

Otáčení souprav strojů na okrajích pozemků

TURNING OF MACHINERY SETS AT FIELD MARGINS

Jitka Edrová, Petr Novák, Petr Šařec, Josef Hůla
Technická fakulta České zemědělské univerzity v Praze

V souvislosti s vytvářením podmínek pro plnění standardu DZES7d (snížení výměry pozemků) je aktuální vyhodnotit dopady pojezdů strojních souprav po pozemcích z hlediska nežádoucího ztuhňování půdy zejména na souvratích.

Měření se uskutečnila na pokusných pozemcích společnosti Agro Nesperka během sezón 2022 a 2023. Modelový pozemek se nachází na pomezí Benešovské a Vlašimské pahorkatiny v blízkosti obce Nesperská Lhota a Čelivo, v nadmořské výšce 420 m (obr. 1.a). Půda v této lokalitě je lehká, hlinito-písčítá kambizem. Pokusy byly zaměřeny zejména na hodnocení vlivu modelových řešení souvratí jako základního předpokladu k úspěšnému přechodu na hospodaření na dělených půdních blocích. Pro otáčení techniky byl využit ochranný pás s trvalým travním porostem (obr. 1.b).

Měření a hodnocení se sice uskutečnila při pěstování obilnin, ale otáčení strojů na souvratích je velmi aktuální i při pěstování cukrové řepy. Důvodem je zejména potřeba omezit nežádoucí ztuhňování půdy na okrajích pozemků s cukrovkou. Ztuhnutí půdy způsobuje heterogenitu fyzikálních vlastností půdy, na kterou může cukrová řepa reagovat zhoršením prorůstání kořenů směrem do hloubky a větvením bulev. To může vést ke zvýšeným ztrátám při sklizni řepy.

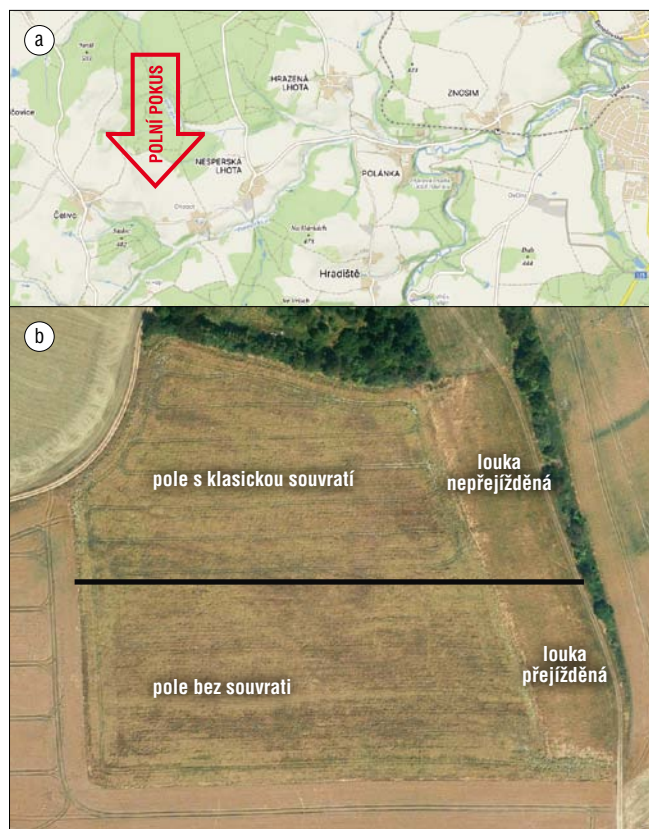
Vybraný půdní blok se skládá ze dvou částí. První je blok orné půdy o výměře cca 6 ha. Ve směru spádnice k němu přiléhá trvalý travní porost o výměře cca 1,5 ha. Pokus byl koncipován jako víceletý (2022–2023). Během sezóny 2022 byl na pozemku pěstován jamí ječmen. Pozemek byl rozdělen na dvě základní zóny. Ve spodní (jižní) části byl ječmen vyset bez vytvoření souvratě přilehlé k travnaté ploše. Ve druhé části pak použit klasický systém souvratě a plochy s neosetými kolejovými meziřádky. Na části pozemku bez souvratí byly agrotechnické zásahy prováděny až do hrany s trvalým travním porostem a soupravy strojů se otáčely právě v přilehlém travním porostu. Na druhé části byl naopak využit klasický systém objete souvratě a pohybu v neosetých kolejových meziřádkách. V rámci hodnocení půdních vlastností tak vznikly 4 základní varianty k hodnocení.

Pokus byl založen na začátku března, kdy došlo k vysetí ječmene po předchozí přípravě půdy kombinátorem. Byla zvolena odrůda Bojos s výsevkem $195 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Před setím nebyla aplikována hnojiva. Na pozemku se na podzim 2021 nacházela hořčice bílá jako zelené hnojení. Cílem rovněž bylo využít kořenového systému meziplodiny pro snížení vlivu předcházejících technologií hospodaření na pozemku. Modul kolejových meziřádků byl 18 m. Pracovní záběr secího stroje Lemken Solitair 9 byl 4,5 m. Kolejový meziřádek tak odpovídal každé čtvrté jízdě secího stroje. Pro

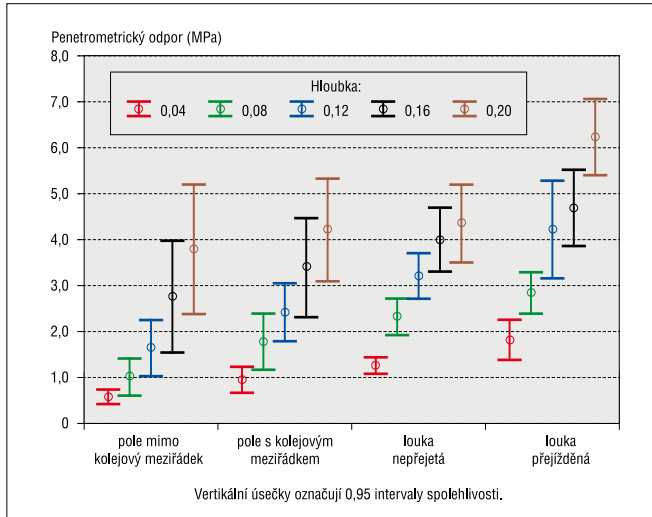
kontrolu pracovního záběru byla využita satelitní navigace Trimble GFX 750, která byla využita při všech přejezdech po pozemku. Všechny přejezdy od setí až do sklizně byly provedeny stejným traktorem pro vyloučení vlivu rozdílného rozchodu kol.

Po vzejití obilniny byl aplikován herbicid, což představovalo první přejezd (termín – počátek dubna). Byl využit herbicid Bizon na konci odnožování porostu. Dalším přejezdem bylo přihnojení porostu hnojivem LAV 27 v dávce $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na počátku sloupkování. Následovaly ještě dva přejezdy s postřikovačem – aplikace fungicidu s regulací porostu a poslední ošetření bylo po vymetání insekticidní ošetření proti savým škůdcům. Poslední přejezdy se uskutečnily na počátku května. Od té doby byl porost ponechán bez přejezdů až do sklizně na konci července. Během vegetační doby byly hodnoceny některé charakteristiky pozemku.

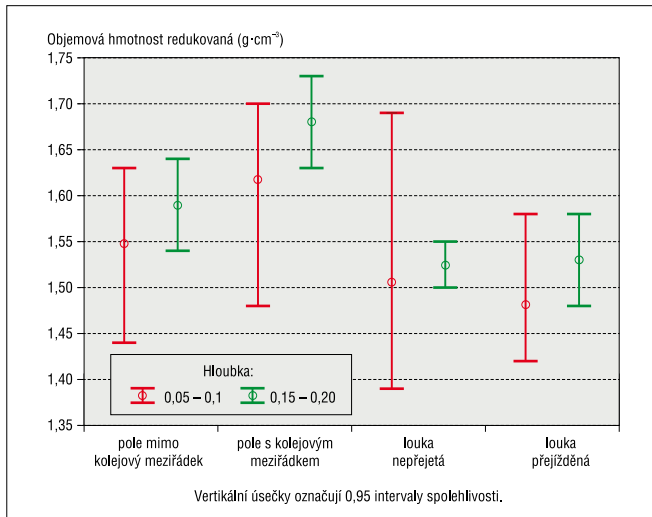
Obr. 1. Pokusný pozemek: a) vybraná lokalita u obce Čelivo, b) schéma pokusu 2022 na lokalitě „Dvořákovo“



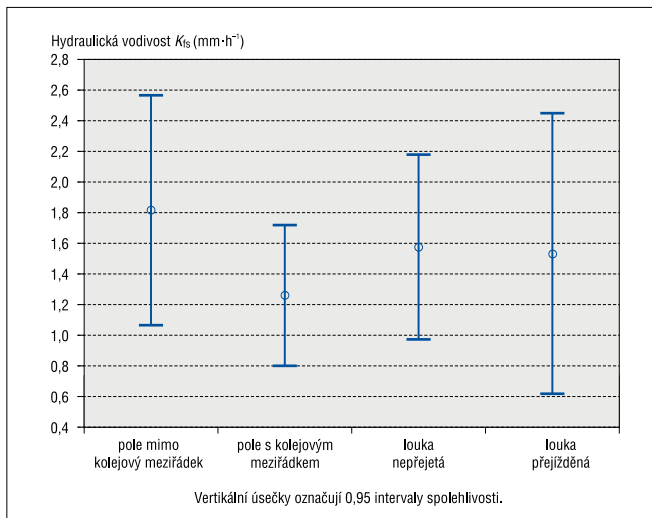
Obr. 2. Penetrometrický odpor měřený v několika hloubkách – lokalita „Dvořákovo“



Obr. 3. Objemová hmotnost měřená ve dvou hloubkách – lokalita „Dvořákovo“



Obr. 4. Hydraulická vodivost nasycená měřená metodou SFH – lokalita „Dvořákovo“



V grafu na obr. 2. je vidět průběh hodnot penetrometrického odporu pro pět hloubek. K měření byl využit registrační penetrometr PEN. Bylo provedeno 10 opakování měření pro každou variantu. Data ukazují překvapivě malý vliv přejezdů na penetrometrický odpor, zejména u měření variant na orné půdě. To je pravděpodobně způsobeno faktem, že všechny přejezdy byly koncipovány při optimálních vlhkových podmínkách. Nedošlo tak k vytvoření viditelných kolejí, ani hlubokých strukturálních změn v půdě. Nejvyšší hodnoty jsou u varianty 4 v největší hloubce, ale zde došlo k ovlivnění velmi mělkou půdou na travním porostu, kdy penetrometr již zachytával kameny ve spodní vrstvě s travním porostem. Obecně byly rozdíly velmi malé a pod hranici statistické významnosti. V rámci projektu je tedy řešena problematika dělení zemědělských pozemků pro optimální pohyb zemědělských strojů. Zásadním kritériem pro dělení oblasti na podoblasti jsou sklonové poměry, kdy maximální jednotková plocha pro obdělání činí 30 ha.

Dělení oblasti na podoblasti spadá mezi náročné matematické úlohy z kategorie tzv. computational geometry (1, 2, 3), optimální metodika řešení tohoto problému je stále předmětem současného výzkumu. Touto problematikou se zabývají i další autoři, např. SCHWARZ (4), WIDLUND a DRYJA (5) či KURAZ ET AL. (6).

Na obr. 3. je graf objemové hmotnosti redukované pro všechny varianty. Jednalo se o odběr neporušených půdních vzorků (Kopeckého válečky) ze všech variant v pěti opakováních. Vzorky byly odebrány ze dvou hloubek. Z grafů je patrná poměrně silná korelace s průběhem hodnot penetrometrického odporu. Rozdíly jsou opět menší, než bylo očekáváno. Rozdíly jsou obecně velmi malé a jsou pod hranici statistické významnosti. Nárůst objemové hmotnosti s hloubkou taktéž není příliš výrazný. Obecně nižší hodnoty vykazuje travní pozemek, ale to souvisí s vyšší pórovitostí půdy na této části pozemku.

Absolutní hodnoty lze chápat jako typické pro danou oblast a nevybočují tak z předpokladů. Problémem měření travních porostů je samozřejmě možné ovlivnění kořenovým systémem porostů. Rozptýl hodnot v podpovrchové vrstvě je větší než ve vrstvě hloubší.

Pro měření nasycené hydraulické vodivosti byla použita metoda SFH (Simplified Falling-Head), která se také nazývá Single-ring infiltrometer test. Toto zařízení se skládá z plechového válce o průměru 0,15 m, tloušťce stěny 2 mm a výšce 0,20 m. Tento válec byl pečlivě zatlučen do půdy do hloubky 0,1 m. Nejprve zde byla změřena vlhkost půdy vlhkoměrem. Následně byla do Single-ringu aplikována voda o objemu 0,5 dm³ a bylo započato měření času. Poté, co se všechna aplikovaná voda infiltrovala do země, byl zastaven čas a odečetla se jeho hodnota. Poté byla znovu pomocí vlhkoměru změřena vlhkost půdy a zapsána do tabulky. Pro zjištění hydraulické vodivosti půdy K_{fs} byla použita rovnice:

$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{(1-\Delta\theta)t_a} \left[\frac{D}{\Delta\theta} - \frac{\left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)}{1-\Delta\theta} \ln \left(1 + \frac{(1-\Delta\theta)D}{\Delta\theta \left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)} \right) \right]$$

kde: t_a – je čas (s),
 $\Delta\theta$ – ($m^3 \cdot m^{-3}$) je rozdíl mezi polním nasyceným vodním obsahem (θ_{fs}) a počátečním objemovým obsahem vody v půdě (θ),
 K_{fs} – je nasycena hydraulická vodivost pole ($l \cdot s^{-1}$; $mm \cdot h^{-1}$),
 α^* – je parametr půdy (m^{-1}),
 D – je hladina vody odpovídající objemu vody (m).

Měření bylo provedeno na konci června v deseti opakováních pro každou variantu (obr. 4.). V grafu hodnot jsou patrné velmi malé rozdíly mezi jednotlivými variantami. Tento rozdíl je překvapivý zejména u travního porostu. V době měření nebylo možné nalézt žádné fyzické poškození porostu ani povrchu půdy. Bez znalosti pokusu by nebylo možné identifikovat přejížděná místa v travním porostu i porostu ječmene v osetých meziřádkách.

Samozřejmě nejdůležitější je vliv na výnos plodin. V našem případě šlo o výnos zrna ječmene v plné zralosti (vlhkost 13 %) a biomasy z travního porostu před sklizní (obr. 5.). Vždy bylo odebráno 10 opakování po 0,5 m² z každé varianty. Vzhledem k nemožnosti porovnání absolutních hodnot jsou v grafu uvedeny hodnoty relativní vztažené k variantám bez přejezdu. Vzorky travního porostu byly hodnoceny okamžitě po odebrání, vzorky ječmene naopak převezeny k dalšímu zpracování v laboratořích ČZU (mlácení a čištění). Z grafu je patrné, že vliv přejezdů na výnos byl v sezoně 2022 zcela minimální. U travního porostu v podstatě zanedbatelný. Rovněž porost jarního ječmene byl po přejetí na začátku května schopen téměř plné regenerace. Nutné je však podotknout, že jarní ječmen v sezoně 2022 byl na pozemku výrazně zasažen přísuškem v nižších vývojových fázích. Průměrný výnos na celém pozemku byl jen 3,54 t·ha⁻¹. Lze předpokládat, že při vyšším výnosu by byl vliv přejezdů více patrný a rozdíl u obiloviny by se zvětšil. Naopak chování travního porostu by pravděpodobně zůstalo beze změny. Rovněž je třeba zmínit, že vlivem absence otáčkové souvratě byla zvětšena plocha vysévané plodiny o 1,5 % oproti vynechaným kolejovým meziřádkům.

Závěrem lze podotknout, že řešení souvratí na okraji pozemku např. v rámci trvalého travního porostu snižuje technogenní zhutnění souvratě a snižuje dopady na fyzikální vlastnosti půdy. Naopak dopady na samotný travní porost jsou velmi malé a nebylo zaznamenáno ani snížení výnosu.

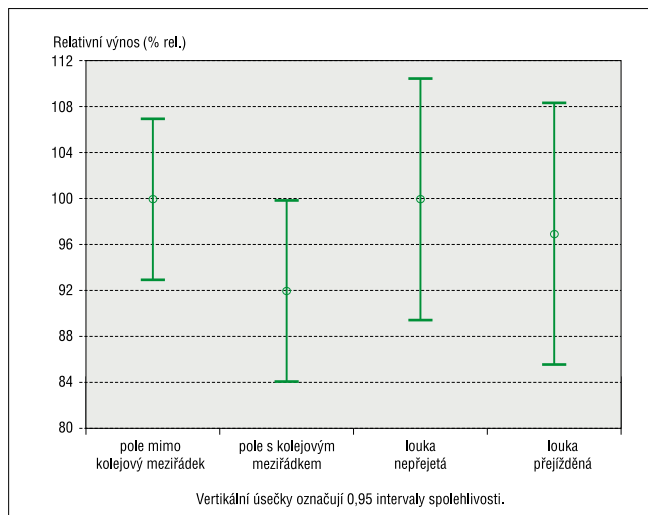
Provozní analýza dopadu rozdělení půdních bloků ve zvoleném podniku

V roce 2022 byla provedena provozní analýza výkonnostních charakteristik nasazení zemědělské mechanizace ve zvoleném podniku. Tímto podnikem byla AGRA Řisuty, s.r.o., kde je podstatná část energetických prostředků a samojízdných strojů vybavena telematickým systémem. Ten umožnil provést analýzu výkonnostních charakteristik techniky během práce na polích při základních polních operacích v podniku od roku 2019. Cílem bylo zjistit, zda byly tyto charakteristiky ovlivněny rozdělením velkých půdních bloků v souvislosti s Nařízením vlády č. 31/2020 Sb. a podmínkami DZES.

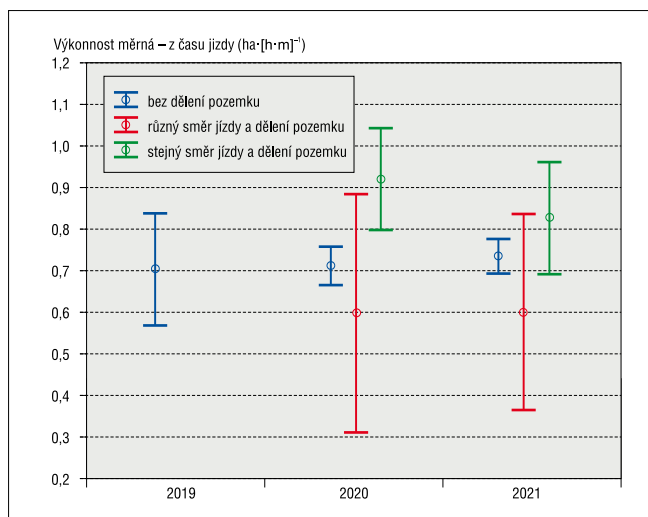
K hodnocení byl využit systém WayQuest vytvořený společností ITineris Informatikai Kft. Technologie na bázi systému WayQuest sleduje v reálném čase pomocí GPS pohyb vozidel a prostřednictvím různých palubních jednotek a senzorů (např. měření výšky hladiny paliva) poskytuje údaje, jejichž zpracování a vyhodnocení dává možnost pro monitorování a sladění pracovních procesů, resp. pro tvorbu výkazů a statistik.

Výkonnost je významným ukazatelem využití mobilních souprav, na kterém závisí efektivnost celé zemědělské výroby. Každá pracovní operace při pěstování plodin by měla být uskutečněna v přesně definovaných půdních a meteorologických podmínkách a v optimálních agrotechnických termínech. Odchylna od těchto termínů vede k nežádoucímu kvantitativnímu

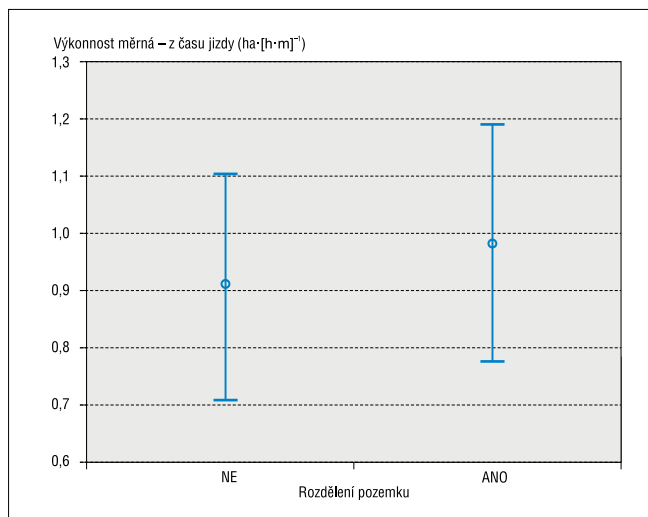
Obr. 5. Relativní výnos pěstovaných plodin – lokalita „Dvořákovo“



Obr. 6. Měrné výkonnosti při podmítce v jednotlivých sledovaných letech v závislosti na rozdělení pozemku



Obr. 7. Měrné výkonnosti při podmítce pozemků nad 30 ha v závislosti na rozdělení pozemku v obvyklém směru jízdy v podniku AGRA Řisuty, s.r.o.



i kvalitativnímu ovlivnění výnosu. Výkonnost mobilních souprav závisí na více faktorech, například na parametrech a způsobu provozu samostatných strojů s ohledem na okolní produkční podmínky (velikost a tvar pozemku, reliéf, vlastnosti půdy, úroveň organizace práce).

Výkonnost mobilních souprav je dána objemem vykonávané práce v požadované kvalitě za určitý čas. Objem práce lze určit podle velikosti obhospodařované plochy pozemků, množství zpracovávaného materiálu. V závislosti na časovém úseku se nejčastěji určuje plošná výkonnost ($\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$) nebo materiálová výkonnost ($\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$). Dalším důležitým aspektem jsou časové ztráty, které jsou do výpočtu výkonnosti zahrnovány. Vyšších hodnot dosahuje okamžitá výkonnost v čase hlavním, kde nejsou zahrnuty žádné časové ztráty, nejnižší naopak výkonnost v čase směny, kde jsou zahrnuty časové ztráty na všechny běžné činnosti, ve kterých se strojní soupravy během pracovní směny nacházejí.

Při analýze vlivu rozdělení půdních bloků na výkonnost strojů se jako optimální ukazuje operativní výkonnost, kde do časových ztrát jsou zahrnuty pouze činnosti vedlejší přímo související s činností hlavní – otáčení na souvratích a případná manipulace se základním nebo pomocným materiálem. Dalším krokem je stanovení měrné plošné operativní výkonnosti, kdy byla plošná operativní výkonnost vydělena pracovním záběrem strojní soupravy. To umožňuje částečně eliminovat vliv pracovního záběru strojů na výkonnost, čímž se lépe vyjádří vliv velikosti pozemků při použití strojů o různých pracovních záběrech.



Podmítka byla zastoupená v jednotlivých kategoriích velikostí pozemků a případného rozdělení nejčteněji. Z obr. 6. jsou patrné vyšší výkonnosti (průměrně o 21 % v porovnání s nedělenými pozemky) při podmítce na pozemku rozděleném v obvyklém směru jízdy, a naopak nižší průměrné výkonnosti (průměrně o 17 % v porovnání s nedělenými pozemky) u podmítky při dělení v jiném směru, než je obvyklý směr jízdy. Obvyklý směr je totiž většinou určován delší stranou pozemku, čímž se přispívá k vyšší výkonnosti. Rozdíly však nebyly statisticky významné.

Obr. 7. ukazuje na příkladu podmítky na pozemcích o výměře větší než 30 ha změnu výkonnosti po rozdělení pozemků. Pokud byl pozemek rozdělen ve stejném směru, jako byl obvyklý směr jízdy po pozemku, výkonnost paradoxně vzrostla o 8,3 %. Tento rozdíl, který však není statisticky významný, je způsoben především metodikou výpočtu výkonnosti z plochy pozemku. Rozdělení pozemků se v praxi promítlo do jejich zmenšené plochy pro obhospodařování. Toto zmenšení plochy ale nebylo promítnuto do výpočtu výkonnosti.

Závěr

Otáčení strojů mimo okrajích pozemků v podmínkách ČR nepatří mezi zásadně používané technologické systémy, navíc je komplikováno legislativními úpravami. Přesto vzhledem k zjištěným výsledkům by mělo patřit mezi zkoumané a perspektivní opatření nejen pro pěstování cukrové řepy. Obecně bude platit větší vhodnost pro bonitnější plodiny a plodiny citlivé na technogenní zhutnění. S tím související provozní analýza s využitím telematického systému ITineris – WayQuest v zemědělském podniku AGRA Řisuty, s.r.o., ukázala, že výkonnostní charakteristiky nasazení zemědělské mechanizace nebyly negativně ovlivněny rozdělením velkých půdních bloků v souvislosti s Nařízením vlády č. 31/2020 Sb.

Souhrn

V souvislosti s vytvářením podmínek pro plnění standardu DZES7d (snížení výměry pozemků) byly hodnoceny dopady pojezdů strojních souprav po pozemcích z hlediska nežádoucího zhutňování půdy zejména na souvratích. Ukázal se přínos otáčení strojů na pásu trvalého travního porostu přilehlého k okraji pozemku. Tato organizace přejezdů po pozemcích umožňuje omezit nežádoucí zhutňování půdy na produkční ploše pozemků. Měření se uskutečnila na pokusných pozemcích společnosti Agro Řisuty během sezon 2022 a 2023. Modelový pozemek se nachází na pomezí Benešovské a Vlašimské pahorkatiny v nadmořské výšce 420 m. Půda v této lokalitě je lehká, hlinito-písčité kambizem.

Klíčová slova: okraje pozemků, soupravy strojů, otáčení strojů.

Literatura

- KAPOUTSIS, A. ET AL.: DARP: Divide Areas Algorithm for Optimal Multi-Robot Coverage Path Planning. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 86, 2017 (3–4), s. 663–680.
- NAGY, G.; WAGLE, S.: Computational Geometry and Geography. *Professional Geographer*, 32, 1980 (3), s. 343–354.
- TSURUTANI, T.; KASAHARA, Y.; MIYASHITA, T.: A geographic information overlay method for regional analysis. *Systems and Computers in Japan*, 17, 1986 (8), s. 41–49.
- SCHWARZ, H. A.: *Gesammelte mathematische abhandlungen*. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1890, 247 s.

5. WIDLUND, O.; DRYJA, M.: Towards a unified theory of domain decomposition algorithms for elliptic problems. In *Proc. of the Third Int. Symposium on Domain Decomposition Methods for Partial Differential*, Houston, Texas, March 20–22, 1989 SIAM.
6. KURAZ, M.; MAYER, P.; PECH, P.: Solving the nonlinear and nonstationary Richards equation with two-level adaptive domain decomposition (dd-adaptivity). *Applied Mathematics and Computation*, 267, 2015, s. 207–222.

Edrová J., Novák P., Šařec P., Hůla J.: Turning of Machinery Sets at Field Margins

In relation to the establishment of conditions for fulfilling the GAEC7d standard (reduction of field area), the impact of machinery movements across fields was evaluated, particularly in terms of undesirable soil compaction at headlands. The benefits of turning machinery on a strip of permanent grassland adjacent to the field edge were demonstrated. This organization of field traffic helps to

reduce undesirable soil compaction in the productive field area. Measurements were carried out on experimental plots of the Agro Řisuty company during the 2022 and 2023 seasons. The model field is located at the border of the Benešov and Vlašim highlands at an altitude of 420 m. The soil in this location is light, loamy-sandy cambisol.

Key words: field margins, machinery sets, turning of machinery.

Kontaktní adresa – Contact address:

prof. Ing. Josef Hůla, CSc., Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 – Suchbátka, Česká republika, e-mail: hula@tf.czu.cz