



# Využití dronů pro precizní zemědělství

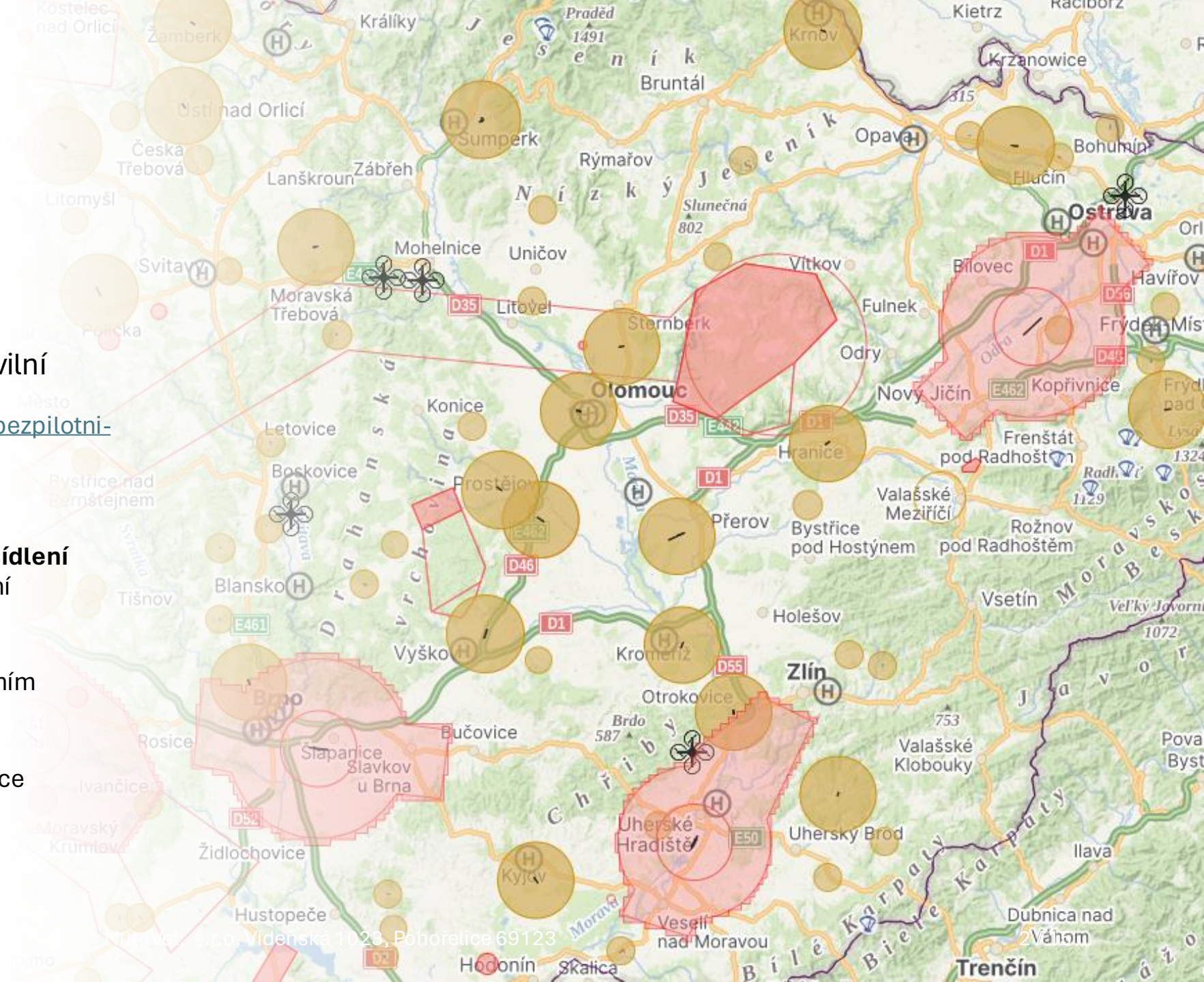
Stanovení optimální doby  
sklizeně kukuřice na siláž

Přednáší:  
Ing. Soňa Malá

**NutriVet** s.r.o

# Legislativa

- Povolení uděluje Úřad pro civilní letectví přes portál pilota:
  - <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/>
- Druhy licencí:
  - Open:
    - A1/A3: do 150m od osídlení
    - A2: do 30 m od osídlení
  - Specific:
    - se zátěží nad 25 kg
    - přelet nad shromážděním
  - Certified
    - nebezpečný náklad
    - drony s délkou 3m a více
- DronView:
  - <https://dronview.rlp.cz/>

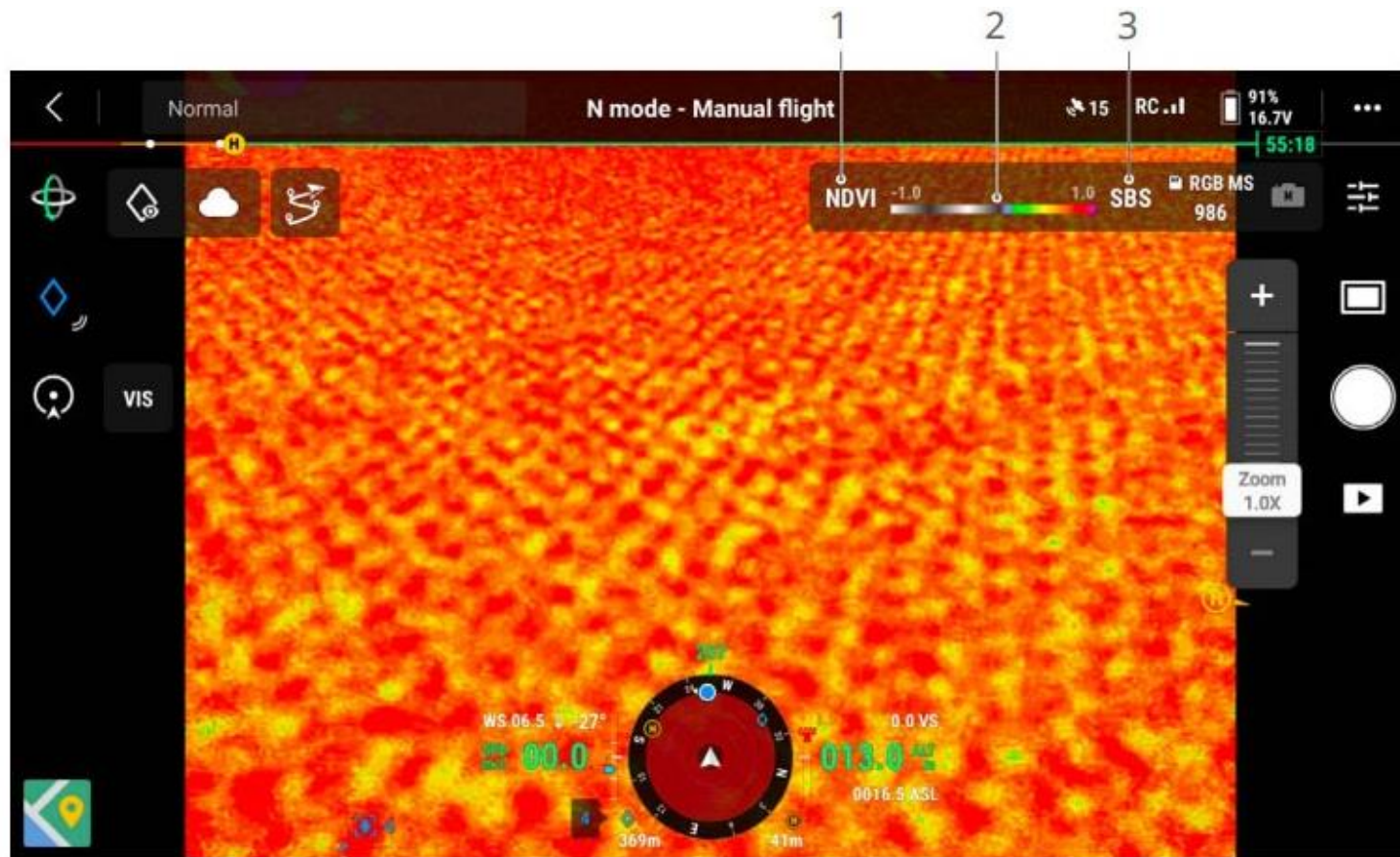


# DJI Mavic 3M

- Kategorie UAV: C2
- Integrovaná RGB kamera
- Integrovaná multispektrální kamera:
  - NIR, 860 nm  $\pm$  26 nm
  - RedEdge, 730 nm  $\pm$  16 nm
  - Red, 650 nm  $\pm$  16 nm
  - Green, 560 nm  $\pm$  16 nm
- Doba letu: 40 min ~ 20 ha

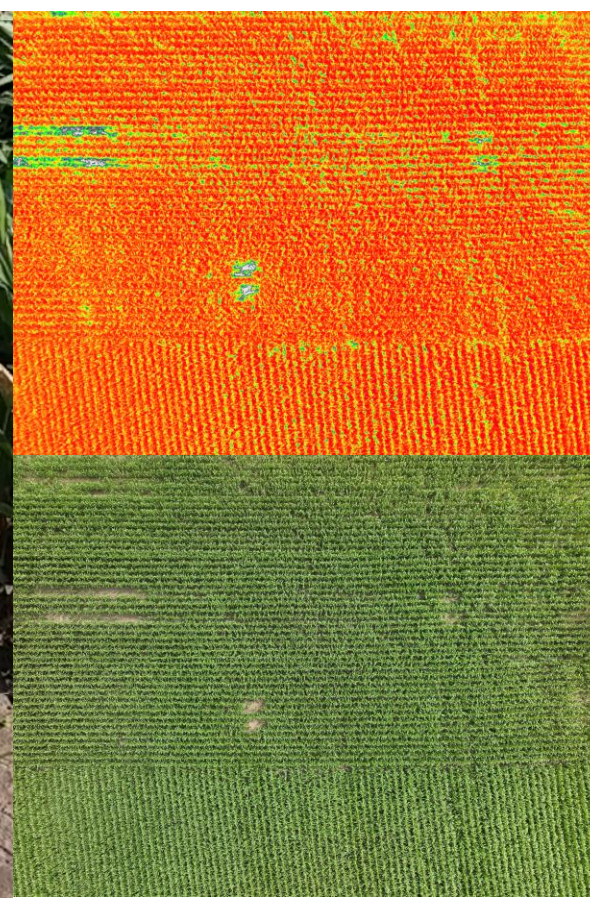
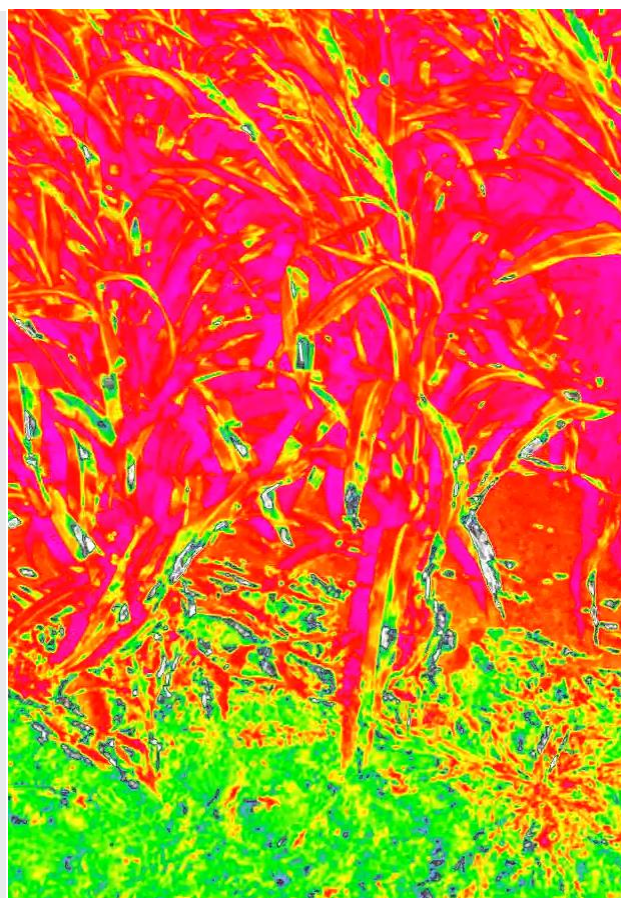
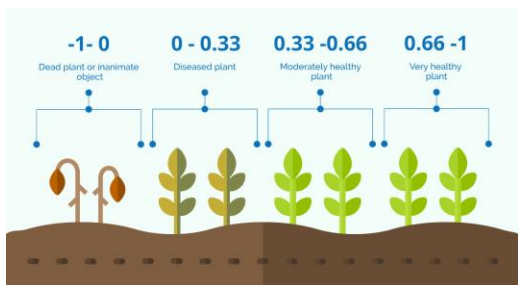
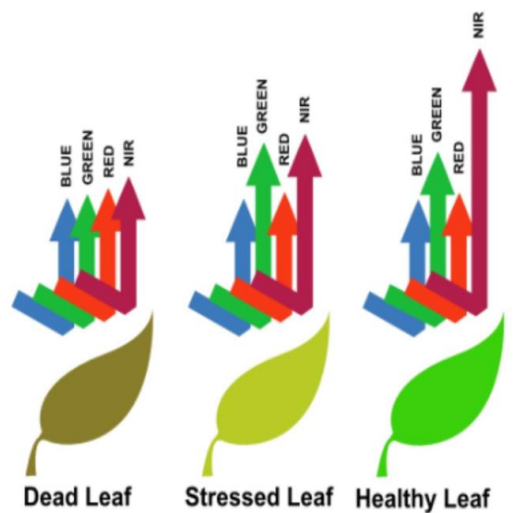


# Pohled pilota DJI Mavic 3M



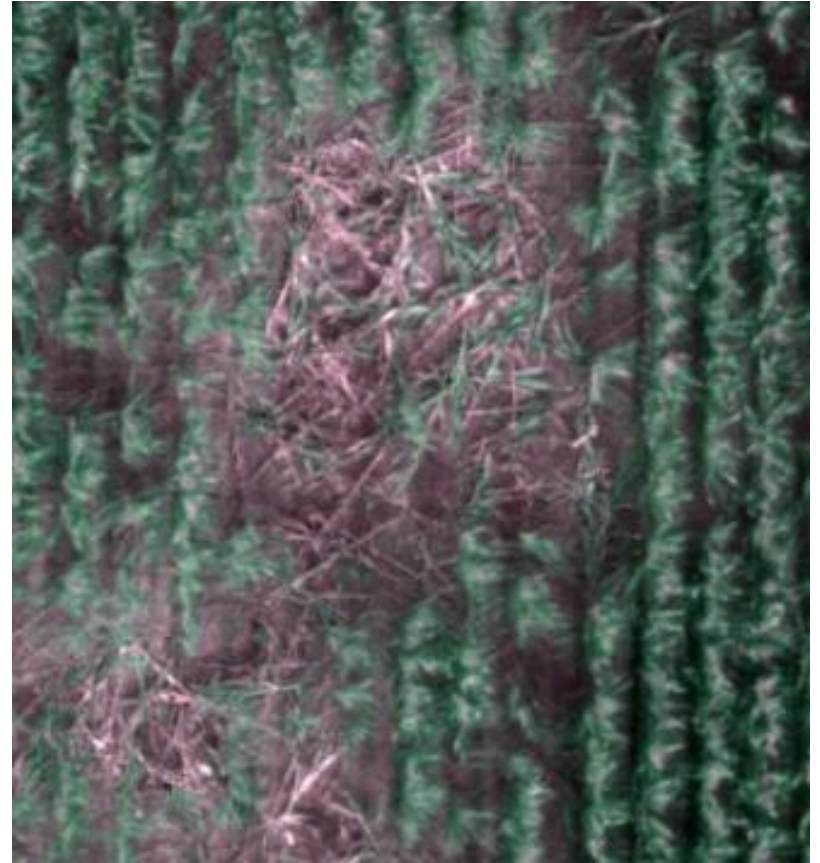
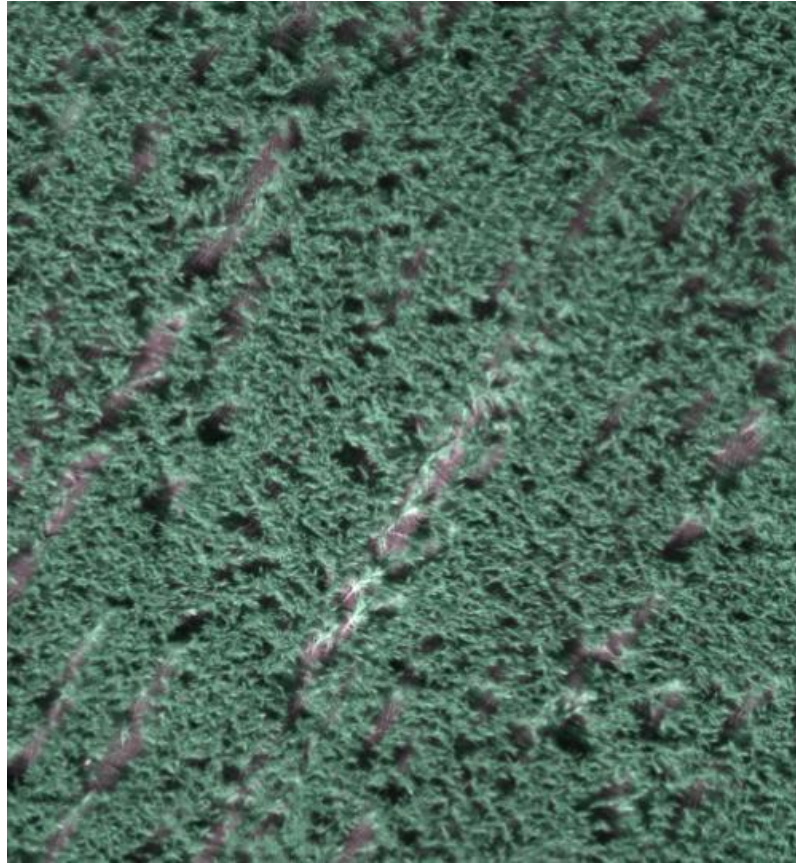
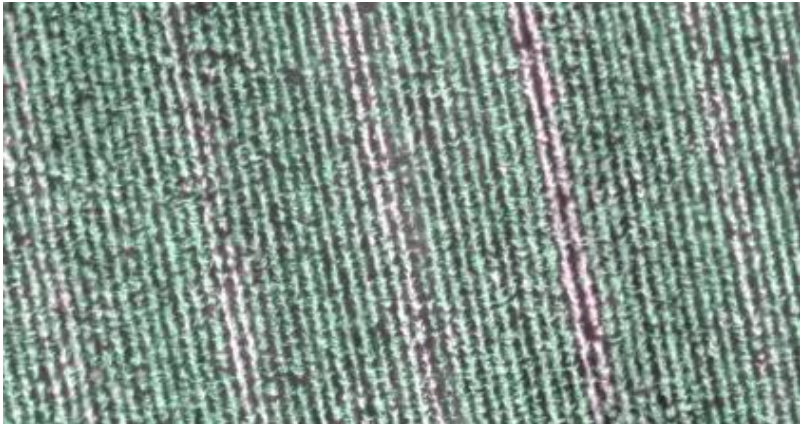
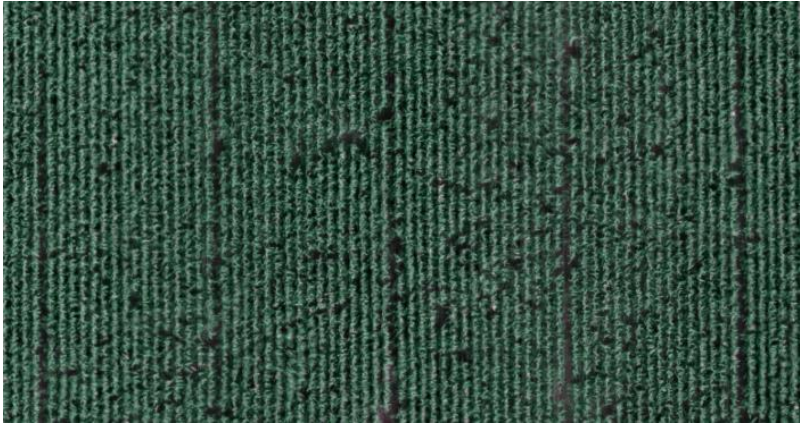
1. Zvolený veg. Index, počítaný za letu
2. Obarví náhled dle hodnoty indexu
3. Režim pohledu

# Co nám vlastně NDVI říká?



# Jaké informace tedy z dronu získám?

- Možnost dokumentace stavu pole snímkem / videem
  - Zničený porost (zvěří, kroupy)
  - Kontrola nastavení secího stroje
  - Variabilní hnojení
- Záleží i na použitém SW
  - Pix4D - roční licence
  - DJI Terra - roční licence
  - **QGIS - open source**
- Co SW umí navíc:
  - Tvorba map pole (GeoTiff)
    - RGB
    - Vegetační indexy (NDVI, GNDVI, OSAVI, apod.)
  - Tvorba aplikačních map
  - GPS lokalizace škod / překážek
    - Stromy, remízky, stožáry
    - Měřit rozlohu, délku, atd.
  - 3D modely objektů



## Dronem zachycené problémy v porostu kukuřice

---



# Odhad doby sklizně na farmách

- Základním parametrem pro sklizeň kukuřice na siláž je **hodnota obsahu sušiny a její nárůst v čase**
- Dodavatelé osiva, konzervačních přípravků v rámci služeb
  - Homogenizace na místě (různé typy drtičů)
  - Využití NIR technologie (AgriNIR, HarvestLab)
  - KWS, Limagrain satelity (založeno na NDVI)
  - Využití laboratoře – stanovení obsahu sušiny (24 hod.)
- Obchůzka polí (zralost zrna, stav mléčné čáry, celkový stav rostlin)
- **Častý problém:** hodnota sušiny kolísá z důvodů stavu a heterogenity porostu, odběr reprezentativního vzorku z velké plochy, četnost vzorků k ploše plodiny



# Predikce optimální doby sklizně pomocí množství sušiny stanovené na základě veg. indexů

Letos jsme aplikovali znalosti z uveřejněného článku na MDPI, ale ...

Sběr dat:

probíhal v okolí Brna

V letech 2018 až 2022

Kamerou Micasense RedEdge-3

dronem DJI Matrice 600 Pro



Article

## Predicting the Optimum Corn Harvest Time via the Quantity of Dry Matter Determined with Vegetation Indices Obtained from Multispectral Field Imaging

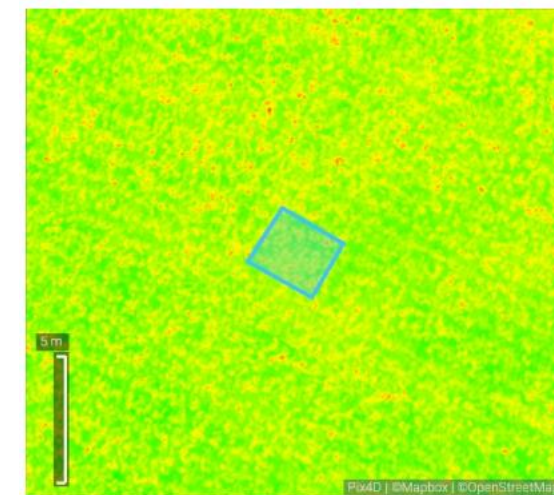
Jiří Janoušek <sup>1</sup>, Petr Marcoň <sup>1,\*</sup>, Přemysl Dohnal <sup>1</sup>, Václav Jambor <sup>2</sup>, Hana Synková <sup>2</sup> and Petr Raichl <sup>1</sup>

- <sup>1</sup> Faculty of Electrical Engineering and Communication, Brno University of Technology, 61600 Brno, Czech Republic; xjanou09@vutbr.cz (J.J.); dohnalp@vut.cz (P.D.); xraich02@vut.cz (P.R.)  
<sup>2</sup> NutriVet s.r.o., Vídeňská 1023, 69123 Pohořelice, Czech Republic; jambor.vaclav@nutrivet.cz (V.J.); nutrivet@nutrivet.cz (H.S.)  
\* Correspondence: marcon@vut.cz

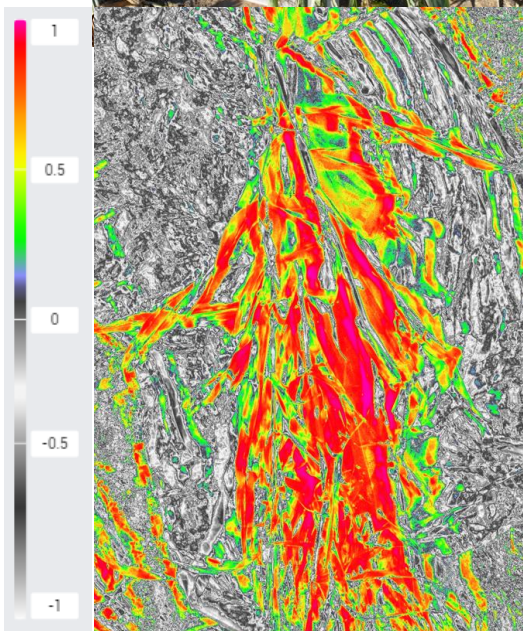
**Abstract:** Estimating the optimum harvest time and yield embodies an essential food security factor. Vegetation indices have proven to be an effective tool for widescale in-field plant health mapping. A drone-based multispectral camera then conveniently allows acquiring data on the condition of the plant. This article examines and discusses the relationships between vegetation indices and nutritional values that have been determined via chemical analysis of plant samples collected in the field. In this context, emphasis is placed on the normalized difference red edge index (NDRE), normalized difference vegetation index (NDVI), green normalized difference vegetation index (GNDVI), and nutritional values, such as those of dry matter. The relationships between the variables were correlated and described by means of regression models. This produced equations that are applicable for estimating the quantity of dry matter and thus determining the optimum corn harvest time. The obtained equations were validated on five different types of corn hybrids in fields within the South Moravian Region, Moravia, the Czech Republic.

# Odběru vzorku kukuřice: 3x10 za sebou jdoucích rostlin

- Metodika UKZUZ pro výběr a srovnání hybridu
- V současnosti UKZUZ používá maloparcelní sklízecí řezačku
- Snadná lokalizace odběru rostlin v porostu
  - Každý snímek nese informaci o GPS poloze
- Dojde k rozdělení rostlin:
  - Klas / zrno
  - Zelená hmota
- Umožňuje stanovit potenciál:
  - výnosu pole
  - produkce mléka
  - produkce metanu
- Výsledná hodnota sušiny odebraných rostlin je vypočítaná z parciálních hmotností jednotlivých částí (průměr)



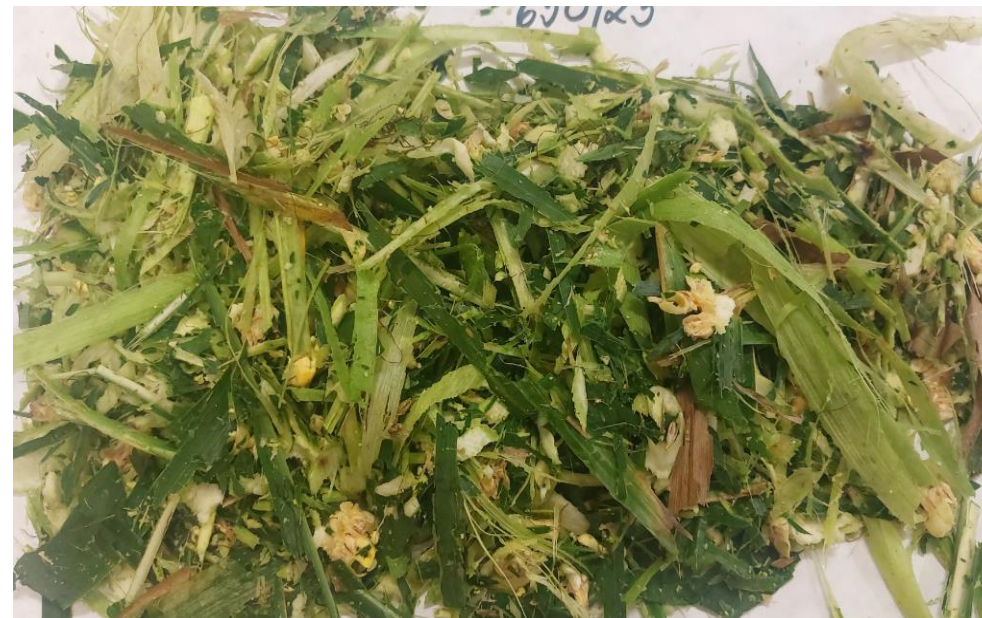
Name: 3x5 rostlin  
Area: 6.233 m<sup>2</sup>  
Mean index: 0.741 (SD: 0.097)  
Mean index (visible): 0.741 (SD: 0.097)



# Odběr vzorku kukuřice: řezanka



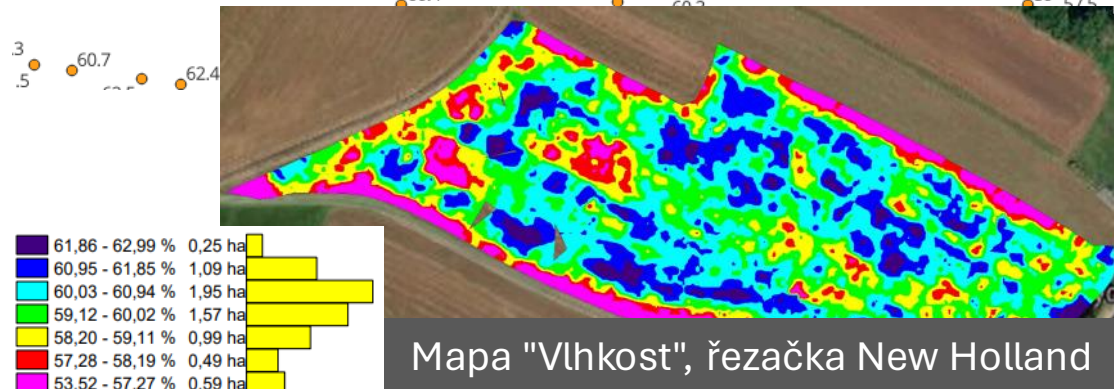
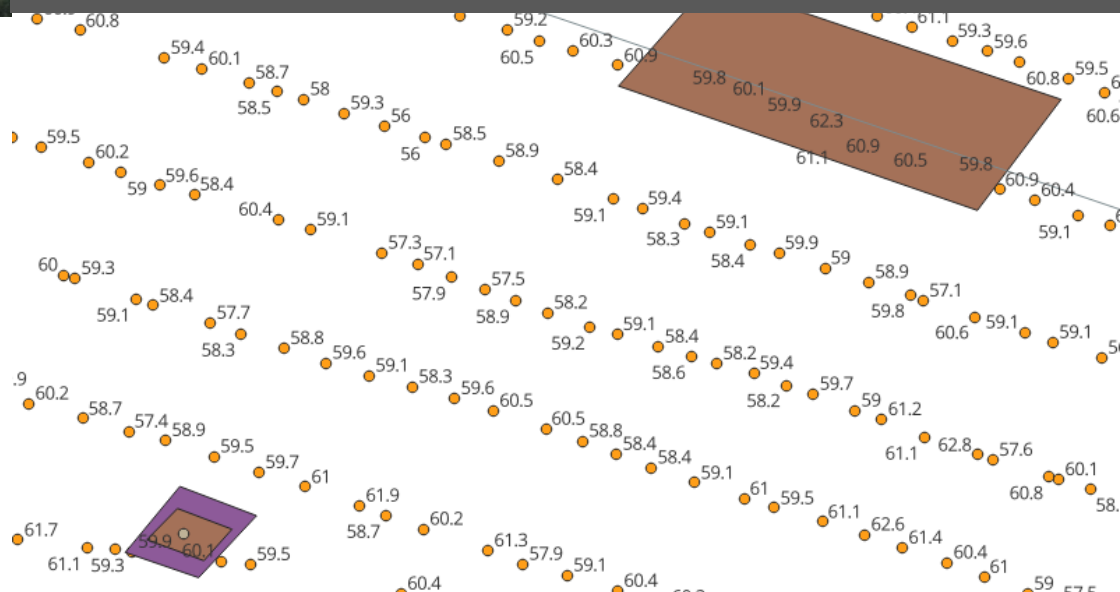
Kukuřičná hmota z řezačky



Kukuřičná hmota z drtiče v laboratoři

# Odběr vzorku kukuřice: řezanka

Data z řezačky New Holland zobrazena v QGIS



Mapa "Vlhkost", řezanka New Holland



Poloha Mapy.cz

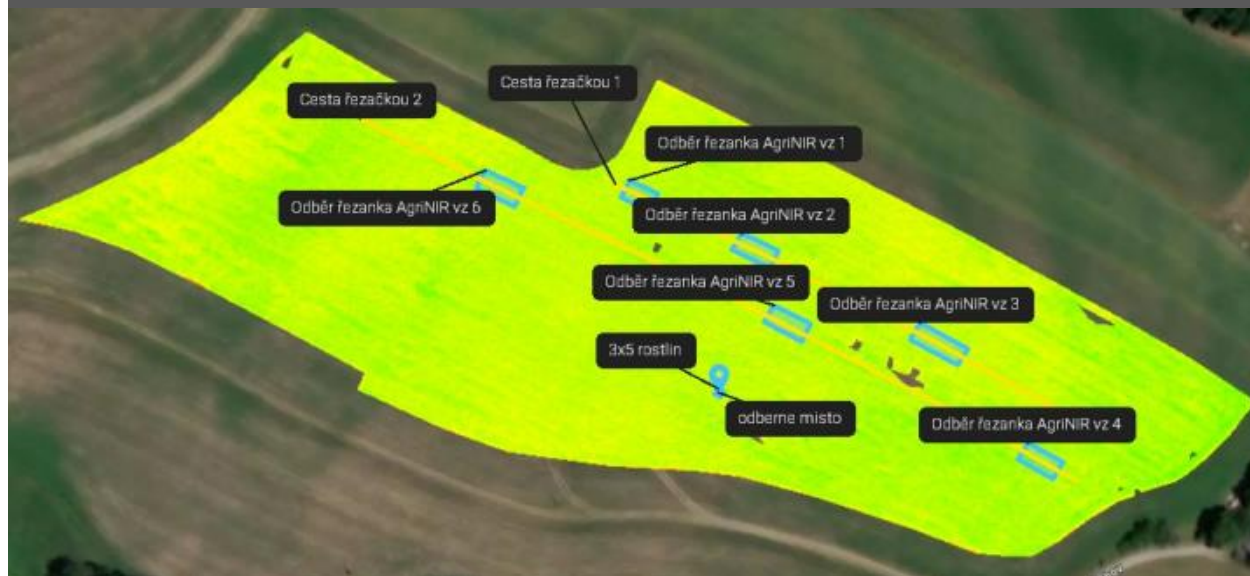


Odběr řezanky



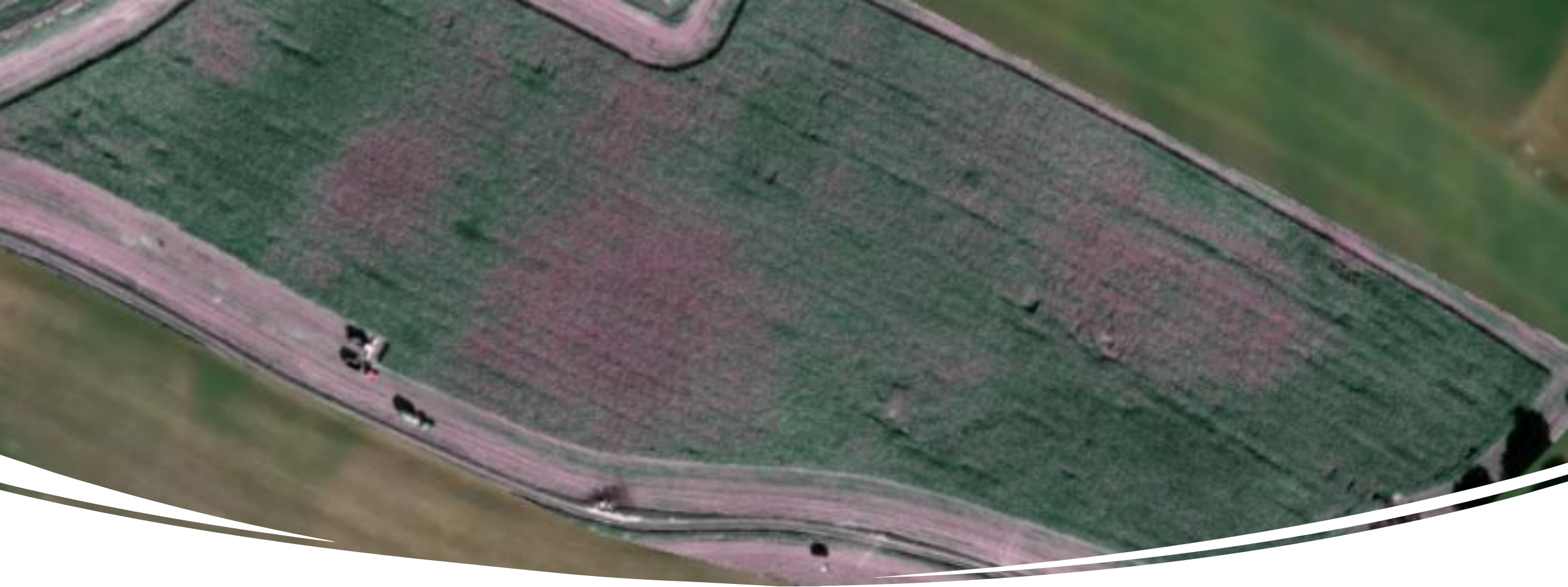
Odběr 3x10

GNDVI mapa pole v Pix4DFields



# Odběr vzorku kukuřice: shrnutí

Stanovení sušiny	NDVI	GNDVI	Chemie	Zel.Část	Klas	AgriNIR
řezanka vz 1	43,6	42,5	38,27	NA	NA	38,09
řezanka vz 2	44,2	43,7	37,12	NA	NA	40,56
řezanka vz 3	<b>56,3</b>	<b>45,9</b>	<b>35,48</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>39,15</b>
řezanka vz 4	<b>39,9</b>	<b>39,7</b>	<b>40,58</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>40,75</b>
řezanka vz 5	43,0	43,3	37,97	NA	NA	39,38
řezanka vz 6	45,7	43,3	40,62	NA	NA	38,09
3x5 rostlin	38,1	46,3	44,56	36,82	62,34	40,00
<b>Průměr pole</b>	<b>45,1</b>	<b>43,1</b>	<b>38,34</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>40,43</b>

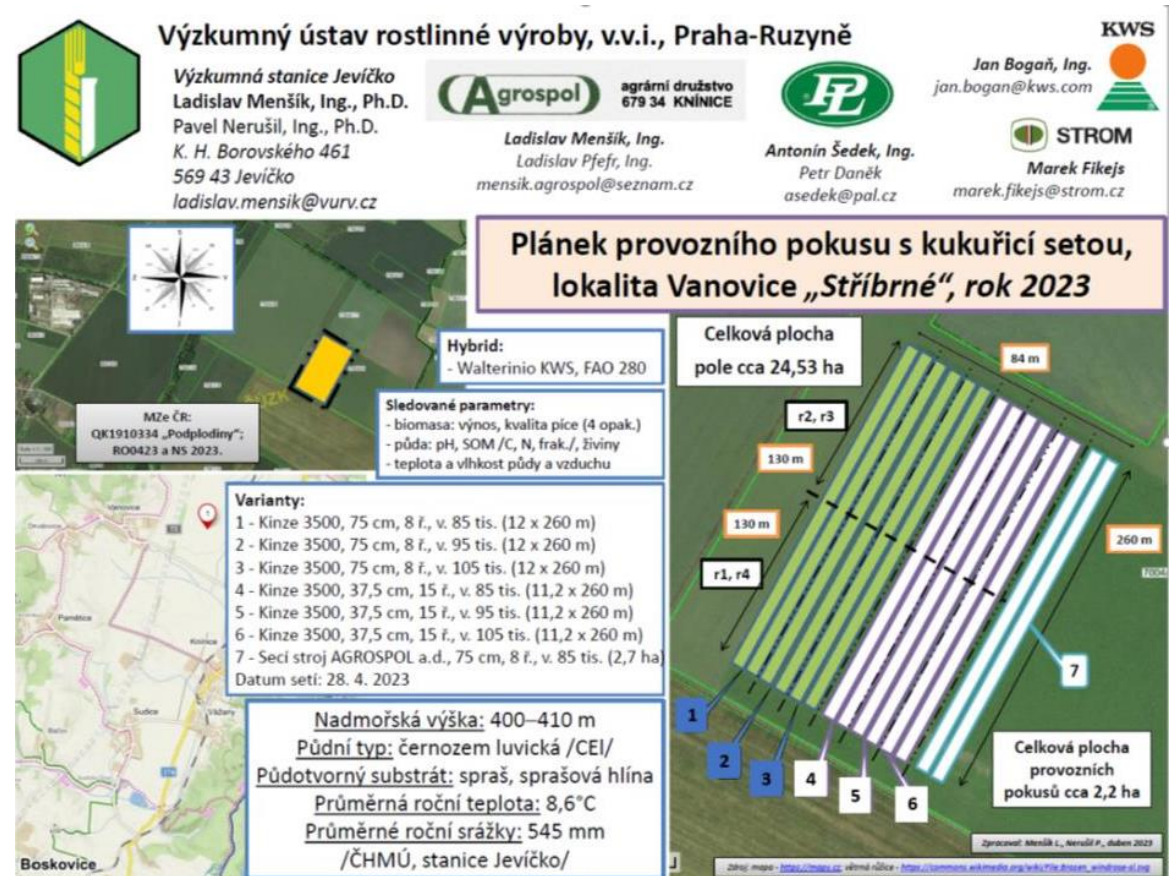


# Orthomapa

- Poznáte odkud vzít vzorky, aby byly časově porovnatelné a vypovídaly o porostu?
- Pamatujete si, kde jste vzali vzorky před týdnem?
- Jak se s heterogenitou pole vypořádat?
  - Opravdu to chcete? Máte na to nástroje / lidi?

# Spolupráce s VÚRV, v.v.i., VS Jevíčko

- Snímání plodiny při sklizni (dronem) pro projekt:
  - „Inovace šetrných systémů pěstování kukuřice s využitím plodin pro podsev k omezení degradace půdy a zlepšení hospodaření s vodou v podmínkách měnícího se klimatu“ (NAZV QK1910334)
  - za podpory MZe RO0423



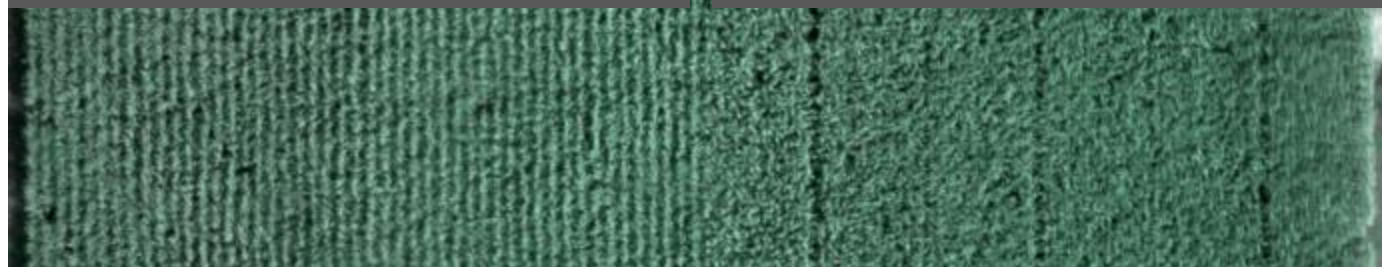
# Spolupráce s VÚRV, v.v.i., VS Jevíčko



Orthomapa: vyrovnaný porost, u úzkého řádku je vidět napojení secího stroje

Široký řádek 75 cm: 85, 95, 105 tis.

Úzký řádek 37,5 cm: 85, 95, 105 tis.



Sušina dle	NDVI	GNDVI	Chemie (řezanka)
75 cm: 85 000	37,4	41,1	31,9
75 cm: 95 000	36,0	40,7	32,4
75 cm: 105 000	34,6	40,4	31,8
37,5 cm: 85 000	34,7	39,9	32,4
37,5 cm: 95 000	33,7	38,3	31,8
37,5 cm: 105 000	34,0	37,9	31,9
<b>Porost</b>	<b>35,0</b>	<b>39,8</b>	<b>32,0</b>



# Kategorizace do tříd sušin - teorie

< 28 %

- Mladý porost, mléčná zralost zrna – vysoký obsah cukrů
- Potencionál uvolnění buněčné tekutiny
- Ztráty odtokem silážní tekutiny (odtok org. živin - cukry a fermentační kyseliny)

28 až 32 %

- Optimální doba sklizně
- Mléčná čára na zrnu se nachází ve 2/3

32 až 36 %

- Snížená silážovatelnost kukuřice, plná zralost porostu
- Většina mléčné fáze (cukry) jsou přeměněny ve škrob
- Vhodné pro uchování živin a potlačení plísní chemická konzervace

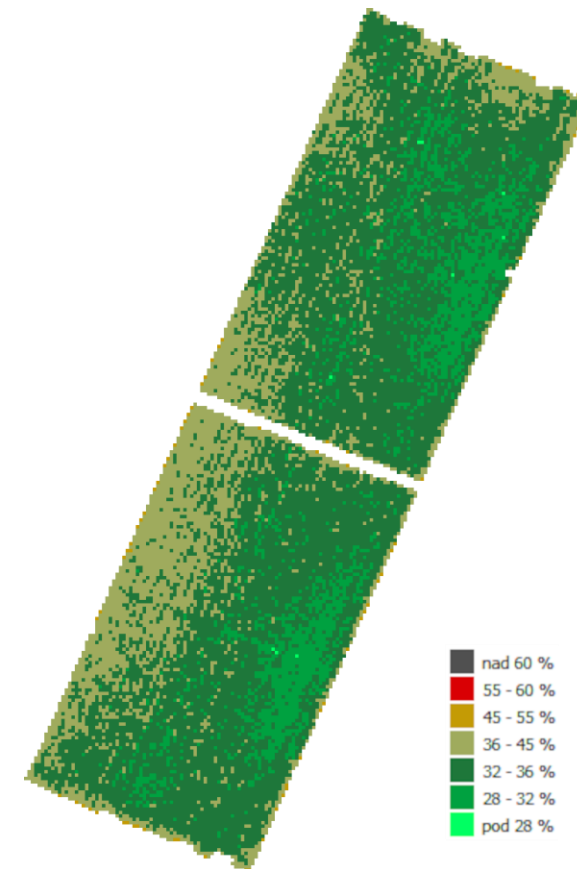
36 až 45 %

- Plná zralost zrna, snižuje se silážovatelnost kukuřice
- Hrozí riziko plísní a zvýšený výskyt mykotoxinů
- Vhodná aplikace chemického konzervantu s fungicidním účinkem

# Kategorizace do tříd sušin - jak kukuřice roste

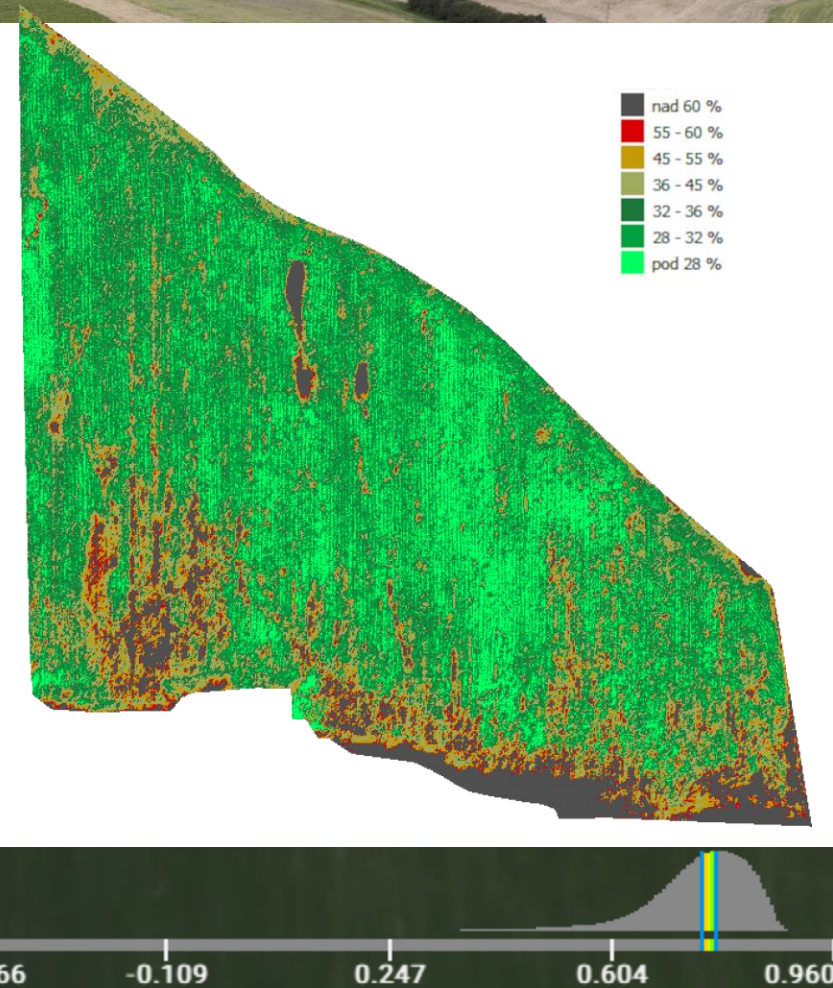
- Pole je tedy vhodné pro sklizeň.
- Minimální zastoupení sušiny pod 28 % v malých roztroušených lokalitách.
- Část porostu přechází do vyšších sušin (cca 15 % porostu), kdy jejich medián je 37,5 % sušiny.
- 78 % pole je v rozmezí 31,27 % sušiny až 37,5 % sušiny.

Klasifikace (NDVI)	m2	Podíl porostu (%)	Medián třídy (%)
Do 28 %	8	0,04	27,8
28 až 32 %	2606	14,58	31,3
32 až 35 %	10587	59,23	33,9
35 až 45 %	4404	24,67	37,5
45 až 55 %	251	1,4	47,2
55 až 60 %	10	0,06	56,7
60 % a více	8	0,04	67,5
<b>Vážený průměr</b>	-	-	<b>34,65</b>



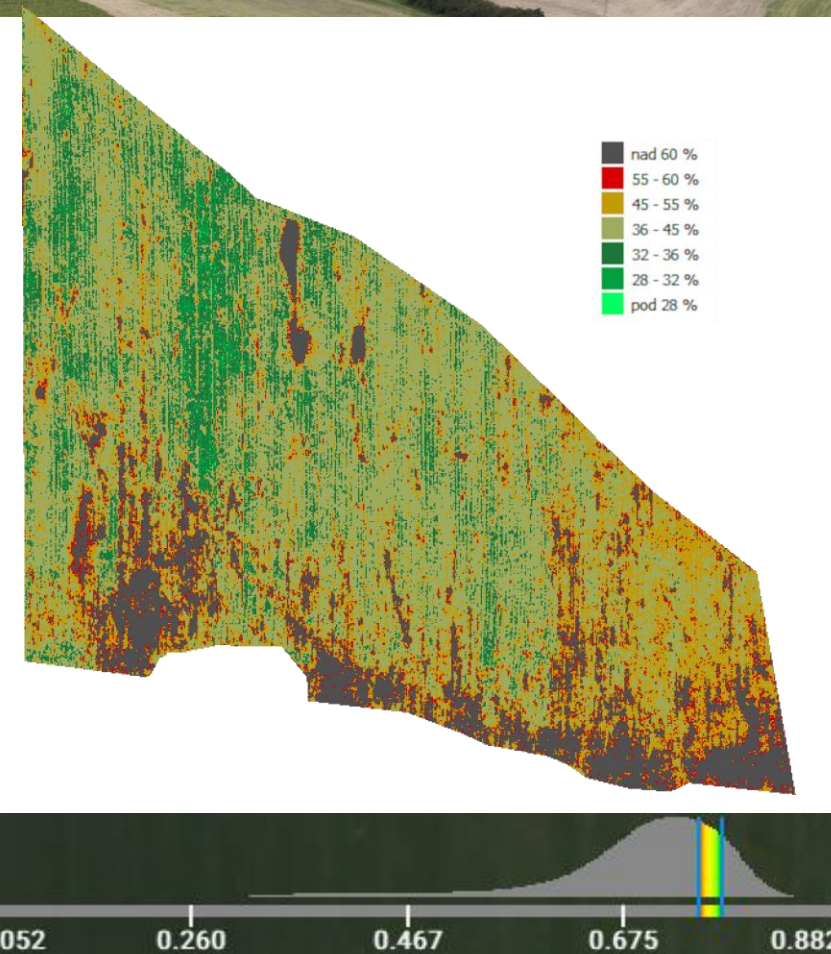
# Kategorizace do tříd sušin - jak kukuřice roste

Klasifikace pole dle GNDVI - týden před sklizní				
Třídy sušiny	Počty zón 1x1m	Snímaná plocha (%)	Zelený porost (%)	Sušina (medián)
do 28	42028	16,18	<b>18,05</b>	26,49
28 - 32	84751	32,63	<b>36,40</b>	30,00
32 - 36	54438	20,96	<b>23,38</b>	33,54
36 - 45	35879	13,82	<b>15,41</b>	39,34
45 - 55	15757	6,07	<b>6,77</b>	49,47
55 - 60	4442	1,71	x	57,66
60+	22399	8,63	x	76,57
<b>Součty</b>	259694	100,00	100	
<b>Podíl zelené plochy</b>	232853	<b>89,66</b>	<b>Vážený průměr skupin:</b>	<b>32,95</b>



# Kategorizace do tříd sušin - jak kukuřice roste

Klasifikace pole dle GNDVI - sklizeň				
Třídy sušiny	Počty zón 1x1m	Snímaná plocha (%)	Zelený porost (%)	Sušina (medián)
do 28	94	0,04	<b>0,05</b>	27,37
28 - 32	3874	1,79	<b>2,21</b>	30,97
32 - 36	28624	13,26	<b>16,30</b>	34,70
36 - 45	101229	46,90	<b>57,63</b>	39,86
45 - 55	41839	19,39	<b>23,82</b>	9,01
55 - 60	8727	4,04	x	57,55
60+	31436	14,57	x	72,86
<b>Součty</b>	215823	100,00	100	
<b>Podíl zelené plochy</b>	175660	81,39	<b>Vážený průměr skupin:</b>	<b>41,00</b>



# Co nabízí firma NutriVet v sezóně 2024?

- Monitoring pole:
  - tvorba map (originál 3cm / pixel až jednotky GB)
  - tvorba aplikačních map (dávkování dle domluvy)
  - Kategorizace pole:
    - stanovení podílů pole podle obsahu sušiny
      - procento v optimální sušiny z celé plochy porostu
      - procento mimo optimální sušiny z celé plochy porostu
      - mapování rizikových oblastí pro sklizeň
    - tvorba map vegetačních indexů
- Odhad doby sklizně (sklizňové okno)
  - Minimálně 3 měření v cca týdenním rozestupu
- Přehledná statistika z minulých let na [rk.nutrivet.cz](http://rk.nutrivet.cz)
- Zpracování nasnímaných snímků
- Tvorba křivek pro stanovení obsahu sušiny porostů kukuřice v dané lokalitě (dlouhodobá spolupráce – min. 3 roky)
- Stanovení obsahu sušiny laboratorně



**Děkuji Vám  
za  
pozornost**

Ing. Soňa Malá

Tel.: +420728350498

Email: [dron@nutrivet.cz](mailto:dron@nutrivet.cz)

**NutriVet**<sup>s.r.o</sup>

# Reference



- K tvorbě map využít software:
  - DronView
  - Pix4DFields
  - QGIS
- Použité fotografie jsou z archívu firmy NutriVet, s.r.o.
- Obrázky ze slajdu č. 5, vysvětlující hodnotu NDVI převzaty z:
  - Vegetation indices and their interpretation: NDVI, GNDVI, MSAVI2, NDRE, and NDWI – Auravant [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://www.auravant.com/en/articles/precision-agriculture/vegetation-indices-and-their-interpretation-ndvi-gndvi-msavi2-ndre-and-ndwi/>
  - Využití NDVI | VOXCAFE - internet full service [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: <https://www.voxcafe.cz/mindblog/clanky/drony/vyuziti-ndvi.html>