



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



Chmelařský institut s.r.o., Žatec

Sledování růstu chmele pomocí distančních metod a senzorové techniky

Jitka Kumhálová, Karel Krofta, Jan Chyba

Václav Brant, David Kabelka, Jan Lukáš, Karel Starý, Kristýna Balážová ...



Podpora

- **Projekt NAZV QK1910170** (příjemce VÚMOP, v.v.i., Ing. D. Kabelka)

„Zajištění dlouhodobé konkurenceschopnosti českého chmelařství na základě implementace principů precizního zemědělství a technologií smart farming“

- **Výzkumná a vzdělávací infrastruktura pro podporu národní iniciativy Průmysl 4.0", Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání, registrační číslo: CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_017/0002634**



Lokace

- Chmelnice chmelařského institutu, s.r.o.
- 2 lokality:

Biochmelnice

Rozloha: 22 058 m²

Odrůdy: Žatecký červeňák a Premiant

Konvenční chmelnice

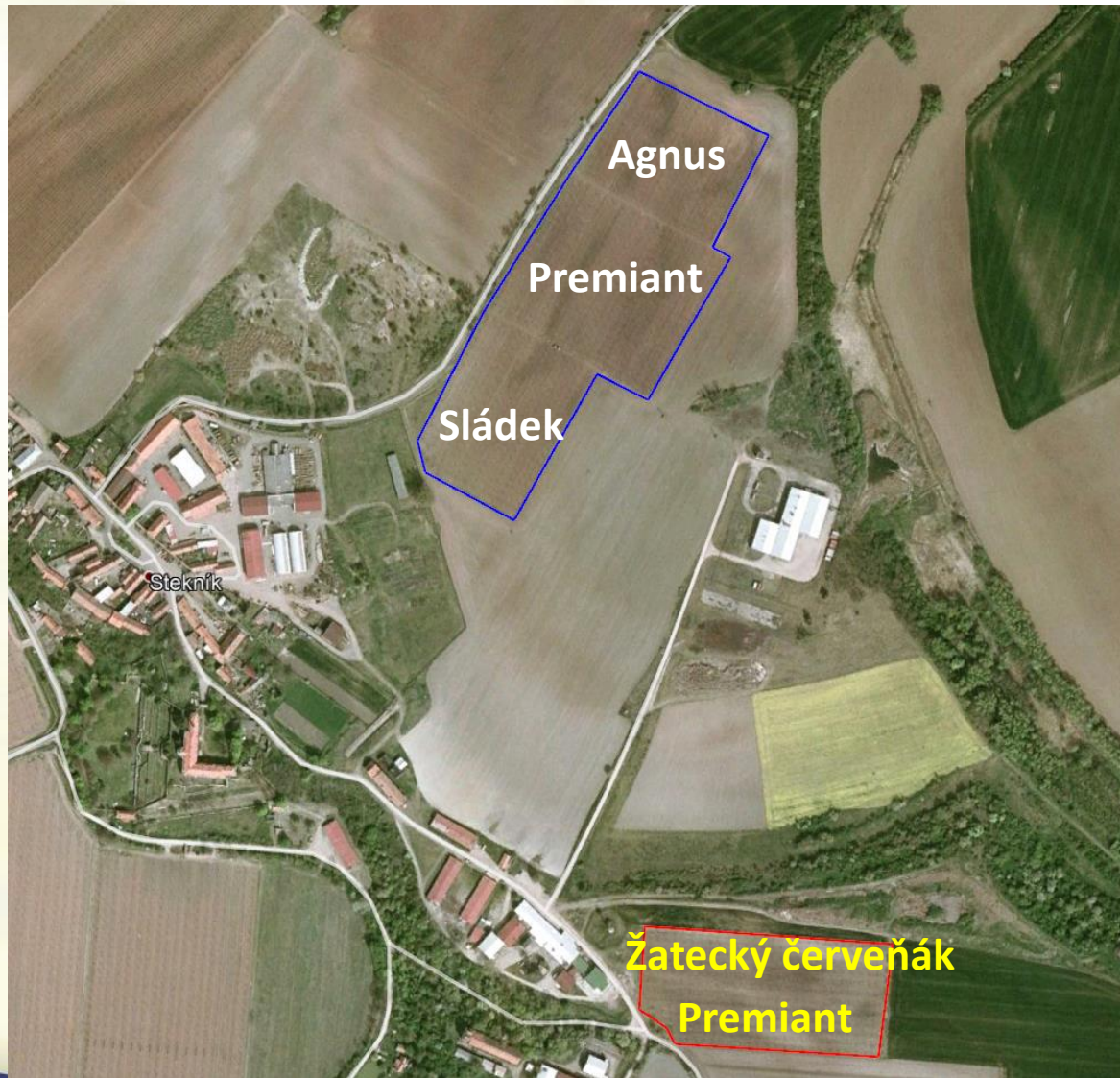
Skládá se ze 3 částí

Rozloha: 56 169 m²

Odrůdy: Agnus (14 535 m²), Premiant (23 784 m²), Sládek (16 612 m²)



Lokace



Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická
fakulta



4



Monitoring pozemků

Bezpilotní systém typu eBee X (senseFly, Geotronics Praha, s.r.o.):
bezpilotní letoun eBee X

Fotoaparáty:

- senseFly S.O.D.A

RGB – snímky ve formátu .jpeg

- Parrot Sequoia+

Multispektrální kamera - Green ($0,55 \mu\text{m}$ / $0,04 \mu\text{m}$ šířka pásma),
Red ($0,66 \mu\text{m}$ / $0,04 \mu\text{m}$ š.p.), Red-edge ($0,735 \mu\text{m}$ / $0,01 \mu\text{m}$ š.p.),
near infrared ($0,790 \mu\text{m}$ / $0,04 \mu\text{m}$ š.p.),

- senseFly Duet T

Termální kamera s RGB kamerou

Spektrální pásmo $7,5 - 13,5 \mu\text{m}$



Zpracování snímků

- **SW eMotion**

Příčný překryv snímků 65%, podélný překryv snímků 85 %

- **SW Pix4Dmapper** – ortofoto - upravené “Processing Options Templates“

S.O.D.A – 3D Maps – výška letu: 119 m, rozlišení: 3 cm/pixel

Sequoia – Ag Modified Camera, rozlišení cca 12 cm/px

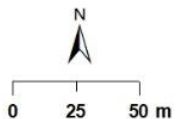
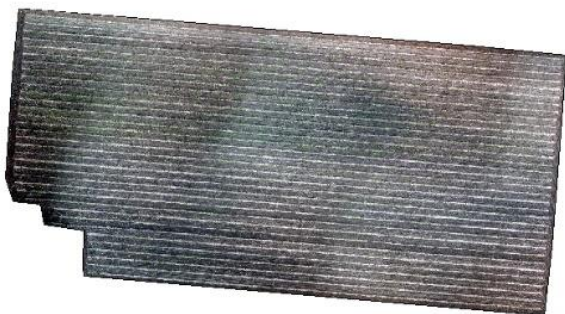
Duet – Duet T Camera, rozlišení cca 8 cm/px

- **ENVI / ArcGIS** – analýza obrazu, např. odvození listové plochy...

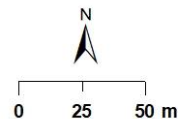
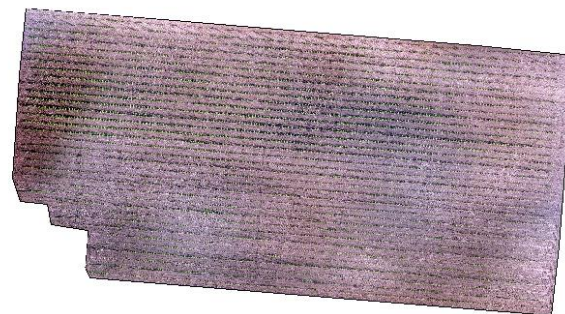


Zpracování snímků - biochmelnice

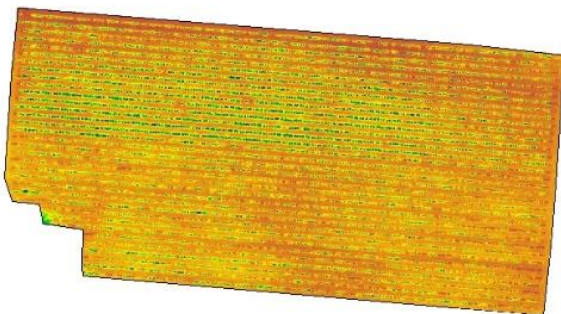
RGB snímek
7.5.2019



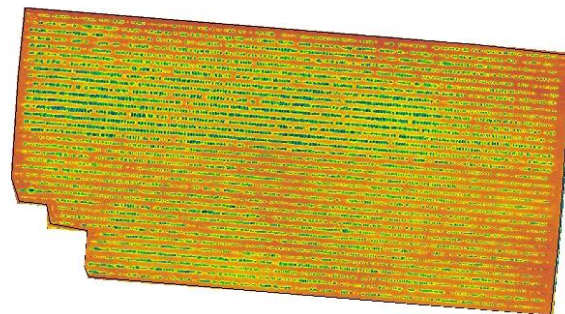
RGB snímek
17.5.2019



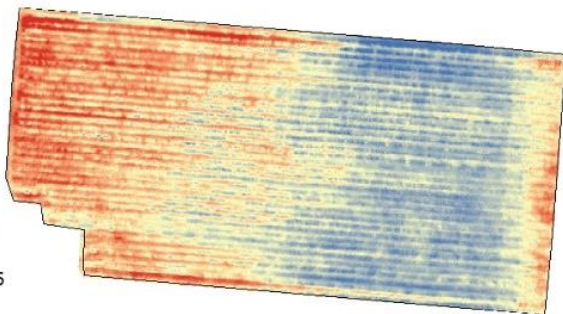
NDVI
High : 0,82
Low : 0,13



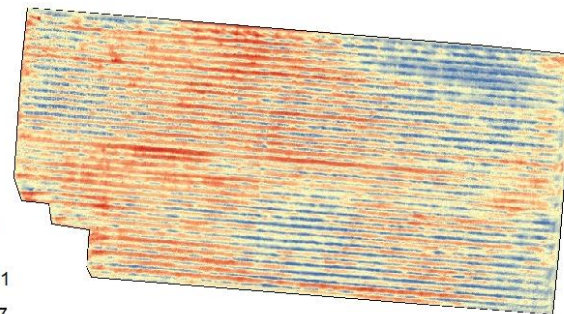
NDVI
High : 0,87
Low : 0,19



Duet_ternální
kamera [°C]
High : 12,25
Low : 2,69



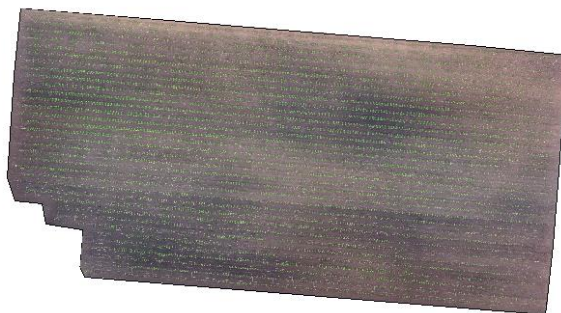
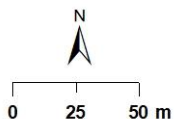
Duet_ternální
kamera [°C]
High : 16,11
Low : 10,17



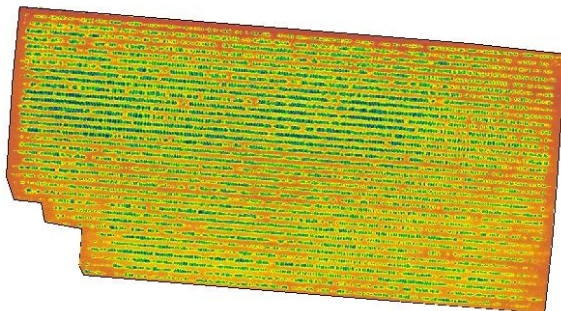
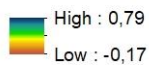
Zpracování snímků - biochmelnice

RGB snímek
23.5.2019

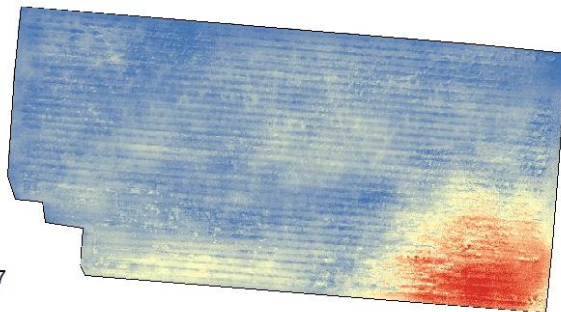
po dešti



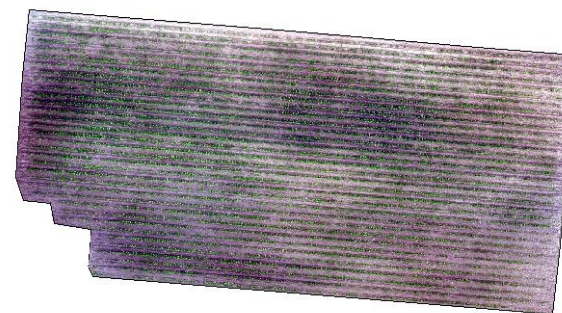
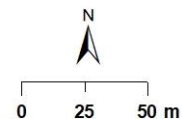
NDVI



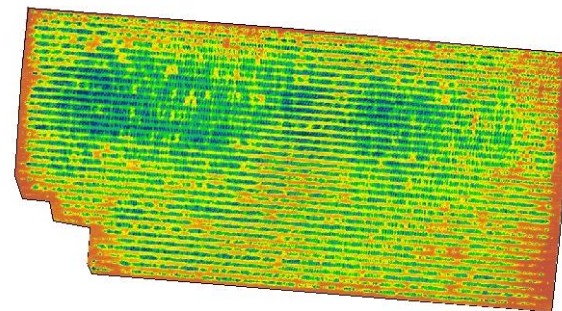
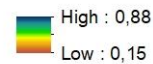
Duet_ termální
kamera [°C]



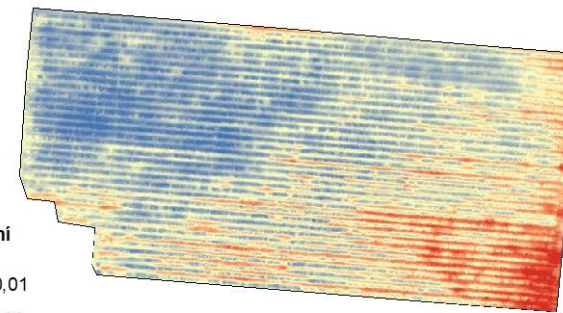
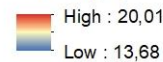
RGB snímek
31.5.2019



NDVI



Duet_ termální
kamera [°C]



Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická
fakulta



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

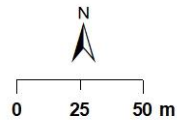
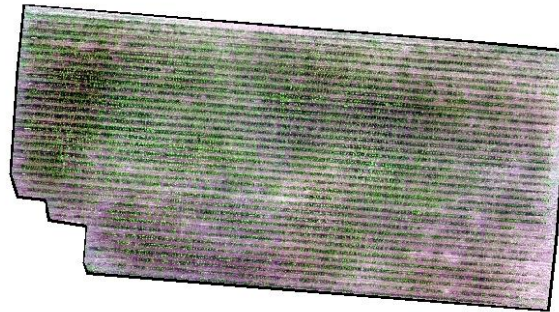


8

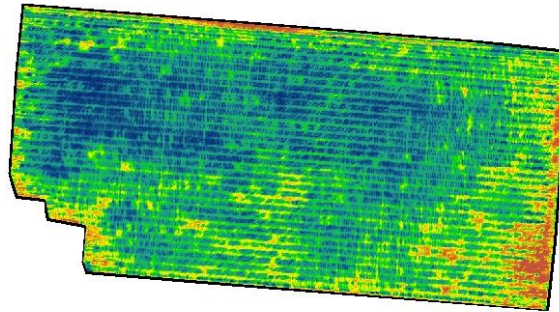


Zpracování snímků - biochmelnice

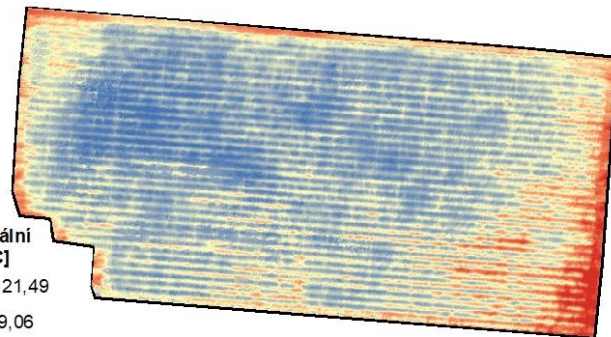
RGB snímek
10.6.2019



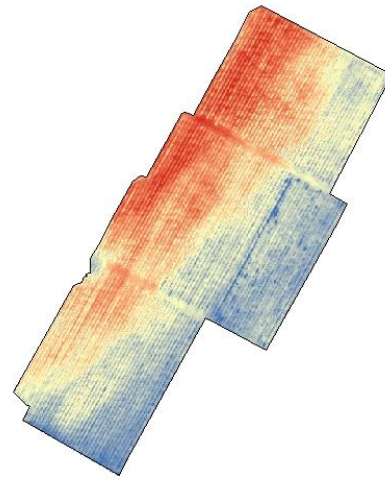
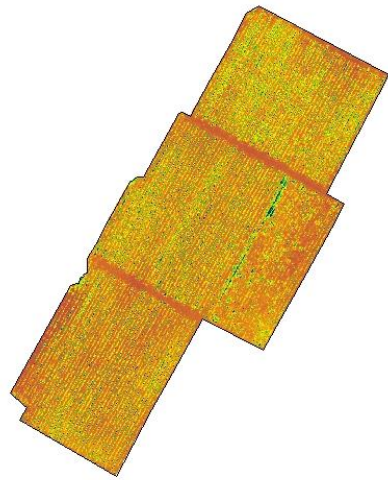
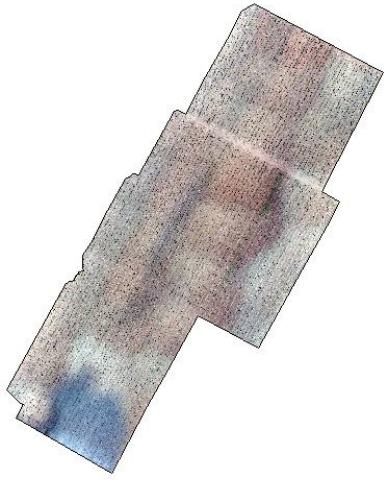
NDVI
High : 0,90
Low : 0,20



Duet_ termální
kamera [°C]
High : 21,49
Low : 9,06



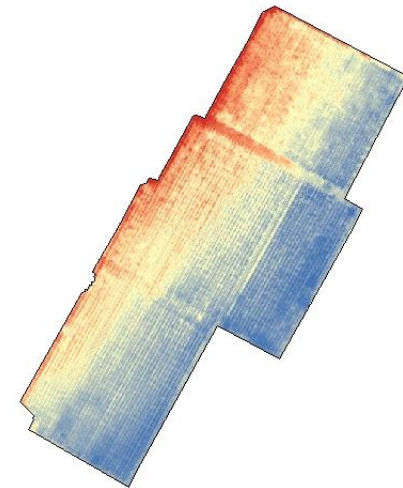
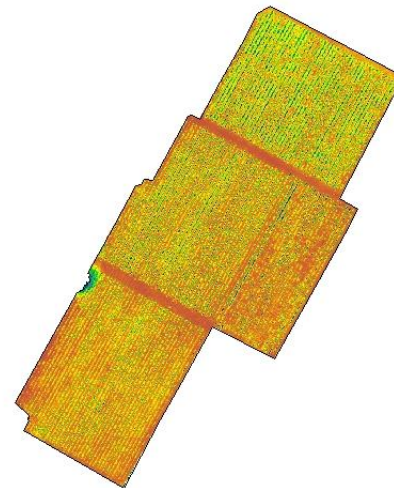
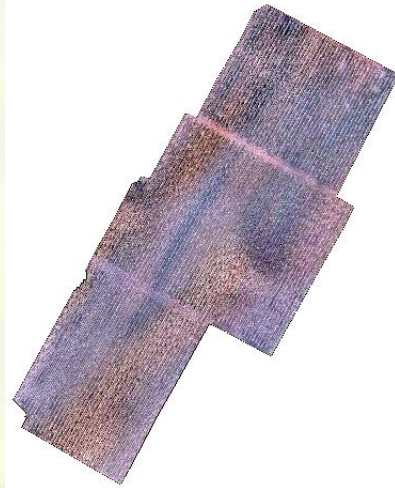
Zpracování snímků – konv. chmelnice



RGB snímek
7.5.2019

NDVI
High : 0,84
Low : 0,10

Duet_ termální kamera [°C]
High : 14,93
Low : 5,73



RGB snímek
17.5.2019

NDVI
High : 0,91
Low : 0,14

Duet_ termální kamera [°C]
High : 15,78
Low : 4,46



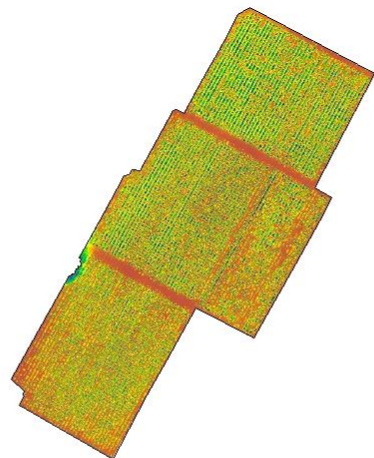
Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická
fakulta

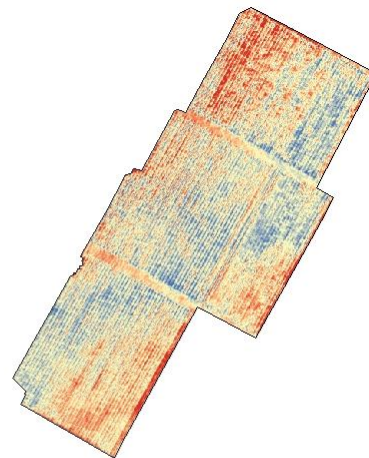
Zpracování snímků – konv. chmelnice



RGB snímek
23.5.2019



NDVI
High : 0,89
Low : 0,16



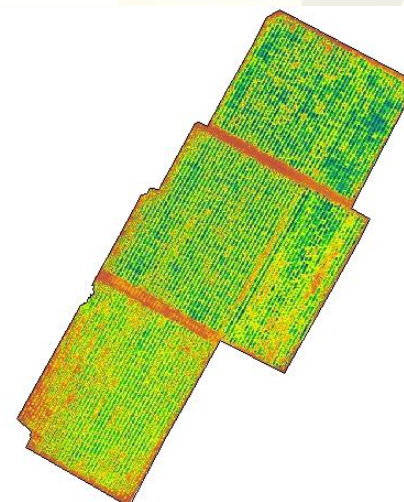
Duet_ termální kamera [°C]
High : 19,00
Low : 12,58



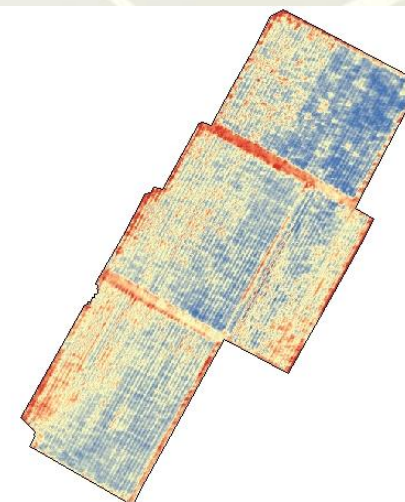
po dešti



RGB snímek
31.5.2019



NDVI
High : 0,91
Low : 0,09



Duet_ termální kamera [°C]
High : 22,89
Low : 12,15



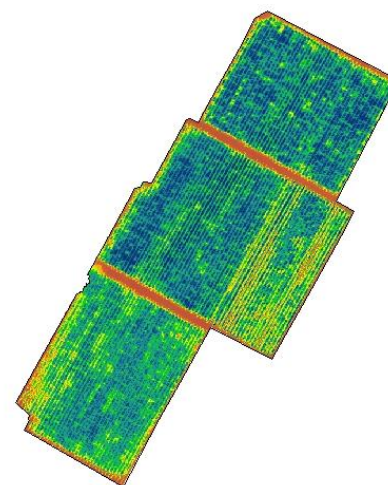
Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická
fakulta

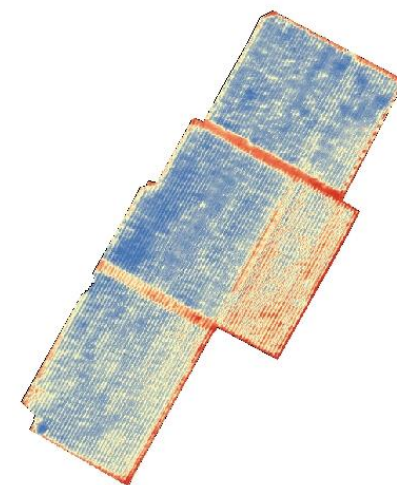
Zpracování snímků – konv. chmelnice



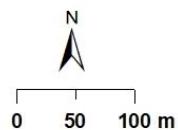
RGB snímek
10.6.2019



NDVI
High : 0,90
Low : 0,17



Duet_termální kamera [°C]
High : 31,49
Low : 12,45



Měření chlorofylu přístrojovou technikou

Chlorophyll Content Meter – CCM-300

- Detekce na vlnových délkách 700 -710 nm a 730 – 740 nm
- měří poměr (Chlorophyll Fluorescence Ratio = CFR) vln. délek 735 nm/705 nm
- nebo relativní obsah chlorofylu v mg/m^2

PlantPen

- Řešení od firmy PSI, s.r.o.
- Aktivní sensor – NDVI
(NIR – Red/NIR +Red)



Přístroje zapůjčené od Ing. Jana Lukáše, Ph.D. z VÚRV, v.v.i.



Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická
fakulta



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

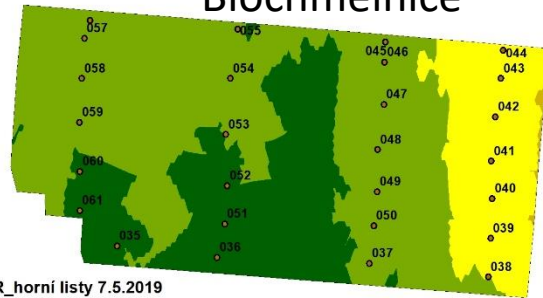


13



Měření chlorofylu

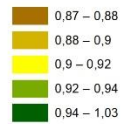
Biochmelnice



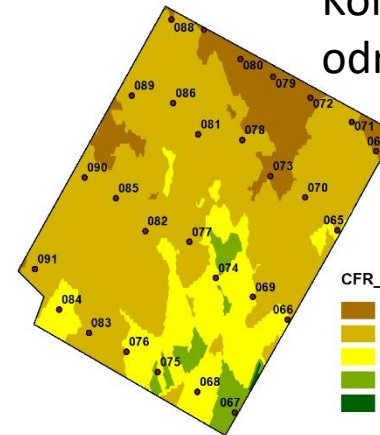
Žat. červeňák

Premiant

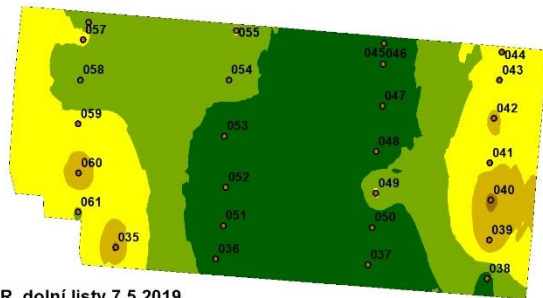
CFR_horní listy 7.5.2019



Konv. chmelnice
odrůda Sládek



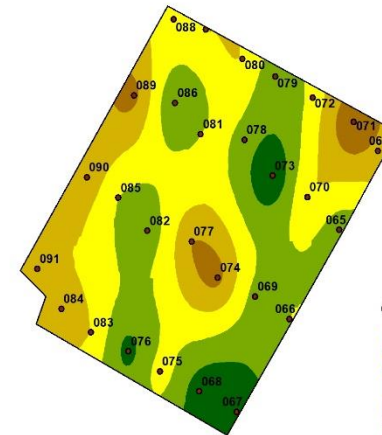
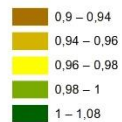
CFR_horní listy 7.5.2019



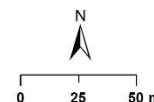
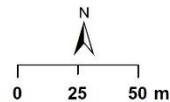
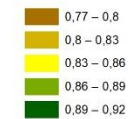
Žat. červeňák

Premiant

CFR_dolní listy 7.5.2019



CFR_dolní listy 7.5.2019



Česká zemědělská univerzita v Praze

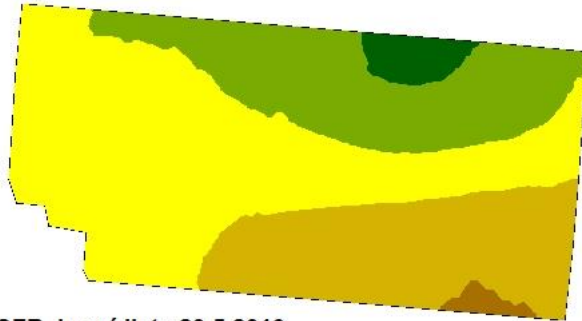
Technická
fakulta



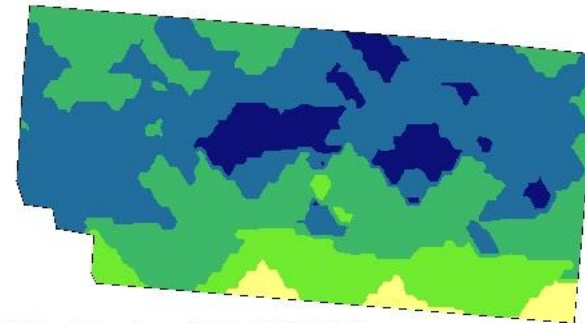
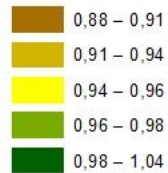
14



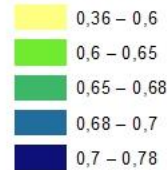
Měření chlorofylu a NDVI



CFR_horní listy 23.5.2019

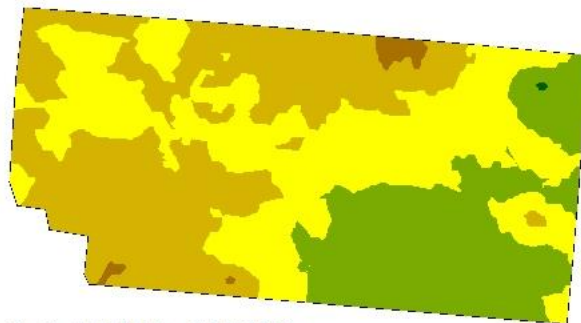


NDVI PlantPen horní listy 23.5.2019

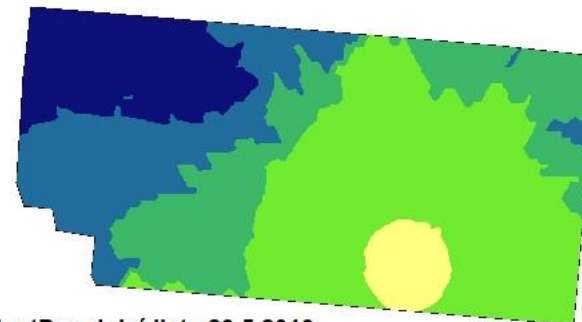
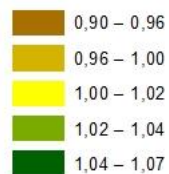


Žat. červeňák

Premiant



CFR_dolní listy 23.5.2019

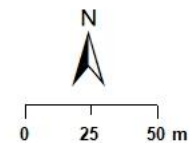


NDVI PlantPen dolní listy 23.5.2019



Žat. červeňák

Premiant



Odvozené charakteristiky porostů

- Odvození listové plochy (či listové pokrývnosti) z RGB snímků na základě indexu ExGreen
- Odvození výšky porostů + následné porovnání s reálnou výškou měřenou v terénu

Konvenční chmelnice

- plocha listů v m² a % podíl listové plochy ku měřené ploše chmelnice

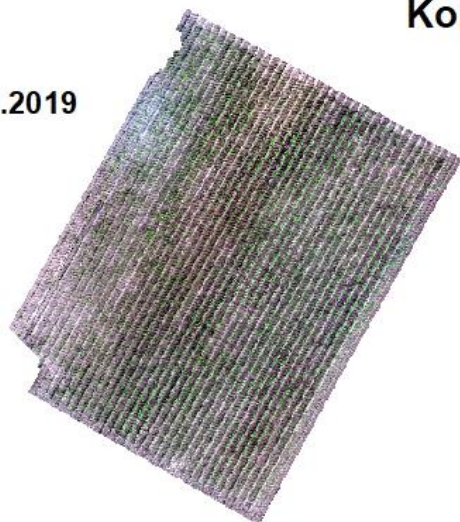
Odrůda	7.5.	17.5.	23.5.	31.5.	10.6.
	m ² (%)	m ² (%)	m ² (%)	m ² (%)	m ² (%)
Agnus	789,28 (5,4)	1494,54 (10,3)	3046,34 (21)	5615,94 (38,6)	7948,60 (54,7)
Premiant	1188,51 (5)	1927,77 (8,1)	4220,97 (17,7)	8810,48 (37)	12816,25 (53,9)
Sládek	867,49 (5,2)	1237,82 (7,5)	2675,32 (16,1)	4966,41 (29,9)	9058,45 (54,5)



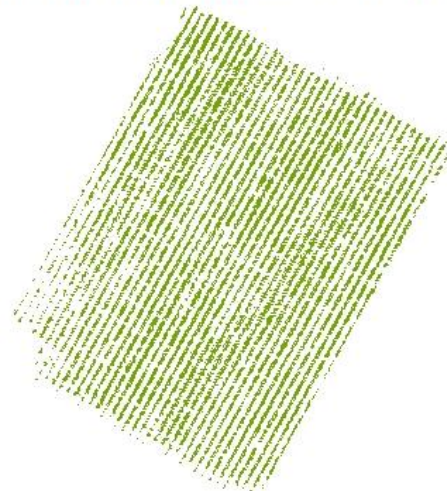
Listová plocha – vizuální porovnání

Konvenční chmelnice - odrůda Sládek

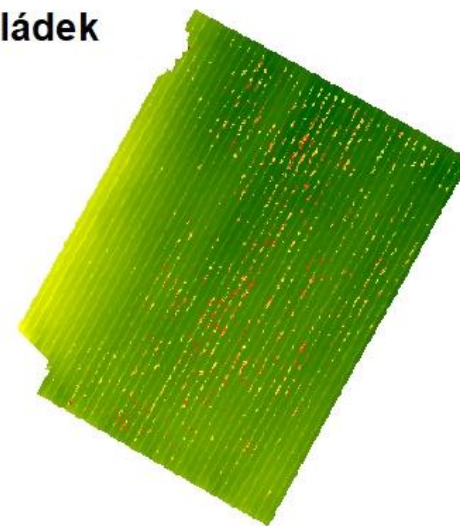
31.5.2019



RGB snímek

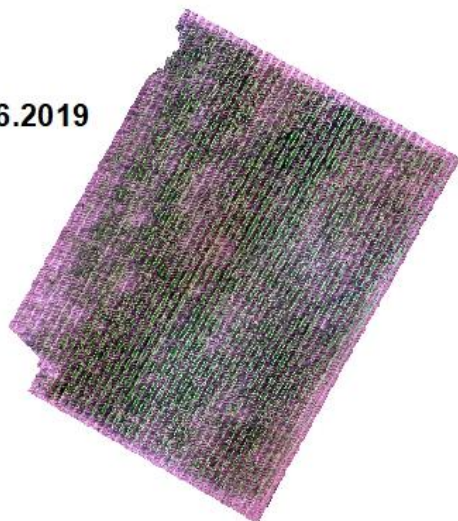


listová plocha - shapefile

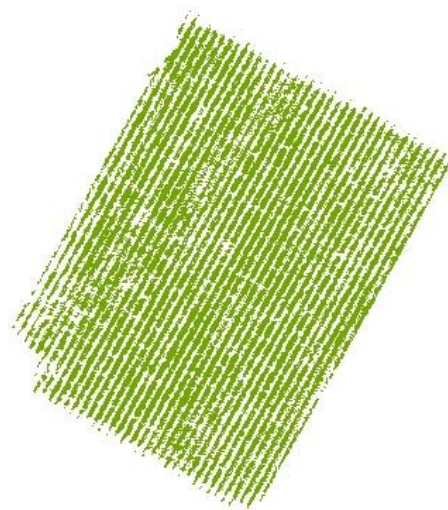


DSM - výška porostu - rozložení

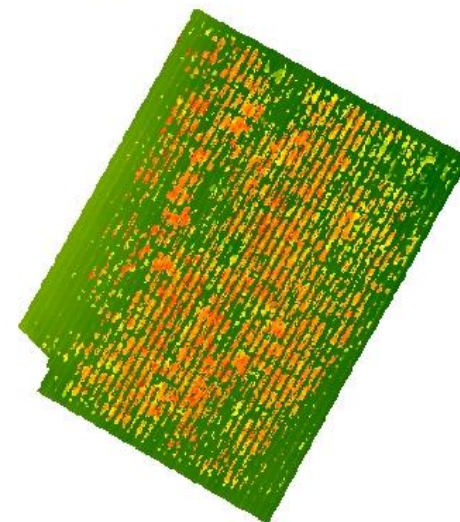
10.6.2019



RGB snímek



listová plocha - shapefile



DSM - výška porostu - rozložení

Poznatky z uskutečněných misí

- **Pánování mise**
 - Doposud - mise hned po ránu – většinou nefoukalo, standardizovaný čas.
 - Příští vegetační období – ráno a odpoledne (stresové faktory).
 - Možná kombinace UAV (eBee, DJI Phantom, VTOL – Laboratoř Postoloprty s.r.o.)
- **Počasí je velmi důležitý faktor pro plánování úspěšné mise.**
 - Pokud fouká – je potřeba brát v úvahu, že se rostliny chmele pohybují – obraz může být rozmazaný.
 - Nesnímkovat po dešti – voda pohlcuje EM (mění/ snižuje výslednou spektrální odezvu rostlin).
 - Optimální počasí – pod mrakem (lepší kontrast, nejsou stíny...).
- **Je potřeba zajistit referenční data** – jiné senzory a jiné metody, analýzy půdních vzorků, měřit vlhkost, ...
- **Osobní poznatek a sebereflexe** 😊 – hlídat si postupy – vše min. 2x zkontrolovat, aby nedošlo k automatizovanému chování a poté ke zbytečným chybám, které minimálně zdržují....





Děkuji za pozornost!



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Technická
fakulta**



19

