

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
TECHNICKÁ FAKULTA
KATEDRA ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ

POROVNÁNÍ VYBRANÝCH STROJŮ PRO
KYPŘENÍ PŮDY

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Novák

Autor diplomové práce: Martin Kakos

Praha 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kakos Martin

Zemědělská technika

Název práce

Porovnání vybraných strojů pro kypření půdy .

Anglický název

Comparsion of selected machinery for soil tillage.

Cíle práce

Cílem práce bude porovnat vybrané stroje pro zpracování půdy z hlediska kvalitativních parametrů. Stroje budou porovnány v předem vybrané lokalitě za daných podmínek.

Metodika

První částí práce bude rešerže soudobé literatury z oblasti zpracování půdy. Zejména bude věnována problematice půdní vláhly a vlivu organické hmoty na povrchu půdy. Experimentální část práce bude spočívat v provedení a následném vyhodnocení poloprovozního pokusu s využitím několika vybraných kypřičů. Bude provedeno kvalitativní zhodnocení práce těchto strojů a vysloveny doporučení platné pro vybrané půdní podmínky.

Osnova práce

1. Úvod
2. Zpracování půdy
3. Cíl práce
4. Metodika experimentu
5. Hodnocení naměřených výsledků
5. Diskuze
6. Závěr

Rozsah textové části

60 stran

Klíčová slova

kypřič, zpracování půdy, rostlinné zbytky

Doporučené zdroje informací

Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F., 1997: Zpracování půdy. Praha, Brázda, 144 s.

Hůla, J., Procházková, B., a kol., 2008: Minimalizace zpracování půdy. Praha, Profi-Press: 248 s.

Köller, K., Linke, Ch., 2001: Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug. Frankfurt am Mein, DLG – Verlag, 176 s.

Kumhála, F. et.al., 2007: Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. ČZU v Praze, 426 s.

Odborné články: Mechanizace zemědělství, Agritech science, Soil Tillage Research
Firemní literatura a Internet

Vedoucí práce

Novák Petr, Ing.

Termín zadání

listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2014

Elektronicky schváleno dne 24.1.2013

doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28.1.2013

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Porovnání vybraných strojů pro kypření půdy“ vypracoval samostatně za pomoci použité literatury a podkladových materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

Ve Vlašimi 26.3.2014

.....
Martin Kakos

Poděkování

Tímto bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Novákovi, za ochotu, odborný dohled, cenné připomínky a rady při zpracování této práce.

Dále bych rád poděkoval firmám Pekass, a. s., Daňhel Agro, a. s., Zemědělskému družstvu Pravonín za zapůjčení strojů pro měření.

Poděkovat bych chtěl také Jaroslavu Kakosovi za vytvoření podmínek pro uskutečnění měření a rodině za podporu a trpělivost.

Porovnání vybraných strojů pro kypření půdy

Abstrakt

K hodnocení kvality zpracování půdy jsou na úvod diplomové práce popsány vlastnosti půdy, možnosti zpracování půdy a faktory ovlivňující výběr technologie pro zpracování půdy. Dále jsou detailně popsány technické parametry a možnost vybavení vybraných kypřičů od firem Lemken a Horsch.

Cílem této diplomové práce je vyhodnotit a porovnat práci jednotlivých strojů pro kypření půdy. Kvalita práce kypřičů je hodnocena ihned po přejezdu soupravy. Posuzovanými parametry je vyhodnocení pokryvnosti povrchu posklizňovými zbytky, profilu dna zpracované půdy, povrchu zpracovaného profilu a vyhodnocení drsnosti povrchu půdy. Toto hodnocení je provedeno u dvou radličkových kypřičů Horsch Terrano FX a Lemken Karat 9 a u dvou diskových podmítačů Horsch Joker RT a Lemken Rubin.

Z důvodu co nejpřesnějšího porovnání naměřených dat, bylo provedeno měření v jednom dni, na jednom pozemku, který obhospodařuje společnost Agro – Kvarto Ovčiny, s. r. o. , a radličkové kypřiče byly nastaveny na stejnou hodnotu. Shodně byly také nastaveny diskové podmítače. Výsledků bylo dosaženo statistickým zpracováním naměřených hodnot ve statistickém programu. Výsledkem diplomové práce je vyhodnocení a porovnání naměřených dat jednotlivých kypřičů.

Klíčová slova:

Zpracování půdy, radličkový kypřič, diskový podmítač, eroze, půdní vlastnosti, pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky, profil dna, drsnost povrchu.

Comparison of selected machinery for soil tillage

Summary

To evaluate the quality of tillage the introduction of the thesis describes the properties of soil tillage options and factors influencing the choice of technology for tillage. There are also described the technical parameters and equipment selected from companies Lemken cultivators and Horsch in details here.

The aim of this thesis is to evaluate and compare the work of individual machines for loosening the soil. The quality of cultivator work is evaluated immediately after a kit crossing. Parameters under consideration are the evaluation of coverage surface crop residue management, tillage bottom profile, profile of surface and evaluation of the processed surface roughness of the soil. This evaluation is performed on two plowshare cultivators Horsch Terrano FX and Lemken Karat 9 and two disc cultivators Horsch Joker RT and Lemken Rubin.

Due to the most accurate comparison of the measured data, measurements were taken in one day, on one piece of land that are managed by Agro - Quarto Ovčiny, Ltd., subsoilers were set to the same value. Both were also set disc harrows. Results were obtained by statistical processing of measured values in a statistical program. The result of the thesis is the evaluation and comparison of the measured data of individual cultivators.

Keywords:

Soil tillage, cultivator, disc harrow, erosion, soil properties, surface coverage of crop residues, bottom profile, surface roughness

Obsah

1	Úvod	11
2	Půda a její vlastnosti	12
2.1	Půda	12
2.1.1	Složení půdy	12
2.1.2	Půdní úrodnost.....	13
2.1.2	Fyzikální vlastnosti půdy.....	13
2.1.2.1	Barva.....	13
2.1.2.2	Struktura půdy	14
2.1.2.3	Technologické vlastnosti půdy	14
2.1.2.4	Voda v půdě.....	15
2.1.2.5	Objemová hmotnost.....	16
2.1.2.6	Měrná hmotnost.....	17
2.1.2.7	Penetrační odpor	17
2.1.2.8	Pórovitost.....	17
2.1.2.9	Vzdušná a vodní kapacita	18
2.1.3	Chemické vlastnosti půd.....	19
2.1.3.1	Obsah humusu	19
2.1.3.2	Půdní reakce	19
2.1.3.3	Sorpční vlastnosti	20
2.2	Činitele ovlivňující výběr vhodné technologie zpracování půdy	21
2.2.1	Ekonomika.....	21
2.2.2	Eroze půdy	22
2.2.2.1	Vodní eroze.....	23
2.2.2.2	Větrná eroze.....	25
2.2.2.3	Sněhová eroze.....	26
2.3	Zpracování půdy	26
2.3.1	Konvenční zpracování půdy	27

2.3.1.1	Podmítka.....	27
2.3.1.2	Orba	28
2.3.1.3	Předset'ová příprava a setí	29
2.3.2	Konzervační zpracování půdy	29
2.3.3	Přímé setí	30
3	Konstrukce kypřičů	31
3.1	Radličkové kypřiče	31
3.1.1	Horsch Terrano 5 FX.....	31
3.1.2	Lemken Karat 9	34
3.2	Talířové kypřiče.....	35
3.2.1	Horsch Joker RT.....	35
3.2.2	Lemken Rubin 9	37
4	Cíl práce.....	39
5	Metodika měření.....	40
5.1	Podmínky a technika použitá při měření	40
5.2	Měření - postup.....	44
5.2.1	Neporušené půdní vzorky	44
5.2.2	Měření profilu dna	46
5.2.3	Drsnost zpracovaného povrchu	47
5.2.4	Měření pokryvnosti posklizňovými zbytky.....	48
6	Výsledky.....	52
6.1	Fyzikální vlastnosti půdy.....	52
6.2	Profil dna	55
6.2.1	Horsch Terrano 5 FX.....	55
6.2.2	Lemken Karat 9	56
6.2.3	Horsch Joker RT.....	57
6.2.4	Lemken Rubin 9	59
6.3	Drsnost povrchu.....	60
6.4	Pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky	61

7	Praktické doporučení	64
8	Závěr.....	66
9	Seznam použitých zdrojů.....	68
10	Seznam tabulek.....	71
11	Seznam grafů	72
12	Seznam obrázků.....	73
	PŘÍLOHY	74

1 Úvod

Půda patří mezi velmi pomalu obnovitelné zdroje. Pro zemědělství je to jeden z hlavních výrobních prostředků pro výrobu potravin a krmiv. Podle soupisu osevních ploch dramaticky klesá plocha zemědělské půdy v České republice. Výměra zemědělské půdy pro rok 2013 činila 3.321 tis. hektarů a z toho 2.501 tis. hektarů tvořila orná půda. V roce 2002 to však bylo 4.273 tis. hektarů zemědělské půdy a z toho 3.068 tis. hektarů půdy orné. [www.czso.cz] Trendem současné doby je stále intenzivnější využívání půdy. Tomu napomáhá technický a technologický rozvoj zemědělské výroby. Proto je velmi důležité vhodně volit takové technologie, které jsou šetrné k půdě a zároveň zaručují vysokou efektivitu práce. Hlavní takovou technologií je posklizňové zpracování půdy.

Pro udržení se v silné konkurenci musí farmáři často přehodnocovat a měnit systémy zpracování půdy. Mimo zkvalitňování péče o půdu je hlavním cílem také snižování nákladů. Z důvodu vysoké energetické náročnosti zpracování půdy je tato operace často vhodným předmětem hledání úspor nákladů. Náklady na pohonné hmoty, minerální hnojiva nebo na přípravky na ochranu rostlin může farmář jen těžko ovlivnit. Proto je snižování nákladů při zpracování půdy důležitým faktorem k dosažení příznivých nákladů na jednotku produkce. Při splnění kvalifikovaného přístupu je možné v určitých mezích redukovat hloubku a intenzitu zpracování a to bez nežádoucího vlivu na hospodaření na pozemku z hlediska výnosu. Minimalizační technologie založené na tomto principu přispívají k omezení eroze a ke zlepšení půdní struktury.

Na druhé straně však nekvalitní zpracování půdy vede ke špatně založeným a nevyrovnaným porostům, snižuje účinnost hnojení a zvyšuje riziko napadení škůdci. Nekvalitní zpracování půdy může dokonce znehodnotit úrodnost půdy.

Stroje pro zpracování půdy jsou hodnoceny podle ukazatelů, které ovlivňují úrodnost půdy, budoucí výnosy plodin a náchylnost půdy k erozi. Mezi hlavní ukazatele můžeme zařadit hloubku zpracování půdy, příčnou a podélnou nerovnoměrnost zpracování, množství posklizňových zbytků na povrchu, utužení a drsnost povrchu.

Využití minimalizační technologie zpracování půdy jako alternativy orby zahrnuje řadu nevýhod, přesto je tento způsob zpracování považován za šetrný k půdě a efektivní z hlediska práce. Z těchto důvodů se v této diplomové práci budu věnovat hodnocení kvality práce radličkových a diskových kypřičů.

2 Půda a její vlastnosti

2.1 Půda

Půda je neobnovitelným přírodním zdrojem, je charakteristickou složkou krajiny. Je to nejsvrchnější porézní vrstva pevné zemské kůry, která je složena z minerálních částic různých velikostí, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stupni rozkladu, a dále je prostoupena vodou a vzduchem. Pro zemědělství je půda především stanovištěm pěstovaných rostlin, prostředkem k výrobě potravin rostlinného původu, krmiv pro hospodářská zvířata, ale i surovin pro nepotravinářské využití. Při hospodaření na půdě by mělo být trvale v popředí zájmu uchování úrodnosti půdy a jejich ekologických funkcí [Kumhála et al., 2007].

2.1.1 Složení půdy

Půda tvoří složitý otevřený systém, a protože zahrnuje všechny tři fáze skupenství, nazývá se též systémem trojfázový.

Půda obsahuje tyto složky:

- a) minerální - anorganické (kameny, štěrk, písek, prach, jílové částice),
- b) organické hmota,
- c) voda (půdní roztok),
- d) plyny,
- e) živé organismy (červi, hmyz, bakterie, prvoci, háďátka, houby, řasy).

Mezi pevnou, kapalnou a plynnou složkou existuje neustálá výměna molekul a iontů, ovlivňovaná fyzikálními, chemickými a biologickými procesy [Šindelář, 2004].

2.1.2 Půdní úrodnost

Půdní úrodnost je soubor vlastností, které se navenek projevují jako schopnost půdy vytvořit optimální půdní prostředí pro kořenovou soustavu rostlin a během celé jejich vegetační doby jim zajistit dostatečné množství živin, vzduchu a vody pro jejich růst a vývoj, směřující k maximální produkci. To zásadně odlišuje půdu, jakožto přirozené stanoviště pro růst a vývoj rostlin od zvětralých horninových substrátů. Vlastnosti půdy, významné pro půdní úrodnost, je možné rozdělit na fyzikální, chemické a biologické. Jejich optimální úroveň a vzájemný soulad vytváří tzv. potenciální půdní úrodnost. Ta je především ovlivněna přirozenými podmínkami, za nichž se půda vytvořila a dále vyvíjela [Javůrek et al., 2010].

2.1.2 Fyzikální vlastnosti půdy

Znalost fyzikálních vlastností půdy hraje významnou úlohu při rozhodování, kdy a jakým způsobem má být půda zpracovávána. Jde tedy o správný odhad zpracovatelnosti půdy s ohledem na konkrétní podmínky, panující na stanovišti, kdy při manipulaci s půdou nedochází k poškozování její kvality, ale naopak je dosaženo optimálního stavu půdního prostředí, vhodného pro pěstování rostlin [Javůrek, et al., 2010].

2.1.2.1 Barva

Barva je důležitou charakteristikou při popisu půdního profilu. Zabarvení jednotlivých vrstev (horizontů) půdního profilu je důsledkem půdotvorných faktorů a u zemědělských půd významně i typem a intenzitou kultivace. Pokud má humusový horizont vyšší mocnost než je hloubka kultivace (např. černice, některé černozemě), je ornice barevně málo odlišitelná od podorničí. U většiny orných zemědělských půd vznikla ornice kultivací a homogenizací původního humusového horizontu a části hlouběji uloženého horizontu. Tak se vytvořil relativně ostrý barevný přechod mezi ornici a podorničím. Orniční horizont má většinou zabarvení v odstínech mezi šedavě hnědou a černou. Podle obsahu organické hmoty, barva hlubších horizontů je výsledkem pedogenetických procesů a mineralogického složení substrátu [Sáňka, Materna, 2004].

2.1.2.2 Struktura půdy

Struktura půdy je velmi významnou půdní vlastností, která je dána schopností půdy spojovat půdní částice a vytvářet strukturní agregáty. Nejvyšší je struktura drobtovitá s velikostí půdních drobtů v rozmezí 1 až 10 mm. U strukturních půd je příznivý poměr kapilárních a nekapilárních půdních pórů. Půdní struktura významně ovlivňuje úrodnost půdy a určuje kvalitu vztahů mezi rostlinami, vodou, vzduchem v půdě a živinami. Zpracování vlhké půdy je spojeno s poškozováním struktury. Obdobně je půdní struktura narušována nadměrnými přejezdy po půdě, především při vyšší půdní vlhkosti. [Hůla et al., 1997].

2.1.2.3 Technologické vlastnosti půdy

Technologické vlastnosti půdy přímo souvisejí se zpracovatelností půdy. Jsou ovlivněny především zrnitostním složením půdy, půdní vlhkostí, ale i obsahem humusu.

Tabulka 1: Půdní druhy podle obsahu jílu [Sáňka, Materna, 2004], upravil Kakos [2014]

Procento jílnatých částic > 0,01mm	Označení půdního druhu		
0-10	písčítá	p	lehké
10-20	hlinitopísčítá	hp	
20-30	písčitohlinitá	ph	střední
30-45	hlinitá	h	
45-60	jilovitohlinitá	jh	těžké
60-75	jilovitá	jv	
>75	jíl	j	

Soudržnost půdy (koheze)

Kohezi se označuje schopnost půdních částic držet pohromadě. Velkou soudržností se vyznačují těžké půdy, zvláště za sucha. Při zpracování těchto půd vznikají potíže spojené s tvorbou obtížně zpracovatelných hrud. Lehké půdy mají malou soudržnost. Při zvýšení vlhkosti lehkých půd se jejich soudržnost mírně zvětšuje.

Přilnavost půdy (adheze, lepivost)

Vyjadřuje schopnost půdy ulpět na tělesech pronikajících do půdy. Nepříznivě se projevuje především při zpracování těžkých a velmi těžkých půd při vyšší půdní vlhkosti, kdy zemina ulpívá na pracovních nástrojích strojů. Snižuje se tím kvalita práce a zvyšuje energetická náročnost při zpracování půdy. Přilnavost je důležitým ukazatelem vhodnosti zahájení zpracování půdy po dešti nebo na jaře.

Soudržnosti půdy a její přilnavosti velmi ovlivňují pracovní odpor strojů pro zpracování půdy. Například při orbě radličným pluhem může pracovní odpor dosahovat na lehkých půdách hodnot kolem 30 kPa, na těžkých a velmi těžkých půdách však může přesahovat 100 kPa.

Technologické vlastnosti půdy, především soudržnost, ovlivňují tvorbu hrud při zpracování půdy. Velké problémy s obtížně zpracovatelnými hroudami mohou nastat při zpracování těžkých půd k ozimům. Zvláště po orbě s nedostatečně ošetřeným povrchem zorané půdy může vyschnutí hrud velmi ztížit předset'ovou přípravu půdy a zhoršit podmínky pro výsev ozimů a jejich vzházivost. Vhodnou volbou postupů zpracování půdy lze tvorbu hrud omezit. Při podzimní orbě k jarním plodinám zvýšená tvorba hrud nevádí, neboť hroudy e během zimního období rozpadnou vlivem opakovaného zmrznutí a rozmrznutí vody v hroudách [Hůla et al., 1997].

2.1.2.4 Voda v půdě

Obsah vody v půdě je zásadní parametr ovlivňující růst rostlin. Aktuální zásoba vody v půdě závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Důležitá je však vlastnost půdy zadržovat vodu, jež závisí především na textuře a struktuře. K popisu této charakteristiky se používají půdní hydrolimity:

- maximální vodní kapacita (maximální množství vody, které je půda schopna zadržet),
- polní vodní kapacita (obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitační),
- bod vadnutí (obsah vody, při kterém již rostliny nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody v půdě),

- maximální kapilární vodní kapacita (schopnost půdy zadržovat vodu pro potřeby rostlin),
- retenční vodní kapacita (obsah vody zadržovaný v kapilárních pórech), [Sáňka, Materna, 2004].

Tabulka 2: Orientační posouzení vlhkosti [Sáňka, Materna, 2004]

Stupeň vlhkosti	Stav půdy
Vyprahlá půda	Bez veškerých známek vlhkosti, těžší zeminy jsou v tomto stavu velmi tuhé, agregáty dále nedrobitelné, zatvrdlé, v plně rozdrobeném stavu práší, písčité zeminy jsou sypké a rozpadavé, při navlhčení vyprahlé zeminy silně tmavne barva
Suchá půda	Nevyvolává pocit chladu, těžší zeminy se nemažou jsou netvárlivé, hroudy jsou pevné, agregáty se těžko drtí, u písčítých zemí přestává soudržnost, lehce se rozsypají, tlakem mezi prsty se nespojují, ale rozpadají, při navlhčení suché zeminy tmavne barva.
Vlahá půda	Při zmáčknutí nepouští vodu, v ruce vyvolává pocit chladu, ale ruku neovlhčuje, těžší zeminy se tlakem drobí, nemažou se ani nelepí, jsou však plastické, písčité zeminy jsou soudržné, neplastické, při navlhčení vlahé zeminy se barva nemění.
Vlhká půda	Při zmáčknutí v ruce ovlhčuje dlaň nebo pouští vodu v kapkách, těžší zeminy se mažou, avšak nekašovití, lehké zeminy jsou v ruce formovatelné, mokří prsty, povrch se začíná lesknout od vody.
Mokrá půda	Vodou přesycená, při vyjmutí vzorku voda odkapává, zeminy kašovití, břednou.

2.1.2.5 Objemová hmotnost

Udává hmotnost jednoho metru krychlového půdy v jeho přirozeném uložení ($t.m^{-3}$ nebo $g.cm^{-3}$). Je vždy nižší než měrná hmotnost. Závisí na půdních vlastnostech: zrnitosti,

struktúře, vlhkosti, pórovitosti. Je důležitým parametrem pro hodnocení míry zhutnění, pedokompakce, jako významného negativního faktoru.

2.1.2.6 Měrná hmotnost

Měrná hmotnost půdy je hmotnost objemové jednotky pevné fáze půdy bez pórů, za předpokladu dokonale vyplněného prostoru pevnými částicemi. Měrná hmotnost závisí na obsahu různých minerálních a organických složek půdy. Průměrná hodnota měrné hmotnosti všech minerálních půd 2,65 g.cm⁻³ byla vzata z nejvíce zastoupeného nerostu většiny půd, kterým je křemen. Vysoký obsah humusu v půdě měrnou hodnotu snižuje, naopak přítomnost oxidů železa a těžkých minerálů hodnotu zvyšují [Jandák, Pokorný, Prax, 2010].

2.1.2.7 Penetrační odpor

Je odpor půdy vůči pronikání kužele penetrometru a zjišťuje se především pro posouzení stupně zhutnění půdy. Zjišťování penetračního odporu půdy však má širší možnosti využití. Podle penetračního odporu můžeme např. posuzovat odpor půdy při jejím zpracování a na stupeň obtížnosti kypření půdy. Jedná se však pouze o nepřímou metodu, kterou je vhodné doplnit např.: odběrem neporušených půdních vzorků.

Penetrometrie je pak vhodná jako diagnostická metoda pro zjišťování zhutnělých vrstev v půdním profilu. V případě výskytu zhutnělé vrstvy, například zhutnělého podorničí, lze zjistit hloubku zhutnění, posoudit účelnost kypření zhutnělé vrstvy a vymezit na pozemku místa, která by se měla zpracovat například dlátovým kypřičem při základním zpracování půdy k cukrovce. Hlubší kypření na celé ploše pozemku by mnohdy bylo zbytečně nákladné [Hůla et. al., 1997].

2.1.2.8 Pórovitost

Pórovitost jako jedna z dalších důležitých vlastností udávající celkový objem pórů v neporušené půdě. Půda je hmota pórovitá (porézní), kde mezi pevnými částicemi půdy a jejich shluky jsou volné prostory – půdní póry, které jsou většinou rozdílného tvaru, velikosti a jsou různým způsobem propojeny [Petelkau, 1989].

Půdní póry mají vliv na vlastnosti a rychlost pohybu vody obsažené v půdě, složení, pohyb a výměnu vzduchu, vývoj a růst kořenů rostlin, ale také na život půdních mikroorganismů nebo obdělávání půdy [Procházka, 2007].

Pórovitost vyjadřujeme v objemových procentech nebo jako poměrné číslo bez udání rozměru. Stanovuje se z odebraných neporušených vzorků, do tzv. Kopeckého válečků a vypočítáme ji:

$$P = \frac{M_z * O_r}{M_z} * 100 (\% \text{ obj.})$$

kde:

P ... celková pórovitost,

M_z ... měrná hmotnost [g.cm^{-3}],

O_r ... objemová hmotnost redukována [g.cm^{-3}] [Ledvina, et al., 1992].

2.1.2.9 Vzdušná a vodní kapacita

Význam vzdušné kapacity spočívá v množství vzduchu, které po nasycení vodou na hodnotu maximální kapilární kapacity zůstane v půdě. Tato hodnota se nazývá minimální vzdušnost. Je-li menší než 10 %, je ornice v kritickém stavu a vyžaduje agromeliorační zásah.

Půdy mají schopnost vodu přijímat, ale také zadržovat, zpomalovat její odtok a podmiňovat vznik zásob podzemní vody. Plná vodní kapacita udává hodnotu půdní vlhkosti, největší množství vody, při úplném nasycení všech půdních pórů. Prakticky ji můžeme považovat za shodnou s půdní pórovitostí. Maximální kapilární kapacita stanovuje hodnotu maximálního nasycení kapilárních půdních pórů. Neměla by ve většině orníc přesáhnout 36 %, jinak je půda porušená a na takovém pozemku se voda špatně vsakuje [Javůrek et al., 2010].

2.1.3 Chemické vlastnosti půd

2.1.3.1 Obsah humusu

Obsah humusu (organické hmoty) je velmi důležitým parametrem ovlivňujícím úrodnost půdy i funkci půdy v ekosystému. Zjišťuje se stanovením oxidovatelného organického uhlíku (C_{ox}) a vynásobením přepočítacím koeficientem 1,724 na humus. Tento přepočet platí za předpokladu, že humus obsahuje 58% uhlíku. Důležitým parametrem je kvalitativní složení humusu, které se vyjadřuje poměrem uhlíku k celkovému dusíku v půdě nebo poměrem huminových kyselin a fulvokyselin. U poměru uhlíku k celkovému dusíku (C:N) je číslo < 10 považováno za ukazatel dobré kvality humusu. Čím je číslo větší než 10, tím je humus méně kvalitní. Poměr huminových kyselin a fulvokyselin je spolehlivějším ukazatelem kvality. Např. u podzolových půd se tento poměr pohybuje do 0,5, u černozemních půd je většinou větší než 2[Sáňka, Materna, 2004].

Tabulka 3: Hodnocení obsahu humusu v půdě [Hůla et al., 1997], upravil Kakos [2014]

Obsah humusu (%)	Označení obsahu
méně než 1,0	velmi nízký
1,0 – 2,0	nízký
2,1 – 3,0	střední
3,1 – 5,0	vysoký
více než 5,0	velmi vysoký

2.1.3.2 Půdní reakce

Půdní reakce se označuje číslem pH, které je záporným logaritmem koncentrace vodíkových iontů. Prakticky se pH půdy stanovuje jako výměnné nebo aktivní. Výměnné pH charakterizuje ionty vázané sorpčním komplexem a stanoví se výluhem neutrální soli (KCl, $CaCl_2$), označuje se jako pH/KCl, pH/ $CaCl_2$.

Aktivní pH je pH půdního roztoku a stanoví se vodním výluhem. Označuje se jako pH/H₂O. Pro potřeby agrochemie (výpočet dávek vápenatých hnojiv pro vápnění) a pro kategorizaci půd podle pH se používá pH výměnné.

Tabulka 4: Základní kritéria pro hodnocení zemědělských půd[www.rozmarinus.cz]

Hodnota pH	Půdní reakce
méně než 4,5	extrémně kyselá
4,6 – 5,0	silně kyselá
5,1 – 5,5	kyselá
5,6 – 6,5	slabě kyselá
6,6 – 7,2	neutrální
7,3 – 7,7	alkalická
více než 7,7	silně alkalická

2.1.3.3 Sorpční vlastnosti

Patří mezi nejdůležitější půdní charakteristiky z hlediska vazby původních i dodávaných živin v půdě a z hlediska vazby potenciálních kontaminujících látek. Půdní sorpční komplex má schopnost sorpčními silami poutat prvky, které jsou důležité pro půdotvorný proces i výživu rostlin. Zabezpečuje tak sorpční schopnost půd, silně ovlivňuje její dynamiku i fyzikální stav. Je také do značné míry nositelem přirozené úrodnosti půdy a schopnosti úrodnost udržovat. Sorpční komplex svým stavem a vlastnostmi:

přímo ovlivňuje:

- sorpční kapacitu půdy,
- reakci půdy, charakter a dynamiku chemických procesů,
- pufrovitost půdy.

nepřímo ovlivňuje:

- strukturní stav půdy,
- obdělávatelnost půdy,
- vodní a vzdušný režim,
- biologickou aktivitu půdy [Jandák, et al., 2010].

2.2 Činitele ovlivňující výběr vhodné technologie zpracování půdy

2.2.1 Ekonomika

Rozdílná energetická náročnost mechanizovaných postupů zpracování půdy, zakládání porostů plodin a rozdílná potřeba práce se promítá na jednotku produkce. Na základě vyhodnocení nákladů na mechanizované práce lze rámcově porovnat vybrané minimalizační a půdoochranné technologie při jejich uplatnění u vybraných polních plodin, případně skupin. Asi jako u každého podnikání má ekonomický faktor hlavní roli. Tyto důvody vedou farmáře ke zjednodušení osevních postupů, a ke zvyšování osetých ploch tržně výhodnějšími plodinami.

Náklady na pořízení techniky jsou poměrně odlišné. Farmář volí pořízení techniky podle používané technologie pěstování. Konvenční zpracování půdy je nejenom energeticky náročnější než minimalizační technologie zpracování, ale i stroje, jako radličné pluhy, jsou složitější než kypřiče, tudíž náklady na jejich pořízení a hlavně údržbu jsou vyšší. Druhým směrem v úspoře nákladů je snižování energetických (materiálových) nákladů, tj. především výdajů za naftu. Hlavním způsobem, jak snížit tyto náklady, je omezit hloubku a intenzitu zpracování půdy. Každé nepotřebné kypření, převrácení, přemísťování ornice spotřebovává energii, a tím i naftu v energetickém prostředí. Energeticky nejnáročnější operací při zpracování půdy je orba, snížení její hloubky, náhrada energeticky méně náročnou operací – kypření nebo úplné vynechání zpracování půdy přináší úsporu ve spotřebě energie, tedy i v nákladech na naftu[Hůla, Procházková, 2008].

Nevýhodou minimalizačních technologií oproti konvenčnímu způsobu zpracování půdy je vyšší tlak chorob na rostlinách a vyšší tlak výskytu plevelů, protože nedochází k

zaklopení semen a posklizňových zbytků na dno brázdy, jako je tomu u orby. Z toho vyplývá nutnost vyššího používání pesticidů a tedy i zvýšení nákladů [Hůla, Procházková, 2002].

2.2.2 Eroze půdy

Zrychlená eroze zemědělských půd vážně ohrožuje produkční a mimoprodukční funkce půd a vyvolává mnohamilionové škody v intravilánech měst a obcí. Ty jsou způsobované povrchovým odtokem a smyvem půdy zejména ze zemědělských pozemků. Přehlížet nelze ani časté škody vyvolané větrnou erozí. Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozuje plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv a sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje, zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin, velké povodňové průtoky poškozují budovy, komunikace, koryta vodních toků atd. V případě větrné eroze jde především o poškození klíčících rostlin, znečištění ovzduší, škody navátím ornice atd. [Janeček et al., 2008].

Padesát procent orné půdy na našem území ohrožuje vodní eroze. Větrnou erozí je ohroženo přibližně desetina orné půdy.

Tabulka 5: Světová půda ohrožená vodní a větrnou erozí [Janeček et al., 2008].

Světadíl	Vodní eroze mil. ha	Větrná eroze mil. ha
Asie	441	22
Afrika	227	186
Jižní a střední Amerika	169	47
Evropa	114	42
Severní Amerika	60	35
Oceánie	83	16
Svět	1 094	548

Standardy GAEC

Zpracování půdy je značně ovlivněno z hlediska ochrany půdy před erozí. Standardy GAEC upravují pěstování širokořádkových plodin na erozně ohrožených pozemcích. Tyto standardy zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí a jsou součástí Kontroly podmíněnosti (Cross Compliance). Hospodaření v souladu se standardy GAEC je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých podpor a některých podpor Programu rozvoje venkova (Osa II) [www.eagri.cz].

2.2.2.1 Vodní eroze

Vodní eroze je vyvolávána destrukční činností dešťových kapek a povrchového odtoku a následným transportem uvolněných půdních částic povrchovým odtokem. Intenzita vodní eroze je dána charakterem srážek a povrchového odtoku, půdními poměry, morfologií území (sklonem, délkou a tvarem svahů) vegetačními poměry a způsobem využití pozemků, včetně používaných agrotechnologií. Vodní eroze se na povrchu půdy projevuje selekcí půdních částic a vznikem odtokových drah různých rozměrů (rýžek, rýh, výmolů), v místech výrazné koncentrace povrchového odtoku se mohou vytvářet strže [Janeček et al., 2008].

Existují tři základní modely eroze půdy - empirický model, koncepční model a fyzicky založený model (Lane et al. 1988). Empirické modely jsou založené především na pozorování a jsou obvykle statistické povahy. V současné době se nejvíce používá univerzální rovnice pro výpočet průměrné dlouhodobé ztráty půdy erozí – USLE (Universal Soil Loss Equation), která byla původně sestavena pro podmínky USA a počítá smyv vynásobením šesti faktorů ovlivňujících jeho hodnotu [Wischmeier a Smith 1978]. V 90. letech v USA byla na základě USLE sestavena nová rovnice RUSLE (Revidovaná universální rovnice ztráty půdy), která vznikla aktualizací, prověřením a revizí USLE. RUSLE je erozní model určený pro predikci dlouhodobé průměrné roční ztráty půdy, způsobené odtokem z pozemku ležícího v určité klimatické oblasti, s danými půdními poměry, o určitém sklonu a délce, při určitém systému pěstování plodin, obdělávání půdy a uplatňování protierozních opatření.

Rovnice má tvar:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}]$$

Kde:

G – průměrná roční ztráta půdy [t . ha⁻¹ . rok⁻¹]

R – faktor erozní účinnosti deště – je závislý na úhrnu, četnosti, intenzitě a kinetické energii srážek. Roční hodnota faktoru R se stanovuje pomocí dlouhodobých záznamů o srážkách, nejlépe za období 50 let, a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů v daném roce. Do těchto dešťů se nezapočítávají deště s úhrnem srážek menším než 12,5 mm a také pokud nespadlo alespoň 6,25 mm srážek za dobu 15 minut. Deště mezi sebou musí být odděleny minimálně 6 hodinovou přestávkou. Pro Českou republiku je základě měření ČHMÚ stanovena průměrná hodnota faktoru R = 20. (Janeček et al., 2002)

K – faktor erodovatelnosti půdy – je v univerzální rovnici definován jako odnos půdy v t.ha⁻¹ na jednotku dešťového faktoru R ze standardního pozemku o sklonu svahu 9 % a délce 22,13 m. Hodnotu F faktoru lze stanovit ze vztahu:

$$100K = 2,75 \cdot M^{1,14} \cdot 10^{-4} \cdot (12 - a) + 3,25 \cdot (b - 2) + 2,5 \cdot (c - 3)$$

Kde:

M = (% prachu + práškového písku) . (100 - % jílu)

a - % organické hmoty

b – třída struktury ornice

c – třída propustnosti půdního profilu

Dále z nomogramu sestrojeného na základě uvedené rovnice nebo k přibližnému určení postačí užití map bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) a hodnoty K faktoru určit podle dostupných tabulek.

L – faktor délky svahu – předpokladem je, že intenzita eroze roste s narůstající délkou svahu. Faktor L lze stanovit z následujícího vztahu, kde po vypočtení se hodnota L faktoru odečte z dostupných tabulek.

$$L = \left(\frac{l}{22,13} \right)^m$$

Kde:

l – horizontální projekce nepřerušené délky svahu

22,13 – délka standardního pozemku [m]

m – exponent délky svahu vyjadřující náchylnost svahu k tvorbě rýžkové eroze

Za účinné přerušení délky pozemku po spádnicí se považuje sběrný či záchytný průleh, hrázka nebo příkop, nikoliv plodina nebo mez, přes kterou může povrchový odtok přetéct.

S – faktor sklonu svahu – předpoklad je, že se zvyšujícím se sklonem svahu narůstá erozivní síla, a to rychleji, než je tomu u délky svahu. Pokud je svah přímý, lze stanovit hodnotu faktoru S z následujících vztahů, kde s - sklon svahu v radiánech.

$$S = 10,8 \sin s + 0,03 \text{ pro } s < 9 \%$$

$$S = 16,8 \sin s - 0,50 \text{ pro } s \geq 9 \%$$

Pokud je sklon svahu proměnlivý, lze rozdělit svah na deset stejně dlouhých úseků a faktor sklonu svahu S stanovit jako vážený průměr.

$$S = 0,03 \cdot S_1 + 0,06 \cdot S_2 + 0,07 \cdot S_3 + 0,09 \cdot S_4 + 0,10 \cdot S_5 + 0,11 \cdot S_6 + \\ + 0,12 \cdot S_7 + 0,13 \cdot S_8 + 0,14 \cdot S_9 + 0,15 \cdot S_{10}$$

Kde s_i – je hodnota faktoru S pro i-tý úsek svahu, rozděleného na deset úseků stejné délky.

C – faktor ochranného vlivu vegetace – ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti půdy a hustotě porostu v době nejčastějšího výskytu Ochranný faktor C se stanovuje pro jednotlivé po sobě pěstované plodiny, včetně období mezi střídáním plodin, při zohlednění termínu a způsobu provádění agrotechnických prací v pěti základních obdobích. První je období podmínky a hrubé brázdy, druhé období trvá od přípravy pozemku k setí do jednoho měsíce po zasetí nebo sázení, třetí období po dobu druhého měsíce od jarního nebo letního setí či sázení, čtvrté období trvá od konce třetího období do sklizně a poslední je období strniště.

P – faktor účinnosti protierozních opatření – závisí na zvolených protierozních opatřeních a tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách přívalových dešťů [Janeček et al. 2002].

2.2.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze je přírodní jev, při kterém vítr působí na půdní povrch, svou mechanickou silou, rozrušuje půdu a uvolňuje půdní částice, které uvádí do pohybu a přenáší

na různou vzdálenost, kde se po snížení rychlosti větru ukládají. Pohyb půdních částic při větrné erozi může probíhat ve třech formách:

- pohyb nejjemnějších půdních částic ve formě suspenze, které jsou větrem zvedány a přenášeny na velké vzdálenosti, vznik prašných bouří,
- pohyb půdních částic skokem, při němž dochází k přemístování největšího množství půdní hmoty,
- pohyb půdních částic sunutím po povrchu půdy, kterým se pohybují větší a těžší částice [Janeček et al., 2008].

2.2.2.3 Sněhová eroze

Sněhovou erozi nezpůsobuje dopad sněhových vloček, ale energie pocházející z odtékající vody. Erozivní síla z odtékající vody je intenzivní. Při sněhové erozi dochází v relativně krátké době k rychlému odtoku velkého množství vody se značnou potenciální a transportní kapacitou. U zmrzlých půd je infiltrace vody do půdy závislá na půdní vlhkosti na začátku promrzání, na počtu opakování tání a promrzání půdy. Během tání může voda zaplnit póry, které při zmrznutí zabraňují infiltraci vody do půdy [Janeček et al., 2008].

2.3 Zpracování půdy

Zpracování půdy patří mezi rozhodující agrotechnická opatření, jimiž klademe základy pro příští úrody. Pod pojmem „zpracování půdy“ se rozumí soustava mechanických zákroků do půdy, které umožňují kulturním rostlinám dobře zakořeňovat, růst a vyvíjet se [Pulkrábek, Švachula, 1995].

Systémy a postupy zpracování půdy a zakládání porostů jsou v posledních letech podrobovány kritické analýze s cílem zvýšit úroveň péče o půdní prostředí a zlepšit podmínky pro tvorbu výnosu plodin, omezit nežádoucí poškozování půdní struktury, omezit erozi půdy i kontaminaci podzemní i povrchové vody snadno pohyblivými formami živin. Tyto i další přínosy jsou očekávány od ochranného zpracování půdy [Kumhála et al., 2007].

V dnešní době, při používání těžké polní techniky, je kladen důraz na snižování přejezdů po pozemku a tím nežádoucího zhutňování půdy zejména při zakládání jarních

porostů, kdy je půda náchylnější na utužení. Nežádoucí je i nadměrné zpracování z důvodu struktury půdy, kdy pak dochází k přesychání. Důležitým předpokladem k vytvoření optimálního lůžka pro osivo, je kvalitní zpracování půdy. Často větší intenzita zpracování neznamená vyšší kvalitu.

Pro označení postupů zpracování půdy, které zahrnují různou hloubku, intenzitu i odlišný způsob kypření půdy a zacházení s rostlinnými zbytky, lze použít následující třídění:

- Konvenční zpracování půdy,
- konzervační (půdoochranné) zpracování půdy,
- přímé setí [Kumhála et al., 2007].

2.3.1 Konvenční zpracování půdy

Je založené na každoročním zpracování půdy radličnými pluhy, kdy dochází k zapravování rostlinných zbytků a plevelů do půdy. Půda se pluhem drobí, mísí, kypří a obrací. Předset'ová příprava a setí se uskutečňuje buď v oddělených operacích, nebo se operace předset'ové přípravy a setí spojují. Při oddělených operacích se pro předset'ovou přípravu půdy využívají především kombinátory. Pro spojené operace předset'ové přípravy půdy převládá využívání strojů s poháněnými pracovními nástroji ve spojení se secím strojem. Při setí je možné použít radličkové secí botky s tupým úhlem vnikání do půdy [Kumhála et al., 2007].

2.3.1.1 Podmítka

Je obvykle primární operací po sklizni zrnin nebo píce. Jejím úkolem je vytvořit příznivé podmínky pro klíčení plevelů a výdrolu plodin hlavní plodiny. Vyklíčené rostliny jsou následující operací zapravovány do půdy, kde se rozkládají. Brzy po sklizni provedená podmítka zabraňuje prosychání půdy a zlepšuje hospodaření s půdní vláhou, provzdušňuje půdu a napomáhá při potlačování chorob a škůdců [Pastorek et al. 2002].

Podmítka se dnes převážně provádí radličkovými nebo talířovými podmítači. Podle hloubky lze podmítku rozdělit:

- Mělká do 8 cm hloubky,
- střední 8 – 12 cm,
- hluboká 12 – 15 cm.

2.3.1.2 Orba

Přes snahu vyloučit z důvodu energetické náročnosti orbu ze systému zpracování půdy, zůstává technologie orby radličnými pluhy stále základní operací zpracování. Úkolem je půdu nakypřit, rozdrobit, obrátit a zapravit části rostlin popř. hnoji z povrchu do půdy. Důležitým parametrem, který zásadně ovlivňuje kvalitu orby, je stanovení správné hloubky a její dodržení [Pastorek et al., 2002].

Při drobení dochází k prokypření půdy, čímž se výrazně zvyšuje pórovitost, u středních půd až o 30 % a u těžkých v průměru o 50 %. Tím se zvyšuje provzdušenost půdy, která je rozhodující pro rozvoj aerobní mikroflóry, nutné pro mineralizaci organické hmoty v půdě a rozklad škodlivých reziduí po používaných pesticidech [Dočekal, 2004].

Podle hloubky lze orbu dělit:

- Mělkou (do 18 cm),
- střední (18 – 24 cm),
- hluboko (24 – 30 cm),
- velmi hlubokou (více než 30 cm) [Hůla, 1997].

Mělká orba je vhodná na půdách s malým orničním profilem. Na hlubších půdách se používá pro meziplodiny vysévané v létě. Střední orba je nejčastěji používanou orbou a slouží při zpracování půdy pro obilniny, luskoviny, olejnin. Tato orba se používá také k zaorávce organických hnojiv. Hluboká orba je využívána pro kořenovou zeleninu a cukrovou řepu. Výhodou hluboké orby je zaklopení semen plevelů do spodních vrstev půdního profilu a při další orbě, která bývá střední, se nedostávají na povrch [Hůla et al., 1997].

Dělení orby z pohledu termínu:

- Letní orba,
- podzimní orba,
- zimní orba,

- jarní orba.

Letní orba je prováděna během léta za účelem přípravy půdy pro setí letních (strniskových) meziplodin. Zpravidla se orá mělce, případně středně hluboko. Zásadně však povrch ornice ihned ošetřujeme, aby se snížily ztráty vody výparem [Pulkrábek, Švachula, 1995].

Podzimní orba se provádí k jařinám a okopaninám setým na jaře. Půda se ponechává přes zimu v hrubé brázdě nebo se k některým plodinám zpracuje již na podzim. Zimní orba je opožděná podzimní orba. Provádí se, když nelze provést podzimní orbu včas. Jarní orba se provádí výjimečně z důvodů neprovedení podzimní orby. Jarní orba negativně působí na vláhu v půdě a strukturu půdy [Teksl et al. 1996].

2.3.1.3 Předset'ová příprava a setí

Hlavním účelem zpracování půdy před setím a sázením je vytvořit vhodné podmínky pro uložení osiva a sadby do půdy. To znamená půdu mělce nakypřit, rozdrobit hroudy, urovnat její povrch, utužit podpovrchovou vrstvu pro uložení osiva popř. přispět k odplevelení a zapravení hnojiva nebo pesticidů [Pastorek et al. 2002].

Snaha po nižším utužení půdy v průběhu předset'ového zpracování půdy, možnost dosáhnout vyšší produktivity práce, úspor nafty a dodržení agrotechnických lhůt vedly postupně ke spojování jednotlivých pracovních operací předset'ové přípravy a také ke spojování strojů na přípravu půdy a setí [Hůla, Procházková, 2002].

2.3.2 Konzervační zpracování půdy

Jde zpracování půdy bez orby, kde není používán pluh a orba je nahrazena mělkým kypřením bez obracení zpracovávané vrstvy půdy. Základním strojem je zde kypřič, u kterého mohou být voleny různé pracovní nástroje v závislosti na různém stupni zapravení rostlinných zbytků či jejich ponechání na povrchu půdy. Rostlinné zbytky zůstávají na povrchu půdy a v povrchové vrstvě. Povrch půdy by měl být pokud možno celoročně pokryt rostlinnou biomasou [Kumhála et al., 2007].

Konzervační technologie jsou dlouhodobě v největší míře využívány v Severní Americe. Toto zpracování půdy zde bývá dále děleno na několik způsobů:

No-tillage – půda se před setím vůbec nezpracovává, seje se speciálními secími stroji, na povrchu zůstává 80 - 100 % rostlinných zbytků a ochrana proti plevelům je řešena herbicidy.

Reduces-tillage – vyznačuje se minimalizací pracovních operací při zpracování půdy.

Mulch-tillage – jedná se o různé způsoby zpracování půdy bez orby, při kterých zůstává nejméně 30 % rostlinných zbytků na povrchu půdy.

Strip-tillage – je technologie zpracování půdy, při které se zpracovává pouze úzký pás, do kterého se ukládá osivo. Mezi jednotlivými pásy je půda nezpracovaná.

Ridge-tillage – tato technologie je vhodná pro zakládání porostů širokořádkových plodin, např. kukuřice. Hrůbky mohou na pozemku zůstat i několik sezón a využívají se pro pěstování monokultur nebo se každoročně obnovují. Při tomto zpracování zůstává většina posklizňových zbytků na povrchu [Brady, Weil, 1999].

V postupech minimalizačního a půdoochranného zpracování půdy se uplatňují skupiny kypřičů s různým konstrukčním řešením, z nichž některé se vyznačují určitou univerzálností. Některé kypřiče je možné využívat jak v systémech zpracování půdy s orbou, kde se uplatňují jako podmítače, tak u technologií bez orby pro mělké kypření půdy a pro opakované mělké kypření. Ve skupině strojů pro mělké zpracování půdy je však v současnosti zastoupena skupina kypřičů, které byly vyvinuty pro uplatnění v systémech bez orby, kde mají, zajisti podmínky pro kvalitní následné setí. Významným požadavkem na stroje pro mělké zpracování půdy je vysoká plošná výkonnost, která umožňuje, zajistit včasné provedení pracovních operací zpracování půdy a setí v agrotechnických termínech při zohlednění stavu půdy a průběhu počasí [Hůla, Procházková, 2008].

2.3.3 Přímé setí

U přímého setí zcela odpadá zpracování půdy a samotné setí se uskuteční přímo po sklizni hlavní plodiny. Odpadá tedy jakýkoliv předchozí mechanický zásah do půdy. K zakládání porostů se používají speciální secí stroje, které jsou schopny zapravit osivo do nezpracované půdy. Při přímém setí se také v daleko větší míře využívají herbicidy k boji proti plevelům [Kumhála et al., 2007].

3 Konstrukce kypřičů

V současné době mají zemědělské podniky možnost volit technologie zpracování půdy v řadě variant. Široký sortiment strojů v zásadě umožňuje přizpůsobit výběr techniky půdním a výrobním podmínkám zemědělských podniků. Před pořízením strojů na zpracování půdy je nezbytné zvažovat využití souprav traktor – přípojný stroj. Při zpracování půdy se jedná o používání výkonných traktorů. Je třeba dbát na správné sestavení souprav, aby motor traktoru pracoval v hospodárném režimu, což ovlivňuje spotřebu paliva a výkonnost. Kromě zvolené soupravy rozhoduje o provozních nákladech, obdobně jako u jiných skupin techniky, způsob pořízení strojů, jejich roční nasazení, provozní spolehlivost i další vlivy. [Hůla, Procházková, 2008]

3.1 Radličkové kypřiče

Radličkové kypřiče jsou osazeny dvěma a více řadami dlátových radliček. Tyto stroje mohou pracovat v hloubce od 50 do 300 mm, proto jsou vhodné jak pro klasické podmínky po sklizni, tak i pro hlubší kypření. Pro mělké kypření jsou radličky vybaveny křídélky pro celoplošné odřezání, pro větší hloubky je vhodnější práce bez křidélek, čímž se výrazně snižuje tahový odpor. Za poslední řadou radliček jsou umístěny urovnávací talíře, které urovnávají povrch půdy po nakypření. Za těmito talíři je válec zajišťující hloubkové vedení stroje, zpětné utužení, rozdrobení hrud a urovnání povrchu.

3.1.1 Horsch Terrano 5 FX

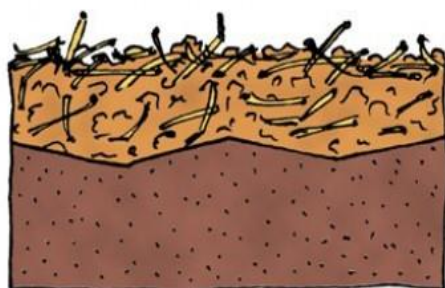
Radličkový kypřič Terrano FX je použitelný nejen pro mělkou podmínku, ale i pro intenzivní kypření celého profilu ornice. Dokáže promísit půdu do hloubky 30 cm. Robustní radličky TerraGrip jsou uspořádány ve třech řadách s roztečí v jedné řadě 91 cm, výsledná rozteč je 31cm. Součástí stroje jsou také nezávisle zavěšené talíře jištěné proti přetížení, které urovnávají povrch. Podle pracovního záběru se stroj dodává v neseném nebo taženém provedení [horsch.com].

Stroj je možno osadit dvěma typy radliček:

Radličky **ClipOn** vnikají do půdy pod menším úhlem a lépe jí podřezávají. Jejich intenzita drobení je menší a proto se používají pro menší hloubky (5 - 18 cm), především při podmítce. Vyrábí se v šířkách 7,5; 22; 32 a 37 cm.

Radličky **MulchMix** vnikají do půdy pod větším úhlem (35°), půdu tudíž drobí a míchají intenzivně. Využívají se především pro hlubší a hluboké zpracování půdy (8 - 35 cm). Špičky i křídla mohou být opatřeny destičkami ze slinutých karbidů. Špička pracuje vždy o 4 cm hlouběji než křídla. Špičky se vyrábí v šířce 4; 8 a 12 cm, křídla v šířce 25 a 35 cm [horsch.com].

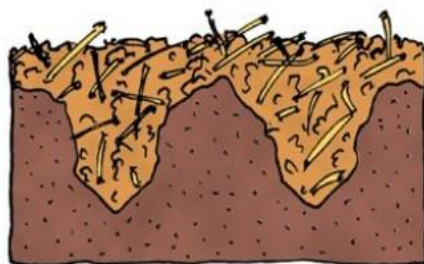
Obrázek 1: Zpracovaná půda ClipOn x MulchMix, [bezorebne.cz]



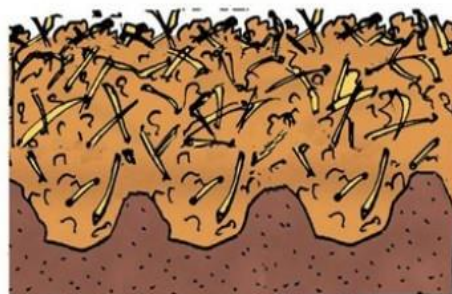
ClipOn radlička 32 cm
pracovní hloubka 5 cm



MulchMix radlička 35 cm
Pracovní hloubka 15 cm



ClipOn radlička 7,5 cm
Pracovní hloubka 15 cm



MulchMix radlička 8 cm
Pracovní hloubka 20 cm

Tabulka 6: Horsch Terrano FX, [horsch.com]

Typ stroje	Terrano 3 FX	Terrano 3.5 FX	Terrano 4 FX s podvozkem	Terrano 5 FX s podvozkem	Terrano 6 FX s podvozkem
Pracovní záběr (m)	3,00	3,50	4,00	5,00	5,80
Přepravní šířka (m)	3,00	3,50	3,00	3,00	3,00
Přepravní výška (m)	2,05	2,05	3,10	3,60	3,80
Délka (m)	3,80	3,80	6,95	6,95	7,70
Hmotnost se stříž. jištěním (kg)*	1.390	1.810	3.150	3.810	4.750
Hmotnost s radličkami TerraGrip (kg)*	1.960	2.190	3.690	4.460	5.470
Pneumatiky vodících kol	---	---	10.0 / 75-15.3	10.0 / 75-15.3	10.0 / 75-15.3
Pneumatiky podvozku	---	---	400 / 60-15.5	400 / 60-15.5	400 / 60-15.5
Radličky - počet	10	12	13	16	19
Radličky - vzálenost v řadě (cm)	90	89	91,5	93	91,50
Radličky - rozteč (cm)	30	29	30,5	31	30,50
Světlá výška rámu (mm)	850	850	850	850	750
Profily rámu (mm)	100 x 100 / 100 x 120	100 x 100 / 100 x 120	100 x 100 / 120 x 120	100 x 100 / 120 x 120	100 x 100 / 100 x 200
Dvojčinné hydr. okruhy	---	---	2	2	2 do sp. ramen / 3 do sp. závěsu
Příkon (kW / PS)	90-147 / 120-200	100-163 / 140-220	115-180 / 160-250	150-220 / 205-300	175-265 / 240-360
Radličky Mulchmix - šířka (cm)	37	37	37	37	37
Osvětlení	Serie	Serie	Serie	Serie	Serie
Podvozek	---	---	Serie	Serie	Serie

- Hmotnosti strojů s minimální výbavou, urovnávacími kotouči a pěchy RollFlex.

3.1.2 Lemken Karat 9

Kypřič Karat 9 je vyráběn v pracovních šířkách od 3 do 4 m v neseném provedení, od 4 do 5 m nesené provedení se sklopným rámem a v záběrech od 4 do 7 m v návěsném provedení se sklopným rámem.

Při pracovních šířkách od 3 do 6 metrů jsou radličky kypřiče Karat posazeny na rám v odstupu přibližně 27 cm. Dochází k intenzivnímu mísení půdy a slámy. Různě tvarované radličky se přizpůsobují daným podmínkám. Pro hlubší zpracování půdy je na výběr mezi třemi druhy radliček a to 60 mm, 80 mm nebo 120 mm široké – viz obr. 2. Pro mělké kypření lze radličky doplnit o křídla pro celoplošné podříznutí. Všechny varianty radliček jsou buď přímo našroubovány na slupici kypřiče, nebo našroubovány na rychlovýměnný systém výměny nářadí. U sklopných kypřičů Karat jsou ve standardní výbavě pancéřované špičky radliček pro jejich delší životnost [lemken.com].

Tabulka 7: Lemken Karat 9 [lemken.com]

	polonesený, hydraulicky sklopný			
Model	9/400 K(U)A	9/500 K(U)A	9/600 K(U)A	9/700 K(U)A
Šířka pracovního záběru (cm)	400	500	600	700
Hmotnost (kg) ¹	3.747 (4.167)	4.157 (4.697)	4.557 (5.167)	5.077 (5.567)
kW/PS	103/140-176/240	129/175-221/300	154/210-265/360	154/210-265/360
Radlice/páry disků	14/4 + 1 pár stranových	18/5 + 1 pár stranových	21/6 + 1 pár stranových	25/8 + pár stranových

Obrázek 2: Radličky pro Lemken Karat 9 [lemken.com]



Radličky jsou jištěny proti přetížení střížným šroubem nebo non-stop jištěním (horizontálně umístěné 2 vinuté pružiny) viz obr. 3. Odjišťovací síla pružin je 5500 N. Radlička jištěná non-stop jištěním je pro případ nemožného pohybu radličky ve směru odjištění pružinou jištěna ještě střížným šroubem. U návěsných strojů je zabudován brzděný podvozek do rámu stroje před urovnávací talíře a utužovací válec. Tyto stroje jsou vybaveny hydraulickým nastavováním pracovní hloubky, které je možné použít i za jízdy [lemken.com].

Obrázek 3: Non - stop jištění dvěma vinutými pružinami, [vlastní]



3.2 Talířové kypřiče

Talířové kypřiče jsou vhodné zejména pro primární zpracování půdy po sklizni. Při prvním zpracování vytváří tyto kypřiče dno ve tvaru hřebenu. Pro je důležité, aby v případě sekundárního kypření byl změněn směr jízdy a to šikmo ve směru primárního zpracování. Nepochybnou výhodou těchto strojů je jejich vysoká plošná výkonnost, vysoká pojezdová rychlost a menší potřeba energie.

3.2.1 Horsch Joker RT

Diskový kypřič Horsch Joker RT je určený pro mělké zpracování půdy, kterým stimuluje klíčení výdrolu, přerušuje kapilaritu, promíchává posklizňové zbytky a připravuje seťové lůžko [horsch.com].

Pracovními orgány jsou talíře o průměru 46 cm s prokrajovaným okrajem, které jsou ideální pro agresivní práci a pro dobré pronikání do půdy. Jsou uchyceny na bezúdržbových robustních nábojích se stálou olejovou náplní. Robustní jištění gumovými bloky funguje jako jištění proti kamenům a zároveň dovoluje přizpůsobování povrchu půdy. O zpětné utužení půdy se stará volitelný pěch. Jsou čtyři možnosti volby:

- RollFlex – používá pérové ocelové díly.
- FarmFlex – slouží k důkladnému utužení středně těžké půdy.
- SteelDisc – používá drobné talířové články s čistícími stěrkami.
- Pneumatikový pěch s AS dezénem do lehkých půd.

Obrázek 4: Pryžové jištění slupic talířů [vlastní]



Tabulka 8: Horsch Joker RT, [hosch.com]

Typ stroje	Joker 5 RT	Joker 6 RT	Joker 8 RT	Joker 10 RT	Joker 12 RT
Pracovní záběr (m)	5,00	6,00	7,50	10,00	12,00
Přepravní šířka (m)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Přepravní výška (m)	2,85	3,30	4,00	4,00	4,00
Délka (m)	6,00	6,00	6,00	7,20	7,20
Hmotnost (kg)*	4.435	5.270	6.080	9.510	11.410
Pneumatiky	10.0 / 75-15.3	10.0 / 75-15.3	10.0 / 75-15.3	15.0 / 55-17	15.0 / 55-17

Typ stroje	Joker 5 RT	Joker 6 RT	Joker 8 RT	Joker 10 RT	Joker 12 RT
vodících kol					
Pneumatiky podvozku	400 / 60-15.5	400 / 60-15.5	400 / 60-15.5	550 / 60-22.5	550 / 60-22.5
Talíře ∅ (cm)	52	52	52	52	52
Talíře tl. (mm)	6	6	6	6	6
Talíře - počet	40	48	60	80	96
Talíře - řezný úhel (°)	17	17	17	17	17
Dvojčinné hydr. okruhy	3	3	3	4	4
Příkon (kW / PS)	110-155 / 150-210	130-175 / 180-240	175-235 / 240-320	220-310 / 300-420	265-350 / 360-480
Zapojení	Spodní závěs / ramena	Spodní závěs / ramena	Spodní závěs / ramena	Spodní závěs / ramena	Spodní závěs / ramena
Podvozek	Serie	Serie	Serie	Serie	Serie
Osvětlení	Serie	Serie	Serie	Serie	Serie

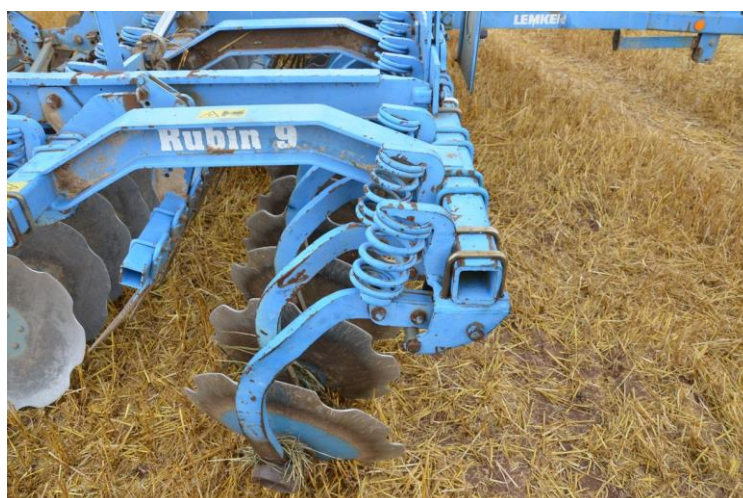
*Hmotnosti strojů s minimální výbavou

3.2.2 Lemken Rubin 9

Rubin je vhodný pro mělké zpracování půdy. Disky o průměru 61 cm jsou umístěny ve dvou řadách s rozstupem disků v řadě 25 cm. Zadní řada disků je přesazena o 12,5 cm. Za každou řadou disků jsou integrované prstové usměrňovače nakypřené zeminy. Pracovní orgány jsou jednotlivě uloženy na slupici pomocí axiálního bezúdržbového ložiska. Slupice jsou odpružené systémem Auto-Reset pomocí tlačné pružiny. Tato technologie je vhodná i do zvláště kamenitých půd.

Nastavení pracovní hloubky se provádí pomocí polohy utužovacího válce, který je volitelný podle požadavků zákazníka.

Obrázek 5: Lemken "Auto-Reset" jištění, [vlastní]



Tabulka 9: Lemken Rubin 9, [lemken.com]

	polonesený, hydraulicky sklopný				
Model	9/400 KUA	9/450 KUA	9/500 KUA	9/600 KUA	Gigant 12 S/1200
Šířka pracovního záběru (cm)	400	450	500	600	1.200
Hmotnost (kg) ¹	4.735	4.955	5.176	5.630	12.445
kW/PS	103/140-147/200	114/155- 165/225	129/175- 184/250	154/210- 221/300	309/420- 441/600
Disky (počet ∅ mm)	32/620	36/620	40/620	48/620	96/620

4 Cíl práce

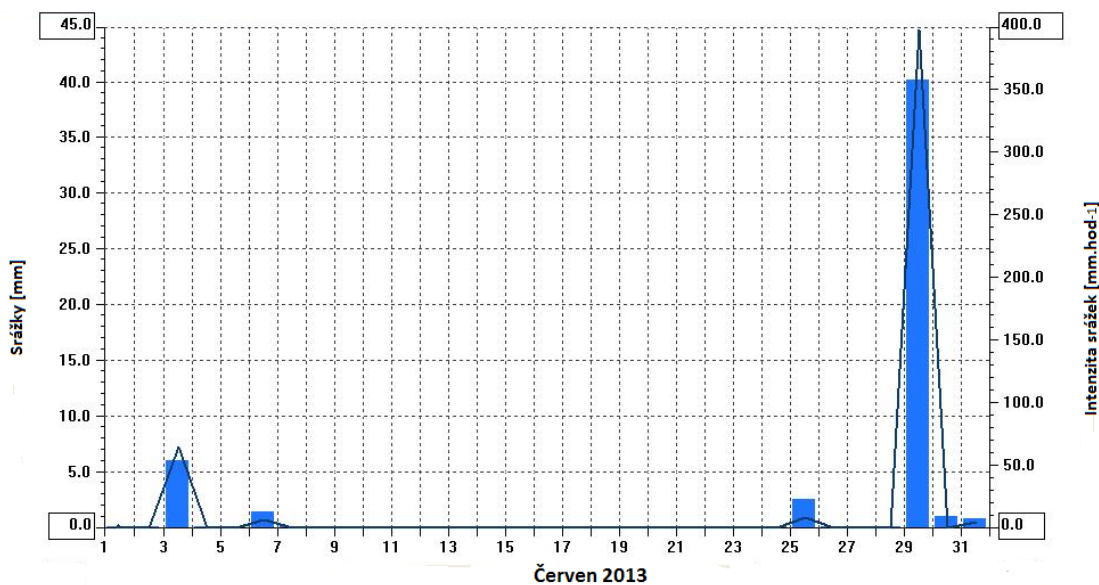
Cílem této diplomové práce je hodnocení a porovnání kvality zpracování půdy u strojů pro kypření půdy po sklizni předplodiny. Kvalita zpracování půdy kypřičů je hodnocena ihned po přejezdu stroje. Hlavními parametry kvality zpracování je hodnocení pokryvnosti povrchu rostlinnými zbytky, profil dna a drsnost povrchu zpracované půdy. Měření je provedeno u dvou radličkových kypřičů Horsch Terrano 5 FX a Lemken Karat 9 a u dvou talířových kypřičů Horsch Joker RT a Lemken Rubin 9.

5 Metodika měření

5.1 Podmínky a technika použita při měření

Měření zpracování půdy bylo provedeno ve společnosti Jaroslava Kakose Agro – Kvarto Ovčiny, s. r. o. nedaleko města Vlašim na okrese Benešov. Parcela pro měření se nachází u obce Nesperská Lhota o celkové rozloze 28,36 ha a nadmořské výšce 407 m n. m. Převažujícím půdním typem je písčitohlinitá kambizem. Měření se uskutečnilo dne 25.7.2014 a plodinou na této parcele byl ozimý ječmen. Tohoto dne v 7.00 přšelo a úhrn srážek činil 2,6 l.m⁻². Nedaleko pozemku (300 m) je umístěna meteorologická stanice Vantage Vue, která zaznamenává meteorologické veličiny. V grafu č. 1 je pak vidět měsíční průběh srážek z hlediska množství a intenzity.

Graf 1: Průběh srážek v červenci 2013 [vlastní]



Dne 18.7.2014 se v této oblasti vyskytl velmi silný vítr a došlo ke značnému polehnutí porostu. Použitá sklízecí mlátička Claas Lexion 600 TT se žacím adaptérem o záběru 10,5 m, kterou společnost vlastní, nedokázala dokonale posekat porost v konstantní výšce strniště. Na pozemku zůstaly oblasti s dlouhými stébly slámy. Vymlácená sláma a plevy byly sklízecí mlátičkou rozprostřeny rovnoměrně po pozemku.

Energetickým prostředkem všech kypřičů byl kolový traktor Fendt 920 Vario TMS disponující jmenovitým výkonem 162 [kW], který je elektronicky navýšen na 199 [kW]. Traktor byl osazen předním závažím v tříbodovém závěsu o hmotnosti 1300 [kg]. Traktor dosahuje dostatečného výkonu, aby mohla být splněna požadovaná hloubka kypření i pojezdová rychlost. Pojezdová rychlost u všech strojů byla 13 km/h a hloubka zpracování půdy byla nastavena u radličkových kypřičů na hodnotu 15 cm a u talířových kypřičů na hloubku 10 cm.

Radličkové kypřiče

Stroj Horsch Terrano 5 FX v provedení s vlastním podvozkem byl osazen radličkami MulchMix s křídélky o celkové šířce radličky 35 cm. Jištění radliček bylo zajištěno systémem TerraGrip s tuhostí 5000 N. Urovnávací talíře byly jištěny tažnou vinutou pružinou. Jako utužování válec byl zvolen nejčastěji volený pěch RollFlex o průměru 540 cm.

Obrázek 6: Horsch Terrano 5 FX, [vlastní]



Kypřič Lemken Karat 9 také v provedení s vlastním podvozkem a dvoukruhovou brzdou byl osazen radličkami o šířce 8 cm doplněný křídélky. Proti přetížení byl kypřič jištěn non-stop jištěním radliček. Odjišťovací síla pružin je 5500 N. Stroj byl vybaven hydraulickým nastavením hloubky z kabiny traktoru. Ke zpětnému utužení byl použit lichoběžníkový válec.

Obrázek 7: Lemken Karat 9, [vlastní]



Talířové kypřiče

Horsch Joker 6 RT byl osazen ozubenými vydutými disky o průměru 46 cm jištěné proti přetížení pryžovým systémem. Zapůjčený stroj vykazoval pokročilé abrazivní opotřebení ozubených disků. Pro zpětné utužení byl ke stroji zvolen pěch FarmFlex, který je vhodný pro středně těžké půdy.

Obrázek 8: Horsch Joker 6 RT, [vlastní]



Kypřič Lemken Rubin 9 používá pracovní orgány o průměru 61 cm s „Auto-Reset“ jistěním proti přetížení. Dále byl vybaven prstovými usměrňovači a dvojitým prutovým válcem k utužení nakypřeného pozemku.

Obrázek 9: Lemken Rubin 9, [vlastní]



5.2 Měření - postup

5.2.1 Neporušené půdní vzorky

Před odběrem do Kopeckého ocelových válečků byl hodnocený povrch pozemku zbaven posklizňových zbytků. Následně se odebrala půda do válečků o objemu 100 cm^3 v hloubkách 5 – 10 cm, 10 – 15 cm a 15 – 20 cm. Odběr byl čtyřikrát opakován na dvou stanovištích. Váleček se vzorkem půdy byl ihned po odběru zavíčkovaný a uložen do kufříku. Válečky byly poté vzaty do laboratoře KZS na ČZU k hodnocení s normalizovaným postupem [Valla et al., 2002].

- Válečky se odvíčkují, uzavřou se na spodní straně filtračním papírem a postaví se na hodinové sklo o známé hmotnosti. Váleček se sklem se zváží a tím se zjistí okamžitá hmotnost válečku G_A , která slouží pro určení momentální vlhkosti vzorku hmotnosti θ_{mom} .

- Váleček se zeminou, kulatým filtračním papírem a zváženým hodinovým sklem se dále suší při 105°C do konstantní hmotnosti a po vychladnutí se zváží, hmotnost G_F slouží ke stanovení hmotnosti sušiny (G_H).

- Suchá zemina z válečku se rozmělní a použije ke stanovení specifické hmotnosti ρ_z .

Naváží se 10g sušiny a vloží do porcelánové misky, kde se zemina zalije destilovanou vodou a 5 minut se vaří, aby se vypudil vzduch. Pyknometr naplněný destilovanou vodou se zahřeje na 20°C a zváží. Poté se vylije voda do pyknometru se vloží vychladlá suspenze. Po ohřátí se pyknometr zváží a tím se zjistí hodnota ρ_z . [Valla et al., 2002].

Obrázek 10: Souprava pro odběr vzorku Kopeckého válečků, [vlastní]



Pro určení půdních podmínek v době měření bylo provedeno určení těchto vlastností:

Momentální vlhkost

$$\theta_{mom} = G_A - G_P [\%obj]$$

Hmotnost sušiny

$$G_H = G_F - (G_V - G_S)[g]$$

Objemová hmotnost půdy

$$\rho_d = G_H / V_S [g.cm^{-3}]$$

Specifická hmotnost půdy

$$\rho_z = n / (n + p_{H_2O} - p_z) [g.cm^{-3}]$$

Pórovitost

$$P = \rho_z - \rho_d \cdot 100 / \rho_z [\%obj]$$

Provzdušněnost

$$V_z = P - \theta_{mom} [\%obj]$$

Relativní vlhkost

$$\theta_{rel} = \theta_{mom} / P [\%]$$

G_A – vzorek s přirozenou vlhkostí

G_F – vzorek po vysušení při 105°C

G_V – hmotnost fyzikálního válečku

G_S – hmotnost hodinového skla

V_S – objem fyzikálního válečku

n – navážka pro stanovení specifické hmotnosti

p_{H_2O} – hmotnost pyknometru s vodou

p_z – hmotnost pyknometru se zeminou [Valla, et al., 2002].

5.2.2 Měření profilu dna

Ihned po přejezdu kypřiče bylo zvoleno místo měření. Přes určené místo měření se nesmí přejíždět ani přecházet. K hrubšímu očištění od nakypřené zeminy došlo pomocí zahradní lopatky. Jemnější očištění bylo zajištěno malým košťátkem.

Přes okraje měřené plochy se položilo dřevěné prkno tak, aby nedošlo k průhybu a měření nebylo zkresleno. Profil dna byl měřen v celém záběru kypřiče. Každých 2,5 cm byla pomocí dřevěného skládacího metru naměřena a zaznamenána hodnota vzdálenosti od latě ke dnu profilu. Vzdálenost dosahuje vždy buď záporné, nebo nulové hodnoty.

Obrázek 11: Rozměřené prkno po 2,5 cm nad profilem dna [vlastní]



5.2.3 Drsnost zpracovaného povrchu

K měření drsnosti zpracovaného povrchu byl použit válečkový řetěz z jízdního kola a celkové délce 1,4 m. Měření bylo provedeno tak, že v náhodně zvoleném místě byl položen válečkový řetěz, u kterého se svinovacím metrem změřila jeho aktuální délka.

[Valla et al., 2002] definuje drsnost povrchu jako odchylku povrchu půdy při zanedbání určitých změn povrchu, který může být zapříčiněn sklonem svahu nebo kolejovými stopami po stroji.

Obrázek 12: Měření délky válečkového řetězu, [vlastní]



Drsnost zpracovaného povrchu se vypočítá z naměřené délky řetězu podle následujícího vzorce:

$$D = \left(A \cdot \frac{L-l}{l} \cdot \frac{L-l}{l} + B \cdot \frac{L-l}{l} + C \right) [mm]$$

Parametry:

- A -29,37
- B +37,59
- C +0,75

L – délka řetězu – 1400 mm

l – naměřená délka řetězu na povrchu pozemku [Klik et. al. 2002].

5.2.4 Měření pokrývnosti posklizňovými zbytky

Pokrývnost posklizňovými zbytky byla měřena ihned po přejezdu kypřiče. Na zpracovaný povrch pozemku se náhodně položí rámeček o vnitřních rozměrech 0,25 m x 0,25 m, která omezuje plochu 0,25 m². Pomocí fotoaparátu se zdokumentuje orámovaná plocha a obrazovou analýzou se hodnotí pokrývnost posklizňovými zbytky.

Obrázek 13: Povrch pozemku 0,25 m², [vlastní]



Vytvořené fotografie se dále upravují v počítačových programech. Povrch zpracovaného pozemku je nejvhodnější pořizovat v nepřímém slunečním světle, kdy se netvoří stíny.

Fotografie byly pořízeny zrcadlovým fotoaparátem Nikon 700 D, který ukládá obrázky na kartu ve formátu jpeg.

Obrazová analýza

Pořízené fotografie se počítačovým programem Gvyddion 2.35 upravují v několika operacích. Nejprve se vyřízne povrch ohraničený dřevěným rámečkem.

Obrázek 14: Oříznutá plocha povrchu 0,25 [m²],[vlastní]



Funkcí „vyznačení zrn podle prahu“, si program označí hranice rostlinných zbytků na povrchu. Další funkcí je „odstranění zrn podle prahu“, kde je nastaven parametr nejmenších zrn, které nebudou brány v potaz, aby zmenšila pravděpodobnost chyby odleskem malých částí. Na obrázku jsou pak posklizňové zbytky znázorněny červeně a půda má odstín šedé barvy. Tento obrázek program pomocí funkce „maska“ transformuje na černobílý. Černá barva pak patří povrchu půdy a bílou barvou jsou znázorněny posklizňové zbytky jak je vidět na obr.15. Tento obrázek se uloží a dále zpracovává v programu ImageJ.

Obrázek 15: Maska oříznutého obrázku v programu Gwiddion 2.35 [vlastní]



V tomto programu se pak vypočítá celková plocha obrázku a následně je obrázek transformován do binární soustavy. Rostlinné zbytky jsou znázorněny černou barvou a zemina bíle. Poslední operací se pak určí celková plocha posklizňových zbytků a procentuální podíl na sledované ploše.

Obrázek 16: Převedený obrázek do binární soustavy v programu ImageJ [vlastní].

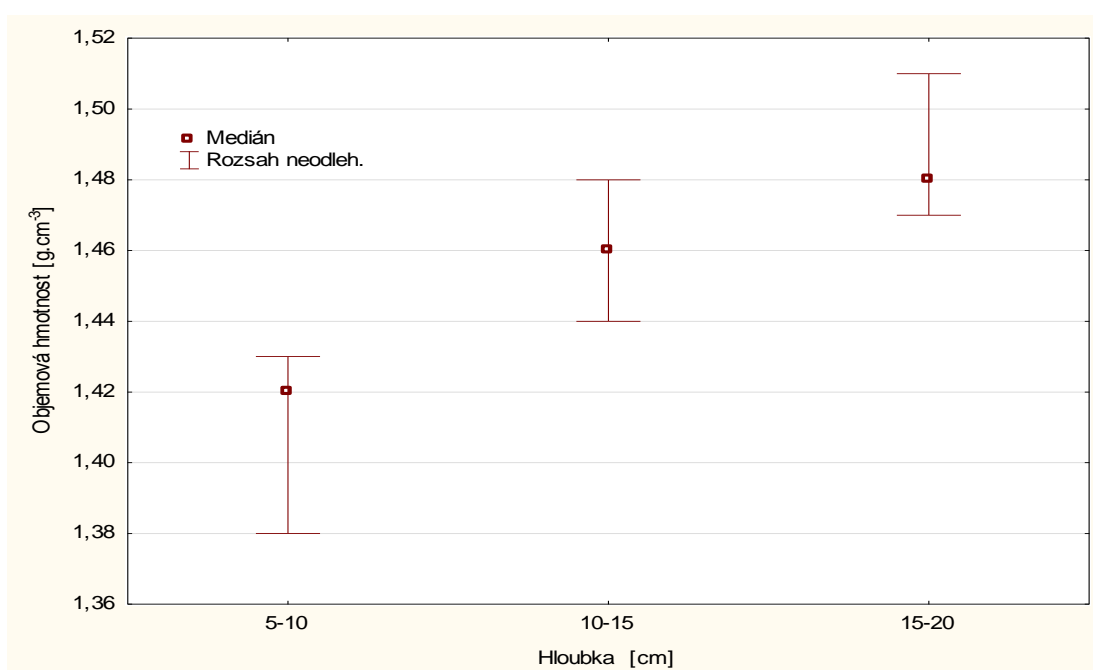


6 Výsledky

6.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Všechny stroje byl hodnoceny 25.7.2013, tedy za stejných klimatických i půdních podmínek. Výsledky měření z hlediska fyzikálních vlastností půdy znázorňují následující tabulky a grafy.

Graf 2: Objemová hmotnost v závislosti na hloubce [vlastní]



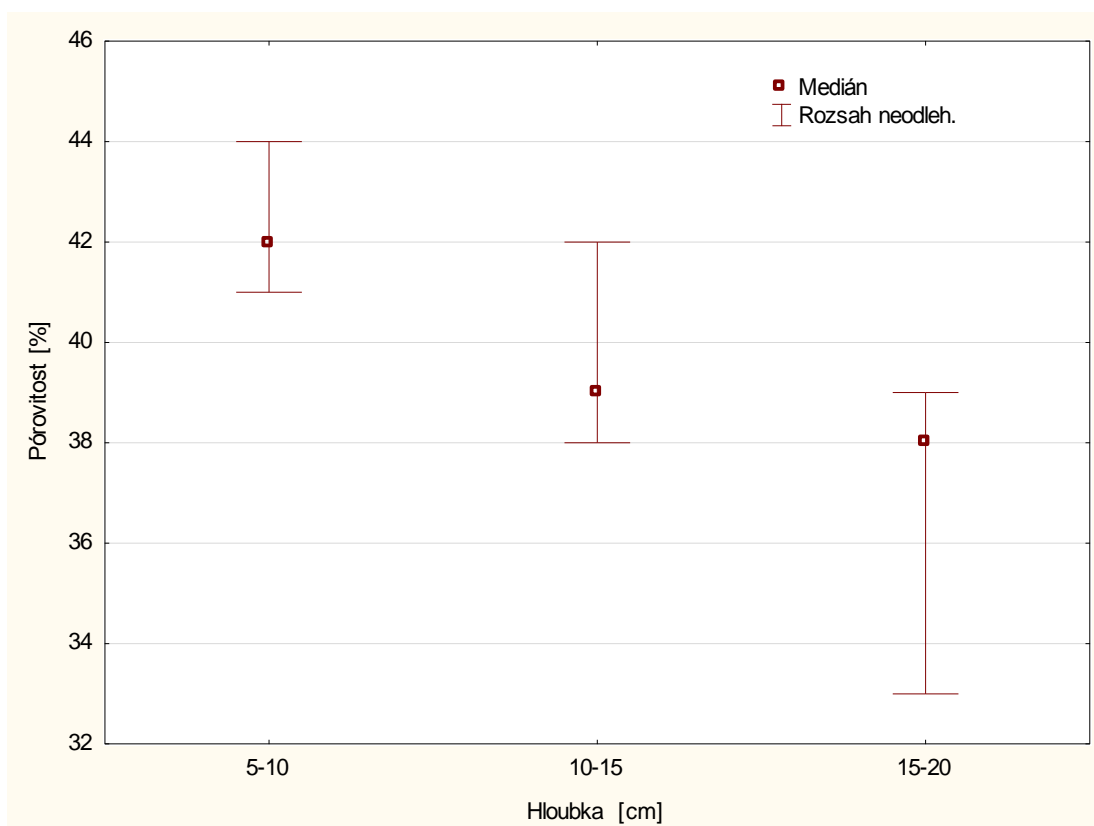
V grafu č.2 jsou uvedeny hodnoty objemové hmotnosti z odběrů Kopeckého válečku. Z grafu je dobře patrný nárůst objemové hmotnosti půdy v souvislosti s hloubkou odběru. Nicméně medián hodnot neukazuje na výskyt např. ztuhlé vrstvy půdy např. z důvodu nevhodného předchozího zpracování půdy. Hodnoty nedosahují mezních hodnot ztuhnutí půd. Samotné hodnoty jsou rovněž ovlivněny předcházejícími plodinami a to jak ozimým ječmenem i ozimou pšenicí, které patří k mělko kořenícím plodinám. Naměřené hodnoty jsou typické pro tuto oblast a rovněž půdní typ (hlinitopísčité kambizem).

Tabulka 10: Tukeyův HSD test – obj. hmotnost [vlastní]

Tukeyův HSD test; proměnná obj.hmotnost				
Č. buňky	Hloubka [cm]	{1}	{2}	{3}
		1,4100	1,4600	1,4867
1	5-10		0,07845	0,01426
2	10-15	0,07845		0,37900
3	15-20	0,01426	0,37900	

K detailnějšímu hodnocení bylo využito nástroje ANOVA v programu Statistica 12. Byl použit Tukeyův HSD test. Jeho výsledky ukazují statisticky významný rozdíl mezi hloubkami 5-10 cm a 10-15 cm. To může být způsobeno přirozeným sesedáním půdy a rovněž kořeny ozimého ječmene. Fyzikální vlastnosti půdy byly rovněž ovlivněny extrémně deštivým červnem s úhrnem srážek více než 230 mm, což způsobilo vyplavování jemných částic do hlubších vrstev půdy.

Graf 3: Porovitost v závislosti na hloubce [vlastní]



Tabulka 11: Tukeyův HSD test - pórovitost [vlastní]

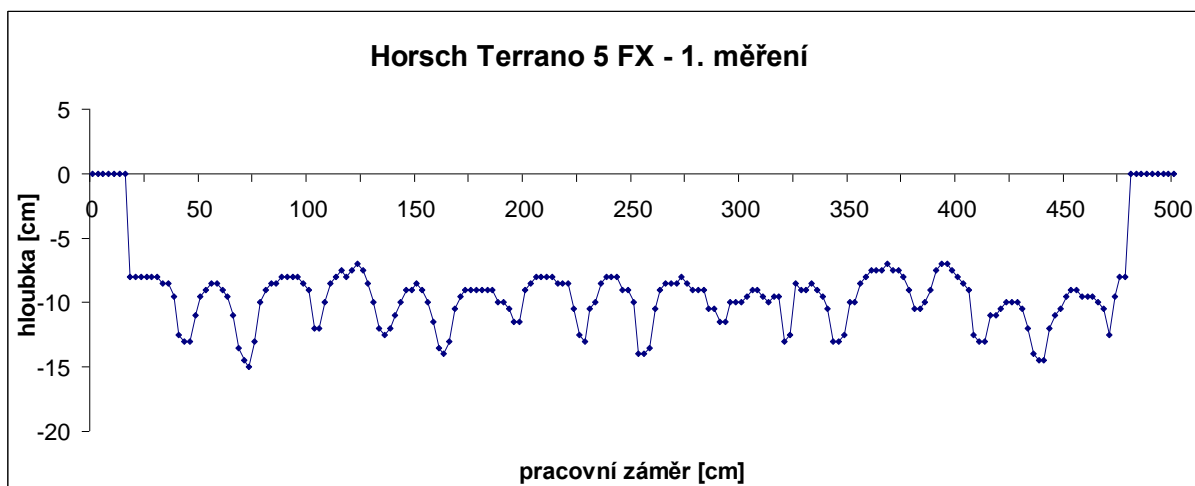
Tukeyův HSD test; proměnná pórovitost				
Č. buňky	Hloubka [cm]	{1}	{2}	{3}
1	5-10	42,333	39,667	36,667
2	10-15	0,41147	0,41147	0,06053
3	15-20	0,06053	0,33793	0,33793

Stejně nástroje byly využity i pro interpretaci výsledků měření pórovitosti. Zde je rovněž patrný vliv hloubky odběru na její hodnoty. Nicméně tento vliv není příliš silný. Výsledky Tukeyova testu na hladině 0,95 neprokázaly statisticky významný rozdíl. Pokles pórovitosti vzhledem k hloubce je téměř lineární. Rovněž pórovitost byla ovlivněna předcházející plodinou. Pokles by bylo možné vysvětlit i sedimentací jemných částic během intenzivních červnových dešťů s následným suchým červencovým obdobím. Hodnoty pórovitosti okolo 40% nejsou nikterak malé a ukazují dobrý půdní stav z hlediska fyzikálních vlastností půdy. Nejedná se o půdu s dlouhodobě špatným zpracováním nebo nevhodnými plodinami.

6.2 Profil dna

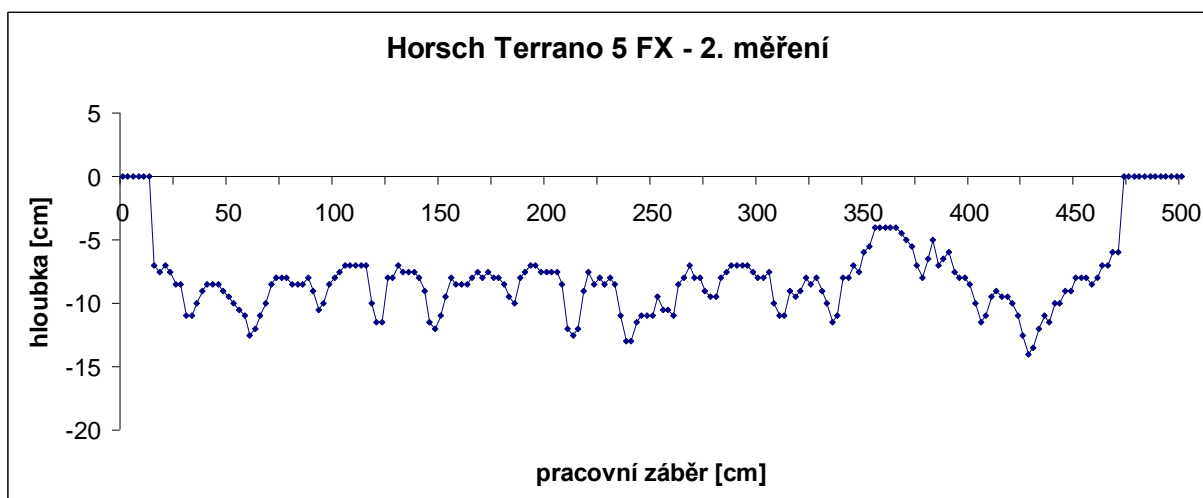
6.2.1 Horsch Terrano 5 FX

Graf 4: Profil dna – Horsch Terrano 5 FX – 1. měření, [vlastní]



U prvního měření kypřiče Horsch Terrano 5 FX je z grafu č. 4 patrné, že stroj dosáhl požadované hloubky prokypření pouze u třetí radličky zleva. Ostatní radličky sice udržely poměrně stejně zpracovaný profil, ale nedokázaly prokypřit půdu do požadované hloubky. To bylo pravděpodobně způsobeno příliš tvrdým povrchem půdy, který byl zapříčiněn velmi dlouhým obdobím bez deště s vysokými teplotami. Z grafu jsou znatelné i koleje způsobené tažným prostředkem, což je vzhledem k tahovému odporu takto širokého stroje pochopitelné.

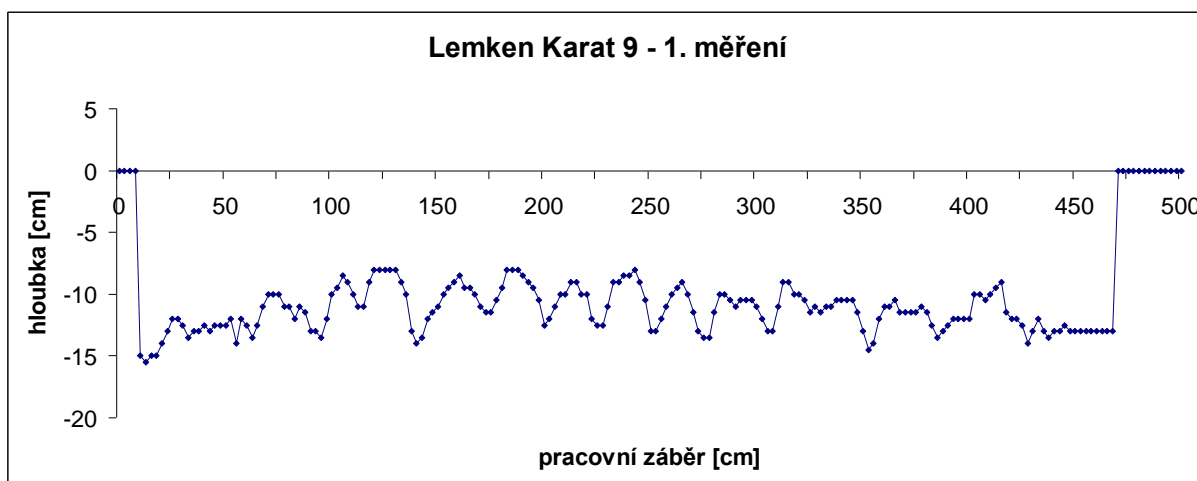
Graf 5: Profil dna – Horsch Terrano 5 FX – 2. měření, [vlastní]



U druhého měření tohoto kypřiče dle grafu č. 5 byl povrch dna daleko méně přesný, než u prvního měření. Z grafu je patrná činnost jištění radliček. U některých radliček došlo k stlačení pružin, zřejmě doprovázenou i kolísáním pracovní hloubky a oscilací pružiny. To je zřejmě opět způsobeno půdními podmínkami zejména z hlediska vlhkosti. Půda byla v době měření proschlá v celém zpracovávaném profilu, což ovlivnilo samotná měření.

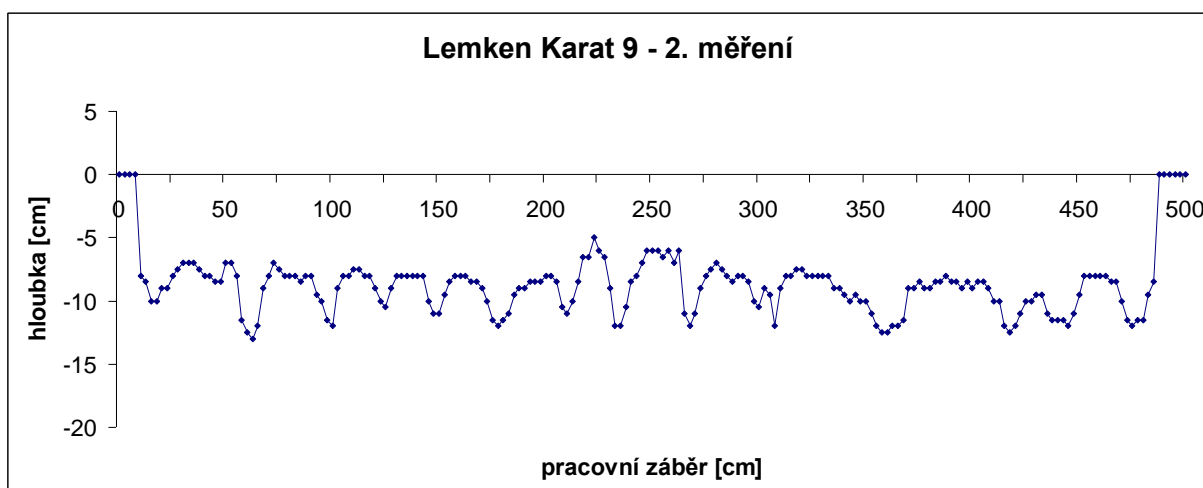
6.2.2 Lemken Karat 9

Graf 6: Profil dna- Lemken Karat 9 – 1. měření, [vlastní]



U prvního hodnocení z grafu č. 6 je vidět, že Radličky stroje Lemken Karat nepracovali v konstantní hloubce. Opět je zde patrný vliv tažného prostředku. Vliv na práci stroje měl i mírně zvlněný reliéf pozemku. Karat jinak pracoval bez výrazných kmitů odpružení. Práce jednotlivých radliček byla odlišná od druhého typu kypřiče. Odlišná geometrie radliček způsobovala intenzivnější práci radličky oproti stroji Horsch. Vzhledem k profilu dna je pozorovatelný i větší mísící efekt radličky zejména v oblastech křídel.

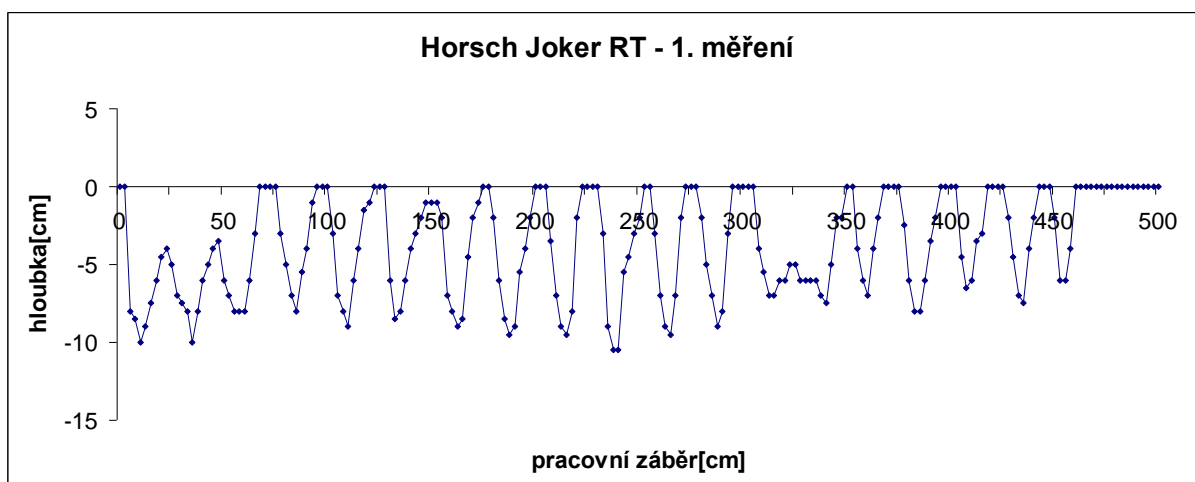
Graf 7: Profil dna - Lemken Karat 9 – 2. měření, [vlastní]



Při druhém měření, jak je vidět na grafu č. 7, nedošlo ani u jedné radličky k prokypření na nastavenou hloubku. Kypřič zpracoval půdu řádově o dva až čtyři centimetry méně než bylo požadováno. Profil dna byl u tohoto měření vyrovnaný a nebyly zde žádné známky přizvednutí slupice. To může být dáno i nižším tahovým odporem při menší hloubce zpracování. Hloubka zpracování byla ovlivněna terénem, což vysvětluje odchylku od nastavené hodnoty. Opět je patrná intenzivní práce křídel radliček jako v případě prvního měření.

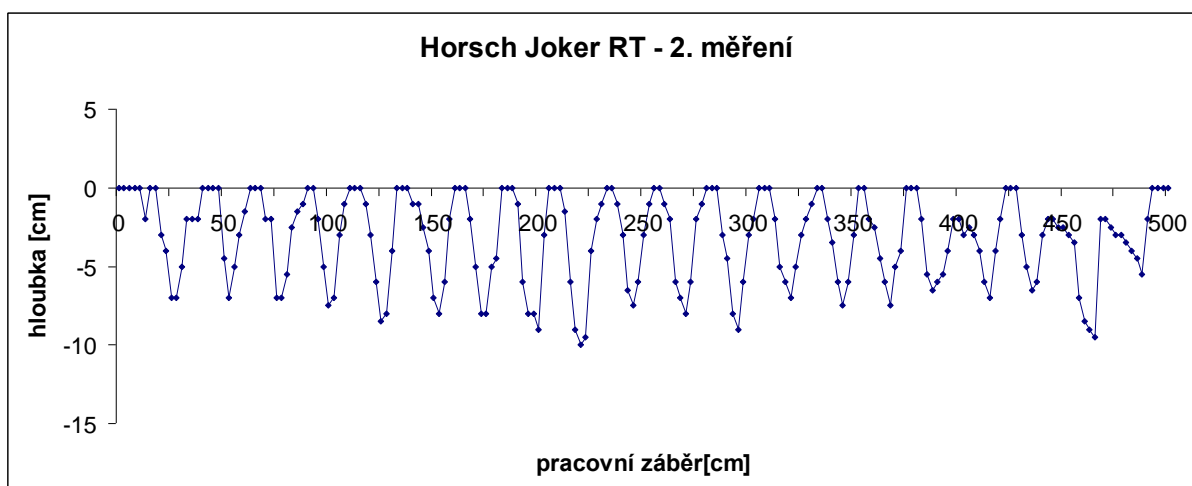
6.2.3 Horsch Joker RT

Graf 8: Profil dna – Horsch Joker 6 RT – 1. měření, [vlastní]



Tento talířový kypřič v prvním měření jak je patrné na grafu č. 8 také nedodržel nastavenou hloubku v celém záběru stroje. Tři pětiny záběru byly zpracovány poměrně stejně. Zbytek záběru byl zpracován do menší hloubky, což mohlo být způsobené příčným náklonem stroje nebo najetím opěrného kola na zvýšený povrch pozemku. Z průběhu grafu je vidět, že značná část povrchu je nezpracována vůbec. To je dané zejména geometrií talířů. Navíc talíře kypřiče v době měření vykazovaly pokročilé abrazivní opotřebení. Nutné je však dodat, že toto uspořádání značně snižuje tahový odpor stroje. Nicméně tento kypřič se hodí pouze pro mělkou podmítku s následným hlubším kypřením půdy. Půda připravená pouze přejezdem tohoto stroje by nebyla rovnoměrným seťovým lůžkem pro plní plodiny.

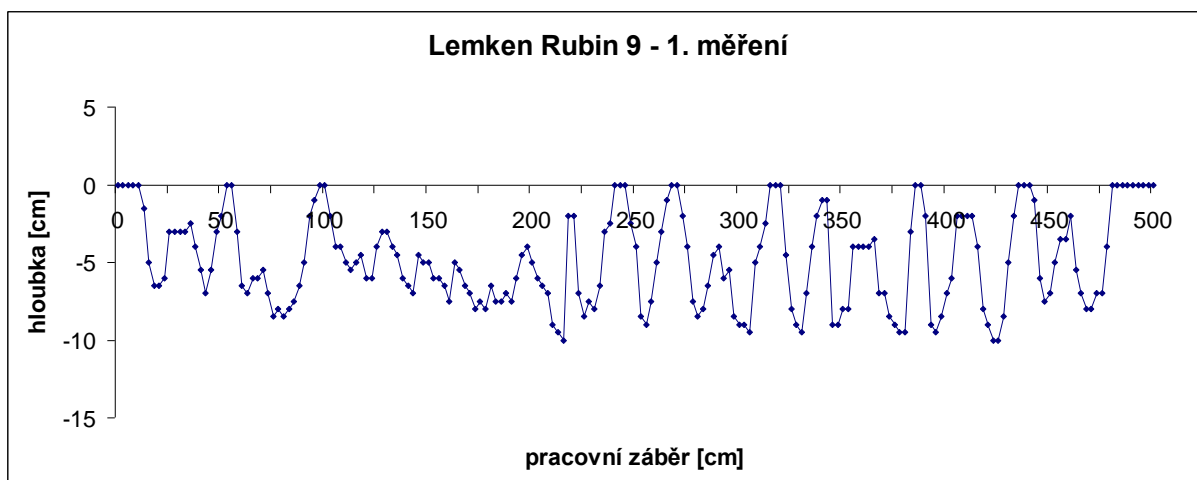
Graf 9: Profil dna – Horsch Joker 6 RT – 2. měření, [vlastní]



V grafu č. 9 je vidět, že opět nebyla dodržena nastavená hloubka zpracování. Profil dna zde byl sice vyrovnaný, ale velká část pracovního záběru byla zcela nezpracovaná. Konstrukce talířů i celého stroje nedokázala za daných podmínek pozemek řádně zpracovat. Toto zpracování půdy lze opět označit za velmi mělkou podmítku. To je vhodné jen pro rychlé přerušování kapilárních cest v půdě. Rovněž klíčení plevelů zejména ve zpracované části půdy může být uspišeno.

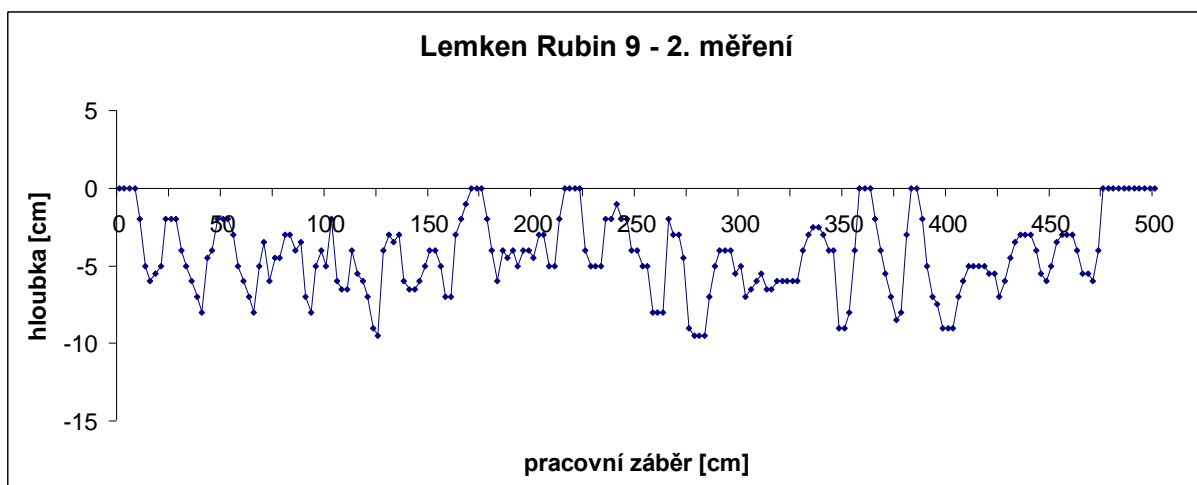
6.2.4 Lemken Rubin 9

Graf 10: Profil dna - Lemken Rubin 9 – 1. měření, [vlastní]



Z grafu č. 10 je patrné, že oproti předchozímu stroji zpracoval Rubin méně vyrovnaně. Dvě pětiny záběru jsou zpracovány v menší hloubce z důvodu silného místního utužení. Nezpracovaná část pozemku byl menší než u stroje Joker RT. Tento kypřič se kvalitativními parametry zpracování půdy značně odlišoval od kypřiče Horsch. Procento nezpracovaného povrchu je řádově menší než u kypřiče Joker. Z hlediska přerušení kapilárního výparu vody a uspíšení klíčení výdrolu a plevelů je vhodnější podříznutí větší části povrchu. Na druhou stranu u talířových kypřičů lze nalézt závislost mezi procentem zpracovaného povrchu a tahovým odporem.

Graf 11: Profil dna - Lemken Rubin 9 – 2. měření, [vlastní]



Ani u posledního měření nedošlo k rovnoměrnému zpracování v požadované hloubce. Stejně jako u předchozího měření tohoto stroje byl profil dna specifický. Výrazně znatelné u tohoto měření jsou stopy po kolech tažného prostředku. Okamžité technogenní utužení povrchu způsobilo lokální nárůst odporu půdy a následné překonání tuhosti pružiny.

6.3 Drsnost povrchu

Tabulka 12: Naměřená délka válečkového řetězu v [cm], [vlastní]

číslo měření	Horsch Terrano 5 FX	Lemken Karat 9	Horsch Joker RT	Lemken Rubin 9
1	118,0	125,0	116,0	133,0
2	115,0	124,0	118,0	131,0
3	120,0	130,0	128,0	130,0
4	125,0	128,0	122,0	133,0
5	130,0	124,0	128,0	137,0
6	123,0	132,0	110,0	133,0
7	123,0	130,0	118,0	134,0
8	126,0	127,0	119,0	135,0
9	126,0	116,0	124,0	131,0
10	126,0	130,0	130,0	134,0
Průměr	123,2	126,6	121,3	133,1

Data získaná měřením řetězovou metodou byla následně přepočtena v MS Excel a hodnoty drsnosti půdy jsou uvedeny v tabulce č. 13.

Tabulka 13: Přepočtená tabulka drsnosti v [mm], [vlastní]

číslo měření	Horsch Terrano 5 FX	Lemken Karat 9	Horsch Joker RT	Lemken Rubin 9
1	20,2	14,5	21,8	7,9
2	22,6	15,3	20,2	9,6
3	18,6	10,4	12,0	10,4
4	14,5	12,0	17,0	7,9
5	10,4	15,3	12,0	4,7
6	16,2	8,8	26,5	7,9
7	16,2	10,4	20,2	7,1
8	13,7	12,9	19,4	6,3
9	13,7	21,8	15,3	9,6
10	13,7	10,4	10,4	7,1
Průměr	16,0	13,2	17,5	7,9

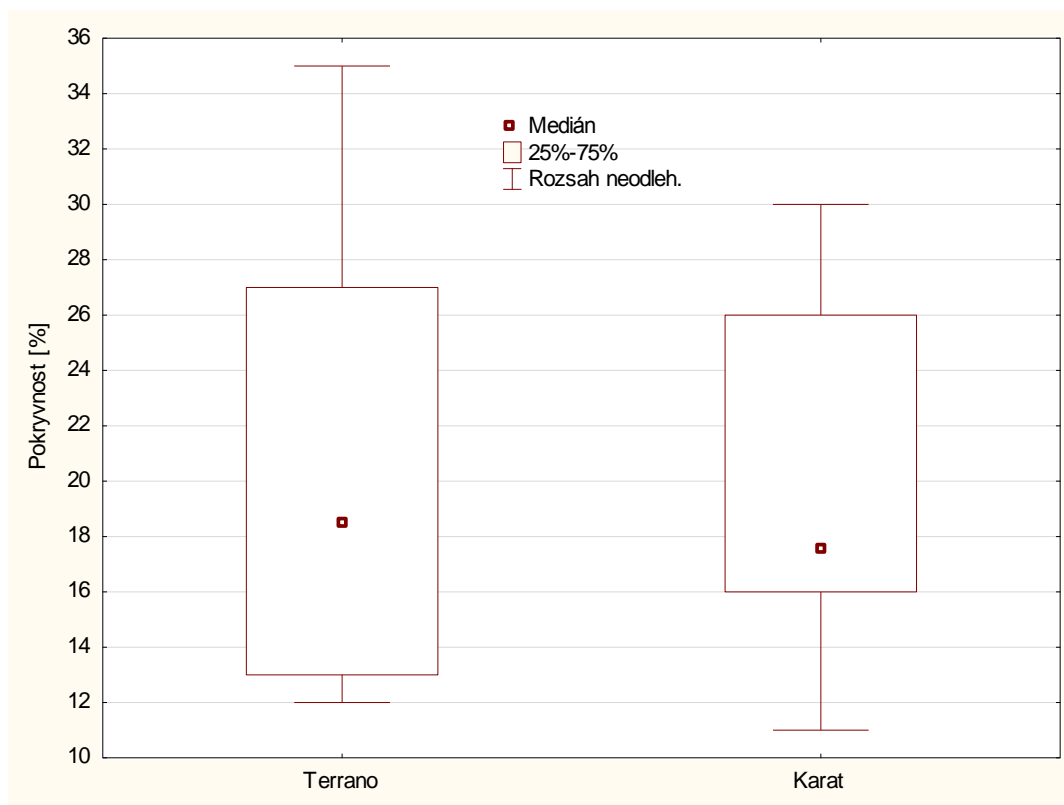
Drsnost povrchu byla u jednotlivých strojů nejvíce ovlivněna použitým válcem na stroji. U všech měřených strojů se průměrná drsnost pohybovala výrazně pod 20 mm, což ukazuje na velmi nízkou hrudovitost zpracovaného povrchu. Z hlediska klíčení výdrolu popř. plevelů nebo semen rostlin zeleného hnojení, se dá říci, že hrudovitost povrchu by ji neměla výrazně negativně ovlivnit. Výrazně nejnižší byla drsnost půdy u talířového kypřiče Lemken Rubin, což bylo dáno zejména dvojicí drobných válců a použitými prstovými usměrňovači, ale i geometrií talířů vzhledem k půdě.

6.4 Pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky

V grafu č. 12 jsou znázorněny výsledky měření pokryvnosti půdy. Pro oba radličkové kypřiče je charakteristický vysoký rozptyl hodnot. Rozdíly v řádech desítek procent byly způsobeny spíše rozdílným stavem porostu předplodiny, než změnou kvalitativních parametrů zpracování půdy. Mezi oběma kypřiči nelze v žádném případě nalézt statisticky významný rozdíl. Z hlediska zanechání rostlinných zbytků vykazovaly podobné kvalitativní ukazatele. V některých případech pokryvnost dosahovala i více než 30%, což by zpracování půdy řadilo mezi půdoochranné technologie. Nicméně medián hodnot je v obou případech daleko pod

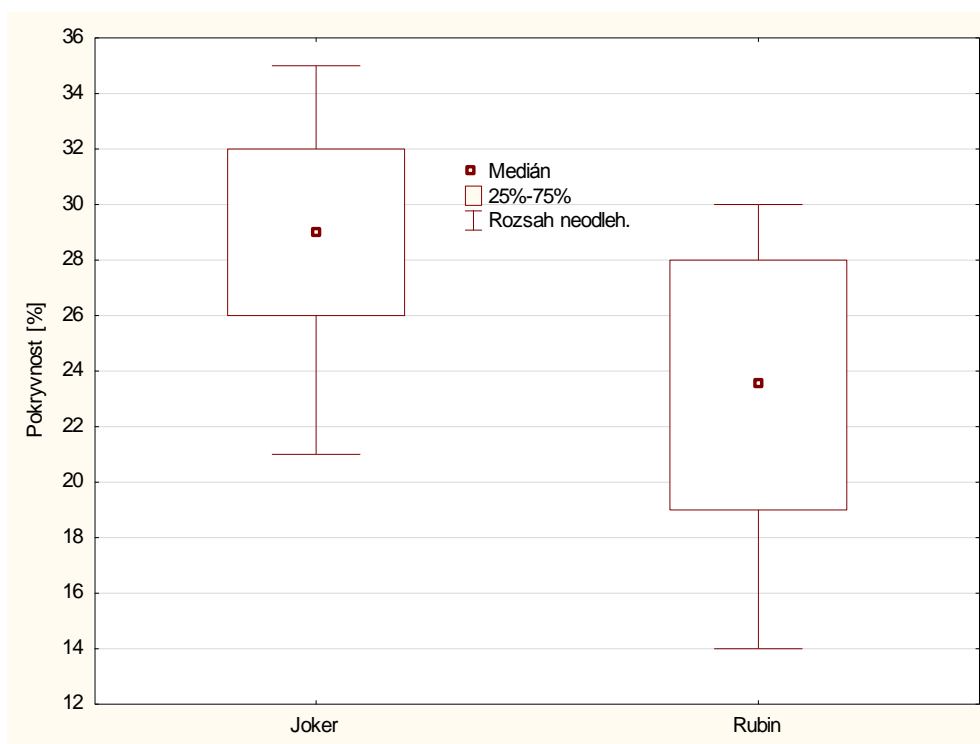
touto hranicí. Rovněž došlo k ovlivnění hodnot vlivem značného polehání porostu výskytem prudkého větru v před sklizňovém období. Pokryvnost půdy je vždy jako kvalitativní parametr velmi proměnlivá záležitost a její vypovídající schopnost není jednoznačná, protože je ovlivněna více parametry, než je jen konstrukce kypřiče.

Graf 12: Pokryvnost posklizňových zbytků - Terrano, Karat [vlastní]



U talířových kypřičů je opět patrný vysoký rozptyl hodnot způsobený podobnými příčinami jako u kypřičů radličkových. Nicméně, zde je patrný statisticky nevýznamný rozdíl mezi oběma kypřiči. Ten byl způsoben odlišnými kvalitativními parametry zpracování půdy. Kypřič Joker zanechal značnou část plochy nezpracovanou, čímž došlo k ponechání větší části rostlinných zbytků na povrchu, zejména v místech nezpracovaných talířů. Naopak kypřič Rubin pracoval intenzivněji a rovněž intenzivněji promíchal půdu s rostlinnými zbytky, čímž byla pokryvnost částečně snížena.

Graf 13: Pokryvnost posklizňovými zbytky - Joker, Rubin [vlastní]



7 Praktické doporučení

Je jen velmi těžké prokázat, zda je vhodnější orba radličným pluhem nebo zpracování minimalizační technologií. Záleží zejména na daných podmínkách – např. v některých oblastech není možné použít klasickou konveční technologii zpracování z důvodu nebezpečí eroze a s tím související legislativní omezení. Zpracování půdy radličkovými nebo talířovými kypřiči můžeme považovat jako náhradu konvenčního zpracování nebo jako půdoochrannou technologii. Z obou hledisek budou kladeny různé nároky na množství posklizňových zbytků. Orbou jsou téměř všechny rostlinné zbytky zaklopeny na dno brázdy. U kypřičů používaných jako náhrada orby jsou požadavky na posklizňové zbytky podobné. Rozdílné nároky na pokryvnost posklizňovými zbytky jsou kladeny při půdoochranném zpracování, kdy je minimální hodnota pokryvnosti alespoň 30% zbytků na povrchu [Hůla, Procházková, 2008].

Důležitým měřítkem hodnocení při zpracování půdy je schopnost kypřiče rovnoměrně zpracovat profil v celé šíři záběru. Měření ukázalo, že žádný z porovnávaných kypřičů nedokázal pracovat v celé šíři záběru. U radličkových kypřičů byl nezpracovaný povrch pouze na krajích záběru pracovního stoje, u talířových kypřičů došlo k nezpracování povrchu i uvnitř záběru, které však bylo způsobené půdními podmínkami a geometrií pracovních orgánů. Je nutné s tímto faktem počítat a pro zajištění rovnoměrného zpracování pozemku navazující jízdy částečně překrývat.

Požadavek na drsnost půdy a hrudovitost je rozdílný podle období zpracování. Při zpracování pod ozimé plodiny je třeba, aby drsnost zpracovaného povrchu byla co nejmenší, aby docházelo ke kvalitnímu a rovnoměrnému vzcházení. Velká drsnost povrchu pomáhá i výskytu škůdců jako jsou slimáci, kteří jsou ve vzcházejících porostech značně nežádoucím škůdcem. Pokud je prováděno zpracování půdy těmito kypřiči na podzim, je požadavek na hrudovitost povrchu opačný. Čím větší drsnost povrchu, tím je menší sklon k erozi půdy, zejména sněhové. Hrudovitý povrch přes zimu promrzne a jarní zpracování půdy z hlediska hrudovitosti je snazší.

Dalším důležitým parametrem v kvalitě zpracování je geometrie pracovních orgánů a to jak radliček, tak talířů. Při kypření dochází k abrazivnímu opotřebením jednotlivých orgánů a tím i ke zvýšení tahového odporu. Obě firmy, Horsch i Lemken, dávají možnost osadit kypřiče pracovními orgány se zvýšenou odolností vůči abrazivnímu opotřebením. Firma Horsch nabízí dláta a křídélka s karbidovým ostřím, kde nedochází ke zkracování pracovního orgánu,

pouze k jeho zeslabování. Pracovní záběr tak zůstává po celou životnost nástroje konstantní. Lemken má ve své nabídce pancéřové radličky, které mají výrazně delší životnost oproti neupraveným nástrojům, ale nedokáží zaručit konstantní rozměr po celou životnost a tím, i když pomaleji, dochází ke zhoršení kvality práce.

Značnou výhodou kypřičů oproti radličným pluhům je jednoduchá konstrukce, nastavení pracovní hloubky, menší energetická náročnost. Stroj Terrano je v konstrukci podstatně jednodušší než konkurent Karat. U prvního kypřiče je systém nastavení pomocí vkládacích podložek, které zkracují dráhu pístu přímočarých hydromotorů a tím i pracovní hloubku. Opěrná kola drží požadovanou hloubku pomocí systému díra – čep. Karat v této specifikaci je nastavován hydraulicky přímo z kabiny traktoru a to změnou výšky opěrných kol a polohy utužovacího válce.

V neposlední řadě je důležitá hmotnost kypřiče v závislosti na délce stroje a vhodně dotížený tažný prostředek tak, aby nedocházelo ke zbytečnému prokluzu kol. Při dotěžování tažného prostředku ovšem dochází ke zvýšení jeho hmotnosti a tím dochází i ke zvýšení tlaku, kterým se působí na půdu. Dále se zvyšuje spotřeba, protože se zvyšuje hmotnost soupravy a tím valivý odpor.

8 Závěr

Je na každém zemědělci, aby si zvolil systém zpracování půdy, který vyhovuje v jeho půdních a klimatických podmínkách a vybral správnou techniku pro zpracování. V dnešní době stále stoupá ekonomický tlak na farmáře a díky působení přírodních vlivů, minimalizační technologie zpracování půdy nachází stále větší uplatnění. S používáním této technologie se počítá i v budoucnosti, protože agrotechnické lhůty se stále zkracují a je třeba včas a vhodně půdu zpracovat. Z hlediska úspory nákladů a času má tato technologie řadu předností oproti konvenční technologii. Další výhodou je použití jednoho kypřiče pro dvojitě zpracování. (podmítka, hlubší kypření).

Cílem práce bylo zhodnotit a porovnat kvalitu práce strojů pro kypření půdy. Kypřiče byly měřeny při zpracování strniště po ozimém ječmenu. Bezprostředně po přejezdu stroje byly hodnoceny tyto tři parametry: profil dna, drsnost zpracovaného povrchu a pokryvnost povrchu posklizňovými zbytky.

Porovnání kypřičů je třeba rozdělit do dvou skupin, na kypřiče radličkové a talířové. Z hlediska konstrukce se radličkové kypřiče nijak dramaticky neliší. U obou kypřičů jsou radličky ve třech řadách, urovnávací talíře jištěné pružinou a k opětovnému utužení je použit válcový pěch. Rozdíly jsou pouze v geometrii radliček a použitém typu utužovacího válce. Z hlediska půdního profilu můžeme říci, že oba kypřiče pracovaly dosti podobně a statisticky nelze prokázat významný rozdíl. Stroj Karat lépe mísil nakypřenou zeminu s posklizňovými zbytky. To bylo způsobené geometrií radliček a úhlem vnikání do půdy. Oproti kypřiči Terrano byl znatelný větší tahový odpor.

Dalším parametrem hodnocení kvality práce je drsnost zpracovaného povrchu. Tento parametr je velmi důležitý hlavně pokud jde o zpracování půdy pod ozimé plodiny. Obecný požadavek je, aby drsnost povrchu v tomto období byla co nejmenší. Oba stroje se při zpracování půdy v hloubce 15 cm jevily velmi dobře. Drsnost povrchu obou kypřičů byla výrazně pod 20 mm. Menší drsnost povrchu z radličkových kypřičů prokázal stroj Terrano.

Posledním kvalitativním parametrem hodnocení práce kypřičů bylo hodnocení pokryvnosti posklizňovými zbytky. U tohoto parametru nelze statisticky prokázat rozdíl mezi oběma kypřiči. U měření každého stroje je značný rozdíl mezi jednotlivými hodnotami. To bylo způsobeno hlavně délkou strniště předplodiny. V oblastech pozemku, kde byl porost ječmene značně polehlý a sklízecí mlátička nedokázala posekat porost v konstantní výšce

strniště, byla pokryvnost přes 30 %. Medián procenta pokryvnosti u stroje Terrano byl těsně nad 18- ti % a u konkurenčního stroje Karat lehce pod 18 – ti %. Z hlediska půdoochranné technologie dosáhly radličkové kypřiče velmi nízkých hodnot pokryvnosti.

U talířových kypřičů bylo hodnocení profilu dna značně ovlivněno půdními podmínkami, kdy byla půda proschlá v celé zpracovávané hloubce a jistící síla slupic talířů nedokázala překonat odpor utuženého pozemku v dostatečné míře. U kypřiče Joker je vidět, že tento stroj je vhodný zejména pro první zpracování půdy, kdy se naruší kapilarita vody. Takto mělce zpracovaný povrch přívětivě napomáhá k provzdušnění a ke klíčení výdrolu, plevelů nebo ostatních semenných rostlin. Stroj Rubin pracoval méně vyrovnaně co se týče hloubky zpracovávaného profilu, avšak se zeminou pracoval intenzivněji a lépe mísil.

Druhým parametrem hodnocení, stejně jako u předchozích kypřičů, bylo hodnocení drsnosti zpracovaného povrchu. I u talířových kypřičů byla drsnost povrchu výrazně pod 20 mm. Nutno však podotknout že u těchto kypřičů byl však rozdíl v drsnosti znatelný. U stroje Joker dosáhla drsnost hodnoty 17,5 mm a u stroje Rubin pouze 7,9 mm. Menší drsnost povrchu u stroje Rubin byla docílena pomocí prutových usměřovačů.

Hodnocení pokryvnosti posklizňovými zbytky, jako posledního parametru měření, mělo patrný statisticky nevýznamný rozdíl mezi oběma stroji. Tento rozdíl byl způsoben odlišnou kvalitou zpracování, kdy Joker zanechal část povrchu nezpracovanou a tím došlo k větší pokryvnosti rostlinnými zbytky. Naopak intenzivnější práce Rubinu lépe promísila půdu s rostlinnými zbytky, a proto byla menší pokryvnost.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] Kumhála, F., a kol., Zpracování půdy. In Zemědělská technika – stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Powerprint. Kapitola 2, 2007, s. 69–124.
- [2] Javůrek M., a kol., Význam půdoochranných technologií v rostlinné výrobě pro rozvoj půdní úrodnosti. Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2010, s. 29.
- [3] Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F., Zpracování půdy. Praha, Brázda, 1997, s. 144.
- [4] Procházka, P. Působení pracovních nástrojů na půdu u strojů pro zpracování půdy a setí. Praha, 2007. Doktorská dizertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
Vedoucí práce doc. Ing. Josef Hůla, CSc.
- [5] Petelkau, H., Aufgaben und Lösungswege zur Minderung von schädlichen Bodenverdichtungen durch Mechanisierungsmittel der Feldwirtschaft. Arb. Mech. Pflanzten – Tierprod. Schlieben 6, 1989, s. 93 – 114.
- [6] Hůla, J., Procházková, B., a kol., Minimalizace zpracování půdy. Praha, Profi-Press, 2008, s. 248.
- [7] Ledvina, R., Koubalíková, J., Horáček, J., Jihočeská Univerzita, zemědělská fakulta, Geologie a půdoznalství, 1. vyd. České Budějovice: Scientific-Pedagogical Publishing, 1992, s. 203.
- [8] Jandák, J., Pokorný, E., Prax, A., Půdoznalství. třetí přeprac. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, s. 143.
- [9] Mašek, J., Novák, P., Petrásek, S., Kroulík, M., Technologie zpracování půdy a jejich vliv na půdní vlastnosti. Mechanizace zemědělství, 2012, 62, č. 8, s. 82 – 86.
- [9] Brady, N.C., Weil, R.R., The nature and properties of soils. 12th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA, 1999, p. 881.
- [10] Pastorek, Z., a kol., Technologické systémy rostlinné výroby. Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky Praha., 2002, s. 95.
- [11] Teksl, M., a kol., Pěstování rostlin 1, Praha, Credit, 1996, s. 300.

- [12] Hůla, J., Procházková, B., a kol., Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. Praha, ÚZPI, 2002, s. 104.
- [13] Beneš, P., S orbou či bez? Mechanizace zemědělství, 2008, 58, č. 8, s. 16 – 20.
- [14] Novák, P., Zpracování půdy při zaměření na omezení vodní eroze půdy při pěstování vybraných polních plodin, Praha, 2012. Teze disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce prof. Ing. Josef Hůla, CSc.
- [15] Janeček, M. et al., Základy erodologie. ČZU v Praze, Praha, 2008, s. 172.
- [16] Janeček, M. et al., Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha, ISV, 2002, s. 200.
- [17] Valla, M., Kozák, J., Němeček, J., Matula, S. Borůvka, L., Drábek, O. Pedologické praktikum. 2. vyd. Praha: ČZU, katedra pedologie a geologie AF, 2002, s. 151.
- [18] Klik A., Kaitana R., Badraoui M., Desertification hazard in a mountainous ecosystem in the High Atlas region, Marocco. Proc. 12th ISCO Conference, Beijing. 2002, s. 636–644.
- [19] Pulkrábek J., Švachula V., a kol., Rostlinná výroba. První vydání, Sdružení soukromých zemědělců 1995
- [20] Sánka M., Materna J., Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR, Ministerstvo životního prostředí, Vršovická 65, 100 10 Praha 10
- [21] Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USDA Agric. Handb. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC., 79 p.
- [22] Dočekal D., Vliv minimalizace zpracování půdy na fyzikální vlastnosti půdy - Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004, Vedoucí práce prof. Ing. Josef Hůla, CSc
- [23] Šindelář R., Vyhodnocení ukazatelů kvality práce vybraných strojů pro zpracování půdy – Diplomová práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004, Vedoucí práce prof. Ing. Josef Hůla, CSc

Internetové odkazy

- [24] <http://www.rosmarinus.cz> [on-line], [cit. 2014-03-12] Dostupné z <http://www.rosmarinus.cz/jaka-je-optimalni-pudni-reakce-ph-pudy/>
- [25] <http://www.eagri.cz> [on-line], [cit. 2014-03-14] Dostupné z <https://eagri.cz/ssl/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-pudy/eroze-pudy/gaec/>
- [26] <http://www.centex.sk> [on-line], [cit. 2014-03-19]
- [27] <http://www.czso.cz> [on-line], [cit. 2014-03-20]
- [28] <http://www.horsch.com> [on-line], [cit. 2014-03-23]
- [29] <http://www.lemken.com> [on-line], [cit. 2014-03-19]

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Půdní druhy podle obsahu jílu [Sáňka, Materna, 2004], upravil Kakos [2014].....	14
Tabulka 2: Orientační posouzení vlhkosti [Sáňka, Materna, 2004]	16
Tabulka 3: Hodnocení obsahu humusu v půdě [Hůla et al., 1997], upravil Kakos [2014]	19
Tabulka 4: Základní kritéria pro hodnocení zemědělských půd[www.rozmarinus.cz].....	20
Tabulka 5: Světová půda ohrožená vodní a větrnou erozí [Janeček et al., 2008].	22
Tabulka 6: Horsch Terrano FX, [horsch.com]	33
Tabulka 7: Lemken Karat 9 [lemken.com].....	34
Tabulka 8: Horsch Joker RT, [horsch.com].....	36
Tabulka 9: Lemken Rubin 9, [lemken.com].....	38
Tabulka 10: Tukeyův HSD test – obj. hmotnost [vlastní].....	53
Tabulka 11: Tukeyův HSD test - pórovitost [vlastní]	54
Tabulka 12: Naměřená délka válečkového řetězu v [cm], [vlastní]	60
Tabulka 13: Přepočtená tabulka drsnosti v [mm], [vlastní]	61

11 Seznam grafů

Graf 1: Průběh srážek v červenci 2013 [vlastní]	40
Graf 2: Objemová hmotnost v závislosti na hloubce [vlastní]	52
Graf 3: Porovitost v závislosti na hloubce [vlastní]	53
Graf 4: Profil dna – Horsch Terrano 5 FX – 1. měření, [vlastní]	55
Graf 5: Profil dna – Horsch Terrano 5 FX – 2. měření, [vlastní]	55
Graf 6: Profil dna- Lemken Karat 9 – 1. měření, [vlastní]	56
Graf 7: Profil dna - Lemken Karat 9 – 2. měření, [vlastní]	57
Graf 8: Profil dna – Horsch Joker 6 RT – 1. měření, [vlastní]	57
Graf 9: Profil dna – Horsch Joker 6 RT – 2. měření, [vlastní]	58
Graf 10: Profil dna - Lemken Rubin 9 – 1. měření, [vlastní]	59
Graf 11: Profil dna - Lemken Rubin 9 – 2. měření, [vlastní]	59
Graf 12: Pokryvnost posklizňových zbytků - Terrano, Karat [vlastní]	62
Graf 13: Pokryvnost posklizňovými zbytky - Joker, Rubin [vlastní]	63

12 Seznam obrázků

Obrázek 1: Zpracovaná půda ClipOn x MulchMix, [bezorebne.cz]	32
Obrázek 2: Radličky pro Lemken Karat 9 [lemken.com]	34
Obrázek 3: Non - stop jištění dvěma vinutými pružinami, [vlastní]	35
Obrázek 4: Pryžové jištění slupic talířů [vlastní]	36
Obrázek 5: Lemken "Auto-Reset" jištění, [vlastní]	38
Obrázek 6: Horsch Terrano 5 FX, [vlastní]	41
Obrázek 7: Lemken Karat 9, [vlastní]	42
Obrázek 8: Horsch Joker 6 RT, [vlastní]	43
Obrázek 9: Lemken Rubin 9, [vlastní]	43
Obrázek 10: Souprava pro odběr vzorku Kopeckého válečků, [vlastní]	44
Obrázek 11: Rozměřené prkno po 2,5 cm nad profilem dna [vlastní]	46
Obrázek 12: Měření délky válečkového řetězu, [vlastní]	47
Obrázek 13: Povrch pozemku 0,25 m ² , [vlastní]	48
Obrázek 14: Oříznutá plocha povrchu 0,25 [m ²],[vlastní]	49
Obrázek 15: Masky oříznutého obrázku v programu Gwiddion 2.35 [vlastní]	50
Obrázek 16: Převedený obrázek do binární soustavy v programu ImageJ [vlastní]	51

PŘÍLOHY

1.měření				
Vzdálenost cm	hloubka cm			
	radličkové kypřiče		talířové kypřiče	
	Horsch Terrano 5 FX	Lemken Karat 9	Horsch Joker RT	Lemken Rubin 9
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	0,00	0,00	0,00	0,00
5,0	0,00	0,00	-8,00	0,00
7,5	0,00	0,00	-8,50	0,00
10,0	0,00	-15,00	-10,00	0,00
12,5	0,00	-15,50	-9,00	-1,50
15,0	0,00	-15,00	-7,50	-5,00
17,5	-8,00	-15,00	-6,00	-6,50
20,0	-8,00	-14,00	-4,50	-6,50
22,5	-8,00	-13,00	-4,00	-6,00
25,0	-8,00	-12,00	-5,00	-3,00
27,5	-8,00	-12,00	-7,00	-3,00
30,0	-8,00	-12,50	-7,50	-3,00
32,5	-8,50	-13,50	-8,00	-3,00
35,0	-8,50	-13,00	-10,00	-2,50
37,5	-9,50	-13,00	-8,00	-4,00
40,0	-12,50	-12,50	-6,00	-5,50
42,5	-13,00	-13,00	-5,00	-7,00
45,0	-13,00	-12,50	-4,00	-5,50
47,5	-11,00	-12,50	-3,50	-3,00
50,0	-9,50	-12,50	-6,00	-2,00
52,5	-9,00	-12,00	-7,00	0,00
55,0	-8,50	-14,00	-8,00	0,00
57,5	-8,50	-12,00	-8,00	-3,00
60,0	-9,00	-12,50	-8,00	-6,50
62,5	-9,50	-13,50	-6,00	-7,00
65,0	-11,00	-12,50	-3,00	-6,00
67,5	-13,50	-11,00	0,00	-6,00
70,0	-14,50	-10,00	0,00	-5,50
72,5	-15,00	-10,00	0,00	-7,00
75,0	-13,00	-10,00	0,00	-8,50
77,5	-10,00	-11,00	-3,00	-8,00
80,0	-9,00	-11,00	-5,00	-8,50
82,5	-8,50	-12,00	-7,00	-8,00
85,0	-8,50	-11,00	-8,00	-7,50
87,5	-8,00	-11,50	-5,50	-6,50
90,0	-8,00	-13,00	-4,00	-5,00
92,5	-8,00	-13,00	-1,00	-2,00
95,0	-8,00	-13,50	0,00	-1,00
97,5	-8,50	-12,00	0,00	0,00
100,0	-9,00	-10,00	0,00	0,00
102,5	-12,00	-9,50	-3,00	-2,00
105,0	-12,00	-8,50	-7,00	-4,00
107,5	-10,00	-9,00	-8,00	-4,00
110,0	-8,50	-10,00	-9,00	-5,00

112,5	-8,00	-11,00	-6,00	-5,50
115,0	-7,50	-11,00	-4,00	-5,00
117,5	-8,00	-9,00	-1,50	-4,50
120,0	-7,50	-8,00	-1,00	-6,00
122,5	-7,00	-8,00	0,00	-6,00
125,0	-7,50	-8,00	0,00	-4,00
127,5	-8,50	-8,00	0,00	-3,00
130,0	-10,00	-8,00	-6,00	-3,00
132,5	-12,00	-9,00	-8,50	-4,00
135,0	-12,50	-10,00	-8,00	-4,50
137,5	-12,00	-13,00	-6,00	-6,00
140,0	-11,00	-14,00	-4,00	-6,50
142,5	-10,00	-13,50	-3,00	-7,00
145,0	-9,00	-12,00	-2,00	-4,50
147,5	-9,00	-11,50	-1,00	-5,00
150,0	-8,50	-11,00	-1,00	-5,00
152,5	-9,00	-10,00	-1,00	-6,00
155,0	-10,00	-9,50	-2,00	-6,00
157,5	-11,50	-9,00	-7,00	-6,50
160,0	-13,50	-8,50	-8,00	-7,50
162,5	-14,00	-9,50	-9,00	-5,00
165,0	-13,00	-9,50	-8,50	-5,50
167,5	-10,50	-10,00	-4,50	-6,50
170,0	-9,50	-11,00	-2,00	-7,00
172,5	-9,00	-11,50	-1,00	-8,00
175,0	-9,00	-11,50	0,00	-7,50
177,5	-9,00	-10,50	0,00	-8,00
180,0	-9,00	-9,50	-2,00	-6,50
182,5	-9,00	-8,00	-6,00	-7,50
185,0	-9,00	-8,00	-8,50	-7,50
187,5	-10,00	-8,00	-9,50	-7,00
190,0	-10,00	-8,50	-9,00	-7,50
192,5	-10,50	-9,00	-5,50	-6,00
195,0	-11,50	-9,50	-4,00	-4,50
197,5	-11,50	-10,50	-2,00	-4,00
200,0	-9,00	-12,50	0,00	-5,00
202,5	-8,50	-12,00	0,00	-6,00
205,0	-8,00	-11,00	0,00	-6,50
207,5	-8,00	-10,00	-3,50	-7,00
210,0	-8,00	-10,00	-7,00	-9,00
212,5	-8,00	-9,00	-9,00	-9,50
215,0	-8,50	-9,00	-9,50	-10,00
217,5	-8,50	-10,00	-8,00	-2,00
220,0	-8,50	-10,00	-2,00	-2,00
222,5	-10,50	-12,00	0,00	-7,00
225,0	-12,50	-12,50	0,00	-8,50
227,5	-13,00	-12,50	0,00	-7,50
230,0	-10,50	-11,00	0,00	-8,00
232,5	-10,00	-9,00	-3,00	-6,50
235,0	-8,50	-9,00	-9,00	-3,00
237,5	-8,00	-8,50	-10,50	-2,50
240,0	-8,00	-8,50	-10,50	0,00

242,5	-8,00	-8,00	-5,50	0,00
245,0	-9,00	-9,00	-4,50	0,00
247,5	-9,00	-10,50	-3,00	-2,50
250,0	-10,00	-13,00	-2,00	-4,00
252,5	-14,00	-13,00	0,00	-8,50
255,0	-14,00	-12,00	0,00	-9,00
257,5	-13,50	-11,00	-3,00	-7,50
260,0	-10,50	-10,00	-7,00	-5,00
262,5	-9,00	-9,50	-9,00	-3,00
265,0	-8,50	-9,00	-9,50	-1,00
267,5	-8,50	-10,00	-7,00	0,00
270,0	-8,50	-11,50	-2,00	0,00
272,5	-8,00	-13,00	0,00	-2,00
275,0	-8,50	-13,50	0,00	-4,00
277,5	-9,00	-13,50	0,00	-7,50
280,0	-9,00	-11,50	-2,00	-8,50
282,5	-9,00	-10,00	-5,00	-8,00
285,0	-10,50	-10,00	-7,00	-6,50
287,5	-10,50	-10,50	-9,00	-4,50
290,0	-11,50	-11,00	-8,00	-4,00
292,5	-11,50	-10,50	-3,00	-6,00
295,0	-10,00	-10,50	0,00	-5,50
297,5	-10,00	-10,50	0,00	-8,50
300,0	-10,00	-11,00	0,00	-9,00
302,5	-9,50	-12,00	0,00	-9,00
305,0	-9,00	-13,00	0,00	-9,50
307,5	-9,00	-13,00	-4,00	-5,00
310,0	-9,50	-11,00	-5,50	-4,00
312,5	-10,00	-9,00	-7,00	-2,50
315,0	-9,50	-9,00	-7,00	0,00
317,5	-9,50	-10,00	-6,00	0,00
320,0	-13,00	-10,00	-6,00	0,00
322,5	-12,50	-10,50	-5,00	-4,50
325,0	-8,50	-11,50	-5,00	-8,00
327,5	-9,00	-11,00	-6,00	-9,00
330,0	-9,00	-11,50	-6,00	-9,50
332,5	-8,50	-11,00	-6,00	-7,00
335,0	-9,00	-11,00	-6,00	-4,00
337,5	-9,50	-10,50	-7,00	-2,00
340,0	-10,50	-10,50	-7,50	-1,00
342,5	-13,00	-10,50	-5,00	-1,00
345,0	-13,00	-10,50	-2,00	-9,00
347,5	-12,50	-11,50	-2,00	-9,00
350,0	-10,00	-13,00	0,00	-8,00
352,5	-10,00	-14,50	0,00	-8,00
355,0	-8,50	-14,00	-4,00	-4,00
357,5	-8,00	-12,00	-6,00	-4,00
360,0	-7,50	-11,00	-7,00	-4,00
362,5	-7,50	-11,00	-4,00	-4,00
365,0	-7,50	-10,50	-2,00	-3,50
367,5	-7,00	-11,50	0,00	-7,00
370,0	-7,50	-11,50	0,00	-7,00

372,5	-7,50	-11,50	0,00	-8,50
375,0	-8,00	-11,50	0,00	-9,00
377,5	-9,00	-11,00	-2,50	-9,50
380,0	-10,50	-11,50	-6,00	-9,50
382,5	-10,50	-12,50	-8,00	-3,00
385,0	-10,00	-13,50	-8,00	0,00
387,5	-9,00	-13,00	-6,00	0,00
390,0	-7,50	-12,50	-3,50	-2,00
392,5	-7,00	-12,00	-2,00	-9,00
395,0	-7,00	-12,00	0,00	-9,50
397,5	-7,50	-12,00	0,00	-8,50
400,0	-8,00	-12,00	0,00	-7,00
402,5	-8,50	-10,00	0,00	-6,00
405,0	-9,00	-10,00	-4,50	-2,00
407,5	-12,50	-10,50	-6,50	-2,00
410,0	-13,00	-10,00	-6,00	-2,00
412,5	-13,00	-9,50	-3,50	-2,00
415,0	-11,00	-9,00	-3,00	-4,00
417,5	-11,00	-11,50	0,00	-8,00
420,0	-10,50	-12,00	0,00	-9,00
422,5	-10,00	-12,00	0,00	-10,00
425,0	-10,00	-12,50	0,00	-10,00
427,5	-10,00	-14,00	-2,00	-8,50
430,0	-10,50	-13,00	-4,50	-5,00
432,5	-12,00	-12,00	-7,00	-2,00
435,0	-14,00	-13,00	-7,50	0,00
437,5	-14,50	-13,50	-4,00	0,00
440,0	-14,50	-13,00	-2,00	0,00
442,5	-12,00	-13,00	0,00	-1,00
445,0	-11,00	-12,50	0,00	-6,00
447,5	-10,50	-13,00	0,00	-7,50
450,0	-9,50	-13,00	-2,00	-7,00
452,5	-9,00	-13,00	-6,00	-5,00
455,0	-9,00	-13,00	-6,00	-3,50
457,5	-9,50	-13,00	-4,00	-3,50
460,0	-9,50	-13,00	0,00	-2,00
462,5	-9,50	-13,00	0,00	-5,50
465,0	-10,00	-13,00	0,00	-7,00
467,5	-10,50	-13,00	0,00	-8,00
470,0	-12,50	0,00	0,00	-8,00
472,5	-9,50	0,00	0,00	-7,00
475,0	-8,00	0,00	0,00	-7,00
477,5	-8,00	0,00	0,00	-4,00
480,0	0,00	0,00	0,00	0,00
482,5	0,00	0,00	0,00	0,00
485,0	0,00	0,00	0,00	0,00
487,5	0,00	0,00	0,00	0,00
490,0	0,00	0,00	0,00	0,00
492,5	0,00	0,00	0,00	0,00
495,0	0,00	0,00	0,00	0,00
497,5	0,00	0,00	0,00	0,00
500,0	0,00	0,00	0,00	0,00

2.měření				
Vzdálenost cm	hloubka cm			
	radličkové kypriče		talířové kypriče	
	Horsch Terrano 5 FX	Lemken Karat 9	Horsch Joker RT	Lemken Rubin 9
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	0,00	0,00	0,00	0,00
5,0	0,00	0,00	0,00	0,00
7,5	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	0,00	-8,00	0,00	-2,00
12,5	0,00	-8,50	-2,00	-5,00
15,0	-7,00	-10,00	0,00	-6,00
17,5	-7,50	-10,00	0,00	-5,50
20,0	-7,00	-9,00	-3,00	-5,00
22,5	-7,50	-9,00	-4,00	-2,00
25,0	-8,50	-8,00	-7,00	-2,00
27,5	-8,50	-7,50	-7,00	-2,00
30,0	-11,00	-7,00	-5,00	-4,00
32,5	-11,00	-7,00	-2,00	-5,00
35,0	-10,00	-7,00	-2,00	-6,00
37,5	-9,00	-7,50	-2,00	-7,00
40,0	-8,50	-8,00	0,00	-8,00
42,5	-8,50	-8,00	0,00	-4,50
45,0	-8,50	-8,50	0,00	-4,00
47,5	-9,00	-8,50	0,00	-2,00
50,0	-9,50	-7,00	-4,50	-2,00
52,5	-10,00	-7,00	-7,00	-2,00
55,0	-10,50	-8,00	-5,00	-3,00
57,5	-11,00	-11,50	-3,00	-5,00
60,0	-12,50	-12,50	-1,50	-6,00
62,5	-12,00	-13,00	0,00	-7,00
65,0	-11,00	-12,00	0,00	-8,00
67,5	-10,00	-9,00	0,00	-5,00
70,0	-8,50	-8,00	-2,00	-3,50
72,5	-8,00	-7,00	-2,00	-6,00
75,0	-8,00	-7,50	-7,00	-4,50
77,5	-8,00	-8,00	-7,00	-4,50
80,0	-8,50	-8,00	-5,50	-3,00
82,5	-8,50	-8,00	-2,50	-3,00
85,0	-8,50	-8,50	-1,50	-4,00
87,5	-8,00	-8,00	-1,00	-3,50
90,0	-9,00	-8,00	0,00	-7,00
92,5	-10,50	-9,50	0,00	-8,00
95,0	-10,00	-10,00	-2,00	-5,00
97,5	-8,50	-11,50	-5,00	-4,00
100,0	-8,00	-12,00	-7,50	-5,00
102,5	-7,50	-9,00	-7,00	-2,00
105,0	-7,00	-8,00	-3,00	-6,00
107,5	-7,00	-8,00	-1,00	-6,50
110,0	-7,00	-7,50	0,00	-6,50
112,5	-7,00	-7,50	0,00	-4,00

115,0	-7,00	-8,00	0,00	-5,50
117,5	-10,00	-8,00	-1,00	-6,00
120,0	-11,50	-9,00	-3,00	-7,00
122,5	-11,50	-10,00	-6,00	-9,00
125,0	-8,00	-10,50	-8,50	-9,50
127,5	-8,00	-9,00	-8,00	-4,00
130,0	-7,00	-8,00	-4,00	-3,00
132,5	-7,50	-8,00	0,00	-3,50
135,0	-7,50	-8,00	0,00	-3,00
137,5	-7,50	-8,00	0,00	-6,00
140,0	-8,00	-8,00	-1,00	-6,50
142,5	-9,00	-8,00	-1,00	-6,50
145,0	-11,50	-10,00	-2,50	-6,00
147,5	-12,00	-11,00	-4,00	-5,00
150,0	-11,00	-11,00	-7,00	-4,00
152,5	-9,50	-9,50	-8,00	-4,00
155,0	-8,00	-8,50	-6,00	-5,00
157,5	-8,50	-8,00	-2,00	-7,00
160,0	-8,50	-8,00	0,00	-7,00
162,5	-8,50	-8,00	0,00	-3,00
165,0	-8,00	-8,50	0,00	-2,00
167,5	-7,50	-8,50	-2,00	-1,00
170,0	-8,00	-9,00	-5,00	0,00
172,5	-7,50	-10,00	-8,00	0,00
175,0	-8,00	-11,50	-8,00	0,00
177,5	-8,00	-12,00	-5,00	-2,00
180,0	-8,50	-11,50	-4,50	-4,00
182,5	-9,50	-11,00	0,00	-6,00
185,0	-10,00	-9,50	0,00	-4,00
187,5	-8,00	-9,00	0,00	-4,50
190,0	-7,50	-9,00	-1,00	-4,00
192,5	-7,00	-8,50	-6,00	-5,00
195,0	-7,00	-8,50	-8,00	-4,00
197,5	-7,50	-8,50	-8,00	-4,00
200,0	-7,50	-8,00	-9,00	-4,50
202,5	-7,50	-8,00	-3,00	-3,00
205,0	-7,50	-8,50	0,00	-3,00
207,5	-8,50	-10,50	0,00	-5,00
210,0	-12,00	-11,00	0,00	-5,00
212,5	-12,50	-10,00	-1,50	-2,00
215,0	-12,00	-8,50	-6,00	0,00
217,5	-9,00	-6,50	-9,00	0,00
220,0	-7,50	-6,50	-10,00	0,00
222,5	-8,50	-5,00	-9,50	0,00
225,0	-8,00	-6,00	-4,00	-4,00
227,5	-8,50	-6,50	-2,00	-5,00
230,0	-8,00	-9,00	-1,00	-5,00
232,5	-8,50	-12,00	0,00	-5,00
235,0	-11,00	-12,00	0,00	-2,00
237,5	-13,00	-10,50	-1,00	-2,00
240,0	-13,00	-8,50	-3,00	-1,00
242,5	-11,50	-8,00	-6,50	-2,00

245,0	-11,00	-7,00	-7,50	-2,00
247,5	-11,00	-6,00	-6,00	-4,00
250,0	-11,00	-6,00	-3,00	-4,00
252,5	-9,50	-6,00	-1,00	-5,00
255,0	-10,50	-6,50	0,00	-5,00
257,5	-10,50	-6,00	0,00	-8,00
260,0	-11,00	-7,00	-1,00	-8,00
262,5	-8,50	-6,00	-2,00	-8,00
265,0	-8,00	-11,00	-6,00	-2,00
267,5	-7,00	-12,00	-7,00	-3,00
270,0	-8,00	-11,00	-8,00	-3,00
272,5	-8,00	-9,00	-6,00	-4,50
275,0	-9,00	-8,00	-2,00	-9,00
277,5	-9,50	-7,50	-1,00	-9,50
280,0	-9,50	-7,00	0,00	-9,50
282,5	-8,00	-7,50	0,00	-9,50
285,0	-7,50	-8,00	0,00	-7,00
287,5	-7,00	-8,50	-3,00	-5,00
290,0	-7,00	-8,00	-4,50	-4,00
292,5	-7,00	-8,00	-8,00	-4,00
295,0	-7,00	-8,50	-9,00	-4,00
297,5	-7,50	-10,00	-6,00	-5,50
300,0	-8,00	-10,50	-3,00	-5,00
302,5	-8,00	-9,00	-2,00	-7,00
305,0	-7,50	-9,50	0,00	-6,50
307,5	-10,00	-12,00	0,00	-6,00
310,0	-11,00	-9,00	0,00	-5,50
312,5	-11,00	-8,00	-2,00	-6,50
315,0	-9,00	-8,00	-5,00	-6,50
317,5	-9,50	-7,50	-6,00	-6,00
320,0	-9,00	-7,50	-7,00	-6,00
322,5	-8,00	-8,00	-5,00	-6,00
325,0	-8,50	-8,00	-3,00	-6,00
327,5	-8,00	-8,00	-2,00	-6,00
330,0	-9,00	-8,00	-1,00	-4,00
332,5	-10,00	-8,00	0,00	-3,00
335,0	-11,50	-9,00	0,00	-2,50
337,5	-11,00	-9,00	-2,00	-2,50
340,0	-8,00	-9,50	-3,50	-3,00
342,5	-8,00	-10,00	-6,00	-4,00
345,0	-7,00	-9,50	-7,50	-4,00
347,5	-7,50	-10,00	-6,00	-9,00
350,0	-6,00	-10,00	-3,00	-9,00
352,5	-5,50	-11,00	0,00	-8,00
355,0	-4,00	-12,00	0,00	-4,00
357,5	-4,00	-12,50	-2,00	0,00
360,0	-4,00	-12,50	-2,50	0,00
362,5	-4,00	-12,00	-4,50	0,00
365,0	-4,00	-12,00	-6,00	-2,00
367,5	-4,50	-11,50	-7,50	-4,00
370,0	-5,00	-9,00	-5,00	-5,50
372,5	-5,50	-9,00	-4,00	-7,00

375,0	-7,00	-8,50	0,00	-8,50
377,5	-8,00	-9,00	0,00	-8,00
380,0	-6,50	-9,00	0,00	-3,00
382,5	-5,00	-8,50	-2,00	0,00
385,0	-7,00	-8,50	-5,50	0,00
387,5	-6,50	-8,00	-6,50	-2,00
390,0	-6,00	-8,50	-6,00	-5,00
392,5	-7,50	-8,50	-5,50	-7,00
395,0	-8,00	-9,00	-4,00	-7,50
397,5	-8,00	-8,50	-2,00	-9,00
400,0	-8,50	-9,00	-2,00	-9,00
402,5	-10,00	-8,50	-3,00	-9,00
405,0	-11,50	-8,50	-2,50	-7,00
407,5	-11,00	-9,00	-3,00	-6,00
410,0	-9,50	-10,00	-4,00	-5,00
412,5	-9,00	-10,00	-6,00	-5,00
415,0	-9,50	-12,00	-7,00	-5,00
417,5	-9,50	-12,50	-4,00	-5,00
420,0	-10,00	-12,00	-2,00	-5,50
422,5	-11,00	-11,00	0,00	-5,50
425,0	-12,50	-10,00	0,00	-7,00
427,5	-14,00	-10,00	0,00	-6,00
430,0	-13,50	-9,50	-3,00	-4,50
432,5	-12,00	-9,50	-5,00	-3,50
435,0	-11,00	-11,00	-6,50	-3,00
437,5	-11,50	-11,50	-6,00	-3,00
440,0	-10,00	-11,50	-3,00	-3,00
442,5	-10,00	-11,50	-2,00	-4,00
445,0	-9,00	-12,00	-2,00	-5,50
447,5	-9,00	-11,00	-2,50	-6,00
450,0	-8,00	-9,50	-2,50	-5,00
452,5	-8,00	-8,00	-3,00	-3,50
455,0	-8,00	-8,00	-3,50	-3,00
457,5	-8,50	-8,00	-7,00	-3,00
460,0	-8,00	-8,00	-8,50	-3,00
462,5	-7,00	-8,00	-9,00	-4,00
465,0	-7,00	-8,50	-9,50	-5,50
467,5	-6,00	-8,50	-2,00	-5,50
470,0	-6,00	-10,00	-2,00	-6,00
472,5	0,00	-11,50	-2,50	-4,00
475,0	0,00	-12,00	-3,00	0,00
477,5	0,00	-11,50	-3,00	0,00
480,0	0,00	-11,50	-3,50	0,00
482,5	0,00	-9,50	-4,00	0,00
485,0	0,00	-8,50	-4,50	0,00
487,5	0,00	0,00	-5,50	0,00
490,0	0,00	0,00	-2,00	0,00
492,5	0,00	0,00	0,00	0,00
495,0	0,00	0,00	0,00	0,00
497,5	0,00	0,00	0,00	0,00
500,0	0,00	0,00	0,00	0,00