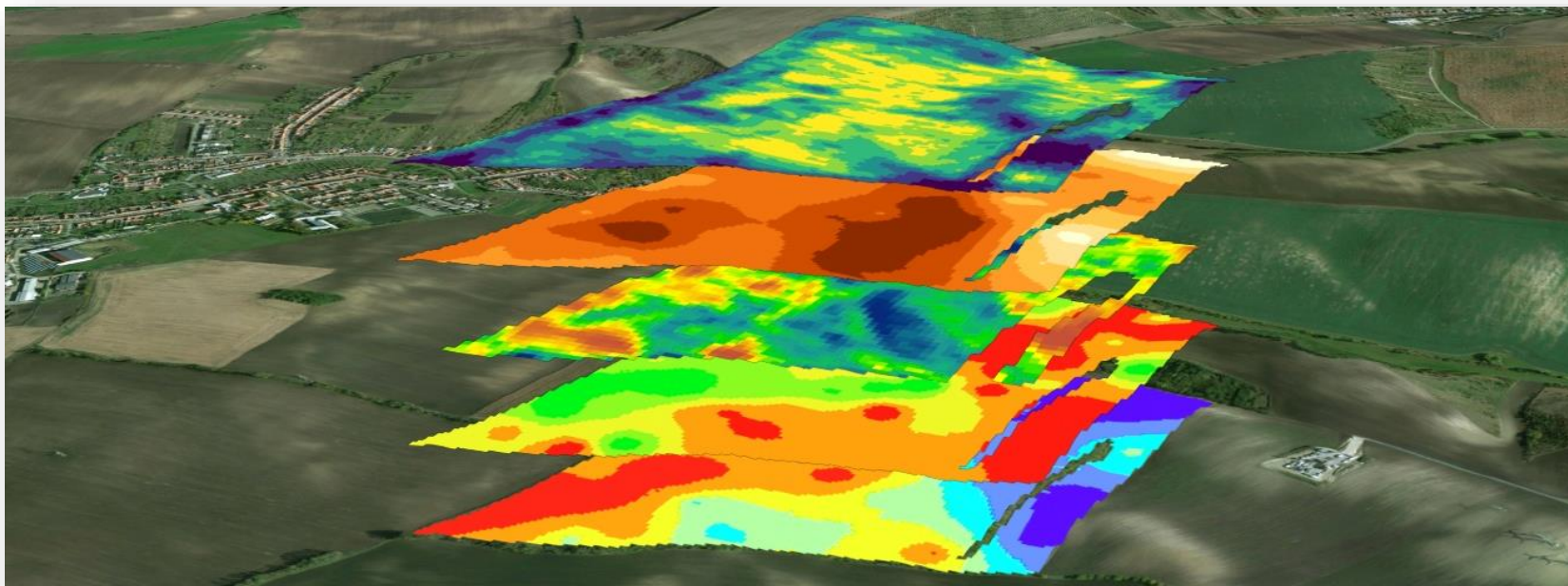




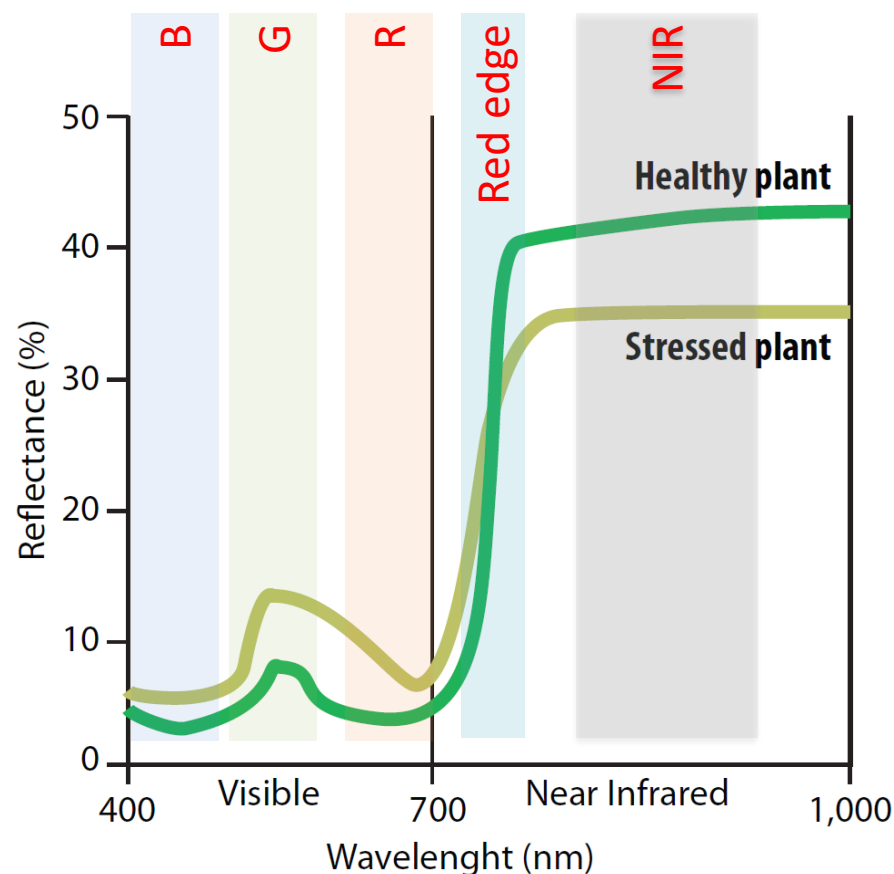
Hodnocení stavu porostů zemědělských plodin s využitím DPZ

Vojtěch Lukas a kol.

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 blízkého 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???



Celoplošná diagnostika stavu rostlin

- alternativa k tradiční **agrobiologické kontrole porostu**
- získání podkladových informací pro **řízení procesů tvorby výnosů** polních plodin a **optimalizaci využívání produkčního potenciálu půdy**

Využití pro:

- difference v zapojení porostu - **inventarizace porostu, podklad pro VRA**
- hodnocení výživného stavu – **variabilní aplikace hnojiv**
- identifikace míst s projevy stresových stavů – **variabilní aplikace POR**
- mapování zaplevelení porostu – **cílená regulace zaplevelení** (chemická/nechemická)
- zralost porostu – **organizace sklizní**
- polehnutí – **dokumentace stavu**
- predikce výnosů plodin – **balance živin, hodnocení produkce**

Využití dat DPZ pro návrh pěstebních operací

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

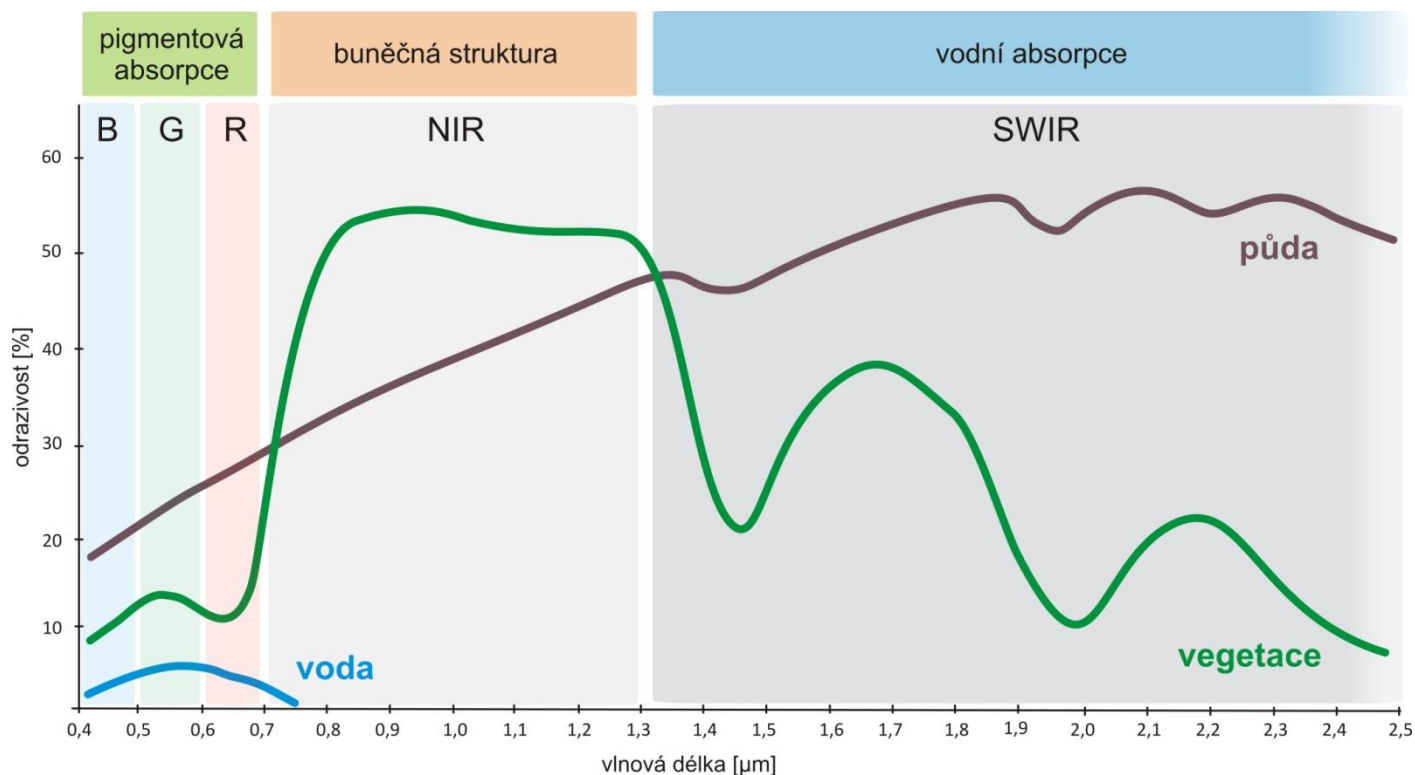
Požadavky na kvalitu dat:

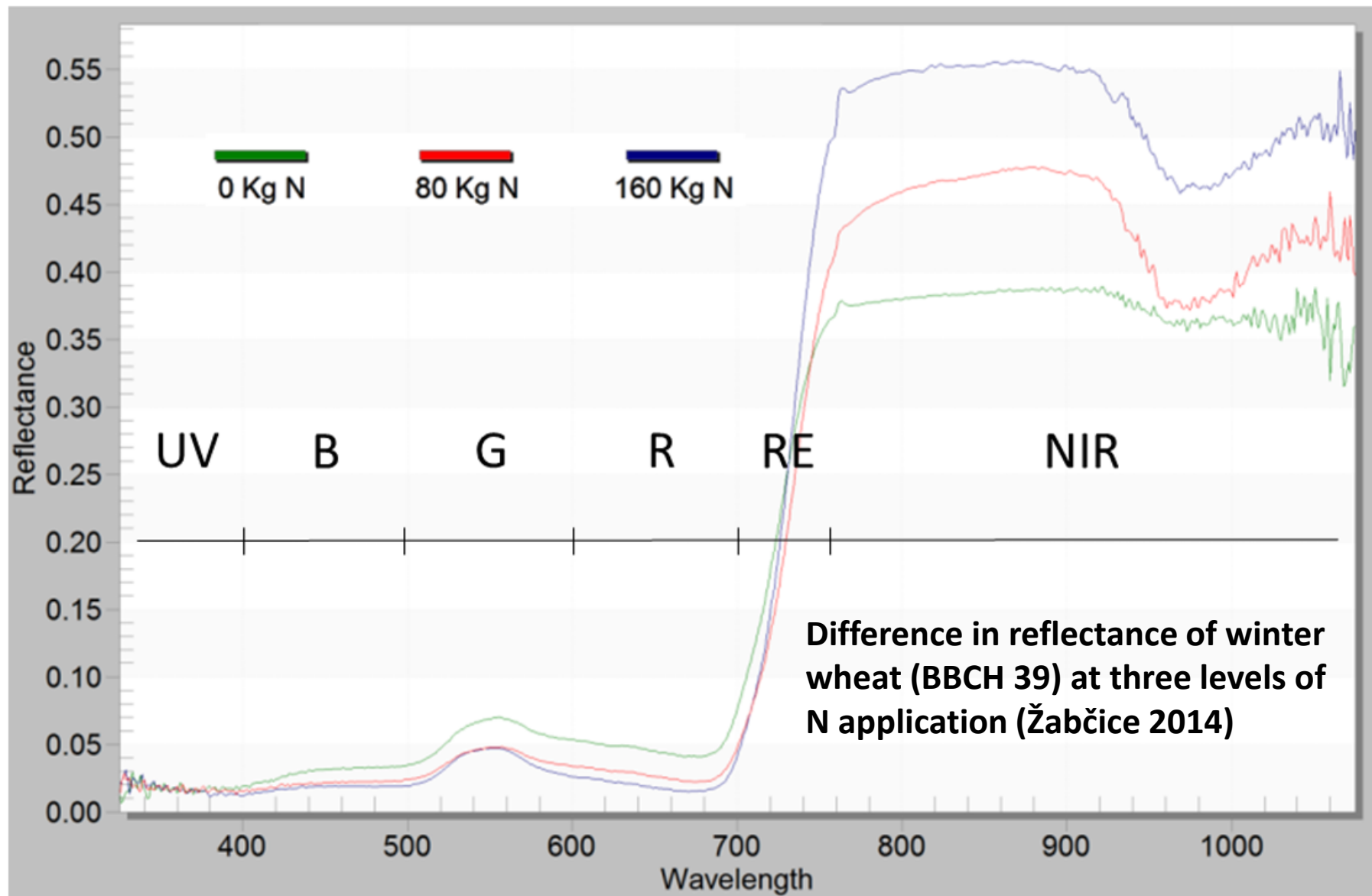
- **Atmosférické korekce** (povrchová odrazivost) – **nezbytné pro porovnávání v čase**
- **Identifikace oblačnosti** – maskování oblačnosti a stínů v ploše zájmového území

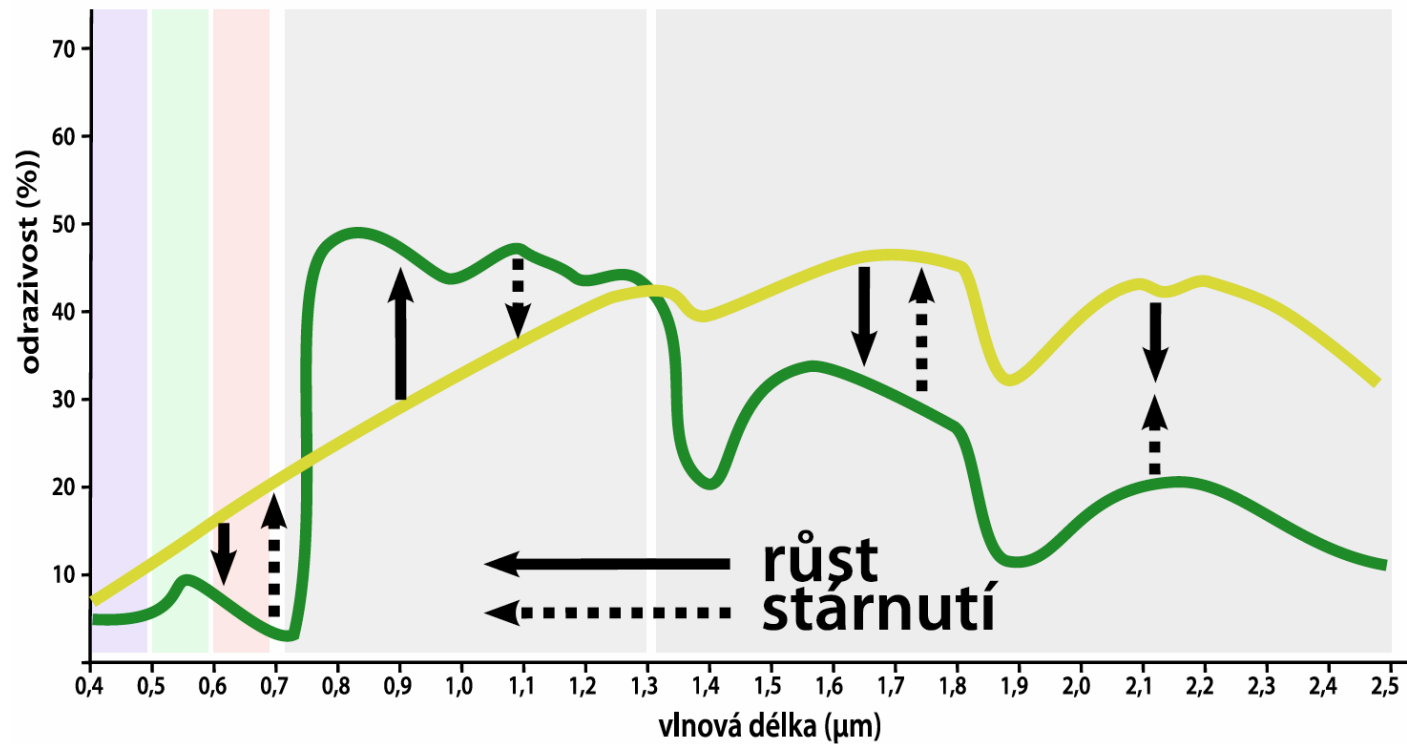
Spektrální projevy rostlin

Průběh odrazivosti lze rozdělit do 3 oblastí:

- oblast pigmentové absorpce (A) 400-700 nm = viditelné světlo (VIS -RGB)
- oblast buněčné struktury (B) 700 - 1300 nm= blízce infračervená oblast (NIR)
- oblast vodní absorpce (C) 1300 – 2500 nm = krátkovlnné infračervené záření (SWIR)







Změny spektrální křivky vegetace v průběhu růstu a stárnutí rostlin (Lilienthal, 2003, upraveno)

Vegetační indexy

Narrowband and broadband indices, proposed in relevant literature, that are tested in the present study. Indices are sorted according to their original design and expected function.

Index	Formulation	Reference
Broadband Greenness		
EV1 (Enhanced Vegetation Index)	$2.5 \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + 6R_{red} - 7.5R_{blue} + 1}$	Huete et al. (1997)
Green NDVI (green Normalized Difference Vegetation Index)	$(R_{nir} - R_{green}) / (R_{nir} + R_{green})$	Gitelson et al. (1996)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(R_{nir} - R_{red}) / (R_{nir} + R_{red})$	Tucker (1979)
SR (Simple Ratio)	R_{nir} / R_{red}	Jordan (1969)
Narrowband Greenness		
CARI (Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$\frac{R_{700}[aR_{670} + R_{670} + b]}{R_{670}(a^2 + 1)^{0.5}}, a = \frac{R_{700} - R_{550}}{150}, b = R_{550} - a550$	Kim et al. (1994)
GI (Greenness Index)	R_{554} / R_{677}	Zarco-Tejada et al. (2005)
GVI	$(R_{682} - R_{553}) / (R_{682} + R_{553})$	Gandia et al. (2004)
mCAI (modified Chlorophyll Absorptions Integral)	$A - \int_{R_{552}}^{R_{735}} f, A = \text{area of the trapeze between } R_{752} \text{ and } R_{552}, f = \text{reflectance curve}$	Oppelt and Mauser (2001)
mCAI2 (modified Chlorophyll Absorptions Integral)	$A - \int_{R_{600}}^{R_{735}} f, A = \text{area of the trapeze between } R_{735} \text{ and } R_{600}, f = \text{reflectance curve}$	Oppelt and Mauser (2001)
MCARI (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$[(R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})](R_{700} / R_{670})$	Daughtry et al. (2000)
MCARI2 (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$1.2[2.5(R_{800} - R_{670}) - 1.3(R_{800} - R_{550})]$	Haboudane et al. (2004)
mNDVI (Modified Normalized Difference Vegetation Index)	$(R_{800} - R_{680}) / (R_{800} + R_{680} - 2R_{445})$	Sims and Gamon (2002)
mNDVI2 (Modified Normalized Difference Vegetation Index)	$(R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705} - 2R_{445})$	Sims and Gamon (2002)
MSAVI (Improved Soil Adjusted Vegetation Index)	$0.5[2R_{800} + 1 - \sqrt{(2R_{800} + 1)^2 - 8(R_{800} - R_{670})}]$	Qi et al. (1994)
mSR (Modified Simple Ratio)	$(R_{800} - R_{445}) / (R_{680} - R_{445})$	Sims and Gamon (2002)
mSR2 (Modified Simple Ratio)	$(R_{750} - R_{445}) / (R_{705} - R_{445})$	Sims and Gamon (2002)
MTCI (MERIS Terrestrial Chlorophyll index)	$(R_{754} - R_{709}) / (R_{709} - R_{681})$	Dash and Curran (2004)
mTVI (modified Triangular Vegetation Index)	$1.2[1.2(R_{800} - R_{550}) - 2.5(R_{670} - R_{550})]$	Haboudane et al. (2004)
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670})$	Tucker (1979)
NDVI2 (Normalized Difference Vegetation Index)	$(R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705})$	Gitelson and Merzlyak (1994)
OSAVI (Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index)	$1.16(R_{800} - R_{670}) / (R_{800} + R_{670} + 0.16)$	Rondeaux et al. (1996)
RDVI (Renormalized Difference Vegetation Index)	$(R_{800} - R_{670}) / \sqrt{(R_{800} + R_{670})}$	Roujean and Breon (1995)
REP (Red-Edge Position)	$700 + 40 \frac{(R_{670} + R_{780}) / 2 - R_{700}}{R_{740} - R_{700}}$	Guyot et al. (1988)
SIPI (Structure Insensitive Pigment Index)	$(R_{800} - R_{450}) / (R_{800} - R_{650})$	Peñuelas et al. (1995)
SIPI2	$(R_{800} - R_{440}) / (R_{800} - R_{680})$	Peñuelas et al. (1995)
SPVI (Spectral polygon vegetation index)	$0.4[3.7(R_{800} - R_{670}) - 1.2 R_{530} - R_{670}]$	Vincini et al. (2006)
SR (Simple Ratio)	R_{800} / R_{680}	Jordan (1969)
SR1, SR2, SR3	$R_{750} / R_{700} \quad R_{752} / R_{690} \quad R_{750} / R_{550}$	Gitelson and Merzlyak (1997)
SR4	R_{672} / R_{550}	Datt (1998)
TCARI (Transformed Chlorophyll Absorption Ratio Index)	$3[(R_{700} - R_{670}) - 0.2(R_{700} - R_{550})(R_{700} / R_{670})]$	Haboudane et al. (2002)
TSAVI (Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index)	$a(R_{875} - aR_{680} - b) / [R_{680} + a(R_{875} - b) + 0.08(1 + a^2)], \alpha = 1.062, b = 0.022$	Rondeaux et al. (1996)
TVI (Triangular Vegetation Index)	$0.5[120(R_{750} - R_{550}) - 200(R_{670} - R_{550})]$	Broge and Leblanc (2001)
VOG (Vogelmann Indices)	R_{740} / R_{720}	Vogelmann et al. (1993)
VOG2	$(R_{734} - R_{747}) / (R_{715} + R_{726})$	Zarco-Tejada et al. (2001)

Stagakis et al. (2010)

<i>Leaf pigment (Carotenoids, Anthocyanins)</i>		
ARI (Anthocyanin Reflectance Index)	$(1/R_{550}) - (1/R_{700})$	Gitelson et al. (2001)
BGI (Blue Green Pigment Index)	R_{450}/R_{550}	Zarco-Tejada et al. (2005)
BRI (Blue Red Pigment Index)	R_{450}/R_{690}	Zarco-Tejada et al. (2005)
CRI (Carotenoid Reflectance Index)	$(1/R_{510}) - (1/R_{550})$	Gitelson et al. (2002)
CRI2	$(1/R_{510}) - (1/R_{700})$	Gitelson et al. (2002)
Red/Green	R_{red}/R_{green}	Gamon and Surfus (1999)
RGI (Red/Green)	R_{690}/R_{550}	Zarco-Tejada et al. (2005)
<i>Stress</i>		
CI (Curvature Index)	$R_{675}R_{690}/R_{683}^2$	Zarco-Tejada et al. (2003)
DI (Derivative Index)	D_{730}/D_{706}	Zarco-Tejada et al. (2003)
DPR2	D_{REP}/D_{725}	Zarco-Tejada et al. (2003)
DREP (Derivative on the Red-Edge Position)	D_{REP}	Horler et al. (1983)
LIC	R_{440}/R_{690}	Lichtenthaler et al. (1996)
NPCI (Normalized Pigment Chlorophyll index)	$(R_{680} - R_{430})/(R_{680} + R_{430})$	Peñuelas et al. (1994)
NPQI (Normalized Pheophytinization Index)	$(R_{415} - R_{435})/(R_{415} + R_{435})$	Barnes et al. (1992)
PRI (Photochemical Reflectance Index)	$(R_{531} - R_{570})/(R_{531} + R_{570})$	Gamon et al. (1997)
PRI2	$(R_{570} - R_{539})/(R_{570} + R_{539})$	Filella et al. (1996)
PSRI (Plant Senescence Reflectance Index)	$(R_{680} - R_{500})/R_{750}$	Merzlyak et al. (1999)
SR5, SR6	R_{690}/R_{655} R_{685}/R_{655}	Zarco-Tejada et al. (2003)
SRPI (Simple Ratio Pigment Index)	R_{430}/R_{680}	Peñuelas et al. (1995)
<i>Water</i>		
fWBI (floating Water Band Index)	$R_{900}/\min R_{920-980}$	Peñuelas et al. (1993)
WI (Water Index)	R_{900}/R_{970}	Peñuelas et al. (1993)

R_x stands for reflectance at wavelength x nm.

D_x stands for the derivative of the reflectance spectrum at wavelength x nm.

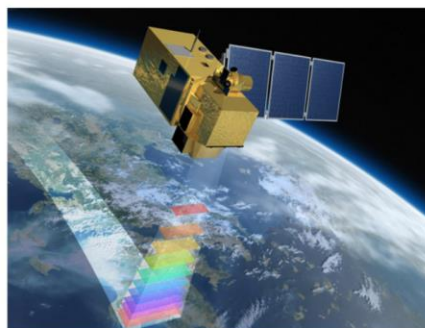
red: 620–670 nm, nir: 840–880 nm, blue: 460–480 nm, green: 545–565 nm; according to MODIS spectral bands.

Stagakis et al. (2010)

Metody celoplošné diagnostiky stavu porostů



On-the-go senzorové systémy



Družicový dálkový průzkum Země



Letecký a bezpilotní průzkum



Mobilní fenotypizační platformy



- účelové zaměření na variabilní aplikaci hnojiv / POR
- zjednodušené ovládání

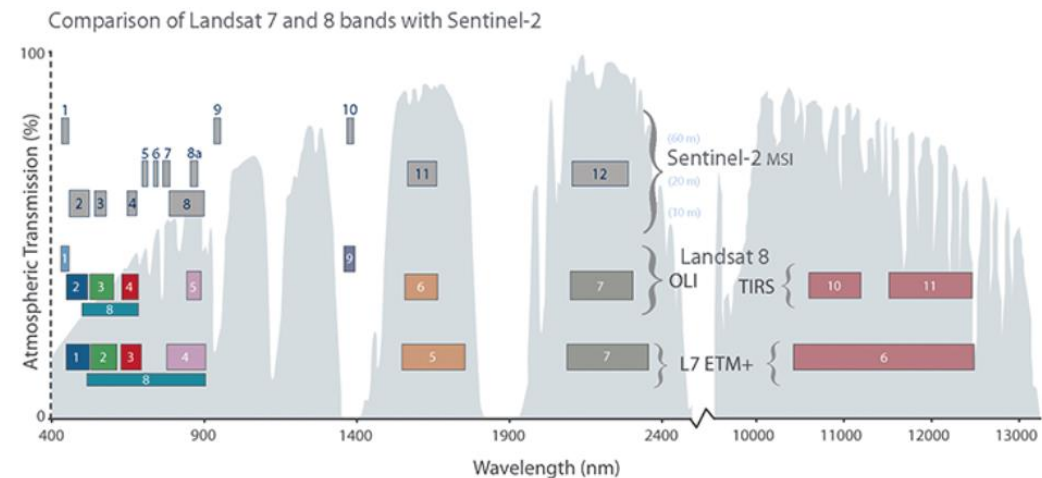
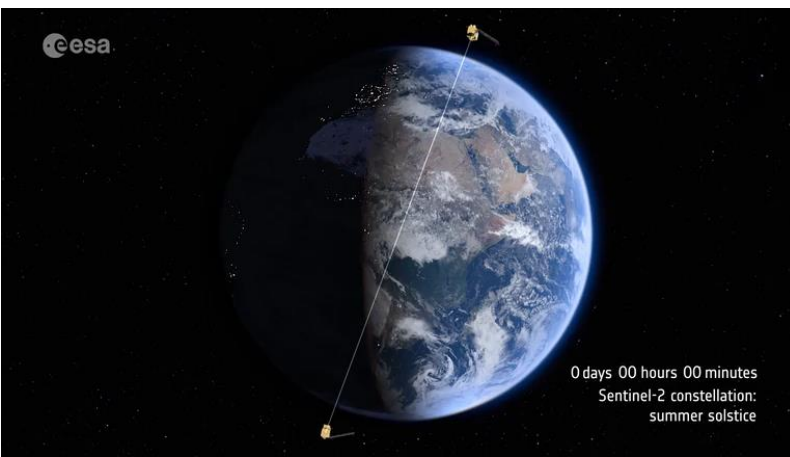
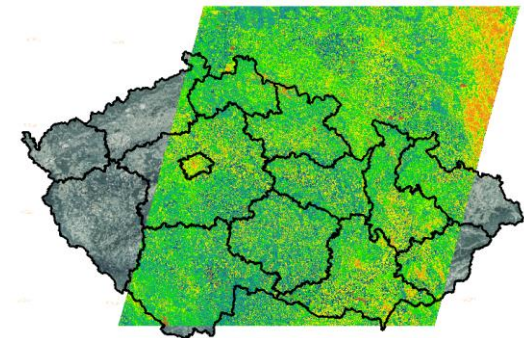
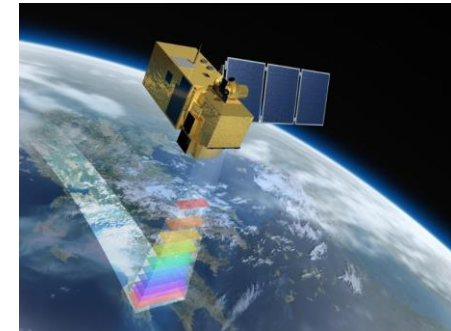
- globální pokrytí s vysokou frekvencí poskytování dat
- prost. rozlišení od 10m (volně dostupná data)
- náročné zpracování dat (poskytovatelé služeb)

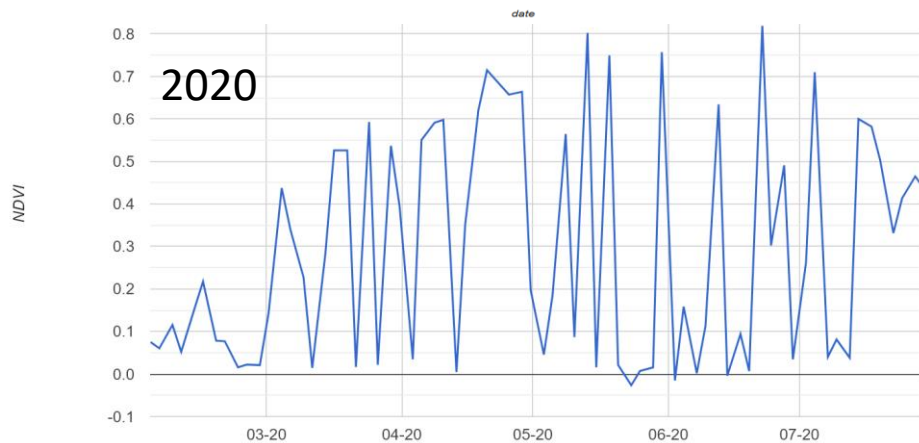
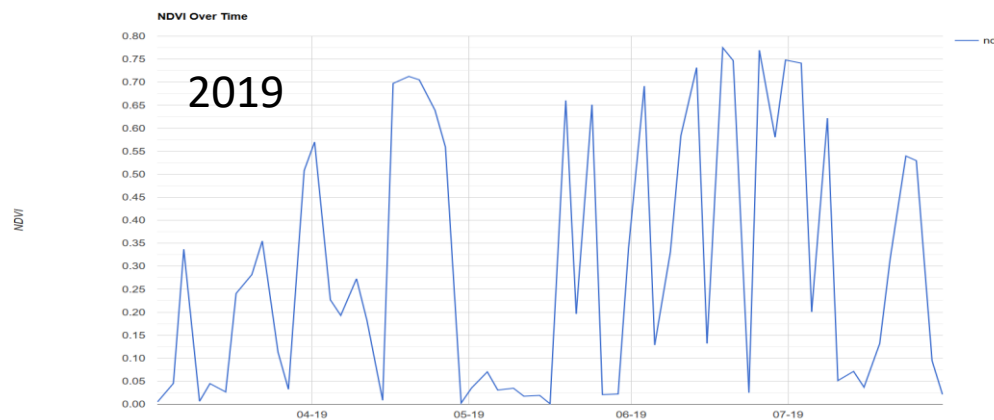
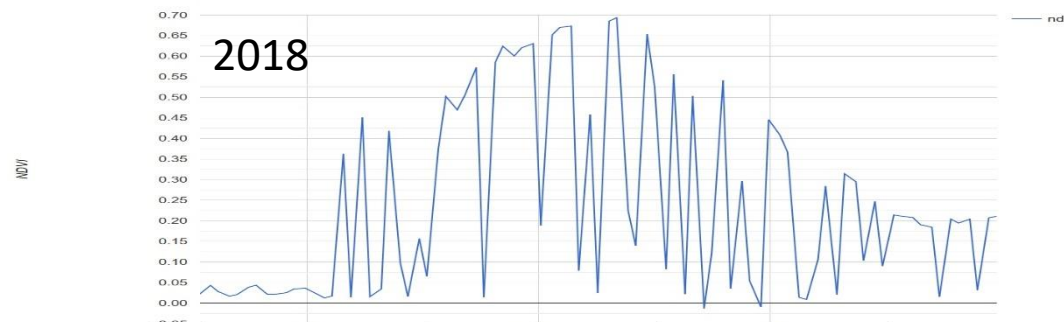
- cílené průzkumné mise
- vysoké prost. rozlišení (cm)
- legislativní omezení
- náročné zpracování dat

- cílené průzkumné mise
- multi-senzorové vybavení
- vysoké prost. rozlišení (mm)
- používané zejména ve výzkumu, šlechtění rostlin

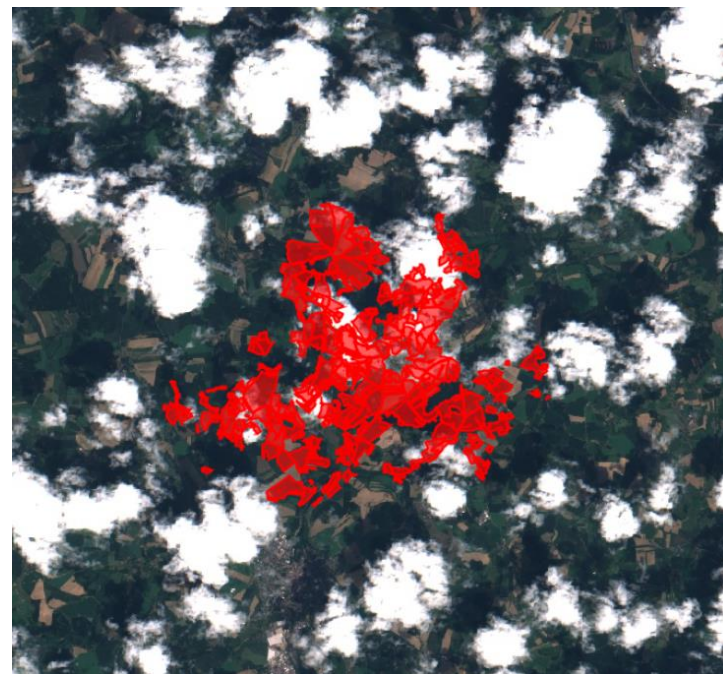
Družicový průzkum z volně dostupných dat

- Landsat (NASA/USGS) od 70. let 20.stol. (Landsat 8/9)**
 - 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





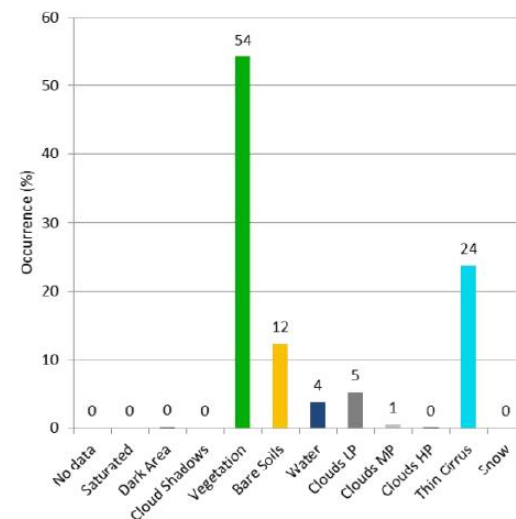
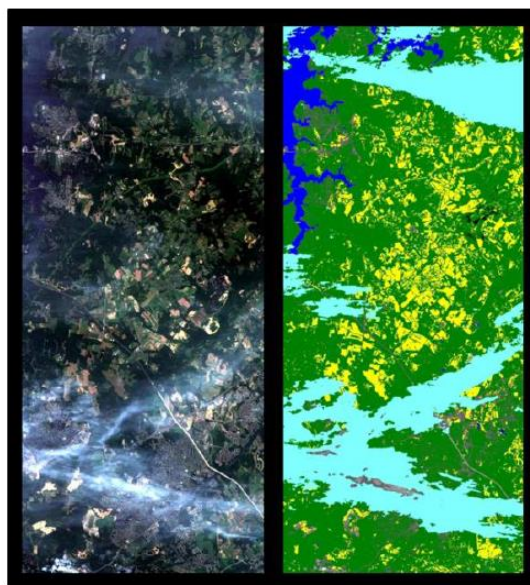
Dostupnost Sentinel 2
scén pro vybranou
lokalitu (Pelhřimov)



Identifikace oblačnosti Sentinel-2

- vrstva „scene classification“ – součást L2A zpracování (sen2cor), detekce atmosférických objektů pro jednotlivé pixely (20m)
- možnost použití jiných algoritmů atmosférických korekcí (nad L1C)

Label	Classification
0	NO_DATA
1	SATURATED_OR_DEFECTIVE
2	DARK_AREA_PIXELS
3	CLOUD_SHADOWS
4	VEGETATION
5	NOT_VEGETATED
6	WATER
7	UNCLASSIFIED
8	CLOUD_MEDIUM_PROBABILITY
9	CLOUD_HIGH_PROBABILITY
10	THIN_CIRRUS
11	SNOW



Landsat 9 Quick Facts

Mission Management and Operations: NASA's Goddard Space Flight Center manages the development of Landsat 9 through its launch and post-launch checkout. The USGS Earth Resources Observation and Science Center operates the satellite and manages the data archive.

Spacecraft Provider and Observatory Integration:
Northrop Grumman Innovation Systems Orbit

OLI-2 Provider: Ball Aerospace

TIRS-2 Provider: NASA's Goddard Space Flight Center

Altitude: 438 miles (705 kilometers)

Orbit Duration: 99 minutes

Orbits per Day: 14

Images per Day: 700+

Coverage of Earth: Every 16 days

Launch Vehicle: United Launch Alliance Atlas V 401 rocket

Launch Site: Vandenberg Air Force Base, California

To access Landsat data, visit <https://www.usgs.gov/landsat>

Landsat 9



Landsat 9 in orbit

Mission type	Satellite imagery
Operator	NASA / USGS
COSPAR ID	2021-088A
SATCAT no.	49260
Website	Landsat 9
Mission duration	5 years (planned) 15 years - with fuel (planned) ^[1] 186 days, 41 minutes (in progress)

Spacecraft properties	
Spacecraft	Landsat 9
Spacecraft type	Landsat
Bus	LEOSTar-3
Manufacturer	Northrop Grumman Innovation Systems
Launch mass	2,711 kg (5,977 lb)
Dimensions	4.6 m × 3 m × 3 m (15.1 ft × 9.8 ft × 9.8 ft)
Power	watts

Start of mission	
Launch date	27 September 2021, 18:12:00 UTC ^{[1][2]}
Rocket	Atlas V 401 (AV-092)
Launch site	Vandenberg, SLC-3E
Contractor	United Launch Alliance
Entered service	January 6, 2022 ^[1]

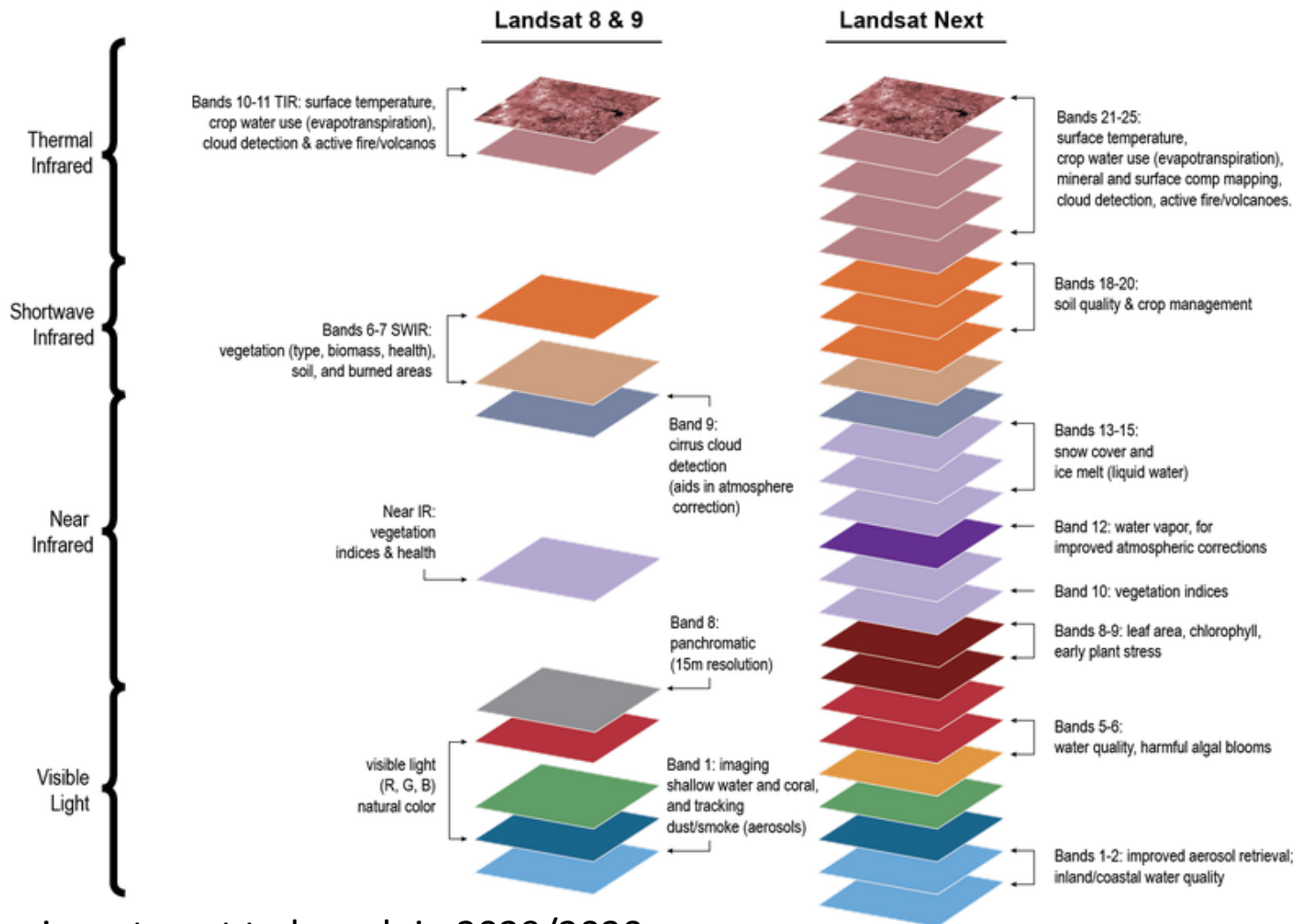
Orbital parameters	
Reference system	Geocentric orbit
Regime	Sun-synchronous orbit
Altitude	705 km (438 mi)
Inclination	98.2°
Period	99.0 minutes
Repeat interval	16 days

Instruments	
Operational Land Imager-2 (OLI-2)	
Thermal Infrared Sensor-2 (TIRS-2)	

LANDSAT NEXT

Spectral Comparison: Landsat 8/9, and Landsat Next

Increased spectral coverage with Landsat Next will enable new applications



The mission is on target to launch in 2029/2030.

About PlanetScope and SkySat

What

Two optical constellations – PlanetScope and SkySat – capture high and very high resolution imagery over the entire Earth every day. Both constellations are owned and operated by Planet Labs PBC (Planet) and were accepted as Third Party Missions in February 2022.

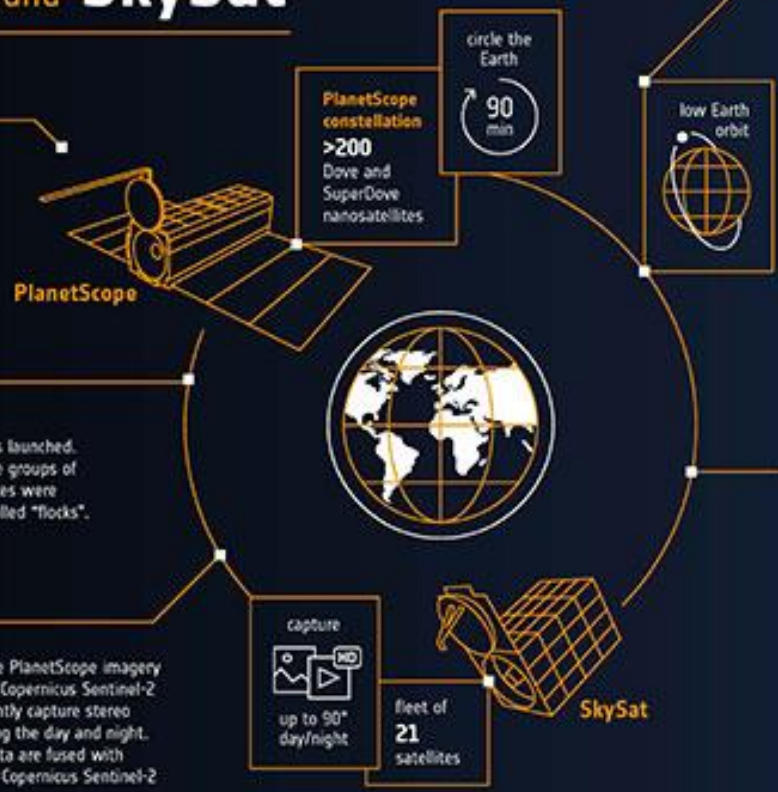
When



In 2013, SkySat-1 was launched. Starting 2014, multiple groups of individual Dove satellites were launched in batches called "flocks". Launches are ongoing.

How

New sensors on the SuperDove satellites enhance the PlanetScope imagery from four to eight spectral bands, with six aligned to Copernicus Sentinel-2 bands. The three cameras of each SkySat satellite jointly capture stereo imagery and video footage for up to 90 seconds during the day and night. Advanced remote sensing is possible when Planet data are fused with other land monitoring missions, such as Landsat and Copernicus Sentinel-2.



Coverage



PlanetScope and SkySat are operating in various orbital planes in low Earth orbit. The PlanetScope constellation consists of over 200 Dove and SuperDove nanosatellites, which circle Earth every 90 minutes, providing daily, global imagery at 3.7 to 4.0 m native resolution. SkySat is a fleet of 21 very high-resolution satellites capable of collecting sub-metric images multiple times during the day. The fleet of Doves line-scan Earth with individual scenes sized at around 400 square kilometres, the size of an entire city. Simultaneously, with a ground footprint of 70 square kilometres, SkySat can focus on areas of greatest interest, identifying objects such as vehicles and shipping containers.

Applications

PlanetScope and SkySat data serve numerous commercial and governmental applications. The data are now available for R&D through the ESA TPM programme, offering rapid high and very high resolution imaging. Planet data support activities in the following areas:

- Monitoring rapid changes in vegetation and land use
- Detailed vegetation mapping
- Surface deformation (earthquake displacements)
- Cryosphere and hydrology monitoring
- Monitoring transport & urban infrastructure
- Emergency & security applications

Data Access: earth.esa.int/eogateway/catalog/planetscope-full-archive | earth.esa.int/eogateway/catalog/skysat-full-archive-and-new-tasking

PlanetScope Camera

The PlanetScope camera on each DOVE cubesat operates currently in eight bands - red edge and NIR.

Sensor Type	Three-band frame Imager or four-band frame Imager with a split-frame NIR filter (DOVE-C) Four-band frame imager with butcher-block filter providing blue, green, red, and NIR stripes (DOVE-R) Eight-band frame imager with butcher-block filter providing blue, green, red, red-edge, and NIR stripes (SuperDove)
Spectral Bands	Coastal Blue: 431 - 452 nm Blue: 465 – 515 nm Green I: 513 - 549 nm Green: 547 – 583 nm Yellow: 600 - 620 nm Red: 650 – 680 nm RedEdge: 697 – 713 nm NIR: 845 – 885 nm
Ground Sample Distance (nadir)	Dove-C: 3.0 m-4.1 m Dove-R: 3.0 m-4.1 m SuperDove: 3.7 m-
Frame Size	24 km x 8 km (approximate) for DOVE-C 24 km x 16 km (approximate) for DOVE-R 32.5 km x 19.6 km (approximate) for SuperDove
Maximum Image Strip per orbit	20,000 km ²
Revisit Time	Daily at nadir
Image Capture Capacity	200 million km ² /day

Band	Name	Wavelength (fwhm)	Interoperable with Sentinel-2
1	Coastal Blue	443 (20)	Yes - with Sentinel-2 band 1
2	Blue	490 (50)	Yes - with Sentinel-2 band 2
3	Green I	531 (36)	No equivalent with Sentinel-2
4	Green	565 (36)	Yes - with Sentinel-2 band 3
5	Yellow	610 (20)	No equivalent with Sentinel-2
6	Red	665 (31)	Yes - with Sentinel-2 band 4
7	Red Edge	705 (15)	Yes - with Sentinel-2 band 5
8	NIR	865 (40)	Yes - with Sentinel-2 band 8a

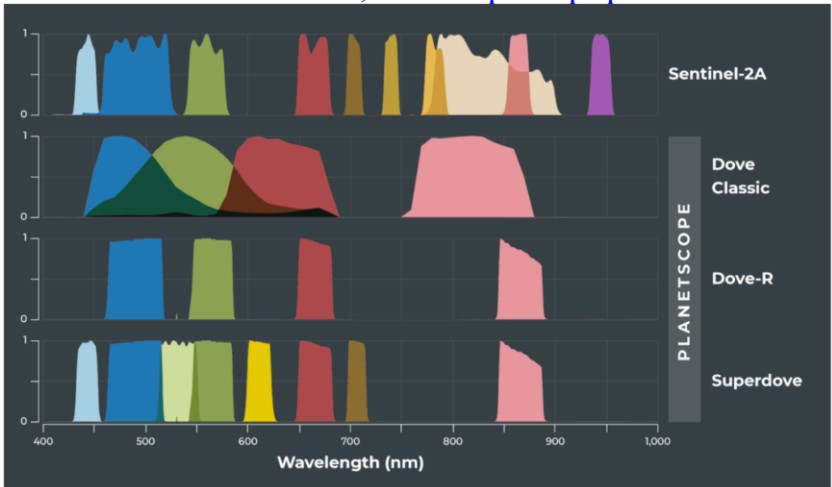


Figure 1. Spectral bands of Planet’s Dove Classic, Dove-R, and SuperDove satellites compared to Sentinel-2A. Note the addition of bands to SuperDove and the improved alignment with Sentinel-2A over time.



News /

German environmental satellite closes a gap in modern Earth observation

German satellite EnMAP launches successfully



Launch of Falcon 9 with German environmental satellite EnMAP

Image 1/7, Credit: SpaceX.

- At 18:24 CEST on 1 April (12:24 local time), the first German-developed hyperspectral satellite (EnMAP) successfully launched on board a SpaceX Falcon 9 rocket from Cape Canaveral in Florida.
- The mission is being managed by the German Space Agency at the German Aerospace Center (DLR) in Bonn on behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection (BMWK).



ChytřeZemědělství

Zveřejněno Vojtěchem Lukášem · 2. dubna v 13:12 ·

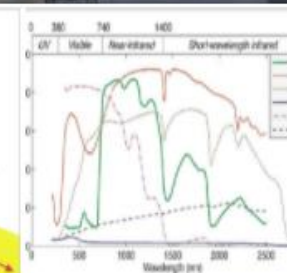
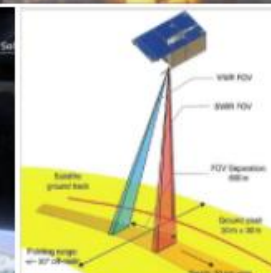
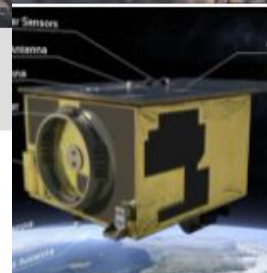
[INFO] Včera (1.4.2022) v podvečer byla z Floridy úspěšně vypuštěna německá družice EnMAP s hyperspektrálním pushbroom senzorem (skener). Skener zaznamenává 91 spektrálních pásem v rozsahu VNIR 420-1000nm a 131 pásem ve SWIR (900-2450nm). S ohledem na relativně vysoké prostorové rozlišení družicového systému (30m) a dobu oběhu 4 dny půjde bezpochyby o významný zdroj informací pro oblast mapování stavu vegetace a půdních podmínek s využitelností mimo jiné v precizním zemědělství.

V porovnání s multispektrálními systémy umožňují hyperspektrální data umožňují lépe detekovat rozdíly vegetace, půdy či dalších objektů na základě identifikace drobných rozdílů ve spektrální křivce.

https://www.dlr.de/.../20220401_german-satellite-enmap...

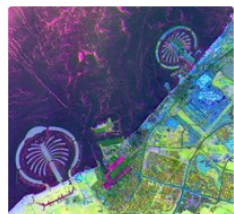
Více informací k EnMAP zde:

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



EnMAP starts Routine Operation Phase on November 2, 2022

published on November 02, 2022



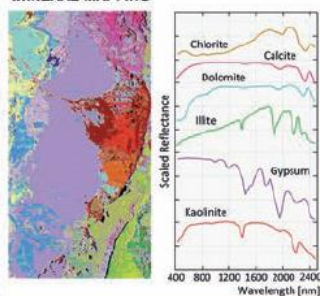
EnMAP image acquired over Dubai, the Palm on July 1st, 2022. Principle Component Analysis (RGB: PC1, PC2, PC3)

On October 28, 2022, EnMAP has successfully completed its Flight Qualification Review (FQR) and thereby, finished the Commissioning Phase (CP). Based on this decision, EnMAP will enter routine operations in the next days. After the Launch and Early Orbit Phase (LEOP), the CP was used to optimize the Hyperspectral Imager (HSI) for scientific operations and to check the quality of the data. The data archive is steadily growing and contains already more than 12 000 tiles, where each tile covers approx. 30 km x 30 km.

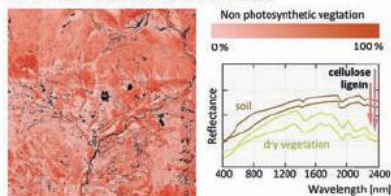
Starting November 2, 2022, users can access the EnMAP data archive for downloading EnMAP L1B, L1C and L2A data products and submit observation requests after registering at planning.enmap.org.

Please note that at the beginning of the routine operations delays in the process of data request may be possible. The ordering of L2A water products will be made available shortly.

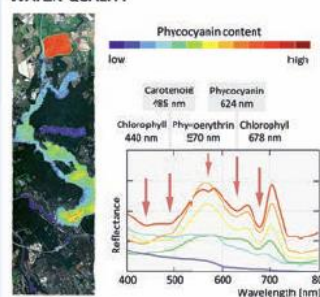
MINERAL MAPPING



NON PHOTOSYNTHETIC VEGETATION



WATER QUALITY



SOIL RESOURCES

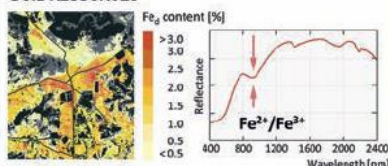


Fig. 1: Characteristic reflectance spectra for various types of surface cover.

Orbit characteristics

Orbit / Inclination	sun-synchronous / 97.96°	
Target revisit time	27 days (VZA ≤ 5°) / 4 days (VZA ≤ 30°)	
Equator crossing time	11:00 h ± 18 min (local time)	
Instrument characteristics	VNIR	SWIR
Spectral range	420 - 1000 nm	900 - 2450 nm
Number of bands	88	154
Spectral sampling interval	6.5 nm	10 nm
Spectral bandwidth (FWHM)	8.1 ± 1.0 nm	12.5 ± 1.5 nm
Signal-to-noise ratio (SNR)	> 400:1 @495 nm	> 170:1 @2200 nm
Spectral calibration accuracy	0.5 nm	1 nm
Ground sampling distance	30 m x 30 m (at nadir; sea level)	
Swath width	30 km (field-of-view = 2.63° across track)	
Swath length	1000 km/orbit - 5000 km/day	

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



50cm

1m

2m

Landsat
30 / 100 m/pix



5m

10m

30m

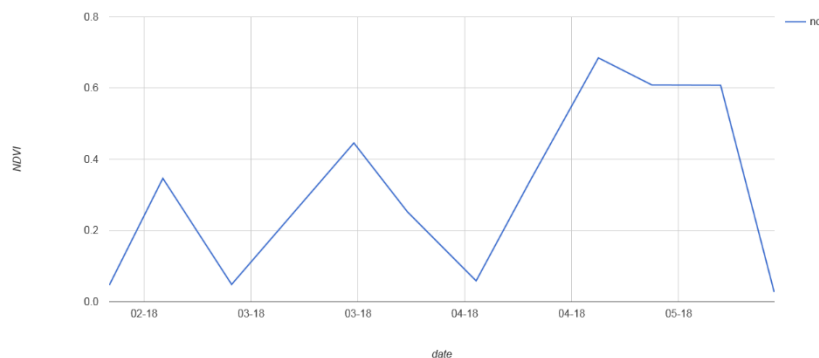
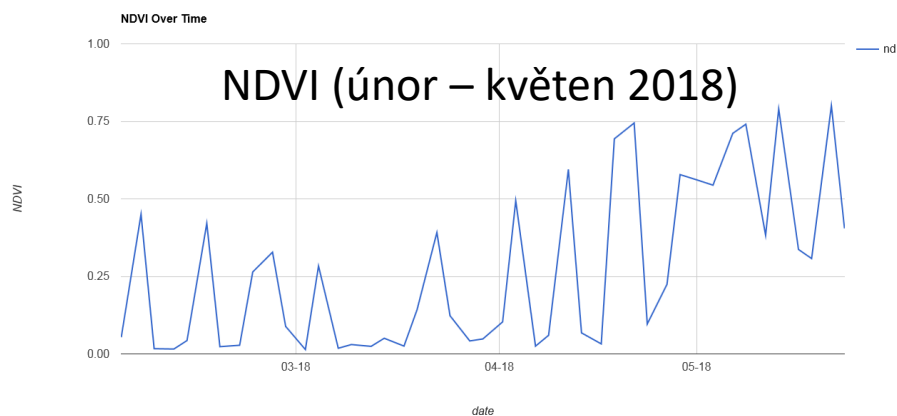
Rapid Eye
5 m / pix

Planetscope
3 m / pix

UAV
cm / pix

Časové rozlišení

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



Sentinel 2 A/B
5 dnů (3-4)

Landsat 8
16 dnů (8)

MODIS /
Planetscope

1 den

Jak prohlížet / získat / zpracovat data

- Poskytovatelé služeb v zemědělství
 - Onesoil, Prefarm, Varistar, Skyzol, Cleverfarm, Agdata,, Xarvio, Satagro, Cropio, MyDataPlan, ...
- Bezplatné prohlížečky
 - EO browser (<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>)
 - Landviewer (<https://eos.com/landviewer>)
- Zdroje dat
 - ESA Scihub, Czech CollGS
 - Amazon Web Services,
- Bezplatné 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/>)
- API zdroje
 - AWS, World from Space Dynacrop, Sentinelhub,
- Komerční EO cloud platformy
 - DIAS (creoDias, ...)
 - EODC
 - VITO

Google Earth Engine (<https://code.earthengine.google.com/>)

The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. At the top, the Google Earth Engine logo and a search bar are visible. Below the search bar, there are tabs for Scripts, Docs, and Assets. The Scripts tab is active, showing a script named '1_filter_S2_plot'. The script code is as follows:

```
1 // Filter collections to dates of interest.
2 var start = '2019-03-01';
3 var end = '2019-12-31';
4 var l8 = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
5   .filterDate(start, end)
6   .select(['B4', 'B3', 'B2']);
7 var ndvi = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2')
8   .filterDate(start, end)
9   .map(function(img) {
10     return img.addBands(img.normalizedDifference(['B8', 'B4'])).select("nd")
11   });
12
13 var palette = [
14   'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F18555', 'FCD163', '99B718',
15   '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
16   '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301', '008080', '0000FF', '000000'];
```

Below the script editor, there are tabs for Inspector, Console, and Tasks. The Inspector tab is active, showing a map of a rural area with red polygons highlighting specific regions. To the left of the map, there are two charts:

Two Chart Inspector

Click a point on the map to inspect.
lon: 16.9272 lat: 49.1283

NDVI Over Time

The chart shows NDVI values over time, with a blue line representing the 'nd' variable. The x-axis is labeled 'date' and ranges from 04-19 to 05-19. The y-axis is labeled 'NDVI' and ranges from 0.0 to 1.0.

RGB Bands Spectrum Over Time

The chart shows the spectrum of RGB bands over time, with three lines representing 'B2' (blue), 'B3' (red), and 'B4' (yellow). The x-axis is labeled 'date' and ranges from 04-19 to 05-19. The y-axis is labeled '10,000'.



Yara N-sensor



Fritzmeier ISARIA



Trimble Greenseeker



Topcon CropSpec



AgLeader OptRx



Augmenta



Porovnání ISARIA a Sentinel-2

Table 5 Correlation coefficients between crop parameters, vegetation indices and harvest parameters for locality Zdounky. Red values represent statistically significant results at 95% of probability

	N plant [%]	Biomass [t/ha]	<u>Nupt</u> [kg/ha]	IRMI	IBI	<u>NoE</u> [n/m ²]	TSW [g]	Density [kg/m ³]	N grain [%]	Yield S [t/ha]	Yield H [t/ha]
N plant [%]	1.000	0.018	0.700	0.546	0.572	0.491	-0.246	0.561	0.597	0.370	0.460
Biomass [t/ha]	0.018	1.000	0.594	0.175	0.211	0.105	-0.274	-0.126	0.160	0.311	0.335
<u>Nupt</u> [kg/ha]	0.700	0.594	1.000	0.526	0.620	0.384	-0.304	0.444	0.509	0.472	0.508
IRMI	0.546	0.175	0.526	1.000	0.926	0.338	-0.036	0.141	0.090	0.669	0.444
IBI	0.572	0.211	0.620	0.926	1.000	0.373	-0.208	0.244	0.183	0.557	0.490
GNDVI	0.501	0.259	0.583	0.844	0.894	0.405	-0.235	0.211	0.140	0.693	0.650
NDRE	0.372	0.377	0.580	0.803	0.810	0.449	-0.066	0.110	-0.084	0.734	0.740
NDVI	0.429	0.188	0.415	0.887	0.889	0.200	-0.090	-0.023	0.008	0.520	0.490
NRERI	0.431	0.448	0.618	0.857	0.831	0.306	-0.123	0.020	-0.020	0.611	0.647
RENDVI	0.457	0.433	0.624	0.867	0.835	0.299	-0.122	0.032	0.018	0.603	0.618
Yield H [t/ha]	0.460	0.335	0.508	0.444	0.490	0.666	-0.206	0.217	-0.012	0.639	1.000
<u>NoE</u> [n/m ²]	0.491	0.105	0.384	0.338	0.373	1.000	-0.451	0.496	0.116	0.638	0.666
Yield S [t/ha]	0.370	0.311	0.472	0.669	0.557	0.638	-0.054	0.167	0.027	1.000	0.639
TSW [g]	-0.246	-0.274	-0.304	-0.036	-0.208	-0.451	1.000	-0.328	-0.131	-0.054	-0.206
Density [kg/m ³]	0.561	-0.126	0.444	0.141	0.244	0.496	-0.328	1.000	0.506	0.167	0.217
N grain [%]	0.597	0.160	0.509	0.090	0.183	0.116	-0.131	0.506	1.000	0.027	-0.012

Legend: Std – standard deviation; CV – coefficient of variation; N – nitrogen content; Nupt – nitrogen uptake; Yield H – yield harvest; NoE – number of ears; Yield S – yield sample; TSW – thousand seed weight



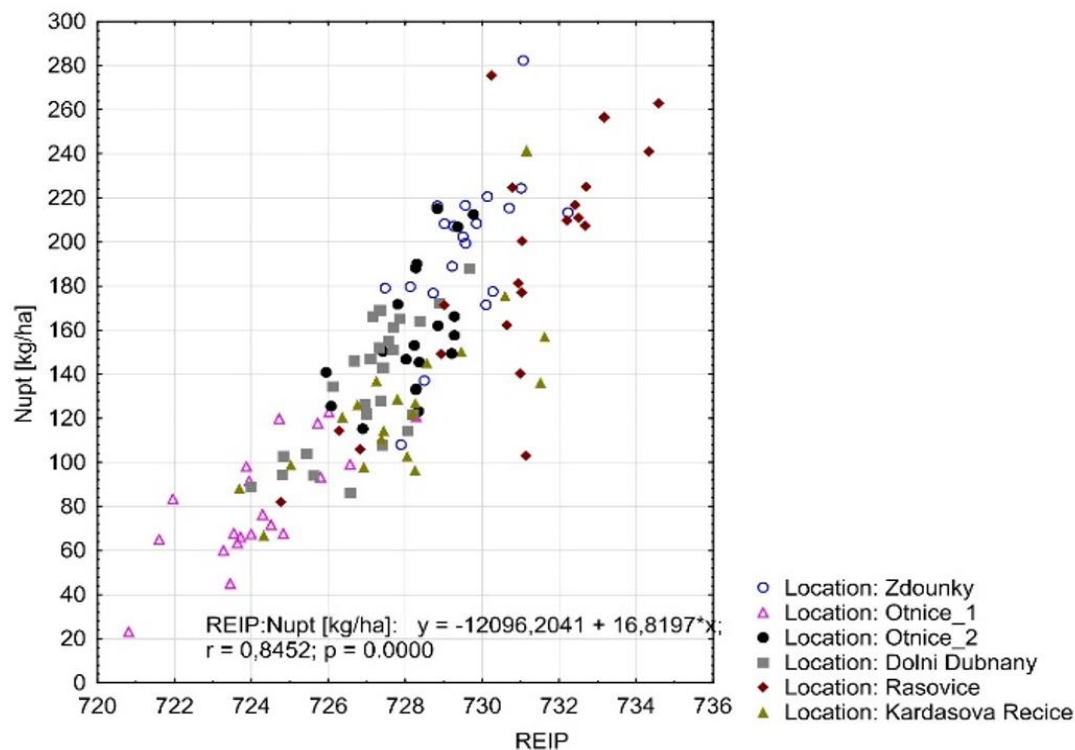
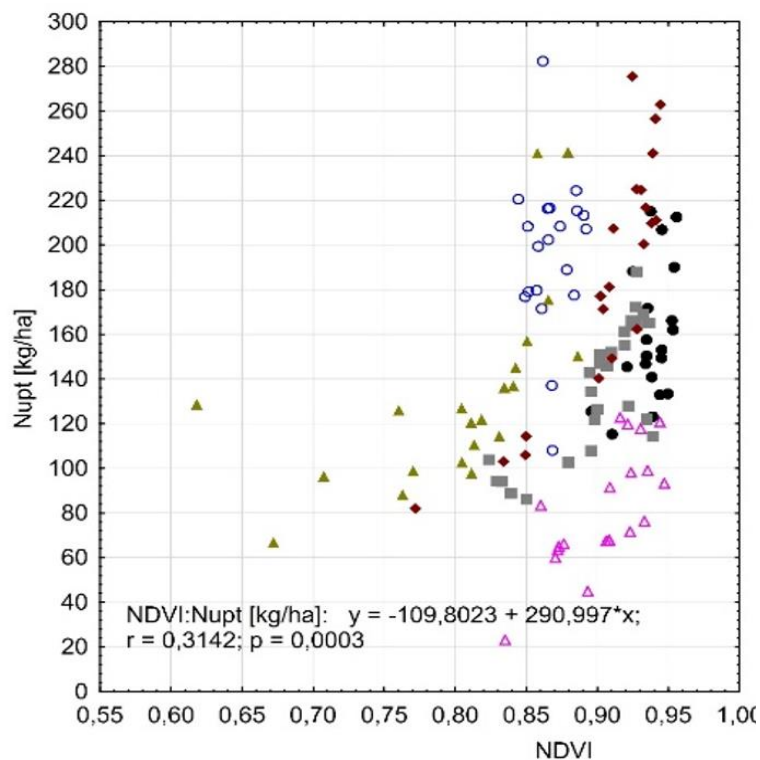
Porovnání OptRx a Sentinel-2

Table 6 Correlation coefficients between crop parameters, vegetation indices and harvest parameters for locality Rašovice. Red values represent statistically significant results at 95% of probability

	N plant [%]	Biomass [t/ha]	Nupt [kg/ha]	NDRE OptRx	NoE [n/m ²]	TSW [g]	Density [kg/m ³]	N grain [%]	Yield S [t/ha]	Yield H [t/ha]
N plant [%]	1.000	0.410	0.662	0.558	0.568	-0.411	0.005	0.785	0.493	0.415
Biomass [t/ha]	0.410	1.000	0.919	0.825	0.596	-0.739	-0.097	0.604	0.419	0.844
Nupt [kg/ha]	0.662	0.919	1.000	0.830	0.624	-0.734	-0.152	0.743	0.475	0.823
NDRE OptRx	0.558	0.825	0.830	1.000	0.695	-0.836	-0.171	0.703	0.490	0.703
GNDVI	0.605	0.812	0.858	0.917	0.665	-0.796	-0.148	0.744	0.516	0.706
NDRE	0.542	0.869	0.875	0.942	0.695	-0.818	-0.171	0.727	0.538	0.743
NDVI	0.609	0.804	0.830	0.923	0.637	-0.830	-0.231	0.723	0.455	0.713
NRERI	0.594	0.821	0.845	0.938	0.755	-0.734	-0.029	0.804	0.626	0.626
RENDVI	0.581	0.803	0.826	0.921	0.753	-0.716	0.013	0.816	0.630	0.581
Yield H [t/ha]	0.415	0.844	0.823	0.703	0.418	-0.718	-0.322	0.419	0.282	1.000
NoE [n/m ²]	0.568	0.596	0.624	0.695	1.000	-0.531	0.127	0.800	0.937	0.418
Yield S [t/ha]	0.493	0.419	0.475	0.490	0.937	-0.313	0.295	0.719	1.000	0.282
TSW [g]	-0.411	-0.739	-0.734	-0.836	-0.531	1.000	0.390	-0.531	-0.313	-0.718
Density [kg/m ³]	0.005	-0.097	-0.152	-0.171	0.127	0.390	1.000	0.104	0.295	-0.322
N grain [%]	0.785	0.604	0.743	0.703	0.800	-0.531	0.104	1.000	0.719	0.419

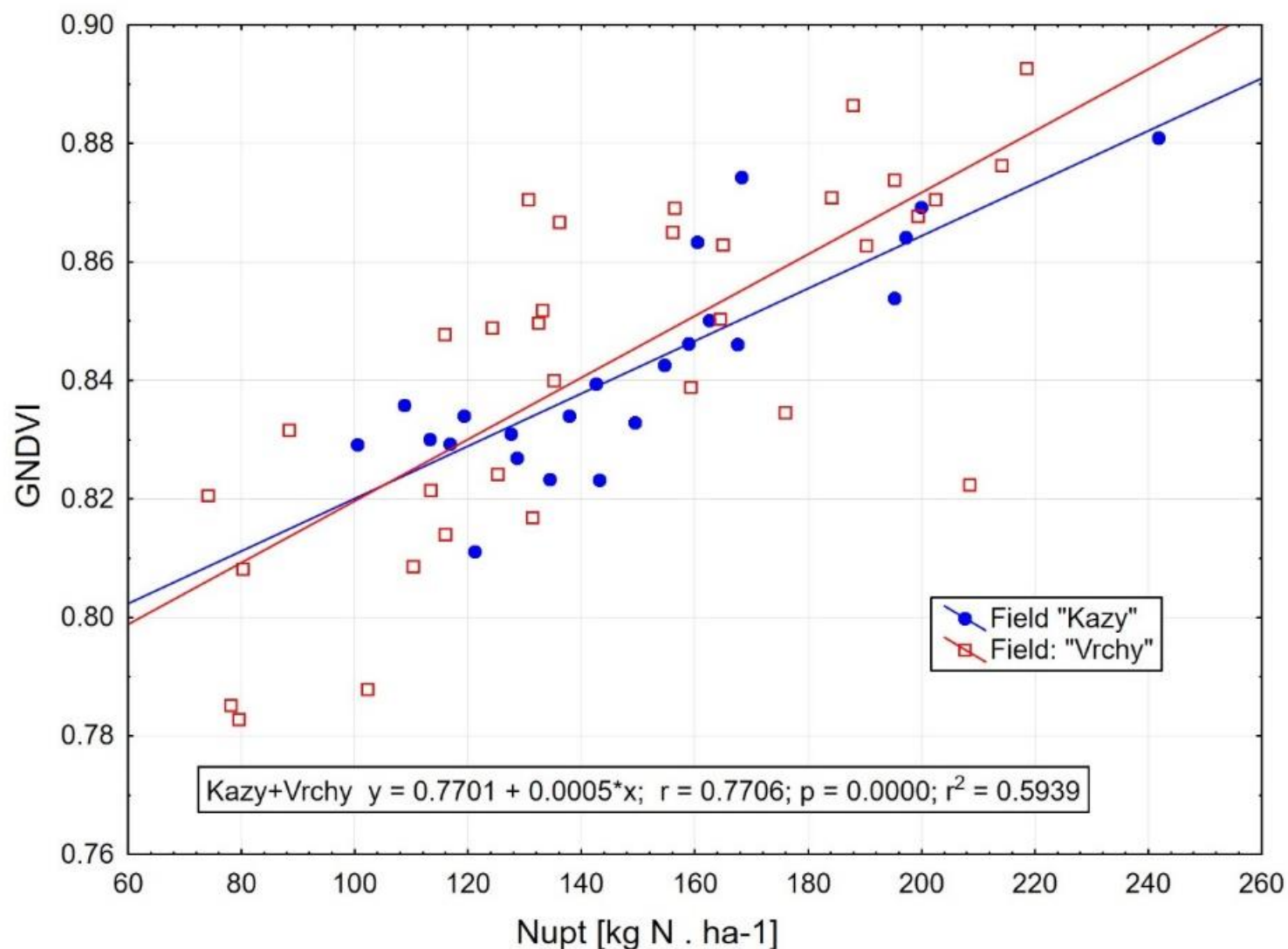
Legend: Std – standard deviation; CV – coefficient of variation; N – nitrogen content; Nupt – nitrogen uptake; Yield H – yield harvest; NoE – number of ears; Yield S – yield sample; TSW – thousand seed weight

Diagnostika výživného stavu rostlin



Porovnání vztahu odběru N rostlinami (Nupt) s vegetačními indexy NDVI a REIP ze Sentinel-2 (různé lokality 2017-2020, pšenice ozimá)

Diagnostika výživného stavu rostlin



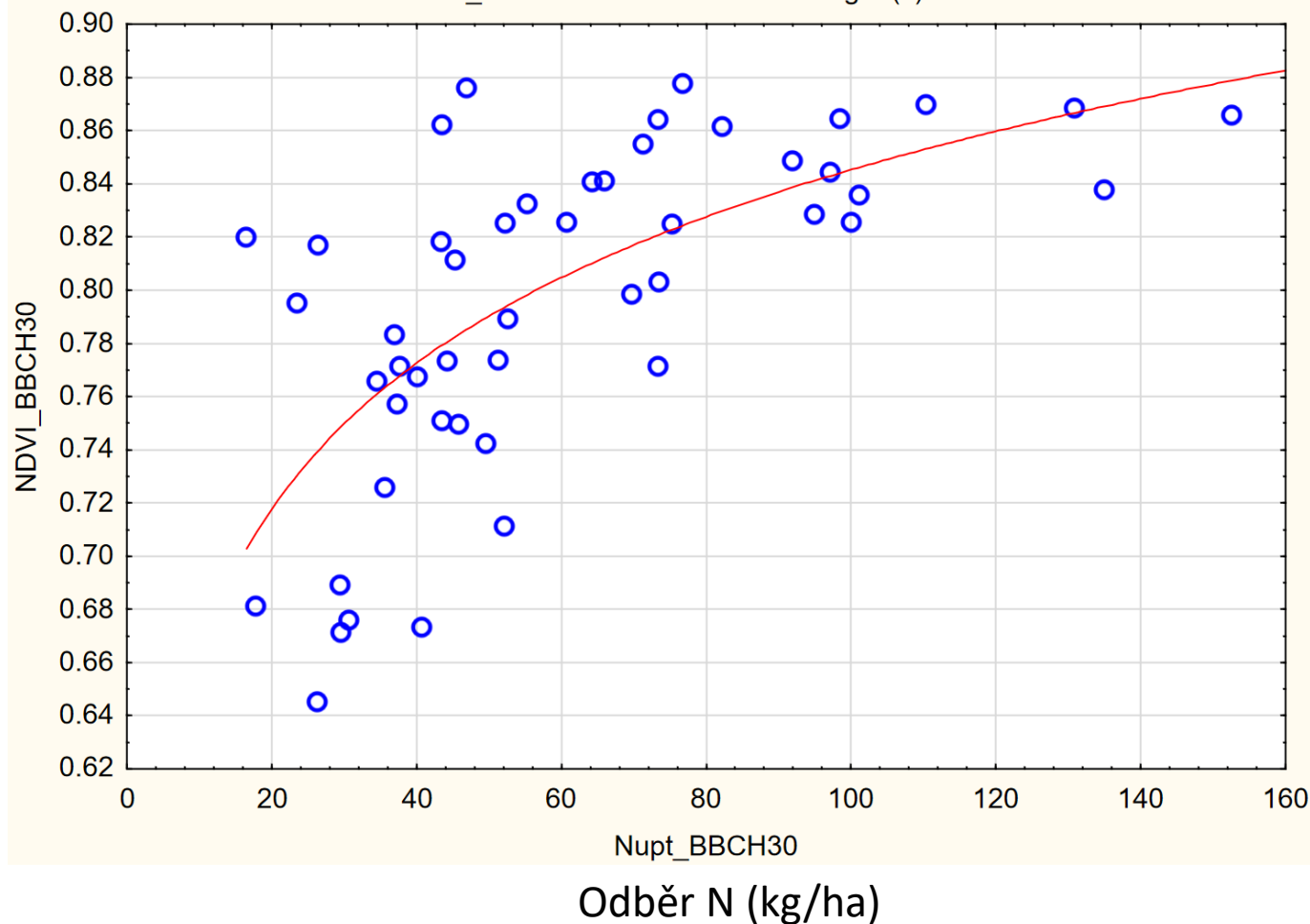
UAV monitoring – identifikace výživného stavu (Kojčice, pšenice ozimá, BBCH 51, 2018)

Diagnostika výživného stavu porostu pšenice ozimé pomocí DPZ (Planet 4b) AGRA Řisuty s.r.o., 2021

Bodový graf z NDVI_BBCH30 proti Nupt_BBCH30

Tabulka dat33 20v*50c

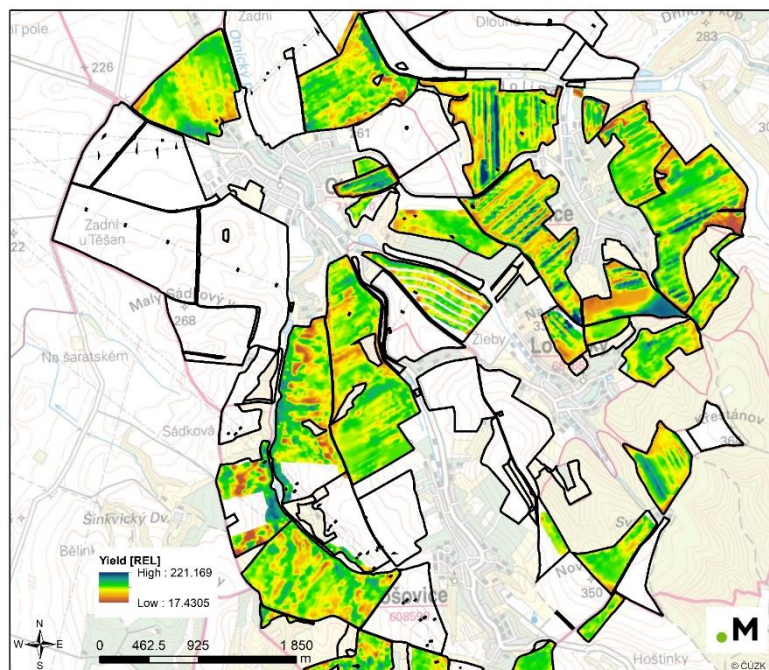
$$\text{NDVI_BBCH30} = 0.4798 + 0.1827 \cdot \log_{10}(x)$$



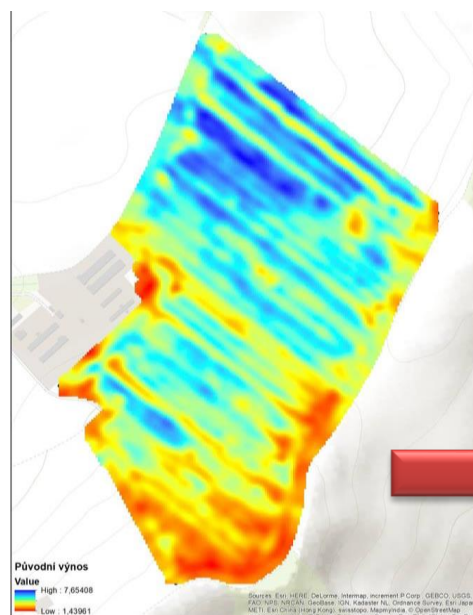
Mapování výnosů při sklizni plodin

- Omezená dostupnost výnosových dat (nedostatečná výbava, neprovádění záznamu, nevhodné plodiny)
- Snížená věrohodnost výnosových záznamů z důvodu výskytu chyb (špatně provedená kalibrace výnosoměrů, kombinace sklízecí techniky) – nezbytné provést filtraci

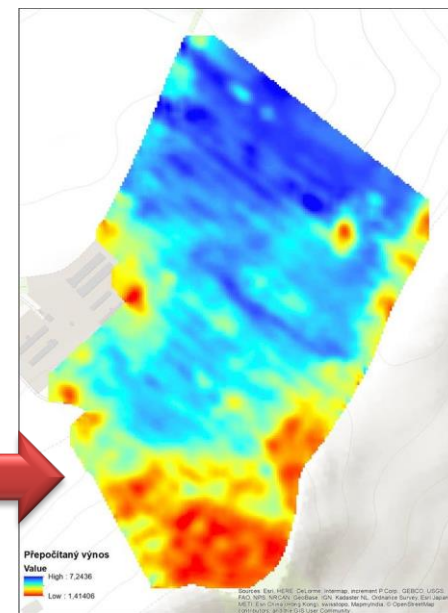
Crop yield maps from harvest 2018 (Rostěnice a.s.)



Before corrections

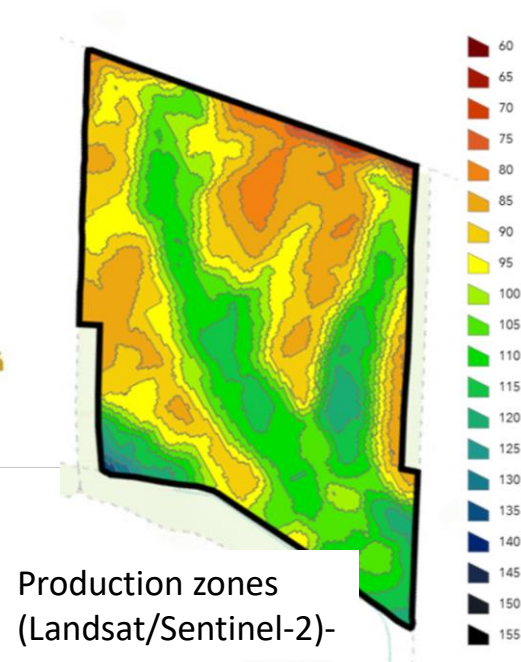
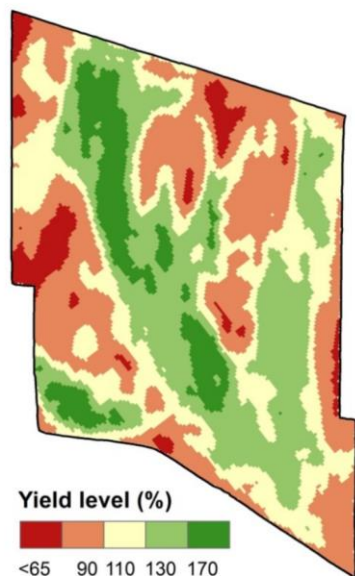


After corrections



Vymezení produkčních zón z DPZ

- Náhrada výnosových map vymezením produkčních zón z časové řady družicových dat (8 let)
- Na rozdíl od výnosových map DPZ **neposkytuje přímou informaci o dosaženém výnosu plodin**, ale **odhaduje** rozložení výnosových hladin na základě odrazivosti porostu **vegetačními indexy** ve vegetační fázi citlivé na tvorbu a predikci výnosu.



Vymezení produkčních zón

Odhad výnosů zemědělských plodin na základě družicového monitoringu

Prediction of crop yields using satellite remote sensing

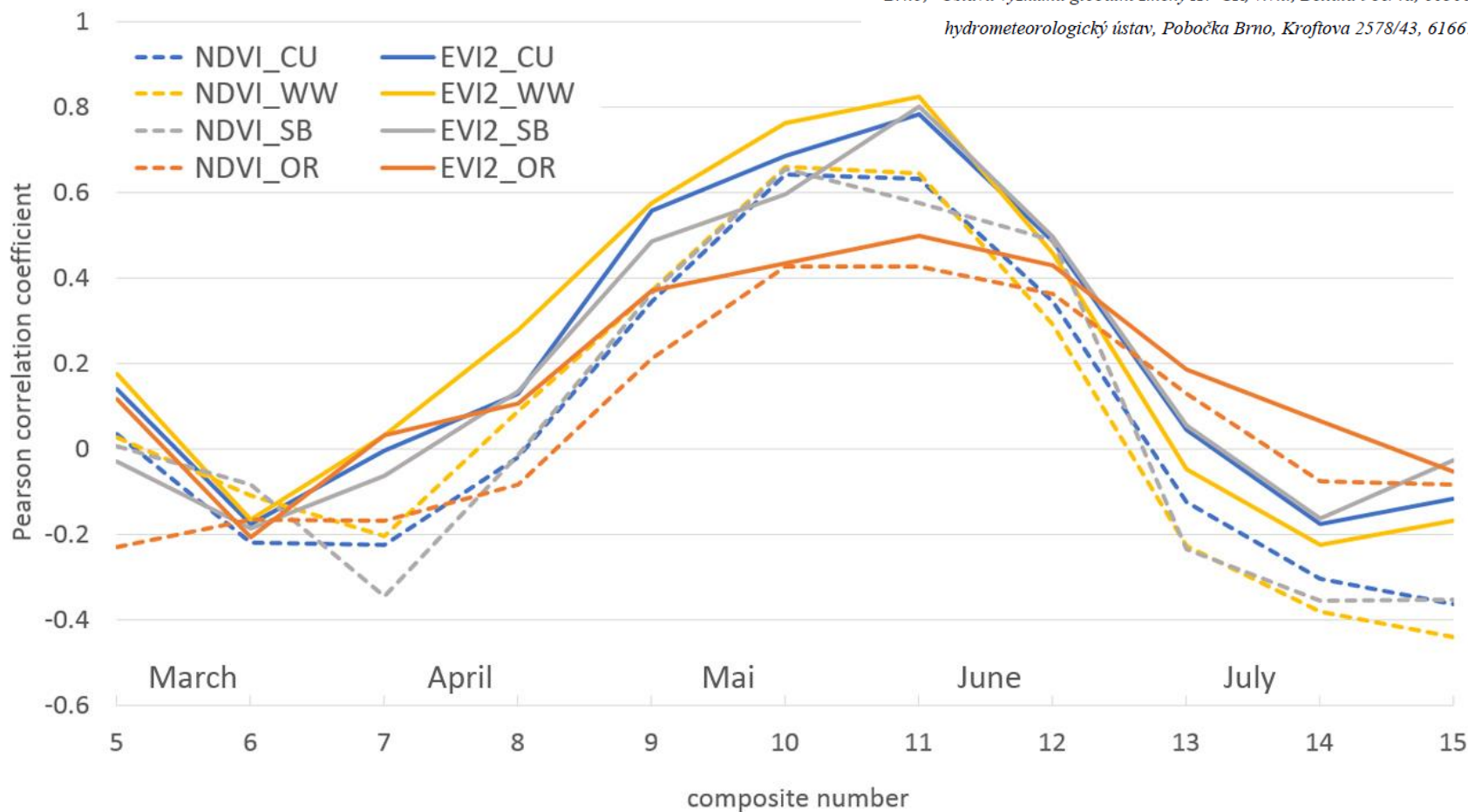
Vojtěch Lukáš¹, Miroslav Trnka^{1,2}, Daniela Semerádová^{1,2}, Kamil Rajdl², Jan Balek^{1,2}, Petr

Štěpánek^{2,3}, Pavel Zahradníček^{2,3}, Petr Hlavinka^{1,2}, Zdeněk Žalud^{1,2}

¹Ústav agrosystémů a bioklimatologie, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 61300

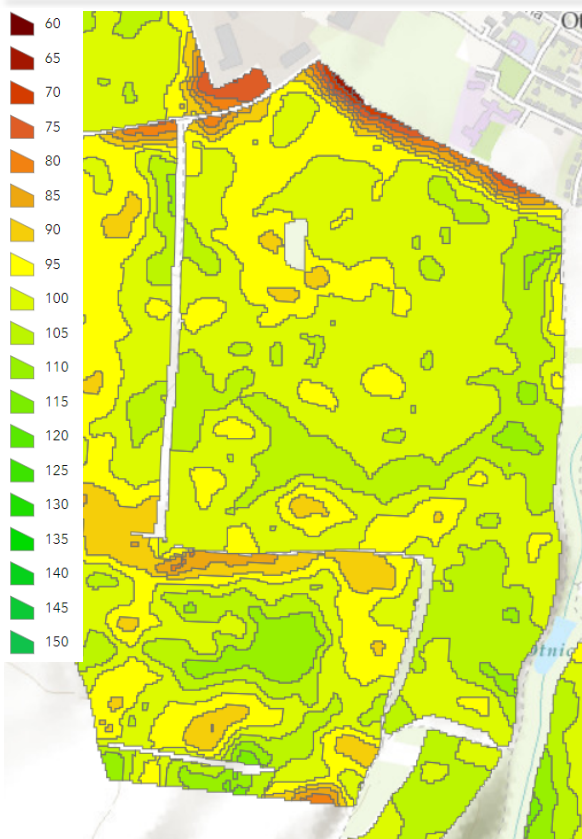
Brno; ²Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i., Bělidla 986/4a, 60300 Brno; ³Český

hydrometeorologický ústav, Pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 61667 Brno



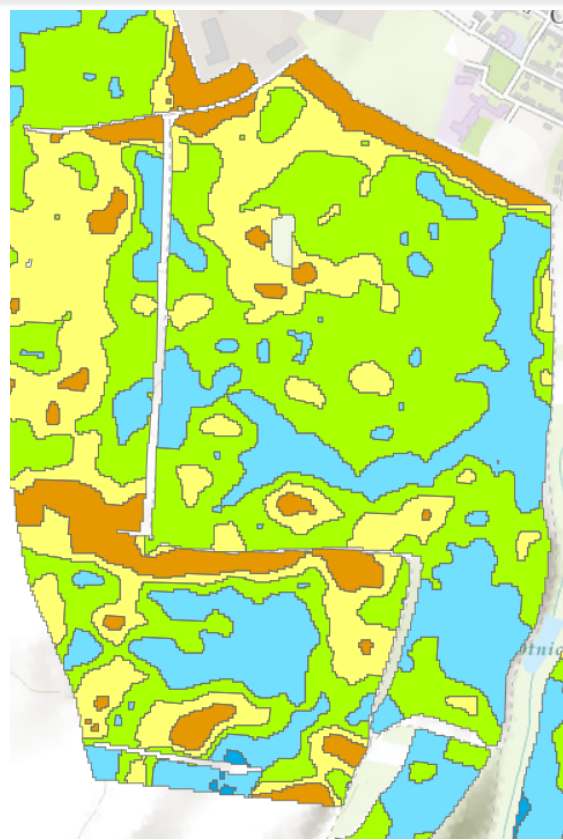
Korelační koeficient mezi veg. indexy (MODIS) a výnosy plodin napříč sledovanými ročníky

Produkční zóny

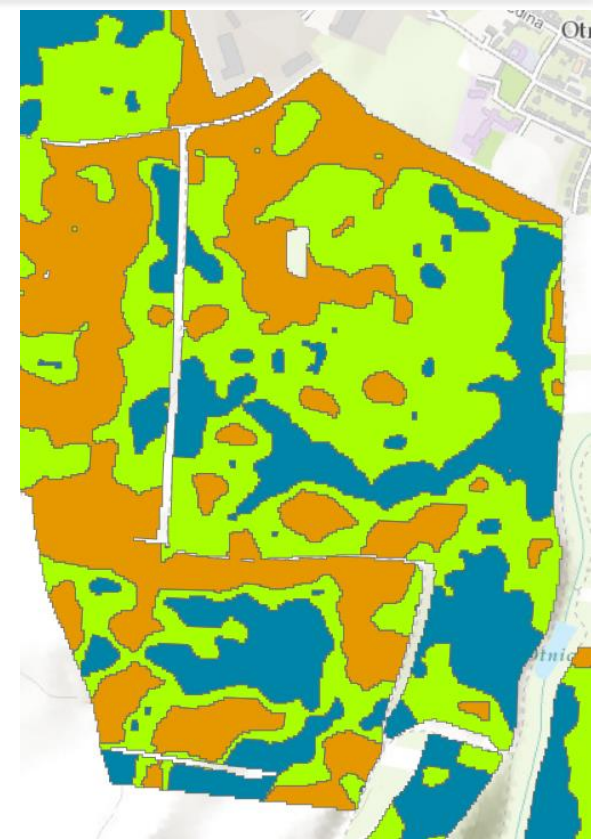


Zóny klasifikované po 5 %

- procentuální odchylka od průměrného výnosu



5-zónová mapa



3-zónová mapa



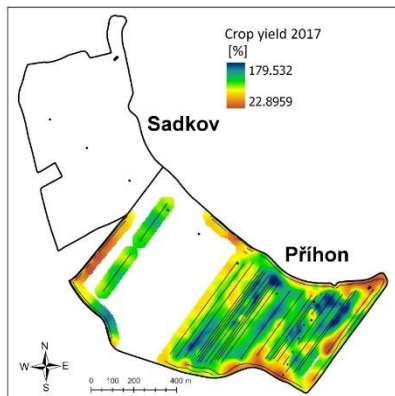
Vymezení produkčních zón

Crop yield maps

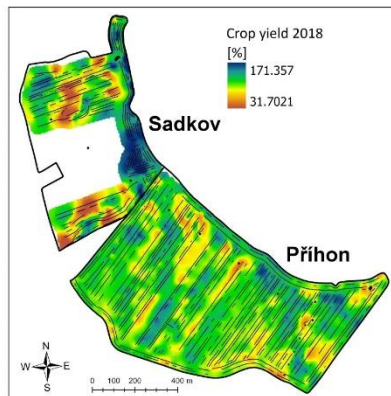
Sentinel-2 NDVI

Other data

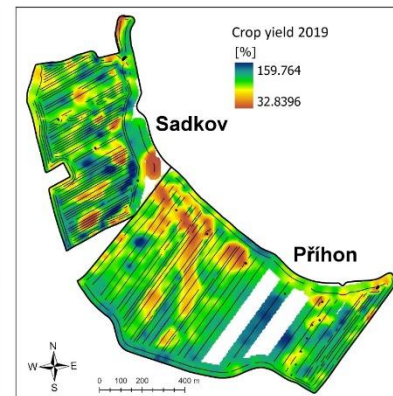
2017



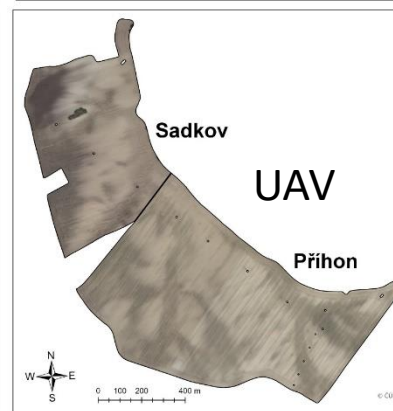
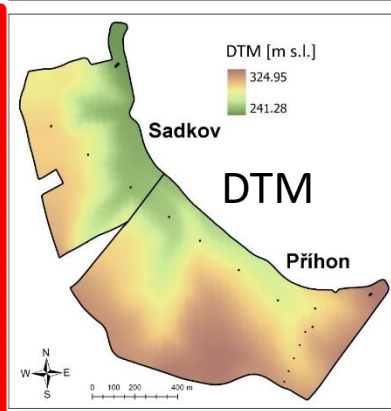
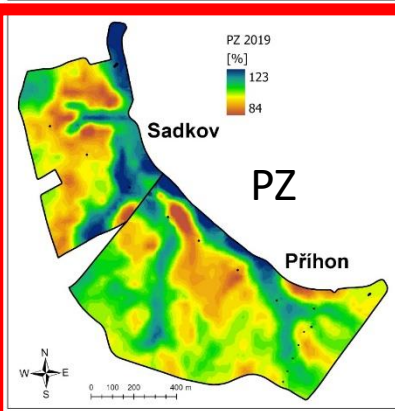
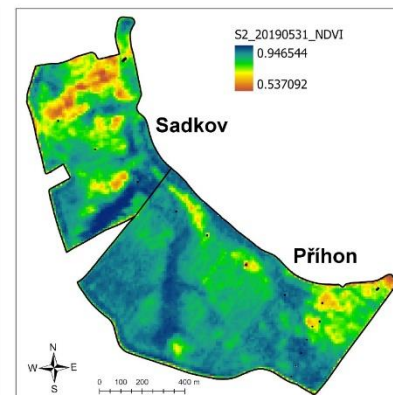
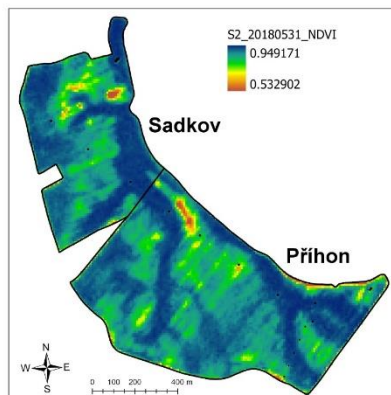
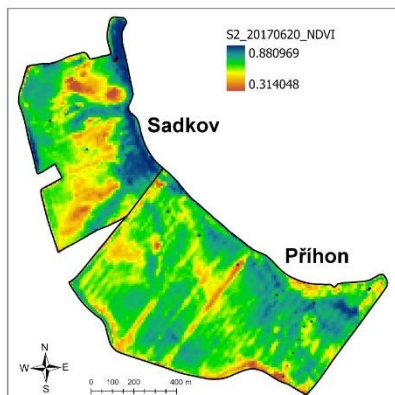
2018



2019



Rostěnice
129 ha



Analýza dlouhodobých trendů

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



Hodnocení aktuálního stavu

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

= PLÁN

= KOREKCE

Strategie určení intenzity zásahu

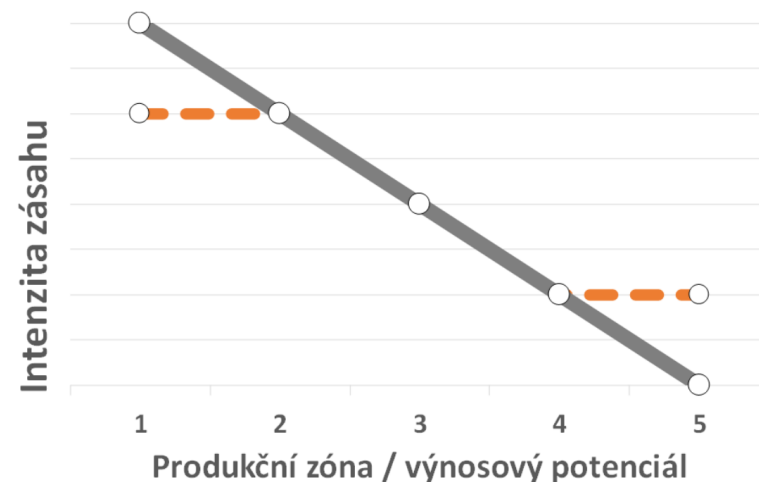
Posilovací (aditivní)

- S vyšší hodnotou očekávaného výnosu (produkčních zón) se zvyšuje intenzita zásahu
- Úprava extrémních hodnot dle aktuální situace (riziko poléhání porostů, výsušné stanoviště, podpora slabých porostů, ...)



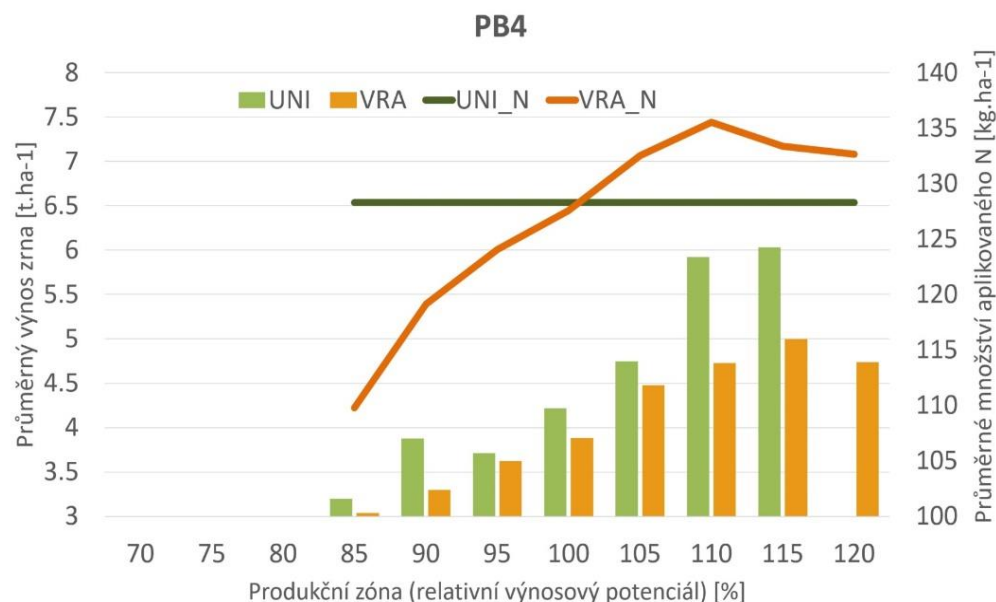
Kompenzační

- Intenzita zásahu se snižuje se zvyšující se hodnotou výnosového potenciálu

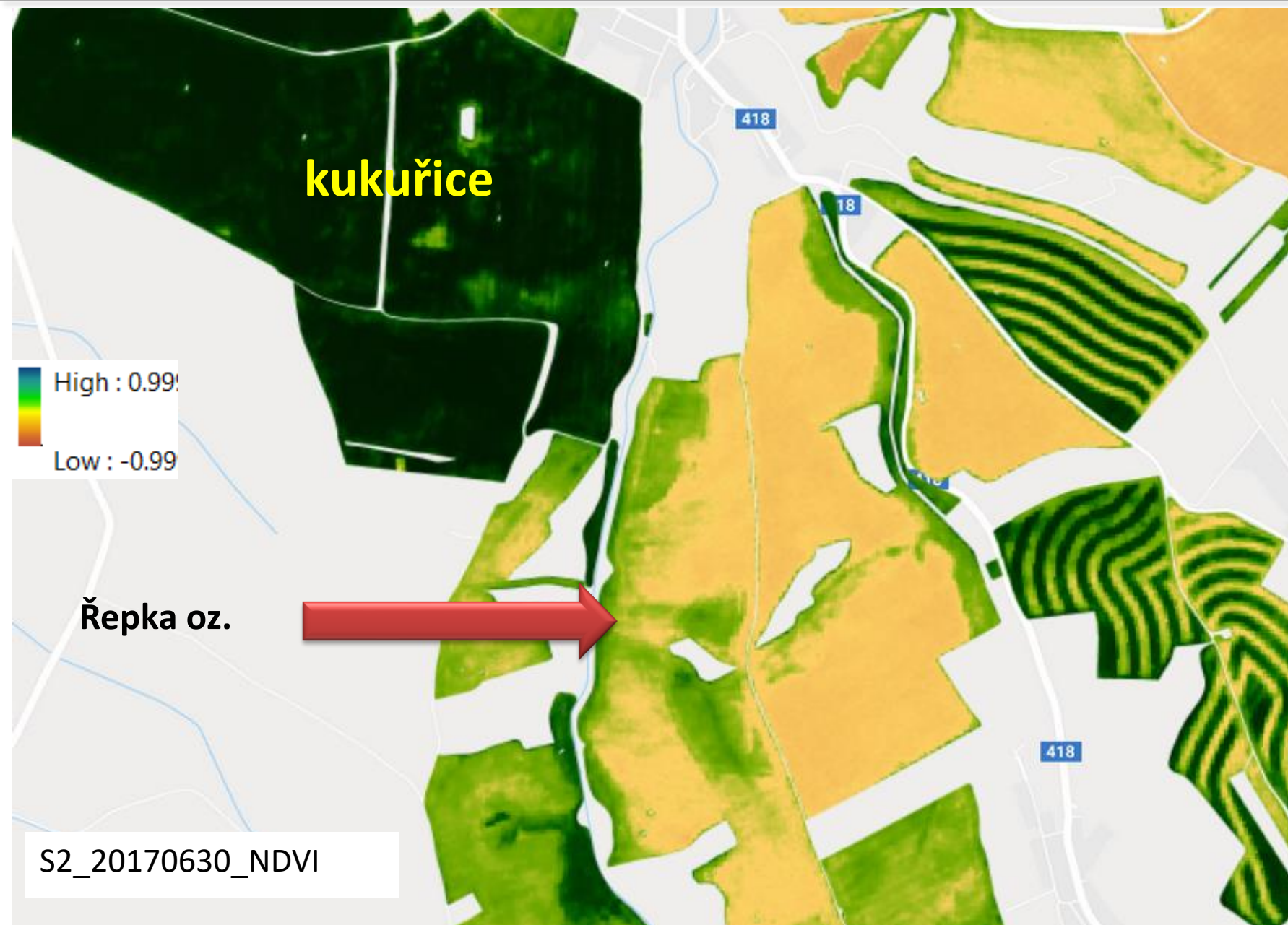


Výsledky ověřování variabilní aplikace N

- vyšší význam **vlivu produkční schopnosti stanovištních podmínek** na dosažené výnosy než úroveň výživy dusíkem
- zvýšení dávky dusíku v zónách s nadprůměrným výnosovým potenciálem **nevedlo** k očekávané podpoře vyššího odběru živin pro **dosažení vyššího výnosu zrna**.
- doporučeno je **snížení úrovně aplikace dusíkatých hnojiv v zónách s nižším očekávaným výnosem** zrna formou variabilního dávkování a „**zastropování**“ dávek **dusíku** na místech s vyšší hodnotou relativního výnosového potenciálu.



Identifikace dozrávání porostu

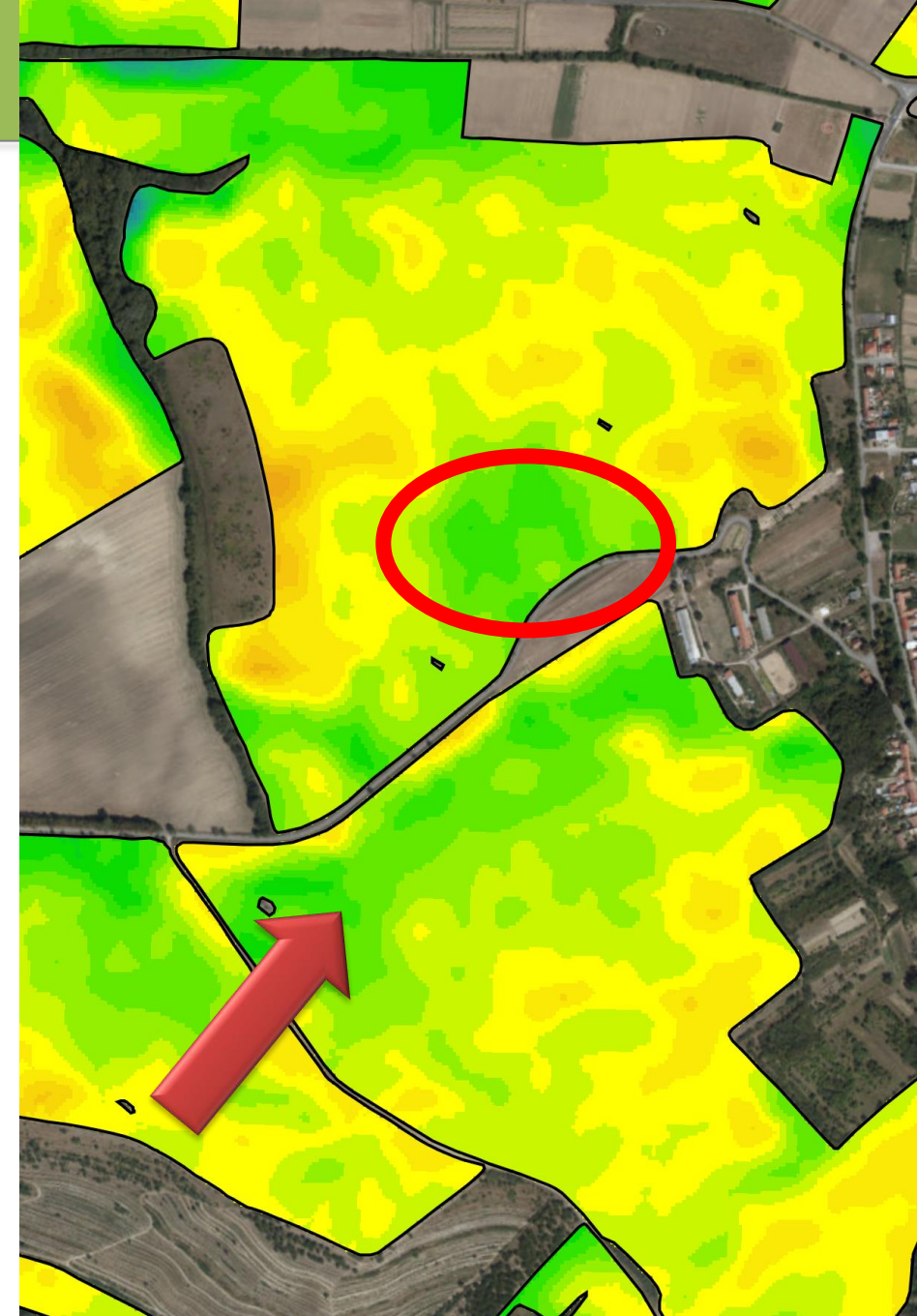




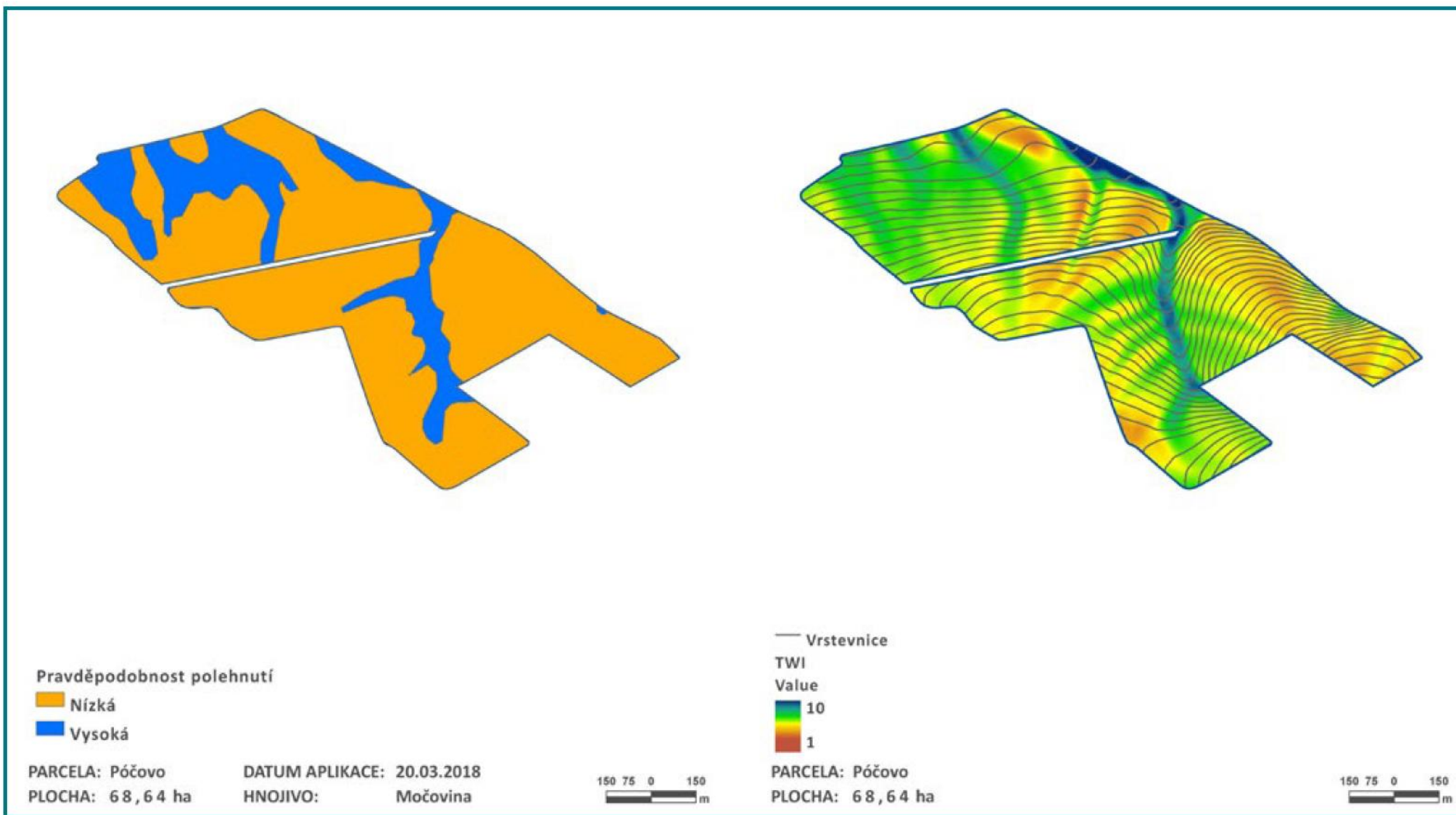
Polehlý porost pšenice ozimé, Rašovice, červenec 2020



Ortofoto 2020

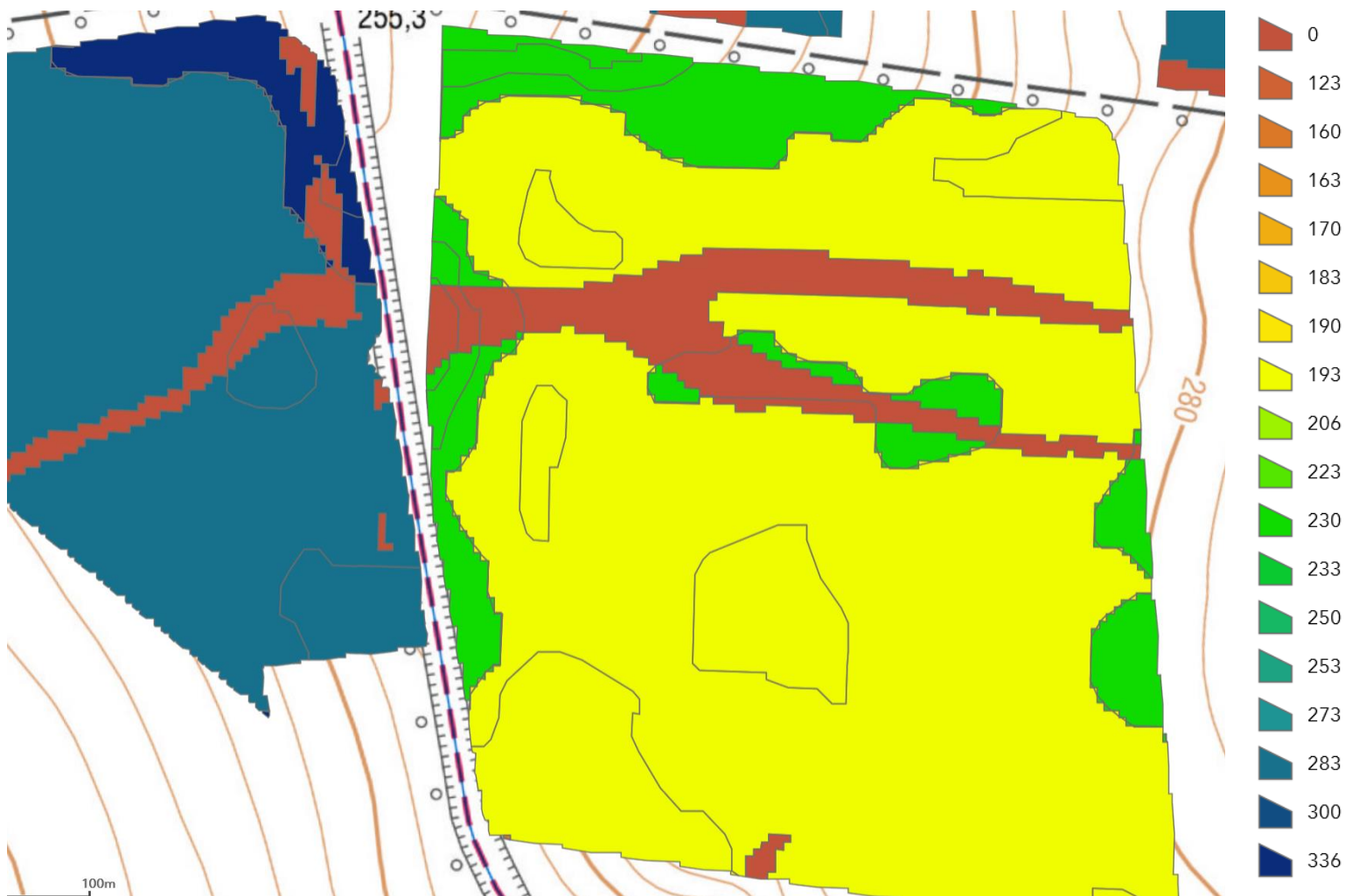


Produkční zóny z družicových dat



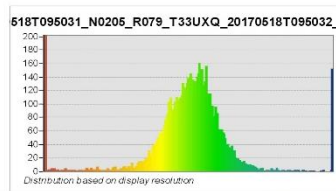
Obrázek 42: Mapy s identifikací míst s vysokou pravděpodobností poléhání porostu (vlevo) na základě reliéfu terénu z DEM (vpravo), v tomto případě klasifikací topografického vlhkostního indexu TWI (Neudert et al., 2018).

Redukce dávky N v terénních depresích (LAD, ječmen jarní, 2022) – dle TWI



ječmen jarní
78 ha

NDVI_170518
High : 0.911126
Low : 0.225302



0 50 100 200
m

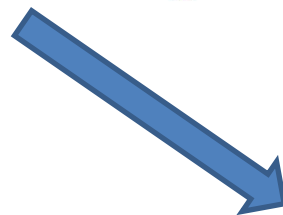
Aplikace regulátoru růstu
(2017)

ječmen jarní
78 ha

davka
nizka
stredni
vysoka



0 50 100 200
m



Testování variabilní aplikace regulátoru růstu a fungicidního ošetření
- dle mapy produkčních zón (Kyjovsko, 2021)



Bezpilotní průzkum

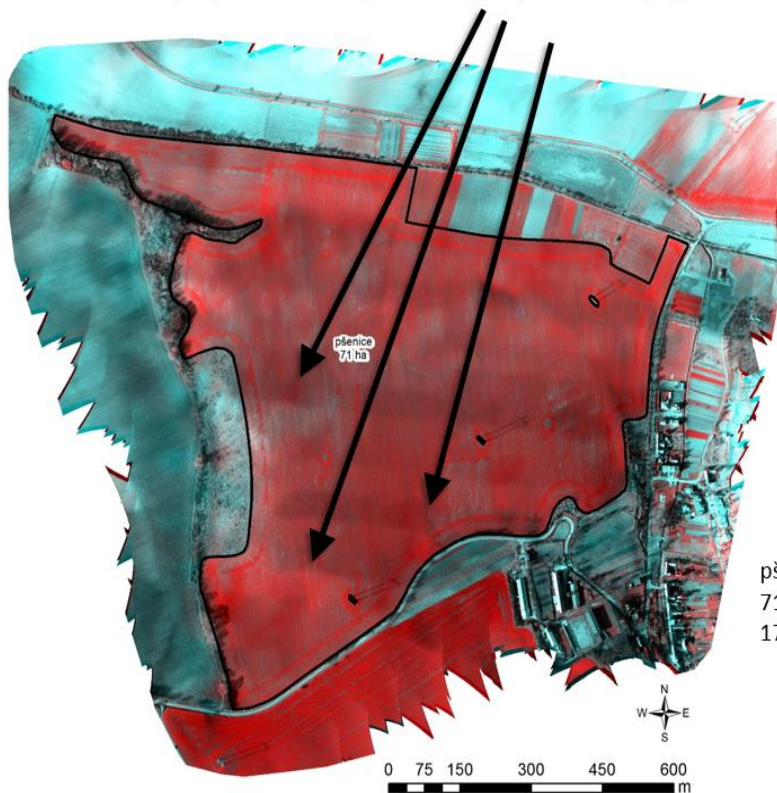
- operativní průzkum v nízké výšce
- automatizované ovládání
- legislativní omezení
- vhodné povětrnostní podmínky
- náročné zpracování dat
- plošná výkonnost 20 - 200 ha/vzlet

DJI Phantom 4 Multispectral

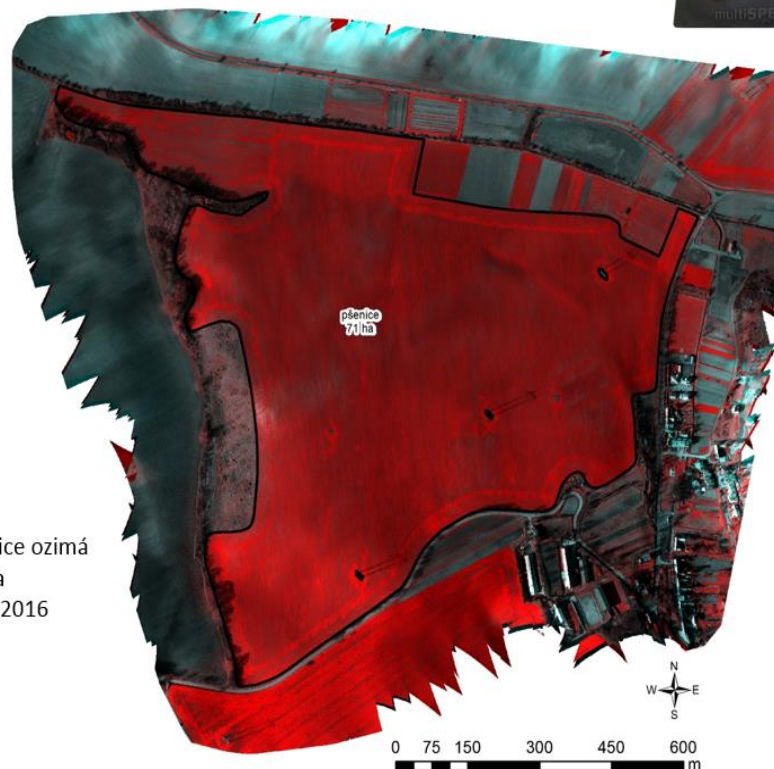


Význam zohlednění rozdílných světelných podmínek při pořizování dat (čidlo intenzity záření u senzoru MULTISPEC 4C)

pásky vzniklé rozdílnými světelnými podmínkami při průletu

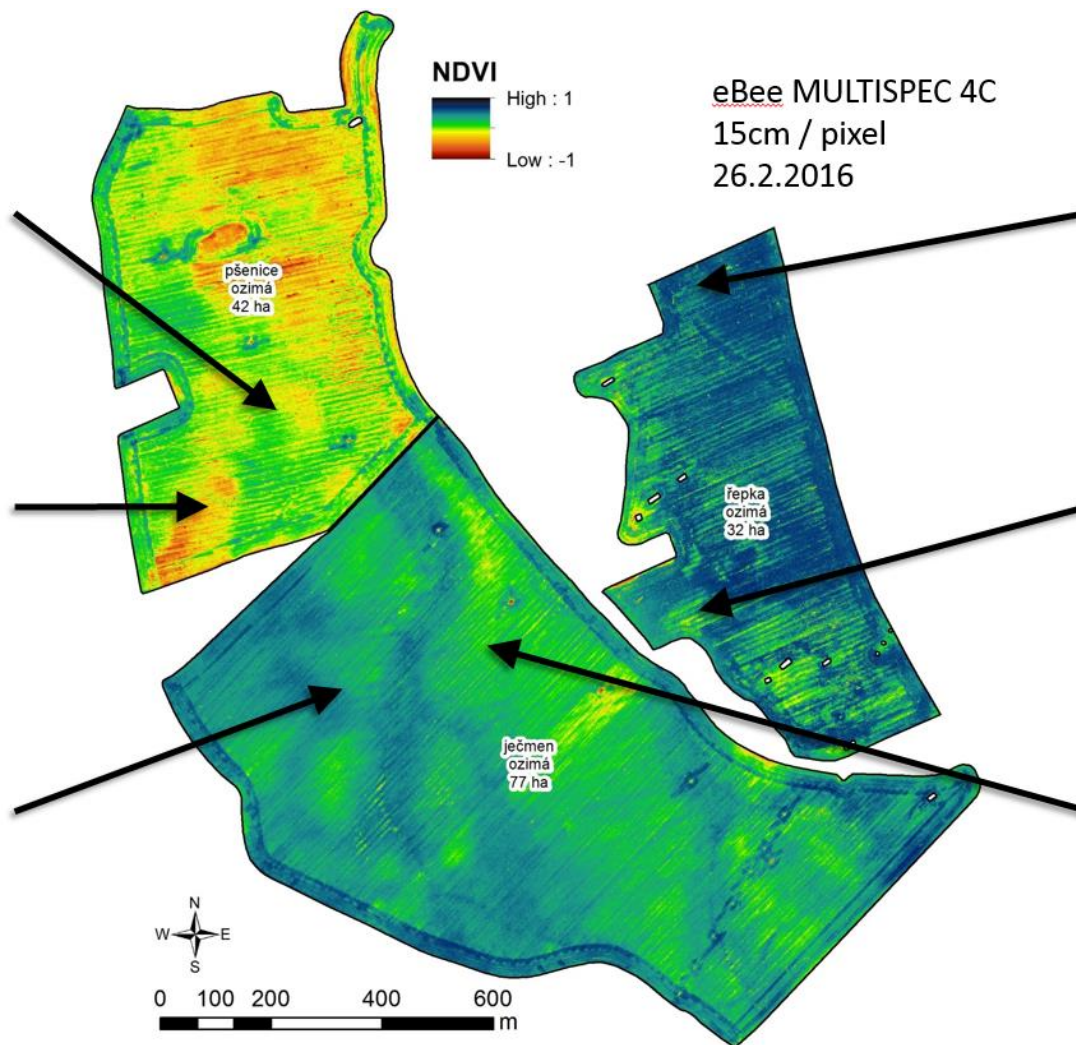


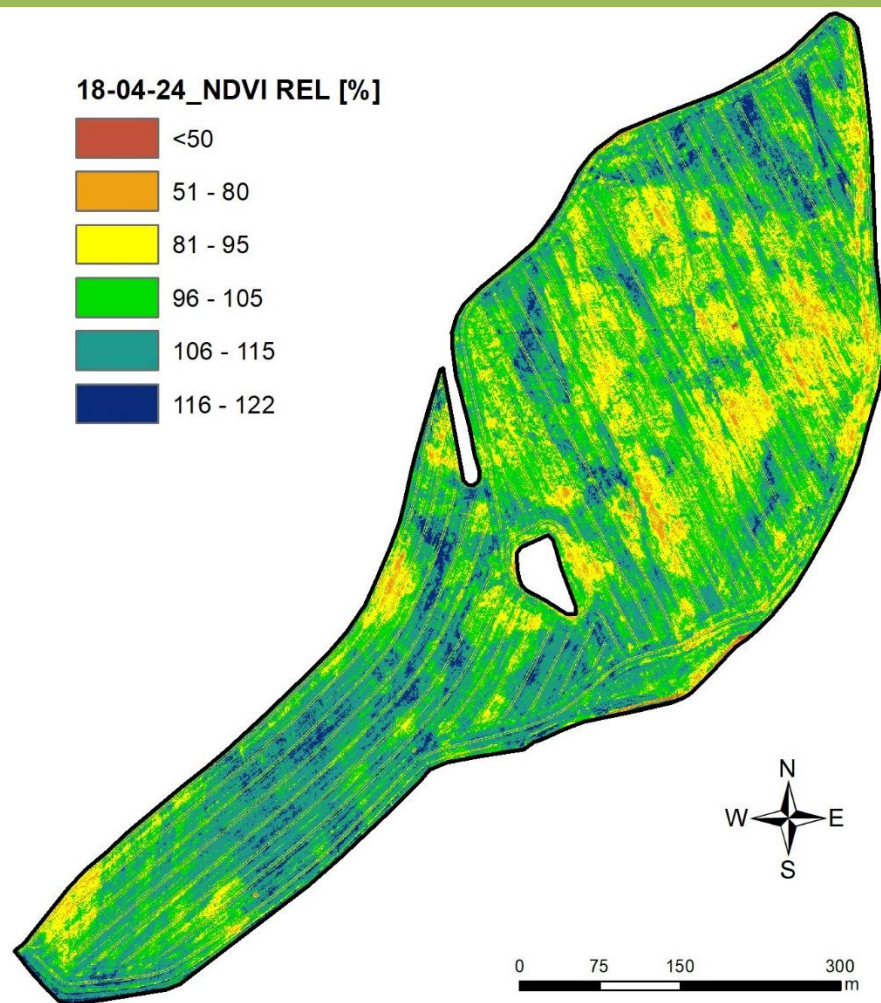
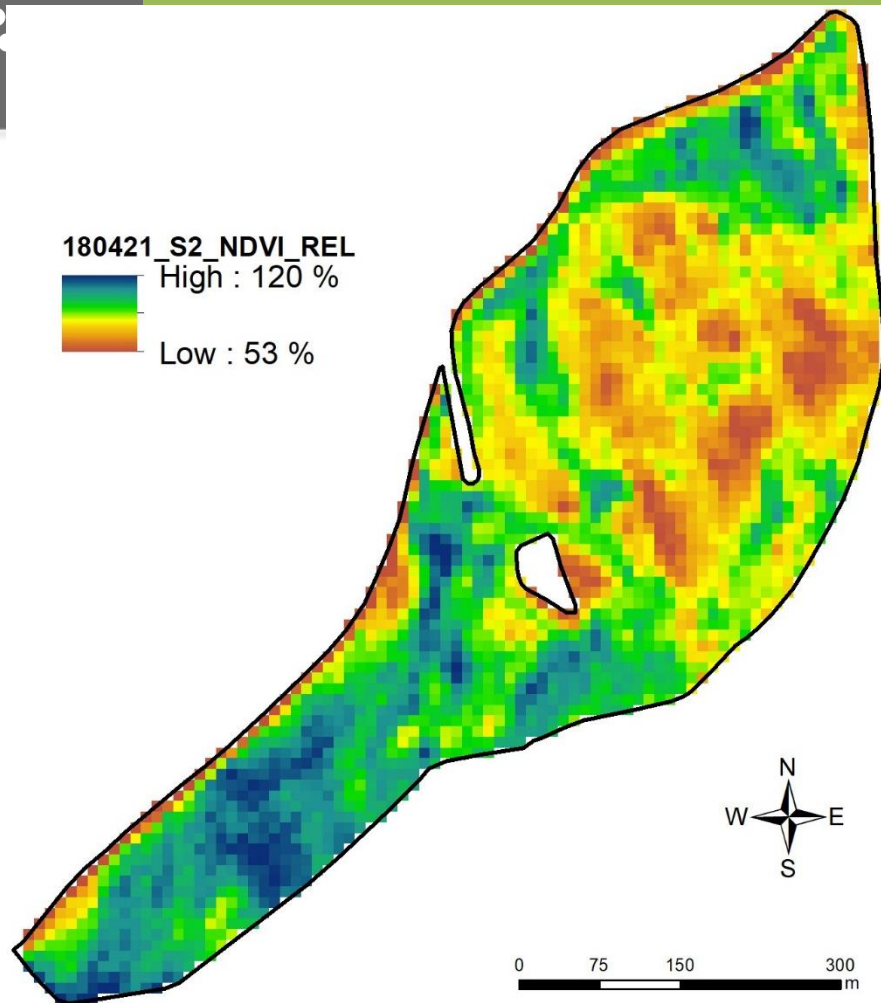
Ortomozaika bez radiometrických korekcí jednotlivých snímků



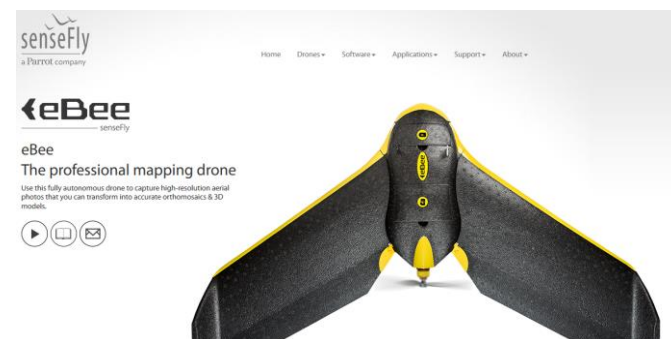
Ortomozaika s radiometrickými korekcemi





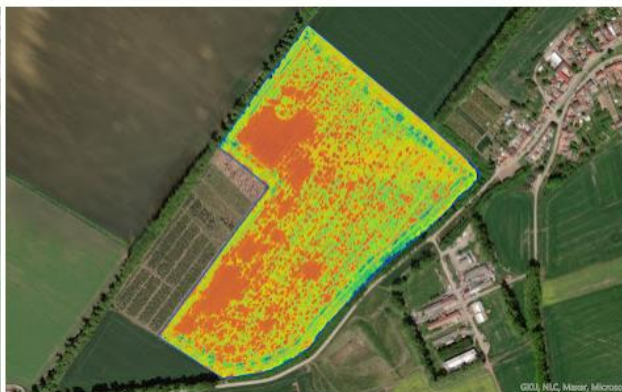


ZD Kojčice (Pelhřimov) – pozemek cca 20 ha

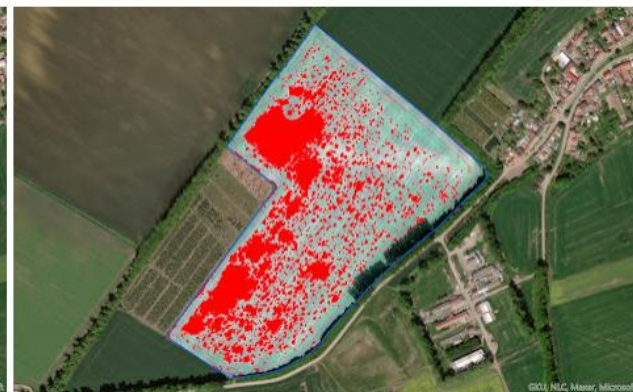




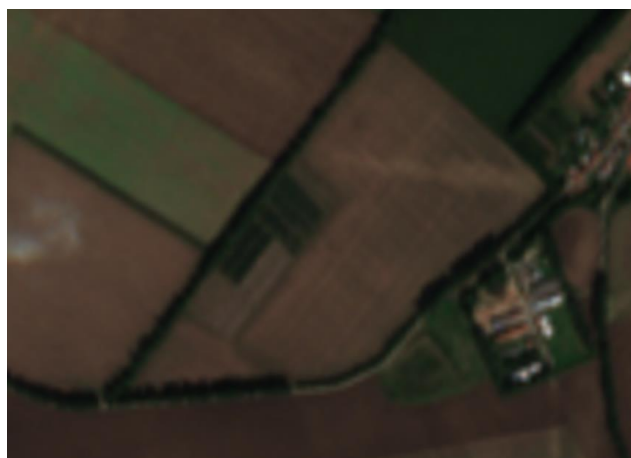
UAV RGB mozaika



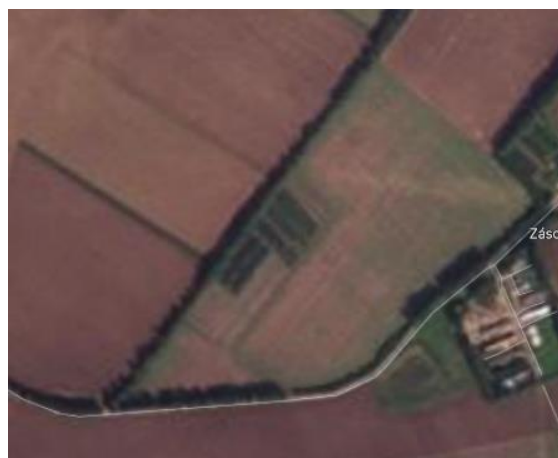
NDVI



identifikace poškození



Sentinel-2 7.9.2022



PlanetScope 13.9.2022

Parcela	Plocha ha	Plocha ha bez porostu	Procento
Osmička malá	3,15	1,35	42,94%
Osmička od Desátku	23,63	8,49	35,91%

Mapování drenážních systémů

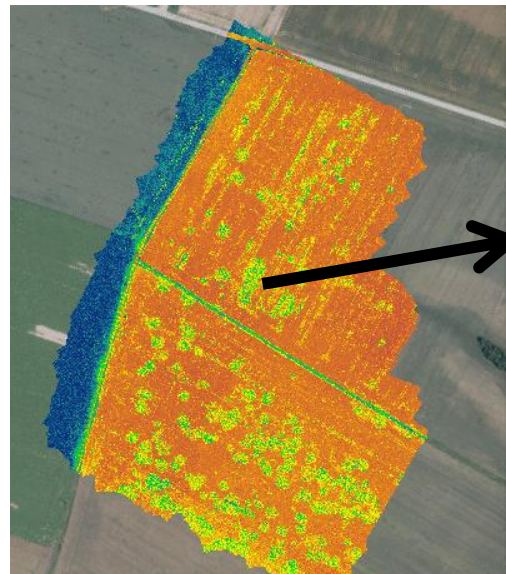


AGRA Řisuty s.r.o., pozemek Za Frajmankou, ječmen jar., 2021

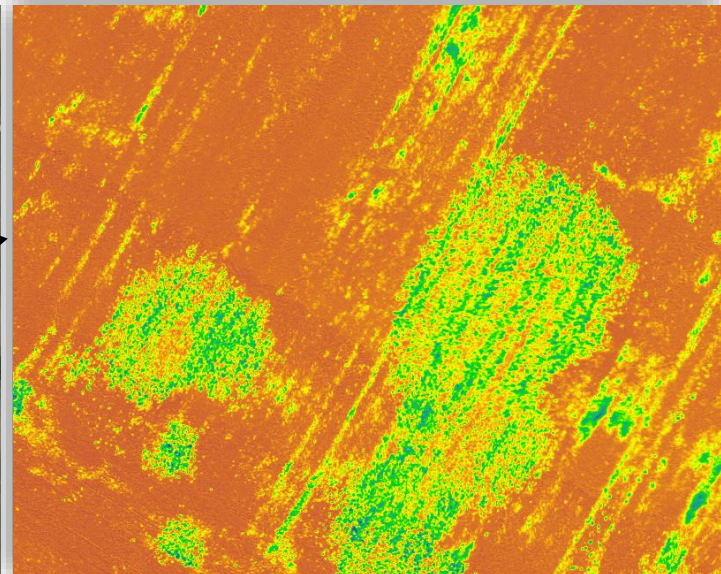
Detekce zaplevelení



Sentinel-2 (9.9.2021), 10m / pixel



UAV (11.9.2021), 7 cm/pixel



Lokalita Nová Ves, 2021
detekce pcháče (*Cirsium arvensis*)



Detekce zaplevelení



Nová Ves (Ivančice), 14 May 2022, *Cirsium arvense* in winter wheat crop

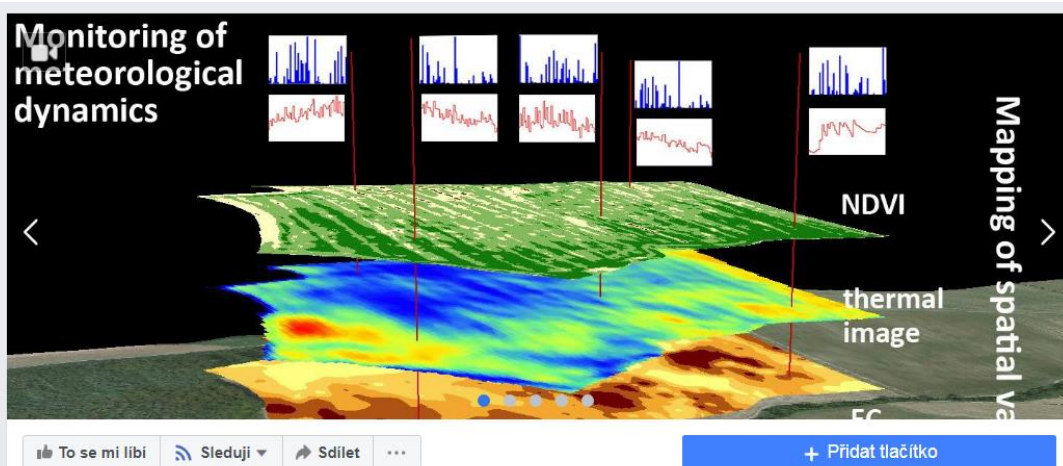
Shrnutí

- precizní zemědělství (PZ) představuje směr racionálního hospodaření na půdě, který má z hlediska budoucího vývoje zemědělství **vysoký potenciál uplatnění v ČR,**
- postupy PZ vyžadují **identifikaci variability** pozemků - DPZ má významnou roli při mapování pozemků formou **diagnostiky stavu porostu polních plodin a vymezení management zón.**
- vývoj metod mapování plošné variability by měl zahrnovat **celo-faremní úroveň** s dostatečnou přesností, časovou a prostorovou detailností (**družicový DPZ**) s případným doplněním detailního monitoringu pro jednotlivé pozemky (**UAV**)
- volba metod DPZ pro optimalizaci pěstebních operací formou variabilních aplikací by měla odpovídat požadavkům na **kvalitu vstupních dat a přesnost prováděného zásahu**

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



www.facebook.com/chytrezemedelstvi



<https://www.ctpz.cz/publikace>





Děkuji za pozornost



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

Prezentace obsahuje výsledky řešení výzkumných projektů
TAČR TH04010494, TH02030133, NAZV QK21010247 a NAZV QK1810233

