

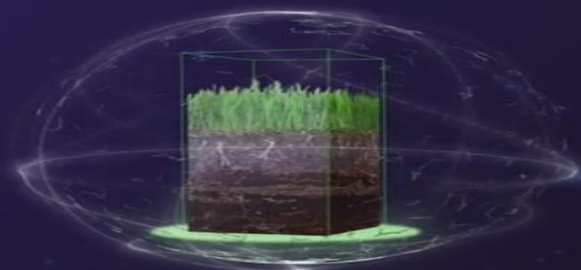


Česká zemědělská univerzita v Praze
Centrum **precizního** **zemědělství**



Precizní zemědělství

Milan Kroulík a Václav Brant



Z E M Ě D Ě L S K Á
P Ů D A



P O P U L A C E



P R A C O V N Í
S Í L Y

V příštích 40 letech - nárůst poptávky po hlavních plodinách o 60 % (?? až 100 %)

Tradičních metody pěstování plodin a chovu hospodářských nebudou stačit.

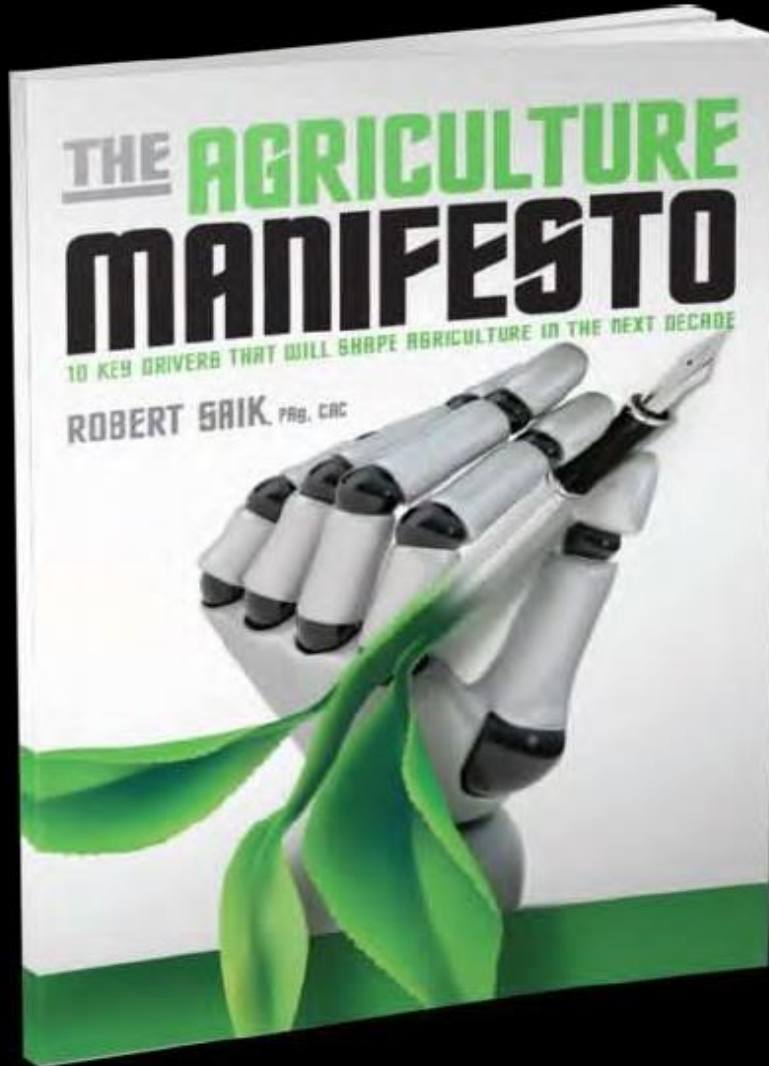
Nové pracovní pozice

Mediální obraz zemědělství

- Rezonance společenských témat – silná a slabá témata
- Reflektování a vymezování se
- Otevírání celospolečenské diskuse
- **Biotická intenzifikace je i reakcí na celospolečenské představy**
 - glyphosat a GMO
 - uhlíková stopa a energetika zemědělství
 - omezování pesticidů
 - voda (sucho, rozložení srážek a kvalita vod)
 - degradace půdy (eroze, zhutnění, salinita apod.)
 - kvalita ovzduší (amoniak, metan)
 - zemědělský konzervatismus
 - důvěryhodnost vědeckého poznání
 - podceňování vzdělání, včetně odbornosti
 - administrativní zátěž
 - globalizace trhu

The Agriculture Manifesto

10 Key Drivers that will Shape Agriculture in the Next Decade



1. NON-Science

2. Bio-Synthesis
3. Market Segmentation
4. Sensor Technology
5. 3-D Printing
6. Robotics
7. Water
8. Precision Ag
9. Artificial Intelligence
10. Data

Opomíjené skutečnosti

- **Nepracuje se s variabilitou pozemku, nedostatečné využívání potenciálu moderní techniky.**
- **Pomíjení prostorové variability půdních bloků, velikost půdních bloků.**
- **Eliminace přejezdů na orné půdě – optimalizace pracovních jízd, snížení opercí.**
- **Zhutnění půdy není jen v podorníčí.**
- **Pěstební systémy s omezeným použitím pesticidů.**
- **Zajištění vzlínání vody v půdním profilu.**
- **Cílená aplikace hnojiv ve vztahu využitelnosti a omezení ztrát živin a poškození struktury půdy.**
- **Příprava na omezení emisí CO₂ a dalších plynů.**
- **Cílené využití fytoefektů a struktury porostu a cílené variability struktury.**
- **Využití pomocných plodin.**
- **Práce se spotřebou vody porosty.**
- **Zkreslený pohled na kultivaci porostů během vegetace.**
- **Nákladnost a časová náročnost legislativních opatření.**
- **Kontrolovatelnost omezuje rozvoj a uplatnění technologií.**

Faktory vedoucí ke změnám technologií

- Reakce na změny počasí (*voda, opomíjené teplotní podmínky*)
- Vývoj stávající a budoucí legislativy (*eroze, meziplodiny, protierozní technologie, osevní postupy, omezení pesticidů apod.*)
- Setrvalý pokles cen komodit
- Tlak na ekologizaci zemědělství (*omezení pesticidní zátěže*)
- Omezení energetické náročnosti (*včetně emisí skleníkových plynů*)
- Nedostatek pracovních sil (*pohled veřejnosti a nepružnost odborného školství*)
- Snížení spotřeby minerálních živin (*cílená aplikace, zonální hnojení*)
- Zvýšený tlak na půdní úrodnost (*organická hmota, zhutnění, infiltrace apod.*)
- Neznámý vývoj bioenergetiky (*podpora pestrosti OP, nové plodiny, legislativa*)
- Rozvoj automatizace a robotiky v zemědělství

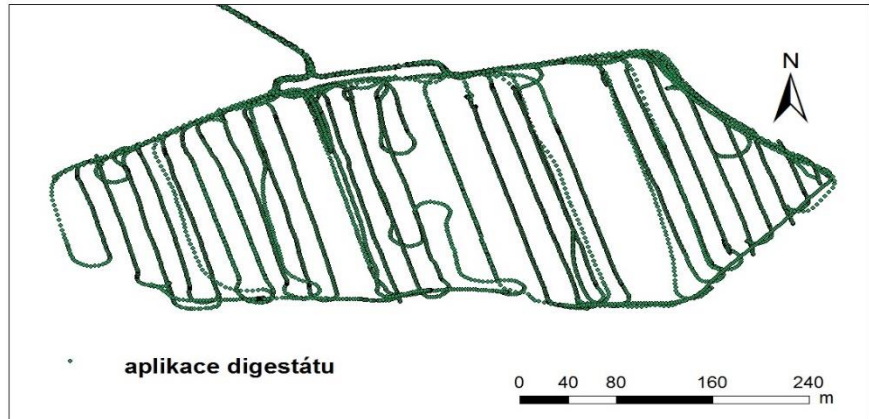
Navigační systémy, výhody a potenciál využití navigace





Aplikace organických hnojiv

Záznam přejezdů při aplikaci digestátu. Některé části pozemku jsou vystaveny vysoké zátěži od kol (Kroulík, 2016).



Variabilita aplikace kapalných organických hnojiv při nerespektování závislosti mezi dávkou hnojiva a délkou pozemku (foto Brant).



Překrytí se v průměru pohybuje okolo **0,1 až 0,2 m**

S každou jízdou tak narůstá chyba

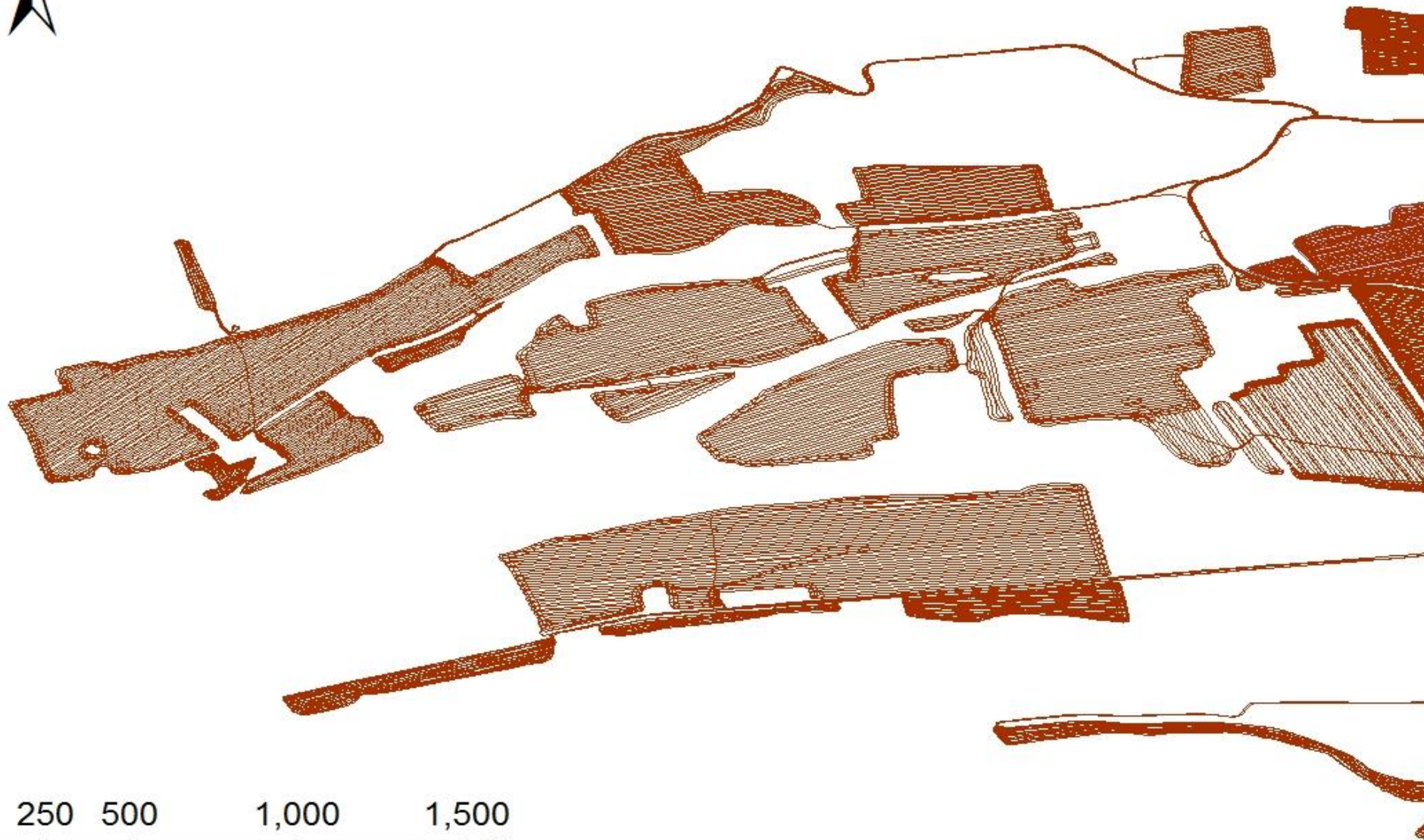
Náklady na chemickou ochranu:
pšenice na **3 500,-Kč/ha**, řepka **6 500,- Kč/ha**

Překryv **0,15 m**

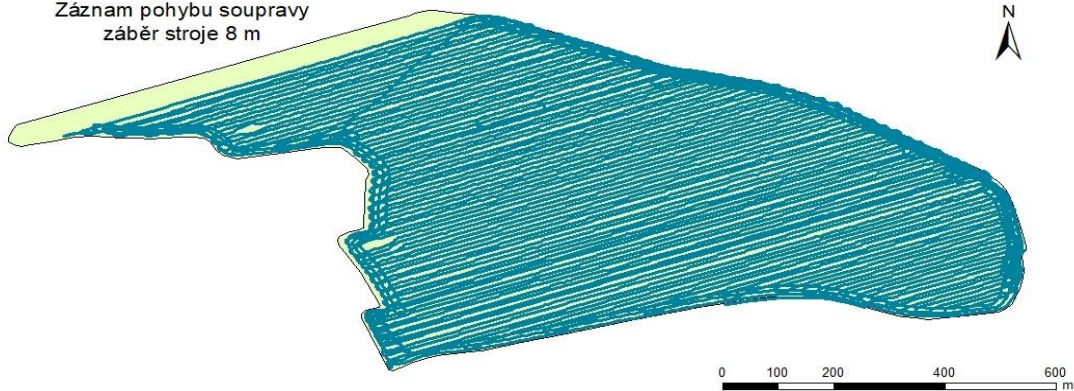
- záběr secího stroje například **6 m**
- plocha **100 ha**
- navýšení ošetřované plochy o **2,5 ha**



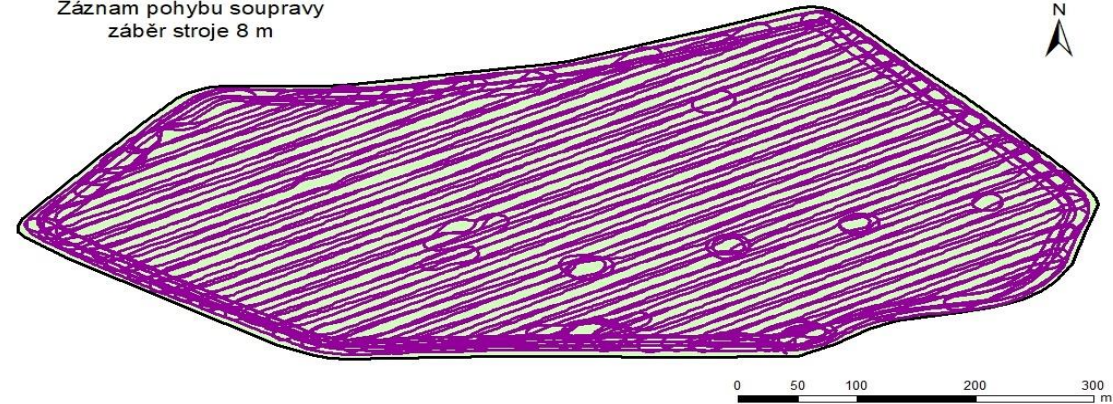
Telematika



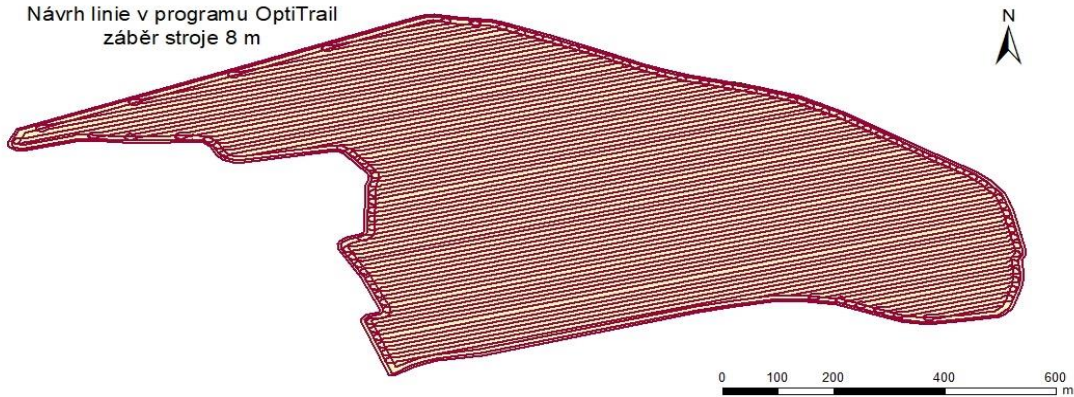
Záznam pohybu soupravy
záběr stroje 8 m



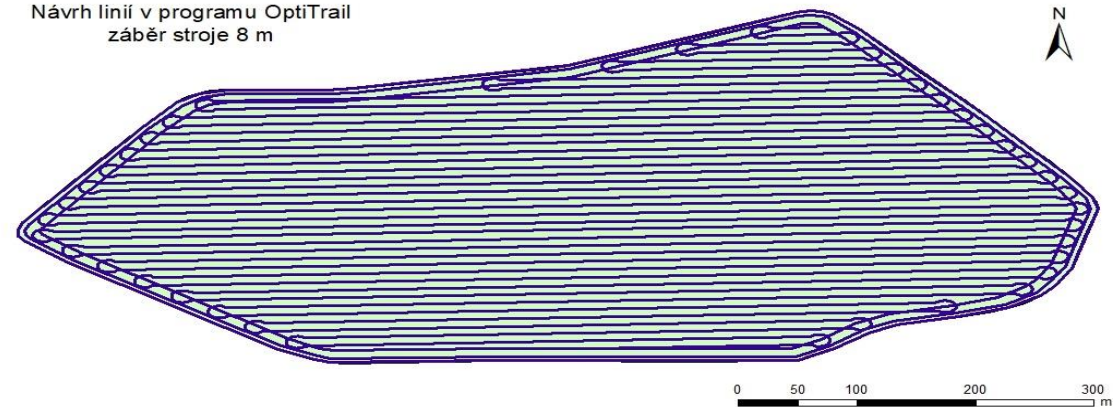
Záznam pohybu soupravy
záběr stroje 8 m



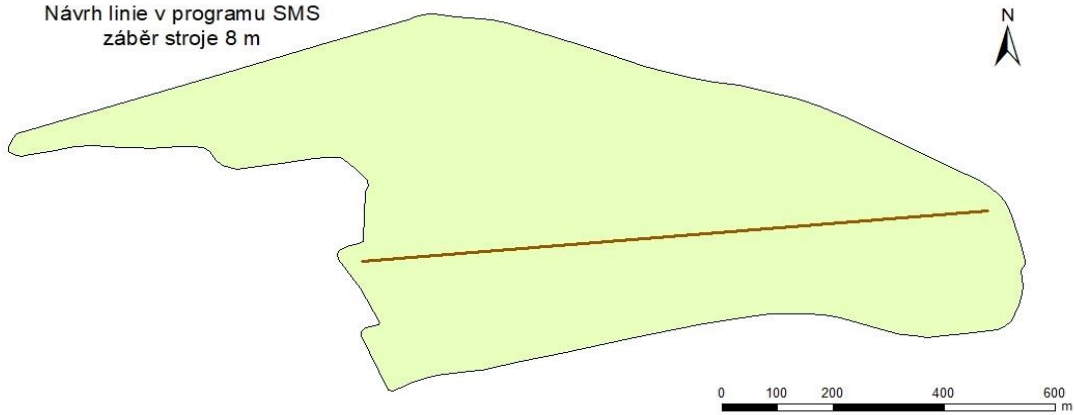
Návrh linie v programu OptiTrail
záběr stroje 8 m



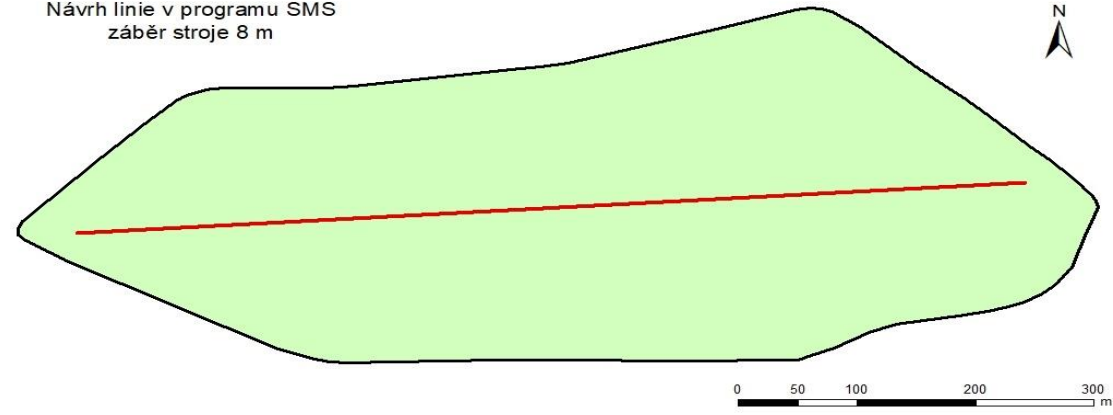
Návrh linií v programu OptiTrail
záběr stroje 8 m

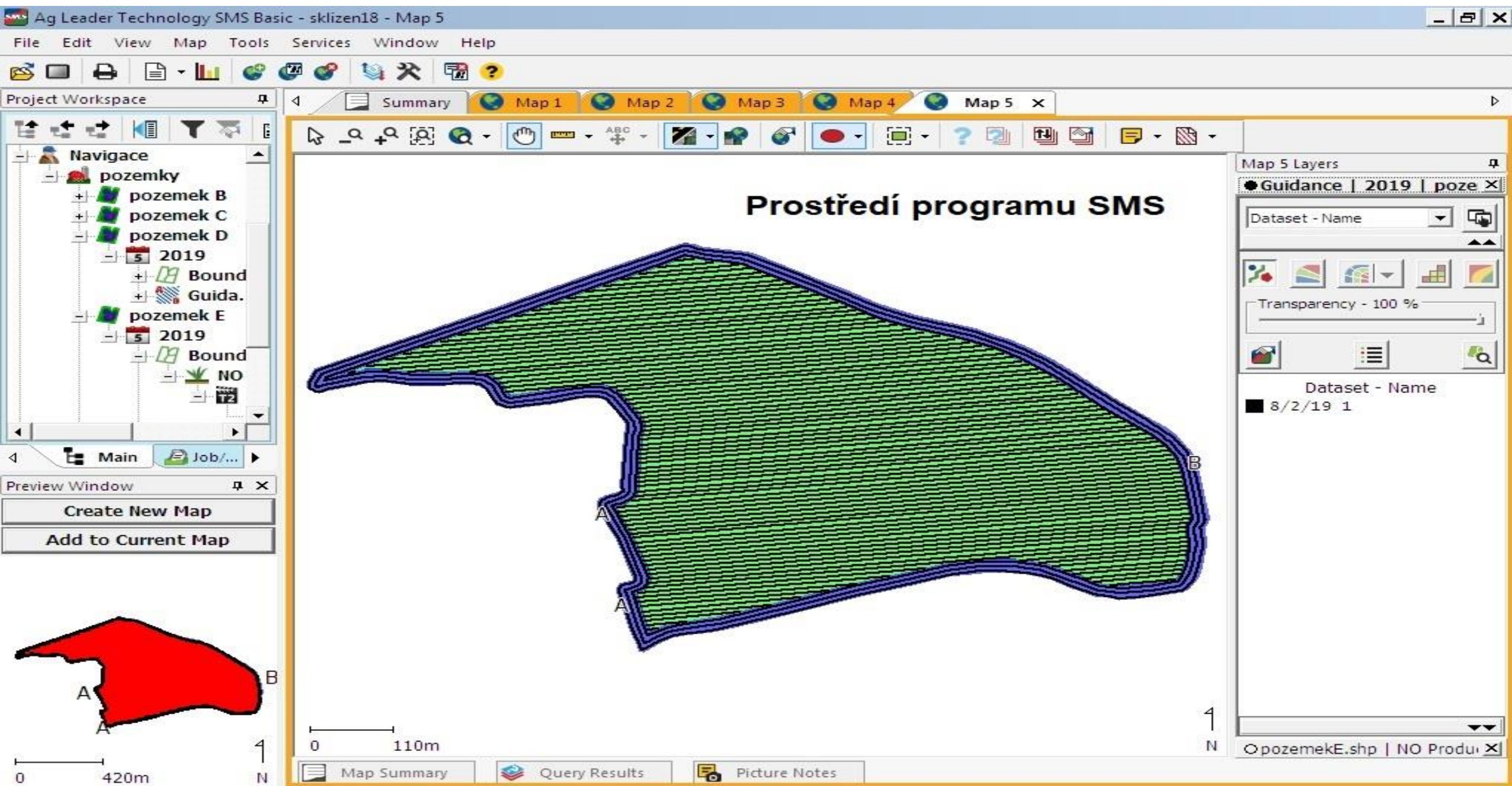


Návrh linie v programu SMS
záběr stroje 8 m

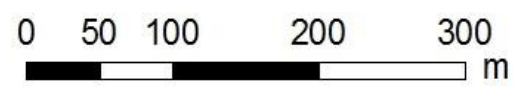
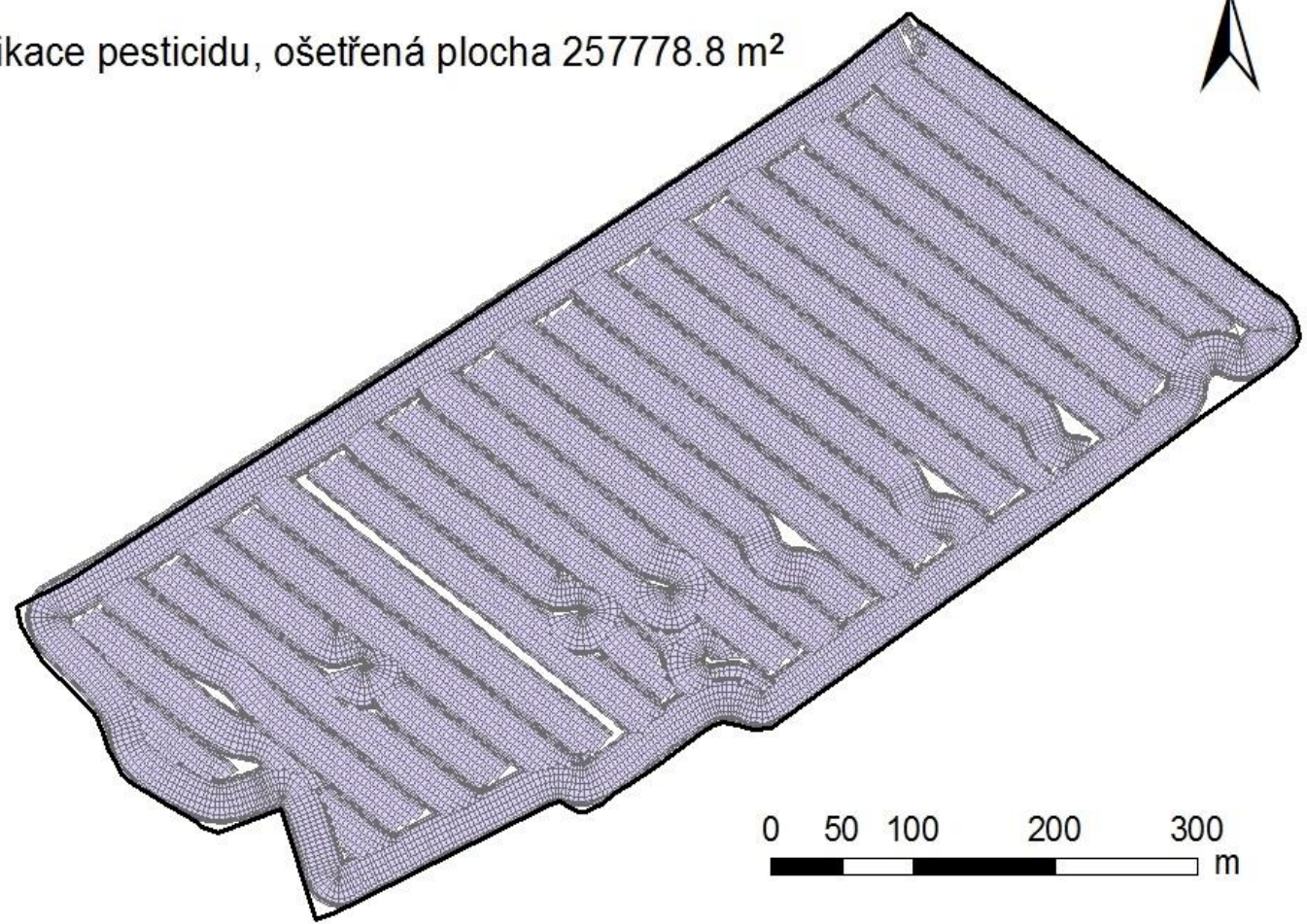


Návrh linie v programu SMS
záběr stroje 8 m

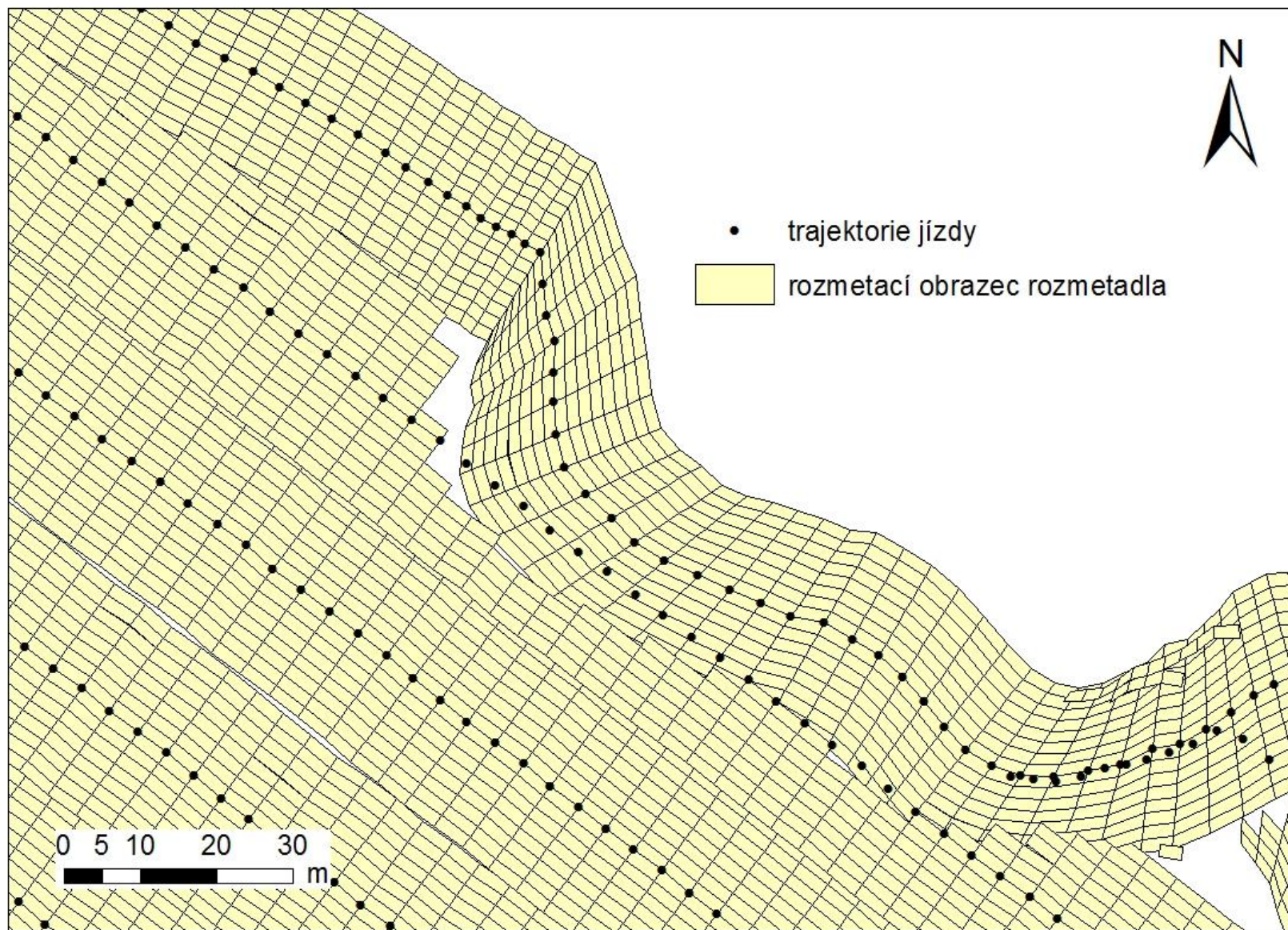




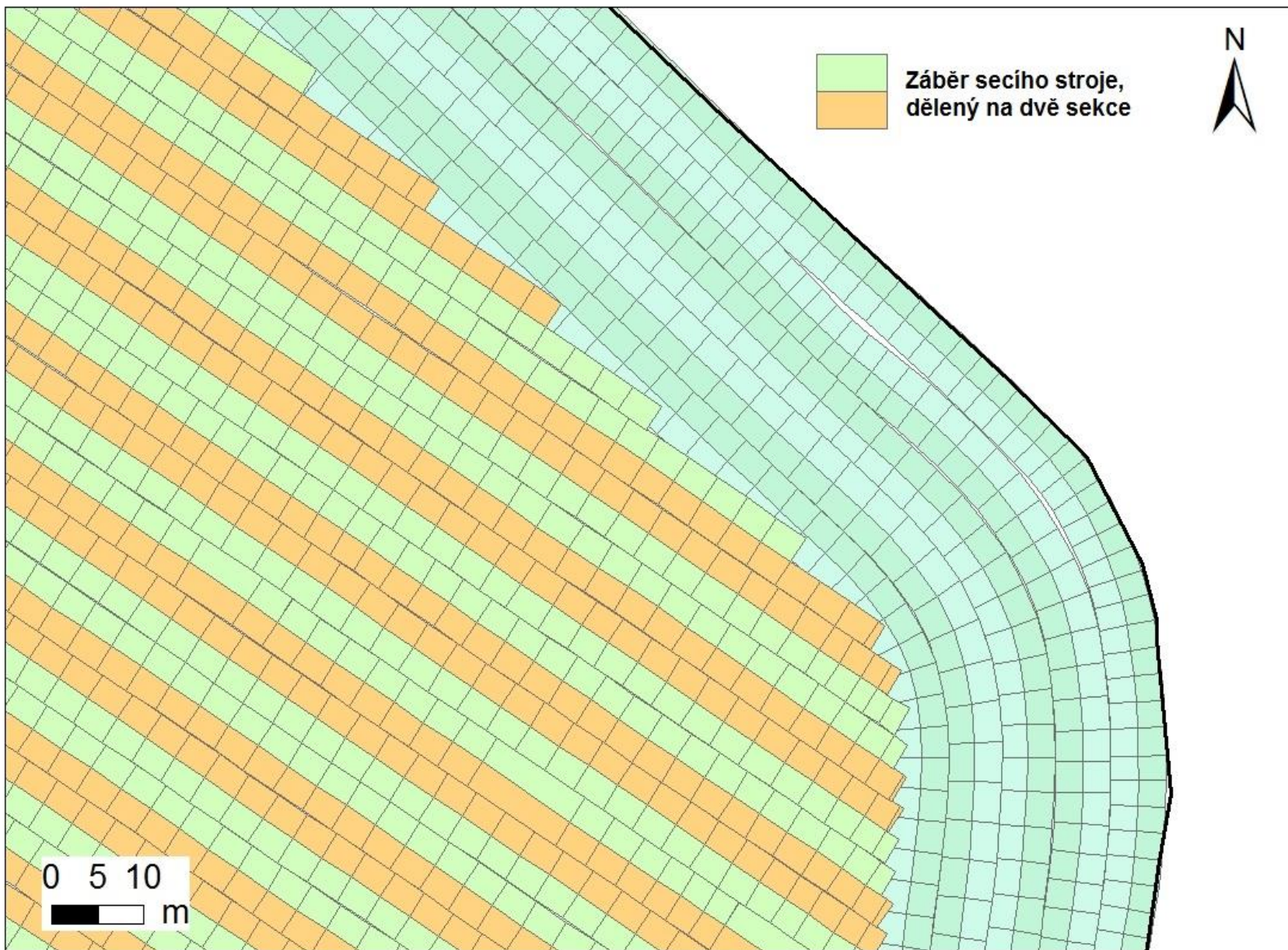
-  pozemek U letiště, výměra 255089.9 m²
-  aplikace pesticidu, ošetřená plocha 257778.8 m²



Záznam práce postřikovače během aplikace pesticidu.

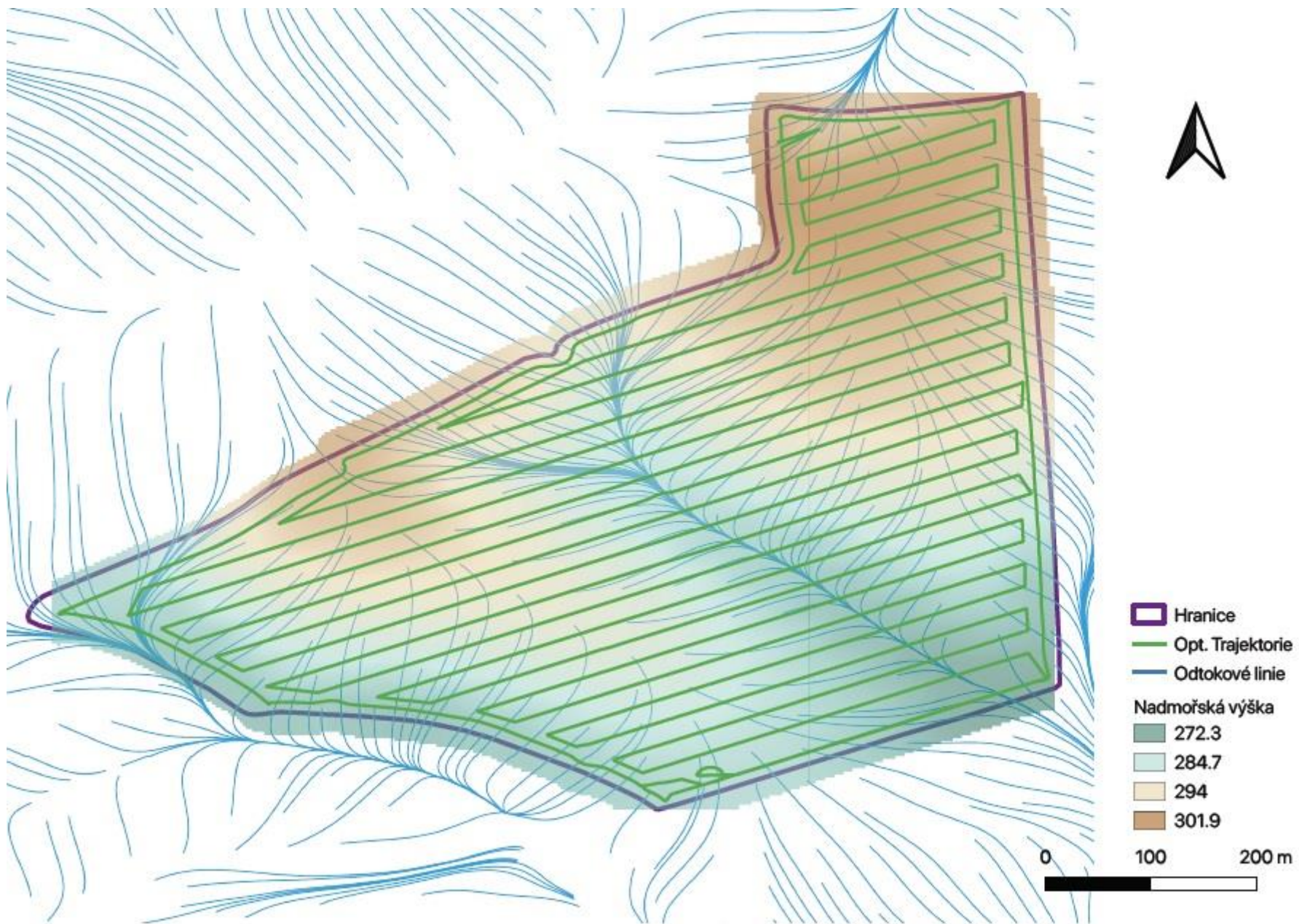


Detail záznamu práce rozmetadla s ukázkou omezování rozhozu hnojiva.



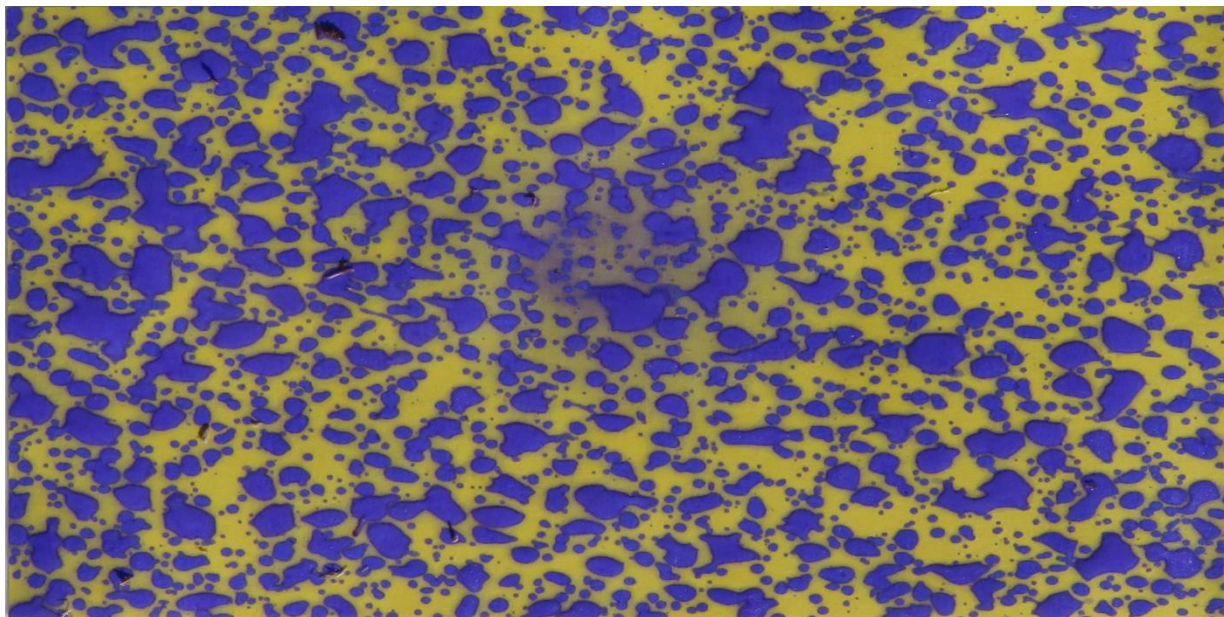
Ukázka vypínání a zapínání sekcí secího stroje



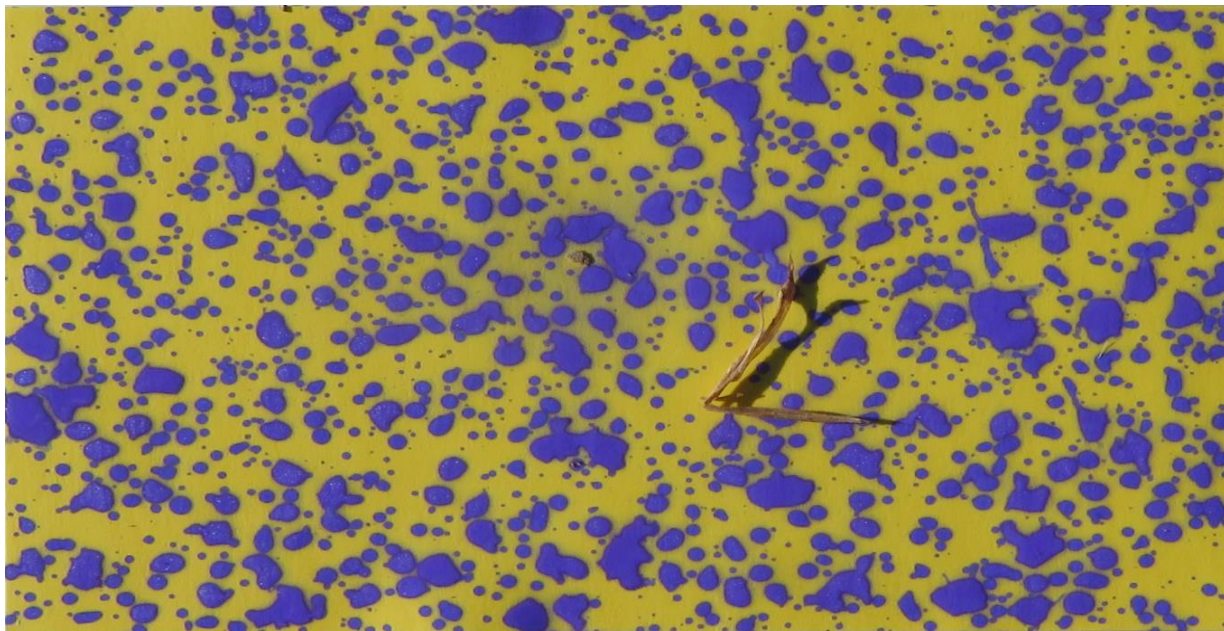
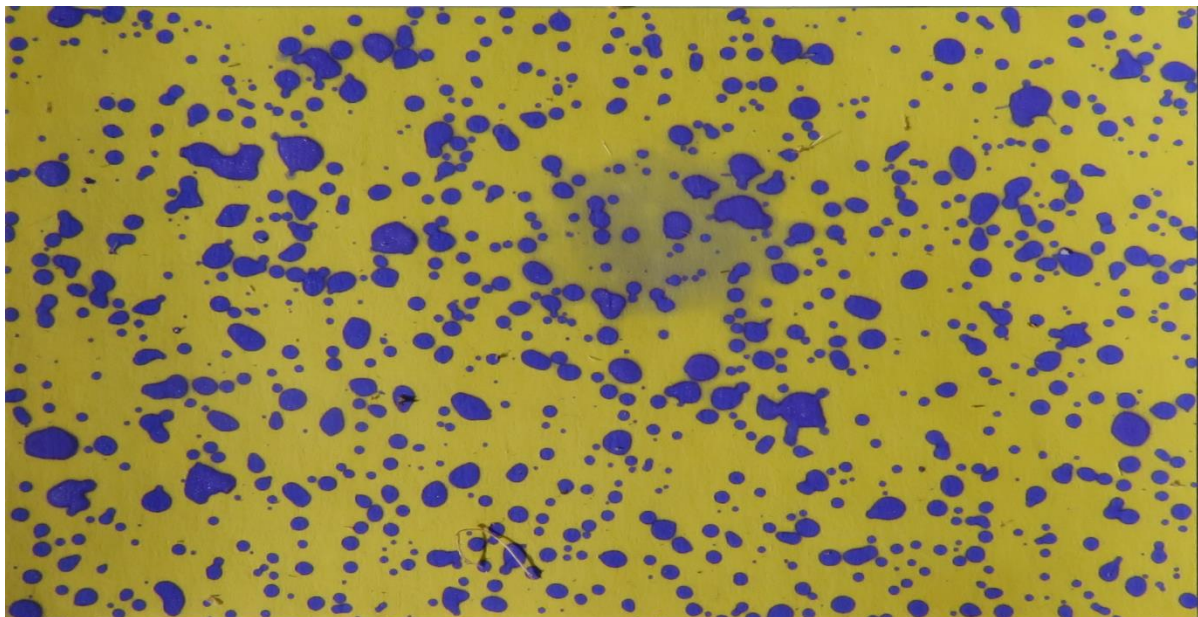




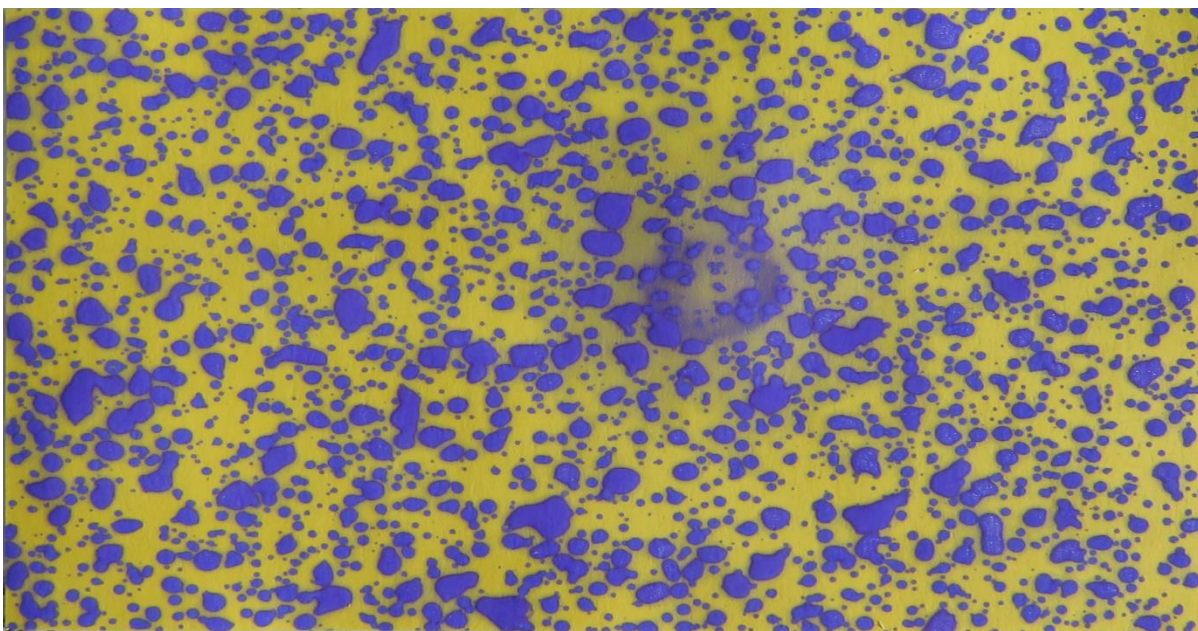


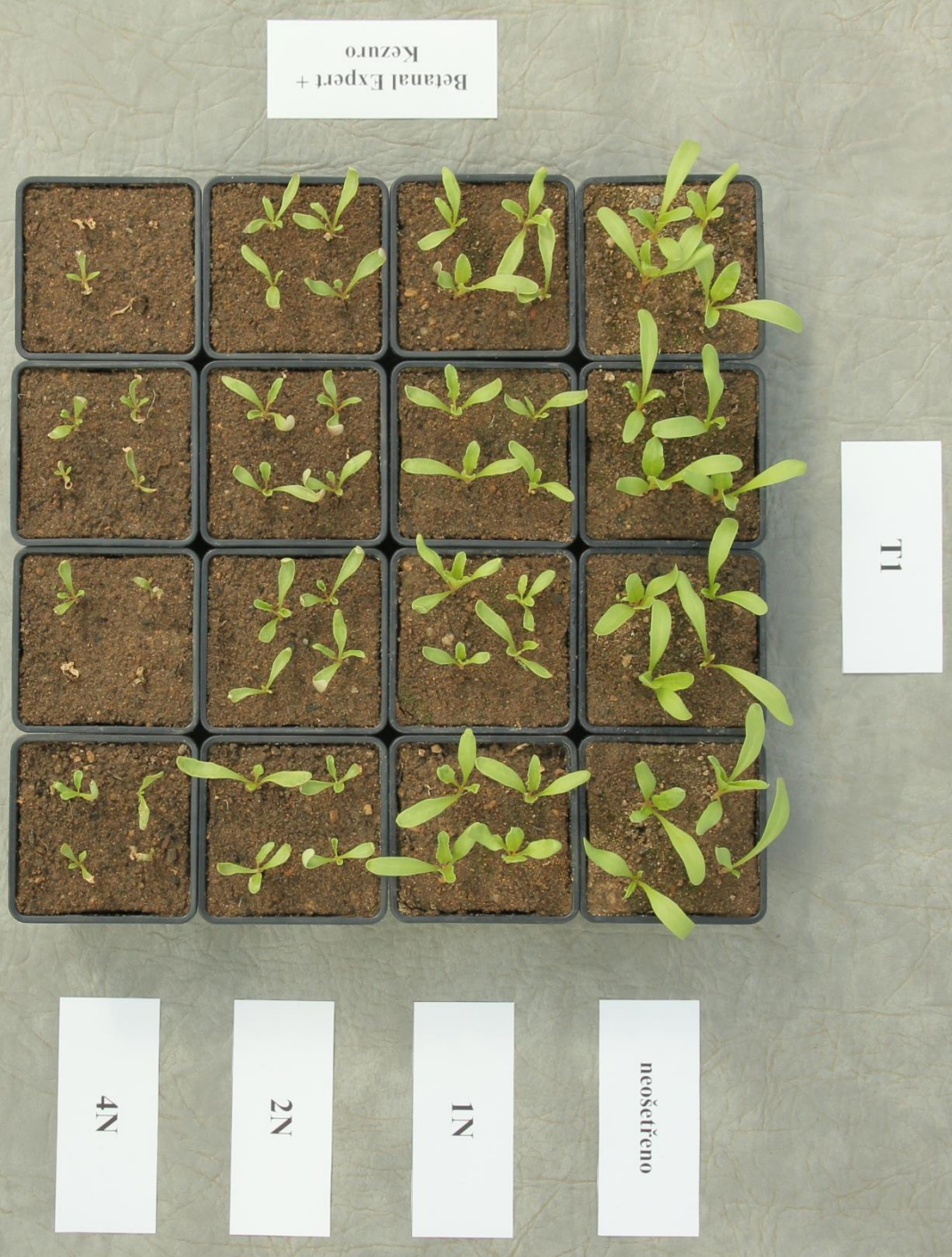


Bez korekce v zatáčkách



S korekcí v zatáčkách



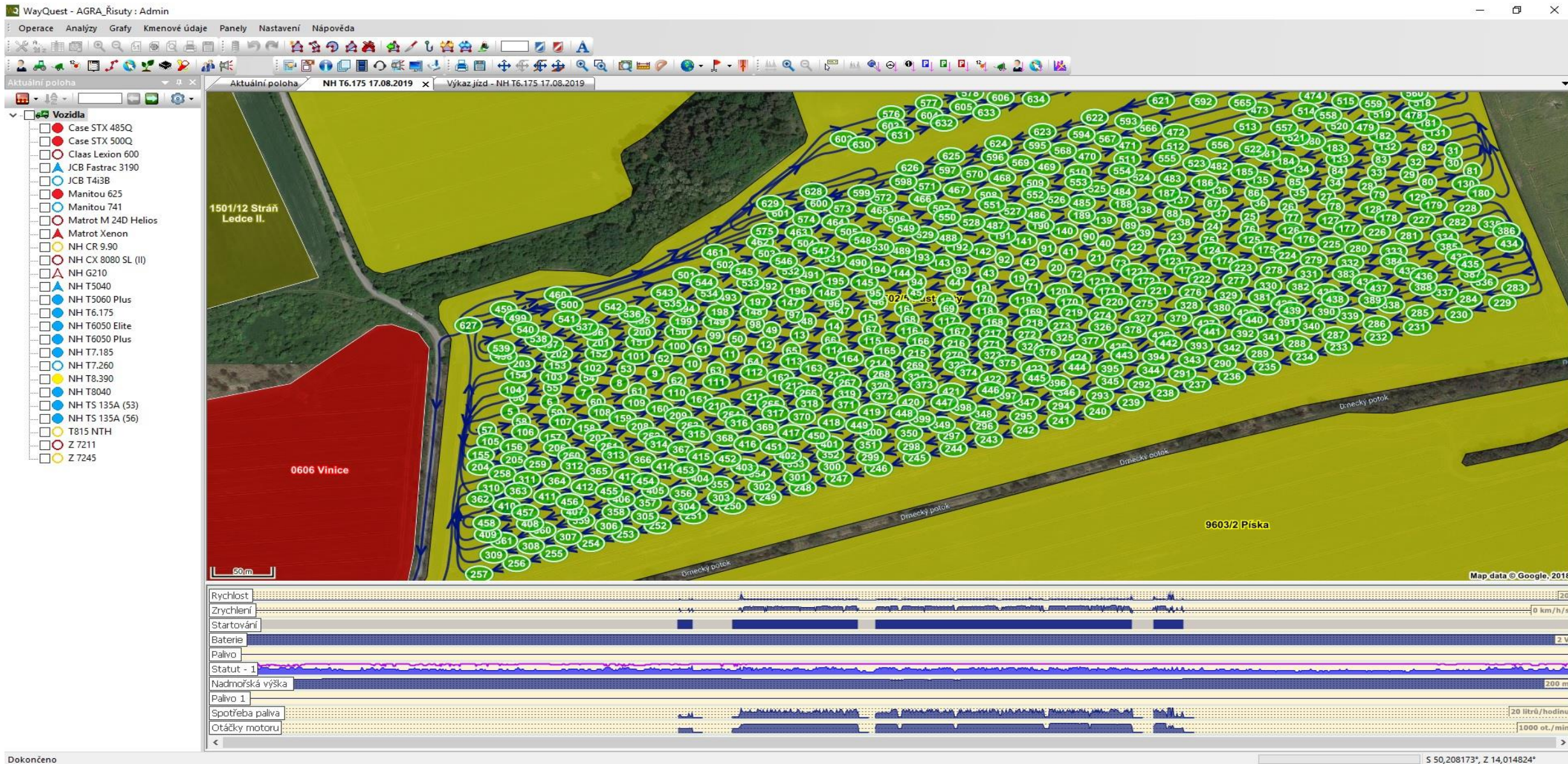


Vliv opakovaného nebo nadměrného ošetření

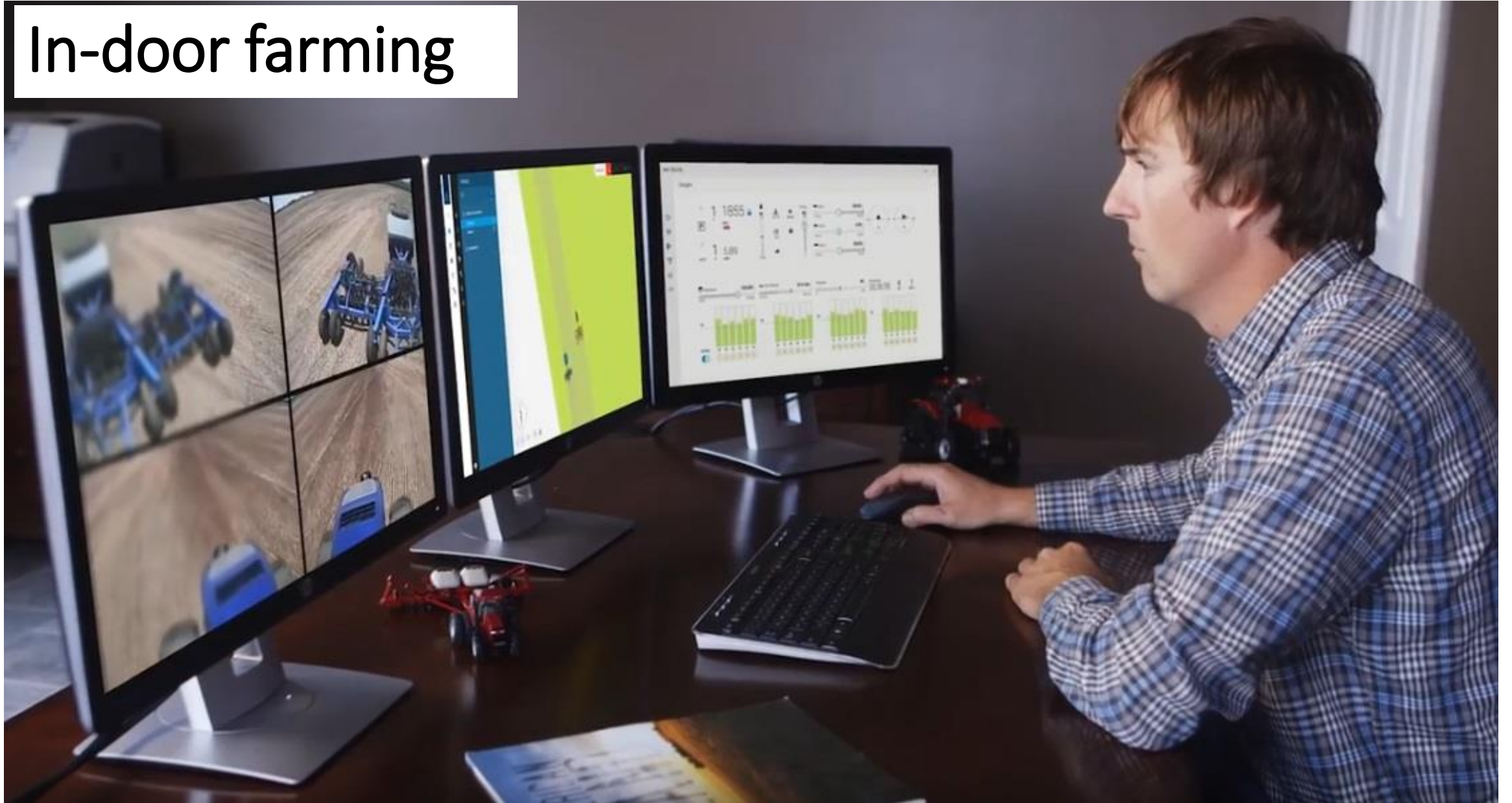


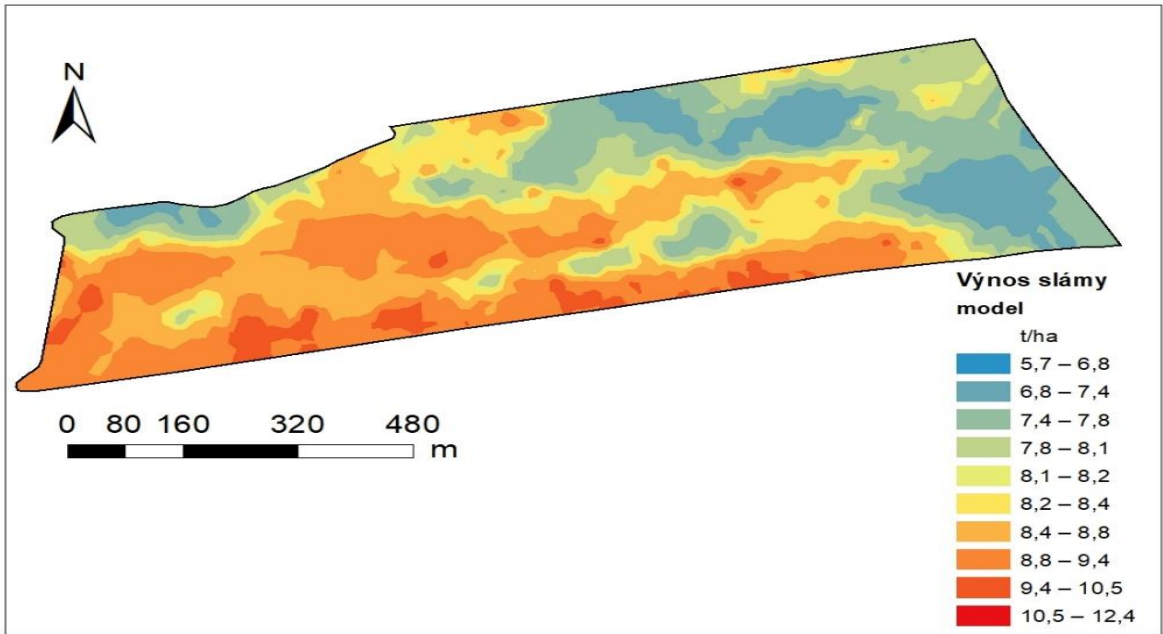
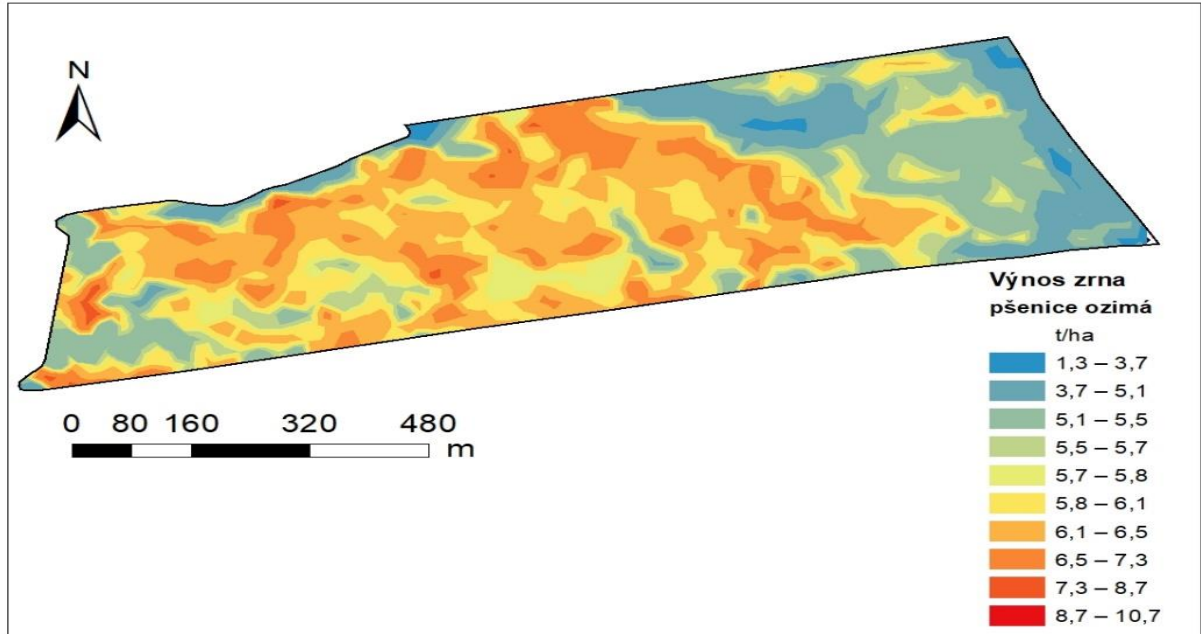
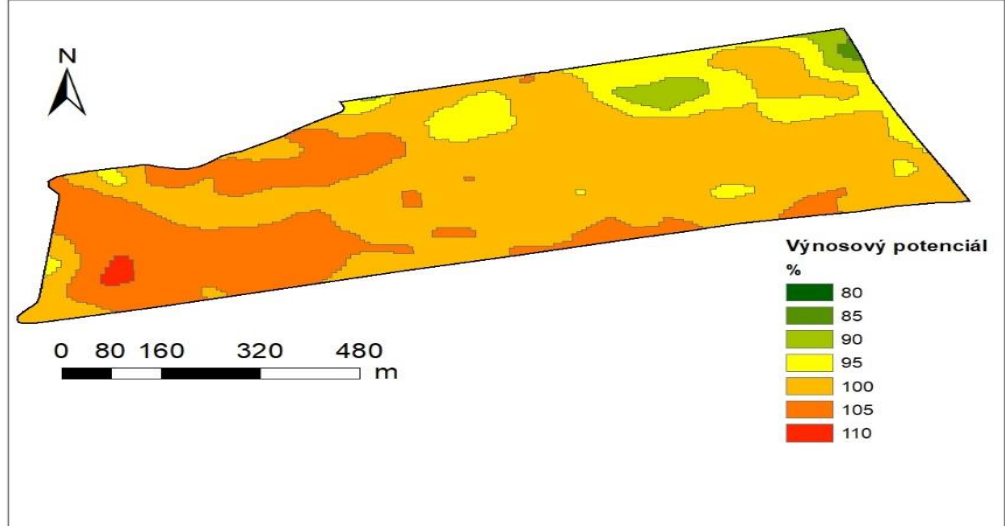
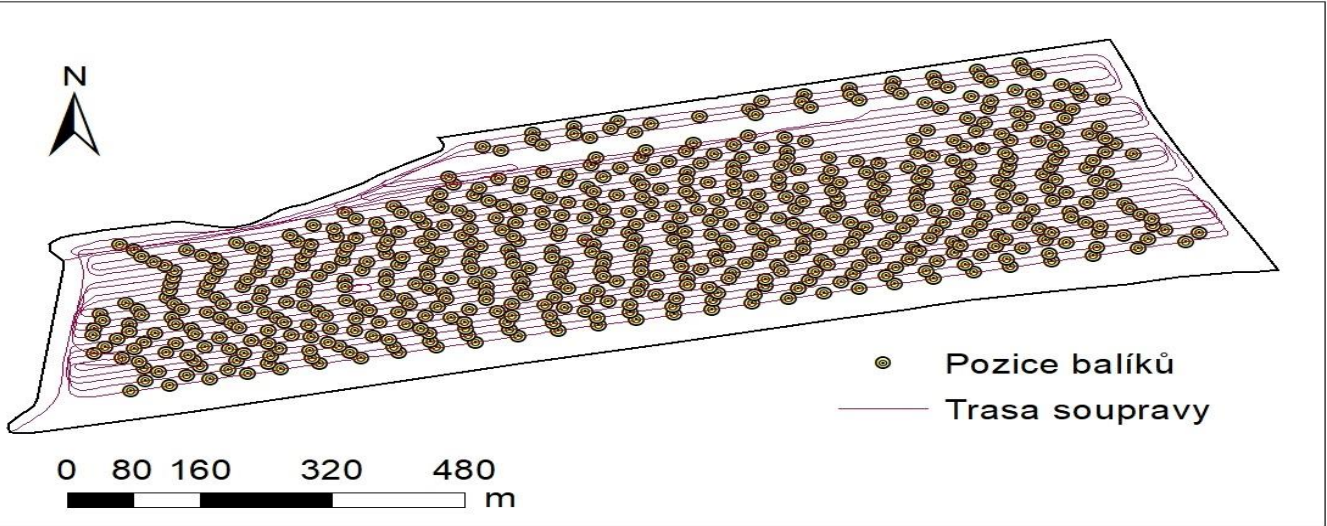
Podkladová mapa pro variabilní desikaci výdrolu

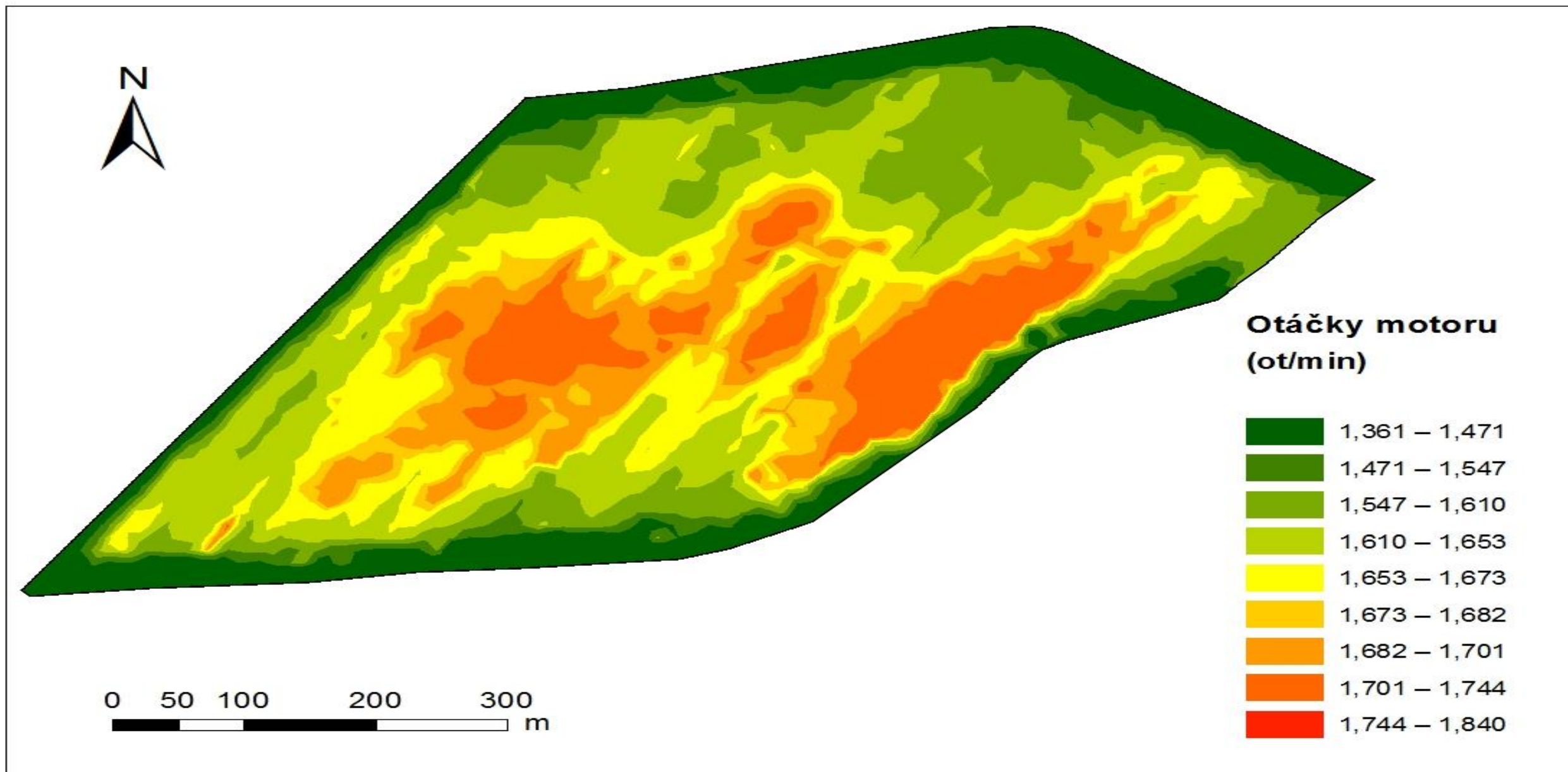
Telematika a vzdálená správa dat



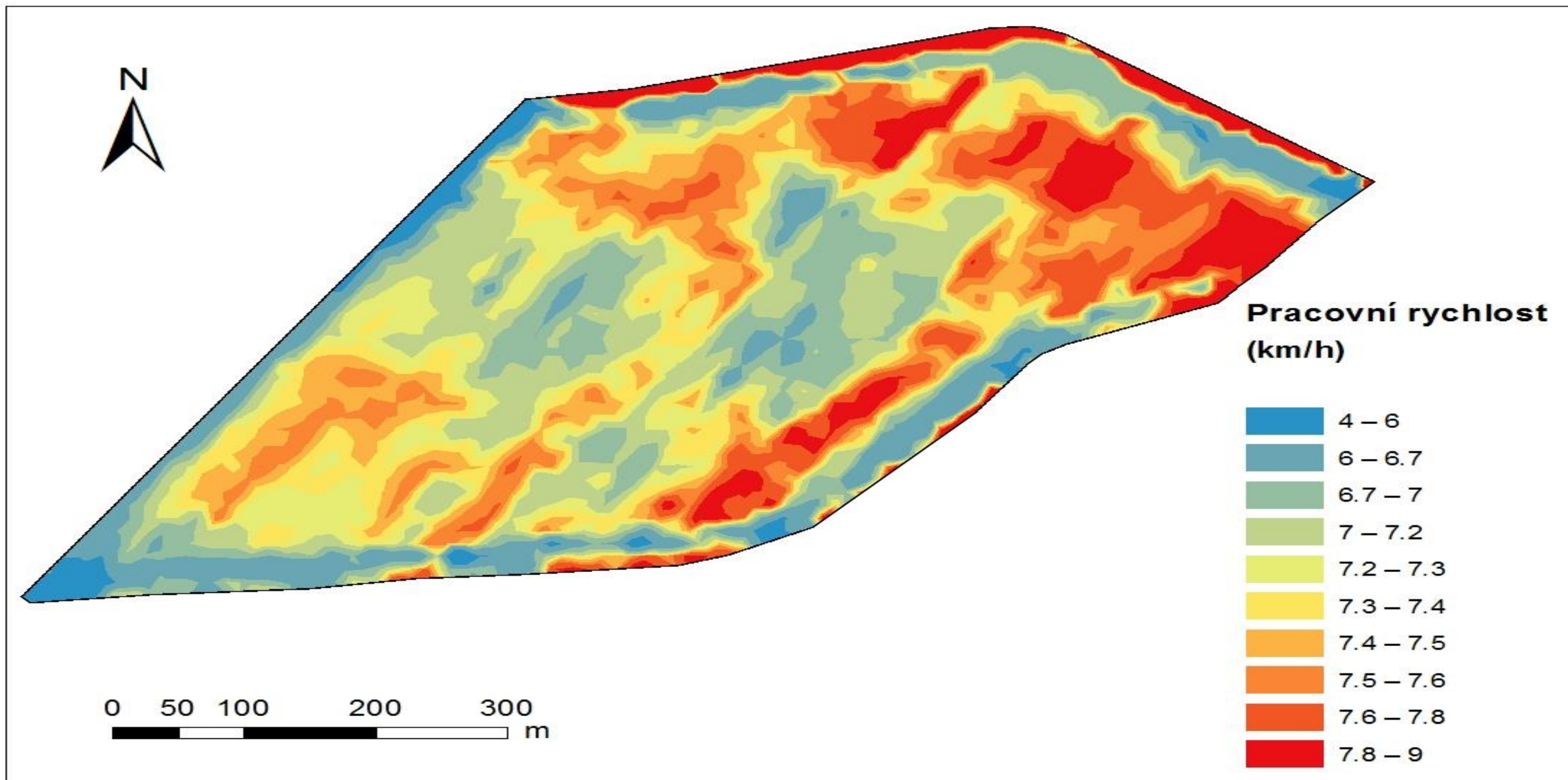
In-door farming



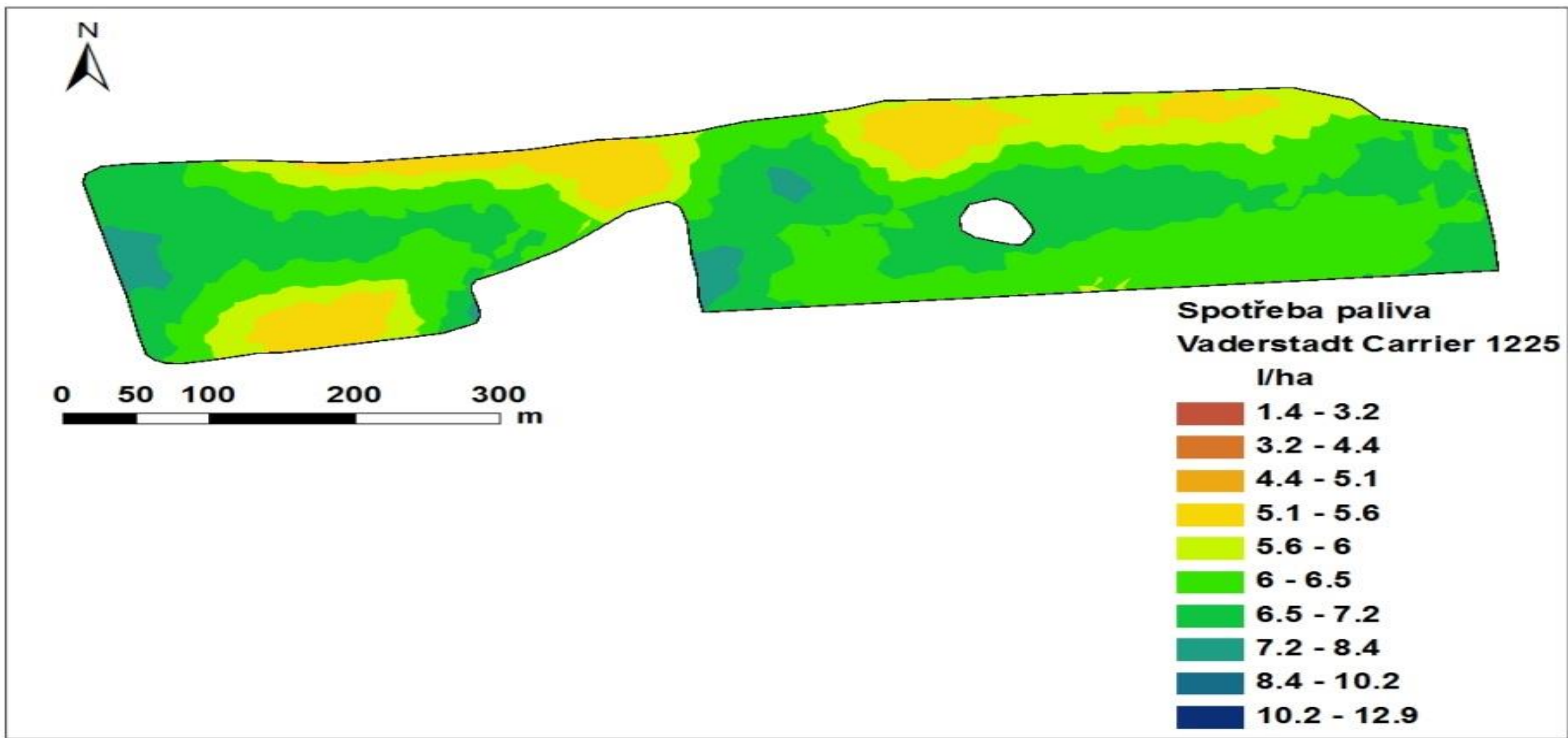




Záznam otáček motoru traktoru.

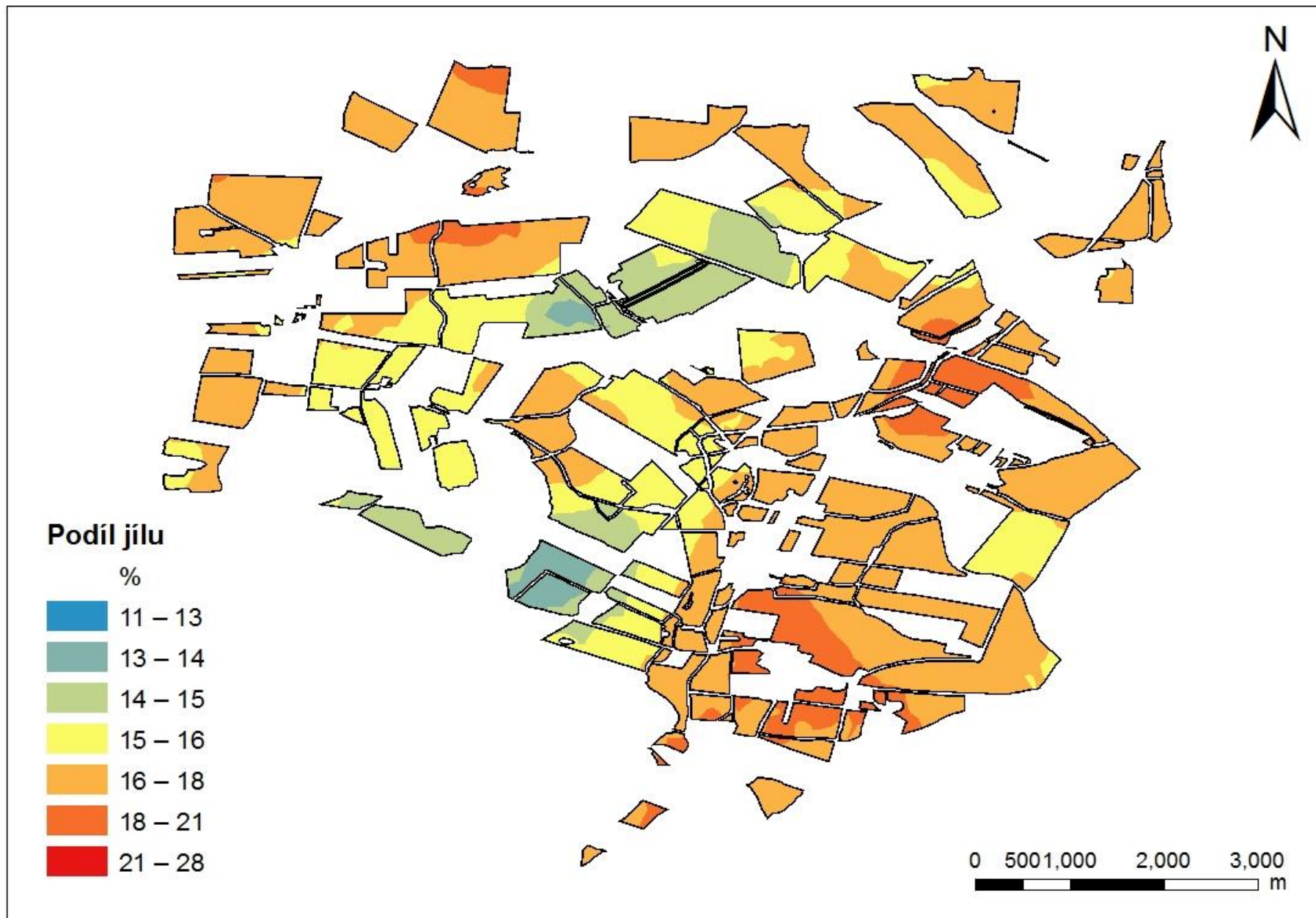


Záznam pracovní rychlosti soupravy



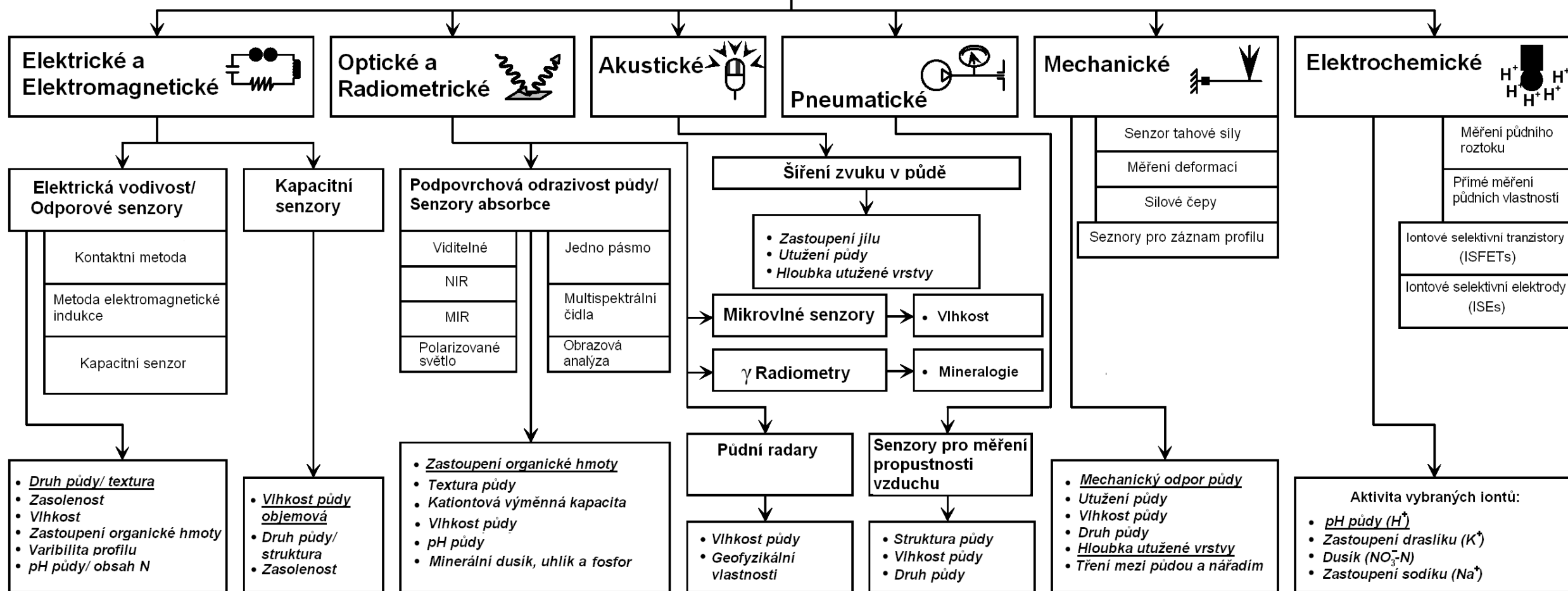
Mapa spotřeby paliva.

Hodnocení úrovně variability pozemků a podkladů pro rozhodovací procesy

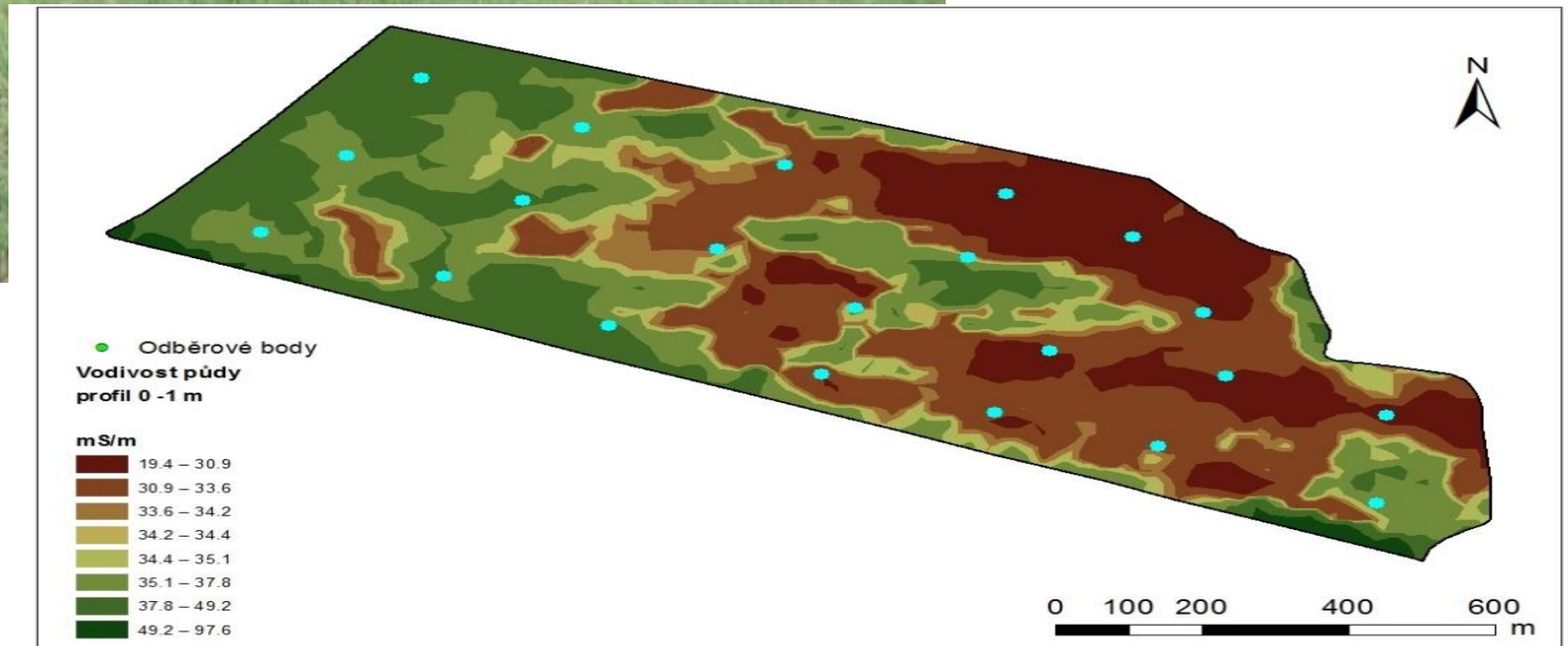
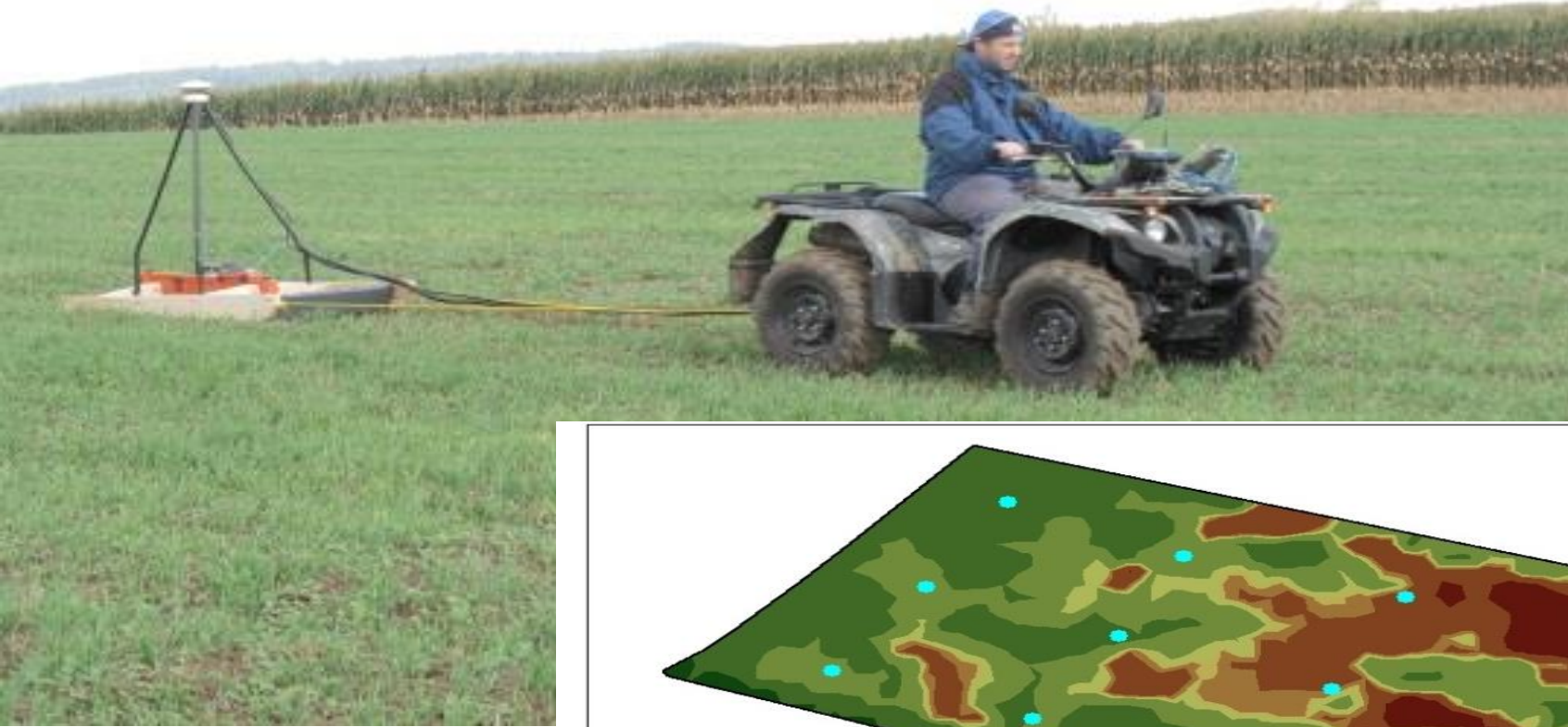


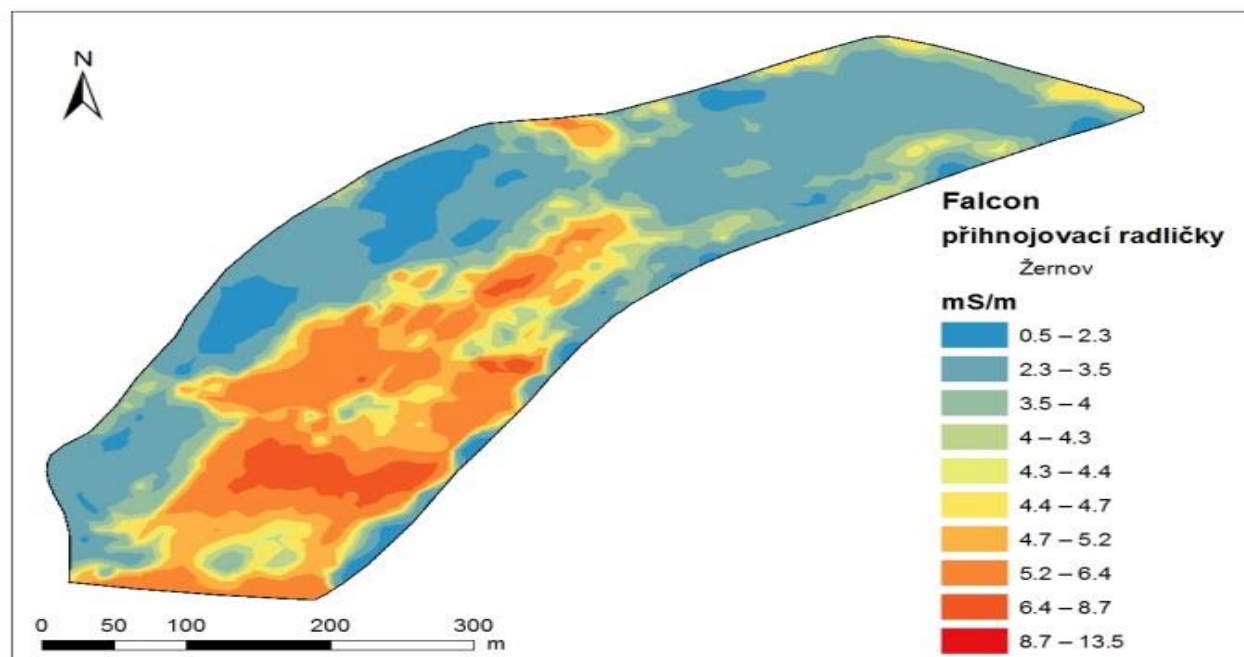
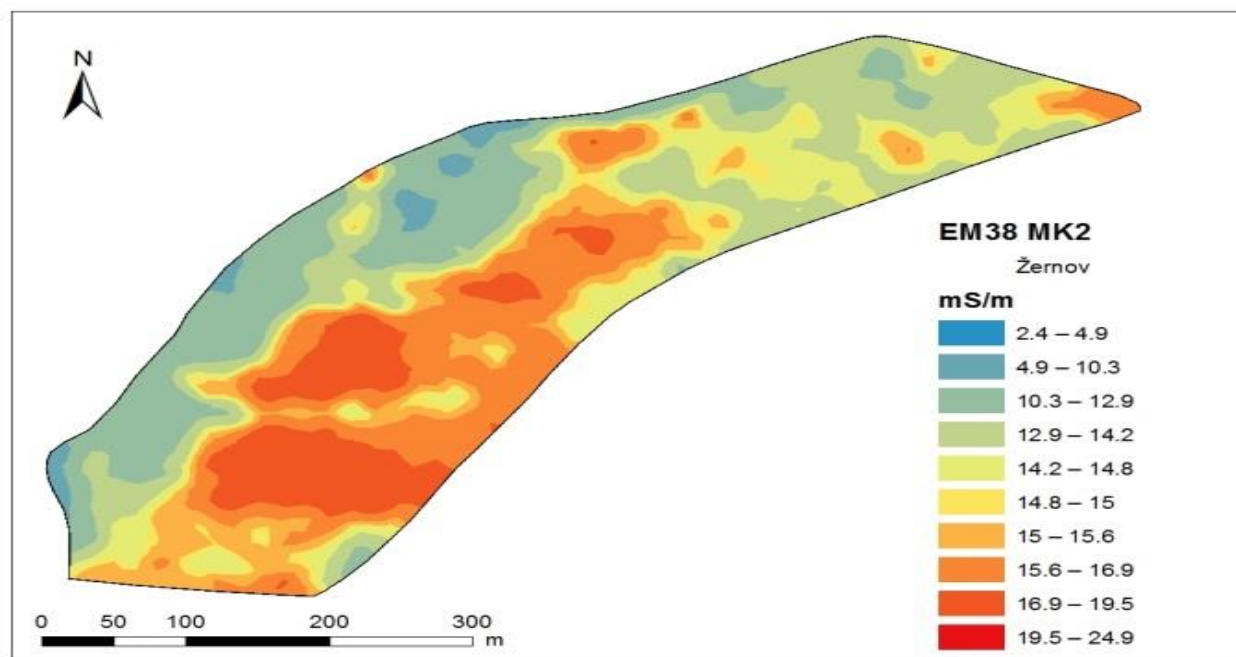


Komerčně užívané půdní On-the-Go senzory a prototypy



Vodivost půdy je významným ukazatelem variability půdy





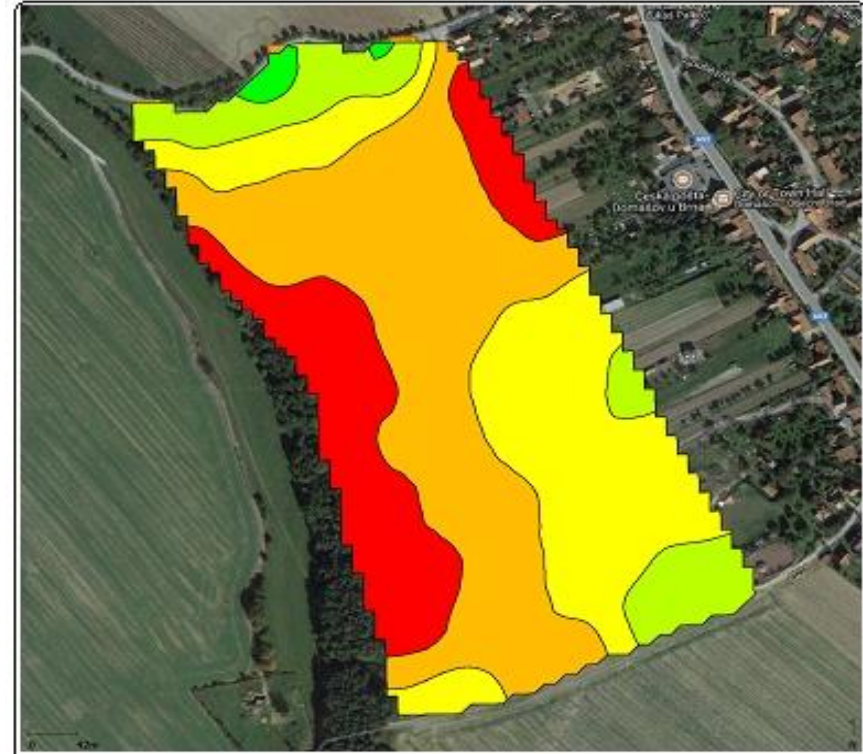
Mapa vodivosti půdy pořízená sondou EM 38 MK2 (vlevo) a mapa pořízená měřicí platformou, instalovanou na secí stroj (vpravo).



TopSoilMapper (Geoprospectors GmbH, Rakousko)

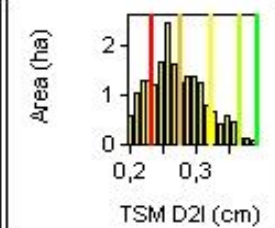


2017 - Pole 17 - Za Kovárnou



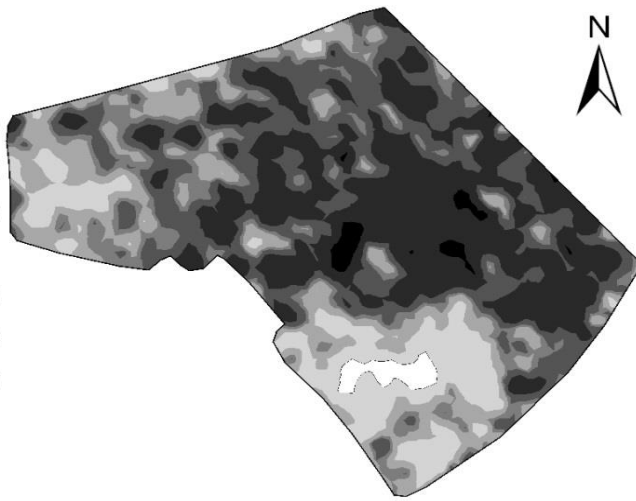
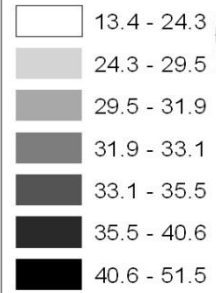
Grower : ZS B Křtad
 Farm : Domažou
 Field : Pole 17 - Za Kovárnou
 Year : 2017
 Operation : Genetic
 Crop / Product : NO Product
 Op. Instance : Instance - 1
 Area : 0,00 ha
 Length : 0,00 m
 Count : 13744

TSM D2I
 (cm)
 0,40 - 0,43
 0,35 - 0,40
 0,30 - 0,35
 0,25 - 0,30
 0,21 - 0,25

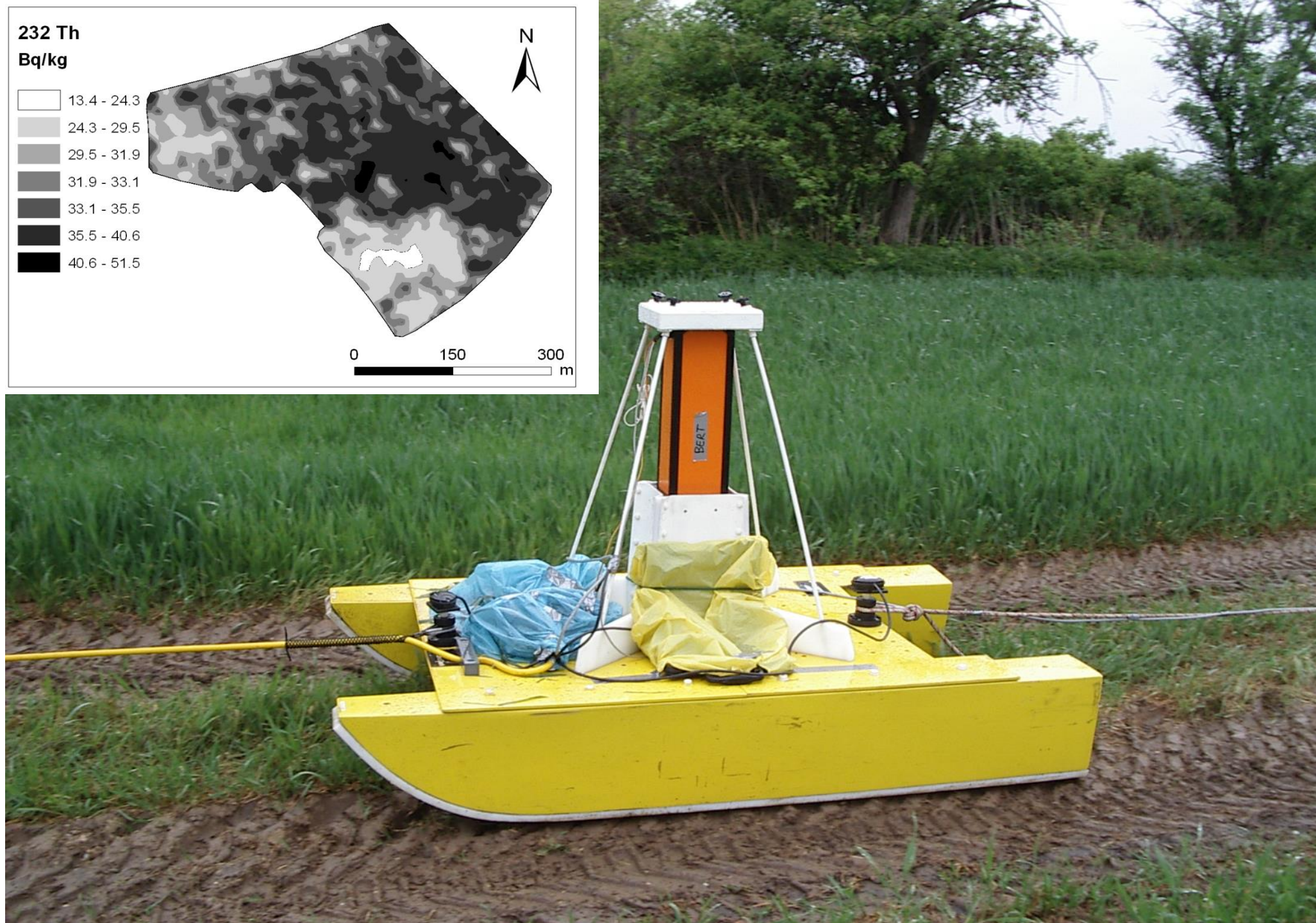


^{232}Th

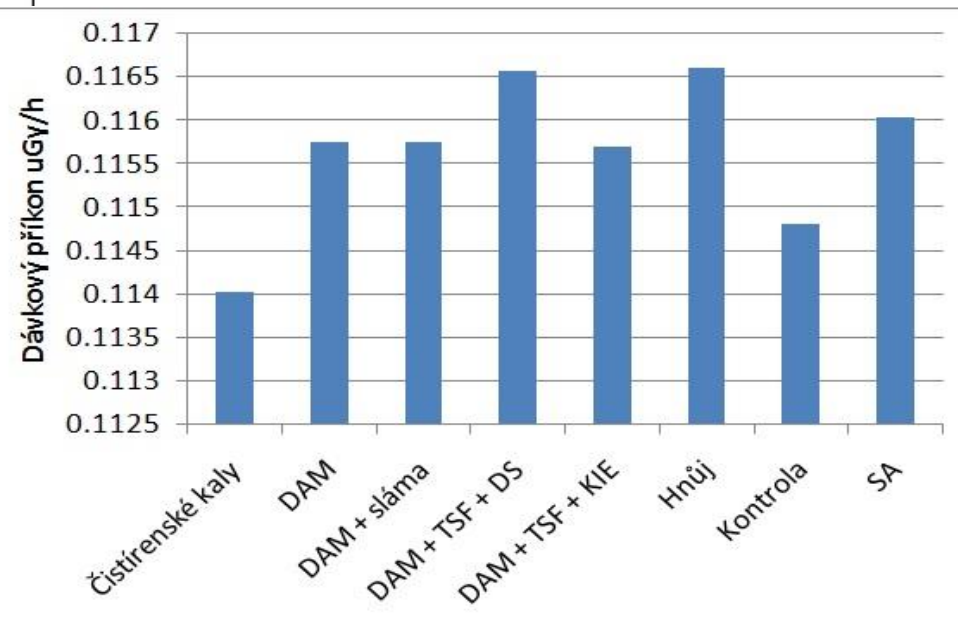
Bq/kg



0 150 300
m



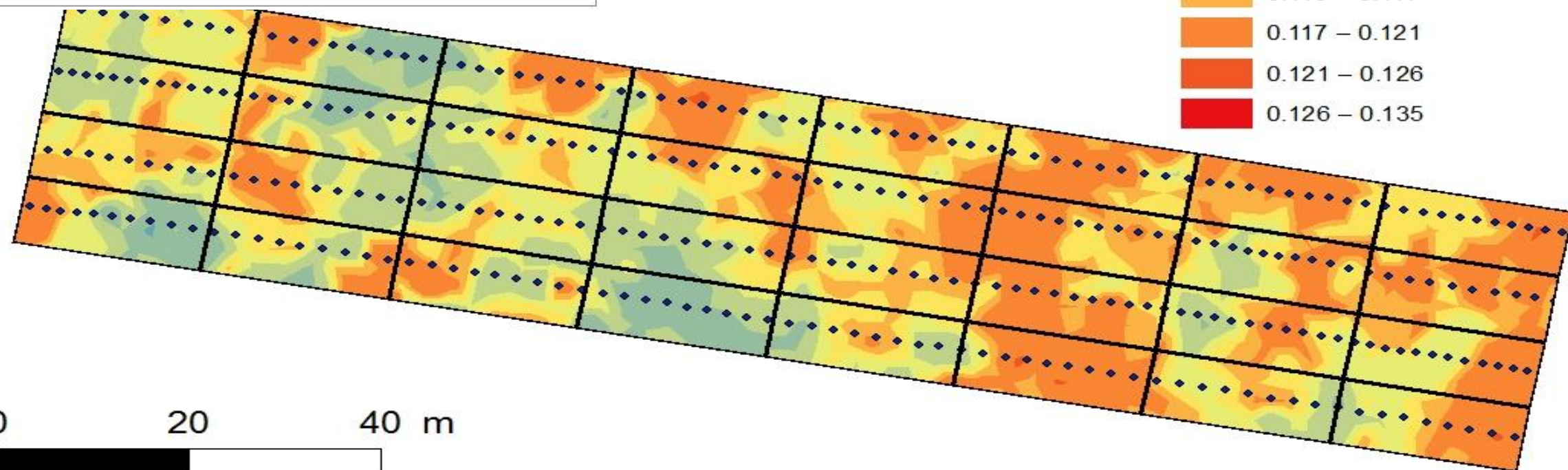
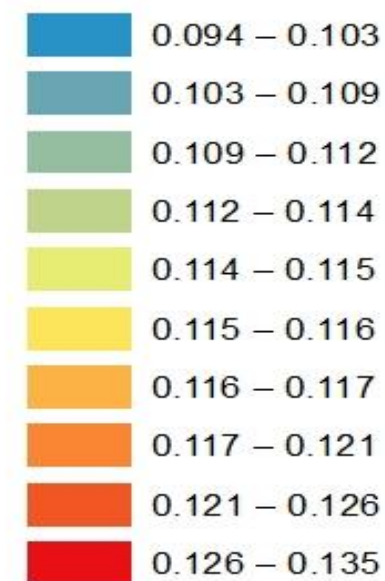




Varianty pokusu

Varianty pokusu

Dávkový příkon (uGy/h)



Změny pěstebních technologií v praxi

setí na počet jedinců a přesné setí, variabilní setí – **eliminace vodního stresu, úspora nákladů**

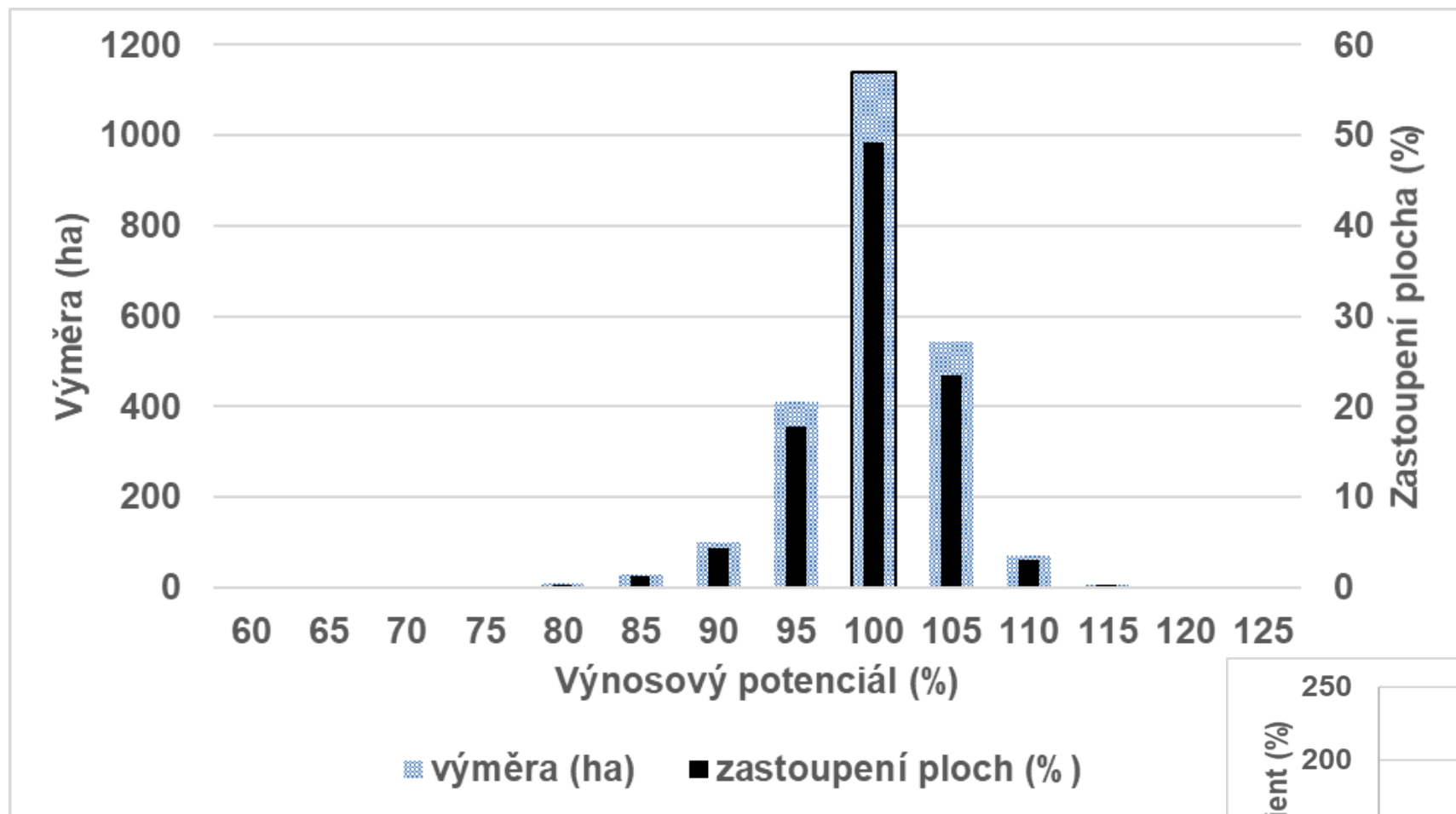
pěstování v širších řádcích (obiloviny, řepka) (250 mm a více) - **eliminace vodního stresu, zonální hnojení, mechanická kultivace porostů, pomocné plodiny**

využití cíleného hnojení k osivu a zonální hnojení – **zvýšení využití živin za sucha, snížení potřeby hnojiva, omezení aplikace na povrch půdy, podpora rostlin během růstu při teplých zimách**

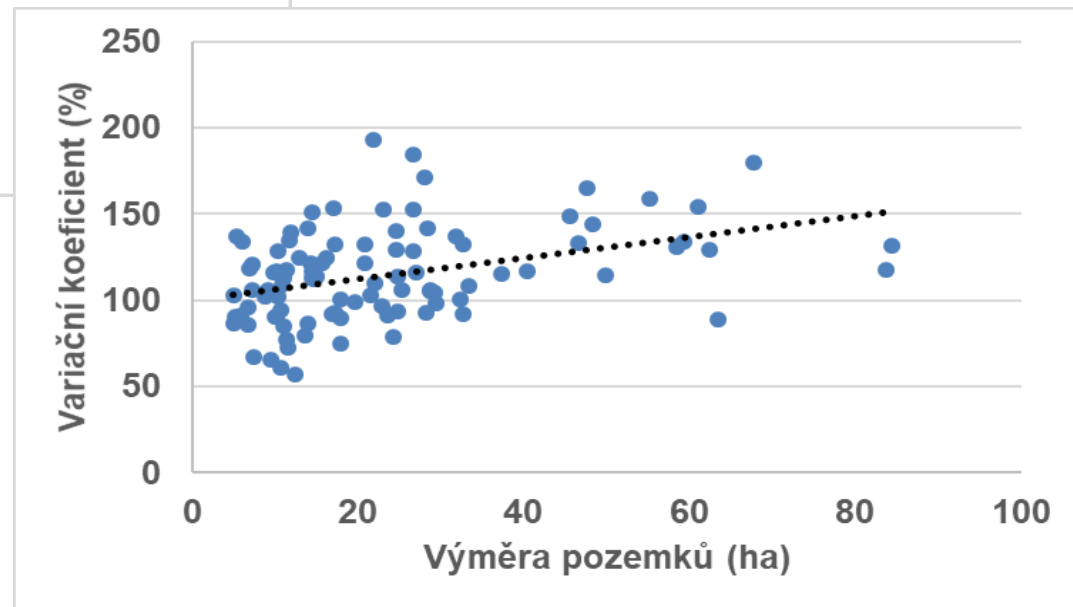
pomocné plodiny – **biologické hnojení, vstup organické hmoty, omezení pesticidů, snížení erozních rizik, omezení evaporace a podpora infiltrace, biologické zpracování půdy**

setí do živého či čerstvého mulče – **náhrada glyphosate, snížení pesticidů a minerálních hnojiv, biologické zpracování půdy**

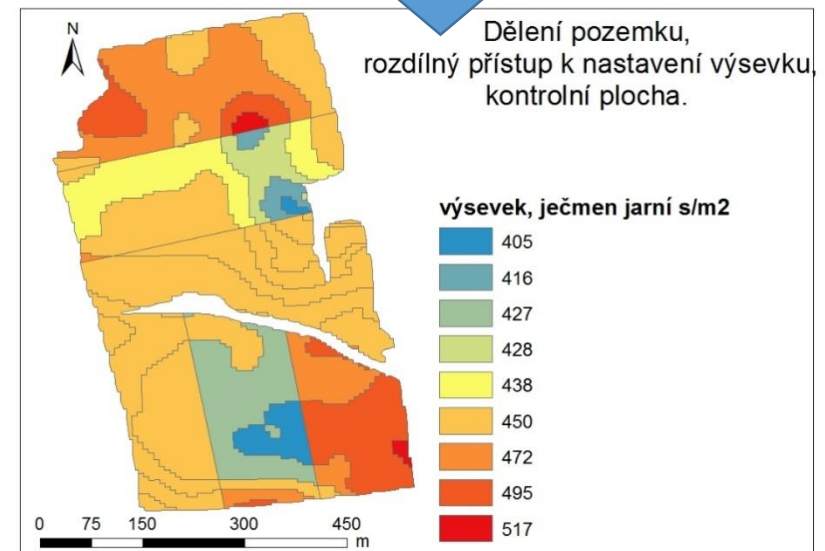
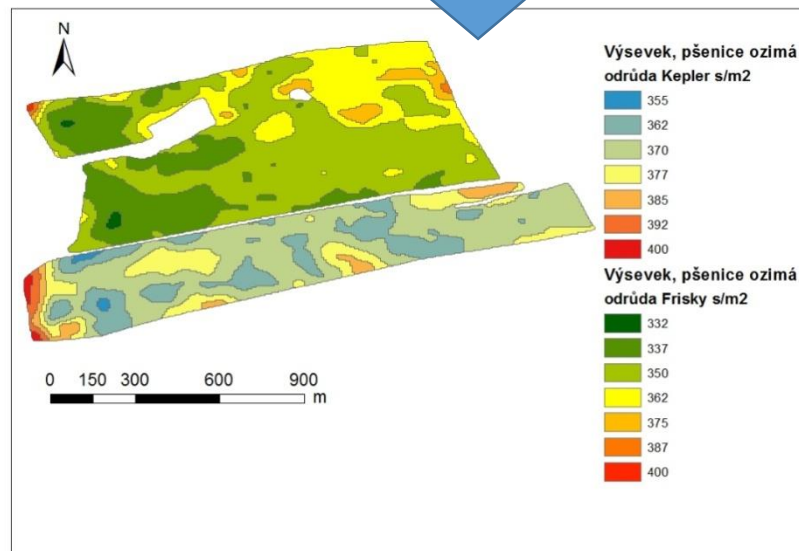
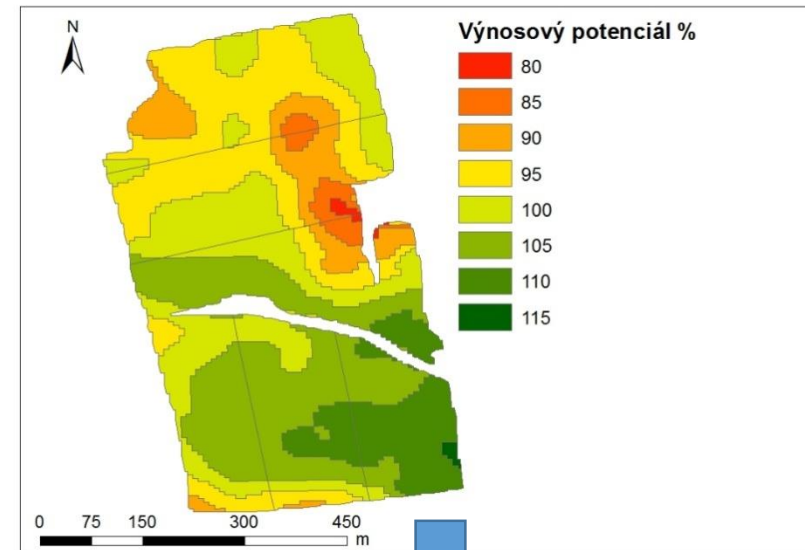
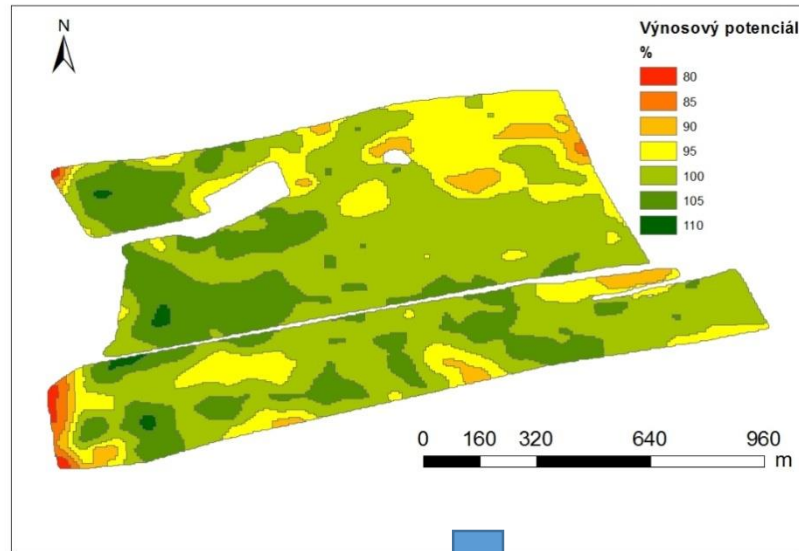
principy precizního zemědělství – **omezení pohybu strojů, úspory PHM, telematika, zvýšení efektivity práce a pokles nákladů apod.**



Zastoupení hodnot výnosového potenciálu.

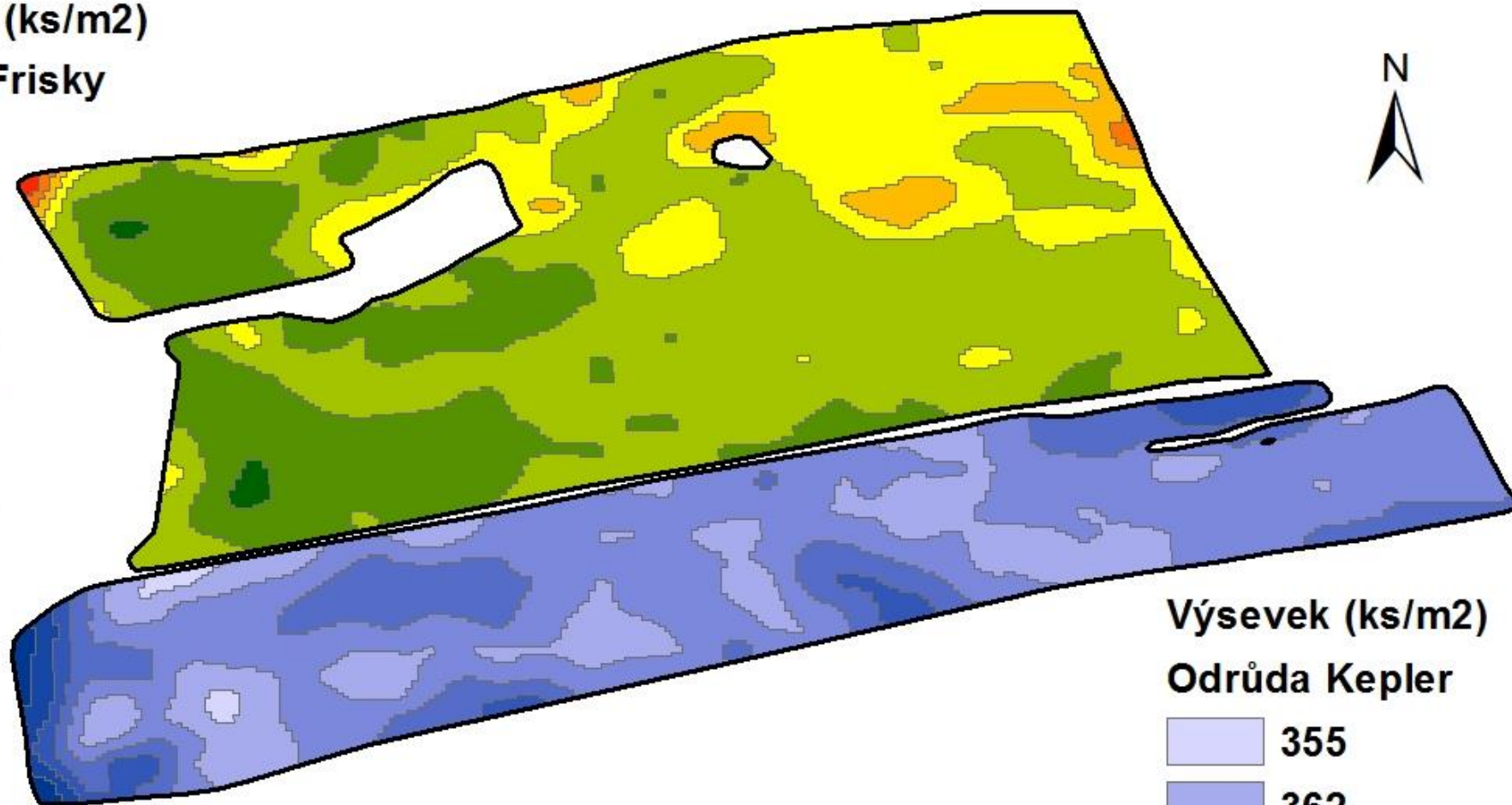
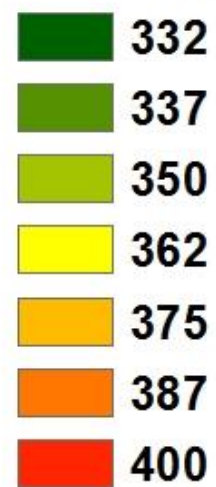


Příklady tvorby map výsevků (pšenice a ječmen)



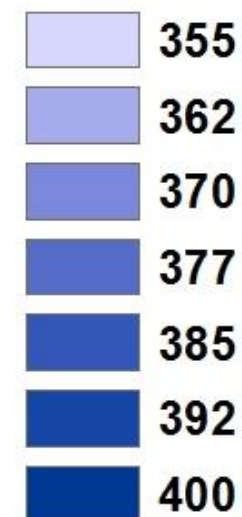
Výsevek (ks/m²)

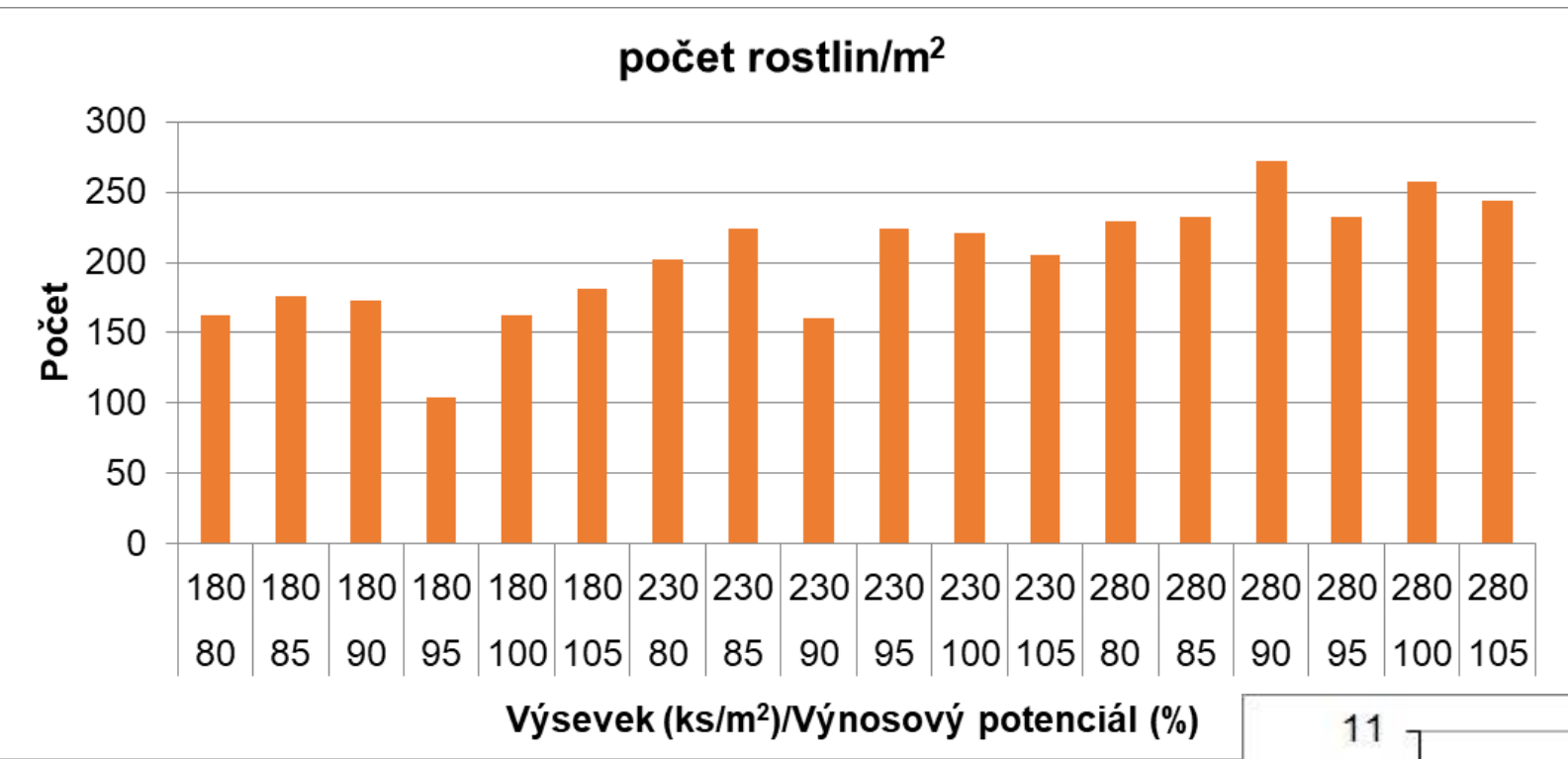
Odrůda Frisky



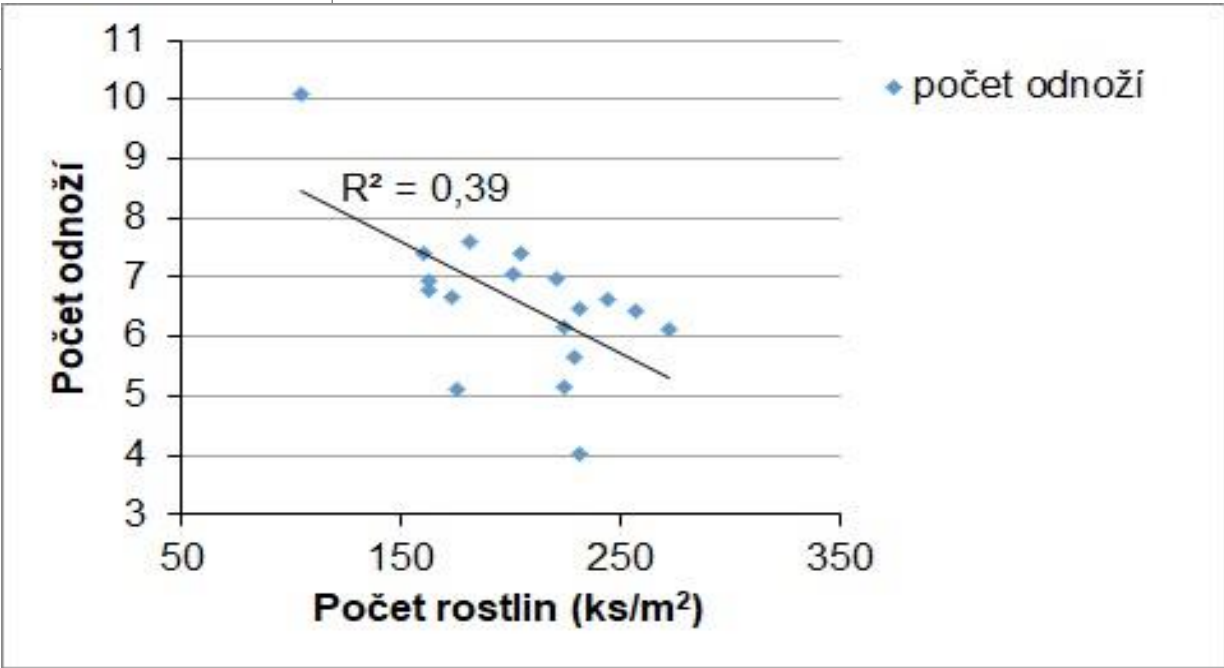
Výsevek (ks/m²)

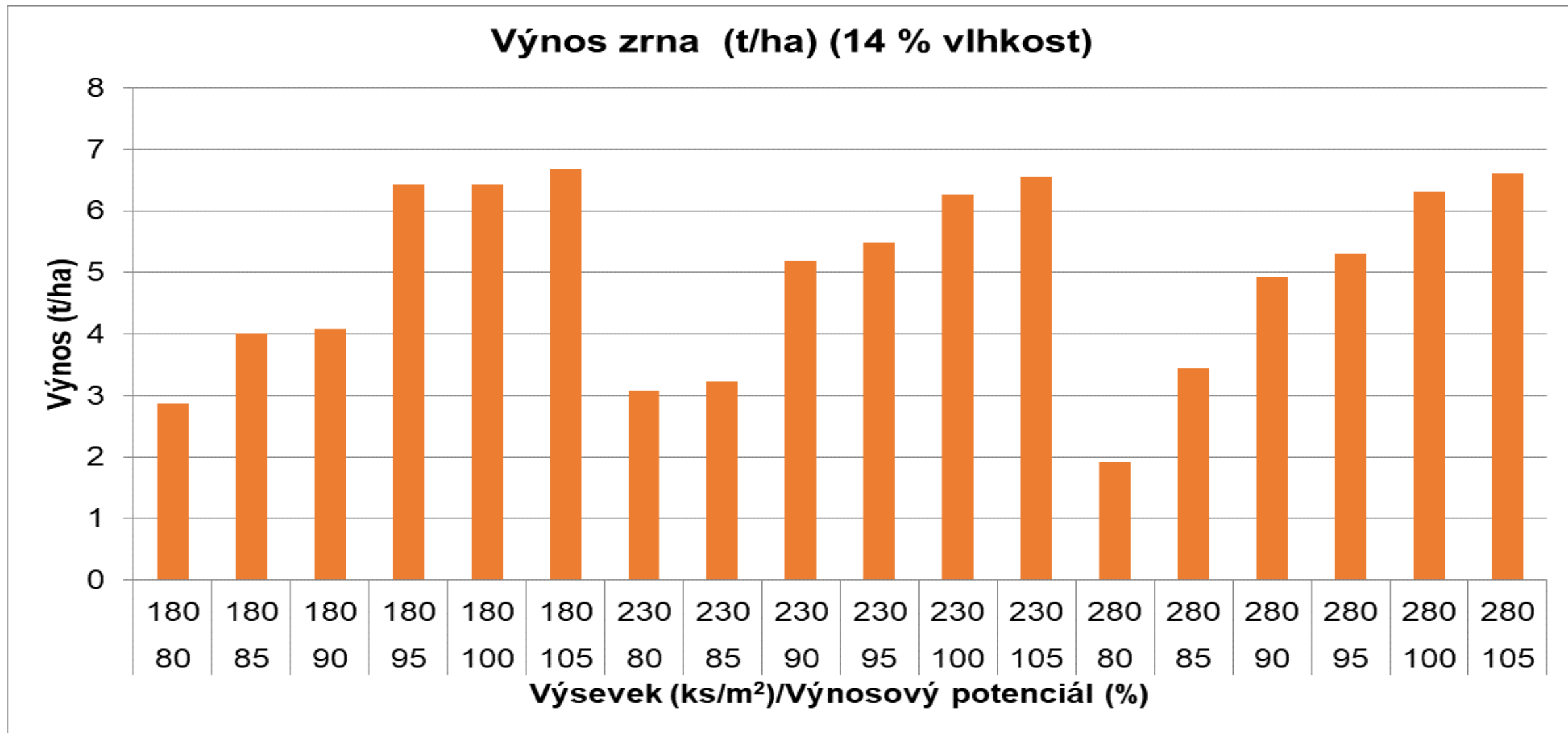
Odrůda Kepler



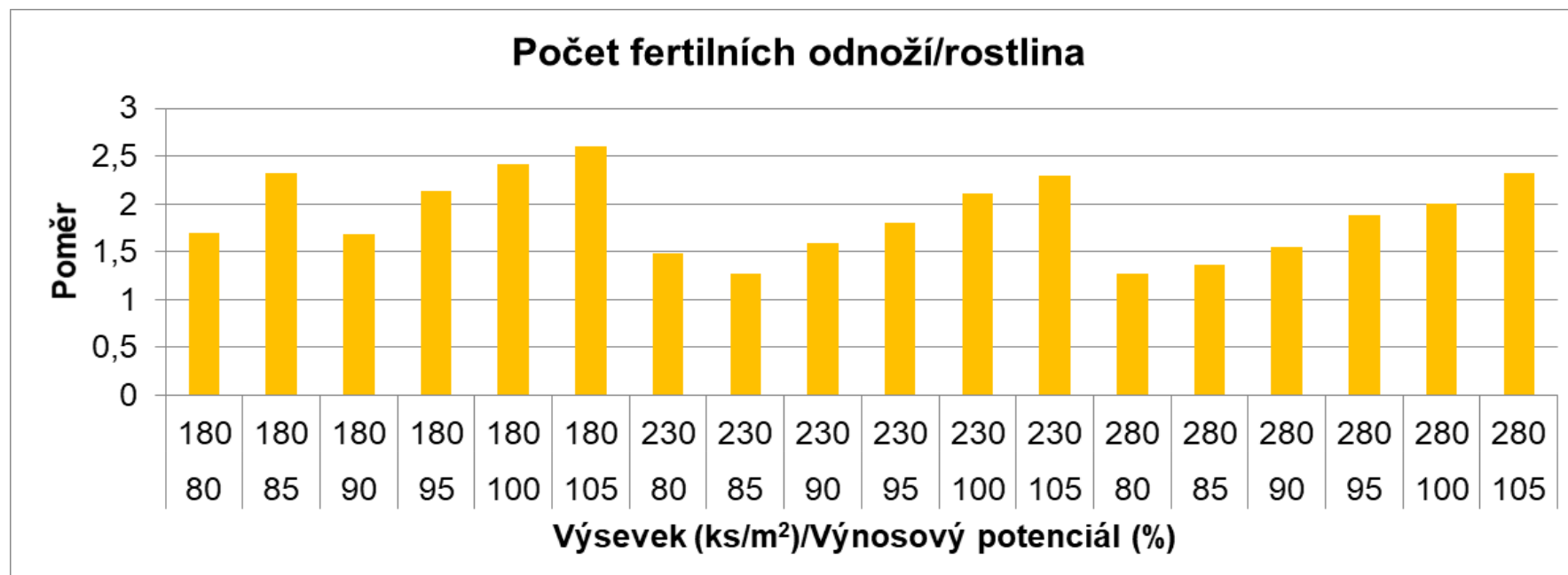
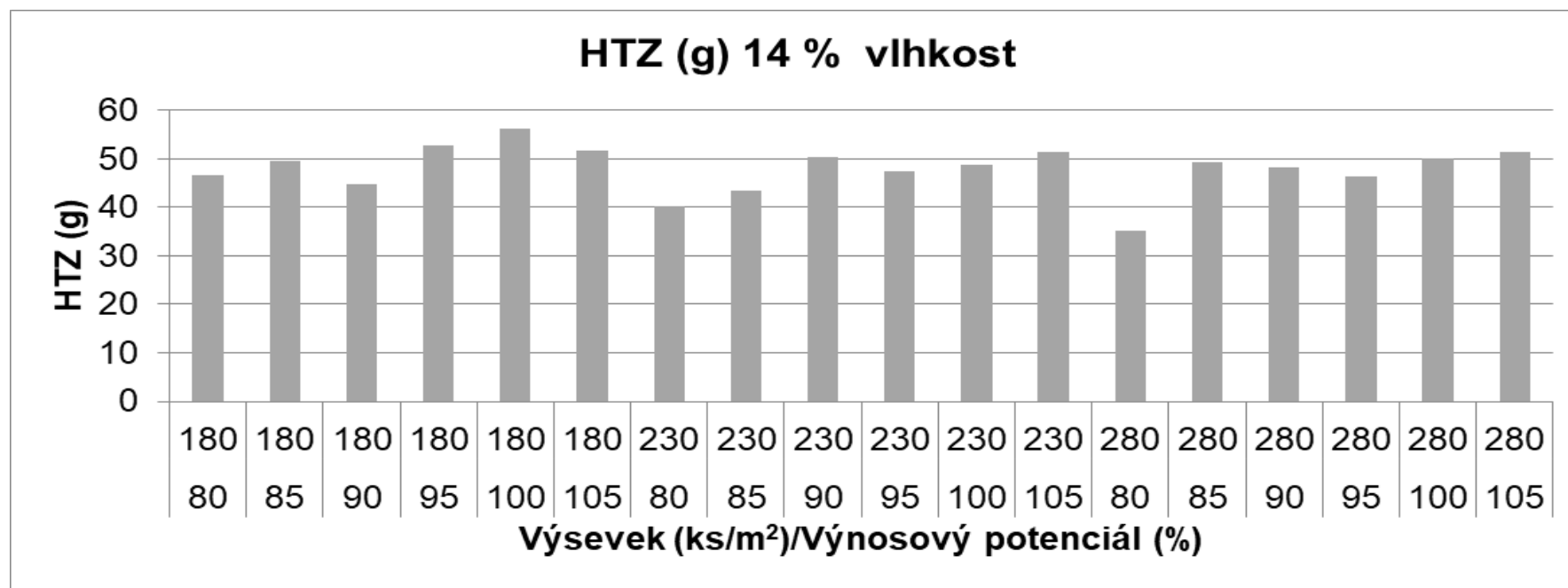


Počet rostlin stanovený na jednotlivých variantách výsevku a výnosového potenciálu.





Odhadovaný výnos zrna (t/ha) pro jednotlivé varianty výsevku



Širší řádky obilniny – 250 mm a více

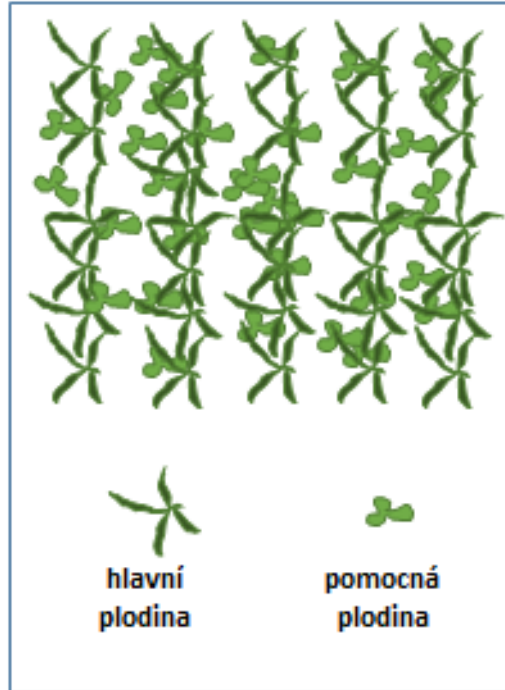
- kompenzační odrůdy
- výsevky max. 120 kg (optimum pod 100 kg)
- tvorba odnoží již na podzim
- optimální hospodaření s vodou
- redukce odnoží – neredukuje hlavní stéblo a silné odnože
- stabilizace HTZ
- úspora nákladů za osivo
- možnost plečkování

Porosty ozimé pšenice s roztečí řádků 250 mm (hospodářský rok 2018 - 2019) - demonstrační plochy Nabočany

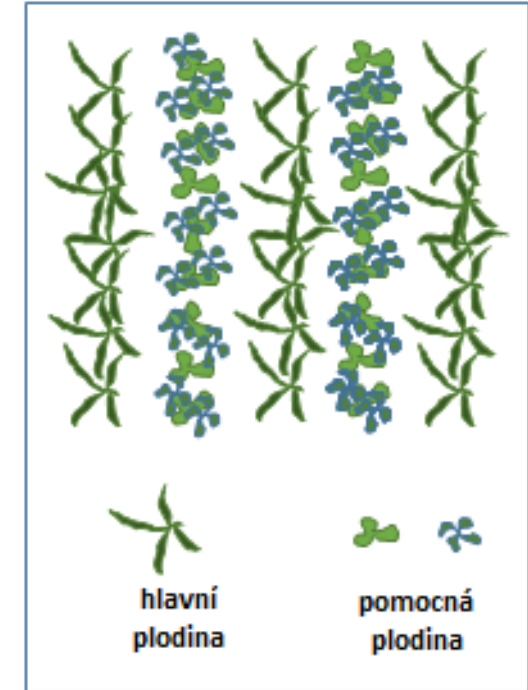
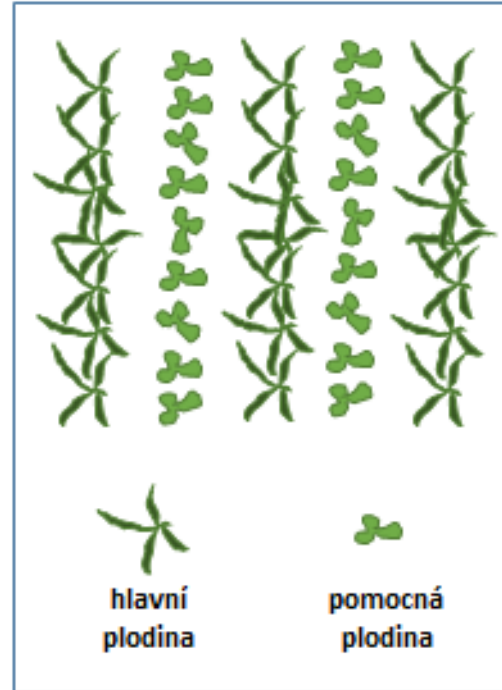
varianta/struktura porostu	specifikace	12.3.2018			10.6.2019			22.7.2019				
		průměrný počet odnoží na rostlinu pšenice (kusy)		počet rostlin pšenice ozimé na m2 (kusy)	počet plodných odnoží na rostlině (kusy)		počet klasů pšenice na m2 (kusy)	výška porostu (m)		výnos zrna (100 % sušina a čistota) t/ha		výnos slámy (100 % sušina) t/ha
rozteč řádků pšenice 250 mm,	obilnina 120 kg/ha (Turandot)	6,9 c		204 a	4,1 abc		726 a	0,908 a		8,559 b		12,349 a
rozteč řádků pšenice 125 mm	obilnina 160 kg/ha (Turandot)	7,7 c		272 ab	3,6 abc		657 a	0,904 a		6,856 a		12,915 a

Struktura porostu – úzkořádkové plodiny

náhodné rozmístění



cílené rozmístění



Pomocná plodina hořčice bílá v pšenici ozimé (17.12.2019, Bučina)



Přesné setí ozimé řepky do širších řádků

- Přesné rozmístění rostlin
 - Optimalizace vývoje – homogenita
 - Úspora na osivu a eliminace konkurence mezi rostlinami
 - Možnost plečkování
 - Zpracování půdy a založení půdy jedním přejezdem
 - **Možnost využití pásového postřiku**
 - Snížení rizika vlivu počasí
 - Optimalizace podmínek při setí



Plečkování s přísevem pomocné plodiny a pásový postřik, 5.9.2019 (DÚ a Bučina)



Stav porostů pomocná plodina ozimá peluška (Arkta), 3.9.2019, lokalita DÚ



Změny v technologiích pěstování kukuřice

přesné setí, variabilní setí – **eliminace vodního stresu, úspora nákladů**

technologie eliminující zhutnění – **nejefektivnější systémy při šířce řádků 750 mm**

pěstování v užších řádcích (450 a 500 mm) – **vyšší výnos, vyšší nároky na vodu, kombinovatelnost s pěstebními systémy cukrovky a ozimé řepky**

využití cíleného hnojení k osivu a zonální hnojení – **zvýšení využití živin za sucha, snížení potřeby hnojiva, omezení aplikace na povrch půdy, podpora rostlin během růstu při teplých zimách**

pomocné plodiny – **biologické hnojení, vstup organické hmoty, omezení pesticidů, snížení erozních rizik, omezení evaporace a podpora infiltrace, biologické zpracování půdy**

pásové systémy zpracování půdy – **základní zpracování, předseťová příprava a kultivace**

kultivace během vegetace – **aplikace hnojiv do půdy, protierozní technologie?, snižování pesticidní zátěže**

principy precizního zemědělství – **omezení pohybu strojů, úspory PHM, zvýšení efektivity práce a pokles nákladů apod.**

využití hybridů rezistentních k suchu – **hospodaření s vodou, POZOR na mechanismus rezistence**

změny ve zpracování půdy – **reakce na sucho, podpora infiltrace, omezení emisí CO₂ je vnímána jako omezení pracování půdy, zonální zpracování půdy**

variabilní hnojení při pásovém zpracování půdy – **kapalná organická při zakládání, minerální při předseťové přípravě**

monitoring stavu porostů včetně stanovení parametrů při sklizni

Založení porostů bez předseťové přípravy?

systémy tvorby seťového lože při setí kukuřice



Před setím

Brant 2015

Po zasetí



Výsev kukuřice



Spolupráce ČZU + Farnet

Založení porostů cukrové řepy bez předseťové přípravy



Před a po zasetí



Bez přípravy



Příprava

Upravená plečka s možností přihnojení pod osivové lůžko.

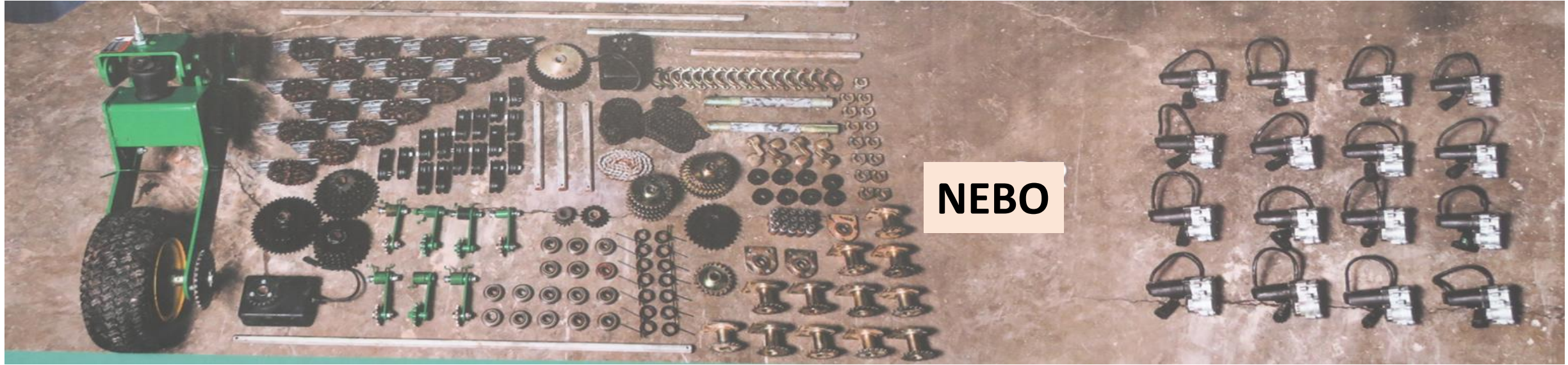
Bez předseťové přípravy



S předseťovou přípravou



Možnosti variabilního nastavení secí botky během setí kukuřice



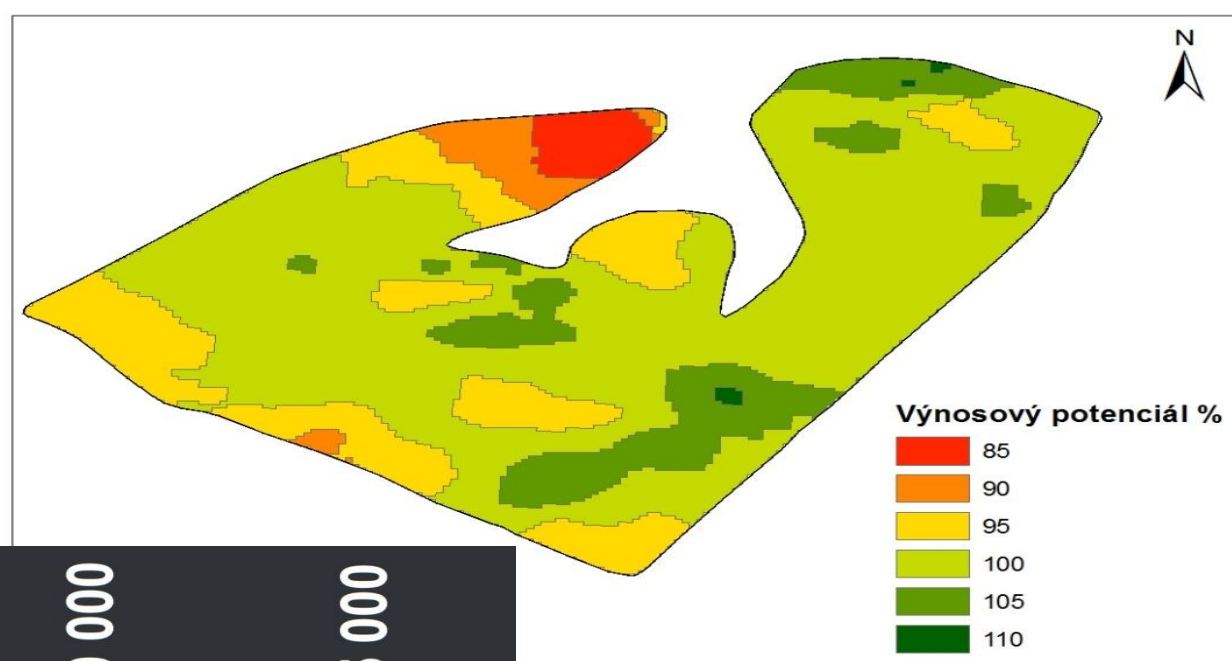
- výsevek
- přítlak
- hloubka setí
- rovnoměrnost rozmístění rostlin v řádku
- vyrovnání výsevku v zatáčke
- práce s rostlinnými zbytky



Variabilní výsevky

- volba hybridu
- variabilita pozemku

(úroveň variability pozemku ?)



1 m řádku, hybrid DKC 3575



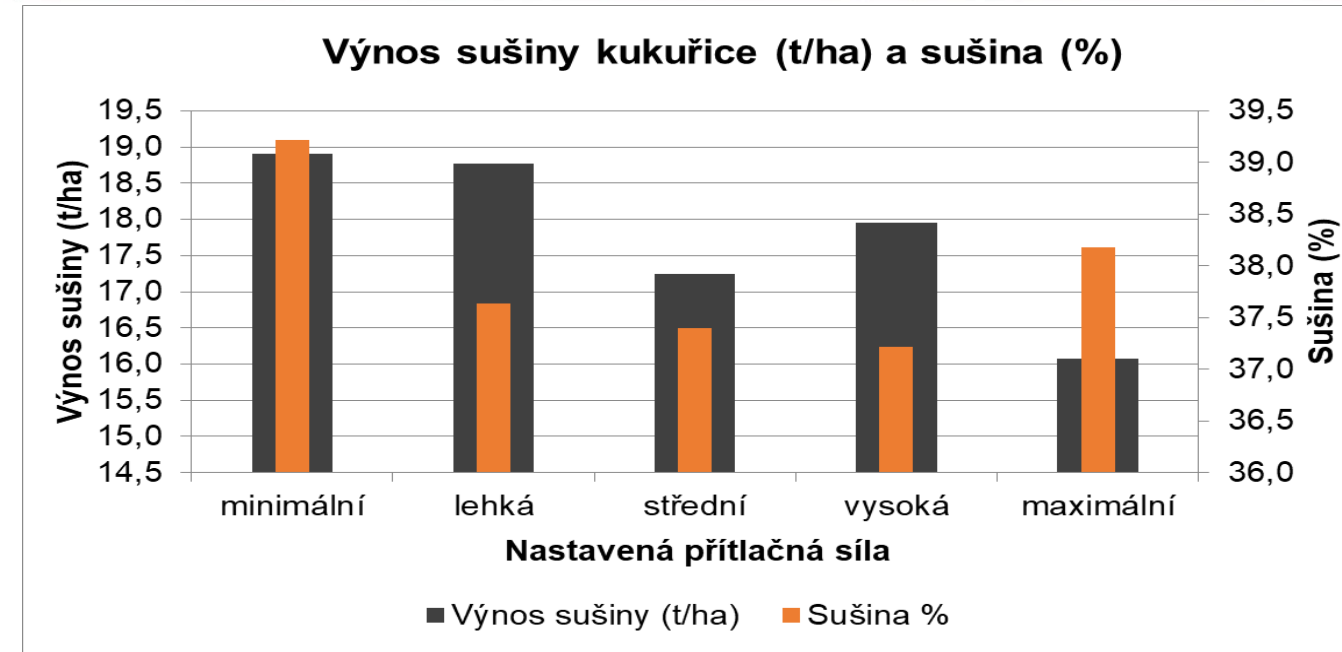
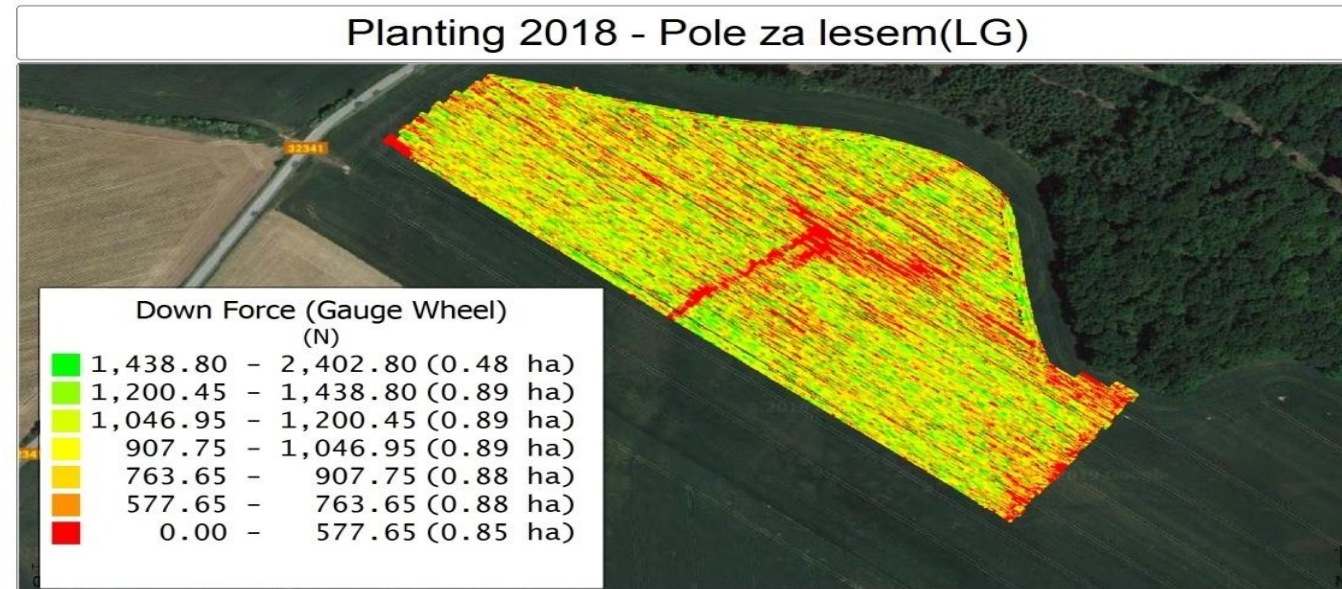
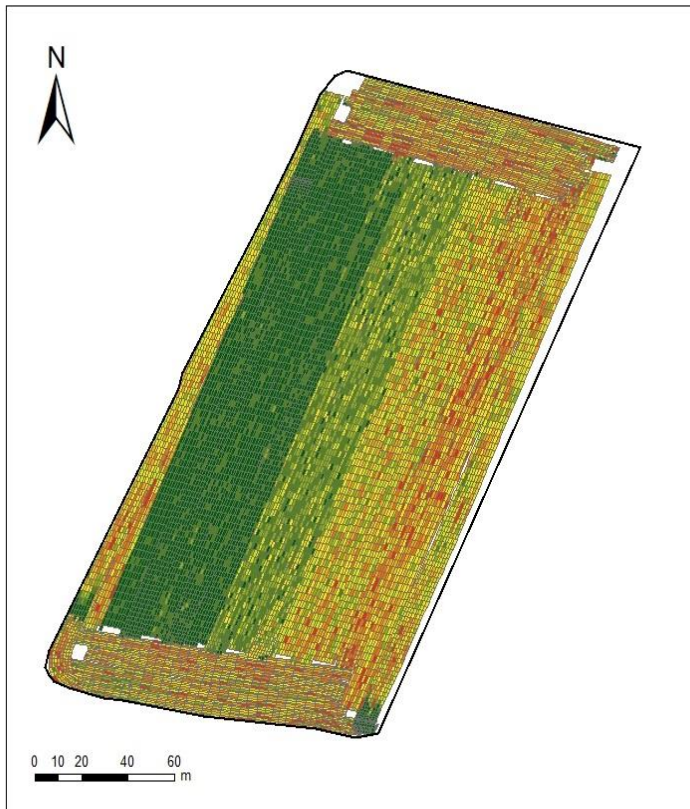
Variabilní přítlak na secí botky

Individuální nastavení každé botky

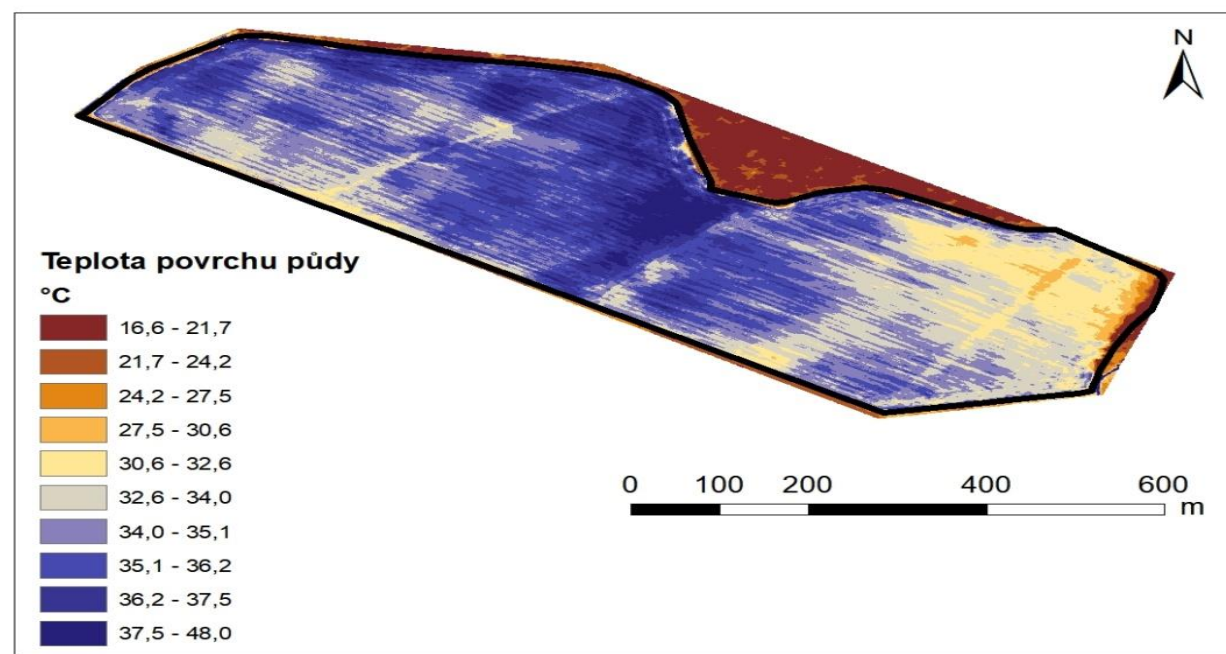
Záznam během setí

Dodržování hloubky setí v rozdílných podmínkách

Plochy s rozdílným nastaveným přítlakem



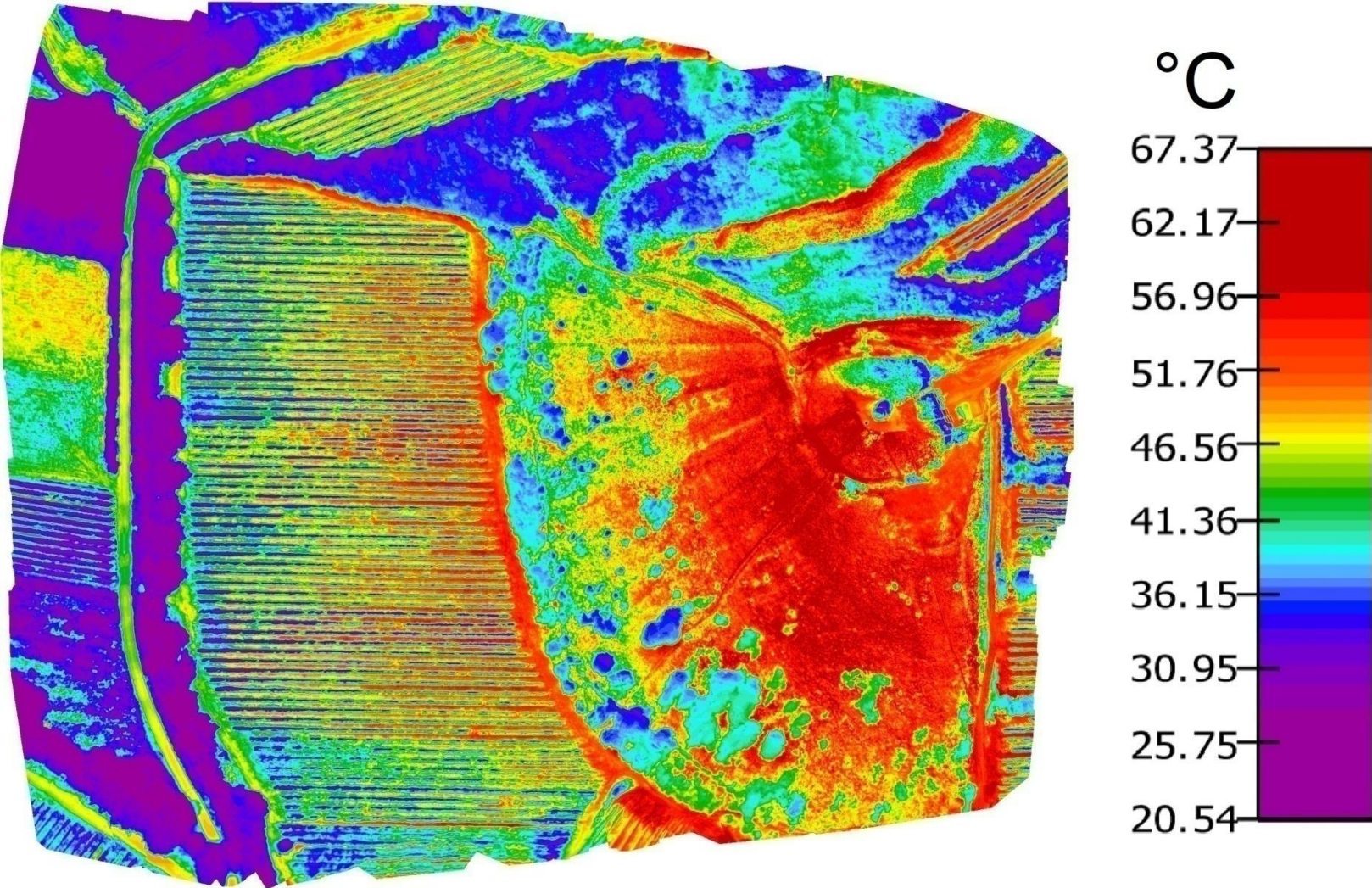
Hloubka setí



Nastavení hloubky setí podle aktuálních podmínek, zejména vlhkosti a teploty půdy.

Data ze senzoru nebo z UAV

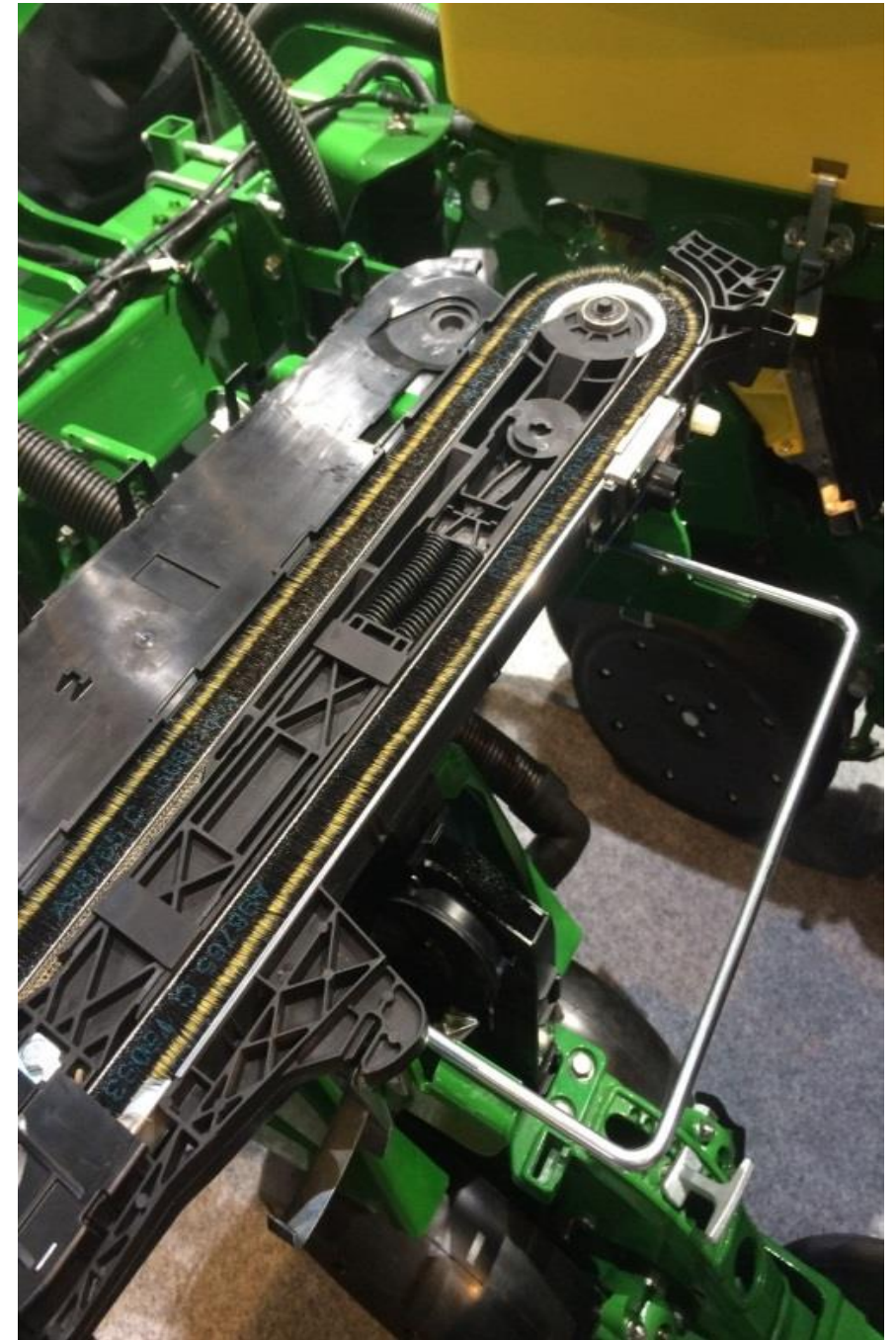
Detail senzoru SmartFirmer a jeho umístění na secí botce.



Termogramy byly pořízeny termokamerou Workswell WIRIS Sc během nejteplejších letních dnů roku 2019 v oblasti Moravského Toskánska v rámci výzkumných aktivit v oblasti krajinné ekologie. Výška letu byla okolo 40 m. Použitý dron DJI M600 Pro.



Zajištění rovnoměrného rozmístění rostlin v řádku



Modifikace ukládání semen při setí

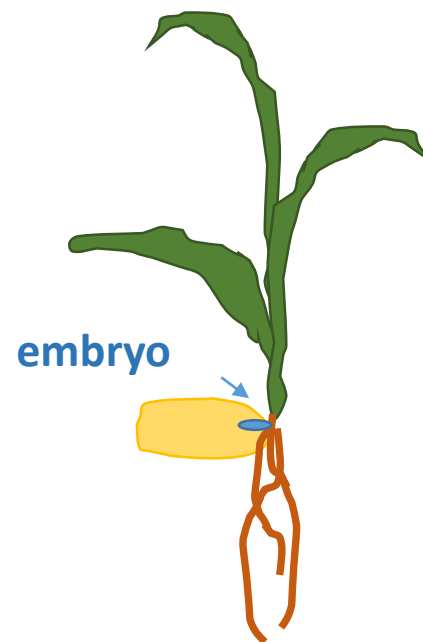
Praktické využití - kukuřice

- využití slunečního záření
- snížení rizika eroze
- zvýšení koncentrace srážkové vody k rostlině

Orientace listů rostlin v závislosti na uložení osiva v řádku



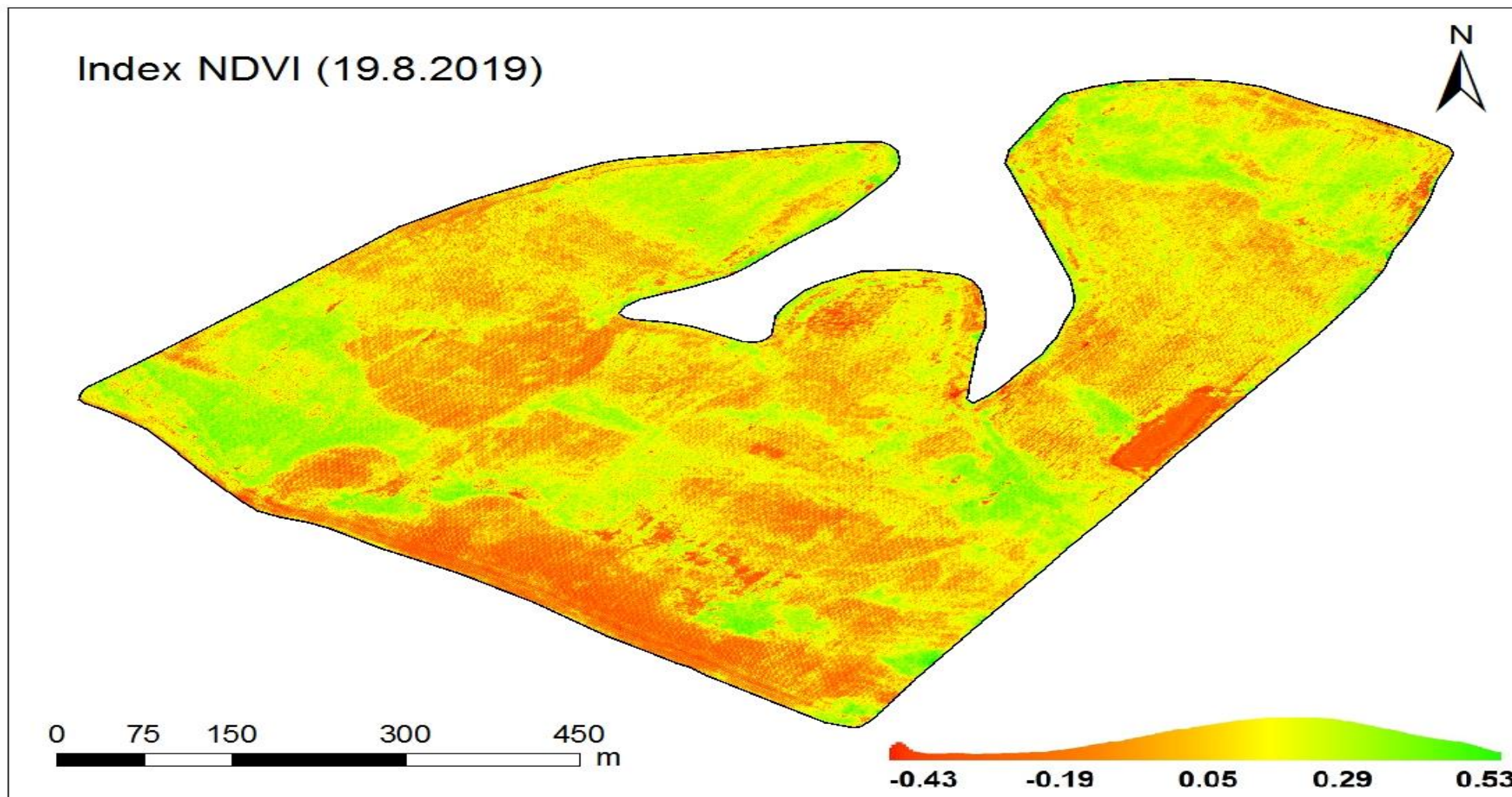
Foto Brant



Rostlinné zbytky – variabilní přítlak na odklízecí kotouče

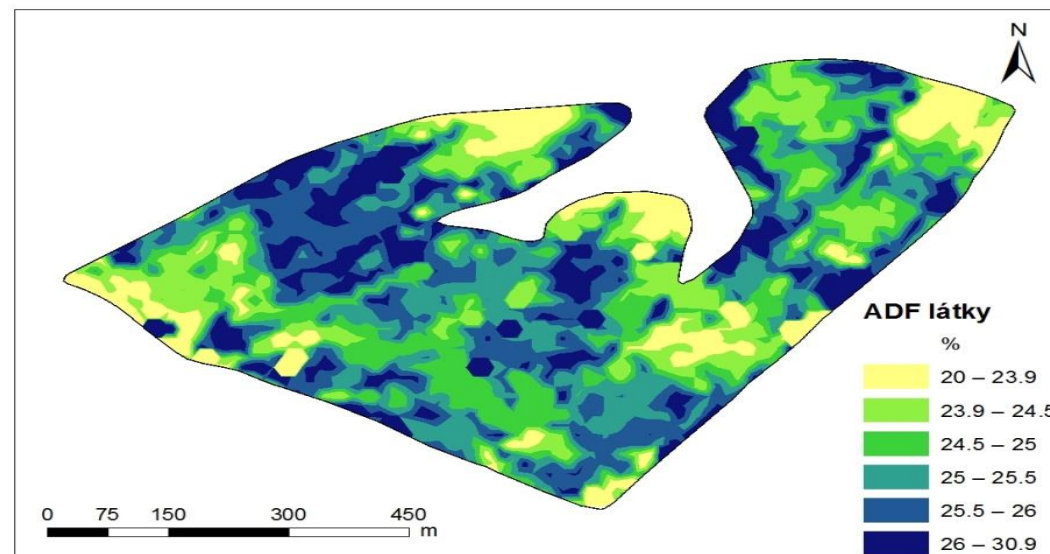
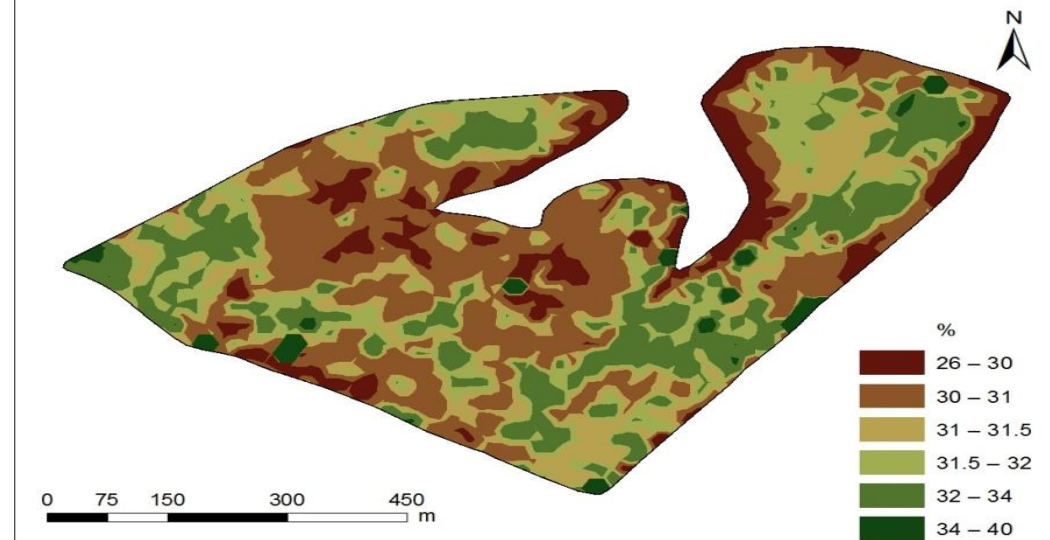
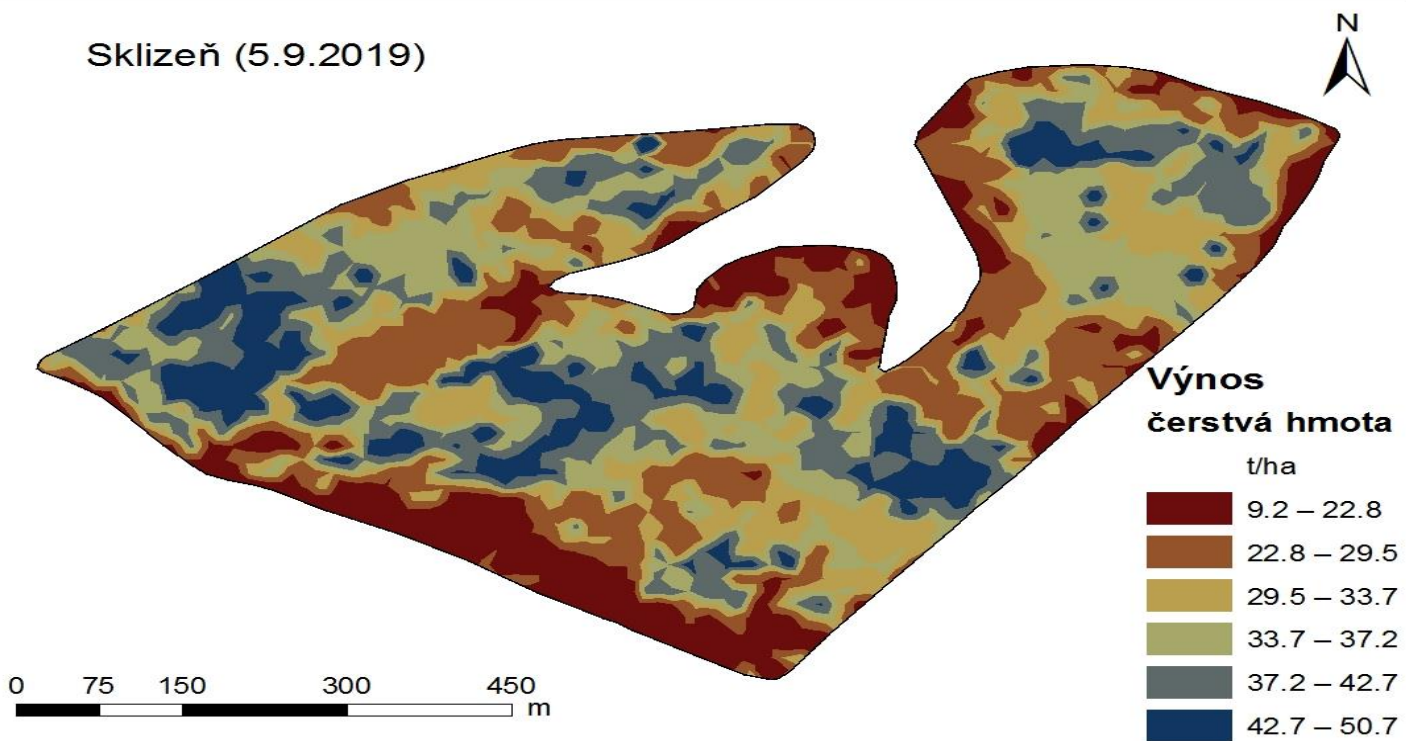


Vývoj porostu a rozhodování o termínu sklizně (?)



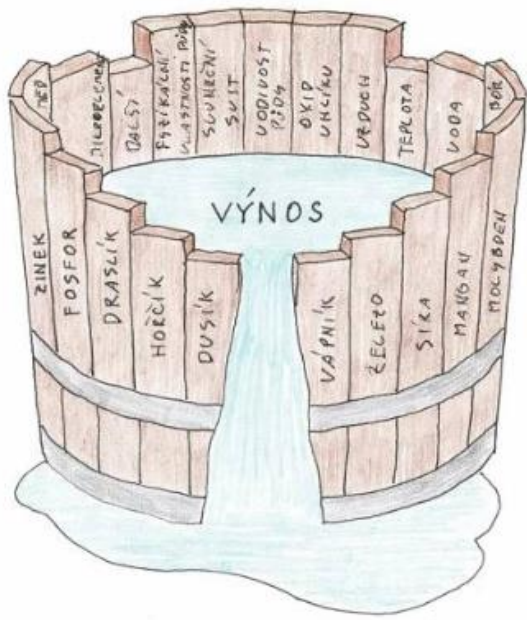
Porost kukuřice nasnímaný multispektrální kamerou z UAV

Sklizeň (5.9.2019)



Senzor HarvestLab 3000

Sklizeň a možnosti sběru dat během sklizně



Produktivita farmy je omezena nejslabší složkou rámce.

„Bez **sledování informací** se jen obtížně hledá prostor pro **zlepšení**, pokud nemůžete ukládat své informace, nemůžete je použít k **lepšímu rozhodování** a moderní vybavení potřebuje **podporu v rozhodování** při převodu informací k aplikaci“.

Obchůzky a kontroly pozemků

X

Algoritmy a velké množství dat

Pravidelný monitoring z autonomních bezpilotních prostředků a dalších strojů

Významný nárůst a především přijetí smart technologií, které integrují BIG data, analytické nástroje, bezdrátovou komunikaci, vyspělou techniku včetně molekulární biologie se předpokládá už do roku 2030” (The Boston Consulting Group).

Internet věcí Bezdrátové senzory

Internet věcí - potenciál zvýšit zemědělskou produktivitu do roku 2050 o 70 %“.

(DeloitteConsulting).

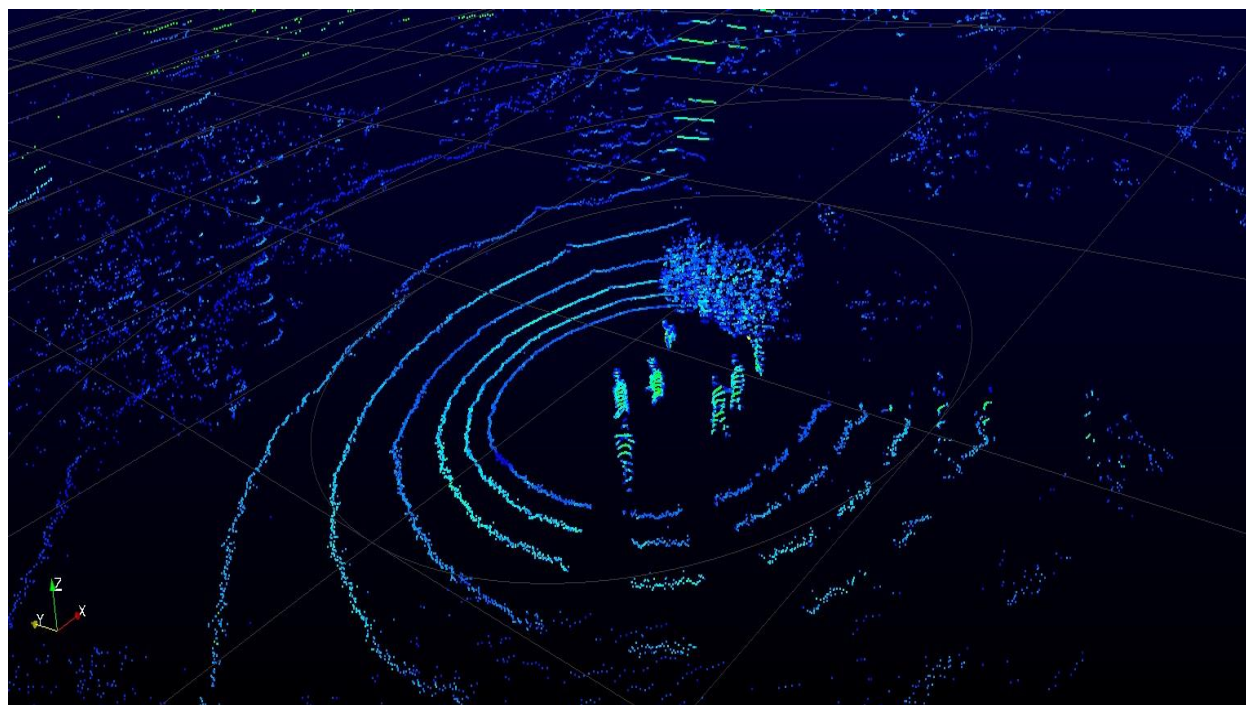
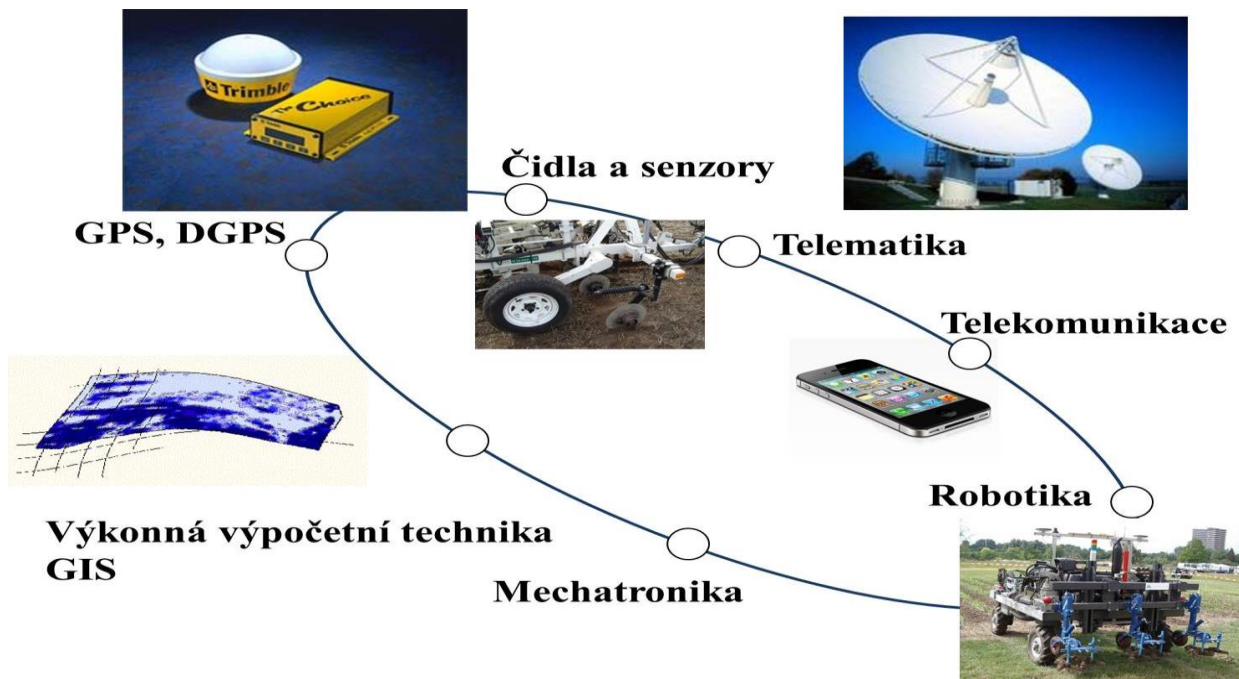


McKinsey&Company uvádí:

“Vývoj pokročilých technologií je formován dvěma technologickými trendy: velkými daty a pokročilými analytickými schopnostmi na jedné straně a robotikou - leteckými snímky, senzory, sofistikovanými předpovědi počasí na straně druhé.

Globální trh pro zemědělskou robotiku:

do roku 2020 poroste ze současných 1miliardy USD na 14 - 18 miliard USD



- + **Internet věcí IoT**
- + **RFID (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee)**
- + **BIG Data**
- + **Bezdrátové senzory**
- + **M2M**
- + **Autonomní roboti**
- + **Cloudové výpočty**
- + **3D tisk**
- + **Nanotechnologie**
- + **Genetika**
- + **Datová uložení**
- + **Aditivní výroba**
- + **Umělá inteligence**
- + **Strojové vidění**

5G

Zrychlení přenosu dat

Rychlá reakce sítě na pokyn uživatele

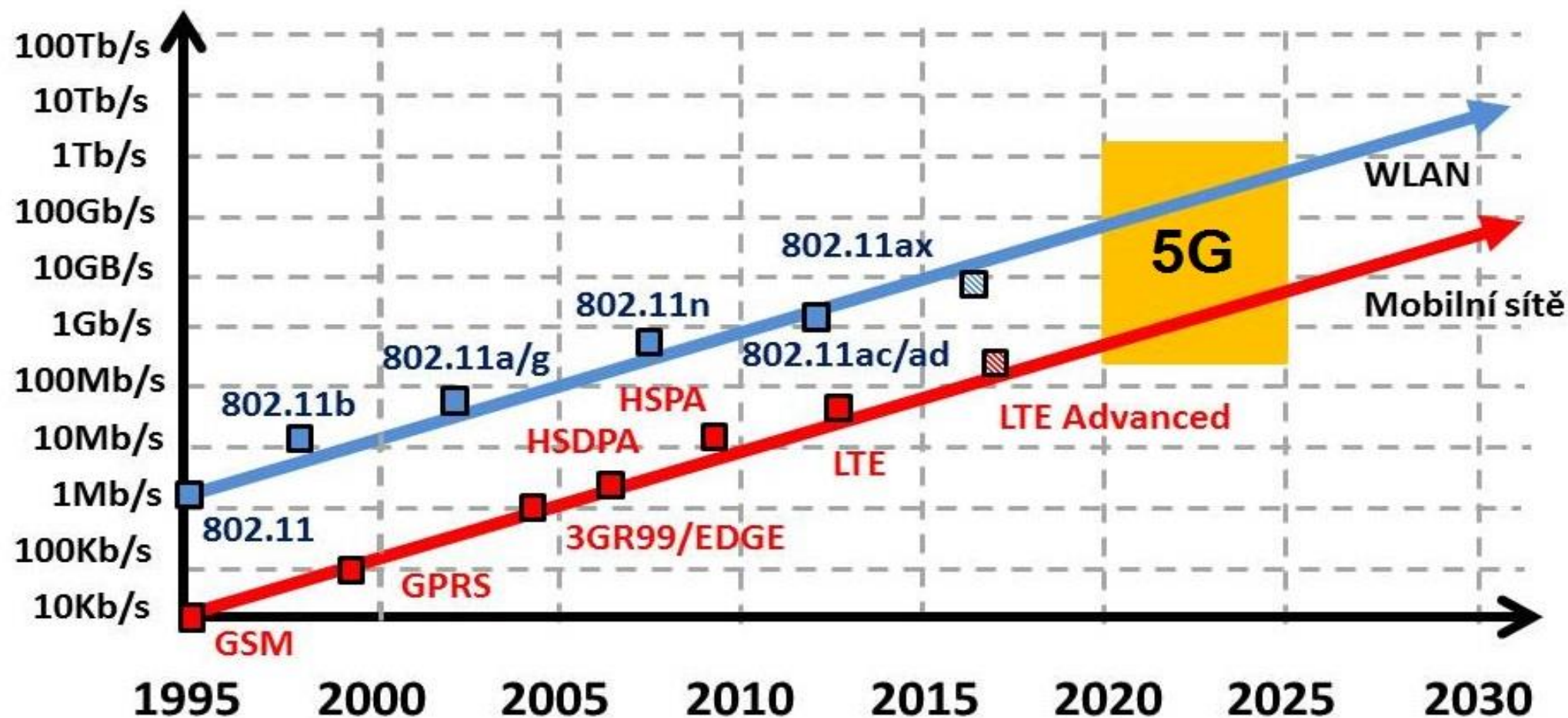
„popovídají si spolu stroje, auta

Vzájemná koordinace

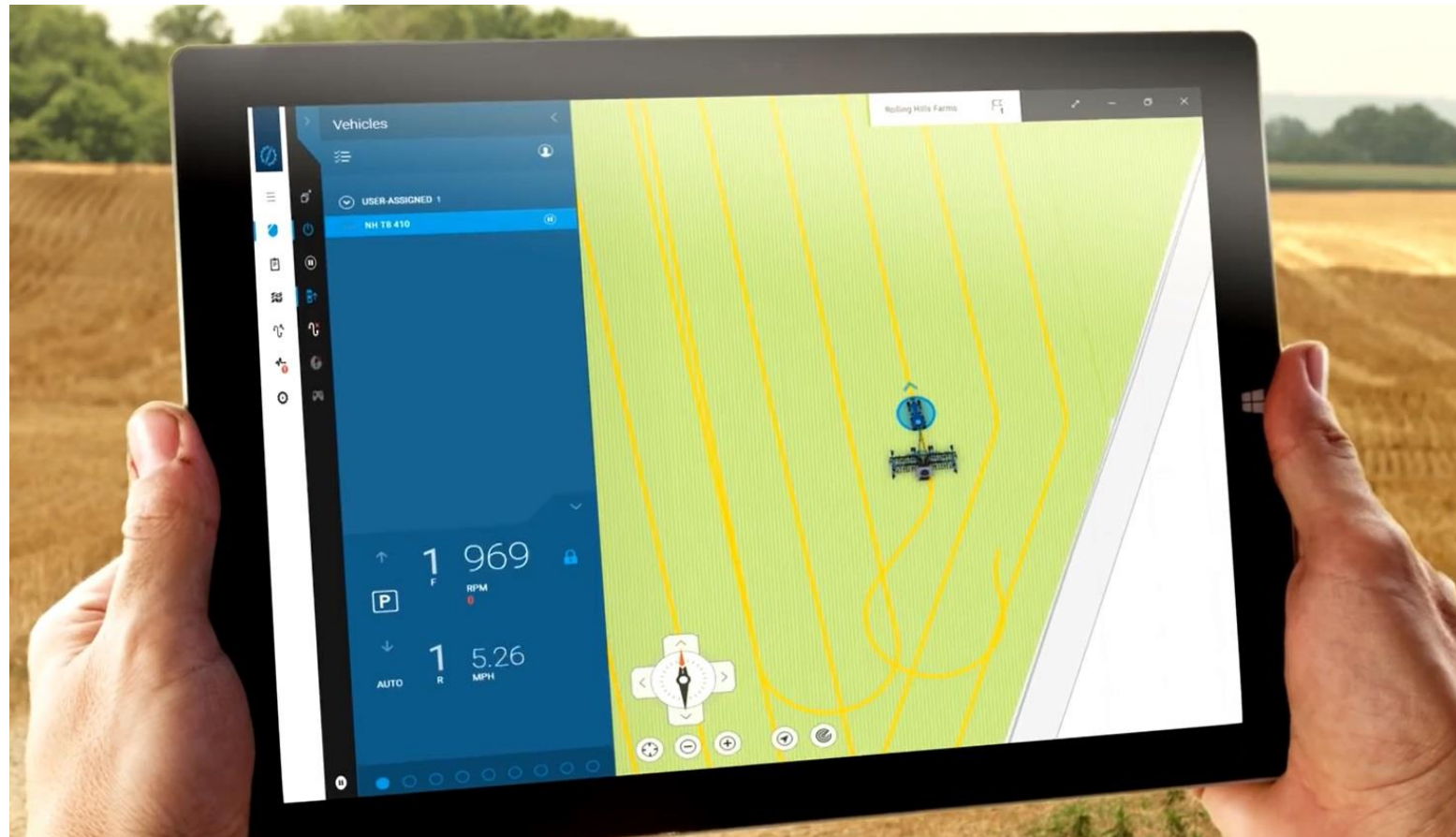
Podpora IoT

Připojení k bezdrátovým senzorům

Autonomie

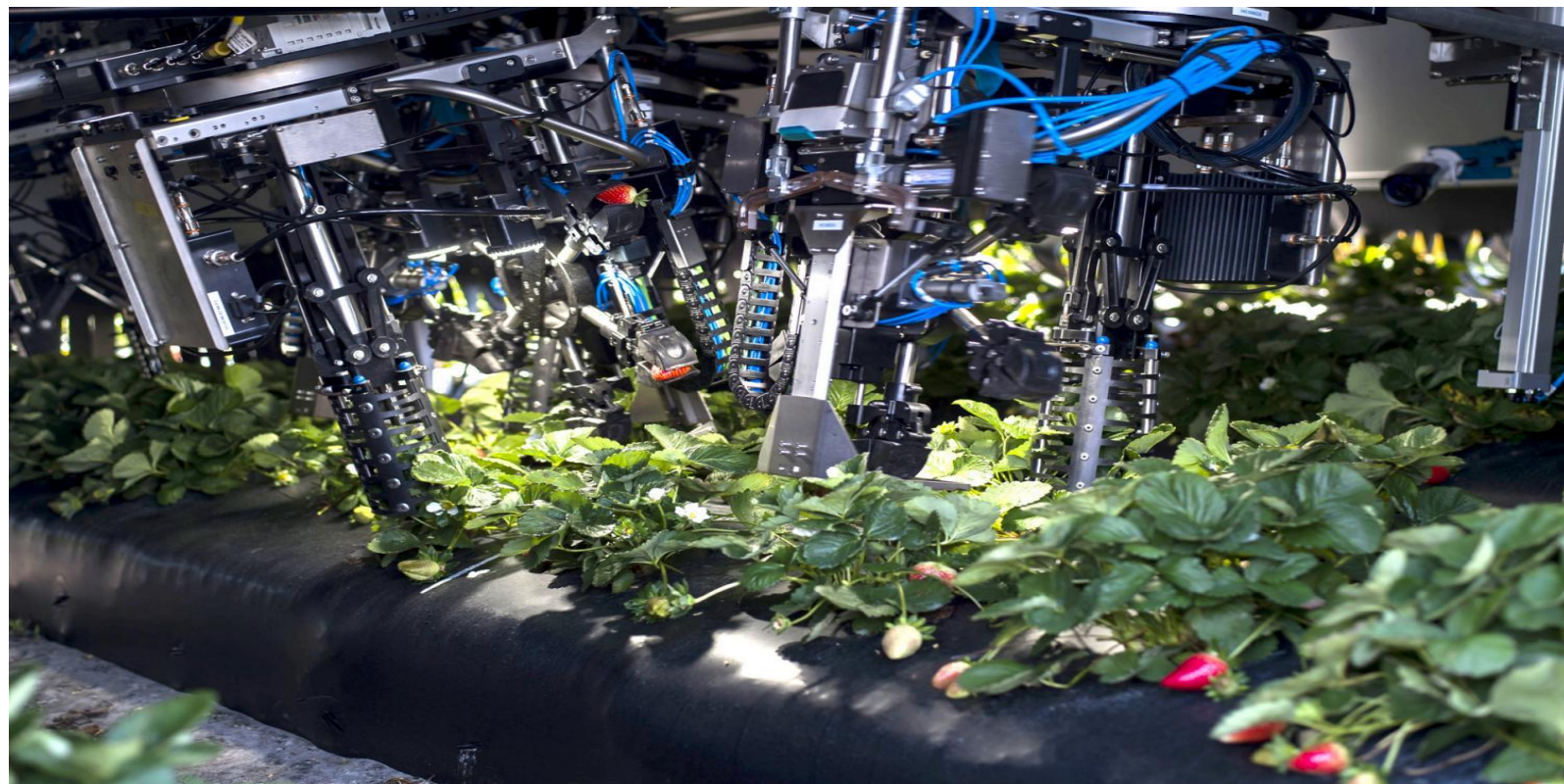


- technologický pokrok otevírá stále větší sofistikovanější možnosti
- nastupující generace na moderní technologie slyší velmi dobře





Zemědělství na prahu 4. průmyslové revoluce





Větší, výkonnější, výhodnější?





Koncepce John Deere



„Roj“ traktorů Yanmar pracující jako autonomní skupina na univerzitě Hokkaido v Japonsku.

Nástup bezpilotních prostředků





Agrointelli Robotti provozován společností LeadingFarmers



Cílená aplikace herbicidů

Robotika na ČZU



Robotika na ČZU



Co vyžaduje přechod k robotice?

Připravenost farmy

- Zemědělský robot sám o sobě mnoho nezmůže:
Potřebujete podpůrné systémy
Manipulace s materiálem
Vstupy na pole (osivo, hnojiva, atd.)
Výnosy z pole (zrno, balíky sena atd ...)
- Nezapomeňme na doplňování energie (palivo nebo dobití ...)
- Integrace s půdou
- Integrace s rostlinami
- Omezení
- Lokalizace GNSS není dostatečně spolehlivá pro autonomní použití
- Systém vnímání
- Bezpečnostní systém



Obtížně zajistíme práce jedním strojem

Mechanizace

Motyka – pluh
Srp – sklízecí
mlátička

Energetika

Člověk – kůň
Kůň – traktor
Spalovací motor –
elektropohon?

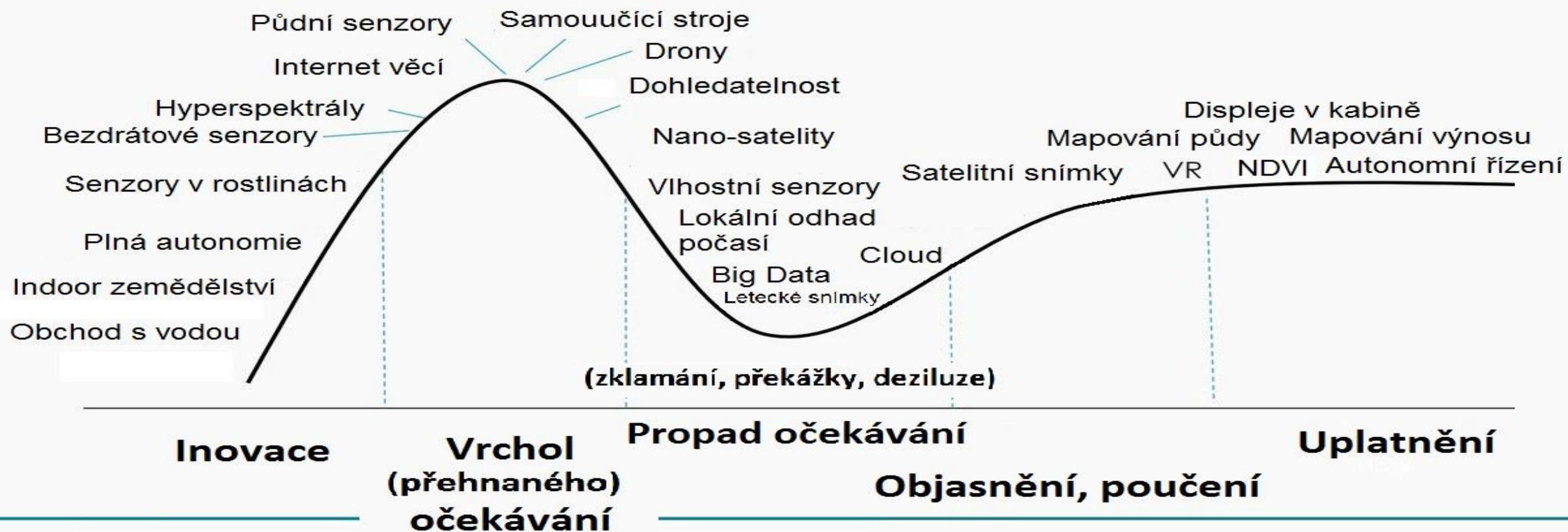
Automatizace

Kontrola vstupů
Robotika
Práce s
informacemi



Očekávání ve vývoji precizního zemědělství

Je to přesné? Chybí něco? Co má být vypuštěno?



(upravil Kroulík)

ryan.rakestraw@monsanto.com

Prezentujme se!

Děkujeme za pozornost

