zrnitosti vykazovat nižší odrazivost než jemnozrnné.

Oxidy železa – zavazují půdy ve viditelném spektru (červenatí, červení)

Senzorová měření

Spektrální měření

Predikce půdních vlastností z DPZ

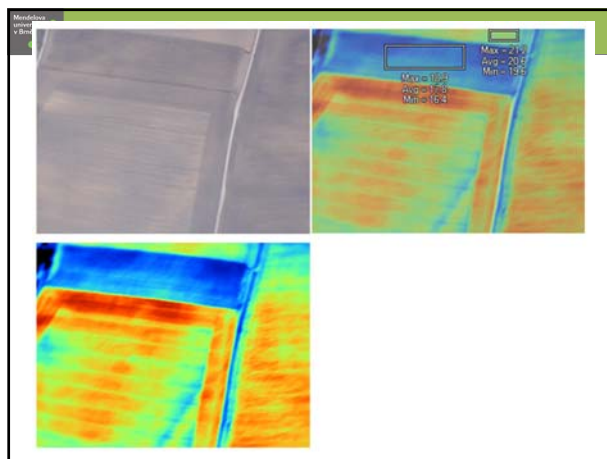
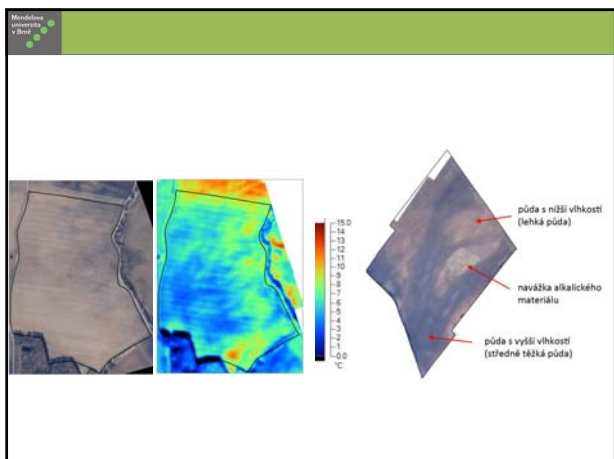
Zpracoval: Žižala a kol. (VÚMOP)

Senzorová měření

Spektrální měření

Predikce půdních vlastností z DPZ

Žižala, Krása a kol. (2016) Monitoring erozního poškození půd v ČR nástroji dálkového průzkumu Země

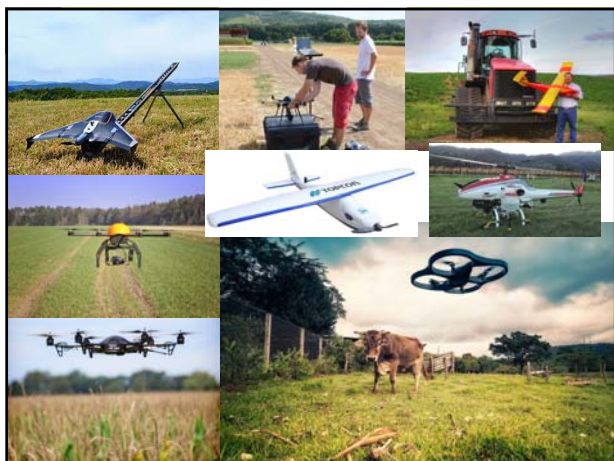


Bezpilotní snímování

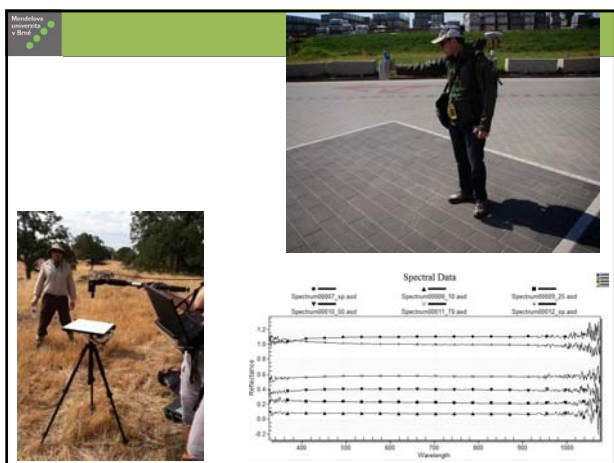
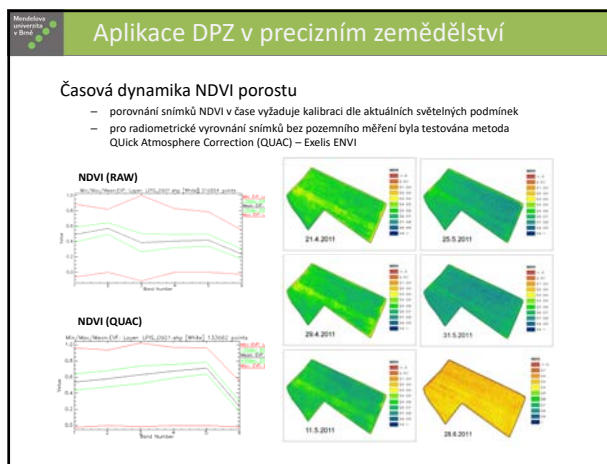
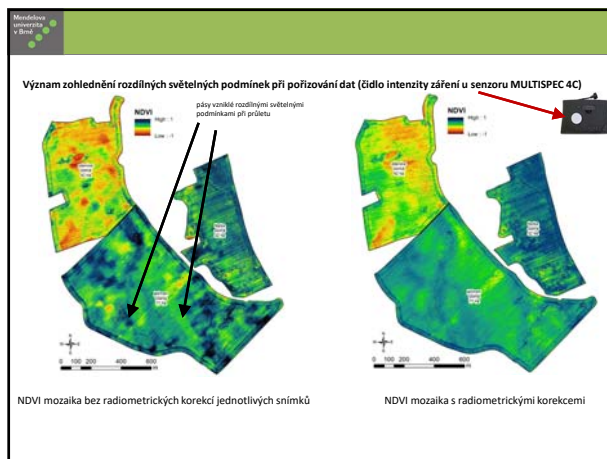
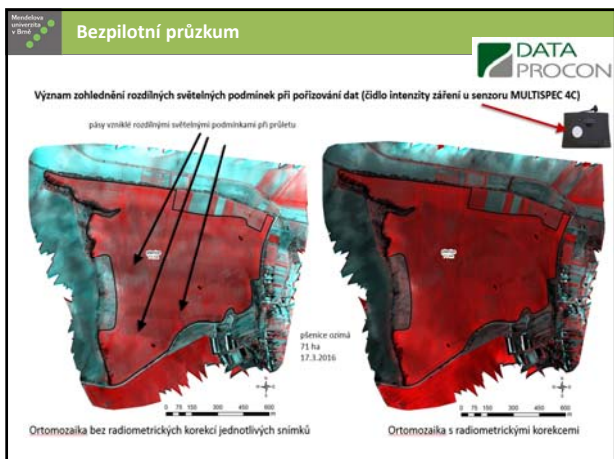
- UAV = unmanned aerial vehicle
- RPAS = remotely piloted aircraft systems (dálkově pilotovaný létající systém)

Bezpilotní průzkum (RPAS)


- operativní
- nízké přelety = monitoring při oblačnosti
- nižší náklady (pořízení / průzkum)
- krátká doba letu = zachycení malého území
- malá nosnost = nízká hmotnost senzorového zařízení
- problematické zpracování snímků zemědělských ploch
 - geometrické (málo kontrastní plochy pro vázací body)
 - radiometrické (proměnlivé světelné podmínky v průběhu snímování)




Bezpilotní průzkum



01. Choose



eBee Ag
The precision agriculture drone



S110 NIR (supplied): acquires image data in the near infrared band, the region where high plant reflectance occurs. Applications: biomass indication, growth monitoring, crop discrimination, leaf area indexing.

S110 RE: acquires data in the red edge band, the region where a plant's reflectance changes from low to high. Applications: plant stress & drought assessment, chlorophyll indication, senescence analysis.


S110 RGB: acquires regular image data in the visible spectrum. Applications: real colour 2D & 3D visual rendering, chlorophyll indication, drainage evaluation.

multispec 4C: This cutting edge sensor unit, developed by Aitnov's agronomy specialists, acquires data across four highly precise bands. Applications: biomass indication, leaf area indexing, nitrogen recommendation, phenology and many more.

thermoMAP: With thermoMAP you can literally take your crops' temperature, capturing thermal video and/or still images to create full thermal maps of your fields. Applications: water distribution management, irrigation checking, alternative method of plant stress analysis.

[Learn more](#)

Parrot Sequoia / Sequoia+



Red Edge Sensor

Spectral Bands

Sequoia+

- Four 2.1 MP spectral cameras
- 24-bit color
- One 16 MP RGB camera switching shutter
- 24 GB built-in storage
- 800 & magnetometer
- 1.98 x 1.18 m
- 7.7 g (2.7 oz)

Sequoia sensor

- 8 spectral sensors (same filter as Sequoia)
- 1.2 MP
- 360 & magnetometer
- 12 GB
- 1.98 x 1.18 m
- 10 g (3.5 oz)

Green Red 59 mm RGB

Sunshine sensor (DLS) 39.6 mm

Parrot Sequoia Bands

Sequoia+ 347 mm

Bezpilotní průzkum

Micasense Altum


- Kombinovaný multispektrální senzor
- VIS-NIR-thermal
 - B, G, R, RE, NIR, TIR
- 2064 x 1544 (3.2 MP per EO band), TIR 160 x 120
- 1 capture per second (all bands), 12-bit RAW
- Senzor přichází radiace DSL2
- Altum + DLS 2: 406.5 g (14.34 oz)



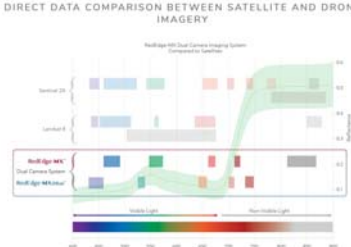
Altum Sensor Kit

\$9,950.00

RedEdge-MX™
Dual Camera Imaging System
by MicaSense®



DIRECT DATA COMPARISON BETWEEN SATELLITE AND DRONE IMAGERY




COMPLETE KIT INCLUDES:

- RedEdge-MX and RedEdge-MX Blue Sensors
- Mounting Plate with Quick Connector
- 2x 2.5" and USB
- Hard-Shell Carrying Case
- Wire Harnesses
- Mounting Hardware
- Lens cover for both sensors

\$10,750 USD

Slantrange 4P



8 Spectral Bands with True Colour RGB

Slantrange 4P Sensor with DJI SKYPORT

\$6,150.00

Specification	4P	4P+
Spatial Resolution (GSD @ 100 m AGL)	4.0 cm	2.2 cm
Spectral Channels	8	8
Spectral Band Positions	475, 550, 625, 650, 710, 850 nm ¹	475, 525, 625, 650, 715, 850 nm ²
Available Spectral Range	410 - 950 nm ¹	410 - 950 nm ²
Available Bit Depth	8 - 10 bit	8 - 10 bit
Sensor Dynamic Range	58.8 dB	68.2 dB
Sensor Type	SI CMOS	SI CMOS
Shutter Type	Global	Global

sentera

6X MULTISPECTRAL SENSOR

SENSORS

CAMERA SPECIFICATIONS

LIGHT SENSOR SPECIFICATIONS




INTERFACES





Hyperspectral frame camera

Sensor	Oxli Vix-16	Oxli NIR-25	Oxli VNIR-40	Oxli NIR-160c
Configuration	snapshot	snapshot	snapshot dual head	line scanner
Spatial resolution	2MP (2048 x 1088 px)	2MP (2048 x 1088 px)	2MP (2048 x 1088 px)	2048 px swath
Spectral range	450 - 630 nm	600 - 950 nm	450 - 950 nm	600 - 950 nm
Spectral resolution	18 channels	25 channels	40 channels	100 channels
Pixel size		5.5 x 5.5 µm		
Shutter type		global		
Dynamic range		60dB		
SNR max		41.3 dB		

Geolokalizace nasnímaných UAV dat

- RTK (Real Time Kinematic)
 - průběžná přesnost v řádech cm během snímování, nezbytná nepřetržitá dostupnost korekční služby
- PPK (Post Processing Kinematic)
 - přesnost v řádech cm po zpracování snímků (stažení korekčních dat RINEX)
- bez PPK/RTK modulu (= pouze SBAS) + vlivovací body (GCPs)
 - bez PPK/RTK modulu na UAV, nezbytnost georeferenciac mozaiky pomocí pozemního ručního měření s RTK GNSS (vlivovací body, min. 5)

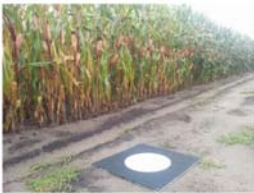



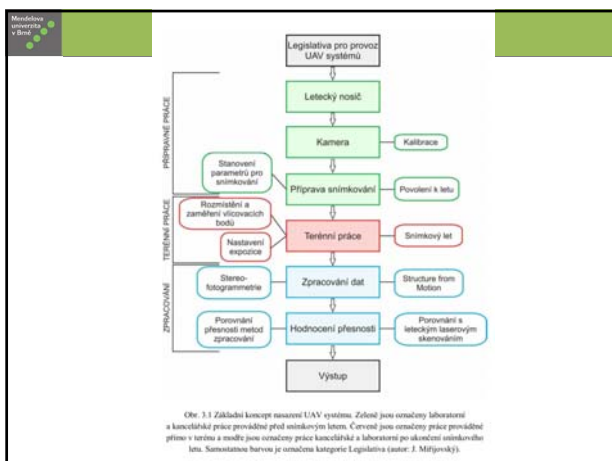



Figure 7 Photo of panels for ground control points (left) and location of GCPs within the experimental field and extracted height points for DTM (right)

Key traits	Optimal GSD	Recommendations
Plant health maps		You can assess plant responses on different topics through multiple scouting maps*: RGB map (bird view) and the vegetation indices: crop vigor (NDVI), green biomass (MCARIZ...), chlorophyll (NDRE)
Micro-plots vectorization	6-10 cm	To create the microplot vector properly, vegetation should be developed enough to see the microplot boundaries but not too spread out either to the point where you have trouble identifying alleys between micro-plots. Best practice is to compare the DSM (Digital Surface Model) layer of 2 acquisitions, ie one survey on bare soil and another one with the vegetation you want to measure. The first flight does not require a low GSD: 9 or 10 cm is enough. In case you missed the bare soil acquisition, extrapolation to estimate crop height is feasible but will lead to lower accuracy of the results.
Plant height		
FCOVER		
Stay Green	6-10 cm	It is interesting to fly those traits with a bi-weekly frequency to assess the start and the end, the velocity and their temporal evolution.
Flowering		
Plant gap and count		For example, if your plant diameter is 8cm, you can fly your drone with a GSD of 4 cm.
Emergence	Twice smaller than the canopy size	With a multispectral camera, you can target a GSD of 6cm for corn in a 4 leaf stage and for sunflower in a starbud stage. With enhanced resolution (smaller GSD), earlier crop stages can be targeted. It is also important to see bare ground in between two plants on the map.


<https://delair.aero/agriculture/how-to-fly-your-drone-to-get-accurate-plot-data/>



Zpracování obrazových dat


- Tvorba ortomozaiky
- Výpočet vegetačních indexů
- Klasifikace dat DPZ
 - Klasifikace neřízená (unsupervised classification)
 - Definování tříd do zvoleného počtu tříd
 - Klasifikace řízená (supervised classification)
 - Definování tříd dle spektrální specifikace

SW pro zpracování UAV snímků



Perpetual
\$3,990 / 1000 Hours

Subscription
\$216 / MONTHLY
100,000 Images (10,000 per month)



Agisoft Metashape
Professional Edition
Node-locked license

\$ 3 499

[BUY NOW](#) [License terms](#)

- Installs application with floating license server (optional)
- Unlimited desktop processing
- Personal support and updates for first year (business starting)
- Installs application with floating license server on up to 12 devices (optional)
- Unlimited desktop processing
- Personal support and updates

Basic Configuration

up to 32 GB RAM

CPU: Quad-core Intel Core i7 CPU, Socket LGA 1150 or 1155 (Kaby Lake, Skylake, Broadwell, Haswell, Ivy Bridge or Sandy Bridge)

Motherboard: Any LGA 1150 or 1155 model with 4 DDR3 slots and at least 1 PCI Express x16 slot

RAM: DDR3-1600, 4 x 4 GB (16 GB total) or 4 x 8 GB (32 GB total)

GPU: Nvidia GeForce GTX 980 or GeForce GTX 1080 (optional)

Advanced Configuration

up to 64 GB RAM

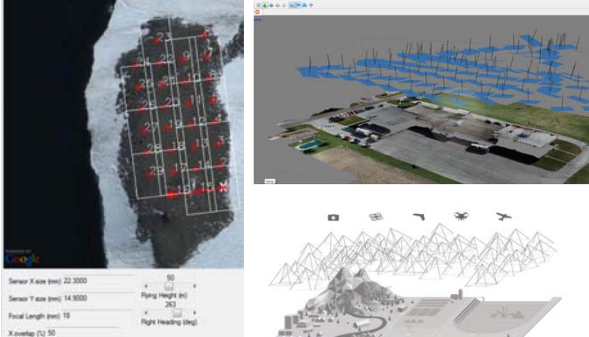
CPU: Octa-core or hexa-core Intel Core i7 CPU, Socket LGA 2011-v3 or 2011 (Broadwell-E, Haswell-E, Ivy Bridge-E or Sandy Bridge-E)

Motherboard: Any LGA 2011-v3 or 2011 model with 8 DDR4 or DDR3 slots and at least 1 PCI Express x16 slot

RAM: DDR4-2133 or DDR3-1600, 8 x 4 GB (32 GB total) or 8 x 8 GB (64 GB total)

GPU: Nvidia GeForce GTX 980 TI, GeForce GTX 1080 or GeForce TITAN X

Structure from motion



Sensor X size (mm): 22.200
 Sensor Y size (mm): 14.900
 Focal Length (mm): 18
 X overlap (%): 50
 Y overlap (%): 20
 Flight Height (m): 20
 Flight Speed (m/s): 20
 Flight Heading (deg):

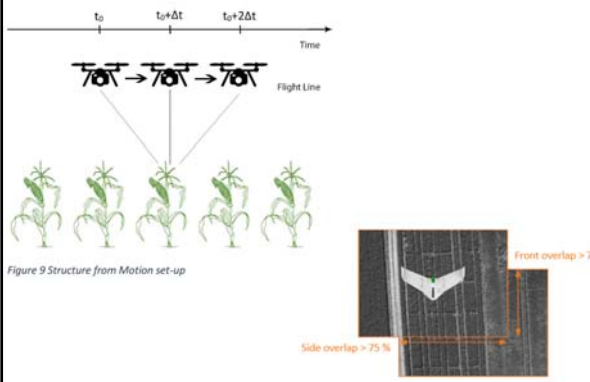
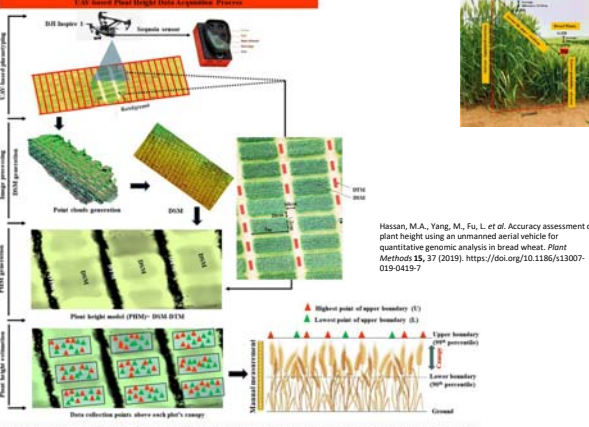


Figure 9 Structure from Motion set-up

Front overlap > 75 %
Side overlap > 75 %

3D-based Plant Height Data Acquisition Process



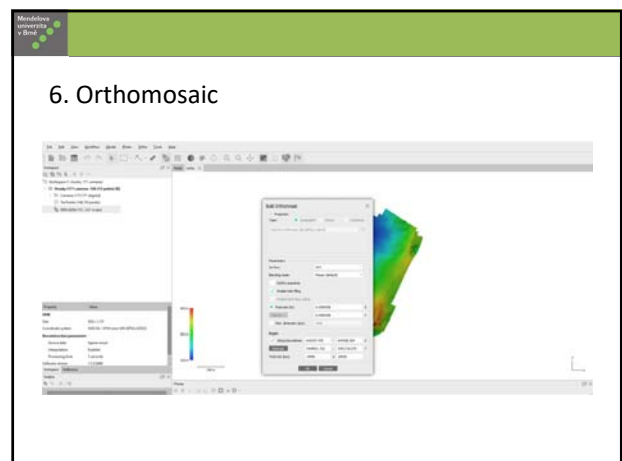
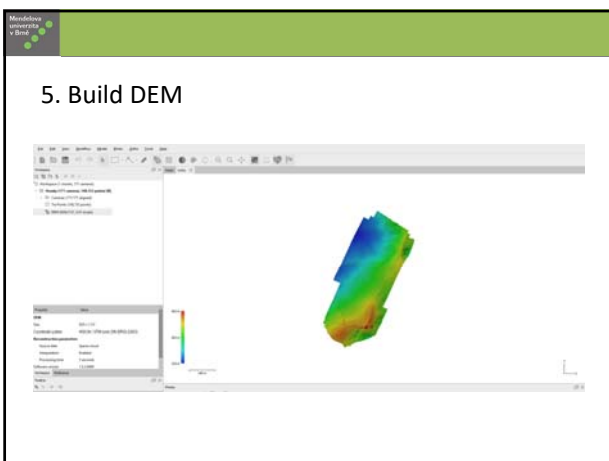
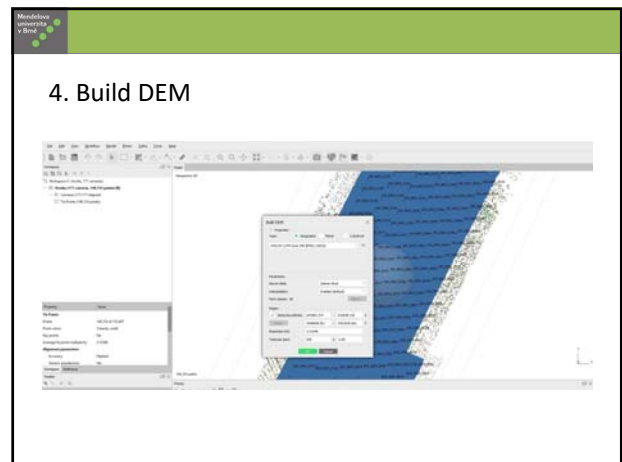
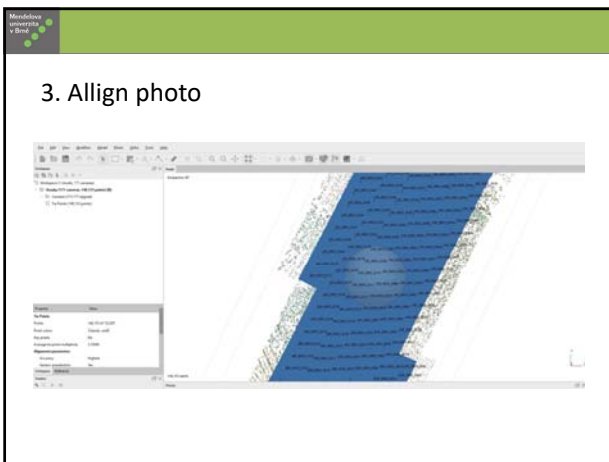
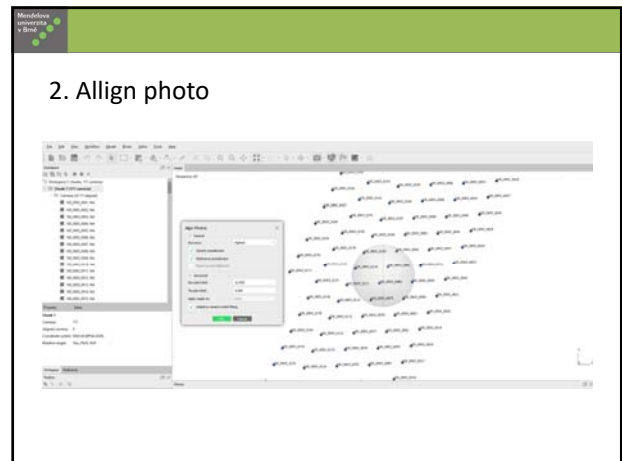
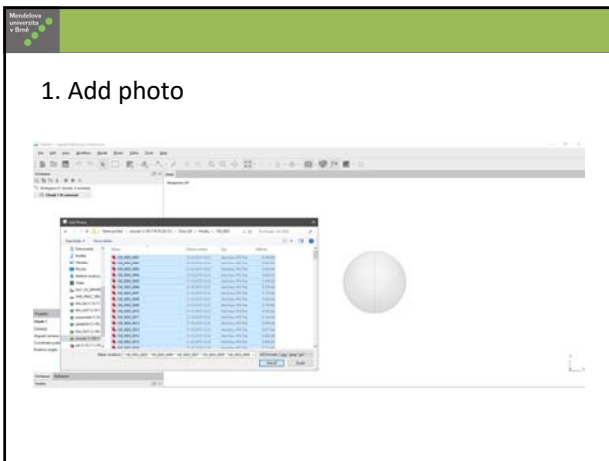
Hassan, M.A., Yang, M., Fu, L. et al. Accuracy assessment of plant height using an unmanned aerial vehicle for quantitative genomic analysis in bread wheat. *Plant Methods* 15, 37 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0415-7>

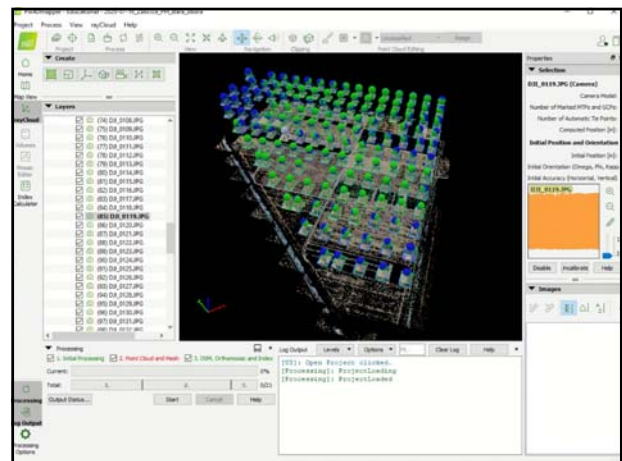
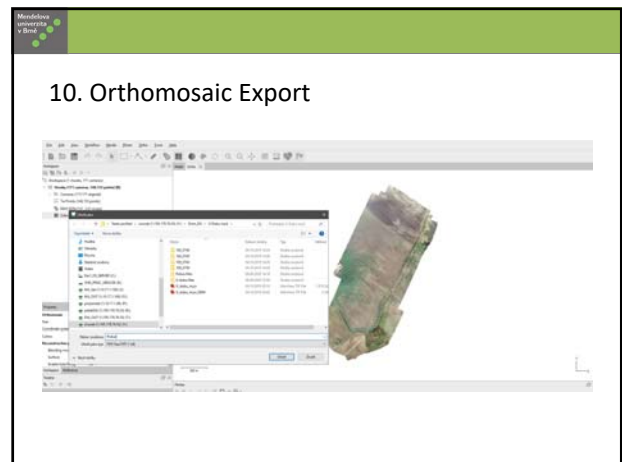
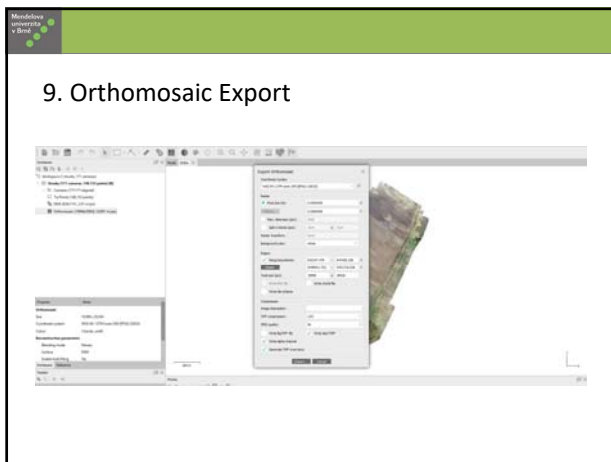
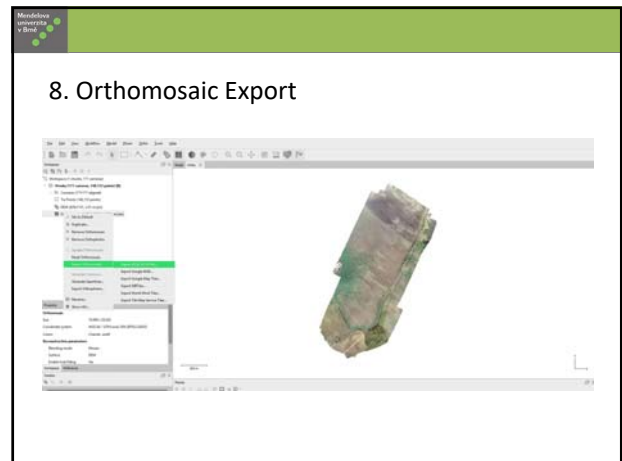
▲ Highest point of upper boundary (E)
 ▲ Lowest point of upper boundary (B)
 ▲ Upper boundary (UP) (green cells)
 ▲ Lower boundary (LP) (red cells)
 ▲ Ground

Resampling pipeline for utilization of plant height using UAV platforms. DTM digital terrain model, DSM digital surface model, PSM plant surface model, UAV unmanned aerial vehicle.



Figure 13 3D textured wireframe (left) and solid wireframe (right) screenshot of the maize field on 22-09-2015 derived from Agisoft Photoscan





Vegetační indexy

- Vytvořena základní sada 10 VI:
 - **NDVI** = (NIR-R)/(NIR+R)
 - **NDRE** = (NIR-RE)/(NIR+RE)
 - **GNDVI** = (NIR-G)/(NIR+G)
 - **SRI** = NIR/R
 - **Chl_Index** = (NIR-R)/(RE-R)
 - **NRERI** = (NIR-RE)/(NIR-R)
 - **RENDVI** = (RE-R)/(RE+R)
 - **SAVI** = $1.5 * ((NIR-R)/(NIR+R+0.5))$
 - **MSAVIZ** = $0.5 * (2 * (NIR+1) - \text{SQRT}((2 * (NIR+1))^2 - 8 * (NIR-R)))$
 - **EVIZ** = $2.5 * (NIR - RED) / (NIR + 2.5 * RED + 1)$
- PCA + MS mozaika

Ultra precise 4-band accuracy

The multiSPEC-4C provides image data across four highly precise bands - Green, Red, Red-edge and NIR - with no spectral overlap. In addition, its upward-facing irradiance sensor automatically compensates for sunlight variations, resulting in unparalleled reflectance measurement accuracy.

Band responses

Výpočet vegetačních indexů v ArcGIS

pixel-based analysis

Pixel-based plant and flower classification, showing correct identification of different materials; but also that it is difficult to group these into accurate object counts

<https://blog.vito.be/remotesensing/mapeo-object-detection>

object oriented analysis

feature detection

Labeling of wheat ears from drone based imagery. Comparison of labeling results between different operators is used to improve model accuracy.

Využití dat DPZ pro návrh pěstebních operací

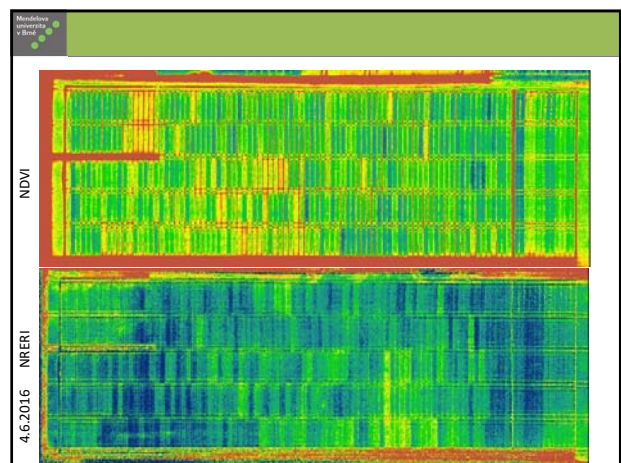
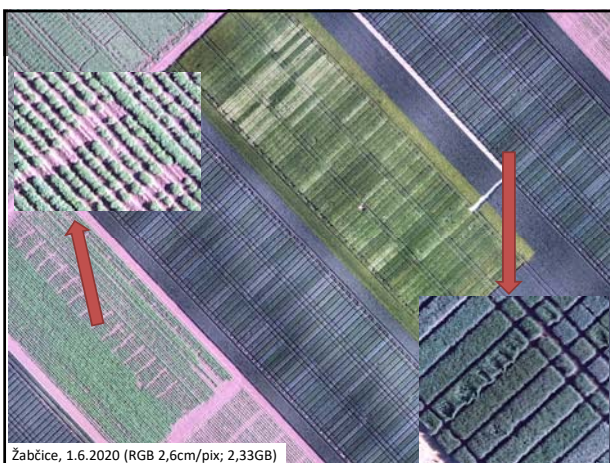
- Průběžný monitoring**
 - Hodnocení **aktuálního stavu** porostů = jednotlivé scény
 - Hodnocení **vývoje** porostů = rozdíl mezi termíny
- Analýza střednědobých trendů**
 - Analýza **historických dat**
 - Vymezení **produčních zón**, které mohou sloužit jako alternativa výnosovým mapám
 - Definuje **výnosové hladiny**

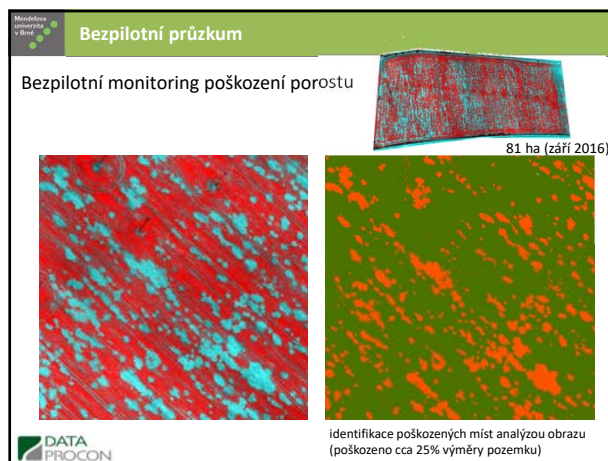
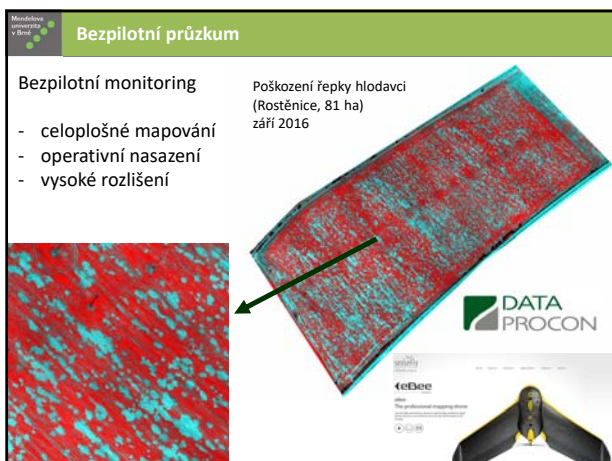
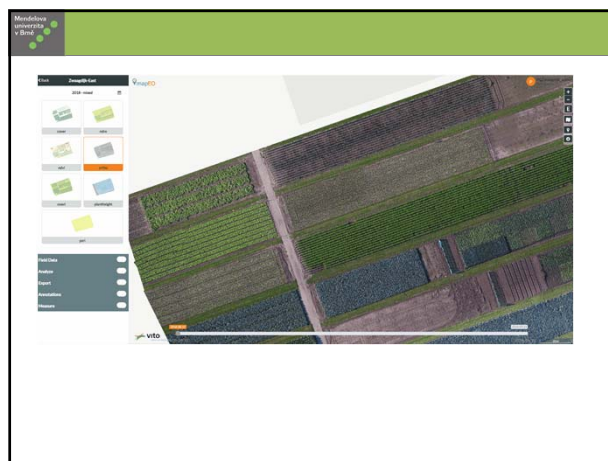
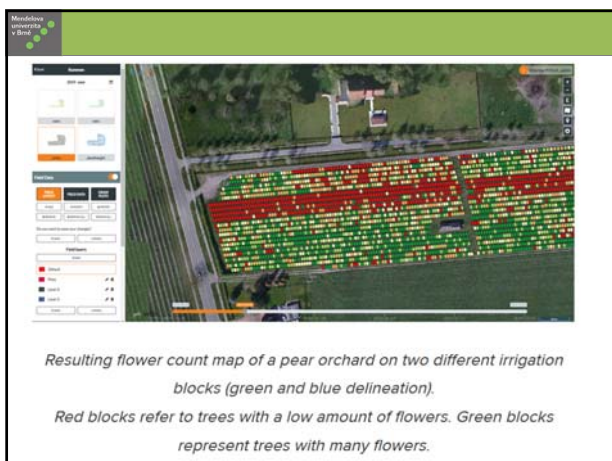
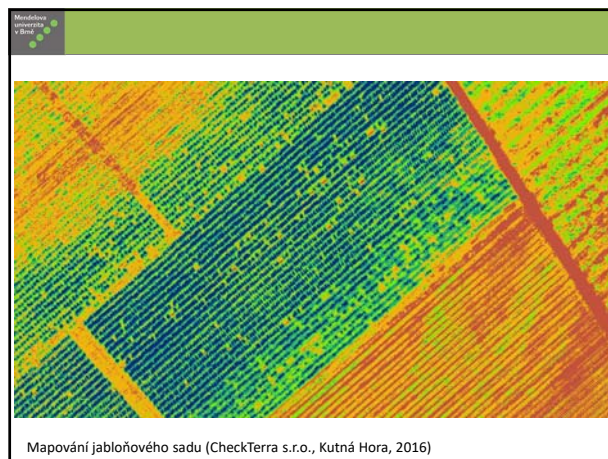
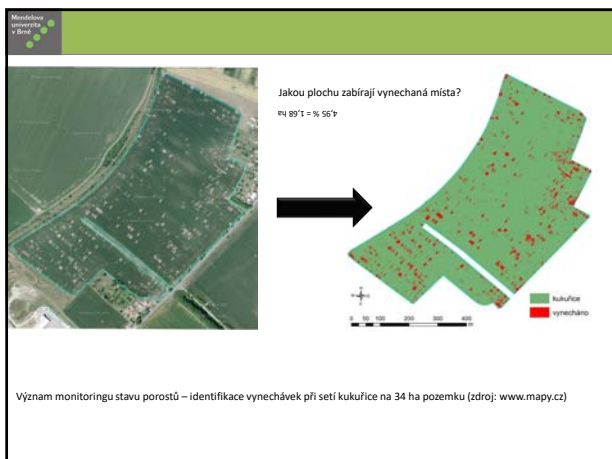
Požadavky na kvalitu dat:

- Atmosférické korekce (povrchová odrazivost) – **nezbytné pro porovnávání v čase**
- Identifikace oblačnosti – vymaskování oblačnosti a stínů v ploše zájmového území

Využití UAV monitoringu

- Inspekce porostů
- Mapování stavu porostu
 - inventarizace = zapojení porostu, počet rostlin/klasů/květů, mezerovitost, ...
 - výživný stav rostlin
 - zdravotní stav rostlin (detekce stresu, napadení chorobami, ...)
 - predikce výnosu
 - stanovení kvalitativních parametrů (kvalita siláže)
 - zaplevelení





Agronomické rozhodování

Analyza dlouhodobých trendů

- očekávaná úroveň výnosu
- Identifikace rizikových oblastí (vyplavování N, poléhání, zaplevelení,...)

= PLÁN

+

Hodnocení aktuálního stavu

- diagnostika stavu porostu (výživa, zdravotní stav)
- hodnocení půdních vlastností

= KOREKCE


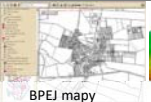
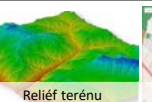
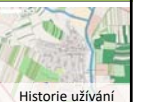
Kombinace vstupních dat DPZ pro pěstitelské operace










Var. aplikace hnojiv Aplikace POR Zpracování půdy Variabilní setí

- Základní hnojení (P, K, Mg, Ca)
 - produkční zóny
- Hnojení statkovými hnojivy
 - produkční zóny
- Variabilní přihnojení porostů N hnojivy
 - aktuální stav porostu + produkční zóny
- Variabilní setí
 - produkční zóny
- Variabilní aplikace POR (fungicidy, desikace, herbicidy)
 - aktuální stav porostu + produkční zóny










Vzorkování půdy BPEJ mapy Reliéf terénu Historie užívání

Mapování půdy Mapování výnosů Plodinové senzory Dálkový průzkum

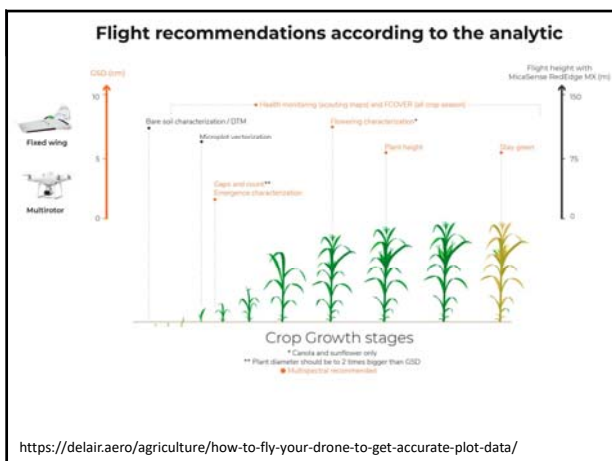
↓

Var. aplikace hnojiv Aplikace POR Zpracování půdy Variabilní setí

Používané technologie ovládání mechanizace





- Navádění souprav pomocí GNSS
 - Manuální/poloautomatické – EGNOS (20-30cm / 1-2m)
 - Automatické (autopilot) - RTK/VRS (2-4 cm, placené/vlastní korekce)
- Monitoring pohybu strojů (telematika)
- Automatizované ovládání nářadí
 - Komunikace ISOBUS (není nezbytná)
 - Řízení aplikace pomocí aplikačních map
 - Vypínání sekci (rozmetadla, postřikovače, sečí stroje)
 - Synchronizace aplikace v příčném záběru při otáčení
 - Meziřádková kultivace – řízení pleček
- Senzory diagnostiky porostů – viz dále

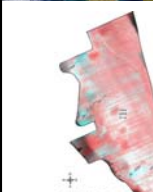
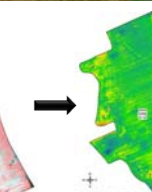
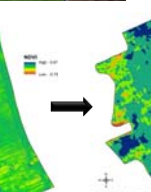


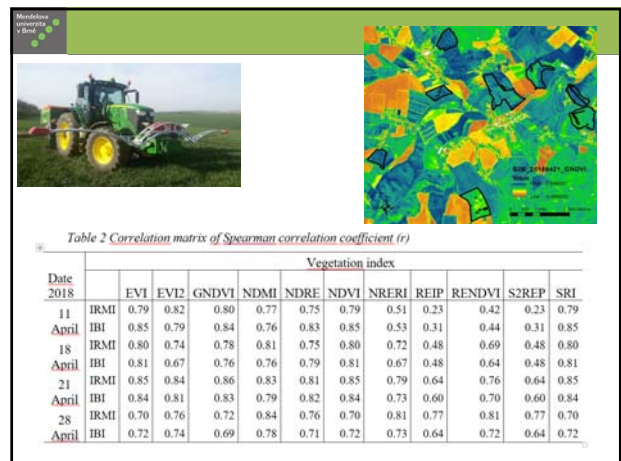
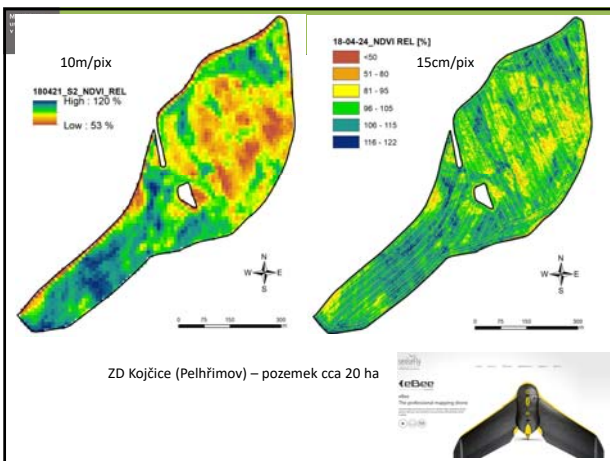
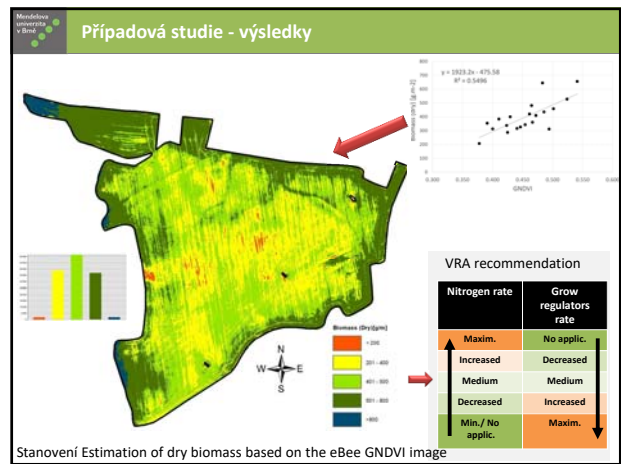
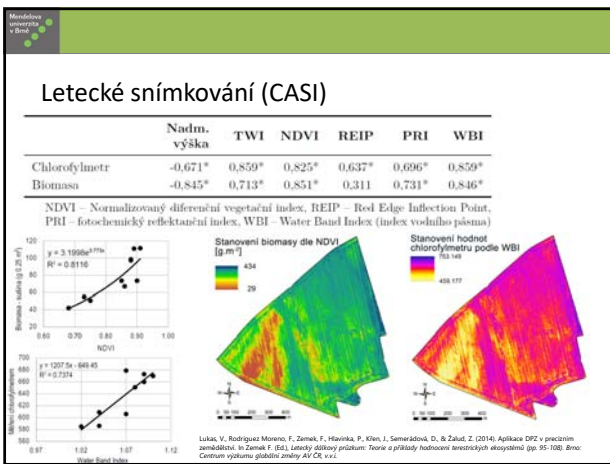
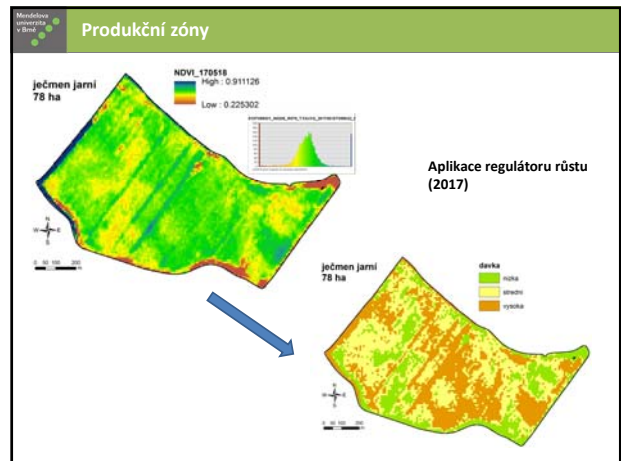
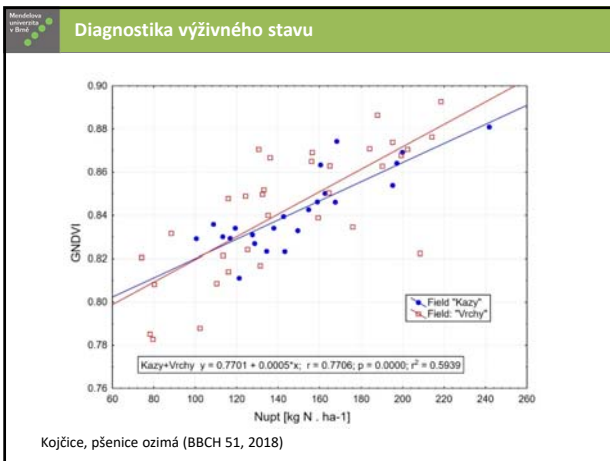
VRA

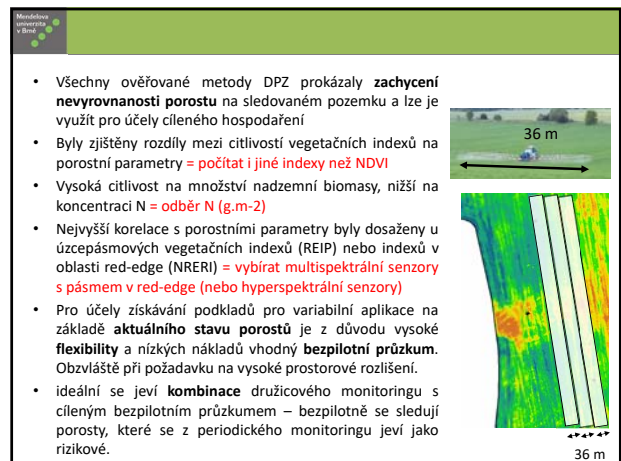
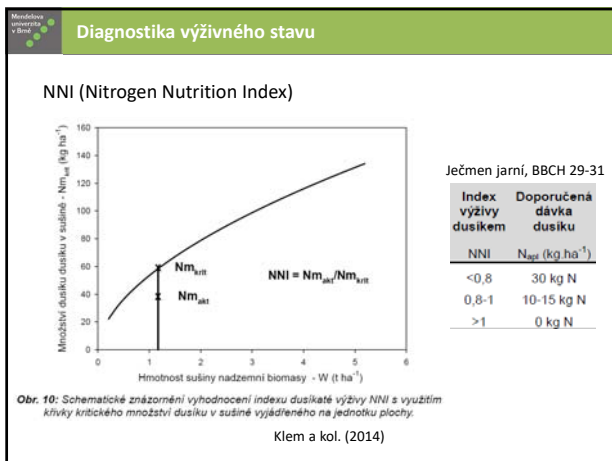
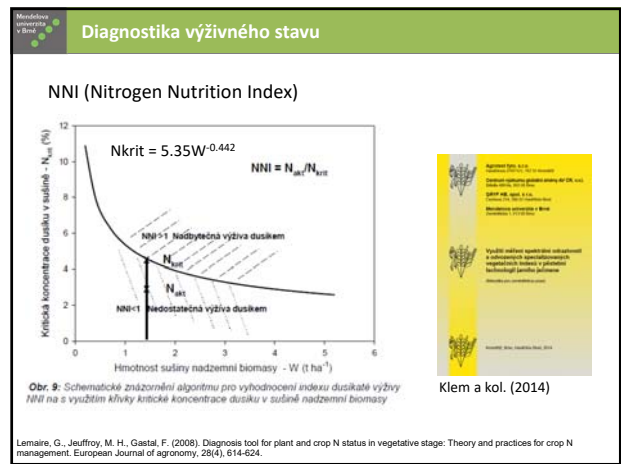
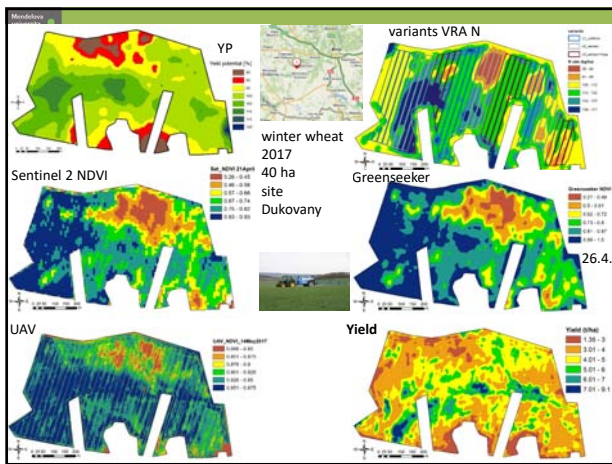
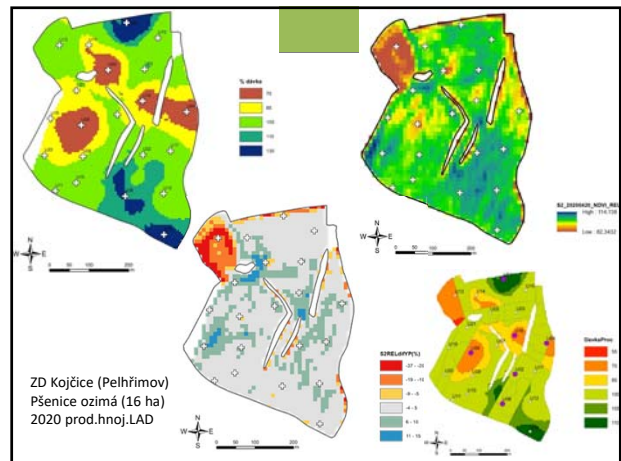
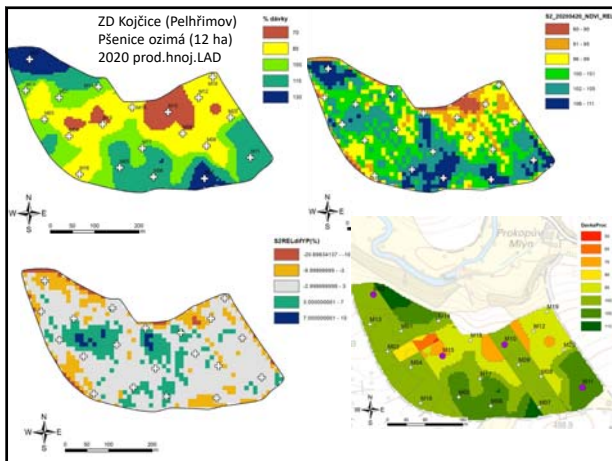
Tvorba aplikačních map

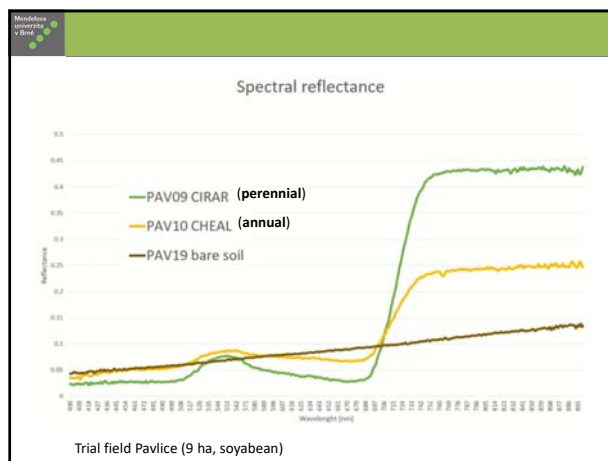
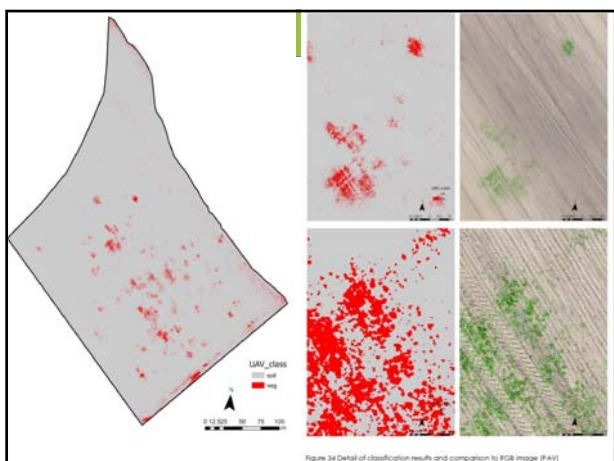
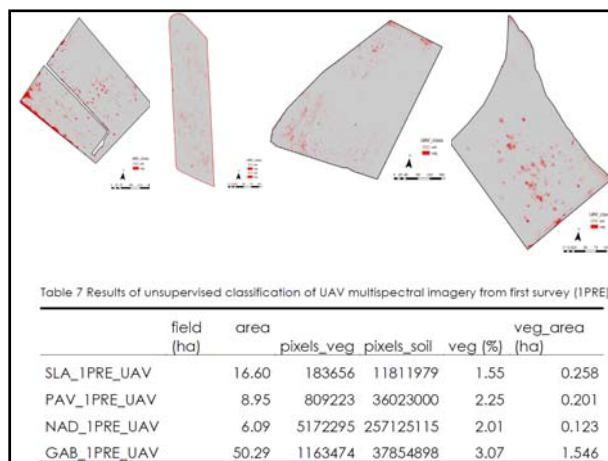
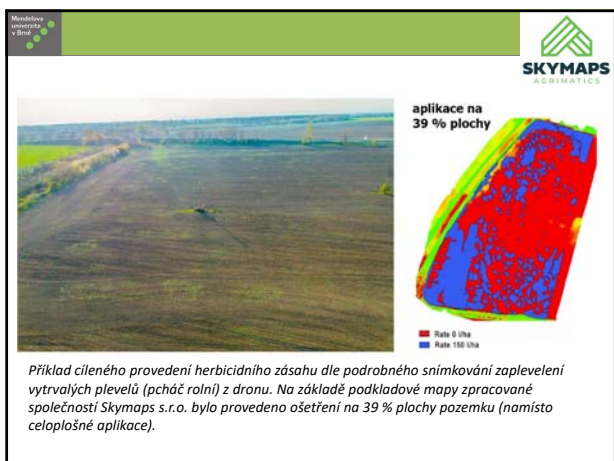
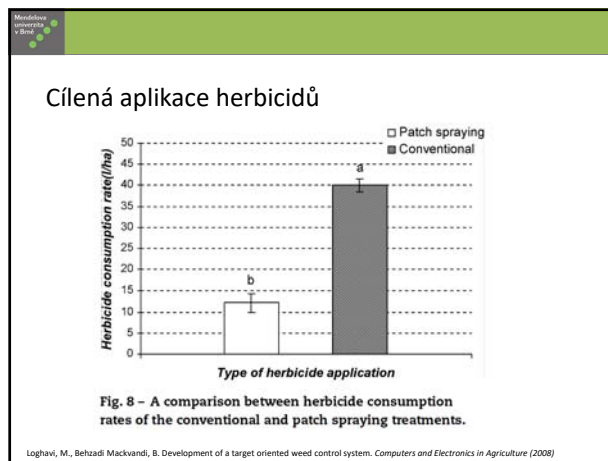
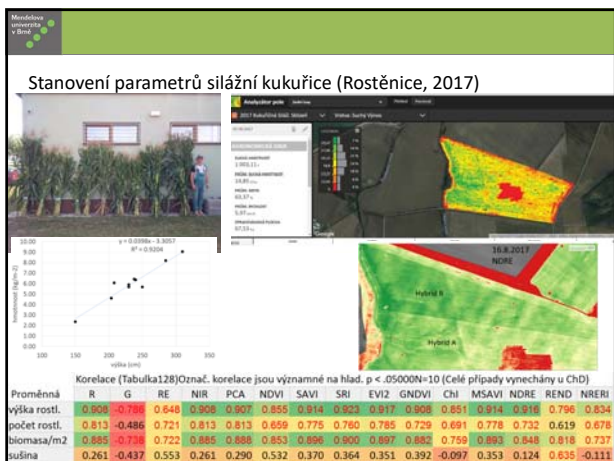
- Celoplošný průzkum – metody dálkového průzkumu

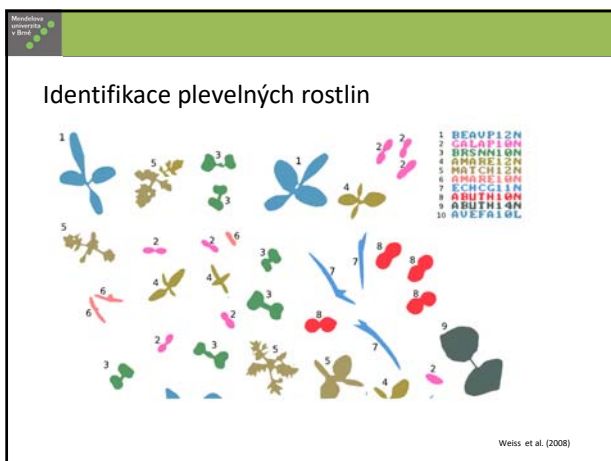
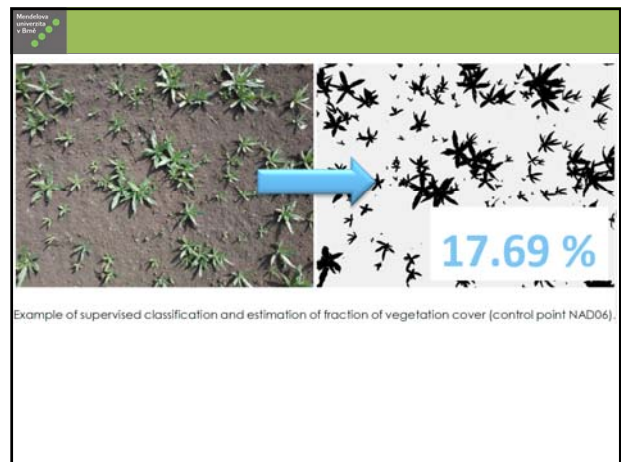













Prognóza výskytu choroby

- termografická analýza

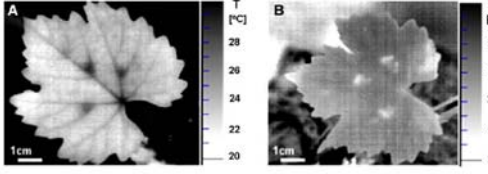


Fig. 1 Thermal image, presented in grey scale, on day 4 after inoculation. Leaves (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) inoculated with three drops of *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt. Ex de Bary) sporangia suspension on the lower leaf surface at three intersections of the main veins of each leaf. A irrigated/inoculated leaf. B non-irrigated/inoculated leaf

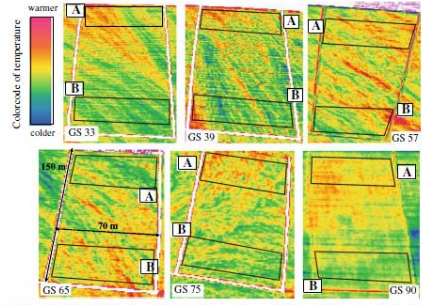


Fig. 9 Thermographic images of a wheat canopy at GS 33 to GS 90 without fungicide treatment during growth period (cv. Drafter, Klein-Altendorf, 2004). The two zones A and B were investigated

ČZAV ČESKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD

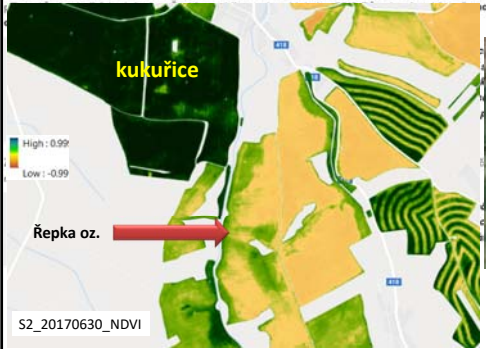
Nová Evropská strategie „od zemědělců ke spotřebitelům – od vlny po vidličku“

Dovolujeme si vám představit prohlášení předsednictva ČZAV k nové Evropské strategii „od zemědělců ke spotřebitelům“.

www.czav.cz/prohlaseeni-predsednictva-czav-k-nove-evropske-strategie-od-zemedelece-ke-spotrebiteli-od-vlny-po-vidlicku/

Zákaz plošného používání glyfosátu se zmírní

Ministerstvo zemědělství zveřejnilo nová pravidla pro používání účinné látky glyfosát, která **zakážou předklíživou aplikaci všech přípravků s glyfosátem na plodiny potenciálně určené pro potravinářské účely**, tedy na obiloviny a řepku. Omezení začnou platit ode dne obnovení povolení na trhu.



S2_20170630_NDVI

Publikace o PZ na MENDELU

<http://uak.af.mendelu.cz/cz/metodiky>

Precizní zemědělství
Technologie a metody v reálné produkci

www.facebook.com/chytzemedelstvi

Monitoring of meteorological dynamics

ChytZemedeľstvi (ChytZemedeľstvi)

Děkuji za pozornost

Mendelova univerzita v Brně

Vojtěch Lukas
Ústav agrosystémů a bioklimatologie
Agronomická fakulta
Mendelova univerzita v Brně
vojtech.lukas@mendelu.cz

Ústav agrosystémů a bioklimatologie

Prezentace zahrnuje výsledky výzkumných projektů TAČR TH02030133, TH04010494 a projektu PRV 18/006/16210/564/000034.