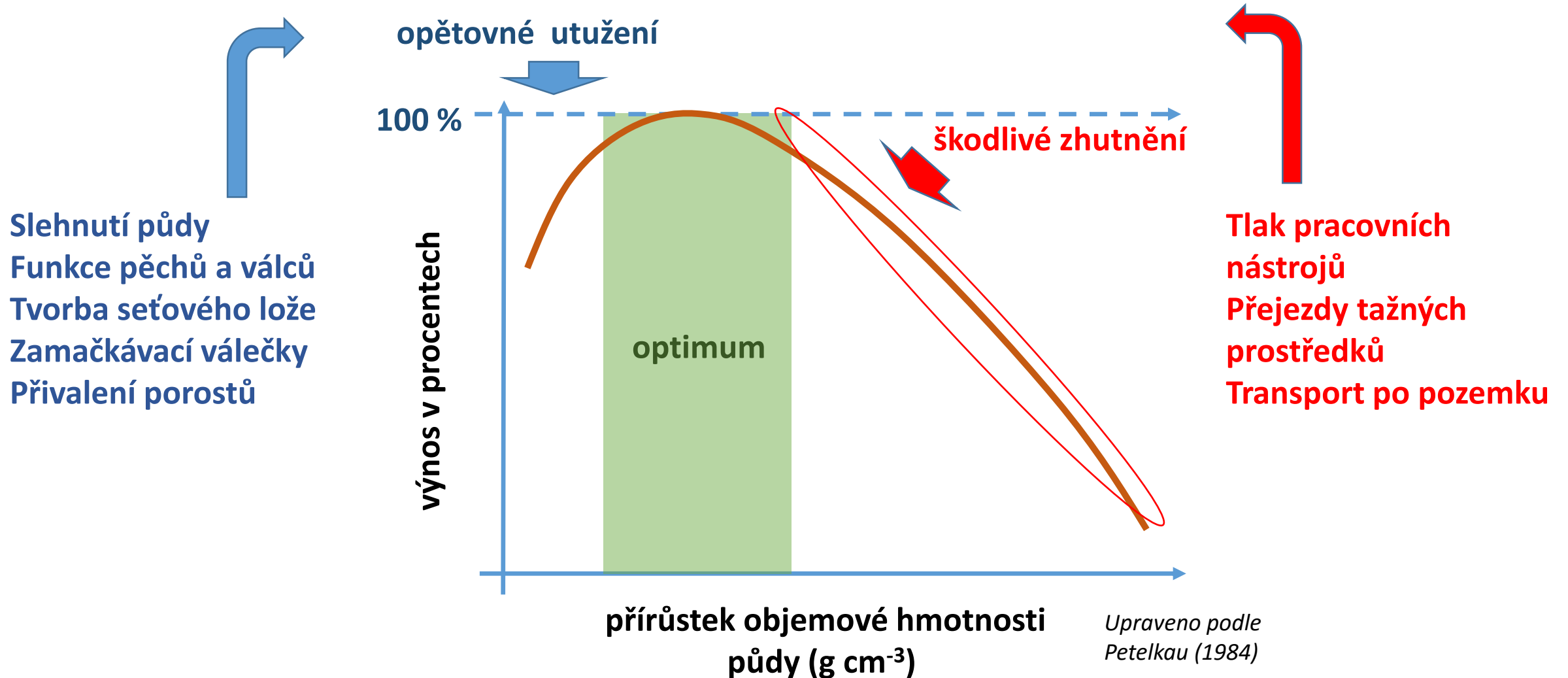


Utužení a zhutnění půdy

Václav Brant a Milan Kroulík

*Centrum precizního zemědělství
Česká zemědělská univerzita v Praze*

Co je utužení a co zhutnění?

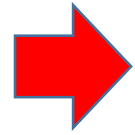


Vztah mezi výnosem rostlin a objemovou hmotností půdy pro daný půdní druh a vlhkost půdy

Co se mění?

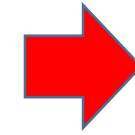
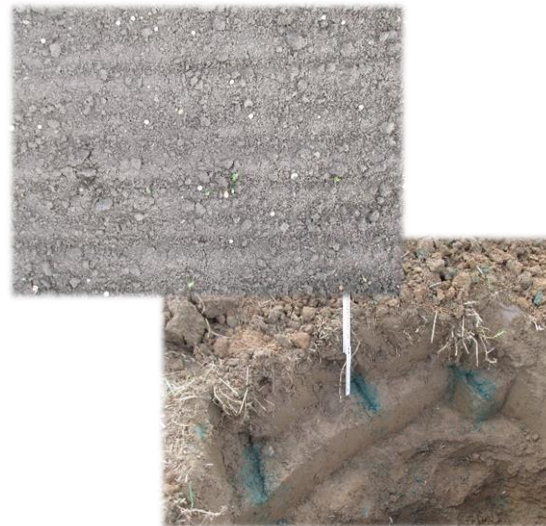
Půdní vlastnosti

- Objemová hmotnost
- Infiltrace
- Dostupnost vody
- Teplota půdy
- Retence
- apod.



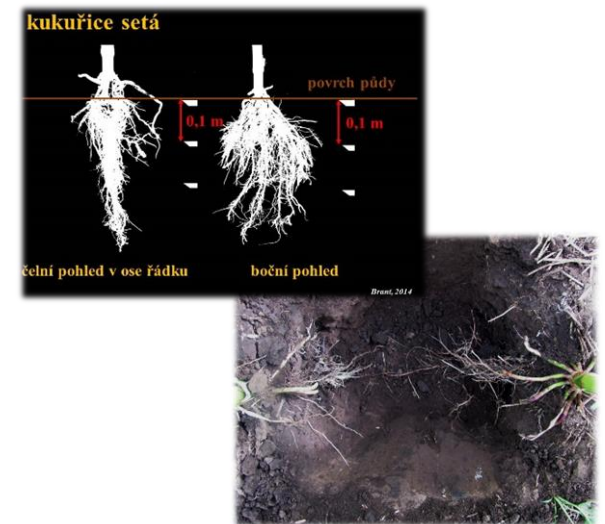
Kvalita práce strojů

- Přilnavost
- Drobení půdy
- Odpor půdy
- Pracovní hloubka
- apod.



Vývoj porostů

- Vodní stres
- Rozvoj kořenového systému
- Teplotní stres
- Nedostatek kyslíku
- apod.

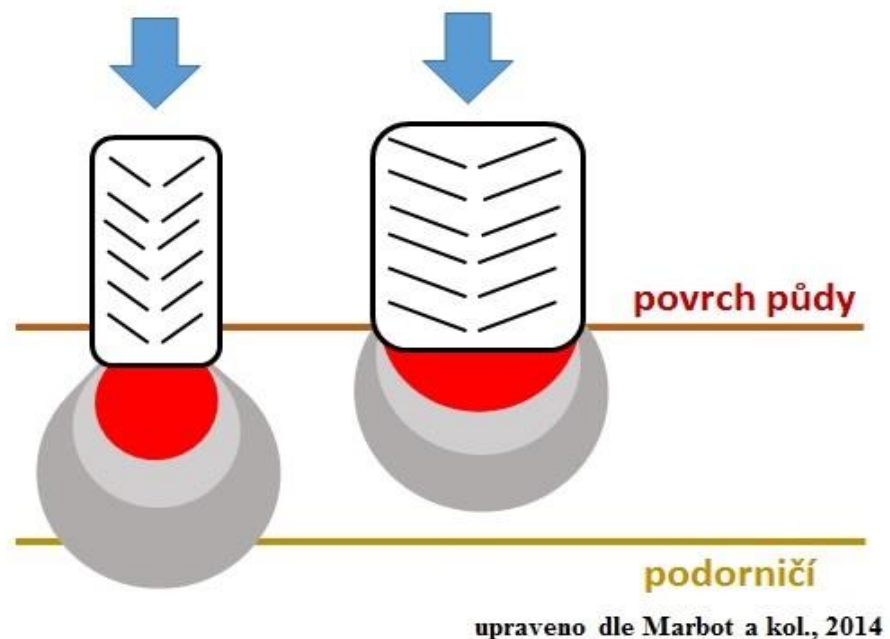


Kde je zhutnění?

Ohrožení celého půdního profilu !!!

1. Historicky je sledováno na přechodu orničního profilu a podorničí
 - riziko na oraných plochách
 - z dlouhodobého hlediska zlepšení stavu
2. Vznik zhutnění půdy v orničním profilu
 - plochy s orbou i bezorebné technologie
 - zhutnění při kypření – efekt kypřících nástrojů
 - zhutnění při předseťové přípravě a při setí

Zhutnění půdy při předsetové přípravě a při setí

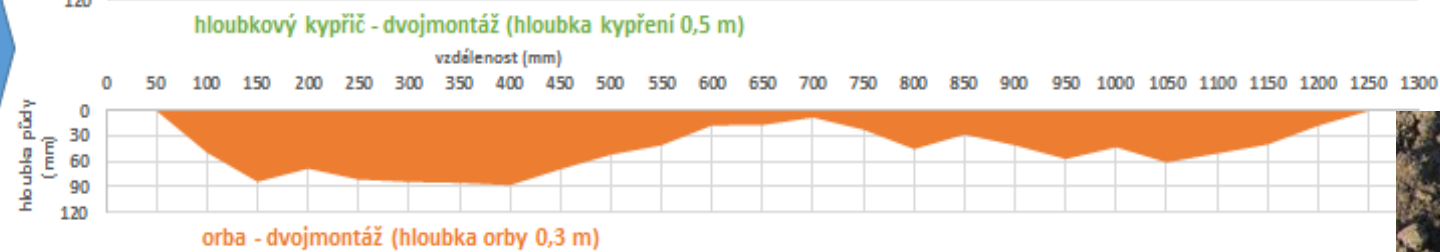
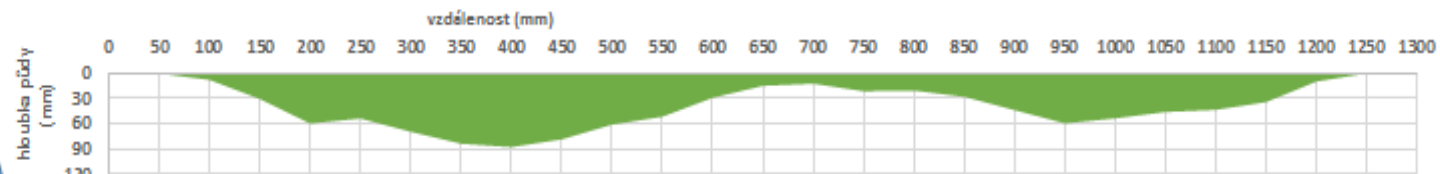
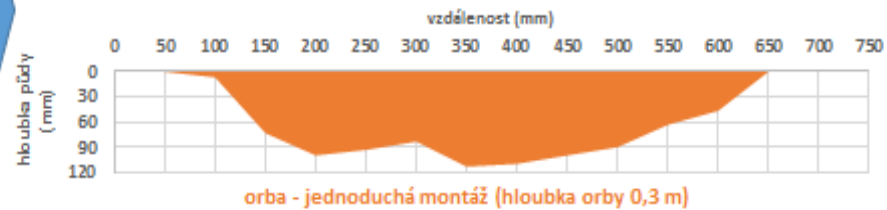
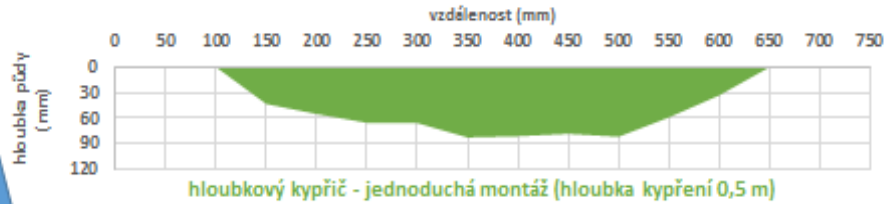


Vliv šířky pneumatiky na utužení půdního profilu při shodném zatížení.



Kolejové stopy po válení porostů vytváří trajektorie pro odtok vody a místa pro sedimentaci jemných částic půdy. (foto Brant)

Technogenní zhutnění



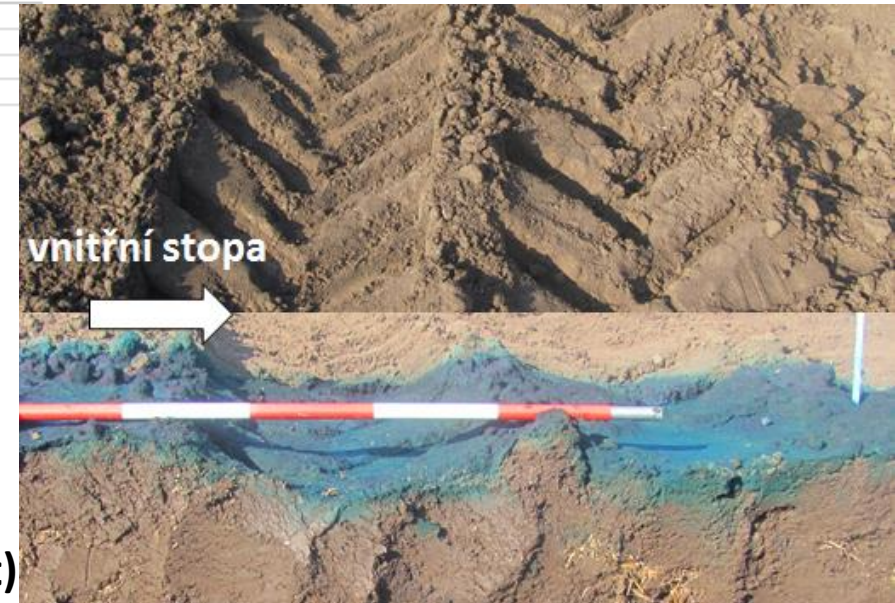
směr pracovní jízdy, hodnoceny byly stopy na pravé straně traktoru z pohledu zezadu



Měření vlivu přejezdů na utužení pŕdy (foto Zábranský)

Hĺubky stopy pneumatiky po přejetí traktoru (jednoduchá montáŕ, dvojmontáŕ na zadním kole) na oraných a kypřených plochách.

Vliv přejezdu traktoru na velikost stopy a na infiltraci vody do pŕdy na orané ploše (foto Brant)



Technické možnosti eliminace zhutnění při aplikaci kejdy a digestátu

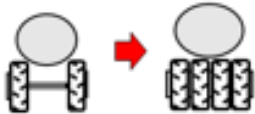
1. Zvyšování šířky pneumatik a snižování tlaku v pneumatikách u zásobníků tekutých hnojiv pohybujících se po pozemku a u tažných prostředků, či nosičů nástaveb.



2. Využití vyššího počtu náprav nebo pasových podvozků u zásobníků tekutých hnojiv pohybujících se po pozemku.



3. Zvýšení počtu kol na nápravě u zásobníků tekutých hnojiv pohybujících se po pozemku.



4. Využití krabího chodu u nosičů nástaveb.

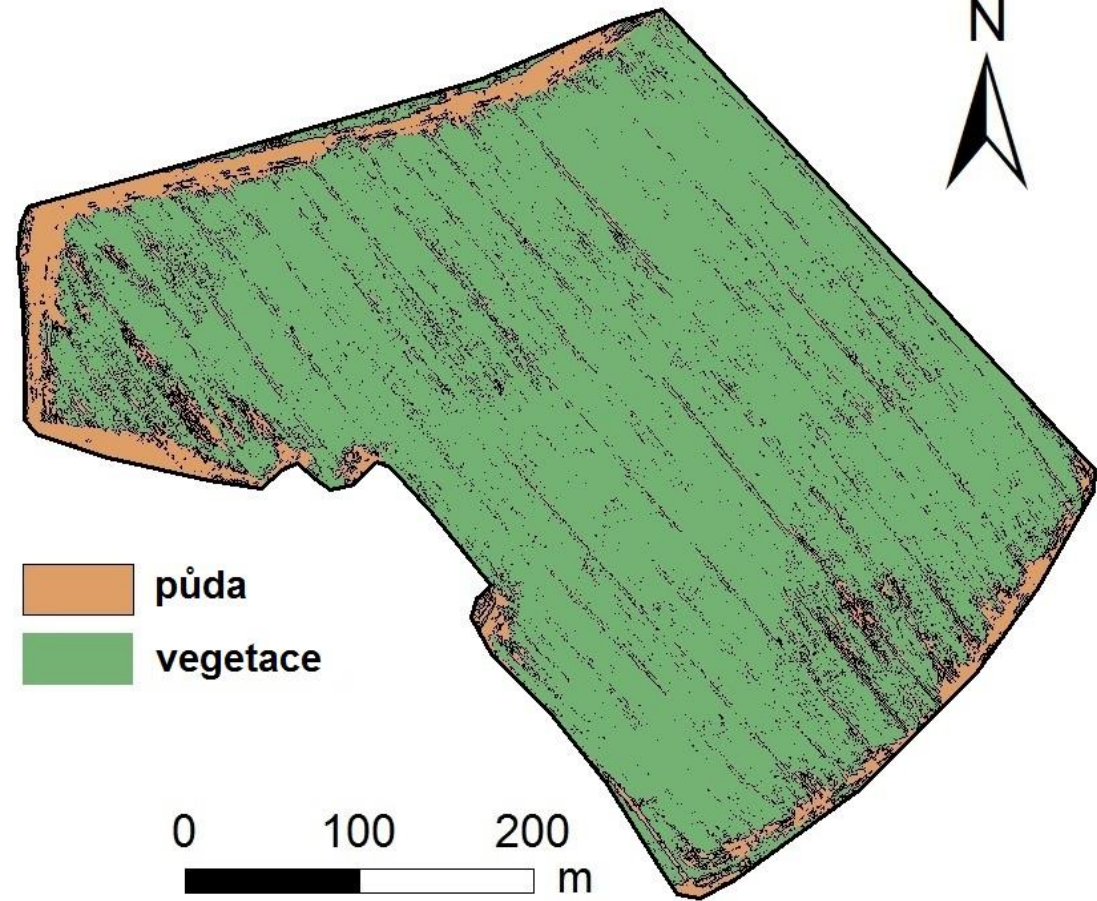
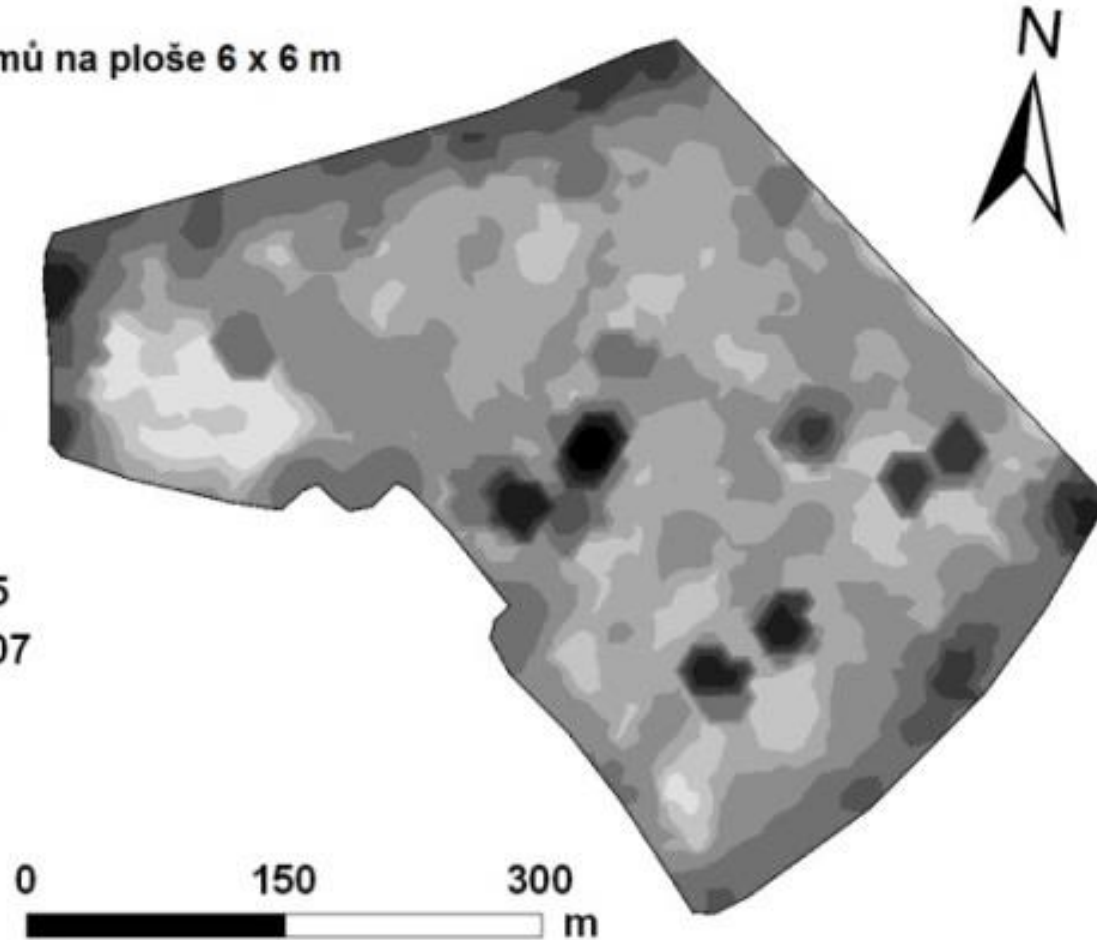
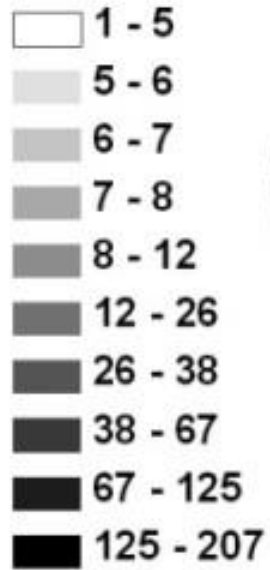


5. Použití hadicového transportu tekutých hnojiv ze zásobníku umístěného na okraji pozemku k aplikátoru pomocí systémů automatického odvíjení a navíjení hadic (pracovní délka hadic dosahuje max. 700 m).



Technogenní zhutnění

Počet záznamů na ploše 6 x 6 m

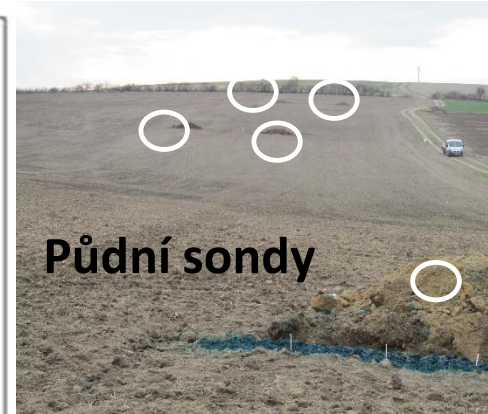
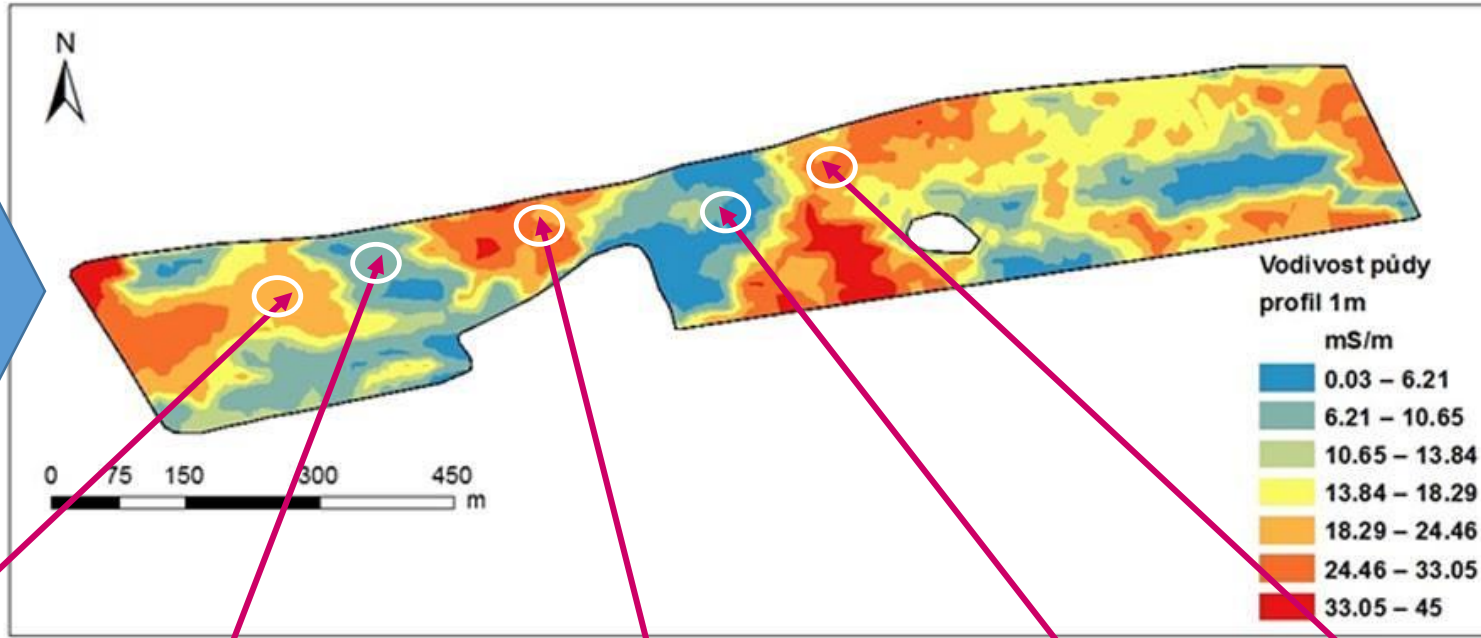


Mapa charakterizující intenzitu přejezdů v závislosti na časové expozici (Kroulík, 2013).

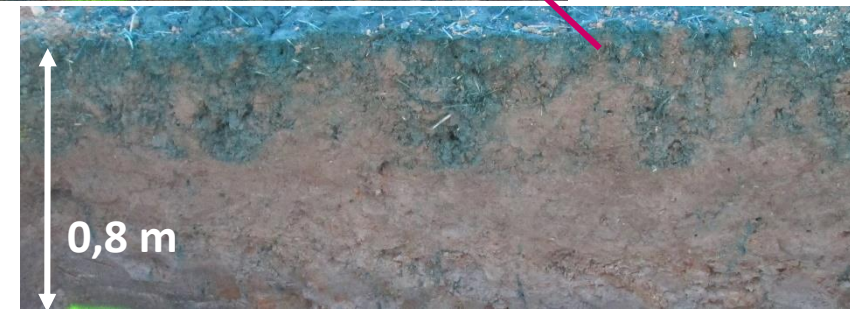
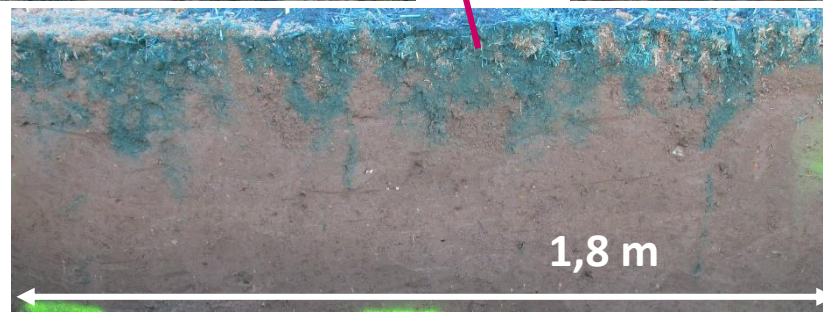
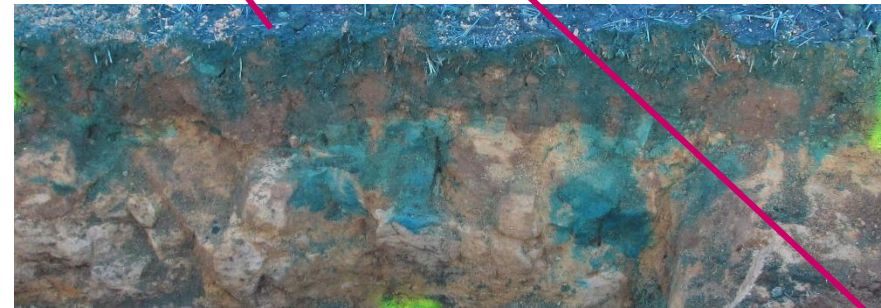
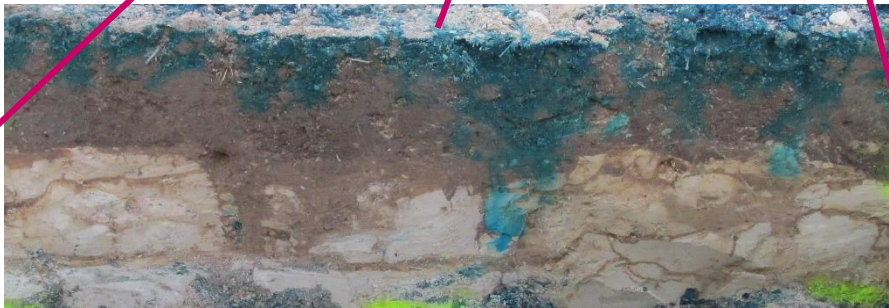
Variabilita půdních podmínek (březen 2017)



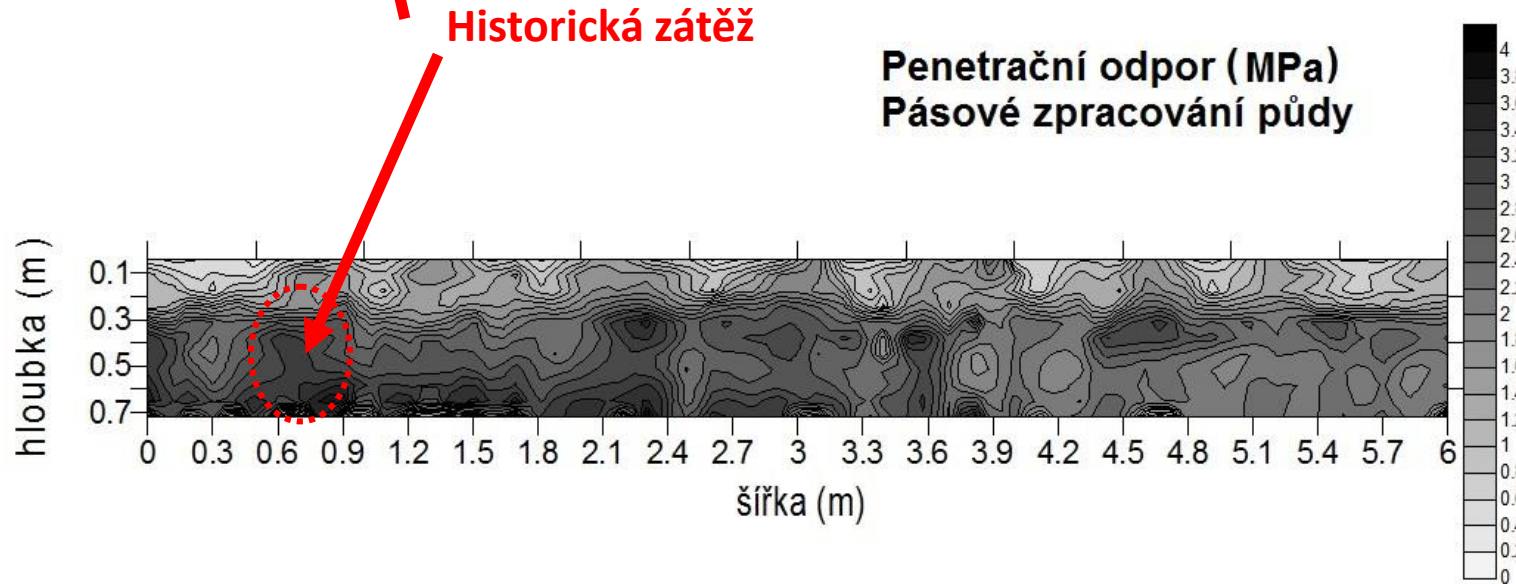
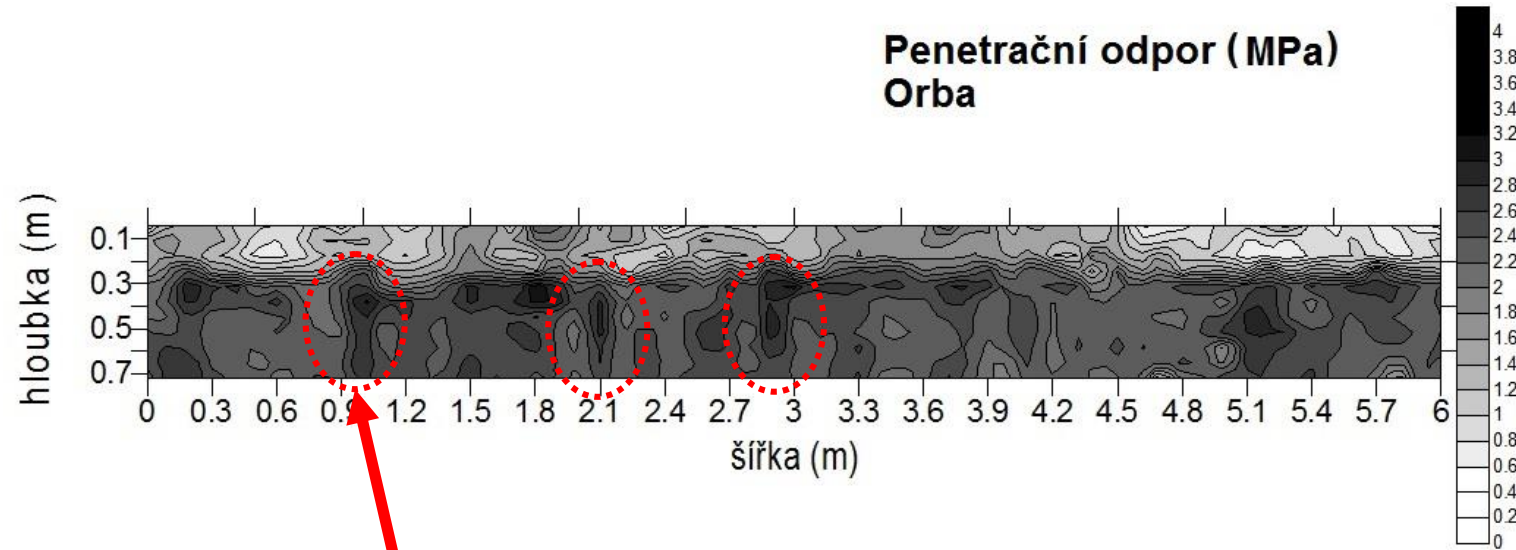
Měření vodivosti při jejím zpracování



Půdní sondy



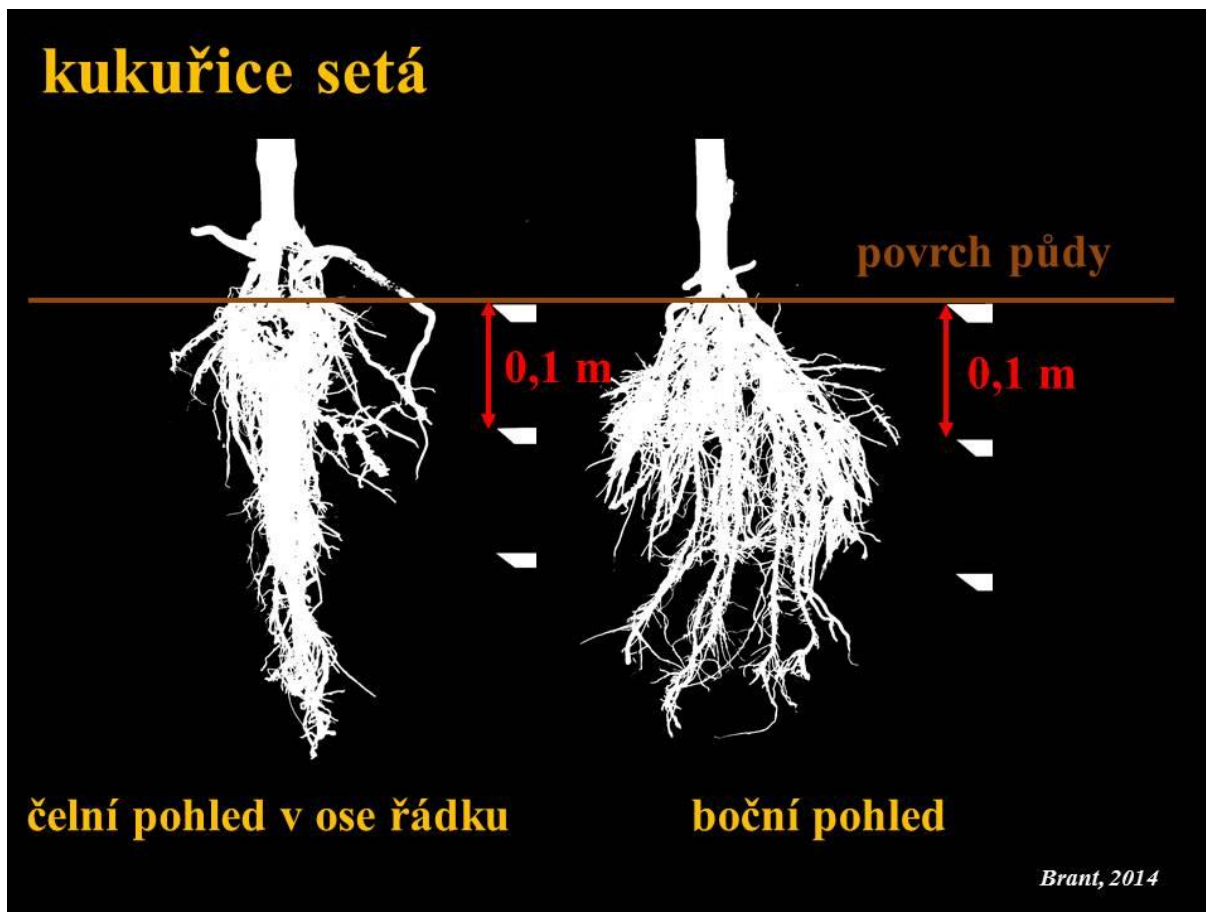
Dlouhodobé efekty technogenního zhutnění



Historická zátěž

Hodnoty penetračního odporu (MPa) na jaře (24. 4. 2013) na plochách s pásovým kypřením, na orbě a na mělkém kypření – transekt 6 m, kolmo na řádky kukuřice (Brant a kol. 2013). Postranní stupnice dokumentuje hodnoty penetračního odporu půdy (MPa).

Deformace kořenů



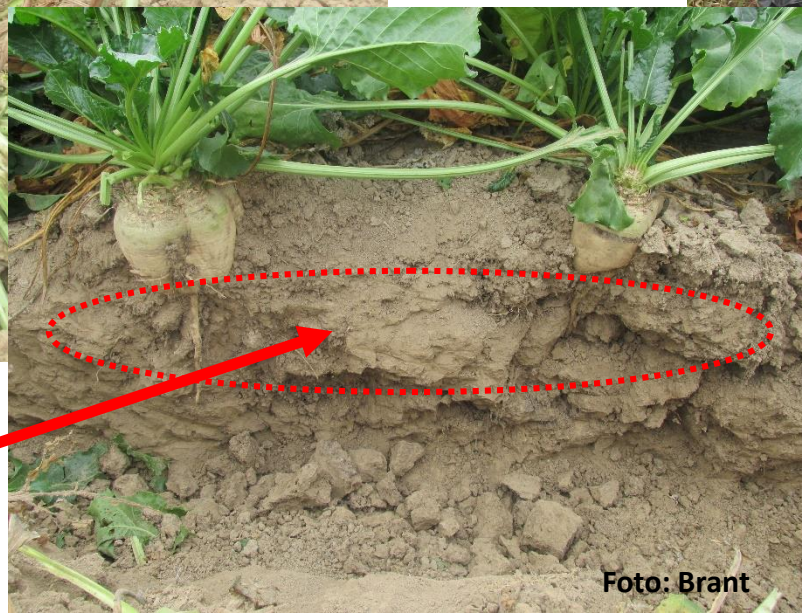
Vliv provedení pásového kypření půdy za nevhodných půdních podmínek na architekturu kořene kukuřice.

Rozložení kořenů mezi rostlinami kukuřice v řádku při provedení pásového kypření půdy za nevhodných půdních podmínek na podzim.

Utůžení půdy – cukrová řepa



Neutužená půda



Zhutněná půda



Foto: Brant

Založení porostů a utužení půdy

Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím



Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa)

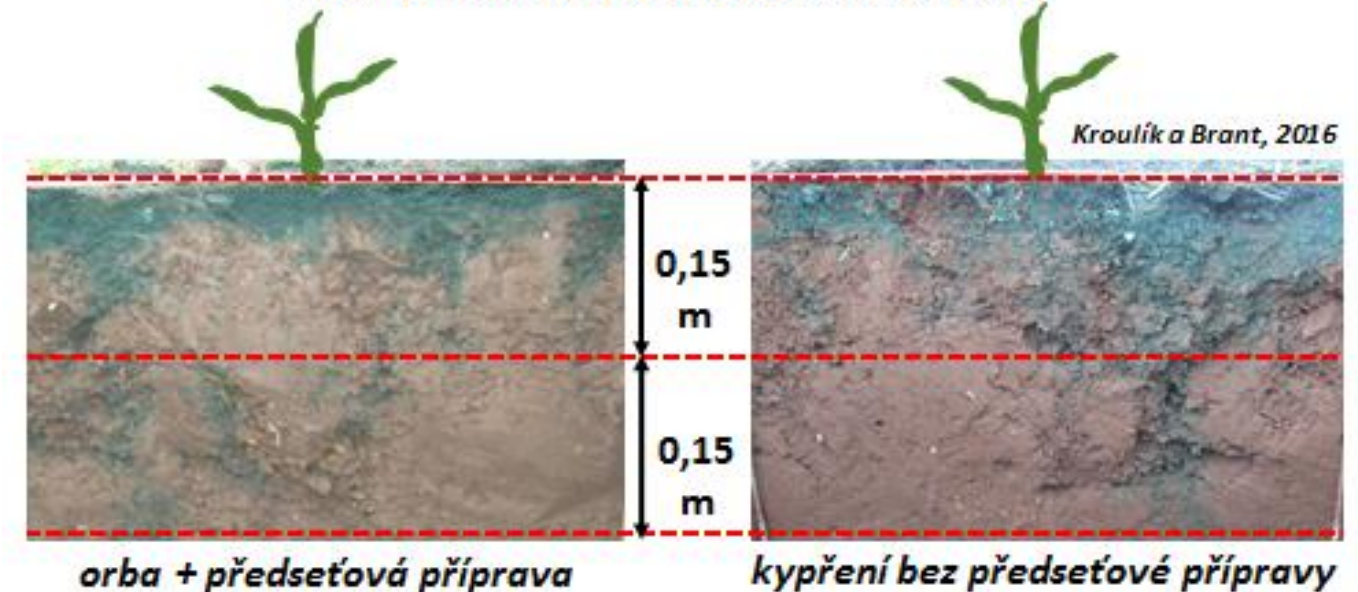
hloubka půdy (m)	orba + předseťová příprava															kypření bez předseťové přípravy															
	vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku															vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku															
	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,05	0,05	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,05	0,05	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	
0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,02	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	
0,02	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,8	0,3	0,8	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,04	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	
0,04	1,2	1,0	0,8	1,1	1,1	1,2	1,3	0,7	1,5	1,2	1,0	0,9	1,4	1,5	1,8	0,04	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	
0,06	1,9	1,2	1,2	1,4	1,5	1,4	1,5	1,2	1,9	1,5	1,4	1,3	1,6	1,7	1,8	0,06	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8	0,7
0,08	1,9	1,4	1,5	1,5	1,6	1,4	1,6	1,5	2,0	1,7	1,4	1,3	1,6	1,9	1,8	0,08	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,7	0,5	0,9	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
0,10	1,9	1,3	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,5	1,9	1,7	1,4	1,3	1,6	2,0	2,0	0,10	1,4	1,0	0,9	0,8	0,7	0,8	0,6	0,9	0,6	0,6	0,8	1,1	0,9	1,1	1,2
0,12	1,8	1,3	1,5	1,5	1,5	1,4	1,6	1,4	2,0	1,8	1,4	1,4	1,7	2,2	2,0	0,12	1,6	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,7	1,0	0,6	0,6	0,8	1,1	1,0	1,3	1,3
0,14	1,8	1,5	1,4	1,5	1,3	1,4	1,5	1,5	1,8	2,1	1,6	1,4	1,9	2,2	2,0	0,14	1,6	1,7	1,3	1,0	1,0	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	1,3
0,16	2,0	1,4	1,7	1,5	1,4	1,6	1,7	1,6	2,0	2,1	1,7	1,6	2,1	2,3	2,2	0,16	2,0	1,8	1,5	1,1	1,2	1,5	1,4	1,2	0,8	0,8	0,9	1,0	1,4	1,8	1,2
0,18	2,0	1,4	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	2,0	2,3	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3	0,18	2,0	1,9	1,5	1,1	1,3	1,4	1,5	1,3	0,9	1,0	1,0	1,3	1,7	1,9	1,6
0,20	2,1	1,5	1,9	1,7	2,0	1,9	2,0	2,0	2,2	2,5	2,1	2,0	2,3	2,6	2,5	0,20	2,2	1,9	1,5	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5	1,0	1,2	1,0	1,4	2,1	1,9	2,0
0,22	2,5	1,7	1,9	2,2	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,7	2,3	2,1	2,5	2,8	2,7	0,22	2,2	2,2	1,7	1,4	1,4	1,7	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	1,4	1,8	1,9	2,2
0,24	2,8	1,9	2,1	2,5	2,2	2,3	2,6	2,4	2,7	2,8	2,3	2,2	2,8	2,9	3,0	0,24	2,5	2,3	1,9	1,5	1,6	2,0	1,9	1,7	1,5	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,4
0,26	3,0	2,3	2,4	2,6	2,5	2,5	2,8	2,6	2,9	3,0	2,5	2,3	3,0	3,1	3,3	0,26	2,8	2,6	2,2	1,8	1,8	2,2	2,0	1,8	1,6	1,3	1,5	1,8	2,2	2,7	2,7
0,28	3,0	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	3,0	2,9	3,1	3,2	2,9	2,6	3,3	3,5	3,8	0,28	3,1	2,9	2,5	2,1	2,0	2,6	2,2	2,1	1,7	1,6	1,7	1,9	2,3	3,0	2,9
0,30	3,3	2,7	2,8	3,0	3,1	3,1	3,3	3,2	3,6	3,6	3,2	3,1	3,7	4,1	4,2	0,30	3,5	3,3	2,8	2,5	2,4	3,0	2,5	2,5	1,9	1,7	1,8	2,1	2,7	3,2	3,2

modrá barva představuje nejnižší hodnoty, červená nejvyšší

Infiltrace vody do půdy (modrá barva) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím



Vliv technologie založení porostů na infiltraci vody do půdy v řádku rostlin kukuřice (kolmý pohled na řádek)



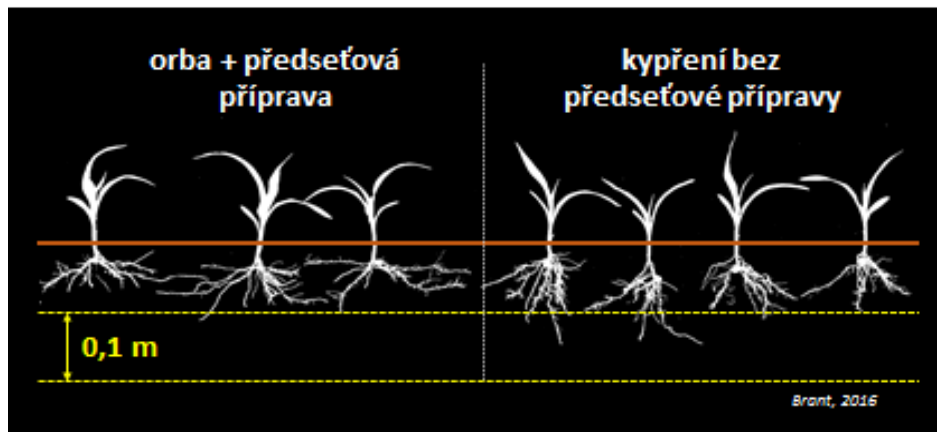
orba + předseťová příprava

kypření bez předseťové přípravy

Utlužení dna seřového lože

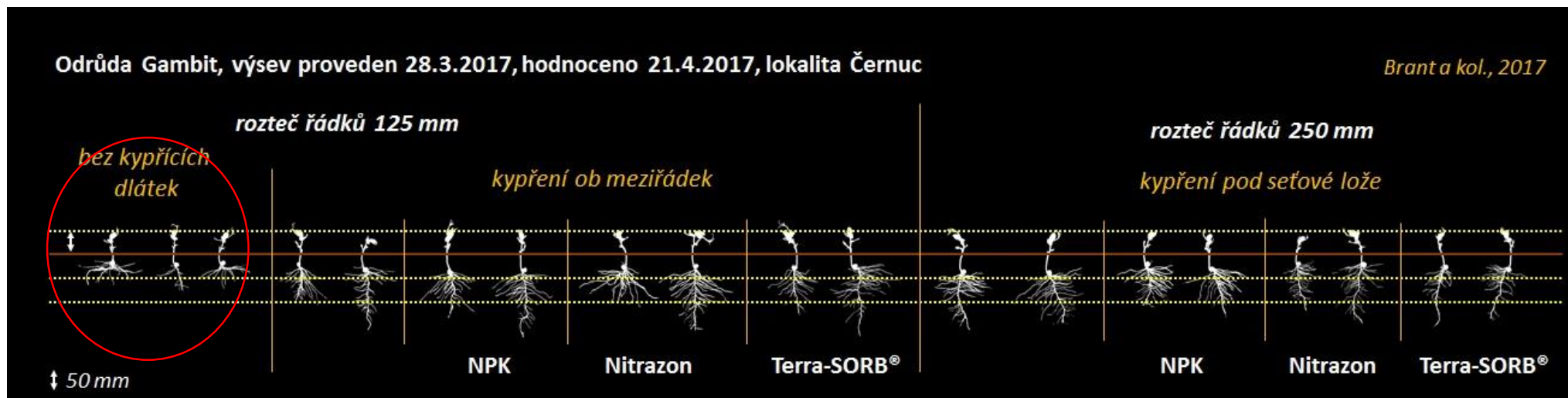
Tvar kořenového systému rostlin kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy u kukuřice seté

Rozvoj kořenového systému kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy



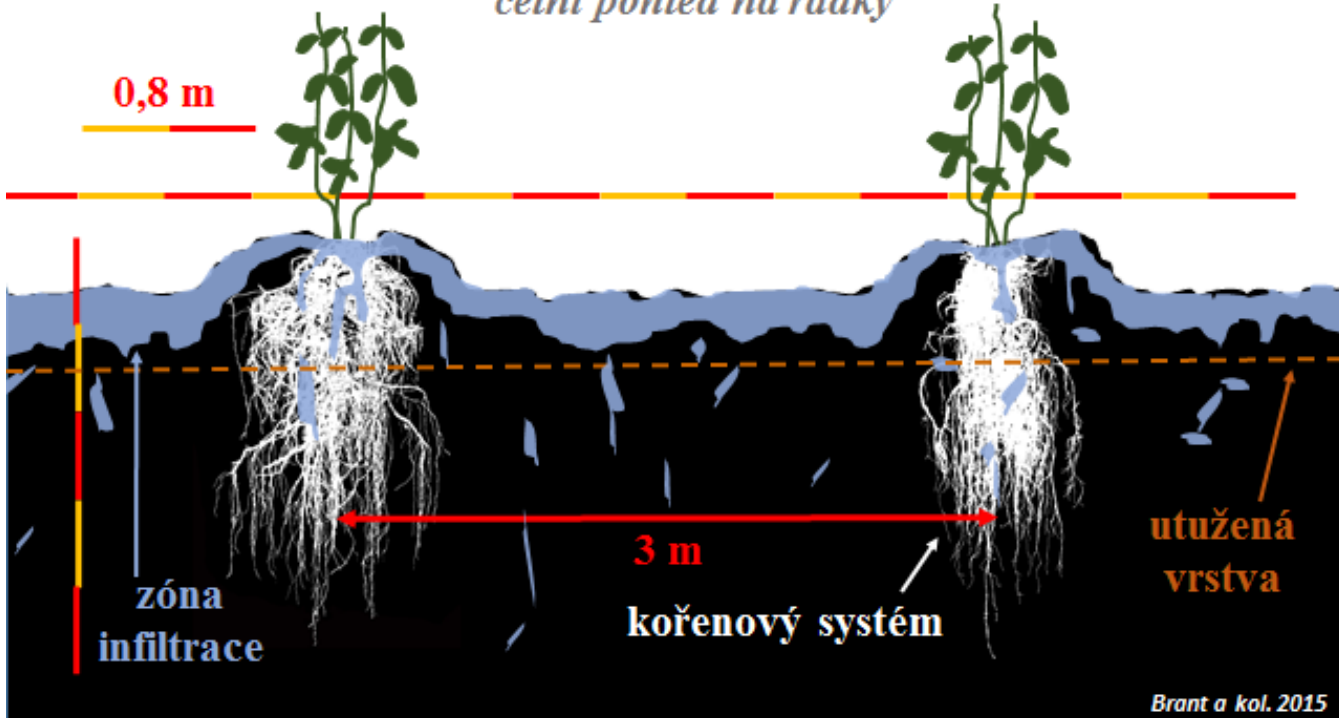
Kombinace utlužení půdy, vyšší půdní vlhkosti a zvýšeného tlaku na secí botky zvyšuje riziko utlužení dna výsevní rýhy

Tvar kořenového systému rostlin kukuřice v závislosti na technologii výsevu u hrachu setého



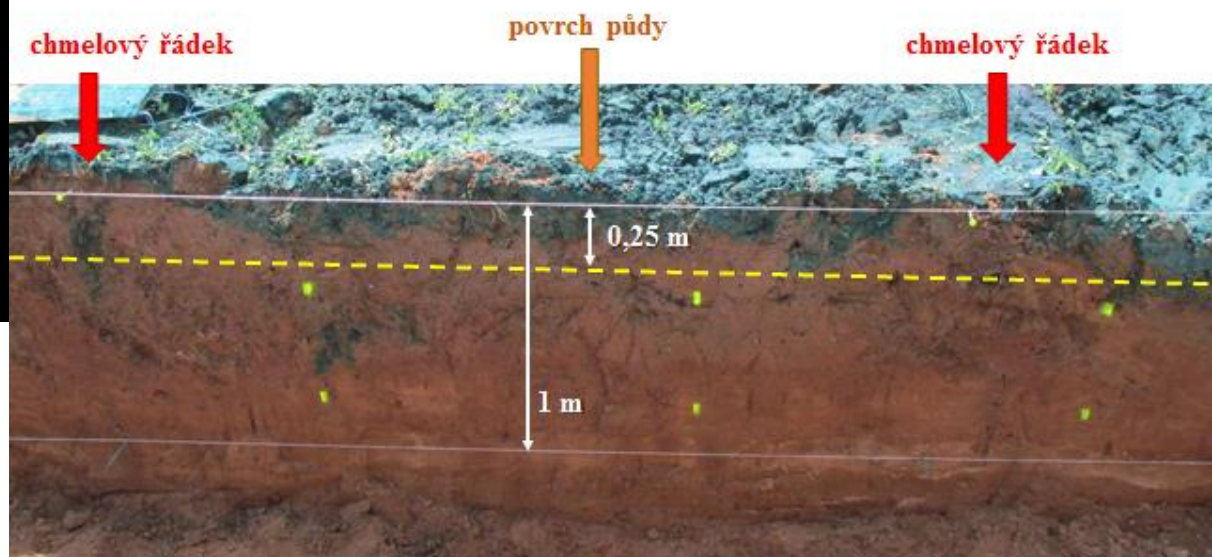
Dlouhodobý efekt zpracování půdy - chmelnice

čelní pohled na řádky



Prostorové rozmístění kořenového systému v půdním profilu (kolmý pohled na řádky) a znázornění zóny infiltrace vody

Pohyb vody po utužené vrstvě půdy pod zpracovávaným horizontem zachycený ve vzdálenosti 2,5 m od místa zadeštění modrou barvou – foto Brant



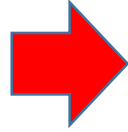
umělá srážka pomocí simulátoru deště – množství srážky 40 mm, voda obarvená modrou potravinářskou barvou, stav 48 h po zadeštění

Kroulík a kol. 2015

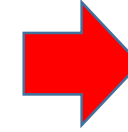
Infiltrace vody do půdy na základě simulace srážky pomocí metody modré infiltrace, simulovaná srážka činila 40 mm.

Prevence a nápravná opatření

Prevence

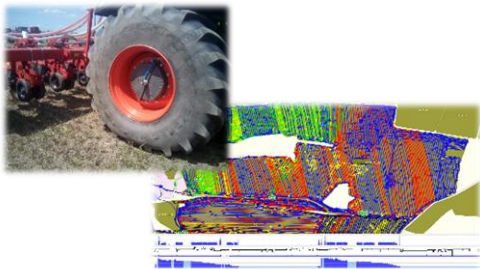


Nápravná opatření



Stabilizační efekt

- Optimální stav půdy
- Snížení počtu přejezdů
- Omezení transportu
- Eliminace tlaku na půdu
- Dostatečný tahový výkon
- Optimalizace výkonu motoru a tahového odporu
- Definované trajektorie
- Pěstování hluboko kořenících plodin
- apod.

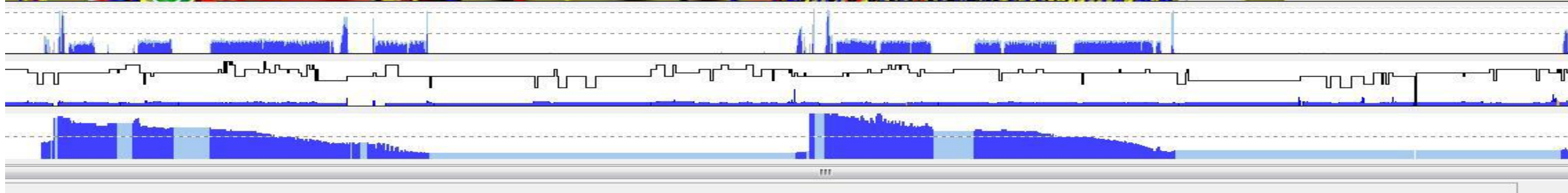
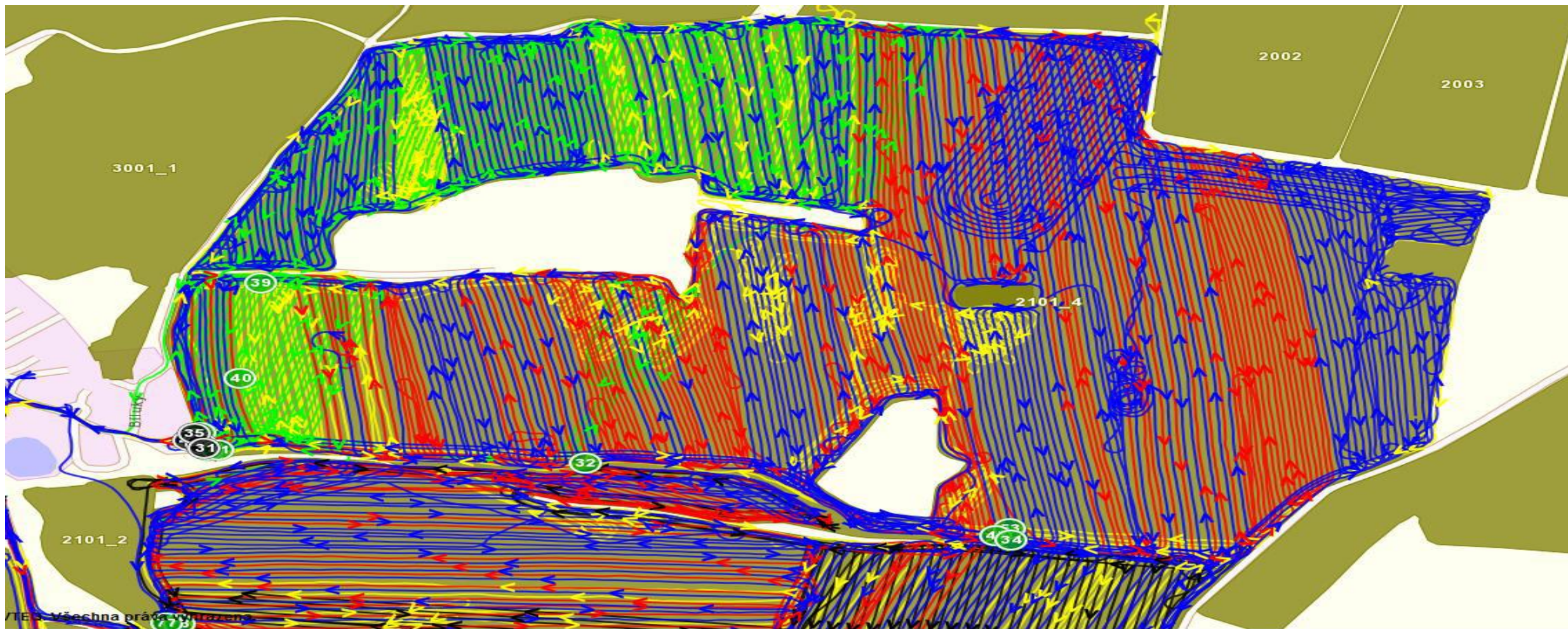


- Podrývání
- Hluboké kypření orničního profilu
- Dlátování a hloubkové kypření
- Hluboko kořenící plodiny, víceleté pícniny

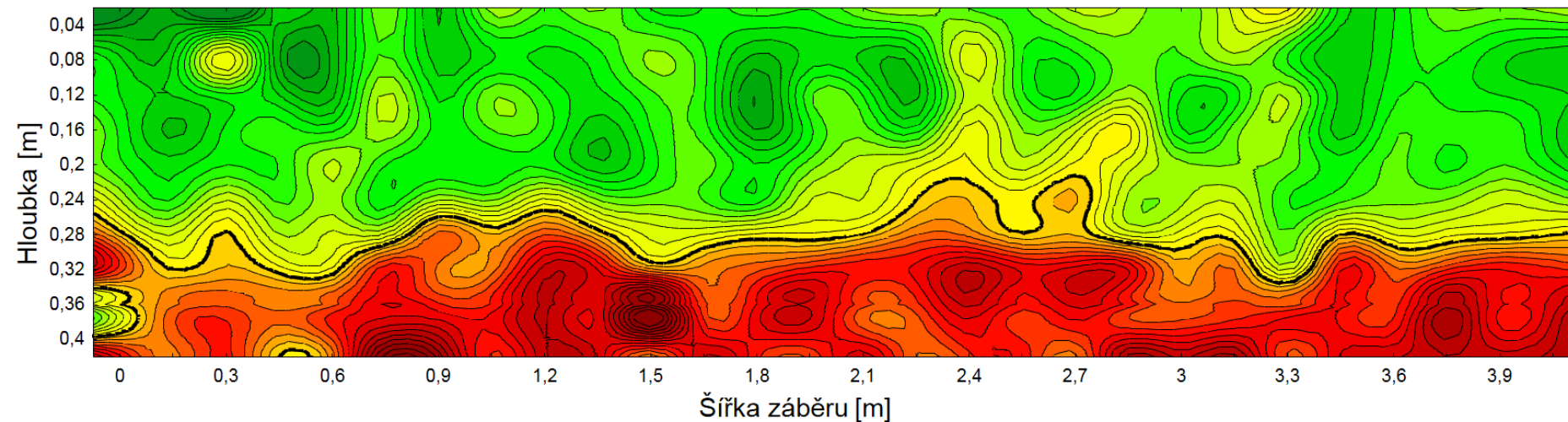


- Podpora mikro- a mezoedafonu
- Výnos organické hmoty – kořenový systém
- Stabilizace půdní struktury
- Optimalizace následných osevních sledů

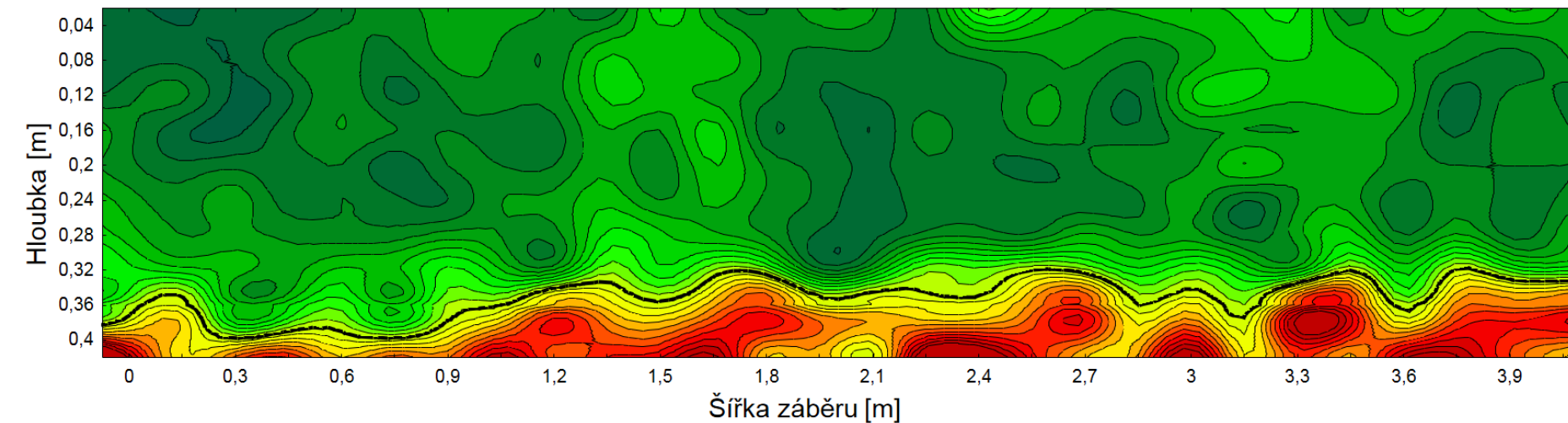
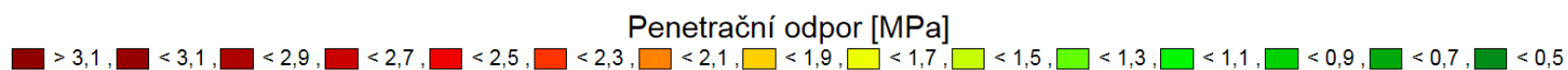




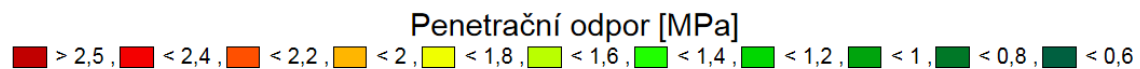
Penetrační odpor (MPa)



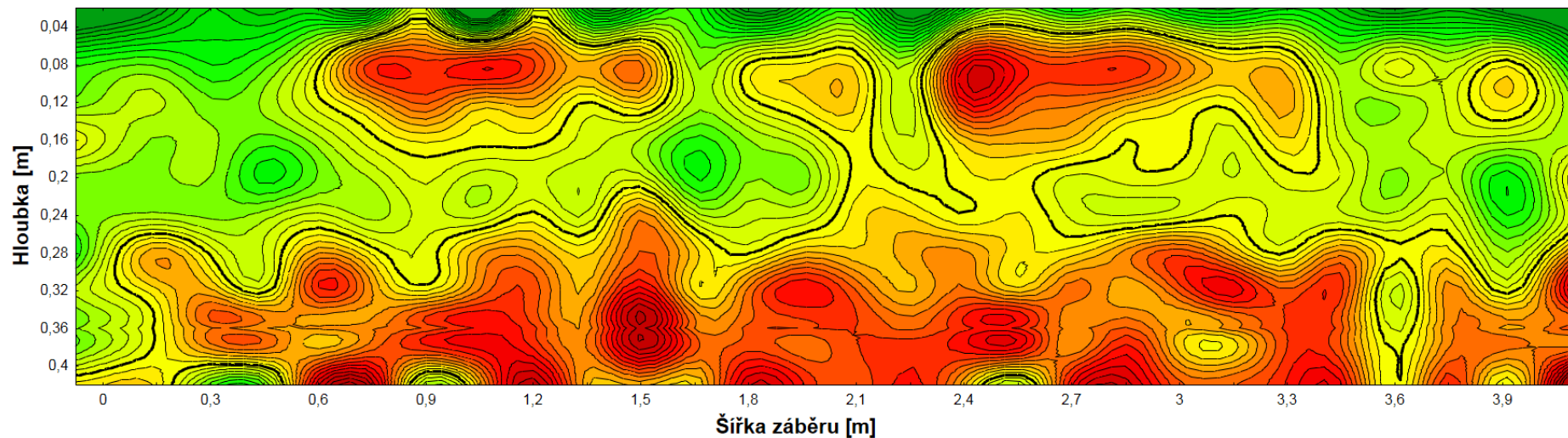
Kypření bez podryvání



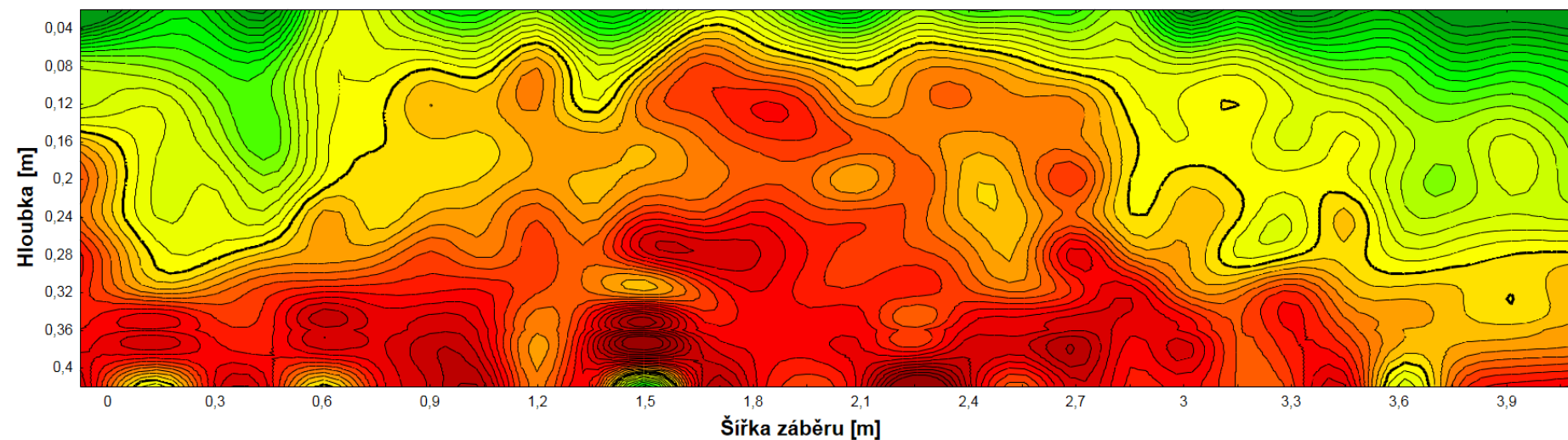
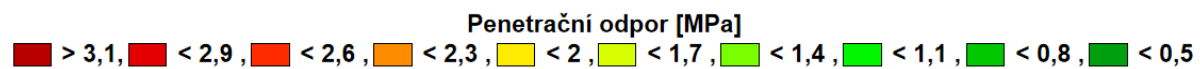
Kypření s hloubkovým podryváním



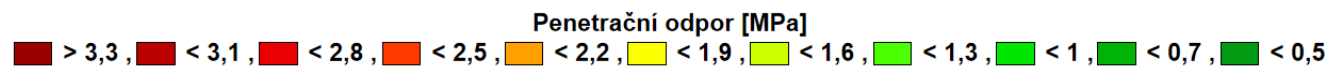
Penetrační odpor (MPa)



Orba

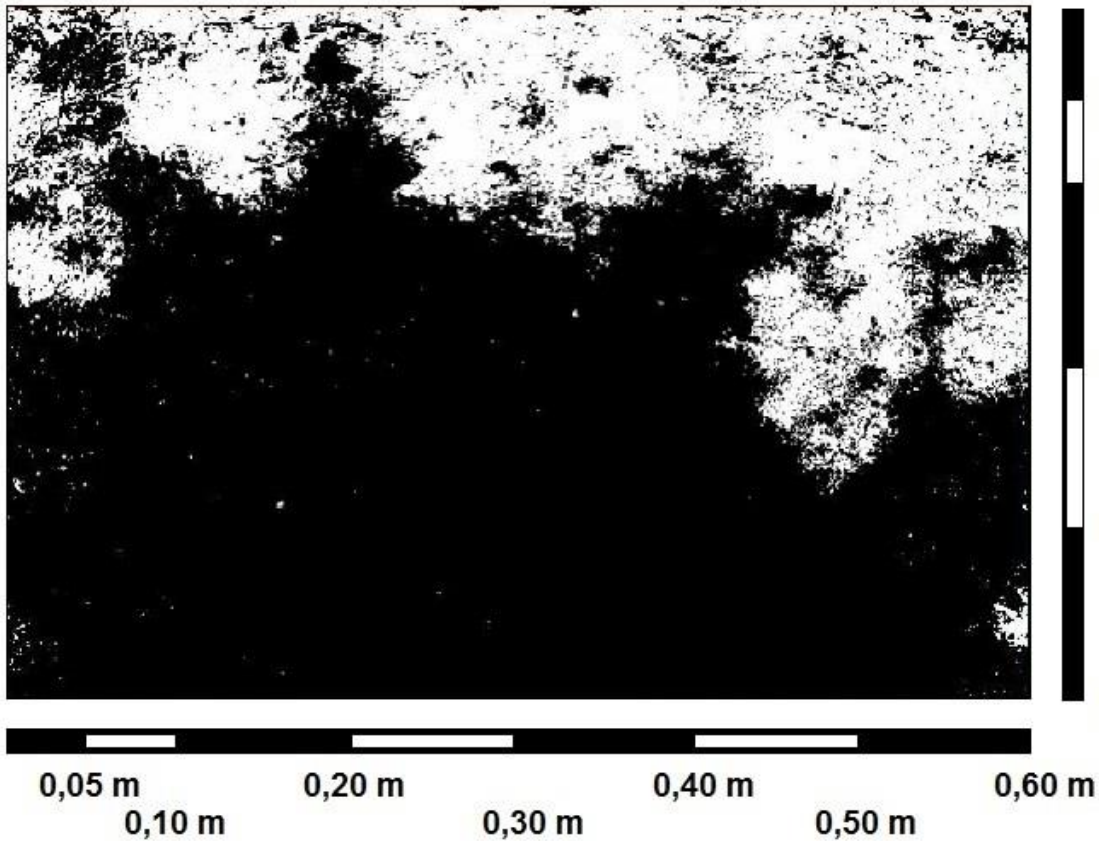


Náhodné přejezdy

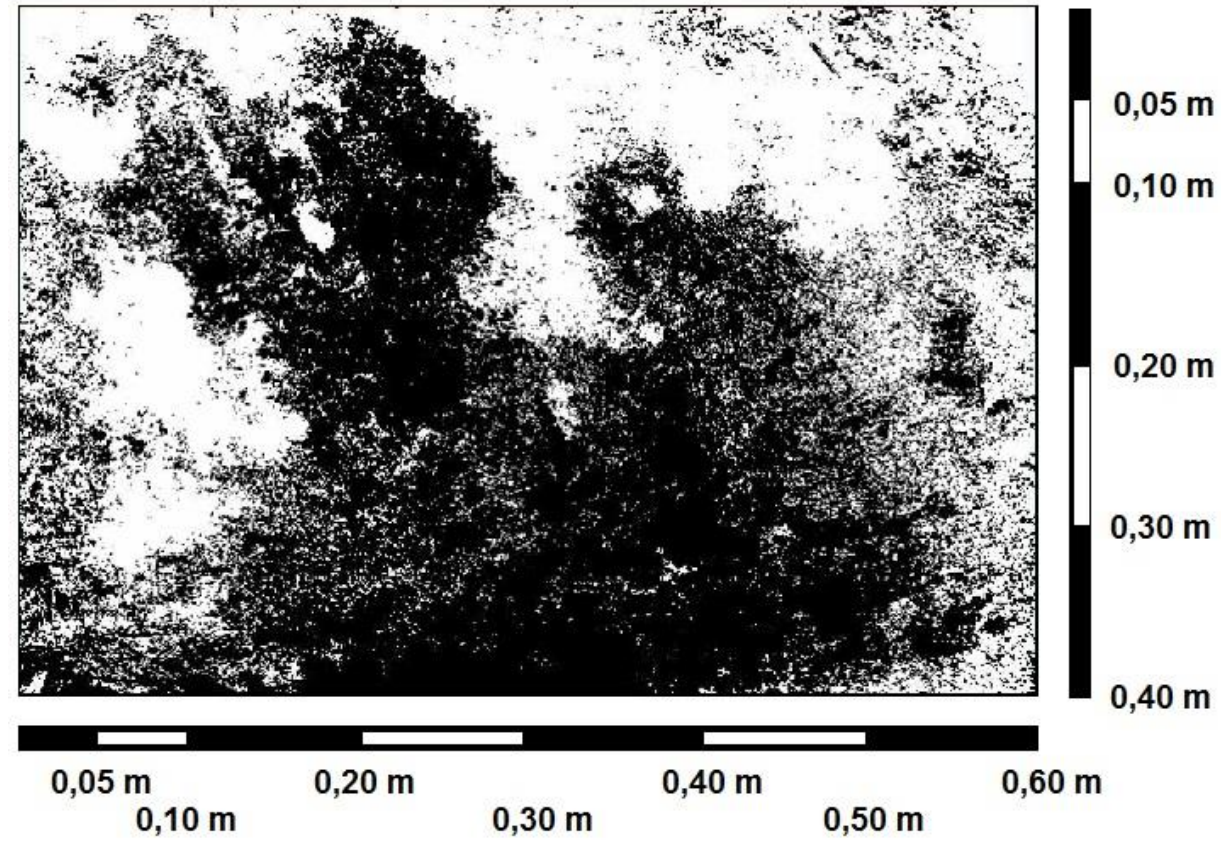


Preferenční proudění vody v půdě ve vazbě na její zpracování nebo zhutnění

Infiltrace obarvené vody (bílá barva prezentuje infiltrovanou vodu).



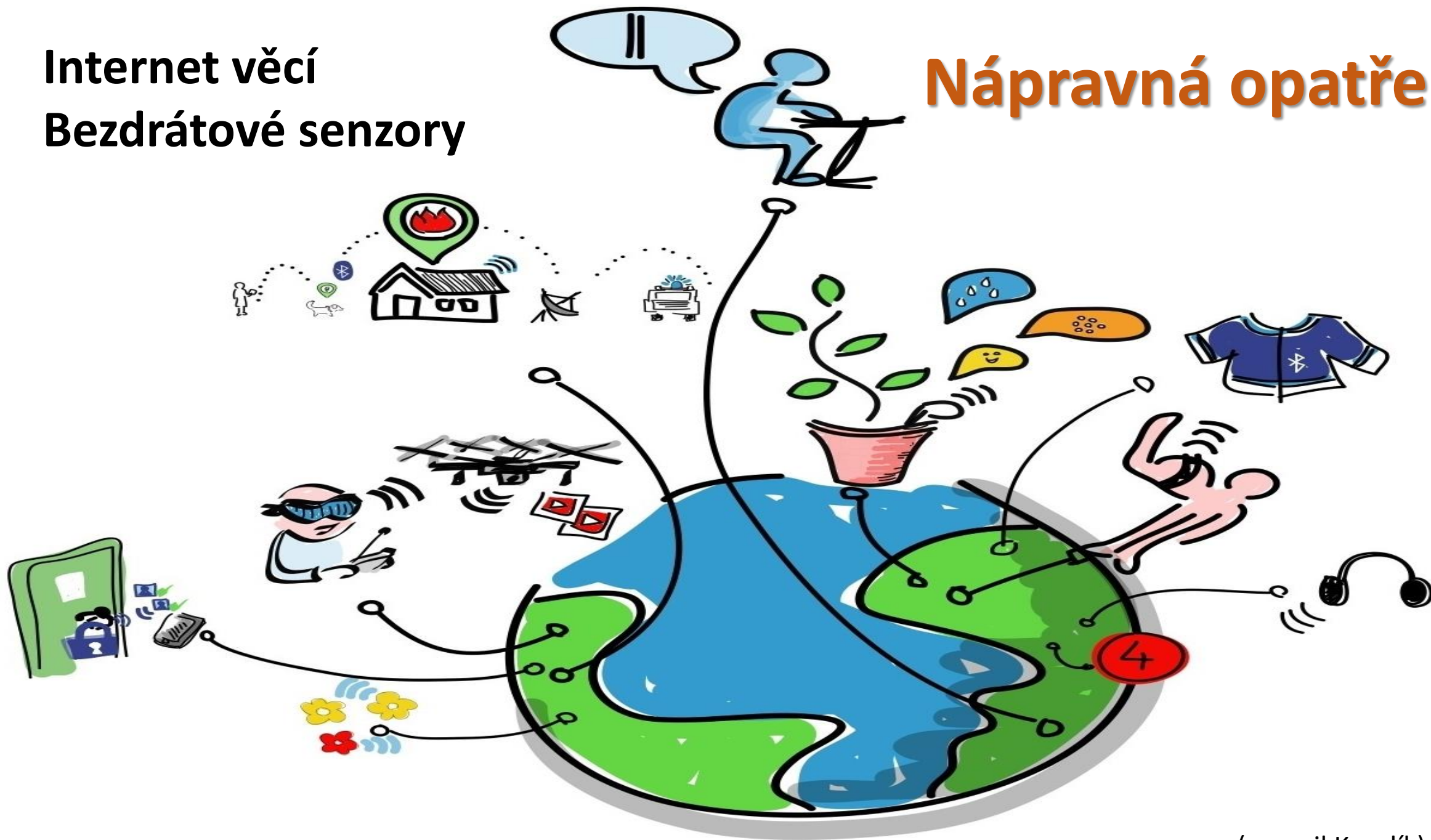
Náhodné přejezdy



Půdní profil nezatížený přejezdy

Internet věcí
Bezdrátové senzory

Nápravná opatření



(upravil Kroulík)

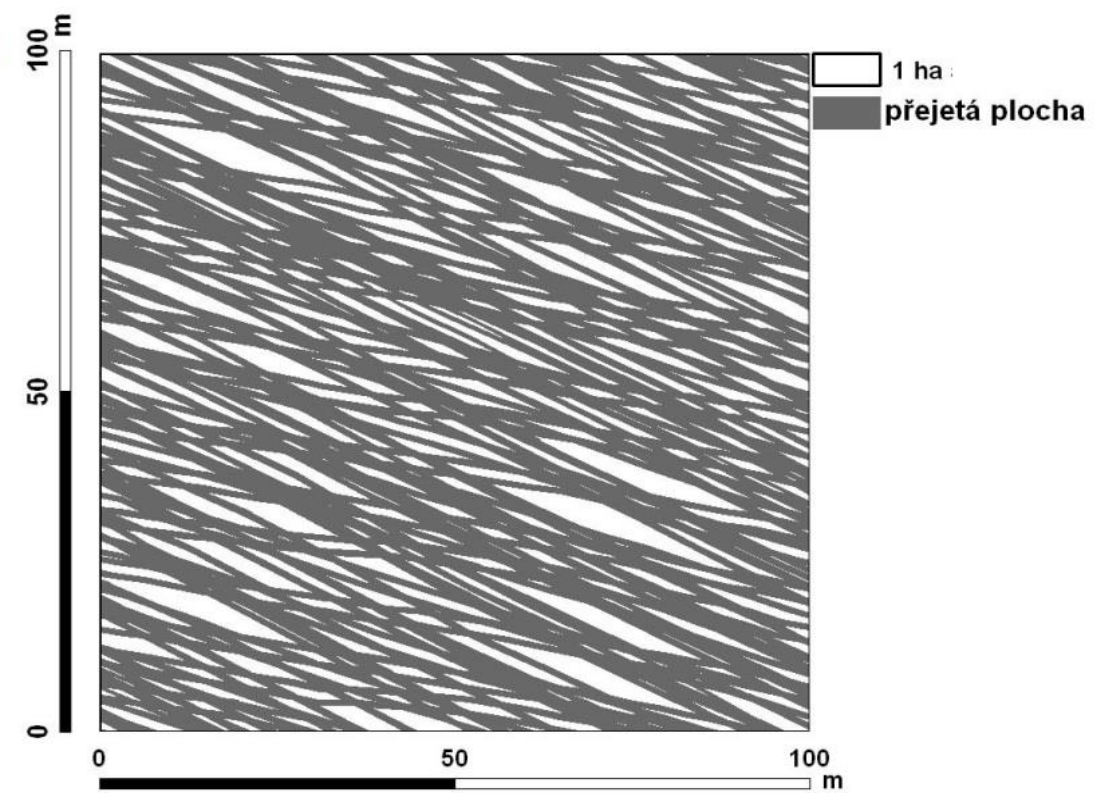
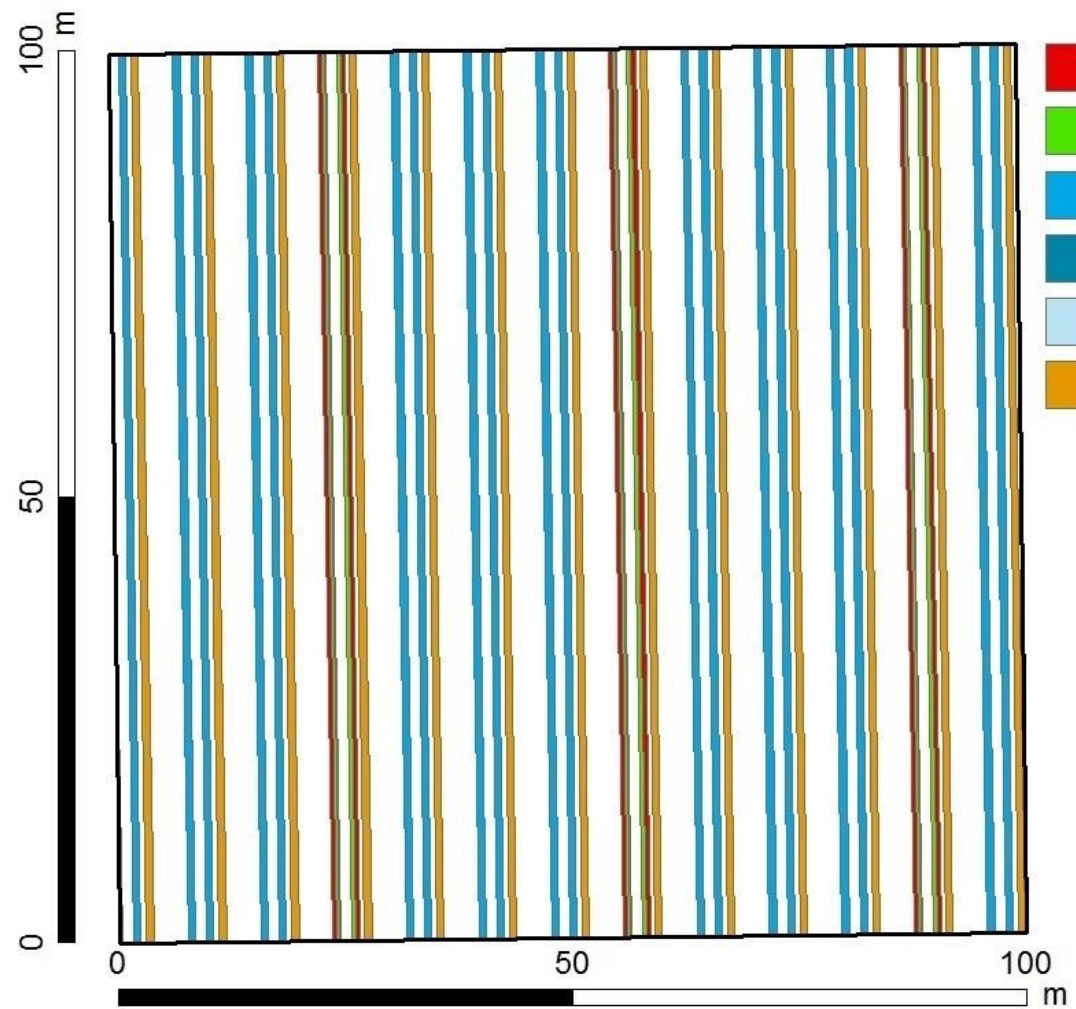
Nápravná opatření



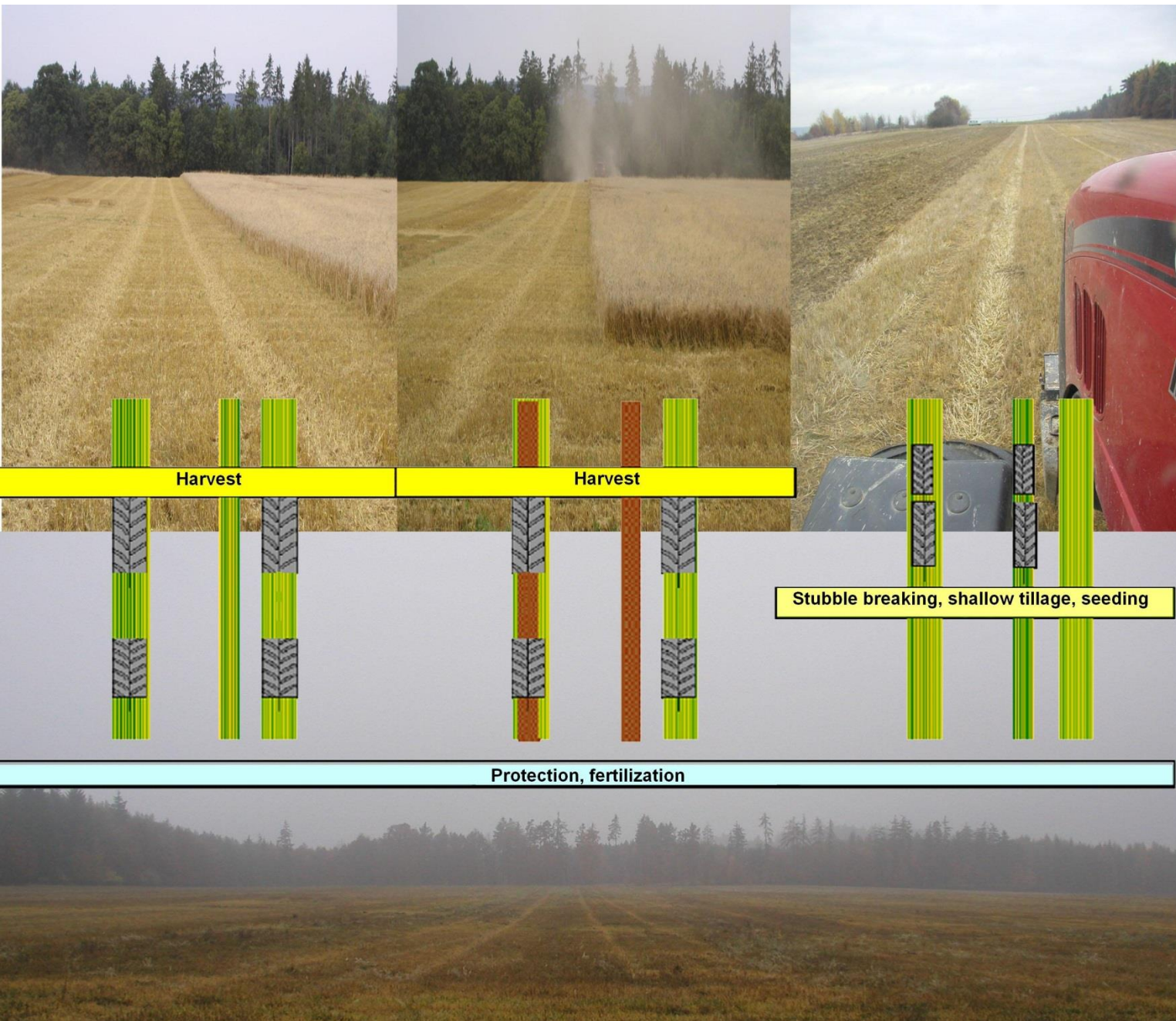
Záznamová zařízení



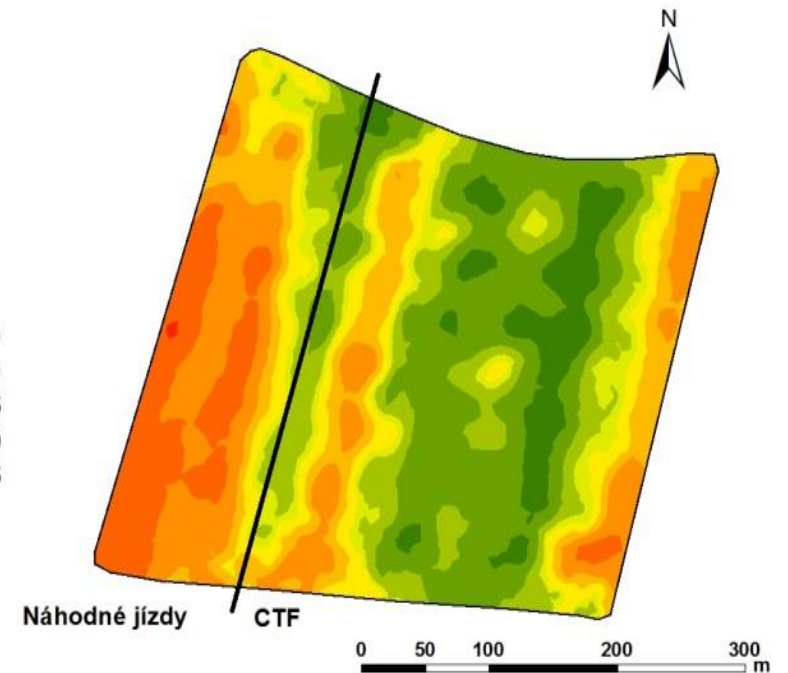
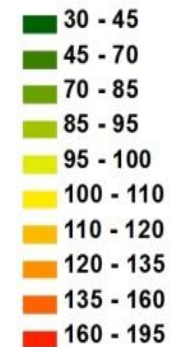
Nápravná opatření



Nápravná opatření



Tahová síla
relativní %



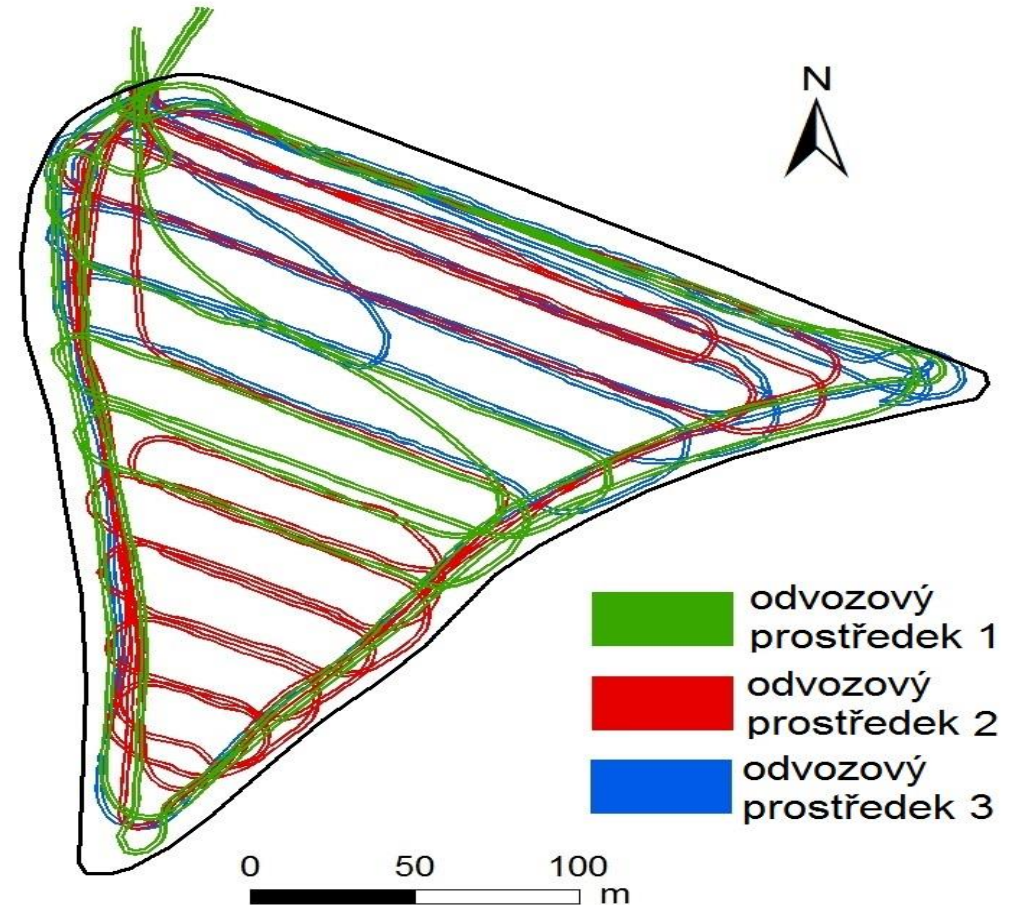
Nápravná opatření

Logistické řešení odvozu odvozovými prostředky

Řada polních prací je závislá na podpoře odvozovými prostředky a vyžaduje kooperaci



Prázdný vůz sleduje soupravu po celou dobu plnění odvozového prostředku





Nápravná opatření

Řešení pro huštění pneumatik, které umožní plynule měnit tlak v pneumatikách podle aktuální potřeby.

Rizika

- **Zvýšení rizika utužení půdy v důsledku nevhodných půdních podmínek**
- **Potlačení efektu kypření následnými přejezdy**
- **Nedostatečné slehnutí půdy po hlubším zásahu**
- **Porušení kapilárního vzlínání během vegetace**
- **Omezení rozvoje kořenového systému do spodních vrstev půdy**
- **Posun jílovitých a prachových částic do spodní vrstvy**

Půdní profily:

Hlubkové kypření

Profil 1 – Farmet Krtek DG 5 N (Farmet a.s.)

Hluboké kypření

Profil 2 – BEDNAR Terraland TN 3000 HD7R Profi (Bednar FMT s.r.o.)

Agrotechnické kypření – víceřadé umístění kypřících nástrojů

Profil 3 – Lemken Karat 9/400 KUA, (LEMKEN CZECH s.r.o.)

Agrotechnické kypření – kypřící nástroje v jedné řadě

Profil 4 – Great Plains SLD, (Cerea a.s.)

Podrývání

Profil 5 - Kverneland ES 100 Variomat® + podrýváky ECOshare (KVERNELAND GROUP CZECH s.r.o.)

Pásové zpracování půdy

Profil 6 – Kuhn Striger (KUHN CENTER CZ a.s.)