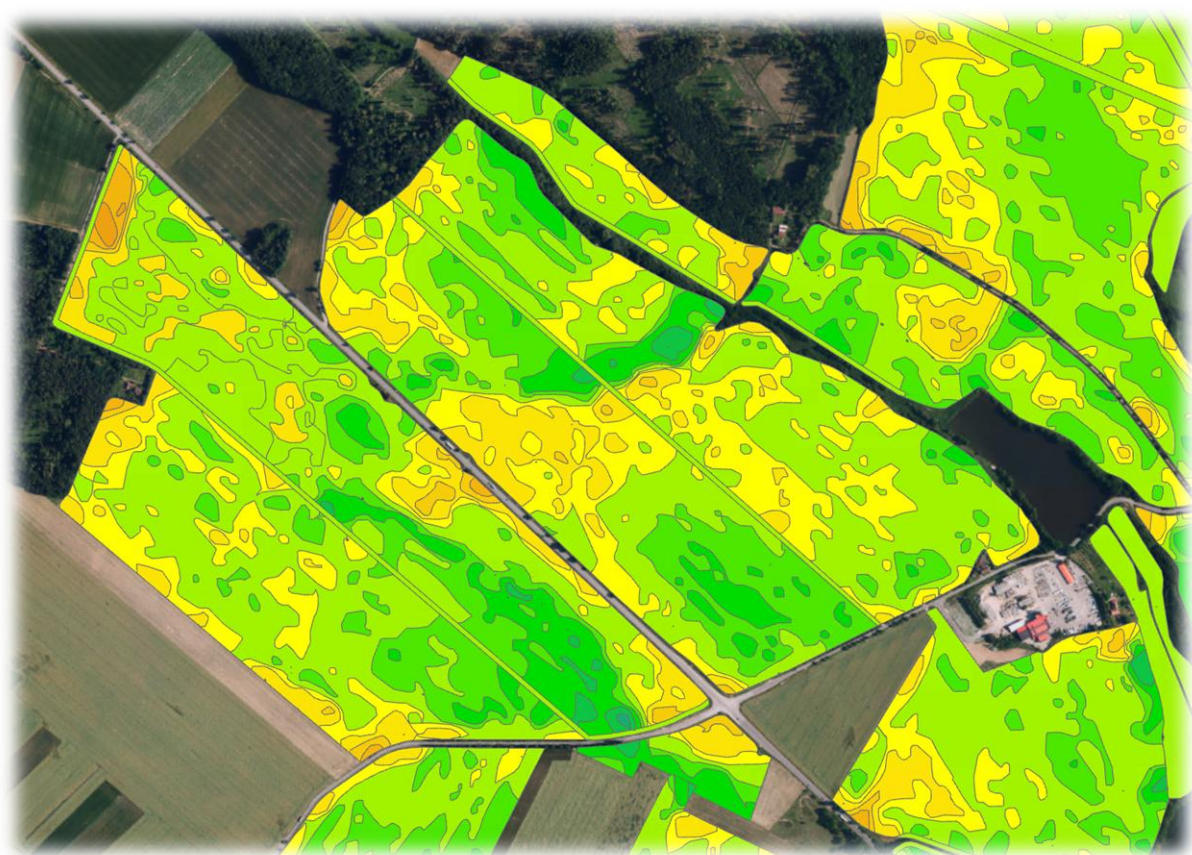
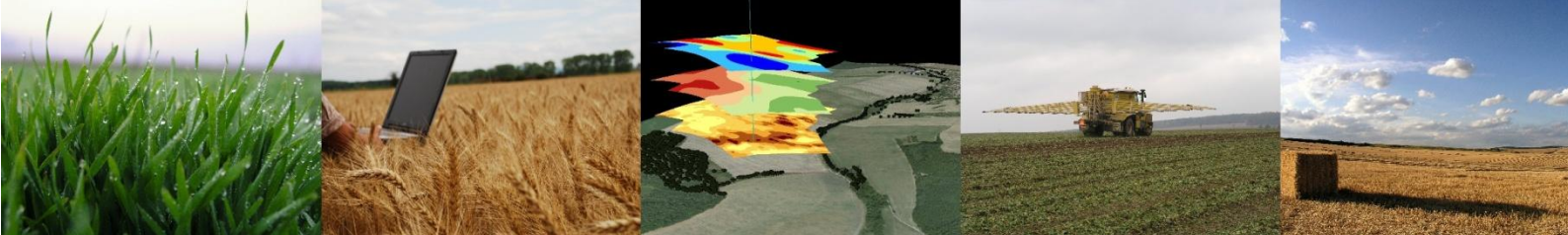




SPECIALIZOVANÁ MAPA S ODBORNÝM OBSAHEM

Inovovaná mapa produkčních zón pro návrh variabilně prováděných pěstebních zásahů ve společnosti ADW Agro a.s.

Lukas V., Šusliková B., Göth J., Slezák V., Kaplánek T., Schilhabová K.,
Niederhafner K., Neudert L., Necid V., Elbl J.

● Mendelova
● univerzita
● v Brně
●


WORLD FROM SPACE


ADW

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

**Inovovaná mapa produkčních zón pro
návrh variabilně prováděných pěstebních
zásahů ve společnosti ADW Agro a.s.**

N_{map} – Specializovaná mapa s odborným
obsahem

VOJTĚCH LUKAS, BEÁTA ŠUSLIKOVÁ, JAN GÖTH, VOJTĚCH SLEZÁK, TOMÁŠ
KAPLÁNEK, KATEŘINA SCHILHABOVÁ, KAREL NIEDERHAFNER, LUBOMÍR NEUDERT,
VÁCLAV NECID, JAKUB ELBL

Inovovaná mapa produkčních zón pro návrh variabilně prováděných pěstebních zásahů ve společnosti ADW Agro a.s.

Specializovaná mapa s odborným obsahem zobrazuje členění pozemků obhospodařovaných zemědělskými společnostmi v rámci holdingu ADW Agro a.s. dle stanovení relativního výnosového potenciálu pro uplatnění v systému lokálně cíleného hospodaření na zemědělské půdě. Základním zdrojem dat pro prostorové vymezení zón s očekávanou shodnou produktivitou v rámci jednotlivých pozemků byla časová řada družicových multispektrálních snímků Sentinel-2 z průběhu vegetačního období plodin za posledních 8 let (2018-2025). Inovací při zpracování map je kalkulace stability produkčních zón za sledované území, která slouží pro posouzení rizikovosti intenzity pěstebního zásahu. Výsledné mapy slouží pro vyhodnocení heterogenity obhospodařovaných pozemků a návrh lokálně cílené agrotechniky plodin, jako je např. variabilní aplikace hnojiv, aplikace přípravků na ochranu rostlin, managementu pojezdů mechanizace po pozemcích a variabilnímu setí plodin.

Innovative map of yield production zones for site-specific crop management in farm enterprise ADW Agro a.s.

The specialized map with expert content depicts the spatial delineation of agricultural fields managed by farming companies within the ADW Agro a.s. holding, based on the assessment of relative yield potential for application in site-specific land management systems. The primary data source for the spatial identification of zones with expected uniform productivity within individual fields was a time series of multispectral Sentinel-2 satellite imagery acquired during crop growing seasons over the past eight years (2018–2025). An innovation in the map development process is the calculation of the stability of production zones across the monitored area, which serves to assess the risk associated with the intensity of agronomic interventions. The resulting maps are used to evaluate the heterogeneity of managed fields and to support the design of site-specific crop management practices, such as variable-rate fertilizer application, application of plant protection products, management of machinery traffic across fields, and variable-rate seeding.

Specializovaná mapa je výsledkem řešení výzkumného projektu TQ03000882 „Identifikace management zón v precizním zemědělství kombinací optického a radarového družicového monitoringu polních plodin“

Autorský kolektiv:

Ing. Vojtěch Lukas, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Beáta Šusliková, Mendelova univerzita v Brně

Mgr. Jan Göth, World from Space, s.r.o.

Ing. Vojtěch Slezák, Mendelova univerzita v Brně

Ing. Tomáš Kaplánek, Mendelova univerzita v Brně

Ing. Kateřina Schilhabová, Mendelova univerzita v Brně

Ing. Karel Niederhafner, Mendelova univerzita v Brně

Ing. Lubomír Neudert, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

Ing. Václav Neced, ADW Agro a.s.

Ing. Jakub Elbl, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně

OBSAH

I. Popis specializované mapy.....	8
Specializace mapy	8
Zdrojová data	8
Popis výpočtu map relativního výnosového potenciálu	11
Charakteristika zájmového území	14
Výsledky vymezení produkčních zón pro ADW Agro a.s.	19
Validace ze záznamů pořízených při sklizni plodin.....	21
II. Doporučení a závěr	24
Popis novosti mapy	24
Příklad využití specializované mapy při lokálně cíleném hospodaření na orné půdě.....	24
Uplatnění mapy	25
III. Seznam použité literatury	26
IV. Seznam publikací předcházejících mapě.....	26
V. Mapová příloha	27

I. POPIS SPECIALIZOVANÉ MAPY

Specializace mapy

Předkládaná specializovaná mapa představuje postup vymezení produkčních zón založeného na kvantifikace odchylky hodnocení stavu porostů vegetačními indexy od průměru pozemku na základě prostorové analýzy časové řady multispektrálních družicových dat. Jedná se o alternativu pro případy absence dat z mapování výnosů při sklizni plodin, ať z důvodu nedostupnosti dostatečného technického vybavení sklízecích mlátiček, anebo pro plodiny, jejichž měření výnosu při sklizni není rozšířeno (silážní kukuřice, píce, okopaniny a další skupiny plodin). Vymezení zón relativního výnosového potenciálu vychází z analýzy víceleté řady (8 let) družicových dat. Relativní výnosový potenciál je vypočten jako procentuální vyjádření dosažené produktivity na daném místě vůči průměrné hodnotě za celý pozemek; vždy jednotlivě pro každé sledované vegetační období s následným zprůměrováním za celou časovou řadu dat. V případě využití dat dálkového průzkumu Země je základním principem hodnocení analýza nevyrovnanosti porostů ve vybraných částech vegetačního období na základě vegetačních indexů a kvantifikace vůči průměrné hodnotě pozemku v daném termínu sledování.

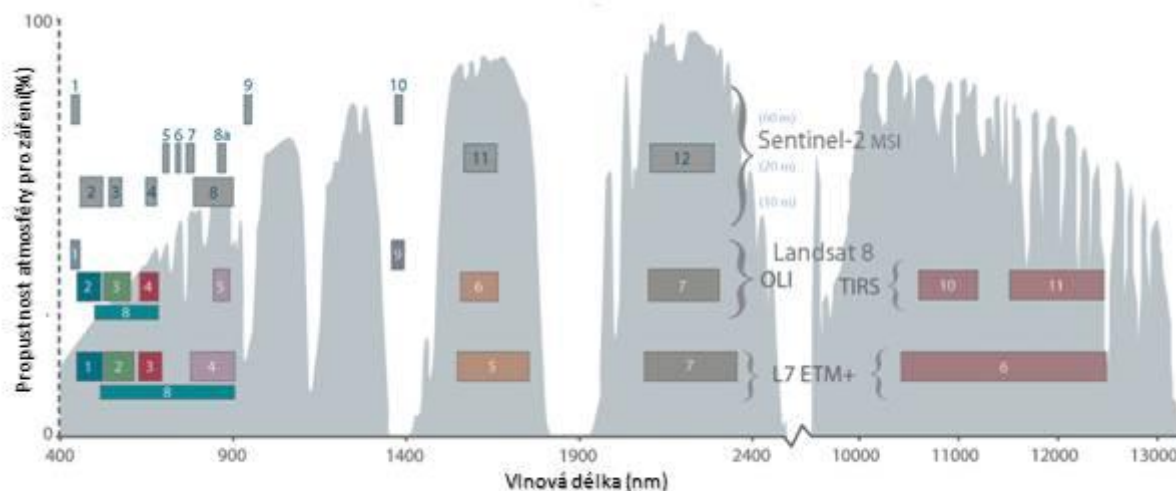
Výsledkem je identifikace výnosově podprůměrných nebo nadprůměrných oblastí na pozemcích napříč sledovanými ročníky. Toto stanovení lze provést pro jakékoli území pokryté dostatečným počtem bezoblačných družicových snímků a digitálním zmapováním hranic pozemků (např. Registr zemědělské půdy LPIS) doplněné o základní agronomickou evidenci pěstovaných plodin. V případě dostupnosti výnosových map lze procentuální rozpětí relativního výnosového potenciálu korigovat o reálně zmapované výnosy na daném území.

Inovativním prvkem mapy je hodnocení stability produkčních zón za sledované období na základě variačního koeficientu (CV). Vyšší hodnoty CV značí výkyvy mezi obsaženými ročníky a poukazují na výnosově nestabilní plochy, které významně reagují na povětrnostní (a zejména vlhkostní) podmínky daného roku. Pro agronomické rozhodování představují rizikové plochy, kde vyšší intenzita pěstování nemusí být s ohledem na průběh počasí v daném vegetačním období nemusí být vhodně zvolenou strategií.

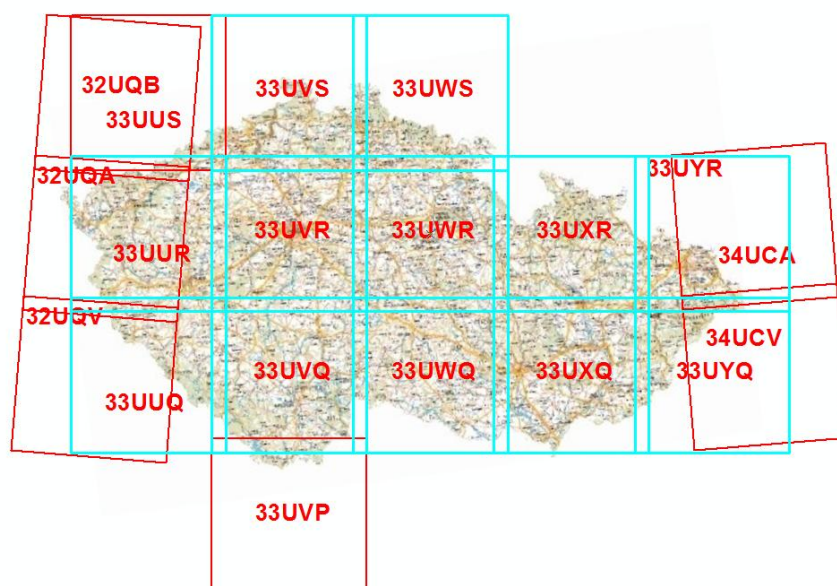
Zdrojová data

Základním vstupem pro výpočet relativního výnosového potenciálu v mapové podobě jsou družicové multispektrální snímky, hranice pozemků v digitální vektorové podobě doplněné o záznamy z agronomické evidence zemědělského podniku.

Družicová obrazová data umožňují zachycení rozsáhlého území v krátkém časovém intervalu s vysokou periodicitou, která je vhodná pro zachycení dynamiky přírodních jevů. Díky svým vlastnostem a bezplatnou dostupností je jedním z nejčastěji využívaných zdrojů družicových dat pro precizní zemědělství družice Sentinel-2, které jsou součástí programu Evropské kosmické agentury ESA Copernicus. První družice Sentinel-2A byla vypuštěna v roce 2015, následována byla družicemi Sentinel-2B (2017) a Sentinel-2C (2024), která v blízké době nahradí Sentinel-2A. Družice nesou multispektrální snímač OLI, který pořizuje multispektrální obrazová data ve 13 pásmech s prostorovým rozlišením 10, 20 a 60 metrů v závislosti na vlnové délce o celkové šířce záběru 290 km. Konfigurace



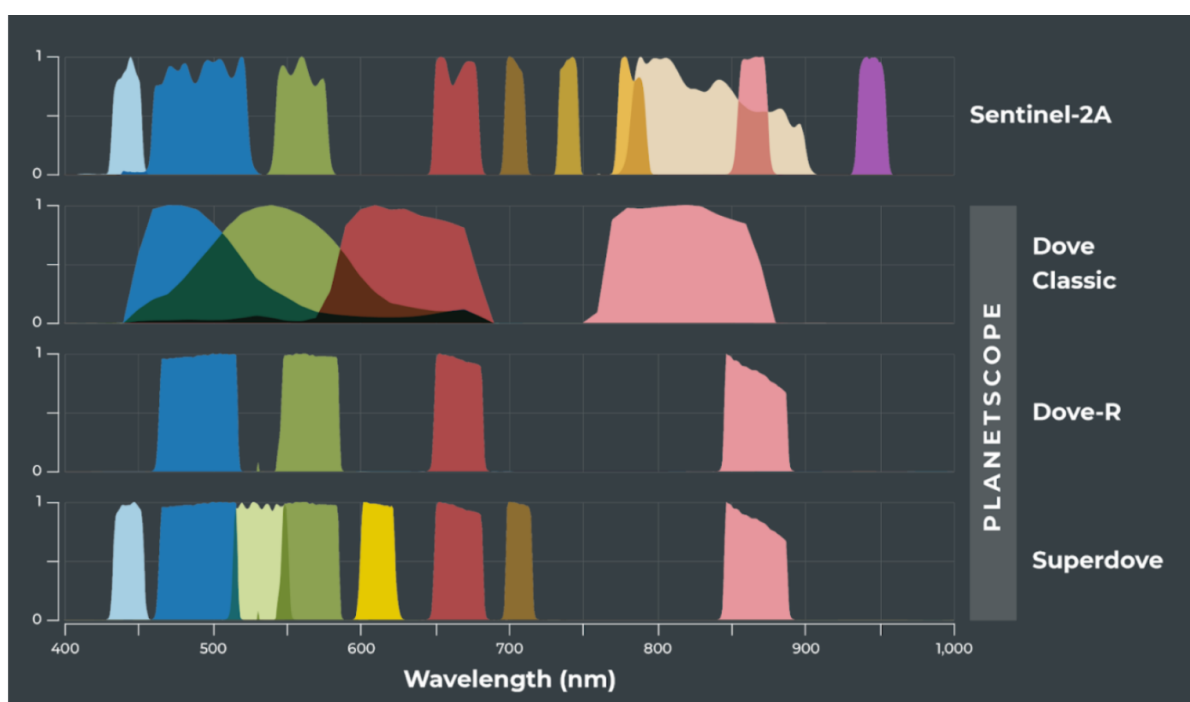
Zdroj: <http://landsat.gsfc.nasa.gov>



Pro specifické účely lze Kromě *Sentinel-2* lze také využít multispektrální družicové snímky *PlanetScope*. Mise *PlanetScope* společnosti *Planet Labs*, zahrnuje konstelaci více než 180 (Frazier and Hemingway,

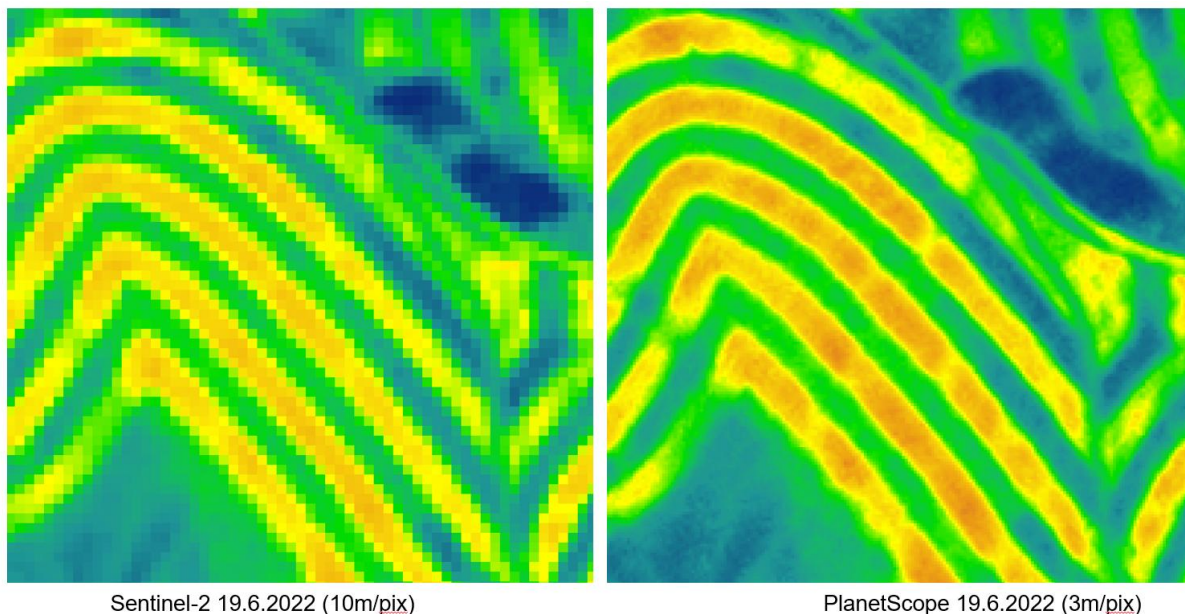
2021) družic nazývaných buď *CubeSats* (Earth.esa.int, 2023), nebo *Dove* (Francini *et al.*, 2020; Ghuffar, 2018), což jsou nanosatelity o standardních rozměrech 10 cm x 10 cm x 30 cm (Aati and Avouac, 2020; Ghuffar, 2018), které poskytují multispektrální snímky s vysokým prostorovým rozlišením (Gašparović *et al.*, 2018). Všechny družice jsou umístěny na oběžné dráze Země ve výšce 475–525 km, což je níže oproti družicím *Landsatu* a *Sentinelu-2*, které jsou umístěny ve výšce 700 a 780 km nad Zemí (Francini *et al.*, 2020).

Multispektrální senzor *PlanetScope* zaznamenává data s denní periodou oběhu a s prostorovým rozlišením 3,7–4,1 metrů na pixel v závislosti na aktuální výšce družice (Huang and Roy, 2021). Jednotlivé družice pořizují snímky v intervalu 1 s s plochou záběru snímku 24,4 km x 8,1 km (Ghuffar, 2018), denní sběrná kapacita všech družic *PlanetScope* je 200 milionů km² zemského povrchu (Francini *et al.*, 2020; Issaoui *et al.*, 2022). Družice jsou synchronizovány na sluneční oběžné dráze a prolétají nad rovníkem v časovém rozmezí 9:30 a 11:30 (místního slunečního času) (Frazier and Hemingway, 2021; Ghuffar, 2018; Kpienbaareh *et al.*, 2021).



Obr. 3 Spektrální pásma PlanetScope pro různé generace senzorů a soulad s pásmy Sentinel-2

Obrazové senzory družic *PlanetScope* snímají povrch v elektromagnetickém spektru v rozmezí 455–860 nm, což odpovídá modrému, zelenému, červenému a blízkému infračervenému záření (Cheng *et al.*, 2020; Francini *et al.*, 2020; Issaoui *et al.*, 2022). Družice *PlanetScope* jsou tvořeny třemi generacemi senzorů, první generace je označovaná jako *Dove-Classic* (*Dove-C*), druhá generace jako *Dove-R* (Huang and Roy, 2021) a třetí generace jako *SuperDove* (Aati and Avouac, 2020). Výsledné snímky mají radiometrické rozlišení 16bitů a jsou dostupné ve formátu *GeoTIFF*. Na snímcích je použita tzv. maska nepoužitých dat (*UDM-unusable data mask*), která identifikuje místa s oblačností nebo s chybějícími pixely (Huang and Roy, 2021).



Obr. 4 Příklad vhodnosti použití dat PlanetScope s vyšším prostorovým rozlišením pro hodnocení porostů na pozemcích s pásovým střídáním plodin

Podkladem pro vymezení **hranic obhospodařovaných pozemků** jsou záznamy z Registru zemědělské půdy LPIS. Pokud zemědělské podniky vedou v rámci Portálu farmáře tzv. zemědělské parcely, je využit tento datový zdroj s identifikací pěstovaných plodin v daném roce (po exportu do formátu shp). V ostatních případech jsou použity hranice dílů půdních bloků (DPB) či geometrie plodin z Geoprostorové žádosti, obojí dostupné ve formátu shapefile z veřejně dostupného exportu dat LPIS (<http://eagri.cz/public/app/eagriapp/lpisdata/>).

Popis výpočtu map relativního výnosového potenciálu

Výpočet vychází z analýzy nevyrovnanosti porostů jednotlivých pozemků z vegetačního indexu EVI za posledních 8 let. Vegetační indexy jsou využívány pro zvýraznění vegetační složky v obraze, zároveň redukuje množství vstupních spektrálních pásem do jediné veličiny. Nejčastěji používaným vegetačním indexem při hodnocení vegetace je NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), který je spočítán z odrazivosti v červeném (R) a blíže infračerveném (NIR) pásmu elektromagnetického záření. Huete et al. (1994) představili ve své studii *Enhanced Vegetation Index* (EVI), který redukuje atmosférické vlivy implementací odrazivosti modrého pásma do normalizované kalkulace:

$$EVI = \frac{2.5 \times (\rho_{NIR} - \rho_{red})}{1 + \rho_{NIR} + 6 \times \rho_{red} - 7.5 \times \rho_{blue}}$$

Podle Gao et al. (2000), NDVI je více ovlivněno obsahem chlorofylu a saturuje při vysokém množství nadzemní biomasy porostu, zatímco EVI odpovídá ve větší míře strukturním změnám porostu a vykazuje vyšší citlivost při plném zapojení porostu. Ve výsledku vykazuje EVI vyšší citlivost na změny v podílu zelené vegetace při vyšší úrovni nadzemní biomasy (Huete et al., 2002).

Pro výpočet jsou vybírány scény z druhé poloviny vegetačního období zemědělských plodin s minimální oblačností a aplikaci radiometrických a atmosférických korekcí. Z důvodu nezbytné eliminace všech rušivých jevů v obraze je aplikována maska oblačnosti (klasifikace scény) pro vyfiltrování husté i řídké oblačnosti, stínů oblačnosti, oparu a dalších nežádoucích jevů. Příslušná maska je součástí dat zpracování snímků na úrovni L2A, zatímco u snímků Sentinel-2 se jedná o výsledky zpracování algoritmu *sen2cor* (Vuolo et al., 2016), v případě PlanetScope je klasifikace scény součástí vrstvy UDM. Z takto připraveného souboru scén je následně vypočtena relativní hodnota pro danou scénu a pozemek a následně střední hodnota napříč všemi připravenými scénami. Původní prostorové rozlišení (10 m pro Sentinel-2) je pomocí metod prostorových interpolací vyhlazeno na výsledných 5 m na pixel. S ohledem na prostorové rozlišení vstupních dat Sentinel-2 nelze kvůli nedostatečnému počtu pixelů provést výpočet pro plochy menší než 3 ha, pro menší plochy je nutné volit data o vyšším prostorovém rozlišení jako je např. PlanetScope (prostorové rozlišení multispektrálního senzoru 3,7 m / pixel). Výpočet také zahrnuje eliminaci okrajových ploch, které mohou být u pozemků v blízkosti lesních porostů zakryty korunami stromů. Vymezení ploch je dáno hranicemi vedenými v databázi LPIS a nekoresponduje vždy s jednotlivými plodinami; v případě pěstování více plodin na jednom dílu půdních bloků (DPB) je třeba dodat zpřesňující geometrii hranic jednotlivých plodin či ji manuálně upravit.

Hodnocení stability produkčních zón

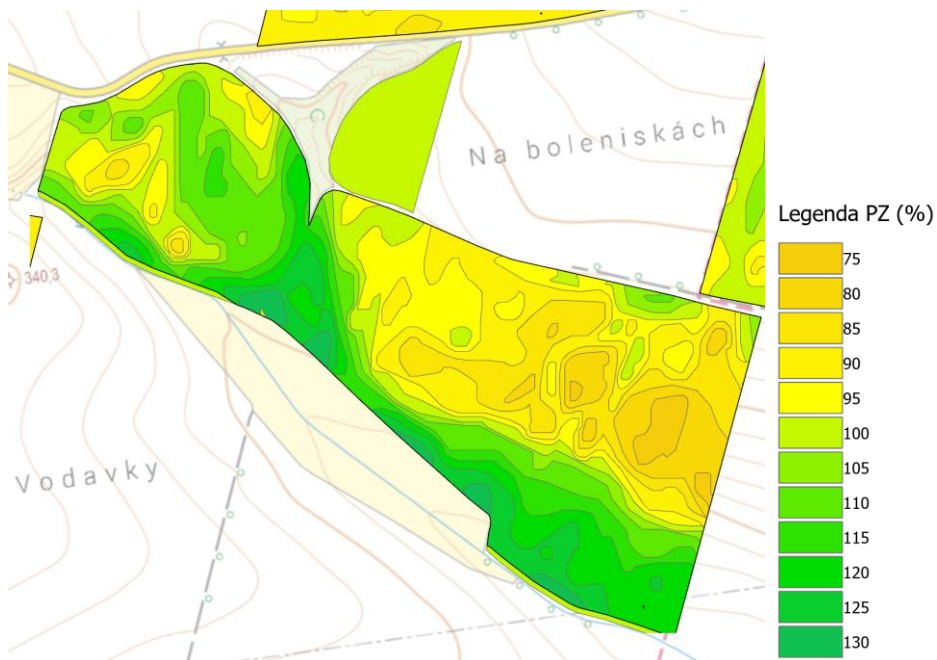
Postup tvorby map produkčních zón je obdobný jako zpracování výnosových map, které by mělo vždy zahrnovat více ročníků. Cílem je vyhodnotit variability výnosových úrovní za sledované období a identifikovat nadprůměrně či podprůměrně výnosné plochy včetně procentuální vztažení vůči průměrné hodnotě dosaženého výnosu plodiny. Postup zpracování výnosových map v prostředí GIS, normalizaci hodnot jednotlivých ročníků a sklizených plodin a kombinace střední hodnotou popisují v certifikované metodice Lukas et al. (2011).

Klíčová je pro agronomy je také znalost mezi-ročníkové variability prostorových diferencí výnosových úrovní pro rozlišení ploch se stabilní či kolísavou výnosovou hladinou - stabilitou produkční zóny na daném místě. Pro výpočet je použit variační koeficient (CV). Vyšší hodnoty variačního koeficientu představují kolísání výnosové úrovně mezi jednotlivými ročníky na daném místě a vypovídá tak o možném riziku dosažení výnosu při změně povětrnostních podmínek v průběhu roku.

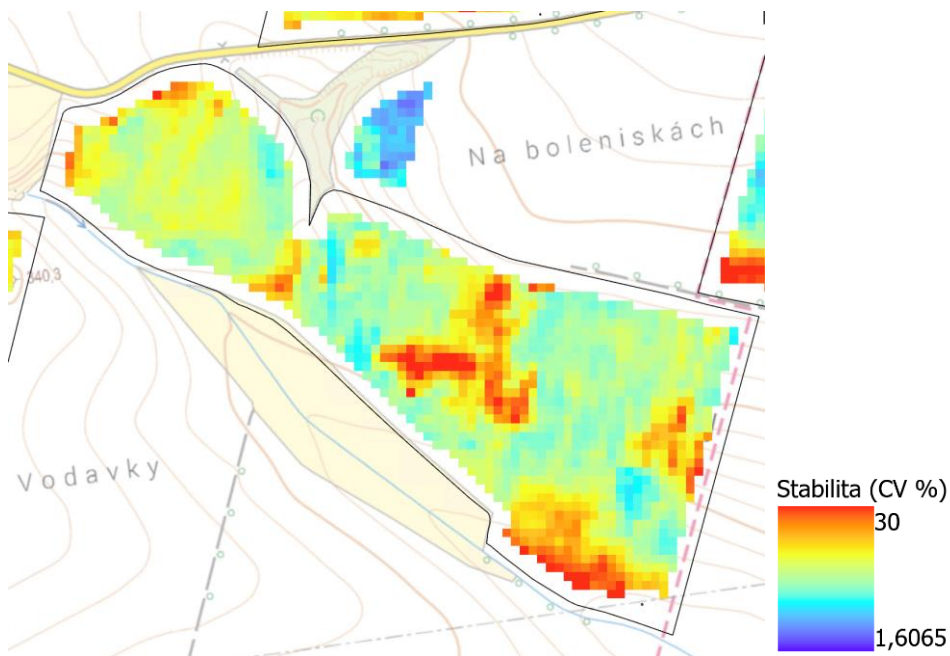
Dle Blackmore et al. (2003) lze kombinací výnosové úrovně a stability definovat následující kategorie hodnocení výnosu:

- Oblasti s **vysokým a stabilním výnosem** (nadprůměrný výnos, CV < 30 %). Představují místa na pozemku s trvale nadprůměrným výnosem, který je možné podpořit vyšší intenzitou pěstování (hnojení, ochrana rostlin, apod.). Zpravidla se jedná o oblasti s vyšší dostupností půdní vláhy.
- Oblasti s **nízkým a stabilním výnosem** (podprůměrný výnos, CV < 30 %). Jedná se o plochy, kde je vhodné snížit intenzitu pěstebních zásahů, dokud nezjistíme a nenapravíme příčinu výnos limitujícího faktoru. Může se jednat o plochy s trvale sníženou úrodností, degradovanou půdu nebo výsušné části pozemků.

- Oblasti s **nestabilním výnosem** ($CV > 30\%$). Tato místa se z hlediska pěstebních doporučení jeví jako riziková, výnos je zde výrazně ovlivněn ročníkovými vlivy. Jako příklad lze uvést zamokřené části pozemků, které v suchých ročnících poskytují nadprůměrný výnos.



Obr. 5 Mapa produkčních zón s relativní hodnotou výnosové úrovně



Obr. 6 Mapa stability produkčních zón dle variačního koeficientu (CV %). Červené plochy indikují místa s vyššími mezi-ročníkovými rozdíly hodnocení stavu porostů

Charakteristika zájmového území

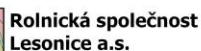
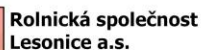
Specializovaná mapa se zaměřuje na území obhospodařované zemědělskými společnostmi spadající do holdingu ADW Agro a.s. Jedná se o Rolnická společnost Lesonice a.s. a Agro Mohelno, s.r.o.

Rolnická společnost Lesonice a.s. hospodaří na výměře 2758 ha v jižní části okresu Třebíč (Moravské Budějovice, kraj Vysočina) zařazeném do bramborářské výrobní oblasti. Sledované území je tvořeno půdami mírně teplého a vlhkého klimatického regionu (MT4) s průměrnou roční teplotou 6 – 7 °C a mírně teplého a mírně vlhkého klimatického regionu (MT2 s průměrnou roční teplotou 7 – 8 °C. Roční úhrn srážek činí 550 – 650 mm (MT2) až 650 – 750 mm (MT4) s pravděpodobností výskytu sucha 5 – 15 % (MT4) a 15 – 30 % (MT2). Na území se vyskytuje půdní typ kambizem modální, hnědozem modální, hnědozem oglejená, pseudoglej, částečně také glej modální a luvizem oglejená.

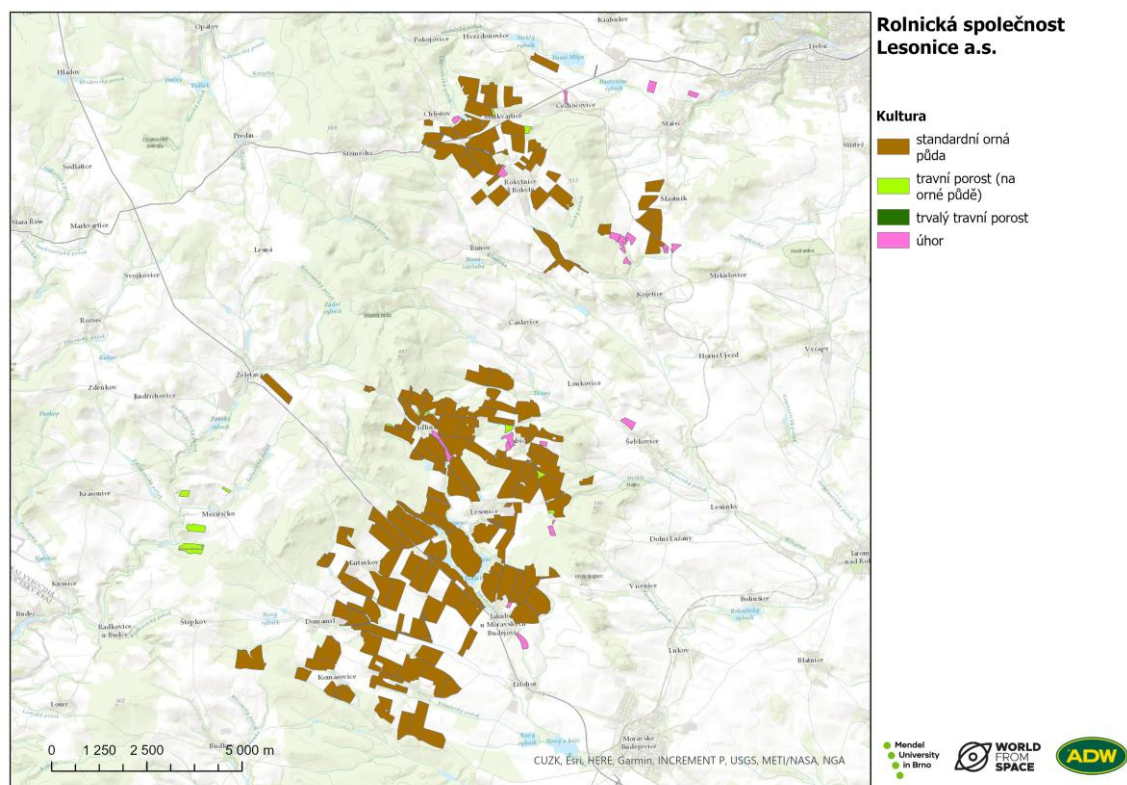
Výměra zemědělsky obhospodařované půdy Rolnické společnosti Lesonice a.s. byla v roce 2025 tvořena 270 díly půdních bloků (DPB) se zařazením do kultury orná půda (R), travní porost na orné půdě (G) a úhor (U). Souhrnné popisné údaje za DPB a pěstované plodiny v roce 2025 jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1 Výměra zastoupení typu kultury a plodin Rolnické společnosti Lesonice a.s. v roce 2025 (zdroj: veřejná data LPIS)

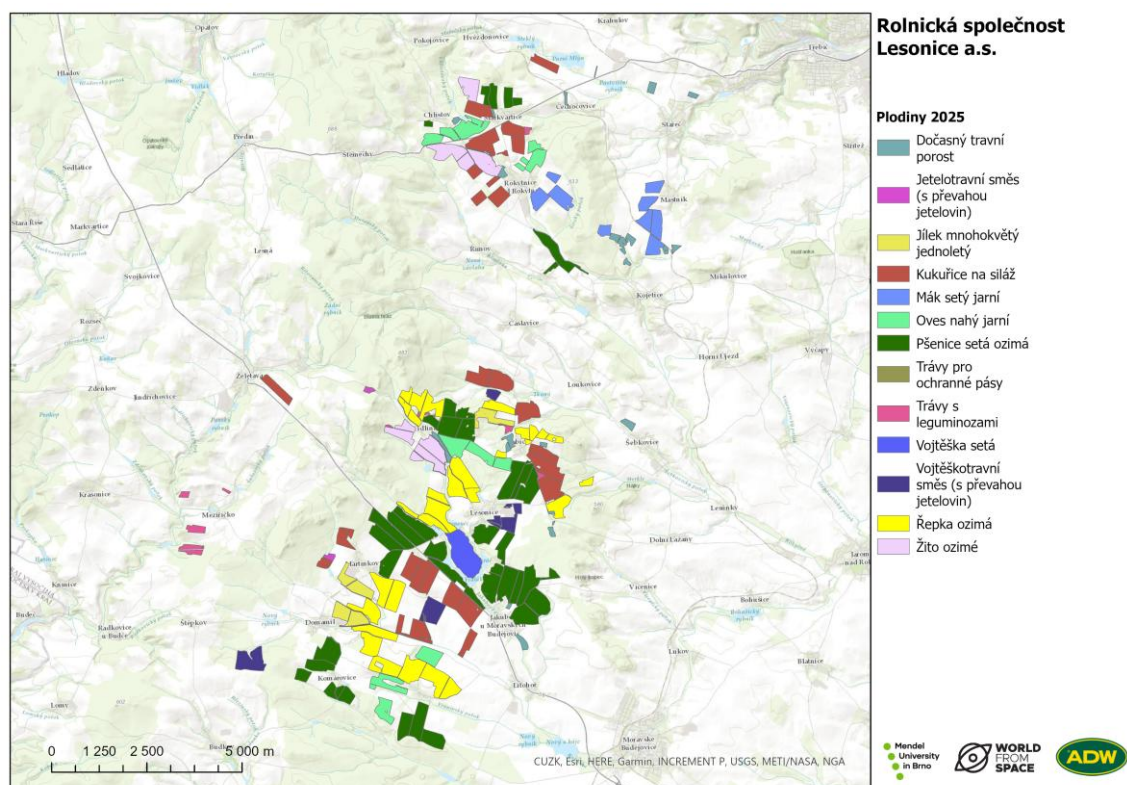
Souhrn výměry (ha)	orná půda (R)	travní porost (na orné půdě) (G)	úhor (U)	SUMA
Dočasný travní porost		2.54	87.56	90.10
Jetelotravní směs (s převahou jetelovin)	6.99			6.99
Jílek mnohokvětý jednoletý	87.21			87.21
Kukuřice na siláž	509.13			509.13
Mák setý jarní	130.47			130.47
Oves nahý jarní	214.68			214.68
Pšenice setá ozimá	818.04			818.04
Řepka ozimá	501.07			501.07
Trávy pro ochranné pásy	18.77	0.00		18.77
Trávy s leguminozami	0.00	37.67		37.67
Vojtěška setá	67.04			67.04
Vojtěškotravní směs (s převahou jetelovin)	101.36			101.36
Žito ozimé	175.98			175.98
Celkový součet	2630.74	40.21	87.56	2758.51



Obr. 9 Mapa půdních bloků se zemědělskými kulturami



Obr. 10 Mapa půdních bloků se zemědělskými kulturami Rolnické společnosti Lesonice a.s.



Obr. 11 Mapa plodin pěstovaných Rolnickou společností Lesonice a.s. v roce 2025

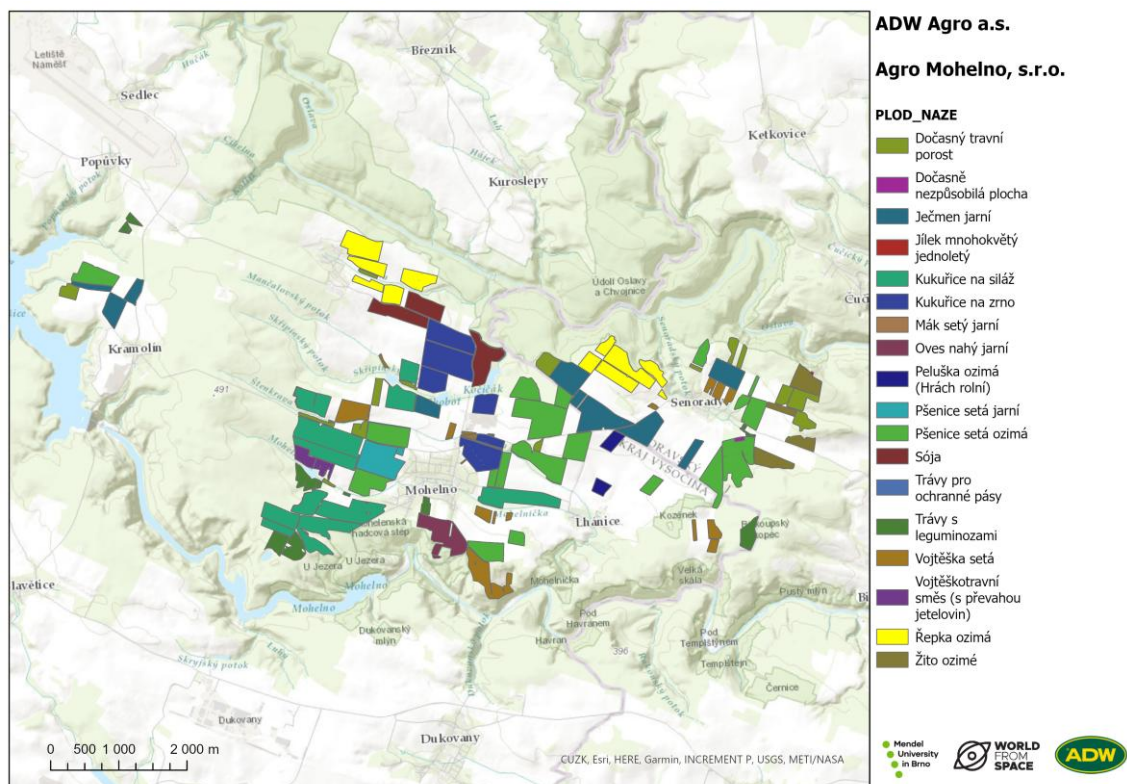
Agro Mohelno, s.r.o. hospodaří na pozemcích výměře 1116 ha v jihovýchodní části okresu Třebíč (kraj Vysočina) se zařazením do řepařské výrobní oblasti. Sledované území je tvořeno půdami mírně teplého až suchého klimatického regionu (MT1) s průměrnou roční teplotou 7-8,5 °C. Roční úhrn srážek činí 450-550 mm s pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období 30 – 40 %. Na území se vyskytují půdní typy hnědozem modální, hnědozem modální slabě oglejená.

Výměra zemědělsky obhospodařované půdy Agro Mohelno, s.r.o. byla v roce 2025 tvořena 151 díly půdních bloků (DPB) se zařazením do kultury orná půda (R), travní porost na orné půdě (G) a úhor (U). Souhrnné popisné údaje za DPB a pěstované plodiny v roce 2025 jsou uvedeny v Tab. 2.

Tab. 2 Výměra zastoupení typu kultury a plodin Agro Mohelno s.r.o. v roce 2025 (zdroj: veřejná data LPIS)

Souhrn výměry (ha)	orná půda (R)	travní porost (na orné půdě) (G)	úhor (U)	SUMA (ha)
Dočasně nezpůsobilá plocha	0.81			0.81
Dočasný travní porost			55.40	55.40
Ječmen jarní	108.93			108.93
Jílek mnohokvětý jednoletý	2.16			2.16
Kukuřice na siláž	179.86			179.86
Kukuřice na zrno	94.41			94.41
Mák setý jarní	110.78			110.78
Oves nahý jarní	24.03			24.03
Pelushka ozimá (Hrách rolní)	9.99			9.99
Pšenice setá jarní	26.83			26.83
Pšenice setá ozimá	218.93			218.93
Řepka ozimá	93.59			93.59
Sója	47.80			47.80
Trávy pro ochranné pásy	3.09			3.09
Trávy s leguminozami		39.07		39.07
Vojtěška setá	58.00			58.00
Vojtěškotrávní směs (s převahou jetelovin)	11.14			11.14
Žito ozimé	31.80			31.80
Celkový součet (ha)	1022.15	39.07	55.40	1116.61





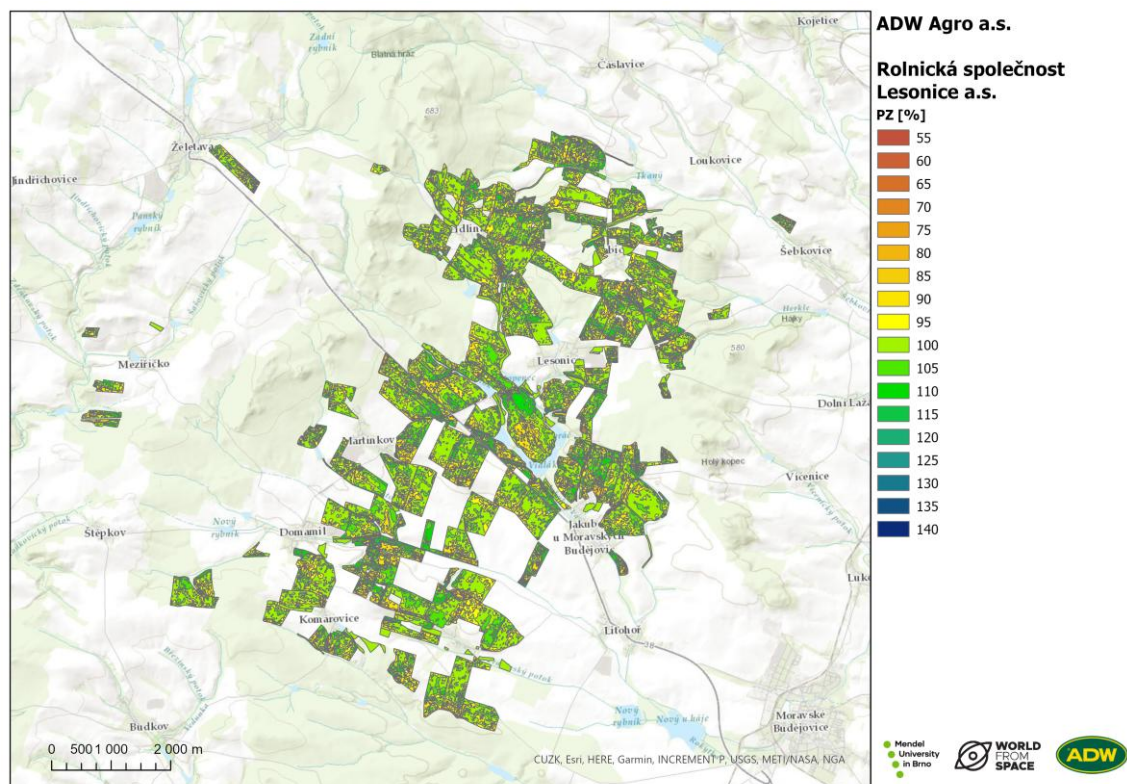
Obr. 14 Mapa plodin pěstovaných na území Agro Mohelno s.r.o. v roce 2025

Výsledky vymezení produkčních zón pro ADW Agro a.s.

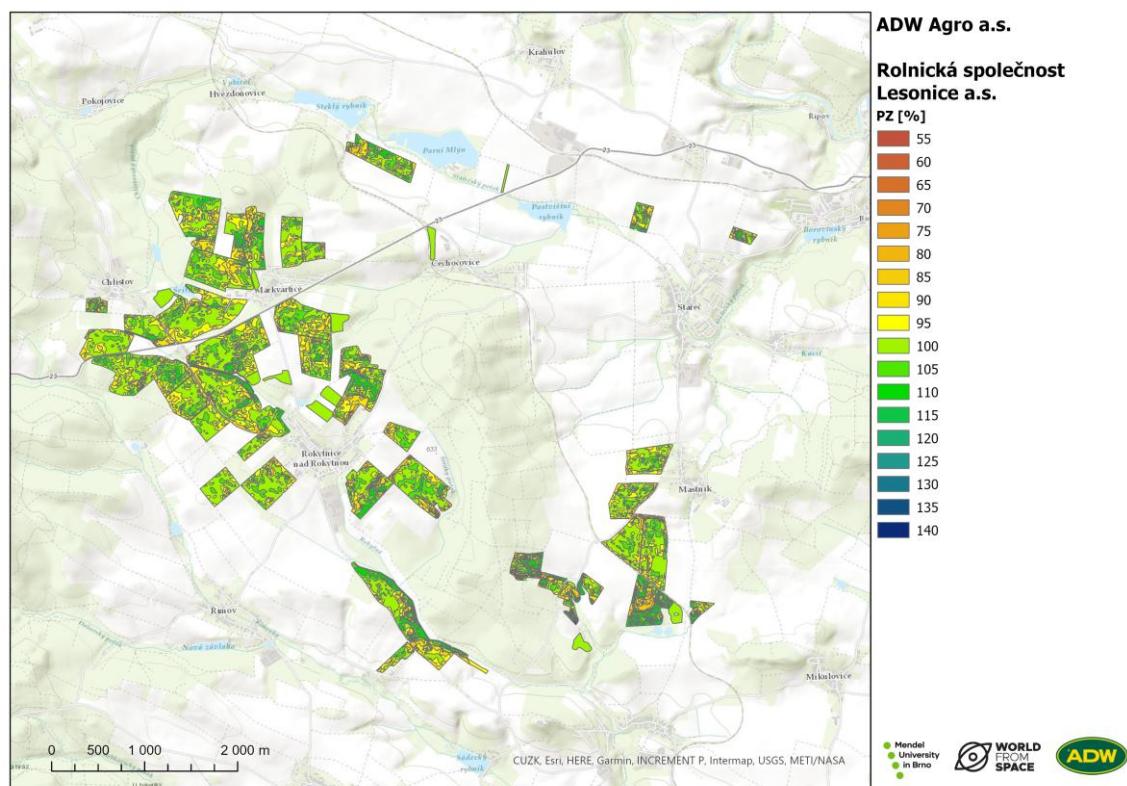
Vymezení zón relativního výnosového potenciálu bylo provedeno pro všechny díly půdních bloků (DPB) s ornou půdou o výměře nad 3 ha obhospodařované oběma zemědělskými společnostmi. Celkem bylo hodnoceno 3972 ha, relativní výnosový potenciál se pohyboval od 55 do 140 %. Souhrnná mapa produkčních zón je znázorněná na Obr. 15 až Obr. 17. Plošné zastoupení v jednotlivých kategoriích produkčních zón je patrné z grafu na Tab. 3. Podrobné mapové zobrazení pro jednotlivé pozemky je součástí mapové přílohy.

Tab. 3 Souhrn plošného zastoupení kategorií relativního výnosového potenciálu pro zemědělské společnosti ADW Agro s.r.o. - Rolnická společnost Lesonice a.s. a Agro Mohelno s.r.o.

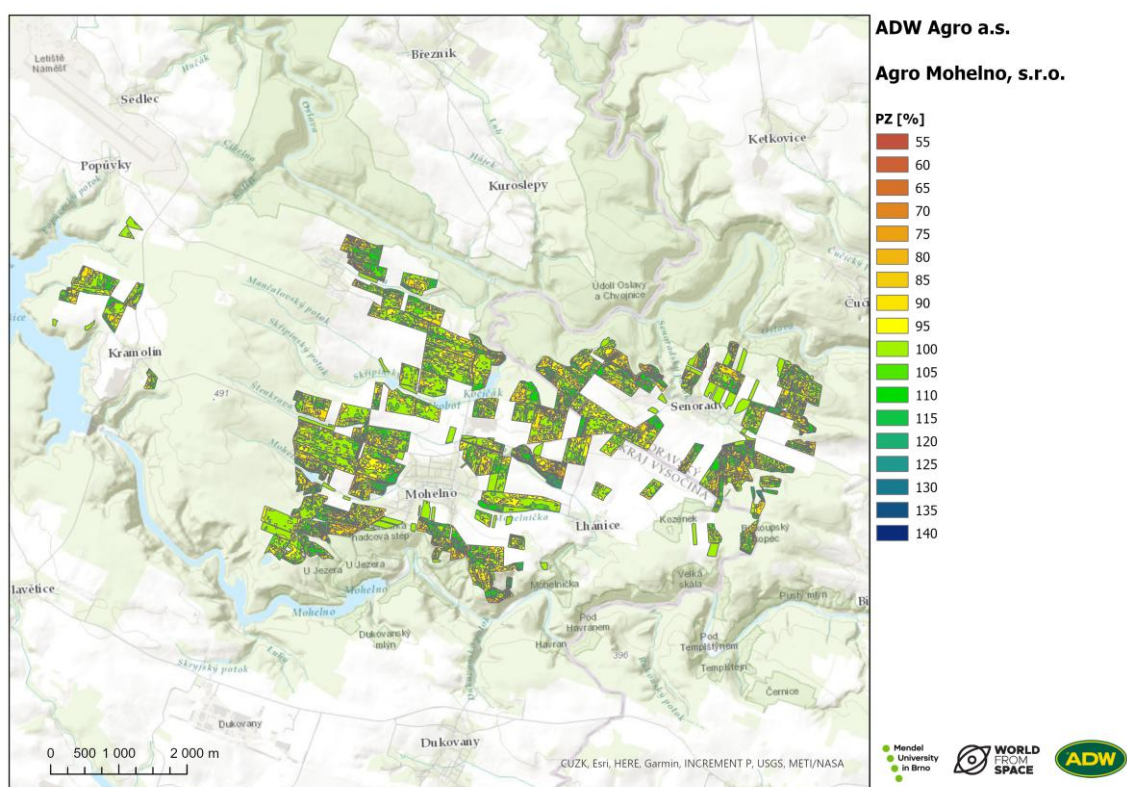
PZ	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	SOUHRN
Lesonice	0.23	0.46	1.02	3.66	12.56	56.57	274.94	524.44	1345.37	475.64	177.78	26.39	5.33	1.34	0.12	0.09	0.04	2905.98 ha
Mohelno	0.06	0.38	0.79	3.07	11.14	36.37	140.37	196.08	417.77	138.72	89.92	21.64	6.28	2.67	0.87	0.08		1066.21 ha
SUMA	0.29	0.84	1.81	6.73	23.70	92.94	415.31	720.52	1763.13	614.36	267.70	48.03	11.61	4.01	0.99	0.17	0.04	3972.19 ha
%	0.01	0.02	0.05	0.17	0.60	2.34	10.46	18.14	44.39	15.47	6.74	1.21	0.29	0.10	0.03	0.00	0.00	100.00 %



Obr. 15 Mapa vymezení produkčních jednotek společnosti Rolnická společnost Lesonice a.s. – jižní část území



Obr. 16 Mapa vymezení produkčních jednotek společnosti Rolnická společnost Lesonice a.s. – severní část území

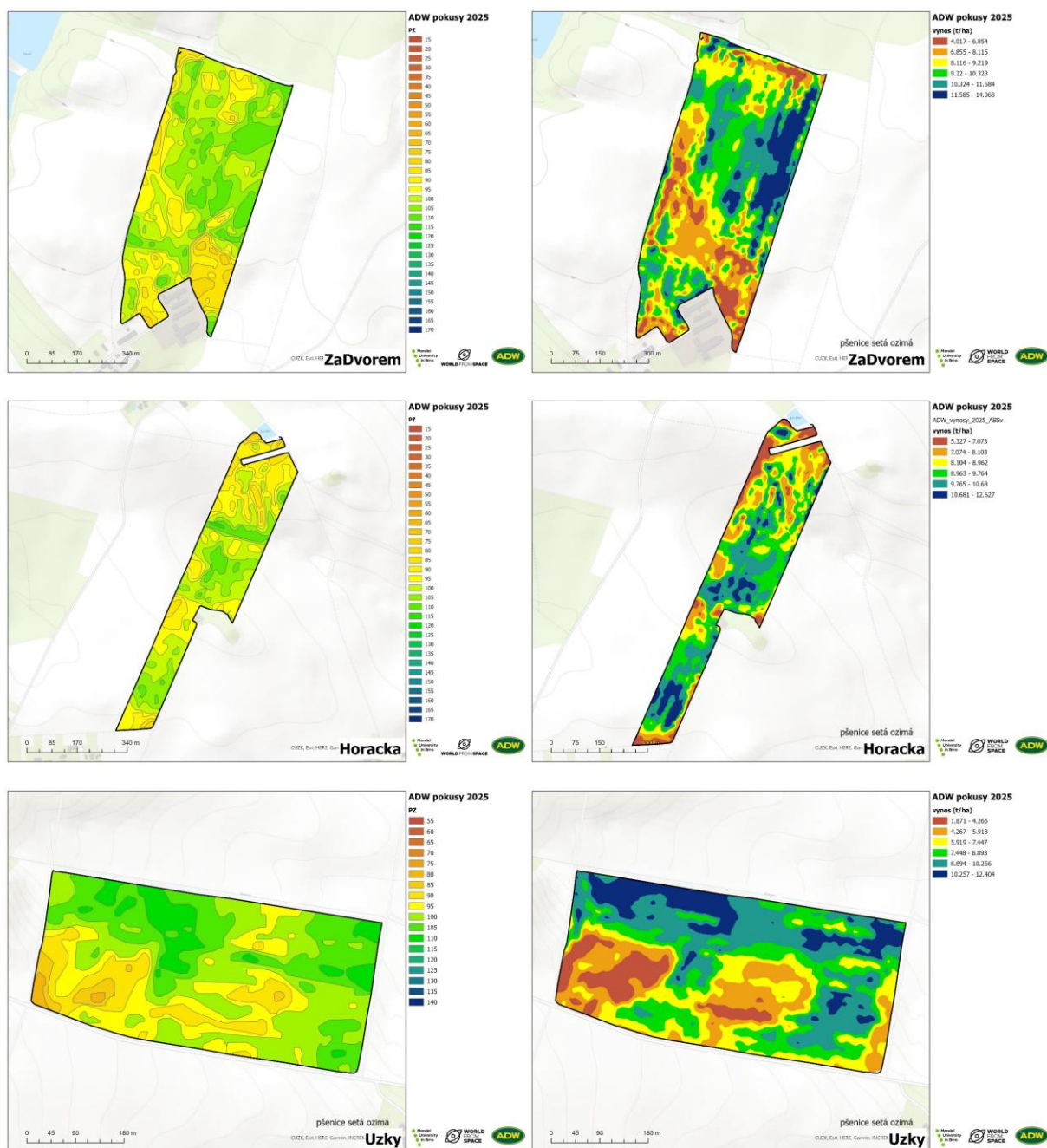


Obr. 17 Mapa vymezení produkčních jednotek společnosti Agro Mohelno s.r.o.

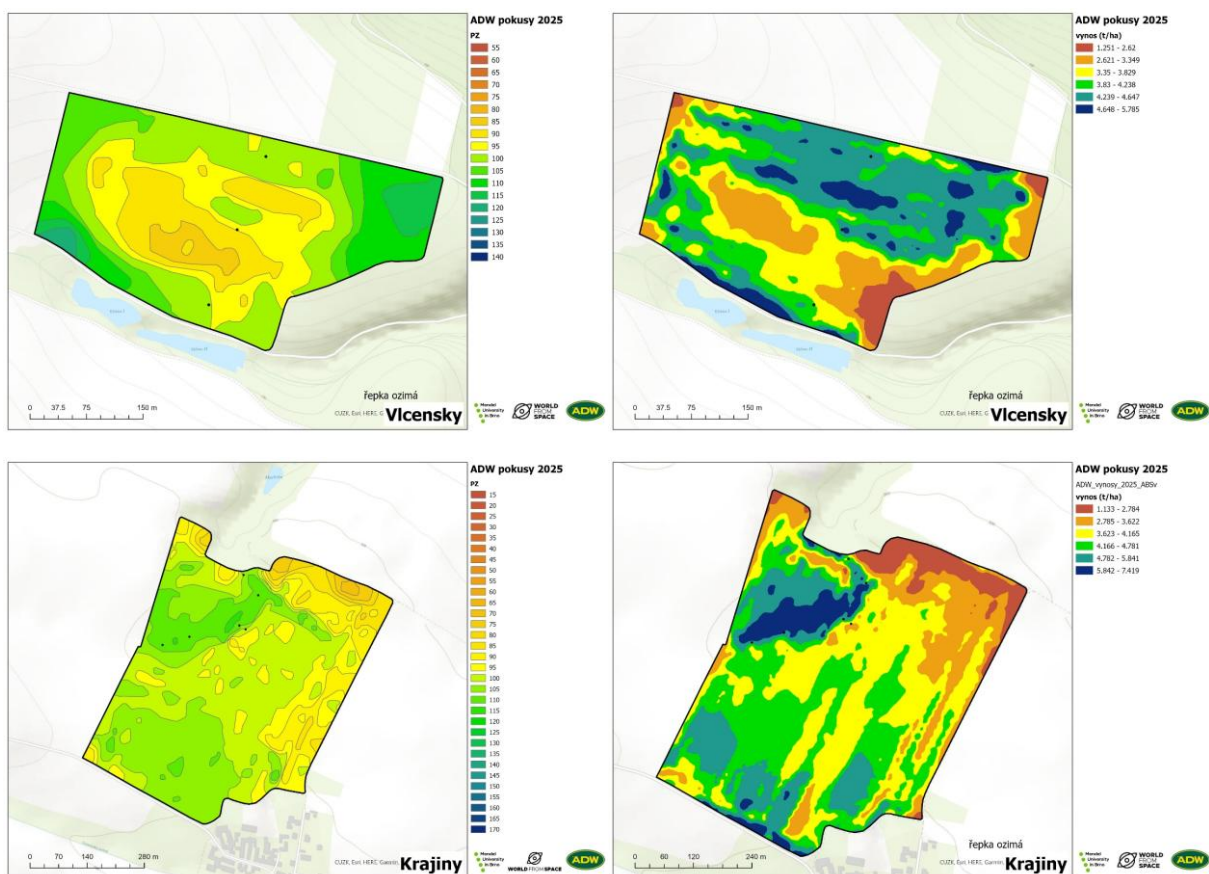
Validace ze záznamů pořízených při sklizni plodin

Na vybraných pozemcích bylo provedeno v letech 2024 a 2025 mapování výnosu sklízecí technikou při sklizni zrnin a silážní kukuřice. Ze záznamů po očištění od chybových a odlehlých hodnot byly sestaveny výnosové mapy a následně proveden přepočít výnosu na relativní hodnoty pro každý pozemek (zemědělská parcela).

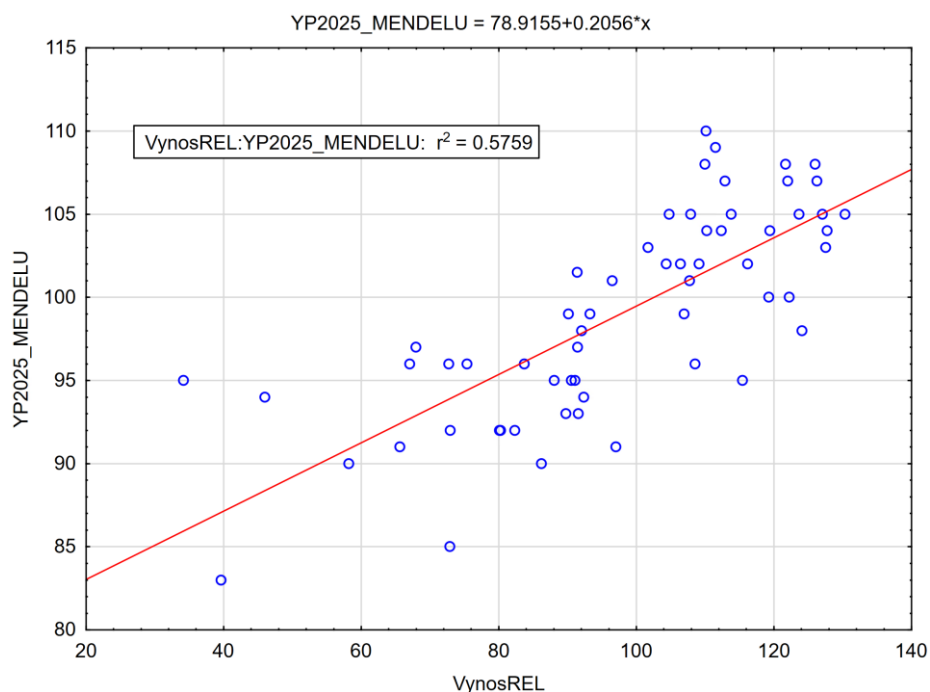
Mapové zobrazení na pěti lokalitách (Obr. 18 a Obr. 19) ukazuje převažující vizuální shodu mezi prostorovým vymezením produkčních zón z družicových dat a výnosovými mapami. Hodnocení vztahu mezi hodnotami produkční zóny a relativním výnosem z roku 2025 je pak znázorněno v podobě grafu na Obr. 20. Statistické hodnocení vzájemné vazby a faktorů ovlivňující vztah mezi dosaženým výnosem a hodnotami vegetačních indexů z DPZ bude předmětem dalších studií.



Obr. 18 Porovnání vymezení produkčních zón (vlevo) a relativních hodnot výnosu ze sklizně 2025 (vpravo) pro ozimou pšenici



Obr. 19 Porovnání vymezení produkčních zón (vlevo) a relativních hodnot výnosu ze sklizně 2025 (vpravo) pro řepku ozimou



Obr. 20 Graf porovnání relativních hodnot výnosu získaných na vybraných pozemcích pšenice ozimé a řepky ozimé v roce 2025 ($n = 60$) a hodnoty produkčních zón stanovených z družicových dat (YP2025_MENDELU)

II. DOPORUČENÍ A ZÁVĚR

Popis novosti mapy

Vymezení produkčních jednotek v rámci jednotlivých pozemků je základním předpokladem pro úspěšné uplatnění postupů precizního zemědělství. Jeho podstatou je přizpůsobení agrotechniky lokálním podmínkám stanoviště a určení intenzity pěstebních zásahů pro jednotlivé části pozemků, tzv. management zóny, s ohledem na jejich nevyrovnanost. Běžný způsob identifikace produkčních zón vychází z identifikace podprůměrně a nadprůměrně výnosných částí pozemků z víceletých výnosových map. Ucelený sběr výnosových záznamů sklízecí technikou je ale v zemědělských podnicích spíše výjimečný. Předkládaná specializovaná mapa představuje inovativní postup vymezení produkčních zón včetně kvantifikace odchylky od průměru pozemku na základě prostorové analýzy časové řady multispektrálních družicových dat. Toto stanovení lze provést pro jakékoli území pokryté dostatečným počtem bezoblačných družicových snímků a digitálním zmapováním hranic pozemků (např. LPIS) včetně základní agronomické evidence o pěstovaných plodinách. V případě dostupnosti výnosových map lze procentuální rozpětí relativního výnosového potenciálu porovnat s reálně zmapovanými výnosy plodin na daném území.

Inovativním prvkem mapy je hodnocení stability produkčních zón za sledované období na základě variačního koeficientu (CV). Vyšší hodnoty CV značí výkyvy mezi obsaženými ročníky a poukazují na výnosově nestabilní plochy, které významně reagují na povětrnostní (a zejména vlhkostní) podmínky daného roku. Pro agronomické rozhodování představují rizikové plochy, kde vyšší intenzita pěstování nemusí být s ohledem na průběh počasí v daném vegetačním období nemusí být vhodně zvolenou strategií.

Příklad využití specializované mapy při lokálně cíleném hospodaření na orné půdě

Mapa relativního výnosového potenciálu je určena jako podklad pro variabilní provádění pěstebních zásahů, pro které je podstatná informace o rozložení výnosových hladin v rámci pozemků.

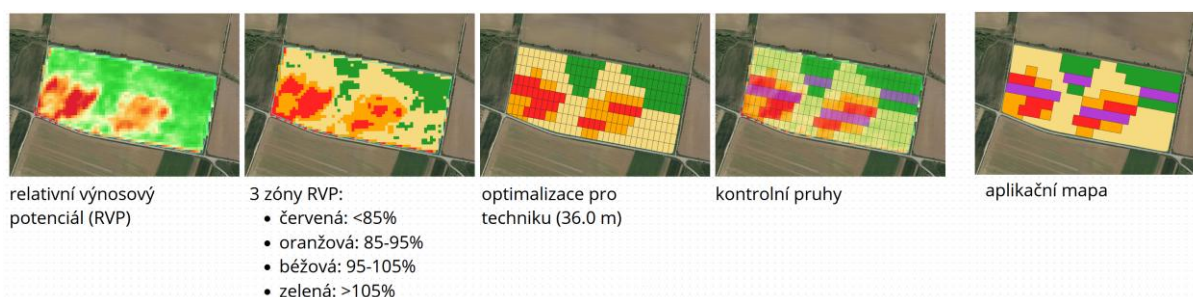
- **Variabilní aplikace dusíkatých hnojiv** – dávka hnojení je stanovena dle očekávaného výnosu plodiny, jehož rozložení je určeno dle zón relativního výnosového potenciálu. Postup určení dávek vychází ze strategie hnojení na daném zemědělském podniku. Zpravidla je doporučeno snížení intenzity hnojení dusíkatými hnojivy v místech s nižším relativním výnosovým potenciálem, tedy na místech, kde lze vlivem dlouhodobě nižšího očekávaného výnosu předpokládat nižší odběr živiny. Rozhodnutí o výši dávek dusíku v zónách s nadprůměrným výnosovým potenciálem vychází ze znalosti o riziku poléhání porostů či intenzitě mineralizace dusíku v půdě. V zónách s nejvyšším výnosovým potenciálem v terénních depresích lze doporučit snížení dávky hnojení z důvodu akumulace dusíku ze svažitých částí pozemku.

Pro přihnojování porostů během vegetace je vhodné rozložení výnosového potenciálu doplnit o aktuální hodnocení stavu porostů z dálkového průzkumu nebo senzorového měření. Mapa může být také využita jako podkladová informace pro plodinové senzory pracující v režimu *map-overlay*.

- **Variabilní aplikace zásobního hnojení** – normativ pro stanovení dávky je upraven dle rozložení zón a následně korigován hodnocením obsahu živin v půdě v souladu s metodikou Mehlich 3. V zónách s vyšší produktivitou lze doporučit zvýšení dávky hnojení pro pokrytí vyšší potřeby odběru živin.
- **Variabilní setí plodin** – změna výsevního množství na základě očekávaného výnosu. Při zakládání porostů obilnin lze v oblastech s vyšší produktivitou snížit výsevek pro snížení rizika přehuštění porostu a poléhání rostlin.
- **Variabilní aplikace přípravků na ochranu rostlin** – např. zvýšení dávky regulátorů růstu v zónách s vyšším výnosovým potenciálem, kde hrozí riziko poléhání porostu. Podobně lze uvažovat také o zvýšení dávek fungicidních látek v oblastech s vyšší produktivitou, která odpovídá četnějšímu výskytu porostu s vyšším množstvím nadzemní hmoty za sledované období

Uplatnění mapy

Předkládaná specializovaná mapa určuje rozložení relativního výnosového potenciálu z družicových dat pro zemědělské společnosti v rámci holdingu ADW Agro a.s. Vstupními daty jsou multispektrální družicové snímky doplněné o hranice pozemků a jejich popisné informace. Vymezení produkčních jednotek v rámci jednotlivých pozemků je základním předpokladem pro úspěšné uplatnění postupů precizního zemědělství. Jeho podstatou je přizpůsobení agrotechniky lokálním podmínkám stanoviště a určení intenzity pěstebních zásahů pro jednotlivé části pozemků, tzv. management zóny, s ohledem na jejich nevyrovnanost. Využití předkládaných mapových podkladů povede k optimalizaci hospodaření na nevyrovnaných pozemcích a zefektivnění materiálových vstupů při agrotechnice polních plodin.



Obr. 21 Postup tvorby aplikačních map pomocí systému Dynacrop (World from Space, s.r.o.)

III. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Blackmore, S., Godwin, R. J., Fountas, S. 2003. The Analysis of Spatial and Temporal Trends in Yield Map Data over Six Years. *Biosystems Engineering*. vol. 84, no. 4, pp. 455–466. 4//. ISSN 1537-5110
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., Bargellini, P. 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*. vol. 120, pp. 25–36. 5/15/. ISSN 0034-4257
- Gao, X., Huete, A. R., Ni, W. G., Miura, T. 2000. Optical-biophysical relationships of vegetation spectra without background contamination. *Remote Sensing of Environment*. vol. 74, no. 3, pp. 609–620. Dec. ISSN 0034-4257
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., Ferreira, L. G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. vol. 83, no. 1-2, pp. 195–213. Nov. ISSN 0034-4257
- Huete, A., Justice, C., Liu, H. 1994. Development of Vegetation and Soil Indexes for Modis-Eos. *Remote Sensing of Environment*. vol. 49, no. 3, pp. 224–234. Sep. ISSN 0034-4257
- Lukas, V., Ryant, P., Neudert, L., Dryšlová, T., Gnyp, P., Smutný, V. 2011. *Tvorba aplikačních map pro základní hnojení plodin v precizním zemědělství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 36 s. ISBN 978-80-7375-561-4
- Vuolo, F., Zoltak, M., Pipitone, C., Zappa, L., Wenng, H., Immitzer, M., Weiss, M., Baret, F., Atzberger, C. 2016. Data Service Platform for Sentinel-2 Surface Reflectance and Value-Added Products: System Use and Examples. *Remote Sensing*. vol. 8, no. 11, pp. 16. Nov. ISSN 2072-4292

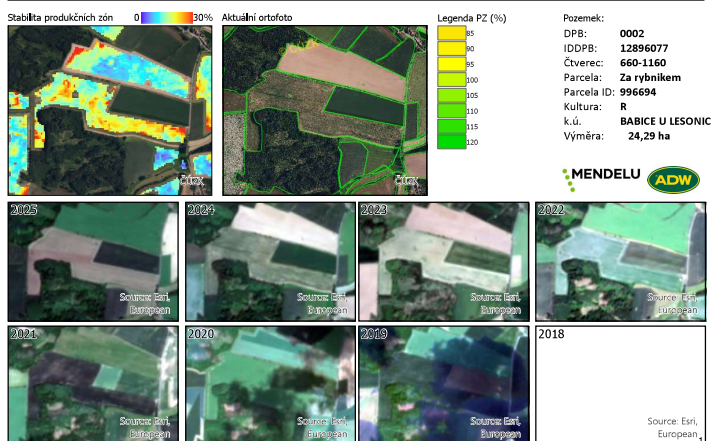
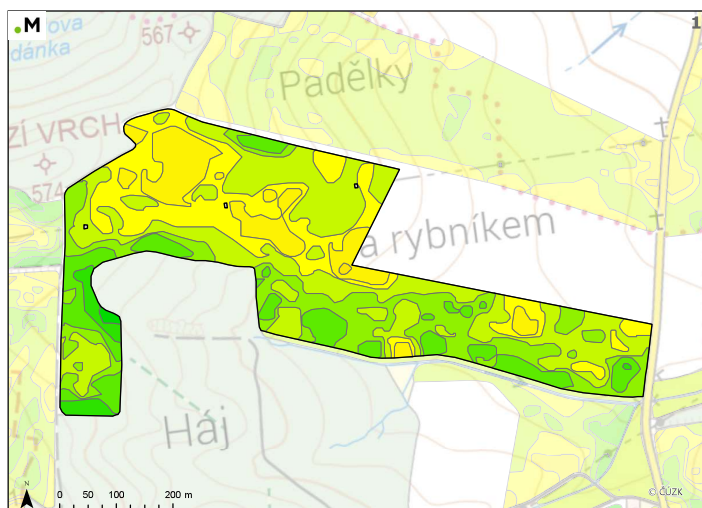
IV. SEZNAM PUBLIKACÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍCH MAPĚ

- ELBL, Jakub; KINTL, Antonín; BRTNICKÝ, Martin; ŠIRŮČEK, Petr; MEZERA, Jiří; SMUTNÝ, Vladimír; VOPRAVIL, Jan; HOLÁTKO, Jiří; HUŇADY, Igor; LUKAS, Vojtěch; 2023. Assessment of the effect of optimised field plot size on the crop yield. *Plant, Soil and Environment*. 69(10), 447-462. ISSN 1214-1178. <https://doi.org/10.17221/262/2023-PSE>
- LUKAS, V.; NEUDERT, L.; DUFFKOVÁ, R.; FUČÍK, P.; MEZERA, J. Mapa výnosového potenciálu pro Zemědělské družstvo Kojčice. 2019. ISBN 978-80-7509-631-9. Dostupné z: http://user.mendelu.cz/xlukas0/publikace/Lukas_Nmap_2018.pdf
- LUKAS, Vojtěch; PLACATOVÁ, Renata; KRČEK, Vítězslav; NEUDERT, Lubomír; MEZERA, Jiří; ŠIRŮČEK, Petr; ELBL, Jakub; 2024. Mapa efektivnosti využití živin při variabilní aplikaci hnojiv se zohledněním výnosových hladin a nevyrovnanosti půdních a porostních podmínek.
- LUKAS, V.; ELBL, J.; ŠIRŮČEK, P.; NEUDERT, L.; MEZERA, J.; DUFFKOVÁ, R. Význam zpracování aplikačních map pro lokálně cílenou agrotechniku zemědělských plodin. *Agromanuál*. 2020, 15(9-10), 78-81. ISSN 1801-7673. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/casopis-agromanual/agromanual-2020-9>
- LUKAS, Vojtěch; NEUDERT, Lubomír; ŠIRŮČEK, Petr; HORNIAČEK, Igor; MEZERA, Jiří; 2022. *Mapa rozložení výnosových hladin z dostupných výnosových záznamů a stanovení produkčních zón z družicových dat pro ROSTĚNICE a.s.* http://user.mendelu.cz/xlukas0/publikace/Lukas_Nmap_Rostenice_2022.pdf
- NEUDERT, Lubomír; LUKAS, Vojtěch; KROULÍK, Milan; VODA, Vlastimil; MEZERA, Jiří; 2023. *Postupy sběru a zpracování faremních dat pro lokálně cílenou agrotechniku polních plodin*. Nmets-Metodiky schválené příslušným orgánem. Číslo předpisu: UKZUZ 019456/2023. 03.02.2023. <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-903-7>
- ŘEZNÍK, T.; PAVELKA, T.; HERMAN, L.; LUKAS, V.; ŠIRŮČEK, P.; LEITGEB, Š.; LEITNER, F. Prediction of Yield Productivity Zones from Landsat 8 and Sentinel-2A/B and Their Evaluation Using Farm Machinery Measurements. *Remote Sensing*. 2020, 12(12), 1917. ISSN 2072-4292. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/rs12121917>

V. MAPOVÁ PŘÍLOHA

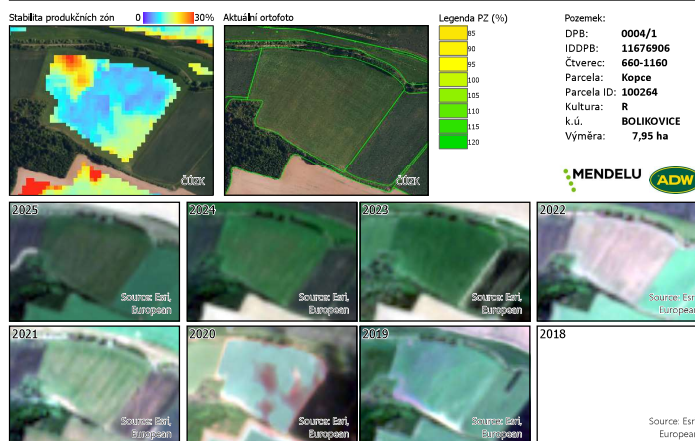
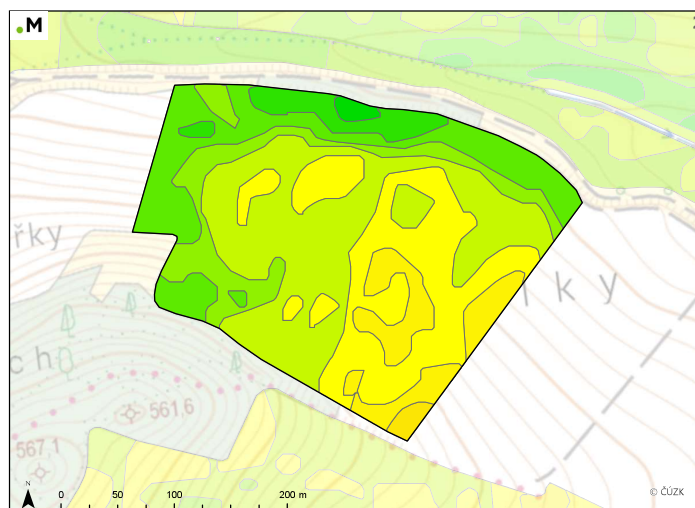
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



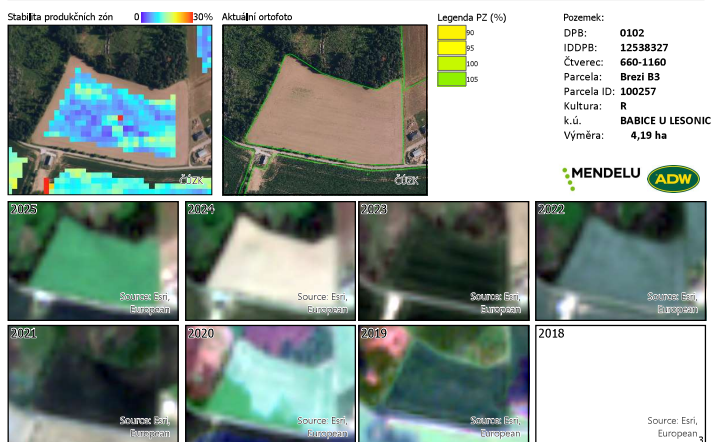
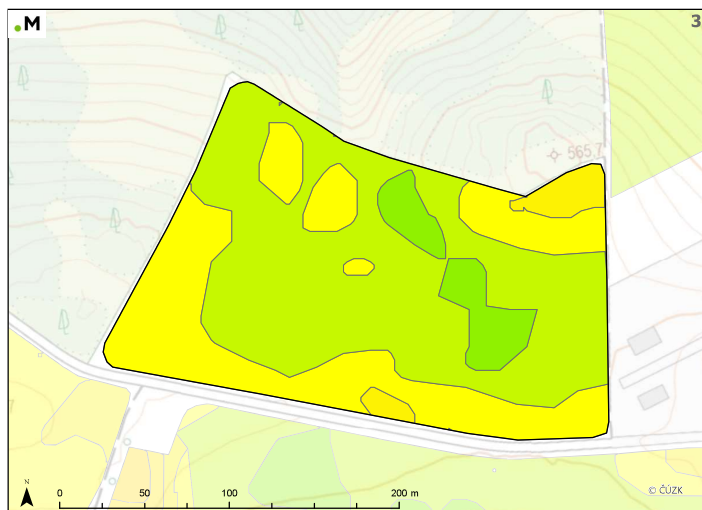
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



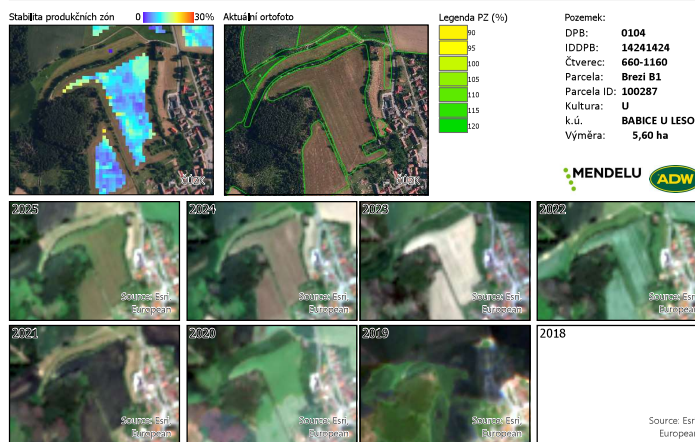
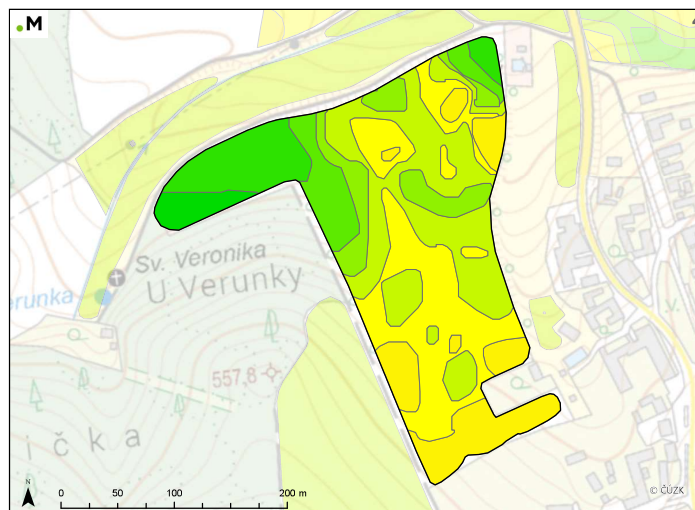
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



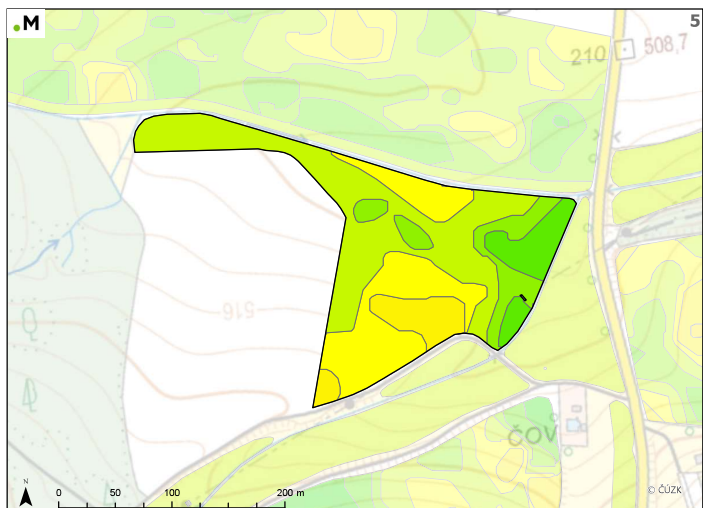
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



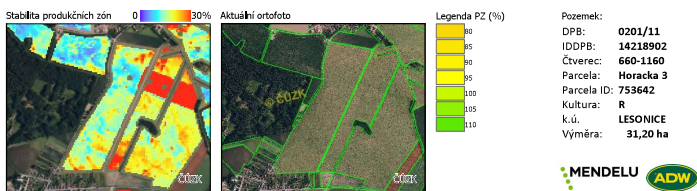
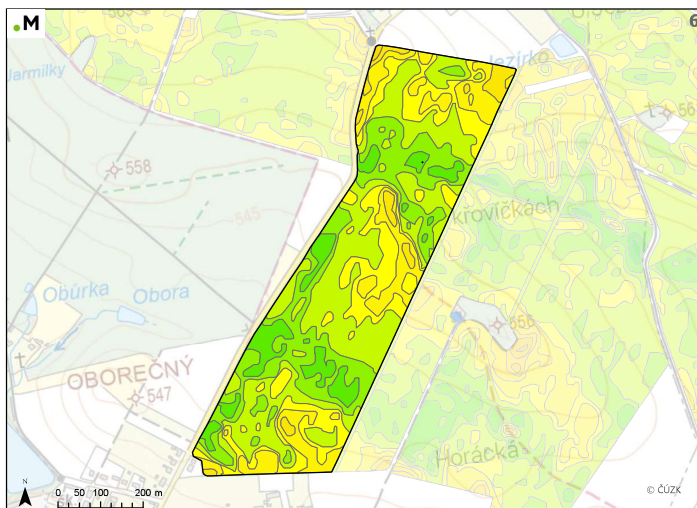
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



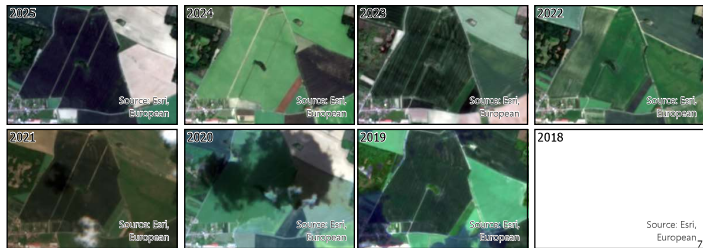
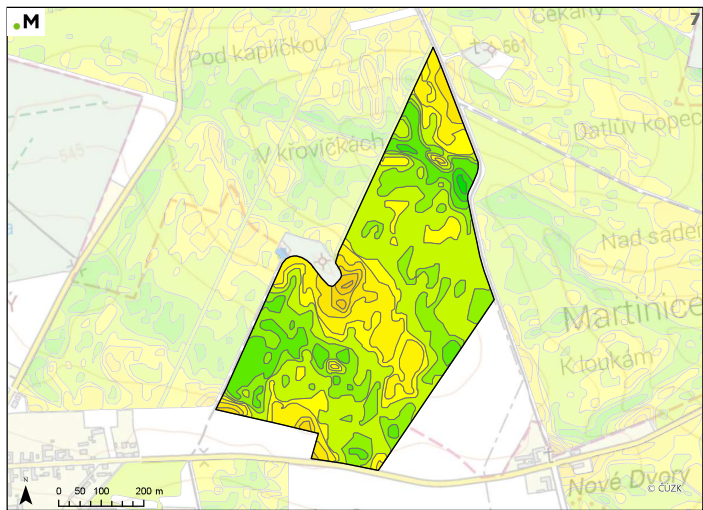
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



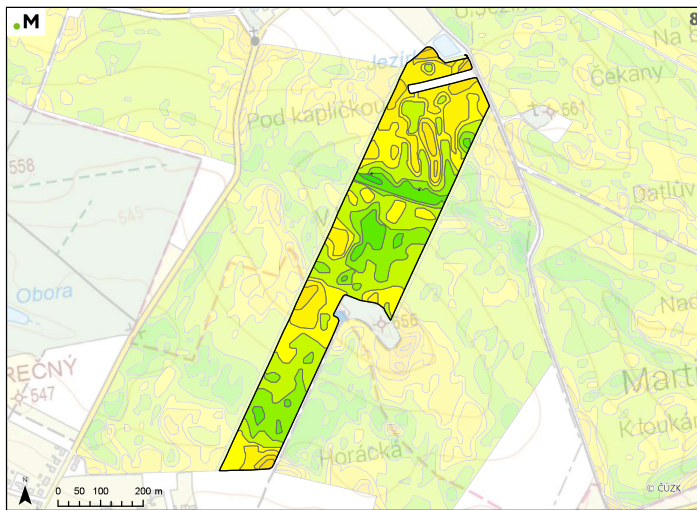
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



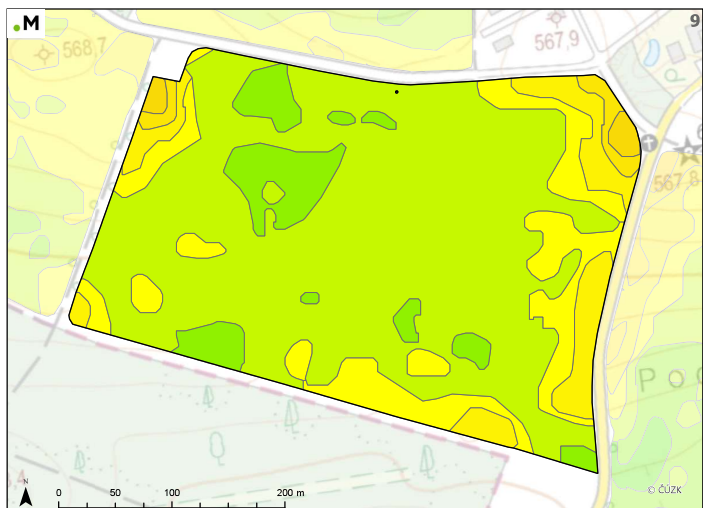
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



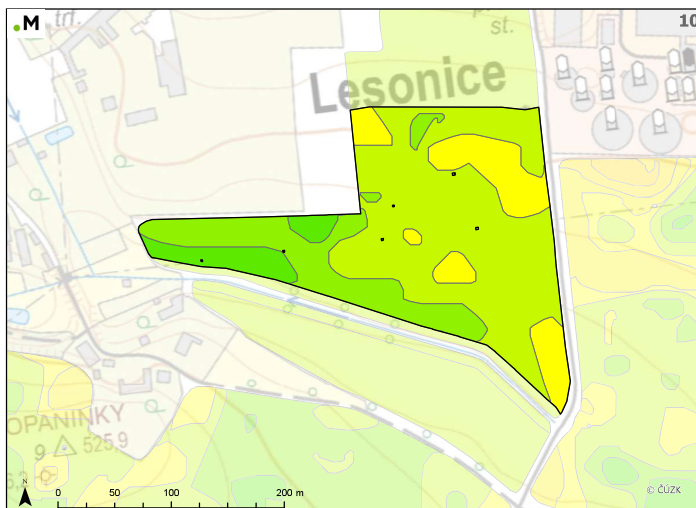
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



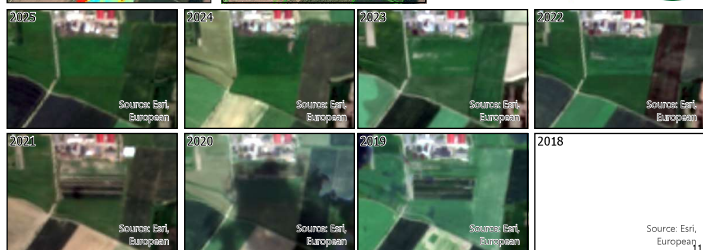
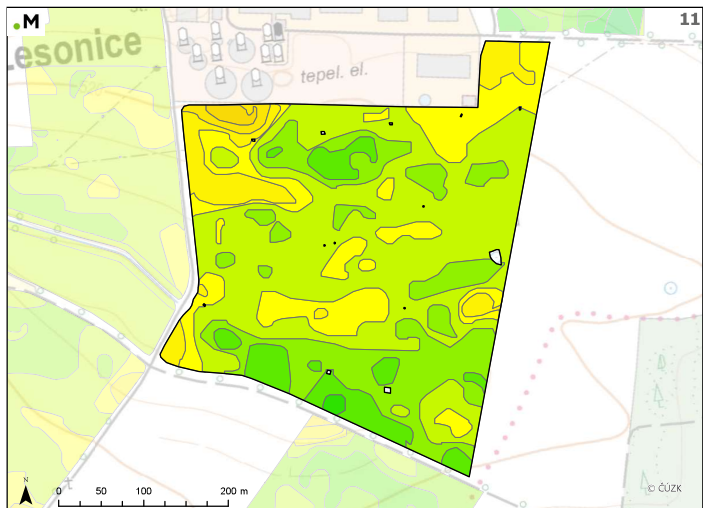
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



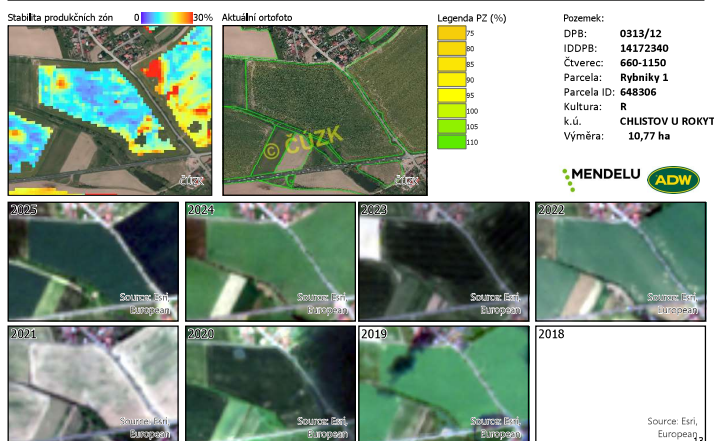
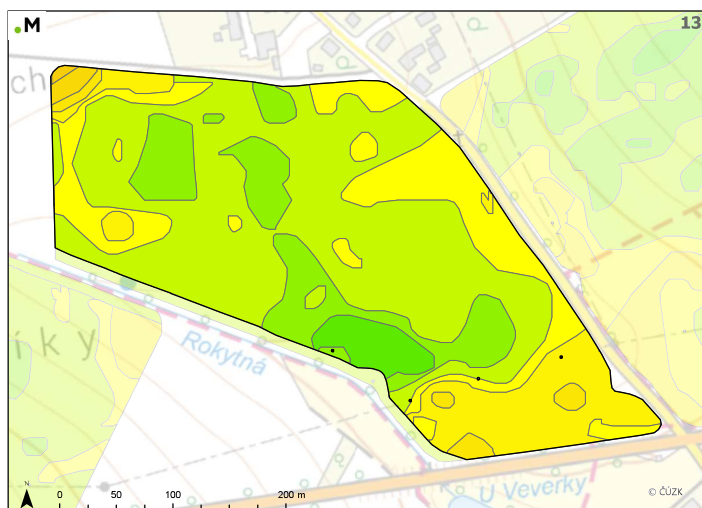
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



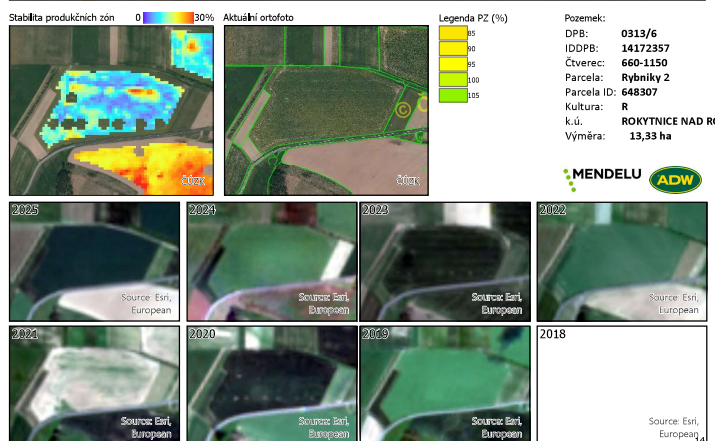
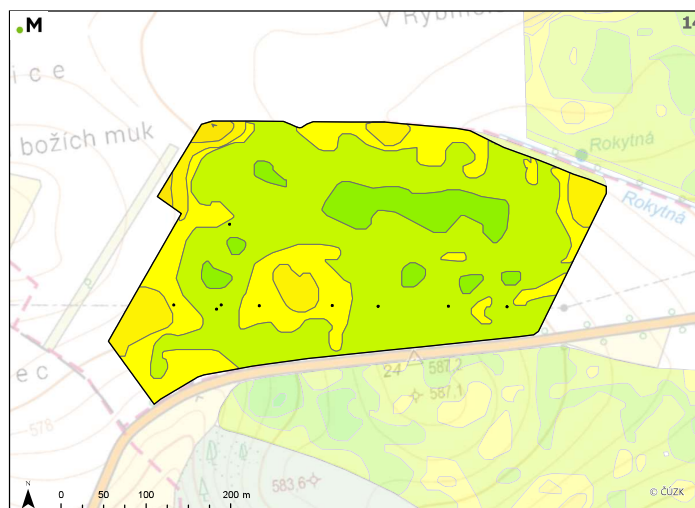
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



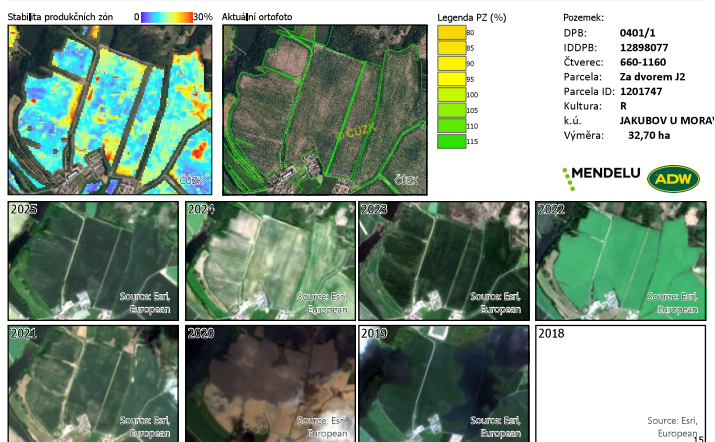
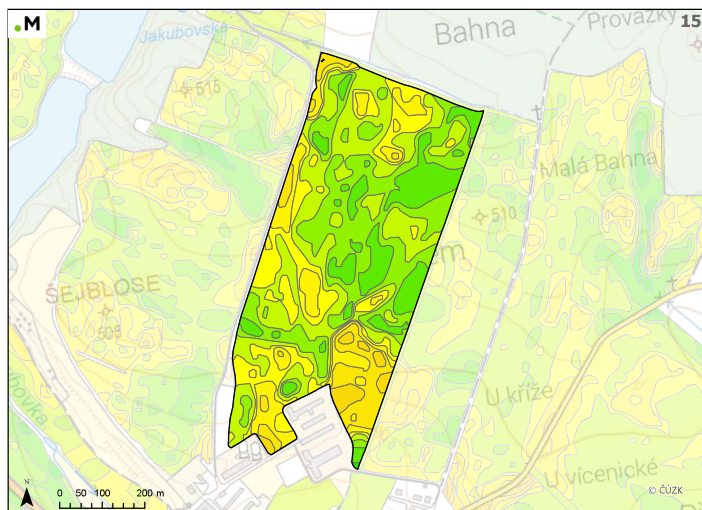
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



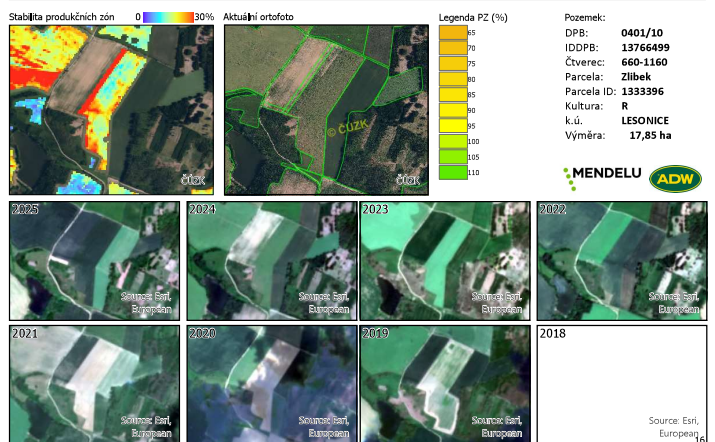
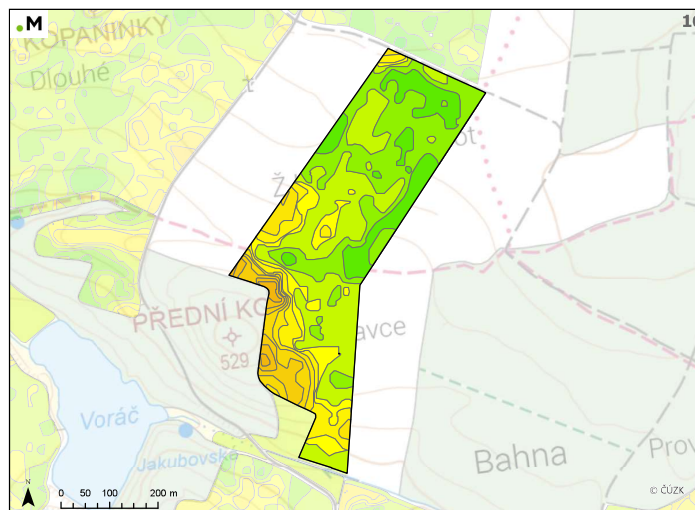
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



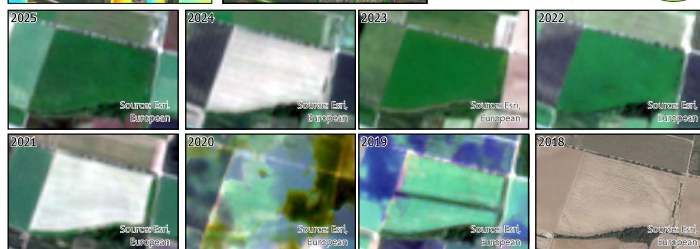
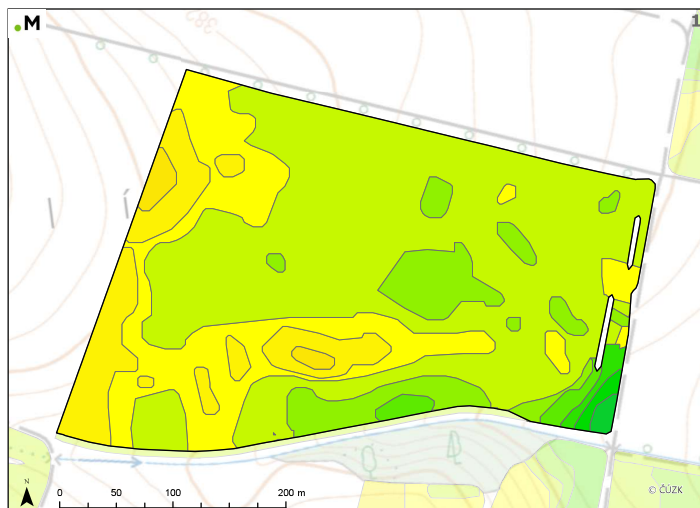
Mapy produkčních zón

Rolnická společnost Lesonice a.s.



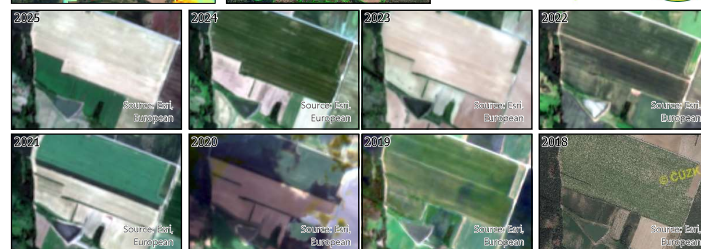
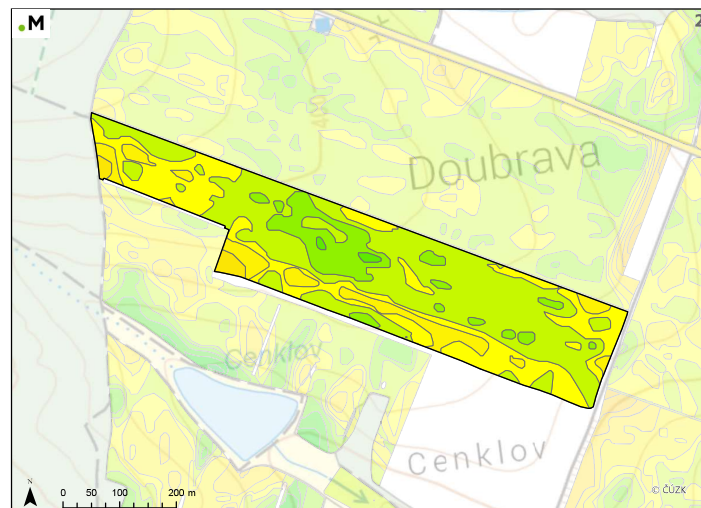
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



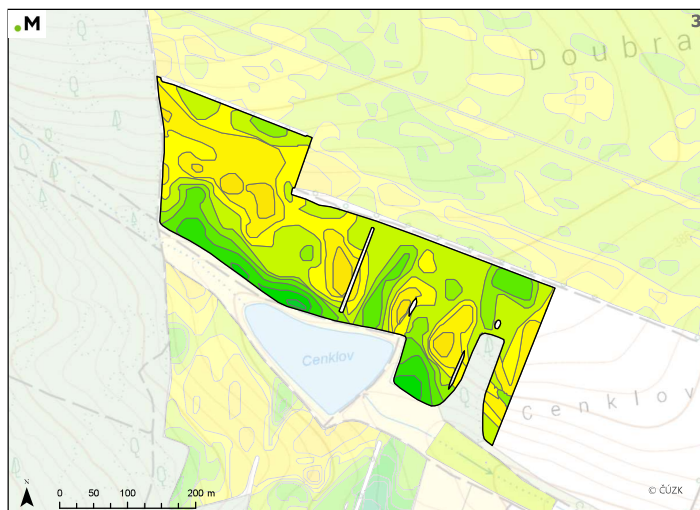
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



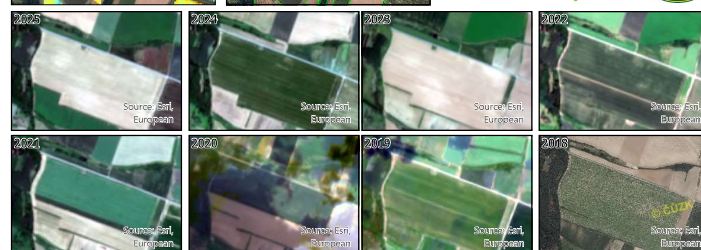
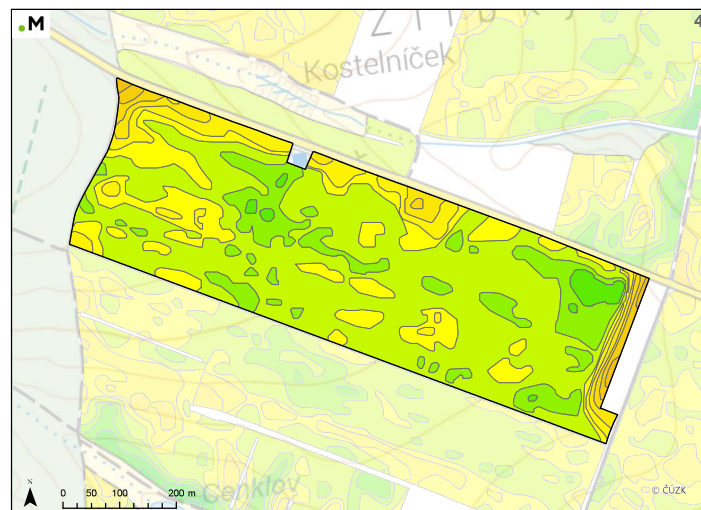
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



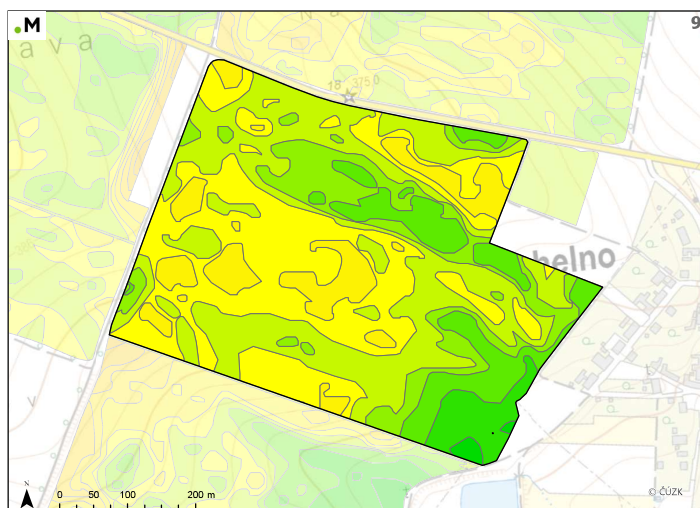
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



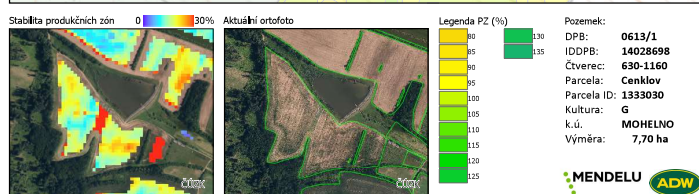
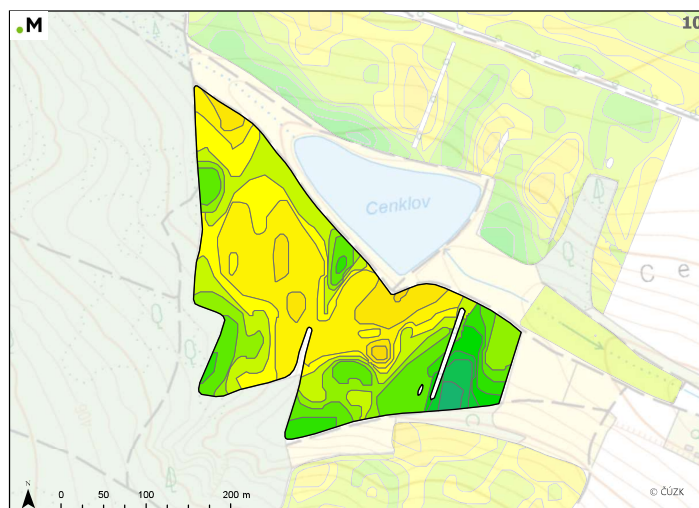
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



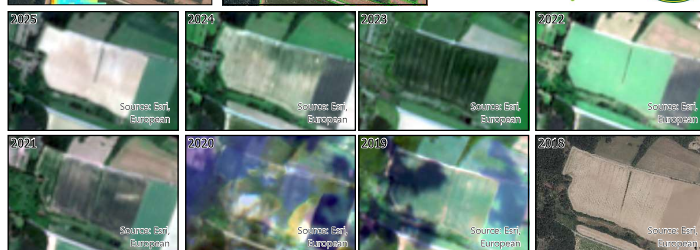
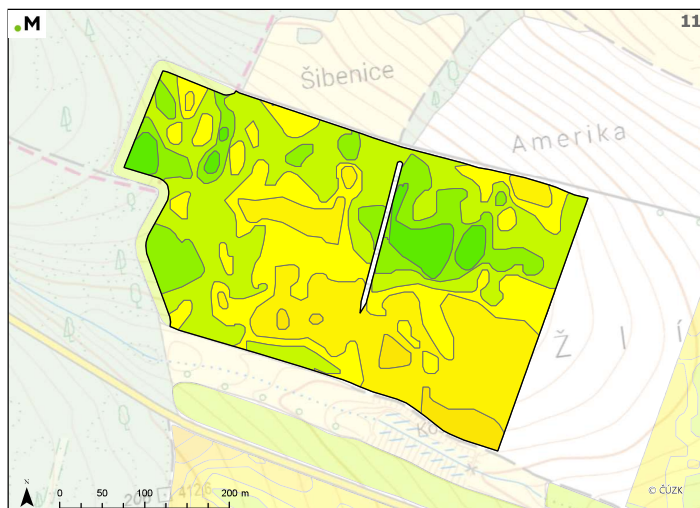
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



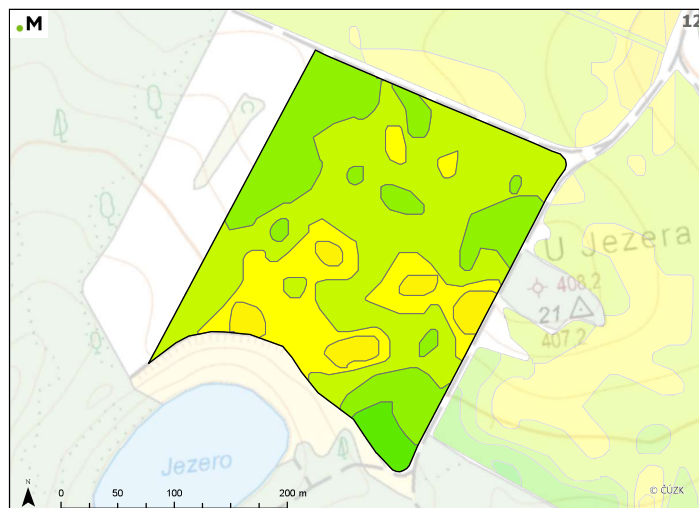
Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



Mapy produkčních zón

Agro Mohelno s.r.o.



Název: Inovovaná mapa produkčních zón pro návrh variabilně prováděných pěstebních zásahů ve společnosti ADW Agro a.s.

Autoři: Vojtěch Lukas, Mendelova univerzita v Brně
Beáta Šusliková, Mendelova univerzita v Brně
Jan Göth, World from Space, s.r.o.
Vojtěch Slezák, Mendelova univerzita v Brně
Tomáš Kaplánek, Mendelova univerzita v Brně
Kateřina Schilhabová, Mendelova univerzita v Brně
Karel Niederhafner, Mendelova univerzita v Brně
Lubomír Neudert, Mendelova univerzita v Brně
Václav Neced, ADW Agro a.s.
Jakub Elbl, Mendelova univerzita v Brně

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Vydání: první, 2025

Počet stran:

Vydáno bez jazykové úpravy.

Publikace je poskytována bezplatně.

Kontakt na autory: vojtech.lukas@mendelu.cz

