

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra zemědělských strojů



Diplomová práce

Porovnání životnosti a hodnocení opotřebení pracovních nástrojů dlátových kypřičů

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Autor práce

Bc. Karel Riegert

© 2024 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Karel Riegert

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Porovnání životnosti a hodnocení opotřebení pracovních nástrojů dlátových kypřičů

Název anglicky

Service life comparison and wear evaluation of chisel tillers work tools

Cíle práce

Cílem práce bude porovnat životnost pracovních nástrojů dlátových kypřičů určených pro hloubkové kypření půdy v provozních podmínkách. Do hodnocení budou zařazeny originální díly výrobce a na trhu dostupné náhradní díly, dodávané jako náhrady.

Metodika

V práci bude hodnocena míra opotřebení pracovních nástrojů vybraného stroje, kdy na jednom stroji budou osazeny originální díly společně s náhradami sledovaných dílů. Tím bude zajištěna práce ve shodných půdních podmínkách a intenzitě nasazení. V pravidelných intervalech budou sledovány rozměrové změny opotřebovaných radliček a úbytky hmotnosti oproti novým dílům. K měření dopadů na energetickou náročnost při práci bude využito laboratorního půdního kanálu.

Osnova

1. Vypracování literárního přehledu na uvedené téma.
2. Vypracování podrobné metodiky měření.
3. Definování tvarů nových pracovních nástrojů před nasazením a osazením na stroj.
4. Definování půdních podmínek.
5. Měření tvarových změn nástrojů.
6. Měření dopadů opotřebení na energetickou náročnost práce.
7. Hodnocení opotřebení a životnosti nástrojů.
8. Ekonomické zhodnocení, vycházející z použití originálních dílů a náhrad.
9. Diskuse.
10. Závěr.

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran včetně tabulek, obrázků a grafů

Klíčová slova

Zpracování půdy; hloubkové kypření; opotřebení; energetická náročnost

Doporučené zdroje informací

BRANT, V. a kol. ZPásové zpracování půdy (Strip tillage). 2016, Praha, ProfiPress, 135 s. ISBN: 978-80-86726-76-2

KUMHÁLA, František; ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. KATEDRA ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ. *Zemědělská technika : stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.

MCKYES, Edward. *Soil cutting and tillage*. Amsterdam: Elsevier, 1985. ISBN 0-444-42548-9.

TITI, Adel El. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton: CRC, 2003. ISBN 978-0849312281.

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2023

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Porovnání životnosti a hodnocení opotřebení pracovních nástrojů dlátových kypřičů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu této práce, panu doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D. za cenné rady, trpělivost, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za poskytované zázemí a neustálou podporu při studii.

Porovnání životnosti a hodnocení opotřebení pracovních nástrojů dlátových kypřičů

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním a hodnocením pracovních nástrojů dlátových kypřičů. Teoretická část obsahuje seznámení s půdou a jejími vlastnostmi, využití dlátových kypřičů, technologie zpracování půdy a míru opotřebení pracovních nástrojů.

V praktické části se diplomová práce přímo zaměřuje na konkrétní využití nástroje rozdělené do skupin dle jejich vlastností a analýzu jejich opotřebení pomocí 3D skenů. Data získaná pomocí hmotností nástrojů před a po experimentu jsou dále implementována do grafů, kde se hodnotí procentuální a hmotnostní úbytky jednotlivých nástrojů.

V poslední fázi jsou prezentována zpracovaná data formou tabulek, kde je porovnána životnost jednotlivých nástrojů s nástroji, kterými byl stroj původně osazen. Tabulkové porovnání dále hodnotí cenovou dostupnost originálních nástrojů společnosti BEDNAR a jejich náklady na osazení dlátového kypřiče vztažené k životnosti jednotlivých nástrojů.

Klíčová slova: zpracování půdy; hloubkové kypření; opotřebení; energetická náročnost

Service life comparison and wear evaluation of chisel tillers work tools

Abstract

This thesis deals with the comparison and evaluation of working tools of chisel cultivators. The theoretical part introduces the soil and its properties, the use of chisel cultivators, soil tillage technologies and the degree of wear of working tools.

The practical part of the thesis focuses on specific tools used, divided into groups according to their properties, and analyzes their wear using 3D scans. Data obtained from the weights of the tools before and after the experiment are further implemented into graphs, where the percentage and weight losses of individual tools are evaluated.

In the final phase, the processed data are presented in tables, where the lifetime of individual tools is compared with the tools originally installed on the machine. The tabular comparison further evaluates the price availability of the original tools of the BEDNAR company and their costs for the installation of the chisel cultivator in relation to the lifetime of individual tools.

Keywords: soil tillage; deep tillage; wear; energy consumption

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	2
3	Metodika	2
4	Přehled řešené problematiky.....	4
4.1	Půda.....	4
4.1.1	Zrnitostní složení půdy	5
4.1.1.1	Vliv zrnitostní skladby půdy na opotřebení a energetickou náročnost dlátových kypřičů	6
4.1.2	Prostorové uspořádání půdní hmoty	7
4.1.3	Technologické vlastnosti půdy	8
4.1.4	Penetrační odpor půdy	9
4.2	Dlátové kypřiče	10
4.2.1	Využití dlátových kypřičů dle intenzity míchání a zapravení rostlinných zbytků 14	14
4.2.2	Provozní náklady strojů - normativy	15
4.2.3	Investiční a provozní náklady dlátových kypřičů (do 50 cm)	16
4.2.4	Investiční a provozní náklady souprav – hluboká orba (26–28 cm) 16	16
4.2.5	Investiční a provozní náklady souprav – orba velmi hluboká (nad 30 cm) 17	17
4.2.6	Investiční a provozní náklady souprav – podryvání (50 cm)	17
4.3	Technologie zpracování půdy	18
4.3.1	Orba	19
4.3.1.1	Nevýhoda zpracování půdy pluhem	21
4.3.2	Hloubkové kypření	22
4.3.3	Bezorebné zpracování půdy	23

4.3.3.1	Bezorebné zpracování půdy z hlediska emisí	24
4.3.4	Půdoochranné technologie zpracování půdy	25
4.3.4.1	Omezení půdní eroze a zlepšení vláhových poměrů	28
4.3.4.2	Ekonomická efektivnost	29
4.3.5	Energetická náročnost zemědělství a emise	30
4.3.5.1	Porovnání nástrojů pro zpracování půdy z hlediska energetické náročnosti	31
4.4	Míra opotřebení nástrojů.....	33
4.4.1	Opotřebení nástrojů pro obdělávání půdy	34
4.4.2	Povlakový materiál a tahová síla nástrojů pro obdělávání půdy	34
5	Vlastní zpracování.....	35
5.1	Použité pracovní nástroje	35
5.1.1	Nezušlechtěná dláta	36
5.1.2	Zušlechtěná dláta	38
5.1.3	Nezušlechtěná křídélka.....	39
5.1.4	Zušlechtěná křídélka.....	42
5.2	Analýza opotřebení pracovních nástrojů na základě 3D skenů	45
5.2.1	Porovnání opotřebení dlát KM 060 415 a AMA CP7667	45
5.2.2	Porovnání opotřebení dlát AGRICARB R40-22 a KM 060 540 (BETEK) 46	
5.2.3	Porovnání opotřebení křidélek ZA KM 060 350 (EUROZAPPA) a IQ PARTS	47
5.2.4	Porovnání opotřebení křidélek KM 060 484 (BETEK) a ADB 0351D T35 (AGRICARB)	48
5.3	Výsledky opotřebení pracovních nástrojů (nezušlechtěné)	50
5.3.1	Opotřebení dlát vyjádřené v procentech.....	50
5.3.2	Opotřebení dlát vyjádřené v kilogramech	51

5.3.3	Opotřebení křídélek vyjádřené v procentech.....	52
5.3.4	Opotřebení křídélek vyjádřené v kilogramech	53
5.4	Výsledky opotřebení pracovních nástrojů (zušlechtěné)	54
5.4.1	Opotřebení zušlechtěných dlát vyjádřené v procentech	54
5.4.2	Opotřebení zušlechtěných dlát vyjádřené v kilogramech.....	55
5.4.3	Opotřebení zušlechtěných křídélek vyjádřené v procentech	56
5.4.4	Opotřebení zušlechtěných křídélek vyjádřené v kilogramech.....	57
5.5	Výsledky opotřebení pracovních nástrojů (celkové srovnání).....	58
5.5.1	Opotřebení dlát vyjádřené v procentech.....	58
5.5.2	Opotřebení dlát vyjádřené v kilogramech	59
5.5.3	Opotřebení křídélek vyjádřené v procentech.....	60
5.5.4	Opotřebení křídélek vyjádřené v kilogramech	61
5.6	Porovnání životnosti pracovních nástrojů.....	62
5.6.1	Porovnání životnosti dlát s originálním dlátem KM 060 415 společnosti BENDAR	62
5.6.2	Porovnání životnosti křídélek s originálním křídélkem ZA KM 060 351 společnosti BENDAR, výrobce EUROZAPPA	64
5.7	Porovnání cenové dostupnosti originálních nástrojů BENDAR.....	66
5.7.1	Porovnání cenové výhodnosti originálních dlát BENDAR v závislosti na jejich životnosti	66
5.7.2	Porovnání cenové výhodnosti originálních křídélek BENDAR v závislosti na jejich životnosti	67
5.7.3	Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFÍ.....	68
5.7.4	Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFÍ v závislosti na životnosti	69
6	Výsledky a diskuse	70
7	Závěr.....	72
8	Citovaná literatura	74

9	Seznam obrázků	79
10	Seznam tabulek.....	83
11	Seznam grafů.....	85

1 Úvod

V současném zemědělství, které se neustále vyvíjí, je klíčové hledat inovativní přístupy k optimalizaci provozních procesů s ohledem na udržitelnost a efektivitu. Klíčovým faktorem není pouze dosažení vysokých výnosů, ale i zohlednění ekologických aspektů provozu. Při výběru pracovních nástrojů dlátových kypřičů je třeba brát v úvahu nejen jejich výkonnost a životnost, ale i ekonomickou výhodnost a dopad na životní prostředí.

Jedním z aspektů, který může hrát důležitou roli v tomto úsilí, je porovnání životnosti a hodnocení opotřebení těchto pracovních nástrojů. Analýza této problematiky může poskytnout cenné poznatky ohledně náročnosti provozu zemědělských strojů, díky čemuž může následně dojít ke snížení spotřeby paliva a emisí skleníkových plynů. Srovnání může být dále využito k optimalizaci zemědělských operací a plánování údržby, což může snížit náklady na provoz a zvýšit výkonnost zemědělského podniku.

Celkově lze konstatovat, že porovnání životnosti a hodnocení opotřebení pracovních nástrojů dlátových kypřičů může přinést širší pochopení ekonomických, ekologických a provozních aspektů zemědělských operací. Analýza může poskytnout cenné informace pro zemědělské podniky, výzkumné instituce a odborníky zabývající se optimalizací zemědělské technologie a provozu. To může vést k efektivnějšímu využití zemědělských zdrojů a přispět k dlouhodobé udržitelnosti zemědělského sektoru. Tato problematika je důležitá nejen pro zemědělské odborníky, ale pro celou společnost, která se spoléhá na zdravé a ekologicky šetrné zemědělství.

2 Cíl práce

Cílem práce bude porovnat životnost pracovních nástrojů dlátových kypřičů určených pro hloubkové kypření půdy v provozních podmínkách. Do hodnocení budou zařazeny originální díly výrobce a na trhu dostupné díly, dodávané jako náhrady, které budou na závěr porovnány s originálními nástroji společnosti BEDNAR, kterými byl dlátový kypřič původně osazen. Dláta a křídélka různých výrobců budou osazeny na dlátový kypřič TERRALAND TN 3000 HD7R PROFÍ společnosti BEDNAR. Práce se zaměří na analýzu vlivu konstrukce a technologie výroby nástrojů na jejich životnost a odolnost proti opotřebení.

3 Metodika

V rámci diplomové práce byl proveden experiment zaměřený na porovnání opotřebení originálních dílů výrobce a na trhu dostupných dílů, dodávaných jako náhrady, které budou na závěr porovnány s originálními nástroji společnosti BEDNAR. Cílem experimentu bylo zhodnotit vliv výrobce na míru opotřebení pracovních nástrojů.

Společnost BEDNAR dodala pro účely experimentu originální dláta značek BETEK a AGRIFORGE a originální křídélka značek EUROZAPPA a BETEK, kterými osazuje své stroje. Dláta a křídélka od neoriginálních výrobců tvořila zbytek testovaných vzorků. Pro experiment byl využit moderní dlátový pluh TERRALAND TN 3000 HD7R PROFÍ společnosti BEDNAR, určený pro hloubkové kypření až do 65 cm. Stroj disponuje záběrem 3 metry s možností osazení až sedmi radlicemi, světlostí pevného rámu 86 cm a hmotností 4220 kg. Dlátový pluh byl zapojen za traktorem Fendt 936 VARIO 2022 o výkonu 269 kW.

Před nasazením na stroj TERRALAND TN 3000 HD7R PROFÍ byla dláta a křídélka zvážena na digitální váze a naskenována 3D skenerem. Skenování umožnilo detailní záznam geometrie nástrojů před zahájením práce. Následně byly nástroje nasazeny na stroj TERRALAND TN 3000 HD7R PROFÍ a použita na poli v okrese Nymburk, v provozu Agroma Jíkev.

Na pozemcích, kde probíhalo měření, převládal typ půdy černozem, místy pelozem a regozem. Dle podílu I. kategorie částic zrnitostního složení půdy, tedy částic pod 0,01 mm 46

%, spadají půdy na pozemcích, podle dělení Nováka, do kategorie jílovitohlinité. V rámci experimentu byla nástroji odpracována plocha 70 hektarů v hloubce 35 cm. Pojezdová rychlost se pohybovala okolo 9 km/h, ačkoli byla na tempomatu nastavena na 12 km/h, což bylo způsobeno typem půdy a prokluzem stroje.

Po dokončení práce byla dláta a křídélka demontována ze stroje a odvezena zpět do laboratoře ČZU, kde byla očištěna, znovu zvážena a naskenována 3D skenerem. Srovnání hmotnosti a geometrie dlát a křidélek před a po experimentu umožnilo kvantifikovat míru opotřebení pracovních nástrojů jednotlivých výrobců a porovnat originální díly s neoriginálními. Pro snadnou identifikaci a rozlišení nástrojů během experimentu byl každý nástroj označen vyraženým číslem.

4 Přehled řešené problematiky

4.1 Půda

Půda představuje neobnovitelný přírodní zdroj a významný prvek krajinářského kontextu (viz obr. 1). Jedná se o nejsvrchnější porézní vrstvu pevné zemské kůry, skládající se z anorganických a organických látek, vody, plynů a živých organismů. Mezi těmito složkami existují konstantní interakce, podléhající vlivu fyzikálních, chemických a biologických procesů. Díky těmto mechanismům půda formuje složitý otevřený systém, který disponuje schopností autoregulace vnitřních procesů a funguje jako relativně autonomní ekosystém. Půdu je třeba chápat jako integrální součást životního prostředí, spoluvytvářející s atmosférou, hydrosférou a biocenózou funkční ekologický systém (1).

Veškeré lidské aktivity ovlivňují tyto procesy, ať už záměrně či nezáměrně. Největší dopad na půdu a její regeneraci má zemědělská činnost. Zemědělci prostřednictvím své činnosti usilují o vytvoření optimálních podmínek pro růst a vývoj pěstovaných plodin. Tento proces zahrnuje manipulace s půdou, zakládání plodin, hnojení a ochranu rostlin (1).

Termín "zpracování půdy" zahrnuje operace a zásahy, které upravují ornici a část podorniční vrstvy do vhodného strukturního stavu v období od sklizně předchozí plodiny (předplodiny) až po klíčení následující plodiny (následné) na daném pozemku (2).

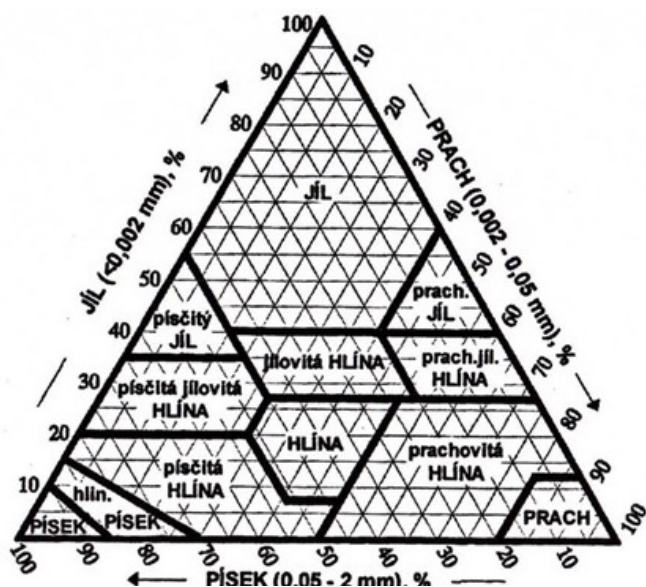


Obrázek 1 Půda (42)

Pro zemědělství představuje půda zejména prostředí pro pěstování rostlin, základ pro výrobu rostlinných potravin a krmiv pro hospodářská zvířata, ale také surovinu pro různé nezemědělské využití. Při hospodaření na půdě by mělo být stále v popředí zájmu zachování úrodnosti půdy a jejích ekologických funkcí (2).

4.1.1 Zrnitostní složení půdy

Zrnitostní skladba půdy je determinována procentuálním podílem minerálních částic v různých velikostních kategoriích. Zvláštní důraz je kladen na kategorii zrn s velikostí menší než 0,01 mm, což jsou jílnaté částice, z hlediska vlivu na půdní vlastnosti (viz obr. 2). Půdní druhy jsou následně klasifikovány podle hmotnostního podílu těchto částic, což slouží jako základní indikátor charakterizující danou půdu. Informace o půdních druzích a jejich zpracovatelnosti jsou popsány v tabulce 1 (3) (4).



Obrázek 2 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (4)

Název druhu půdy	Obsah zrn menších než 0,01mm v %	Praktické označení	Základní vlastnosti půdy
Jíl	nad 75	Velmi těžké půdy	Půdy jsou ve vlhkém stavu extrémně lepivé, po vyschnutí se spojují a tuhnou. Během suchých období dochází k praskání a vytváření trhlin. Jsou obtížně propustné pro vzduch a vodu, vykazují nižší teplotu a nižší biologickou aktivitu.
Jílovitá půda	60 až 75		Zpracovatelnost půdy je značně obtížná. Ve vlhkém stavu se stává kluzkou a obtížně se kypří, zatímco v suchém stavu se lámou do pevných, tvrdých hrud, které jsou složitě rozdělitelné. Lépe se zpracovávají na jaře po promrznutí v hrubé brázdě.
Jílovitohlinitá půda	45 až 60	Těžké půdy	Půdy jsou v období vyšší vlhkosti vazké a uléhavé, zatímco během sucha ztvrdnou. Jsou biologicky aktivnější než velmi těžké půdy, ale zpracování je stále náročné. Při vhodné vlhkosti se však snadněji obdělávají a kypří.
Písčitojílňatá půda	30 až 45	Středně těžké půdy	Půdy s výrazným zastoupením písčitých a jílnatých částic s nízkým obsahem prachu se řadí do kategorie středně těžkých půd. Kvůli nízkému obsahu prachových částic mají oproti jiným půdám horší technologické vlastnosti.
Hlinitá půda	30 až 45		Půdy s výrazným podílem písčitých a jílnatých částic a nízkým obsahem prachu patří do kategorie středně těžkých půd. Přestože jsou klasifikovány jako středně těžké, nízký obsah prachových částic ovlivňuje jejich technologické vlastnosti, zejména v oblasti zvýšené vazkosti, což je odlišuje od jiných půd.
Písčitohlinitá půda	20 až 30		Půdy s nižším podílem jemných částic, ale s patrným obsahem písčitých zrn, jsou charakterizovány vyrovnaným poměrem jílu a prachu, což jim poskytuje střední zrnitost. Důležitý přídavek písčitých frakcí výrazně zvyšuje jejich propustnost pro vodu a vzduch. Tato půda je považována za dobře zpracovatelnou.
Hlinitopísčítá půda	10 až 20	Lehké až velmi lehké půdy	Půdy, které se převážně skládají z hrubých písčitých zrn a mají velmi nízký podíl prachových částic. Jsou charakterizovány malou soudržností a vododržností. Jsou drobné až sypké, velmi snadno propustné pro vodu, a proto rychle vysychají. Tyto půdy jsou považovány za velmi snadno zpracovatelné.
Písek	0 až 10		Jsou charakterizovány vysokým obsahem hrubých písčitých zrn a malou soudržností. Tyto půdy jsou velmi snadno zpracovatelné.

Tabulka 1 Rozdělení půd podle zrnitosti (3)

4.1.1.1 Vliv zrnitostní skladby půdy na opotřebení a energetickou náročnost dlátových kypřičů

Zrnitostní skladba půdy hraje klíčovou roli jak v opotřebení, tak v energetické náročnosti dlátových kypřičů. Tvrdost a abrazivita půdy s hrubšími frakcemi a kamenitými úlomky zvyšují odpor během pohybu dláta, čímž dochází k jeho intenzivnějšímu opotřebení. Toto opotřebení se pak přímo promítá do energetické náročnosti práce dané agrotechnické operace (3) (4).

Zvýšený odpor způsobený zrnitostí půdy má za následek:

Zvýšené opotřebení dláta, kdy hrubé částice a kameny abrazivně působí na materiál dláta a urychlují jeho degradaci. Zvýšenou energetickou náročnost, kde pro překonání odporu hrubší půdy je nutné vynaložit více energie, což vede k vyšší spotřebě paliva a zatížení traktoru. Homogenita půdy a viskozita hrají v tomto procesu také důležitou roli. Homogenní půda s nízkým obsahem kamenů klade menší odpor dlátu, čímž snižuje opotřebení i energetickou náročnost (25) (27).

Znalost vlivu zrnitostní skladby půdy na opotřebení a energetickou náročnost dlátových kypřičů je klíčová pro optimalizaci zemědělských prací. Zemědělci tak mohou vybrat vhodné dláto pro daný typ půdy, nastavit optimální hloubku kypření a minimalizovat náklady na pohonné hmoty a údržbu strojů (3) (4).

4.1.2 Prostorové uspořádání půdní hmoty

Mezi pevnými částicemi půdy a jejich shluky existují póry různých velikostí, které umožňují pronikání vody a vzduchu do půdy. Tyto póry umožňují pohyb v půdě, zakořeňování rostlin a podporují život půdních mikroorganismů (3).

Kapilární (jemné) póry umožňují pohyb vody vzhůru proti směru gravitace, zároveň však zpomalují pohyb srážkové vody do hloubky. V těchto pórech probíhá většina vnitropůdních reakcí. Nekapilární (hrubé) póry efektivně propouštějí srážkovou vodu do spodních vrstev půdy a jsou klíčové pro výměnu vzduchu v půdě. Tím se půda obohacuje o kyslík a zbavuje se přebytečného oxidu uhličitého (3).

Celkový objem půdních pórů vyjadřuje pórovitost půdy, která se vyjadřuje v procentech objemu. Pórovitost ukazuje procentní zastoupení objemu pórů z celkového objemu půdního vzorku odebraného do válečků bez porušení prostorového uspořádání půdní hmoty nakypřením nebo stlačením. Mechanické zákroky při zpracování půdy ovlivňují pórovitost. Kypřením půdy se zvětšuje zejména podíl nekapilárních pórů, zatímco utužováním půdy (pomocí válců nebo pěchů) se pórovitost snižuje. Při optimálním zastoupení kapilárních a nekapilárních pórů jsou vytvořeny příznivé podmínky pro vodní a vzdušný režim půdy a pro pěstované rostliny. V ornici se pórovitost pohybuje mezi 40 % a 60 %, v podorničí bývá nižší (3).

K vyjádření stupně nakypření nebo utužení půdy se využívají i další ukazatele, jako je objemová hmotnost půdy. U neporušených vzorků se hmotnost půdy určuje po vysušení do konstantní hmotnosti, což se nazývá objemová hmotnost redukováná. Struktura půdy je klíčovým prvkem, ovlivňujícím úrodnost půdy a kvalitu vztahů mezi rostlinami, vodou, vzduchem v půdě a živinami. Nejvyšší je drobtovitá struktura s půdními drobkami v rozmezí 1 až 10 mm, kde převládá příznivý poměr kapilárních a nekapilárních pórů (4).

4.1.3 Technologické vlastnosti půdy

Technologické vlastnosti půdy jsou úzce spojeny se zpracovatelností půdy a podléhají vlivu zrnitostního složení půdy, půdní vlhkosti a obsahu humusu.

Soudržnost půdy, známá též jako koheze, vyjadřuje schopnost půdních částic spojovat se dohromady. Těžké půdy, zvláště v suchém stavu, vykazují značnou soudržnost. To vede při jejich zpracování k tvorbě hrud, které se obtížně drolí a dále zpracovávají. Naopak lehké půdy mají nižší soudržnost, která mírně roste s nárůstem vlhkosti. Přílnavost půdy, též nazývaná adheze nebo lepivost, reflektuje schopnost půdy přilnout k tělesům pronikajícím do půdy. Projevuje se negativně při zpracování těžkých a velmi těžkých půd za vyšší půdní vlhkosti, kdy zemina přilíná k pracovním orgánům strojů. To snižuje kvalitu práce a zvyšuje energetickou náročnost zpracování půdy. Přílnavost je klíčovým faktorem pro rozhodování o vhodném čase zahájení zpracování půdy po dešti nebo na jaře. Velmi těžké půdy mají omezené rozmezí příznivé půdní vlhkosti pro zpracování, což může trvat jen krátkou dobu, což vede k označení "hodinové", nebo dokonce "minutové" půdy (3).

Technologické vlastnosti půdy, zejména soudržnost a přilnavost, jsou úzce spojeny s pracovním odporem strojů při zpracování půdy, což má vliv na energetickou náročnost strojů. Například při orbě radličným pluhem může pracovní odpor na lehkých půdách dosáhnout hodnot kolem 30 kPa, zatímco na těžkých a velmi těžkých půdách může přesáhnout 100 kPa, a v nepříznivých podmínkách dokonce až 150 kPa. Tyto vlastnosti, ovlivněné stupněm zhutnění půdy, mají významný dopad na obtížnost zpracování půdy. Zpracovatelnost půdy je také úzce propojena s tvorbou hrud při zpracování. Těžké problémy s obtížně zpracovatelnými hroudami mohou vzniknout při zpracování těžkých půd při přípravě na ozimy. Volbou vhodných postupů zpracování půdy lze tvorbu hrud omezit, což je zvláště důležité pro předsevovou přípravu půdy a podmínky pro výsev ozimů (3).

4.1.4 Penetrační odpor půdy

Stanovování odporu půdy vůči pronikání kužele penetrometru slouží především k hodnocení stupně zhutnění půdy, ale tato metoda má i další využití. Penetrační odpor je indikátorem odporu půdy při jejím zpracování a obtížnosti kypření půdy, přičemž závisí na hustotě uspořádání půdních částic, objemové hmotnosti a pórovitosti půdy (5).

Při měření penetračního odporu se vychází z předpokladu, že tato hodnota je přímo úměrná hustotě uspořádání půdních částic a souvisí s objemovou hmotností a pórovitostí půdy (viz obr.3). Tato závislost platí však jen při určité zrnitosti a vlhkosti půdy. Naměřené hodnoty penetračního odporu na konkrétním pozemku mají pouze relativní hodnotu při porovnání (3).

Penetrometrie je doporučována jako vhodná diagnostická metoda pro identifikaci zhutněných vrstev v půdním profilu. V případě nalezení zhutnělé vrstvy, například v podorničí, lze zjistit hloubku zhutnění, posoudit vhodnost kypření této vrstvy a identifikovat místa na pozemku, která by měla být zpracována, například při základním zpracování půdy pro pěstování cukrovky. Použití penetrometru je však omezeno, zejména na pozemcích s větším obsahem kamenů a šterku v ornici a podorničí. Nejlepší výsledky měření lze dosáhnout v jarním období, kdy je půdní profil rovnoměrně provlhlý, což umožňuje spolehlivé zjišťování výskytu zhutnělých vrstev. Výhodou používání penetrometru je jednoduchá realizace dostatečného množství měření a možnost sledování průběhu odporu v hloubce až do 0,5 m, případně i více (3).

4.2 Dlátové kypřiče

Dlátové kypřiče jsou zemědělské stroje, které se používají k hlubokému kypření půdy bez jejího obracení. Disponují radlicemi ve tvaru dláta, které pronikají do půdy a rozrušují ji, aniž by ji obracely. To pomáhá zlepšit provzdušnění a odvodnění půdy a také podporuje růst kořenů rostlin (6).

Dlátové kypřiče zajišťují prokypření půdy do hloubky cca 65 cm, jako je tomu např. u dlátového kypřiče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI (viz obr. 4). Hloubka kypření je ovšem závislá na konkrétních podmínkách půdy. Během kypření dochází k intenzivnímu promíchání půdy. I když horní části dlát mohou být konstruovány tak, aby minimalizovaly míchání, půda při práci "obtéká" okolo nich. To vede k částečnému zapravení posklizňových zbytků a slámy do půdy. Pro dosažení kvalitnějšího zapravení těchto zbytků, urovnání povrchu pozemku a opětovného utužení horní vrstvy půdy se za kypřicí radličky umísťuje řada talířových těles a utužovací válec (6).



Obrázek 3 Zpracování půdy pomocí dlátového kypřiče TERRALAND, společnosti BEDNAR (40)

Kypřiče se dělí do čtyř kategorií podle hloubky zpracování na mělké, středně hluboké, hluboké a prohlubování. Konstrukce kypřiče a jeho pracovních nástrojů se liší v závislosti na požadované hloubce (5).

Dva nejdůležitější faktory ovlivňující konstrukci kypřiče jsou světlost rámu a geometrie pracovních nástrojů. Světlost rámu musí být dostatečná, aby kypřič projel bez problémů i při maximální hloubce zpracování. Geometrie pracovních nástrojů zase určuje, jak bude půda kypřena a míchána. Je důležité minimalizovat nežádoucí stlačování půdy, které poškozuje její strukturu a vede k nadměrné tvorbě hrud (7).

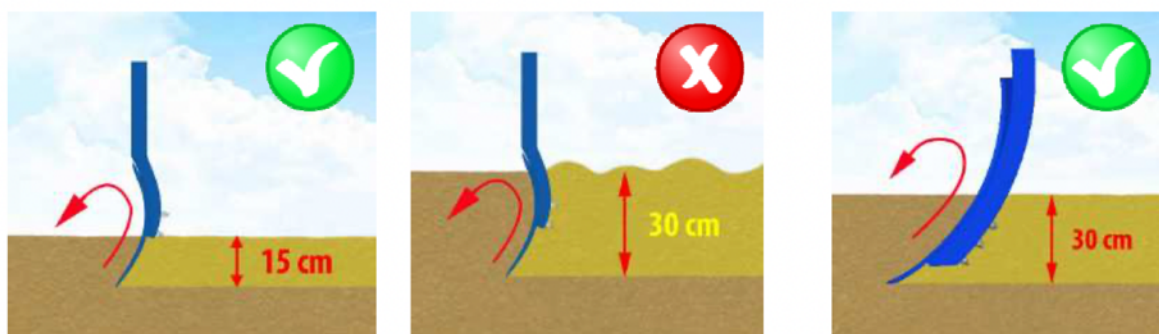
Kypřiče pro mělké zpracování (do 150 mm) se používají k narušení povrchové krusty a provzdušnění půdy. Obvykle mají radličky uspořádané do několika řad. Kypřiče pro středně hluboké zpracování (150-300 mm) slouží k hlubšímu prokypření půdy a zapravení organické hmoty. Tyto kypřiče bývají vybaveny dláty (viz obr. 5) nebo radlicemi s delšími stopkami. Kypřiče pro hluboké zpracování (300-600 mm) se používají k narušení podorniční vrstvy a zlepšení odvodnění. Vyznačují se mohutnými dláty nebo radlicemi. Kypřiče pro prohlubování (více než 600 mm) se používají k hlubokému kypření půdy v oblastech s utuženou podorniční vrstvou. Mají speciální dláta s velkým rozestupem (5) (7).



Obrázek 4 Dláto společnosti BEDNAR s karbidovými plátky (11)

Správná volba kypřiče je klíčová pro dosažení optimálního stavu půdy a požadovaných výnosů. Geometrie pracovních nástrojů musí být přizpůsobena hloubce zpracování půdy. Jinak dochází k nadměrné tvorbě hrud. Červený křížek (viz obr. 6) znázorňuje vznik nežádoucí komprese půdy při nevhodné geometrii kypřicího dláta při velké hloubce zpracování. Výrazně se zvyšuje i tahový odpor (5).

V evropských podmínkách se pro plné hloubkové zpracování orničního profilu nejčastěji využívají dlátové kypřiče a kypřiče včetně různých variant kombinovaných kypřičů. Kombinované kypřiče představují konstrukční řešení, které zahrnuje více typů pracovních nástrojů včetně dlát a radlic, umožňujících provádět hlubší kypření. Nelze opomenout ani konstrukce integrující hloubkově pracující kypřicí radlice a stroje s horizontálně rotujícími pracovními nástroji. Tato kategorie zahrnuje i kypřiče určené pro hlubší kypření s různým tvarem kypřících radlic a křídly. Při používání těchto kypřičů dochází k intenzivnějšímu zpracování horní poloviny orničního profilu, zejména při využití dlátových kypřičů, kde způsobují míchání půdy tak, že je půda vynášena nahoru po horní straně dlátové radlice. V závislosti na stavu půdy a rychlosti pracovního procesu kypřiče se tato půda dostává nad povrch



Obrázek 5 Vliv geometrie dlát na hloubku zpracování půdy (43)

půdy a následně klesá zpět na povrch pod vlivem gravitace. Tato specifika vedou k vytvoření kypřicího a mísicího efektu, který je v praktickém zemědělském použití známý jako tzv. "vaření půdy" (6) (7).

Kypřiče s dláty ve tvaru poloparaboly (viz obr. 5), zvláště ty s bočními křídly, se vyznačují intenzivnějším kypřením horní vrstvy půdy. Toto kypření má za následek lepší zapravení posklizňových zbytků a podporuje infiltraci vody a provzdušnění. V hlubších vrstvách orničního profilu dochází u dlátových kypřičů k rozlámání půdní masy a vytvoření větších zlomů. U dlát bez bočních křidel je s narůstající hloubkou kypření pozorováno snížení vynášecího efektu, zhoršení kypření a drcení půdy. Důvodem je absence bočních křidel, která napomáhají zvedání a prokypřování půdy (6).



Obrázek 6 Ukázka parabolického dláta na stroji CASE IH 6750 (44)

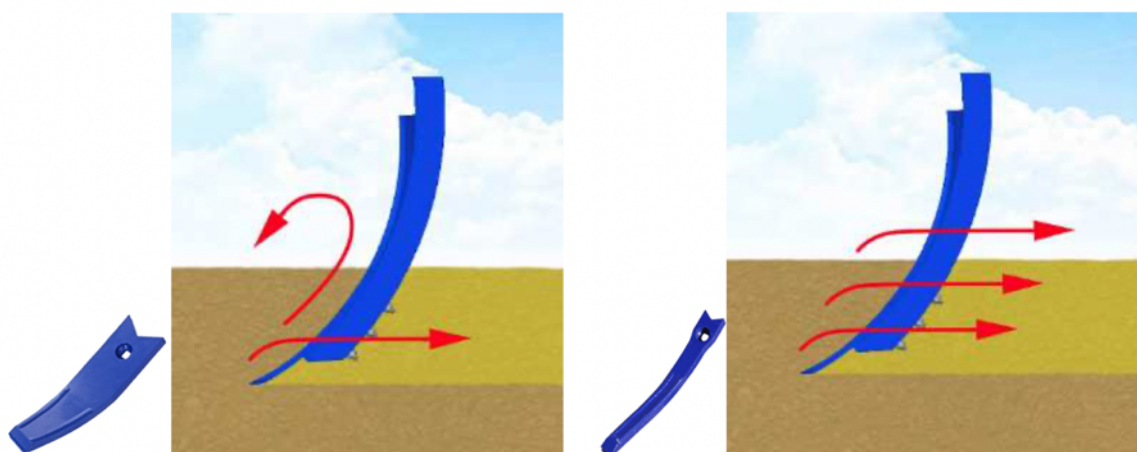
Zvyšování počtu řad dlátových radlic u dlátových kypřičů bez křidel nevede k adekvátnímu nárůstu kypřicího a drolícího efektu. Naopak může docházet k nežádoucímu opětovnému utužení půdy nakypřené předchozí řadou dlát. Vliv vlhkosti půdy na efektivitu kypření je značný. U dlát bez bočních křidel dochází s narůstající vlhkostí k výraznému snížení vynášecího efektu a klesá i kypřicí a drolící schopnost. Dlátové kypřiče s poloparabolickými dláty a křídly jsou v tomto ohledu vhodnější, jelikož si i za vyšší vlhkosti půdy udržují dostatečnou efektivitu kypření (7).

Kypřiče s kypřicími radlicemi osazenými křídly zajišťují intenzivnější kypření i spodních vrstev půdy. Kvalitní a celoplošné nakypření je dosaženo i při větším rozteči kypřících radlic. Analýza ukázala, že konstrukce dlátových kypřičů má významný vliv na jejich životnost,

opotřebením a efektivitou kypření. Dlátové kypřiče s poloparabolickými dlátý a křídly se jeví jako optimální volba pro práci s mokrou půdou a pro dosažení kvalitního kypření i v hlubších vrstvách orničního profilu. Kypřiče s kypřicími radlicemi s křídly pak představují alternativu pro dosažení celoplošného nakypření (6) (7).

4.2.1 Využití dlátových kypřičů dle intenzity míchání a zapravení rostlinných zbytků

Pracovní nástroje mají přímý vliv na intenzitu promíchávání půdy s rostlinnými zbytky, což je ovlivněno jejich geometrií. Použití úzkých nožových dlát nebo plochých radlic výrazně omezuje promíchávání půdy během procesu kypření. Naopak širší dláta zajistí velmi intenzivní promíchávání půdy s rostlinnými zbytky (viz obr. 7). Důležitým faktorem je také elevační úhel radlic. U nožových dlát se obvykle využívá téměř svislá poloha slupice a rovná dláta, což



Obrázek 7 Široké parabolické dláto (vlevo) a úzké dláto (vpravo) (43)

minimalizuje míchání a vynášení spodiny na povrch. Pro intenzivní míchání u širších dlát se využívá parabolický tvar slupice a dláta (6) (9).

Široká parabolická dláta (na levé straně obrázku) zabezpečují intenzivní elevaci a promíchávání půdy s rostlinnými zbytky. Naopak při využití velmi úzkých dlát (na pravé straně) je míchání minimální a kypřená půda dláto spíše obtéká.

4.2.2 Provozní náklady strojů - normativy

Racionální řízení provozu a obnovy strojového parku vyžaduje detailní znalost různých aspektů využívání strojů v zemědělském prostředí. Tato znalost zahrnuje údaje o provozu, nákladech na provoz a udržování, spolehlivosti strojů a informace o nabídce zemědělských strojů na trhu. Ve Výzkumném ústavu zemědělské techniky, v.v.i. (VÚZT) se pravidelně aktualizují normativy, které slouží jako podpora při rozhodování v této oblasti (10).

Výstupní informace o provozních nákladech strojů se člení na dvě skupiny:

Fixní náklady (odpisy, daně a poplatky, pojištění, uskladnění stroje): Tyto náklady jsou z hlediska roku konstantní, vznikají tedy i když stroj vůbec nepracuje. Z hlediska podílu na jednotku nasazení stroje jsou však proměnlivé a snižují se s růstem intenzity nasazení (10).

Variabilní náklady (pohonné hmoty a maziva, udržování a opravy): Náklady na provoz strojů byly vypočteny pro následující podmínky:

Pořizovací cena stroje – uvedena průměrná orientační cena v roce 2022 (bez DPH) při pořízení stroje za hotové (10).

Fixní náklady zahrnují:

- náklady na odpisy – vypočteny jako průměrná roční hodnota daňového odpisu, pro dobu odpisování 8 let.
- náklady na garážování (uskladnění) stroje vychází z roční sazby 150 Kč za 1 m² plochy potřebné pro uskladnění stroje.
- silniční daň – je stanovena podle platného zákona (10).

Variabilní náklady obsahují:

- náklady na palivo – vychází z ceny 33,00 Kč za 1 litr nafty (cena bez DPH při velkoobtěru cisternou).
- koeficient maziv (podíl nákladů na maziva k nákladům na pohonné hmoty je stanoven na 8 %).
- náklady na opravy a udržování (vypočteny podle normativů VÚZT, v.v.i. Praha) (10).

roční nasazení stroje – doporučené roční nasazení strojů pro ekonomické využití stroje.

výkonnost stroje – uvádí se jen u samojízdných a přípojných mechanizačních prostředků a představuje průměrnou výkonnost za 1 hodinu směnového času (10).

4.2.3 Investiční a provozní náklady dlátových kypřičů (do 50 cm)

Název třídy	Pořizovací cena	Výkonnost	Doporučené roční nasazení	Náklady na 1 h provozu			Náklady na 1 ha		
				Fixní	Variabilní	Celkové	Fixní	Variabilní	Celkové
	tis. Kč	ha.h ⁻¹	ha.r ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹
Kypřiče dlátové 3m	730000	2	400	463	160	623	232	80	312

Tabulka 2 Investiční a provozní náklady dlátových kypřičů (do 50 cm) (11)

Celkové provozní náklady u dlátových kypřičů pracujících v hloubce do 50 cm, se záběrem 3 m a doporučeném ročním nasazení 400 ha/rok, činí 623 Kč/h (viz tab. 2). (11)

4.2.4 Investiční a provozní náklady souprav – hluboká orba (26–28 cm)

Souprava	Výkonnost	Spotřeba paliva	Náklady			Náklady		
			Fixní	Variabilní	Celkové	Fixní	Variabilní	Celkové
	ha.h ⁻¹	ha.r ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹
Traktory kolové 150 - 180 kW Pluhy jednostranné 6 r.	1,1	28,0	575	1966	2541	522	1788	2310
Traktory kolové 180 - 200 kW Pluhy jednostranné 7 r.	1,3	28,0	653	2257	2910	502	1736	2238
Traktory kolové 200 - 250 kW Pluhy jednostranné 8 r.	1,5	28,5	738	2580	3318	492	1720	2212
Traktory kolové 150 - 180 kW Pluhy otočné 6 r.	1,1	28,5	655	2078	2732	595	1889	2484
Traktory kolové 180 - 200 kW Pluhy otočné 8 r.	1,4	28,5	795	2572	3368	568	1837	2405
Traktory kolové 200 - 250 kW Pluhy otočné 6 r. 180 - 300 cm	1,5	28,0	851	2611	3462	567	1741	2308
Traktory kolové 250 - 300 kW Pluhy otočné 8 r. 240 - 400 cm	1,8	28,0	978	3154	4132	544	1752	2295

Tabulka 3 Investiční a provozní náklady souprav – hluboká orba (26–28 cm) (12)

U hluboké orby (26–28 cm) dosáhla nejvyšších celkových provozních nákladů (2 484 Kč/h) souprava s kolovým traktorem (150–180 kW) a otočným šestiradličným pluhem (viz tab. 3). Nejnižších celkových provozních nákladů dosáhla souprava s kolovým traktorem (200–250 kW) s jednostranným osmiradličným pluhem (12).

4.2.5 Investiční a provozní náklady souprav – orba velmi hluboká (nad 30 cm)

Souprava	Výkonnost ha.h ⁻¹	Spotřeba paliva ha.r ⁻¹	Náklady			Náklady		
			Fixní	Variabilní	Celkové	Fixní	Variabilní	Celkové
			Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹
Traktory kolové 180 - 200 kW Pluhy jednostranné 6 r.	1,1	32,2	627	2179	2806	570	1981	2551
Traktory kolové 200 - 250 kW Pluhy jednostranné 7 r.	1,3	32,2	708	2506	3214	545	1928	2473
Traktory kolové 250 - 300 kW Pluhy jednostranné 8 r.	1,5	32	787	2884	3671	524	1923	2447
Traktory kolové 180 - 200 kW Pluhy otočné 6 r.	1,1	32,2	707	2263	2970	643	2057	2700
Traktory kolové 250 - 300 kW Pluhy otočné 8 r.	1,5	32	900	2996	3896	600	1997	2597

Tabulka 4 Investiční a provozní náklady souprav – orba velmi hluboká (nad 30 cm) (13)

Nejvyšší celkové provozní náklady u velmi hluboké orby (nad 30 cm) byly 2 700 Kč/h, při použití kolového traktoru (180–200 kW) s otočným šestiradličním pluhem (viz tab. 4). Naopak nejnižších celkových provozních nákladů bylo dosaženo při použití kolového traktoru (250–300 kW) s jednostranným osmiradličním pluhem (13).

4.2.6 Investiční a provozní náklady souprav – podrývání (50 cm)

Souprava	Výkonnost ha.h ⁻¹	Spotřeba paliva ha.r ⁻¹	Náklady			Náklady		
			Fixní	Variabilní	Celkové	Fixní	Variabilní	Celkové
			Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹	Kč.h ⁻¹
Traktory kolové 200 - 250 kW Kypřiče dlátové 3m	2,0	18,0	903	2170	3073	451	1085	1536

Tabulka 5 Investiční a provozní náklady souprav – podrývání (50 cm) (14)

Z tabulky 5 vyplývá, že celkové provozní náklady na podrývání v hloubce 50 cm u soupravy kolového traktoru (200–250 kW) s dlátovým kypřičem o záběru 3 m, činí 1 536 Kč/h (14).

4.3 Technologie zpracování půdy

Zpracování půdy vždy zahrnovalo snahu člověka vytvořit optimální prostředí pro růst požadovaných rostlin. Historicky byly možnosti zpracování půdy omezeny dostupnými materiály a využíváním lidské nebo zvířecí síly. Během vývoje zpracování půdy lze pozorovat snahu zvyšovat jeho intenzitu (3).

V posledních desetiletích je patrná snaha o optimalizaci zpracování půdy z hlediska potřeb rostlin, uchování úrodnosti půdy a snížení spotřeby energie. Důraz je kladen i na protierozní účinky zpracování půdy, což vedlo k vývoji nových technologií a strojů pro tuto činnost (8).

Zpracování půdy je definováno jako mechanický zásah nebo promíchání půdy za účelem vytvoření optimálních podmínek pro růst a výživu rostlin. Dochází k rozrušení půdních agregátů. To vede ke změně kompaktnosti, půdní struktury a úpravě velikosti, distribuce i struktury pórů. Tím se vytváří žádoucí prostředí pro pohyb vzduchu a vody. Postupy zpracování půdy lze obecně klasifikovat podle intenzity, hloubky a způsobu kypření. V současné době existují dvě základní technologie zpracování půdy: technologie s orbou (konvenční, tradiční zpracování) a technologie bez orby (minimalizační). Bezorebné technologie bez orby jsou dlouhodobě nejvíce využívány v USA. Půdoochranné zpracování půdy zde bývá rozděleno do několika kategorií. Nejčastěji se mluví o pěti typech půdoochranných technologií (3) (15).

Technologie setí do nezpracované půdy (No-tillage): Před setím se půda neobdělává. Seje se do úzké rýhy v nezpracované půdě speciálním secím strojem. Po setí zůstává na povrchu půdy 80-100 % posklizňových zbytků (15).

Technologie setí do hrůbků (Ridge-tillage): Jedná se v podstatě o technologii bez základního zpracování půdy. Širokořádkové plodiny se sejí speciálním secím strojem do hrůbků, které se zpravidla vytvářejí zároveň při setí. Při setí zůstává 40–70 % povrchu půdy pokryto posklizňovými zbytky (15).

Pásové zpracování půdy (Strip-tillage): Před setím se půda nezpracovává. Seje se do nezpracované půdy. V průběhu vegetačního období se půda podle potřeby mechanicky zpracovává v úzkých pásích (15).

Mulčovací technologie zpracování půdy (Mulch-tillage): Půda se před setím zpracuje tzv. podřezáním strniště, při kterém se zemina nadzdvihne, avšak podřezané strniště nebo posklizňové zbytky jiných rostlin zůstávají na povrchu půdy. Používají se speciální stroje zejména se šípovými radličkami. Po setí zůstává 30-60 % povrchu půdy pokryto rostlinnými zbytky (15).

Redukované zpracování půdy (Reduced-tillage): Základem této technologie je redukce počtu mechanických zásahů a intenzity zpracování půdy. Využívá se spojování operací (15).

4.3.1 Orba

Orba je jednou ze základních operací konvenčního zpracování půdy. Pro provedení orby se používá pluh, který je vybaven orebními tělesy, jejichž počet závisí na požadavcích zemědělce a výkonu tažného prostředku. Orební těleso se skládá z čepele, která zajišťuje odříznutí půdy od dna brázdy, a odhrnovačky. Odhrnovačka smíchává půdu s posklizňovými zbytky, drobí ji a především obrací svrchní vrstvu půdy na dno brázdy (viz obr. 6). Využitím pluhu se výdrol dostává na dno brázdy. Existuje vysoké riziko sekundárního klíčení v nově založených porostech, a to i v následných letech. Pluhy prošly v poslední době výrazným vývojem, ačkoli základní koncepce zůstává neměnná (9).



Obrázek 8 Pluh pro orbu v brázdě i mimo brázdu (16)

Z hlediska přímého vlivu na půdu se orbou dosahuje:

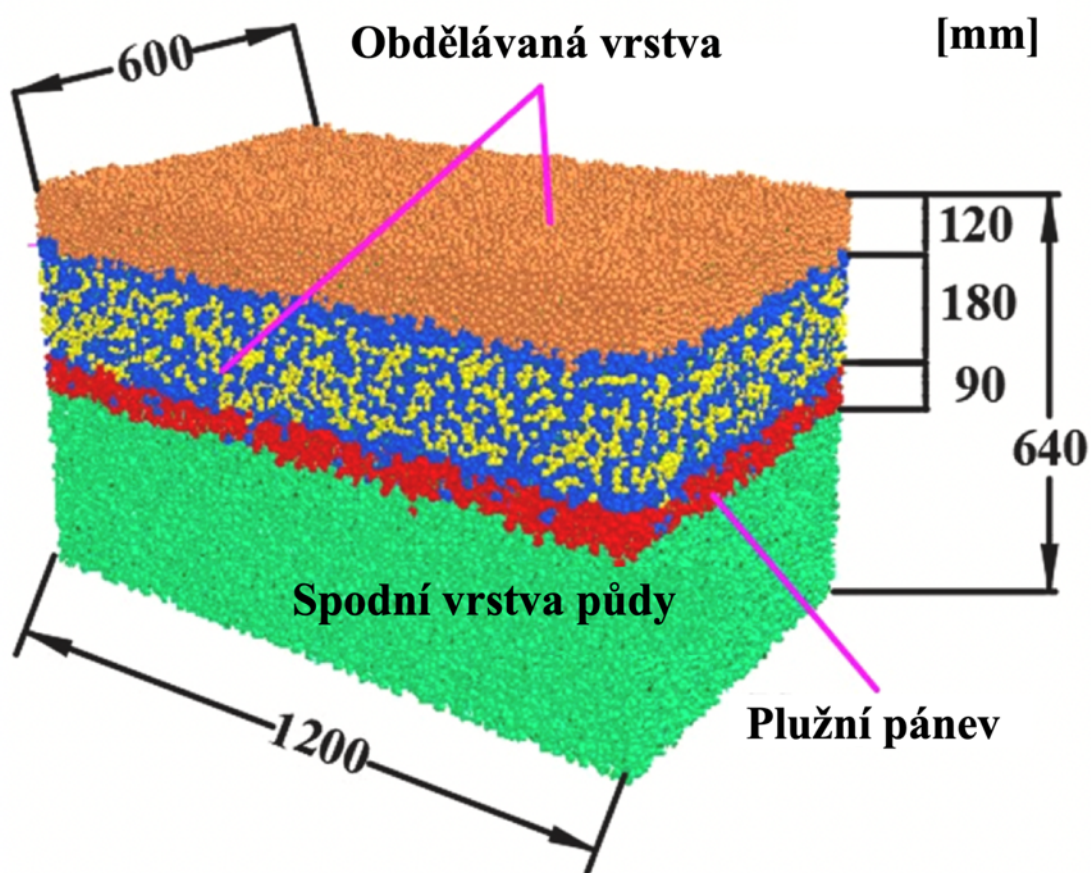
- Kypření půdy: Dochází k uvolnění půdních částic a zvětšení půdních pórů, což přispívá k lepší propustnosti vody a vzduchu v půdě.
- Drobení půdy: Při orbě se rozdrťí hrubé částice půdy na menší úlomky, což zlepšuje strukturu půdy a usnadňuje práci s ní.
- Obracení zpracovávané vrstvy půdy: Dochází ke změně orientace vrstvy půdy, což má vliv na distribuci živin a podporuje různorodost půdních vrstev.
- Mísení půdy a zapravování rostlinných zbytků a hnojiv do půdy: Umožňuje smísení organických materiálů a hnojiv, což podporuje živinný obsah půdy a obohacuje ji (3).

Změny, které orba přináší ve zpracovávané vrstvě půdy, hrají klíčovou roli v udržení dobrého stavu půdní struktury, vodního a vzdušného režimu půdy a podporují intenzivní biologickou aktivitu v půdě. Efektivita těchto procesů závisí na různých faktorech, včetně zrnitosti půdy, vlhkosti, stavu půdní struktury a konstrukce použitého pluhu. Optimální půdní vlhkost pro orbu je specifická pro daný typ půdy a měla by být hodnocena makroskopicky, s ohledem na drobnost půdy. Nadměrná vlhkost může způsobit deformace půdy a snížit očekávané přínosy orby (3).

Kvalitní orba má významný vliv na potlačení plevelů, chorob a škůdců v plodinách. Prostřednictvím orby jsou zaklápěny do půdy jednoleté plevely a výdrol předplodin, což přispívá k omezení jejich výskytu. Při hluboké orbě je ceněno hluboké zaklopení oddenků pýru, což výrazně oslabuje jeho rozmnožování. Ovšem kromě těchto pozitivních efektů má orba i několik nevýhod. Při orbě jsou vyorávána semena plevelů z půdní zásoby, což může vést k jejich klíčení a vzcházení, přispívajícímu k vyššímu zaplevelení plodin. Při hodnocení významu orby je důležité brát v úvahu, že tento způsob obdělávání půdy může mít i negativní dopady na půdní organismy, zejména snižování početnosti žížal a chvostoskoků v půdě. Tyto organismy mají klíčovou roli ve vytváření struktury půdy, a to zejména vytvářením stabilních strukturních agregátů s odolností vůči erozi a bohatou zásobou živin. Orbě bývá připisováno narušování přirozené tvorby těchto strukturních agregátů (3) (7).

4.3.1.1 Nevýhoda zpracování půdy pluhem

I přesto, že je orba mezi některými zemědělci stále v oblibě, může při této pracovní operaci dojít k negativnímu efektu vytváření plužní pánve (viz obr. 7). Tato situace obvykle nastává, zejména pokud je orba prováděna v nevhodnou dobu a opakovaně na stejném pozemku ve stejné pracovní hloubce. Výsledkem vytvoření plužní pánve je nepropustná deska, která komplikuje pronikání vody, minerálních látek a kořenů rostlin do hlubších vrstev půdy (9).



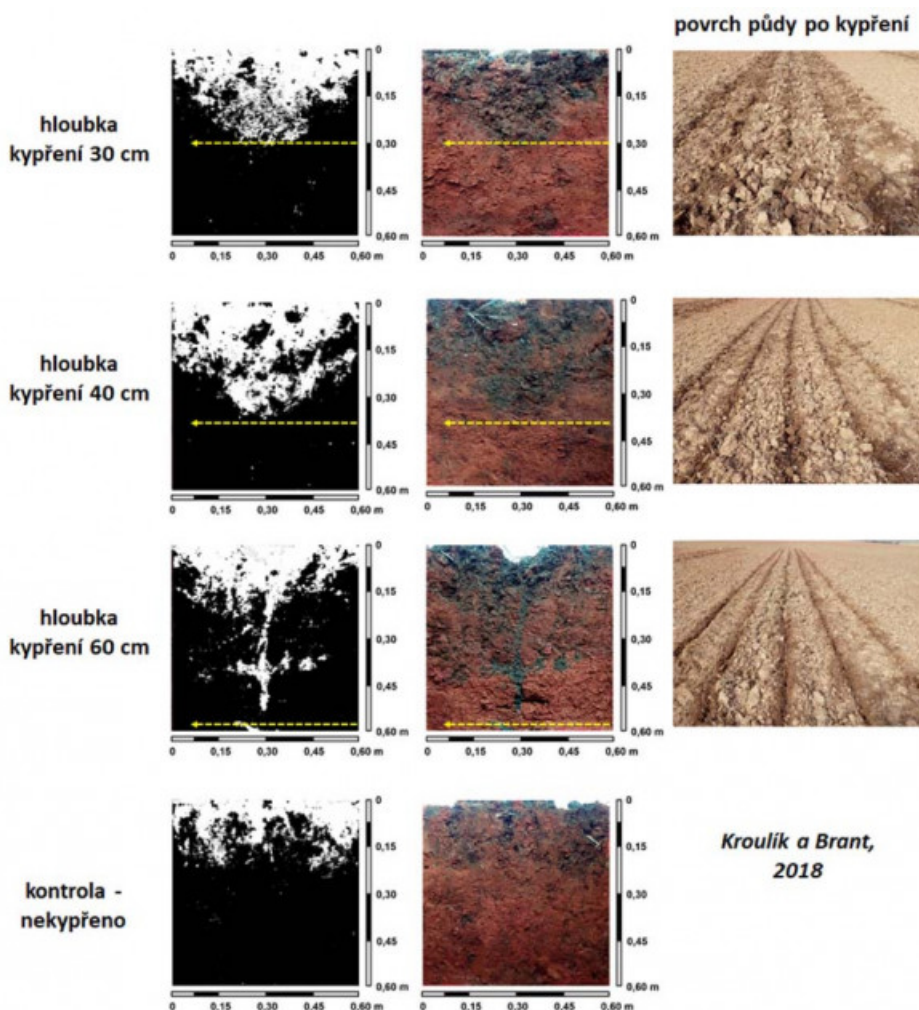
Obrázek 9 Zobrazení plužní pánve (33)

Další nevýhodou orby je vysoká potřeba tahové síly, zejména při použití více orebních těles při nepříznivých klimatických podmínkách. Tato vyšší spotřeba tahové síly může negativně ovlivnit ekonomiku práce, snížit výkonnost a prodloužit čas potřebný k zpracování jednoho pozemku. Kromě toho mohou vzniknout technické a časové nároky na následnou přípravu půdy pro vytvoření rovnoměrného set'ového lůžka (9).

4.3.2 Hloubkové kypření

Hloubkové kypření reprezentuje agromeliorační opatření zaměřené na modifikaci půdy. Během této operace dochází k promíchání půdy v hloubce 50 až 80 cm, a to jako součást komplexních opatření směřujících k zúrodnování těžkých a málo propustných půd (16).

Hlavním cílem není pouze rozrušení utužených spodních vrstev půdy, ale také podpora pronikání vody do těchto vrstev a její zadržení v půdě. Provedení hloubkového kypření vyžaduje vysoký tahový výkon traktoru a spotřebu pohonných hmot. Při této operaci je důležité



Obrázek 10 Vliv různých hloubek kypření na infiltraci vody do půdy a na stav povrchu půdy po zpracování – provedeno kypřičem Krtek (Farmet (16))

zabránit vynášení půdy z podorniči na její povrch, a proto se provádí pouze v rámci celkové úpravy půdních podmínek stanoviště. Robustní konstrukce zařízení pro hloubkové kypření je klíčovým prvkem pro spolehlivý provoz pracovních orgánů v půdě. Tato zařízení jsou navíc vybavena speciálními systémy, které chrání pracovní orgány před poškozením při práci v

kamenitých půdách. Dopad různých úrovní hloubkového kypření, včetně odstranění zhutnění půdní hmoty a zlepšení infiltrace vody do půdy, je znázorněn na obrázku 11. Po provedení hloubkového kypření je nezbytné omezit následný vstup strojů na pozemek a umožnit půdě projít přirozeným procesem slehnutí (16).

4.3.3 Bezorebné zpracování půdy

Příčiny snahy minimalizovat proces zpracování a přípravy půdy jsou v podstatě vždy spojeny s ekonomickým tlakem v zemědělském sektoru. Myšlenka vynechání orby a omezeného zpracování půdního povrchu, považovaná mnohými za kontroverzní, vznikla s cílem snížit náklady na zemědělské hospodaření na co nejnižší úroveň. Snižování nákladů je však jedna věc, zatímco výsledek hospodaření je záležitost zcela odlišná. Postupem času se tak udržely pouze technologie bez orby, které jednoduše řečeno umožnily snížit celkové náklady na výrobu stejného množství určitého zemědělského produktu ve srovnání s tradičním orebním systémem (17).



Obrázek 11 Bezorebné zpracování půdy kypřičem BEDNAR (17)

Výchozím místem pro bezorebné zpracování půdy jsou Spojené státy a Austrálie. Z těchto regionů se tato metoda postupně rozšířila do Evropy. V systémech bez orby není používán tradiční pluh, ale spíše se využívají různé typy strojů, jako jsou diskové podmítače, hloubkové kypřiče, kombinované stroje nebo dlátové pluhy (viz obr. 12) (9).

Rozvoj bezorebného zpracování půdy byl především motivován snahou o minimalizaci nákladů a času nutného pro přípravu půdy pro konkrétní plodinu. Vzhledem k měnícím se klimatickým podmínkám docházelo postupně k situacím, kdy tradiční metody orby nebyly schopny včas připravit pozemky pro setí. Menší spotřeba paliv, úspora času, snížení pracovní síly a současně snížení rizika eroze a zvýšená schopnost půdy zadržovat vláhu se ukázaly jako hlavní výhody bezorebného zpracování půdy (9) (17).

Pro primární zpracování půdy v bezorebných systémech jsou nejčastěji využívány dlátové kypřiče nebo těžké diskové podmítače. Toto základní zpracování obvykle proniká do hloubky 25 centimetrů a následně je proveden výsev plodiny. Stejně jako u jakéhokoliv postupu zpracování půdy je klíčové dbát na správnou pracovní hloubku, množství posklizňových zbytků na povrchu půdy a rovnoměrné vyrovnaní terénu (9) (17).

4.3.3.1 Bezorebné zpracování půdy z hlediska emisí

Skleníkové plyny, mezi něž se řadí oxid uhličitý (CO_2), oxid dusný (N_2O) a methan (CH_4), přirozeně kolují mezi různými pozemskými a atmosférickými rezervoáry. Půdy mohou sloužit jako zachytávač těchto plynů prostřednictvím fotosyntetické absorpce uhlíku a následného přijímání dusíku rostlinou. Tato interakce dále pokračuje přeměnou rostlinného materiálu na organickou hmotu půdy (18).

Studie hodnotící dopady dlouhodobých (38–40 let) systémů obdělávání, včetně obdělávání pluhem se sklápěcí radlicí, konvenčního obdělávání, minimálního obdělávání a bezorebného obdělávání naznačuje, že emise CO_2 obecně klesaly pod bezorebným obděláváním ve srovnání s obdělávanými půdami, zatímco emise N_2O a CH_4 ovlivněny nebyly. Výsledky ukazují, že kumulativní emise CO_2 klesaly podle tohoto pořadí: pluh se sklápěcí radlicí > konvenční obdělávání \approx minimální obdělávání > bezorebné obdělávání, což naznačuje, že emise CO_2 klesaly se zmenšující se intenzitou obdělávání, pravděpodobně kvůli zvýšenému obsahu vody a zlepšené stabilitě agregátů, což může chránit organické uhlíky před

mikrobiálními aktivitami. Tyto výsledky dále naznačují, že bezorebné obdělávání může uchovávat více půdního uhlíku než obdělávané systémy, zejména blízko povrchu půdy. Navíc snížení ztrát CO₂ pomocí bezorebného obdělávání naznačuje, že přijetí tohoto způsobu obdělávání může snížit emise CO₂. Půdy pod bezorebným obděláváním tak mohou zachytávat a udržovat více atmosférického uhlíku v zemědělských systémech. Nedostatek významných dopadů obdělávání na emise N₂O a CH₄ naznačuje, že narušení půdy může mít malý nebo žádný vliv na tyto emise ve srovnání s CO₂. Celkově lze na základě dat z této dlouhodobé studie a přehledu globální literatury konstatovat, že snížení nebo odstranění obdělávání může být strategií k omezení ztrát C ve formě CO₂, i když může mít omezený nebo žádný vliv na emise N₂O a CH₄ (18) (19).

4.3.4 Půdoochranné technologie zpracování půdy

Půdoochranné technologie představují přibližně 30% pokrytí půdy rostlinnými zbytky, které jsou přítomny během klíčení rostlin. Tyto rostlinné zbytky na povrchu poskytují ochranu vrchní vrstvě půdy před přívalovými dešti, chrání ji před odnošením větrem a zároveň ovlivňují udržení půdní vlhkosti. Zbytky rostlin v oblasti půdní atmosféry ovlivňují půdní prostředí. Při používání ochranných technologií dochází k lepší infiltraci dešťové vody a snížení odtoku vody z povrchu půdy, což zajišťuje vyšší dostupnost vlhkosti pro pěstované rostliny. Rostlinné zbytky chrání povrch půdy před slunečním zářením, což minimalizuje výkyvy půdní teploty. Mulč z rostlinných zbytků navíc podporuje biologickou aktivitu ve vrchní vrstvě půdy, přispívajíc k lepším fyzikálním a chemickým vlastnostem půdy. Zároveň může mulč z rostlinných zbytků pozitivně ovlivnit výnosy plodin, zejména v oblastech s omezenými srážkami a nedostatkem půdní vlhkosti (20) (21).

Přebytek zbytků rostlin na půdě může snižovat přímý kontakt semen s půdou, což omezuje přísun vody k semenům. Mezi půdoochranné technologie patří i metody zakládání širokořádkových plodin, jako jsou kukuřice nebo cukrová řepa, do vymrzajících nebo chemicky likvidovaných meziplodin. V České republice byly tyto půdoochranné technologie v oblasti zpracování půdy dříve využívány v malé míře. Teprve s implementací dotací na pěstování meziplodin došlo k nárůstu jejich podílu v osevních postupech (21) (22).

Půdoochranné technologie jsou zejména využívány na svažitých pozemcích, kde existuje významné riziko půdní eroze (viz obr. 10) (20) (21).



Obrázek 12 Jarní termín pásového zpracování porostu žita setého strojem Eco Tiller 600 (41)

V současné době je patrný trend zaměřený na minimalizaci následků vodní eroze na zemědělských půdách, což se odráží v zavedených pravidlech a standardech DZES. Zejména na svažovitých pozemcích je klíčové dodržovat správné zemědělské postupy, jak je stanoveno v těchto normách (22).

Přínos půdoochranných technologií k omezení vodní eroze půdy je často zdůrazňován. Hlavním principem těchto technologií je využití organické hmoty, jako jsou posklizňové zbytky předplodin a biomasa mezplodin, na povrchu půdy. Tato hmota částečně pokrývá povrch půdy, což snižuje povrchový odtok a zabraňuje smyvu půdy. Kromě toho lze využít i zapojený porost na povrchu (21) (22).

Půdoochranné zpracování půdy spočívá v redukci obdělávacích operací, jejich kombinaci a ochraně povrchu půdy rostlinnými zbytky. Tento přístup je známý také jako "konzervační" systém ochrany půdy. Studie naznačují, že minimalizační technologie zpracování půdy mohou snížit ztrátu půdy erozí až o polovinu až dvě třetiny (22).

Půdoochranné zpracování půdy může pomoci zvýšit vodivost půdy, čímž přispívá k její lepší infiltraci do půdy a následnému snížení povrchového odtoku a rizika eroze. Při srovnání půdoochranného zpracování půdy s konvenčním se mění půdní struktura, což ovlivňuje schopnost půdy absorbovat a přemísťovat vodu. Fyzikální vlastnosti půdy hrají klíčovou roli v procesu zpracování půdy, protože tyto vlastnosti určují optimální způsob obdělávání půdy a nutné změny pro příznivý fyzikální stav pro pěstované rostliny. Po každém zpracování se půda obvykle nachází v nestabilním, nakypřeném stavu. Pórovitost se zvýší a objemová hmotnost klesá po celé zpracovávané vrstvě. Tyto parametry se v průběhu času postupně vracejí k původnímu stavu, což je ovlivněno přirozeným sesedáním půdy, srážkami, vysycháním, biologickou aktivitou a dalšími agrotechnickými zásahy. Změny v půdní struktuře po zpracování půdy ovlivňují hydraulickou vodivost a propustnost pro vodu, teplo a vzduch. Zde hraje klíčovou roli pórovitost, která determinuje, jakým způsobem jsou póry orientovány a jak ovlivňují vsakování vody a odvod vody (15).

Charakteristickým prvkem půdoochranného zpracování půdy spočívá v částečném nebo úplném ponechání zbytků rostlin předplodiny nebo meziplodiny na povrchu půdy ve formě mulče. Rostlinné pozůstatky na povrchu efektivně ochraňují půdu před erozí tím, že poskytují ochranu vrchní vrstvě půdy před přívalovými dešti a odnosem větrem. To vede ke snížení míry půdní eroze, která klesá s nárůstem pokrytí půdy mulčem. Při komplexním zakrytí půdy rostlinnými zbytky lze téměř eliminovat odnos půdy (23).

Hlavním principem protierozní ochrany je pěstování plodin s vysokým protierozním účinkem na pozemcích s výrazným sklonem a vystavených erozi. Půda ohrožená erozí by neměla dlouhodobě zůstat nevegetovaná (24).

4.3.4.1 Omezení půdní eroze a zlepšení vláhových poměrů

Eroze, ať už vodní nebo větrná, představuje nevratné poškození půdy. Přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy a v povrchové půdní vrstvě může významně přispívat k omezení obou druhů eroze. Výzkum provedený RASMUSSENEM a PARTONEM (1994) shrnuje zjištění několika autorů, kteří jednomyslně konstatují, že pokrytí plochy půdy rostlinnými zbytky v rozsahu 20–30 % během setí výrazně snižuje vodní erozi o 50 až 90 % ve srovnání s nezakrytým povrchem půdy. Umístění a množství rostlinných zbytků během vegetačního období, zejména po sklizni plodiny, ovlivňuje vodní a větrnou erozi, stejně jako půdní teplotu a vlhkost. Hmotnost rostlinných zbytků na jednotkové ploše byla tradičním kritériem hodnocení, ale nedávné studie ukazují, že lepším měřítkem je procentuální vyjádření povrchu pokrytého rostlinnými zbytky. Toto kritérium lépe koreluje s faktory ovlivňujícími erozi a chrání půdu před vypařováním vody (25).

Celá řada našich autorů se zabývá problematikou eroze při různých typech zpracování půdy. Například VACH a JAVŮREK (2010) přičítají minimalizační technologii, zejména pak systémům ochranného zpracování půdy, klíčový vliv na omezení vodní i větrné eroze. Podle autorů úroveň ochrany závisí na množství rostlinných zbytků, které zůstanou na povrchu půdy, a na množství půdních částic, které se uvolní během zpracování půdy. Vliv různých půdních strojů na množství posklizňových zbytků na povrchu půdy popisuje tabulka č. 6. Redukce eroze vede k omezení odtoku vody a ztráty půdy, což potvrzují výsledky terénních experimentů s různými metodami zpracování půdy při pěstování kukuřice na svahu se sklonem 12° a při srážce 31 mm (viz tabulka č. 7) (26).

Stroj	Posklizňové zbytky na povrchu půdy [%]
Pluh	0-5
Dlátový kypřič s 50 mm širokými dláty	75
Těžký diskový kypřič	6

Tabulka 6 Množství posklizňových zbytků na povrchu po zpracování půdy různými stroji (26)

Způsob zpracování půdy	Odtok vody [mm]	Odnos půdy [t/ha]
Konvenční obdělávání	6	2,3
Kypření půdy	2,7	0,2
Bez obdělávání	0	0

Tabulka 7 Vliv různých způsobů zpracování půdy na odtok vody na svahu 12° (26)

Přímé setí bez předchozího zpracování půdy je nejefektivnějším opatřením k omezení eroze půdy, pokud je povrch dostatečně pokryt rostlinnými zbytky. Když je množství rostlinných zbytků omezené, je výhodnější provést kypření, protože to zvyšuje propustnost půdy pro vodu a zlepšuje její schopnost ji zadržet (26).

4.3.4.2 Ekonomická efektivnost

Ekonomické tlaky na zemědělské hospodaření jsou hnací silou minimalizace v procesu zpracování a přípravy půdy. Snaha o snížení nákladů na minimum vedla již krátce po 2. světové válce k myšlence, která je pro mnohé i dnes kontroverzní – vynechání orby a nulové nebo minimální zpracování půdního povrchu. Nízké náklady jsou sice důležité, ale výsledný efekt hospodaření je neméně důležitý. Proto se v průběhu času zachovaly pouze ty bezorebné technologie, které dokázaly snížit celkové náklady na výrobu stejného množství zemědělského produktu ve srovnání s klasickým orebným systémem (27).

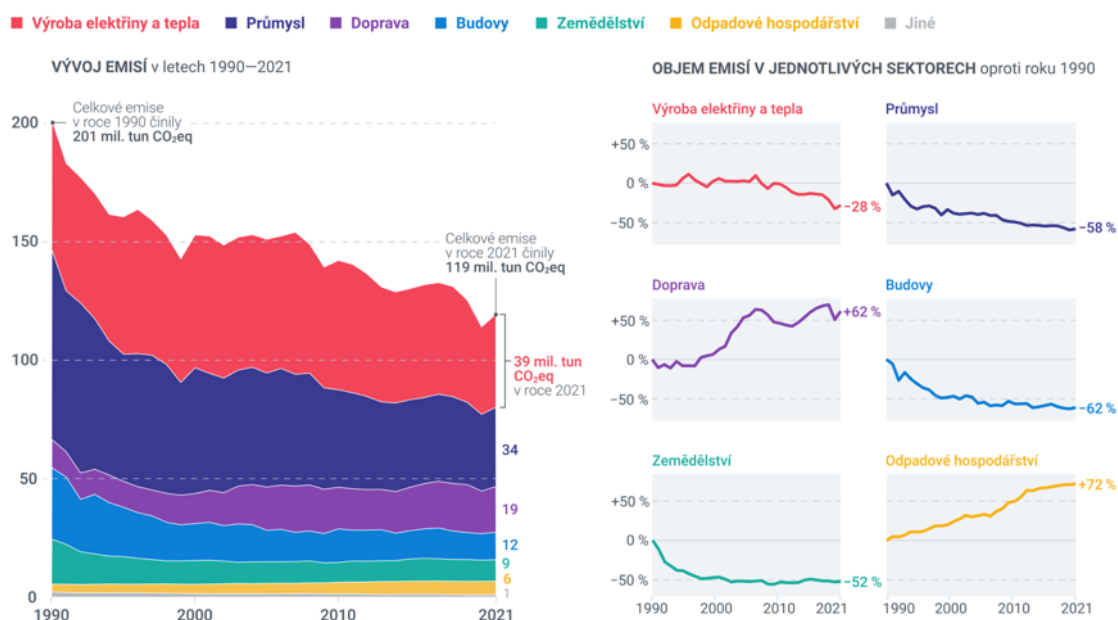
Nejvýznamnější úspory u půdoochranných systémů se týkají spotřeby energie (nafty) a snížení operačního času. Někteří autoři však uvádí, že celkové náklady u půdoochranných a konvenčních technologií jsou srovnatelné. Půdoochranné technologie se vyznačují nízkou spotřebou nafty a příznivými provozními náklady. Na druhou stranu likvidace vzrostlého výdrolu herbicidem představuje náklady srovnatelné s náklady na střední orbu. Mnoho zemědělských podniků se kvůli strachu ze zadlužení a bankrotu potýká se zaostalým technickým vybavením. Klasická předset'ová příprava s orbou do střední hloubky nevyžaduje speciální stroje ani nářadí. Tato skutečnost je často rozhodujícím faktorem pro volbu daného způsobu zpracování půdy a zodpovídá otázku, proč v českém zemědělství stále převládá (28).

Mělké kypření v rámci půdoochranných technologií se vyznačuje nižší energetickou náročností, která se promítá do úspory nákladů na zakládání porostů. Na obtížněji zpracovatelných půdách se sklonem k tvorbě hrud při orbě představuje zjednodušené zpracování snazší přípravu půdy k ozimům. Mělké kypření totiž nevytváří velké hroudy (27).

4.3.5 Energetická náročnost zemědělství a emise

Energetická náročnost představuje klíčový aspekt obdělávání půdy napříč konvenčním i ekologickým zemědělstvím. Vysoká spotřeba energie zvyšuje nejen náklady na pěstování plodin, ale negativně dopadá i na životní prostředí z hlediska emisí. Zemědělství v České republice tvoří cca 9 % vzniklých skleníkových plynů (29).

Emise ze zemědělského sektoru v České republice prošly od roku 1990 značným poklesem, a to o 52 % (viz obr. 14). V roce 2021 dosahovaly celkové emise zemědělství 9,07 milionů tun CO₂eq ročně (30).

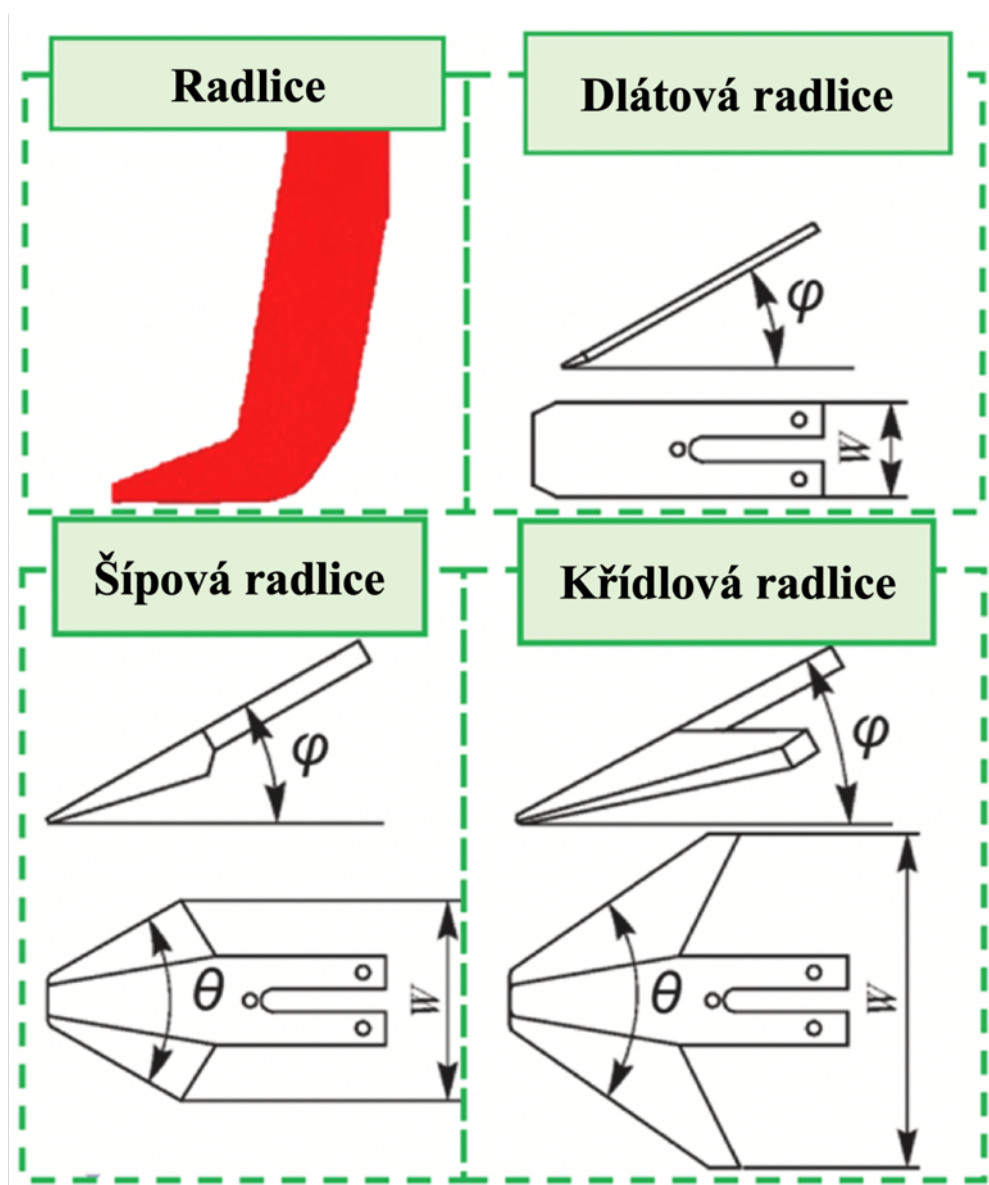


Obrázek 13 Emise skleníkových plynů v ČR v letech 1990–2021 (30)

Hlavními zdroji emisí v zemědělství jsou chov hospodářských zvířat a obdělávání půdy. Obdělávání půdy vede ke vzniku emisí oxidu dusného a oxidu uhličitého z hnojiv a z rozkladu organické hmoty v půdě (30).

4.3.5.1 Porovnání nástrojů pro zpracování půdy z hlediska energetické náročnosti

Pro porovnání energetické náročnosti typicky používaných pracovních nástrojů je použita studie zaměřená na pracovní nástroje s křídlovou radlicí, šípovou radlicí a radlicí ve tvaru dláta (viz obr. 12). Informace o pracovních nástrojích zahrnují klíčové parametry, jako je úhel sklonu (φ) v rozmezí 18–24°, úhel nástroje (θ) v rozmezí 60–70°, pracovní rychlost 3 km/h a pracovní hloubka 400 mm (31).



Obrázek 14 Znárodnění úhlů pracovních nástrojů (31)

Průměrná tažná síla pracovního nástroje s křídlovou radlicí byla o 36,6 % vyšší než průměrná tažná síla pracovního nástroje se šípovou radlicí a o 123,6 % vyšší než u pracovního nástroje s radlicí ve tvaru dláta (31).

Naopak průměrný specifický odpor pracovního nástroje s radlicí ve tvaru dláta byl o 42,4 % nižší než u pracovního nástroje s radlicí ve tvaru šípu a o 50,2 % nižší než u pracovního nástroje s křídlovou radlicí. Tato porovnání naznačují, že volba konkrétního pracovního nástroje může mít významný vliv na tažnou sílu a specifický odpor při zemědělských operacích (31).

Síly působící na nástroje pro obdělávání půdy přímo ovlivňují spotřebu paliva při obdělávacích operacích. Jak síly nástroje, tak porušení půdy jsou závislé na typu obdělávacího nástroje, jeho geometrii a provozních podmínkách (31).

Síly potřebné k provádění pohybu a svislé síly lineárně rostou s rychlostí, zatímco s hloubkou byly stanoveny kvadratické a lineární vztahy. Síla potřebná k provedení pohybu rostla lineárně s úhlem řezu a zdvihem, zatímco svislá síla lineárně klesala s těmito úhly (31).

Provozní podmínky (rychlost, hloubka a úhel řezu) radlicového pluhu měly významný vliv na kvalitu obdělávání (rozrušení a otočení půdy) (31).

Při pracovní rychlosti 1 m/s a hloubce 150 mm s nižšími úhly zdvihu a řezu 25° a 45° poskytují nejlepší kombinaci pro snížení spotřeby energie (31).

4.4 Míra opotřebení nástrojů

Zemědělci a provozovatelé zemědělské techniky si často stěžují na vysokou míru opotřebení půdních nástrojů v suchých oblastech zemědělské půdy. Jsou konfrontováni s opakujícími se náklady na práci, výpadky a náklady na výměnu opotřebovaných částí nástrojů zapojených do práce s půdou. Opotřebované nástroje obvykle méně účinně regulují plevele, mají nižší účinnost při zpracování půdy nebo setí a mohou způsobovat vyšší odpor a náklady na palivo (25).

Hlavní část energie a ztrát na opotřebení v zemědělství lze přičítat pohybu nástrojů v půdě. Množství půdy zpracované každý rok těmito nástroji je obrovské, i když hloubka zpracování zřídka přesahuje 100 mm, protože zahrnutá plocha je rozsáhlá. Procesy, kterými se nástroje v zemědělství opotřebovávají, zahrnují nárazy, otěry, drhnutí a chemické působení. Opotřebení ocele v zemědělství je starým problémem. Obecně je opotřebení hlavním faktorem, který určuje životnost nástroje pro práci s půdou. Účinnost nástroje a jeho pracovní kapacitu rovněž určuje reakce půdy na nástroj. Výzkum o opotřebení se zaměřoval zejména na průmyslové materiály spojené s velkými odvětvími průmyslu. V zemědělském sektoru však nástroje pro práci s půdou dostaly v této oblasti malou pozornost. Strategie tribologie v Kanadě od Národní výzkumné rady Kanady uvádí, že celkové roční ztráty v zemědělském sektoru způsobené třením činí asi 320 milionů dolarů a ztráty způsobené opotřebením přibližně 940 milionů dolarů. Potenciální úspory v důsledku snížení tření a opotřebení prostřednictvím zdokonalené tribologie v zemědělství by dosáhly téměř 337 milionů dolarů ročně. (26)

Zemědělské nástroje pro práci s půdou se opotřebovávají a mění svůj tvar z různých důvodů, což vede k ztrátě času, ztrátě energie a zvyšuje náklady na výrobu. Množství oceli smíšené s půdou, ztráta času kvůli výměně opotřebovaných částí vybavení, lidská síla a ztráty v produkci negativně ovlivňují národní ekonomiku. Během let bylo vyvinuto několik technik na zvýšení odolnosti nástrojů proti abrazivnímu opotřebení. Například byly použity povrchové povlaky nebo nové materiály, jako je keramika z oxidu hlinitého, k snížení abrazivního opotřebení (25) (27).

4.4.1 Opotřebení nástrojů pro obdělávání půdy

Vlastnosti půdy mají velký vliv na míru opotřebení různých nástrojů, které přicházejí do kontaktu s půdou, jako jsou např. radlice pluhu, dláta, disky a podobně. Nejběžnějším problémem nástrojů pro obdělávání půdy je opotřebení způsobené hrubými částicemi v půdě. Abrazivní opotřebení zemědělských strojů způsobené obvykle částicemi půdy vede ke zvýšené spotřebě paliva, ztrátě energie, což vede k nárůstu nákladů na provedení zemědělských zásahů, oprav a údržeb. Ovlivňuje také kvalitu obdělávací operace. V tomto směru byly provedeny různé průzkumy hodnotící míru opotřebení na různých typech půdy, jejichž výsledky naznačují, že míra opotřebení nástrojů pro obdělávání půdy vzrůstá s nárůstem velikosti písečných částic v půdě. Povrchová drsnost nástrojů je také ovlivněna typem půdy (35) (36).

4.4.2 Povlakový materiál a tahová síla nástrojů pro obdělávání půdy

Části nástrojů, které přicházejí do kontaktu s půdou, jsou vystaveny výraznému opotřebení, které je způsobeno třením. Tření způsobuje vyšší odpor při tažení obdělávacích nástrojů. Ke snížení tření mezi povrchem částí, které přicházejí do kontaktu s půdou, se provádí povlakování, které snižuje tření mezi nástrojem a půdou a tím i míru opotřebení. V důsledku toho je potřeba méně tahové síly k provozu. Někteří výzkumníci provedli experimenty zaměřené na vliv materiálu povlaku na tahovou sílu obdělávacích nástrojů. Výsledky těchto experimentů jsou popsány v tabulce 8. Výsledky těchto studií ukazují nižší spotřebu tahové síly u povlakovaných obdělávacích nástrojů včetně radlic, sekáčků a lopatek, ve srovnání s nepovlakovanými variantami (35) (36) (37).

Povlakový materiál	Poznámka
Karbonová nanotrubička potažená tvrdým chromovým kompozitem	Požadavky na tah u potažené uhlíkové nanotrubičky tvrdým chromovým kompozitem byly cca o 43,92%, 44,14% a 38,02% nižší, než u
Teflon a chrom	Minimálního tažného odporu 0,235 kN bylo dosaženo s radlicí potaženou teflonem při rychlosti 2 km/h a rozmezí vlhkosti 20–25%. Maximální tažný odpor 0,336 kN byl dosažen s nepotaženým dnem pluhu pracujícím rychlostí 4 km/h při rozmezí vlhkosti 30–35%.
Polyetylen s ultra vysokou molekulovou hmotností (UHMW-PE)	Modifikace hrotu dláta povlakem UHMW-PE může výrazně snížit tahovou sílu.
TiCrN–TiAlN–TiAlSiN–TiAlSiCN	S rostoucí vzdáleností klesá tažná síla s více vrstvím povlakem ve srovnání s nástroji bez povlaku.
Laserový povlak	Po 74 km provozu bylo zjištěno výrazné snížení tahové síly všech nástrojů.

Tabulka 8 Vlastnosti povlakových materiálů na pracovních nástrojích (35) (36) (37)

5 Vlastní zpracování

Předmětem vlastní práce je porovnání životnosti pracovních nástrojů dlátových kypřičů určených pro hloubkové kypření půdy v provozních podmínkách. Do hodnocení jsou zařazeny originální díly výrobce BENDAR a na trhu dostupné náhradní díly, dodávané jako náhrady.

5.1 Použité pracovní nástroje

Pracovní nástroje použité pro experiment se rozdělují na čtyři skupiny.

První skupinu zahrnuje nezušlechtěná dláta, ve kterých figurují jak originální díly společnosti BEDNAR, tak neoriginální díly dostupné na trhu.

Do druhé skupiny se řadí dláta zušlechtěná, která jsou opět buď originálními, nebo neoriginálními díly společnosti BEDNAR.

Třetí skupina je tvořena nezušlechtěnými křídélky. Použité nástroje zahrnují originální díly společnosti BENDAR od výrobce EUROZAPPA a díly neoriginální.

Ve čtvrté skupině jsou zobrazena křídélka zušlechtěná. Výrobce originálních dílů je společnost BETEK a výrobcem neoriginálních dílů společnost AGRICARB.

5.1.1 Nezušlechtěná dláta

Tato skupina zahrnuje celkem 4 kusy dlát, z nichž 1 kus je originálním dílem společnosti BEDNAR (viz obr. 19), výrobce AGRIFORGE a 3 kusy jsou díly neoriginálními od výrobců AMA a IQ PARTS (viz obr. 16, 17, 18).



Obrázek 15 Dláto AMA CP7667R s tvrdokovovým návarem (opotřebené), oboustranné, výrobce AMA, neoriginální díl



Obrázek 16 Dláto AMA CP7667 (opotřebené), oboustranné, výrobce AMA, neoriginální díl



Obrázek 17 Dláto KM 060 171 T09 (opotřebené), oboustranné, výrobce IQ PARTS, neoriginální díl



Obrázek 18 Dláto KM 060 415 (opotřebené), oboustranné, výrobce AGRIFORGE, originální díl

5.1.2 Zušlechtěná dláta

Tato skupina zahrnuje celkem 3 kusy dlát, z nichž 2 kusy jsou originálními díly společnosti BEDNAR (viz obr. 20,21), výrobce BETEK a 1 kus je dílem neoriginálním od výrobce AGRICARB (viz obr. 22).



Obrázek 19 Dláto KM 060 540 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl



Obrázek 20 Dláto KM 060 411 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl



Obrázek 21 Dláto AGRICARB R40-22 (opotřebené), výrobce AGRICARB, neoriginální díl

5.1.3 Nezušlechtěná křídélka

Skupina zahrnuje celkem 6 kusů křidélek, z nichž 4 kusy jsou originálními díly společnosti BEDNAR (viz obr. 23, 24, 27, 28), výrobce EUROZAPPA a 2 kusy tvoří díly neoriginální, od výrobců INDUSTRIE HOF a IQ PARTS (viz obr. 25, 26).



Obrázek 22 Křídélko ZA KM 060 350 (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl



Obrázek 23 Křídélko KM 060 351 0322N (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl



Obrázek 24 Křídélko INDUSTRIE HOF (opotřebené), výrobce INDUSTRIE HOF, neoriginální díl



Obrázek 25 Křidélko IQ PARTS (opotřebené), výrobce IQ PARTS, neoriginální díl



Obrázek 26 Křidélko ZA KM 060 350 (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl



Obrázek 27 Křídélko ZA KM 060 351 (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl

5.1.4 Zušlechtěná křídélka

Tato skupina zahrnuje celkem 4 kusy křídélek, z nichž 2 kusy jsou originálními díly společnosti BEDNAR (viz obr. 29, 30), výrobce BETEK a 2 kusy tvoří díly neoriginální od výrobce AGRICARB (viz obr. 31, 32).



Obrázek 28 Křídélko KM 060 483 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl



Obrázek 29 Křídélko KM 060 484 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl



Obrázek 30 Křídélko ADB 0351D T35 (opotřebené), výrobce AGRICARB, neoriginální díl

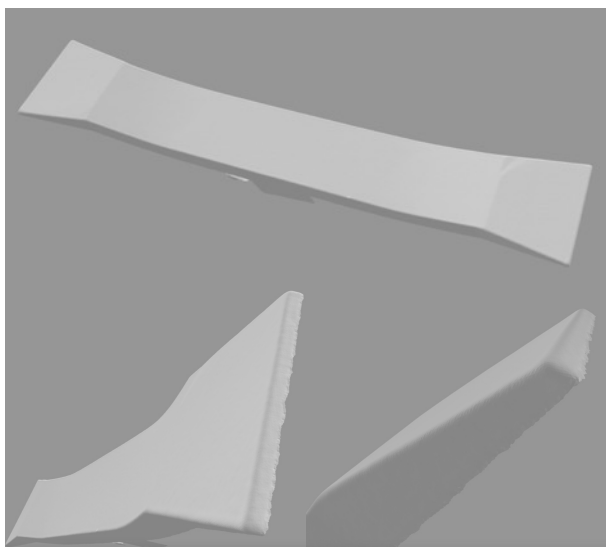


Obrázek 31 Křídélko ADB 0351G T35 (opotřebené), výrobce AGRICARB, neoriginální díl

5.2 Analýza opotřebení pracovních nástrojů na základě 3D skenů

Tato kapitola je zaměřena na porovnání opotřebení vybraných kombinací pracovních nástrojů. Pomocí analýzy 3D skenů je zkoumáno, jak se opotřebení liší v závislosti na typu a výrobce nástroje.

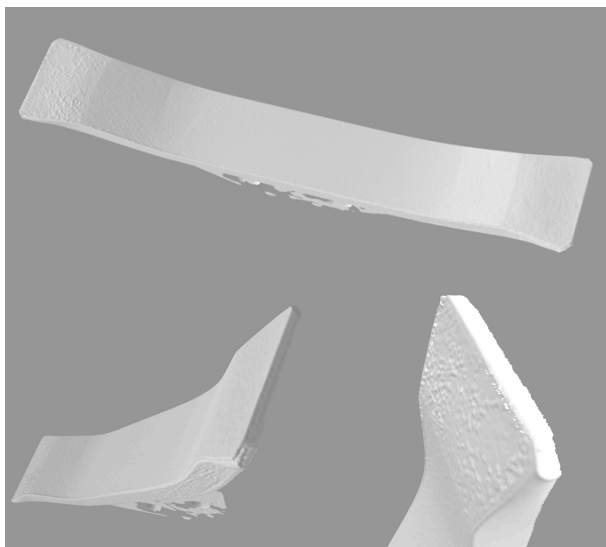
5.2.1 Porovnání opotřebení dlát KM 060 415 a AMA CP7667



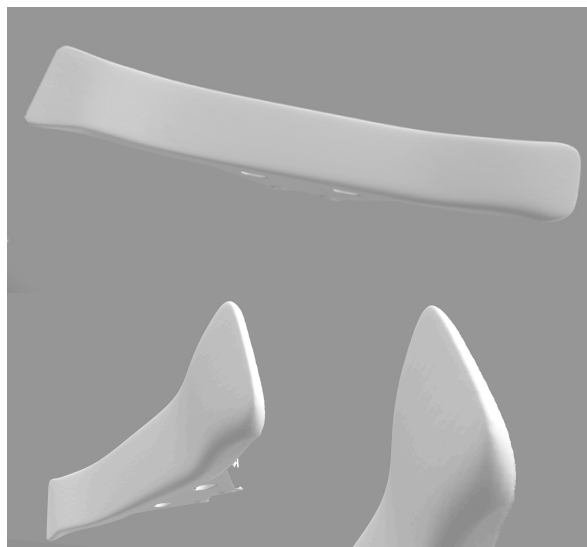
Obrázek 35 3D sken nezušlechtěného oboustranného originálního dláta KM 060 415



Obrázek 35 3D sken opotřebeného nezušlechtěného oboustranného originálního dláta KM 060 415



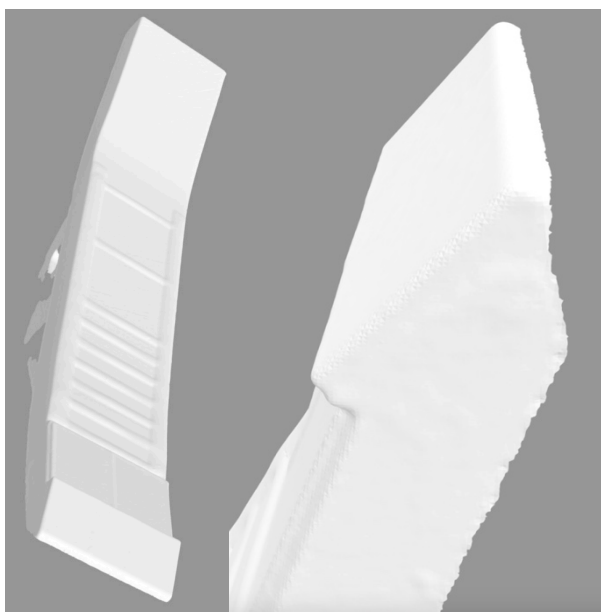
Obrázek 35 3D sken nezušlechtěného oboustranného neoriginálního dláta AMA CP7667



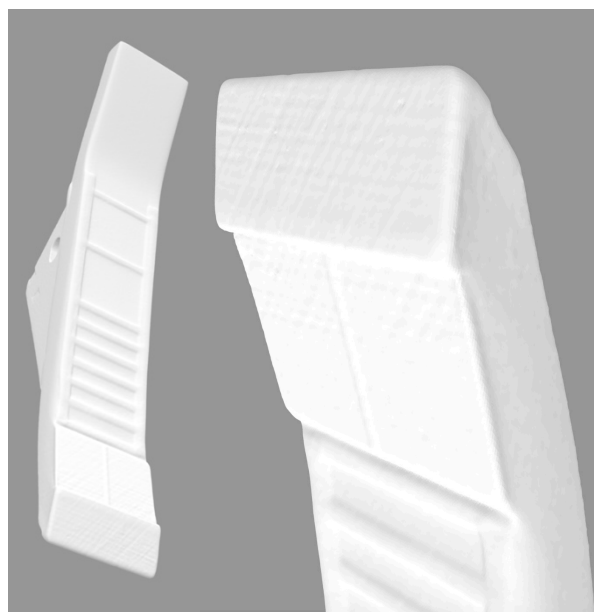
Obrázek 35 3D sken opotřebeného nezušlechtěného oboustranného neoriginálního dláta AMA CP7667

Charakter opotřebení u nezušlechtených dlát je obdobný. Opotřebení se projevuje hlavně na stranách ostří, kde je předpoklad největšího abrazivního působení materiálu půdy. Po opotřebení došlo ke změně úhlu hrany ostří, který se změnil tupého úhlu na úhel ostrý.

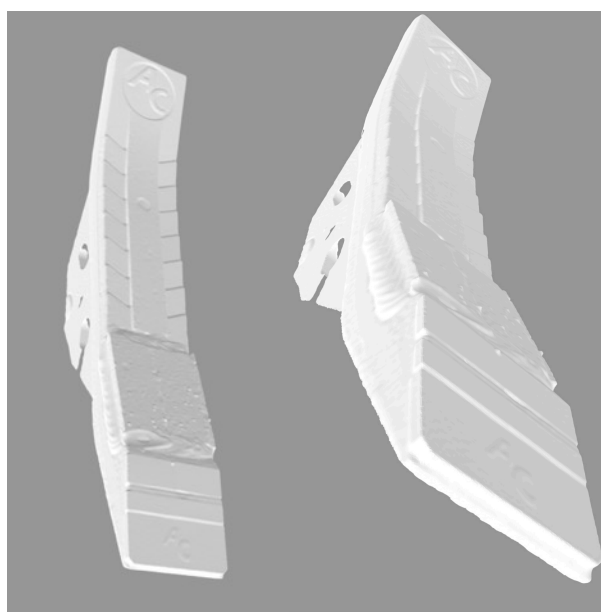
5.2.2 Porovnání opotřebení dlát AGRICARB R40-22 a KM 060 540 (BETEK)



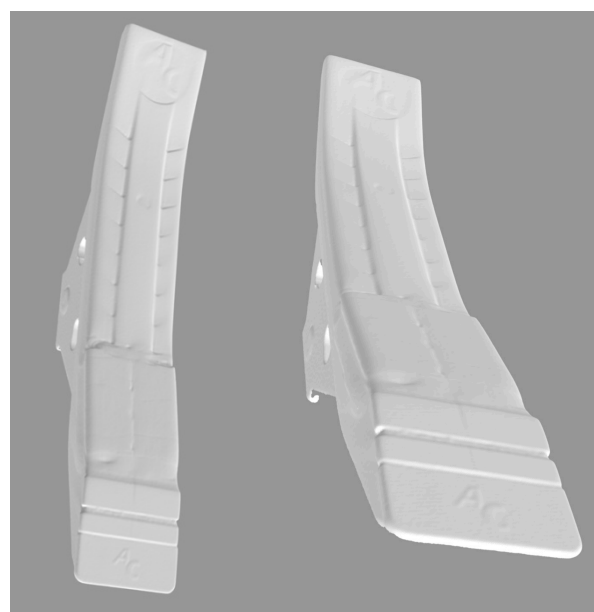
Obrázek 39 3D sken zušlechtěného jednostranného originálního dláta KM 060 540 (BETEK)



Obrázek 39 3D sken opotřebeného zušlechtěného jednostranného originálního dláta KM 060 540 (BETEK)



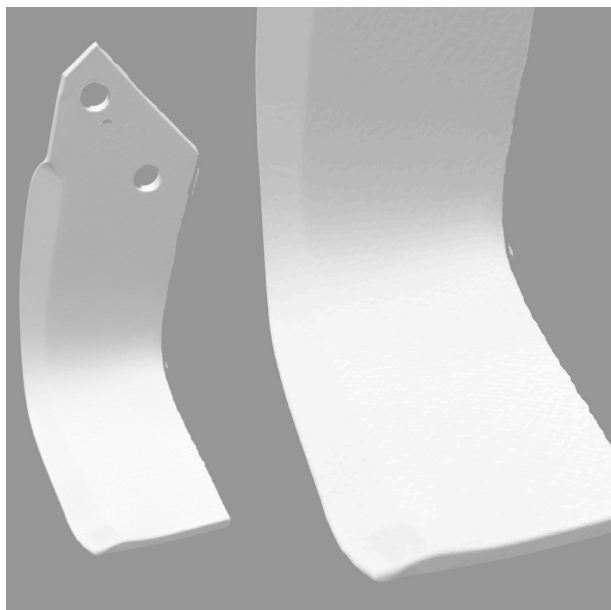
Obrázek 39 3D sken zušlechtěného jednostranného neoriginálního dláta AGRICARB R40-22



Obrázek 39 3D sken opotřebeného zušlechtěného jednostranného neoriginálního dláta AGRICARB R40-22

Opotřebení je lépe viditelné díky povrchové struktuře čelní strany dlát. Zušlechtnuté ostří těchto dlát karbidovými plátky prokazatelně snižuje míru opotřebení. Dlata si zachovávají původní geometrický tvar. Opotřebení je dále viditelné na samotných rozích ostří.

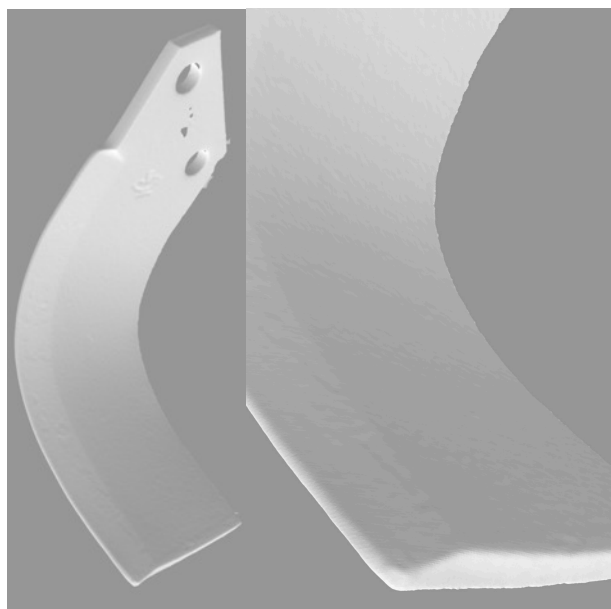
5.2.3 Porovnání opotřebení křidélek ZA KM 060 350 (EUROZAPPA) a IQ PARTS



Obrázek 43 3D sken nezušlehtěného originálního křídélka ZA KM 060 350 č.20 (EUROZAPPA)



Obrázek 43 3D sken opotřebeného nezušlehtěného originálního křídélka ZA KM 060 350 č.20 (EUROZAPPA)



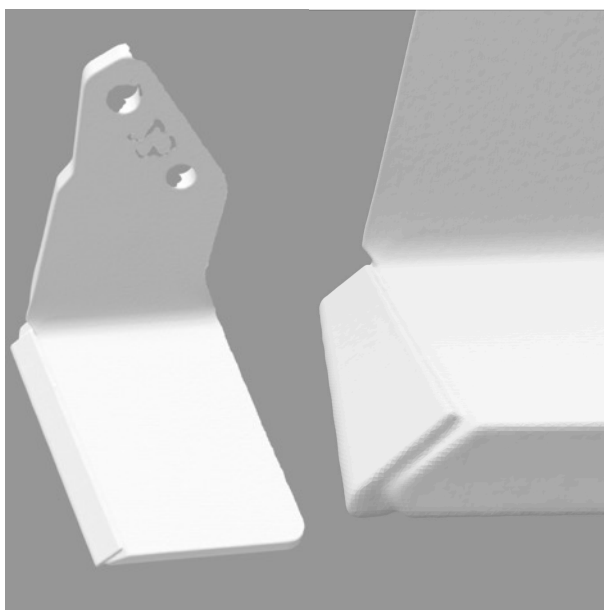
Obrázek 43 3D sken nezušlehtěného neoriginálního křídélka IQ PARTS



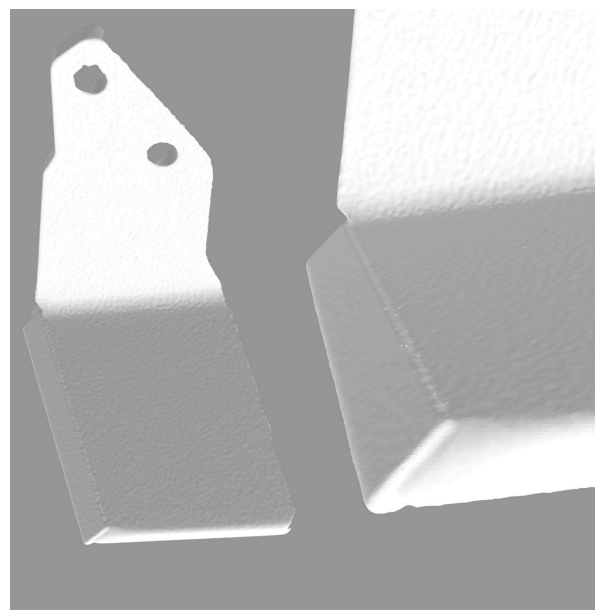
Obrázek 43 3D sken opotřebeného nezušlehtěného neoriginálního křídélka IQ PARTS

Charakter opotřebení u nezušlechtěných křidélek je obdobný. Opotřebení se projevuje hlavně na krajích ostří, kde je předpoklad největšího abrazivního působení materiálu půdy.

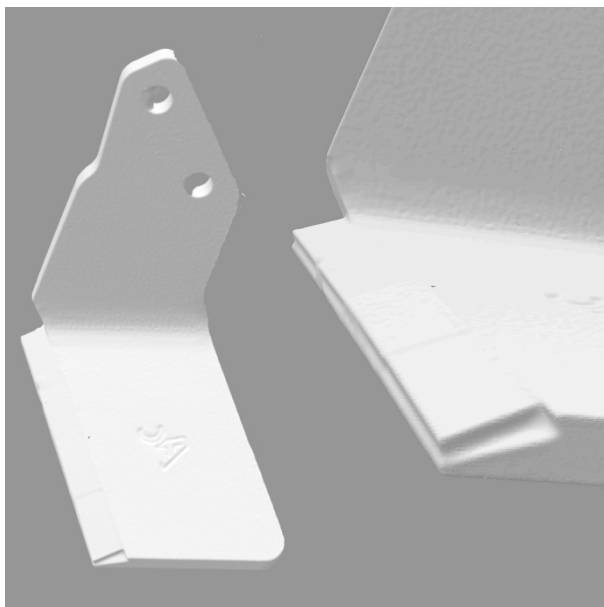
5.2.4 Porovnání opotřebení křidélek KM 060 484 (BETEK) a ADB 0351D T35 (AGRICARB)



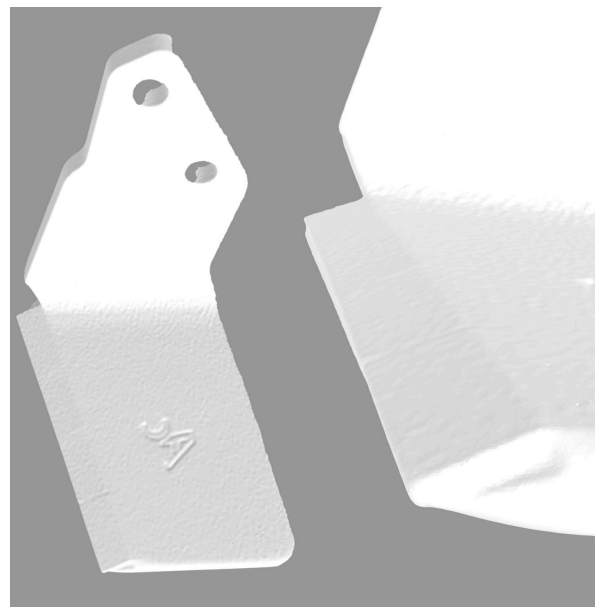
Obrázek 47 3D sken zušlechtěného originálního křídélka KM 060 484 (BETEK)



Obrázek 47 3D sken opotřebeného zušlechtěného originálního křídélka KM 060 484 (BETEK)



Obrázek 47 3D sken zušlechtěného neoriginálního křídélka ADB 0351D T35 (AGRICARB)

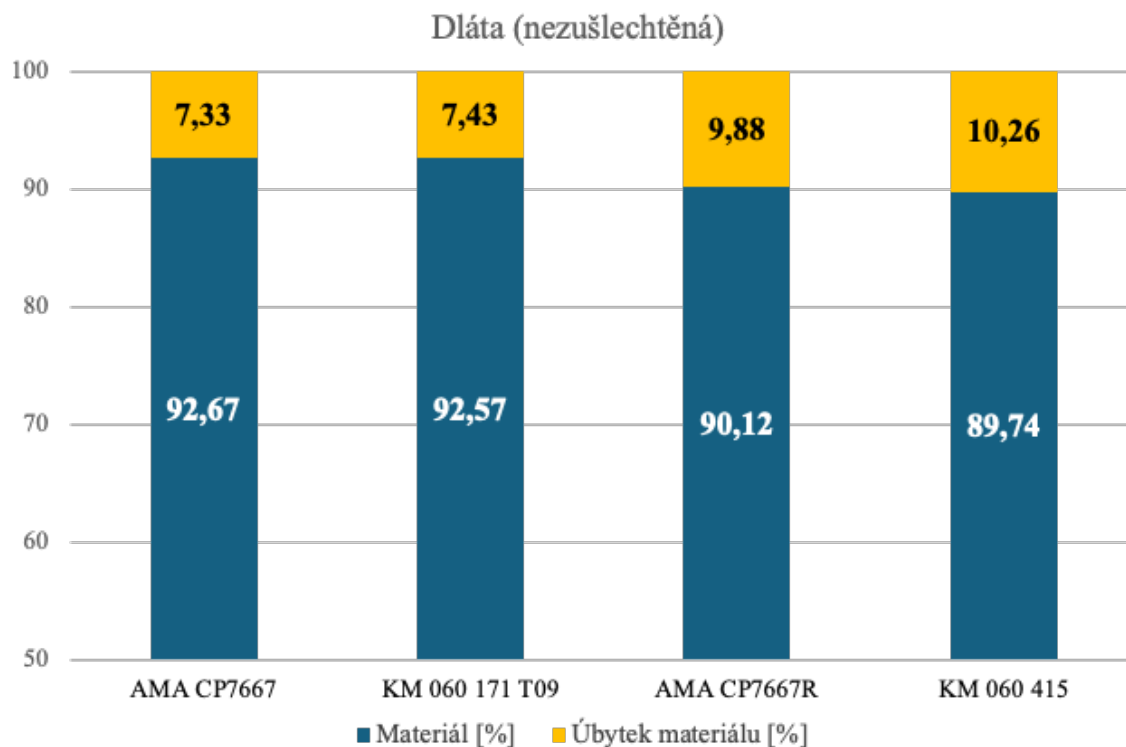


Obrázek 47 3D sken opotřebeného zušlechtěného neoriginálního křídélka ADB 0351D T35 (AGRICARB)

Opotřebení zušlechtěných křidélek je viditelné pouze na rozích ostří, kde došlo k úbytku materiálu původního materiálu křidélek. Zušlechtěné ostří těchto křidélek karbidovými plátky prokazatelně snižuje míru opotřebení a nástroje si zachovávají původní geometrický tvar.

5.3 Výsledky opotřebení pracovních nástrojů (nezušlechtěné)

5.3.1 Opotřebení dlát vyjádřené v procentech

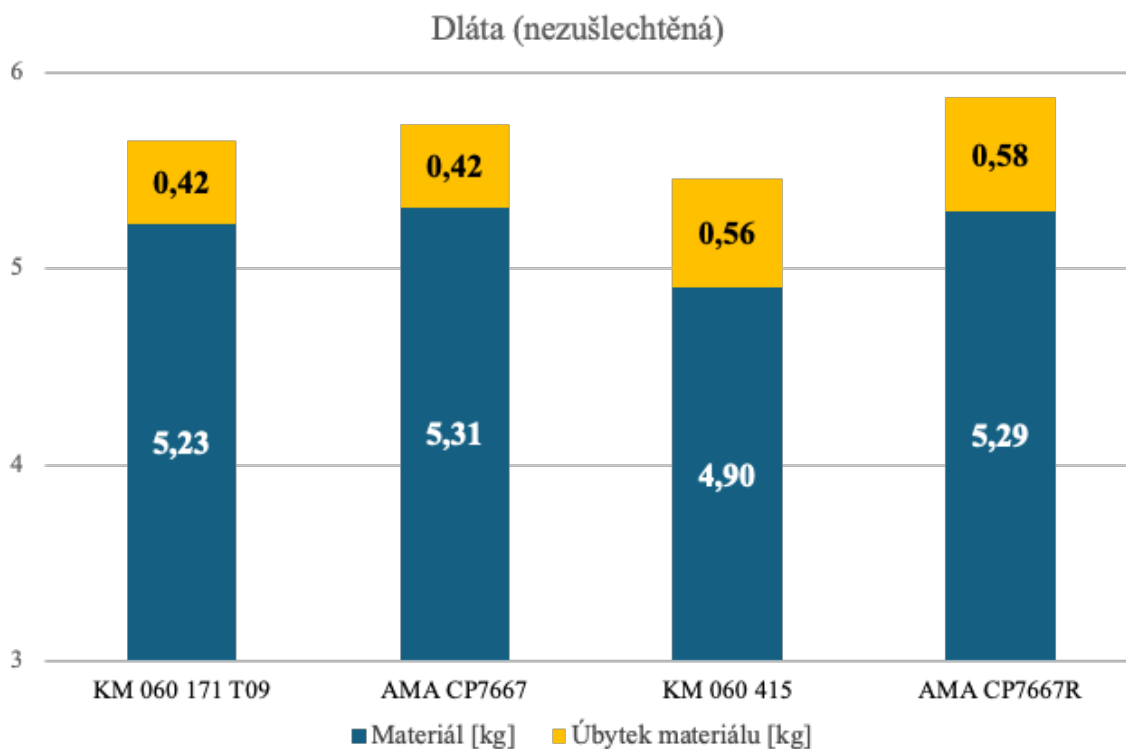


Graf 1 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu nezušlechtěných dlát jednotlivých výrobců

Z grafu 1 je patrné, že nejvíce opotřebovaným dlátem je dláto KM 060 415 od výrobce AGRIFORGE, ačkoli je originálním dílem společnosti BEDNAR. Procentuální úbytek materiálu činí 10,26 %. Následuje ho neoriginální dláto AMA CP7667R s 9,88 %. Opotřebení těchto dlát na 70 ha půdy se jeví jako nadprůměrné.

Naopak nejméně opotřebovaným dlátem je AMA CP7667 s procentuálním úbytkem 7,33 % a dláto KM 060 171 T09 od výrobce IQ PARTS je druhým nejméně opotřebovaným dlátem (7,43 %) s rozdílem pouhé desetiny procenta oproti AMA CP7667.

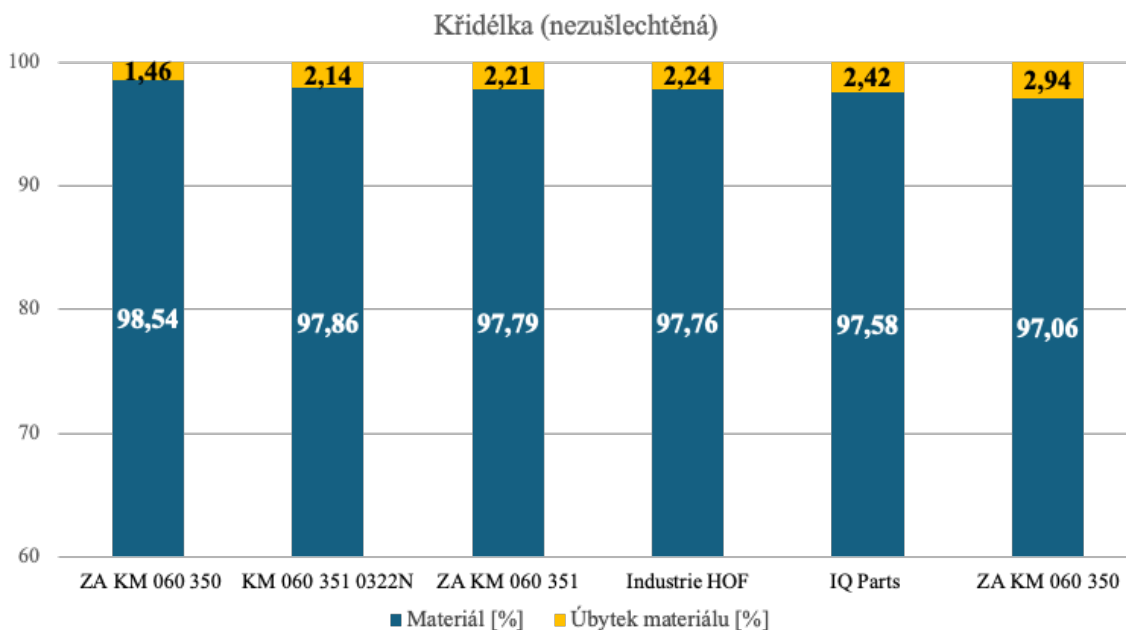
5.3.2 Opatření dlát vyjádřené v kilogramech



Graf 2 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu nezušlechtěných dlát jednotlivých výrobců

Dle hmotnostního porovnání (viz graf 2) dosáhlo největšího úbytku dláto AMA CP7667R (0,58 kg). Druhý největší hmotnostní úbytek s rozdílem pouhých 0,02 kg (oproti dlátu AMA CP7667R) se vyskytl u dláta KM 060 415 výrobce AGRIFORGE, které je originálním dílem společnosti BEDNAR. Nejmenšího hmotnostního úbytku (0,42 kg) bylo dosaženo u dlát KM 060 171 T09 (výrobce IQ PARTS) a AMA CP7667 (výrobce AMA), které nejsou originálními díly.

5.3.3 Opatření křidélek vyjádřené v procentech

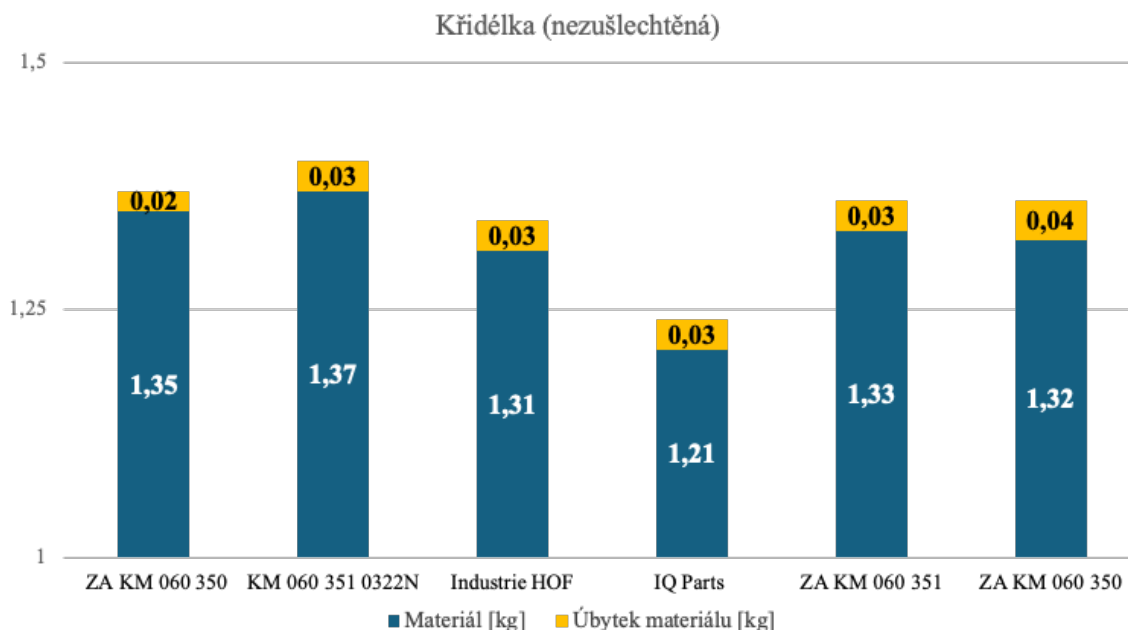


Graf 3 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu nezušlechtěných křidélek jednotlivých výrobců

Dle výsledků (viz graf 3) je patrné, že nejvíce opotřebovaným křídélkem je křídélko ZA KM 060 350 (označené vyraženým číslem 14) od výrobce AGRIFORGE, ačkoli je originálním dílem společnosti BEDNAR. Procentuální úbytek materiálu činí 2,94 %. Následují ho neoriginální křídélka IQ PARTS (2,42 %) a Industrie HOF s 2,24 %. Druhého a třetího nejmenšího opotřebování dosáhla křídélka KM 060 351 0322N, výrobce EUROZAPPA, které je originálním dílem (2,14 %) a ZA KM 060 351, výrobce EUROZAPPA, které je také originálním dílem (2,21 %). Nejmenšího opotřebování (1,46 %) dosáhlo křídélko ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20).

Rozdílnost opotřebování křidélek stejného výrobce (EUROZAPPA) i modelu (ZA KM 060 350, s vyraženými čísly 14 a 20) může být způsobena odlišným umístěním na stroji. Křídélko ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 14) bylo umístěno za kolem traktoru.

5.3.4 Opatřebení křidélek vyjádřené v kilogramech

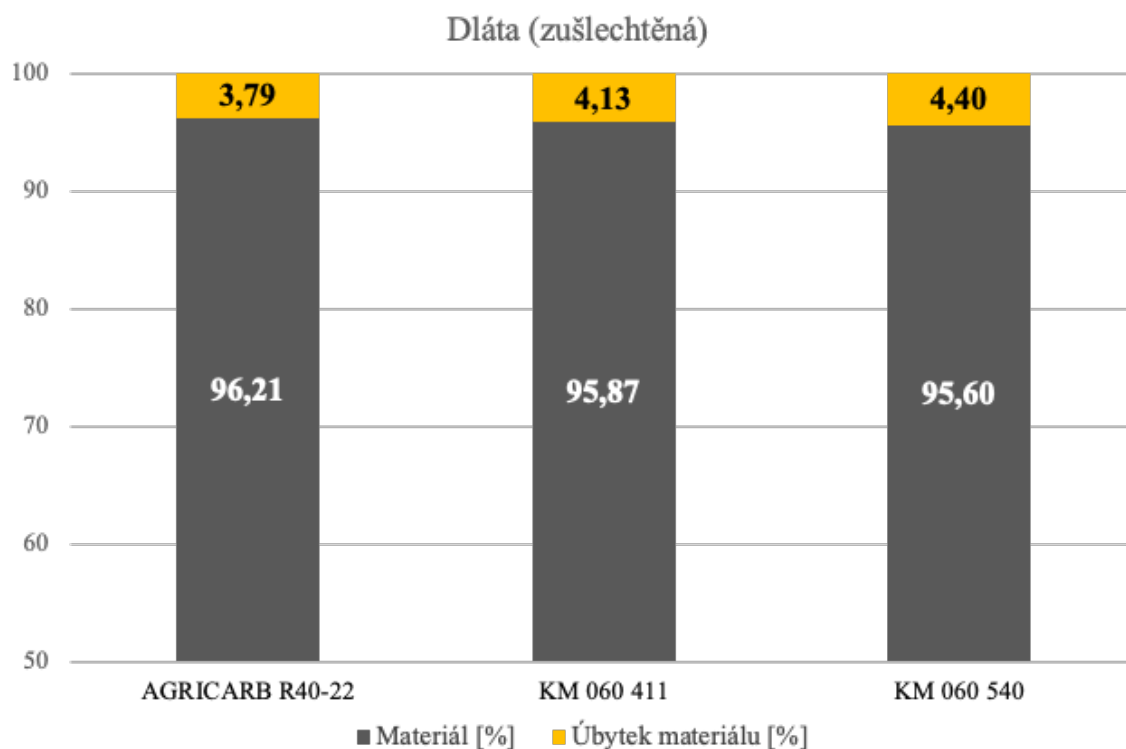


Graf 4 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu nezušlechtěných křidélek jednotlivých výrobců

Dle hmotnostního porovnání (viz graf 4) dosáhlo největšího úbytku křidélko ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 14), které je originálním dílem společnosti BENDAR. Hmotnostní úbytek činil 0,04 kg. Křidélka ZA KM 060 351 (EUROZAPPA, originální díl), IQ PARTS, Industrie HOF a KM 060 351 0322N (EUROZAPPA, originální díl) sdílejí stejný hmotnostní úbytek, který činí 0,03 kg. Nejmenšího hmotnostního úbytku (0,02 kg) bylo dosaženo u křidélka ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), které je originálním dílem společnosti BENDAR.

5.4 Výsledky opotřebení pracovních nástrojů (zušlechtěné)

5.4.1 Opotřebení zušlechtěných dlát vyjádřené v procentech

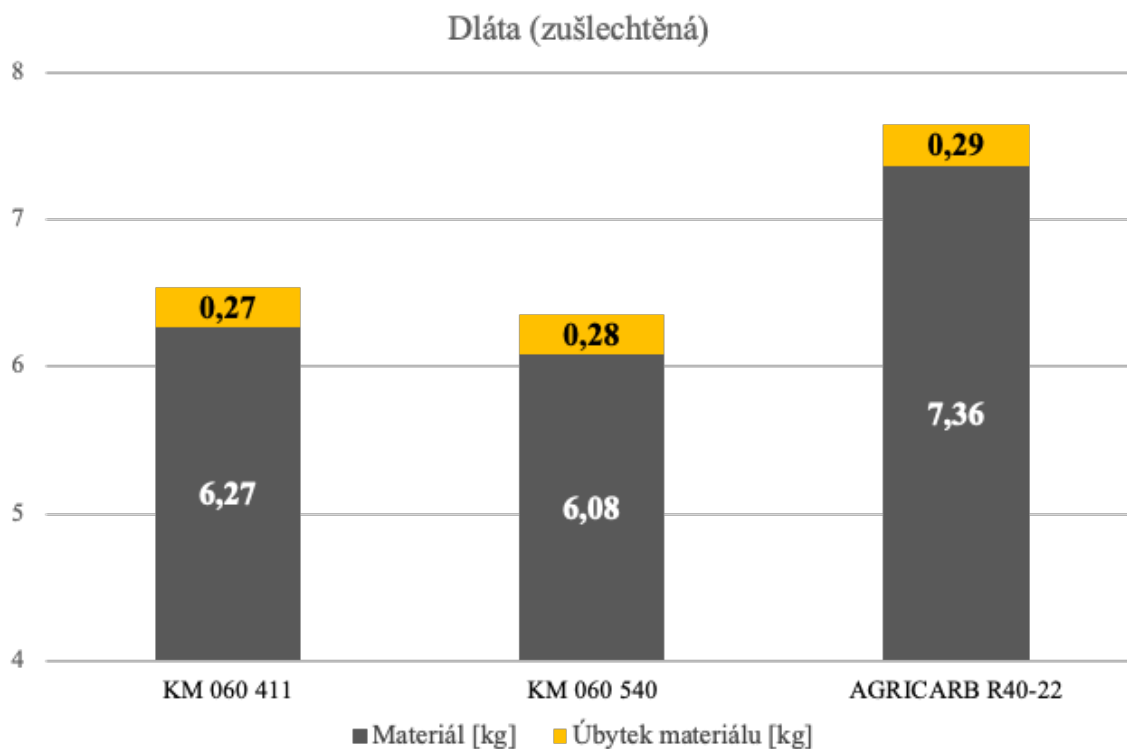


Graf 5 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu zušlechtěných dlát jednotlivých výrobců

Z grafu 5 je patrné, že nejvíce opotřebovaným dlátem je dláto KM 060 540 od výrobce BETEK, ačkoli je originálním dílem společnosti BEDNAR. Procentuální úbytek materiálu činí 4,4 %. Následuje ho neoriginální dláto KM 060 411 s 4,13 %. Nejméně opotřebovaným dlátem je neoriginální dláto AC R40-22, výrobce AGRICARB s procentuálním úbytkem 3,79 %.

Jednostranné procentuální opotřebení originálních dlát na 70 ha půdy je tedy větší než u neoriginálního dláta společnosti AGRICARB.

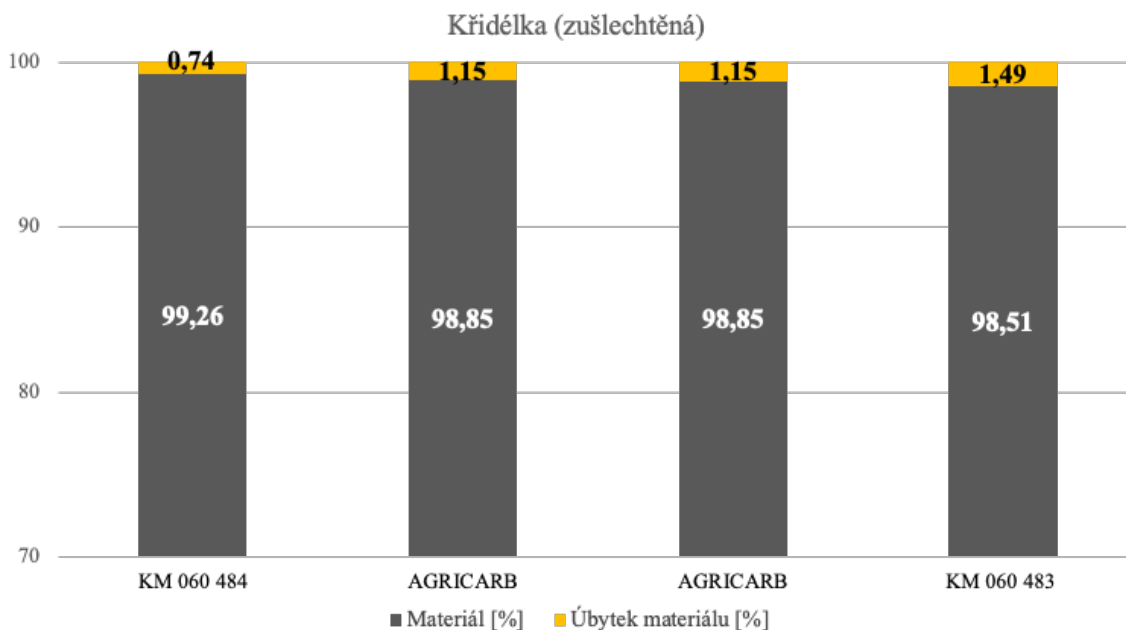
5.4.2 Opotřebení zušlechtěných dlát vyjádřené v kilogramech



Graf 6 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu zušlechtěných dlát jednotlivých výrobců

Dle hmotnostního porovnání (viz graf 6) dosáhlo největšího úbytku dláto AC R40-22 (0,29 kg), výrobce AGRICARB. Druhý největší hmotnostní úbytek s rozdílem pouhých 0,01 kg (oproti dlátu AC R40-22) se vyskytl u dláta KM 060 540 výrobce BETEK, které je originálním dílem společnosti BEDNAR. Nejmenšího hmotnostního úbytku (0,27 kg) bylo dosaženo u dláta KM 060 411 (výrobce BETEK), které je originálním dílem.

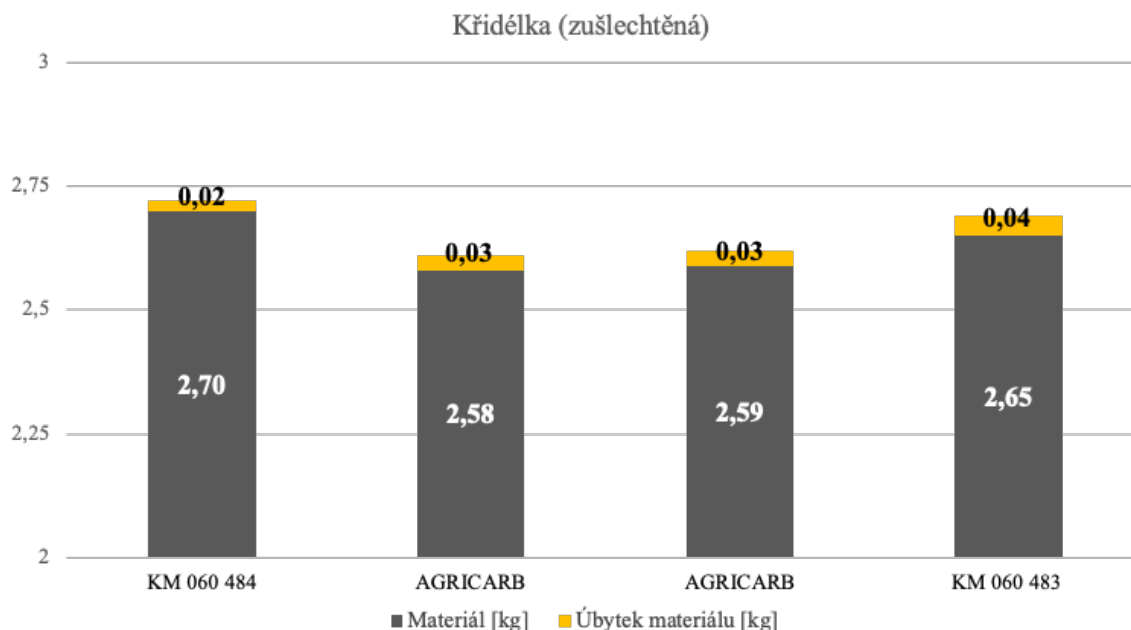
5.4.3 Opotřebení zušlechtěných křídélek vyjádřené v procentech



Graf 7 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu zušlechtěných křídélek jednotlivých výrobců

Dle výsledků (viz graf 7) je patrné, že nejvíce opotřebovaným křídélkem je křídélko KM 060 483 od výrobce BETEK, ačkoli je originálním dílem společnosti BEDNAR. Procentuální úbytek materiálu činí 1,49 %. Následují ho neoriginální křídélka ADB 0351D T35 a ADB 0351G T35, výrobce AGRICARB s 1,15 %. Nejmenšího opotřebení (0,74 %) dosáhlo křídélko KM 060 484, výrobce BETEK.

5.4.4 Opotřebení zušlechtěných křídélek vyjádřené v kilogramech

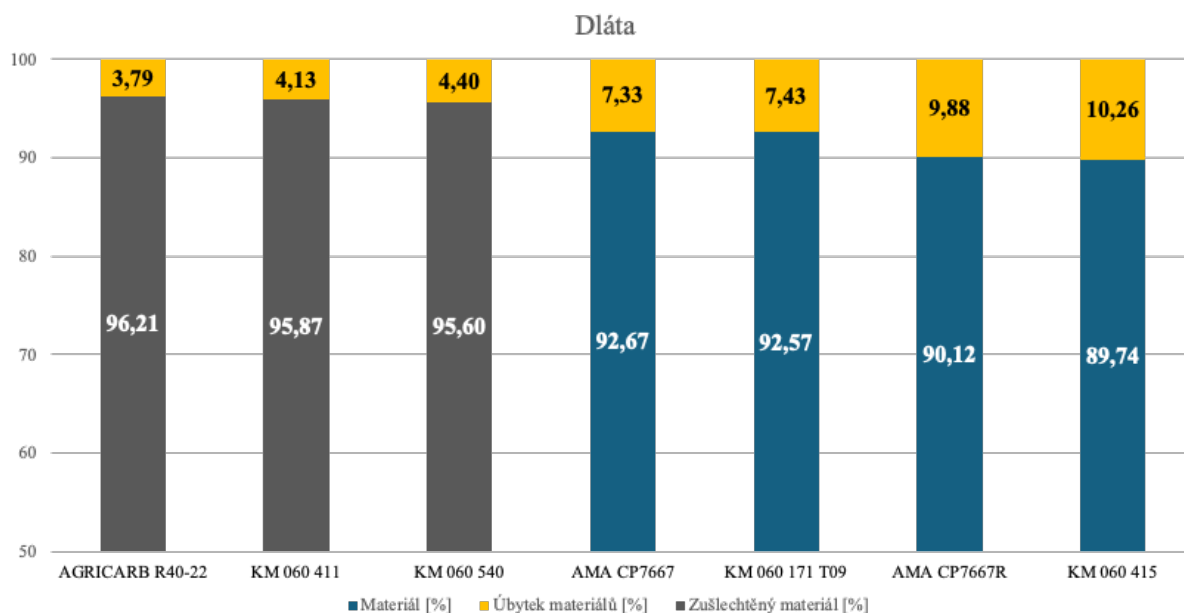


Graf 8 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu zušlechtěných křídélek jednotlivých výrobců

Dle hmotnostního porovnání (viz graf 8) dosáhlo největšího úbytku křídélko KM 060 483, výrobce BETEK, které je originálním dílem společnosti BENDAR. Hmotnostní úbytek činil 0,04 kg. Křídélka ADB 0351D T35 a ADB 0351G T35, výrobce AGRICARB, sdílejí stejný hmotnostní úbytek, který činí 0,03 kg. Nejmenšího hmotnostního úbytku (0,02 kg) bylo dosaženo u křídélka KM 060 484, výrobce BETEK, které je originálním dílem společnosti BENDAR.

5.5 Výsledky opotřebení pracovních nástrojů (celkové srovnání)

5.5.1 Opotřebení dlát vyjádřené v procentech

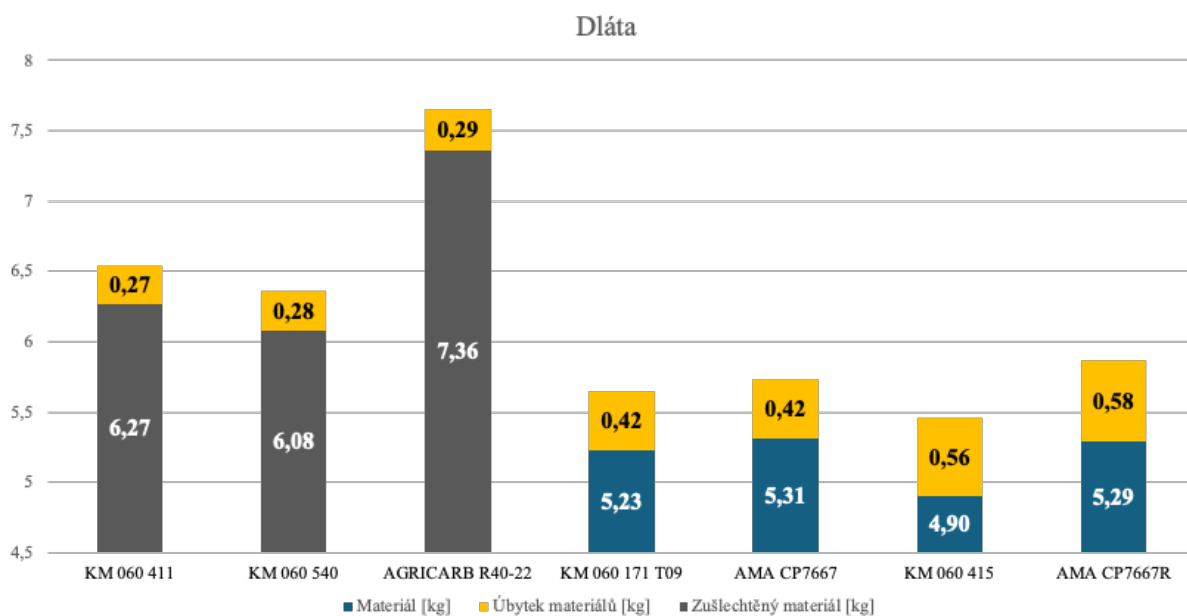


Graf 9 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu dlát jednotlivých výrobců

Z grafu 9 je patrné, že dláta zušlechtěná karbidovými plátky v experimentu dosáhly významně nižších úbytků než dláta nezušlechtěná. Úbytky zušlechtěných dlát se pohybovaly v rozmezí od 3,79 % do 4,4 %, zatímco nezušlechtěná dláta od 7,33 % do 10,26 %. Průměrné opotřebení zušlechtěných dlát činí 4,11 %, zatímco u nezušlechtěných dlát je úbytek 8,73 %.

Dláto KM 060 415, výrobce AGRIFORGE, které je originálním dílem společnosti BEDNAR a byl jím původně osazen dlátový kyprič TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI společnosti BEDNAR, dosáhlo v experimentu nejhoršího výsledku. Dláto AGRICARB R40-22, které není originálním dílem společnosti BEDNAR, dosáhlo 2,71krát nižšího opotřebení v porovnání s dlátem KM 060 415, výrobce AGRIFORGE, které je originálním dílem společnosti BEDNAR.

5.5.2 Opatření dlát vyjádřené v kilogramech

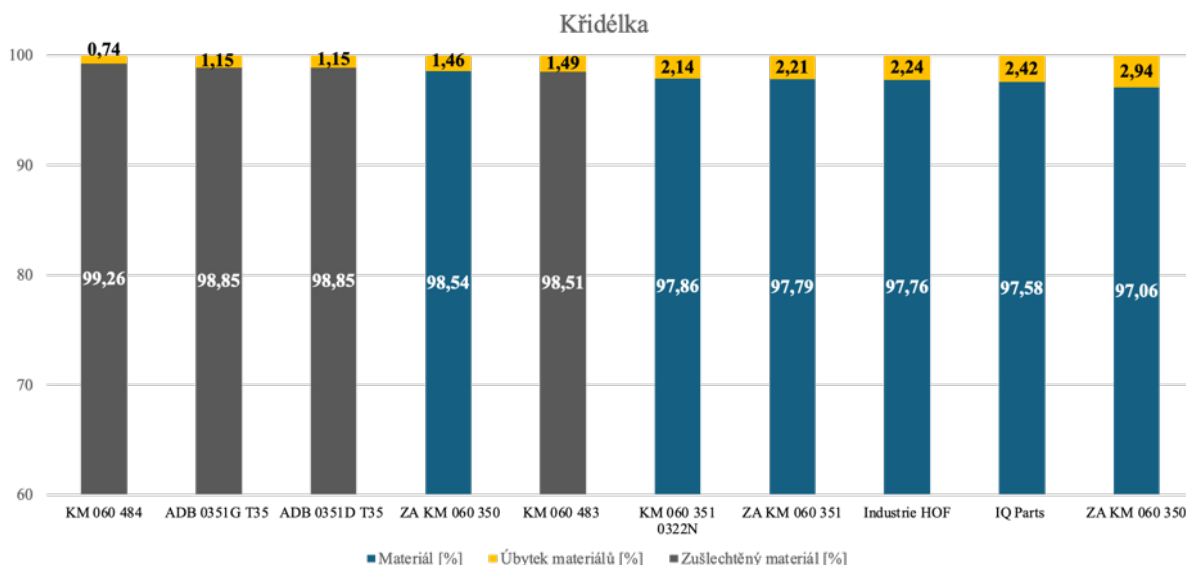


Graf 10 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu dlát jednotlivých výrobců

Dle hmotnostního porovnání (viz graf 10) je patrné, že dláta zušlechtěná karbidovými plátky v experimentu dosáhly významně nižších hmotnostních úbytků než dláta nezušlechtěná. Úbytky zušlechtěných dlát se pohybovaly v rozmezí od 0,27 kg do 0,29 kg, zatímco u nezušlechtěných dlát od 0,42 kg do 0,58 kg.

Průměrný hmotnostního úbytek zušlechtěných dlát činí 0,28 kg, zatímco u nezušlechtěných dlát je průměrný úbytek 0,495 kg. Lze tedy konstatovat, že využití zušlechtěných dlát může přinést téměř 2krát delší životnost.

5.5.3 Opotřebení křidélek vyjádřené v procentech



Graf 11 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu křidélek jednotlivých výrobců

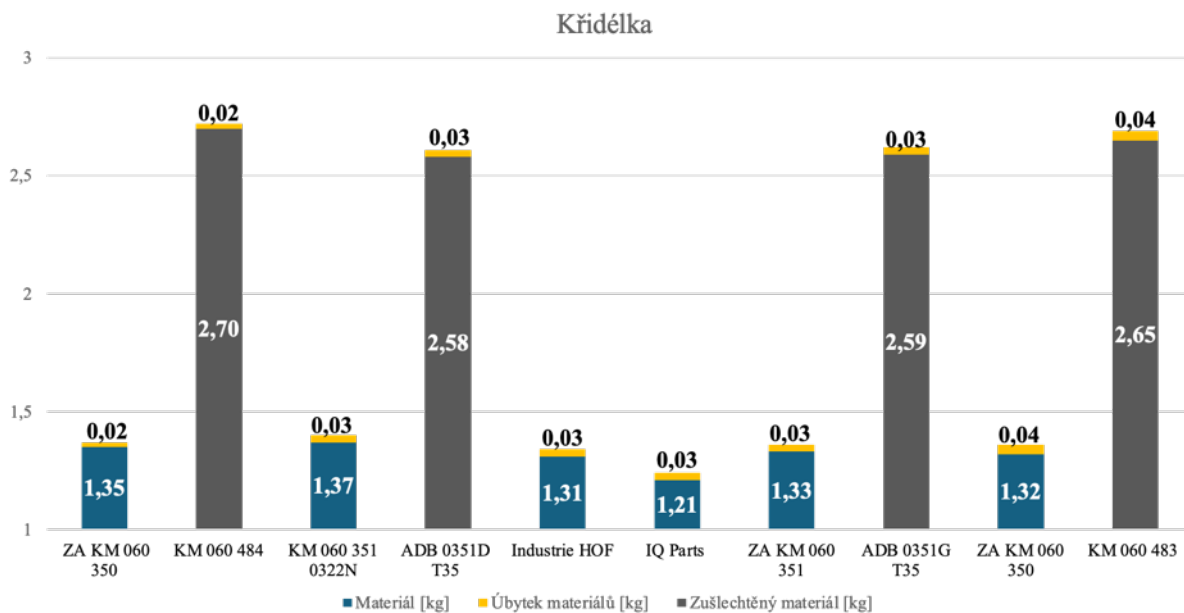
Z výsledků (viz graf 11) je patrné, že křidélka zušlechtěná karbidovými plátky v experimentu dosáhly nižších úbytků než křidélka nezušlechtěná. Výjimku tvoří originální křidélko společnosti BEDNAR, ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), výrobce EUROZAPPA, s procentuálním úbytkem 1,46 %, které se díky svým vlastnostem umístilo na 4. místě před křidélkem KM 060 483, výrobce BETEK, ačkoli není zušlechtěno.

Úbytky zušlechtěných křidélek se pohybovaly v rozmezí od 0,74 % do 1,49 %, zatímco nezušlechtěná křidélka od 1,46 % do 2,94 %.

Průměrné opotřebení zušlechtěných křidélek činí 1,13 %, zatímco u nezušlechtěných křidélek je úbytek 2,23 %.

Při porovnání zušlechtěného křidélka KM 060 484 (0,74 %) s křidélkem ZA KM 060 350 (2,94 %) došlo u ZA KM 060 350 k 4krát vyššímu opotřebení.

5.5.4 Opatření křidélek vyjádřené v kilogramech



Graf 12 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu křidélek jednotlivých výrobců

Z hmotnostního porovnání (viz graf 12) vyplývá, že jak křídélka zušlechtěná karbidovými plátky, tak křídélka nezušlechtěná v experimentu dosáhly velmi podobných hmotnostních úbytků.

Úbytky zušlechtěných křidélek se pohybovaly v rozmezí od 0,02 kg do 0,04 kg, stejně jako hmotnostní úbytky u nezušlechtěných křidélek (od 0,02 kg do 0,04 kg).

Průměrný hmotnostní úbytek zušlechtěných křidélek činí 0,03 kg. U nezušlechtěných křidélek je průměrný úbytek také 0,03 kg. Vzhledem k vyšší hmotnosti zušlechtěných křidélek lze konstatovat, že jejich využití zajistí delší životnost.

5.6 Porovnání životnosti pracovních nástrojů

5.6.1 Porovnání životnosti dlát s originálním dlátem KM 060 415 společnosti BENDAR

Vyražené číslo	Konstrukce	Typ nástroje	Model nástroje	Výrobce nástroje	Originál BEDNAR	Úbytek [%]	Životnost [x krát delší]	
							Jednostranné	Oboustranné
5	Nezušlechtěné	Oboustranné	KM 060 415	AGRIFORGE	ano	10,26	1,00	1,00
2	Nezušlechtěné	Oboustranné	AMA CP7667	AMA	ne	7,33	1,40	1,40
4	Nezušlechtěné	Oboustranné	KM 060 171 T09	IQ PARTS	ne	7,43	1,38	1,38
8	Zušlechtěné	Jednostranné	AGRICARB R40-22	AGRICARB	ne	3,79	2,71	1,35
7	Zušlechtěné	Jednostranné	KM 060 411	BETEK	ano	4,13	2,48	1,24
6	Zušlechtěné	Jednostranné	KM 060 540	BETEK	ano	4,40	2,33	1,16
3	Nezušlechtěné	Oboustranné	AMA CP7667R	AMA	ne	9,88	1,04	1,04

Tabulka 9 Porovnání životnosti dlát s originálním dlátem KM 060 415

Vyražené číslo	Konstrukce	Typ nástroje	Model nástroje	Výrobce nástroje	Originál BEDNAR	Úbytek při 70 ha [%]	20% úbytku [ha]	Otočení dláta po 20% úbytku [ha]	Rozdíl [ha]
5	Nezušlechtěné	Oboustranné	KM 060 415	AGRIFORGE	ano	10,26	136,50	273,00	0,00
2	Nezušlechtěné	Oboustranné	AMA CP7667	AMA	ne	7,33	191,00	382,00	109,00
4	Nezušlechtěné	Oboustranné	KM 060 171 T09	IQ PARTS	ne	7,43	188,33	376,67	103,67
8	Zušlechtěné	Jednostranné	AGRICARB R40-22	AGRICARB	ne	3,79	369,31	369,31	96,31
7	Zušlechtěné	Jednostranné	KM 060 411	BETEK	ano	4,13	339,11	339,11	66,11
6	Zušlechtěné	Jednostranné	KM 060 540	BETEK	ano	4,40	318,00	318,00	45,00
3	Nezušlechtěné	Oboustranné	AMA CP7667R	AMA	ne	9,88	141,69	283,38	10,38

Tabulka 10 Porovnání životnosti dlát s originálním dlátem KM 060 415 (hektarové porovnání)

Výsledky (viz tab. 9) porovnávají životnost dlát jednotlivých výrobců s oboustranným nezušlechtěným dlátem KM 060 415, výrobce AGRIFORGE, kterým byl stroj původně osazen. Dláta jsou dále porovnávána z hlediska rozdílů maximální obdělávané plochy (viz tab. 10), kterou dláto zvládne obdělat, než se opotřebuje na 20 % a bude nutné ho vyměnit za nové. U oboustranných dlát je toto porovnání provedeno do 40 % opotřebení, jelikož je možné je otočit a opotřebovávat tak i druhou stranu. Stanovení hranice výměny, či otočení nástroje bylo konzultováno s vedoucím práce.

Na prvním místě se umístilo oboustranné nezušlechtěné neoriginální dláto AMA CP7667, výrobce AMA, které dle výpočtů dosahuje 1,4krát delší životnosti. Dláto je schopno obdělat půdu o rozloze 382 ha (o 109 ha více, než dláto KM 060 415).

Na druhém místě se umístilo oboustranné nezušlechtěné neoriginální dláto KM 060 171 T09, výrobce IQ PARTS, které dle výpočtů dosahuje 1,38krát delší životnosti. Dláto je schopno obdělat půdu o rozloze 376,67 ha (o 103,67 ha více, než dláto KM 060 415).

Na třetím místě se z hlediska nejdelší životnosti s umístilo jednostranné zušlechtěné neoriginální dláto AGRICARB R40-22, výrobce AGRICARB, které dosáhlo 2,71krát delší životnosti, za předpokladu, že dláto by KM 060 415 bylo použito pouze z jedné strany. Při užití dláta KM 060 415 oboustranně, dosáhlo dláto AGRICARB R40-22 1,35krát delší životnosti. Dláto je schopno obdělat půdu o rozloze 369,31 ha (o 96,31 ha více, než dláto KM 060 415). Rozdíl obdělané půdy by činil 232,81 ha za předpokladu, že by dláto KM 060 415 bylo použito pouze z jedné strany.

Na čtvrtém místě se umístilo jednostranné zušlechtěné originální dláto společnosti BENDAR, KM 060 411, výrobce BETEK, které dle výpočtů dosahuje 2,48krát delší životnosti. Při užití dláta KM 060 415 oboustranně, dosáhlo dláto KM 060 411 1,24krát delší životnosti. Dláto je schopno obdělat půdu o rozloze 339,11 ha (o 66,11 ha více, než dláto KM 060 415). Rozdíl obdělané půdy by činil 202,61 ha za předpokladu, že by dláto KM 060 415 bylo použito pouze z jedné strany.

Na pátém místě se umístilo jednostranné zušlechtěné originální dláto společnosti BENDAR, KM 060 540, výrobce BETEK, které dle výpočtů dosahuje 2,33krát delší životnosti za předpokladu, že dláto by KM 060 415 bylo použito pouze z jedné strany. Při užití dláta KM 060 415 oboustranně dosáhlo dláto KM 060 411 1,16krát delší životnosti. Dláto je schopno obdělat půdu o rozloze 318 ha (o 45 ha více, než dláto KM 060 415). Rozdíl obdělané půdy by činil 181,5 ha za předpokladu, že by dláto KM 060 415 bylo použito pouze z jedné strany.

Na šestém místě se umístilo oboustranné nezušlechtěné neoriginální dláto AMA CP7667R, výrobce AMA, které dle výpočtů dosahuje 1,04krát delší životnosti. Dláto je schopno obdělat půdu o rozloze 141,69 ha (o 10,38 ha více než dláto KM 060 415).

Na sedmém místě se umístilo nezušlechtěné originální dláto KM 060 415 společnosti BEDNAR, výrobce AGRIFORGE, kterým byl stroj původně osazen.

5.6.2 Porovnání životnosti křidel s originálním křídlem ZA KM 060 351 společnosti BENDAR, výrobce EUROZAPPA

Vyražené číslo	Typ nástroje	Konstrukce	Model nástroje	Výrobce nástroje	Originál BEDNAR	Úbytek [%]	Životnost [x krát delší]
21	Křídélko	Nezušlechtěné	ZA KM 060 351	EUROZAPPA	ano	2,21	1,00
23	Křídélko	Zušlechtěné	KM 060 484	BETEK	ano	0,74	3,00
25	Křídélko	Zušlechtěné	ADB 0351G T35	AGRICARB	ne	1,15	1,93
24	Křídélko	Zušlechtěné	ADB 0351D T35	AGRICARB	ne	1,15	1,92
20	Křídélko	Nezušlechtěné	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	ano	1,46	1,51
22	Křídélko	Zušlechtěné	KM 060 483	BETEK	ano	1,49	1,48
15	Křídélko	Nezušlechtěné	KM 060 351 0322N	EUROZAPPA	ano	2,14	1,03
16	Křídélko	Nezušlechtěné	Industrie HOF	Industrie HOF	ne	2,24	0,99
18	Křídélko	Nezušlechtěné	IQ Parts	IQ PARTS	ne	2,42	0,91
14	Křídélko	Nezušlechtěné	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	ano	2,94	0,75

Tabulka 11 Porovnání životnosti křidel s originálním křídlem ZA KM 060 351

Vyražené číslo	Konstrukce	Model nástroje	Výrobce nástroje	Originál BEDNAR	Úbytek při 70 ha [%]	20% úbytku [ha]	Rozdíl [ha]
21	Nezušlechtěné	ZA KM 060 351	EUROZAPPA	ano	2,206	634,67	0,00
23	Zušlechtěné	KM 060 484	BETEK	ano	0,735	1 904,00	1 269,33
25	Zušlechtěné	ADB 0351G T35	AGRICARB	ne	1,145	1 222,67	588,00
24	Zušlechtěné	ADB 0351D T35	AGRICARB	ne	1,149	1 218,00	583,33
20	Nezušlechtěné	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	ano	1,460	959,00	324,33
22	Zušlechtěné	KM 060 483	BETEK	ano	1,487	941,50	306,83
15	Nezušlechtěné	KM 060 351 0322N	EUROZAPPA	ano	2,143	653,33	18,67
16	Nezušlechtěné	Industrie HOF	Industrie HOF	ne	2,239	625,33	-9,33
18	Nezušlechtěné	IQ Parts	IQ PARTS	ne	2,419	578,67	-56,00
14	Nezušlechtěné	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	ano	2,941	476,00	-158,67

Tabulka 12 Porovnání životnosti křidel s originálním křídlem ZA KM 060 351 (hektarové porovnání)

Výsledky (viz tab. 11) porovnávají životnost křidel jednotlivých výrobců s nezušlechtěným originálním křídlem ZA KM 060 351 společnosti BEDNAR, výrobce EUROZAPPA, kterým byl stroj původně osazen. Křídélka jsou dále porovnávána z hlediska rozdílů maximální obdělané plochy (viz tab. 12), kterou křídélko zvládne obdělat, než se opotřebuje na 20 % a bude nutné ho vyměnit za nové. Stanovení hranice výměny nástroje bylo konzultováno s vedoucím práce.

Na prvním místě se umístilo zušlechtěné originální křídélko KM 060 484, výrobce BETEK, které dle výpočtů dosahuje 3krát delší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 1 904 ha (o 1 269,33 ha více, než křídélko ZA KM 060 351).

Na druhém místě se umístilo zušlechtěné neoriginální křídélko ABD 0351G T35, výrobce AGRICARB, které dle výpočtů dosahuje 1,93krát delší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 1 222,67 ha (o 588 ha více než křídélko ZA KM 060 351).

Na třetím místě se umístilo zušlechtěné neoriginální křídélko ABD 0351D T35, výrobce AGRICARB, které dle výpočtů dosahuje 1,92krát delší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 1 218 ha (o 583,33 ha více než křídélko ZA KM 060 351).

Na čtvrtém místě se umístilo nezušlechtěné originální křídélko ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), výrobce EUROZAPPA, které dle výpočtů dosahuje 1,51krát delší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 959 ha (o 324,33 ha více než křídélko ZA KM 060 351).

Na pátém místě se umístilo zušlechtěné originální křídélko KM 060 483, výrobce BETEK, které dle výpočtů dosahuje 1,48krát delší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 941,5 ha (o 306,83 ha více než křídélko ZA KM 060 351).

Na šestém místě se umístilo nezušlechtěné originální křídélko KM 060 351 0322N, výrobce EUROZAPPA, které dle výpočtů dosahuje 1,03krát delší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 653,33 ha (o 18,67 ha více než křídélko ZA KM 060 351).

Na sedmém místě se umístilo nezušlechtěné originální křídélko, KM 060 484, výrobce EUROZAPPA, kterým byl stroj původně osazen.

Na osmém místě se umístilo nezušlechtěné neoriginální křídélko Industrie HOF, výrobce Industrie HOF, které dle výpočtů dosahuje 0,99krát kratší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 625,33 ha (o 9,33 ha méně než křídélko ZA KM 060 351).

Na devátém místě se umístilo nezušlechtěné neoriginální křídélko IQ PARTS, výrobce IQ PARTS, které dle výpočtů dosahuje 0,91krát kratší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 578,67 ha (o 56 ha méně než křídélko ZA KM 060 351) a na desátém místě se umístilo nezušlechtěné originální křídélko ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 14), výrobce EUROZAPPA, které dle výpočtů dosahuje 0,75krát kratší životnosti. Křídélko je schopno obdělat půdu o rozloze 476 ha (o 158,67 ha méně než křídélko ZA KM 060 351).

5.7 Porovnání cenové dostupnosti originálních nástrojů BENDAR

5.7.1 Porovnání cenové výhodnosti originálních dlát BENDAR v závislosti na jejich životnosti

Vyražené číslo	Typ nástroje	Konstrukce	Typ nástroje	Model nástroje	Výrobce nástroje	Originál BENDAR	Životnost [x krát delší]	Cena [Kč/kus]	Cena / Životnost [Kč/kus]
5	Dláto	Nezušlechtěné	Oboustranné	KM 060 415	AGRIFORGE	ano	1,00	509,53	509,53
7	Dláto	Zušlechtěné	Jednostranné	KM 060 411	BETEK	ano	1,24	3 183,14	2 562,57
6	Dláto	Zušlechtěné	Jednostranné	KM 060 540	BETEK	ano	1,16	1 888,53	1 621,29

Tabulka 13 Porovnání cen originálních dlát společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti

Výsledky (viz tab. 13) porovnávají ceny originálních dlát společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti.

Cena oboustranného nezušlechtěného dláta KM 060 415, výrobce AGRIFORGE, kterým byl stroj původně osazen je od výrobce stanovena na 509,53 Kč.

Cena jednostranného zušlechtěného dláta KM 060 411, výrobce BETEK, je stanovena na 3 183,14 Kč. Cena dláta vypočtena na základě jeho životnosti činí 2 562,57 Kč.

Cena jednostranného zušlechtěného dláta KM 060 540, výrobce BETEK, je stanovena na 1 888,53 Kč. Cena dláta vypočtena na základě jeho životnosti činí 1 621,29 Kč.

5.7.2 Porovnání cenové výhodnosti originálních křidélek BENDAR v závislosti na jejich životnosti

Vyražené číslo	Konstrukce	Model nástroje	Výrobce nástroje	Originál BEDNAR	Životnost [x krát delší]	Cena [Kč/kus]	Cena / Životnost [Kč/kus]
21	Nezušlechtné	ZA KM 060 351	EUROZAPPA	ano	1,00	90,25	90,25
23	Zušlechtné	KM 060 484	BETEK	ano	3,00	1 172,36	390,79
20	Nezušlechtné	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	ano	1,51	89,52	59,24
22	Zušlechtné	KM 060 483	BETEK	ano	1,48	1 130,27	761,92
15	Nezušlechtné	KM 060 351 0322N	EUROZAPPA	ano	1,03	90,25	87,67
14	Nezušlechtné	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	ano	0,75	89,52	119,36

Tabulka 14 Porovnání cen originálních křidélek společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti

Výsledky (viz tab. 14) porovnávají ceny originálních křidélek společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti.

Cena nezušlechtného křídélka ZA KM 060 351, výrobce EUROZAPPA, kterým byl stroj původně osazen je od výrobce stanovena na 90,25 Kč.

Cena zušlechtného křídélka KM 060 484, výrobce BETEK, je stanovena na 1172,36 Kč. Cena křídélka vypočtena na základě jeho životnosti činí 390,79 Kč.

Cena nezušlechtného křídélka ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), výrobce EUROZAPPA, je stanovena na 89,52 Kč. Cena křídélka vypočtena na základě jeho životnosti činí 59,24 Kč.

Cena zušlechtného křídélka KM 060 483, výrobce BETEK, je stanovena na 1130,27 Kč. Cena křídélka vypočtena na základě jeho životnosti činí 761,92 Kč.

Cena nezušlechtného křídélka ZA KM 060 351 0322N, výrobce EUROZAPPA, je stanovena na 90,25 Kč. Cena křídélka vypočtena na základě jeho životnosti činí 87,67 Kč.

Cena nezušlechtného křídélka ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 14), výrobce EUROZAPPA, je stanovena na 89,52 Kč. Cena křídélka vypočtena na základě jeho životnosti činí 119,36 Kč.

5.7.3 Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI

Varianta	Nástroj	Vyražené číslo	Souprava	Výrobce nástroje	Konstrukce	Originál BEDNAR	Počet	Cena [Kč/kus]	Cena [Kč/osazení]	Cena celkem [Kč/osazení]
Původně osazeno	Dláto	5	KM 060 415	AGRIFORGE	Nezušlechtěné	ano	7	509,53	3 566,71	4 830,21
	Křídélko	21	ZA KM 060 351	EUROZAPPA			14	90,25	1 263,5	
Střední cesta	Dláto	6	KM 060 540	BETEK	Zušlechtěné	ano	7	1888,53	13 219,71	14 472,99
	Křídélko	20	ZA KM 060 350	EUROZAPPA	Nezušlechtěné		14	89,52	1 253,28	
Nejdražší	Dláto	7	KM 060 411	BETEK	Zušlechtěné	ano	7	3 183,14	22 281,98	38 695,02
	Křídélko	23	KM 060 484				14	1 172,36	16 413,04	

Tabulka 15 Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče

Výsledky (viz tab. 15) porovnávají cenové náklady na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI originálními nástroji společnosti BEDNAR.

Cena varianty původního osazení kypříče nezušlechtěnými dláty KM 060 415 (AGRIFORGE) a křídélky ZA KM 060 351 (EUROZAPPA) stanovena na 4 830,21 Kč.

Dle výpočtů byla cena střední cesty pro osazení kypříče zušlechtěnými dláty KM 060 540 (BETEK) a nezušlechtěnými křídélky ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20) výrobce EUROZAPPA stanovena na 14 472,99 Kč.

Dle výpočtů byla cena nejdražší varianty osazení kypříče zušlechtěnými dláty KM 060 411 (BETEK) a křídélky KM 060 484 (BETEK) stanovena na 38 695,05 Kč.

5.7.4 Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI v závislosti na životnosti

Varianta	Nástroj	Vyražené číslo	Souprava	Výrobce nástroje	Konstrukce	Originál BEDNAR	Počet	Životnost [x krát delší]	Cena celkem [Kč/osazení]	Cena / Životnost [Kč]
Původně osazeno	Dláto Křídélko	5 21	KM 060 415 ZA KM 060 351	AGRIFORGE EUROZAPPA	Nezušlechtěné	ano	7 14	1,00 1,00	4 830,21	4 830,21
Střední cesta	Dláto Křídélko	6 20	KM 060 540 ZA KM 060 350	BETEK EUROZAPPA	Zušlechtěné Nezušlechtěné	ano	7 14	1,16 1,51	14 472,99	12 226,29
Nejdražší	Dláto Křídélko	7 23	KM 060 411 KM 060 484	BETEK	Zušlechtěné	ano	7 14	1,26 3,00	38 695,02	23 155,12

Tabulka 16 Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče v závislosti na životnosti nástrojů

Výsledky (viz tab. 16) porovnávají cenové náklady na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI originálními nástroji společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti. Cena nákladů na osazení dlátového kypříče byla vypočtena jako součet nákladů dlát a křídélek s ohledem na individuální životnost obou nástrojů.

Cena původního osazení kypříče nezušlechtěnými dlátými KM 060 415 (AGRIFORGE) a křídélky ZA KM 060 351 (EUROZAPPA) je stanovena na 4 830,21 Kč.

Dle výpočtů v byla cena varianty střední cesty pro osazení kypříče zušlechtěnými dlátými KM 060 540 (BETEK) a nezušlechtěnými křídélky ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20) výrobce EUROZAPPA stanovena na 12 226,29 Kč, s ohledem na životnost nástrojů.

Dle výpočtů v byla cena nejdražší varianty osazení kypříče zušlechtěnými dlátými KM 060 411 (BETEK) a křídélky KM 060 484, výrobce (BETEK), stanovena na 23 155,12 Kč, s ohledem na životnost nástrojů.

6 Výsledky a diskuse

V rámci diplomové práce byl proveden experiment zaměřený na porovnání opotřebení originálních dílů výrobce a na trhu dostupných dílů dodávaných jako náhrady. Na pozemcích, kde probíhalo měření, převládal typ půdy černozem, místy pelozem a regozem. Dle podílu I. kategorie částic zrnitostního složení půdy, tedy částic pod 0,01 mm 46 %, spadají půdy na pozemcích, podle dělení Nováka, do kategorie jílovitohlinité. Výsledky experimentu tedy korespondují s těmito půdními podmínkami.

Z výsledků vlastní práce vyplývá, že dláta zušlechtěná karbidovými plátky dosáhla v experimentu významně nižších úbytků než dláta nezušlechtěná. Úbytky zušlechtěných dlát se pohybovaly v rozmezí od 3,79 % do 4,4 %, zatímco nezušlechtěná dláta vykazovala úbytky od 7,33 % do 10,26 %. Průměrné opotřebení zušlechtěných dlát činí 4,11 %, zatímco u nezušlechtěných dlát je úbytek 8,73 %.

Dláto AGRICARB R40-22, které není originálním dílem společnosti BEDNAR, dosáhlo v porovnání s dlátem KM 060 415 (AGRIFORGE) 2,71krát nižšího opotřebení, což byl celkově nejlepší výsledek, pokud se uvažuje pouze jednostranné použití.

Dláto KM 060 415 (AGRIFORGE), které je originálním dílem společnosti BEDNAR a byl jím původně osazen dlátový kypřič TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI, společnosti BEDNAR, dosáhlo v experimentu z hlediska procentuálního opotřebení nejhoršího výsledku, i když bylo do výpočtů zahrnuta možnost jeho otočení. Druhým nejvíce opotřebovaným dlátem je neoriginální dláto AMA CP7667R (AMA) s opotřebením dosahujícím 9,88 %. Měření ukázalo, že spodní tvrdokovový návar nevedl k prodloužení životnosti.

Pokud by se ovšem jednalo o volbu osazení dlátového kypřiče některým z originálních dlát, z ekonomického hlediska se dláto KM 060 415 (AGRIFORGE) vyplatí nejvíce. Při výpočtu ceny v korunách na jeden obdělávaný hektar dosahuje dláto KM 060 415 hodnoty 1,87 Kč/ha, zatímco dláto KM 060 411 (BETEK) vychází na 9,39 Kč/ha a dláto KM 060 540 (BETEK) na 5,94 Kč/ha.

Při úvaze o osazení dlátového kypřiče některým z neoriginálních dílů namísto dláta KM 060 415 (AGRIFORGE) tak, aby náklady v korunách na hektar byly minimálně totožné, by

cena jednotlivých dlát nesměla překročit tyto hodnoty: dláto AMA CP7667 (AMA): 714,34 Kč; dláto KM 060 171 T09 (IQ PARTS): 704,37 Kč; dláto AGRICARB R40-22 (AGRICARB): 690, 61 Kč; dláto AMA CP7667R: 529,92 Kč

Z výsledků vlastní práce dále vyplývá, že křídélka zušlechtěná karbidovými plátky dosáhla v experimentu nižších úbytků než křídélka nezušlechtěná. Výjimku tvořilo nezušlechtěné originální křídélko ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), výrobce EUROZAPPA, které se z hlediska procentuálního opotřebení umístilo na třetím místě, před zušlechtěným originálním křídélkem KM 060 483 (BETEK). Naproti tomu totožné křídlo ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 14), výrobce EUROZAPPA, se umístilo na posledním místě. Toto křídlo bylo ovšem umístěno na dlátovém kypřiči za kolem traktoru, kde docházelo k většímu utužení půdy. Lze tedy konstatovat, že umístění nástrojů na kypřiči hraje zásadní roli z hlediska životnosti nástroje. Úbytky zušlechtěných křidélek se pohybovaly v rozmezí od 0,74 % do 1,49 %, zatímco u nezušlechtěných křidélek od 1,46 % do 2,94 %. Průměrné opotřebení zušlechtěných křidélek činí 1,13 %. U nezušlechtěných křidélek byl průměrný úbytek 2,23 %.

Křídélko ZA KM 060 351 (EUROZAPPA), které je originálním dílem společnosti BEDNAR a byl jím původně osazen dlátový kypřič TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI, společnosti BEDNAR, dosáhlo v experimentu čtvrtého nejhoršího výsledku.

Při volbě osazení dlátového kypřiče některým z originálních křidélek, není původně osazené originální křídélko ZA KM 060 351 (EUROZAPPA) z ekonomického hlediska nejlepší volbou. Jeho cena totiž vychází na 0,142 Kč/ha. Lepší variantou se dle výpočtů cen v korunách na jeden obdělávaný hektar jeví tato křídélka: ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), výrobce EUROZAPPA, jehož cena činí 0,093 Kč/ha; KM 060 351 0322N (EUROZAPPA) s cenou 0,138 Kč/ha. Dražšími variantami pro osazení jsou křídélka: ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 14), výrobce EUROZAPPA, s cenou 0,188 Kč/ha; KM 060 484 (BETEK) s cenou 0,616 Kč/ha; KM 060 483 (BETEK) s cenou 1,2 Kč/ha.

Při úvaze o osazení dlátového kypřiče některým z neoriginálních dílů namísto křidéla ZA KM 060 351 (EUROZAPPA) tak, aby náklady v korunách na hektar byly minimálně totožné, by cena jednotlivých křidélek nesměla překročit tyto hodnoty: křídélko ADB 0351G T35 (AGRICARB): 173,864 Kč/ha; křídélko ADB 0351D T35 (AGRICARB): 173,2 Kč/ha; křídélko Industrie HOF: 88,923 Kč/ha; Křídélko IQ PARTS: 82,287 Kč/ha.

7 Závěr

V rámci diplomové práce byl proveden experiment, který se zaměřoval na srovnání opotřebení originálních dílů výrobce s náhradními díly dostupnými na trhu. Experiment probíhal na pozemcích s převládajícím typem půdy černozem, místy pelozem a regozem. Výsledky experimentu korespondují s těmito půdními podmínkami. Cílem práce bylo poskytnout ucelený pohled na vliv typu nástrojů při daných půdních podmínkách na jejich opotřebení, ekonomickou efektivitu a energetickou náročnost.

Z výsledků práce vyplývá, že nástroje zušlechtěné karbidovými plátky vykazují významně nižší opotřebení než nástroje nezušlechtěné. Tento fakt potvrzuje přínos technologie zušlechtování pro prodloužení životnosti nástrojů při obdělávání půdy. Zároveň bylo zjištěno, že volba mezi zušlechtěnými a nezušlechtěnými díly má značný dopad na celkové náklady a efektivitu práce. Zušlechtěné nástroje sice vykazují nižší opotřebení a delší životnost, ovšem jejich cena je podstatně vyšší. Záleží tedy na individuálním rozhodnutí zemědělce, zda zvolí dražší variantu, díky které nebude nutné nástroje tak často měnit (případně otáčet), nebo se vydá ekonomičtější cestou.

V ekonomickém hledisku je tedy nejlepší volbou originální dláto KM 060 415 (AGRIFORGE), především díky nižší pořizovací ceně a možnosti otočení po dosažení určitého stupně opotřebení, což snižuje celkové náklady na jednotku obdělávané půdy. Dláto KM 060 415 dosahuje ceny 1,87 Kč/ha, zatímco alternativní varianty, jako dláto KM 060 411 (BETEK) a KM 060 540 (BETEK), vykazují významně vyšší ceny na jednotku obdělávané půdy.

Při testování křídélek se dle výsledků práce jeví jako nejekonomičtější varianta křídélko ZA KM 060 350 (EUROZAPPA), jež dosáhlo nejnižší ceny na jednotku obdělávané půdy (0,093 Kč/ha). V porovnání tohoto křídélka s křídélkem KM 060 483 (BETEK), které dosáhlo o 0,03 % vyššího opotřebení a jeho cena na jednotku obdělávané půdy činí 1,2 Kč/ha, se dostaneme na cca 13násobnou úsporu nákladů.

Výsledky analýzy cenových nákladů na osazení dlátového kypříče TERRALAND TN 3000 HD7R PROFI originálními nástroji společnosti BEDNAR naznačují významné rozdíly mezi různými variantami osazení. První varianta, použití nezušlechtěných dlát KM 060 415 (AGRIFORGE) a křídélek ZA KM 060 351 (EUROZAPPA), vykazuje cenu 4 830,21 Kč.

Střední cesta, která zahrnuje zušlechtěné dláty KM 060 540 (BETEK) a nezušlechtěná křídélka ZA KM 060 350 (s vyraženým číslem 20), dosahuje ceny 14 472,99 Kč. Nejdražší variantou je osazení kypříče zušlechtěnými dláty KM 060 411 (BETEK) a křídélky KM 060 484 (BETEK), které dosahuje ceny 38 695,05 Kč. Tyto výsledky poukazují na závislost mezi cenou a kvalitou nástrojů.

Dalším klíčovým zjištěním je vliv umístění nástrojů na kypříči na jejich životnost. Nástroje umístěné na exponovanějších pozicích, kde dochází k většímu mechanickému namáhání, vykazovaly vyšší opotřebení. Tento fakt naznačuje, že správné umístění a údržba nástrojů může hrát důležitou roli při optimalizaci jejich životnosti a výkonnosti.

Celkově lze tedy konstatovat, že práce přináší užitečné informace pro zemědělské podniky, výzkumné instituce a odborníky, kteří se zabývají optimalizací provozu a údržbou zemědělských strojů. Porovnání životnosti a hodnocení opotřebení pracovních nástrojů dlátových kypříčů má potenciál přispět k efektivnějšímu využívání zemědělských zdrojů, snížení provozních nákladů a zvýšení udržitelnosti zemědělského sektoru jako celku.

8 Citovaná literatura

1. ŠARAPATKA, Bořivoj a kol. *Agroekologie: Východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc : Bioinstitut, o. p .s., 2010. ISBN 978-80-87371-10.
2. KUMHÁLA, František, HEŘMÁNEK, Petr, MAŠEK, Jiří a spol. *Zemědělská technika: Stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701.
3. Hůla, Josef, Abrham, Zdeněk a Bauer, František. *Zpracování půdy*. Praha : Nakladatelství Brázda, s. r. o., Praha, 1997. ISBN 80-209-0265-1.
4. Šimečková, Jana. mendelu. *ZRNITOSTNÍ SLOŽENÍ PŮDY*. [Online] [Citace: 10. 2 2024.] https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-zrnitost.pdf.
5. academia. *Reduction of wear via hardfacing of chisel ploughshare*. [Online] [Citace: 29. 2 2024.] https://www.academia.edu/76617109/Reduction_of_wear_via_hardfacing_of_chisel_ploughshare?uc-sb-sw=28721099.
6. Science direct. *Wear of ceramic-protected agricultural subsoilers*. [Online] [Citace: 30. 2 2024.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0301679X88900813>.
7. LHOTSKÝ, J. *Zhutňování půd a opatření proti němu*. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 2000. ISBN 80-7271-067-2.
8. Agromanual. *Dlátové kypřiče*. [Online] [Citace: 5. 3 2024.] <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-9-hlubsiky-preni-pudy-bez-obraceni-ornice>.
9. E.A., Titi. *Soil tillage in agroecosystems*. USA : CRC press, 2002. ISBN 0-8493-1228-0 .

10. Agromanual. *Systémy intenzivnějšího kypření a mísení*. [Online] [Citace: 20. 2 2024.] <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-9-hlubsikypreni-pudy-bez-obraceni-ornice>.
11. BENDAR. *Zpracování půdy*. [Online] [Citace: 13. 2 2024.] <https://www.bednar.com/zpracovani-pudy/>.
12. vuzt.cesnet. *PROVOZNÍ NÁKLADY STROJŮ - NORMATIVY*. [Online] [Citace: 15. 2 2024.] <http://vuzt.cesnet.cz/strojePHP/StrojeNorm.pdf>.
13. vuzt.cesnet. *Investiční a provozní náklady strojů - Kypřiče dlátové (do 50 cm)*. [Online] [Citace: 15. 2 2023.] <http://vuzt.cesnet.cz/strojePHP/strojenormtisk.php?citac=111>.
14. vuzt.cesnet. *Investiční a provozní náklady souprav - Hluboká orba (260 - 280 mm)*. [Online] [Citace: 15. 2 2024.] <http://vuzt.cesnet.cz/strojePHP/soupnormtisk.php?citac=73>.
15. vuzt.cesnet. *Investiční a provozní náklady souprav - Orba velmi hluboká (nad 300 mm)*. [Online] [Citace: 15. 2 2024.] <http://vuzt.cesnet.cz/strojePHP/soupnormtisk.php?citac=97>.
16. vuzt.cesnet. *Investiční a provozní náklady souprav - Podrývání, dlátování (500 mm)*. [Online] [Citace: 15. 2 2024.] <http://vuzt.cesnet.cz/strojePHP/soupnormtisk.php?citac=118>.
17. Agromanual. *Technologie zpracování půdy s ohledem na erozní ohrožení*. [Online] [Citace: 16. 2 2024.] <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/technologie-zpracovani-pudy-s-ohledem-na-erozni-ohrozeni>.
18. Agromanual. *Základy zpracování půdy (8): Zhutnění půdy a kypření podorničních vrstev půdního profilu*. [Online] [Citace: 21. 2 2024.] <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-8-zhutneni-pudy-a-kypreni-podornicnich-vrstev-pudniho-profilu>.
19. mechanizaceweb. *Pro bezorebné zpracování*. [Online] [Citace: 17. 2 2024.] <https://mechanizaceweb.cz/pro-bezorebne-zpracovani/>.

20. Awais Shakoor, Elise Pendall, Muhammad Saleem Arif, Taimoor Hassan Farooq, Shahid Iqbal, Sher Muhammad Shahzad. Science of the Total Environment. *Does no-till crop management mitigate gaseous emissions and reduce yield disparities*. [Online] [Citace: 24. 2 2024.] <https://pdf.sciencedirectassets.com/271800/1-s2.0-S0048969723X00539/1-s2.0-S0048969724004455/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFUaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQD8%2FVVGUeCIRCBv%2F3MJrxlb4DPXAkDMzKZs4v%2BiIUgAshgIhALYntK13Ckfw6noYkA65LLfHBdf1rhdEmg33O6>.

21. Bruce C. Ball, Albert Scott, John P. Parker. Science direct. *Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland*. [Online] [Citace: 27. 2 2024.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198799000744>.

22. Xiaoling Wang, Songmin Li, Yuefeng Sun, Xianglei Meng. Science direct. *Application of visual simulation technology to a soil erosion protection project*. [Online] [Citace: 27. 2 2024.] <https://pdf.sciencedirectassets.com/271853/1-s2.0-S0169204607X01774/1-s2.0-S0169204607001600/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFUaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIQDB3QWAho7ucq4UFatkD9iqZy3NX7MQuitepbV2nNAjqwIguZVIBD5x%2BGbFkUQiJNi%2FDYkk84RL68zQKMssGeM3>.

23. ÚRODA. *Půdochranné technologie*. [Online] [Citace: 28. 2 2024.] <https://uroda.cz/stitek/pudoochranne-technologie/>.

24. PŘÍRUČKA OCHRANY PROTI VODNÍ EROZI. [Online] [Citace: 28. 2 2024.] https://eagri.cz/public/web/file/132436/Prirucka_ochrany_proti_vodni_erozi.pdf.

25. M. Houšť, B. Procházková, P. Hledík. semanticscholar. *EFFECT OF DIFFERENT TILLAGE INTENSITY ON YIELDS AND YIELD-FORMING FACTORS IN WINTER WHEAT*. [Online] [Citace: 29. 2 2024.] <https://pdfs.semanticscholar.org/e3d5/57e6b14fd596a0fc8ce10c843db987603401.pdf>.

26. researchgate. *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině*. [Online] [Citace: 29. 2 2024.]

https://www.researchgate.net/publication/47103172_Ochrana_povrchovych_vod_pred_dusicnany_z_vodni_eroze_a_hlavni_zasady_protierozni_ochrany_v_krajine.

27. SPRAGUE, TRIPLETT. *No-tillage and surface-tillage agriculture*. místo neznámé : Wiley-Interscience, 1986. ISBN: 0-471-88410-3.

28. zemedelec. *Ochrana půdy proti erozi* . [Online] [Citace: 31. 2 2024.] <https://zemedelec.cz/ochrana-pudy-proti-erozi/>.

29. ctpz. *Půdochranné technologie, protierozní ochrana půdy, meziplodiny*. [Online] [Citace: 1. 3 2024.] <https://www.ctpz.cz/vyzkum/pudochranne-technologie-protierozni-ochrana-pudy-meziplodiny-1039>.

30. Suškevič, Miron. *Půdochranné technologie na postupu*. Praha : Úroda Praha : Profi Press, s.r.o., 1997. ISSN: 0139-6013.

31. mechanizaceweb. *Zpracování půdy*. [Online] [Citace: 2. 3 2024.] <https://mechanizaceweb.cz/zpracovani-pudy/>.

32. faktaoklimatu. *Emise skleníkových plynů v ČR v letech 1990–2021*. [Online] [Citace: 3. 3 2024.] <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr-vyvoj>.

33. Science direct. *Soil & Tillage Research*. [Online] [Citace: 5. 3 2024.] <https://pdf.sciencedirectassets.com/271196/1-s2.0-S0167198723X00038/1-s2.0-S0167198723000430/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEFYacXVzLWVhc3QtMSJGMEQCIGMMDJLmJGSo3gAjaYzoMe%2BrsY2T5rdzFCyFTAoywO5IAiAFffO9FFfj%2F%2B%2F5Iq9xVdk%2Bgf%2FOdhPBOMBs>.

34. ncbi.nlm.nih. *Wear and coating of tillage tools*. [Online] [Citace: 30. 2 2024.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10279786/>.

35. A.M. Zein El-Din, F.A. Saad, R.G. Abdel Hamied. *Effect of new hard facing materials of tillage tools on draft and roughness*. místo neznámé : Alex. J. Agri. , 2016. 243–251.

36. M. Manoharan, A. Surendrakumar, , J. Pharmacogn. Phytochem. *Effect of coating materials on draft requirement of tractor drawn mouldboard plough*. 2019. 2322–2325.
37. M. Barzegar, S.J. Hashemi, H. Nazokdastb, R. Karimi. *Evaluating the draft force and soil-tool adhesion of a UHMW-PE coated furrower*, *Soil Tillage Res.* 2016. 160–167.
38. mechanizaceweb. *Mechanizace zemědělství*. [Online] [Citace: 18. 2 2024.] <https://mechanizaceweb.cz/pro-orbu-v-brazde-i-mimo-brazdu/>.
39. Guo, Z., Zhou, Z., Zhang, Y., Li, Z.,. *Study on bionic optimization design of soil tillage components*. místo neznámé : Chin. Sci. Tech., 2009. 720–728.
40. BENDAR. *DLÁTOVÝ PLUH PRO KVALITNÍ HLOUBKOVÉ ZPRACOVÁNÍ PŮDY*. [Online] [Citace: 12. 2 2024.] <https://www.bednar.com/terraland-tn/>.
41. Využívejme více půdoochranné technologie. *Agromanual*. [Online] [Citace: 29. 2 2024.] <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vyuzivejme-vice-pudoochranne-technologie>.
42. archiv.hn. *Cena zemědělské půdy přestala až na výjimky růst*. [Online] [Citace: 5. 1 2024.] <https://archiv.hn.cz/c1-66604870-cena-zemedelske-pudy-prestala-az-na-vyjimky-rust>.
43. vuzt. *UŽITÍ KYPŘIČŮ V TECHNOLOGIÍCH ZPRACOVÁNÍ PŮDY BEZ ORBY*. [Online] [Citace: 12. 2 2024.] <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2017/070.pdf>.
44. tractorhouse. [Online] [Citace: 15. 2 2024.] <https://www.tractorhouse.com/listing/for-sale/213342841/case-ih-6750-chisel-plows-tillage-equipment>.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 Půda (42)	4
Obrázek 2 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (4)	5
Obrázek 4 Zpracování půdy pomocí dlátového kypřiče TERRALAND, společnosti BEDNAR (40)	10
Obrázek 5 Dláto společnosti BEDNAR s karbidovými plátky (11)	11
Obrázek 6 Vliv geometrie dlát na hloubku zpracování půdy (43)	12
Obrázek 7 Ukázka parabolického dláta na stroji CASE IH 6750 (44)	13
Obrázek 8 Široké parabolické dláto (vlevo) a úzké dláto (vpravo) (43)	14
Obrázek 9 Pluh pro orbu v brázdě i mimo brázd (16)	19
Obrázek 10 Zobrazení plužní pánve (33)	21
Obrázek 11 Vliv různých hloubek kypření na infiltraci vody do půdy a na stav povrchu půdy po zpracování – provedeno kypřičem Krtek (Farmet (16)	22
Obrázek 12 Bezorebné zpracování půdy kypřičem BEDNAR (17)	23
Obrázek 13 Jarní termín pásového zpracování porostu žita setého strojem Eco Tiller 600 (41)	26
Obrázek 14 Emise skleníkových plynů v ČR v letech 1990–2021 (30)	30
Obrázek 15 Znázornění úhlů pracovních nástrojů (31)	31
Obrázek 16 Dláto AMA CP7667R s tvrdokovovým návarem (opotřebené), oboustranné, výrobce AMA, neoriginální díl	36

Obrázek 17 Dláto AMA CP7667 (opotřebené), oboustranné, výrobce AMA, neoriginální díl.....	36
Obrázek 18 Dláto KM 060 171 T09 (opotřebené), oboustranné, výrobce IQ PARTS, neoriginální díl.....	37
Obrázek 19 Dláto KM 060 415 (opotřebené), oboustranné, výrobce AGRIFORGE, originální díl	37
Obrázek 20 Dláto KM 060 540 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl.....	38
Obrázek 21 Dláto KM 060 411 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl.....	38
Obrázek 22 Dláto AGRICARB R40-22 (opotřebené), výrobce AGRICARB, neoriginální díl.....	39
Obrázek 23 Křídélko ZA KM 060 350 (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl	39
Obrázek 24 Křídélko KM 060 351 0322N (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl	40
Obrázek 25 Křídélko INDUSTRIE HOF (opotřebené), výrobce INDUSTRIE HOF, neoriginální díl.....	40
Obrázek 26 Křídélko IQ PARTS (opotřebené), výrobce IQ PARTS, neoriginální díl	41
Obrázek 27 Křídélko ZA KM 060 350 (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl.....	41
Obrázek 28 Křídélko ZA KM 060 351 (opotřebené), výrobce EUROZAPPA, originální díl.....	42
Obrázek 29 Křídélko KM 060 483 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl	42
Obrázek 30 Křídélko KM 060 484 (opotřebené), výrobce BETEK, originální díl	43

Obrázek 31 Křídélko ADB 0351D T35 (opotřebené), výrobce AGRICARB, neoriginální díl.....	43
Obrázek 32 Křídélko ADB 0351G T35 (opotřebené), výrobce AGRICARB, neoriginální díl.....	44
Obrázek 35 3D sken nezušlechtěného oboustranného originálního dláta KM 060 415	45
Obrázek 36 3D sken opotřebeného nezušlechtěného oboustranného originálního dláta KM 060 415.....	45
Obrázek 35 3D sken nezušlechtěného oboustranného neoriginálního dláta AMA CP7667	45
Obrázek 35 3D sken opotřebeného nezušlechtěného oboustranného neoriginálního dláta AMA CP7667.....	45
Obrázek 39 3D sken zušlechtěného jednostranného neoriginálního dláta AGRICARB R40-22	46
Obrázek 38 3D sken opotřebeného zušlechtěného jednostranného neoriginálního dláta AGRICARB R40-22.....	46
Obrázek 39 3D sken zušlechtěného jednostranného originálního dláta KM 060 540 (BETEK).....	46
Obrázek 40 3D sken opotřebeného zušlechtěného jednostranného originálního dláta KM 060 540 (BETEK).....	46
Obrázek 43 3D sken nezušlechtěného neoriginálního křídélka IQ PARTS	47
Obrázek 43 3D sken opotřebeného nezušlechtěného neoriginálního křídélka IQ PARTS	47

Obrázek 43 3D sken nezušlechtěného originálního křídélka ZA KM 060 350 č.20 (EUROZAPPA).....	47
Obrázek 43 3D sken opotřebeného nezušlechtěného originálního křídélka ZA KM 060 350 č.20 (EUROZAPPA)	47
Obrázek 47 3D sken zušlechtěného originálního křídélka KM 060 484 (BETEK)	48
Obrázek 48 3D sken opotřebeného zušlechtěného originálního křídélka KM 060 484 (BETEK).....	48
Obrázek 46 3D sken zušlechtěného neoriginálního křídélka ABD 0351D T35 (AGRICARB).....	48
Obrázek 46 3D sken opotřebeného zušlechtěného neoriginálního křídélka ABD 0351D T35 (AGRICARB)	48

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozdělení půd podle zrnitosti (3).....	6
Tabulka 2 Investiční a provozní náklady dlátových kypřičů (do 50 cm) (11).....	16
Tabulka 3 Investiční a provozní náklady souprav – hluboká orba (26–28 cm) (12)....	16
Tabulka 4 Investiční a provozní náklady souprav – orba velmi hluboká (nad 30 cm) (13)	17
Tabulka 5 Investiční a provozní náklady souprav – podrývání (50 cm) (14).....	17
Tabulka 6 Množství posklizňových zbytků na povrchu po zpracování půdy různými stroji (26)	28
Tabulka 7 Vliv různých způsobů zpracování půdy na odtok vody na svahu 12° (26) .	28
Tabulka 8 Vlastnosti povalkových materiálů na pracovních nástrojích (35) (36) (37)	34
Tabulka 9 Porovnání životnosti dlát s originálním dlátem KM 060 415	62
Tabulka 10 Porovnání životnosti dlát s originálním dlátem KM 060 415 (hektarové porovnání).....	62
Tabulka 11 Porovnání životnosti křidélek s originálním křídélkem ZA KM 060 351 .	64
Tabulka 12 Porovnání životnosti křidélek s originálním křídélkem ZA KM 060 351 (hektarové porovnání).....	64
Tabulka 13 Porovnání cen originálních dlát společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti	66
Tabulka 14 Porovnání cen originálních křidélek společnosti BEDNAR v závislosti na jejich životnosti.....	67
Tabulka 15 Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypřiče	68

Tabulka 16 Porovnání cenových nákladů na osazení dlátového kypříče v závislosti na životnosti nástrojů.....	69
---	----

11 Seznam grafů

Graf 1 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu nezušlechtěných dlát jednotlivých výrobců.....	50
Graf 2 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu nezušlechtěných dlát jednotlivých výrobců.....	51
Graf 3 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu nezušlechtěných křidélek jednotlivých výrobců.....	52
Graf 4 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu nezušlechtěných křidélek jednotlivých výrobců.....	53
Graf 5 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu zušlechtěných dlát jednotlivých výrobců.....	54
Graf 6 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu zušlechtěných dlát jednotlivých výrobců.....	55
Graf 7 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu zušlechtěných křidélek jednotlivých výrobců.....	56
Graf 8 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu zušlechtěných křidélek jednotlivých výrobců.....	57
Graf 9 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu dlát jednotlivých výrobců.....	58
Graf 10 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu dlát jednotlivých výrobců.....	59
Graf 11 Vyjádření procentuálních úbytků materiálu křidélek jednotlivých výrobců...	60
Graf 12 Vyjádření hmotnostních úbytků materiálu křidélek jednotlivých výrobců.....	61