

TRENDY ZMĚN VYBRANÝCH FYZIKÁLNÍCH PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ

JAN VOPRAVIL, TOMÁŠ KHEL, DARINA HEŘMANOVSKÁ, LUKÁŠ VLČEK

Ing. JAN VOPRAVIL, Ph.D

Vedoucí oddělení pedologie a ochrany půdy VÚMOP v.v.i., na ČZU je garantem předmětu Půda a protierozní ochrana. Dlouhodobě se zabývá problematikou půdy, její ochrany, včetně odborné pomoci při tvorbě legislativy. Snaží se o podporu správné zemědělské praxe - zemědělce jako hlavního činitele, který může pozitivně ovlivnit stav půdy a naší krajiny.

Ing. DARINA HEŘMANOVSKÁ, Ph. D.

Pracuje na oddělení pedologie a ochrany půdy Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Zabývá se zpracováním a analýzou prostorových dat půdních charakteristik a tvorbou mapových výstupů.

Ing. TOMÁŠ KHEL

Pracuje ve Výzkumném ústavu meliorací a ochrany půdy v Praze v oddělení Pedologie a ochrany půdy. Podílí se na projektech zabývajících se změnou půdních vlastností po antropogenním zásahu do jejich přirozeného vývoje, degradací půdy, mapováním půd, klasifikací půd České republiky, popisu půdní heterogenity a projektech směřujících k ochraně půdy a jejích funkcí.

Půda je prostředí živé, jejíž sezónní vlastnosti reagují na vnitřní i vnější faktory a intenzitu jejich působení. Mezi ně patří například způsob hospodaření, klimatické podmínky daného roku, management půdy, pěstovaná plodina aj. Na trendy změn tak nelze usuzovat z porovnání několika let, je třeba využít historická data dokumentující stav půdy minimálně před desetiletím, neboť pouze tak budou eliminovány přirozené výkyvy a bude možné usuzovat na dlouhodobější trend průkazných změn. Česká republika je v tomto pohledu spolu se Slovenskem výjimečná díky jedinečnému datovému zdroji - **Komplexnímu průzkumu půd (KPP)**, který dokumentuje stav půdy bývalého Československa v 70. letech minulého století. Právě tato datová báze byla využita při retrospektivním popisu změn vybraných půdních vlastností. Rozsah příspěvku umožnil zaměřit se pouze na jejich část, a to na změny ve fyzikálním stavu půdy, který má zásadní vliv na pohyb vody v půdě a agronomické sucho i sucho v krajině.

CO BYL KOMPLEXNÍ PRŮZKUMU PŮD?

Komplexního průzkumu půd (KPP) probíhal na území tehdejšího Československa mezi lety 1961–1971, popisuje tak stav půd před zhruba čtyřiceti lety (Skalský a kol. 2014). Kromě taxonomického mapování půdního pokryvu v měřítku 1:5000, resp. 1: 10 000 bylo v rámci KPP provedeno také vyhodnocení kvality půd na podkladě analýz mnoha půdních vzorků. Ty byly odebírány ze tří druhů sond - tzv. Z-sond (základní), V-sond (výběrové) a S-sond (speciální). Typy sond se lišily především rozsahem analýz. Nejkomplexnější analytický popis je dostupný pro S-sondy, které sloužily pro získání všestranné analytické charakteristiky typických půdních před-

stavitelů a jejich rozmístění reprezentuje genetické řady půd na nejvýznačnějších substrátech, podchycuje zákonitosti vertikální zonality v rámci jednoho substrátu a vybrané S sondy popisují nejvýznačnější litogenní varianty a stadia hydromorfního vývoje (celkem cca 1,5 tisíce sond). Rozsah analýz S-sond byl zaměřen na chemické, ale i fyzikální parametry půdy (odebírány byly neporušené půdní vzorky - Kopeckého válečky).

IDENTIFIKACE TRENDŮ

V rámci úkolu podpořeného Ministerstvem zemědělství bylo během dvou let řešení opětovně vykopáno celkem 171 sond na místech původních S-sond KPP. Sondy byly vybrány podle několika kritérií tak, aby reprezentovaly sondy kontinuálně intenzivně využívané (orané) a aby byly v souboru zastoupeny zemědělsky obhospodařované půdy v České republice s četností přibližně odpovídající jejich plošnému vymezení. Samotný výkop sondy, odběry vzorků i jejich analýzy byly prováděny podle metodik platných v době KPP (Němeček a kol. 1967 a,b; Sirový a kol. 1967) tak, aby byly odebrány vzorky ze shodných půdních taxonů, shodných horizontů (hloubek; ověřena byla i shoda barvy a zrnitostní kategorizace), v hloubkách se shodnou morfologickou charakteristikou a na totožném půdotvorném substrátu. Výjimku tvořily pouze půdy erodované nebo půdy s akumulací sedimentu, kde byly odběry provedeny i v případě neshody hloubek jednotlivých horizontů, jinak by došlo k eliminaci nastalé změny. Díky tomuto nastavení často nebyla sonda v terénu odebrána - jediné tak bylo možné získat soubor srovnatelných párových dat pro následné statistické vyhodnocení. Odběr vzorků i rozsah analýz korespondoval s parametry S-sond. Pro vyhodnocení trendů změn byla nejprve data

standardizována a byl proveden test normality. V případě normálního rozdělení byl použit párový T-test, při nesplnění předpokladu normality dat byl následně použit Kruskal-Walisův test. Výsledky v grafech jsou pro srozumitelnost prezentovány ve formě sloupců znázorňujících procentuální rozdíl hodnoty nově stanovené a původní. Sloupec v kladné části stupnice tedy odpovídá zvýšení hodnoty půdního parametru, v záporné snížení.

VÝZNAM FYZIKÁLNÍCH PARAMETRŮ PŮDY

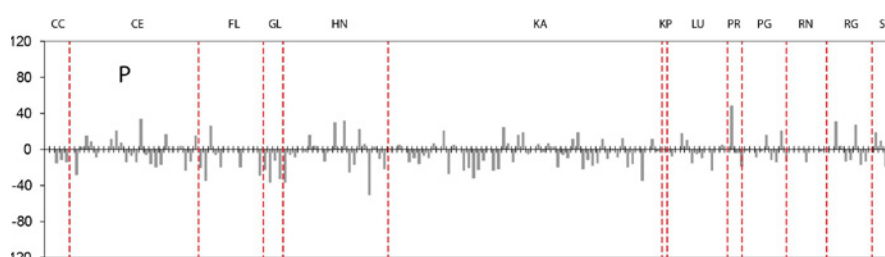
Fyzikální parametry byly stanoveny na neporušených vzorcích půd reprezentujících jejich aktuální prostorové uspořádání (Zbiral a kol. 2010). **Objemová hmotnost redukovaná (OHR)** udává hmotnost 1 cm³ půdy v přirozeném uložení a je ovlivněna obsahem organické složky, minerálním složením i degradací půdy utužením. Důležitým parametrem půd je jejich **pórovitost (P)**, která úzce souvisí s OHR. Pórovitost půdy je základní fyzikální vlastností, neboť ovlivňuje obsah vody i vzduchu v ní. Utužená půda omezuje vsak vody do půdy, zpomaluje rozklad organické hmoty a obecně negativně ovlivňuje růst a činnost půdní mikroflóry. V půdních pórech probíhají veškeré chemické reakce, vytváří prostředí pro mobilitu a transport živin. Velmi důležité je i zastoupení jednotlivých skupin pórů podle velikosti (nekapilárních, semikapilárních a kapilárních). K přesnějším úvahám o kvalitativním zastoupení pórů byla dále stanovena **maximální kapilární vodní kapacita (MKVK)**. Jedná se o hodnotu popisující zastoupení jemných pórů a schopnost půdy poutat vodu kapilárními silami (orientačně lze srovnat s hodnotou retenční vodní kapacity).

K JAKÝM ZMĚNÁM U ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD DOŠLO?

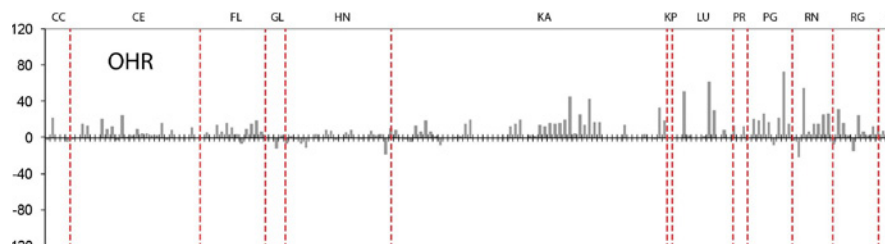
Grafy 1–6 dokumentují hodnocení změn v ornici a podorničí u vybraných fyzikálních půdních parametrů.¹

Objemová hmotnost redukovaná (OHR)

Výsledky srovnání ukazují grafy 1 a 2. Trendy změn v ornici i podorničí byly shodně statisticky průkazné a ukazují na zhoršení stavu půd z pohledu tohoto fyzikálního parametru. Z výsledků vyplývá, že u většiny



Graf 1: Změny objemové hmotnosti redukované v ornici



Graf 2: Změny objemové hmotnosti redukované v podorničí

sond došlo ke konsolidaci půdních částic, omezení prostoru pro vzduch a utužení půdy s negativy pro koloběh vody, ale i prvků a biologického života. Překvapivé je utužení v regozemí, kdy i u půd zrnitostně lehkých došlo ke zhoršení tohoto parametru.

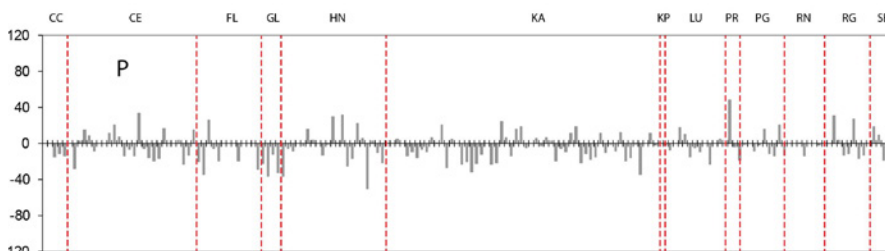
Pórovitost (P)

Výsledky srovnání ukazují grafy 3 a 4. Průkazné negativní změny byly stanoveny v ornici i podorničí. Především stav podor-

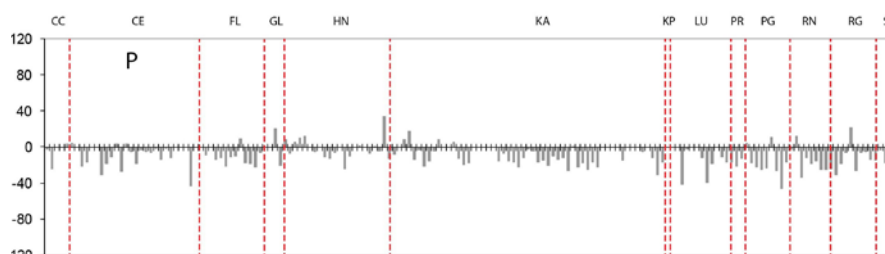
zjištění u OHR. V utužené půdě se snižují prostory pro vzduch a omezuje se pohyb vody. Přes kulturní zásahy ovlivňující svrchní část půdy se podorničí stále více chová jako vrstva retardující, a to jak pro vertikální pohyb prvků a látek, tak pro růst kořenů plodin. Zhoršeny jsou i podmínky pro biologickou činnost mikro- a makroorganismů.

Maximální kapilární vodní kapacita (MKVK)

Výsledky srovnání ukazují grafy 5 a 6. Tento



Graf 3: Změny pórovitosti v ornici

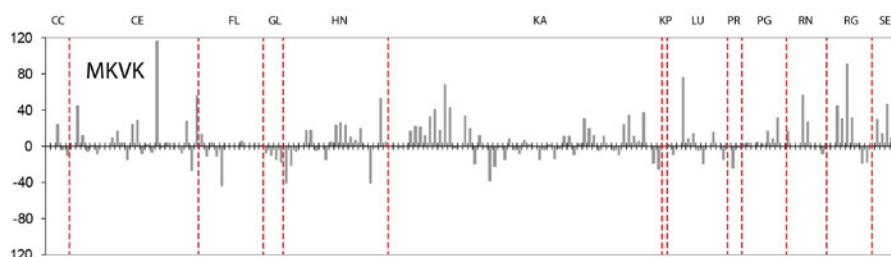


Graf 4: Změny pórovitosti v podorničí

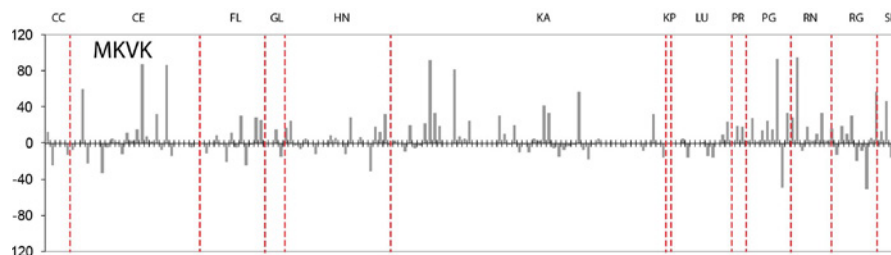
ničí je alarmující, kdy byla pouze výjimečně stanovena pozitivní změna oproti stavu před 40 lety. Pórovitost logicky potvrzuje

fyzikální parametr a jeho průkazné zvyšování hodnot dokresluje vyhodnocení předchozích fyzikálních ukazatelů. Zvyšující se

¹ Vysvětlivka grafů: klasifikace půd podle Němečka a kol. (2011): CC – černice, CE – černozem, FL – fluvizem, GL – glej, HN – hnědozem, KA – kambizem, KP – kryptozol, LU – luvizem, PR – parandzina, PG – pseudoglej, RN – rendzina, GG – regozem, SE – šedozem



Graf 5: Změny v maximální kapilární vodní kapacitě v ornici



Graf 6: Změny v maximální kapilární vodní kapacitě v podornici

hodnota MKVK je důsledkem utužení půdy, kdy se mění poměry pórů ve prospěch pórů jemných, kapilárních, avšak na úkor pórů hrubších, semikapilárních a nekapilárních. Právě tyto póry však vedou vodu gravitačně do hloubi půdy a zásobují vláhou i spodní části profilu, čímž zvyšují retenční kapacitu půdy. Současný stav omezuje však vodu do půdy, voda je ve svrchní části půdy vázána pevněji, kapilárně, avšak absence preferenčních cest brání rychlému prostupu vody půdou a v důsledku je akcelerován povrchový odtok, čímž je půda ochuzována o vodu a v důsledku je podpořena eroze půdy. Druhým aspektem stanoveného trendu je pokles obsahu půdního vzduchu, kdy je snížena výměna prvků a v případě dlouhodobě kapilárně držené vody může docházet k redukčním podmínkám omezujících růst plodin.

JAK TEDY DÁLE?

Je potřeba zvýšit péči o přirozenou úrodnost půdy, neboť pouze ta dokáže eliminovat extremity posledních let. Řeč je především o změnách v distribuci vody, kdy stejné množství spadne v menším počtu srážkových událostí, zvedá se tak jejich intenzita a akcelerace navázaných degradačních procesů v krajině. Revidovány by měly být především zavedené praktiky hospodaření bez organického hnojení a střídání plodin, byť oba tyto aspekty mohou narážet na ekonomické problémy chodu živočišné výroby. Absence mrazů a nedostatek vláh v půdě během zimy omezuje přirozenou obnovu fyzikálních parametrů, je tedy

třeba zapojovat do osevních postupů hlubokokořenící plodiny, které kladně působí i v nižších partiích půdy. Podle podmínek je vhodná různá hloubka kultivace půdy, vyloučení jednostranné agrotechniky půdy (střídání orby/bezorebných technologií), udržování kladné bilance organických látek. Kvalitu půdy podpoří také postupy organizační, jako je snížení velikosti půdního bloku, zavádění protierozních mezí, průlehlů, budování větrolamů, remízků a dalších krajinných prvků.

JAK MÁLO STAČÍ

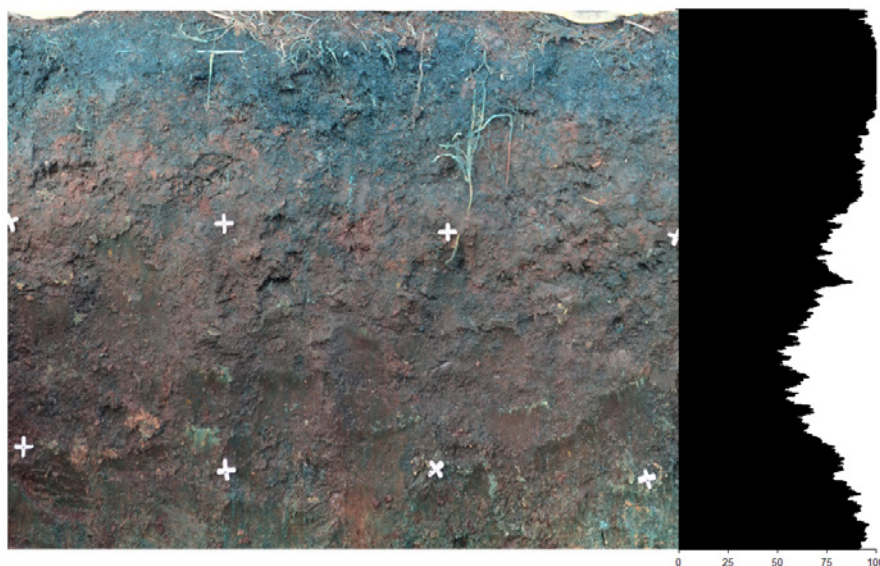
K půdě bychom se neměli chovat jednostranně, extrémně. Agrotechnika i plodiny by se na polích měly logicky střídat,

agrotechnika by se měla přizpůsobovat aktuální situaci (někdy orám, někdy šetřím vláhu minimalizační technologií apod.), neboť se změnou přichází i prostor pro regeneraci půdy zatíženou pěstováním plodiny v daném roce. Málo platné, onen „selský“ rozum platil a platí i v současnosti, jen se na něj někdy kvůli „ekonomickému tlaku“ zapomíná. Často však stačí málo. Toto „málo“ bychom rádi ukázali na dosavadních výsledcích z provozního pokusu založeného v roce 2019. Pokus řeší možnosti „levného“ řešení obnovy prezentované degradace fyzikálního stavu půdy i jeho viditelné dopady na pohyb vody v půdě.

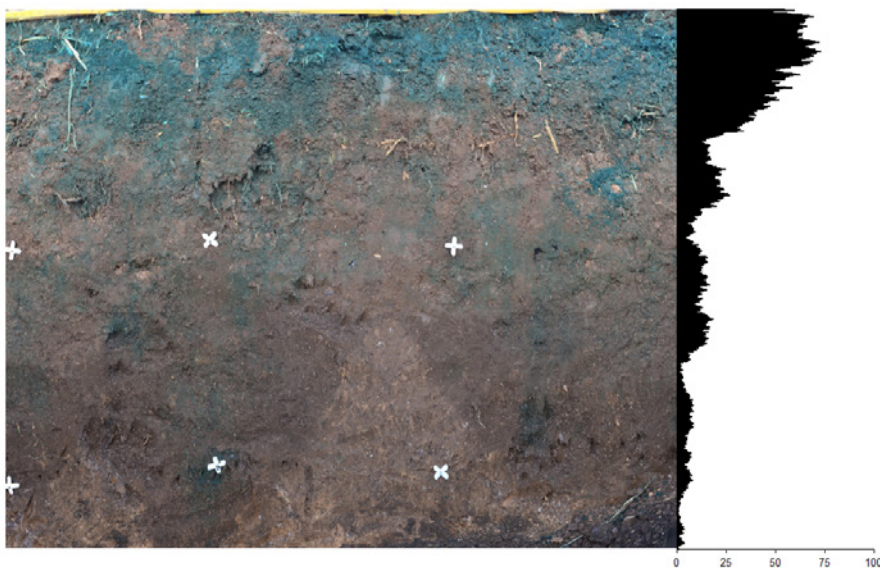
VÝZKUMNÁ PLOCHA Hovorčovice

Půdní kryt plochy tvoří černozemě modální vyvinuté na spraši. Intenzivní využití půdy se projevilo v degradaci fyzikálního stavu půdy, kdy se v hloubce cca 40 cm vytvořila utužená vrstva omezující pohyb vody i růst rostlin.

Pokusná pole byla založena na podzim 2019 se dvěma variantami zpracování půdy: (A) plocha založená konvenčně, tedy zpracovaná kompaktozemí a oseta, a (B) podrytá do hloubky 40 cm a následně zpracovaná stejně jako část A, tj. kompaktozemí a oseta. V dalších letech se agrotechnika na těchto částech již nebude lišit, bude se pouze přizpůsobovat plodinám a mezíplodinám v navrženém variantním osevním sledu (snahou řešitelů je též popsat vliv špatného/správného střídání plodin). Po založení porostu byly provedeny dva in-



Obr 1: Výsledky infiltrační zkoušky se stopovačem na podryté variantě



Obr 2: Výsledky infiltrační zkoušky se stopovačem na nepodryté variantě

filtrační testy se stopovačem – na podryté ploše a na nepodryté ploše. Na vymezenou plochu bylo aplikováno 200 l roztoku brilantní modře a vody. Po 24 hodinách byla na ploše vykopána půdní sonda, jejíž půdní profil byl nafocen. Jednotlivé fotografie byly automaticky spojeny v programu Agisoft Photoscan 1.4.5, čímž vznikla plocha

cca 0,9 x 0,8 m vstupující do vyhodnocení. V programu GIMP byly extrahovány plochy neposuzované (např. kameny, orientační značky v profilu) a plochy zasažené modrou barvou a snímek byl statisticky vyhodnocen v prostředí RStudio. Z vyhodnocení ploch vyplývá, že na podryté variantě (viz obr. 1) voda lépe infiltruje do celého profilu,

horší distribuce je v hloubce 40–50 cm, kde se nachází utužené podorniči. Podrytí však tuto vrstvu narušilo a v místech prostupu pracovních nástrojů podrývače voda protekla a nasýtila i nižší partie půdy, čímž zvýšila celkovou zásobu vody v půdě. Celkově je trasovačem zasaženo 81 % stěny hodnocené plochy (na obrázcích je vždy vpravo znázorněna plocha ovlhčení % v závislosti na hloubce). Na nepodryté variantě (viz obr. 2) voda nejlépe zasakuje v orníční vrstvě (hloubka do 20 cm), pod utuženou vrstvou se voda dostává minimálně. Trasovačem bylo v tomto případě označeno ovlhčení 19 % hodnocené plochy. Pokusy i jejich hodnocení budou probíhat i nadále, pokus však potvrzuje předpoklad. Pakliže máme půdu degradovanou, je třeba snažit se o optimalizaci negativního stavu. O to více to platí v případě zadržení vody v půdě, kdy půda s vyšší vlhkostí dokáže déle odolávat případné periodě sucha. Jak dokumentuje popsany příklad, množství vody v půdě není vždy pouze důsledek absence atmosférických srážek.

Příspěvek vzniknul za podpory MZe, a to v rámci plnění funkčního úkolu „Využití archivních dat ke stanovení trendů změn půdních vlastností“ s podporou projektu NAZV QK1910299.

LITERATURA:

Němeček J., Damaška, J., Hraško, J., Bedrna, Z., Zuska, V., Tomášek, M., Kalenda, M. Průzkum zemědělských půd ČSSR, souborná metodika, díl první, Metodika terénního průzkumu, sestavování půdních map, kartogramů a průvodních zpráv. Geneticko-agronomická klasifikace půd ČSSR, Karlovy Vary: Ministerstvo zemědělství a výživy, 1967a. 246 s.

Němeček, J., Šimek, J., Ryglevicz, J. Průzkum zemědělských půd ČSSR, souborná metodika, díl druhý, Metodika agronomické interpretace výsledků průzkumu půd, Karlovy Vary: Ministerstvo zemědělství a výživy, 1967b. 125 s.

Němeček, J., Mühlhanslová, M., Macku, J., Vokoun, J., Vavříček, D., Novák, P. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. upravené vydání. Česká zemědělská universita Praha, 2011. ISBN 978-80-213-2155-7. 94 s.

Sirový, V., Facek, Z., Pospíšil, F., Kulíková, A., Javorský, P., Kalaš, V. Průzkum zemědělských půd ČSSR, souborná metodika, díl třetí, Metodika laboratorních rozborů a principy jejich vyhodnocení. Karlovy Vary: Ministerstvo zemědělství a výživy, 1967. 83 s.

Skalský, R., Vopravil, J., Holubík, O., Novotný, I., Novák, P., Papaj, V., Pírková, I., Saks, M. Komplexní průzkum zemědělských půd (Komplexný prieskum poľnohospodárskych pod): historie, metodika, hodnocení, využití (história, metodika, hodnotenie a využitie). 2014. ISBN 978-80-87361-28-3.

Zbíral, J. a kol. Jednotné pracovní postupy. Analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, 2010. ISBN 978-80-7401-031-6. 290 s.