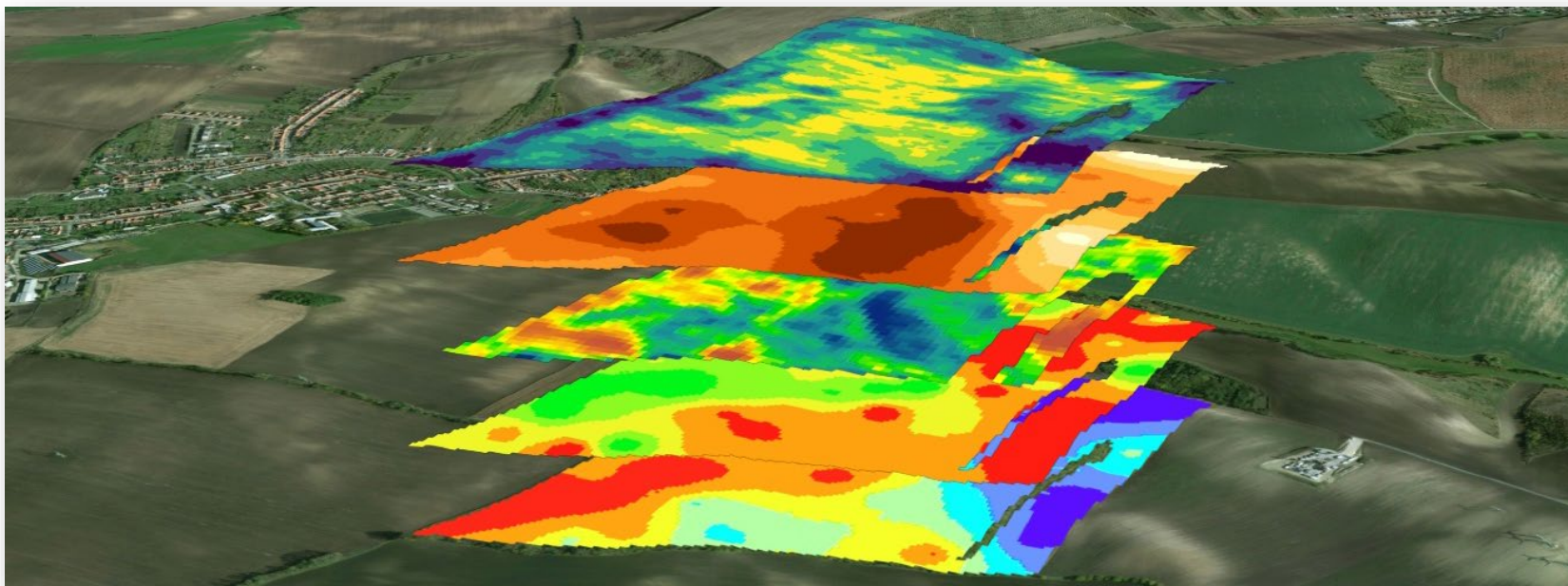
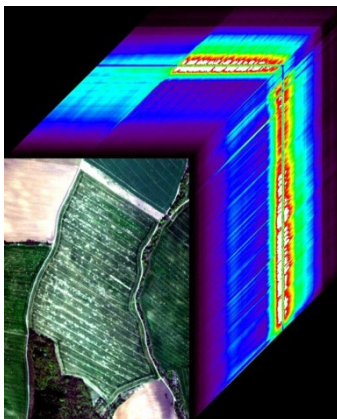




Význam družicového monitoringu pro rozvoj precizního zemědělství v ČR

Vojtěch Lukas a kol.

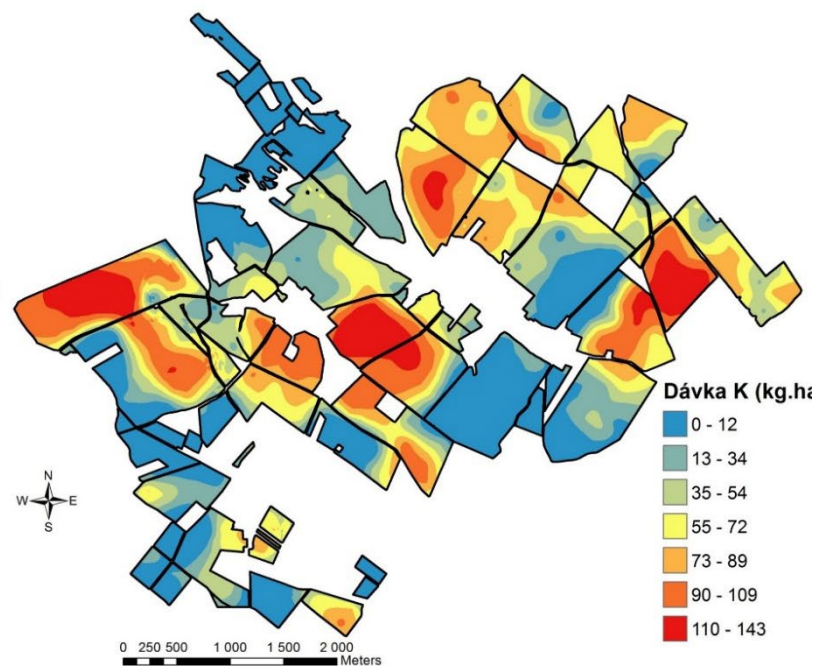
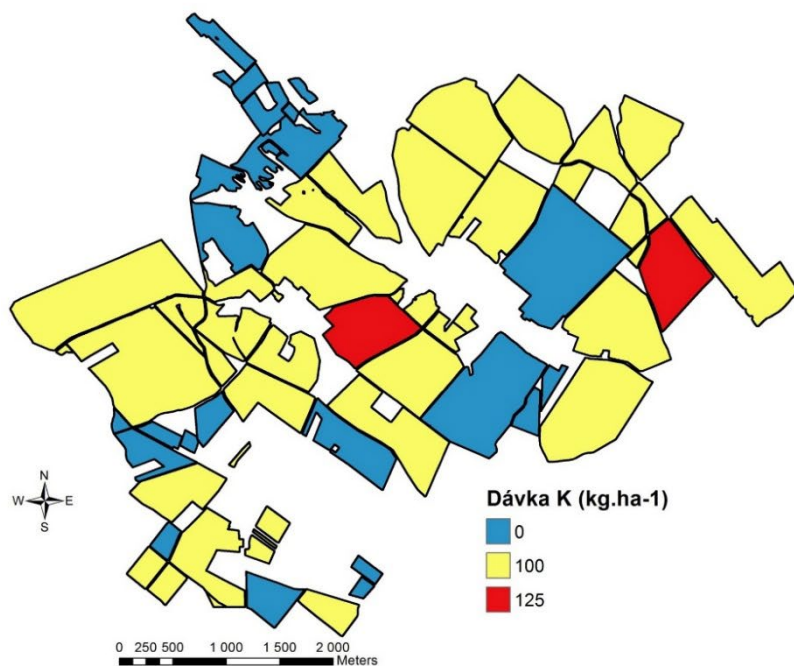
Ústav agrosystémů a bioklimatologie
Mendelova univerzita v Brně



Lokálně cílené hospodaření/ precizní zemědělství

je moderní způsob hospodaření, které na základě znalostí o **variabilitě** pozemků **optimalizuje** produkční vstupy (hnojiva, pesticidy, osivo, PHM, ...).

Na rozdíl od tradičního přístupu **nepovažuje** pozemek za **homogenní** jednotku, ale zohledňuje **rozdíly** půdních a porostních podmínek při provádění pěstebních zásahů.



Rostlinná produkce

Precizní zemědělství

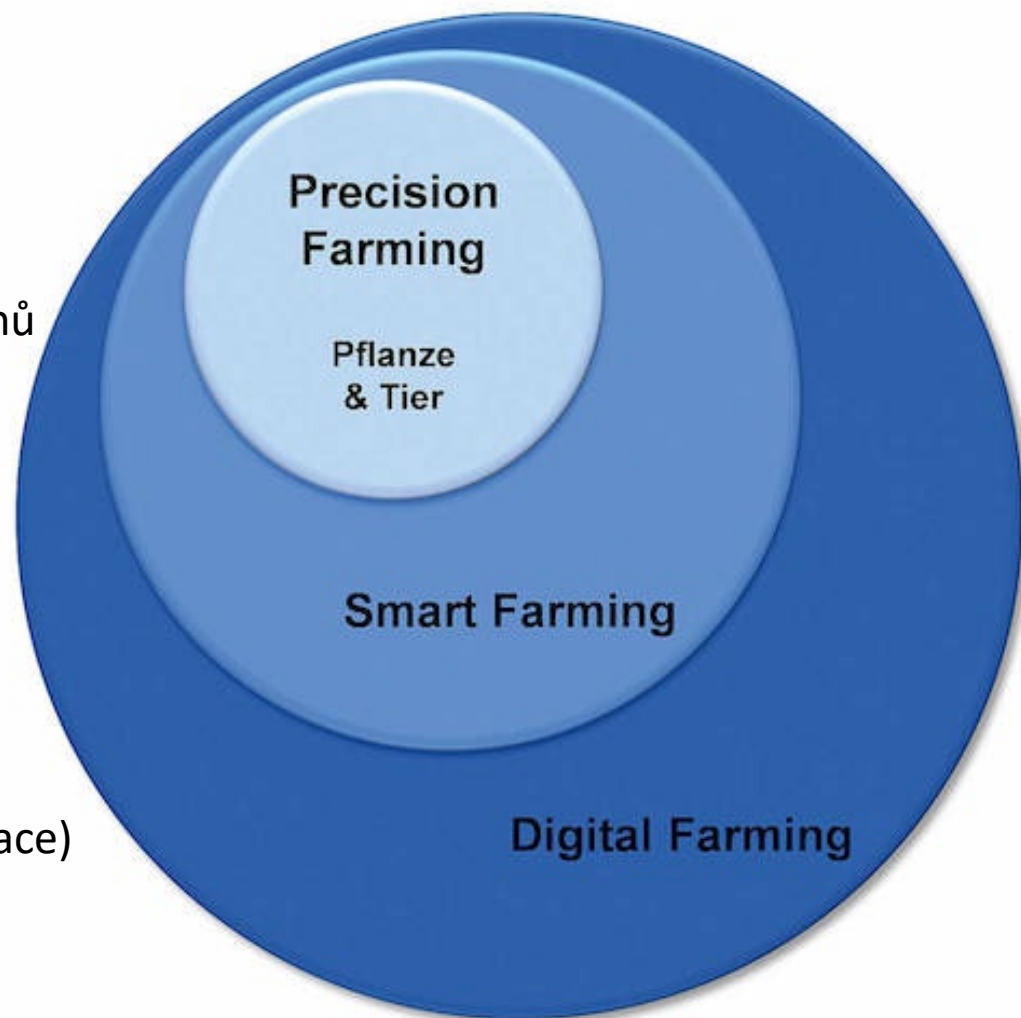
plošná diferenciacie pěstebních zásahů

Smart farming

využívání senzorů pro podpora rozhodování

Digitální zemědělství

využívání dat v zemědělství (digitalizace)



Šetrné hospodaření na zemědělské půdě

- **Organizace pojezdů po pozemcích**
= snížení utužení půdy, protierozní technologie
- **Oblast výživy rostlin**
= vyrovnaná bilance živin (variabilní aplikace hnojiv)
- **Ochrana rostlin**
= omezení nadměrného používání pesticidních látek (cílená aplikace POR)
- **Biodiverzita**
= zakládání neprodukčních ploch na méně výnosných částech pozemků
- ...

Intenzitu hospodaření vždy vztahovat ke stavu půdy/porostů a produkčnímu potenciálu daného místa = **nezbytnost celoplošného mapování půdy a stavu porostů**

Ekonomické vyhodnocení využití RTK navádění pro zemědělský podnik (18 tis. ha) s modelovým nastavením překryvu záběru bez RTK na úrovni 2%

Tabulka 2 Pracovní operace a cenové ohodnocení pro pěstování kukuřice (vlastní zpracování)

	Jednotky	Příprava půdy	Setí	Postřik	Sklizeň	Hnojení
Plocha	[ha]	7 694	7 694	7 694	7 694	7 694
Překrytí	%	2,0	2,0	2,5	2,0	2,5
Plocha překrytí	[ha]	153,88	153,88	192,35	153,88	192,35
Celková plocha	[ha]	7 847,88	7 847,88	7 886,35	7 847,88	7 886,35
Záběr	[m]	12	12	36	12	36
Produktivita práce bez navigace	[ha.h ⁻¹]	12,73	14,31	46,28	4,23	59,83
Produktivita práce s navigací	[ha.h ⁻¹]	13,45	15,75	48,50	4,50	62,50
Cena za práci ob- sluhy	[Kč.h ⁻¹]	200	200	200	200	200
Cena stroje na ho- dinu	[Kč.h ⁻¹]	1 700	2 500	2 000	7 000	1 000
Cena postřiků	[Kč.ha ⁻¹]	x	x	6 000	x	x
Cena osiva	[Kč.ha ⁻¹]	x	4 000	x	x	x
Cena hnojiva	[Kč.ha ⁻¹]	x	x	x	x	8 000
Spotřeba paliva	[l.h ⁻¹]	83	47	45	82	42
Cena paliva	[Kč.l]	36	36	36	36	36
Počet operací za rok		1	1	2	1	1

Tabulka 5 Vyhodnocení úspor na pěstování kukuřice (vlastní zpracování)

	Jednotky	Příprava půdy	Setí	Postřik	Sklizeň	Hnojení
Úspora času	[h]	45	68	24	146	8
Úspora nákladů na práci	[Kč]	9 000	13 600	4 744	29 200	1 600
Úspora nákladů na zařízení	[Kč]	76 500	170 000	47 443	1 022 000	8 000
Úspora nákladů na postřik	[Kč]	x	x	2 308 200	x	x
Úspora nákladů na osiva	[Kč]	x	615 520	x	x	x
Úspora nákladů na hnojiva	[Kč]	x	x	x	x	1 538 800
Úspora nákladů na palivo	[Kč]	134 460	115 056	38 429	430 992	12 096

Tabulka 6 Celková úspora financí a času za všechny plodiny s použitím navigací při cenách z listopadu 2021 (vlastní zpracování)

	Jednotky	Kukuřice	Obilniny	Olejniny	Luskoviny	Celkem
Úspora financí	[Kč]	6 575 641	9 110 631	1 398 052	2 193 199	19 277 523
Úspora času	[h]	291	307	40	85	723
Úspora na hektar	[Kč.ha ⁻¹]	855	1 187	1 487	1 005	1 134

Náklady na pořízení navigací a vybudování RTK sítě ve výši 21,3 mil. Kč. Úspora 1.134 Kč/ha. Návratnost investice = 1,1 roku (při cenách 2022 = 0,85 roku).

Zdroj: Bakalářská práce M.Sova (MENDELU, 2022)



Rostějnice a.s.

zdroj: video „Pásové střídání plodin“ ÚZEI (https://www.youtube.com/watch?v=zjl_bbSaDSI)

Počátky PZ v ČR

KŘEN (2000) uvádí, že precizní zemědělství překonává dříve v rostlinné produkci široce uplatňované paradigma homogenity podmínek na pozemcích (polích). Výzkumná komunita, výrobci zemědělské techniky a také mnozí pěstitelé proto očekávají od využívání metod precizního zemědělství potenciální přínos. V odborném tisku již bylo o precizním zemědělství mnoho napsáno. Většina prováděných a publikovaných analýz indikuje rozsáhlou nekontrolovatelnou variabilitu v rámci pozemků i značné rozdíly v dynamice procesů ovlivňujících výnos a kvalitu produkce. Problémem není malý dosažitelný přínos, ale spíše schopnost jej dosáhnout. Jde o obecný jev v historii technologického vývoje. Při zavádění informačních technologií v zemědělství mohou vznikat speciální krátkodobé problémy. Z dlouhodobého pohledu je obtížné si představit, že budou výhody precizního zemědělství ignorovány. Komparativní výhodu má ten, kdo provede potřebné změny a zavede nové technologie dříve.

KOVAŘÍČEK, P.: Možnosti uplatnění přesného hospodaření. Rostlinolékař, 1999, 10, (1), s. 18 – 20.

Ocenění Grand Prix Techagro 2002 za Komplet GPS Prefarm (MJM Litovel)



Testování zařízení N-sensor ve spolupráci Leading Farmers a Liva Předslavice (rok 2000, zdroj: Leading Farmers)

- Navádění souprav pomocí GNSS
 - Manuální/poloautomatické – EGNOS (20-30cm / 1-2m)
 - Automatické (autopilot) - RTK/VRS (2-4 cm, placené/vlastní korekce)
- Sledování provozních parametrů a monitoring pohybu strojů (telematika, CAN-BUS)
- Automatizované ovládání nářadí
 - Komunikace ISOBUS (není nezbytná)
 - Řízení aplikace pomocí aplikačních map
 - ovládání části záběru (rozmetadla, postřikovače, secí stroje)
 - Meziřádková kultivace – řízení pleček
- Senzory stavu porostu/půdy
- Autonomní (robotické) systémy





Variabilní aplikace



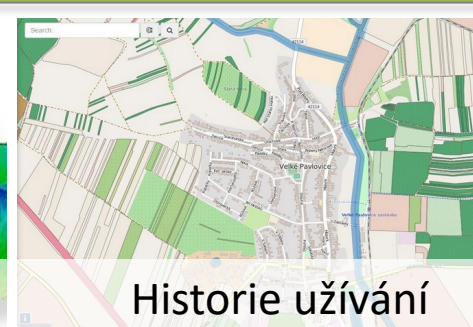
Vzorkování půdy



Půdní mapy



Reliéf terénu



Historie užívání



Mapování půdy



Mapování výnosů



Plodinové senzory



Dálkový průzkum



Var. aplikace hnojiv



Aplikace POR



Zpracování půdy



Variabilní setí

Agronomické rozhodování

Analýza dlouhodobých trendů

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

= PLÁN



Hodnocení aktuálního stavu

- inventarizace porostu, diagnostika stavu rostlin (výživa, zdravotní stav, hustota zaplevelení)
- dynamika růstu rostlin / porostu

= KOREKCE

Plošně diferencované pěstební zásahy



Var. aplikace hnojiv



Aplikace POR



Zpracování půdy



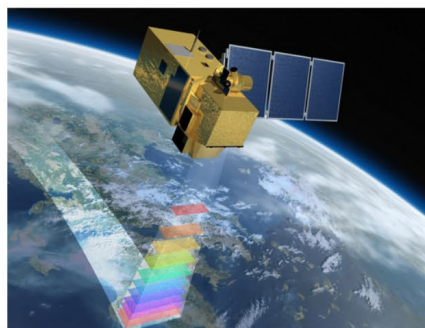
Variabilní setí

- Variabilní přihnojení porostů N hnojivy
- Variabilní zásobní hnojení a vápnění (P, K, Mg, Ca)
- Hnojení statkovými hnojivy (hnůj, kejda, ...)
- Variabilní setí
- Variabilní aplikace POR (fungicidy, desikace, herbicidy)

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

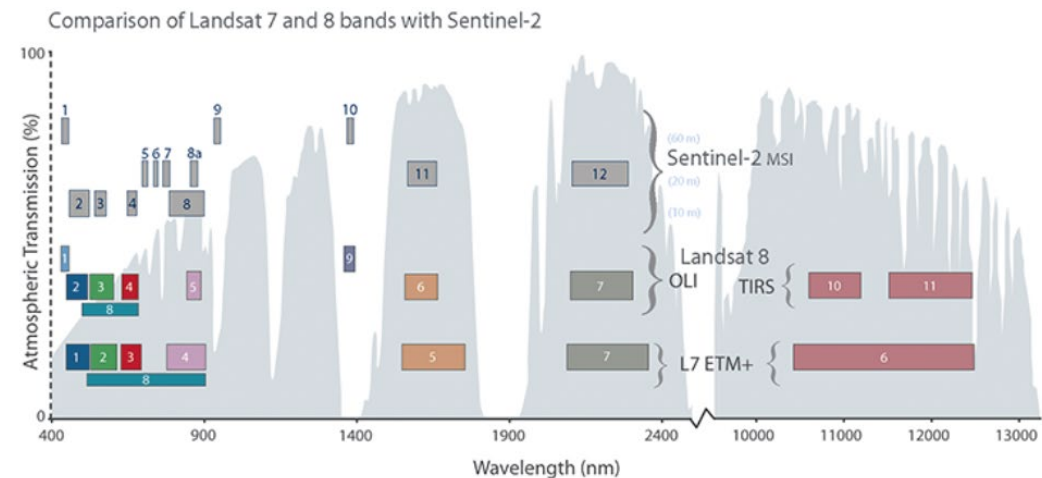
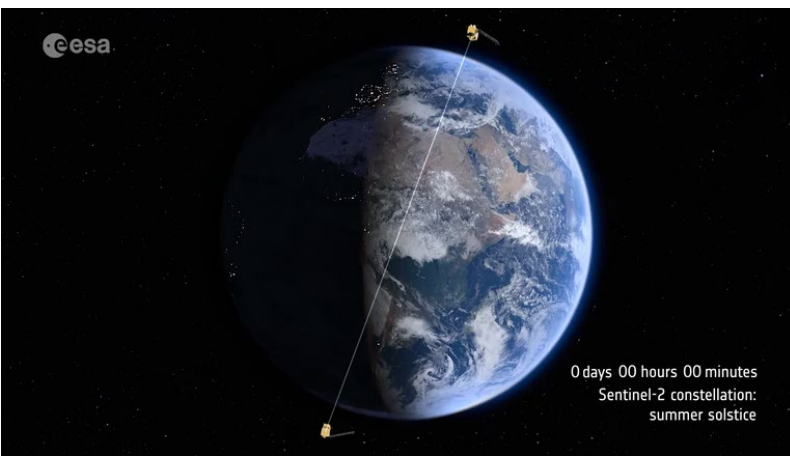
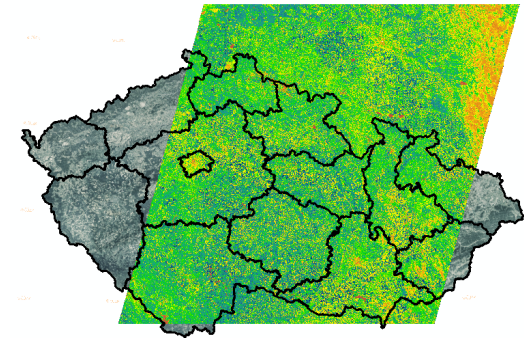
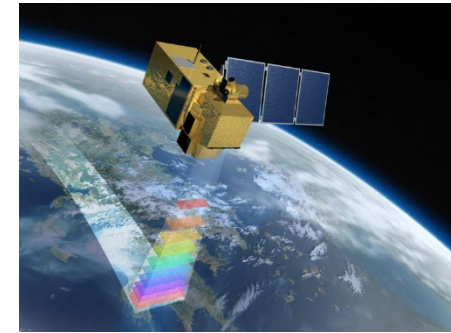
- globální pokrytí s vysokou frekvencí poskytování dat
- prost. rozlišení od 10m (volně dostupná data)
- náročné zpracování dat (poskytovatelé služeb)

- 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
 - 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





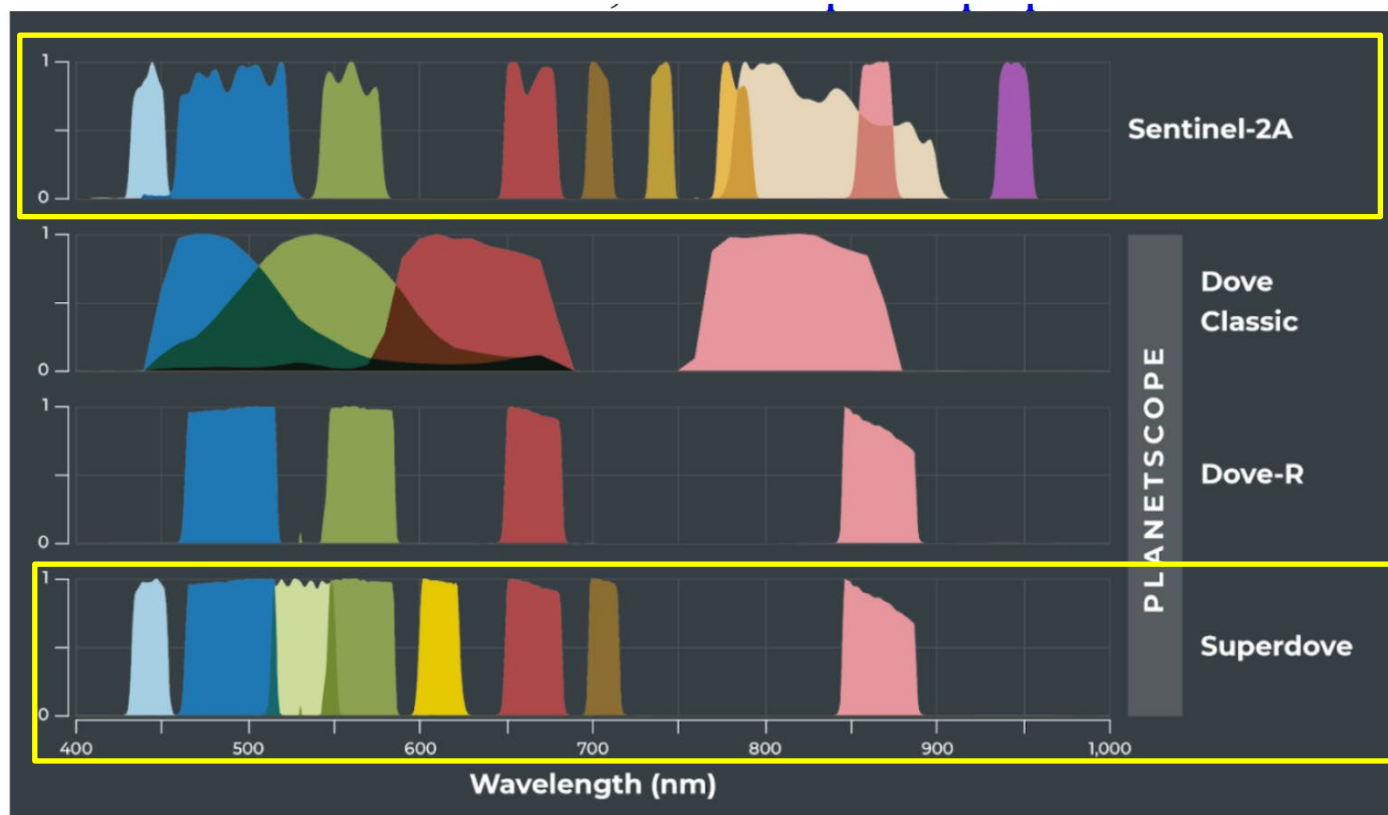
PlanetScope
Always-on Monitoring

~180
Satellites

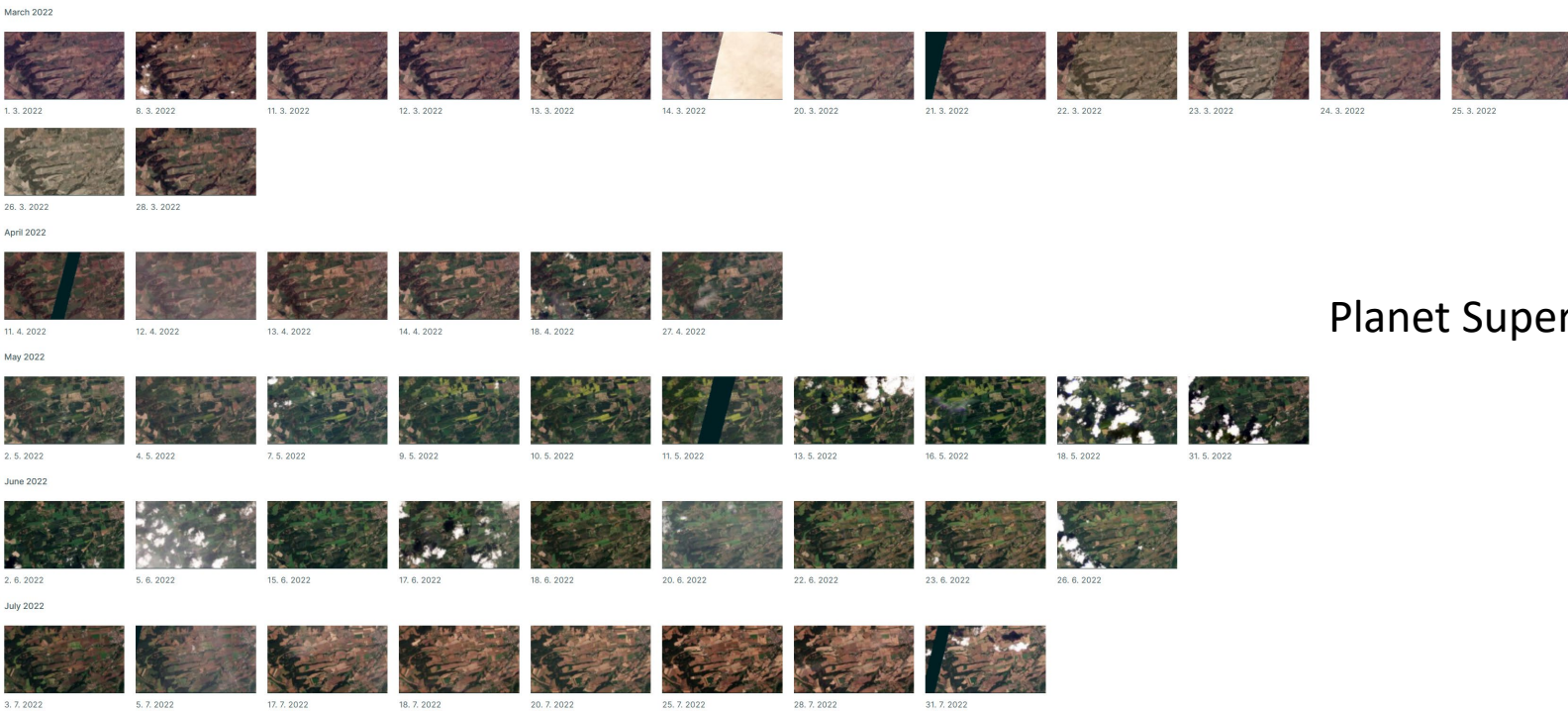
3.7 m (3.0 NIIRS)
GSD

8
Spectral Bands

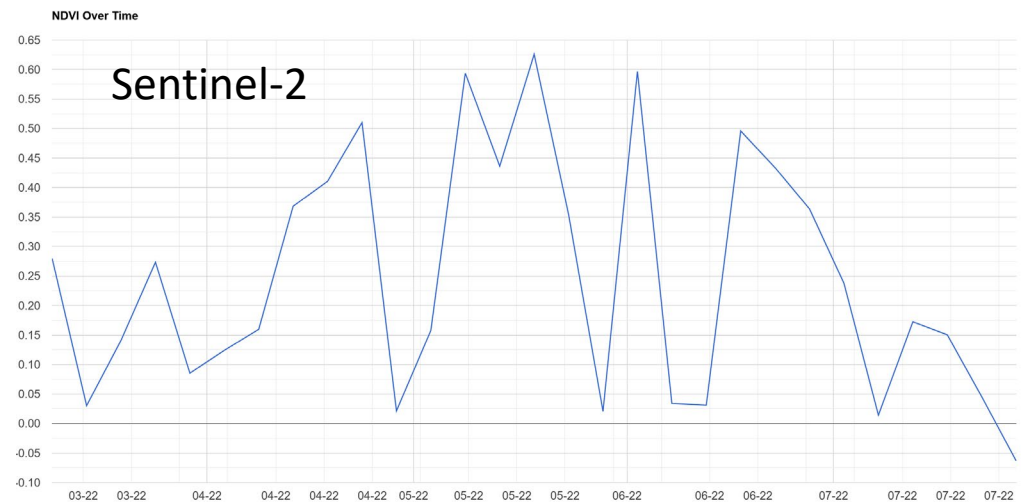
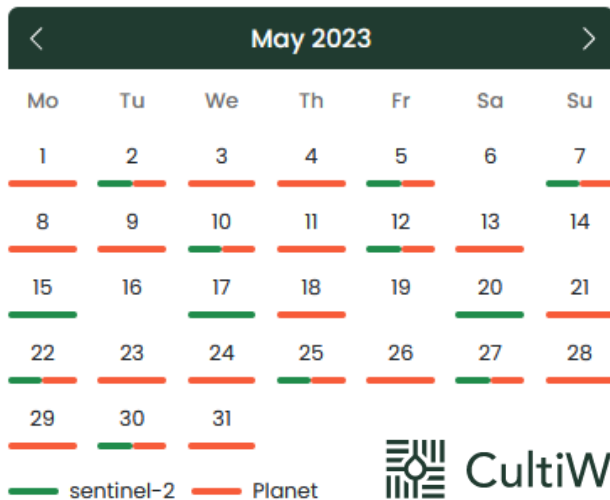
Not required
Tasking



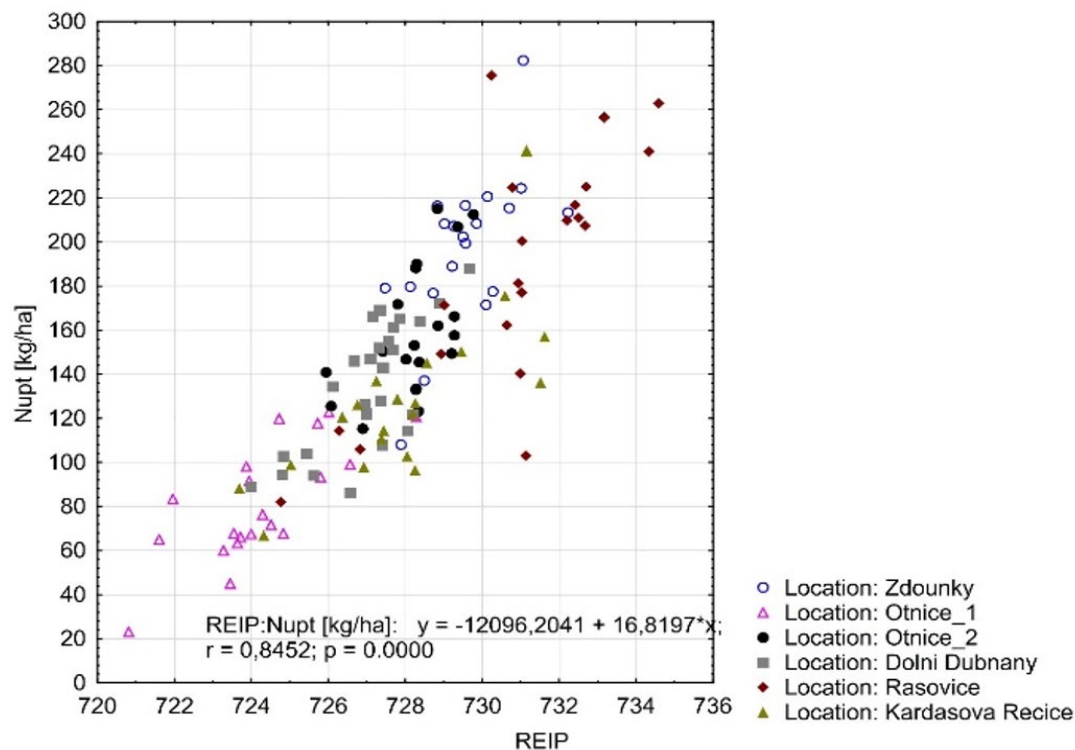
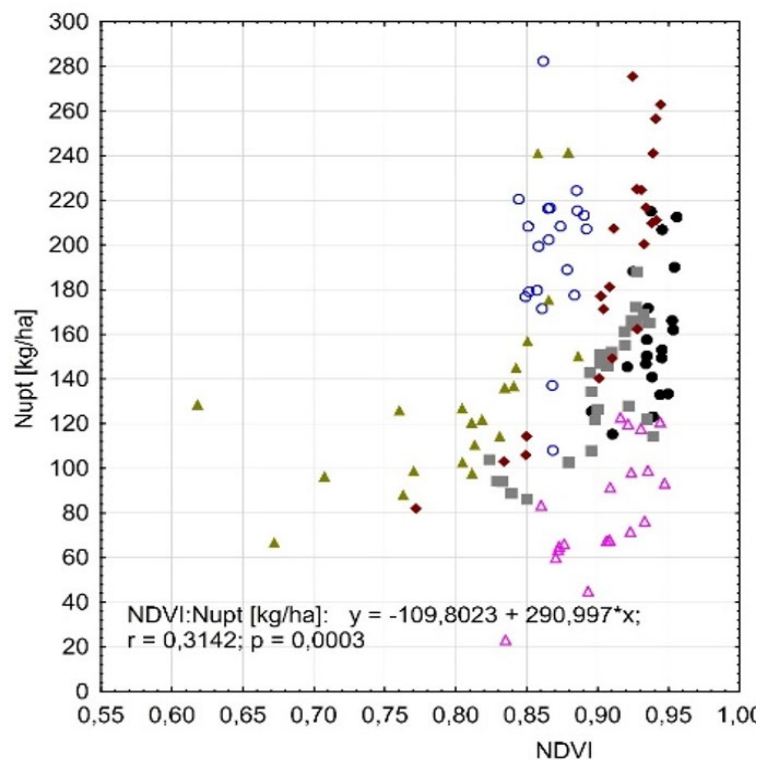
- komerční platforma (zpoplatněno)



Planet Superdove

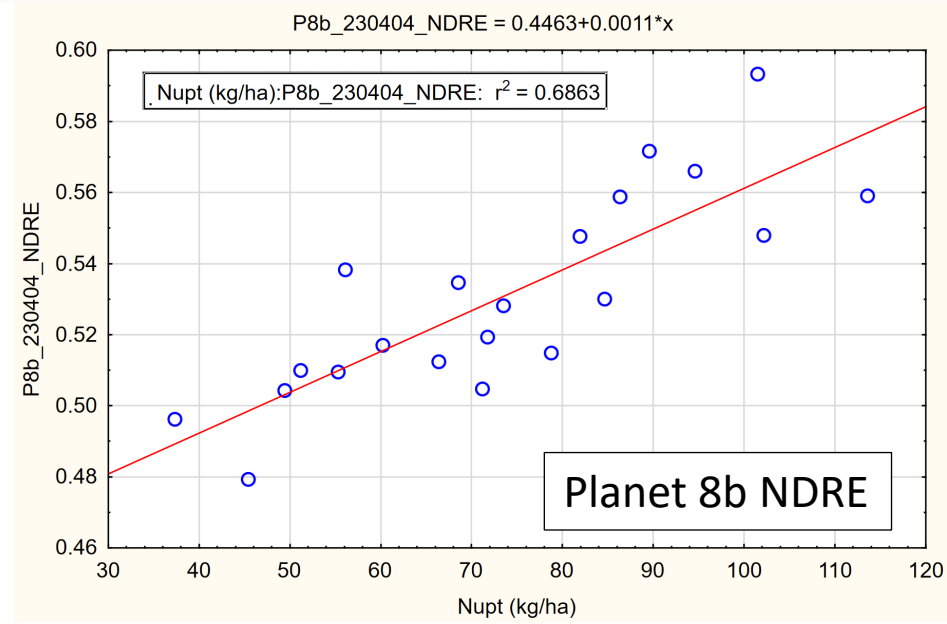
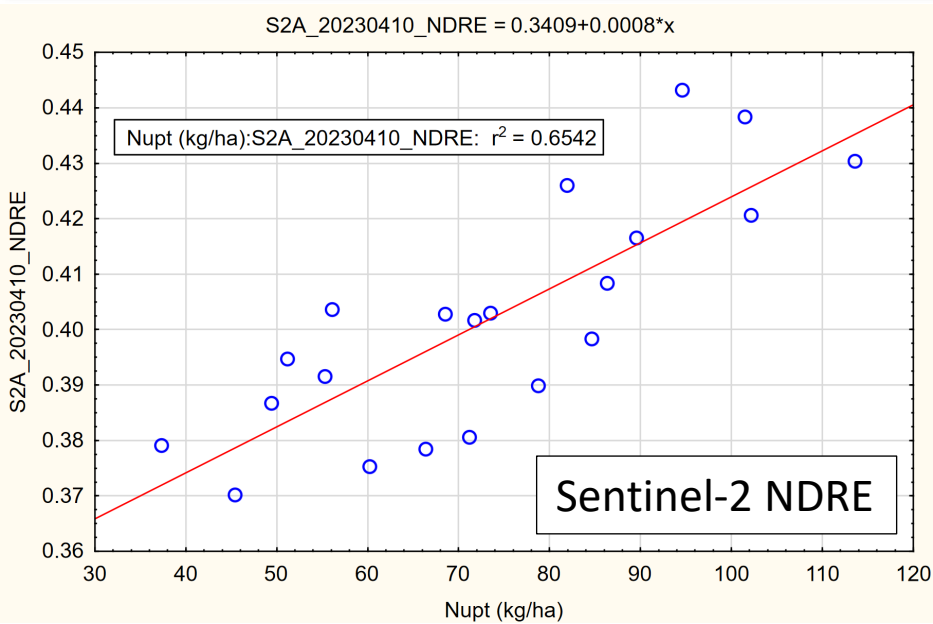


Diagnostika výživného stavu rostlin



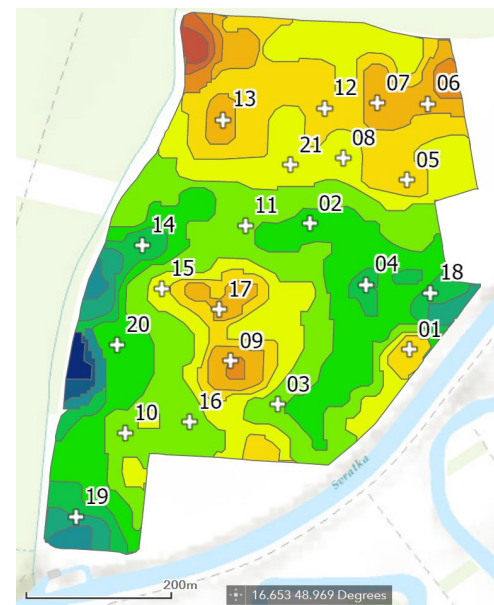
Porovnání vztahu odběru N rostlinami (Nupt) s vegetačními indexy NDVI a REIP ze Sentinel-2 (různé lokality 2017-2020, pšenice ozimá)

Diagnostika výživného stavu rostlin



Korelace (Tabulka dat1) Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < .05000$ N=21 (Celé případy vynechány u ChD)

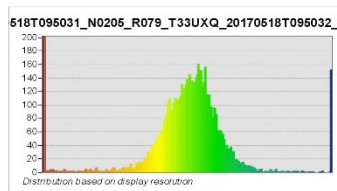
Proměnná	S2A_20230410_CIRE	S2A_20230410_EV12	S2A_20230410_EV1	S2A_20230410_GNDVI	S2A_20230410_IREFI	S2A_20230410_NDMI	S2A_20230410_NDRE	S2A_20230410_NDVI	S2A_20230410_NDVIa	S2A_20230410_NRERI	S2A_20230410_PSRI	S2A_20230410_REIP1	S2A_20230410_RENDVI	S2A_20230410_S2REP
Biom_D (t/ha)	0.798	0.784	0.800	0.793	0.764	0.798	0.801	0.784	0.771	0.568	-0.625	0.786	0.692	-0.143
CWC (t/ha)	0.834	0.811	0.808	0.828	0.793	0.824	0.836	0.811	0.796	0.588	-0.590	0.828	0.718	-0.118
LFMC (%)	0.651	0.573	0.513	0.613	0.604	0.585	0.652	0.573	0.565	0.363	-0.224	0.677	0.480	0.029
Ncont (%)	0.200	0.059	0.011	0.132	0.157	0.051	0.190	0.059	0.082	0.042	0.173	0.276	0.090	0.338
NNI	0.765	0.689	0.684	0.725	0.717	0.698	0.765	0.689	0.691	0.480	-0.482	0.785	0.608	0.006
Nupt (kg/ha)	0.808	0.767	0.771	0.789	0.767	0.779	0.809	0.767	0.760	0.552	-0.571	0.811	0.680	-0.075
GS	0.796	0.685	0.659	0.756	0.802	0.672	0.795	0.685	0.729	0.313	-0.227	0.767	0.483	-0.146
N-tester	0.011	0.081	0.049	0.049	0.003	0.018	0.002	0.081	0.102	0.139	-0.116	-0.025	0.115	-0.088



Uherčice, ječmen ozimý (2023), výměra 28ha, BBCH 31 (n=21)

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

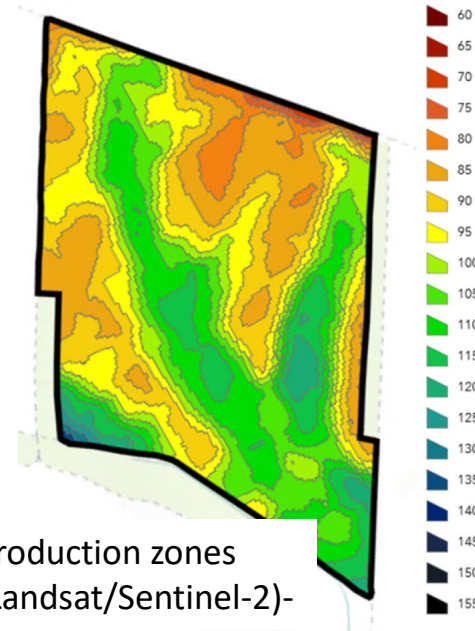
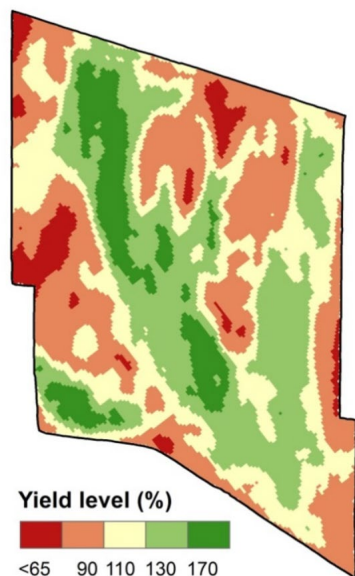
davka
nízka
střední
vysoká



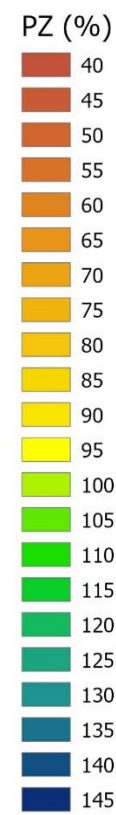
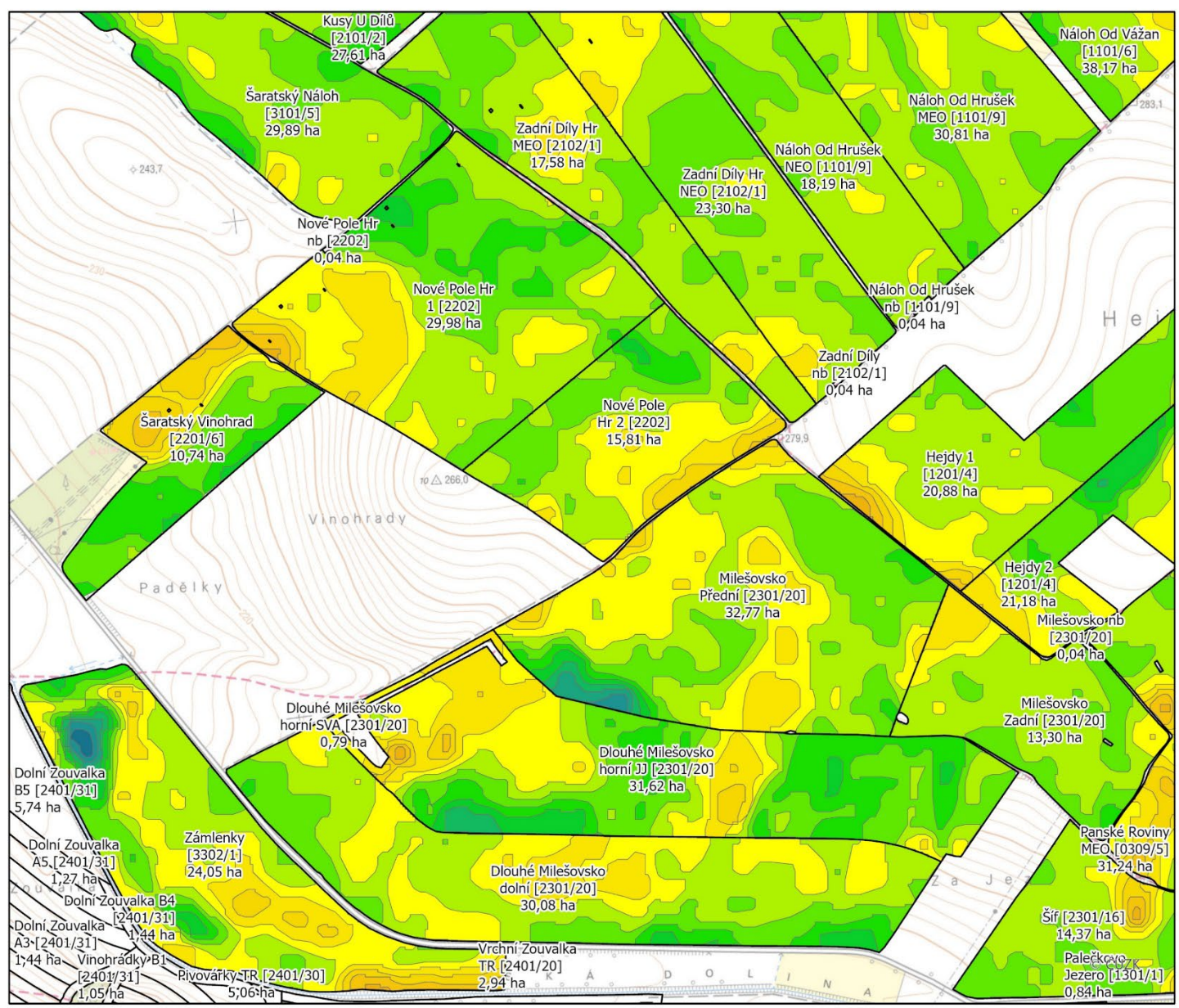
0 50 100 200
m

Vymezení produkčních zón z DPZ

- Alternativa výnosových map vymezením produkčních zón z časové řady družicových dat (např. 8 let) z vegetačních indexů (EVI, LAI, NDVI, ...)
- 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



←
průměr
za pozemek

Rostěnice a.s.
(2013-2020)

Strategie určení intenzity zásahu

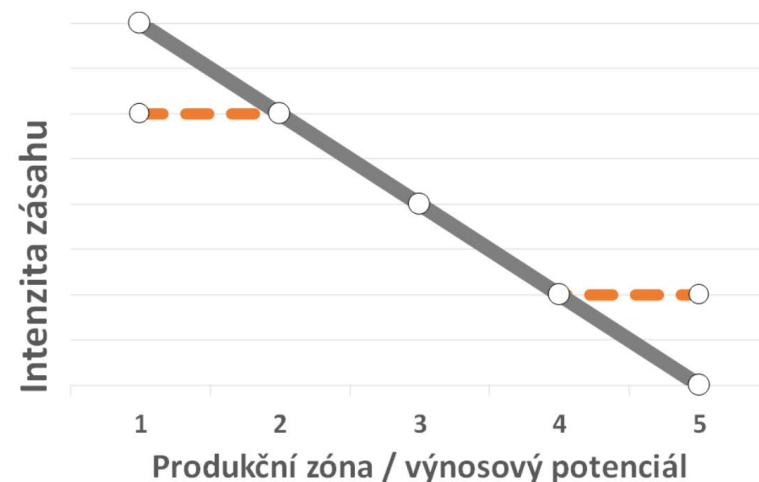
Posilovací (aditivní)

- 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, ...)



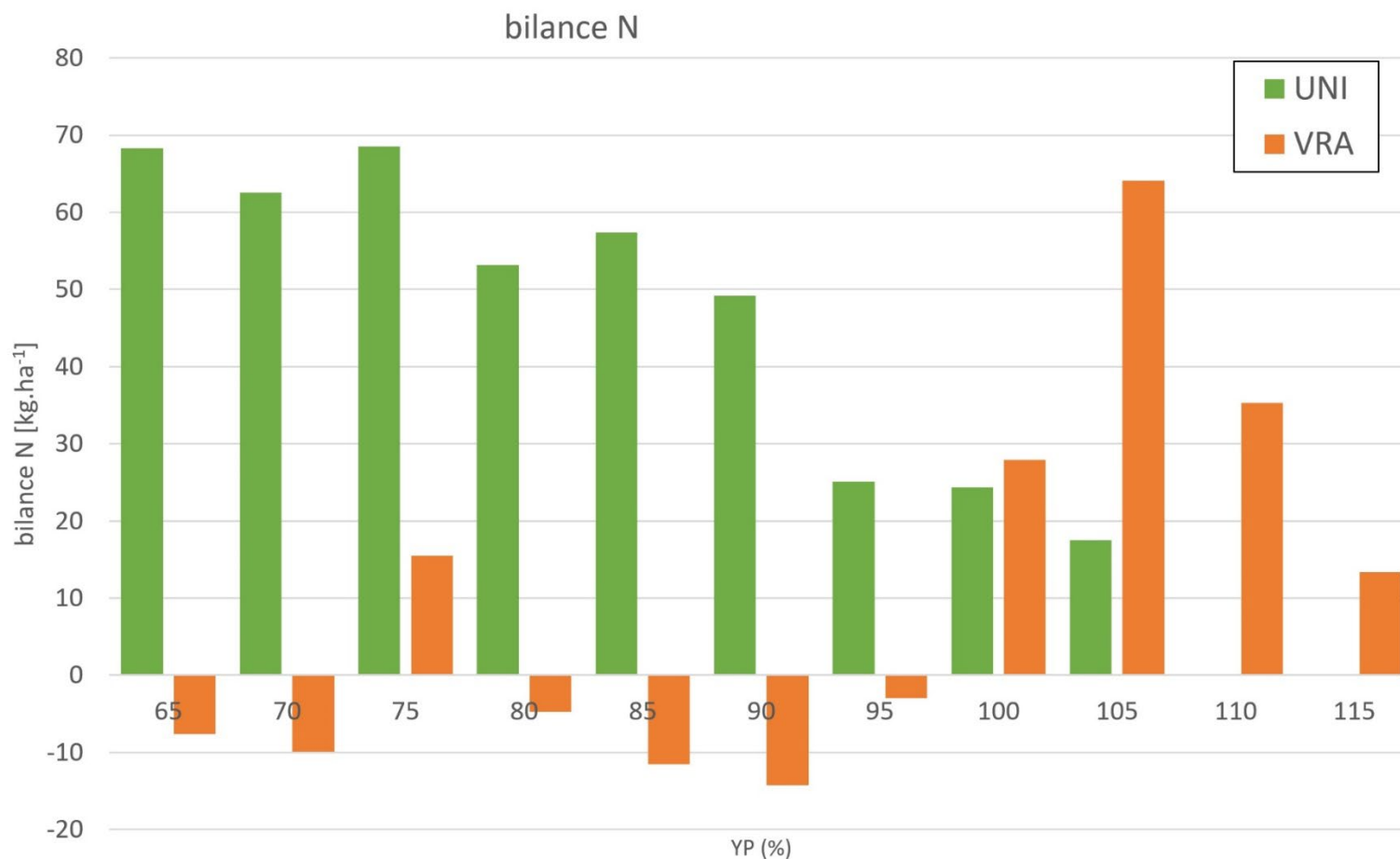
Kompenzační

- Intenzita zásahu se snižuje se zvyšující se hodnotou výnosového potenciálu



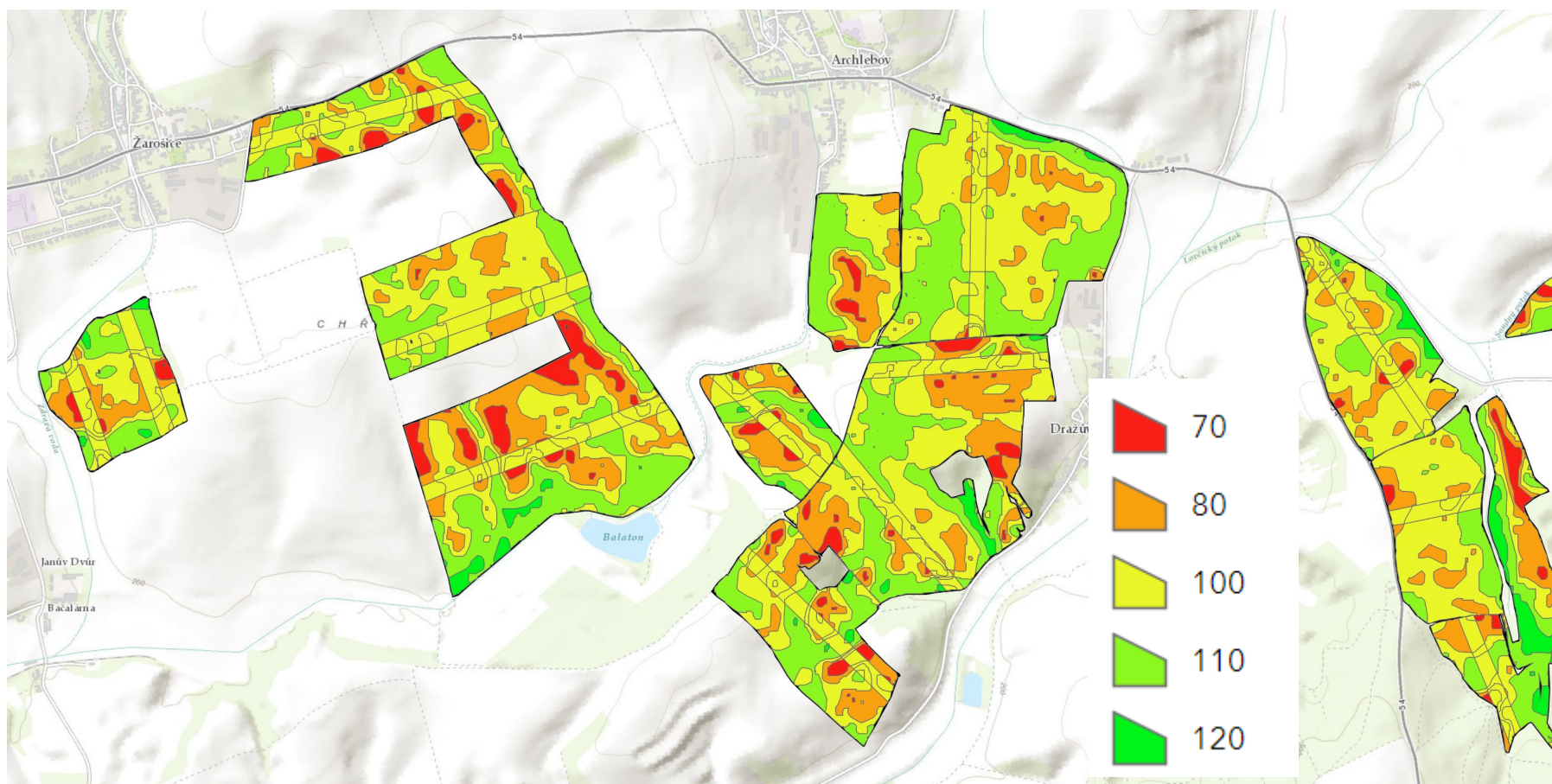


**Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.**



Pšenice oz. (2022)
 16,8 ha
 N dávka dle RVP
 (posilovací
 strategie)

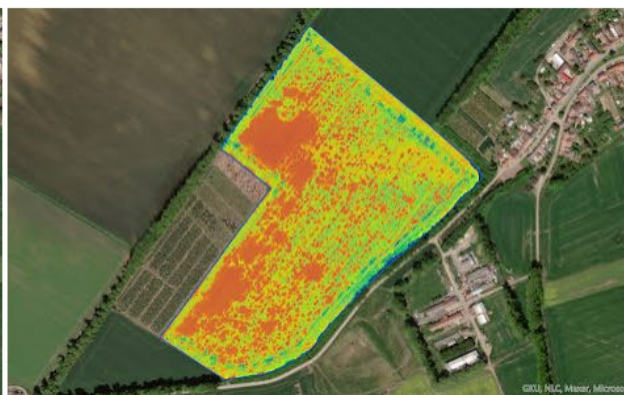
Testování VRA RR+fungicid (Zemagro Stražovice – Fendt Rogator) - Dle mapy výnosového potenciálu



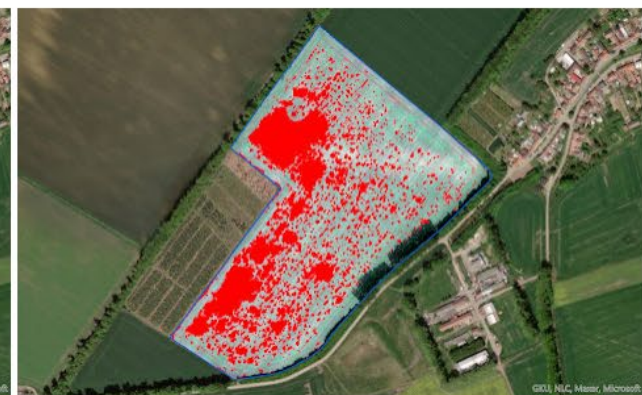
Detekce poškození porostu hrabošem polním



UAV RGB mozaika



UAV NDVI



identifikace poškození



Sentinel-2 7.9.2022



PlanetScope 13.9.2022

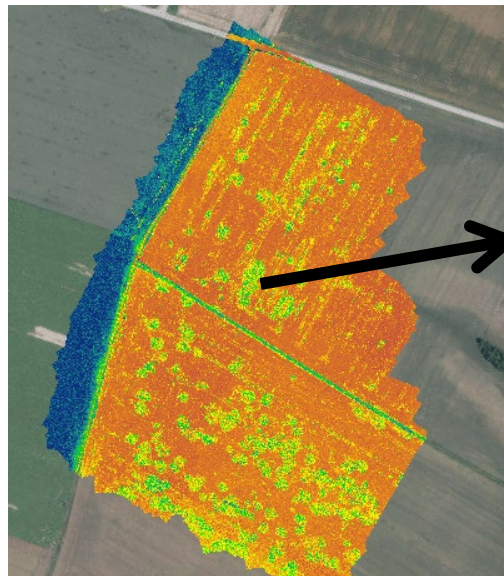


Parcela	Plocha ha	Plocha ha bez porostu	Procento
Osmička malá	3,15	1,35	42,94%
Osmička od Desátku	23,63	8,49	35,91%

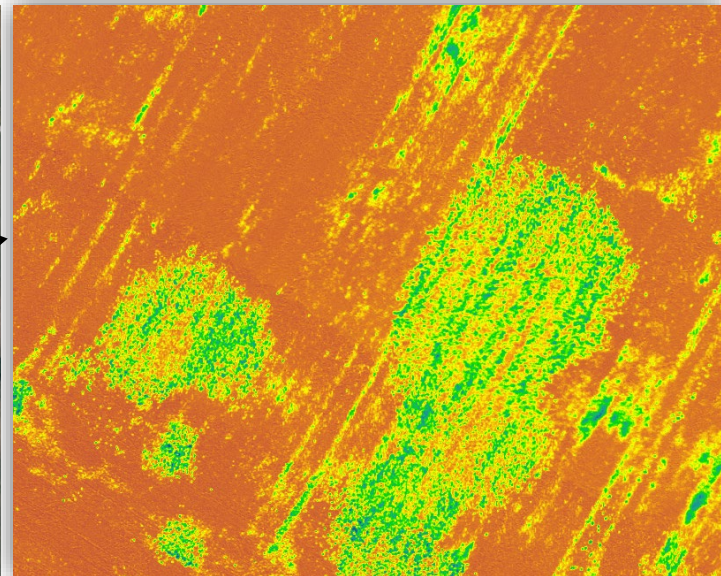
Detekce zaplevelení



Sentinel-2 (9.9.2021), 10m / pixel



UAV (11.9.2021), 7 cm/pixel



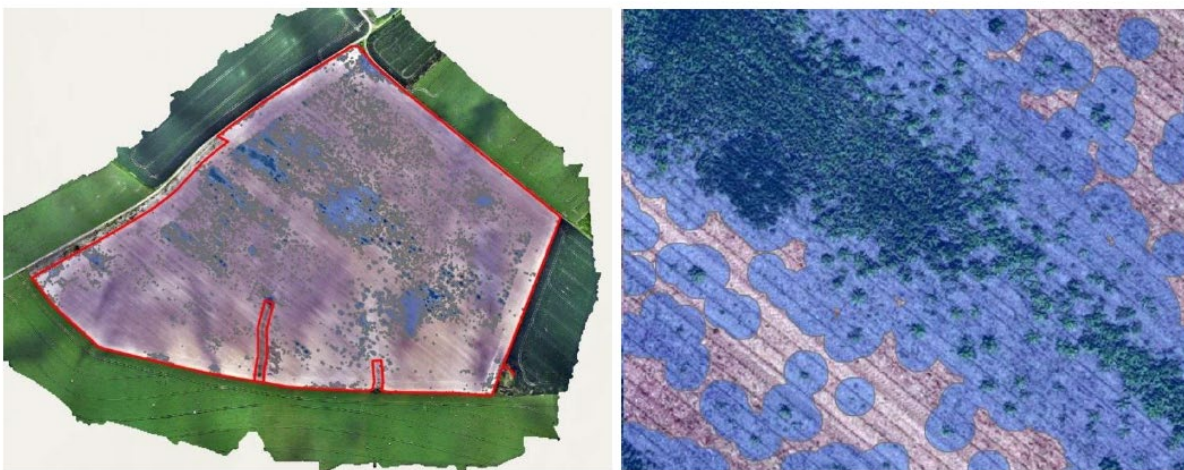
Lokalita Nová Ves, 2021
detekce pcháče (*Cirsium arvensis*)



Tab. 2 Tabulkový přehled mapování zaplevelení Skymaps a MENDELU na anonymizovaných pozemcích České republiky, Slovenska a Rumunska za období 2021–2023 včetně uvedení snímací techniky a cílových plevelných druhů.

pozemky	země	snímkování	data	UAV + kamera	Plevelné druhy a plodina	Výměra pole (ha)	Zaplevelení (%)	Dávka postřiku (l/ha)	Úspora postřiku (%)
DS1	SK	15.09.2022	NDVI, RGB	M300, P1 + Altum	výdrol v řepce	31.22	68.58	100	31.42
DS2	SK	15.09.2022	NDVI, RGB	M300, P1 + Altum	výdrol v řepce	22.44	57.35	100	42.65
A	CZ	15.02.2021	NDVI, RGB	Phantom 4 rgb, Parrot sequoia MS	pcháč (strniště)	19.75	74.43	200	25.57
AHN1	SK	25.09.2021	NDVI	M600, Sony α7RIV, RedEdge-P	pcháč	68.48	99.58	75, 150	28.62
AHN2	SK	25.09.2021	NDVI	M600, Sony α7RIV, RedEdge-P	pcháč	36.86	99.67	75, 150	18.14
B	SK	31.08.2022	NDVI, RGB	Trinity f90, Sony RX1RII, Altum	pcháč (mák)	56.08	64.91	200	35.09
NZ	SK	30.05.2022	NDVI, RGB	M300, P1, Altum	pcháč (kukuřice)	78.03	37.04	200	62.96
AV	CZ	07.09.2021	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (strniště)	20.02	98.80	75, 120	18.36
In80	RO	13.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (sója)	15.47	51.73	120, 200	63.69
In81	RO	13.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (sója)	8.58	31.59	120, 200	78.57
In82	RO	13.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (sója)	18.75	71.84	120, 200	45.34
In83	RO	13.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (sója)	9.93	75.03	120, 200	47.21
In99	RO	13.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (sója)	113.16	96.37	120, 200	21.90
In52	RO	14.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (kukuřice)	44.32	81.32	120, 200	40.16
In62	RO	14.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (kukuřice)	64.45	89.94	120, 200	19.97
In44	RO	14.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (kukuřice)	104.34	73.42	120, 200	38.58
In50	RO	14.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (kukuřice)	148.78	82.08	120, 200	39.26
In43	RO	14.10 2022	NDVI	Trinity f90, Altum	pcháč (kukuřice)	143.94	100	120, 200	31.24
AP	CZ	02.06.2021	NDVI, RGB		pcháč (kukuřice)	12.57	49.16	200	50.84
RRS	CZ	29.05.2023	NDVI, RGB	M3M	heřmánkovec, pcháč (kukuřice)	29.03	60.63	200	39.37
RMP	CZ	29.05.2023	NDVI, RGB	M3M	heřmánkovec, pcháč (kukuřice)	31.69	17.36	200	82.64
RNP	CZ	29.05.2023	NDVI, RGB	M3M	heřmánkovec, pcháč (kukuřice)	17.68	38.46	200	61.54

Celkem 1095 ha, úspora 18 - 82 % (ohnisková x VRA aplikace)



Obr. 15 Detekce zaplevelení vytrvalých (pcháč) a jednoletých (heřmánkovec) plevelů na pozemku o výměře 31,69 ha (vlevo) a detail identifikace plevelných rostlin s tvorbou zón pro aplikaci (vpravo)



Obr. 16 Aplikáční mapy nahrané do palubního terminálu postřikovače Agrifac (vlevo) a Horsch (vpravo)



Obr. 17 Provedení plošně diferencované aplikace herbicidních látek postřikovačem Horsch Leeb na pozemcích ROSTĚNICE a.s.

Reálné provedení aplikace na třech pozemcích zemědělské společnosti ROSTĚNICE a.s. o výměře 78,4 ha vykázalo aplikaci postřiku na 29,9 ha, tzn. plošnou úsporu na úrovni **62 %**.

Výuka PZ na AF MENDELU

- Předmět **Precizní zemědělství**
 - od 2005 (volitelný, garant prof. Křen)
 - od 2022 povinný pro obory Fytotechnika, Rostlinolékařství, Agroekologie, Profesní zemědělství
 - v současnosti (LS 2023) 73 studentů
- předmět **Aplikovaný pěstitelský software** (2008-2022)
- předmět **Zemědělské dotace a evidence** (od 2022)
- předmět **Zemědělské informační systémy** (od 2022)



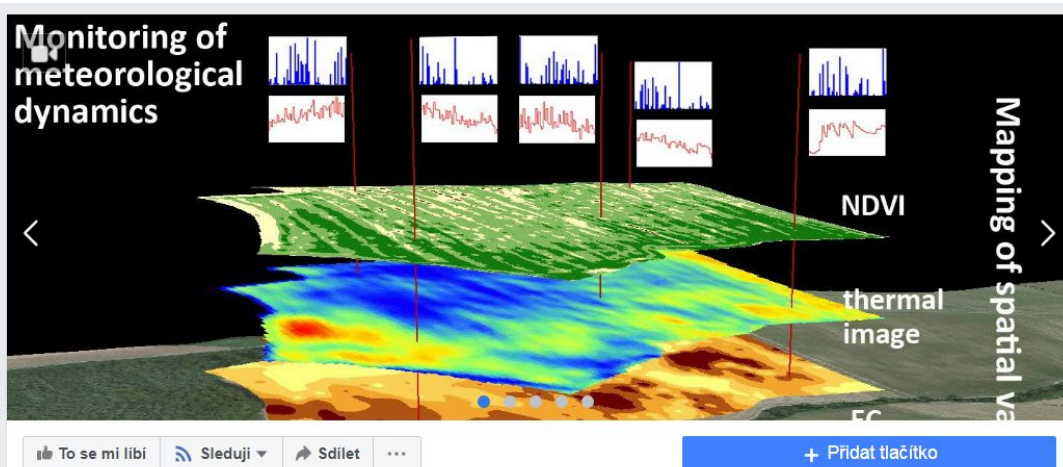
Souhrn

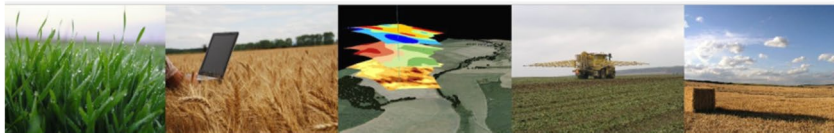
- precizní zemědělství (PZ) představuje směr racionálního hospodaření na půdě, který má z hlediska budoucího vývoje zemědělství **vysoký potenciál uplatnění v ČR,**
- pro uplatnění metod PZ je **klíčová identifikace variability** pozemků,
- postupy precizního zemědělství vyžadují **identifikaci variability** 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**)

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

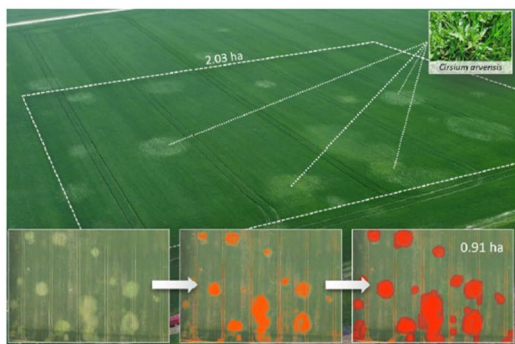


www.facebook.com/chytrezemedelstvi





Ověřená technologie (Z_{tech})



Lokálně cílená aplikace herbicidů v precizním zemědělství

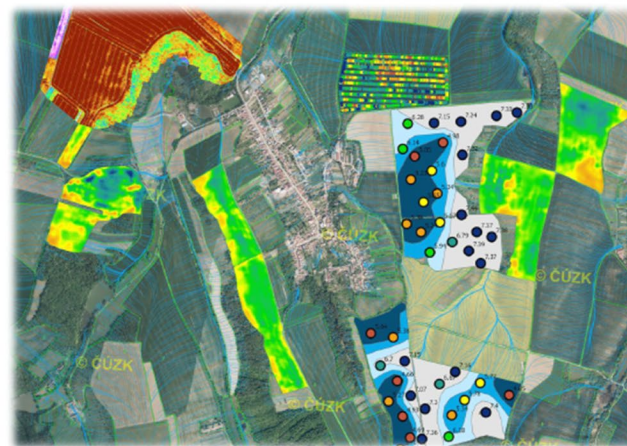
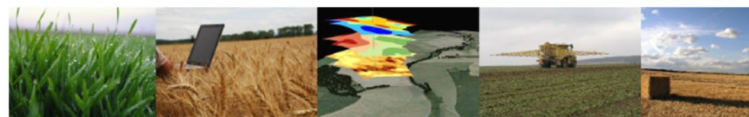
Lukas V., Širůček P., Mezera J., Porčová L., Czíria K., Elbl J., Neudert L., Smutný V.

Výstup z projektu MPO Aplikace

„Skymaps – výzkumný projekt“ (CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024838)

Technická dokumentace výsledku

(popis technologie včetně protokolu o způsobu a vlastním testování ověřené technologie)



CERTIFIKOVANÁ METODIKA PRO PRAXI

Postupy sběru a zpracování faremních dat pro lokálně cílenou agrotechniku polních plodin

Neudert L. - Lukas V. a kol.





Děkuji za pozornost

Mendelova
univerzita
v Brně



Vojtěch Lukas

Ústav agrosystémů a bioklimatologie

Agronomická fakulta

Mendelova univerzita v Brně

vojtech.lukas@mendelu.cz

Prezentace obsahuje výsledky řešení výzkumných projektů
TAČR SS01020309, NAZV QK21010247 a MPO Aplikace
(CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024838)

