

Zpracování půdy v pěstebních systémech polních plodin

Václav Brant a Milan Kroulík



Zpracování půdy v pěstebních systémech polních plodin

Václav Brant a Milan Kroulík

Autoři:

doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.
Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze, Česká zemědělská univerzita v Praze
doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.
Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze, Česká zemědělská univerzita v Praze

Recenzent:

Prof. Ing. Josef Hůla, CSc.
Výzkumný Ústav Zemědělské Techniky, v. v. i.

Autoři fotografií:

Václav Brant, Stanislav Drapač, Josef Chára, Jiří Holejšovský, Vladimír Hovad, Alexandr Jenček,
Václav Kasl, Milan Kroulík, Stefan Kranich, Martin Nečada, Jaroslav Pinkas, Patrik Prikner,
Antonín Procházka, Jindřich Šmöger, Vojtěch Švarc,
Patrik Vitek, Lukas Weninger, Rüdiger Zobel
AGRAVIS Raiffeisen AG, Badalini S.R.L., BEDNAR FMT s.r.o., Farnet a.s.,
GASSNER Technik Landmaschinenbau, Gates Manufacturing inc, KUHN,
KVERNELAND GROUP CZECH s.r.o., Turiel–Dammkultur

Rok vydání:

2024

ISBN

978-80-88351-28-3

Vydavatel:

Agrární komora České republiky, Počernická 227/96, 108 00 Praha 10
Tel.: +420 296 411 180
e-mail: sekretariat@akcr.cz
www.akcr.cz, www.eagri.cz

Předmluva

Zpracování půdy je historicky spojeno se zemědělskou činností člověka v krajině a je součástí dlouhodobého procesu zvyšování umělé půdní úrodnosti vedoucí k zajištění produkce potravin. Zpracování půdy je jednou ze základních agrotechnických operací umožňující cílené ovlivnění prostorového rozmístění půdní hmoty v orničním profilu a případně v podorničí. Na základě změny prostorového a velikostního uspořádání půdní hmoty dochází k zajištění požadovaného vodního a vzdušného režimu půdy. Veškeré pracovní operace prováděné při zpracování půdy však kromě agronomických požadavků musí zásadním a setrvalým způsobem omezovat degradaci půdy, ale i dalších přírodních zdrojů.

Cílem předkládané knižní publikace je poskytnout ucelený pohled na problematiku zpracování půdy z hlediska pozitivního a negativního působení v rámci systémů hospodaření na orné půdě a ve vztahu k celospolečenským požadavkům kladeným na funkce zemědělství.

Publikace obsahuje domácí a zahraniční poznatky o výše uvedené problematice, včetně originálních výsledků jednotlivých členů autorského kolektivu. Autorský kolektiv se dané problematice věnuje déle než dvacet let a podílí se nejen na výzkumu a poradenské činnosti, ale především na modifikaci a vývoji strojů pro zpracování půdy a pěstebních technologií v kontextu jejich změn ve vztahu k dlouhodobému vývoji a novým trendům v rostlinné výrobě. Z hlediska zaměření je kniha určena pro široký okruh odborné zemědělské veřejnosti, primárně pro zemědělskou praxi.

Václav Brant a Milan Kroulík

Abstrakt

Zpracování půdy je jednou ze základních agrotechnických operací umožňující cílené ovlivnění prostorového rozmístění půdní hmoty v orniční profilu a případně v podorníci. Změna poměrů mezi kapalnou, pevnou a plynnou fází půdy je základním agrotechnickým opatřením zajišťujícím nejen samotný vývoj kulturních rostlin, ale i procesy koloběhu energie a hmoty v pěstebním systému.

Publikace se věnuje rozdílným systémům zpracování půdy ve vztahu k intenzitě a hloubce jejích zpracování, včetně pohledu na stav povrchu půdy z hlediska přítomnosti půdních agregátů a rostlinných zbytků. Představuje nové pracovní postupy, jako je provádění dalších agrotechnických operací při zpracování půdy, zejména aplikaci rozdílných typů kapalných a pevných látek, včetně cílených výsevů meziplodin a pomocných plodin.

V reakci na potřeby eliminace degradačních procesů přírodních zdrojů a negativních dopadů změny klimatu poukazuje i na další trendy vývoje a potřeby modifikace technologických postupů zajišťujících setrvalé využívání půdy při eliminaci znečištění vody a atmosféry, včetně snižování emisí skleníkových plynů.

Z hlediska přístupu autorů k dané problematice propojuje publikace agronomické zásady s technickými možnostmi strojů za účelem dosažení produkčních a mimoprodukčních funkcí rostlinné výroby.

Abstract

Soil tillage is one of the key agrotechnical operations. It can directly manipulate spacing of soil matter in upper soil layer and possibly also in the subsoil. Changes of the ratio between solid, liquid and gas fraction of the soil is a basic agrotechnical tool with the impact not only on crop growth but also on energy flow and matter cycles in cropping system.

Publication focusses on different systems of soil tillage in relation to tillage intensity and depth, including soil surface management, presence of soil aggregates and crop residues. It is introducing new technologies, such as combining soil tillage with other operations as application of liquid and solid materials, including sowing catch crops and companion crops.

To react on necessary elimination of degradation processes of natural resources and negative impacts of climate change the publication highlights other trends and needs to modify technological processes ensuring sustainable use of soil when eliminating water and air pollution, including decrease of greenhouse gasses emissions.

Authors approach is to integrate agronomical principles and technical capability of machinery to fulfil productive and non-productive functions of crop production.

Obsah

1. Zpracování půdy (Brant)	8
2. Podmítka (Brant)	9
2.1. Základní požadavky kladené na provedení podmínky	11
2.2. Uplatnění podmínky v jednotlivých systémech hospodaření na půdě	12
2.3. Možnosti výsevů strniskových meziplodin při provádění podmínky	12
2.4. Provedení podmínky biologickým zpracováním půdy	13
3. Celoplošné mělké zpracování půdy (Brant)	14
4. Mechanizační prostředky pro provedení podmínky a mělkého zpracování půdy (Brant)	16
4.1. Mechanizační prostředky s pasivními pracovními nástroji	16
4.1.1. Radličkové kypřiče	16
4.1.2. Talířové kypřiče	17
4.1.3. Dlátové kypřiče	18
4.1.4. Prutové kypřiče	18
4.1.5. Kypřiče pro velmi mělké kypření půdy	18
4.1.6. Podmítací pluh	19
4.1.7. Speciální technická řešení	20
4.2. Mechanizační prostředky s aktivně poháněnými pracovními nástroji	20
4.2.1. Půdní frézy	20
4.2.2. Rotorové (hřebové) brány	21
4.2.3. Rotační kypřiče	21
5. Celoplošné a zonální hlubší kypření půdy bez obracení ornice (Brant a Kroulík)	22
5.1. Kypření omezující porušení kontinuity půdního profilu	22
5.2. Systémy intenzivnějšího kypření a mísení	22
5.3. Mechanizační prostředky pro provedení hlubšího kypření půdy bez obracení ornice	23
5.3.1. Kypřiče s prořezávacími a podřezávacími radlicemi a parapluhy	24
5.3.2. Dlátové kypřiče	24
5.3.3. Kypřiče s poloparabolickými radlicemi	25
5.3.4. Kypřiče s kypřicími radlicemi osazenými křídly	25
5.3.5. Hlubší zonální kypření s intenzivnějším zpracováním povrchu půdy	26
5.3.6. Kombinované kypřiče	26
6. Orba (Brant)	27
6.1. Význam orby	27
6.2. Termín provedení orby	27
6.3. Hloubka orby	29
6.4. Způsoby provedení orby	30
6.5. Orební poměr	31
6.6. Základní požadavky na kvalitu orby	31
6.7. Technické prostředky pro provádění orby	32
6.7.1. Konvenční radličné pluh	34
6.7.2. Ostatní konstrukční řešení pluhů	34
6.8. Orba a riziko zhutnění půdy	36
6.9. Chytré pluh (Kroulík)	36
6.10. Vliv orby na parametry orničního profilu (Brant a Kroulík)	37

7. Zhutnění půdy a kypření podorničních vrstev půdního profilu (Brant a Kroulík)	41
7.1. Pracovní operace a technické prostředky pro kypření podorničí	43
7.1.1. Prohlubování	43
7.1.2. Podrývání	43
7.1.3. Dlátování	43
7.1.4. Hloubkové kypření	45
8. Příprava půdy pro setí (Brant)	46
8.1. Cíle předseťové přípravy půdy	46
8.2. Urovnání povrchu půdy a omezení zhutnění	46
8.3. Omezení ztráty vody z půdy	49
8.4. Diferenciace rozmístění půdních agregátů	49
8.5. Výměna vzduchu a světelné podmínky	50
8.6. Teplota jako urychlovač biochemických procesů	50
8.7. Seťové lože	50
8.7.1. Seťové lože při výsevu plodin s malou roztečí řádků	51
8.7.2. Seťové lože při výsevu plodin do řádků s velkou roztečí	52
8.7.3. Seťové lože při setí do přirozeně slehlé půdy	53
8.7.4. Seťové lože při setí do čerstvě zpracované půdy	54
8.7.5. Seťové lože v systémech setí do částečně zpracované a nezpracované půdy	54
8.8. Regulace plevelů při předseťové přípravě	54
8.9. Pracovní operace a mechanizační prostředky s pasivními pracovními nástroji	54
8.9.1. Smykování	55
8.9.2. Smyky a jejich konstrukční řešení	55
8.9.3. Vláčeni	56
8.9.4. Brány a jejich typy	56
8.9.5. Válení	57
8.9.6. Válce a jejich konstrukční řešení	57
8.9.7. Předseťová příprava půdy jedním přejezdem s pasivními nástroji	60
8.9.8. Předseťová příprava se stroji s aktivně pracujícími nástroji	62
9. Systémy pásové a velmi mělké přípravy půdy před setím (Brant)	65
9.1. Systémy pásové předseťové přípravy půdy (Brant a Kroulík)	65
9.2. Technické prostředky pro pásovou předseťovou přípravu	68
9.3. Systémy velmi mělké předseťové přípravy půdy	70
10. Konstrukce secích strojů ve vztahu ke zpracování půdy (Brant)	72
10.1. Secí stroje pro výsev úzkořádkových plodin	72
10.2. Secí stroje pro výsev plodin do širokých řádků	73
11. Pěstování polních plodin v hrůbcích (Brant a Kroulík)	75
11.1. Evropský koncept pro širokořádkové plodiny	75
11.2. Agrotechnické požadavky na hrůbky	76
11.3. Koncepty pro ekologické zemědělství	79
12. Pásové zpracování půdy (Brant a Kroulík)	80
12.1. Pásové zpracování půdy v Evropě	80
12.2. Princip technologie	82
12.3. Agrotechnické požadavky	84
12.4. Vliv technologie na teplotu a vodu v půdě	84
12.5. Omezení eroze a poškození struktury půdy	86

13.	Setí do vyfrézovaných pásů - frézový výsev (Brant a Kroulík)	87
13.1.	Vliv technologie na infiltraci vody a penetrační odpor	88
13.2.	Vývoj kořenového systému	88
14.	Setí do nezpracované půdy (Brant)	90
14.1.	Secí stroje pro výsev plodin s malou roztečí řádků	91
14.1.1.	Kotoučové secí botky	91
14.1.2.	Secí stroje s kotoučovými botkami	92
14.1.3.	Radličkové secí botky	93
14.1.4.	Secí stroje s radličkovými botkami	93
14.2.	Secí stroje pro přesné setí plodin s velkou roztečí řádků	93
15.	Systémy diferencovaného zonálního zpracování půdy při setí (Brant a Kroulík)	94
15.1.	Porosty zakládáné do užších řádků	94
15.2.	Porosty zakládáné do řádků s velkou roztečí	96
16.	Aplikace pevných a kapalných látek při zpracování půdy před založením porostů a při setí (Brant a Kroulík)	97
16.1.	Aplikace látek při základním zpracování půdy	97
16.2.	Aplikace kapalných a pevných látek při předseťové přípravě	99
16.3.	Aplikace kapalných a pevných látek při setí	100
16.3.1.	Aplikace při výsevu plodin s malou roztečí řádků	100
16.3.2.	Aplikace při výsevu plodin s velkou roztečí řádků	102
17.	Práce s rostlinnými zbytky předplodiny a systémy mechanické regulace vegetačních pokryvů (Brant)	105
17.1.	Strniště předplodiny	105
17.2.	Mechanické systémy úpravy parametrů rostlinných zbytků po sklizni předplodiny	108
17.2.1.	Stroje s aktivně poháněnými pracovními nástroji	109
17.2.2.	Stroje s pasivně pracujícími nástroji	109
17.3.	Mechanická regulace cíleně založených vegetačních pokryvů	110
17.3.1.	Stroje pro mechanickou regulaci porostů	110
18.	Výsev do živého či mrtvého mulče vegetačních pokryvů (Brant)	112
19.	Systémy kultivace porostů během vegetace (Brant)	113
19.1.	Pracovní operace dle termínu provedení a struktury porostu	113
19.2.	Principy a technická řešení pro kultivace porostů během vegetace	114
19.2.1.	Válení	114
19.2.2.	Preemergentní kultivační zásahy	114
19.2.3.	Postemergentní plošné zásahy pomocí vertikálně umístěných hřebů či prutů	115
19.2.4.	Postemergentní celoplošné zásahy využívající rotující tuhé hřeby či pružné pruty	117
19.3.	Systémy meziřádkové kultivace pomocí pleček	119
19.3.1.	Plečky pro plodiny s malou roztečí řádků s pasivně pracujícími nástroji	120
19.3.2.	Plečky pro plodiny s velkou roztečí řádků s pasivně pracujícími nástroji	120
19.3.3.	Rotorové plečky s aktivně poháněnými pracovními nástroji	123
19.3.4.	Meziřádkové kartáčové plečky	124
19.3.5.	Speciální konstrukce pro meziřádkovou kultivaci	124
19.3.6.	Kultivace půdy v řádku vyseté plodiny	124
19.4.	Kultivace porostů během vegetace pěstovaných v hrůbcích	125
19.5.	Plečky pro mechanickou regulaci vegetačních pokryvů v meziřadí	126
19.6.	Nosiče strojů pro kultivaci porostů	127
19.7.	Systémy navádění strojů při meziřádkové kultivaci (Kroulík)	127
19.8.	Systémy boční korekce pleček (Kroulík)	129

20.	Aplikace kapalných látek do půdy jako samostatná pracovní operace (Brant)	131
20.1.	Aplikace pomocí injektážních jehel	131
20.2.	Systémy aplikace za řezný disk či aplikační dláto	133
21.	Zpracování půdy a aplikace tekutých organických a statkových hnojiv (Brant a Kroulík)	134
21.1.	Eliminace zhutnění půdy	134
21.2.	Pohyb souprav po pozemku a transport	136
21.3.	Aplikace a agrotechnické požadavky	137
21.4.	Cílená povrchová aplikace pomocí hadicového aplikátoru	138
21.5.	Cílená velmi mělká aplikace do povrchové vrstvy s částečným zapravením do půdy pomocí hadicového aplikátoru s rýhovači	139
21.6.	Cílená mělká aplikace do povrchové vrstvy s částečným zapravením do půdy s využitím šikmých talířů	139
21.7.	Aplikace se souběžným celoplošným mělkým zapravením do půdy s hadicovým transportem ke kypřicím talířům	140
21.8.	Mělké či hlubší zapravení do půdy pomocí aplikačních radlic či dlát	140
21.9.	Injektážní podpovrchová aplikace do hlubších vrstev s celoplošným zpracováním povrchu pozemku	140
21.10.	Injektážní podpovrchová aplikace při pásovém zpracování půdy	141
21.11.	Systémy zapravení do infiltračních zón	142
21.12.	Využití principů pro hrůbkové zpracování půdy	143
22.	Systémy zpracování půdy při pěstování brambor (Brant)	144
22.1.	Pěstování brambor technologií odkameňování	145
22.2.	Pěstování brambor bez separace půdy	146
23.	Optimalizace půdního bloku ve vztahu ke zpracování půdy (Brant a Kroulík)	147
23.1.	Vnitřní produkční plochy	147
23.2.	Environmentálně-technické plochy	151
23.3.	Ozelenění kolejových řádků	152
23.4.	Optimalizace půdního bloku ve vztahu k autonomním robotickým systémům	153
24.	Navigace a optimalizace pracovních jízd při zpracování půdy (Kroulík)	154
25.	Optimalizace pohybu souprav za účelem eliminace zhutnění půdy (Kroulík)	161
25.1.	Technologie pro snížení zátěže půdy pojezdovými mechanismy	163
25.2.	Modifikace pěstebních technologií	166
26.	Energetická náročnost souprav na zpracování půdy (Kroulík)	170
26.1.	Využití elektroniky traktoru k měření potřeby tahových sil	173
26.2.	Optimalizace nastavení traktorových souprav	175
27.	Seznam použité literatury	179

1. Zpracování půdy

Zpracování půdy je jednou ze základních agrotechnických operací umožňující cílené ovlivnění **prostorového rozmístění půdní hmoty** v orničním profilu a případně v podorničí. Na základě změny prostorového a velikostního uspořádání půdní hmoty dochází k zajištění požadovaného vodního a vzdušného režimu půdy. Poměr vzduchu a vody v půdním profilu je základním **faktorem určujícím průběh fyzikálních, chemických a biologických procesů** v půdě.

Při zpracování půdy dochází obecně k přímé a nepřímé regulaci škodlivých činitelů, k práci s rostlinnými zbytky, k zapravení organických a minerálních hnojiv a dalších látek do půdy apod. Veškeré pracovní operace prováděné při zpracování půdy však kromě agronomických požadavků musí zásadním a setrvalým způsobem omezovat degradaci půdy, ale i dalších přírodních zdrojů. Zpracování půdy lze ve vztahu k intenzitě kypření, míře ovlivnění prostorového uspořádání půdní hmoty, stavu povrchu půdy a dobu provedení rozdělit na několik systémů třídění.

Celosvětově jsou systémy zpracování půdy děleny na operace spojené s obracením půdy a bez obracení. **Systém s obracením půdy** představuje orba, kde mimo obracení půdy dochází rovněž k jejímu drobení, mísení a kypření. Ostatní postupy zpracování půdy, kde nedochází k obracení půdy v orničním profilu jsou řazeny mezi **systémy bez obracení**.

Významným faktorem členění systémů zpracování půdy je hledisko ve vztahu **k ploše zpracované půdy**. Orba a systémy celoplošného kypření s rozdílnou intenzitou mísení a kypření půdy spadají do kategorie **celoplošného zpracování půdy** (zpracováno je tak 100 % povrchu půdy).

Systémy pásového zpracování půdy při jejich provedení do strniště předplodiny zajišťují 30 až 60 % zpracování povrchu půdy. Mezi pásy se nachází půda nezpracovaná. Při **seti do nezpracované** půdy dochází v důsledku práce botek přibližně ke zpracování povrchu půdy do 10 %.

Dalším členěním je doba provedení zpracování půdy ve vztahu **k vývoji porostů** a ve vztahu **k vlivu na půdu**. Zde se jedná o následné rozdělení:

- **Základní zpracování půdy** představuje pracovní operace zajišťující přípravu půdy pro celou bobu setrvání plodiny na stanovišti a vyznačuje dlouhodobější vliv na změnu půdních vlastností.
- **Zpracování půdy před setím a sázením** je určeno k optimalizaci půdních podmínek, které zajistí požadované uložení osiva či sazenic do půdy a následný rychlý vývoj založených porostů. Je prostоровě omezeno na horní vrstvu půdy, či zónu v blízkosti uloženého osiva či vysazené sazenice.
- **Kultivace půdy během vegetace** je skupina pracovních operací prováděných od výsevu či výsadby porostů lze až po provedení sklizně.

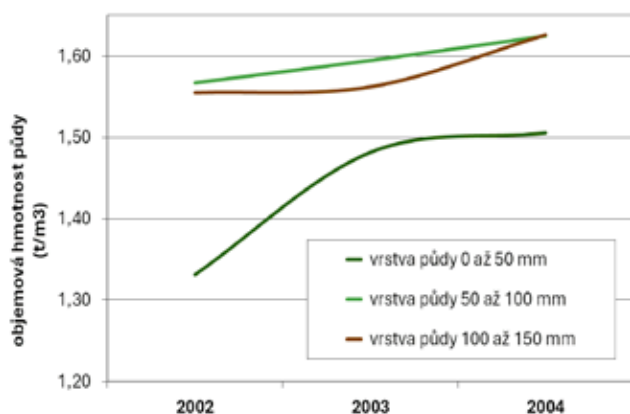
S rozvojem technických prostředků pro zpracování půdy lze hovořit **o systémech diferencovaného horizontálního zpracování půdy**, které je spojeno s celoplošným zpracováním celého povrchu půdy, ale hloubka zpracování v rámci půdního profilu se liší ve vztahu k potřebám plodiny či dalším agroekologickým požadavkům.

V odborné literatuře se lze setkat s pojmy jako jsou výsev či pásové zpracování půdy do živého či mrtvého mulče, regenerativní zemědělství apod. Tyto systémy jsou primárně postaveny na principu biologického zpracování půdy kořeny rostlin a zároveň zajišťují pokryv půdy vegetačním pokryvem. Z agronomického pohledu jsou v rozdílné míře implementovatelné do stávajících technologií.

V rámci systémů zpracování půdy se provádějí rozdílné pracovní operace, které zajišťují dosažení agrotechnických cílů. Pracovní operace lze jasně definovat na základě jejich vlivu na půdní podmínky, hloubky zpracování, práce s rostlinnými zbytky apod. Zpracování půdy lze vnímat jako jednu z energeticky a ekonomicky nejnáročnějších agrotechnických operací, která zásadním způsobem ovlivňuje hospodaření s vodou v krajině, přeměnu organické hmoty a produkci skleníkových plynů.

2. Podmítka

Představuje **mělké zpracování vrchní části půdy** následující zejména po sklizni **obilnin**, dříve sklizených **olejnin**, **luskovin**, některých kořených a aromatických plodin a píce sklizených v letním období. Po sklizni těchto plodin se půda nachází ve **slehlém stavu** v důsledku jejího přirozeného sléhávání (obr. 1) a utužování přejezdy mechanizačních prostředků. Míra přirozeného slehnutí půdy je zejména ovlivněna délkou doby, po kterou je plodina pěstována na pozemku a intenzitou prokořenění ornice. Utužování až negativní zhuštění půdy všeobecně závisí na použité pěstební technologii, počtu přejezdů, typu pneumatik, hmotnosti mechanizačních prostředků, fyzikálních vlastnostech půdy v době provádění pracovní operace a půdním druhu. Na strništi se nachází **různé množství posklizňových zbytků**, které závisí zejména na celkové produkci slámy danou plodinou (tab. 1), výšce strniště a technologii využívání slámy v zemědělském podniku.



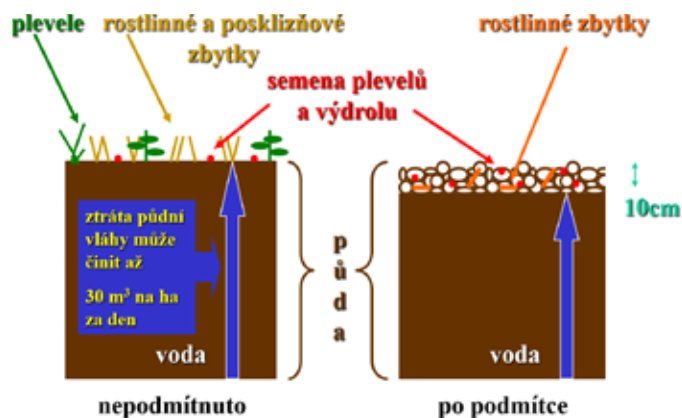
Obr. 1: Proces přirozeného sléhání půdy na jílovitohlinité půdě při vyloučení zpracování půdy a bez přítomnosti rostlinného pokryvu v letech 2002 až 2004 (zdroj Brant).

Tab. 1: Produkce slámy vybraných polních plodin (Čvančara 1962 a Brant a kol. 2022).

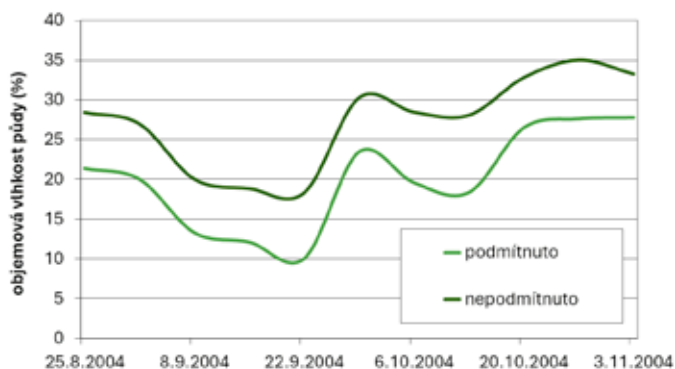
plodina	produkce slámy (t/ha)	plodina	produkce slámy (t/ha)
pšenice ozimá	4,5 - 7	hořčice bílá	2 - 5
ječmen jarní	3 - 5,5	mák setý	2,5 - 4
žito seté	4 - 9	kmín kořený	2 - 6
oves setý	3,7 - 7	hrách setý	2 - 4,5
řepka ozimá	3 - 6	sója luštinatá	2,8 - 4,5

Z hlediska dosažení požadovaných agrotechnických kritérií kladených na podmítka je nutné dodržet především včasnost provedení této pracovní operace. **Kvalitní a včasné provedení podmítka plní následující funkce:**

- Redukuje ztráty půdní vláhly v důsledku (obr. 2) vytvoření horní nakypřené vrstvy půdy, která přeruší kapilární proud k povrchu půdy a podstatně sníží **neproduktivní výpar** (evaporaci). Při teplém počasí beze srážek se z jednoho hektaru nepodmítnutého strniště odpaří až 30 m³ vody za den. Z hlediska minimalizace ztrát půdní vláhly je potřebné co nejvčasnější provedení podmítka po sklizni. Nejlépe, **okamžitě po sklizni**. Je-li sláma sklizena, je limitujícím faktorem včasného provedení podmítka termín sběru slámy. V důsledku provedení podmítka však dochází k **přesušení horní zpracované vrstvy půdy** (obr. 3) z důvodu zvýšení objemové vlhkosti a přerušeni kapilárních pórů.



Obr. 2: Hlavním úkolem podmítka je hospodařit s půdní vláhly a ničit plevely (zdroj Brant).



Obr. 3: Vliv podmítka na objemovou vlhkost půdy (%) ve vrstvě půdy 0 až 80 mm na jílovitohlinité půdě. Na nepodmítnutém strništi byla ponechána rozdrčená sláma (zdroj Brant).

- Ničí plevely nacházející se na pozemku po sklizni plodiny (obr. 4). Dochází k regulaci jednoletých plevelných druhů v důsledku jejich podříznutí a zaklopení, zároveň je znemožněna jejich regenerace, případně dozrání semen na plevelných rostlinách (zejména při vyšším strništi). Podmítka přispívá k částečnému potlačení víceletých až vytrvalých plevelů na základě poškození vegetativních orgánů rozmnožování v půdě a k poškození jejich asimilační plochy. Takto oslabené vytrvalé plevely jsou následně lépe regulovány dalšími operacemi základního zpracování půdy, především orbou.



Obr. 4: Zaplevelení pozemku po sklizni ozimé pšenice (foto Brant).

- Ničení plevelů rovněž spočívá v mělkém zapravení jejich diaspor nacházejících se na povrchu půdy, čímž se vytvoří podmínky pro jejich klíčení a vzházení. Z nově vytvořených semen však budou klíčit jen ta, která nejsou **dormantní**. Zároveň umožňuje vyklíčit semenům **vynesených ze spodních vrstev** půdy v důsledku nakypření povrchu. Intenzitu klíčení semen a vzházení plevelů rovněž ovlivňuje samotná kvalita provedení podmítky. Dojde-li při podmítce k vytvoření značného množství větších či velkých hrud, což nastane zejména při zpracování půdy za suchých podmínek, nebude zajištěn dostatečný kontakt semen s půdou. Vzházivost plevelů je rovněž ovlivněna samotnými pracovními nástroji podmítačů. Podmítací radlice s minimálním obracacím efektem zajistí uložení semen především v horních vrstvách půdy. Z hlediska vytvoření vhodných podmínek pro klíčení semen plevelů je velice důležité provedení **ošetření podmítky**, tj. urovnání povrchu půdy a jejího částečného opětovného utužení. Mechanizační prostředky pro provedení podmítky jsou v současné době standardně doplňovány různými typy válců či půdních pěchů, které zajistí požadované ošetření podmítky. Následnými pracovními operacemi jsou pak klíčící semena a vzešlé rostliny zničeny. Důležitou podmínkou je však dostatečně dlouhý časový rozestup mezi podmítkou a následující pracovní operací, během něhož plevely vzejdou. Limitním faktorem ovlivňujícím klíčivost semen a vzházivost plevelů je **dostatek půdní vláhy**, která závisí na **množství srážek**. Z hlediska eliminace většinou nepříznivé vodní bilance nelze opomenout význam **půdní rosy**.

- Obdobně podmítka přispívá k omezení zaplevelení následných plodin **zaplevelujícími rostlinami**. Zapravení výdrolu semen kulturních rostlin do půdy podpoří jeho klíčení a vzházení. Vzešlé rostliny jsou následnými operacemi zničeny. Výjimku představuje **zpracování půdy po řepce**. Strniště řepky není v oblastech s dostatkem srážek a zásoby vody v půdě vhodné podmítat. Provedení zpracování půdy okamžitě po sklizni ozimé řepky vedlo ke zvýšení počtu dormantních semen řepky v půdní zásobě oproti plochám, na kterých bylo strniště podmítnuto za dva nebo čtyři týdny po sklizni (Pekrun, 2003). U semen řepky uložených v půdě se v důsledku snížení vodního potenciálu, působení vysokých teplot a nedostatku světla vytváří sekundární dormance. Tato semena poté přežívají dlouhou dobu životná v půdě a zaplevelují porosty následných plodin. Po sklizni řepky je potřebné s následným zpracováním půdy počkat do doby, než většina semen **vzejde z povrchu půdy**.

- Podmítkou jsou do půdy zapravovány posklizňové zbytky. Jedná se o zbylé části rostlin vytvářející strniště a zároveň může být do půdy zapravována sláma, není-li sklizena. Předpokladem kvalitního zapravení posklizňových zbytků do půdy je nízká výška strniště. Při zaorávce slámy je důležité její kvalitní rozdrčení a rovnoměrné rozložení na pozemku (obr. 5), což zajistí rovněž bezproblémovou práci podmítačů i při mělké podmítce. Optimální délka podrcené slámy by neměla být delší než 50 mm. Problémy s rovnoměrným rozložením slámy při její zaorávce nastávají zejména při použití sklízecích mlátiček se záběrem vyšším než 5,5 m. Při záběru žacího stolu nad 6 m by sklízecí mlátičky měly být vybaveny výkonnějšími drtiči slámy. Významnou roli z hlediska rovnoměrnosti rozmístění slámy hraje boční vítr. Pro dobrou funkci drtičů slámy umístěných na sklízecích mlátičkách je dostatečná rezerva výkonu motoru pro jeho funkci. Při využití **traktorového drtiče** slámy je nutné se vyhnout zpracování vlhké slámy, protože při drčení slámy s vyšší vlhkostí zůstává podrcená sláma v pruzích. Využití **mulčovačů** pro drčení slámy uložené při sklizni do řádků není vhodné. Malý pracovní záběr mulčovačů znemožňuje rovnoměrné rozložení slámy na strništi. Kvalitní rozmístění slámy na povrchu půdy lze před provedením podmítky zajistit pomocí **mulčovacích bran**. Požadovaná kvalita mulčovacích bran je dosažena při pracovní rychlosti 14 km/h a vyšší. Rovnoměrné rozložení slámy na pozemku a její následné kvalitní promísění s půdou je potřebné zajistit zejména při její velké produkci, při krátké době mezi sklizní předplodiny a výsevem plodiny následné a při nepříznivých půdních a povětrnostních podmínkách. Z hlediska rozvoje výdrolu předplodiny a plevelů v následné plodině nelze rovněž opomíjet použití rozmetačů plev.



Obr. 5: Pro dokonalé zapravení slámy do půdy je důležité její rovnoměrné rozmístění na pozemku (foto Brant).

- Včasné zapravení posklizňových zbytků a slámy do půdy urychlí proces jejich mineralizace. Z hlediska podpory procesu rozkladu slámy a zamezení vzniku **dusíkové deprese** je vhodné u organické hmoty se širokým poměrem dusíku a uhlíku, především slámy obilnin, přidat před jejím zapravením na každou tunu slámy 10 kg dusíku. Se strništními zbytky jsou zároveň do půdy **zapraveny původci chorob a škůdců**, kteří na posklizňových zbytcích přežívají, a snižuje se tak riziko jejich přenosu na další hostitele. Společně se snižováním zásoby semen plevelů v půdě a odbouráváním meziproductů rozkladu organické hmoty přispívá podmítka k procesu **samočištění půdy**. Při podmítce vysokého strniště a při špatném rozdrčení slámy nejsou posklizňové zbytky zaklopeny, vyčnívají na povrch půdy a zvyšují možnost šíření patogenů. Zaklopení posklizňových zbytků do půdy pomocí podmítky vede k omezení rozvoje padlí travního, stéblovámu, černání pat stébel, rzi travní atd. Podmítnutí strniště je rovněž jedno ze základních opatření omezující výskyt některých hmyzích škůdců a **hraboše polního**.
- Významně podmítka přispívá k usnadnění následných pracovních operací základního zpracování půdy v důsledku **zlepšení fyzikálního stavu** půdy. Po podmítce následuje v agrotechnickém termínu orba nebo **mělké zpracování půdy**, případně **hlubší zpracování půdy** bez jejího obracení. Úkolem těchto operací je na rozdíl od podmítky vytvořit optimální **půdní podmínky pro založení porostů** a následný **růst** a **vývin** kulturních rostlin. Orba či hlubší celoplošné zpracování půdy nepodmítnutých pozemků, zejména za suchého počasí, je spojena se zvýšením energetické náročnosti orby, snížením plošné výkonnosti orební soupravy a vyšším opotřebením pracovních nástrojů. Dále je zpracování spojeno s rizikem vzniku velkých hrud, které komplikují následnou předseťovou přípravu a setí.
- Před provedením podmítky je vhodné provést **zásobní hnojení** draselnými a fosforečnými hnojivy, případně aplikaci hnojiv vápenatých. Přejezdy mechanizačních prostředků pro aplikaci hnojiv po strništi lze eliminovat jejich negativní vliv na fyzikální vlastnosti půdy. Pomocí podmítky a následujícími pracovními operacemi základního zpracování půdy budou aplikovaná hnojiva kvalitně promíšena s půdou a rovnoměrně rozvrstvena v orničním profilu dle hloubky a způsobu jeho zpracování.
- V neposlední řadě zajišťuje podmítka přípravu půdy pro založení **strniskových meziplodin**. Z důvodu rychlého založení porostů meziplodin lze kypřiče doplnit secími stroji nebo univerzálními rozmetadly.

2.1. Základní požadavky kladené na provedení podmítky

Z hlediska splnění funkcí podmítky musí být při jejím provedení respektovány následující podmínky: **včasnost, hloubka a kvalita**.

Včasnost provedení podmítky je základní podmínkou pro omezení ztrát půdní vláhy a přímé a nepřímé regulace plevelů, ale i ostatních funkcí podmítky. Při opoždění podmítky o 10 dní může dojít ke ztrátám 20–30 mm vody. Včasné založení porostů meziplodin neznamená

jen zajištění dostatku vody pro vyseté rostliny, ale zároveň přispěje k prodloužení doby jejich růstu na pozemku a tím ke zvýšení jejich pozitivního vlivu na půdu, vytvoření většího množství produkce biomasy, plně zapojených porostů atd.

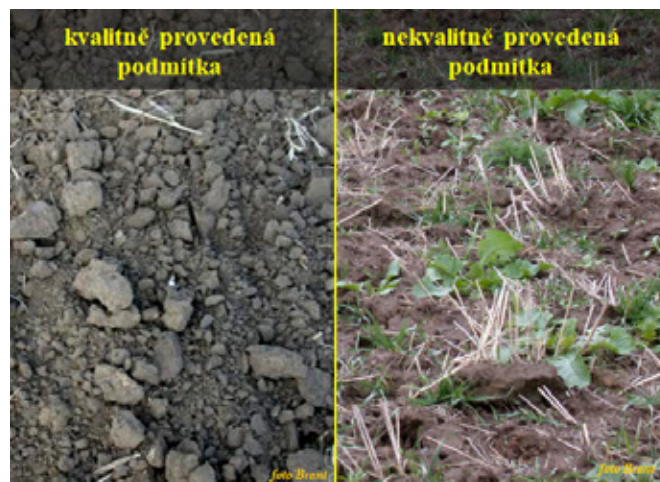
Hloubku podmítky určují fyzikální vlastnosti půdy, povětrnostní podmínky, stav povrchu pozemku po sklizni, množství posklizňových zbytků, následně prováděná operace, výskyt vytrvalých plevelů případně potřeba zapravení hnojiv.

Z hlediska hloubky podmítky ji lze rozdělit na:

- **mělkou podmítku do 80 mm,**
- **středně hlubokou podmítku od 80 do 120 mm,**
- **hlubokou podmítku od 120 do 150 mm.**

Všeobecně platí, že hlubší podmítka provádíme **v teplejších a sušších oblastech**, kde je potřeba vytvořit dostatečně silnou izolační vrstvu. Zároveň se doporučuje hlubší podmítka také na těžších půdách. Zde je potřebné však volit vhodný typ kypřiče, aby byla eliminována tvorba hrud, které komplikují následné pracovní operace. Zejména použití kypřičích radliček s velkým elevačním úhlem vede za nízké vlhkosti půdy k tvorbě velkých hrud. Na těžších půdách nacházejících se v suchších oblastech je vhodné podmítat podmítacími pluhly v kombinaci s půdními pěchy. Při výskytu hlubokých kolejí na pozemku je nutné rovněž zvýšit hloubku podmítky. Výskyt **vytrvalých plevelů** (obzvláště pýru plazivého) si vyžádá hlubší provedení podmítky, případně její dvojitě provedení. Obdobně tomu bude při vyšší výšce strniště, nekvalitní sklizni slámy a vysoké produkci slámy určené pro zaorání.

Mělká podmítka je dostačující pro zpracování půdy **ve vlhčích a chladnějších podmínkách** a při podmítání **lehčích půd**. Při mělkém provedení podmítky nejsou semena plevelů a výdrolu zapravena hluboko do půdy, což zajišťuje jejich lepší klíčení a následnou vzcházejivost klíčících rostlin.



Obr. 6: Základním požadavkem kladeným na podmítka je její kvalita, kvalitní podmítka vlevo a nekvalitní podmítka vpravo (foto Brant).

Hloubka podmítky však není jediným faktorem ovlivňujícím vzcházejivost jednoletých plevelů. Z hlediska dalších faktorů se jedná o schopnost semen klíčit z různých hloubek půdy, požadavky na světlo (fotopozitivismus) a požadavky na míru dostupnosti vody

v půdě apod. Důležitý je však samotný princip zpracování půdy jednotlivými typy strojů, ale také jednotlivými typy pracovních nástrojů. Provedení hlubší podmítka při současném intenzivním obracení a mísení půdy podpoří klíčení semen z půdní zásoby, která jsou vynesena na povrch. Mělká či hlubší podmítka zajišťující především nakypření povrchu půdy bez jejího výrazného mísení a obracení podpoří vzejití především nově vytvořených a nedormantních semen.

Z hlediska zajištění **kvalitní podmítka** je potřebné na celém pozemku zajistit její rovnoměrnou hloubku, dokonalé urovňání povrchu půdy, vytvoření malého množství hrud, zapravení posklizňových zbytků a podříznutí plevelů (obr. 6). Za účelem dosažení kvalitní podmítka je v některých případech, zejména při použití talířových kypřičů, pracovní operaci opakovat.

2.2. Uplatnění podmítka v jednotlivých systémech hospodaření na půdě

Při **konvenčních systémech** hospodaření s využitím orebního zpracování půdy nepředstavuje podmítka standardní opatření. Důvodem nepravidelného provádění podmítka je snaha snížit počet pracovních operací, tj. důvody ekonomické, a všeobecné zkracování meziorobního období. V podnicích využívajících technologie bezorebního zpracování půdy plní funkci základního zpracování nebo není uplatňována (setí do nezpracované půdy). V **integrováných systémech** hospodaření je uplatňována pravidelněji, za účelem využití funkcí podmítka. V **ekologických systémech** hospodaření je důležitým standardním opatřením zajišťujícím regulaci plevelů, chorob a škůdců, založení meziplodin atd.

2.3. Možnosti výsevu strniskových meziplodin při provádění podmítka

Pro založení strniskových meziplodin souběžně při provedení podmítka se radličkové kypřiče osazují secími stroji s **válečkovým výsevním ústrojím s gravitačním transportem osiva** umístěnými na rámech kypřičů (obr. 7). Při využití talířových, dlátových a radličkových kypřičů lze pro výsev využít rovněž **univerzální rozmetadla** s rozmetacím odstředivým kotoučem, jejichž šíři rozhozu osiva lze nastavit v souladu se šířkou pracovního záběru kypřiče. Univerzální rozmetadla (obr. 8) jsou vhodná pro výsev většiny běžně používaných meziplodin, kromě malosemenných druhů. Další alternativou je využití secích strojů s **válečkovým výsevním ústrojím s následným pneumatickým transportem osiva** (obr. 9), které jsou vhodné především pro výsevy **trav a jetelovin**. Kvalita práce univerzálních rozmetadel a secích strojů s pneumatickým transportem osiva je však z hlediska rovnoměrnosti výsevu výrazně ovlivněna rychlostí větru a parametry osiva.



Obr. 7: Secí stroj s válečkovým výsevním ústrojím a s gravitačním transportem osiva umístěný na rámu radličkového kypřiče (foto Brant).



Obr. 8: Univerzální rozmetadla s rozmetacím kotoučem lze využít i pro výsev meziplodin (foto Brant).



Obr. 9: Umístění secího stroje s válečkovým výsevním ústrojím a s následným pneumatickým transportem osiva na kombinovaném kypřiči (foto Brant).

2.4. Provedení podmítka biologickým zpracováním půdy

S nástupem technologií zakládání porostů do systémů živého či umrtveného mulče a v souvislosti s rizikem suchého podzimu lze klasické zpracování půdy nahradit systémy výsevu meziplodin do strniště předplodiny. **Roli zpracování půdy poté přebírají kořeny meziplodin**, které při vysoké dynamice růstu zajišťují i potlačení vzcházejících plevelů a výdrolu. Ponechání rostlinných zbytků (slámy) předplodiny na pozemku vede k omezení evaporace a tím i k pomalejšímu přesušení horní vrstvy půdy a k jejímu přehřívání. Založení porostů strniskových meziplodin lze provést v těchto agrotechnických postupech před sklizní hlavní plodiny, přímo při sklizni, či po sklizni.

Před sklizní je nejčastěji výsev meziplodin proveden pomocí konvenčních **rozmetadel** či **univerzálních rozmetadel do dozrávajícího porostu** (BBCH 75–80). V této fázi došlo již k výrazné ztrátě listů a do porostu proniká vyšší množství slunečního záření. Časnější přívsevy se z hlediska rizika rychlého startu meziplodiny a jejího rozvoje před sklizní hlavní plodiny nedoporučují. Dominantně se jedná o výsevy meziplodin z **čeledi brukvovitých** (obr. 10). Při sklizni je nutné zajistit kvalitní rozmetání slámy a pracovat s větší délkou podrcené slámy, kdy nehrozí vznik slehlé vrstvy slámy.



Obr. 10: Vzcházející hořčice bílá po sklizni jarního ječmene vysetá před sklizní porostu konvenčním rozmetadlem pro aplikaci minerálních hnojiv (foto Brant).

Další možností je založení porostů při sklizni. V tomto případě jsou využívána rozdílná konstrukční řešení, kdy jsou pro výsev využívána univerzální rozmetadla s odstředivým kotoučem, či s pneumatickým transportem osiva k rozptylovým deflektorům. U sklízecích mlátiček s menším pracovním záběrem žací lišty (do 6 m) lze využít například umístění **univerzálního rozmetadla před drtič slámy**. Častěji využívanou variantou je umístění rozptylových deflektorů osiva za žací lišty, kdy rozvod osiva ze zásobníku umístěného na žací mlátičce je proveden pomocí semenovodů.

Nejčastěji je založení porostů meziplodin provedeno po sklizni porostů. Jednou možností je výsev pomocí rozptylových deflektorů umístěných na rámu mulčovacích bran (obr. 11), případně prutových kypřičů. Efektivním postupem je založení meziplodiny do strniště předplodiny **secími stroji pro setí do nezpracované půdy** (obr. 12), které zajišťují kvalitní uložení osiva do půdy a zároveň technologie přispívá ke vzniku zapojených porostů.



Obr. 11: Při založení porostů meziplodin přímo do strniště lze provést výsev pomocí rozptylových deflektorů umístěných na rámu mulčovacích bran (foto Brant).



Obr. 12: Pro výsev meziplodin do strniště zrnin lze při systému využití biologického zpracování půdy nahrazujícího podmítka využít secí stroje pro setí do nezpracované půdy (foto Brant).

3. Celoplošné mělké zpracování půdy

Jedná se o zpracování **horní vrstvy půdy** až do hloubky 0,2 m, které na rozdíl od podmítky, zajišťuje vytvoření **optimálních půdních vlastností** pro následný vývoj kulturních rostlin. V zemědělské praxi se však mělké kypření provádí spíše do hloubky 0,1– 0,15 m. Tato skutečnost je dána primárním vývojem technologie, kdy se obecně vycházelo z dodržení mělkého zpracování půdy za účelem hospodaření s vodou, k omezení spotřeby pohonných hmot a ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy. V posledních letech se z důvodu rovnoměrnějšího zapravení hnojiv, podpoře kořenového systému, ale i na základě rizika vzniku zhutnění půdy na přechodu mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou ornice, přechází ke zvýšení pracovní hloubky, tedy až do zmiňované hloubky 0,2 m.

Cílem mělkého celoplošného zpracování je **nakypření horní vrstvy půdy, urovnání povrchu pozemku**, větší či menší **zapravení posklizňových zbytků** (dle požadavků dané technologie zpracování půdy) a **potlačení vzešlých plevelných druhů**, případně zapravení minerálních hnojiv a zeleného hnojení. Mělké zpracování půdy se provádí po všech plodinách, a to jak pro ozimé plodiny, tak plodiny vysévané na jaře.

Po provedení mělkého zpracování půdy následuje předsetová příprava a setí, nebo jsou tyto pracovní **operace slučovány**. V konečné fázi procesu omezování počtu prováděných pracovních operací při pěstování kulturních plodin lze provést mělké zpracování půdy, předsetovou přípravu a setí v rámci jedné pracovní operace.

Intenzita zpracování půdy, hloubka zpracování, míra zaklopení posklizňových zbytků a jejich promísení s půdou, kvalita urovnání povrchu pozemku atd. (obr. 13) jsou určeny především konstrukcí a principem práce použitých mechanizačních prostředků. Od těchto faktorů se odvíjí zároveň požadavky kladené na mechanizační

prostředky určené pro předsetovou přípravu a setí. Ve srovnání s orbou se mělké zpracování půdy vyznačuje vyšší přítomností rostlinných zbytků na povrchu půdy (tab. 2).

Tab. 2: Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky a plevely dne 5.4.2011 a 22.8.2011. Průměr ze čtyř opakování na variantě. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v rámci sloupců (lokalita Červený Újezd).

varianta	pokryvnost (%)	
	5.4.2011	22.8.2011
mělké kypření	10,0 b	16,6 b
orba	1,6 a	1,5 a

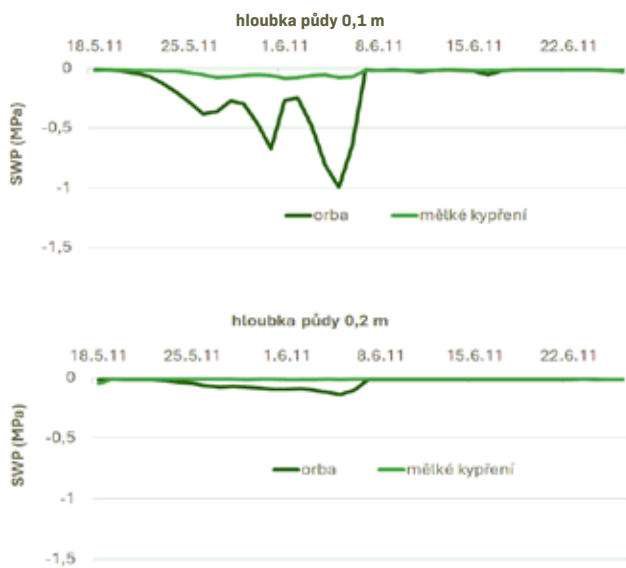
Nejdůležitějším faktorem stanovujícím požadavky na kvalitu mělkého zpracování půdy by však měly být požadavky následné plodiny na půdní prostředí.

Mělké zpracování půdy umožňuje včasné založení ozimých plodin v požadovaném agrotechnickém termínu. Důvody vedoucí k provádění mělkého zpracování půdy:

- **Urychlení provedení základního** zpracování půdy zajišťující včasné založení porostů ozimých plodin. Po plodinách, které neuvolňují pole včas, jako např. po okopaninách (pozdní brambory, cukrovka), ale i po silážní kukuřici, ve výjimečných případech i po kukuřici na zrno, lze zakládat porosty ozimých obilnin. Při opožděné sklizni obilnin je možné rovněž pomocí mělkého zpracování půdy zajistit založení porostů ozimé řepky a ozimých obilnin.



Obr. 13: Množství posklizňových zbytků na povrchu půdy po provedení mělkého kypření je závislé na použití pracovních nástrojů na kypřiči, na výšce strniště, na produkci slámy apod. (foto Brant).

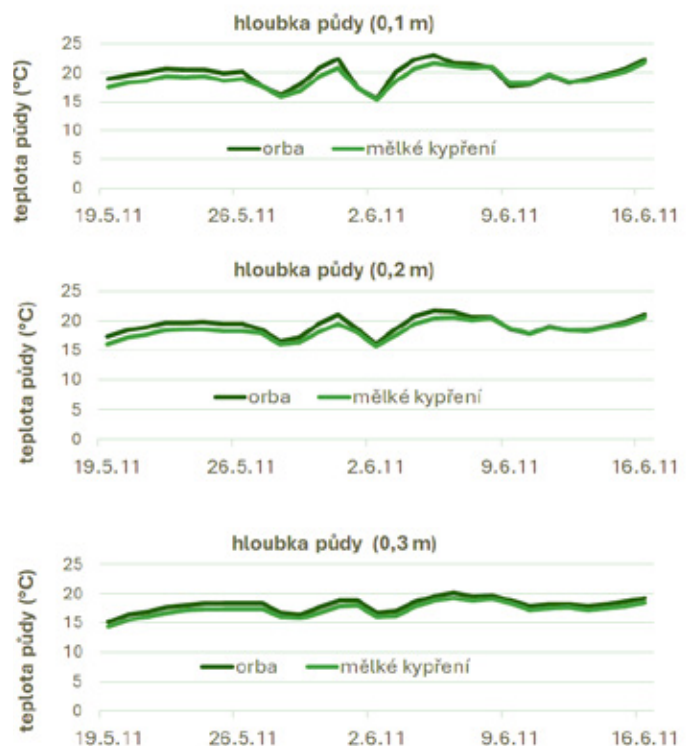


Obr. 14: Mělké zpracování půdy snižuje ve srovnání s orbou riziko nedostatku vody na počátku vegetace. Graf dokládá hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP, MPa) v porostech kukuřice seté založené na jaře po podzimním provedení mělkého kypření a orby v rozdílných hloubkách půdy (zdroj Brant).

- Z hlediska omezení **negativního vlivu na půdu a životní prostředí** a ve vztahu k jeho využití v rámci půdoochranných technologií zpracování půdy přispívá mělké zpracování půdy k omezování rizika působení větrné a vodní eroze, zvýšení retence vody do půdy, zlepšení životních podmínek pro půdní faunu, snížení rizika zhutnění spodních vrstev půdy v důsledku vynechání orby, zvýšení retence vody do půdy atd.
- Mělké zpracování půdy je používáno jako základní zpracování v podnicích, které vůbec neořou (konzervační systémy zpracování půdy), nebo v podnicích využívajících konvenčního zpracování půdy (orební technologie) pro založení některých plodin bez pravidelného provedení orby. Mělké zpracování snižuje **ekonomickou náročnost** základního zpracování půdy ve srovnání se systémy využívajícími orbu.
- V neposlední řadě je mělké zpracování půdy vhodné pro zpracování půdy v sušších oblastech. Při jeho využití **nedochází k přesušení půdy** ve srovnání s orbou a rostliny jsou, zejména v letním období, kvalitněji zásobeny vodou (obr. 14). Mělké zpracování půdy však **zpomaluje ohřev půdy**, především na začátku vegetace z důvodu vyššího utužení půdy (obr. 15).

Při použití technologií mělkého zpracování lze počítat s větším rozvojem **plevelů** oproti konvenčním technologiím zpracování půdy. Dlouhodobé uplatňování mělkého zpracování půdy přispívá ke zvýšenému výskytu **jednoletých**, ale především **vytrvalých** druhů plevelů na jednotku plochy oproti oraným plochám a k nárůstu celkové produkce nadzemní biomasy plevelů (Dieraurer, 1994 a Kahnt, 1986).

Vliv mělkého zpracování půdy na rozvoj chorob je všeobecně ovlivněn změnou půdních vlastností, neboť mělké zpracování půdy může vést ke snížení teploty půdy a zvýšení její vlhkosti, ale také přispívá k vyššímu výskytu posklizňových zbytků na povrchu půdy. Větší množství rostlinných zbytků a slámy na povrchu půdy a v její horní vrstvě zvyšuje potravní nabídku, což vede ke zvýšení **mikrobiální aktivity půdy** a rozvoji **antagonistických organismů**, které omezují rozvoj škodlivých organismů v důsledku vzájemné konkurence. Rozvoj živočišných škůdců je rovněž závislý na změně biotických a abiotických činitelů na stanovišti v důsledku provedení mělkého zpracování půdy. Všeobecně mohou tyto technologie přispívat ke zvýšenému výskytu **slimáků**. Velmi mělké zpracování půdy spojené s horším zapravením posklizňových zbytků a slámy poskytuje vhodné podmínky pro přemnožení **hraboše polního**.



Obr. 15: Mělké zpracování půdy vede k pomalejšímu ohřevu půdy ve srovnání s orbou v důsledku nižšího nakypření půdy, vyšší vlhkosti a z důvodu přítomnosti rostlinných zbytků na povrchu půdy. Graf dokládá hodnoty teploty půdy (°C) v porostech kukuřice seté založené na jaře po podzimním provedení mělkého kypření a orby v rozdílných hloubkách půdy (zdroj Brant).

4. Mechanizační prostředky pro provedení podmítky a mělkého zpracování půdy

Mechanizační prostředky určené pro provedení podmítky jsou zároveň využívány i při zpracování půdy v systémech využívajících **mělkého zpracování půdy** bez uplatnění orby. Z hlediska požadavků na kvalitu práce kypřičů při mělkém zpracování půdy platí obdobné požadavky jako při provedení podmítky. V tomto případě je však potřebné nezapomínat na skutečnost, že po mělkém zpracování půdy následuje výsev kulturní plodiny. To mnohdy vede ke zvýšení nároků kladených na kvalitu jejich práce ve vztahu k **práci secích kombinací** či **samotných secích strojů**, nebo je nutné využívat secí stroje, které jsou schopny pracovat i v méně kvalitně připravené půdě pro setí. Z faktorů ovlivňujících následné setí jsou nejdůležitější především množství posklizňových zbytků na povrchu půdy, urovnání povrchu pozemku a dodržení rovnoměrné hloubky zpracování půdy.

4.1. Mechanizační prostředky s pasivními pracovními nástroji

Jedná se o širokou skupinu strojů pro provádění podmítky a mělké zpracování půdy, které jsou osazeny pasivně pracujícími pracovními nástroji (talíře, radlice, dláta, pruty apod.), či rozdílnými kombinacemi pracovních nástrojů.

4.1.1. Radličkové kypřiče

Radličkové kypřiče se vyznačují velice dobrým **mísicím efektem** (obr. 16), který zajistí dobré zapravení slámy a rostlinných zbytků do půdy a zároveň jejich rovnoměrné rozložení ve zpracovávané vrstvě půdy. Zejména kypřiče s tuhými slupicemi dodržují při práci nastavenou **pracovní hloubku**. Změnou úhlu, pod kterým vniká radlička do půdy, lze zlepšit její vnikání do půdy. Půdu lze pomocí radličkových kypřičů zpracovat až do hloubky 0,2 m. Na lehkých a na středních půdách se vyznačují dobrou kvalitou práce. Na těžkých půdách pracují kvalitně jen za optimální půdní vlhkosti. Na vyschlých těžkých půdách se obtížněji zahlubují a hrozí riziko vytvoření velkých hrud.

Relativně široká nabídka kypřicích radliček (obr. 17) umožňuje dosáhnout požadovaného efektu při zpracování půdy. Radličky klasických kypřičů vhodných pro provádění podmítky mají ostrý úhel (40 až 45°). Proto dobře zapravují organickou hmotu a kypří půdu. Naopak kypřiče s plochými radličkami pracujícími pod úhlem kolem 25° půdu kvalitně kypří, ale ponechávají organickou hmotu v podobě



Obr. 16: Radličkové kypřiče se vyznačují velice dobrým mísicím efektem (foto Brant).

mulče na povrchu půdy. Mechanizační prostředky osazené plochými radličkami nejsou pro provedení klasické podmítky vhodné. Z hlediska konstrukce se jedná o kypřiče se třemi až čtyřmi řadami radliček nebo se dvěma řadami radliček doplněnými o dvojité talíře, které zlepšují drobití a mísicím efekt. K urovnání povrchu půdy a pro rozdrobení hrud slouží **drobitcí válce** umístěné na konci rámu kypřiče. Pro práci v kamenitých půdách je kypřiče vhodné osadit radličkami s pružinovým jištěním. Pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 8 až 10 km/h. Na středních půdách lze počítat s potřebou výkonu motoru tažného prostředku 25 až 30 kW na 1 metr pracovního záběru. Potřeba výkonu motoru při rychlosti 8 km/h a hloubce zpracování půdy 0,15 m na středních půdách činí 5,5 až 6 kW na jednu radličku.



Obr. 17: Radličky se zvýšeným mísicím efektem (vlevo) a radličky zajišťující zejména nakypření půdy bez výraznějšího efektu mísení či obracení půdy - vpravo (foto Brant).

Pro zajištění kvalitního zpracování půdy pomocí radličkových kypřičů pro následné založení porostů kulturních plodin je vhodné před jejich použitím provést zpracování strniště pomocí talířového podmítače. Při mělkém zpracování půdy pomocí radličkových kypřičů může být proveden výsev pomocí secích strojů umožňujících výsev do mulče.

4.1.2. Talířové kypřiče

Vysoká plošná výkonnost talířových kypřičů, která je dána jejich **pojezdovou rychlostí** (kolem 12 km/h) a **pracovním záběrem** (obr. 18), umožňuje především včasné provedení podmítky. Kvalitně pracují na lehkých a středních půdách. Na těžkých půdách je zpracování půdy nutné provádět za optimální půdní vlhkosti. Zejména za sucha, kdy je povrch půdy ztvrdlý, dochází ke snížení kvality práce v důsledku nedodržení **rovnoměrné hloubky** zpracování. Větší množství posklizňových zbytků a slámy na pozemku (nerovnoměrné rozložení rozdrčené slámy, polehlé obilí a špatně sklizené řádky slámy) vede rovněž k nedodržení požadované hloubky. Také vysoké strniště přispívá k problematickému zapravení rostlinných zbytků. Vyšší obsah kamenů v ornici limituje využití talířových podmítačů. Podmítka talířovými kypřiči v důsledku mělkého zpracování půdy a nízkého efektu podříznutí plevelů nedostatečně reguluje vytrvalé plevelné druhy. Za určitých podmínek může dokonce přispět k rozvoji píru plazivého. Z hlediska dosažení uspokojivé kvality práce při provádění podmítky a mělkém kypření se v praxi používá opakovaného zpracování strniště při změně směru jízdy nebo se provede zpracování půdy talířovým podmítačem a poté radličkovým kypřičem. Za jednotlivými sekci talířů jsou umístěny drobné válce, které rovněž slouží k urovnání povrchu půdy a rozdrobení hrud. Dominantní zastoupení mají konstrukční řešení talířových kypřičů a podmítačů s **průměrem talířů do 0,5 m**, kde lze počítat s hloubkou zpracování půdy ve vztahu k půdním podmínkám do hloubky 0,15 m. Druhou skupinou talířových kypřičů jsou stroje s průměrem talířů převyšujících **průměr 0,7 m** (obr. 19). Zde se hloubka zpracování půdy může pohybovat pod 0,2 m.



Obr. 18: Talířové kypřiče mohou na povrchu půdy zanechávat velké množství organické hmoty (foto Brant).



Obr. 19: Pro hlubší zpracování půdy lze využít talířové kypřiče s průměrem pracovních nástrojů 0,7 m a větším (foto Brant).



Obr. 20: Talířové kypřiče menších záběrů jsou velmi často agregovány s autonomními robotickými platformami s výkonem motoru do 115 kW (foto Brant).



Obr. 21: U talířových kypřičů se stále můžeme setkat s konstrukčními řešeními, která umožňují změnu postavení pracovního úhlu u talířů za účelem optimalizace kvality práce (foto Brant).

Talířové kypřiče o menších záběrech jsou dnes dominantně agregovány s **autonomními tažnými prostředky** s výkonem motoru do 150 kW (obr. 20).

U talířových kypřičů se stále můžeme setkat s konstrukčními řešeními, která **umožňují změnu postavení pracovního úhlu u talířů** za účelem optimalizace kvality práce (obr. 21). Potenciál těchto technických řešení lze v současné době jednoznačně spojovat při vývoji tzv. „chytrých“ strojů za autonomní tažné prostředky.

Na trhu se objevují rovněž kombinované kypřiče osazené pracovními nástroji **talířových podmítačů a radličkových kypřičů**. Ty umožňují kvalitní zaklopení rostlinných zbytků a dobře urovnávají povrch pozemku, což umožní následné provedení setí.



Obr. 22: Pro mělké zpracování půdy lze využít i dlátové kypřiče (foto Brant).

4.1.3. Dlátové kypřiče

Jednou z případných alternativ pro provedení podmítky a mělkého zpracování půdy je využití dlátových kypřičů (obr. 22). Zde je však problematické dodržení mělkého nakypření vrchní vrstvy půdy a celoplošné zpracování povrchu pozemku při mělké pracovní hloubce.

Efektivnější je využití dlátových kypřičů pro **mělké zpracování půdy** do hloubky 0,2 m. Kypřiče se vyznačují dobrým mísicím efektem a pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 8 - 12 km/h. Zpracování rostlinných zbytků je závislé na hloubce zpracování půdy, výšce strniště, délce řezanky slámy apod. Intenzita kypření a zpracování půdy je závislá na náběhovém úhlu a šířce hrudi horní části dláta a na konstrukčním osazení pracovního nástroje, který může být ve spodní části osazen křídly.

4.1.4. Prutové kypřiče

Prutové kypřiče jsou určeny pro velmi mělké zpracování půdy do hloubky 30 mm. Pracovními nástroji jsou pruty o průměru 20 mm a o délce kolem 0,7 m (obr. 23). Jejich úkolem je **velmi mělké nakypření povrchu půdy** za účelem podpory vzcházení semen plevelů a výdrolu předplodiny, rovnoměrného rozvrstvení rostlinných zbytků a podpory mineralizace organické hmoty nacházející se na povrchu půdy.



Obr. 23: Prutové kypřiče jsou určeny pro velmi mělké zpracování půdy do hloubky kolem 30 mm (foto Brant).

Velmi mělké zpracování půdy je spojeno rovněž s omezením ztráty vody z půdy na základě kypření velmi malé vrstvy půdy a přerušení kapilarity povrchové vrstvy půdy.

4.1.5. Kypřiče pro velmi mělké kypření půdy

Filosofie uplatnění těchto systémů mělkého kypření vychází do určité míry z principů využívaných v Severní Americe. Cílem kypřičů je mělké zpracování půdy za účelem **rovnoměrného uložení výdrolu** předplodiny a semen plevelů do hloubky kolem 40 až 50 mm a zajištění rychlého klíčení těchto semen a vzcházení rostlin. U obilného výdrolu se jedná i o omezení etapovitého vzcházení rostlin, které vzniká v důsledku nerovnoměrného rozložení obilok v půdním profilu.



Obr. 24: Systémy velmi mělkého kypření půdy využívající podřezávací radličky umožňují nejen efektivní regulaci plevelů a výdrolu, ale také meziplodin (foto Brant).

Mělké zpracování půdy zajišťuje hospodaření s půdní vláhou v horní vrstvě orničního profilu a použitá technická řešení cílí na rovnoměrné rozmístění rostlinných zbytků a na jejich uložení na povrchu půdy. Stroje vykazují **vysoký plošný výkon** a při mělkém zpracování půdy i menší nároky na tahovou sílu tažného prostředku. V rámci technických řešení se lze setkat se systémy plochých šípových radlic, s kombinací řezných talířů s kypřicími pruty, nebo s výrazně zvlněnými řeznými talíři.



Obr. 25: U strojů pro velmi mělké kypření se lze v rámci technických řešení setkat se systémy s výrazně zvlněnými řeznými talíři (foto Brant).



Obr. 26: Systémy kombinující řezné talíře a kypřicí pruty lze využít i pro rovnoměrné rozvrstvení slámy na pozemku (foto Brant).



Obr. 27: Regulace výdrolu obilniny a plevelů na podzim pomocí velmi mělké podmítky (foto Brant).



Obr. 28: Konstrukce využívající principů mělkého odříznutí rostlinných zbytků či plevelů (foto Brant).



Obr. 29: Stroje s řeznými dláty lze efektivně využít pro provedení podmítky v systémech setí do nezpracované půdy (foto Brant).

Technická řešení vycházející z principů **plochých šípových radliček** se vyznačují možností mělkého kypření (obr. 24) a velmi dobrým efektem podříznutí plevelů a **výdrolu**. Technologie spočívá v provedení mělkého kypření půdy, které zajistí následné vzházení plevelů a výdrolu ze shodné hloubky. **Druhé kypření je provedeno** do větší

hloubky, aby došlo k podříznutí rostlin pod odnožovacím uzlem u trávovitých druhů a pod kořenovým krčkem u druhů dvouděložných. Základem systémů je absence pčechovacího válce, který slouží rovněž k dodržení pracovní hloubky, čímž nedochází k opětovnému utužení půdy s podříznutými rostlinami, které následně lépe zasychají.

Pro mělké kypření lze využít rovněž technická řešení využívající ke zpracování půdy výrazně zvlněné talíře. **Zvlnění okrajů talířů zajišťuje lepší dodržení hloubky** a kypření půdy (obr. 25). Za velmi efektivní z hlediska plošného výkonu a kopírování půdy lze považovat stroje s kombinací řezných talířů s kypřicími pruty. Mimo velmi mělkého nakypření povrchu půdy zajišťují tyto stroje i **kvalitní rozvrstvení slámy** na povrchu půdy (obr. 26). Při větším množství rostlinných zbytků je vhodné volit šikmý směr jízdy soupravy vůči směru vysetých řádků.

Pro provedení podmítky, včetně opakovaného kypření půdy po vzejití plevelů a výdrolu, lze využít systémů talířů na laně či řetězu. Stroje zajišťují velmi dobré kopírování půdy, včetně efektivní regulace plevelů kombinací **řezného a smykového efektu talířů** (obr. 27).

V rámci vývoje strojů a technologií se na trhu objevují rozdílné konstrukce využívající principů mělkého odříznutí rostlinných zbytků či plevelů (obr. 28), které velmi dobře pracují na středních až lehkých půdách. Do systémů velmi mělké podmítky či kypření lze zařadit i **stroje s řeznými dláty**, které lze efektivně využít pro provedení podmítky v systémech setí do nezpracované půdy (obr. 29).

4.1.6. Podmítací pluhy

V současné době se s klasickými podmítacími pluhy setkáme jen sporadicky. Možnou alternativou pro provádění podmítky je využití pluhů s menším záběrem orebního tělesa. Pro jejich případné uplatnění při provádění podmítky hovoří zejména zvýšení plošné výkonnosti (pracovní rychlost je vyšší než 12 km/h) a jejich konstrukce (oboustranné pluhy). Neopomenutelnou skutečností je však kvalitní zpracování půdy za sucha, a to i na velmi těžkých půdách. Zároveň jsou tyto pluhy využívány k provedení seťové orby pro ozimé obilniny či ozimou řepku. Nižší záběr orebního tělesa umožňuje kvalitní a intenzivní zpracování půdy (obr. 30).



Obr. 30: Při použití pluhů s menším záběrem orebního tělesa jsou posklizňové zbytky a sláma dokonale zapraveny do půdy (foto Brant).

Při použití těchto pluhů jsou posklizňové zbytky a sláma **dokonale zapraveny** do půdy. Požadovaným způsobem dojde rovněž k podříznutí plevelů a jejich zaklopení. Díky jejich kombinaci s půdním pěchem je provedeno ošetření povrchu půdy a jsou rozrušeny hroudy (obr. 31). Kvalitní zapravení posklizňových zbytků po provedení podmítky pomocí podmítacích pluhů umožňuje bezproblémové založení následných plodin i pomocí klasických secích strojů s radličkovými nebo kotoučovými botkami.

Z hlediska technického řešení se jedná o klasické otočné pluhy doplněné půdním pěchem, nebo již nevyroběné konstrukce využívající rámu ve tvaru písmene „V“. Tyto konstrukce zajišťují jízdu traktoru po povrchu pozemku.



Obr. 31: Půdním pěchem je provedeno kvalitní ošetření povrchu půdy a jsou rozrušeny hroudy (foto Brant).

4.1.7. Speciální technická řešení

V rámci strojů pro provádění podmítky, především pro využití v ekologickém zemědělství, jsou na trhu dostupná inovativní konstrukční řešení (obr. 32). Primárně jsou tyto stroje zaměřeny na zpracování půdy s důrazem na podříznutí jednoletých a vytrvalých plevelů. Dále je společným rysem uvedených konstrukcí absence zpětného utužení půdy, aby došlo k efektivnímu zasychání plevelů. Některé systémy jsou za kypřicí sekci osazeny prstovými čechrači, které vytahují plevele z nakypřené půdy. Ty jsou poté v důsledku jejich gravitačního pádu uloženy na povrch pozemku. Specifické konstrukce se promítají i do pluhů, kde je díky snížení obraccího efektu odhrnovačky omezeno zapravení vytrvalých plevelů do půdy (např. pluhy označované jako Stoppelhobel), obr. 33.



Obr. 32: Pro provádění podmítky v ekologickém zemědělství jsou na trhu dostupná inovativní konstrukční řešení (foto Brant).



Obr. 33: Omezení obraccího efektu odhrnovačky zvyšuje regulaci vytrvalých plevelů především v systémech ekologického zemědělství (zdroj: <https://zobel-stahlbau.de>).

4.2. Mechanizační prostředky s aktivně poháněnými pracovními nástroji

Použití této skupiny strojů pro provedení podmítky je v praxi omezené. Důvodem je jejich relativně **malý pracovní záběr a nízká pracovní rychlost**, přestože jsou schopny kvalitně zapravit rostlinné zbytky do půdy. Případné využití těchto mechanizačních prostředků je podmíněno prováděním podmítky na velmi těžkých půdách. Zde však dochází ke značnému opotřebení pracovních nástrojů. V těchto případech lze pro zpracování strniště použít půdní frézy a rotorové brány, eventuálně rotační kypřiče. Větší uplatnění mají tyto stroje při mělkém zpracování půdy. Zde pracují samostatně, v kombinaci s jiným stroji na zpracování půdy, nebo jsou součástí secích kombinací, které umožňují založit porosty plodin jedním přejezdem. Pro usnadnění a zkvalitnění práce secích kombinací, jejichž součástí jsou při uplatňování technologií mělkého zpracování půdy, lze pozemky po obilninách nejdříve zpracovat radličkovými nebo talířovými kypřiči. Vhodné jsou v kombinaci se secím strojem pro setí do částečně zpracované půdy a pro setí porostů obilnin následujících po kukuřici, řepce a cukrovce, nebo po strniskových meziplodinách.

4.2.1. Půdní frézy

Jsou vhodné pro mělké zpracování půdy a pro zpracování podmítky **maximálně do 0,2 m**. Lze je rovněž využít pro zpracování půdy při nevhodných půdních podmínkách **po orbě** nebo pro **kypření** půdy a pro výsevy do mulče v rámci **půdoochranných** technologií zpracování půdy (použití mulčovacích nožů se zvýšeným ventilačním účinkem). Pracovním nástrojem půdních fréze je horizontálně umístěný frérovací rotor (obr. 34). Frézy jsou schopny kvalitně zapravit slámu, organická a minerální hnojiva a při použití zahnutých nožů rovněž **meziplodiny, chrást cukrovky a slámu kukuřice**. Intenzivně a rovno-

měrně promíchávají půdu. Jsou součástí secích kombinací. Pomocí kombinace půdní frézy a secího stroje lze zakládat výsevy mezplodin přímo při podmítce, porosty ozimých plodin do strniště nebo výsevy ozimé pšenice po pozdě sklizených předplodinách. Pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 4 až 7 km/h. Součástí frézy je za rotorem umístěný pýchovací válec umožňující nastavení pracovní hloubky a zpětné utužení zpracované půdy.

4.2.2. Rotorové (hřebové) brány

Při základním zpracování půdy je lze využít jako **půdní frézy**. Obdobným způsobem rovněž zpracovávají půdu. Pro zpracování většího množství posklizňových zbytků (rostlinné zbytky kukuřice na zrno) či vysokých a hustých porostů mezplodin je nutno použít **mulčovací hřeby**. Vyznačují se dobrým mísícím efektem. Pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 4 až 7 km/h. Pomocí pracovní rych-



Obr. 34: Půdní frézy jsou vhodné pro zpracování všech druhů půd (foto Brant).

losti lze ovlivnit intenzitu zpracování půdy. Pýchovací válec umístěný za rotorem umožňuje nastavení pracovní hloubky a zpětné utužení zpracované půdy.

4.2.3. Rotační kypřiče

Při použití rotačních kypřičů dochází k **méně intenzivnímu zpracování půdy** ve srovnání s půdní frézou nebo rotorovými branami. Vertikálně rotující pracovní nástroje zapravují méně kvalitně větší množství slámy nebo organických zbytků (obr. 35). Za optimální vlhkosti půdy a při malém množství organické hmoty na povrchu půdy je lze použít pro zpracování strniště či pro mělké zpracování půdy (maximálně do 0,15 m), například po silážní kukuřici s možností přímého výsevu ozimých obilnin v kombinaci se secím strojem. Rotační kypřiče, rotační a kývavé brány jsou vhodné spíše pro provedení předsetové přípravy.



Obr. 35: Rotační kypřiče lze využít pro zpracování půdy do hloubky 0,15 m (foto Brant).

5. Celoplošné a zonální hlubší kypření půdy bez obracení ornice

Hlubší kypření půdy bez obracení ornice slouží ke zpracování **celého ornického profilu**. Při tomto zpracování půdy nedochází k obracení půdy jako při orbě, ale je spojeno s rozdílnou intenzitou mísení půdy či s prokypřením půdy na základě jejího nadzvednutí a opětovného poklesu po průjezdu pracovního nástroje. Intenzita promísení a prokypření půdy, včetně míry zpracování povrchu půdy je dána použitým mechanizačním prostředkem, typem pracovních nástrojů a pracovní hloubkou.

Zásadním kritériem pro specifikaci systému hlubšího kypření půdy je **rozložení rostlinných zbytků** předplodiny či meziplodiny na povrchu půdy a v jednotlivých vrstvách ornického profilu. Určitým pohledem na specifikaci využívaných technických řešení může být právě práce s nadzemními rostlinnými zbytky. Setkat se zde můžeme s pracovními postupy, které cíleně minimalizují mísení půdy, čímž omezují porušení kontinuity půdního profilu a zároveň cílí na ponechání většiny rostlinných zbytků na povrchu půdy. Na druhé straně stojí systémy zajišťující míchání půdy, především horních vrstev ornice, u nichž dochází i k zapravení rostlinných zbytků do půdy.

Jedním z důvodů provádění hlubšího kypření bez obracení půdy je snížení **finančních prostředků** vynakládaných na základní zpracování půdy, tj. nahrazení orby, a eliminace případných negativních vlivů orby ve vztahu ke struktuře půdy, nadměrnému zhutnění podorničí, zvýšení vláhové jistoty pro rostliny, **ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy** a podpoře biologické aktivity půdy.

Hlubší kypření zajišťuje požadované prokypření půdy především v rámci konzervačních technologií zpracování půdy (protierozní technologie, zlepšení hospodaření s vodou, omezení emisí skleníkových plynů apod.) pro hlouběji kořenící plodiny, ale i plodiny ostatní.

Ve srovnání s orbou vykazují systémy rovněž odlišný vliv na **rozvoj a strukturu plevelných druhů**. Zásadním faktorem ovlivňujícím výskyt jednoletých plevelných druhů je míra nakypření povrchu půdy a případná následná předsetová příprava. Při minimálním zpracování povrchu půdy zůstává většina semen plevelů na povrchu půdy a z povrchu půdy také vzházejí. Přestože se na povrchu půdy nachází velký počet semen, jejich prezentace v následné plodině je spojena s jejich zapravením do půdy během předsetové přípravy. Dojde-li k uložení semen pomocí následných pracovních operací do horních vrstev půdy, budou zajištěny optimální podmínky pro jejich klíčení. Následuje-li po hlubším kypření s minimálním efektem kypření setí stroji do nezpracované půdy, musí **plevele vzházet z povrchu půdy**. Podmínky pro vzházení semen nacházejících se na povrchu půdy nejsou vždy zcela optimální. Na povrchu půdy a v horní vrstvě půdy dochází ke značným teplotním výkyvům a kolísání vlhkosti vzduchu. Nově vytvořená semena tak nemusí mít vhodné podmínky ke klíčení, zůstávají na povrchu půdy, a projeví se až při určité změně podmínek.

Tento stav je popisován jako „storage effect“. Hlubší zpracování půdy ve srovnání s mělkým zpracováním půdy zajišťuje intenzivnější poškození vytrvalých plevelných druhů.

Výskyt chorob a škůdců je do značné míry ovlivněn především změnou faktorů prostředí v důsledku hlubšího zpracování půdy, obdobně jako při ostatních technologiích konzervačního zpracování.

5.1. Kypření omezující porušení kontinuity půdního profilu

Při kypření půdy stroji vybavenými prořezávacími či odřezávacími **radličkami s minimálním vynásecím efektem** a u konstrukcí uplatňovaných u **parapluhů** je půda v horizontálním směru či horizontálně-vertikálním směru primárně **podřezávána a zároveň nadzvedávána**. Pro omezení záměny se systémy zpracování podorničí je nutné připomenout, že se jedná o **kypření nepřesahující hloubku ornického profilu**. Toto kypření půdy má zajistit co nejnižší promíchání jednotlivých vrstev ornického profilu a **zachovat jeho přirozené uspořádání**. Povrch půdy po provedení kypření zůstává více či méně v původním stavu, zpracovaná plocha povrchu pozemku dosahuje většinou maximálně 20 %. Na povrchu zůstávají posklizňové zbytky a sláma, případně porost meziplodiny. Minimální poškození stávajícího uspořádání ornického profilu pozitivně ovlivňuje infiltraci vody do půdy, ale také zásadním způsobem stabilizuje procesy vztlínání vody. Kypření se na pozemku zpravidla provádí v závislosti na požadavcích **následné plodiny**, nebo v případě potřeby úpravy půdních vlastností.

Četnost zařazení tohoto kypření je závislá na celkovém systému zpracování půdy. Tyto operace jsou uplatňovány i v systémech mělkého kypření a setí do nezpracované půdy za účelem nakypření ornické vrstvy. Jejich příležitostné využití lze nalézt i na pozemcích s pravidelnějším prováděním orby, kde v daném hospodářském roce nahrazují orbu, zejména po předplodinách zanechávající půdu v nakypřeném stavu.

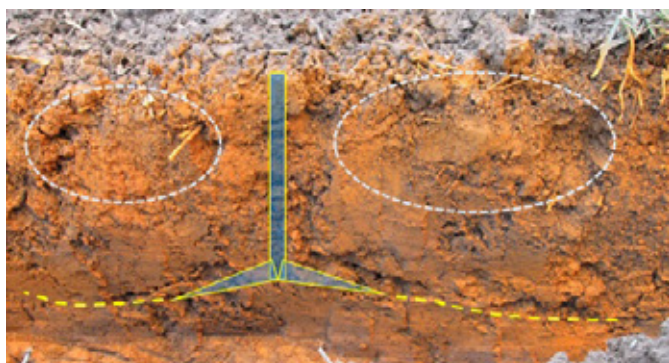
5.2. Systémy intenzivnějšího kypření a mísení

Pro zpracování půdy na plnou hloubku ornického profilu se v evropských podmínkách nejčastěji využívá **dřátových kypřičů a kypřičů s poloparabolickými slupicemi**, včetně rozdílných konstrukcí **kombinovaných kypřičů**. Kombinované kypřiče lze vnímat jako konstrukční řešení obsahující více typů pracovních nástrojů, včetně dlat či radlic umožňujících hlubší kypření. Opomenout nelze ani konstrukce slučující hlouběji pracující kypřiči radlice a stroje s horizontálně rotu-

jícími pracovními nástroji. Do této skupiny lze zařadit rovněž kypřiče pro hlubší kypření s **rozdílným tvarem kypřících radlic s křídly**.

Zpracování půdy při využití výše uvedených kypřičů je spojeno s intenzivnějším zpracováním ornického profilu, zejména jeho horní poloviny. U dlátových kypřičů dochází k mísení půdy v důsledku vynesení půdy po horní straně dlátové radlice. Tato půda je v závislosti na stavu půdy a pracovní rychlosti kypřiče vynesena nad povrch půdy, na který opět v důsledku gravitace dopadá. Tato skutečnost vede ke **kypřicímu a mísicímu efektu**, který je v zemědělské praxi označován jako tzv. vaření půdy.

Kypřiče s poloparabolickými slupicemi se vyznačují **intenzivnějším efektem kypření horní vrstvy půdy**, zejména, jsou-li vybaveny postranními křídly. Ve spodních částech ornického profilu dochází obvykle ke zvednutí a rozlámání půdní masy a vytvoření větších zlomů v půdě (obr. 36).

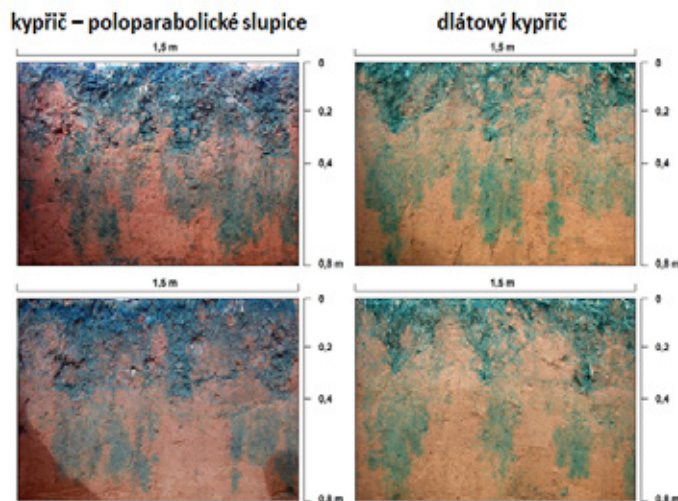


Obr. 36: Profíl půdy po zpracování kypřičem s poloparabolickými slupicemi. Na obrázku je patrný kypřicí efekt kypřicí radlice. Žlutá přerušovaná čára dokumentuje zlom mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou půdy. Světle modrá čára vyznačuje místa s největší koncentrací uložení posklizňových zbytků. Povrch půdního profilu je pro zvýraznění plasticity překryt reflexní barvou (foto Brant).

Intenzivní kypření půdy v horní vrstvě přispívá k výraznému zapravení posklizňových zbytků do této vrstvy půdy. Menší počet řad radlic s bočními křídly u kypřičů s poloparabolickými slupicemi ve srovnání s dlátovým kypřičem (dláta bez postranních křidel) vykazují větší vhodnost této koncepce strojů při zpracování půdy **za vyšší půdní vlhkosti**. Při vyšších vlhkostech půdy a s narůstající hloubkou zpracování půdy dochází u dlát, bez podpory bočních křidel či jiných pracovních nástrojů, k výraznému snížení vynášecího efektu. To znamená, že od hloubky kolem 120 – 150 mm dláta prořezávají v půdě jen rýhu a vynášecí a kypřicí schopnost těchto nástrojů klesá. S nárůstem počtu sledů jejich řad však již nedochází ke zvýšení kypřicího a drobicího efektu, ale může docházet k negativnímu opětovnému utužení půdy nakypřené předchozím sledem dlát. Hluběji pracující dláta nemohou za vyšší vlhkosti zajistit posun půdy ze spodních vrstev k povrchu a jejich průchod půdou je spojen s odsunem půdy do boku, který vyvolává opětovnou kompakci dříve narušené a zpracované půdy. Tuto skutečnost dokumentují i snímky modré infiltrace (obr. 37). Ze snímků je dobře viditelný rozdíl mezi hloubkovým kypřičem a dlátovým kypřičem na infiltraci vody do půdy. U dlátového kypřiče

je jednoznačně viditelný vliv práce poslední řady dlát, místa infiltrace vody a promodráný půdního profilu je méně intenzivní.

Intenzivnější kypření půdy lze očekávat i u strojů využívajících kypřících radlic osazených křídly (obr. 38). I zde se na stavu nakypření půdního profilu projevuje rozteč kypřících radlic. Tyto konstrukce obecně umožňují kvalitní, mnohdy celoplošné, nakypření spodních vrstev ornického profilu.



Obr. 37: Simulace infiltrace vody do půdy metodou modré infiltrace na plochách zpracovaných kypřičem s poloparabolickými slupicemi (vlevo) a vpravo dlátovým kypřičem (foto Kroulík).



Obr. 38: Kypřicí radlice osazené křídly rovněž zajišťují dobré prokypření půdního profilu (foto Brant).

5.3. Mechanizační prostředky pro provedení hlubšího kypření půdy bez obracení ornice

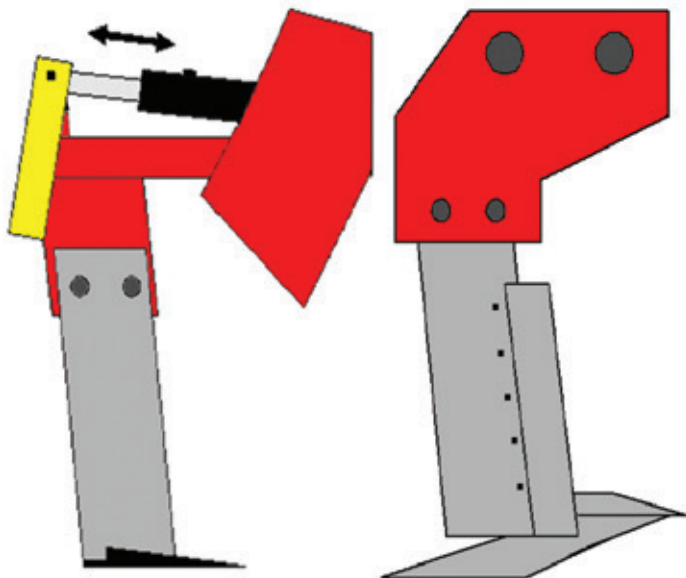
Konstrukční řešení zahrnují značnou řadu strojů, které umožňují hlubší zpracování ornického profilu, ale mnohdy i zásah do podornic. Stroje jsou uplatnitelné jak v systémech celoplošného kypření půdy, tak v systémech redukováného zpracování půdy, až po systémy setí do nezpracované půdy.

5.3.1. Kypřiče s prořezávacími a podřezávacími radlicemi a parapluhy

Při použití dlátových kypřičů se slupicemi opatřenými ostřím je půda kypřena podpovrchově, přičemž její povrch je narušen minimálně. Na povrchu půdy tak zůstávají nezapravené posklizňové zbytky a sláma. Podřezávací radlice jsou na spodní části slupice doplněny podřezávacími křídly, která z hlediska své konstrukce zajistí jen podříznutí širší vrstvy půdy ve směru jízdy s minimálním efektem jejího mísení či přesunu půdy ze spodních vrstev k povrchu pozemku (obr. 39). Součástí strojů mohou být drobné zařízení zajišťující úpravu horní vrstvy půdy, případně rozšířené o utužovací válce, umožňující založení porostů i pomocí secích strojů pro setí do částečně zpracované půdy. U některých konstrukcí se před jednotlivými kypřičími radlicemi nacházejí řezné kotouče a zpětné zatlačení půdy kolem nakypřené rýhy po průjezdu radlice zajišťují zamačkávací kola (obr. 40).

Obdobný vliv na půdu lze dosáhnout při použití **parapluhů** (obr. 41). Jejich zahnuté pracovní nástroje kvalitně kypří půdu a zanechávají povrch půdy v původním stavu. Mohou pracovat až do hloubky 0,5 m, ale využívají se především pro zpracování půdy do hloubky 0,3 až 0,4 m. Dle pracovní hloubky a rychlosti se požadavky na výkon tažného prostředku pohybují v rozmezí 18 až 26 kW na jedno pracovní těleso.

Mnohdy jsou tyto koncepce využívány v systémech mělkého zpracování půdy a v systémech setí do nezpracované půdy, či systémů s využitím živého nebo mrtvého mulče meziplodiny, za účelem prokypření ornice bez efektu míchání půdy a minimálního porušení povrchu půdy. Někteří výrobci doporučují stroje i pro odstranění technogenního zhutnění půdy v podorničních vrstvách. V tomto případě lze tato konstrukční řešení zařadit do systémů podorničního kypření.



Obr. 39: Prořezávací a podřezávací radlice zpracovávají vrstvy půdy v pružích (vlevo) nebo téměř po celém záběru mechanizačního prostředku (vpravo), zdroj Brant.



Obr. 40: U některých konstrukcí se před jednotlivými kypřičími radlicemi nacházejí řezné kotouče a zpětné zatlačení půdy kolem nakypřené rýhy po průjezdu radlice zajišťují zamačkávací kola (foto Brant).



Obr. 41: Zahnuté pracovní nástroje parapluhů kvalitně kypří půdu a zanechávají povrch půdy v přirozeném stavu (foto Brant).

5.3.2. Dlátové kypřiče

Kypřiče osazené dláty zajišťují bezproblémové zpracování půdy dle půdních podmínek do hloubky 0,35 m (obr. 42). Praktická ověření samozřejmě prokázala, že většina těchto strojů umožňuje i hlubší kypření, ale to je spojeno s vynášením podorničí a s dlouhodobějším procesem slehnutí půdy. Půda je při zpracování za optimální vlhkosti i při větší pracovní hloubce v rámci orničního profilu **intenzivněji mísená**. Přestože mohou být horní části pracovní plochy dlát konstruovány tak, aby půdu mísily minimálně, půda při zpracování pracovní nástroje „obtéká“ a dochází k částečnému zapravení posklizňových zbytků a slámy. Pro kvalitnější zapravení posklizňových zbytků a slámy do půdy, urovňání povrchu pozemku a opětovné utužení horní vrstvy půdy je za kypřičí radličky umístěna řada talířových těles a utužovací válec, který slouží pro seřízení pracovní hloubky a seřízení stroje.



Obr. 42: Pomocí dlátových kypřičů lze provést hlubší zpracování půdy až do hloubky 0,35 m a dochází i ke kvalitnímu zapravení rostlinných zbytků do horních vrstev půdy (foto Brant).

5.3.3. Kypřiče s poloparabolickými radlicemi

Obecně se jedná o kypřiče se dvěma řadami dlátových radlic (obr. 43). Radlice jsou po stranách osazeny křídly. Výšku umístění radlic na slupici lze u některých strojů měnit. Z hlediska pracovní hloubky, která se **může pohybovat pod hranicí orničního profilu**, jsou obvykle jednotlivé radlice osazeny mechanickými nebo hydraulickými systémy jištění. Z důvodu dodržení požadované pracovní hloubky, a tím i dané kvality práce, je u jisticích systémů vyžadována dostatečná odjišťovací síla. Významnou roli pro splnění agrotechnických požadavků na kvalitu práce těchto strojů hraje **vybavení válci**, které mohou být, dle potřeby, využity pro urovnání povrchu pozemku, k rozdrčení půdy, ke zlepšení managementu posklizňových zbytků či k zajištění opětovného utužení půdy urychlujícího přirozený proces jejího opětovného slehnutí. Dominantně jsou v těchto případech využívány hřbové válce, které utužují půdu pod jejím povrchem (obr. 43 vlevo). Stroje jsou velmi často osazeny systémy aplikace kapalných či pevných látek do půdního profilu za účelem zonálního hnojení, aplikace bakterií apod. Zásobníky pevných či kapalných látek jsou umístovány



Obr. 43: Kypřiče s poloparabolickými slupicemi umožňují kvalitní kypření i při vyšších vlhkostech půdy. Za sucha je kypřicí efekt velmi intenzivní, ale hrozí riziko vzniku větších hrud a mezipůdních prostor ve spodních částech ornice (foto Brant).

u strojů se záběrem do 6 m do čelního závěsu traktoru, kdy zásobníky slouží i pro dotížení přední nápravy. Rozteče pracovních nástrojů se u kypřičů nejčastěji pohybují v rozmezí 0,4 až 0,45 m.



Obr. 44: Tyto konstrukce umožňují jak prokypření spodních vrstev ornice, tak dobré prokypření horní vrstvy orničního profilu (foto Brant).

5.3.4. Kypřiče s kypřicími radlicemi osazenými křídly

Základem konstrukce jsou robustní slupice dole osazené špicí radlice přecházející v hruď, jejíž geometrie rozhoduje o míře vynášecího efektu. Radlice jsou standardně **osazeny křídly**, která zajišťují efekt kypření a zvednutí půdy. Tyto konstrukce umožňují jak prokypření spodních vrstev ornice, tak dobré prokypření horní vrstvy orničního profilu (obr. 44). Při zpracování půdy lze samozřejmě provést aplikaci kapalných či pevných látek do půdního profilu za radlice či pásově na povrch půdy. Rozteč řádků je dominantně podřízena kypřicímu efektu a ve většině případů nekoresponduje se standardy rozteče řádků plodin vysévaných přesnými secími stroji, tedy roztečím 0,5 a 0,75 m.

5.3.5. Hlubší zonální kypření s intenzivnějším zpracováním povrchu půdy

Početně menší zastoupení strojů zařaditelných z agrotechnického pohledu do této skupiny představují konstrukční řešení pro **hlubší diferencované zonální kypření**, při kterém dochází k intenzivnějšímu mělkému kypření horní vrstvy půdy i mezi hlouběji pracujícími radlicemi. Cílem radlic je hlubší prokypření půdy především v místě budoucího výsevu plodin s větší roztečí řádků (v praxi označované jako širokořádkové plodiny), včetně aplikace hnojiva či jiných látek za kypřicí radlice. Konstrukce radlic umožňuje kypření na plný profil půdního profilu a rozteč radlic se v závislosti na zvyklotech daného regionu přizpůsobuje standardizovaným roztečím řádků pro plodiny vysévané do širokých řádků, tedy v rozmezí 0,6 až 0,9 m, v podmínkách střední Evropy se samozřejmě jedná o rozteč 0,75 m. Dominantně se jedná o **aplikaci granulovaných minerálních hnojiv**, ale využít lze i systémy aplikace kapalných látek. Z hlediska využití se jedná o stroje s větším záběrem a dominantně jsou kombinovány se zásobníky na pevné či kapalné látky umístěné na samostatný podvozek, či na rám stroje (obr. 45).

5.3.6. Kombinované kypřiče

Kombinované kypřiče kypří půdu pasivními radlicemi do hloubky až 0,4 m bez jejího obracení s rozdílnou intenzitou mísení (obr. 46). Následně umístěné aktivně poháněné pracovní nástroje zajistí **nakypření** a promísení horní vrstvy půdy do požadované hloubky společně



Obr. 46: Kombinované kypřiče osazené secím strojem umožní založit porosty pomocí jedné pracovní operace (foto Brant).

se zapravením posklizňových zbytků. Pomocí kombinovaných kypřičů lze připravit pozemek přímo pro setí, nebo po jejich osazení secím strojem provést založení porostů jedním přejezdem. Systémy jsou stále dostupné na trhu, ale jejich význam je ve střední Evropě omezený. Setkat se lze i s technickými řešeními, kdy jsou kypřicí radlice umístěny čelně na traktoru a rotační nářadí se secím strojem jsou zavěšeny za tažným prostředkem.



Obr. 45: Stroje pro hlubší diferencované zonální kypření zajišťují hlubší prokypření půdy v místě budoucího řádku rostlin a zároveň i intenzivnější mělké kypření horní vrstvy půdy i mezi hlouběji pracujícími radlicemi (foto Brant).

6. Orba

Orba je jednou ze základních operací konvenčního zpracování půdy. Během orby dochází k nakyplení půdy, čímž se zvyšuje pórovitost orničního profilu, zejména podíl nekapilárních pórů nepravidelných tvarů. Orba za optimální půdní vlhkosti přispívá k **drobení** půdy na menší půdní agregáty a ovlivňování agregátového uspořádání půdy.

V důsledku orby je půda zároveň **obracena**. Horní vrstva půdy poškozená působením povětrnostních činitelů a přejezdy mechanizace při provádění agrotechnických operací je **ukládána na dno brázdy** a do vrstvy nad dnem brázdy a spodní vrstva půdy je **vynášena na povrch**. K povrchu jsou vynášeny proplavené živiny a jemné koloidní částice. Obracením skývy dochází k zapravení posklizňových zbytků, slámy, fytomasy určené pro zelené hnojení a organických či minerálních hnojiv do půdy. Zaklopení plevelných rostlin do spodních vrstev půdy zajistí zničení nejen jednoletých a víceletých plevelů, ale přispívá i k oslabení vytrvalých plevelných druhů. Zároveň orba přispívá k regulaci chorob a škůdců. Zaorávané materiály jsou současně **promíseny** se zeminou.

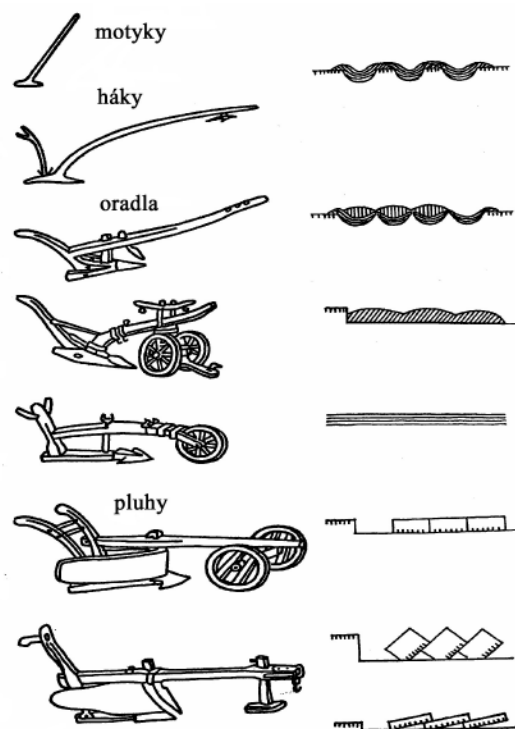
6.1. Význam orby

Přestože se v posledních letech vede v Evropě diskuse o významu a potřebnosti orby jako primární operaci základního zpracování půdy, nelze její důležitou agrotechnickou roli historicky ani aktuálně popírat. Samozřejmě nelze v souvislosti s orbou diskutovat o potřebě omezení energetických vstupů do zemědělské výroby, či o jejím vlivu na ekologickou stabilitu krajiny v porovnání s ostatními technologiemi zpracování půdy, ve kterých je nahrazována jinými operacemi nebo je zcela vypouštěna. Její dosavadní trvalé spojení s **ekologickými systémy hospodaření** však význam orby podtrhuje a nelze ji opomenout ani z hlediska použití v konvenčním hospodaření, kde mnohdy představuje jedinou agrotechnickou operaci zajišťující vynesení proplavených živin a jemných půdních částic ze spodních vrstev, či neefektivnější zásah proti vytrvalým plevelným druhům.

Společensky význam orby dokumentuje historie. Nejstarší doklady o snaze člověka zpracovat půdu primitivními oradly pocházejí ze 4. tisíciletí př.n.l. z Mezopotámie. V Evropě se „oradla“ objevují ve 2 tisíciletí př.n.l. Za vznik takzvaných „pravých pluhů“, které byly schopny dokonale obracet půdu, je považován rok 1783. V tomto roce James Small upravil stávající pluchy typu brabantského a flanderského a vytvořil pluh s trojúhelníkovitou radlicí, úzkým plazem a šroubovitou odhrnovačkou. Na obdobném principu poté vznikaly v Evropě a Americe další typy pluhů, jejichž konstrukce byla přizpůsobena půdním a klimatickým podmínkám dané oblasti.

V Čechách v letech 1824–1827 zkonstruovali **bratřenci Veverkové** pluh s válcovitou odhrnovačkou, tzv. „ruchadlo“. Samotné zpracování půdy pomocí oradel, ale především pomocí pluhů, lze z historického hlediska vnímat jako významný faktor ovlivňující hospodaření na půdě. Zdokonalování oradel vedlo k postupnému prohlubování ornice a zlepšování půdních vlastností (obr. 47). Možnost obracet půdu umožnila zapravovat organická hnojiva, intenzivněji regulovat plevele, omezovat choroby a škůdce, kvalitně připravit půdu pro setí atd., což v konečném důsledku vedlo, společně s dalšími faktory, ke zvýšení

výnosů. A to v době, kdy možnost dodatkových energetických vstupů do zemědělství byla ve srovnání se současnými možnostmi omezená. Proto je potřebné si uvědomit, že **většina zemědělské půdy je tímto procesem ovlivněna**. Zároveň lze orbou z dlouhodobého vývoje považovat za jeden z nejvýznamnějších progresivních prvků ovlivňujících krajinný prostor.



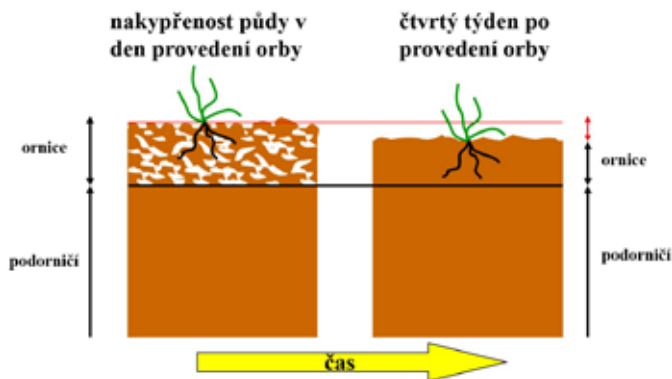
Obr. 47: Historie vývoje oradel a jejich působení na půdu (Schutz-Klinken, 1981).

6.2. Termín provedení orby

Z hlediska termínu provedení orby rozlišujeme orbou letní, setovou, podzimní, zimní a jarní. **Letní orba** (strnisková) je zpravidla prováděna po časně sklizených plodinách (ozimé meziplodiny a jednoleté ozimé píce, rané brambory, časně sklizená zelenina apod.) za účelem přípravy půdy pro výsev meziplodin, případně druhé hlavní plodiny. Hloubka orby se zpravidla provádí do **0,18 m**. Mělké zpracování půdy snižuje nebezpečí přeschnutí zpracované horní vrstvy ornice. Důležitou podmínkou pro následnou kvalitní přípravu půdy před setím je okamžité ošetření povrchu ornice. To lze zajistit přímo při orbě pomocí pečovací válců, které jsou součástí orební soupravy. U pluhů s měnitelným záběrem by měl být nastaven co nejmenší záběr orebního tělesa. Vyšší pojezdová rychlost soupravy zajistí **malou**

hřebenitost. Letní orbu lze kvalitně provést také pomocí podmtáčicích pluhů. V současné době je letní orba prováděna rozdílnými typy kypřičů nebo je výsev meziplodin při optimálním stavu pozemku po sklizni proveden secími stroji pro výsev do částečně zpracované či nezpracované půdy.

Úkolem **seťové orby** je zpracovat půdu pro ozimé plodiny (ozimé obilniny, ozimá řepka, ozimé luskoviny apod.). Provádí se dle povětrnostních a půdních podmínek maximálně do hloubky 0,25 m. Čím později provádíme seťovou orbu, tím se snižuje její hloubka. Nejdůležitějším kritériem při provádění seťové orby je dostatečný časový odstup od termínu setí. V období od provedení orby do setí musí dojít ke **slehnutí půdy**, které je důležité pro dobré vzcházení, zakořeňování a následný vývoj porostů (obr. 48). Optimální délka tohoto období je **4 až 5 týdnů**. Využití pýchovacích válců umístěných na pluzích (obr. 49) nebo použití čelně nesených pýchů na traktoru při setí, jakož i utužení půdy pomocí pýchovacích válců začleněných do secích kombinací umožňuje zkrácení této doby na 2 až 3 týdny. Secí kombinace zajišťují i možnost založení porostu do čerstvé brázdy, tedy okamžitě po orbě.



Obr. 48: Po provedení orby do setí musí dojít ke slehnutí půdy, které je důležité pro dobré vzcházení, zakořeňování a následný vývoj porostů (zdroj Brant).

Dalším požadavkem při seťové orbě je minimalizovat **hřebenitost** pozemku, zamezit **tvorbě hrud** a **přeschnutí povrchu oranice**. Snížení hřebenitosti zajistíme zmenšením záběru orebních těles a zvýšením rychlosti orby. Ošetření povrchu oranice lze provést pomocí půdních pýchů přímo při orbě. Použit lze samozřejmě i rozdílné konstrukce



Obr. 49: Ošetření povrchu oranice lze provést pomocí půdních pýchů přímo při orbě (foto Brant).

rovnacích desek, řezných nožů, hřebových desek a válců, pýchovacích kol apod. (obr. 50). Z hlediska konstrukčních řešení se jedná o půdní pýchы či systémy rovnacích zařízení, které jsou **součástí pluhů a použitelné jsou i na otočných pluzích** (obr. 50). Druhou skupinu představují samostatně přepravované půdní pýchы, které se vyznačují vyšší hmotností a větším průměrem drobicích a utužovacích prstenců (obr. 49). Tyto pýchы jsou při pracovní jízdě **taženy za pluhem a při otočení na souvrati se vyháknou** ze záchytného mechanismu pluhu a po otočení jsou shodným mechanismem zachyceny. Při setí do čerstvě provedené orby lze pro opětovné utužení půdy využít čelně nesené pýchы v kombinaci s vzadu umístěným náradím pro zpracování půdy a setí (obr. 51). V současné době jsou pro seťovou orbu využívány rovněž pluhы s menším záběrem orebního tělesa.



Obr. 50: Pro urovňání hrubé brázdy při orbě lze využít rozdílné technické konstrukce (foto Brant).

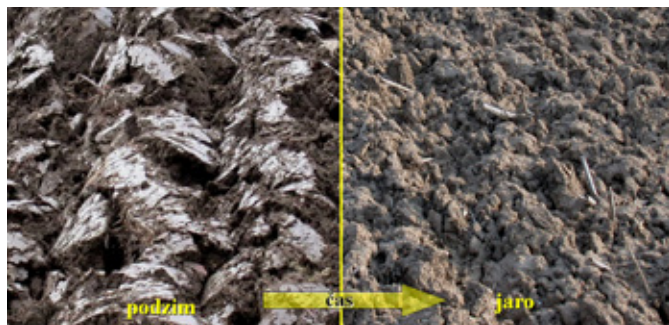


Obr. 51: Při setí do čerstvě provedené orby lze pro opětovné utužení půdy využít čelně nesené pýchы v kombinaci se vzadu umístěným náradím pro zpracování půdy a setí (foto Brant).

Podzimní orba je základním agrotechnickým opatřením pro zpracování půdy pro jarní plodiny (jarní obilniny, luskoviny, olejnin, okopaniny apod.). Podzimní orba se provádí v průběhu podzimu až do zámrazu půdy. Půda se zpravidla oře na plný profil oranice ve vztahu k následné plodině, k zaorávce organických hnojiv nebo zeleného hnojení (zde je potřebné omezit tzv. utopení organické hmoty na dno brázdy, tedy snížit hloubku orby) a k povětrnostním a půdním podmínkám. Při jejím provedení je snaha vytvořit **hřebenitý povrch oranice**, čímž dojde ke zvýšení záchytné plochy pro zachycení podzimních a zimních srážek. Ponechání pozemku v hrubé brázdě by mělo přispět k vytvoření zásoby vody v půdě, která bude následně využita porosty v jarním a letním období. Hodnota optimální hřebenitosti činí 1,2 a vyjadřuje vzdálenost stanovenou kopírováním povrchu půdy vůči délce roviny nad měřeným úsekem.

Mezi termínem provedení orby a začátkem jarních prací je dlouhý časový rozestup. Během této doby dojde v důsledku působení vody a mrazu k rozrušení skýv a hrud. Tento proces je velice důležitý pro tvorbu půdní struktury. Za normálního průběhu zimy lze na jaře půdu snadno připravit (obr. 52). V některých případech, jako je provedení podzimní orby k cukrové řepě a následná příprava seťo-

vého lože radličkovými kypřiči, je vhodné **urovnat povrch pozemku již na podzim**. Jinak může na jaře dojít k přeschnutí hřebenů brázd a po provedení předsetové přípravy nebudou z hlediska nerovnoměrné vztlávnosti vody zajištěny optimální podmínky pro vzcházení a následný vývoj rostlin cukrové řepy (obr. 53). V současné době se z hlediska zlepšení jarní přípravy půdy za použití kombinátorů s pasivně pracujícími nástroji (radličkové kypřiče pro předsetovou přípravu) provádí urovnání povrchu podzimní orby pro většinu plodin. Důvodem urovnání povrchu pozemku při orbě a stržení hřebenů brázd je i **absence mrazů a suché průběhy zim**.



Obr. 52: Během zimy dojde v důsledku působení vody a mrazu k rozrušení skýv a hrud (zdroj Brant).



Obr. 53: Přeschnutí hřebenů brázd na jaře může vést po provedení předsetové přípravy k nerovnoměrné vztlávnosti vody k rostlinám (zdroj Brant).

Opožděná podzimní orba bývá označována jako **orba zimní**. Zimní orba se provádí v případech, kdy nebylo možné včas provést orbu podzimní. Důvodem může být pozdní sklizeň některých plodin (např. pozdě sklizená kukuřice na zrno, slunečnice roční, ale také sója luštinatá) nebo nevhodné půdní a povětrnostní podmínky, které znemožnily provedení podzimní orby. Z hlediska vlivu na strukturu půdy a zadržetí zimní vláhy působí příznivěji než orba jarní.

Jarní orba je z hlediska svého působení na strukturu půdy, zachycení podzimní vláhy a schopnosti přispět k potlačení plevelů nejméně vhodnou. Při orbě vlhké půdy na jaře vznikají jednolitě skývy nebo velké hroudy, které za slunečného počasí rychle vysychají a tvrdnou. Urovnání povrchu pozemku a rozdrobení hrud je poté velice obtížné. Většina mechanizačních prostředků určených pro předsetovou

přípravu s pasivními pracovními orgány není schopna kvalitně půdu připravit ani při opakovaném zpracování půdy. S opakováním každé pracovní operace v rámci předsetové přípravy rostou samozřejmě také náklady na pěstovanou plodinu. Kvalitnější předsetovou přípravu zajistí mechanizační prostředky s aktivně poháněnými pracovními nástroji. Zde však hrozí nebezpečí **poškození struktury** půdy v důsledku drcení tvrdých a nerozpadavých skýv a hrud. Z důvodu ztráty půdní vláhy a zajištění slehnutí půdy ořeme na jaře mělce.

Podstatné je při jarní orbě zamezit tvorbě velkých skýv a přeschnutí oranice. Lze-li měnit záběr pluhu, ořeme se staženým pluhem a pro urovnání povrchu oranice použijeme půdní pěchy přímo při orbě. Svě opodstatnění má jarní orba při zaorávce porostů vymrzlých či nevyvrzlých meziplodin, ale v některých případech i statkových organických hnojiv, z důvodu **omezení rychlé degradace organické hmoty a omezení ztrát dusíku do spodních vrstev půdy a následně do podzemních vod** na lehkých půdách v suchých a teplých oblastech.

6.3. Hloubka orby

Hloubka orby je určena zejména požadavky **následné plodiny** ve vztahu k **termínu provedení orby, půdním podmínkám** a potřebám zapravení **organických** či minerálních hnojiv do půdy.

Z hlediska hloubky rozlišujeme orbu na:

- mělkou do 0,18 m,
- střední 0,18 až 0,25 m,
- hlubokou 0,25 až 0,30 m,
- velmi hlubokou nad 0,30 m.

Mělká orba se z důvodu půdních podmínek provádí na mělkých nebo kamenitých půdách, které jsou většinou typické pro vyšší oblasti. Zcela dostačující je pro založení letních meziplodin.

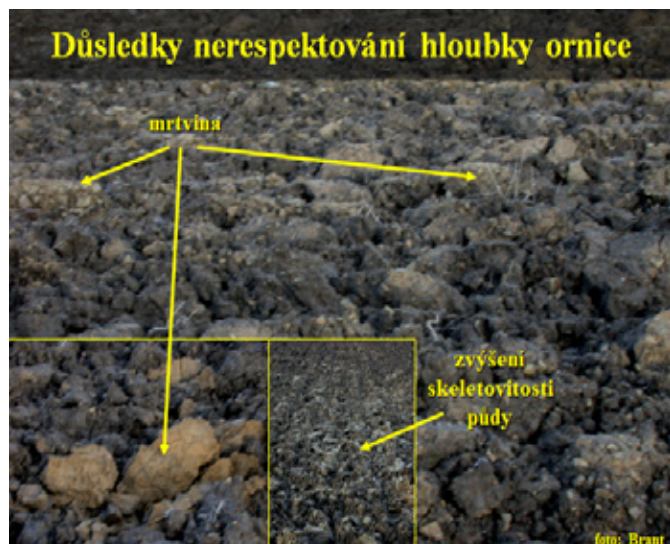
Střední orba zajistí optimální půdní vlastnosti pro pěstování plodin kořenicích především v orniční vrstvě a nevyžadujících hluší nakyplení orničního profilu. Praktickým příkladem střední orby je setová orba pro ozimé plodiny a podzimní orba na plochách, kde budou založeny porosty jarních obilnin, luskovin, hořčice, máku atd. Orba na střední hloubku se provádí při **setové orbě** pro ozimé plodiny (ozimé obilniny a ozimá řepka) a při podzimní orbě na těch plochách, kde budou založeny porosty jarních obilnin, luskovin, hořčice, máku atd. Orbou jsou do půdy zapravována organická hnojiva. Proto je využívána při zpracování půdy pod brambory se současnou zaorávkou chlěvského hnoje.

Hluboká orba umožňuje prokypření a provzdušnění většinou celého orničního profilu. Zároveň na základě prokypření celého profilu ornice vytváří podmínky pro optimální rozvoj kořenového systému. Omezuje rozvoj víceletých a vytrvalých plevelů. Provádí se k okopaninám s křivým kořenem (cukrová řepa, kořenová zelenina apod.).

Velmi hluboká orba je využívána k prohlubování ornice na hlubokých půdách. Na humózních půdách může být využita k cukrovce, kde pozitivně ovlivňuje výnos a cukernatost.

Při provádění hluboké a velmi hluboké orby je potřebné respektovat hloubku ornice, aby při jejich provádění nedošlo k vynesení biologicky neaktivní půdy „mrtviny“ z podorničí a zvýšení skeletovitosti ornice (obr. 54). Všeobecně platí zásada, že s hloubkou orby roste její ekonomická náročnost. Obecně platí, že zpracování jednoho

centimetru půdy na ploše jednoho hektaru je spojeno se spotřebou 1 l pohonných hmot, tato hodnota se v závislosti na stavu půdy a typu pracovních nástrojů při dané pracovní operaci pohybuje v rozmezí 0,5 až 1,5 l na 1 hektar při hloubce zpracování 1 centimetr.



Obr. 54: Nerespektování hloubky ornice vede k vynesení mrtviny z podorničí (vlevo) a zvýšení skeletovitosti (vpravo).

Při zakládání vytrvalých kultur jako jsou chmelnice, intenzivní sady či vinice se provádí **orba rigolovací**. V závislosti na půdním profilu a hloubce ornice se pohybuje v rozmezí 0,4 – 0,7 m. Rigolování půdy má upravit půdní vlastnosti pro následné několikaleté pěstování vytrvalých plodin.

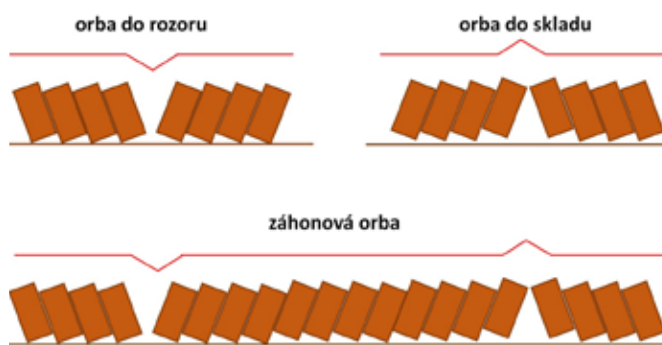
6.4. Způsoby provedení orby

Rozdílná konstrukce radličných pluhů vyžaduje odlišné způsoby provedení orby a pohyb orebních souprav po pozemku. Při využití **jednostranných radličných pluhů**, které obracejí půdu pouze doprava, se provádí **záhonová orba**. Pozemek rozdělí na **záhony**, na kterých se směr obracení půdy střídá. Na jednotlivých záhonech se střídavě provádí orba **do skladu a do rozoru**. Důsledkem tohoto způsobu orby je vznik skladů a rozorů v místě styku záhonů (obr. 55). Zejména rozory, kde jsou skývy uloženy na opačnou stranu a vzniká tak otevřená brázda, se problematicky urovňávají při předsetové přípravě (obr. 56).

Při orbě do skladu se začíná uprostřed záhonu a pokračuje se k jeho okrajům. Nejdříve se ve středu pozemku provede pomocí dvou opačných jízď **rozorávka**, kdy dojde k odorání půdy na levou a pravou stranu záhonu. Následně je ve středu pomocí dvou následných opačných jízď půda složena a vznikne **sklad**. Dále se pokračuje v orbě směrem k okrajům záhonu.

Při orbě do rozoru se začíná orat na stranách záhonu, skýva se obrací směrem ven ze záhonu, a postupuje se tak do jeho středu.

Souvratě jsou zaorány **nakonec** (buď do skladu, nebo do rozoru). Na souvratích dochází v důsledku otáčení se orebních souprav ke značnému **utuzení půdy**. Obdobný způsob provedení orby platí pro **rotační talířové pluh**.



Obr. 55: Záhonová orba má vliv na rovinu povrchu pozemku (zdroj Brant).



Obr. 56: Rozory se problematicky urovňávají při předsetové přípravě (foto Brant).

Orba do roviny se provádí pomocí **oboustranných otočných radličných pluhů** nebo **oboustranných výkvných pluhů**. Při tomto způsobu orby se nevytvářejí sklady ani rozory. Orat se začíná na jedné straně a následně je využíván člunkovitý způsob pohybu po pozemku. Orební souprava se na souvratí pouze otáčí a nedochází tak k jejímu přejíždění jako u orby záhonové. Povrch pozemku zůstává po provedení orby **rovný** (obr. 57). To přispívá ke zkvalitnění předsetové přípravy půdy.



Obr. 57: Povrch pozemku při orbě do roviny (zdroj Brant).

Zvláštním případem je orba **svažitých pozemků**. Svažitě pozemky se začínají orat od vrchního okraje pozemku po vrstevnici. Pomocí oboustranných pluhů jsou skývy obraceny proti svahu. Tím je zajištěno ukládání půdy v opačném směru, než je ornice **splavována srážkovou vodou**. V zimním období hřebeny brázd postavené kolmo na sklon pozemku snižují nebezpečí vzniku **vodní eroze**.

Problematická je **orba nepravidelných pozemků** nebo jejich částí, zejména klínovitého tvaru. Zcela **nevhodné** jsou pro orbu těchto ploch jednostranné pluh. Při jejich použití se nevyhne nepropracování jízďám po pozemku a špatné kvalitě práce spojené s malou

výkonností soupravy. Nejvhodnější pro orbu klínovitých pozemků jsou **oboustranné otočné pluhu s plynule měnitelným záběrem pluhu** (obr. 58). Plynulá změna záběru pluhu během jízdy umožní na širší straně pozemku orat s pluhem nastaveným na plný záběr a ten postupně zmenšovat směrem k ostrému úhlu pozemku. Tyto pluhu umožní rovněž bezproblémové oborávání překážek nacházejících se na pozemku.



Obr. 58: Díky speciální konstrukci pluhů (tzv. vario-pluh) lze během jízdy plynule měnit záběr pluhu, stupnice na rámu pluhu umožňují traktoristovi nastavit požadovaný záběr (detail) – foto Brant.

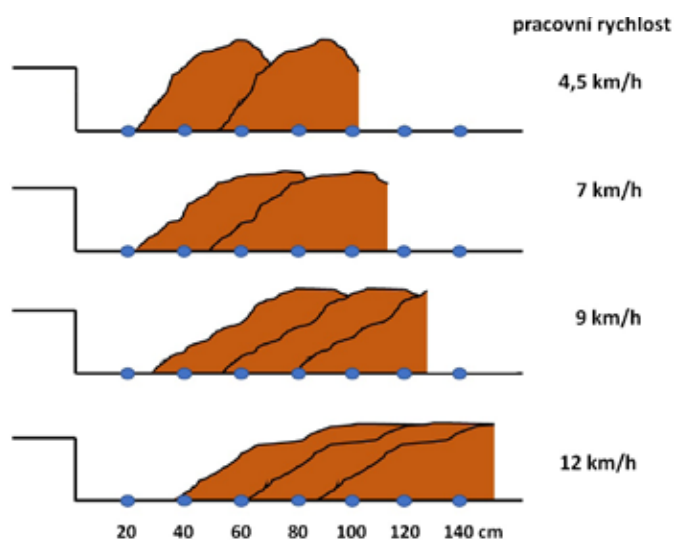
6.5. Orební poměr

Maximální hloubka orby pluhu je limitována záběrem orebního tělesa. Vztah mezi šířkou záběru orebního tělesa a hloubkou orby je dán **orebním poměrem**, který lze vypočítat ze vztahu:

$$\text{orební poměr} = \frac{\text{šířka záběru orebního tělesa}}{\text{hloubka orby}}$$

Pro kvalitní obracení skývy je potřebné, aby hodnota orebního poměru činila minimálně 1,27. Lepší **drobení půdy** a kvalitnější **zapravení organické hmoty** je dosaženo při menším záběru orebního tělesa. Použití širších orebních těles při hlubší orbě zvyšuje hřebenitost pozemku. Hřebenitost lze rovněž ovlivnit **rychlostí orby** (obr. 59).

Vyšší rychlosti orby v kombinaci s užším záběrem orebních těles se využívá zejména při setové orbě. Pro lehčí půdy je doporučena hodnota orebního poměru 1,3 až 1,5 a pro střední až těžké 1,6 až 2. Z hlediska kvality orby platí, že se snížením **hloubky** orby musí klesat i záběr orebního tělesa.



Obr. 59: Vliv rychlosti orby na hřebenitost při použití kulturní odhrnovačky (upraveno podle Esler a Knittel, 1996).

6.6. Základní požadavky na kvalitu orby

Z hlediska vytvoření optimálních půdních podmínek pro následnou plodinu na pozemku je dodržení hloubky orby. Stanovení hloubky orby je vždy kompromisem vycházejícím z agrotechnických požadavků, aktuálního stavu půdy a vynaloženými náklady. Pro zajištění rovnoměrné hloubky orby ve vztahu k ekonomice orby je využití **silové** či **smíšené regulace** výšky ramen zvedacího ústrojí tříbodového závěsu traktoru. Při využití traktorů bez těchto regulačních systémů hydrauliky dochází k vyšší spotřebě nafty při orbě oproti traktorům vybavených regulačními systémy. Dodržením nastavené hloubky orby se snižuje rovněž nebezpečí vyoraní mrtviny.



Obr. 60: Při špatném seřízení pluhu jsou patrné jednotlivé záběry orební soupravy (foto Brant).

Hodnocení **hřebenitosti** se odvíjí od agrotechnických požadavků vycházejících z termínu založení porostů, druhu následné operace a použitých mechanizačních prostředků a zajištění potřeby zachycovat srážkovou vodu. Nižší hřebenitost je žádoucí při setové, případně při jarní orbě, naopak podzimní a zimní orba splní svoji funkci při vytvoření dostatečné hřebenitosti, jedná-li se o oblasti se sněhovou pokrývkou v zimním období a s vyšší pravděpodobností promrznutí půdy.

Orba je jednou z operací zajišťující **urovnání povrchu pozemku**. Na zoraném pozemku by neměly být patrné jednotlivé záběry pluhu a výška hřebenů by měla být na celém pozemku shodná (obr. 60). To lze zajistit především správným **seřizením pluhu**. Důležité je příčné a podélné seřizení pluhu.

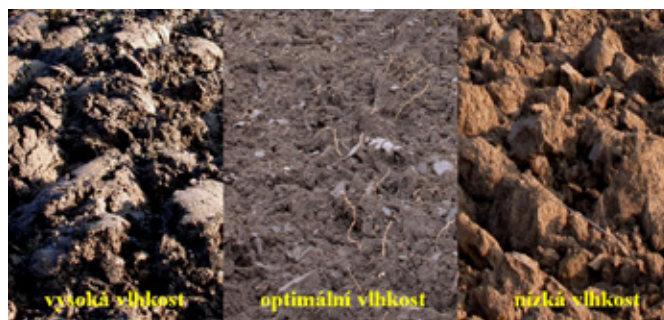
Jedním z důležitých úkolů orby je dokonalé **zapravení organické hmoty** do půdy (obr. 61). Ke splnění tohoto požadavku významně přispívá předchozí provedení podmínky. Zejména v případech, kdy jsou pro předsetovou přípravu využívány mechanizační prostředky s pasivně pracujícími nástroji nebo stroje s aktivně pracujícími nástroji s malým ventilačním efektem a následuje výsev pomocí secího stroje s radličkovými botkami, je kvalitní zapravení organické hmoty bezpodmínečně nutné. Při orbě dobře seřazeným pluhem zůstává na povrchu půdy méně než 10 % posklizňových zbytků či organických hnojiv.



Obr. 61: Nekvalitní zapravení slámy při orbě v důsledku špatného sběru slámy (vlevo) a nepodmíněného vysokého strniště (vpravo) – foto Brant.

Kvalitní orba zajistí dokonalé **podříznutí a zaklopení plevelů**, čímž se omezí rozvoj zejména víceletých a vytrvalých plevelných druhů.

Podmínkou pro zajištění kvalitní orby a minimalizace její ekonomické náročnosti je její provedení za optimálních půdních podmínek (obr. 62). Orba vlhké půdy vede k vytvoření **kompaktních skýv**, které jsou obtížně zpracovatelné. Vzniku celistvých skýv je potřebné se vyvarovat zejména při setové a jarní orbě. Orba příliš suché půdy je spojena se vznikem velkých a tvrdých hrud. Takové hroudy snižují kvalitu předsetové přípravy po orbě setové a zvyšují ekonomickou a časovou náročnost předsetové přípravy.



Obr. 62: Podmínkou kvalitní orby a minimalizace její ekonomické náročnosti je její provedení za optimálních půdních podmínek (foto Brant).

6.7. Technické prostředky pro provádění orby

Základem orebního zpracování půdy je využití radličných pluhů, jejichž primárním pracovním nástrojem je orební těleso. Tedy nástroj, díky němuž dochází k zajištění nejvýznamnějšího vlivu na půdní hmotu v ornicičním profilu, jež se následně projevuje na změně uspořádání půdní hmoty v ornicičním profilu na základě drobení, obracení, kypření a mísení půdy.

Orební těleso odřezává, drobí, mísí a obrací půdu při orbě. Skládá se z čepele, odhrnovačky (odhrnovací desky), plazu (případně plazu s patkou) a může být osazeno zahrnovačem rostlinných zbytků (obr. 63). Jednotlivé části orebního tělesa jsou spojeny a pomocí **slupice** uchyceny na rám pluhu.

Čepel odřezává skývu od dna brázdy. Je velmi namáhanou částí pluhu a její ostrost rozhoduje o kvalitě a ekonomické náročnosti orby.

Odhrnovačka se dle typu podílí na drobení, mísení, kypření a obracení odříznuté skývy. Z hlediska tvaru pracovního povrchu rozlišujeme čtyři základní typy odhrnovaček: **válcové, kulturní, pološroubové a šroubové**. Odhrnovačka u jednodušších konstrukcí sestává z jedné souvislé desky, nebo je z důvodu možnosti výměny jednotlivých jejích částí složena z více částí. Za účelem zvýšení drobení skýv jsou do spodní části odhrnovačky, nad čepele, umístovány řezné desky, v praxi označované jako tzv. „žraločí ploutve“.

Válcová odhrnovačka se výrazně uplatnila u oboustranných výkvných pluhů, čímž omezovala jejich použití na orbě lehkých půd bez možnosti zapravení většího množství organické hmoty do půdy.

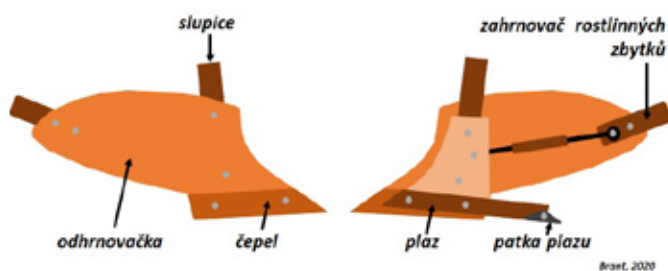
Kulturní odhrnovačka dobře drobí a mísí půdu, je vhodná pro orbě lehkých a středních půd. **Pološroubová** odhrnovačka zajistí kvalitní zpracování půd těžkých a lze je využít i pro orbě svažitých pozemků.

Šroubová odhrnovačka nejkvalitněji půdu obrací, ale nejméně drobí. Svě opodstatnění má při orbě drnu. Z důvodu snížení pracovního odporu pluhu v důsledku omezení tření mezi půdou a plochou odhrnovačky lze na těžkých půdách využít páskové odhrnovačky (obr. 64).

Dalším technologickým posunem je využití plastových odhrnovaček (obr. 65), které snižují tření mezi půdou a plochou odhrnovačky. Omezené je použití plastových odhrnovaček na písčitéch půdách z důvodu jejich rychlého opotřebení.

Plaz zachycuje boční síly působící na pluh při orbě (udržuje stabilitu pluhu). **Zahrnovače rostlinných zbytků** napomáhají zapravení orga-

složení orebního tělesa radličného pluhu



Obr. 63: Složení orebního tělesa radličného pluhu.



Obr. 64: Orba pomocí orebních těles s plnými odhrnovačkami a střížnou pojistkou (vlevo) a odhrnovačkami páskovými s automatickou pojistkou s tlačnými pružinami (vpravo), foto Brant.



Obr. 65: Využití plastových odhrnovaček má usnadnit posun skývy po odhrnovačce, včetně snížení přilnavosti půdních částic (foto Brant).

nické hmoty do půdy. Jsou různé délky a liší se rovněž úhlem, který svírají s odhrnovačkou. Typ zahrnovače rostlinných zbytků je nutné volit dle množství organické hmoty určené k zaorání a ve vztahu k půdnímu druhu.

Součástí orebních jednotek pluhu může být **krojídlo**. Krojídla jsou zpravidla kotoučová, výjimečně nožová, a zajišťují dokonalé odříznutí

skývy svisle před řeznou hranou odhrnovačky. Často je použito pouze jedno krojídlo u posledního orebního tělesa.

Děliče skýv jsou umísťovány na spodní nábehovou stranu odhrnovačky nebo do její středové části. Jsou v podobě nožů, které mají za úkol narušit odkrajanou skývu při jejím posunu po odhrnovačce a tím zlepšit drobení půdy.

Pro orbu víceletých pícein je vhodné osadit pluhu **předradličkami** (obr. 66). Předradlička odkrajuje před hlavním orebním tělesem menší skývu z neintenzivněji prokořeněného profilu širokého asi dvě třetiny šířky záběru orebního tělesa a necelou polovinu z hloubky odříznuté skývy orebním tělesem. Ta padá na dno brázdy, čímž je většina rostlinných zbytků následně zaklopena. Kvalitní zaklopení rostlinných zbytků usnadňuje následnou předseťovou přípravu a seti.

Nelze-li provést orbu víceletých pícein pomocí orby s předradličkou, je potřebné strniště včas (3 až 4 týdny před orbou) **podmítnout** radličkovými nebo talířovými kypřiči. Tato technologie snižuje nebezpečí přesušení půdy pro následnou plodinu. Případně lze v dostatečném časovém odstupu před provedením orby provést aplikaci neselektivních herbicidů z důvodu eliminace jejich regenerace.



Obr. 66: Umístění předradličky před orebním tělesem, ve spodní části fotografie je patrné kotoučové krojídlo (foto Brant).

K prokypření ztuhlého podorníci lze využít **podrýváky**. Podrýváky se montují za každé orební těleso, nebo z důvodu snížení orebního odporu ob jedno (obr. 67). Variantou je rovněž umístění podrýváku pouze před první orební těleso. Umístění podrýváku pouze před prvním tělesem snižuje všeobecně vysokou ekonomickou náročnost orby spojenou s podrýváním a kypří podbrázdí v místě, kde v brázdě jede kolo traktoru. V současné době se podrýváky využívají i z hlediska tzv. dvouvrstevného zpracování ornice. Horní část ornice je zpracovávána orebními tělesy a spodní část je kypřena podrývákem.



Obr. 67: Umístění podrýváku na orebním tělesem (foto Brant).

Orební tělesa jsou **chráněna před poškozením** při najetí na pevnou překážku. Pluhy určené pro orbu hlubokých a nekamenitých půd jsou vybavovány **střížnými pojistkami**. Při přestřížení střížného kolíku je nutné práci přerušit a pojistku vyměnit. Pluhy využívané k orbě kamenitých a mělkých půd jsou vybavovány automatickými pojistkami (pneumatické, hydraulické, mechanické), které umožňují po vychýlení se orebního tělesa z důvodu najetí na pevnou překážku jeho návrat do původní pracovní polohy.

6.7.1. Konvenční radličné pluhy

Jednostranné pluhy umožňují pouze záhonový způsob orby. Jsou vhodné pro zpracování velkých a rovinných pozemků. Z hlediska konstrukce jsou osazeny orebními tělesy pouze na jedné straně a skývu obracejí doprava (obr. 68). Ve srovnání s pluhy oboustrannými se vyznačují přibližně o 1/3 nižší hmotností, konstrukční jednoduchostí a nižší cenou. V podmínkách evropského zemědělství z důvodu omezení zhutnění půdy na souvratích, zvýšení plošné výkonnosti a tvorby rovinného povrchu pozemku dominují oboustranné pluhy.



Obr. 68: Jednostranné pluhy umožňují pouze záhonový způsob orby (foto Brant).

Oboustranné osazení orebních těles na rámu **oboustranných (otočných) pluhů** (obr. 69) umožňuje orbu do roviny a orbu po vrstevnicích na svažitých pozemcích. Jejich nevýhodou je však asi o třetinu



Obr. 69: Oboustranný radličný pluh se zařízením pro uchycení půdního pěchu (foto Brant).

vyšší hmotnost v porovnání s pluhy jednostrannými, čímž je dána také jejich vyšší cena a vyšší nároky na tahovou sílu traktoru a výkon hydraulické soustavy. Většinou jsou tyto pluhy konstruovány jako pluhy s měnitelným záběrem. Záběr pluhu je měnitelný buď mechanicky před započítáním orby, nebo plynule během jízdy pomocí hydraulického systému (tzv. vario).

6.7.2. Ostatní konstrukční řešení pluhů

Přestože je orba historicky spjata s konvenčními radličnými pluhy, vývoj odlišných konstrukčních řešení se nevyhnul ani této pracovní operaci. Další konstrukční řešení se snažila zjednodušit technické řešení konstrukce (talířové pluhy), ale také hmotnost samotného stroje (výkyvné pluhy). Dále se jedná o konstrukce umožňující zpracování těžkých půd (rotační pluhy) a o určitou míru náhrady rigolovacích pluhů rýčovými pluhy.

Odklon evropského zemědělství od orby vedl k omezení výroby a k poklesu zájmu praxe o výše uvedená technická řešení. Z hlediska rozvoje ekologického zemědělství či integrovaných pěstebních systémů, však nelze výraznější návrat k orbě, včetně návratu ostatních konstrukcí pluhů, vyloučit.

Výkyvné pluhy, se kterými se lze dnes setkat jen omezeně, jsou díky své konstrukci lehké a systém vychýlení rámu vpravo či vlevo je konstrukčně jednodušší než u otočných pluhů oboustranných. Umožňují orbu do roviny. Z hlediska konstrukce orebních těles jsou vhodné především pro zpracování **lehčích nebo strukturních** půd (obr. 70). Při značném množství organické hmoty na povrchu půdy dochází k jejímu nekvalitnímu zapravení. Pracovní rychlost se při zpracování radličnými pluhy pohybuje kolem 7 km/h. Případný zájem o výkyvné pluhy řeší v současné době zemědělci nákupem starších a repasovaných strojů, které jsou na evropském trhu relativně dobře dostupné.



Obr. 70: Oboustranný výkyvný pluh je vhodný pro orbu lehkých půd (foto AGRAVIS Raiffeisen AG, <https://www.agravis.de/>).

Rotační pluh patří do skupiny strojů s aktivně poháněnými pracovními nástroji a jsou určeny pro zpracování **těžkých půd**. Rotační pluhy jsou schopny zpracovávat zamokřenou, ale také suchou půdu. Při zpracování suché půdy je oproti radličnému pluhu půda více rozmělněná, tím nedochází k vytvoření velkých hrud a předsetová příprava je snazší. Šikmý rotor pluhu je poháněn pomocí vývodové hřídele traktoru (obr. 71). Intenzita zpracování je ovlivněna volbou rotoru pluhu. Tyto pluhy dobře obrací půdu a přijatelně zapravují rostlinné zbytky do půdy. Podbrázdi je ve srovnání s radličnými pluhy méně utužováno. Pracovní rychlost se pohybuje kolem 7 km/h. V současné době nejsou stroje obdobné konstrukce na evropském trhu nabízeny.



Obr. 71: Rotační pluhy jsou určeny pro zpracování těžkých půd (foto KUHN, <https://www.kuhn.com/>).

Na východ od Evropy se lze stále setkat s **talířovými pluh**. Jejich jednoduchá konstrukce a nižší náročnost na tahovou sílu tažného prostředku, zejména u pluhů s nižším záběrem, jsou stále faktory vedoucí k zájmu o tuto konstrukci. Dobře použitelné jsou při orbě předtím neorané půdy, například i při výskytu drobných náletových dřevin (obr. 72).



Obr. 72: Talířové pluhy se vyznačují jednoduchou konstrukcí, vykazují však ve srovnání s radličnými horší kvalitu zapravení rostlinných zbytků (foto Brant).

Rýčové pluh umožňují intenzivní a hluboké zpracování půdy. Zpracování půdy pomocí rýčových pluhů přispívá k tvorbě nekapilárních pórů na jílovitých či slévacích půdách. Tyto pluhy jsou schopny kvalitně zpracovat i velice tvrdou, suchou nebo dokonce i zmrzlou půdu. Při zpracování vlhké půdy nedochází k prokluzu hnacích kol tažného prostředku. Orba rýčovými pluhy omezuje riziko vzniku podorniční podlahy a celkového utužení podorničí. Stroje jsou konstruovány buď na principu rotačním, nebo na principu „bod-hod“ – pracovní nástroj se zaryje do půdy a odhodí půdu za sebe (obr. 73). Především ve chmelnicích a vinicích nahrazují práci rigolovacích pluhů (obr. 74). K orbě půdy při pěstování běžných polních plodin se téměř nevyužívají.



Obr. 73: Rýčový pluh využívající konstrukce „bod-hod“ (foto Brant).



Obr. 74: Rigolovací pluhy jsou určeny k hlubokému zpracování půdy především před zakládáním trvalých kultur (foto Brant).

6.8. Orba a riziko zhutnění půdy

Orba obecně jako jiné pracovní operace přispívá ke zhutňování půdy na souvratích v důsledku **přejezdů** a **otáčení** se orebních souprav. Záhonová orba v důsledku většího počtu přejezdů po souvratí přispívá k intenzivnějšímu utužení půdy a ke vzniku technogenního zhutnění.

Při orbě prováděné konvenčními radličnými pluhy jede traktor jednou stranou kol v brázdě (obr. 75). Zejména při zpracování vlhké půdy dochází na základě působení **hmotnosti soupravy** přenášené na kola traktoru a **prokluzu hnacích kol k utužování podorníci**. Přenášení hmotnosti zpracovávané půdy na orební tělesa, samotná hmotnost pluhu a jeho pohyb v půdě přispívají k utužování podbrázdí, kde může vznikat silně utužená vrstva půdy tzv. **podorníční podlaha** (obr. 76). Vznik podorníční podlahy lze částečně eliminovat každoroční změnou hloubky orby v obou směrech o několik centimetrů, ale především zpracováním půdy za vhodných půdních podmínek. Opomenout nelze ani pěstování meziplodin za účelem biologického zpracování půdy v podorníci.

Jednou z možností, jak snížit tlak traktoru při orbě na půdu, je použití **širšího profilu pneumatik**. Použití pneumatik se širším profilem při orbě umožňují **kosočtvercové** odhrnovačky, které vytvářejí širší brázdou. Další možností je osazení posledního orebního tělesa doplňkovým krojídlem, které na základě odkrojení boku stěny brázdy nezorané části pozemku vytvoří širší brázdou pro **pneumatiku**.

Z hlediska omezení jízdy traktoru v brázdě lze využít méně rozšířené konstrukce připojení pluhů, které umožňují jízdu traktoru **všemi koly po povrchu** nezorané části pozemku, nebo využití pásových traktorů. Tím je omezeno utužování půdy v jejich spodních vrstvách a dochází ke zlepšení využití tahové síly traktoru. Šíře profilu pneumatik není v tomto případě limitována šířkou brázdy a lze využít i zdvojená kola nebo pásové traktory.



Obr. 75: Při orbě radličnými pluhy jede traktor jednou stranou kol v brázdě (foto Brant).



Obr. 76: Zejména orba za nevhodných vlhkostních podmínek vede k vytváření podorníční podlahy (foto Brant).

6.9. Chytré pluhy

Termín chytré pluhy je spojován především s doplňkovými funkcemi pluhu, nicméně tyto funkce mohou mít poměrně významný dopad například **na spotřebu pohonných hmot, počet přejezdů nebo časové využití soupravy**. Řada možností se také otevřela spolu s využitím přesné navigace, elektrohydrauliky traktoru a elektronických zařízení, která jsou schopna vzájemného propojení a komunikace mezi tažným prostředkem a pluhem. Napojením na **ISOBUS** traktoru nastavíme autonomní vyhlubování a zahlubování pluhu, nebo jeho otáčení na souvratích, včetně seřízení pluhu.

Dalším příkladem je **sekční kontrola jednotlivých orebních těles**, které omezí typický obrazec vyhlubování a zahlubování pluhu ve tvaru písmene „Z“ na souvratích. Systém umožní individuálně zvedat a spouštět orební tělesa. Dojde k zarovnání souvratě a souvratě je také stejně široká. Sníží se počet jízd na souvratí a nedochází rovněž k vynášení jednou zaklopených rostlinných zbytků. Díky možnosti ovládní jednotlivých těles můžeme optimalizovat tahový odpor pluhu, přizpůsobit počet orebních těles aktuálním podmínkám a výkonu traktoru. Také na svazích můžeme snížit počet radlic při jízdě do svahu a naopak při jízdě opačné.

Praktickou funkcí je také dorovnávání brázdy podle linie, řízené pomocí navigace. Opačně je možné měnit variabilně záběr pluhu a tím přizpůsobovat šířku záběru při orbě nepravidelných pozemků a zakřivení hranic pozemku.

S přídatnými generátory, integrovanými generátory nebo rovnou elektrotraktory lze využít elektrickou energii k pomocnému pohonu externího zařízení nebo náprav a kol připojených prostředků. Na obrázku 77 je pomocný elektromotor instalovaný do náboje opěrného kola pluhu. Pohon se spouští v okamžiku vyššího prokluzu traktoru nebo při potřebě vyšší tahové síly.

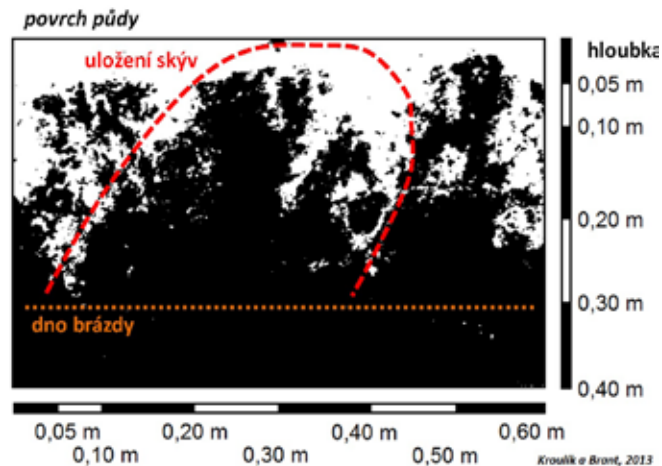


Obr. 77: Pomocný elektromotor v náboji kola pluhu pro zajištění účinnější trakce a snížení prokluzu traktoru (foto Kroulík).

6.10. Vliv orby na parametry orničního profilu

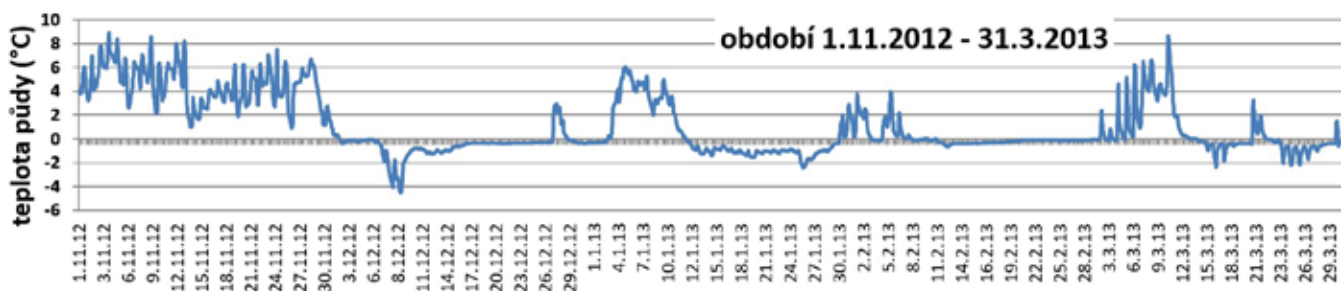
V důsledku účinku pracovních nástrojů zpracovávajících půdu může docházet k **výrazné variabilitě půdních parametrů** (teplota půdy, vlhkost půdy, infiltrace, obsah kyslíku, utužení a další) na malé ploše ve vztahu k velikosti pozemku. Tyto plochy následně ovlivňují vývoj rostlin a přispívají k nárůstu heterogenity mezi jedinci v rámci porostu. Zároveň dochází k periodickému opakování tohoto vlivu na pozemku, které v závislosti na variabilitě půdních vlastností, stavu půdy, pracovní rychlosti, svažitosti, množství a kvalitě rostlinných zbytků apod. vytváří na pozemku vysoký počet rozdílných podmínek pro vývoj rostlin. Výrazně může na heterogenitu půdního prostředí působit i samotná orba. Především se zde projevuje vliv půdního druhu a aktuálních půdních podmínek, které ovlivňují kompaktnost skýv. Rolí

hraje samozřejmě i geometrie plužního tělesa. Se vznikem kompaktních skýv narůstá riziko vzniku nakypřených (prostor mezi skývami) a méně nakypřených míst v půdním profilu. Při mírném průběhu zimy je rovněž nutné počítat s **minimálním efektem vlivu mrazu** na půdu (obr. 78), především v hloubkách pod 100 mm. Nedokonalé promrznutí půdy opět zvyšuje možnost nerozpadnutí se kompaktních skýv. Tím následně narůstá riziko utužení půdy při předsetové přípravě půdy. Z obrázku 79 je patrný vliv orby na infiltraci vody do půdy, který byl zaznamenán ještě na konci srpna.



Obr. 79: Grafické znázornění modré infiltrace na oraných plochách v porostu kukuřice (25.8.2013) – bílá barva dokumentuje místa infiltrace vody 24 h po zalití (modální černozem).

Vliv orby na půdní parametry lze doložit na základě testování tří rozdílných konstrukčních řešení orebních těles. V rámci pokusů byl na lokalitě s modální hnědozemí hodnocen vliv orby provedené třemi rozdílnými pluhy od odlišných výrobců (30.11.2014) na hodnoty penetračního odporu, objemové vlhkosti půdy, modré infiltrace a na výškový profil povrchu půdy. Hodnocení výše uvedených charakteristik proběhlo 11.12.2014. Hodnocen byl pluh osazený pološroubovitými odhrnovačkami (PL1), pluh s pološroubovitými pásovými odhrnovačkami a s namontovanými předradličkami (PL2) a pluh s odhrnovačkami vykazujícími parametry odhrnovaček kulturních (PL3). Na základě hodnocení penetračního odporu je patrné, že po-



Obr. 78: Teplota půdy (°C) v hloubce 100 mm (záznam hodnot v hodinovém intervalu) v nakypřené půdě v období od 1.11.2012 do 31.3.2013 – lokalita Budihostice, Střední Čechy (zdroj Brant).

užití pluhu s předradličkou (PL 2) mělo vliv na snížení průměrných hodnot této charakteristiky ve sledovaných vrstvách půdy (tab. 3). Použití předradličky bylo rovněž spojeno s dosažením větší reálné hloubky orby. Vliv hlubší orby (PL 2) na snížení hodnot penetračního odporu ve srovnání s pluhu PL 1 a PL 3 od hloubky půdy 0,32 m je patrný z tabulky 3 a z obrázku 80.

Pluhy PL 1 a PL 3 s deskovými odhrnovačkami vykazovaly **obdobné průměrné hodnoty penetračního odporu** ve sledovaných vrstvách (tab. 3). Na základě stanovení hodnot variačního koeficientu pro penetrační odpor v dané vrstvě půdy (obr. 80) je zřejmé, že na plochách s použitím PL 3 došlo k **výraznějšímu drobení skývy ve srovnání s PL 1**. Půdní profil se na plochách po orbě s PL 1 skládal z většího počtu hrud s větším počtem mezipůdních prostor mezi těmito částicemi. Danou skutečností je způsobena i nejvyšší variabilita hodnot penetračního odporu vyjádřená variačním koeficientem na plochách s PL 1 ve srovnání s PL 2 a PL 3 (obr. 80). Po PL 1 vznikly méně narušené a kompaktní skývy. To potvrdily i půdní sondy

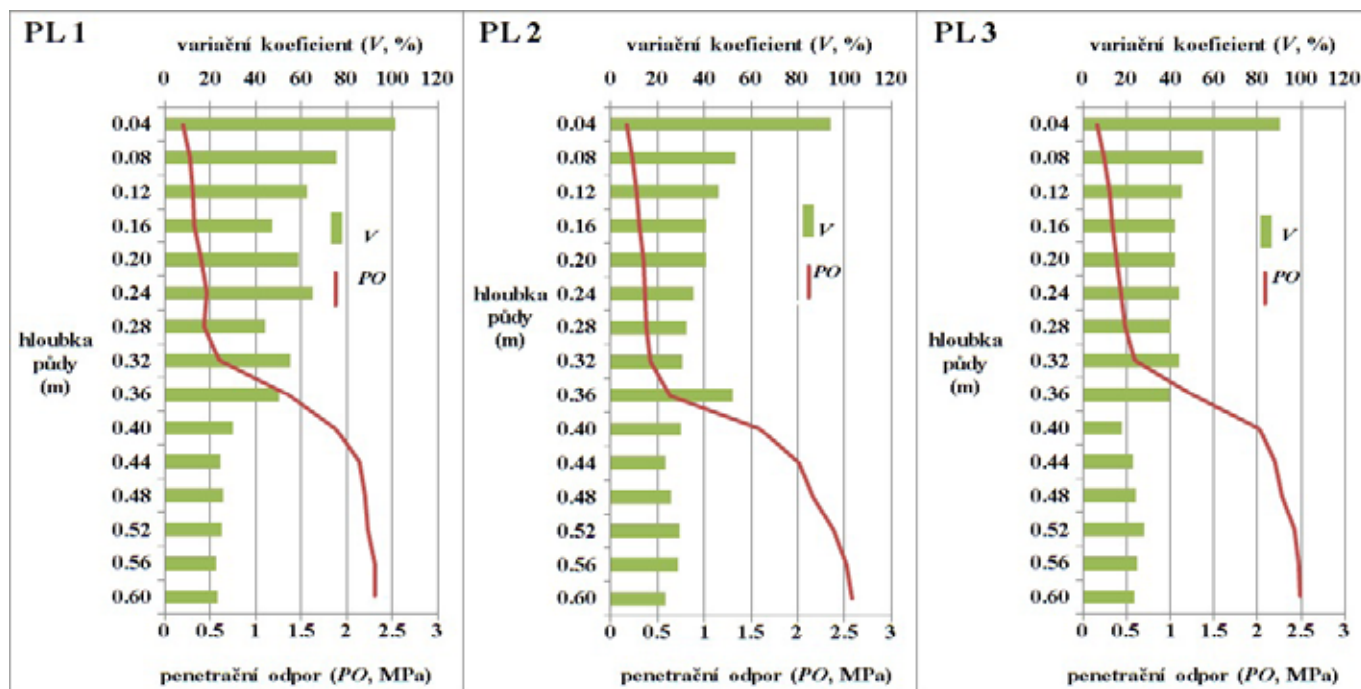
(obr. 81 až 83). Prostorové rozložení hodnot penetračního odporu a jeho kontinuální průběh v rámci hodnoceného transektu dokumentují rovněž obrázky 84 a 85.



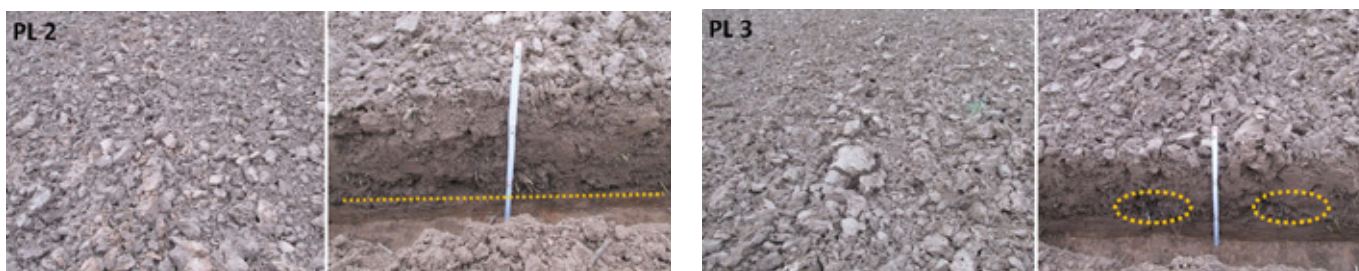
Obr. 81: Stav povrchu pozemku a půdní profil se znázorněním rozmištnění posklizňových zbytků (žlutá čára) při použití pluhu PL 1, bez předradličky (foto Brant).

Tab. 3: Průměrné hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) při hodnocení tří rozdílných pluhů (11.12.2014) ve vrstvách půdy 0,08 – 0,36 m. Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey, ANOVA), zdroj Brant.

pluh	hloubka půdy (m)							
	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36
PL1	0,27 b	0,32 a	0,33 a	0,40 a	0,47 b	0,44 b	0,60 b	1,35 b
PL2	0,23 a	0,28 a	0,31 a	0,35 a	0,37 a	0,38 a	0,43 a	0,64 a
PL3	0,25 ab	0,31 a	0,34 a	0,40 a	0,43 b	0,49 c	0,60 b	1,25 b

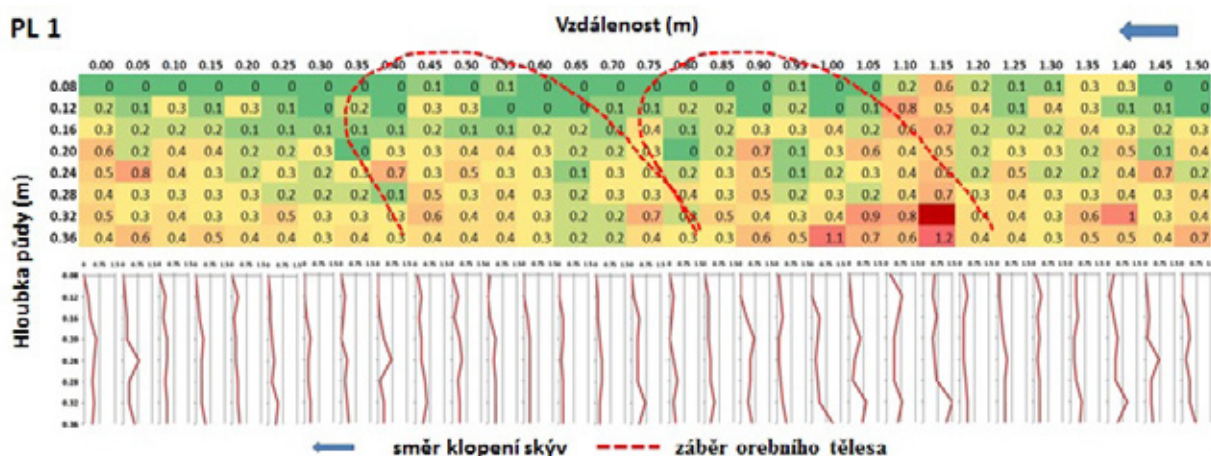


Obr. 80: Průměrné hodnoty penetračního odporu půdy (PO, MPa) a hodnoty variačního koeficientu (V, %) při hodnocení tří rozdílných pluhů (11.12.2014) ve vrstvách půdy 0,04 – 0,60 m (zdroj Brant).

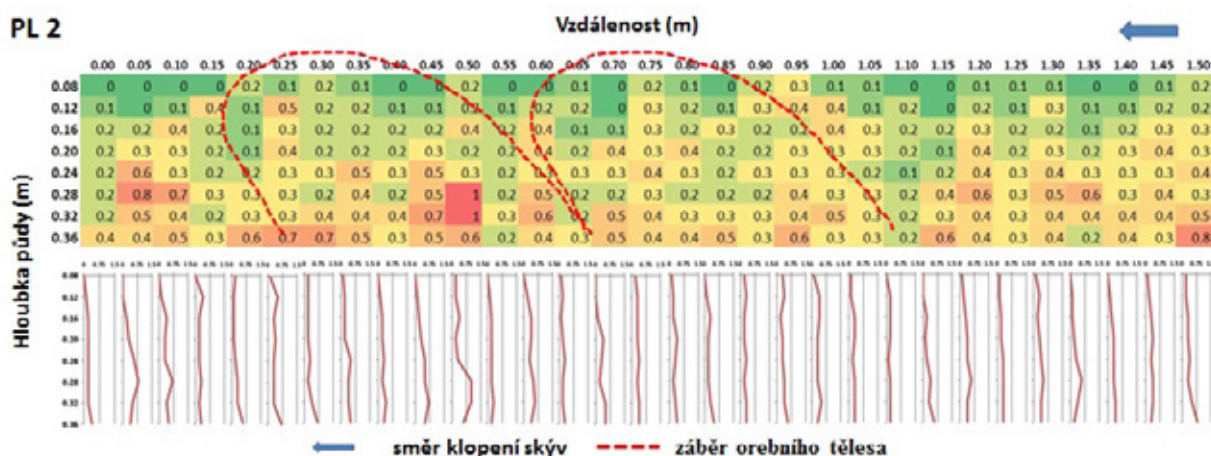


Obr. 82: Stav povrchu pozemku a půdní profil se znázorněním rozmístění posklizňových zbytků (žlutá čára) při použití pluhu PL 2, s předradličkou (foto Brant).

Obr. 83: Stav povrchu pozemku a půdní profil se znázorněním rozmístění posklizňových zbytků (žlutá čára) při použití pluhu PL 3, bez předradličky (foto Brant).



Obr. 84: Variabilita penetračního odporu pŕdy na plochách s pluhem PL 1 (11.12.2014), zĕbĕr orebního tĕlesa 0,45 mm, bez předradličky. Horní graf dokumentuje hodnoty penetračního odporu pro pixely o velikosti 50 x 40 (výška) mm ve vrstvě pŕdy 0,08 – 0,36 m. Spodní graf znázorňuje kontinuální pŕběh hodnot penetračního odporu v rozmezí 0 – 1,5 MPa pro shodné vrstvy pŕdy. Délka kolmého transektu na hĕbeny brázdy činí 1,5 m (zdroj Brant).



Obr. 85: Variabilita penetračního odporu pŕdy na plochách s pluhem PL 2 (11.12.2014), zĕbĕr orebního tĕlesa 0,45 mm, s předradličkou. Horní graf dokumentuje hodnoty penetračního odporu pro pixely o velikosti 50 x 40 (výška) mm ve vrstvě pŕdy 0,08 – 0,36 m. Spodní graf znázorňuje kontinuální pŕběh hodnot penetračního odporu v rozmezí 0 – 1,5 MPa pro shodné vrstvy pŕdy. Délka kolmého transektu na hĕbeny brázdy činí 1,5 m (zdroj Brant).

Kompaktnost skýv na plochách s PL 3 ve srovnání s PL 1 je patrná i po provedení simulace infiltrace pomocí vody s modrým barvivem (obr. 86). Na obrázku 85 je rovněž znatelný vliv orby s předradličkou na rovnoměrnější vsakování vody na základě homogenního probarvení celého orníčního profilu. Zajímavé je také rozložení rostlinných zbytků v ornici (obr. 81– 83). Použití předradličky (PL 2) standardně vedlo k uložení rostlinných zbytků na dno brázdy, u PL 1 se zbytky spíše nacházely mezi stěnami skýv. U PL 3 se naopak výrazněji kumulovaly u dna brázdy, v místě mezi skývami.

Nižší rozdrobení skýv na plochách s PL 3 ovlivnilo také hodnoty objemové vlhkosti půdy měřené jako průměrná hodnota v profilu půdy

Tab. 4: Průměrné hodnoty objemové vlhkosti půdy (%), profil půdy 0 – 0,2 m) a směrodatné odchylky (σ) při hodnocení tří rozdílných pluhů (11.12.2014). Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey, ANOVA), zdroj Brant.

pluh	vlhkost půdy (%)	σ
PL1	19,5 a	3,5
PL2	19,8 a	2,9
PL3	20,8 b	2,3

0 – 0,2 m, které byly na plochách zpracovaných PL 3 vůči ostatním pluhům vyšší (tab. 4). Zde je potřebné mít na paměti, že zpracování půdy je spojeno nejen s poklesem půdní vlhkosti, ale především s poklesem hodnot vodního potenciálu půdy z důvodu snížení hodnot matričního potenciálu. Pokles matričního potenciálu je především ovlivněn zvýšeným tlakem vzduchu na menisky vody v půdních kapilárách.

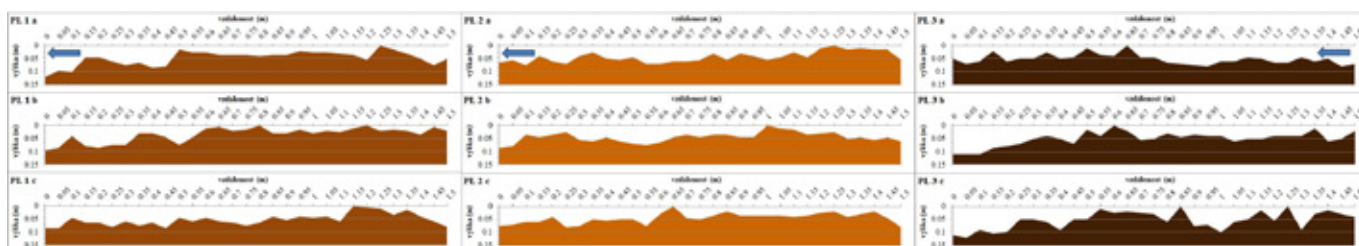
Jednotlivé pluchy měly i rozdílný vliv na tvar výškového profilu půdy. Přestože jsme při hodnocení použili pouze jednorozměrné hodnocení, byly mezi pluchy stanoveny rozdíly (tab. 5 a obrázek 87).

Tab. 5: Průměrné hodnoty výškového rozdílu (m) mezi nejvyšším a nejnižším bodem povrchu půdy (transekt kolmo na směr brázd, délka 1,5 m) a směrodatné odchylky (σ) při hodnocení tří rozdílných pluhů (11.12.2014). Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (Tukey, ANOVA), zdroj Brant.

pluh	vlhkost půdy (%)	σ
PL1	0,045 ab	3,5
PL2	0,044 a	2,9
PL3	0,052 b	2,3



Obr. 86: Simulace infiltrace vody do půdy metodou modré infiltrace na plochách při hodnocení tří rozdílných pluhů (11.12.2014) PL 1 až PL 3 (foto Brant).



Obr. 87: Grafické znázornění výškového profilu povrchu pozemku (transekt kolmo na směr brázd, délka 1,5 m) při hodnocení třech rozdílných pluhů (11.12.2014). Modrá šipka udává směr klopení skýv (zdroj Brant).

7. Zhutnění půdy a kypření podorničních vrstev půdního profilu

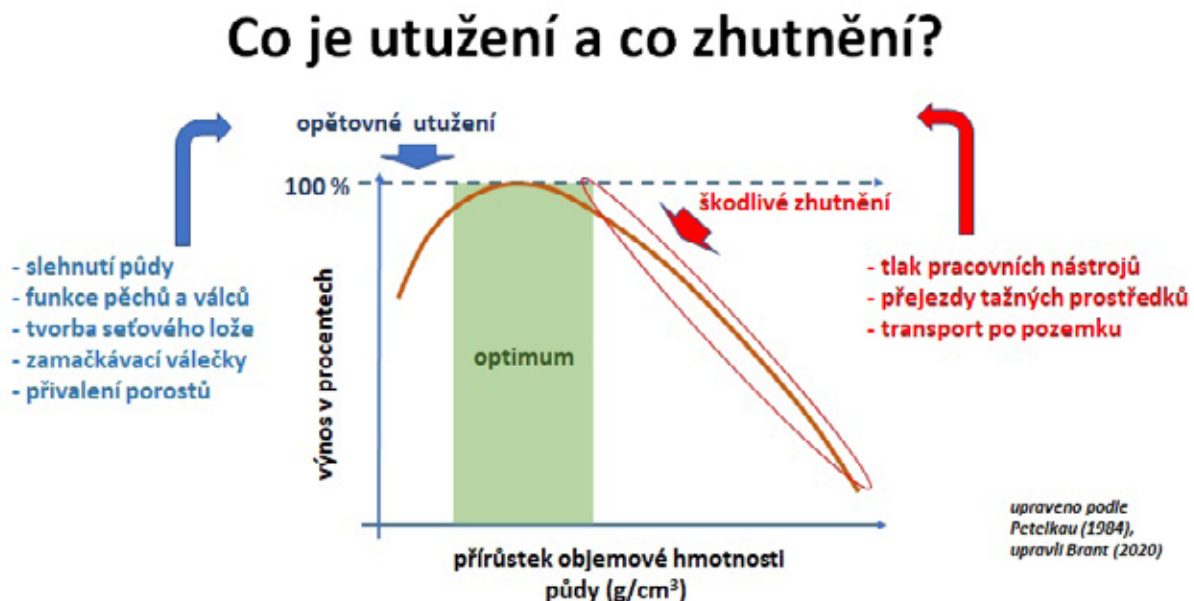
Úkolem jednotlivých pracovních operací prováděných v rámci kypření podorničních vrstev půdního profilu je zejména **eliminace nadměrného zhutnění půdy** vzniklého v důsledku přirozeného procesu slehávání půdy a technogenních procesů. Cílem těchto operací při zemědělském využívání půdy je zlepšení půdních vlastností (vyšší propustnost vody, provzdušnění spodních vrstev půdy, zvýšení mikrobiální aktivity, zvýšení mocnosti orničního profilu atd.) a vytvoření optimálních podmínek pro vývoj kulturních rostlin.

Často je i odbornou veřejností pojem **zhutnění (compaction)** zaměňován s pojmem **utužení půdy (consolidation)**. Procesy spojené s utužováním půdy vedou k optimalizaci prostorového rozmístění půdní hmoty za účelem zajištění vhodných podmínek pro růst kořenů a vývoj nadzemní biomasy porostů. K **pozitivnímu utužení půdy** dochází při procesu přirozeného slehávání půdy po jejím zpracování, při utužení dna seťového lože, při přivalení porostů apod. Při **zhutnění půdy** dochází k **negativním změnám prostorového uložení půdní hmoty**, včetně snížení pórovitosti, které se projeví nedostatečným

provzdušněním půdy, sníženou infiltrační schopností, pomalým ohřevem půdy, špatným růstem kořenů a v neposlední míře i negativním vývojem porostů, včetně **poklesu výnosů**. Vztah mezi procesem utužení a zhutnění půdy dokládá obrázek 88.

Eliminace zhutnění půdy musí jednoznačně vycházet z **preventivních opatření**, plně zapadajících do pěstebních systémů plodin a jejich rotace na půdním bloku. Hlubší zpracování půdy zásadním způsobem ovlivňuje prostorové uspořádání půdní hmoty v půdním profilu a rozhoduje tak o poměru vzduchu a vody v půdě, tedy o jejich fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech.

Mezi základní **preventivní opatření** jednoznačně patří redukce pohybu pracovních souprav po půdním bloku, omezení přejezdů zásobovacích a odvozových souprav, optimalizace trajektorií jízd a záběrů pracovních souprav, omezování tlaku tažných prostředků na půdu, stabilizace půdní struktury, pěstování rostlin s meliorační funkcí, mezplodin apod. Na druhé straně lze **mělkčí či hlubší zpracování půdy** provedené za účelem odstranění zhutnění považovat za **primární**



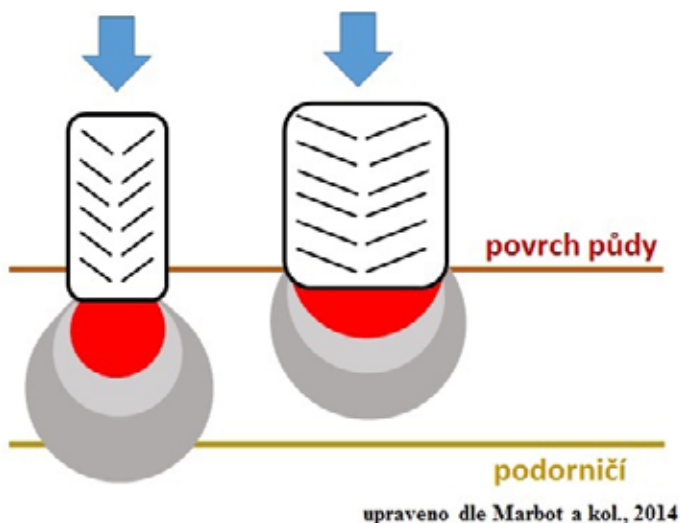
Vztah mezi výnosem rostlin a objemovou hmotností půdy pro daný půdní druh a vlhkost půdy.

Obr. 88: Vztah mezi výnosem porostů a objemovou hmotností půdy v závislosti na zvyšování kompakce půdy.

zásah, na který musí efektivně navazovat další agrotechnické postupy. Za velmi problematické lze považovat hlubší kypření půdy na hloubku ornice a do podorniči, následuje-li po něm v krátkém časovém úseku předseťová příprava a setí. Stále platí, že nejvýraznější efekt na **kompakci půdy** má pohyb pracovní soupravy po čerstvě zpracované půdě, především za vlhka.

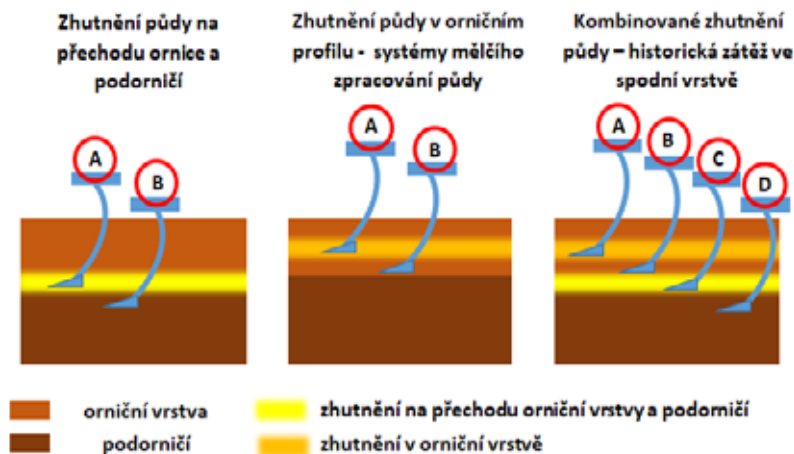
Zásadním problémem při pohledu na problematiku zhutnění půdy je opomenutí skutečnosti, že došlo k výrazné **změně technologických postupů jejího zpracování** a k zásadnímu zjednodušení struktury plodin pěstovaných na orné půdě. **Spojování problému zhutnění půdy pouze s orbou již nelze považovat za obecně platné.** Ke zhutnění půdy dochází i v systémech zpracování půdy bez obracení, bez ohledu na hloubku zpracování, tak v systémech setí do nezpracované půdy. V důsledku rozdílných systémů zpracování půdy dochází ke vzniku zhutněných vrstev půdy v rozdílných hloubkách orníčního profilu. Pojem podorniční podlahy, která vzniká na přechodu orané vrstvy půdy a podorniči, je potřebné vnímat jako „**přechodovou podlahu**“ vytvářející se mezi rozdílným způsobem zpracovanou vrstvou půdy a půdou nezpracovanou. Absence hluboce kořenících víceletých pícnin je dalším z faktorů zvyšujících rizika zhutnění půdy.

Současné systémy mělkého kypření a předseťové přípravy s sebou přináší rizika zhutnění horních vrstev orníčního profilu. Primárně se jedná o utužení horní vrstvy půdy v důsledku přejezdů tažných prostředků, které je spojeno s nárůstem šířky pneumatik (flotační či zdvojená kola), u nichž součet jejich šířky u menších záběrů strojů většinou **překračuje polovinu záběru** samotných strojů pro předseťovou přípravu. Dalším důvodem je zvyšování hmotnosti nejen tažných prostředků, ale i strojů.



Obr. 89: Stav povrchu pozemku a půdní profil se znázorněním rozmístění posklizňových zbytků (žlutá čára) při použití pluhu PL 1, bez předradličky (zdroj Brant).

Modelové situace přítomnosti zhutněné vrstvy půdy v půdním profilu



Možnosti nastavení hloubky kypření pracovních nástrojů

- A** – hloubka kypření pracovního nástroje odpovídá středu zhutnělé vrstvy
- B** – hloubka kypření pracovního nástroje se nachází pod zhutnělou vrstvou
- C** – hloubka kypření pracovního nástroje odpovídá středu spodní zhutnělé vrstvy
- D** – hloubka kypření pracovního nástroje se nachází pod spodní zhutněnou vrstvou

Brant, 2019

Obr. 90: Nejčastější případy přítomnosti technogenního zhutnění půdy v půdním profilu a možnosti nastavení pracovní hloubky kypřících nástrojů.

S nárůstem opakovaných přejezdů a při necíleném pohybu soupravy po pozemku tak následně dochází ke stoprocentnímu přejetí povrchu pozemku. Vliv utužení půdy se projevuje většinou pod horní nakypřenou půdou, protože tlak pneumatik se projevuje až od místa jejich kontaktu s půdou, které je v důsledku tvorby kolejí nižší než povrch pozemku.

Využití **flotačních pneumatik** nebo **zdvojených pneumatik** při předseťové přípravě, ale i při setí, jednoznačně vede ke snížení celkového tlaku traktorů na půdu, narůstá však šířka stopy pneumatiky, a tím i celková přejetá plocha pozemku. Snížení tlaku tažných prostředků v důsledku rozložení jejich hmotnosti na půdu jednoznačně eliminuje přenos tlaku do větších hloubek půdy a do podorniči (obr. 89). Daná opatření však nemusí zamezit zhutnění orníční vrstvy půdy, zejména při vyšší půdní vlhkosti a při nižší objemové hmotnosti půdy. Zapomínat nelze ani na skutečnost, že ke vzniku zhutněné vrstvy přispívají i samotné pracovní nástroje kypřičů využívaných k předseťové přípravě.

Obrázek 90 dokumentuje nejčastější případy přítomnosti technogenního zhutnění půdy v půdním profilu a možnosti nastavení pracovní hloubky kypřících nástrojů. Technologicky problematické je odstranění více vrstev zhutnění v půdním profilu. Primárně je vhodné začít řešit hlubší zhutnění půdy, a to hlouběji pracujícími kypřícími nástroji bez vynášecího efektu a se širší roztečí mezi nimi. Mezi následnou pracovní operací zpracování půdy a hlubším či hlubokým kypřením je potřebné dodržet proces přirozeného slehnutí půdy. Málo využívanou operací je současný plošný výsev meziploidy při hlubším kypření.

7.1. Pracovní operace a technické prostředky pro kypření podorničí

Do této skupiny pracovních operací patří prohlubování, podrývání, dlátování a hloubkové kypření. Zásadní vliv na stav nakypření půdy při odstraňování zhutnění půdy hrají **půdní podmínky**, zejména na středních a těžkých půdách. Při zpracování suché půdy dochází k **intenzivnímu drobení a praskání půdy** a ke vzniku značného počtu nekapilárních pórů. Silně nakypřená půda však potřebuje dlouhou dobu ke slehnutí. Proces slehnutí takto nakypřené půdy samozřejmě urychlí srážky pronikající do spodních vrstev půdy. Menší srážky nezajistí ovlhnutí a rozmělnění hrubých půdních agregátů ve spodních vrstvách půdy. Při zpracování vlhké půdy je kypření omezeno a mnohdy dochází pouze k **proříznutí půdy v místech trajektorie radlice**.

7.1.1. Prohlubování

Pomocí **prohlubování** lze porušovat tzv. podorniční podlahu. Princip prohlubování je využíván rovněž k postupnému zvyšování mocnosti ornice. Tím lze v průběhu několika let nakypřit utužené podbrázdi. Hloubka orby či hlubšího zpracování půdy by měla být zvyšována v průměru asi o 10–20 mm. Prohlubování se provádí maximálně jednou za **tři roky**, lépe za pět let. Jednorázové provedení prohlubování při zvýšení hloubky zpracování půdy o více centimetrů je spojeno s rizikem vynesení velkého množství mrtviny do horní vrstvy ornice, což negativně ovlivní pěstování následných plodin. Z praktického hlediska je však problematické **udržet požadovanou hloubku** orby či kypření ve vztahu k heterogenitě pozemku. Riziko vyorání biologicky neaktivní půdy je vyšší na mělkých a těžších půdách. Na půdách s hlubším humózním horizontem lze toto opatření provádět bez negativních následků na výnosy plodin. Provádění prohlubování je nutné provádět společně se **zvýšeným hnojením** organickými hnojivy a **vápněním**.

Prohlubování lze provést běžnými stroji pro zpracování půdy (pluhy a rozdílné konstrukce kypřičů pro hlubší zpracování půdy), které jsou konstrukčně uzpůsobeny pro práci v požadované hloubce.

7.1.2. Podrývání

Podrývání přispívá k nakypření extrémně zhutněného podbrázdi bez vynášení podorničí. Historicky je spojováno s provedením orby, kdy jsou pro kypření využívány **podrýváky** (obr. 91) umístěné za **jednotlivými orebními tělesy** nebo **před prvním orebním tělesem**. Při umístění podrýváků za všemi orebními tělesy dochází k rozrušení utuženého podbrázdi na celém pozemku. Tento způsob je však ekonomicky velice nákladný z důvodu nárůstu spotřeby pohonných hmot. Tvar podrýváků rozhoduje o kvalitě a intenzitě nakypření podbrázdi. Je-li podrývák umístěn jen před prvním orebním tělesem, dochází k nakypření podbrázdi pouze na dně brázdy, po které jedou kola traktoru při jednotlivých záběrech orební soupravy. Ve srovnání s plošným kypřením podbrázdi je tento způsob ekonomicky méně náročný. Při podrývání je nutné počítat rovněž s nárůstem požadavků na tahový výkon traktoru.



Obr. 91: Podrýváky mohou být umístěny za každým orebním tělesem nebo pouze před prvním orebním tělesem (foto Brant).

V současné době se pro cílené nakypření podorničí spíše využívá dlátových kypřičů, nebo kypřičů umožňujících nastavení rozdílné hloubky jednotlivých typů pracovních nástrojů, či jejich řad na rámu stroje (obr. 92).

Terminologie a význam pojmů prohlubování a podrývání jsou historicky spojeny s orebním zpracováním půdy. Z hlediska nástupu nových technických prostředků pro provádění zpracování půdy lze tyto pracovní operace provést pomocí rozdílných kypřičů. Základem je však zachování cílů pracovní operace. U podrývání se cíleně jedná o rozrušení zhutněné vrstvy půdy nacházející se na přechodu orníčního profilu a podorničí, bez ohledu na důvody jejího vzniku. Úkolem operace není hlubší kypření podorničí.

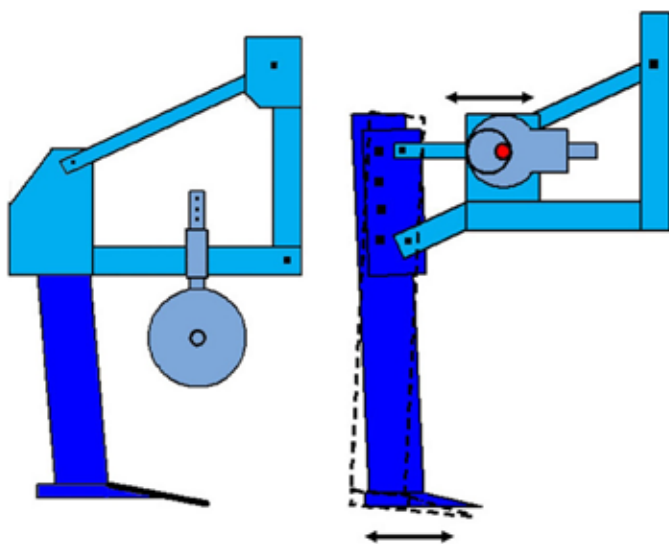


Obr. 92: Pro provedení podrývání lze použít kypřiče s možností nastavení variabilní hloubky poslední řady kypřičích nástrojů (foto Brant).

7.1.3. Dlátování

Dlátování je zaměřeno na nakypření podorničí až do hloubky 0,45 m. Z hlediska vlivu na půdu a rostliny jej lze vnímat jako agromeliorační a zároveň agrotechnické opatření. Pro dlátování se využívá primárně **speciálních dlátových kypřičů** různé konstrukce lišící se zejména v intenzitě kypření podorničí. Jedná se o pasivní kypřiče, nebo kypřiče umožňující vyšší stupeň kypření na základě aktivního pohybu pracovních nástrojů (obr. 93). Základem konvenčních konstrukcí pro dlátování jsou slupice osazené užšími dláty (obr. 94). Současná nabídka strojů pro provádění dlátování se však vyznačuje širokou škálou rozdílných technických řešení, které se vyznačují výrazně rozdílnou intenzitou kypření a mísení půdy a následnou heterogenitou půdního profilu (obr. 95). Především následná heterogenita půdního profilu může zásadním způsobem ovlivnit následný vláhový a tepelný režim půdy a vývoj porostů.

Po provedení dlátování je potřebné omezit včasný vstup na pozemek, neboť nakypřená půda je velmi náchylná ke zpětnému utužení až zhutnění. Za problematické lze například považovat provedení dlátování na úrovni 0,4 m **pro ozimé plodiny**, kdy v systémech celoplošného zpracování půdy následuje předsetová příprava půdy a setí. Přejezdy pracovních souprav po pozemku včasně následující po provedení dlátování, ale i hloubkového kypření, výrazně snižují efekt kypření. Velmi citlivě na vysokou kompakci půdy reagují především porosty ozimé řepky (obr. 96). Provedení **dlátování či hloubkového kypření by mělo být prováděno především na podzim k jařinám** a proces tvorby funkčního půdního profilu lze podpořit výsevem vymrzající meziplodiny při provedení pracovní operace.

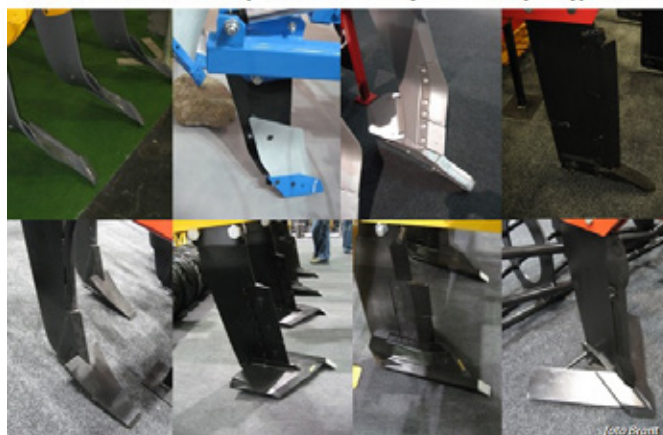


Obr. 93: Intenzita kypření je dána konstrukcí kypřičů a principem práce pracovních orgánů (upraveno podle Estler a Knittel, 1996).



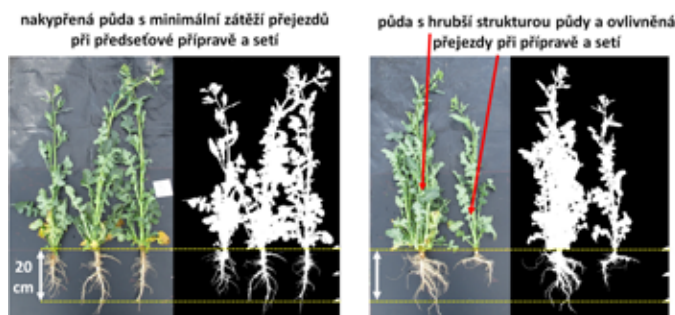
Obr. 94: Základem klasických konstrukcí pro dlátování jsou slupice osazené užšími dláty (foto Brant).

Rozdílné konstrukce pracovních nástrojů hloubkových kypřičů



Obr. 95: Příklady rozdílných pracovních nástrojů využitelných pro dlátování, případně i pro hloubkové kypření (foto Brant).

Vývoj kořenového systému ozimé řepky po kypření odpovídající dlátování do hloubky 0,4 m před setím kypřičem s poloparabolickými slupicemi po provedení předsetové přípravy a setí



Obr. 96: Přejezdy pracovních souprav po pozemku včasně následující po provedení dlátování, ale i hloubkového kypření, výrazně snižují efekt kypření. Velmi citlivě na vysokou kompakci půdy reagují především porosty ozimé řepky (zdroj Brant a Kroulík).

Pro provedení dlátování lze za vhodných půdních podmínek použít klasické dlátové kypřiče a kypřiče s poloparabolickými slupicemi (bez použití postranních křídel), které umožňují zpracování půdy do dané hloubky. U těchto strojů může docházet k **vyššímu riziku vynášení půdy z podorniči do orničního profilu** a při kypření suché půdy k intenzivnímu překypření půdy, která pomalu slehává. Za vyšší vlhkosti půdy je využití těchto konstrukcí nevhodné. Pro danou operaci lze použít také pluh osazené kypřicími radlicemi, které umožňují tzv. dvouvrstevné zpracování půdy (obr. 97).

Dlátování se provádí dle aktuální potřeby za účelem porušení **zhutnění půdy pod orničním profilem** a z důvodu podpory biologické aktivity v podorniči, včetně zajištění rozvoje kořenových systémů rostlin. Jedná se ekonomicky náročnou pracovní operaci. Při dlátování **nesmí docházet k vynášení půdy z podorniči**, tzv. mrtviny, a jejího mísení spodiny s ornici. Při jeho použití v rámci konzervačních technologií zpracování půdy je nutné minimalizovat porušení přirozeného uspořádání půdního profilu.



Obr. 97: Do skupiny strojů pro dlátování lze zařadit i pluhy umožňující současné zpracování půdy ve dvou vrstvách (foto GASSNER Technik Landmaschinenbau, <https://gassner-technik.de/>).

7.1.4. Hloubkové kypření

Hloubkové kypření představuje agromeliorační zásah do půdy. Během hloubkového kypření dochází ke kypření půdy do hloubky **od 0,5 do 0,8 m**. Je součástí komplexních opatření zúrodnování těžkých a málo propustných půd. Cílem je nejen nakypření utužených spodních vrstev půdy, ale zároveň podpora vsaku vody do spodních vrstev a její akumulaci v půdě. Hloubkové kypření klade vysoké nároky na tahový výkon traktoru a je náročné na spotřebu pohonných hmot. Během hloubkového kypření nesmí docházet k vynášení půdy z podorniči k jejímu povrchu. Provádí se pouze v rámci **komplexní úpravy půdních podmínek** stanoviště. Robustní konstrukce hloubkových kypřičů je základem spolehlivé práce pracovních nástrojů v půdě. Kypřiče jsou rovněž vybavovány systémy zajišťujícími nepoškození pracovních nástrojů při práci v kamenitých půdách (obr. 98). Pracovní nástroje strojů pro hloubkové kypření mohou být osazeny i postranními křídly, jejichž úkolem je pouhé nadzvednutí půdy, která při zpětném pohybu ve směru gravitace praská (obr. 99). Vliv rozdílné hloubky kypření, včetně úrovně hloubkového kypření, za účelem odstranění zhutnění na prostorové rozmístění půdní hmoty a na infiltraci vody do půdy dokládá obrázek 100. Po provedení hloubkového kypření je potřebné omezit následný vstup strojů na pozemek a ponechat půdu projít přírodním procesem slehnutí.

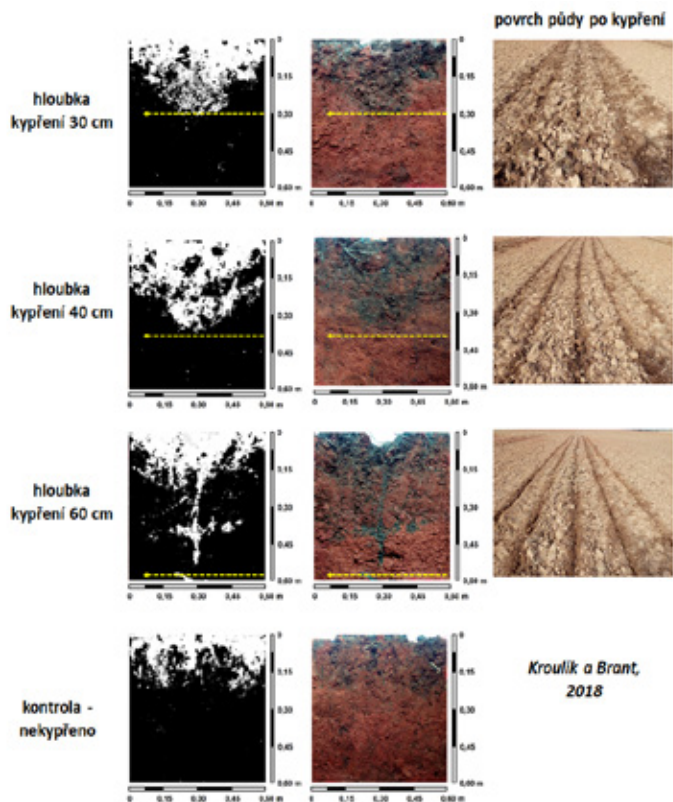


Obr. 98: Kypřiče pro hloubkové kypření jsou rovněž vybavovány pojistnými systémy eliminujícími poškození pracovních nástrojů (foto Brant).



Obr. 99: Pro hloubkové kypření mohou být pracovní nástroje osazeny i postranními křídly, jejichž úkolem je pouhé nadzvednutí půdy, která při zpětném pohybu ve směru gravitace praská (foto Brant).

Vliv hloubky kypření na infiltraci vody do půdy – lokalita Jedoměřice



Obr. 100: Vliv rozdílné hloubky kypření na infiltraci vody do půdy a na stav povrchu půdy po zpracování.

8. Příprava půdy pro setí

Technologické postupy předsetové přípravy vycházejí z obecných zásad zajišťujících vysokou klíčivost semen a vzcházejivost rostlin, ale jsou modifikovány samotnými technologiemi základního zpracování půdy. Přechod od systémů zpracování půdy s **obracením k technologiím kypření půdy bez efektu otočení orniční vrstvy** je spojen s přítomností rostlinných zbytků na povrchu půdy, s potřebou cíleného zónálního hnojení porostů apod. Zásadní změny v systémech předsetové přípravy půdy jsou spojeny s rozvojem systémů zakládání plodin do řádků s větší roztečí, kde se následně počítá s mechanickou kultivací během vegetace, s pásovými aplikacemi pesticidů a hnojiv a s využitím pomocných plodin. Zásadní změny v předsetové přípravě půdy nastaly u výsevu plodin pomocí secích strojů pro přesné setí plodin pěstovaných s větší roztečí řádků, kde je i v systémech využívajících orbu předsetová příprava vypouštěna, či se **omezuje jen na přípravu půdy v pásech**.

Nástup technologií pásového zpracování půdy v pozici základního zpracování (strip till) v Evropě je spojen rovněž s prováděním **předsetové přípravy pouze v kypřených pásech**, především před výsevem jarních plodin po podzimním, ale i jarním, provedení pásového zpracování půdy.

Odlíšné podmínky průběhu počasí a dominantní zastoupení ozimých zrnin ve střední Evropě ve srovnání s oblastmi s typickým kontinentálním klimatem (Amerika, euroasijské části bývalého Sovětského svazu a Austrálie) jsou důvodem modifikací v systémech setí do nezpracované půdy, včetně **posílení významu tvorby setového lože a zónálního hnojení při setí**. Zcela specifickou záležitostí je tvorba setového lože v systémech setí do živého, či mrtvého, mulče meziplodin.

8.1. Cíle předsetové přípravy půdy

Cílem pracovních operací prováděných v rámci předsetové přípravy a přípravy půdy pro sázení je vytvořit optimální podmínky pro **včasné a kvalitní založení porostů** kulturních rostlin ve vztahu k jejich následnému vývoji a zajistit požadované podmínky pro práci secích strojů. Při založení porostů na základě výsevu semen se jedná o cílenou změnu prostorového uspořádání půdní hmoty v horní vrstvě, která zajistí vhodné podmínky pro procesy **klíčení semen a vzcházení klíčenců**. Jedná-li se o přípravu půdy pro výsadbu vegetativních orgánů rozmnožování či sazenic, musí příprava půdy vytvořit vhodné podmínky pro klíčení hlíz či rychlé uchycení se sazenic a jejich následný růst. Bez ohledu na rozdílné půdní podmínky stanoviště, technologické postupy základního zpracování a komplexní systémy zpracování půdy má předsetová příprava půdy zajistit následující požadavky:

- urovnat povrch pozemku a zmenšit povrch půdy na pozemku nebo v pásech,
- vytvořit na povrchu půdy izolační nakypřenou vrstvu zamezující ztrátám vody,
- zvýšit teplotu půdy za účelem podpory klíčení semen a vzcházení rostlin,
- provést požadované uspořádání půdních agregátů v horní vrstvě půdy za účelem pohybu vody a výměny vzduchu,

- omezit rizika degradace horní vrstvy půdy abiotickými faktory,
- zajistit podmínky pro vytvoření kvalitního setového lože secím strojem,
- připravit vhodné podmínky pro kvalitní práci secího stroje,
- přispět k mechanickému odplevelení pozemku a řídit další vývoj plevelných společenstev,
- zajistit podmínky pro efektivní využití selektivních a neselektivních herbicidů v rámci preemergentních a postemergentních aplikací, včetně pásových a zónálních aplikací,
- připravit společně s procesem setí porostů vhodné podmínky pro provádění mechanických způsobů regulace plevelů (plošné, řádkové a meziřádkové) během vegetace,
- v kombinaci se setím připravit vhodné podmínky pro sklizeň, především u zrnin vyžadujících nízké nastavení seče,
- zajistit vhodný způsob plošného a zónálního rozložení rostlinných zbytků předplodiny, či živého nebo mrtvého mulče meziplodiny.

V systémech celoplošného zpracování půdy je stále dominantní oddělení samotné předsetové přípravy a setí, ale s nástupem **secích strojů vybavených rozdílnými pracovními nástroji pro kypření a rovnání půdy** (taliřové sekce, dlátové sekce apod.) dochází k provedení předsetové přípravy a setí současně.

S rozvojem **systémů pásového zpracování půdy** a pásové předsetové přípravy půdy se vyvíjejí i systémy předsetové přípravy pro tyto technologie. V těchto systémech se nemění požadavky na tvorbu a funkce setového lože, ale především se předsetová příprava **omezuje na menší plochu pozemku**, tedy na pás, do kterého budou uložena semena a následně zde bude primárně probíhat především počáteční vývoj rostlin.

U systémů setí do **nezpracované půdy** (přímé setí) zajišťují předsetovou přípravu půdy pracovní nástroje umístěné před výsevní sekci a samotná secí botka. Předsetovou přípravu zajišťují i rozdílné systémy práce s posklizňovými zbytky či mulčem meziplodin.

8.2. Urovnání povrchu půdy a omezení zhutnění

Urovnání povrchu pozemku je obecně prováděno po předchozím provedení orby, po mělkém a po hlubším zpracování půdy bez obracení ornice. Obzvláště po orbě, kdy je pozemek ponechán v hrubé brázdě, je povrch pozemku hřebenitý, při použití záhonové orby je potřebné počítat s dodatečným urovnáním skladů a rozorů (obr. 101). Urovnání povrchu pozemku vede ke snížení plochy povrchu půdy, tj. ke snížení plochy, na které dochází k evaporaci. Zároveň přispívá k zajištění kvalitní práce secích strojů určených pro setí do zpracované, či částečně zpracované, půdy. Urovnaný pozemek a vytvoření rovnoměrně nakypřené horní vrstvy půdy do požadované hloubky je **zárukou dodržení požadované hloubky setí či sázení z hlediska podélné a příčné rovnoměrnosti** uložení osiva a sadby. Z hlediska snížení ne-

gativního ztuhnutí půdy a eliminace tvorby kolejí při předsetové přípravě jsou tažné prostředky vybavovány zdvojenými koly (obr. 102) či širokými pneumatikami, jejichž konstrukční řešení umožňuje snížení tlaku v pneumatice **pod hodnotu 100 kPa**. Častou chybou v zemědělské praxi je osazení dvojitou montáží pouze zadní nápravy tažného prostředku, které nezamezí tvorbě hlubších stop a tlaku na půdu předními koly (obr. 103). Zásadním problémem je i riziko ztuhnutí půdy v důsledku působení pracovních nástrojů kypřičů, které přenášejí část hmotnosti stroje na půdu pod pracovním nástrojem (obr. 104). To může vést k tvorbě až ztuhlé vrstvy půdy pod hloubkou kypření, ale také k eliminaci infiltrace vody při vyšších srážkách, včetně omezení růstu kořenů rostlin (obr. 105). U plodin s větší roztečí řádků lze riziko ztuhnutí půdy při předsetové přípravě eliminovat provedením předsetové přípravy půdy ve směru jízdy secího stroje, ne tzv. na koso,

a optimalizací rozchodu lok traktoru, aby se při předsetové přípravě a při setí nacházely stopy traktoru mezi budoucími řádky plodiny (obr. 106). U plodin s malou roztečí řádků (v praxi označované jako úzkořádkové plodiny) je základem provedení předsetové přípravy za vhodných podmínek a **omezit vstup na pozemek**, kdy se pod okorálou vrstvou půdy nachází půda s vysokou půdní vlhkostí. Na ztuhnutí půdy vzniklé při předsetové přípravě jsou náchylné především luskoviny (obr. 107), kde se omezení růstu kořenů na začátku vývoje rostlin může promítnout až do výnosu semen.

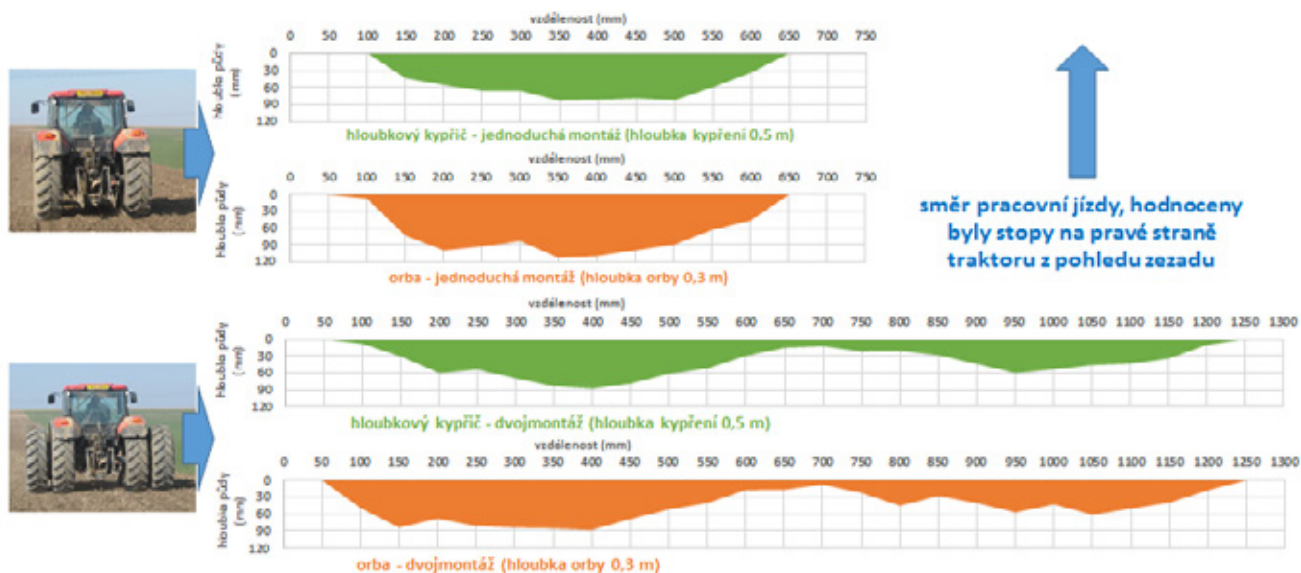
Omezení ztuhnutí půdy při setí, především u jařin, je základem omezení rizika erozních procesů, ale i **eliminace vodního stresu v důsledku pomalého pronikání kořenů do spodních vrstev a blokáce infiltrované vody po srážce v horní vrstvě půdy**, která se velmi rychle ztrácí evaporací.



Obr. 101: Záhonová orba přispívá ke zvýšení nerovnosti pozemku v důsledku nedostatečného zahrnutí rozorů (foto Brant).



Obr. 102: Zdvojená kola traktoru snižují měrný tlak na půdu (foto Brant).



Obr. 103: Hloubky stopy pneumatiky po přejetí traktoru (jednoduchá montáž, zdvojená zadní kola) na oraných a kypřených plochách (zdroj Brant a Kroulík).

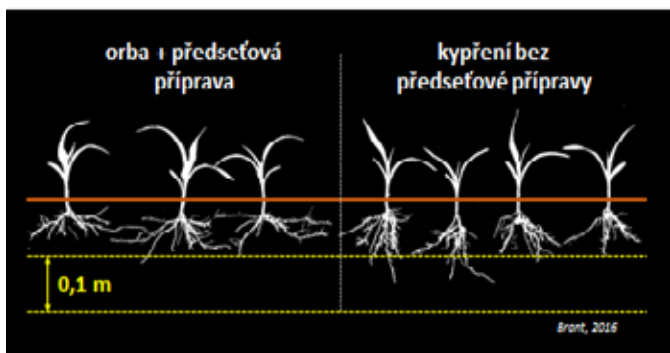
Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa)

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

modrá barva představuje nejnižší hodnoty, červená nejvyšší

Obř. 104: Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím (zdroj Brant a Kroulík).

Rozvoj kořenového systému kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy



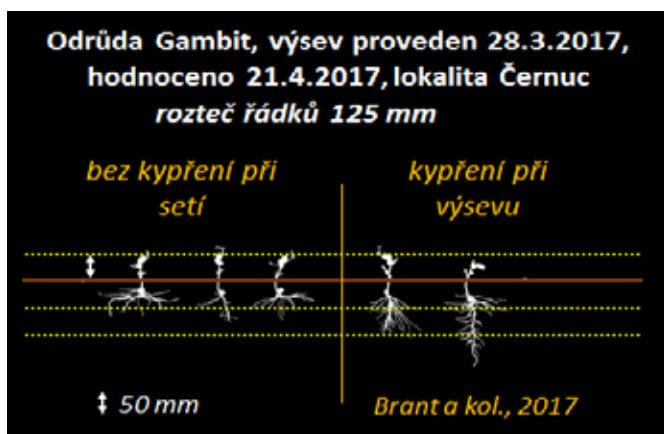
Obř. 105: Tvar kořenového systému rostlin kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy.

U systémů **pásového zpracování půdy** pro plodiny s širokými řádky je urovňání povrchu půdy nutné zajistit již při kypření pásů, tedy správným nastavením postranních disků vracejících radlicí zvednutou půdu zpět do prostoru pásu a nástrojů pro zpětné utužení a urovňání povrchu kypřeného pásu. Pro jarní prokypření horní vrstvy půdy zajišťující předseťovou přípravu lze provést mělké kypření v pásích modifikovanými plečkami, stroji pro pásové zpracování půdy modifikovanými pro podmínky Evropy nebo rozdílnými systémy kypření umístěnými přímo na secím stroji, včetně možnosti přihnojení. Základem omezení ztuhnutí půdy je optimalizace rozchodů tažných prostředků do meziřádků mezi kypřené pásy, a tudíž i mimo řádky vysévané plodiny.

V systémech **setí do nezpracované půdy** je rovnost povrchu pozemku potřebná pro kvalitní práci secích strojů ve vztahu k dodržení hloubky setí, především pro výsevy plodin do úzkých řádků. Při setí do nezpracované půdy rozhodují o rovnosti povrchu pozemku především předchozí pracovní operace prováděné v předplodině, které jsou spojeny s možností tvorby hlubších kolejevých stop (aplikace hnojiv a látek na ochra-



Obř. 106: I při provedení předseťové přípravy pro plodiny vysévané do širokých řádků lze použít optimalizaci rozchodu kol tak, aby kolejev stopy nacházely v budoucím meziřádku vyseté plodiny. Základem je samozřejmě optimalizace tlaku v pneumatikách (foto Brant).



Obř. 107: Rozvoj kořenového systému hrachu setého v závislosti na utužení půdy po předseťové přípravě.

nu rostlin, především pak systém sklizně a odvozu produkce). Vzniklé koleje stopy přispívají k vytváření plošných nerovností na pozemku. Poté je nutné volit směr jízdy sečího stroje ve směru vytvořených kolejí.

8.3. Omezení ztráty vody z půdy

Zamezení **neproduktivního výparu** (evaporace) a udržení vody v půdě je jedna z významných funkcí předsetové přípravy. V konvenčních technologiích zpracování půdy (orební systémy) dochází k dokonalému zapravení posklizňových zbytků. V rámci následné předsetové přípravy je potřebné na povrchu půdy vytvořit nakypřenou horní vrstvu půdy, která přispěje k přerušení kapilárního vztlínání. U konzervativních technologií zpracování půdy přispívá k omezení ztrát vody z povrchu půdy rovněž **vrstva mulče**. Její tloušťka je závislá na způsobu základního zpracování půdy a použitého mechanizačního prostředku.

V případech, kdy není v rámci základního zpracování půdy provedeno zpracování horní vrstvy půdy (setí do nezpracované půdy), je mulč primárním faktorem omezujícím evaporaci. Opomenout nelze ani **ochranný efekt strniště** tvořeného zbytky rostlin ukotvených kořenovým systémem v půdě (stínění, tlumení kinetické energie deště, zpomalení proudění vzduchu apod.). Jedinou možností, jak omezit evaporaci. I zde je proto potřebné zdůraznit význam rovnoměrného rozložení **rostlinných zbytků** a slámy na povrchu půdy.

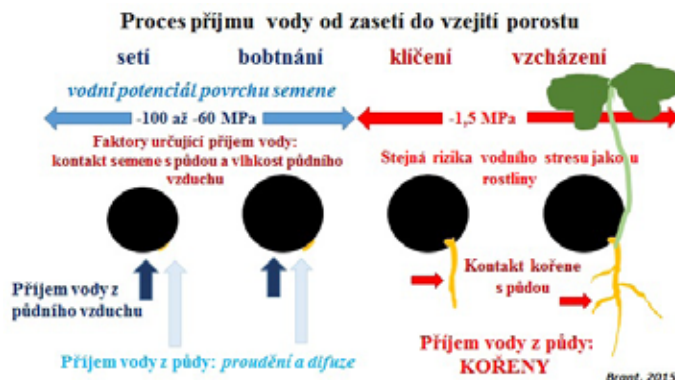
Přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy nebo **větších půdních částic** uložených na její povrch při úpravě agregátového uspořádání při předsetové přípravě přispěje k omezení degračních procesů poškozujících horní vrstvu půdy, které vznikají v důsledku přímého působení meteorologických prvků (sluneční záření, srážky, proudění vzduchu atd.) a zároveň sníží riziko vzniku vodní a větrné eroze. Zejména výsev do nezpracované půdy, mulče a hrubé brázdy je jedním z **agrotechnických protierozních opatření**.

8.4. Diferenciace rozmístění půdních agregátů

Důležitým cílem přípravy půdy před setím a sázením je zajistit vytvoření půdních agregátů v požadované velikosti a jejich optimální uspořádání ve vrstvě půdy, do které bude uloženo osivo nebo sadba. V hloubce půdy, do které je ukládáno osivo musí být přítomny jemné půdní částice zajišťující dostatečný **kontakt** osiva a následně primárních **kořenů** s půdou. Tím je dosaženo kvalitní zásobování semen a následně klíčících rostlin vodou. Semena rostlin jsou na základě nízkých hodnot vodního potenciálu na jejich povrchu schopna velmi dobře přijímat vodu z půdy, ale i z půdního vzduchu. Z hlediska oddálení vyrovnání se vodních potenciálů mezi semenem a okolním půdním prostředím je vhodnější příjem vody nacházející se v kapalném stavu v půdě.

Optimalizace agregátového rozmístění v místě uložení semen je tedy rovněž dalším faktorem zajišťujícím dostatek vody pro biologické procesy probíhající v semenech (**bobtnání** a následně **klíčení**) a samozřejmě od objevení se zárodečného kořínku i v klíčencích a ve vzešlých rostlinách. Dojde-li k dostatečnému příjmu vody, primárně dochází k příjmu vody do embrya, začínají v semeni probíhat oxidační reakce. Ty vedou k rozkladu chemicky složitějších zásobních látek na jednodušší, které jsou využity pro tvorbu nově vznikajících orgánů. To vše

je závislé na dostatku kyslíku a na teplotě. S objevením se zárodečného kořínku a následně s tvorbou nadzemní části rostliny (záleží na hypo-geickém či epigeickém klíčení) se klíčící či vzešlá rostlina stává z hlediska dostupnosti vody v půdě výrazně zranitelnou (obr. 108).



Obr. 108: Proces příjmu vody od zasetí do vzejití porostu.

Předsetová příprava v systémech konvenčního zpracování využívá pro vytvoření požadované struktury půdy v rámci jarní předsetové přípravy **působení změn teplot na půdu během zimního období**. Působení mrazu v zimním období je v podmínkách střední Evropy zásadním faktorem přispívajícím k tvorbě optimální půdní struktury, zejména tzv. drobtovité struktury půdy, která je spojena s dosažením hodnot pórovitosti odpovídající hodnotě 50 %. Při zakládání porostů na podzim je potřebné provést základní zpracování půdy při optimální půdní vlhkosti, nebo zamezit přeschnutí horní vrstvy půdy a tvorbě hrud.

Kvalita předsetové přípravy následující po mělkém zpracování půdy je rovněž z hlediska zajištění požadovaného agregátového uspořádání závislá zejména na provedení základního zpracování půdy za optimálních půdních podmínek. Přestože lze v současné době kvalitně připravit setové lože pomocí strojů s aktivně poháněnými pracovními nástroji i v případech, kdy základní zpracování půdy z rozdílných důvodů nepřispělo k vytvoření požadované struktury půdy, nelze proces přirozeného vzniku půdní struktury ve vztahu ke zpracování půdy podceňovat. U technologií hlubšího zpracování půdy bez jejího obracení při minimálním zpracování povrchu půdy a setí do nezpracované půdy je **agregátové uspořádání půdy ve výsevne rýze dáno především konstrukcí výsevni botky**.

V rámci rozmístění agregátů nad dnem výsevni rýhy je tedy požadováno umístění nejmenších částic u dna setového lože a jejich velikost má směrem k povrchu narůstat. Na povrchu půdy je poté žádoucí výskyt větších agregátů, do velikosti 40 mm, které chrání povrch půdy před **větrnou a vodní erozí**. U větrné eroze zpomalují laminární proudění vzduchu nad povrchem půdy, které se při kontaktu s hrubým povrchem mění na turbulentní, čímž klesá unášecí schopnost větru a omezuje se vznik **suspenze vzduchu a půdních částic** a zpomaleny jsou i procesy **saltace**. Větší půdní agregáty ponechané na povrchu půdy delší dobu odolávají kinetické energii dešťových kapek a zároveň chrání půdní strukturu půdy nacházející se pod nimi. Větší půdní částice však **omezují použití preemergentních půdních herbicidů**, protože při aplikaci herbicidu zůstává pod nimi a kolem nich neošetřená půda a po jejich rozpadu je porušen herbicidní film. Při použití

půdních herbicidů je potřebné přítomnost větších půdních agregátů na povrchu půdy eliminovat. Větší půdní částice **mohou omezovat i vývoj klíčenců**, kteří se vyvíjejí pod nimi. Při výsevu plodin s malou roztečí řádků musí větší půdní agregáty odsunout sečí botka, ale zavláčovače je mohou opět umístit nad vysetý řádek. Proto je vhodnější při přípravě půdy pro plodiny s malou roztečí řádků vznik agregátů omezovat, menší výskyt není limitující. U plodin s velkou roztečí řádků setých do celoplošně zpracované půdy bez mulče **je hrubší povrch půdy žádoucí** z důvodu větší rozteče mezi řádky a s tím spojené **větší plochy půdy nekryté do zapojení porostů vegetací**. Odstranění větších půdních agregátů z povrchu půdy lze u secích strojů pro přesné setí do širších řádků řešit odhrnovači hrud.

8.5. Výměna vzduchu a světelné podmínky

Nakypření vrstvy půdy nad dnem setového lože ovlivňuje rovněž poměr mezi kyslíkem a oxidem uhličitým. Je třeba si uvědomit, že štěpné reakce zásobních látek při klíčení vyžadují **dostatečný přísun kyslíku**. Obecně platí, že obsah kyslíku v půdním vzduchu s hloubkou půdy klesá a obsah oxidu uhličitého roste. O dostupnosti kyslíku samozřejmě rozhoduje i obsah vody v půdě. Difuze kyslíku do půdního vzduchu je **několikanásobně vyšší**, než jeho pronikání do půdní vody. Zamokření setového lože je často spojeno se zhuťnutím dna a stěn výsevních rýh, které následně omezuje i růst kořenů do spodních vrstev půdy (obr. 109). Zvýšení obsahu oxidu uhličitého v půdě v místě setového lože, zejména při utužení půdy v okolí semen, **snižuje klíčení semen**. Z hlediska dostupnosti kyslíku pro semena a následně pro kořenový systém klíčenců, včetně odvádění vzniklého oxidu uhličitého ze semen, je důležité nakypření půdy nad setovým ložem a omezení vzniku půdní krusty.



Obr. 109: Kombinace utužení půdy, vyšší půdní vlhkosti a zvýšeného tlaku na sečí botky zvyšuje riziko utužení dna výsevních rýh i na oraných plochách, které omezuje rozvoj kořenů do spodních vrstev půdy (foto Brant).

Světlo samozřejmě patří mezi jeden z faktorů ovlivňující klíčivost. Zásadní roli hraje pro klíčení semen tzv. **fotopozitivních** druhů, která potřebují pro průběh klíčících procesů světlo. Zde se jedná především o semena trav. Pro většinu semen běžných polních plodin nepředstavuje přítomnost světla, či jeho absence, faktor zásadním způsobem ovlivňující klíčení. Při velmi mělkých hloubkách výsevu je však rovněž potřebné zajistit uložení osiva na utuženou půdu z hlediska dostupnosti vody pro klíčení, ale i následný vývoj kořenových systémů klíčenců.

8.6. Teplota jako urychlovač biochemických procesů

Teplota půdy, která představuje primární faktor ovlivňující rychlost klíčení a vzházení, je limitující především pro jarní plodiny. Teplota půdy, tj. její ohřev na **optimální teplotu pro klíčení**, je závislá na vstupu energie slunečního záření a na samotných půdních vlastnostech, zejména na poměru vody a vzduchu. Dalším faktorem je skutečnost, jak se teplo vede dále do spodních vrstev půdy. Zde hraje zásadní roli vzduch, který vykazuje **nejnižší hodnoty tepelné vodivosti** ve srovnání s vodou a pevnou fází půdy, tj. odvod tepla z povrchu do spodních vrstev je snadnější ve vlhké půdě.

Nakypření horní vrstvy půdy projevující se větším podílem plynné fáze přispívá k výraznějšímu ohřevu půdy v denních hodinách, rovněž však vede k jejímu rychlejšímu ochlazení v průběhu noci. Teplotní změny, jsou-li spojeny s poklesem teploty půdy pod hodnoty rosného bodu, mohou vést ke vzniku půdní rosy. Ovlhčení půdy **kondenzací vody z půdního vzduchu** může být důležitým faktorem zajišťujícím dostatek vody pro semena nebo vzházející rostliny. Tato voda je většinou absorbována půdními částicemi. Zejména na půdách s vyšším obsahem prachových a jílovitých částic, nachází-li se v suchém stavu, je však **voda půdní hmotou silně matričně vázána** a opět nemusí být pro procesy klíčení a vzházení využitelná.

K pomalejšímu ohřevu půdy přispívá také přítomnost posklizňových zbytků na jejím povrchu. Problematika rostlinných zbytků ovlivňuje klíčivost a vzházivost rostlin ze dvou hledisek. Jedním je samotný vliv na snižování teploty půdy v důsledku **reflexe krátkovlnného záření**, které se primárně podílí na ohřevu povrchu půdy. Teplo se z povrchu půdy následně šíří do jejích spodních vrstev. Dalším faktorem vedoucím ke snížení teploty půdy v důsledku jejího pokrytí rostlinnými zbytky je **izolační vrstva vzduchu**, která se nachází mezi půdou a rostlinným materiálem. Druhým hlediskem je vliv rostlinných zbytků na chemické složení půdy, tedy se jedná o působení meziproductů rozkladu organické hmoty, které mohou mít negativní či pozitivní účinek na klíčivost semen a vývoj klíčenců.

8.7. Setové lože

Vytvoření požadované velikosti půdních agregátů a jejich rozvrstvení v horní části půdy je podmínkou pro tvorbu **setového lože**. Princip setového lože spočívá ve vytvoření spodní slehlé, či utužené, vrstvy půdy, na kterou bude uloženo osivo. Utužení půdy podpoří **kapilární vzestup vody** k osivu a ke klíčícím rostlinám. Zároveň nedojde k při-

padnému poškození kořenů klíčících rostlin v důsledku dodatečného **slehávání** půdy. Vrchní nakypřená část půdy, nacházející se nad utuženou vrstvou, naopak zajistí dostatečný přístup **vzduchu** ke klíčícím osivům a **pronikání nadzemní části** klíčících rostlin povrchovou vrstvou půdy při vzházení. Nakypřená vrstva přispívá díky měrné tepelné kapacitě vzduchu i k **oteplování půdy nad uloženým osivem**.

8.7.1. Seťové lože při výsevu plodin s malou roztečí řádků

Kvalitní předsetová příprava provedená v rámci konvenčních technologií zpracování půdy a při mělkém zpracování půdy je jedním z faktorů ovlivňujících práci secích strojů. Použití secích strojů pro tyto plodiny s klasickými **radličkovými botkami** (obr. 110) je podmíněno dostatečným nakypřením horní vrstvy půdy a s dokonalým zapravením posklizňových zbytků a slámy do půdy, proto se uplatní většinou při orebním zpracování půdy. Secí stroje určené pro výsev do zpracované či částečně zpracované půdy osazené **jednokotoučovými secími botkami** (obr. 110, vpravo) zajistí kvalitní založení porostů i při výskytu menšího množství posklizňových zbytků a slámy na povrchu půdy.

Dominantně jsou v současnosti secí stroje pro tzv. úzkořádkové plodiny osazovány **dvukotoučovými secími botkami**, které zajistí požadované uložení osiva do půdy zpracované, redukované zpracované a na lehkých půdách i při eliminaci zpracování půdy a při přítomnosti rostlinných zbytků na povrchu půdy (obr. 111). Při setí stroji pro plodiny s malou roztečí řádků do půdy pokryté rostlinnými zbytky (jedná se především biomasu oddělenou od rostliny, která volně leží na povrchu půdy) lze za horní hranici pokryvnosti považovat **hodnotu 35 %**. Při větším množství rostlinných zbytků již není dostatek prostoru pro odsunutí mulče do meziřádku z prostoru nad výsevní rýhou.

Zakrytí výsevní rýhy rostlinnými zbytky zpomaluje proces ohřívání půdy a vrstva slehlého mulče **nad 30 mm** může zásadním způsobem snížit vzházivost, či modifikuje habitus rostlin. Z hlediska dodržení požadované hloubky uložení osiva (podélná a příčná rovnoměrnost) do půdy je potřebné zajistit rovnoměrnou hloubku kypření. Nerovnoměrná hloubka nakypření horní vrstvy půdy vede k nedodržení hloubky výsevu. Hloubka setí je spojena i s možností změny přítlaku



Obr. 110: Klasické radličkové (vlevo) a vpravo jednokotoučové výsevní botky jsou vhodné především pro kvalitně celoplošně zpracovanou půdu (foto Brant).

na secí botku, kterou lze u moderních secích strojů pro úzkořádkové plodiny **nastavovat individuálně pro každou botku** (obr. 112), nebo s využitím sekční kontroly pro jednotlivé části záběru secího stroje.

U secích strojů pro setí do nezpracované půdy se rovněž setkáváme s jedno či dvukotoučovými botkami, které se přímo podílejí na zpracování půdy a na tvorbě seťového lože (obr. 113). Většinou je práce secích botek podpořena vpředu umístěným řezným kotoučem. Stroje pro setí do nezpracované půdy se vyznačují **vyšším přítlakem**



Obr. 111: Secí stroje pro plodiny zakládáné s malou roztečí řádků jsou většinou osazovány dvukotoučovými botkami, které zajistí požadované uložení osiva do půdy i při eliminaci zpracování půdy a při přítomnosti rostlinných zbytků na povrchu půdy (foto Brant).

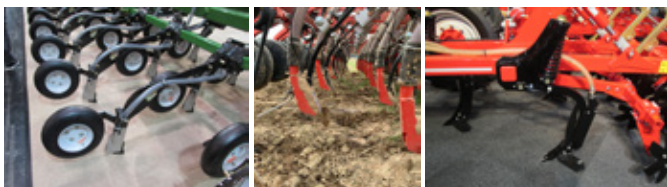


Obr. 112: Hloubka setí je spojena i s možností změny přítlaku na secí botku, kterou lze u moderních secích strojů pro plodiny s malou roztečí řádků nastavovat individuálně pro každou botku (foto Brant).

na **secí botku**, který zajišťuje jejich dobré pronikání do půdy, včetně rozříznutí půdy a přefříznutí rostlinných zbytků. Vysoká hmotnost stroje a přítlak na secí botky však **limituje využití těchto strojů pro výsev do zpracované půdy** (po orbě a po hlubším celoplošném kypření). Pro plodiny s malou roztečí řádků jsou využitelné i další konstrukce secích botek, které lze použít pro setí do půdy s rozdílnou intenzitou jejich zpracování (dlátové, radličkové apod.), obr. 114. Při tvorbě setového lože spodní část dlátka nebo radličky vytvářejí výsevní rýhu s utuženým dnem a ukládané osivo je zahrnuto proudem obtékající či přepadající půdy.



Obr. 113: Konstrukce secích botek na stroji pro setí do nezpracované půdy (foto Brant).



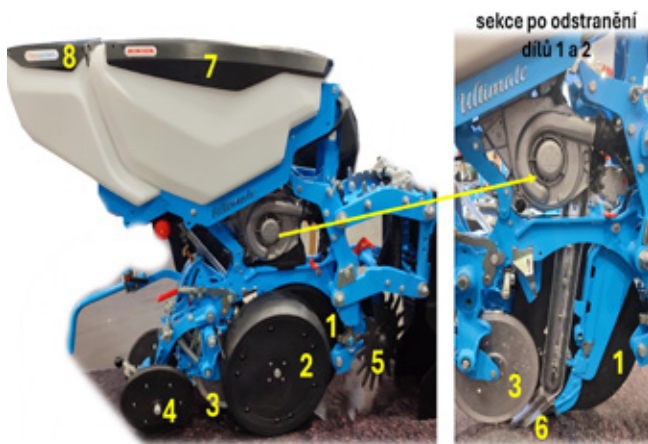
Obr. 114: Rozdílné konstrukce secích botek s dlátovitým či radličkovým zakončením (foto Brant).

8.7.2. Setové lože při výsevu plodin do řádků s velkou roztečí

Většina plodin vysévaných do řádků s velkou roztečí je zakládána pomocí přesných secích strojů, které zajišťují přesné dodržení vzdálenosti mezi semeny ve výsevní rýze. Významnou skupinu představují stroje z kategorie pneumatikových secích s přetlakovým či podtlakovým náběrem osiva do výsevního kotouče. Stroje jsou vhodné na základě změny parametrů výsevního kotouče vysévat plodiny jako kukuřice setá, slunečnice roční, ozimá řepka, sója luštinatá, čirok obecný, hrachy, netradiční brukvovité druhy apod. U těchto secích strojů se na tvorbě setového lože primárně podílí většinou **dvukotoučová výsevní botka** (obr. 115), kdy po straně každého z talířů se nacházejí opěrná kola, jejichž postavením vůči kotoučům se určuje hloubka setí.

Po uložení semen na dno výsevní rýhy jsou semena pomocí přítlačného kolečka vmáčknutá na dno secí rýhy. Uzavření secí rýhy zajišťují na konci umístěné zamačkávací kotouče. Práce přítlačného kotouče zajistí dobrý kontakt semena s půdou, včetně jeho uložení do utužené půdy zajišťující vzlínání vody ze spodních vrstev. Šikmé postavení zamačkávacích kotoučů přispívá k zahrnutí výsevní rýhy, nad kterou zůstává půda kyprá.

Výsevní sekce secího stroje pro přesné setí širokořádkových plodin



1 – kotouč výsevní botky, 2 – opěrná kola kotoučů výsevní botky, 3 – přítlačné kolečko
4 – zamačkávací kotouče, 5 – odhrnovače rostlinných zbytků, 6 – výpusť osiva,
7 – zásobník osiva, 8 – zásobník mikrogranulátu

Obr. 115: Výsevní sekce secího stroje pro přesné setí plodin do řádků s velkou roztečí (foto a zpracování Brant).

Za účelem odstranění větších půdních agregátů z místa budoucího řádku plodiny se před výsevní talíř umísťují **odhrnovače hrud** (obr. 116), které posunou dané agregáty do prostoru meziřádku, kde plní protierozní a půdoochranné funkce (např. omezení přehřívání půdy). Odstranění větších agregátů z prostoru řádku umožňuje efektivní použití pásových aplikací půdních herbicidů. Odstraňovače hrud z řádku jsou někdy v přední části vybaveny tzv. nosem (může být výškově nastavitelný), jehož cílem je i odstranění a vyvalení zamáčkнутých hrud, či jejich rozmělnění. Křídla odhrnovačů nesmějí zasahovat do půdy a **musí jen odstraňovat kompaktní agregáty**. Problematická je práce odhrnovačů na velmi kypré půdě s jemnou strukturou na povrchu, kde při vyšší vlhkosti půdy, či i po malých srážkách, dochází k jejich tzv. zalepení půdou. Přítomnost rostlinných zbytků na povrchu do hodnoty 20 % není pro práci odhrnovačů limitující.

Při větším množství rostlinných zbytků na povrchu půdy, 30 % a více, je pro odstranění rostlinných zbytků (především sláma předplodiny) vhodné osadit výsevní sekci odhrnovači rostlinných zbytků. Ty mají většinou hvězdicovitý tvar (obr. 117) a **odhazují rostlinné zbytky nespojené s půdou do prostoru meziřádku**. Dobrá funkce odhrnovačů je spojena s délkou podrcených částí slámy, která by měla být delší (průměrně 0,1 m). Kratší části slámy jsou obtížně odhrnovači nabírány, padají z prstů hvězdic zpět do prostoru řádku a rotující hvězdice jim nemohou udělit ani dostatečnou kinetickou energii pro transport do meziřádku. V praxi jsou často tyto odhrnovače používány k intenzivnějšímu čištění půdy, kdy z prostoru řádku odstraňují nejen rostlinné

zbytky, ale i půdu, a požaduje se od nich tvorba menší rýhy ve které se budou následně rostliny vyvíjet. Z hlediska filozofie technologií setí do mulče však půda vynesena z řádku do meziřádku představuje **primární zdroj zapevelení**, protože se v ní nacházejí semena z půdní zásoby. Tato skutečnost poté snižuje efektivitu odplevelení pozemku před výsevem.



Obr. 116: Za účelem odstranění větších půdních agregátů z místa budoucího řádku plodiny se před výsevní talíře umísťují odhrnovače hrud (foto Brant).



Obr. 117: Pro odstranění rostlinných zbytků (především sláma předplodiny) je vhodné osadit výsevní sekci odhrnovači rostlinných zbytků (foto Brant).

Stroje pro přesné setí určené pro výsev do nezpracované půdy či do půdy s přítomností živého nebo mrtvého mulče meziplodiny jsou vybaveny řezným kotoučem nebo dvojicí řezných kotoučů postavených do tzv. věčkového tvaru, které jsou umístěny před odstraňovače rostlinných zbytků a před samotné výsevní kotouče (obr.118). Jejich cílem je **naříznutí půdy v trajektorii výsevních kotoučů**, které zajišťují jednodušší tvorbu výsevní rýhy. Odstraňovače rostlinných zbytků mohou být osazeny opěrnými koly.

Do skupiny secích strojů pro přesné setí je nutné samozřejmě zahrnout i přesné mechanické secí stroje (případně stroje s elektrickým pohonem výsevního ústrojí), které jsou určeny především pro výsev cukrové řepy, čekanky obecné, ozimé řepky, zelenin apod. Tvorba seťového lože zde probíhá pomocí radličkové botky, která rozhrnuje půdu a její spodní část tvořená plazem utužuje dno výsevní rýhy.

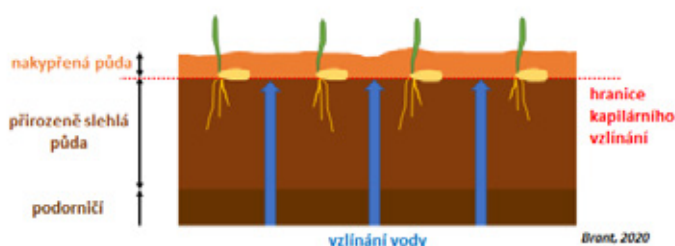
Následné pracovní nástroje pro přimáčknutí osiva a uzavření výsevní rýhy jsou obdobné jako u výše uvedených konstrukcí. Tyto stroje jsou primárně určeny pro setí do kvalitně připravené půdy. Samostatnou skupinu představují stroje pro výsev zelenin.



Obr. 118: Stroje pro přesné setí určené pro výsev do nezpracované půdy či do půdy s přítomností živého nebo mrtvého mulče meziplodiny mohou být vybaveny dvojicí řezných kotoučů (foto Brant).

8.7.3. Seťové lože při setí do přirozeně slehlé půdy

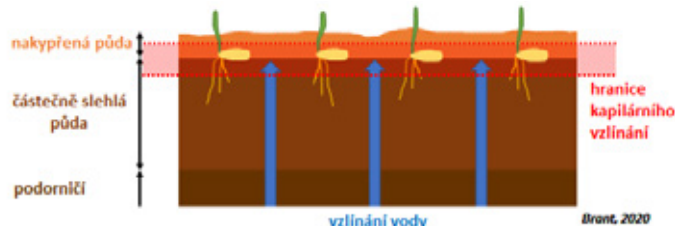
V rámci konvenčních technologií zpracování půdy lze seťové lože připravit po předchozím přirozeném slehnutí půdy pomocí smykávání a vláčení prováděných většinou **současně nebo kombinovanými kypřiči určenými pro přípravu seťového lože jedním přejezdem**. Jedná se o mechanizační prostředky typu "kombinátor". Seťové lože je možné v těchto případech rovněž připravit stroji s aktivně poháněnými pracovními nástroji (půdní frézy, rotorové brány, rotační kypřiče, rotační a kývavé brány). Pro setí do takto připravené půdy lze využít většinu secích strojů bez omezení. Přirozené slehnutí půdy a rovnoměrné nakypření povrchu půdy zajistí požadované zásobení semen a vzcházejících rostlin vodou (obr. 119).



Obr. 119: Vliv provedení předseťové přípravy po předchozím přirozeném slehnutí půdy po orbě či hlubším kypření na vzlínání vody ke vzházejícím rostlinám.

8.7.4. Seťové lože při setí do čerstvě zpracované půdy

Setí do tzv. **čerstvé orby** či **čerstvě zpracované půdy** je možné provést pomocí secích kombinací složených z aktivně poháněných pracovních nástrojů (půdní frézy, rotorové brány, rotační kypřiče, rotační a kývavé brány), utužovacího válce a secího stroje. Mechanizační prostředky s aktivně poháněnými pracovními nástroji vytvoří **požadované agregátové uspořádání půdy** a utužovací válec zajistí utužení půdy v hloubce uložení osiva, čím je částečně nahrazen a urychlen proces přirozeného slehávání půdy. Správné nastavení tlaku na pěchovacích válcích a přitlaku na secích botkách rozhoduje o umístění hranice kapilárního vzlínání vůči hloubce uložení osiva. Není-li nastavení provedeno správně, může se hranice kapilárního vzlínání nacházet v rozdílné vzdálenosti od dna setivé rýhy (obr. 120). V praxi se však mnohdy setkáváme, a to jak při výsevu plodin s úzkými řádky, tak plodin se širokou roztečí řádků, s nastavením vyššího tlaku na pěchovací válce a na secí botky, což vede ke ztuhnutí dna výsevny rýhy.



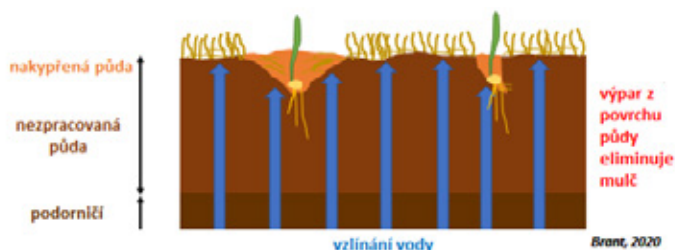
Obr. 120: Vliv provedení předseťové přípravy okamžitě po zpracování půdy se současným utužením horní vrstvy půdy na vzlínání vody ke vzházejícím rostlinám. Správné nastavení tlaku na pěchovacích válcích a přitlaku na secích botkách rozhoduje o umístění hranice kapilárního vzlínání vůči hloubce uložení osiva.

Proces slehnutí půdy se urychlí také při použití půdních pěchů během provádění setivé orby. Mechanizační prostředky s aktivně poháněnými pracovními nástroji jsou rovněž vhodné **pro předseťovou přípravu následující po mělkém zpracování půdy**. Je-li v rámci základního zpracování půdy provedeno jen mělké zpracování, lze pro předseťovou přípravu použít rovněž kombinovaných kypřičů. Zároveň je možné do mělce zpracované půdy provést výsev pomocí secích

strojů určených pro setí do částečně zpracované či nezpracované půdy bez předchozí předseťové přípravy.

8.7.5. Seťové lože v systémech setí do částečně zpracované a nezpracované půdy

V rámci konzervačních technologií základního zpracování půdy jako je mělčí či hlubší zpracování půdy bez jejího obracení či technologických postupů setí do nezpracované půdy je setivé lože vytvářeno secí botkou (obr. 121).



Obr. 121: Při setí do nezpracované půdy je setivé lože vytvářeno přímo secí botkou. Mulč na povrchu půdy zamezuje ztrátám vody evaporací.

8.8. Regulace plevelů při předseťové přípravě

Historicky patřila předseťová příprava půdy k významným faktorům regulace plevelů v horní vrstvě půdy, především u jarních plodin. Princip regulace plevelů spočíval v časném urovnění povrchu půdy na jaře, které podpořilo vzházení plevelů, které byly následně mechanicky potlačeny předseťovou přípravou těsně před setím. Stále je potřebné pracovat se skutečností, že většina semen plevelných druhů vzhází z **hloubky půdy do 50 mm**.

U současných technologií, které reagují na časnější termíny výsevu ozimých i jarních plodin, je však výše uvedený efekt odplevelení uplatnitelný omezeně. Význam předseťové přípravy spočívá však rovněž v podpoře rychlého a rovnoměrného vzházení plevelů. Zajištění rychlého vzejití většiny semen plevelů nacházejících se v horní vrstvě půdy umožňuje efektivní provedení mechanické a chemické regulace, včetně omezení počtu jejich opakování.

8.9. Pracovní operace a mechanizační prostředky s pasivními pracovními nástroji

Pracovní operace prováděné mechanizačními prostředky s pasivními pracovními nástroji se uplatňují především při přípravě setivé orby v rámci konvenčních technologií zpracování půdy a v rámci

technologíí mělkého a hlubšího zpracování půdy. Základním předpokladem pro jejich uplatnění je **minimální přítomnost posklizňových či rostlinných zbytků na povrchu půdy** a v horní vrstvě půdy (do hloubky 0,1 m).

8.9.1. Smykování

Je první pracovní operací následující po orbě prováděné zpravidla na jaře. Hlavními cíli smykování jsou:

- **stržení hřebenů brázd a urovnání povrchu pozemku,**
- **drobení půdy a zatlačování hrud,**
- **nakypření půdy a vytvoření horní izolační vrstvy,**
- **ničení vzešlých klíčnicích rostlin plevelů.**

Smykování se provádí v době, kdy jsou **oschlé hřebeny brázd**. Při vyšší půdní vlhkosti hrozí nebezpečí tzv. „zamazání“, které negativně ovlivní další pracovní operace prováděné v rámci předsetové přípravy a zejména počáteční vývoj porostů po zasetí. V důsledku zamazání dojde k porušení půdní struktury, což následně vede ke kornatění půdy. Při vyšší vlhkosti není dostatečně nakypřena horní vrstva půdy a dochází ke ztrátám vody evaporací. Směr pohybu smyku po pozemku je historicky prováděn šikmo na hřebeny skýv. Při stržení hřebenů brázd při orbě lze smykování provést i klasickým člunkovitým pohybem ve směru prováděné orby. Podmínkou pro kvalitní práci smyků je dostatečný rozpad skýv během zimního období. Po provedení velmi opožděné pozimní či zimní orby, nebo orby jarní, je smykování jako pracovní operace zajišťující urovnání povrchu pozemku a nakypření horní vrstvy půdy z důvodu vzniku kompaktních skýv při orbě méně efektivní. Pro rozrušení kompaktních skýv nebo přeschlých skýv po jarním provedení má omezený efekt na tvorbu setového lože i kombinace smyků a bran. Zpracování těchto ploch vyžaduje totiž několikanásobné zpracování pozemku, které však nezajistí požadovanou kvalitu rozdrobení půdy a urovnání pozemku. Pro zpracování kompaktních a přeschlých skýv je vhodnější použít mechanizační prostředky s **aktivně poháněnými pracovními nástroji**.

V rámci klasické předsetové přípravy (smyky + brány) se ve vlhčích oblastech smykování nahrazuje vláčením těžkými branami.

Během smykování provedeným v dostatečném časovém odstupu po orbě dochází k ničení vzházejících **plevelů**, na jaře zejména ze skupiny časně jarních plevelů.

8.9.2. Smyky a jejich konstrukční řešení

Pracovními nástroji smyků jsou převážně **ocelové desky**, na řezné straně hladké či opatřené zuby. Desky jsou umístěny kolmo ke směru jízdy a lze regulovat jejich sklon. Svírá-li deska s povrchem pozemku **pravý úhel**, dochází za optimální vlhkosti k intenzivnějšímu drobení hrud a částečnému utužení půdy. Je-li úhel mezi deskou a půdou ve směru pracovní jízdy **menší než 90°**, dochází k utužování půdy a zatlačování hrud. Při velikosti úhlu mezi deskou a půdou **větším než 90°** přetéká půda přes horní hranu desky a vytváří se nakypřená vrstva půdy, minimálně jsou však drceny hroudy.

Z hlediska urychlení a zkvalitnění předsetové přípravy se smykování provádí současně s vláčením (obr. 122). Pracovní nástroje smyků jsou rovněž součástí mechanizačních prostředků s pasivně pracujícími nástroji, které umožňují provést předsetovou přípravu jedním přejezdem. U těchto kombinovaných strojů plní souvislé smykové desky opět podřezávací a kypřicí funkci (obr. 123).



Obr. 122: Klasická předsetová příprava půdy se provádí pomocí kombinátorů složených ze smyků a hřbových bran (foto Brant).

Smykové desky tvořící pracovní nástroje smyků jsou konstrukčně nejčastěji tvořeny dvěma kovovými deskami. Přední desky jsou většinou ozubené, nebo jsou vybaveny rozdílnými systémy zubů, hřebů apod. (obr. 124).



Obr. 123: Smykové desky jsou rovněž součástí kombinovaných strojů pro předsetovou přípravu půdy (foto Brant).



Obr. 124: Přední, někdy zadní, smyková deska je opatřena zuby či hřebí, většina smyků je rovněž vybavena systémem pro nastavení úhlu smykových desek vůči povrchu půdy (foto Brant).

V rámci vývoje pracovních nástrojů pro smykování se lze u strojů kombinujících více pracovních operací sloužících pro předsetovou přípravu, nebo u secích strojů vybavených pracovními sekcemi pro souběžnou předsetovou přípravu a setí, setkat se smyky tvořenými řadou smykových destiček s nastavitelným úhlem (obr. 125).



Obr. 125: Stroje kombinující více pracovních operací při předseťové přípravě nebo secí stroje vybavené pracovními sekcemi pro souběžnou předseťovou přípravu a setí jsou osazovány smyky tvořené řadou smykových destiček s nastavitelným úhlem (foto Brant).

8.9.3. Vlácení

Vlácení je pracovní operace zajišťující vytvoření setového lože. Mimo předseťové přípravy představuje pracovní operaci prováděnou i v rámci jiných agrotechnických opatření. Z hlediska předseťové přípravy vlácení zajišťuje:

- nakypření a jemné rozdrobení půdy, včetně rozrušení hrud,
- urovnání povrchu pozemku a vytvoření horní nakypřené izolační vrstvy,
- ničení plevelů, zapravení minerálních hnojiv, případně zapravení herbicidů,
- segmentaci půdních agregátů nad budoucím dnem seťového lože (jemné částice jsou umístěny ve spodní vrstvě v místě uložení semen, hrubší částice se nacházejí na povrchu půdy).

Nakypřený povrch půdy se vyznačuje přítomností půdních pórů vyplněných vzduchem, které zajišťují nejen pronikání **vzduchu do půdy** a zajištění dostatku kyslíku pro klíčení semen, ale převaha vzduchu v pórech přispívá rovněž k **ohřívání vrchní vrstvy** půdy. Teplota půdy je dalším z významných faktorů ovlivňujících klíčení semen vysetých plodin a samozřejmě počáteční vývoj klíčenců. Vlácením jsou za optimální půdní vlhkosti rozrušovány hroudy. V procesu segmentace půdních agregátů dochází k propadu jemných částic do místa uložení semen a větší půdní částice zůstávají uloženy na povrchu půdy. Přítomnost hrudek do velikosti 4 cm na povrchu půdy lze považovat za příznivý faktor. Tyto hrudky přispívají ke zdrsnění povrchu půdy a snižují riziko větrné eroze. Zároveň snižují v důsledku zpomalení proudění vzduchu nad povrchem půdy i **neproduktivní výpar**. V současné době je bohužel opomíjen i jejich protierozní efekt z hlediska procesů vodní eroze.

Při vlácení dochází k regulaci klíčících plevelů. Lze jím zapravit do půdy minerální hnojiva aplikovaná před setím do půdy, případně (dnes již z historického pohledu) jej lze využít k zapravení půdních herbicidů s účinnými látkami nestabilními při kontaktu se světlem. Z hlediska nových technologických postupů může sloužit k zapravení živých bioagens (bakterie a houby, včetně živin a humátů) do půdy, okamžitě po jejich plošné aplikaci na povrch půdy.

V rámci ekologických systémů má vlácení zásadní význam na **odplevelení pozemku, tedy jeho horní vrstvy půdy**, ze které vzhází většina generativních orgánů rozmnožování plevelných rostlin. Historicky spočíval odplevelující efekt smykování a vlácení v časném urovnání

povrchu pozemku zpracováním půdy před výsevem ozimů a následným opakováním předseťové přípravy těsně před jejich výsevem. Dostatečný rozestup mezi urovnáním povrchu a setím zajistil vzejití ozimých plevelů a jejich částečné zničení při předseťové přípravě před setím. Na podzim byl však odplevelující efekt výrazně omezen termínem sklizně, počasím, realností zvládnutí dvojí předseťové přípravy na osevních plochách apod.

Zásadní význam předseťové přípravy, tzv. opakované, je spojen s výsevem jařin. Zde včasné urovnání povrchu půdy na jaře a následná opakovaná předseťová příprava půdy před výsevem jařin, jedná se i o nutnost pozdějšího výsevu vůči současným zvyklostem, zajistilo vzejití plevelů z horní vrstvy půdy a jejich následné zničení opět před setím provedenou předseťovou přípravou. Tyto systémy lze v dnešní době využít například při setí teplomilných druhů (čiroky, béry, prosa apod.), kde lze tímto způsobem výrazně omezit rozvoj plevelů v těchto porostech.

8.9.4. Brány a jejich typy

Pro vlácení jsou využívány brány. Zásadní význam pro předseťovou přípravu mají brány hřebové, radličkové a v dnešní době i prutové (většinou se jedná o konstrukce odpovídající přechodu mezi prutovými branami a prutovými kypřiči). V následujícím přehledu jsou uvedeny rozdílné konstrukce bran, které lze ve vztahu k jejich konstrukci využít s rozdílnou mírou i v procesech předseťové přípravy půdy. Z hlediska tvaru pracovních nástrojů se brány rozdělují na:

Hřebové brány jsou osazeny různě dlouhými přímými nebo zahnutými hřebi obdélníkového, kruhového a čtvercového průměru. Brány se zahnutými hřebi umožňují provést vlácení „na ostro“ nebo „na tupo“, čím je zvýšen efekt kypření a vyvlačování plevelů (na ostro) či naopak schopnost zapravovat minerální hnojiva, osivo atd. do půdy (na tupo). Z hlediska zatížení jednoho hřebu lze rozlišit brány lehké, střední a těžké. Hřebové brány lze rozlišit podle zatížení na jeden hřeb v kg na:

- **lehké (0,5 až 1 kg, pracovní hloubka 30 – 50 mm),**
- **střední (1 – 1,5 kg, pracovní hloubka 40 – 70 mm),**
- **těžké (1,5 až 2 kg, pracovní hloubka do 100 mm).**

Při optimální půdní vlhkosti a při dobré struktuře půdy zajišťuje použití hřebových bran velmi kvalitní přípravu pozemku pro setí (obr. 126, vlevo). Při přeschnutí hřebenů brázd a při rozrušování kompaktních skýv na jaře je **drobící efekt nedostatečný** (obr. 126, vpravo).



Obr. 126: Kvalita práce hřebových bran je závislá na půdních podmínkách (foto Brant).

Radličkové brány s hřeby zakončenými lžičkovitou radličkou intenzivně kypří půdu. Dobře dodržují nastavenou pracovní hloubku. Na zaplevelených pozemcích, či plochách s vyšším obsahem posklizňových zbytků a slámy dochází k jejich snadnému ucpání.

Sítové brány dobře kopírují terén. Rozdílná délka hřebu na oboustranných sítových branách umožňuje jejich využití během vegetace ke kultivaci plodin pěstovaných v hrůbčích. Pracovním nástrojem jsou ocelové pruty.

Mulčovací brány nezajišťují přímo předsetové zpracování půdy (obr. 127), ale umožňují kvalitní rozvrstvení slámy na pozemku při technologiích setí do mělce zpracované půdy či půdy nezpracované. Pracovní nástroje tvoří pružné ocelové pruty o průměru 10 až 15 mm, dlouhé 0,6 až 0,7 m. Vibrování pracovních nástrojů při jízdě přispívá k vytřesení semen plevelů a výdrolu ze slámy a jejich uložení na povrchu půdy, což za optimálních podmínek podpoří jejich klíčení a následné vzházení rostlin.

Talířové brány lze využít pro mělké zpracování půdy a rozřezání drnu před jeho zaoráním. Po zpracování půdy následující po sklizni předplodiny talířovými branami lze provést výsev pomocí secích strojů určených pro setí do částečně zpracované či nezpracované půdy. Pracovními nástroji jsou otočně uložené talíře umístěné na společných hřídelích většinou ve dvou sledech.

Hvězdicové brány s rovnými talíři umístěnými souběžně se směrem pracovní jízdy dobře drtí hroudy, ale obtížně se zahlubují. Šikmo umístěné hvězdice a hvězdice ve tvaru talíře se lépe zahlubují a pracují obdobně jako talířové brány.



Obr. 127: Mulčovací brány zajistí rovnoměrné rozložení slámy na pozemku (foto Brant).

8.9.5. Válení

Pracovní operace válení z agrotechnického hlediska ve vztahu ke zpracování půdy plní následující funkce:

- zajišťuje utužení horní vrstvy půdy v místě dna setového lože,
- podporuje zvýšení kapilárního vzestupu vody v půdním profilu,
- přispívá ke snížení hrudovitosti,
- umožňuje částečné urovnání povrchu půdy či rozrušení půdní krusty.

Pomocí válení lze ovlivnit především půdní vlastnosti v její horní vrstvě, většinou do 100 mm. Hloubka utužení půdy během válení je všeobecně závislá na hmotnosti, průměru a pracovním záběru válce a pojezdové rychlosti pracovní soupravy, ale také na zrnitosti půdy a půdní vlhkosti. Samotný druh válce, který rovněž rozhoduje o **intenzitě utužování půdy v dané vrstvě půdy**, ovlivňuje dále schopnost drtit hroudy, porušovat půdní krustu a urovnávat povrch půdy. Limitujícím faktorem pro použití válců je vlhkost půdy. Při vyšší vlhkosti půdy se účinnost válení zvyšuje. Dojde-li však v důsledku zvýšení půdní vlhkosti, zejména na jílovitých a hlinitých půdách, k nárůstu adhezních sil mezi půdou a pracovními nástroji až do kritické hranice, kdy se půda začíná na válce lepit, nelze pracovní operaci provést. Válení za sucha, hrudovitého pozemku a příliš nakypřené půdy přispívá k následnému vytvoření kvalitního setového lože. V těchto případech přispěje válení k podpoře kapilárního vzestupu vody k semenům, urychlení slehnutí horní vrstvy půdy a částečně k rozrušení hrud. Při použití hladkých válců na pozemcích s výskytem tvrdých hrud však nedojde k jejich přijatelnému drcení, nýbrž jen k jejich zamačkání do půdy.

8.9.6. Válce a jejich konstrukční řešení

Z hlediska požadavků na válení je pro provedení pracovní operace možné využít rozdílných druhů válců.

Kotoučové (prstencové) válce jsou složeny z kotoučů prstencového tvaru. Průměr válců se pohybuje v rozpětí 0,35 až 0,4 m a jejich hmotnost činí 200 až 250 kg na jeden metr záběru. Dobře drtí hroudy při nakypřeném povrchu půdy. Podporují **vzlinání vody do horních vrstev** a vypařování vody. Po jejich použití dochází k utužení horní vrstvy půdy a vytvoření velké vypařovací plochy půdy.

Hrudořezné (Prismaválce, hvězdicové) válce mají kotouče po obvodu zubaté. Průměr kotoučů je 0,32 – 0,4 m. U starších konstrukcí je hmotnost válců oproti ostatním typům nižší (140 – 200 kg na 1 m záběru, u novějších poté dvojnásobná, zejména při použití na travních porostech v kombinaci s přísevy). Velice dobře drtí suché a tvrdé hroudy. Neutužují přímo povrch půdy, což vede k omezení ztrát vody evaporací. Jsou vhodné pro zpracování i těžkých půd při nižší půdní vlhkosti a pro případné zpětné utužení nakypřené horní vrstvy půdy. Častou konstrukcí představují hrudořezné kotouče umístěné na jedné hřídeli vedle sebe (obr. 128), dalším řešením je umístění kotoučů tzv. ob jeden, kdy se poté jedná o zdvojení za sebou následných válců.



Obr. 128: Hrudořezné válce dobře drtí suché a tvrdé hroudy (foto Brant).

Cambridgské válce se sestávají z hladkých a ozubených kotoučů (obr. 129). Ozubené kotouče mají větší průměr než kotouče hladké a nejsou pevně spojeny s nábojem. Tím je zajištěna **dobrá samočisticí schopnost válců**. Průměr kotoučů se pohybuje v rozpětí od 0,35 do 0,65 m a hmotnost válce činí 250 až 500 kg na jeden metr záběru. Cambridgské válce lze využít pro rozrušování půdní krusty, drčení hrud před setím a sázením a k podpovrchovému utužení půdy. Povrch půdy po jejich použití zůstává částečně nakypřený.



Obr. 129: Cambridgské válce lze také využít při ošetřování ozimů na jaře (foto Brant).

Spirálové válce jsou tvořeny samostatnými prstenci šikmo na nosné hřídeli čímž vytvářejí spirálový efekt, nebo souvislou spirálou opět uchycenou na nosné hřídeli. Průměr prstenců či spirály se většinou pohybuje v rozmezí 0,35 až 0,55 m. Pro zajištění čištění pracovních nástrojů, zejména z hlediska kamenů vniklých mezi pracovní nástroje, se od středu stroje mění směr spirály, aby došlo k vynášení kamenů od středu ke stranám válce. Často jsou využívány jako čelně nesené válce při využití secích kombinací, či u strojů pro předsetovou přípravu.

Crosskillské válce tvoří shodně velké kotouče s bočními zuby (obr. 130). Průměr válců se pohybuje v rozpětí 0,35 až 0,5 m a jejich hmotnost činí 220 až 420 kg na jeden metr záběru. Za optimální půdní vlhkosti intenzivně rozbíjejí hroudy nacházející se na povrchu. Utužují půdu pod povrchem a zanechávají její povrch částečně kyprý. Jsou častou součástí mechanizačních prostředků pro přípravu seňového lože tzv. jedním prejezdem.

Hladké válce tvoří trubka o průměru 0,4 až 0,65 m (polní válce) s uzavřenými čely. Hmotnost válců se pohybuje od 100 do 200 kg na jeden metr záběru. Hmotnost lze zvýšit naplněním válců vodou, případně suchým pískem. Vytvářejí rovný a hladký povrch půdy. Půda je utužována zejména na povrchu. Při suchém podzimu je lze využít pro přivalení pozemků po zasetí z důvodu podpoření vztlínání vody k povrchu půdy. Hladké válce o průměru do 1 m (luční válce) se využívají pro provádění pratotechnických opatření.

Rýhované válce mají obdobnou konstrukci jako hladké válce, ale na jejich povrchu jsou umístěny úhelníky. Povrch půdy zanechávají mírně zvlněný, čímž se snižuje nebezpečí vzniku půdní krusty.



Obr. 130: Crosskillské válce tvoří shodně velké kotouče s bočními zuby (foto Brant).

Prutové válce jsou vytvořeny ze spirálovitě vlnutých prutů (obr. 131). Průměr válců se pohybuje v rozmezí 0,3 až 0,6 m, délka válců pak od 2 do 4 m. Používány jsou v rámci kombinovaných strojů pro předsetovou přípravu půdy. Jejich tlak na půdu je dán nastavením seřizovacího mechanismu na daném stroji. Za optimální půdní vlhkosti dobře drtí hroudy a utužují půdu ve spodních vrstvách. Povrch půdy zanechávají kyprý. Často jsou rovněž jednou ze součástí strojů pro mělké zpracování půdy a provedení podmítky, kde zajišťují urovňování povrchu půdy, její částečné utužení a drčení hrud, či ošetření podmítky.



Obr. 131: Prutové válce jsou rovněž standardní součástí radličkových kypřičů a talířových podmítačů (foto Brant).

Utužovací (pěchovací) válce zubové a pneumatikové jako součást secích kombinací. Jejich úkolem je utužení půdy v místě uložení osiva do výsevné rýhy z důvodu dostatečného zásobení semen a vzcházejících rostlin vodou a urychlit proces slehávání půdy při výsevu do čerstvě zorané půdy nebo okamžitě po provedení mělkého zpracování půdy nebo při zakládání porostů pomocí jedné pracovní operace

(mělké zpracování půdy + předseťová příprava + setí). Z hlediska konstrukce se jedná o ozubené utužovací válce (obr. 132) a pneumatikové utužovací válce, které se umísťují mezi nářadí pro zpracování půdy s aktivně poháněnými pracovními nástroji a secí stroj. Pneumatikové utužovací válce kvalitněji utužují půdu, zejména v místě řádku vyseté plodiny. Nejsou však vhodné pro práci na kamenitých půdách.



Obr. 132: Ozubené utužovací válce na secích kombináčích (vlevo) utužují půdu v místě uložení osiva, při použití na strojích pro zpracování půdy a pro předseťovou přípravu mají za cíl utužení půdy, urovnání povrchu pozemku a rozdrobení hrud (foto Brant).

Pneumatikové válce představují širokou škálu technických řešení. Základem konstrukce je vždy kombinace nosného ráfku s gumovým, pneumatice podobným, osazením (obr. 133), či klasickou pneumatikou (obr. 134). Tyto válce jsou konstruovány jako průběžné s umístěním



Obr. 134: Klasické pneumatikové pěchy nacházejí své uplatnění na strojích pro základní zpracování půdy a pro předseťovou přípravu, ale zásadní význam mají na secích strojích (foto Brant).

pneumatik vedle sebe na jedné hřídeli, nebo se jedná o širší gumová osazení s rozdílným profilem a dezénem. Dále se jedná o rozmístění pneumatikových válcových kol s rozdílným odsazením mezi nimi za účelem cíleného utužování požadovaných zón půdy. Pneumatiková kola mohou být rovněž na strojích, především na secích strojích, umístěna nezávisle.

Významným faktorem specifikujícím vliv pneumatikových válců na půdu je nastavení jejich tzv. **tuhosti**. U gumových osazení ráfků je tento efekt zajištěn rozdílným profilem gumového osazení, včetně dezénu, a tvarem ráfků, či uvnitř umístěných výztuží. U klasických pneumatikových válců lze pracovat s tlakem. Další možností práce s tlakem na půdu je samozřejmě nastavení přítlaku na tyto pracovní sekce přímo na stroji (mechanicky a hydraulicky).



Obr. 133: Značný počet technických řešení umožňujících dosažení rozdílného vlivu na půdu vzniká využitím konstrukcí kombinujících nosný ráfek s gumovým, pneumatice podobným, osazením (foto Brant).



Obr. 135: Principem U-válců je osazení pěchovacích kol po obvodu tzv. U-profilem (foto Brant).

U-válce lze považovat za novější technické řešení. Jejich principem je osazení pýchovacích kol po obvodu tzv. U-profilem (obr. 135). Vnitřní část profilu se při práci vyplní půdou, čímž má následně docházet při stlačování pouze ke kontaktu půdy s půdou. Vnitřní členění U-profilu určuje velikost kontaktní plochy pro ulpívání půdy a tím i pevnost spojení mezi půdou a konstrukcí pýchovacího kola. Hloubka U-profilu rozhoduje rovněž i o konečné hmotnosti pých.

Pýchovací válce jsou z hlediska použitých konstrukčních řešení velmi pestrá skupina. Princip práce spočívá v rozdílném systému umístění kruhových prstenců na nosné hřídeli. Jedná se o konstrukce zahrnující kovové pýchovací kotouče s uzavřeným (obr. 136 vlevo) či přerušovaným obvodem umístěných na hřídeli s menším průměrem, nebo o prstence opatřené gumovým osazením, které může vykazovat rozdílnou tuhost (plně vyplnění pryží, či se vzduchovou komorou), obrázek 136 (vpravo).

Druhou skupinou jsou prstence uchycené na nosné hřídeli s širším průměrem, které následně vytvářejí vlnovec (obr. 137).



Obr. 136: Pýchovací prstence umístěné na užší nosné hřídeli (foto Brant).



Obr. 137: Systémy pýchovacích válců s menšími prohlubněmi mezi prstenci více rozkládají hmotnost válce na celý povrch půdy (foto Brant).



Obr. 138: U hřebových válců se tlak hrotů hřebů projevuje utužováním půdy ve spodnějších vrstvách (foto Brant).

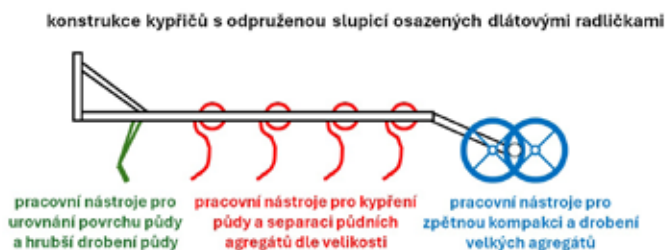
Pýchovací válce nalézají své uplatnění jako součást strojů pro základní zpracování půdy, předsetovou přípravu a setí. Včetně konstrukčních prvků typických pro půdní pých sloužící pro urovnání a zpětnému utužení půdy při orbě.

Hřebové válce jsou rovněž rozšířeným konstrukčním řešením vycházejícím z umístění šikmo postavených hřebů na nosné hřídeli (obr. 138). Tlak hrotů hřebů se projevuje utužováním půdy ve spodnějších vrstvách a šikmé postavení zajišťuje dobrý efekt samočištění válce. Jejich využití v předsetové přípravě je omezené.

8.9.7. Předsetová příprava půdy jedním přejezdem s pasivními nástroji

Celoplošná předsetová příprava půdy pomocí strojů provádějících více pracovních operací souběžně má zajistit dokonalé plošné prokypření půdy před setím plodin nebo sázením. Hloubka kypření se odvíjí od stavu povrchu půdy, vláhových podmínek, požadavku na hloubku setí dané plodiny a na požadavcích secího stroje na kvalitu zpracování půdy.

Dle typu kypřiče se hloubka zpracování půdy může pohybovat v rozmezí 60 až 200 mm. Konstrukční řešení jsou obecně koncipována tak, že při zpracování půdy dochází k urovnání povrchu pozemku, drobení půdy s následnou separací agregátů dle velikostního členění nad dnem setového lože a následně k částečné kompaksi nakypřené půdy ve spodních částech kypřeného profilu válci, včetně rozdrobení větších hrud na povrchu půdy (obr. 139).



Obr. 139: Konstrukční řešení strojů pro celoplošnou předsetovou přípravu spojují pracovní operace za účelem tvorby setového lože jedním přejezdem.

Pro mělkou předsetovou přípravu celoplošně zpracované půdy jsou dominantně využívány **radličkové kypřiče se šípovitými radličkami na tuhé slupici**, které umožňují mělké zpracování půdy na hranici 100 až 150 mm. Mnohdy jsou tyto kombinované kypřiče (kombinátoři) označovány jako kompaktoři či jemné kypřiče. Stroje lze využít do systémů s orbou, s mělkým kypřením půdy a s hlubším kypřením s intenzivním zpracováním povrchu půdy. Přítomnost rostlinných zbytků předplodiny (sláma) do výše pokrývnosti **povrchu půdy do 40 %** či vymrzlé porosty meziplodin (dvouděložné druhy) dosahující na podzim produkci **suché nadzemní biomasy do 0,7 t/ha** neomezuji práci těchto kypřičů.

Vývoj strojů byl primárně spojen s přípravou seťového lože pro cukrovou řepu v systémech s obracením půdy při zpracování (orba). Důvodem je především kvalitní mělké zpracování půdy s dodržení hloubky kypření, které jsou základem rovnoměrné hloubky setí a vyrovnaného vzházení a následného vývoje rostlin. Jednoznačné využití strojů je při jarní předsetové přípravě půdy, kdy dochází ke kvalitnímu nakypření horní vrstvy půdy a k tvorbě rovného dna pod nakypřenou půdou radličkami. V systémech používajících orbu je pro kvalitní práci těchto strojů jednoznačně potřebné **provést primární urovnání povrchu půdy již při orbě** a zásadní je uplatnění **orby do roviny**.

Vývoj kypřičů **se šípovitými radličkami na tuhé nebo odpružené slupici** je spojen s nárůstem pracovních záběrů strojů za účelem zvýšení plošné výkonnosti souprav, ale i s omezením počtu koleových stop tažných prostředků. Nárůst pracovního záběru se projevuje nárůstem pracovního záběru jednotlivých radliček, ale i hmotnosti strojů. Především při provedení jarní předsetové přípravy půdy hrozí riziko ztuhnutí půdy pod kypřenou půdou v důsledku tlaku radliček na půdu a umáznutí půdy při jejich pohybu vpřed. Tato skutečnost poté vede k omezení infiltrace po výsevu a k omezení růstu kořenů. V těchto případech je nutné pracovní operaci odložit nebo zvolit jiné technické řešení. Největší riziko představuje použití těchto strojů při dvojitým provedení předsetové přípravy půdy, kdy se časně na jaře provádí tzv. otevření půdy a před setím plodiny je provedena ještě jedna příprava půdy. Velmi časný jarní vstup na pozemek při provádění předsetové přípravy půdy, kdy je spodní část půdy přemokřená, výrazně vedou ke ztuhnutí spodních vrstev ornice koly tažných prostředků a k tvorbě ztuhlé vrstvy pod pracovními nástroji. V současné době jsou již i v Evropě dostupná technická řešení pro velmi mělké zpracování povrchu půdy se sníženým rizikem ztuhnutí v místě seťového lože. Ta lze využít i pro tzv. otevření povrchu půdy na jaře v konvenčním, ale i v ekologickém zemědělství. Otázkou zůstává vhodnost použití těchto konstrukcí pro provádění podzimní předsetové přípravy půdy, kdy půda ve většině případů vykazuje jiné fyzikální vlastnosti, primárně chybí působení vlivu vody a mrazu. Na podzim dochází spíše k situacím, kdy je půda příliš suchá, nebo je přesycená vodou v důsledku působení srážek. Za těchto situací je práce radličkových kypřičů méně efektivní. Mnohdy je vhodnější pro předsetovou přípravu využít pracovní nástroje secích strojů pro přípravu půdy, je-li secí stroj těmito nástroji či jejich sekcemi vybaven.

Hlubší provedení kypření pro setí lze na celoplošně zpracované půdě, včetně systému s rostlinnými zbytky na povrchu půdy do 40 %, provést **kypřiči s pružnou slupicí a dlátovitými radličkami**. Stroje umožňují hloubku kypření až na úroveň 0,2 m. Vyšší hloubka kypření a větší průchodnost pro rostlinné zbytky je spojena s větší roztečí pracovních nástrojů, ale také prací dlátovité radličky. Tyto stroje lze jednoznačně

využít i pro provedení podzimní předsetové přípravy půdy bez předchozího základního zpracování půdy na lehkých půdách, po sklizni okopanin za vhodných vláhových podmínek apod.

- Výše uvedená konstrukční řešení mají na základě zpracování půdy zajistit:
- **oteplení půdy a rychlejší zajištění minimální teploty půdy pro setí či sázení na jaře,**
 - **snadnou práci secích strojů a sazečů brambor a zeleniny,**
 - **ničení vzešlých jednoletých plevelů a případné podříznutí vytrvalých plevelů.**

Pracovními nástroji kypřičů jsou dlátovité nebo šípové radličky. Technologie práce je rovněž dána způsobem uchycení radliček k rámu stroje, tj. pomocí pevné nebo pružné (pérové) slupice.

Kypřiče s pevnou nebo s odpruženou slupicí pro mělké kypření jsou osazeny většinou šípovitými radličkami (obr. 140). Stroje dobře kypří půdu, kvalitně podřezávají plevely (obr. 141) a přispívají k dobremu agregátovému členění kypřené půdy. Při jejich použití není půda intenzivně mísená a nedochází k vynášení spodní vlhké půdy na povrch, čímž je eliminován případný vznik hrud, a k přesušení spodních vrstev půdy. Jsou vhodné jak pro provedení předsetové přípravy pro většinu jarních plodin vysévaných do řádků s širší roztečí, tak i pro ostatní polní plodiny (obilniny, luskoviny, brukvovité druhy atd.). Lze jimi provést předsetovou přípravu půdy po orbě nebo po mělkém či hlubším celoplošném zpracování půdy. Pro kvalitní práci kypřičů se šípovitými radličkami zajišťujícími mělkou předsetovou přípravu po předchozím provedení orby je vhodné doplnit pluh o pěchovací válec. Přechod mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou půdy je rovný. Setkat se lze i s konstrukcemi, kde jsou slupice osazeny menšími dlátovými radličkami, ale konstrukce rámu zajišťuje jejich dominantní uplatnění pouze pro mělké kypření.



Obr. 140: Radličkové kypřiče se šípovitými radličkami se využívají pro předsetovou přípravu k cukrové řepě, ale i k ostatním polním plodinám (foto Brant).



Obr. 141: Radličkové kypřiče dobře podřezávají plevely (foto Brant).



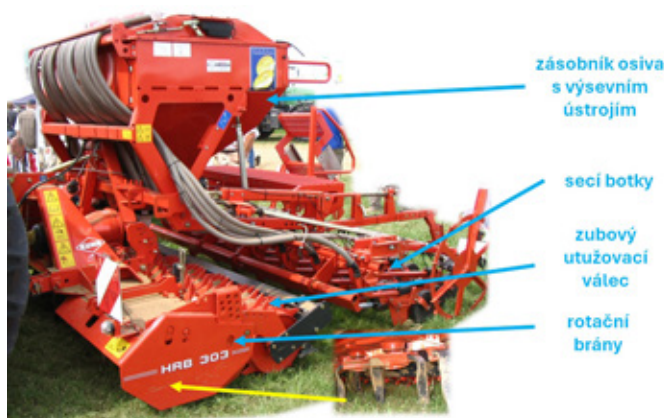
Obr. 142: Kypřiče s pružnými slupicemi a dlátovými radličkami lze při optimální půdní vlhkosti použít na těžších půdách i pro předsetovou přípravu k ozimým obilninám po sklizni okopanin (foto Brant).

Kypřiče s pružnou slupicí a dlátovitými radličkami (kultivátory, obr. 142) pro hlubší kypření půdy intenzivně kypří a částečně mísí. Přemístění chladnější a vlhčí půdy ze spodních vrstev k povrchu a celkové nakypření půdy přispívá k jejímu následnému oteplení i v hlubších vrstvách, ale také může vést k přesušení zpracované vrstvy půdy. Vhodné jsou pro kypření půdy pod brambory pro technologie bez separace kamenů a pro zeleninu. Po sklizni raných brambor, luskovinoobilných směsek apod. je lze použít k přípravě půdy pro setí meziplodin. Dno zpracované vrstvy půdy je hřebenité v důsledku rýh vytvořených dlátovitými radličkami. Při vyšší vlhkosti půdy ve spodních vrstvách může docházet ke tvorbě hrud.

8.9.8. Předsetová příprava se stroji s aktivně pracujícími nástroji

Mechanizační prostředky s aktivně pracujícími nástroji lze pro předsetovou přípravu půdy využít v rámci konvenčních technologií zpracování půdy, technologií mělkého zpracování půdy a při hlubším zpracování půdy bez obracení ornice s intenzivnějším kypřením a mísením půdy. V rámci předsetové přípravy mohou být využity samostatně v kombinaci z různými typy válců, ale většinou jsou součástí secích kombinací (obr. 143). Přestože je jejich konstrukce a princip práce odlišný od strojů s pasivními pracovními nástroji, plní z hlediska předsetové přípravy shodné funkce.

Stroje s aktivně poháněnými pracovními nástroji se v **konvenčních technologiích** zpracování půdy využívají pro přípravu půdy a následný výsev ozimých a jarních plodin. Umožňují zpracování hrubé brázdy a ve spojení s utužovacím válcem vytvářejí setové lože v rámci jedné pracovní jízdy. Z hlediska konstrukce strojů lze pro předsetovou přípravu následující po orbě využít veškeré mechanizační prostředky s aktivně poháněnými nástroji (půdní frézy, rotorové brány, rotační kypřiče a brány a kývavé brány). Při zaschnutí ornice a vytvoření tvrdých a velkých hrud není vhodné využít kývavé brány. Kývavé brány dobře drobí půdu a rovnají povrch pozemku na lehkých půdách a za optimálních vlhlostních podmínek i na půdách těžších. Z hlediska principu práce však nedostatečně vnikají do tvrdé půdy a drtí hroudy. Orební technologie zajišťuje kvalitní zapravení posklizňových zbytků



Obr. 143: Mechanizačními prostředky s aktivně pracujícími nástroji jsou součástí secích kombinací (foto a zpracování Brant).

a slámy do půdy, což rovněž umožňuje využití všech výše uvedených mechanizačních prostředků. Proto je také možné tyto stroje kombinovat v rámci secích kombinací se secími stroji s **radličkovými** nebo **kotoučovými** botkami. **Půdní frézy a rotorové brány**, případně rotační kypřiče, mohou být použity pro provedení hlubšího kypření před založením porostů hlouběji vysávaných plodin a sázením. Oproti radličkovým kypřičům intenzivně kypří a mísí půdu a umožňují rovněž kvalitní zapravení minerálních, ale také organických hnojiv do půdy.

V rámci **konzervačních technologií** zpracování půdy spojených s požadavkem na pokrytí povrchu půdy mulčem lze stroje s aktivně poháněnými nástroji využít dvěma hlavními způsoby. Jednak k předsetové přípravě následující po **provedení mělkého zpracování** půdy, nebo přímo pro založení porostů **jednou pracovní jízdou**, tj. provedením mělkého zpracování půdy při setí. Následuje-li předsetová příprava po již provedeném mělkém zpracování půdy, jsou nejdůležitějšími kritérii, která rozhodují o volbě daného typu stroje s aktivně poháněnými nástroji, půdní druh, vlhkost půdy a množství posklizňových zbytků v horní vrstvě půdy a na jejím povrchu. V obtížných půdních podmínkách (vlhká a příliš suchá půda, velké hroudy a značné množství organické hmoty) je vhodné využít půdní frézy, rotorové brány a rotační kypřiče.

V rámci zakládání porostů, především ozimých obilnin následujících po pozdě sklizených předplodinách **bez předchozího mělkého zpracování** půdy, je kvalitní práce dosaženo při využití secích kombinací vybavených půdními frézami, rotorovými branami a rotačními kypřiči. Tyto stroje pracují spolehlivě i na slehlé půdě s větším množstvím organické hmoty na povrchu.

Rozdílná konstrukce a princip práce mechanizačních prostředků s aktivně poháněnými nástroji ovlivňuje kvalitu práce ve vztahu k základnímu zpracování půdy, ale také ve vztahu k **předsetové přípravě**. Při jejich využití v rámci předsetové přípravy je rozhodující jejich vliv na **agregátové uspořádání** horní vrstvy půdy (drobící a mísící efekt a horizontální uspořádání půdních částic), na kvalitu **zapravení organické hmoty** a na **urovnání povrchu pozemku** (obr. 144).

Půdní frézy




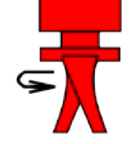

Jsou schopny v rámci předsetové přípravy po orbě kvalitně připravit pozemky s **kompaktními a přeschlými skývami** a pozemky zorané

nebo mělce zpracované se **silným výskytem velkých a tvrdých hrud**. Při mělkém zpracování půdy prováděném souběžně se setím je možné dobře zpracovat i těžké půdy a pozemky s velkým množstvím organické hmoty na povrchu půdy. Na základě ventilačního efektu frérovacích nožů jsou do spodní části zpracované vrstvy ukládány jemné částice a na její povrch větší agregáty. Dobře zapravují posklizňové zbytky a slámu do půdy a promíchávají je s půdou. Při velmi mělkém zpracování půdy (princip výsevu pomocí sečí lišty) naopak umožňují uložení organické hmoty na povrch půdy a vytvoření vrstvy mulče. Konstrukce strojů je podrobněji popsána v kapitole 3.1.2. Půdní fré-

zy. Rotor s pracovními nástroji je umístěn horizontálně a intenzita zpracování půdy je závislá na pracovní rychlosti soupravy ve vztahu k otáčkám rotoru. Trajektorie pracovních nástrojů odpovídá cykloidě.

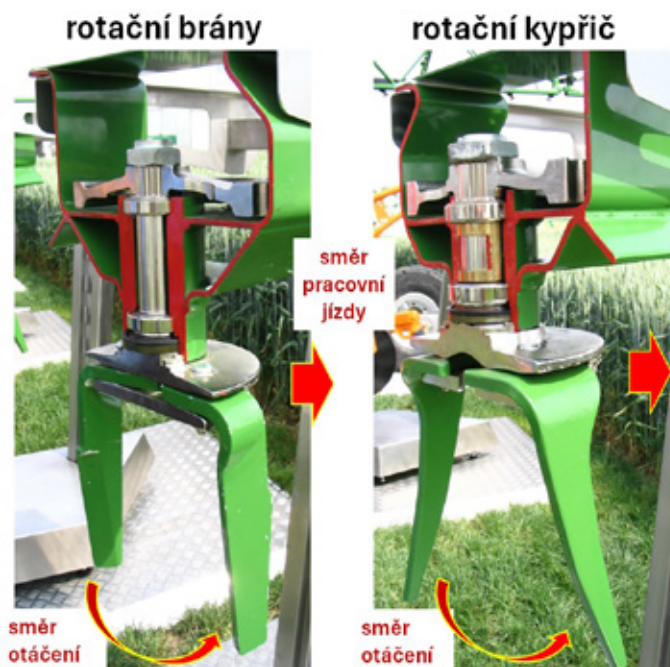
Rotorové (hřebové) brány

Kvalita předsetové přípravy a jejich využití pro tvorbu setového lože v rámci konvenčních a konzervativních technologií zpracování půdy jsou obdobné jako u půdních fréz. Pro dosažení vyššího ventilačního efektu je nutné použít speciální **mulčovací hřeby** zakončené plochým kladívkovým zakončením. Vhodné jsou pro předsetovou přípravu

typ stroje	trajektorie pracovních nástrojů v půdě	vliv na půdu při zpracování
půdní fréza		dobry drobici a misici efekt, dobre zapraveni rostlinnych zbytku, stredni vliv na urovnani povrchu pudy
rotorove brány		dobry drobici a misici efekt, dobre zapraveni rostlinnych zbytku, stredni vliv na urovnani povrchu pudy
rotačni brány		dobre drobeni pudy, malý misici efekt, nedostatecne zapraveni rostlinnych zbytku, dobre urovnani povrchu pudy
rotačni kyprič		stredni drobeni pudy, dobry misici efekt, dobre zapraveni rostlinnych zbytku, nedostatecne urovnani povrchu pudy
kývavé brány		dobre drobeni pudy, nedostatecny misici efekt, minimalni zapraveni rostlinnych zbytku, dobre urovnani povrchu pudy

**šipky označují směr pohybu pracovních nástrojů nebo pracovní soupravy*

Obr. 144: Vliv jednotlivých typů strojů s aktivně poháněnými pracovními nástroji na půdu (upraveno podle Estler a Knittel, 1996).



Obr. 145: Rotační kypřiče se dobře zahlubují do půdy a dodržují nastavenou hloubku (foto a zpracování Brant).

před založením plodin s úzkými řádky, zejména obilnin, ale také plodin s velkou roztečí řádků, v praxi označovaných jako širokořádkové. V rámci bezorebných technologií se kombinují s dlátovými kypřiči s postranními křídly. Rotory s mulčovacími hřebíky jsou schopny dobře zapravit i porosty meziplodin. V současné době je využití těchto konstrukcí v praxi omezené. Při zpracování suché a tvrdé půdy, ale rovněž půdy s vyšší hodnotou čísla plastičnosti, je vysoké **riziko poškození půdní struktury**. Shodně jako u půdní frézy je rotor s pracovními nástroji je umístěn horizontálně a intenzita zpracování půdy je závislá na pracovní rychlosti soupravy ve vztahu k otáčkám rotoru. Trajektorie pracovních nástrojů odpovídá cykloidě.



Obr. 146: Rotační brány jsou vhodné pro zpracování hrubé brázdy a přípravu půdy po setí následující po mělkém zpracování půdy (foto Brant).



Obr. 147: Kývavé brány nedostatečně drtí hroudy a méně zapravují rostlinné zbytky (foto Brant).

Rotační kypřiče

Ve srovnání s půdními frézami a rotorovými branami méně intenzivně kypří půdu a zapravují posklizňové zbytky. Pracovní nástroje jsou postaveny na ostro, proto se dobře zahlubují do půdy a dodržují nastavenou hloubku (obr 145, vpravo). Zajišťují uložení jemných půdních částic ve spodní vrstvě zpracované půdy a větších částic na její povrch. Umožňují provést **předsetovou přípravu následující po orbě a mělkém zpracování půdy**. Při mělkém zpracování půdy prováděném souběžně se setím se uplatní na lehkých a středních půdách. Pracovní nástroje při práci pracovní soupravy vytvářejí cykloidu.

Rotační brány

Pomocí **rotačních bran** (obr. 146) lze provést předsetovou přípravu půdy pro obilniny a další plodiny s malou roztečí řádků, tak pro plodiny s roztečí řádků nad 0,4 m. Jsou vhodné pro zpracování hrubé brázdy a přípravu půdy po setí následující po mělkém zpracování půdy. Ve srovnání s rotačními kypřiči se hůře zahlubují do tvrdé a nezpracované půdy. Mísící efekt a **kvalita zapravení posklizňových zbytků je oproti předchozím mechanizačním prostředkům s aktivními pracovními nástroji nižší**. Nejsou vhodné pro provedení základního zpracování půdy. Hřebíky mají rozdílnou konstrukci oproti rotačním kypřičům (obr. 145), vnikají do půdy na tupo, čímž je snížena intenzita zpracování půdy a zahlubování.

Kývavé brány

Zajišťují kvalitní přípravu půdy především po předchozím provedení orby. Výkyvy hřebů umístěných na dvou následných nosnících (obr. 147) zajišťuje při kmitavém **příčném pohybu uložení jemných částic do spodní vrstvy půdy**. Dobře pracují na lehkých až středních půdách, těžké půdy je vhodnější zpracovat stroji s intenzivnějším drobením půdy. Drobení hrud je minimální. Energetická náročnost kývavých bran je v porovnání s výše uvedenými mechanizačními prostředky nižší, pohybuje se v rozmezí 11 až 15 kW na jeden metr záběru. V praxi se lze setkat i s označením těchto strojů jako tzv. vířivé brány.

9. Systémy pásové a velmi mělké přípravy půdy před setím

Mezi nové technologické postupy vycházející z rozvoje půdo- a vodoochranných technologií, z požadavků na omezení nákladů na předsetovou přípravu, ale rovněž na snížení vstupů pesticidů a hnojiv na jednotku plochy lze zařadit systémy pásové předsetové přípravy a technologie velmi mělké předsetové přípravy.

9.1. Systémy pásové předsetové přípravy půdy

Vývoj pěstebních technologií při pěstování plodin vysévaných do řádků s velkou roztečí je ve vztahu k **eliminaci degradace půdy, úspory vstupů minerálních hnojiv, pesticidů, bioagens** apod. spojen s rozvojem systémů pásové předsetové přípravy půdy. Cílem technologie je provedení předsetové přípravy půdy zajišťující **podmínky tvorby setového lože pouze v budoucím pásu následně vysévané plodiny**. Z hlediska pásové předsetové přípravy půdy se jedná o naplnění následujících požadavků:

- urovnat povrch půdy a vytvořit setové lože v místě budoucího výsevu plodiny a zlepšit podmínky pro klíčení semen a vzcházení klíčenců kulturní rostliny,
- ponechat v budoucím meziřádku nezpracovanou půdu s hrubšími agregáty na povrchu půdy či pokrytou mulčem předplodiny, vyvrzlé meziplodiny, před výsevem založené meziplodiny do meziřádku apod.,
- při předsetové pásové přípravě půdy provést souběžně aplikaci minerálních či organických hnojiv, bakterií a hub do kypřeného pásu půdy v pevném či kapalném skupenství,
- zajistit vhodnou strukturu půdy a povrch půdy bez rostlinných zbytků, která umožní pásovou aplikaci preemergentních herbicidů,
- na základě předem stanovených trajektorií pro práci strojů eliminovat riziko zhutnění půdy při předsetové přípravě a omezit utužení či zhutnění půdy v místech budoucích řádků vysévané plodiny,
- zajistit podmínky pro pásovou aplikaci látek během vegetace, na řádek rostlin či meziřádek,
- vytvořit podmínky pro eliminaci degradačních procesů v meziřádku v důsledku diferenciací porostní srážky a podpořit infiltraci srážkové vody stékající po rostlinách,
- snížit náklady na zpracování půdy a zvýšit konkurenceschopnost pěstebních technologií,

- **příspěk k mechanické regulaci plevelů či meziplodin v místě budoucího výsevu hlavní plodiny.**

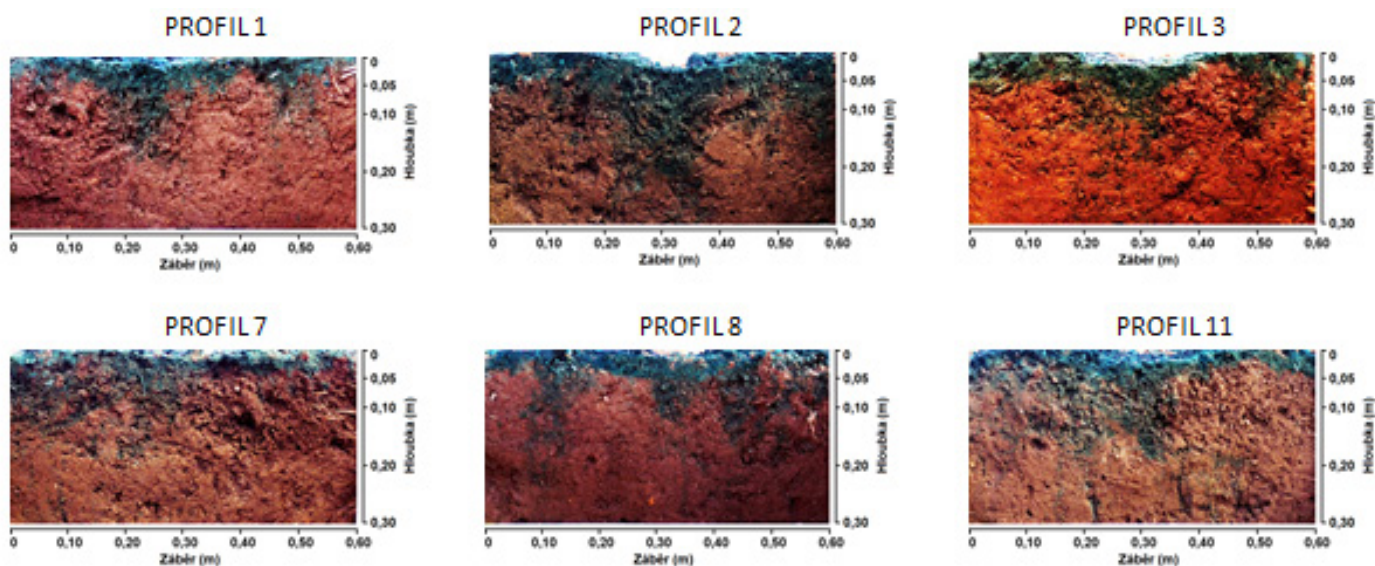
Pásovou předsetovou přípravu pro tzv. širokořádkové plodiny lze provádět pro výsev rostlin do řádků či dvouřádků s roztečí od 0,45 do 0,75 m. Z hlediska uplatnění se jedná o operaci prováděnou k jarním plodinám. Při pásové předsetové aplikaci je vhodné provést souběžně uložení minerálních či organických granulovaných hnojiv, nebo zónální aplikaci kapalných látek (hnojiva, humáty, bioagens) za kypřicí nástroje kypřiče.

Tvorba pásů může probíhat na pozemcích po provedení orby, **mělkého či hlubšího intenzivního zpracování půdy**, ale také do vyvrzlých či umrtvených porostů meziplodin založených po předchozím celoplošném kypření půdy. Technologie je primárně určena pro zpracování půdy v systémech výsevu **vymrzajících nebo nevymrzajících** meziplodin na podzim, či časně na jaře do pásů, které se po výsevu plodiny budou nacházet v meziřádku.

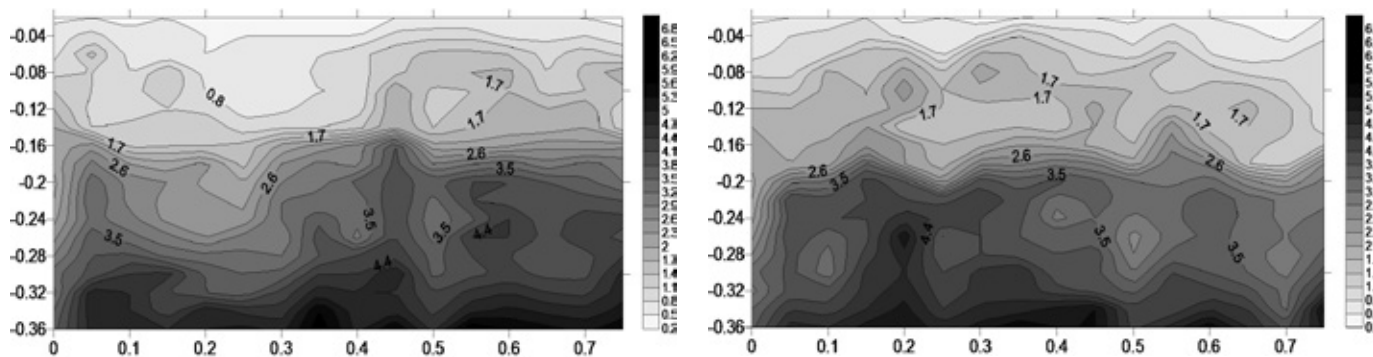
Použití rozdílných pracovních nástrojů pro pásovou předsetovou přípravu poskytuje širokou možnost tvorby setového lože (obr. 148), včetně ovlivnění procesů infiltrace srážkové vody (obr. 149). Volba pracovního nástroje ovlivňuje i hodnoty penetračního odporu v půdě po provedení pásové předsetové přípravy (obr. 150). **Aplikace hnojiv při pásové předsetové přípravě zajišťuje jejich cílené uložení do budoucí kořenové zóny a může být spojena s plošnou úsporou hnojiv na jednotku plochy.** Souběžné provedení hnojení při pásovém kypření snižuje počet přejezdů. Reakci rostlin na aplikaci hnojiva do kypřeného pásu při předsetové přípravě dokládá obrázek 151.



Obr. 148: Vliv rozdílných kypřicích nástrojů na profil kypřeného pásu, vlevo radlička s roztečí 220 mm, vpravo se záběrem 150 mm (foto Brant).



Obr. 149: Profily s modrou infiltrací při rozdílném využití kypřících nástrojů při pásové kypření (foto Brant).

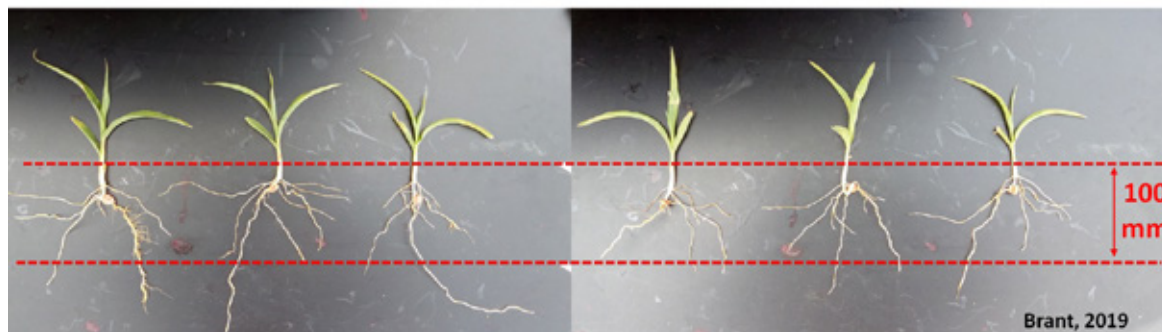


Obr. 150: Hodnoty penetračního odporu v trajektorii kypřící radličky při hloubce kypření 120 mm (vlevo) a 80 mm (vpravo), zdroj Kroulík.

Vliv hnojení při provedení předsetové pásové přípravy do kypřeného pásu na vývoj rostlin kukuřice seté, dávka 80 kg hnojiva Urea na ha.

hnojeno

nehnojeno



Obr. 151: Vliv aplikace hnojiva při předsetové přípravě půdy na rozvoj kořenového systému kukuřice.

Po provedení pásové přípravy s přihnojením do kypřeného pásu následuje setí s možností hnojení jiným hnojivem k řádku rostliny (obr. 152). Absence celoplošné předsetové přípravy půdy zajišťuje i v systémech celoplošného zpracování půdy s obracením a bez obracení se zapravením rostlinných zbytků **ponechání hrubé struktury půdy na povrchu**, která omezuje erozní procesy a snižuje i povrchový odtok (obr. 153).



Obr. 152: Po provedení pásové přípravy s přihnojením do kypřeného pásu následuje setí (vpravo) s možností hnojení jiným hnojivem k řádku rostliny (foto Brant).



Obr. 153: Stav povrchu půdy po založení porostů konvenční celoplošnou přípravou půdy (vlevo) a po zasetí do kypřených pásů (vpravo), foto Brant.

Pásová předsetová příprava půdy zásadním způsobem eliminuje negativní vliv přejezdů při předsetové přípravě vůči systémům celoplošného zpracování pozemku. Přenesení trajektorií kol tažných prostředků při pásové předsetové přípravě a při setí do meziřádku zásadně **omezuje i nevhodný vývoj rostlin na utužené, či ztuhlé půdě pneumatikami traktoru při celoplošném zpracování půdy bez použití optimalizovaných trajektorií**. Tento efekt je dobře patrný v porostech cukrové řepy (obr. 154) na počátku vegetace. Reakci rostlin cukrové řepy v pozdější fázi růstu na technologii pásové předsetové přípravy ve srovnání s přípravou celoplošnou dokládá obrázek 155.

Význam pásové předsetové přípravy půdy lze primárně spatřovat v systémech setí do mulče předplodiny či umrtvené mezplodiny. Technologie zajišťuje optimální podmínky pro klíčení semen a vzchá-



Obr. 155: Stav porostů cukrové řepy 7.8.2019. Vlevo porosty bez pásové přípravy, vpravo pásová předsetová příprava (foto Brant).

Stav rostlin cukrové řepy, včetně vývoje kořenového systému, na plochách s pásovou předsetovou přípravou a přípravou celoplošnou



rostliny v řádku po provedení pásové předsetové přípravy

rostliny v řádku po provedení celoplošné předsetové přípravy – mimo stopu tažného prostředku provádějícího zpracování půdy před setím

rostliny v řádku po provedení celoplošné předsetové přípravy – ve stopě tažného prostředku provádějícího zpracování půdy před setím

Brant, 2019

Obr. 154: Vývoj rostlin cukrové řepy v systémech pásové předsetové a celoplošné předsetové přípravy půdy.

zení rostlin na základě tvorby setového lože a zároveň ponechává nezpracovaný povrch půdy v meziřádku. Obrázek 156 ukazuje efekt jarní pásové předsetové přípravy půdy provedené plečkou do porostu obilniny vyseté na podzim a na jaře umrtvené neselektivním herbicidem. Další výhodou je **provedení zonálního hnojení při kypření a následná pásová aplikace preemergentního herbicidu při setí** na půdu v pásu bez rostlinných zbytků. Pásovou předsetovou přípravu půdy lze provést mezi řádky meziplodiny zaseté do pásů budoucího meziřádku (obr. 157).



Obr. 156: Provedení pásové předsetové přípravy se zonálním hnojením do porostu na jaře herbicidně umrtvené obilniny před výsevem kukuřice seté s roztečí řádků 0,75 m (foto Brant).



Obr. 157: Porost ovesa vysetý na podzim za kypřící sekce plečky do pásů, mezi kterými byla na jaře provedena po aplikaci neselektivního herbicidu pásová předsetová příprava pro výsev kukuřice seté (vlevo). Vpravo je provedená pásová předsetová příprava mezi pásy na podzim vysetého žita setého, při pásové předsetové přípravě bylo souběžně provedeno přihnojení do pásu a pásový postřik žita neselektivním herbicidem (foto Brant).

9.2. Technické prostředky pro pásovou předsetovou přípravu

Nejčastěji jsou pro pásovou předsetovou přípravu využívány **konvenční plečky** a pro kypření se využívají běžně dostupné pracovní nástroje pro mechanickou kultivaci. Jejich volba a kombinace je dána

stanovením požadavku na přípravu setového lože (šířka pásu, hloubky kypření, dno kypřeného pásu apod.) a ve vztahu k půdním podmínkám či rostlinným zbytkům na povrchu půdy. Primárně jsou využívány rozdílné typy plochých kypřících radliček a dlát. Omezení rozptýlu půdy při kypření mimo zpracováváný pás zajišťuje vhodné nastavení omezovacích řezných kotoučů. Z hlediska použití je nutné **posunoutí rámu plečky za tažným prostředkem tak, aby sekce pracovaly v budoucím řádku vyseté plodiny**. To lze neefektivněji dosáhnout u pleček vybavených systémem pro posun rámu pro zajištění navádění sekcí do meziřádku. Plečky je vhodné vybavit systémem pro aplikaci pevných nebo kapalných látek. U pevných látek se jedná o možnosti aplikace pevných minerálních hnojiv při kypření do půdy, zásobníky pro aplikaci pevných látek lze umístit na rám stroje (obr. 158), nebo do čelního závěsu. Zároveň je možné plečky doplnit o zásobníky pro aplikaci kapalných látek, kde se při pásové předsetové přípravě jedná o aplikaci hnojiv, bakterií, hub a dalších pomocných látek. Možné je i osazení systémem aplikace kapalných látek postřikem pro meziřádkovou aplikaci herbicidů. Zásobníky kapalných látek se umísťují opět **na rám plečky nebo do čelního závěsu traktoru**. Při použití konvenčních pleček je nutné provést odděleně pásovou předsetovou přípravu a poté následně setí.

Provedení předsetové pásové přípravy lze samozřejmě **spojit se setím do jedné pracovní operace**. Jedním z technických řešení je čelní zavěšení plečky a umístění secího stroje za tažný prostředek (obr. 159). Setkat se lze i s konstrukcemi, kde jsou pracovní nástroje pro provedení pásové předsetové přípravy umístěny přímo na secím stroji. Jako pracovní nástroje lze využít opět radličky nebo dláta, ale také systém dvou talířů (obr. 160), kdy některé systémy umožňují jejich individuální hloubkové nastavení. To zajišťuje nejen preciznější nastavení kypření půdy, ale i možnost ukládání hnojiva ke kypřícím talířům do rozdílných hloubek půdy. Princip kypření pásu před setím pomocí systému dvou talířů umístěných před výsevními sekcemi secího stroje dokumentuje obrázek 161. Tímto systémem lze nahradit i aplikaci hnojiva při setí, technicky odzkoušené jsou i systémy, kdy je pracovní souprava vybavena dvěma zásobníky na hnojivo a ke každému talíři je aplikováno jiné hnojivo. Výškově a bočně nastavitelné talíře zajišťují, že je hnojivo uloženo nejen v dostatečné vzdálenosti od osiva, tak do požadované hloubky pod něj. Z hlediska přihnojení lze shodné hnojivo aplikovat k oběma talířům současně, což zvyšuje jeho rovnoměrnější dostupnost pro rostlinu.



Obr. 158: Konvenční plečka upravená pro pásovou předsetovou přípravu pro cukrovou řepu osazená zásobníkem a systémem rozvodu hnojiva za kypřící sekce (vlevo) a zachycení aplikace hnojiva s využitím usměrňovacích deflektorů (foto Brant).



Obr. 159: Provedení pásové předseťové přípravy a setí s využitím čelně nesené plečky (foto Kroulík).



Obr. 160: Dostupné jsou i konstrukce, kde jsou pracovní nástroje pro provedení pásové předseťové přípravy umístěny přímo na secím stroji, v tomto případě se jedná o dvojici výškově stavitelných kotoučů, včetně systému aplikace hnojiva ke kotoučům z čelního zásobníku traktoru (foto Brant).

Z hlediska rozvoje pásového zpracování půdy (strip till) v polním zemědělství, ale také v zelinářství, školkařství apod. začínají vznikat samostatná konstrukční řešení, která lze opět využít pro pásovou předseťovou přípravu půdy v systémech celoplošného kypření půdy bez i s rostlinnými zbytky na povrchu půdy, v systémech setí do pásového zpracování půdy, ale i pro velmi mělké kypření půdy pro plodiny s širokou roztečí řádků prováděné do strniště předplodiny. Tyto konstrukce jsou standardně vybavovány systémy pro aplikaci pevných a kapalných látek (aplikace rozstříkem a gravitačním tokem).

Jednou z možností je využití systému zvlněných talířů, které provedou mělké nakypření půdy v pásích se souběžnou aplikací hnojiva a zajistí tak předseťovou přípravu a ohřev půdy v místě budoucích řádků jarní širokořádkové plodiny. Technologie je vhodná pro zpracování půdy v pásích v systémech celoplošného kypření s následným výsevem vymrzající či nevymrzající meziplodiny.

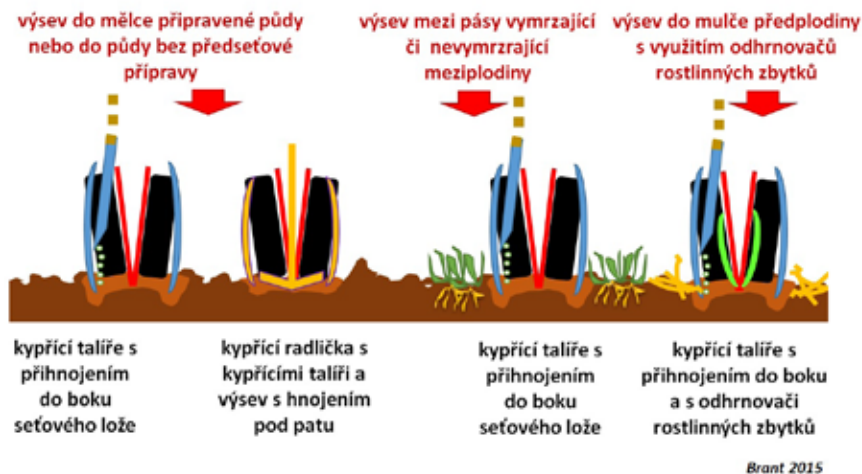
Obrázek 162 znázorňuje mělké pásové kypření půdy se zonální aplikací hnojiva před výsevem sóji pomocí dvojice zvlněných talířů na pozemku s vymrzlou mezipločinou.



Obr. 162: Systém mělkého pásového zpracování půdy před výsevem sóji do vymrzlé mezipločiny pomocí systému zvlněných talířů, šířka kypřeného pásu je 0,22 m (foto Brant).

Další možností je mělké pásové zpracování půdy pomocí konstrukčních řešení, která vycházejí z konvenčních strojů pro strip till, ale jejich pracovní sekce jsou určeny pro kypření půdy a zonální hnojení do hloubky kolem 0,15 m. Menší nároky na pevnost pracovních sekcí a rámu z důvodu mělkého kypření vedou ke snížení hmotnosti stroje a umožňují zavěšení většího počtu sekcí (rozteč řádků 0,45 – 0,5 m) na rám stroje či zvýšení pracovního záběru. Aplikace hnojiv je opět prováděna za kypřicí radlici. Stroje jsou konstruovány pro mělkou pásovou předseťovou přípravu půdy do celoplošně zpracované půdy na podzim v kombinaci s vymrzajícími či nevymrzajícími mezipločinami, lze je využít pro jarní mělké zpracování na podzim vytvořených pásů, ale i pro následnou kultivaci půdy během vegetace v meziřádku plodin vysetych do řádků s větší roztečí. Stroje lze rovněž osadit systémy pro pásovou aplikaci kapalných látek (obr. 163).

systémy tvorby seťového lože při setí kukuřice



Obr. 161: Příklady technických řešení pro kypření pásu před setím pomocí systému dvou talířů umístěných před výsevními sekcemi secího stroje.



Obr. 163: Stroje pro mělké pásové zpracování půdy lze využít pro přípravu půdy v místě budoucího výsevu plodin, ale i pro meziřádkovou kultivaci, včetně pásové aplikace kapalných látek (na obrázku je systém pro meziřádkovou pásovou aplikaci kapalných látek). Rámy strojů jsou vybaveny v tomto případě možností automatického posunu při jízdě (foto Brant).



Obr. 164: Stroje pro velmi mělké zpracování půdy pro následný výsev plodin (foto Gates Manufacturing, <https://www.gatesmfg.net/>).

9.3. Systémy velmi mělké předsetové přípravy půdy

Z hlediska rozvoje redukováných systémů zpracování půdy s ponecháním rostlinných zbytků na povrchu půdy je i v Evropě nutné uvažovat o uplatnění systémů velmi mělkého zpracování půdy před setím. Tyto systémy jsou využívány v Severní Americe, v Austrálii, ale rovněž v evropské a asijské části zemí, které byly součástí bývalého Sovětského svazu. V Severní Americe jsou velmi mělké systémy zpracování půdy využívány pro zpracování půdy na jaře. V kontinentálním klimatu je půda po zimě **rozdrobená v důsledku působení mrazu a její mělké zpracování přispívá k omezení evaporace a ohřevu horní vrstvy půdy**, což může urychlit termín výsevu ve srovnání se setím do nezpracované půdy. Základem systémů je zpracování půdy do hloubky kolem 50 mm stroji s velkým plošným záběrem. Plošná výkonnost není spojena jen s ekonomickými faktory, ale také s kratší dobou vegetace plodin, která se s opožděným setím ještě zkracuje. Významným faktorem ovlivňujícím konstrukci strojů je i menší množství rostlinných zbytků na povrchu půdy, které je spojeno s nižšími výnosy plodin ve srovnání s Evropou. Proto se daná konstrukční řešení vyznačují především použitím více řad vzlněných ozubených kotoučů, či jejich šikmým postavením vůči směru pracovní jízdy, což zvyšuje intenzitu nakypření horní vrstvy půdy (obr. 164). Soubor technických

řešení pro velmi mělké zpracování půdy zahrnuje širokou škálu strojů (obr. 165), které je nutné pro podmínky střední Evropy modifikovat a ověřit.

V rámci Evropy se v současné době jedná o rozdílné konstrukce strojů, které mají zajistit velmi mělké zpracování půdy, které lze považovat za předsetovou přípravu, nebo jsou určeny pro mělké kypření a přípravu pozemku pro setí na základě rovnoměrného rozložení rostlinných zbytků předplodiny. Z hlediska uplatnění lze na dané pracovní operace nahlížet i jako na varianty velmi mělkého zpracování půdy nahrazující podmítku. V evropských podmínkách lze daná konstrukční řešení využít pro mělké zpracování půdy s managementem rostlinných zbytků pro setí ozimů do nezpracované půdy, na jaře lze dané stroje použít pro včasné jarní zpracování půdy s možností následného provedení opakované předsetové přípravy, či výsevu plodin **po provedení jednoho ošetření pozemku**.

Dosavadní koncepce evropských výrobců lze považovat za modifikace technických řešení používaných mimo Evropu s větším či menším zaměřením na evropské či mimoevropské trhy (obr.166).

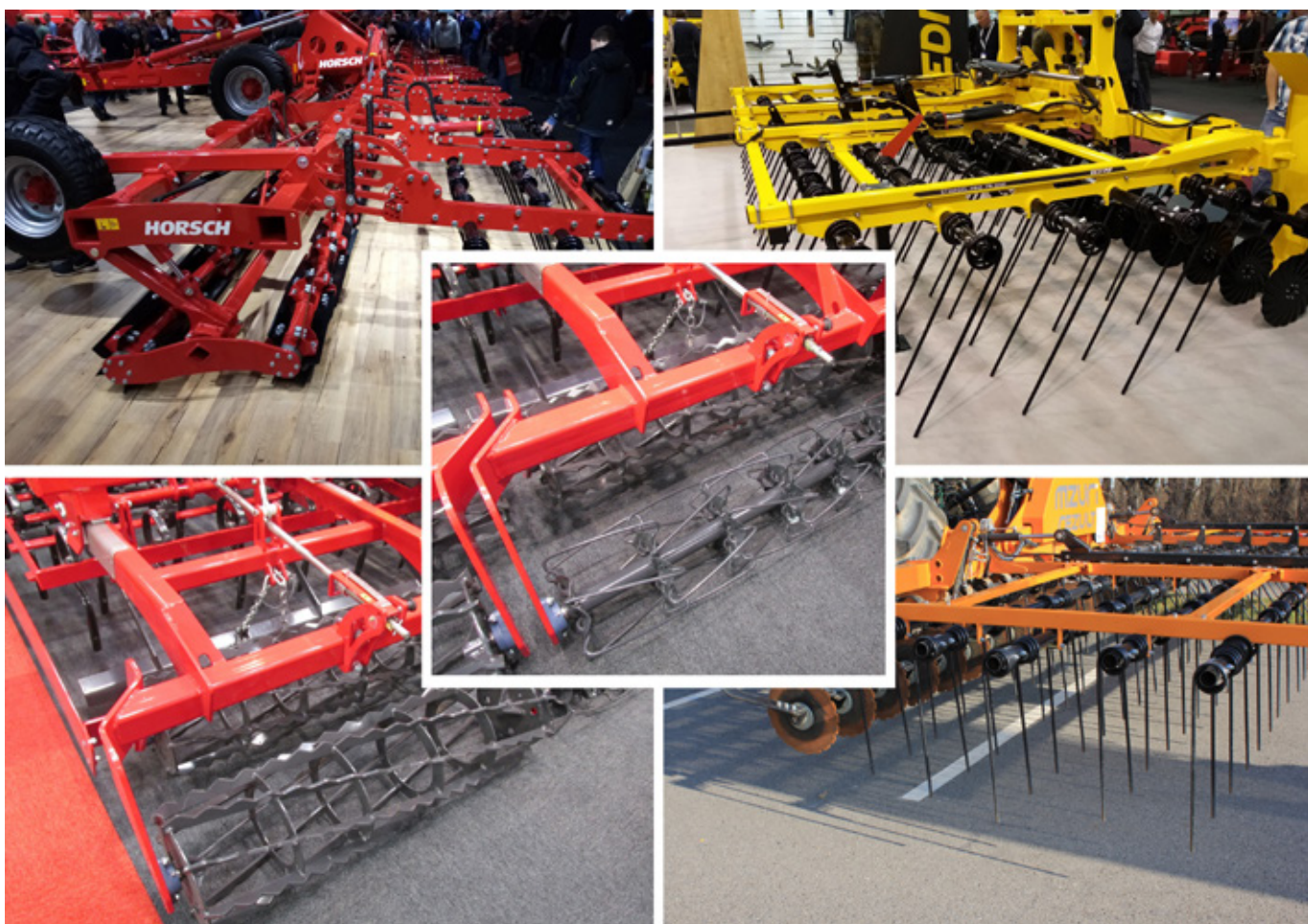
V rámci podmínek evropského zemědělství jsou konstrukce modifikovány i pro časné jarní urovnění půdy po podzimním zpracování půdy s minimálním pokryvem rostlinných zbytků na povrchu půdy (obr. 167). Při pozdním setí hlavní plodiny jsou vhodné i pro dvojí provedení předsetové přípravy půdy za účelem ničení plevelů, kdy tyto stroje provedou první předsetovou přípravu.



Obr. 165: Systémy velmi mělkého kypření půdy spojujícího funkci celoplošného kypření a předsetové přípravy jsou řešeny rozdílnými konstrukčními řešeními (foto Brant).



Obr. 167: V rámci podmínek evropského zemědělství jsou konstrukce modifikovány i pro časné jarní urovnání půdy po podzimním zpracování půdy. Na obrázku je kombinace dělených smykových desek s kypřicími pruty (foto BEDNAR FMT s.r.o., <https://www.bednar.com/>).



Obr. 166: Příklady technických řešení a konceptů evropských výrobců zemědělské techniky pro systémy použitelné po velmi mělkou předsetovou přípravu půdy (foto Brant).

10. Konstrukce secích strojů ve vztahu ke zpracování půdy

Systém zpracování půdy primárně určuje nároky na konstrukce secích strojů. V rámci členění technických řešení secích strojů se jedná o skupinu secích strojů pro zakládání porostů s úzkými řádky s roztečí 125 až 300 mm, kde je osivo do řádků ukládáno pomocí rozdílných konstrukcí výsevních botek. Do této kategorie lze zařadit i secí stroje ukládající osivo do rozdílně širokého pásku, kdy se středy pásků opět pohybují nejčastěji v rozmezí 150 až 300 mm. Přestože lze výše uvedená řešení považovat za nejrozšířenější, lze k nim zařadit technicky specifická řešení.

Druhou kategorií představují secí stroje pro přesný výsev plodin do řádků s roztečí mezi 0,35 až 0,75 m, případně pro přesný výsev plodin systémem dvouřádků, rozteč mezi středy dvouřádku plodiny se ve většině případů pohybuje v rozmezí 0,5 až 0,75 m.

10.1. Secí stroje pro výsev úzkořádkových plodin

Výsev do celoplošně zpracované půdy lze provést téměř většinou secích strojů. Široké uplatnění mají secí stroje, které **nejsou vybaveny pracovními sekcemi pro zpracování půdy** (obr. 168). Pro tyto stroje je ve většině případů nutné provést **předseťovou přípravu půdy**. Jedná se jak o secí stroje s gravitačním transportem osiva od výsevních válečků k výsevním botkám, tak o stroje s pneumatickým transportem osiva. Secí stroje mohou být osazeny klasickými radličkovými botkami (obr. 110), jednokotoučovými botkami (obr. 110), tak dvoukotočnými botkami (obr. 111).

Široké využití mají secí stroje **se systémem přípravy půdy při seti využívající pasivně pracující pracovní nástroje** (obr. 169). Standardně jsou secí stroje osazovány dvoukotočnými výsevními sekcemi. Pracovní sekce jsou většinou osazeny šikmo osazenými vypouklými talíři, rovnými vlnnými talíři, rozdílnými dlátky pro mēlčí kypření, případně mēlce kypřícími radličkami umístěnými před výsevními botkami. Zpracování půdy při seti přípravnými sekcemi lze samozřejmě na základě jejich zvednutí vypustit. Zpětnou kompakci v místě **dna seťového lože po nakypření přípravnými sekcemi** zajišťují rozdílné systémy pēchovacích válců. Osazení secích strojů umožňuje jejich uplatnění při výsevu do hrubé brázdy, do podmítky a v systémech mēlčího i hlubšího kypření s menší intenzitou drobení půdy. Na pravidelně celoplošně zpracovaných lehčích půdách, na těžších jen za vhodných půdních podmínek a bez přítomnosti výrazného počtu, či hlubokých, kolejových stop, je lze použít i k výsevu do strniště předplodiny. Pracovní kypřící sekce pro přípravu půdy u secích strojů zajišťují **urovnání povrchu půdy**, tvorbu **seťového lože** a vhodné agregátové prostorové uspořádání půdy nad secím ložem a další drobení větších půdních agregátů (obr. 170).



Obr. 168: Secí stroje bez sekcí pro přípravu půdy většinou vyžadují kvalitní předseťovou přípravu půdy (foto Brant).



Obr. 169: Stroje se systémem přípravy půdy při seti využívající pasivně pracující pracovní nástroje (foto Brant).



Obr. 170: Pracovní kypřící sekce pro přípravu půdy u secích strojů zajišťují urovnání povrchu půdy, tvorbu seťového lože a vhodné agregátové prostorové uspořádání půdy nad secím ložem (foto Brant).

Pro výsev do zpracované půdy bez i po provedení předsetové přípravy lze využít i secí stroje pro setí do částečně zpracované či nezpracované půdy (obr. 171). Omezené je použití těchto strojů do kypré půdy, kde může v důsledku hmotnosti stroje a použitého tažného prostředku **vznikat riziko tvorby hlubokých kolejových stop** (obr. 171), kde rostliny problematicky vzházejí. Výrazně problematický je rovněž výsev do půdy s vyšší vlhkostí, kde je zhutnění půdy v kolejových stopách velmi intenzivní a vyšší přítlak na secích botkách může přispět ke **zhutnění dna výsevní rýhy**.



Obr. 171: Použití secích strojů pro výsev do nezpracované půdy pro setí do kypré a celoplošně zpracované půdy, kde může v důsledku hmotnosti stroje a použitého tažného prostředku vznikat riziko tvorby hlubokých kolejových stop, kde rostliny problematicky vzházejí (foto Kasl).

Stále rozšířenou skupinou jsou secí stroje agregované se stroji s aktivně pracujícími nástroji (tzv. secí kombinace, obr. 172). V závislosti na použití dané koncepce agregovaného stroje (půdní frézy, hřbové brány, rotační kypriče, rotační brány a kývavé brány) se odvíjí požadavky na kvalitu základního zpracování půdy, či potřebu předsetové přípravy. Kvalitně celoplošně zpracovanou půdu s menším množstvím rostlinných zbytků na povrchu půdy vyžadují především rotační brány a kývavé brány.



Obr. 172: Rozšířenou skupinou jsou secí stroje agregované se stroji s aktivně pracujícími nástroji (foto Drapač a Brant).

Pro setí do nezpracované půdy jsou pro úzkořádkové plodiny určeny konstrukce secích strojů, které dokážou i **v nezpracované půdě pokryté rostlinnými zbytky vytvořit výsevní rýhu a uložit osivo do požadované hloubky**. Rozteč mezi výsevními botkami se nejčastěji pohybuje v rozmezí 0,16 až 0,25 m, tato rozteč se primárně využívá u secích strojů s kotoučovými výsevními botkami (obr. 173). Součástí secích strojů jsou rozdílné systémy nařezávající půdu bez efektu kyprění, aby byl usnadněn průnik secích botek do půdy.

Pro výsev do zpracované, či částečně zpracované, půdy jsou učený secí stroje s výsevními **radličkami osazenými křídly** (obr. 174) nebo **dlátky** (obr. 175). Na lehčích půdách lze secí stroje využít i pro výsev



Obr. 173: Secí stroje pro setí do nezpracované půdy osazené kotoučovými výsevními botkami (foto Brant).



Obr. 174: Secí stroje pro setí do zpracované, či částečně zpracované půdy osazené výsevními radličkami osazenými křídly (foto Brant).



Obr. 175: Secí stroje pro setí do zpracované, či částečně zpracované půdy osazené dlátky (foto Brant).

do nezpracované půdy s rovnoměrným rozvrstvením slámy na pozemku. Rozteč výsevních botek se pohybuje v rozmezí 0,15 až 0,3 m.

V rámci konstrukcí secích strojů se lze samozřejmě setkat s dalšími konstrukcemi výsevních botek pro výsev do zpracované či nezpracované půdy.

10.2. Secí stroje pro výsev plodin do širokých řádků

Kvalitní předsetovou přípravu je vhodné doporučit pro výsev tzv. širokořádkových plodin pomocí mechanických secích strojů (obr. 176), které lze využít pro výsev cukrové řepy, ozimé řepky a zelenin. Bez problémů jsou uplatnitelné v systémech pásové předsetové přípravy, ale využít je lze i při výsevu cukrové řepy na jaře po provedení pásového zpracování půdy.



Obr. 176: Mechanické secí stroje vyžadují dobře připravenou půdu pro setí (foto Brant).

Technické parametry secích strojů pro přesné setí s podtlakovým či přetlakovým náběrem osiva byly podrobněji popsány v kapitole o předsetové přípravě půdy. Požadavky strojů na kvalitu zpracování půdy před setím vycházejí z konstrukce výsevní jednotky a jejím vybavením dalšími nástroji, jako jsou odhrnovače hroud, odstraňovače rostlinných zbytků a podobně. Secí stroje ve vztahu ke konstrukčnímu řešení lze využít pro výsev do celoplošně zpracované půdy s provedením celoplošné či pásové předsetové přípravy, setí do celoplošně zpracované půdy bez předsetové přípravy, do technologie s hrůbky, pro pásové zpracování půdy, ale i pro setí do strniště předplodiny, či do porostu vyzrálé nebo nevymrzlé předplodiny. Rozteč secích strojů se obvykle pohybuje v rozmezí 0,38 až 0,75 m. Na trhu jsou dostupná řešení s možností změny roztečí mezi sekcemi na základě individuálního posunu na nosném rámu, ale i technická řešení s variabilní změnou rozteče přímo z kabiny tažného prostředku (obr. 177). Variabilní změna rozteče řádků zvyšuje možnost přesného setí nad



Obr. 177: Secí stroj pro přesné setí plodin do širokých řádků s variabilní roztečí výsevních sekcí. Změna rozteče se provádí automaticky z kabiny traktoru. Vlevo je rozteč sekcí 0,45 m a vpravo 0,75 m (foto Brant).

zóny kypření či kypření a ukládání hnojiva ve vztahu k rozteči kypřících nástrojů při jejich nestandardizované rozteči v rámci zemědělského subjektu, či standardním šířkám roztečí řádků pěstované plodiny. V rámci konstrukčních řešení se lze setkat i se secími stroji vysévajícími plodinu do dvouřádků (obr. 178 a 179).



Obr. 178: Secí stroj pro přesné setí plodin do širokých řádků zakládající plodiny systémem dvouřádků, stroj na snímku je nastaven na rozteč středů dvouřádků 0,75 m, vzdálenost mezi řádky v dvouřádků je 0,25 m (foto Brant).



Obr. 179: Porost sóji luštinaté založený systémem výsevu do dvouřádků (foto Brant).

11. Pěstování polních plodin v hrůbcích

Technologie pěstování plodin v hrůbcích (ridge till) je využívána především v Severní Americe od 80. let minulého století, přestože její uplatňování spadá již do 50. let minulého století. Své uplatnění nachází především na těžších půdách, kde je problém **s ohříváním půdy na jaře**. Základem systému je tvorba hrůbků vejčitého tvaru, kdy stěny hrůbku jsou pokryty rostlinnými zbytky. Vejčitým tvarem se rozumí tvorba **širšího hrůbku s rovným vrcholem půdy bez rostlinných zbytků**. Výška hrůbků se pohybuje v rozmezí 0,1 až 0,15 m. Tvorba hrůbků je prováděna pomocí modifikovaných dlátových kypřičů, či pomocí hrůbkovacích těles tvořených kypřicí radlicí s postranními tvarovacími křídly. Z vrcholu hrůbku je při **výsevu odstraněna menší část zeminy a rostlinné zbytky** z důvodu zajištění ohřevu půdy a kvalitního uložení semen při setí, dále jejich odstranění vede k omezení fyto-sanitárních rizik a k podpoře infiltrace vody stékající po rostlinách do středu hrůbku. Seříznutí **vrcholu hrůbku má i odplevelující efekt**. K odstranění vrcholu hrůbku dochází souběžně při výsevu. Před výsevním sekce jsou umísťovány rozdílné konstrukce pracovních nástrojů, jedná se o rozdílné typy seřezávacích radlic, přes dvojice rozhrnovacích talířů plnicích tvorbu odstraňovače rostlinných zbytků až po systémy vodorovně uložených řezných talířů s rozdílným systémem odsunu odříznuté půdy s rostlinnými zbytky. Vrchol hrůbku poté vytváří pás o šířce kolem 0,15 m určený pro výsev.

Hrůbkové systémy jsou obecně považovány za **protierozní technologii**. Výška hřebenu by po výsevu měla být minimálně o 80 mm vyšší než rýhy mezi hrůbků, aby bylo zajištěno protierozní působení technologie. Vyšší výškový rozdíl je samozřejmě považován za výhodnější. Hrůbkové systémy jsou rovněž spojeny s potřebou dodržení **stabilních kolejových stop**, které zajišťují omezení rizik zhutnění půdy. V literatuře je rovněž popisován pozitivní vliv této technologie na vývoj porostů při závlaze.

Systém tvorby hrůbků zajišťuje rychlejší ohřev půdy na jaře a její rychlejší vysychání. Tento předpoklad samozřejmě platí při srovnání s klasickým a dlouhodobějším systémem bezorebného zpracování půdy. Na ohřev půdy v hrůbku mají vliv samozřejmě parametry půdy v pásu určeném pro výsev a poté **kvantitativní a kvalitativní vlastnosti mulče nacházejícího se na stěnách hrůbku** a v prostoru mezi hrůbků (vrstva mulče, barva mulče, kontakt mulče s půdou apod.). Vliv mulče na povrchu půdy je spojen jednak s procesy odrazu slunečního záření, především u rostlinného mulče světlé barvy. Druhým faktorem je přenos tepla z mulče do půdy, ten je závislý na kontaktu mulče s povrchem půdy, dojde-li k tvorbě vzduchové vrstvy mezi půdou a mulčem, je přenos tepla omezen. Některé práce stále poukazují na potřebu orientace stěn hrůbků ke světovým stranám, na jižní stranu na severní polokouli.

Barva mulče je závislá na druhu zdroje mulče a na době jeho stáří. Kromě samotné barvy se vliv mulče mění i v závislosti na jeho množ-

ství ve vztahu k pokryvnosti půdy a k síle vrstvy mulče. S narůstající pokryvností a silou tzv. **izolační schopnosti mulče narůstá**. Tuto izolační schopnost lze vnímat z pohledu tepelné izolace (při slunečném počasí může ohřev půdy omezovat, při chladném počasí omezuje tepelné ztráty z půdy), z hlediska omezení evaporace, ve vztahu k omezení degradace povrchu půdy a samozřejmě i ve vztahu ke snížení rozvoje plevelů. Setkat se lze se systémy s plošným osevem vytvořených hrůbků na podzim meziplodinou, čímž se kombinuje využití rostlinných zbytků předplodiny a biomasy vytvořené meziplodinami pro tvorbu mulče, včetně efektu biologického zpracování půdy kořeny meziplodin. Opomenout nelze ani systémy **cíleného výsevu meziplodin**, které jsou cíleně vysévány do středu prostoru mezi hrůbků, či na stěny hrůbků a ověřovány jsou i možnosti jejich bočního výsevu na vrchol hrůbku mimo zónu setového lože. Regulace plevelů je ve většině případů prováděna pomocí herbicidů. Ověřeny jsou i systémy mechanické kultivace plevelů mezi hrůbků během vegetace.

Setí do hrůbků lze u polních plodin uplatnit u **kukuřice seté**, slunečnice roční a u bavlníku bylinného. Při opakovaném pěstování plodin v hrůbcích dochází k jejich každoroční obnově.

11.1. Evropský koncept pro širokořádkové plodiny

Americké systémy vycházejí z předpokladu, že tvorba hrůbků je spojena, na základě členitosti povrchu pozemku, se snížením rizik větrné eroze (v oblastech s malou sněhovou pokrývkou) a s omezením evaporace mezi hrůbků v důsledku působení mulče.

Vývoj evropských systémů hrůbkového pěstování kukuřice byl vyvolán jinými důvody a byl modifikován na odlišné podmínky určující uplatnění těchto systémů. Systémy jsou nejvíce využívány pro pěstování kukuřice seté (především zrnové), případně **slunečnice roční**. Za zásadní lze považovat potřebu zajištění zpracování půdy na půdách s vyšším zastoupením prachových částic, které se vyznačují horší zpracovatelností na jaře. Dále je vývoj evropských systémů spojen s rozvojem systémů zonálního hnojení a s **cílenou podporou infiltrace vody do půdy**. Zároveň je i v Evropě kladen důraz na pokrytí stěn hrůbků mulčem z hlediska omezení erozních procesů.

V rámci technologických postupů je v Evropě preferován systém tvorby hrůbků pomocí systémů kypřících radlic, či radlic a tvarovacích disků. Většina systémů vychází z nakypření půdy v budoucím středu řádku kukuřice a následnou tvorbou hrůbku radlicemi jedoucími v trajektorii budoucích středů meziřádku, případně je stroj doplněn tvarovacími přihrnovacími talíři (obr. 180). V reakci na rozvoj systémů zonálního hnojení jsou stroje pro tvorbu hrůbků vybaveny **systémem aplikace hnojiva do středu budoucího hrůbku** (obr. 181).



Obr. 180: V Evropě preferovaný systém tvorby hrůbků pomocí systémů kypřících radlic, či radlic a tvarovacích talířů (foto Brant a Kroulík).



Obr. 182: Výsev kukuřice do vrcholů hrůbků 21.4.2020 (vlevo) a stav povrchu pozemku po zasetí (vpravo), foto Nečada a Brant.

nujících systémy čištění vrcholu hrůbku vycházejících z klasických amerických konstrukcí, které zajišťují tvorbu širšího seříznutého vrcholu hrůbku. Určitou alternativou v evropských podmínkách je celoplošné mělké zpracování vrcholu hrůbků stroji s aktivně či pasivně pracujícími pracovními nástroji a následný výsev kukuřice seté cíleně do středu stržených hrůbků (obr. 183).



Obr. 181: Stroje pro tvorbu hrůbků lze doplnit o systémy aplikace minerálních hnojiv do středu budoucího hrůbku (foto Brant).

Výsev plodin je prováděn na jaře přímo do vrcholu hrůbku klasickými secími stroji pro přesné setí, kdy k urovnání povrchu hrůbku a k odstranění rostlinných zbytků jsou využívány běžné odhrnovače rostlinných zbytků umístěných na secích strojích, včetně přihnojení pod patu (obr. 182). V Evropě je omezená dostupnost strojů dispo-

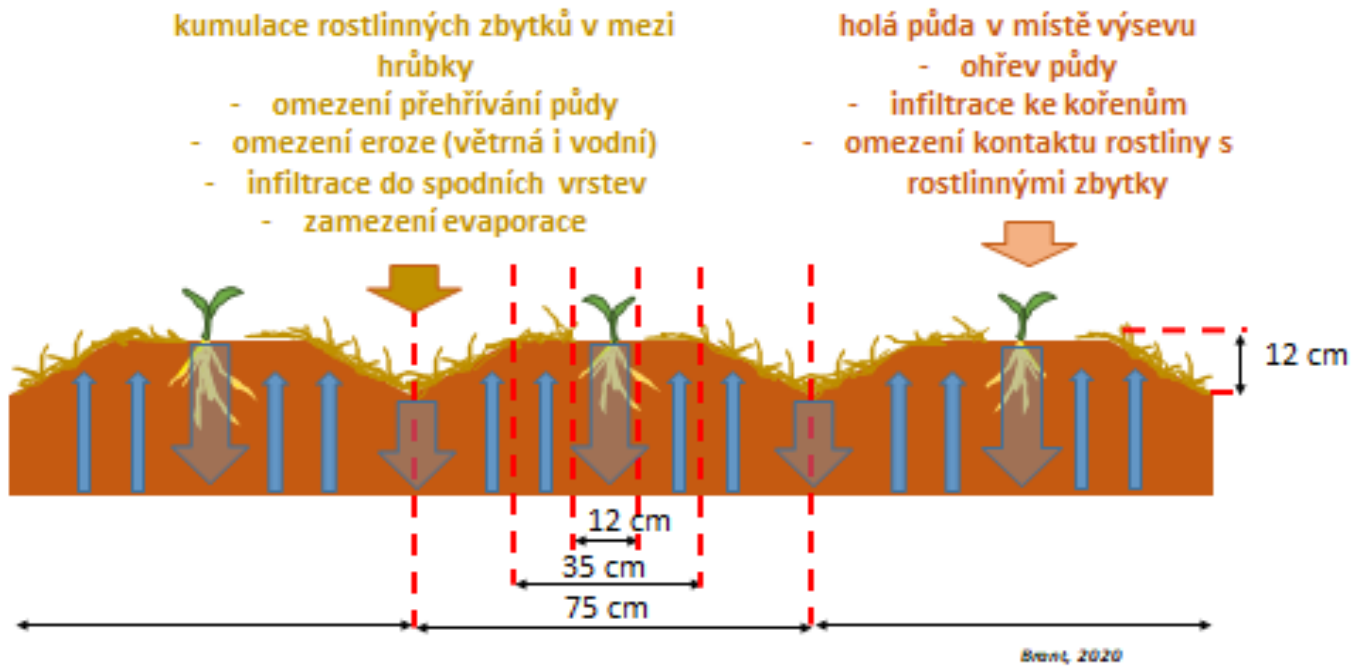
11.2. Agrotechnické požadavky na hrůbky

Cílem systémů je vytvoření hrůbků s hrubší strukturou povrchu půdy a s členitým dnem **mezihrůbkové rýhy** za účelem omezení eroze a podpory infiltrace, včetně snížení rizika povrchového odtoku (obr. 184). Obrázek 185 dokládá členitost povrchu půdy při hrůbkovém zpracování. Drsnost povrchu půdy a přítomnost hrubších půdních částic snižuje riziko **vzniku kapkové eroze**, která je primárním faktorem vzniku vodní eroze. Kombinace hrubší struktury povrchu půdy a rostlinných zbytků na povrchu půdy omezuje rozplavení půdy dešťovými kapkami. Důležité je neopomenout skutečnost, že při využití hrůbkového systému dochází k výraznému **nárůstu plochy povrchu půdy**, která přichází do styku s dešťovými kapkami.

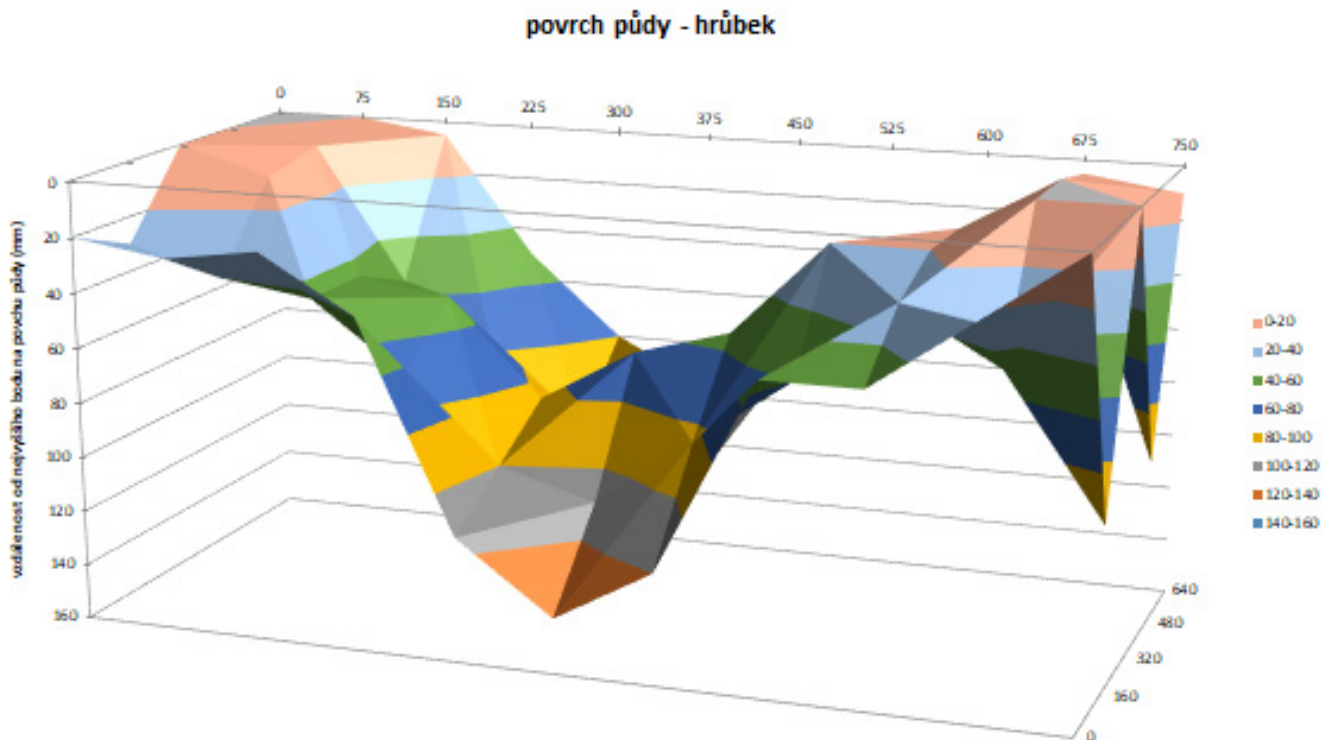


Obr. 183: Jarní nakypření hrůbků vytvořených na podzim hrůbkovačem (hloubka kypření 60 mm, vlevo) s následným výsevem kukuřice (uprostřed) a stav povrchu půdy po zasetí (vpravo), foto Nečada a Brant.

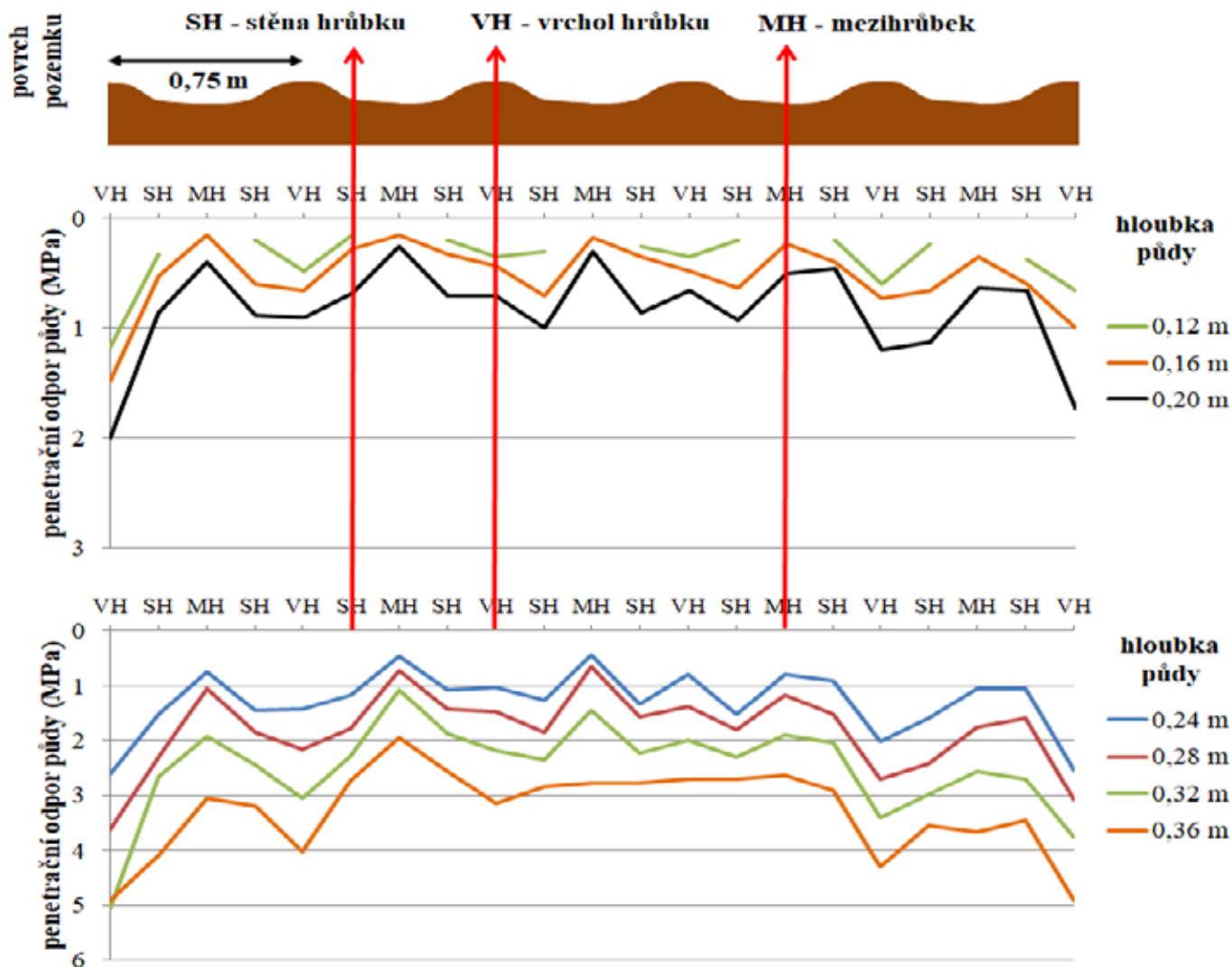
Pěstování kukuřice seté v hrůbcích



Obr. 184: Princip technologie pěstování kukuřice seté v hrůbcích.



Obr. 185: Členitost povrchu půdy při hrůbkovém zpracování půdy (zdroj Brant).



Obr. 186: Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na plochách s hrůbkou (5.4.2011). Průměr čtyř transektů – kolmo na směr pracovní jízdy. Hodnoty odporu půdy jsou měřeny od vrcholu hrůbku (výška 0). Výška hrůbků odpovídá výšce 0,12 m (zdroj Brant).

Kypřicí radlice hrůbkovačů jedoucí v místě středu budoucího hrůbku má za úkol vytvořit nejen dostatečné množství půdy pro následné vytvarování hrůbku, ale zároveň **prokypřit půdní profil** pro budoucí rozvoj kořenového systému rostlin kukuřice seté. Jsou-li k tvorbě hrůbku využity opět kypřicí radlice umístěné v druhé řadě, dochází k intenzivnímu prokypření půdy i ve středu prostoru mezi hrůbkou. Cílem tohoto prokypření je opět zvýšení **infiltrace vody do půdy**. Obrázek 186 dokládá hodnoty penetračního odporu v jednotlivých zónách půdy po provedení hrůbkování kypřičem s kypřicími radlicemi v jarním období při podzimním provedení hrůbkování. Poklesy hodnot penetračního odporu jsou patrné především v místech trajektorií kypřičích radlic.

Intenzivní kypření půdy je jednoznačně spojeno s provedením hrůbkování na podzim, aby do jara došlo ke slehnutí půdy v trajektoriích radlic a k rozpadu případných větších půdních struktur půdy v pro-

storu hrůbku. Technologie tvorby hrůbku se uplatňují především na půdách obtížně zpracovatelných na jaře, mnohdy se jedná o půdy s vyšším zastoupením prachových částic. Nahrůbkování poté eliminuje potřebu jarního zpracování půdy a riziko zhuštění, či umáznutí půdy při předsetové přípravě a při setí. Na těžkých půdách hrozí při zpracování půdy při nižší a při vyšší vlhkosti k tvorbě větších půdních částic (hrud), které se při absenci mrazu a srážek v zimním období **obtížně rozpadají a hrubší struktura půdy uvnitř prostoru hrůbku** v kombinaci s přítomností větších mezipůdních prostor vyplněných vzduchem snižuje vzlinání vody ze spodních vrstev do horních částí hrůbku. Nedojde-li k rozpadu větších hrud v horní části hrůbku, dochází ke zhoršení tvorby vrcholu hrůbku při setí. Hrubší struktura ve vrcholu hrůbku může negativně ovlivnit i kvalitní tvorbu setového lože a přispívá k nerovnoměrné hloubce setí, včetně následné nižší vzházkivosti rostlin.



Obr. 187: Stav porostů kukuřice na technologii s hrůbky (vlevo), rozvoj kořenového systému kukuřice do vytvořené rýhy s hnojivem při hrůbkování (uprostřed), hlubší zpracování utuženějších vrstev půdy kypřicími radlicemi může vytvořit utuženou vrstvu pod rostlinami, poté rostliny prokořeňují boky hrůbku (vpravo). Fotografie byly pořízeny 18.6.2020 (foto Brant).

Jedním z pomíjených rizik při tvorbě hrůbků je **riziko zhuštění půdy při jejím zpracování** za vyšší půdní vlhkosti v místě trajektorie radlice kypřící budoucí střed hrůbku. Toto zhuštění může následně omezit rozvoj kořenového systému směrem do spodních vrstev hrůbku a kořeny poté využívají pro růst boky hrůbku (obr. 187). Tuto skutečnost lze **eliminovat snížením pracovní hloubky** kypřících radlic.

Základem technologie je zajištění výsevu osiva do středu hrůbku. Zjména při setí do vrcholu hrůbku je potřebné zajistit **přesné navedení stroje na hrůbek** (obr. 188) a udržení trajektorií výsevních sekcí na vrcholu hrůbku. K dobrému vedení výsevních sekcí po vrcholu hrůbku přispívá kvalitní seříznutí a urovnání vrcholu hrůbku. Základem je rovněž sladění trajektorií jízdy hrůbkovače a následně secího stroje, jejichž pracovní záběry se musí shodovat. Opomenout nelze ani dostatečnou šířku souvratě zajišťující přímý nájezd secí soupravy na hrůbky, ta se bude odvíjet od záběru souprav.



Obr. 188: Při setí do vrcholu hrůbku je potřebné zajistit přesné navedení stroje na hrůbek a udržení trajektorií výsevních sekcí na vrcholu hrůbku (foto Kroulík).

11.3. Koncepty pro ekologické zemědělství

V rámci vývoje technologií pěstování plodin v hrůbkách se můžeme setkat s dalšími koncepty, které jsou dominantně **uplatňovány v ekologickém zemědělství**. V rámci těchto agrotechnických postupů lze pěstovat všechny polní plodiny, včetně zelenin. Z hlediska rozteče řádků hrůbků se vyskytují řešení se vzdáleností 0,25 až 0,35 m, ale dlouhodoběji vyvíjené koncepce na komerční bázi pracují s roztečí řádků 0,6, 0,9 či 0,75 m. Hrůbkování do celoplošně zpracované půdy lze provést na podzim nebo na jaře, před výsevem plodin, souběžně s výsevem plodin, ale také až po výsevu plodiny. Pro hrůbkování, které může zajišťovat i funkce základního zpracování půdy, se využívají rozdílná technická řešení, jejichž součástí jsou nástroje vytvářející hrůbek (obr. 189). Pracovní nástroje jsou mnohdy modifikovány pro práci v rozdílných půdních podmínkách, od lehkých až po těžké půdy, ale i pro půdy kamenité. Pravidelná kultivace vytvořených hrůbků má zajistit **stálou vrstvu nakypřené půdy na stěnách a v prostoru hrůbku**. Tato vrstva omezuje rozvoj plevelů a zamezuje ztrátám vody evaporací. Technologie vyžaduje práci se standardizovanou roztečí hrůbků a **upravení rozchodu kol pro jejich jízdu v prostoru mezi hrůbků**.



Obr. 189: Pro hrůbkování, které může zajišťovat i funkce základního zpracování půdy, se využívají rozdílná technická řešení, jejichž součástí jsou nástroje vytvářející hrůbek (foto Turriel-Dammkultur, <https://www.turriel-dammkultur.com/>).

12. Pásové zpracování půdy

Za důvod vzniku pásového zpracování půdy (strip till) je považována optimalizace systémů setí do nezpracované půdy a velmi mělkého zpracování půdy v **Severní Americe**. Tak jako všechny technologie zpracování půdy, i systémy přímého setí či mělkého zpracování půdy jsou spojeny s určitými omezeními. Jedná se zejména o postupný nárůst utužení půdy, pomalé ohřívání půdy na jaře, snížení optimální teploty půdy pro růst kořenového systému u teplomilnějších plodin během vegetace, okyselování horní vrstvy půdy a snížení možností intenzifikace výroby, především efektivity využití hnojiv.

Za hlavní výhody pásového zpracování půdy jsou považovány:

- **Ochrana půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků** v meziřádcích (omezení erozních procesů) a omezení vodního stresu při hlubším zpracování půdy ve srovnání se systémy celoplošného hlubšího zpracování půdy.
- Zlepšení **půdních podmínek pro vývoj rostlin v řádcích** (vyšší teplota a kvalitnější připravené setové lůžko) oproti technologiím setí do nezpracované půdy.
- **Uložení hnojiv do blízkosti kořenů**, což umožňuje i snížení jejich množství (vyšší efektivita využití hnojiv) a možnost cíleného ovlivnění rozvoje kořenového systému rostliny.
- Vhodnější podmínky pro výsev, spočívající v **časnějším termínu setí a v nižších požadavcích na startovací dávky hnojiv** ve srovnání s technologiemi mělkého zpracování a setí do nezpracované půdy.

Jako významná přednost pásového kypření, ve srovnání s technologiemi zpracovávajícími celý povrch pozemku (orba a hlubší kypření bez obracení půdy), je **zvýšení zásoby vody** v půdě v důsledku nezpracování půdy mezi řádky plodiny a snížení evaporační ztráty z důvodu pokrytí meziřádků rostlinnými zbytky. Efekt eliminace výparu z půdy je vždy závislý na množství rostlinných zbytků na povrchu půdy. Prokázán byl rovněž vliv technologií pásového zpracování půdy na **snížení produkce CO₂** na jednotku plochy ve srovnání s celoplošnými systémy zpracování půdy. Uplatnění pásového zpracování půdy jednoznačně vede, oproti konvenčním technologiím, k celkovému poklesu spotřeby pohonných hmot na jednotku plochy, a tím ke snížení energetických a ekonomických vstupů.

12.1. Pásové zpracování půdy v Evropě

Zásadním rozdílem evropského zemědělství ve srovnání s americkým je zatím téměř nulové využití systémů setí do nezpracované půdy a **uplatňování vysoké intenzity výroby**. Intenzifikace výroby je jednoznačně spojena s pravidelným celoplošným zpracováním půdy a intenzivním hnojením. Z tohoto důvodu je pásové zpracování půdy v Evropě srovnáváno s technologiemi využívajícími pravidelné zpracování půdy, především orby nebo hlubšího či mělkého kypření. Při tomto srovnání se samozřejmě nemůže výrazně projevit pozitivní vliv pásového zpracování půdy na teplotu půdy ve vztahu k rozvoji ko-

řenového systému, který je popisován při srovnání s technologiemi dlouhodobého uplatňování setí do nezpracované půdy. K urychlení termínu výsevu, ke kterému dochází ve srovnání s technologiemi setí do nezpracované půdy, nemůže tedy tento systém ve srovnání s orbou a kypřením rovněž přispět.

U plodin vysévaných do řádků s větší roztečí se jednoznačně jedná o **omezení erozních procesů** (vodní a větrná eroze). Dále jde o snížení rizika nedostatku vody během vegetace, kdy tyto systémy vykazují v sušších podmínkách pozitivnější vliv na výši výnosu, ve srovnání se systémy celoplošného zpracování půdy. Zde je však potřebné podotknout, že i v aridních oblastech střední Evropy se vyskytují roky na srážky bohaté, ve kterých naopak vykazují vyšší výnosy porosty založené konvenčními technologiemi s hlubším celoplošným zpracováním půdy. Významnou roli zde hraje i **možnost zonálního hnojení při základním zpracování půdy**. Jeho cílem je ukládání požadovaných forem hnojiv do jednotlivých vrstev půdy za účelem zvýšení efektivity využití dodaných živin a snížení jejich spotřeby na jednotku plochy.

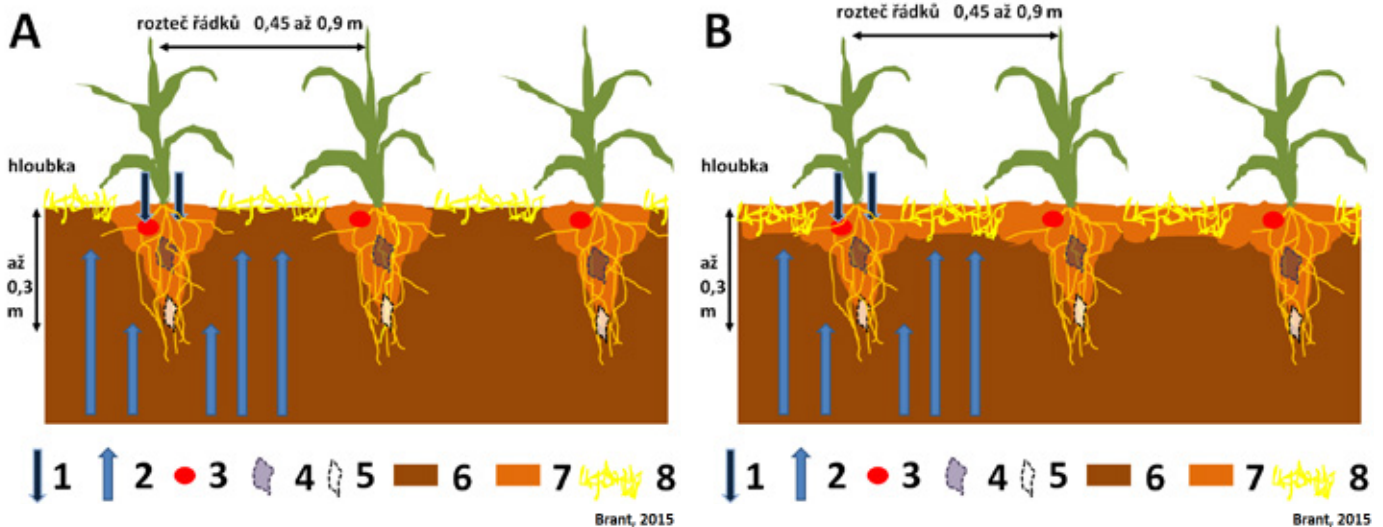
Opomenout nelze ani ekonomické důvody, kdy technologie umožňuje snížení nákladů na základě menšího počtu pracovních operací ve srovnání se systémy celoplošného kypření a umožňuje založení porostů bez předsetové přípravy.

Využití pásového zpracování v podmínkách střední Evropy je rovněž spojeno s **výsevem ozimů**, konkrétně ozimé řepky a ozimých forem máku setého. Provedení pásového kypření na podzim vykazuje odlišné požadavky na technologii a rozvoji technologie napomáhají systémy zpracování půdy, hnojení a setí jedním přejezdem.

Ověřování a modifikace technologie pro podmínky České republiky započalo v roce 2010 a primárně se technologie ověřovala pro kukuřici setou. V současné době jsou ověřeny technologie pěstování plodin ve strip till u **kukuřice seté, slunečnice roční, sóji luštěnaté, ozimé řepky, u vybraných luskovin, u máku setého, cukrové řepy, jarních brukvovitých druhů**, ale i u **obilnin**.

Výrazný rozvoj pásového zpracování půdy lze v podmínkách střední Evropy spatřovat především z následujících důvodů:

- Jednoznačná potřeba **eliminace erozních procesů** v porostech plodin zakládaných do řádků se širší roztečí s využitím secích strojů pro přesné setí (větrná a vodní eroze).
- Reakce na periody sucha a následného **rizika vodního stresu** a hledání technologií zajišťujících zvýšení efektivity využití vody.
- Využitelnost technologie a strojů potřebných pro její provedení také pro pěstování jiných plodin (ozimá řepka, slunečnice roční, čiroky, cukrová řepa, sója luštěnatá apod.), včetně optimalizace rozteče řádků. Za **optimální rozteč řádků lze považovat 0,5 m**, která plně koresponduje i se systémy rozteče trysek konvenčních postřikovačů s individuálním vypínáním trysek pro řádkové a meziřádkové aplikace.
- Kombinovatelnost technologie se systémy **celoplošného ozelenění půdy** a možnost využití systémů pracujících s pomocnými plodinami.
- Využití technologie pro **aplikaci kapalných organických hnojiv** do půdy zapravením se současným provedením zpracování půdy v pásech.



Obr. 190: Půdní profil po provedení klasického strip till (A) a intenzivního strip till (B). 1 – směr intenzivní infiltrace vody ke kořenům, 2 – vztlínání vody, 3 – hnojení pod patu, 4 – mělká řádková aplikace hnojiva při kypření, 5 – hlubší řádková aplikace hnojiva při kypření, 6 – nezpracovaná půda, 7 – zpracovaná půda, 8 – rostlinné zbytky.

- Možnost **založení porostů jednou pracovní operací** spočívající v nakypření pásů půdy, uložení hnojiv, výsevu kukuřice seté a provedení zonální aplikace herbicidu pouze na řádek vyseté plodiny.

- Opomenout nelze ani **uplatnění principů precizního zemědělství** v technologii, zejména z hlediska omezení zhutnění půdy, optimalizace trajektorií pracovních souprav a uplatnění systémů variabilního zonálního hnojení a variabilního setí.

ho zpracování půdy, tzv. systémy založení pomocí jednoho přejezdu, které zajišťují kombinaci pásového zpracování, zonálního hnojení (aplikace pevných či kapalných minerálních hnojiv) a setí přesným secím strojem pomocí jednoho přejezdu (obr. 192), případně v kombinaci s pásovou aplikací herbicidu na řádek vyseté plodiny. Pásové zpracování půdy se výrazně uplatňuje i při zakládání kukuřice seté do strniště ozimých meziplodin pro produkce biomasy v bioplynových stanicích (obr. 193).



Obr. 191: Podzimní provedení pásového kypření označované jako bio-strip till na plochách s meziplodinou – hořčice bílá (foto Brant).

V současné době jsou v podmínkách České republiky uplatňovány rozdílné modifikace této technologie. Primárně se jedná o tzv. **konvenční strip till** (provedení přímo do strniště předplodiny) a o tzv. **intenzivní strip till**, kdy je před provedením pásového zpracování provedeno celoplošné mělké kypření povrchu pozemku (obr. 190). Poté následuje **bio-strip till** spočívající v provedení pásového kypření na podzim nebo na jaře do živé, vymrzlé či umrtvené meziplodiny (obr. 191). Významným způsobem narůstá využití systémů pásového



Obr. 192: Významným způsobem narůstá využití systémů pásového zpracování půdy pro ozimé plodiny, tzv. systémy založení pomocí jednoho přejezdu (foto Nečada a Švarc).



Obr. 193: Pásové zpracování půdy se výrazně uplatňuje i při zakládání kukuřice seté do strniště ozimých meziplodin pro produkce biomasy v bioplynových stanicích (foto Brant).



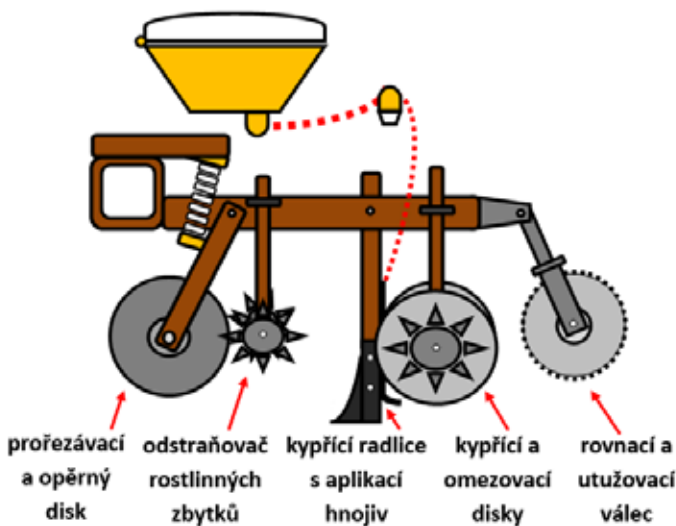
Obr. 194: Stav povrchu pozemku po provedení pásového kypření do sklizeného porostu žita setého (vlevo) a vpravo do strniště pšenice špaldy (foto Brant).

ho pásu pomocí odhrnovačů rostlinných zbytků – čistící **paprskové kotouče** různé konstrukce. Následně je půda kypřena dlátem nebo radlicí (obr. 196). Součástí kypřicího nástroje může být aplikátor tekutých nebo pevných hnojiv. Za kypřicím nástrojem jsou umístěny převážně zvlhňené kotouče, jejichž cílem je zamezení rozptýlu půdy mimo zpracovávaný pás a nakypření půdy v horní vrstvě pásu.

12.2. Princip technologie

Technologie pásového zpracování půdy představuje zpracování půdy v pružích ve směru řádků následně vysévané plodiny (obr. 194). Plošný podíl zpracované půdy při využití větší rozteče řádků (0,7 m a více) nepřesahuje většinou více než jednu čtvrtinu povrchu pozemku. Celkové **množství zpracované plochy z celkové plochy pozemku** je samozřejmě závislé na rozteči řádků, která se může pohybovat v rozmezí 0,4 m až 0,9 m, a na šíři kypřeného pásu (tab. 6). Jeho šířka se odvíjí od stavu povrchu půdy a orničního profilu, od pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky a jejich množství a rozměry, od druhu plodiny, konstrukce mechanizačního prostředku apod. Šířka kypřeného pásu se může pohybovat v rozmezí 0,15 a 0,4 m.

Při zpracování půdy dochází nejdříve k jejímu rozříznutí pomocí **prořezávacího disku či kotouče**, který se zároveň podílí na vedení stroje a dle konstrukce může sloužit i jako **disk či kotouč opěrný** (obr. 195). Případně je plochý prořezávací disk (kotouč) **doplněn opěrnými koly**. Poté jsou odstraněny rostlinné zbytky z povrchu zpracovávané-



Obr. 195: Rozmístění pracovních nástrojů u strojů pro klasické pásové zpracování půdy (zdroj Brant).

Tab. 6: Procentuální podíl (%) zpracované plochy pozemku z jeho celkové plochy v závislosti na rozteči řádků plodiny a šířce kypřeného pásu.

šířka kypřeného pásu (m)	rozteč řádků (m)			
	0,45	0,55	0,65	0,75
0,15	33	27	23	20
0,20	44	36	31	27
0,25	56	45	38	33
0,30	67	55	46	40
0,35	78	64	54	47

Na konci sekci je umístěno zařízení pro urovnání a utužení horní vrstvy půdy. Pro pásové zpracování půdy lze dnes využít rozdílná technická řešení umožňující pásové zpracování půdy (obr. 197), včetně systémů **frézového výsevu**, který je popsán v samostatné kapitole. Dominantní zastoupení v rámci střední Evropy mají konstrukční řešení využívající systém kypřicí radlice s kypřicími a omezovacími kotouči umístěnými na individuálně zavěšených kypřicích sekcích (obr. 198).



Obr. 196: Půdní profil po provedení pásového kypření s roztečí řádků 0,5 m před výsevem ozimé řepky. Nakypřený profil půdy na průřezu vykazuje tvar písmene „V“ (foto Brant).



Obr. 198: Dominantní zastoupení v rámci střední Evropy mají konstrukční řešení využívající systém kypřicí radlice s kypřicími a omezovacími kotouči umístěnými na individuálně zavěšených kypřicích sekcích (foto Brant).

Technické konstrukce použitelné pro pásové zpracování půdy

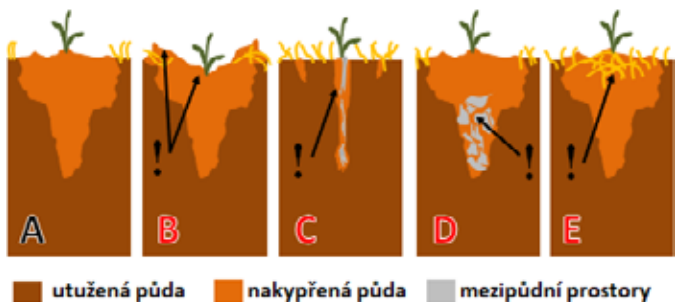


Obr. 197: Pro pásové zpracování půdy ke kukuřiči seté lze dnes využít rozdílná technická řešení umožňující pásové zpracování půdy.

12.3. Agrotechnické požadavky

U pásového zpracování nelze zapomínat na skutečnost, že kvalita práce strojů je ve srovnání s pluhem výrazněji, obdobně jako u kypřičů, **závislá na půdních podmínkách**. Obrázek 199 dokumentuje požadovaný stav kypřeného pásu (A) po provedení kypření ve srovnání s nevhodnými způsoby zpracování půdy. Při pásovém kypření by kypřičí radlicí nakypřená a vyzvednutá půda měla být **vrácena zpět do zpracovaného řádku**. Přepadávání půdy přes kypřičí kotouče nebo její vyhazování mimo záchytnou plochu kypřičího kotouče jednoznačně signalizuje špatné seřízení stroje. **Nevhodně nastavený úhel kypřičích kotoučů**, příliš velká pracovní hloubka, či velká vzdálenost kypřičích kotoučů od slupice radličky vede k rozhozu zeminy mimo kypřený pás. V důsledku toho vzniká ve středu pásu propadlý žlábek (obr. 199, B), který může následně zvyšovat **odtok vody z pozemku** a zároveň negativně ovlivňuje práci secího stroje. Překrytí rostlinných zbytků v meziřádku rozhozenou půdou dále přispívá ke zvýšenému riziku odnosu zeminy a snižuje půdoochranný efekt mulče, včetně rozvoje plevelů. Na těžkých půdách zpracovávaných při vysoké půdní vlhkosti hrozí riziko pouhého proříznutí půdy, bez efektu prokypření (obr. 199, C).

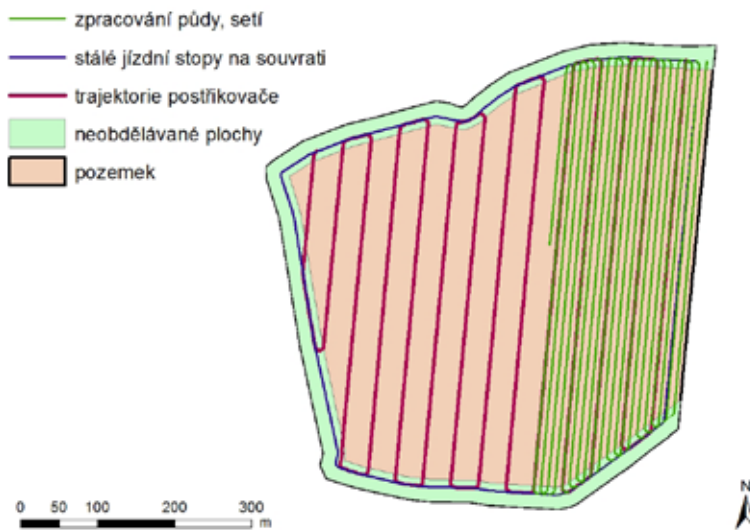
Nevhodné půdní podmínky mohou být také spojeny s tvorbou velkých půdních částic (hrud), a tím i mezipůdních prostor vyplněných vzduchem ve spodních vrstvách půdy, které následně negativně ovlivní vývoj rostlin (obr. 199, D). Toto riziko je opět typické pro těžší půdy, ale i pro půdy střední, jsou-li zpracovávány na jaře a půdní profil není dostatečně vyschlý. Především při jarním pásovém kypření je potřebné věnovat **dostatečnou pozornost zpětnému utužení kypřeného pásu**. Důležitou roli hraje správné nastavení odhrnovačů posklizňových zbytků, aby nedocházelo k akumulaci organické hmoty v kypřeném řádku (obr. 199, E).



Obr. 199: Požadovaný stav pozemku (A) po provedení kypření ve srovnání s nevhodným způsobem: B – tvorba propadlého povrchu řádku, C – nedokonalé prokypření vlhké půdy, D – tvorba hrud a následné špatné slehnutí půdy, E – akumulace rostlinných zbytků v místě výsevu.

Při pásovém kypření lze zároveň provést **aplikaci pevných či tekutých hnojiv** (obr. 201). V rámci technických řešení lze provést aplikaci látek do dvou zón za kypřičí radlicí. Technicky lze aplikovat souběžně kapalné i pevné látky, je-li souprava osazena jejich zásobníky s dávkovači.

Zásadní roli z hlediska kvality práce kypřičů a následného vývoje rostlin je potřebné veškeré kolejevé stopy tažných prostředků a dalších strojů pohybujících se před provedením a při provedení pásového zpracování půdy směřovat do budoucího meziřádku rostlin. Technologie na základě optimalizace trajektorií jízd pracovních souprav a na základě snížení počtu přejezdů po půdním bloku zásadním způsobem přispívá k **omezení zhutnění půdy**. Technologii lze efektivně spojit i se systémy ozelenění okrajů pozemků, kde probíhá otáčení techniky a nedochází tak k poškozování rostlin při otáčení souprav, ale umožňuje i tvorbu **soustředných kolejevných stop za účelem omezení zhutnění pozemku** (obr. 200).



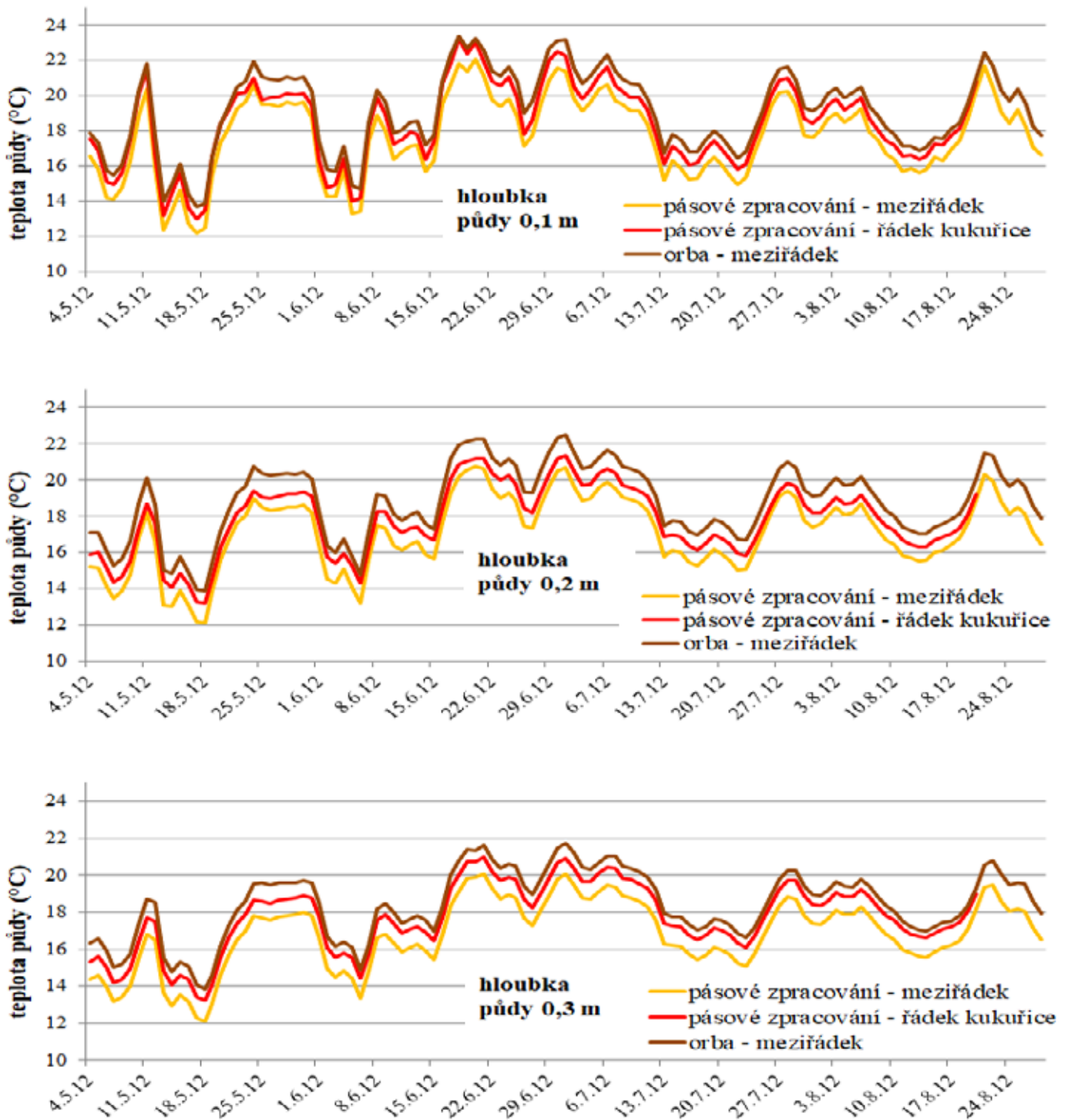
Obr. 200: Cílené soustředění trajektorií pracovních souprav na souvrati do trvalých stop umožní následnou cílenou efektivní nápravu v místech trvalých přejezdů (zdroj Brant).

12.4. Vliv technologie na teplotu a vodu v půdě

Positivní vliv pásového zpracování půdy na ohřev půdy na jaře ve srovnání s ostatními technologiemi lze očekávat i v podmínkách České republiky, především **ve srovnání se systémy setí do nezpracované půdy**, se systémy mělkého kypření a jednoznačně ve srovnání



Obr. 201: Provedení pásového kypření s aplikací granulovaných minerálních hnojiv do kypřeného pásu (vlevo), vpravo se nachází stroj pro pásové zpracování půdy se zásobníky na kapalná hnojiva (foto Brant).



Obr. 202: Průměrné denní hodnoty teploty půdy (°C) na plochách s orbou a s technologií pásového zpracování v období od 4. 5. 2012 do 28. 8. 2012 v hloubkách půdy 0,1; 0,2 a 0,3 m (porost silážní kukuřice). Na variantě s pásovým zpracováním byly hodnoty teploty půdy stanoveny v meziřádku rostlin (nekypřená půda) a v řádku vyseté plodiny (kypřená půda) a u varianty s orbou pouze v meziřádku (zdroj Brant).

s technologiemi setí do živého či mrtvého mulče meziplodiny a předplodiny. Ve srovnání s oranými pozemky v podmínkách České republiky není jednoznačně pozitivní efekt pásového zpracování půdy na **teplotu půdy** prokázán. Obrázek 202 dokumentuje rozdíly v teplotě půdy na technologii pásového kypření a na oraném pozemku na lehčí půdě v porostech silážní kukuřice. Na pozemku, kde měření probíhala, byla dle potřeby dříve uplatňována jak orba, tak kypření půdy, tj. půda byla pravidelně zpracovávána. Proto rozdíly mezi hodnotami teploty půdy mezi variantami, zejména mezi orbou a teplotou půdy v nakypřeném pásu, nejsou výrazné.

Přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy v meziřádkách mezi nakypřenými pásy přispívá ke snížení ztrát vody z **půdy evaporací**. Především u jednoletých plodin, kdy povrch půdy zůstává po jejím zpracování holý, dochází v době od výsevu do vzejití porostu k výraznému výparu vody z půdy. Technologie rovněž vychází z předpokladu, že nakypřený pás zajišťuje infiltraci vody stékající po rostlinách kukuřice seté do kořenové zóny a nezpracovaná půda v meziřádku umožňuje dobrou kapilární vztlávnost vody ze spodních vrstev půdního profilu, a tím zásobení rostlin vodou v období sucha.

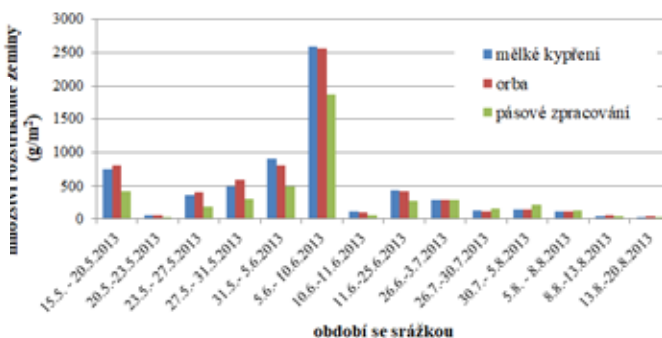
Technologie vykazuje pozitivní vliv na **stabilitu hodnot vodního potenciálu půdy v půdním prostředí**, především nekypřeném meziřádku a zároveň zajišťuje rychlou infiltraci vody do spodních vrstev půdy v místě kypřeného pásu.

Obrázek 203 znázorňuje rozdílný vliv technologií zpracování půdy na **infiltraci srážkové vody** do kořenové zóny rostlin kukuřice seté. Z výsledků je dobře patrné omezení infiltrace vody do půdy na plochách s provedením předsetové přípravy půdy. Infiltrace vody na orané variantě se vyznačovala proniknutím vody do hloubky maximálně

0,08 m. Výraznější infiltrace vody do půdy na oraných plochách byla zaznamenána pouze v místě primárních prasklin půdy. Na kypřených plochách (kypřič s poloparabolickými slupicemi) s jarním provedením předsetové přípravy byla infiltrace pod hloubku předsetové přípravy rovněž omezena, na některých odkrytých profilech byl zaznamenán průnik vody do spodních vrstev v místech trajektorií pracovních nástrojů kypřiče, zejména docházelo-li při kypření k **tvorbě hrubší půdní struktury**.

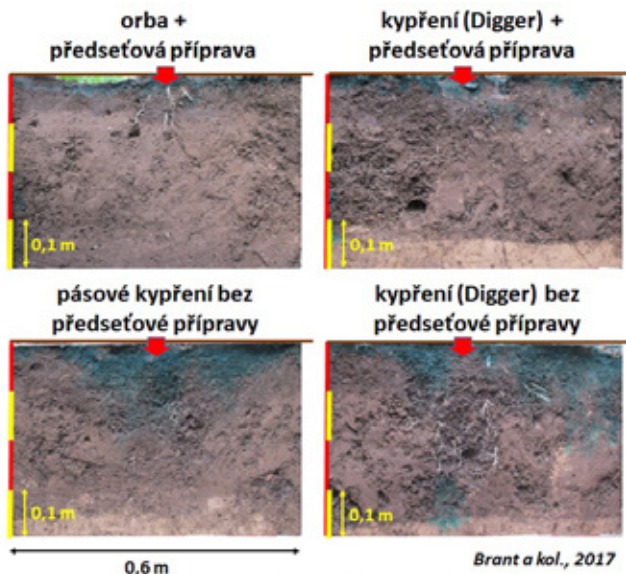
12.5. Omezení eroze a poškození struktury půdy

V rámci pásového zpracování půdy má na eliminaci erozních procesů vliv zejména přítomnost posklizňových zbytků v meziřádku a kontinuální systém pórů v nezpracované vrstvě půdy. Plochy zpracované touto technologií vykazují velice dobrou **odolnost vůči erozním procesům i při přivalových srážkách**. Určité erozní ohrožení představuje tvorba propadlých pásů po kypření (kypřená půda není vrácena zpět do kypřeného pásu), které mohou v kombinaci s topografickými podmínkami půdního bloku představovat budoucí odtokové rýhy pro vodu při srážkových událostech s vysokou intenzitou. Obrázek 204 dokumentuje hodnoty kapkové eroze na plochách s pásovým zpracováním půdy do strniště, mělkým kypřením a orbou při rozteči řádků kukuřice seté 0,75 m.



Obr. 204: Průměrné hodnoty kapkové eroze na plochách s provedením technologie klasického pásového zpracování půdy do strniště ječmene, na plochách s mělkým kypřením půdy a s orbou vyjádřené jako množství rozstříknuté zeminy deštěm na jednotku plochy (g/m²) za období měření v roce 2013 (zdroj Brant).

Vliv zpracování půdy na infiltraci vody do půdy



modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrace (suma srážky odpovídá hodnotě 40 mm vodního sloupce), červená šipka udává řádek rostlin kukuřice seté, hodnocení proběhlo 23.6.2017

Obr. 203: Vliv rozdílných systémů zpracování půdy na infiltraci vody do půdy v porostech kukuřice seté (23.6.2017).

13. Setí do vyfrézovaných pásů - frézový výsev

Setí do vyfrézovaných pásů se mnohdy považuje za jednu z variant pásového zpracování půdy. Pěstební systém je považován za velmi **efektivní půdoochrannou technologii** využívanou převážně pro pěstování kukuřice seté na svažitých pozemcích. Frézové pásové zpracování půdy je standardně využíváno ve Švýcarsku (téměř již 25 let). Omezeně se lze s technologií setkat v Rakousku, případně v Německu. Od roku 2017 je technologie využívána i některými podniky v České republice.

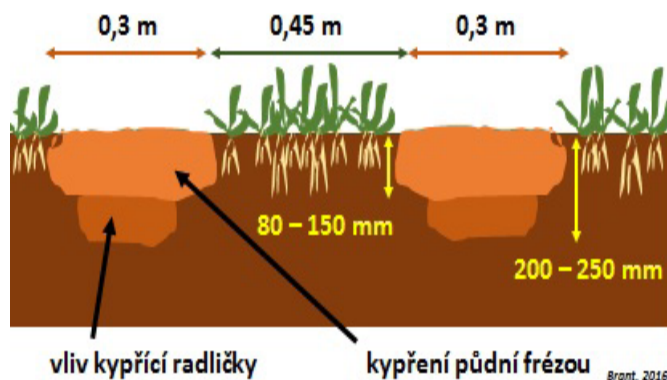
Principem technologie je tvorba vyfrézovaných pásů půdy do porostů většinou živého mulče na jaře. Pro tvorbu živého mulče, který musí být tvořen nevymrzajícími plodinami, jsou využívány obilniny a trávy. Pásové zpracování lze provést i do porostu dočasných travních porostů na orné půdě. Základem pracovní sekce strojů pro frézové zpracování pásů půdy je kypřicí radlička osazená ve spodní části širokými křídly s malým náběhovým úhlem kypřící půdu pod noži frézovací sekce (obr. 205). Cílem práce radličky je prokypření spodní části kypřeného pásu do hloubky 0,18 – 0,25 m. Horní část pásu směrem k povrchu půdy je zpracována noži půdní frézy. Zpětné uložení nakypřené půdy do prostoru pásu zajišťují postranní kryty frézy. Za jednotlivými frézovacími sekcemi následují pěchovací válce, většinou umístěné na společné hřídeli. Vliv frézového zpracování půdy na půdní profil znázorňuje obrázek 206.

Frézové zpracování půdy probíhá většinou souběžně se setím plodiny (obr. 207). Dostupné jsou i systémy, které zajistí nejen uložení hnojiva do kypřeného pásu, ale zároveň i souběžnou aplikaci herbicidu, jedná-li se o výsev do travního porostu. Povrch pozemku se po provedení frézového zpracování půdy výrazně podobá plochám s provedením pásového zpracování půdy (obr. 208).



Obr. 205: Kypřicí radlička kypří půdu pod noži frézovací sekce (vlevo) a zpětné utužení půdy zajišťují dělené pěchovací válce (vpravo), foto Brant.

Technologie vykazuje díky aktivně pracujícím nástrojům půdní frézy velice dobrý kypřicí a drobcí efekt půdy i při jejím pokrytí mulčem tvořeným především trávovitými druhy vytvářejícími drn. Obecně je poukazováno na nižší pracovní výkonnost pracovní soupravy při



Obr. 206: Vliv frézového zpracování půdy na půdní profil.

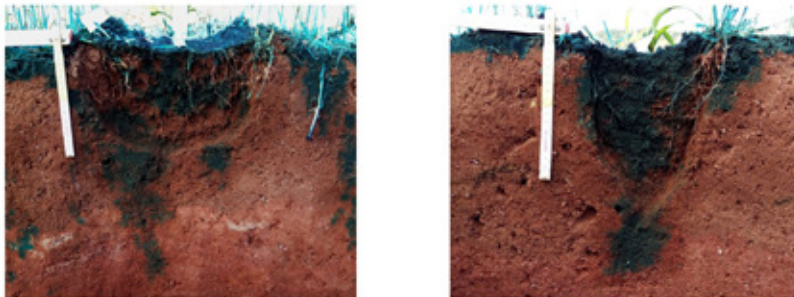


Obr. 207: Souprava pro souběžné zpracování půdy, zonální hnojení a výsev hlavní plodiny (foto Hovad).



Obr. 208: Souprava pro souběžné zpracování půdy, zonální hnojení a výsev hlavní plodiny (foto Hovad).

nakypřená zóna půdy v závislosti na technologii pásového zpracování půdy



frézové pásové zpracování půdy
(Rotor Strip Till)

pásové zpracování půdy
(Kultistrip)

Obr. 209: Nakypřená zóna půdy v pásech na hodnocených technologiích a ukázka pohybu vody na základě metody modré infiltrace.

frézování a s tím spojenou menší plošnou výkonnost, protože se pracovní rychlost pohybuje v **rozmezí 3–5 km/h**. Vyšší hmotnost soupravy a kombinace frézovacího kypřiče se secím strojem vykazují vyšší požadavky **na tahovou sílu traktoru**. Nejčastěji se setkáváme se čtyř až šesti řádkovými stroji. Součástí technologie je rovněž možnost ukládání hnojiva do kypřeného pásu. Frézový výsev lze uplatnit jak na pravidelně oraných plochách, tak v systémech mělkého kypření. Na základě literárních zahraničních údajů je výnosová úroveň u kukuřice seté u této technologie obdobná

jako u ostatních pěstebních systémů. Negativní vliv na pokles výnosu kukuřice u této technologie má vlhký průběh jara, příliš časný výsev a riziko regenerace trav po zasetí.

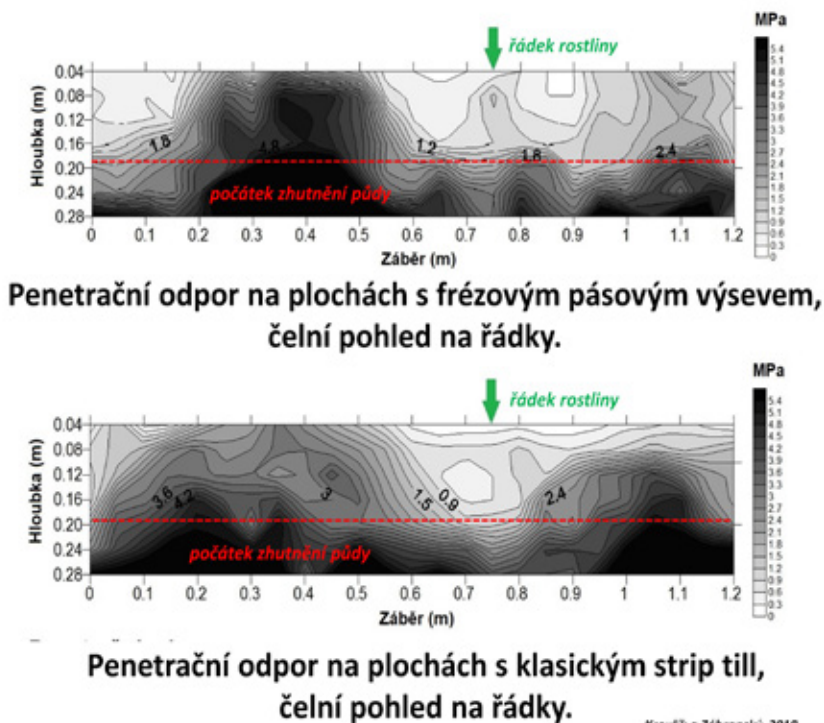
13.1. Vliv technologie na infiltraci vody a penetrační odpor

Plochy s frézovým zpracováním půdy vykazují hlavní směr infiltrace po stranách frézou zpracovaného pásu s následnou infiltrací po stranách kypřeného pásu (obr. 209). Po stranách kypřičí radlice dochází pravděpodobně k výraznějšímu praskání a trhání půdy, což **podporuje infiltraci vody do stran a následně do půdního profilu**. Výrazný efekt praskání půdy do stran, směrem od konců křidel kypřičí radlice může být výraznější při zásahu radlice ztuhlé vrstvy půdy. Voda infiltruje i do středu kypřeného pásu. U klasického pásového kypření voda infiltrovala nakypřeným pásem vytvářejícím na průřezu charakteristické „V“ směrem do spodních vrstev půdy (obr. 209).

Rozložení zón s rozdílnými hodnotami penetračního odporu koresponduje s hodnotami modré infiltrace. Na plochách s frézovým výsevem je patrná přítomnost dvou zón s nižším **penetračním odporem po stranách kypřeného pásu**. U klasického pásového kypření půdy byla půda nakypřena zejména ve středu pracující radlice a tvar nakypřené zóny opět korespondoval s tvarem písmene „V“ (obr. 210).

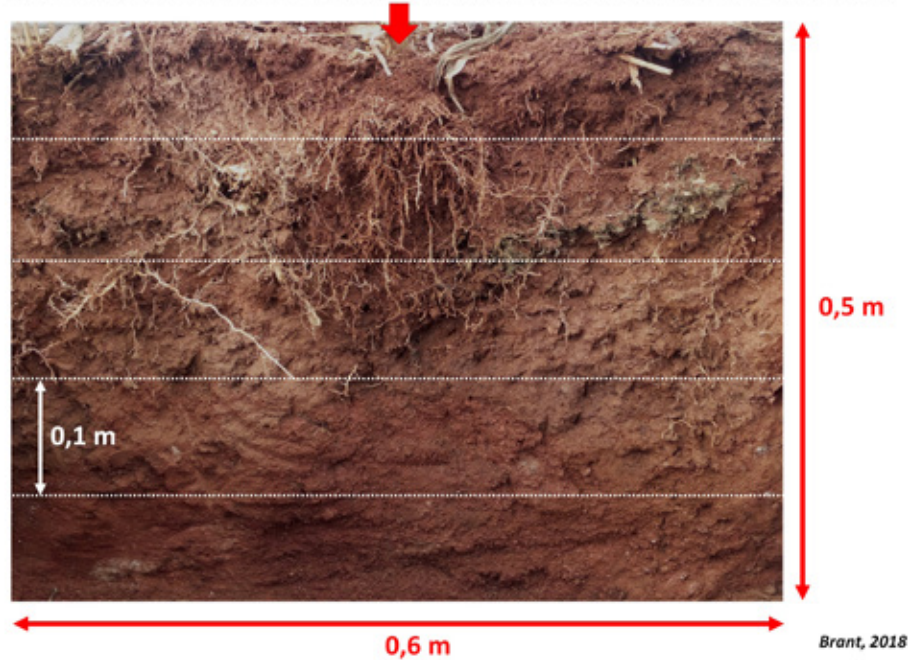
13.2. Vývoj kořenového systému

Rozvoj kořenového systému při frézovém kypření půdy je určen preferenčními zónami, které jsou primárně určeny vlivem pracovních nástrojů, především vlivem kypřičí radlice, a následným pohybem srážkové vody. Dalším faktorem je kombinace vlivu uloženého hnojiva a preferenčními toky vody. Efekt **vlivu hydrotropismu a chemotropismu** může vývoj kořenových systémů ovlivnit. Z obrázku 211 je dobře patrný rozvoj kořenového systému do boku kypřeného pásu, tady do zón, kde došlo k intenzivnějšímu kypření půdy a na základě měření i k tvorbě vhodnějších podmínek pro infiltraci. Na variantě se strip till bylo boční prokořenění nižší a kořeny pronikaly do hlubších vrstev orničního profilu (ob. 212).



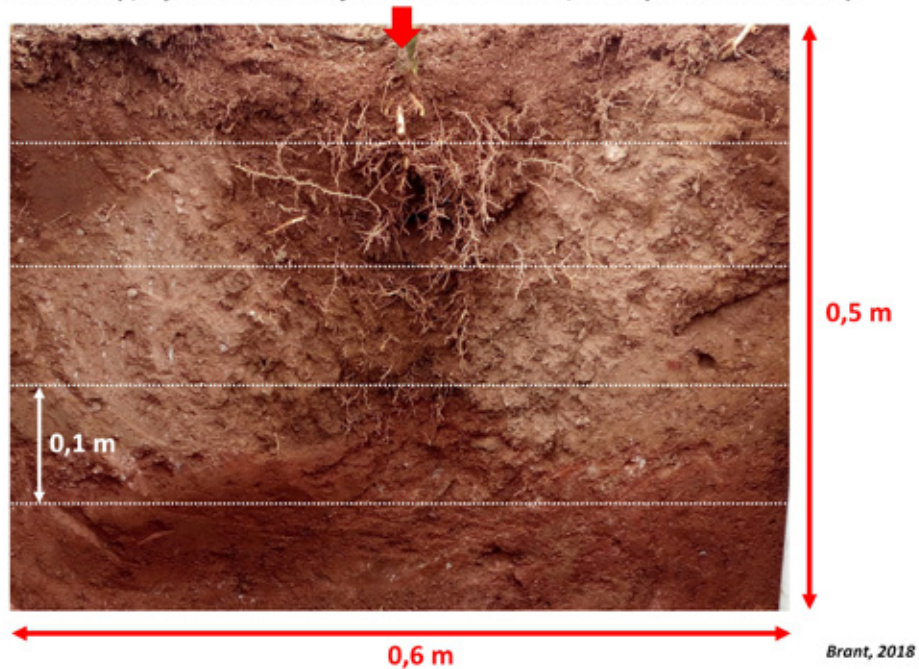
Obr. 210: Hodnoty penetračního odporu na hodnocených variantách.

Rozložení kořenového systému kukuřice seté v půdním profilu. Frézový pásový výsev (Rotor Strip Till v kombinaci se secím strojem Mascar Maxi 5, čelní pohled na řádek.)



Obr. 211: Reálné rozložení kořenového systému na plochách s pásovým frézovým zpracováním půdy.

Rozložení kořenového systému kukuřice seté v půdním profilu. Klasické strip till (kypřič Kultistrip, výsev secím strojem Mascar Maxi 5, čelní pohled na řádek.)



Obr. 212: Reálné rozložení kořenového systému na plochách s klasickým strip till.

14. Setí do nezpracované půdy

Zakládání porostů polních plodin technologií setí do nezpracované půdy (no-till) jsou dlouhodobě využívány především mimo Evropu. Představují ekonomicky efektivní technologii zajišťující nejen **snížení vstupů**, ale i **protierozní efekty** a možnost pěstování plodin i v suchých oblastech. Ve vztahu k plodině (rozteč řádků) a typu secí botky dochází při setí do nezpracované půdy k přibližně 10 % narušení povrchu půdy. Zásadní vliv na vývoj porostů má kvalita uložení osiva do půdy (obr. 213) a jeho uzavření ve výsevni rýze. Zde hraje roli **doдрžení hloubky výsevu** i na tvrdé půdě a **omezení utužení dna výsevni rýhy** především při setí do vlhké půdy. Při výsevu do vlhké půdy hrozí riziko zamáčknutí rostlinných zbytků, které nejsou přeříznuty řezným kotoučem (obr. 213). Vlhká půda nevytváří protibřit řezným kotoučům umístěným před kotoučovou výsevni botkou nebo samotným kotoučům výsevni botky. S vlhkostí půdy narůstá i vlhkost samotných rostlinných zbytků nacházejících se na povrchu půdy a v důsledku získané pružnosti mají rostlinné zbytky (především sláma obilnin) zvýšenou odolnost k přeříznutí. Uložení osiva na rostlinné zbytky zamáčknuté do výsevni rýhy zvyšuje riziko napadení klíčenců chorobami a rostlinné zbytky zároveň vytvářejí izolační vrstvu omezující vzlímání vody. Nadměrné utužení dna výsevni rýhy zvyšuje riziko kumulace strážkové vody v rýze, která snižuje dostatečné zásobení klíčících semen kyslíkem. Při výsevu do suché půdy, zejména při zakládání ozimů, může docházet k nedodržení hloubky půdy a k nezavření půdy nad osivem.

Problematický je rovněž výsev do kolejových stop vzniklých během vegetace v předplodině a zejména při sklizni. Zásadním faktorem pro technologii je tedy **optimalizace kolejových stop** při sklizni, eliminace tvorby hlubokých kolejí sklízecími mlátičkami a odvozovými prostředky, které by měly být sklizeným produktem plněny na souvratích, či zajistit jejich plnění mimo produkční plochu pozemku. V tvrdé půdě vzniklé tlakem pneumatik nebo pásů je problematictější dodržení hloubky setí a zakrytí osiva půdou. V hlubších kolejích k uložení osiva do půdy většinou nedochází. Absence zpracování půdy a její pokrytí posklizňovými zbytky vede k pomalejšímu ohřevu půdy a jejímu vysychání, zejména v jarním období, což může oddálit termín výsevu. Kvalitní práci secí botky a rychlejší ohřev povrchové vrstvy půdy lze zajistit zpracováním půdy pomocí **řezných talířů s rovným nebo zvlněným okrajem** (obr. 214). Řezné talíře zajistí rovněž rozřezání posklizňových zbytků.

Pomalejší ohřev půdy a její vyšší vlhkost vede k oddalování termínů výsevu. Hloubka výsevu, především u plodin vyžadujících vyšší teploty půdy, se na rozdíl od konvenčních technologií snižuje. Pozitivní vliv na uložení semen do půdy má efekt promrznutí půdy v zimním období, která zajistí prokypření povrchu půdy.

Z hlediska kvality setí a následného vývoje rostlin je nutné zajistit rovnoměrné rozložení rostlinných zbytků na povrchu půdy. Práce s rostlinnými zbytky je závislá od dané předplodiny, která rozhoduje o jejich množství, kvalitě a degradovatelnosti v meziorostním období.

Obecně je popisován pozitivní vliv nižšího strniště na rovnoměrné rozptýlení slámy a semen výdrolu po pozemku. Mimoevropské systémy pěstování plodin technologií setí do nezpracované půdy se vyznačují menší intenzitou pěstování spojenou s nižšími výnosy, ale i s nižší produkcí rostlinných zbytků vedlejšího produktu, tedy množstvím rostlinných zbytků na povrchu půdy (především u obilnin, obr. 215). Pro úpravu strniště spojenou s rovnoměrným umístěním slámy především obilnin jsou používány mulčovací brány. U plodin jako je kukuřice na zrno a u slunečnice jsou pro úpravu strniště, včetně rozmělnění zbytků strniště a stébel či lodyh využívány řezné válce (obr. 216).



Obr. 213: Nedostatečné proříznutí půdy secí botkou je spojené s uložení osiva na povrch půdy (vlevo) a při vyšší půdní vlhkosti dochází k zamáčknutí rostlinných zbytků do výsevni rýhy (vpravo), foto Brant.



Obr. 214: Kvalitní práci secí botky a rychlejší ohřev povrchové vrstvy půdy lze zajistit zpracováním půdy pomocí řezných talířů se zvlněným okrajem (foto Brant).



Obr. 215: Porost kukuřice seté založený do strniště obilniny, Kanada (foto Brant).



Obr. 216: Úprava strniště po sklizni zrnové kukuřice řeznými válci (foto Brant).

Zásadní otázkou je výživa rostlin. Především se jedná o aplikaci pevných dusíkatých hnojiv při setí, či o injektážní aplikaci kapalných hnojiv. S aplikací hnojiv do blízkosti osiva může být spojeno s negativní modifikací kořenového systému. Omezení růstu kořenů do spodních vrstev půdy může být spojeno rovněž s utužením dna výsevní rýhy (obr. 217).

14.1. Secí stroje pro výsev plodin s malou roztečí řádků

Z hlediska konstrukce kotoučových secích botek se jedná o jednokotoučové a dvukotoučové botky a o dvukotoučové botky s kotoučovým krojidlem.



Obr. 217: Omezení růstu kořenů do spodních vrstev půdy (vlevo mák setý, vpravo sója luštinatá) může být spojeno rovněž s utužením dna výsevní rýhy při setí do nezpracované půdy (foto Brant).

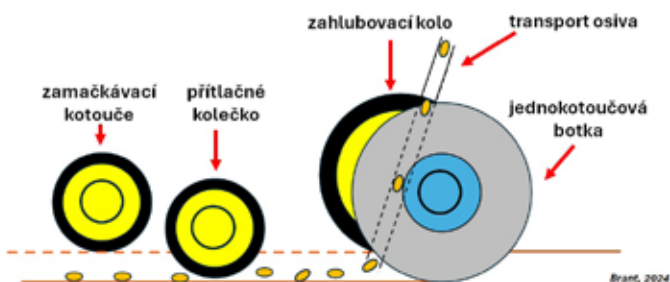
14.1.1. Kotoučové secí botky

U strojů vybavených **jednokotoučovou botkou** (obr. 218) otevírá kotouč výsevní rýhu. Kotouč je společně se zahlabovacím kolem tlačěn hmotností stroje směrem do půdy a zahlabovací kolo umožňuje dodržet požadovanou hloubku výsevu. Následná dvojice kol zajišťuje dokončení uložení osiva do výsevní rýhy a následné zamáčknutí rýhy. Jednokotoučové botky dobře prořezávají půdu a zajišťují její minimální porušení. **Dvukotoučové botky** (obr. 218) vytvářejí širší výsevnou rýhu a částečně rozhrnují rostlinné zbytky. Umístění **krojidla** před kotoučovou botku umožní lepší pronikání botek do půdy, hlubší uložení osiva a následné zahrnutí výsevné rýhy větším množstvím půdy. **Za sucha** zajišťují kotoučové botky dostatečné **utužení půdy** pod osivem a jeho následné zásobení vodou. Při **vysoké vlhkosti půdy** může naopak dojít k nadměrnému utužení dna výsevné rýhy a snížení infiltrace vody. V důsledku vysokých srážek pak v místě uložení osiva může dojít k nedostatku kyslíku, který negativně ovlivní vývoj rostlin. Dojde-li k přeschnutí půdy do větší hloubky, je při setí suchá půda zatlačena kotoučovou botkou i na dno výsevní rýhy, což negativně ovlivní klíčení a vzházení. Vhodnější je v těchto případech použít radličkové botky, které uloží suchou půdu na strany výsevné rýhy. Na suchých a soudržných půdách dochází rovněž z důvodu malého nakypření půdy kotoučovou botkou k vytvoření nedostatečného množství jemné nakypřené půdy pro zahrnutí výsevné rýhy, která pak zůstává po výsevu otevřená.

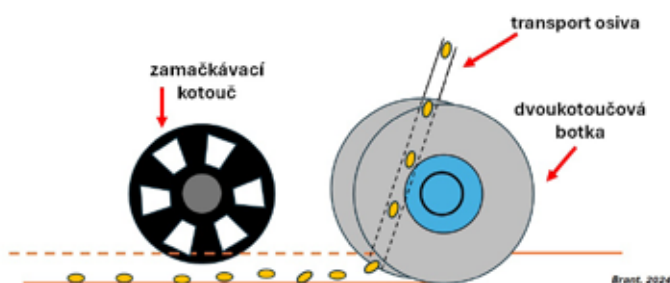
Secí stroje osazené kotoučovými botkami jsou **málo náchylné k zacpávání** i při větším množství posklizňových zbytků. V měkké půdě však nemusí docházet k dokonalému **přeříznutí slámy** obilnin botkou a sláma je vtlačena na dno výsevné rýhy. Osivo poté nemá **dostatečný kontakt s půdou**. Při následném nedostatku srážek a nízké půdní vlhkosti **nemohou kořeny touto vrstvou slámy prorůst**. To vede k tvorbě nerovnoměrných a mezerovitých porostů. Obdobně

problémy nastanou, když je výsev proveden do vlhké půdy a v době, kdy je sláma vlhká, a následuje-li po zasetí nedostatek srážek. Větší problémy než sláma obilnin působí rostlinné zbytky po **kukuřici seté**, rostlinné zbytky jiných plodin (chrást cukrové řepy a strniště slunečnice roční) tyto problémy nezpůsobují. Všeobecnou podmínkou kvalitní práce kotoučových secích strojů pro přímý výsev je dostatečná **hmotnost stroje** na jeden metr záměru, tj. asi jedna tuna.

Jednokotoučová výsevní botka – výsev úzkořádkových plodin



Dvoukotoučová výsevní botka – výsev úzkořádkových plodin



Obr. 218: Princip uložení osiva pomocí jednokotoučové a dvoukotoučové secí botky (upraveno podle Estler a Knittel, 1996).

14.1.2. Secí stroje s kotoučovými botkami

V současné době jsou na trhu dostupné secí stroje pro setí do nezpracované půdy evropských i mimoevropských výrobců. Jedná se o klasické konstrukce strojů vybavených **jednokomorovým zásobníkem na osivo** (obr. 219) i o stroje **disponujícími dělenými zásobníky**, které umožňují setí dvou plodin (především s rozdílnou velikostí), které jsou následně ukládány společně do jednoho řádku, či je možné z jednoho zásobníku ukládat do výsevní rýhy hnojivo a z druhého osivo (obr. 220). Z hlediska konstrukčních řešení se jedná o stroje s kolmým postavením kotouče výsevní botky, ale také o konstrukce se šikmým postavením kotouče, kdy je osivo ukládáno pod nadzvednutou půdu šikmo vyříznuté výsevní rýhy. Z hlediska hnojení lze za perspektivní považovat secí stroje pro setí do nezpracované půdy **se samostatným ukládáním hnojiva mezi řádky vyseté plodiny**, nebo ob meziřádek vyseté plodiny (obr. 221).



Obr. 219: Secí stroj pro setí do nezpracované půdy vybavený jednokomorovým zásobníkem na osivo (foto Brant).



Obr. 220: Secí stroje disponující dělenými zásobníky, které umožňují setí dvou a více plodin, které jsou následně ukládány společně do jednoho řádku, či je možné z jednoho zásobníku ukládat do výsevní rýhy hnojivo a z druhého osivo (foto Brant).



Obr. 221: Výsev sóji luštěnaté do nezpracované půdy s ukládáním hnojiva do meziřádku plodiny (foto Jenček).

14.1.3. Radličkové secí botky

Secí stroje s **radličkovými botkami** představují další z možností setí do nezpracované půdy. Radličková botka intenzivněji **kypří** a **mísí** půdu než botka kotoučová. Vyšší nakypřenost půdy vede k intenzivnějšímu vysychání půdy, ale přispívá rovněž k jejímu ohřevu. Secí stroje s radličkovými botkami je vhodné použít pro přímý výsev na půdách **dobře zásobených vodou** a v oblastech s dostatečným množstvím srážek. V těchto podmínkách vykazují lepší výsledky oproti secím strojům s kotoučovými botkami v důsledku intenzivnějšího prokypření a promísění půdy, zvýšení infiltrace vody, teploty a provzdušnění půdy.

Z hlediska kvalitní práce se radličkové botky (rovnoměrná hloubka uložení osiva) musí přizpůsobit nerovnostem pozemku. Na rozdíl od secích strojů s kotoučovými botkami je práce radličkové botky méně závislá na hmotnosti stroje. Rostlinné zbytky jsou ukládány na **stranu radličky** a nejsou zatlačeny na dno výsevní rýhy. Osivo je uloženo přímo na dno výsevní rýhy a zahrnuto dostatečným množstvím nakypřené půdy. Secí stroje pro přímý výsev mohou souběžně se setím zajišťovat hnojení. Poté je hnojivo ukládáno pod výsevní rýhu nebo dolů vedle výsevní rýhy.

14.1.4. Secí stroje s radličkovými botkami

V této kategorii se lze setkat se secími stroji ukládajícími osivo do pásku, případně souběžně hnojivo (pevné i kapalné), za plochou výsevní radličku. Stroje jsou používány v oblastech s humózními půdami, kde je na jaře půda zpracována i v důsledku působení mrazu přes zimu (obr. 222). Problémem výsevních radliček s křídly je dodržení rovnoměrné hloubky setí.

Pro výsev lze samozřejmě využít i výsevní radličky s dlátovitým zakončením radliček (obr. 223), kde se jedná o typické stroje používané v oblastech s dominantním působením kontinentálního klimatu, tak o evropská konstrukční řešení (obr. 224).

14.2. Secí stroje pro přesné setí plodin s velkou roztečí řádků

V rámci výsevu plodin do řádků s velkou roztečí, tzv. širokořádkových, se setkáváme dominantně s modifikací výsevních sekcí pro setí do nezpracované půdy. Tuto problematiku popisuje podkapitola 8.7.2 **Seťové lože při výsevu plodin do řádků s velkou roztečí** v hlavní kapitole 8. **Příprava půdy pro setí.**

Přesné secí stroje určené pro setí do nezpracované půdy se samozřejmě vyznačují robustní konstrukcí (obr. 225) a z hlediska pracovní výkonnosti se lze setkat i se systémy doplňování osiva z centrálního zásobníku do zásobníků jednotlivých výsevních sekcí.



Obr. 222: Secí stroje ukládající hnojivo za plochou výsevní radličku, Kazachstán (foto Brant).



Obr. 223: Secí stroje s výsevem za radličku dlátovitého tvaru, Kazachstán (foto Brant).



Obr. 224: Konstrukční řešení radličkových secích botek pro výsev do nezpracované půdy, které zajišťuje dobré kopírování povrchu půdy (foto Brant).



Obr. 225: Přesné secí stroje určené pro setí do nezpracované půdy se samozřejmě vyznačují robustní konstrukcí (foto Brant).

15. Systémy diferencovaného zonálního zpracování půdy při setí

Technologie představují částečnou modifikaci pásového zpracování půdy uplatňující především cílené kypření a zonální hnojení pod řádkem vysévané plodiny, nebo mezi řádky. V rámci návaznosti na předchozí pracovní operace zpracování půdy mohou být uplatněny do celoplošně zpracované půdy, ale na lehčích až středních půdách jsou využitelné i pro založení do strniště předplodiny. Dominantně jsou využívány při pěstování **ozimé řepky**, velmi efektivní jsou u ozimých obilnin, ale také luskovin. Při zakládání porostů do řádků s menší roztečí se jedná o systémy s výsevem plodin do řádků s roztečí **od 0,125 do 0,35 m**. Při rozteči řádků vysévané plodiny 0,25 m a vyšší je kypření a zonální hnojení prováděno v ose řádku, při rozteči řádků nižší je kypření provedeno do meziřádku a ob řádek (obr. 226).

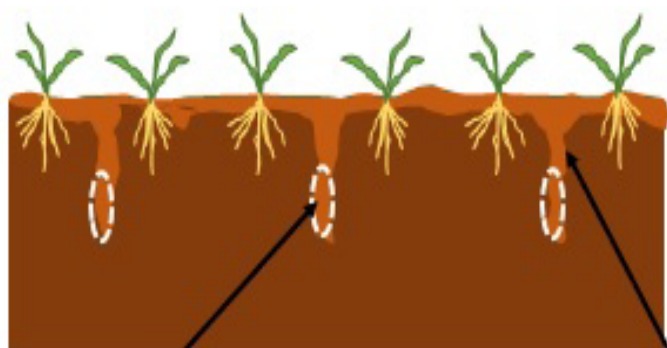
Do této kategorie lze zařadit rovněž i systémy s **vyšší roztečí řádků** (0,5 – 0,75 m), které umožňují opět hlubší prokypření půdy s uložením hnojiva v pevné či kapalné formě se souběžným výsevem plodiny nad kypřenou zónu. Tyto systémy jsou primárně využívány pro pěstování ozimé řepky při zakládání porostů do nezpracované, či celoplošně zpracované půdy.

15.1. Porosty zakládáné do užších řádků

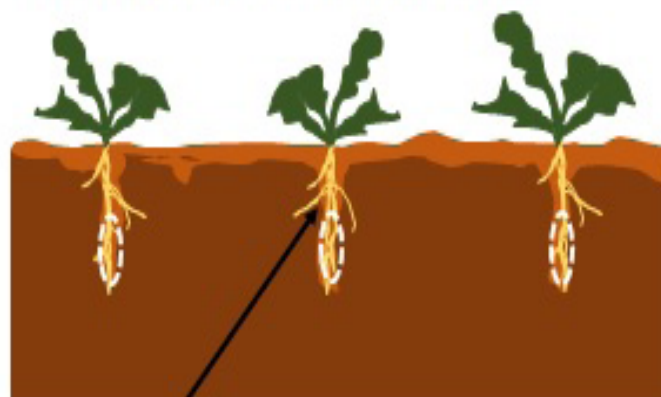
Jedním z postupů je založení porostů **bez prostorového efektu povrchu pozemku, který zůstává po výsevu plodiny rovný**. Založení porostů touto technologií následuje, výjimkou mohou být lehčí a střední půdy, po předchozím celoplošném zpracování půdy kypříči. Hloubka celoplošného kypření se dle půdních podmínek, stavu povrchu pozemku a předplodiny pohybuje v rozmezí 50–200 mm. Systémy jsou ověřeny i na oraných plochách z hlediska zvýšení homogenity půdního prostředí pro vývoj rostlin. Cílem operací je provedení diferenciace půdního profilu z hlediska **podpory infiltrace vody a provzdušnění půdy** (kyprá půda) či naopak podpory jejího vztlínání ke kořenům (utuženější půda), jako opatření eliminující riziko vodního stresu. Dále se jedná o podporu rozvoje kořenových systémů ozimé řepky v podzimním období (obr. 227), u které pozitivně reagují na zonální kypření a uložení hnojiva kořenové systémy. Hloubka kypření je zde

**výsev do řádků 125 mm s
přihnojením ob meziřádek**

**výsev do řádků 250 mm s
přihnojením do řádku plodiny**



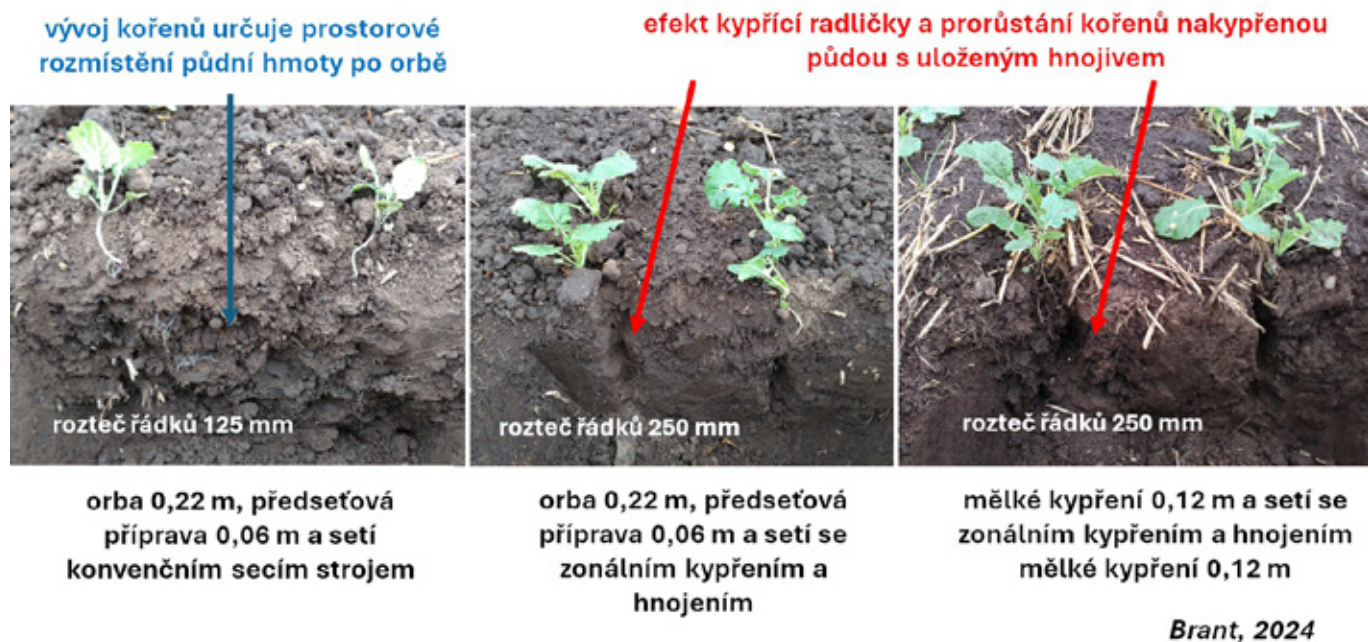
zóna uložení hnojiva



zpracovaná půda po setí s přihnojením

Brant (2015)

Obr. 226: Technologické možnosti diferencovaného zpracování půdy a hnojení v porostech obilnin a řepky ozimé.



Obr. 227: Vliv konvenčního výsevu ozimé řepky a strojem se zonálním kypřením a hnojením pod řádek na půdní profil a rozvoj kořenů.

prováděna na hloubku 0,16 až 0,25 m a vzdálenost mezi ukládaným hnojivem a osivem v půdním profilu by měla činit **minimálně 0,15 m**. Mělké uložení hnojiva může omezit růst kořene do spodních vrstev z hlediska jeho atraktivního působení vedoucího k vyššímu větvení kořene.

U ozimých obilnin, kde je anatomie kořenů ve srovnání s kůlovým kořenem dvouděložných rostlin odlišná, slouží kypření a hnojení pod řádkem plodiny k podpoře rozvoje kořenů do spodních vrstev a k výživě rostlin při jejich vegetaci přes zimu, při teplém průběhu zimy.

Provedení zonálního kypření a hnojení pod řádek ozimých obilnin je spojeno s výsevem do širších řádků (0,25 m), kde aplikace hnojiva má zásadní vliv na podporu odnožování rostlin z hlediska podpory kompenzačního efektu porostů při použití nižšího výsevu. Hloubka uložení hnojiva při výsevu by měla zajistit vzdálenost mezi uloženým osivem a **hnojivem mezi 0,1 až 0,12 m**. Tyto systémy jsou plně využitelné i u luskovin s roztečí řádků 0,25 m, kde kypření a aplikace hnojiv (dominantně fosforečných) zajišťuje rychlý rozvoj kořenů do spodních vrstev a dobrou infiltraci srážkové vody ke kořenům, což sni-



Obr. 228: Zonální kypření a hnojení se souběžným výsevem ozimé řepky s roztečí řádků 0,25 m (foto Farmet a.s., <https://www.farmet.cz/a/Brant>).



Obr. 229: Zpracování půdy s intenzivnějším kypřením povrchu půdy se současným výsevem ozimé řepky do prostoru mezi hrůbků (foto Chára).

žuje riziko vodního stresu. Hloubka kypření pod řádkem by neměla přesáhnout 0,15 m. U systémů využívajících kypření do meziřádků lze obilniny a luskoviny vysévat s roztečí 0,125 m a kypření a hnojení vede k podpoře rychlého startu porostů po vzejití a zvyšuje infiltraci vody do půdy. Tyto systémy jsou vhodnější pro jarní obilniny. Secí stroje jsou vybaveny děleným zásobníkem na osivo a hnojivo a jsou osazeny pracovními nástroji umožňujícími provedení zonálního kypření se souběžným hnojením (obr. 228).

Systémy intenzivního kypření se souběžným zonálním hnojením mají přispět k hlubšímu prokypření půdy, jehož cílem je podpořit **rozvoj kořenového systému** rostlin do spodních vrstev ornice a podorničí. Hlubší prokořenění rostlin řepky je základním předpokladem pro tvorbu dobrého výnosu především v suchších ročnících. Při intenzivnějším zpracování půdy při kypření dochází i k modifikaci povrchu pozemku, kdy dochází k **efektu tvorby hrůbků**, kdy rostliny se po výsevu nacházejí mezi hrůbků (obr. 229). Systémy intenzivnějšího kypření se zonálním hnojením jsou často koncipovány i pro setí do nezpracované i zpracované půdy (obr. 230).



Obr. 231: Stroje jsou vybaveny kypřicími radlicemi, které umožní hlubší prokypření půdy v místě výsevu plodiny (vlevo) a lze je využít i pro založení porostů ozimé řepky do strniště obilní předplodiny (vpravo), foto Brant.

15.2. Porosty zakládáné do řádků s velkou roztečí

Pro provedení souběžného zonálního kypření, případně se zonálním hnojením, s výsevem nejčastěji ozimé řepky jsou využívány i konstrukční řešení umožňující založení porostů do řádků s velkou roztečí řádků. Stoje jsou vhodné pro založení porostů **po provedení celoplošného zpracování půdy, ale i pro přímé použití do strniště**. Základem práce strojů jsou kypřicí radlice omezující vynášení půdy ze spodních vrstev k povrchu, za které lze provést zonální hnojení pevnými nebo kapalnými hnojivy. Součástí kypřiče je rovněž secí stroj pro výsev do středu prokypřených pásů (obr. 231). **Rozteč kypřících radlic většinou činí 0,6 m** a technická řešení nedisponují výsevním ústrojím pro přesné setí.



Obr. 230: Pro systémy intenzivnějšího zpracování půdy se zonálním hnojením jsou na trhu dostupná rozdílná technická řešení (foto Brant).



16. Aplikace pevných a kapalných látek při zpracování půdy před založením porostů a při setí

Moderní agrotechnické postupy se vyznačují provedením aplikací **rozdílných kapalných a pevných látek při operacích základního zpracování půdy a při předsetové přípravě půdy**. Součástí pracovních souprav jsou rozdílná technická řešení zásobníků těchto látek s aplikátory, které jsou umístovány čelně na tažné prostředky, na rámy strojů pro zpracování půdy, nebo se jedná o jejich umístění na samostatné podvozky agregované do pracovní soupravy. Z hlediska aplikovaných látek v podobě pevného skupenství se jedná o **granulovaná minerální a organická hnojiva, o mikrogranuláty** (hnojiva, pomocné látky apod.), ale také lze do této skupiny zařadit **osiva plodin pěstovaných jako meziplodiny či pomocné plodiny**. Kapalně látky zahrnují konvenční pesticidy a biopesticidy, hnojiva, jichy s obsahem bakterií a hub, humáty a další pomocné látky. Mezi primární cíle aplikací těchto látek při zpracování půdy patří:

- omezení počtu pracovních operací na základě jejich slučování,
- snížení spotřeby aplikovaných látek na jednotku plochy při jejich cíleném ukládání do zóny horizontálně a vertikálně orientované v půdě,
- eliminace rozvoje plevelů na základě cílené aplikace látek podporujících růst rostlin či zlepšujících jejich zdravotní stav pouze do zóny budoucího nebo aktuálního růstu kulturní plodiny,
- zvýšení účinku aplikovaných látek na základě zapravení do půdy, včetně omezení mortality bioagens,
- zajištění souběžné aplikace více látek, včetně rozdílného skupenství, při jedné aplikaci,
- podpora ekonomických a ekologických strategií zemědělského subjektu.

Technická řešení pro aplikaci kapalných a pevných látek při pracovních operacích zpracování půdy před setím a při setí lze rozdělit na komerčně nabízené systémy a na systémy individuálně vytvářené pro konkrétní postupy a stroje.

16.1. Aplikace látek při základním zpracování půdy

Aplikace pevných a kapalných látek při základním zpracování půdy je dominantně prováděna při celoplošném hlubším a mělkém zpracování

půdy a při pásovém zpracování půdy. Většina systémů aplikace látek za pracovní nástroje při celoplošném kypření **není systémově propojena s cíleným výsevem plodin na zónu s aplikovanou látkou**. Necílená aplikace látek ve vztahu k řádkům plodiny je vnímána jako vnos dané látky do půdy, která bude dostupná pro rostliny na základě rozvoje jejich kořenového systému. V praxi jsou často pro aplikaci minerálních hnojiv využívány kypřiče s poloparabolickými radlicemi (obr. 232), kdy zásobník hnojiva je čelně umístěn na tažném prostředku.



Obr. 232: Transportní cesty pro minerální hnojivo umístěné na kypřičí radlici (foto Brant).

V rámci aplikací zonálního hnojení je nutné věnovat pozornost rozložení hnojiva v půdním profilu. Při průchodu kypřičích radlic či dlát spodnějšími vrstvami ornice (přibližně od hloubky 120–150 mm) nedochází již k vynášení a mísení půdy a pracovní nástroj vytváří v půdě rýhy, jejichž stěny omezují rozptýlení hnojiva do stran. V rámci hodnocení rozložení hnojiva (hnojivo simuluje plastový granulát definovaných vlastností, který lze od půdy separovat metodou proplavení na sítech) ve směru bočního pohledu na trajektorii pracovního nástroje

Odběr půdních bloků pro stanovení množství plastového granulátu v trajektorii jízdy kypřicí radlice s umístěním aplikátoru hnojiva za radlici.



Schéma znázorňuje hmotnost (g) plastového granulátu v jednotlivých zónách půdního profilu z bočního pohledu na trajektorii jízdy kypřicí radlice za kterou byla prováděna aplikace hnojiva (výška 0,2 m x délka 0,5 m a šířka 0,15 m)

vrstva půdy	délka trajektorie 0,5 m		
	166,6 mm	166,6 mm	166,6 mm
0 - 50 mm	0	0	0
50 - 100 mm	0,14	0,19	0,02
100 - 150 mm	0,81	0,21	0,18
150 - 200 mm	0	0	0

Brant a Kroulík, 2016

Obr. 233: Ověřování rozložení hnojiva za kypřicí pracovní nástroj uzpůsobený pro zonální aplikaci granulovaných látek do půdy při jejím zpracování.

(obr. 233) se plastový granulát nacházel převážně ve vrstvě půdy, kde bylo zakončení jeho aplikátoru. Pod touto vrstvou nebyl granulát přítomen. Menší část granulátu se nacházela do 0,1 m nad hloubkou aplikace.

Při celoplošném kypření půdy lze samozřejmě aplikovat i kapalně látky, nebo provádět kombinovanou aplikaci kapalných a pevných látek. Na obrázku 234 je pracovní souprava pro aplikaci kapalných látek (půdní bakterie) za pracovní kypřicí nástroje do půdního profilu se současnou pásovou aplikací minerálního hnojiva na povrch půdy na podzim. Na jaře byl následně nad prokypřenou zónu s aplikací bakterií a s pásovou aplikací minerálního hnojiva proveden výsev kukuřice seté. Pro setí byl použit secí stroj pro přesné setí s variabilní roztečí výsevních sekcí.

Aplikaci kapalných a pevných látek lze provést i při orbě. Na obrázku 235 je zachycena pracovní souprava tažného prostředku a pluhu se souběžnou aplikací půdních bakterií systémem trysek umístěných před zásobníkem kapalných látek a souběžný výsev meziplodiny z univerzálního rozmetadla neseného na půdním pěchu pluhu (foto Brant).



Obr. 235: Pracovní souprava tažného prostředku a pluhu se souběžnou aplikací půdních bakterií systémem trysek umístěných před zásobníkem kapalných látek a souběžný výsev meziplodiny z univerzálního rozmetadla neseného na půdním pěchu pluhu (foto Brant).

Významnou roli hraje aplikace pevných a kapalných látek při **pásovém zpracování půdy** (strip till) a modifikované systémy zonálního hnojení k řádku plodiny, či cíleně k individuální rostlině, které při-



Obr. 234: Aplikace kapalných látek (půdní bakterie) z čelně neseného zásobníku aplikační jichy za pracovní kypřicí nástroje a pásová aplikace fosforečných hnojiv do pásu nad trajektorii radlice (šíře pásu 0,3 m) ze zásobníku umístěného na rámu kypřiče (foto Brant).

márně vycházejí ze systémového principu **přesného propojení místa uložení hnojiva a kypření s následným výsevem hlavní plodiny**. Obrázek 236 znázorňuje aplikaci minerálních hnojiv do půdy za kypřicí nástroje pracovních sekcí kypřiče pro pásové zpracování půdy. Čelní zavěšení zásobníku na hnojivo zvyšuje i zatížení přední nápravy, a tím podporu přenosu tahové síly tažného prostředku na plochu.

Z hlediska dávkování dané látky na jednotku plochy je nutné kalkulovat s omezením vneseného množství. Z hlediska zonálních aplikací, zejména při návaznosti aplikace látek, ve vztahu k řádku plodiny je nutné stanovit snížení dávky dané látky. Lze předpokládat, že aplikace dané látky je prováděna zonálně a při vyšších koncentracích u hnojiv může docházet k negativnímu účinku **chemotropismu a hydrotropismu** (efekt infiltrační vody po srážce do kypřené zóny). Zde je nutné dávku dané látky (hnojiva) snížit ve vztahu k rozteči zóny na ploše vůči celoplošné aplikaci. U bakterií a pomocných látek je efekt zonální aplikace nutné vnímat primárně z ekonomického hlediska, které zajistí snížení nákladů dané látky při plošné aplikaci, a tím stabilní a dlouhodobé využití látek na jednotku plochy během rotace osevního postupu.



Obr. 236: Aplikace minerálních hnojiv do půdy za kypřicí nástroje pracovních sekcí kypřiče pro pásové zpracování půdy (foto Brant).

16.2. Aplikace kapalných a pevných látek při předseťové přípravě

V rámci předseťové přípravy hrají dominantní roli pásové aplikace kapalných a pevných látek při předseťové přípravě půdy (obr. 237). V rámci pásové předseťové přípravy půdy se jedná o nejen o **aplikaci kapalných a pevných látek do budoucí zóny řádku hlavní plodiny**,



Obr. 237: Souprava pro pásovou předseťovou přípravu umožňující aplikaci minerálních hnojiv do pásu ze zásobníku na pevné látky umístěného na rámu kypřiče (vlevo) a souprava pro souběžnou aplikaci kapalných (čelní zásobník) a pevných látek (zásobník na rámu kypřiče) při pásové předseťové přípravě půdy (vpravo), foto Brant.

ale také o výsev pomocných plodin do meziřádku u technologií setí plodin do řádků s větší roztečí. Aplikaci kapalných látek při pásové předseťové přípravě, kdy se jedná především o aplikaci bioagens (bakterie a houby), je nutné provádět do půdy za pracovní nástroje (kypřicí radlice nebo talíře). Důvodem aplikace do půdy je nejen zlepšení podmínek pro kolonizaci půdy vnesenými organismy, ale i zamezení jejich vystavení slunečnímu záření. Při souběžné aplikaci kapalných a pevných látek je rovněž potřebné věnovat pozornost omezení případného kontaktu tzv. nemísitelných látek v místě aplikace. Proto je vhodné látky aplikovat **do rozdílných zón v rámci kypřené pásu**.

V rámci zemědělské praxe se lze setkat se systémy aplikace kapalných a pevných látek při plošné předseťové přípravě. Výraznější zastoupení má **aplikace bakterií a hub v kapalně jísle za pracovní nástroje**, které vede k jejich uložení do půdy. Vhodné je aplikaci provádět za poslední řadu pracovních nástrojů, aby již po aplikaci nedocházelo k dalšímu kypření a mísení půdy. Systém rozvodů kapaliny je bez problémů umístitelný za většinu radlic, u talířového nářadí je vhodné aplikaci provést umístěním samostatné aplikační lišty za kypřicí nástroje. Pro aplikaci kapalných látek jsou v podmínkách Evropy nejčastěji využívány **komerčně vyráběné zásobníky kapalných látek** umístované do předních ramen hydrauliky traktoru (obr. 238), nebo na rámy kypřičů. Často se lze setkat i s **individuálními technickými řešeními** vzniklými v rámci úprav zemědělskými subjekty (obr. 239).



Obr. 238: Komerčně vyráběné čelně nesené zásobníky kapalných látek lze využít pro aplikaci kapalných látek při plošné předseťové přípravě půdy (foto Brant).



Obr. 239: Často se lze setkat i s individuálními technickými řešeními vzniklými v rámci úprav strojů zemědělskými subjekty, Ukrajina (foto Chára).

16.3. Aplikace kapalných a pevných látek při setí

Aplikace kapalných a pevných látek při setí představuje velmi širokou škálu technických řešení. V rámci aplikace se u pevných látek jedná o **aplikaci granulovaných látek** (minerální a granulovaná organická hnojiva, moluskocidy apod.), **mikrogranulátů** (hnojiva, pomocné látky, bioagens apod.) a **osiva pomocných plodin**. U kapalných látek se jedná o konvenční pesticidy, jichy obsahující bakterie a houby, kapalná hnojiva, pomocné látky a směsi výše uvedených látek při dodržení zásad kombinovatelnosti.

V rámci uložení daných látek se nejčastěji jedná o jejich aplikaci **na povrch půdy** (zonálně a plošně), **do půdy na principu promísení** s půdou a do **definované zóny** v půdě.

16.3.1. Aplikace při výsevu plodin s malou roztečí řádků

Nejčastěji jsou při výsevu tzv. úzkořádkových plodin u **secích strojů s kotoučovými výsevními botkami** aplikovány granulované látky (minerální a organická hnojiva) k talířům umístěným před výsevními sekcemi na secím stroji (obr. 240). Secí stroje musí být vybaveny zásobníkem na osivo hlavní plodiny a **zásobníkem na granulovaná**

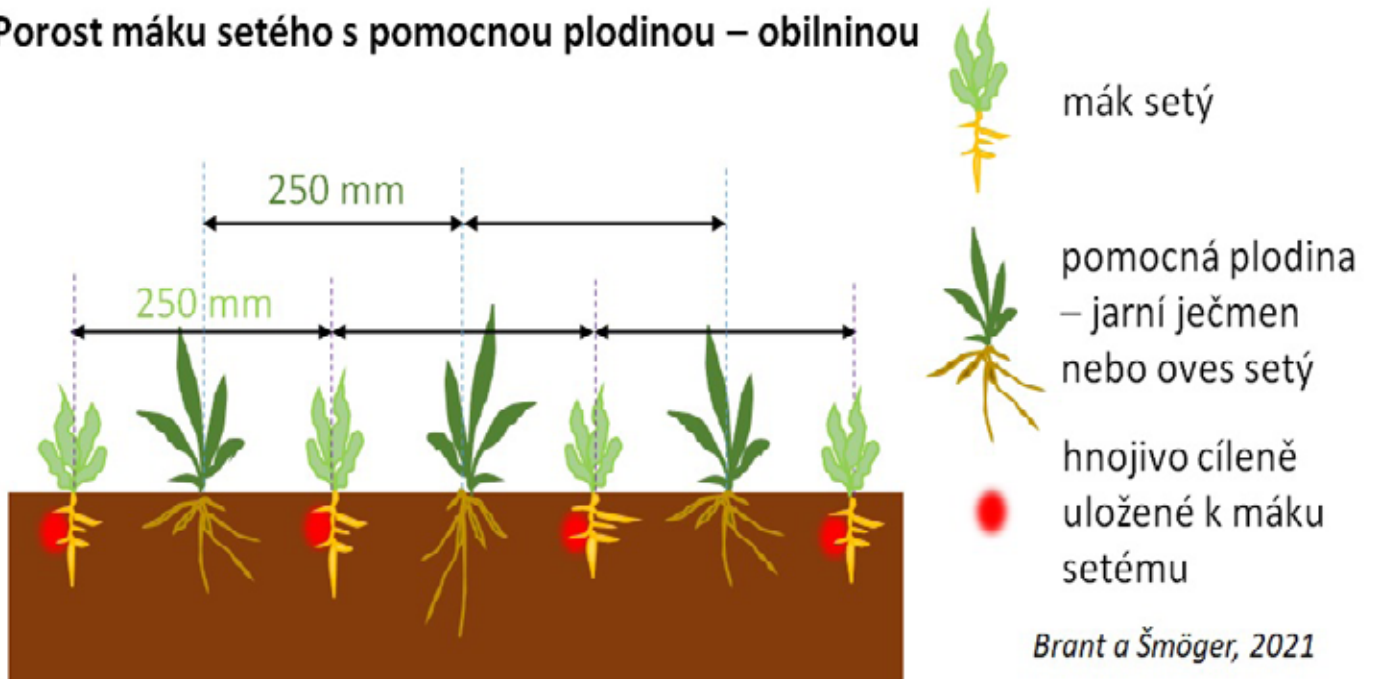
hnojiva, či látky jiného charakteru v podobě granulí. V rámci výsevu lze provést i výsev více hlavních plodin, či hlavní plodiny a plodiny pomocné, do samostatných řádků s cíleným uložením hnojiva k hlavní plodině (obr. 241). Uložení hnojiva tzv. **pod patu** je **cíleně do strany** vedle výsevní rýhy pro osivo (většinou kolem 50–70 mm) a **do spodnější vrstvy půdy**, než je hloubka setí (o 40 až 60 mm). Důvodem je omezení negativního fyziologického působení hnojiva na rostliny a podpora rozvoje kořenů klíčenců do spodních vrstev ornice. Konvenční secí stroje lze modifikovat pro cílený výsev dvou a více plodin se souběžným provedením pásové aplikace hnojiva a herbicidu pouze na řádek, či dvouřádek, hlavní plodiny (obr. 242).

Při využití secích strojů s výsevem za **kypřicí radličku** jsou pevné granulované či kapalně látky aplikovány většinou **do pásu či řádku společně s osivem**, nebo **pod osivo** (obr. 243). Pro výsev plodin do řádků s malou roztečí lze využít i výsevní botky zakončené dlátkem, kde lze velmi efektivně uplatnit aplikaci kapalných látek přímo na osivo před uzavřením výsevní rýhy (obr. 243). Aplikovat lze nejen jichu obsahující kapalná hnojiva a pomocné látky (obr. 244), ale zároveň i půdní bakterie zpřístupňující fosfor pro rostliny či podílející se na fixaci vzdušného dusíku do půdy. Principem je aplikace kapalně látky, která je na základě aplikační trysky umístěné na konci transportního hadicového rozvodu na osivo, než **dojde k uzavření výsevní rýhy** proudem zeminy obtékající výsevní nástroj zakončený dlátkem. Zásadní význam má aplikace rozdílných látek na principu látek pomocných, které zajišťují ochranu rostlin vůči biotickým škodlivým činitelům při omezeném použití konvenčních mořidel, ale také zvyšují vitalitu rostlin za začátku vegetace.

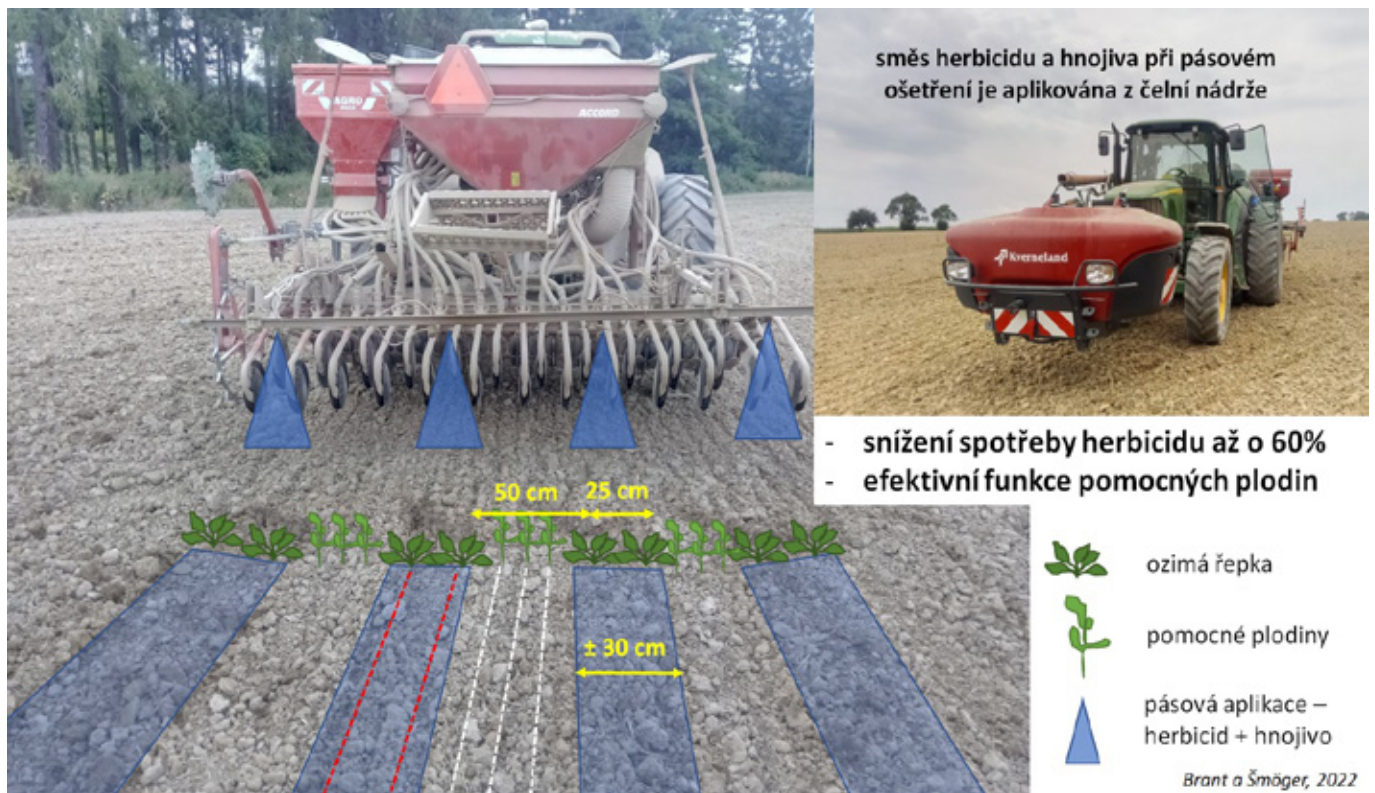


Obr. 240: Pomocí kypřících talířů lze aplikovat granulované látky (včetně minerálních a organických hnojiv) do požadované vzdálenosti a hloubky od seťového lože hlavní plodiny (foto a zpracování Brant).

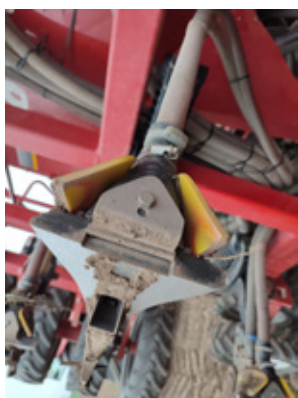
Porost máku setého s pomocnou plodinou – obilninou



Obr. 241: Schéma rozmístění uložení hlavní a pomocné plodiny a zóny hnojiva v technologii setí máku setého s pomocnou plodinou.



Obr. 242: Modifikace pracovní soupravy pro setí pro výsev hlavní a pomocné plodiny se souběžnou pásovou aplikací půdního herbicidu a hnojiva na řádek, či dvouřádek, hlavní plodiny.



Obr. 243: Při výsevu za výsevní radličku lze ukládat pevná granulovaná hnojiva pod vysévané osivo plodiny (foto Brant).

16.3.2. Aplikace při výsevu plodin s velkou roztečí řádků

Široké možnosti aplikace kapalných a pevných látek se nabízí při výsevu plodin s velkou roztečí řádků. Za standardní operaci lze považovat **přihnojení k řádku vysévané plodiny pomocí přihnojovacích kotoučů** (obr. 245) ukládajících hnojivo do definované zóny k řádku vysévané plodiny. Zásobníky na hnojivo či jiné granulované látky jsou umístěny na rámu secího stroje nebo čelně na tažném prostředku.

Secí stroje pro přesný výsev plodin s velkou roztečí řádků lze modifikovat pro aplikaci rozdílných látek z hlediska skupenství a velikosti granulace. Na obrázku 246 je pracovní souprava pro přesný výsev ozimé řepky se souběžnou **pásovou aplikací hnojiva a půdního herbicidu** na pás kypřené půdy po provedení strip till, s aplikací **mikrogranulátu**



Obr. 244: Aplikace kapalných látek na osivo při seti za výsevní dlátovitou radličku (foto Brant).



Obr. 245: Systémy přihnojení při seti tzv. širokořádkových plodin pomocí strojů pro přesné seti (foto a zpracování Brant).



Obr. 246: Modifikovaná pracovní souprava pro přesný výsev ozimé řepky se souběžnou pásovou aplikací hnojiva a půdního herbicidu na pás kypřené půdy po provedení strip till, s aplikací mikrogranulátu obsahujícího fytoosanitárně působící houby do řádku vysévané plodiny, se souběžným výsevem pomocné plodiny pomocí přihnojovacích disků ze zásobníku umístěného na stroji a s plošnou aplikací moluskocidu z univerzálního rozmetadla (foto a zpracování Brant).



Obr. 247: Při pásové aplikaci látek na řádek vyseté plodiny lze samozřejmě využít omezovače úletu aplikované jíchy (foto Brant).

obsahujícího fytoosanitárně působící houby do řádku vysévané plodiny, se souběžným **výsevem pomocné plodiny** pomocí přihnojovacích disků ze zásobníku umístěného na stroji a s plošnou aplikací moluskocidu z univerzálního rozmetadla. Při pásové aplikaci látek na řádek vyseté plodiny lze samozřejmě využít omezovače úletu aplikované jíchy (obr. 247).

Za nový trend lze rovněž považovat provedení **inokulace při seti**, kdy jícha se symbiotickými bakteriemi je aplikována do blízkosti výsevní rýhy osiva druhů z čeledi bobovitých. Aplikace inokulantu do blízkosti hnojiva vychází z principu aplikace inokulantu v kapalně formě, která zajistí rozptýlení jíchy v půdě u osiva a **směr růstu kořenů** luskovin k dané zóně. Lze podpořit obohacením jíchy o atraktivní kapalná hnojiva, humáty apod. (obr. 248).



Obr. 248: Při aplikaci jíchy se symbiotickými bakteriemi k výsevní rýze zajistí kapalná forma rozptýlení jíchy v půdě u osiva a směr růstu kořenů soji k dané zóně. Lze podpořit obohacením jíchy o atraktivní kapalná hnojiva, humáty apod. (foto Brant).

Do systému podpory výskytu symbiotických bakterií v půdě lze zahrnout i systémy jejich aplikace na úrovni tzv. udržovací či startovací aplikace, jejichž princip vychází z aplikace symbiotických bakterií při zpracování půdy před výsevem bobovitých.

Mezi ověřené technické postupy patří především aplikace kapalně jíchy obsahující **symbiotické bakterie do blízkosti výsevní rýhy** (50 až 60 mm bočně a do hloubky půdy 60 až 80 mm) při výsevu luskovin pomocí secích strojů pro přesné seti do širších řádků či dvouřádků.



Obr. 249: Secí souprava přesného secího stroje a čelně nesené nádrže na kapalnou jíchu při výsevu porostů sóji s aplikací symbiotických bakterií k řádku osiva (foto Brant).

Secí souprava musí být vybavena nádrží pro aplikaci kapalných látek se systémem dávkování a rozvody aplikační jíchy (obr. 249). U secích strojů pro přesné setí lze za vhodné technické řešení považovat **vyvedení aplikačních hadiček k přihnojovacím diskům secího stroje**, kterými je vybaven (obr. 250, vlevo). Aplikovaná kapalina vytváří následně v půdě aplikační depo, které vzniká rozptylem kapaliny v půdě (obr. 250, vpravo).



Obr. 250: Vyvedení aplikačních hadiček k přihnojovacím diskům secího stroje (vlevo) a následný rozptyl kapaliny v místě aplikace (vpravo), foto Brant.

Aplikaci symbiotických bakterií při výsevu luskovin (především sóji luštěnaté) nebo dalších bioagens lze provést i při výsevu do nezpracované půdy (obr. 251). **Jícha je aplikována postřikem na výsevní rýhu před jejím uzavřením zamačkávacími kotouči.**



Obr. 251: Aplikaci bioagens lze provést i při výsevu do nezpracované půdy, kdy je jícha aplikována postřikem na výsevní rýhu před jejím uzavřením zamačkávacími kotouči, Brazílie (foto Brant).

17. Práce s rostlinnými zbytky předplodiny a systémy mechanické regulace vegetačních pokryvů

Technologické postupy zpracování půdy jsou obecně spojeny se systémy **úpravy strniště a rostlinných zbytků po sklizni předplodiny**, které následně zajišťují jejich kvalitní zapravení do půdního profilu, či cílené ponechání na povrchu půdy. V systémech využití živého či mrtvého mulče meziplodin či pomocných plodin má umrtvení vegetačního krytu či jeho cílená úprava (povolení, nařezání, zmulčování apod.) zásadní význam pro následné pracovní operace zpracování půdy či pro setí.

Tyto systémy jsou součástí technologických postupů zpracování půdy a zakládání porostů kulturních rostlin. Pracovní operace zajišťující práci s rostlinnými zbytky a s vegetačními pokryvy lze provádět jako **samostatnou pracovní operaci**, nebo jsou **agregovány do pracovních souprav pro zpracování půdy, setí a výsadbu kulturních rostlin**.

Cíle agrotechnických zásahů lze ve vztahu k dosažení daných požadavků a zdroji rostlinných zbytků (zbytky předplodiny a cíleně založené vegetační pokryvy) definovat následovně:

- **omezení výšky strniště předplodiny a rozmělnění rostlinných zbytků** nacházejících se volně na povrchu půdy,
- **rovnoměrné rozvrstvení rostlinných zbytků** na povrchu půdy, uložení semen plevelů a výdrolu předplodiny na povrch půdy na základě jejich vyseparování z rostlinných zbytků,
- případně lze hovořit o spojení úpravy rozložení rostlinných zbytků na povrchu půdy s možností **mělkého zapravení semen výdrolu a plevelů** do povrchové vrstvy půdy,
- optimalizace parametrů rostlinných zbytků za účelem zapravení do půdy, či pro ponechání na povrchu půdy,
- **ukončení růstu cíleně založených vegetačních pokryvů** na základě zalomení lodyh či stébel, oddělení nadzemní části rostliny od kořenového systému (sečení, mulčování) omezující zásadním způsobem regeneraci,
- **zpomalení vývoje cíleně založených vegetačních pokryvů** na základě nadsazení výšky seče či mulče před vstupem porostů do fáze zrání, které zajistí následnou regeneraci porostů,
- optimalizace požadavků na práci s živým pokryvem, s pokryvem **umrtveným mrazem** či **chemicky ve vztahu k následným pracovním operacím** a ve vztahu pro výsev jarních, či ozimých plodin.

17.1. Strniště předplodiny

Parametry strniště předplodiny jsou primárně ovlivněny samotným rostlinným druhem, strukturou porostů, produkcí nadzemní a podzemní biomasy, včetně hodnoty sklizňového indexu, technickými možnostmi sklízecích strojů apod. Mezi základní parametry strniště či stavu pozemku po sklizni hlavní plodiny patří:

- **výška strniště**, která je charakterizována délkou rostlinných zbytků spojených s kořenovým systémem ukotveným v půdě až po výšku seče (ta závisí na plodině, následném systému zpracování půdy, na výšce porostu apod.),
- **množství rostlinné biomasy** ponechané na pozemku, která je určena množstvím biomasy spojené s kořenovými systémy a rostlinnými zbytky uloženými při sklizni volně na povrch půdy (při odvozu slámy hlavní plodiny je produkce biomasy určena jen zbytky stébel či lodyh spojených s kořenovým systémem),
- **technologické parametry rostlinných zbytků** vycházející z míry lignifikace, z průměru stébel či lodyh, z intenzity drcení při sklizni (délka řezanky), vlhkostí biomasy apod.,
- množstvím rostlinných zbytků nacházejících se na povrchu půdy po sklizni okopanin a jejich kvalitativními a kvantitativními parametry.

Strniště po sklizni obilnin se vyznačuje přítomností **zbytků stébel posečených rostlin** a při ponechání slámy na pozemku vrstvou slamatého mulče. Výška strniště se pohybuje nejčastěji v rozmezí 80 – 150 mm. Produkce slámy se při sklizni obilnin pohybuje v rozmezí **4 – 9 t na ha** a její stanovení vychází z poměru produkce mezi hlavním a vedlejším produktem. Poměr zrna a slámy se u obilnin pohybuje v rozmezí 1:0,9-1,1. Při uplatnění systémů mělkého zpracování půdy je potřeba tvorba nižšího strniště a kvalitní rozložení řezanky slámy na pozemku. V systémech mělkého zpracování půdy, při uplatnění strip till a no-till je vhodné ponechání **delší řezanky slámy** (přibližně 80 mm a delší). Delší rostlinné zbytky zůstávají i po provedení mělkého kypření půdy na jejím povrchu a nejsou zapravovány do půdy. Delší řezanka je rovněž lépe odstraňována z řádku vysévané plodiny odstraňovací rostlinných zbytků. Při setí do nezpracované půdy lze ponechat výšku strniště kolem 0,2 m, což je spojeno s poklesem vrstvy mul-

če drcené slámy a výška strniště neomezuje aplikaci herbicidů. Má-li dojít k zapravení slámy do půdy, je vhodné volit **krátkou řezanku při jejím drcení**, přibližně pod 60 mm. Stav strniště po sklizni je ovlivněn vývojem porostů. Po sklizni zaplevelených porostů dochází k rychlé regeneraci plevelů, které odčerpávají vodu z půdy a na rostlinách může docházet k dozrávání semen (obr. 252). Při potřebě omezení tlaku výdrolu na založené porosty meziplodin je možné se zpracováním počkat na vzejití výdrolu obilniny (obr. 252), nebo jeho regulaci provést neselektivním herbicidem. Stav strniště obilnin je ovlivněn roztečí řádků (obr. 253). V systémech setí obilnin do řádků s větší roztečí (0,25 m a více) je vhodné výsev následné plodiny provést mezi řádky předchozí obilniny.

Po sklizni olejin zůstává ve srovnání s obilninou **vyšší strniště** (obr. 254). Výšku strniště lze podle potřeby upravit ve vztahu k následnému systému zpracování půdy. Po sklizni ozimé řepky je vhodné počkat na

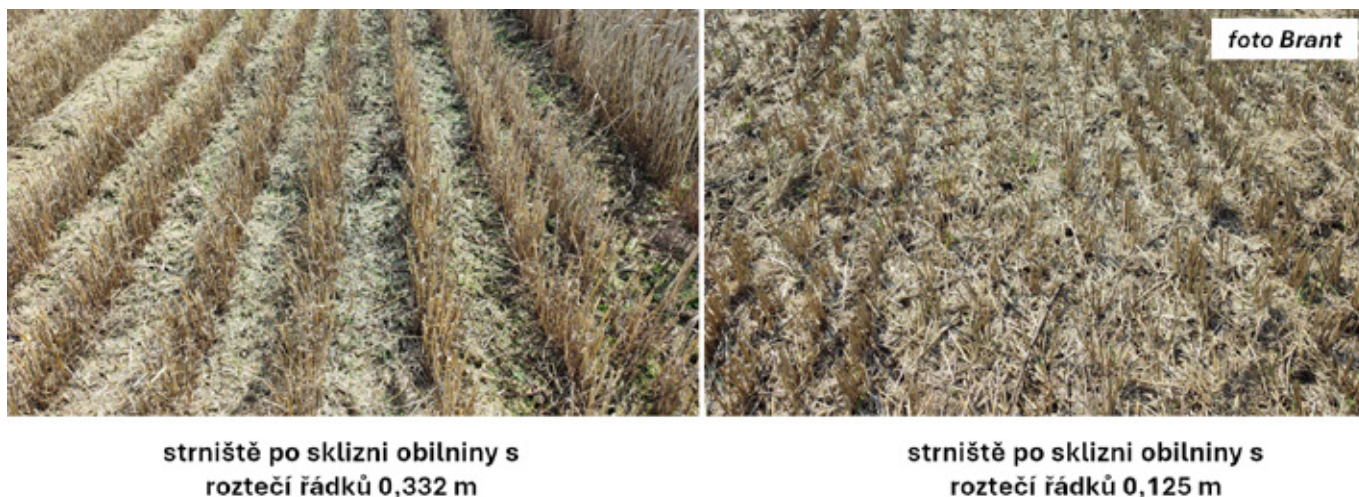
vzejití výdrolu (obr. 255) a tyto rostliny následně mechanicky nebo chemicky regulovat. Vzejití výdrolu je závislé na dostatečné vlhkosti půdy, na srážkách a na působení rosy. Zapravení semen ozimé řepky okamžitě do půdy může být spojeno s **procesem indukce sekundární dormance** a následným výskytem plevelné řepky v porostech následných plodin.

Sklizeň luskovin je ve vztahu k **nízkému nasazení spodních lusků spojená s nízkou výškou strniště** (obr. 256). Množství rostlinných zbytků po sklizni luskovin je ve srovnání s obilninami nižší a rostlinné zbytky se v důsledku nízkého poměru mezi uhlíkem a dusíkem velmi rychle rozkládají.

Největší množství rostlinných zbytků zůstává na pozemku **po sklizni slunečnice roční a kukuřice na zrno** (obr. 257). Sklizeň slunečnice roční je spojena rovněž s ponecháním vysokého strniště, kdy z důvodu zvýšení výkonnosti sklízecí mlátičky a lepšího čištění dochází



Obr. 252: Stav strniště je ovlivněn zaplevelením porostů a při potřebě omezení tlaku výdrolu na založené porosty meziplodin je možné se zpracováním počkat na vzejití výdrolu obilniny (foto a zpracování Brant).



Obr. 253: Parametry strniště ovlivňuje i rozteč řádků obilniny (foto a zpracování Brant).



strniště po sklizni hořčice bílé s roztečí řádků plodiny 0,125 m



strniště po sklizni ozimé řepky s roztečí řádků plodiny 0,125 m

Obr. 254: Po sklizni olejnin zůstává ve srovnání s obilninou vyšší strniště (foto a zpracování Brant).

k oddělení úborů s nažkami od stonku pod květenstvím. U zrnové kukuřice dochází k **ponechání všech částí rostliny kromě obilek na strništi**. Výška strniště je závislá na systému drcení stébel žací lištou, či na přítomnosti dalších zařízení snižujících výšku stébel spojených s kořeny. Z hlediska následného zpracování půdy je nutné provést mechanické zpracování strniště. Po sklizni kukuřice seté a širokoobecného na siláž zůstávají na pozemku pouze zbytky stébel (obr. 258).

Parametry strniště jsou ovlivněny i roztečí řádků rostlin. Při sklizni kukuřice seté na zrno či na siláž je možné sklizňové adaptéry na sklízecích mlátičkách či sklízecích rezačkách vybavit rozdílnými systémy snižujícími výšku strniště (obr. 259).



Obr. 255: Po sklizni ozimé řepky je vhodné počkat na vzejití výdrolu a tyto rostliny následně mechanicky nebo chemicky regulovat (foto Brant).



strniště po sklizni hrachu setého s roztečí řádků plodiny 0,325 m



strniště po sklizni sóji luštěnaté s roztečí řádků plodiny 0,125 m

Obr. 256: Sklizeň luskovin je ve vztahu k nízkému nasazení spodních lusků spojena s nízkou výškou strniště (foto a zpracování Brant).



strniště po sklizni slunečnice roční s roztečí řádků plodiny 0,75 m



foto Brant

strniště po sklizni kukuřice seté na zrno s roztečí řádků plodiny 0,75 m

Obr. 257: Největší množství rostlinných zbytků zůstává na pozemku po sklizni slunečnice roční a kukuřice na zrno (foto a zpracování Brant).



strniště po sklizni čiroku obecného na siláž s roztečí řádků plodiny 0,75 m



foto Brant

strniště po sklizni kukuřice seté na siláž s roztečí řádků plodiny 0,75 m

Obr. 258: Po sklizni kukuřice seté a čiroku obecného na siláž zůstávají na pozemku pouze zbytky stébel (foto a zpracování Brant).



Obr. 259: Při sklizni kukuřice seté na zrno či na siláž je možné sklizňové adaptéry na sklízecích mlátičkách či sklízecích řezačkách vybavit rozdílnými systémy snižujícími výšku strniště (foto Kroulík).

17.2. Mechanické systémy úpravy parametrů rostlinných zbytků po sklizni předplodiny

Pro úpravu stavu rostlinných zbytků na strništi po sklizni hlavní plodiny, které je spojeno s jejich rozdrčením, zkrácením lodyh či stébel nebo s jejich rovnoměrným rozložením na povrchu půdy, lze použít rozdílná technická řešení. Jedná se o stroje s aktivně poháněnými pracovními nástroji a o stroje s pasivně pracujícími nástroji.



Obr. 260: Mulčovače s vertikální osou rotace (foto Brant).

17.2.1. Stroje s aktivně poháněnými pracovními nástroji

Do této kategorie strojů patří primárně mulčovače, které pracují na principu **horizontálně či vertikálně rotujících nožů**. Široké uplatnění v zemědělské praxi mají mulčovače s vertikální osou rotace rotorů (obr. 260). Přestože jsou tyto mulčovače určeny pro obhospodařování travních porostů, jsou často využívány pro regulaci výšky strniště obilnin, brukvovitých plodin, ale i kukuřice seté. Stroje se vyznačují **velkým pracovním záběrem a plošnou výkonností**, včetně dobrého efektu kopírování povrchu půdy.

Druhou skupinu představují **mulčovače s horizontální osou rotace** (obr. 261). Ty jsou osazovány rozdílnými typy nožů, kdy pro úpravu strniště kukuřice seté jsou dominantně používány nože ve tvaru písmene Y. Při jejich práci dochází rovněž k **rozmělnění zbytků stébel či lodyh ve vertikálním směru**, což přispívá nejen k lepšímu následnému rozkladu organické hmoty, ale i k omezení výskytu chorob či škůdců přežívajících uvnitř.



Obr. 261: Mulčovače s horizontální osou rotace pracovních nástrojů (foto Brant).

17.2.2. Stroje s pasivně pracujícími nástroji

Nejširší využití pro mechanickou regulaci rostlinných zbytků na strništi mají **řezné válce**. Pro zpracování strniště jsou vhodné stroje o větším záběru, které lze zařadit do kategorie tažených strojů (obr. 262).



Obr. 262: Pro zpracování strniště jsou vhodné stroje o větším záběru, které lze zařadit do kategorie tažených strojů (foto Brant).



Obr. 263: Dostupná jsou i řešení kombinující řezné válce a další pracovní nástroje, jako jsou řezné disky či hvězdicové válce (foto Brant).

Přejezd tažného prostředku před řeznými válci nemá na kvalitu práce tak výrazný vliv, jako při použití řezných válců pro regulaci meziplodin. Setkat se lze i s **kombinací řezných válců a dalších pracovních nástrojů**, jako jsou řezné disky či hvězdicové válce (obr. 263). Řezné válce či jejich kombinace lze použít jako samostatné pracovní nářadí agregované s tažným prostředkem, nebo jsou součástí dalších strojů pro zpracování půdy (obr. 264) či setí. Kvalitu práce řezných válců ovlivňuje nejen jejich **hmotnost a postavení nožů vůči ose otáčení válce** (souběžně, šikmo či spirálovitě), ale také vlhkost půdy a rostlinných zbytků. Suchá půda vytváří nožům válce protibřit pro dobrý řez a suchý materiál je lépe rozříznut či zalomen.



Obr. 264: Řezné válce mohou být součástí dalších strojů, například pro zpracování půdy (foto Brant).

17.3. Mechanická regulace cíleně založených vegetačních pokryvů

Cíleně založené vegetační pokryvy představují primárně porosty **meziplodin** či **cíleně založených porostů pomocných plodin**. Mechanické zásahy jsou prováděny u živých vegetačních pokryvů, případně pro povalení či rozřezání mrazem či herbicidem umrtvených porostů. Cílem mechanických zásahů je primárně ukončení vegetace živých porostů na základě zalomení, rozřezání či zmulčování stonků či stébel. Mezi mechanické zásahy lze přiřadit i **nadsazenou seč**, jejíž cílem je prodloužení doby vegetace porostů a omezení rizika tvorby semen na vysetých rostlinách či plevelech. Při regulaci živých vegetačních pokryvů je vhodné použít čelně nesené stroje. **Čelní zavěšení omezuje negativní vliv povalení rostlin koly tažných prostředků**. V kolejových stopách je omezen nejen řezací efekt řezných válců, ale i mulčovačů.



Obr. 265: Povalení porostu brukvovitých meziplodin na podzim pomocí tažené soupravy hvězdicových válců pro následný výsev jařin (foto Brant).

Pro povalení porostů lze primárně využít řezné válce. Čelní zavěšení strojů eliminuje především negativní vliv kol tažného prostředku na funkci řezných válců a mulčovačů, které nemohou kvalitně koly povalený porost zpracovat. Při cíleném povalení živého porostu rozdílnými typy válců, včetně řezných, před setím je nutné povalení porostu provést ve směru budoucího setí sečího stroje, aby nedocházelo k riziku jeho zacpání rostlinnými zbytky. Při výsevu do čerstvě povaleného či zmulčovaného porostu je vhodnější soupravu pro setí agregovat s čelně neseným zařízením pro regulaci porostu a obě operace provést souběžně. Čelně nesené mulčovače a řezné válce se však vyznačují menším pracovním záběrem ve srovnání se stroji taženými.

Při regulaci živého porostu povalením za účelem ukončení vegetace na podzim pro výsev jarních plodin (obr. 265 a 266) lze zvolit i **tažené stroje s větším záběrem** (rozdílné typy válců a mulčovače). Negativní vliv kolejových stop tažných prostředků je eliminován rozkladem mrtvé biomasy přes zimu. Tažené stroje lze využít pro povalení či rozřezání již umrtvených stojících porostů.



Obr. 266: Podzimní ukončení vegetace porostů meziplodin pomocí čelně nesených řezných válců (foto Brant).

17.3.1. Stroje pro mechanickou regulaci porostů

Pro mechanickou regulaci lze použít klasické mulčovače s horizontální nebo s vertikální osou rotace. Pro systémy setí do čerstvě umrtveného porostu je vhodné využít **čelně nesené mulčovače** (obr. 267).



Obr. 267: Čelně nesený mulčovač s horizontální osou rotace pracovních nástrojů s pracovním záběrem 3 m používaný pro regulaci porostů meziplodin (foto Brant).

Využití mulčovačů pro regulaci vegetačních pokryvů půdy, či úpravy stavu strniště, s využitím rozdílných typů válců je však spojeno s vyšší energetickou náročností a s vyššími náklady na provoz strojů.

Za perspektivní technologii regulace porostů lze považovat systémy nadsazené seče, které zajišťují **omezení rizika tvorby semen na vysetých rostlinných**, ale i na plevelných druzích, včetně prodloužení vegetace. Konstrukčně se jedná o využití rozdílných prstových žacích lišt. Ty se samozřejmě vyznačují vyšším rizikem tzv. zacpání při sečení velmi hustých porostů, ale velmi dobře umožní výškovou regulaci porostů. Zásadní výhodou je **rovnoměrné uložení posečené biomasy na celé ploše záběru**. Ta přepadává přímo za žací lištu po posečení. Jejich dostupnost na trhu je však v současné době omezená. Prstové žací lišty musí být jednoznačně umístěny čelně na tažném prostředku (obr. 268).



Obr. 268: Prstové žací lišty musí být jednoznačně umístěny čelně na tažném prostředku (foto Kranich).

Pro mechanickou regulaci lze využít řezné válce s možností **změny šířky záběru**, které lze dobře přizpůsobit požadovaným podmínkám zemědělského subjektu. Tyto válce se většinou vyznačují jedním čelním válcem a dvěma válci bočními (obr. 269), které jsou posuvné na příčném nosníku. Konstrukce však limituje hmotnost válců. Použití lze i válce s konstantním záběrem, kde je však potřeba nalézt vhodnou šířku pro daný subjekt a jeho technologie. Tyto válce se vyznačují vyšší



Obr. 269: Pro technologii ozeleněných trajektorií je vhodnější použít řezné válce se možností změny záběru, které lze dobře přizpůsobit požadovaným podmínkám zemědělského subjektu (foto Brant).

hmotností a setkáme se i s konstrukcemi se dvěma válci za sebou (obr. 270). Při použití řezných válců je nutné počítat s čelním zavěšením nářadí. Důvodem požadavku není jen riziko povalení porostu před rozřezáním koly tažného prostředku, ale také skutečnost, že většina traktorů nedisponuje systémem **přítlaku na zadní třibodový závěs**, což omezuje možnost změny tlaku na válce. Řezné válce lze efektivně využít pro regulaci jednoděložných druhů, především obilnin před vstupem do mléčné zralosti (obr. 271), ale i druhů dvouděložných.



Obr. 270: Použití lze i válce s konstantním záběrem, kde je však potřeba nalézt vhodnou šířku stroje pro daný subjekt a jeho technologii ozelenění trajektorií (foto Brant).



Obr. 271: Umrtvený porost obilniny řeznými válci za účelem tvorby mulče před setím hlavní plodiny (foto Brant).



18. Výsev do živého či mrtvého mulče vegetačních pokryvů

Tyto systémy vycházejí z principů **výsevu polních plodin do mechanicky umrtveného porostu meziplodiny v krátké době po umrtvení či přímo při založení porostu**. Porost meziplodin je pomocí řezných válců povalen nebo mulčovačem rozdrčen v rámci samostatné operace těsně před výsevem nebo při výsevu (obr. 272). Výsev je proveden pomocí secích strojů, které umožňují výsev plodiny do nezpracované půdy, nebo konvenčními stroji pro výsev do částečně zpracované či zpracované půdy, označovány bývají jako „**bio no-till**“. Rozvoj těchto technologií je spojován s reakcí na případný zákaz neselektivních, či některých selektivních, herbicidů, kdy mulč je primárně využit pro regulaci plevelů. K omezení rozvoje plevelů nepřispívá jen vrstva mulče

pokrývajícího povrch půdy po výsevu (obr. 273), ale i samotný odplevelující efekt dynamicky rostoucího porostu před umrtvením. Rozvoj kořenových systémů během růstu cíleně založených porostů pro tvorbu mulče zajišťuje tzv. **biologické zpracování půdy**. Technologie je využívána jak u plodin s malou roztečí řádků, tak s velkou roztečí. Výsev do živého mulče je jedním z principů **regenerativního zemědělství**, který je uplatňován jak v konvenčním, tak v ekologickém zemědělství. Zásadním požadavkem na kvalitu založení porostů je odstranění mulče z povrchu řádku s vysetou rostlinou, který by omezoval vývoj klíčenců a zpomaloval ohřev půdy v místě seťového lože (obr. 274).



Obr. 272: Zakládání porostu ozimé pšenice se současným povalením porostu meziplodiny na podzim (vlevo) a stav povrchu pozemku po zasetí - vpravo (foto Šmöger).



Obr. 273: Porost sóji po vzejití vysetý do povalené nevymrzající meziplodiny (ozimá forma hrachu rolního) s výrazným množstvím rostlinných zbytků na povrchu půdy (foto Brant).

Obr. 274: Při výsevu do mulče musí secí stroj zajistit odstranění mulče z povrchu řádku s vysetou rostlinou, který by omezoval vývoj klíčenců a zpomaloval ohřev půdy v místě seťového lože (foto Brant).

19. Systémy kultivace porostů během vegetace

Možnosti zpracování půdy během vegetace se odvíjí od **pěstované plodiny**, její růstové fáze, použité pěstební technologie, stavu půdy, povětrnostních podmínek, intenzity zaplevelení a vývojové fáze plevelných rostlin. Kultivační zásahy prováděné během vegetace nepřispívají pouze k **ovlivnění vlastností půdy** a k **regulaci plevelných společenstev**, ale umožňují **souběžnou cílenou aplikaci kapalných a pevných látek** k hlavní pěstované rostlině či k ve vztahu k omezení rozvoje plevelných rostlin v meziřádku. Kultivace porostů během vegetace má za úkol:

- **upravit půdní vlastnosti** ve vztahu k požadavkům pěstované plodiny,
- **potlačit plevele** a minimálně poškodit kulturní plodinu,
- zajistit **cílenou aplikaci kapalných či pevných látek k řádku hlavní plodiny za účelem pozitivního ovlivnění jejího** vývoje bez podpory plevelů v meziřádku,
- **snížit spotřebu aplikovaného množství kapalných a pevných látek na jednotku plochy** na základě cílené zonální aplikace k hlavní plodině,
- omezit **spotřebu nákladů na práci a pohonné hmoty** při slučování pracovních operací jako je regulace plevelů, cílená zonální aplikace pevných a kapalných látek k hlavní plodině a meziřádkové aplikace herbicidů,
- snížit **negativní vliv emisí skleníkových plynů na základě provedení více operací jedním přejezdem a snížení spotřeby aplikovaných látek spojených při jejich výrobě a transportu** s produkcí skleníkových plynů.

Mechanická kultivace porostů během vegetace je uplatňována jak v systémech **ekologického zemědělství**, tak v **konvenčních postupech**. Zásadní roli ve vztahu k odplevelení porostů má kultivace během vegetace v ekologických postupech. Kromě omezení negativního vlivu plevelů na kulturní rostliny je nutné samotnou kultivaci půdy spojenou s podporou mineralizace organické hmoty a s omezením evaporace považovat za **intenzifikační faktor**. V konvenčním zemědělství dochází v souladu s potřebou snížení herbicidů k výraznému rozvoji kultivace za účelem omezení plevelů. Konvenční přístup však využití herbicidů neomezuje, ale dochází k optimalizaci jejich využití, která je spojena:

- s **nahrazením jednoho či více aplikací herbicidního přípravku** mechanickou kultivací, ale i jinou metodou regulace (fyzikální a biologické),
- s **plným vynecháním aplikace herbicidů** při dostatečném efektu mechanického zásahu, především při vysoké konkurenceschopnosti porostu kulturní rostliny,
- s **omezením aplikace herbicidu pouze na řádek rostliny, či meziřádek**, což je spojeno se snížením množství herbicidu na jednotku plochy půdy a se souběžným snížením plochy půdy přímo zasažené herbicidem.

V rámci kultivace půdy během vegetace se jedná i o zásahy, které dominantně ovlivňují **stav půdy, případně vývoj porostů**. Jednoznačně se jedná o přivalení porostů ozimů na jaře, kde se jedná o utužení půdy po zimě. Dalším příkladem je cílené válení porostů obilnin za účelem změny habitu, např. při pěstování mladého ječmene určeného pro produkci chlorofylu. I v současné době lze v porostech obilnin využít pro kultivaci klasické **hřbové brány**. Jejich způsob využití, vláčení „na tupo“ nebo „na ostro“, zajišťuje zejména ovlivnění hustoty porostu, tj. jejich zahuštění nebo naopak proředění. Při použití hřbových bran na ostro jsou hřeby nastaveny zahnutím hřebů ve směru pracovní jízdy. Intenzita ovlivnění porostu je rovněž závislá na směru pohybu bran ve vztahu ke směru řádků. Postavení hřebů na ostro je spojeno s vyšší schopností kypření a s intenzivnějším pronikáním do půdy díky ostrému úhlu postavení hřebů ve směru pracovní jízdy. Klasické hřbové brány lze rovněž využít pro částečné nakypření povrchu půdy v porostech obilnin před výsevem jarních podsevových meziplodin. Většinou se v tomto případě provede převlácení porostu „na ostro“, kolmo nebo šikmo na směr řádků obilniny. Hřbové brány dobře kypří horní vrstvu půdy a částečně drtí hroudy.

19.1. Pracovní operace dle termínu provedení a struktury porostu

Pracovní operace lze z hlediska vývoje porostu rozdělit na **zásahy preemergentní** (od zasetí do vzejití porostu) a **postemergentní** (po vzejití porostu). Druhý pohled je postaven na zásahu ve vztahu k rozmístění rostlin.

Celoplošné zásahy jsou prováděny bez cíleného respektování rozmístění rostlin a vycházejí z předpokladu, že daná operace má minimální negativní vliv na vývoj kulturní rostliny. Primárně se jedná o válení, použití prutových a hvězdicových bran a o rozdílné systémy prutových kol.

S rozvojem technologií precizního zemědělství a s nárůstem postupů zakládání tzv. **úzkorádkových plodin do řádků s velkou roztečí** narůstá význam **meziřádkové kultivace**. Cílem zásahu je tedy **prostor mezi řádky hlavní plodiny**, kde dochází k regulaci plevelů, ovlivnění fyzikálních vlastností půdy, případně o souběžnou plošnou či řádkovou aplikaci kapalných a pevných látek.

Opomenout nelze ani **řádkovou kultivaci**, která je typická pro plodiny založené s velkou meziřádkovou vzdáleností, jejíž úkolem je odstranění plevelů ze zóny řádku. Základem je jasná specifikace zóny řádku, která není definována jen prostorem mezi rostlinami v řádku, ale je do ní nutné zařadit i boční prostor kolem řádku.

Souběžná cílená meziřádková a řádková kultivace zajišťuje efektivní regulaci plevelů a změnu půdních vlastností, včetně zonálních aplikací kapalných a pevných látek. Většinou se jedná o systémové propojení několika konstrukčních řešení zajišťující dosažení daných cílů. Z hlediska vlivu na povrch půdy lze dané technologie vnímat jako postupy ovlivňující celý povrch pozemku.

Cílená **meziřádková kultivace je spojená s regulací plevelů** s ovlivněním půdních vlastností v řádku plodiny jinými agrotechnickými postupy. Regulace plevelů v řádku plodiny je nejčastěji prováděna pásovou aplikací herbicidů, pomocí využití plamenných pleček (fyzikální metody), tvorbou mulče apod.

Cílená **lokální kultivace porostů** je jednoznačně navázána na systémy autonomně pracujících pracovních nástrojů, či autonomních robotických systémů. Dominantně jsou systémy využívány pro regulaci plevelů, které jsou na základě jejich identifikace senzorickými systémy pracovními nástroji podřízány, zatlačeny do půdy apod.

19.2. Principy a technická řešení pro kultivace porostů během vegetace

Pro mechanickou kultivaci půdy během vegetace lze využít širokou škálu technických řešení, které zajišťují provedení přivalení půdy, vláčení, okopávku, plečkování apod.



Obr. 275: Přivalení porostů sžíjí luštinaté Cambridge válce z hlediska zajištění vhodných podmínek pro sklizeň (foto Procházka).

19.2.1. Válení

Operace slouží především k přivalení porostů po zasetí za účelem **podpoření vztlínání vody** k osivu a následně k urychlení vzcházení rostlin při suchém počasí. Pro tento účel je vhodné využít kotoučové válce, které utužují půdy ve spodnějších vrstvách a zanechávají kyprý povrch půdy. Válení po zasetí lze v současné době vnímat jako velmi omezenou agrotechnickou operaci, protože je u moderních secích strojů provedena již při setí. Méně vhodné je využití hladkých válců a

zcela nepřijatelné je válení pozemku po zasetí lučnými válci. Dalším případem uplatnění válců v rámci kultivace porostů během vegetace je **přitlačení povytažených rostlin ozimých obilnin** v jarním období. Specifikou operací je přivalení porostů luskovin po zasetí, které slouží k urovnání povrchu půdy, rozmělnění hrud a k zatlačení kamenů z důvodu následného provedení sklizně, kdy je z důvodu nízkého nasazení lusků nutné provést seč těsně nad povrchem půdy (obr. 275).

19.2.2. Preemergentní kultivační zásahy

Zásadním problémem je **regulace plevelů před vzejitím porostů**, kdy nejsou patrné řádky vysetých plodin. Při výsevu plodin s malou roztečí řádků (rozteč řádků pod vzdálenost 0,25 m) je problematická i meziřádková kultivace s využitím tzv. značkovacích plodin. Značkovací plodiny jsou rostlinné druhy, které vzcházejí výrazně rychleji než vyseté plodina, jejichž osivo se v malé příměsi přidá do osiva plodiny hlavní. Vzešlé rostliny značkovací plodiny pomáhají orientaci v porostu před vytvořením řádků plodiny hlavní.

Kartáčové plečky pro plošnou kultivaci

Jednou z mála možností preemergentní regulace plevelů je využití rotačních kartáčových pleček. Plečky pracují na principu rotujícího kartáče s dlouhými pružnými umělohmotnými vlákny (obr. 276), mezi která se zachytávají nadzemní části plevelů a v důsledku rotace kartáče jsou z půdy vytrženy i s kořenovým systémem. Rotační kartáč je postaven kolmo na směr jízdy soupravy. Zásadním požadavkem na kvalitu práce je **rovný povrch půdy bez větších hrud**, aby nedocházelo k odmetání půdy kartáčem, při nastavení požadované pracovní výšky. Z hlediska konstrukce strojů je omezen i pracovní záběr a výška práce je nutné korigovat na základě nastavení opěrných kol, kde je nutné reagovat i na intenzitu jejich zamáčknutí do půdy. Většinou se jedná o jejich využití v **záhonových systémech**, kde jsou hranice mezi záhony tvořeny stabilními kolejovými stopami tažných prostředků. Odplevelující efekt plečky je primárně závislý na regulaci plevelů v raných růstových fázích a na optimální půdní vlhkosti, která zajistí vytažení plevelů i s kořenem.



Obr. 276: Kartáčové plečky pracují na principu rotujícího kartáče s dlouhými pružnými umělohmotnými vlákny, mezi která se zachytávají nadzemní části plevelů a v důsledku rotace kartáče jsou z půdy vytrženy i s kořenovým systémem (foto Brant).

Termické (plamenné) plečky pro plošnou aplikaci

Určitou alternativou k mechanickým zásahům je použití plamenných pleček pro celoplošné ošetření půdy, které však již z hlediska principu práce spadají do kategorie fyzikálních metod regulace plevelů. Principem je krátkodobé vystavení rostlin plevelů vysoké teplotě, která vede k denaturaci bílkovin v rostlinných pletivech a k následnému odumření rostliny. **Letální teplota pro rostliny je 100 °C** po dobu působení 1/10 sekundy, teplota plamene se pohybuje v rozmezí 1800 až 1900 °C. Termické plečky pro plošnou aplikaci se vyznačují zakrytím hořáků z důvodu omezení vlivu větru, ale především za účelem zvýšení termického efektu. Při plošné aplikaci nedochází k výraznému ohřevu povrchu půdy (přibližně o 1 až 2 °C), ani k degradačním procesům půdy. Na farmách jsou termické plečky dlouhodobě využívány (obr. 277), ale setkat se lze i s moderními a sériově vyráběnými konstrukcemi (obr. 278).



Obr. 277: Termické plečky jsou v praxi dlouhodobě využívány především v ekologickém zemědělství a při pěstování zeleniny (foto Brant).



Obr. 278: V současné době jsou na trhu dostupná moderní konstrukční řešení a velmi často jsou soupravy vybaveny čelně neseným zásobníkem na plyn (foto Brant).

19.2.3. Postemergentní plošné zásahy pomocí vertikálně umístěných hřebů či prutů

Zásahy vycházejí z principů vláčení a jsou v rámci kultivačních zásahů během vegetace prováděny pomocí **prutů** či **hřebů** za účelem rozrušení půdní krusty, k regulaci zaplevelení a k provedení souběžné aplikace kapalných či pevných látek při kultivaci a pro založení podsekových mezíplodin. Možnost využití vláčení v porostech kulturních plodin a kvalita kultivačního či odplevelujícího působení je závislá na:

- fyzikálním stavu půdy,
- druhu plodiny a její vývojové fázi,
- intenzitě zaplevelení,
- vývojové fázi plevelů a plevelném druhu.

Všeobecně lze vláčení provádět ve většině polních plodin. V závislosti na druhu mechanizačního prostředku se vláčení uplatní v plodinách vysévaných do řádků s malou a velkou roztečí, jakož i v plodinách pěstovaných v hrůbcích. Principem operace je práce pasivních hřebů či pružných prutů kypřících půdu a vytrhávající plevel. Dominantní postavení mají pružné pruty, kdy se na kypřícím a odplevelujícím efektu podílí i jejich schopnost boční vibrace. Většinou se jedná o provedení plečkování jako postemergentní aplikací a dominantní jsou celoplošné zásahy ve vztahu k povrchu pozemku.

Prutové (plecí) brány

Ve většině polních plodin lze pro částečnou kultivaci půdy (mírné nakypření povrchu půdy a rozrušení půdní krusty) využít **prutové brány** (obr. 279). Prutové brány jsou osazeny zahnutými prutovými hřebi. Na rámu stroje jsou většinou čtyři až šest řad hřebů, rozteč hřebů se pohybuje v rozpětí 0,2 až 0,4 m. Hřebi jsou nejčastěji na průřezu kulaté (průměr 6 – 10 mm), případně čtvercové, zakončení prutů je kulaté, nebo ploché, případně zašpičatělé. Záběr strojů se pohybuje od 2 do 24 m, čímž je zajištěna vysoká plošná výkonnost. Doporučená pracovní rychlost je dána jednotlivými výrobci pro daný typ stroje a pohybuje se v rozmezí **3 až 20 km/h**. Provedení vláčení pomocí prutových bran zajišťuje zejména přímou regulaci plevelů. Při použití prutových bran dochází ke **40 až 70 % regulaci plevelů**. Prutové brány lze využít v **porostech** obilnin, kukuřice seté, polních druhů z čeledi brukvovitých, cukrové řepy, slunečnice roční, hrachu setého a rolního, bobu obecného, cibule, česneku a dalších plodin. Prutové brány lze osadit zásobníky osiv pro výsev podsekových mezíplodin či aplikací jiných pevných látek (obr. 280).



Obr. 279: Kypřící a odplevelující efekt zajišťují pružné pruty umístěné v několika řadách na rámu stroje (foto Brant).



Obr. 280: Prutové brány lze osadit zásobníky osiv pro výsev podsekových mezíplodin či aplikací jiných pevných látek (foto Brant).

U obilnin se lze v zemědělské praxi setkat se systémy pohybu pracovní soupravy ve směru řádků, nebo šikmo na řádky. Při pohybu ve směru řádků nedochází k tvorbě postranních pseudosouvratí při otáčení soupravy mimo standardní souvrat' (obr. 281). Volba směru jízdy je většinou dána zkušenostmi agronoma, ale z hlediska omezení zhuštění půdy a omezení vlivu kol tažného prostředku na půdu a porost je vhodnější volit směr pracovní jízdy ve směru řádků obilniny. U ostatních plodin, které jsou citlivé k poškození přejezdy tažných prostředků je **primárně vhodné volit směr jízdy po řádkách**.



Obr. 281: Při pohybu šikmo na směr řádků obilniny dochází k tvorbě postranních pseudosouvratí při otáčení soupravy mimo standardní souvrat' (foto Brant).

Z hlediska dosažení požadovaného nakypření půdy a potlačení plevelů je důležité provádět vláčení za **optimální půdní vlhkosti** a za slunečného počasí. Při vysoké půdní vlhkosti není půda dostatečně kypřena a dochází k nabalení půdy na pracovní nástroje, čím se snižuje jejich kypřící efekt. Na lehkých písčitých půdách lze vláčení provést i za sucha. Na přeschlých těžkých půdách se pracovní nástroje obtížně zapravují do půdy, nedochází k nakypření horní vrstvy půdy a vyvláčení plevelů. Provedení vláčení za slunečného počasí zajišťuje dokonalé **zaschnutí vyvláčených plevelů** a snížení rizika poškození kulturních rostlin v důsledku poklesu turgoru a následně povadnutí rostlin. Déšť následující po provedení vláčení může vést k regeneraci méně poškozených plevelů. Vzházející porosty jsou velice náchylné na provedení vláčení. Nejčasnější termíny provedení vláčení prutovými a síťovými branami po vzejití porostů dokumentuje tabulka 7. Z hlediska pracovní rychlosti při vláčení porostů během vegetace platí zásada, že se zvyšující rychlostí se zvyšuje intenzita kypření půdy a odplevelující účinek, ale také poškození kulturních rostlin. Za optimální lze považovat pracovní rychlost mezi **6 až 8 km/h**. Vláčení umožňuje provést kultivaci půdy a odplevelení porostů jak mezi řádky, tak v řádku vyseté plodiny. Z důvodu zajištění uspokojivého účinku vláčení ve vztahu k potlačení plevelů se pracovní operace vícekrát opakuje.

Tab. 7: Nejčasnější termín vláčení porostů kulturních rostlin prutovými branami (Kohout a kol., 1993).

plodina	termín vláčení	plodina	termín vláčení
obilniny	od 2 pravých listů	bob	od 2 pravých listů
kukuřice	od 3 pravých listů	hrách	od 2 pravých listů
cukrovka	od 4 pravých listů	sója	od 4 pravých listů
řepka	od 6 pravých listů	slunečnice	od 4 pravých listů



Obr. 282: Moderní konstrukce prutových bran zajišťují centrální nastavení přítlaku na jednotlivé pruty z kabiny traktoru (foto Brant).



Obr. 283: Prutové brány jsou vybavovány systémy variabilního přítlaku (vlevo) a technickými řešeními pro individuální vyřazení prutů z aktivní pracovní polohy – vpravo (foto Brant).



Obr. 284: Na trhu jsou komerčně dostupné i konstrukce prutových bran se sekční kontrolou jednotlivých pracovních sekcí, které omezují opětovné provedení operace na klínovitých částech pozemku apod. (foto Brant).

Vývoj konstrukčních řešení je u prutových bran spojen se systémy s **centrálním nastavením přítlaku na jednotlivé pruty z kabiny traktoru** (obr. 282). Ověřovány jsou rovněž systémy s variabilním tlakem na pruty pro kopírování povrchu půdy (např. práce v hrůbcích) a systémy individuálního vyřazení prutů z pracovní činnosti (obr. 283). Cílené vyřazení prutů z aktivní polohy lze využít pro **cílenou meziřádkovou kultivaci porostů**, které umožňuje práci i v porostech s rostlinami nacházejícími se v pozdějších růstových fázích.

Na trhu jsou dostupné i konstrukce prutových bran se **sekční kontrolou jednotlivých pracovních sekcí**, které omezují opětovné provedení operace na klínovitých částech pozemku apod. (obr. 284).

Sítové brány

Sítové brány se skládají z kloubně spojených dílů vytvářejících síť upevněnou v rámu. Z hlediska uspořádání hřebů lze brány použít **oboustranně**, na jedné straně jsou hřeby kratší a na straně druhé delší (obr. 285). Volba délky hřebů se řídí výškou porostu. Hroty hřebů mohou být na průřezu kulaté, čtvercové nebo ploché. Sítové brány **dobře kopírují povrch** půdy, proto jsou využívány pro kypření půdy a ničení plevelů v plodinách pěstovaných v hrůbcích, tj. v bramborách. Lze je ovšem využít i v porostech obilnin, řepky, kukuřice, fazolu, polních zelenin atd.



Obr. 285: Sítové brány mají široké uplatnění z hlediska kultivace porostů během vegetace (foto Brant).

19.2.4. Postemergentní celoplošné zásahy využívající rotující tuhé hřeby či pružné pruty

Významnou skupinu představují technická řešení využívající rotační efekt tuhých hřebů či pružných prutů. Efekt kypření půdy a odstraňování plevelů spočívá ve vytržení plevelu z kypřené půdy na základě jeho podkopnutí a odhození pracovním nástrojem. Odplevelující efekt zásadně narůstá při práci v kypřené a optimálně vlhké půdě. Vhodná vlhkost půdy ve vztahu k danému půdnímu typu se projevuje primárně vytřesením půdy z kořenového systému plevelů. Rostliny plevelů vytržené a uložené na povrch půdy bez většího kořenového balu půdy rychle zasychají a nedochází k jejich výrazné regeneraci po dešti následujícím v krátké době po provedení zásahu.

Hvězdicové brány s pevnými hřeby

Hvězdicové brány se vyznačují osazením rotujících **hvězdicovitých kol s tuhými hřeby**. Z hlediska strojů a pracovních nástrojů se lze setkat s mírně odlišnými konstrukčními řešeními zahnutí hřebů a jejich zakončení. V rámci montáže hvězdicovitých kol na rám stroje ve vztahu ke směru pracovní jízdy se dominantně setkáváme s umístěním kol zajišťující jejich otáčení ve směru zahnutí hřebů, využíváno je i umístění opačné, kde je poukazováno na menší efekt tzv. vyhazování půdy (obr. 286).



Obr. 286: Hvězdicové kotouče zajišťují vytržení plevelu z kypřené půdy na základě jeho podkopnutí a odhození pracovním nástrojem (foto Brant).

Kvalita práce hvězdicových bran je méně závislá na **vlhkosti půdy ve srovnání s branami prutovými**. Stroje velmi dobře rozrušují půdní krustu a minimálně poškozují kulturní rostliny. Ve srovnání s prutovými branami je v důsledku rotace hvězdicovitých kol omezeno riziko **ulpívání půdy a organické hmoty na pracovních nástrojích**. Provedení kypření za účelem rozrušení krusty na povrchu půdy a následného provzdušnění půdy je spojováno s **podporou mineralizačních procesů** a opatření je prováděno i za účelem nakypření povrchu půdy vedoucí k rozrušení krusty po aplikaci kejdy či digestátu (obr. 287). Pracovní záběry strojů se pohybují v rozmezí 6 až 12 m.

Značná část konstrukčních řešení umožňuje rychlé a jednoduché **vyřazení jednotlivých hvězdicovitých kol z pracovní polohy**, čímž lze stroje upravit pro meziřádkovou kultivaci (obr. 288). Jednoznačným trendem je provedení aplikace pevných (obr. 289) či kapalných látek při použití hvězdicovitých bran.

Využití hvězdicovitých bran je v podzimním či jarním období u ozimých obilnin, u jařin poté v obilninách, máku setém, kukuřici seté, slunečnici roční, čiroku obecném a při cílené meziřádkové kultivaci v brukvovitých plodinách a cukrové řepě.



Obr. 287: Použití hvězdicových bran je vhodné provést i za účelem nakypření povrchu půdy vedoucí k rozrušení krusty po aplikaci kejdy či digestátu (foto Brant).



Obr. 288: Značná část konstrukčních řešení umožňuje rychlé a jednoduché vyrazení jednotlivých hvězdicových kol z pracovní polohy, čímž lze stroje upravit pro meziřádkovou kultivaci (foto Brant).



Obr. 289: Při vybavení strojů vhodnými rozvodnými systémy lze aplikovat rozdílné pevné látky při provedení agrotechnického zásahu (foto Brant).

Kolové brány s pružnými pruty

Na obdobném principu jako rotační brány pracují i kolové brány s pružnými pruty (obr. 290). Vyznačují se menší agresivitou ve vztahu k pronikání do půdy a navýšení efektu pokrytí povrchu půdy je řešeno šikmým postavením kol ve směru pracovní jízdy. Určeny jsou pro regulaci plevelů v raných růstových fázích.



Obr. 290: Kolové brány s pružnými pruty se vyznačují menší agresivitou ve vztahu k pronikání do půdy a navýšení efektu pokrytí povrchu půdy je řešeno šikmým postavením kol ve směru pracovní jízdy (foto Brant).

Aktivně pracující nástroje s pružnými pruty

Využití pružných prutů pro regulaci plevelů je velmi rozšířené technické řešení. Na trhu je dostupné značné množství koncepcí. Obecně jsou vyvíjeny a využívány systémy s rotujícími pružnými pruty s vertikální (obr. 291) i horizontální osou rotace (obr. 292). Dominantně je pohon rotorů s hroty zajišťován hydraulicky, ale očekávat lze nástup elektromotorů. Jedná se o širokou škálu technických řešení nacházejících se ve fázi komerčních výrobků, ale i prototypů. Dominantní využití vertikálních rotorů je pro odplevelení meziřádků v širokořádkových porostech.



Obr. 291: Systémy s rotujícími pružnými pruty s vertikální osou rotace (foto Brant).



Obr. 292: Systémy s rotujícími pružnými pruty s horizontální osou rotace (foto Brant).

Kombinovaná technická řešení

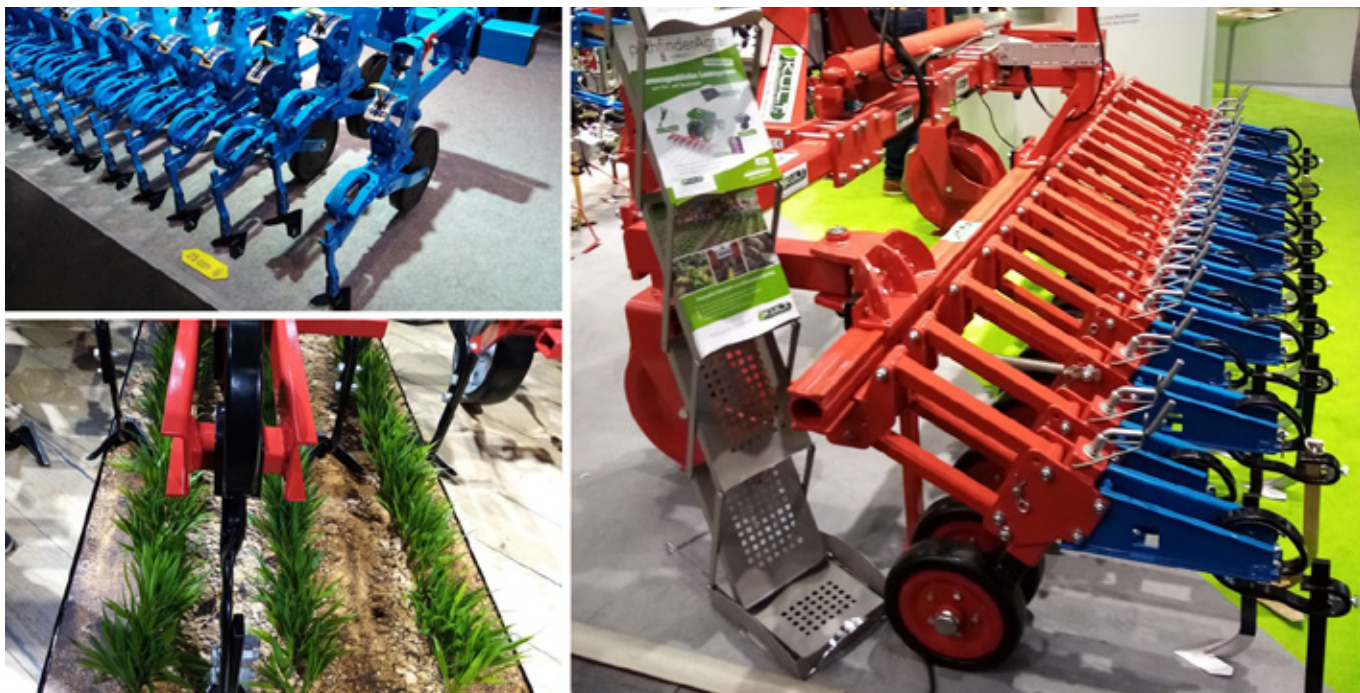
Z hlediska využití rozdílných konstrukcí pracovních nástrojů s tuhými hřeby či pružnými pruty nelze zapomenout na jejich použití na strojích kombinujících více rozdílných principů regulace plevelů a ovlivnění půdních vlastností. Příklady modifikace prutových bran a jejich osazení na rámy pleček dokládá obrázek 293.



Obr. 293: Příklady modifikace prutových bran a jejich osazení na rámy pleček (foto Brant).

19.3. Systémy meziřádkové kultivace pomocí pleček

Kromě regulace zaplevelení se **plečkování podílí na kypření utužené horní vrstvy půdy a podpoře procesů mineralizace**. Standardně se plečkování využívá ke kypření půdy a ničení plevelů v meziřádkách plodiny s roztečí řádků od 125 mm, při využití podřezávacích radliček spíše od rozteče řádků 250 mm. Zcela běžně je meziřádková kultivace uplatnitelná v systémech pěstování plodin vysévaných s roztečí řádků 0,3 až 0,75 m.



Obr. 294: Pro kultivaci plodin vysévaných do řádků s malou roztečí se využívají především plečky se šípovými podřezávacími radličkami (foto Brant).

Plečkování mnohem intenzivněji přispívá ke kultivaci půdy ve srovnání s vláčením prováděným rozdílnými systémy tuhých hřebů či pružných prutů. Význam plečkování spojeného se zpracováním půdy spočívá v ničení **půdní krusty**, **tvorbě infiltračních rýh**, **omezování evaporace**, **s umrtvením či zapravením v meziřádku pěstované pomocné plodiny** apod. Nakypření horní vrstvy půdy omezuje ztráty vody z půdy výparem, ale přispívá i k jejímu ohřevu.

Přestože je meziřádková kultivace vnímána jako operace zajišťující cílenou úpravu prostorového rozmístění půdní hmoty, lze se setkat i se systémy mechanické regulace plevelů **bez výrazného zásahu do půdy** (meziřádková kultivace kartáčovými plečkami), či se systémy meziřádkových systémů mulčování meziřádku. Mulčované jsou v meziřádku samotné plevele, nebo pomocné plodiny.

V rámci technických řešení lze primárně rozlišit **plečky s pasivně pracujícími nástroji a s aktivně pracujícími nástroji**. Pasivní pracovní nástroje jsou představovány jednostrannými podřezávacími nožovými radličkami, šípovitými podřezávacími radličkami, rozdílnými typy dlát či šikmo postavenými disky. U strojů s aktivně pracujícími nástroji se nejčastěji jedná o rotory s noži využívanými u půdních fréz, ale také o systémy využívajícími obloukový pohyb k odseknutí plevelu či vratný výkyvný pohyb nožů. Pohyb u rotujících pracovních nástrojů je zajišťován systémem převodů, hydromotory či elektromotory. U výkyvných nástrojů je pohyb zajišťován z důvodu rychlé reakce nástroje nejčastěji stlačením vzduchem.

19.3.1. Plečky pro plodiny s malou roztečí řádků s pasivně pracujícími nástroji

Pro kultivaci plodin vysévaných do úzkých řádků se využívají především plečky se **šípovými podřezávacími radličkami** (obr. 294), případně s dlátky. Záběr pleček se pohybuje do 8 m a zásadní pro jejich využití je cílené navádění strojů na základě **optických senzorů** (kamer). Součástí stroje je samozřejmě mechanismus pro **boční**



Obr. 295: V polních plodinách vysetých do řádků s malou roztečí lze případně využít rozdílné systémy pracovních nástrojů určených pro práci v porostech zelenin (foto Brant).

posun rámu s pracovními nástroji umožňující reakci na senzory navádění. Plošná výkonnost se u strojů s pracovním záběrem 6 a více metrů může pohybovat na úrovni 30 – 40 ha za den. Případně lze i v polních plodinách vysetých do řádků s malou roztečí využít rozdílné systémy pracovních nástrojů určených pro práci v porostech zelenin (obr. 295). Konstrukce pracovních nástrojů u strojů pro kultivaci zelenin během vegetace jsou však určeny pro práci v kypré půdě.

19.3.2. Plečky pro plodiny s velkou roztečí řádků s pasivně pracujícími nástroji

Radličkové plečky

Nejčastěji jsou plečky osazovány **jednostrannými a šípovými radličkami** umístěnými na pevné slupici (obr. 296). Tyto radličky umožňují



Obr. 296: Jednostranné a šípové radličky zajišťují především podříznutí plevelů (foto a zpracování Brant).

podříznutí plevelů a částečné nakypření půdy po celém záběru kultivovaného meziřádku. Jednostranné radličky mají po boku svislý nůž odřezávající plečkováný pás od pásu ochranného podél řádku rostliny. Elevační úhel radličky rozhoduje o její funkci z hlediska zpracování půdy. Při jeho velikosti 10 až 20° dochází pouze k podřezávání půdy a minimálnímu kypření. Při velikosti úhlu nad 20° je půda rovněž kypřena. Hloubka kypření se pohybuje v rozmezí 30 až 60 mm. Na začátku vegetace porostů je odříznutí ochranného pásu podél řádku kulturní plodiny zajištěno otočnými hvězdicovitými kotouči (obr. 297).

Důvodem odříznutí půdy mezi meziřádkem a řádkem je **zamezení posunu půdní krusty vlivem kypřících nástrojů**. V případě potřeby lze postranní hvězdicové kotouče vyřadit z pracovní polohy (obr. 298). Při provedení plečkování ve vyšších růstových fázích porostu jsou postranní hvězdicové kotouče odstraněny, protože by mohly poškodovat kulturní rostlinu a zvyšovat riziko zacpání pracovních sekcí (obr. 299). Podřezávací šípové radličky dobře pracují na kypřené půdě (obr. 300), na suché a tvrdé půdě je problematické dodržení pracovní hloubky.



Obr. 297: V polních plodinách vysetých do řádků s malou roztečí lze případně využít rozdílné systémy pracovních nástrojů určených pro práci v porostech zelenin (foto Brant).



Obr. 298: V případě potřeby lze postranní hvězdicové kotouče vyřadit z pracovní polohy (foto Brant).



Obr. 299: Při provedení plečkování ve vyšších růstových fázích porostu jsou postranní hvězdicové kotouče odstraněny (nahore) a stav porostů ozimé řepky s roztečí řádků 0,45 m po plečkování – dole (foto Brant).



Obr. 300: Základem kvalitní práce podřezávacích radliček je dodržení pracovní hloubky, která zajistí i podříznutí plevelů v místě kořenového krčku rostliny (foto Brant).

Pro plečkování lze rovněž využít radličky **zakončené dlátý**, která jsou umístěná na pružných slupicích (obr. 301). Dlátovité radličky lze využít pro hlubší kypření. Dobře kypří půdu, ale méně intenzivně podřezávají plevely. Nezajišťují celoplošné nakypření meziřádku. Odříznutí ochranného pásu podél řádku kulturní plodiny na počátku vegetace porostů je opět zajištěno otočnými hvězdicovitými kotouči. Za dlátové radličky lze velmi efektivně aplikovat kapalné či pevné látky (obr. 301). Při potřebě přesné lokální aplikace jsou tyto látky ukládány za **dlátovou radličku a následně jsou pokryty půdou obtékající pracovní nástroj**. Při plošné aplikaci látek s následným kypřením dlátovými



Obr. 301: Pro plečkování lze rovněž využít radličky zakončené dlátý, která jsou umístěná na pružných slupicích (foto a zpracování Brant).

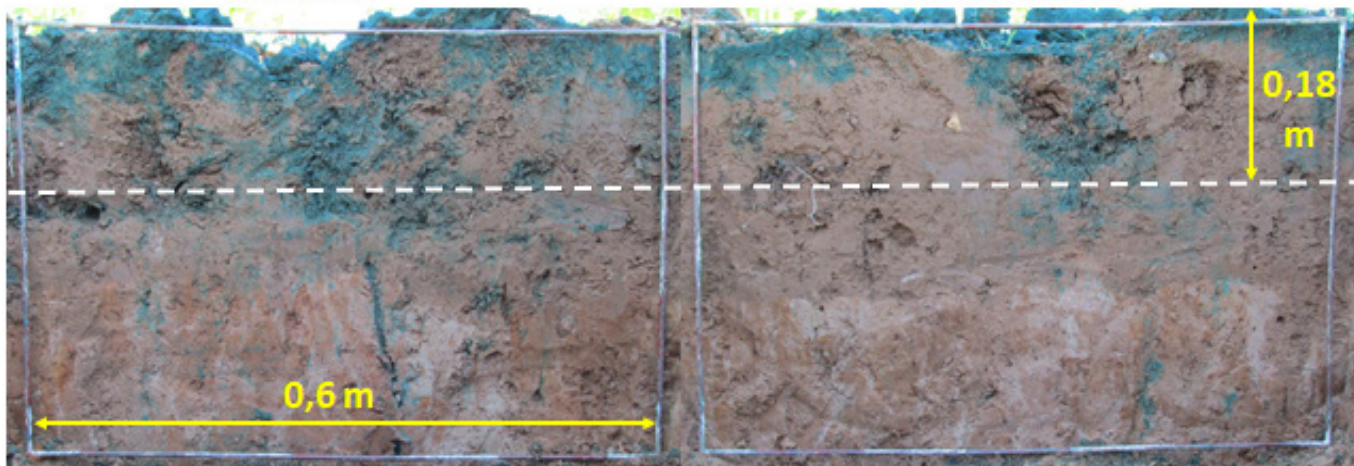
radličkami je pevná látka plošně rozložena na kypřeném pásu, ale aplikace je spojena s rozdílnou hloubkou uložení dané látky. Plečky osazené šípovými nebo dlátovitými radličkami jsou rovněž vybaveny pracovními nástroji prutových bran, které urovňávají povrch půdy, rozrušují hroudy a větší půdní částice vzniklé porušením půdní krusty a zvyšují odplevelující účinek.

Z hlediska vývoje pracovních nástrojů radličkových pleček dochází i k vývoji konstrukcí, které dominantně zajišťují **eliminaci erozních procesů a tvorbu infiltračních rýh** pro situace intenzivních srážek. Za účelem podpory infiltrace vody do půdy, včetně aplikace látek za pracovní nástroje, je vhodné pro kultivaci půdy během vegetace využít rozdílné typy dlát. Jejich konstrukce určuje možnost pracovní hloubky,

Cílené vytvoření infiltrační rýhy při kultivaci porostu kukuřice seté v místě soustředného dopadu porostní srážky za účelem eliminace povrchového odtoku, výše simulované srážky činila 40 mm

Vliv kypřícího dláta na infiltraci - nepřejeto

Vliv kypřícího dláta na infiltraci - stopa traktoru

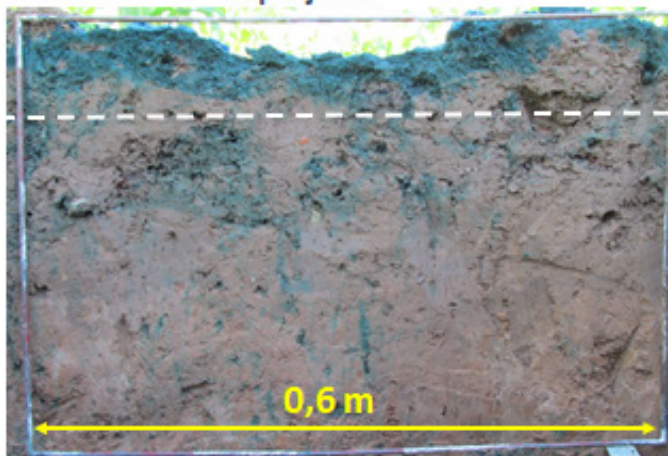


Brant a Kroulík, 2016

Obr. 302: Cílené vytvoření infiltrační rýhy při kultivaci porostu kukuřice seté v místě soustředného dopadu porostní srážky za účelem eliminace povrchového odtoku, výše simulované srážky činila 40 mm.

Infiltrace vody do půdy při kultivaci porostu kukuřice seté plochou šípovou radličkou v místě soustředného dopadu porostní srážky, výše simulované srážky činila 40 mm

Vliv kypřící radličky na infiltraci -
nepřejeto



Vliv kypřící radličky na infiltraci -
stopa traktoru



Brant a Kroulík, 2016

Obr. 303: Infiltrace vody do půdy při kultivaci porostu kukuřice seté plochou šípovou radličkou v místě soustředného dopadu porostní srážky, výše simulované srážky činila 40 mm.

počet nástrojů na pracovní sekci a kombinovatelnost s jinými typy pracovních nástrojů (radličky, talíře, pruty apod.). Zásadní roli z hlediska práce kypřících dlát má geometrie a tuhost slupice a rozměry a geometrie samotných kypřících ostří. Na obrázku 302 je znázorněn vliv kypření středu meziřadí pomocí dlátka do hloubky 0,18 m v porostech kukuřice seté založené do řádků s roztečí 0,75 m v nepřejetém meziřadí a v přejetém meziřadí kolem tažného prostředku na infiltraci vody (simulovaná výše srážky při provedení metody modré infiltrace činila 40 mm). Na obrázku je patrný soustředný tok vody do kypřené zóny, včetně přijatelné infiltrace v kolejeové stopě. Umístění **kypřené rýhy do středu meziřádku při dané rozteči řádků respektuje i pravidla dopadu srážkové vody**, která je při rozteči 0,75 m nejvyšší ve středu meziřádku (přímý propad dešťových kapek a odkap srážkové vody zachycené listy). Provedení kultivace meziřádku šípovou radličkou (obr. 303)



Obr. 304: Z důvodu ničení vzrostlých plevelů je před sekci hvězdicových talířů umístována dlátovitá radlička (foto Brant).

zásadním způsobem infiltraci do spodních vrstev nepodpořilo. Na zpomalení infiltrace se projevil i zhutňující efekt ploché radličky na přechodu kypřené a nekypřené půdy.

Hvězdicové plečky

Mezi plečky s pasivně pracujícími nástroji je možné rovněž zařadit **hvězdicové plečky**. Pracovním orgánem je vždy sekce několika hvězdicových talířů postavených šikmo na směr pracovní jízdy. Díky tomuto uspořádání pracovních nástrojů je zajištěno kvalitní **drcení půdní krusty a hrud a vytrhávání plevelů**. Z důvodu ničení vzrostlých plevelů je před sekci hvězdicových talířů umístována dlátovitá radlička (obr. 304), která půdu nakypří a hvězdice poté plevele vytrhnou. Umístění sekce hvězdicových talířů šikmo ve směru jízdy způsobuje částečné hrnutí zeminy do strany meziřádku, proto je směr pracovních jízd během jednotlivých plečkování nutno měnit. Dosavadní zkušenosti z praxe poukazují na skutečnost, že použití hvězdicových pleček může přispět k podpoře výskytu píru plazivého na základě rozřezání mělčeji v půdě uložených vegetativních orgánů rozmnožování, které mohou následně regenerovat.

19.3.3. Rotorové plečky s aktivně poháněnými pracovními nástroji

Dobře **odřezávají a kypří** zpracovávanou vrstvu půdy. Dostatečně regulují **klíčnicí a mladé rostliny plevelů**. Omezují negativní pohyb



Obr. 305: Konstruktivní řešení umožňují volbu kypřících sekcí v rozdílných záběrech ve vztahu k rozteči pěstovaných plodin (zdroj Badalini, <https://www.badalini.it/>).

půdní krusty a následně poškození rostlin. Proto se využívají při provedení prvního kypření. Všeobecně je uváděn negativní vliv rotačních pleček z hlediska **podpory rozvoje vytrvalých plevelů** v důsledku rozřezání jejich vegetativních orgánů rozmnožování, které následně regenerují. Konstruktivní řešení umožňují volbu kypřících sekcí v rozdílných záběrech ve vztahu k rozteči pěstovaných plodin (obr. 305). Stroje lze dovybavit zásobníky pro aplikaci pevných látek do kypřené pásu. Zvýšení kypřící schopnosti rotorů lze podpořit rozdílnými radlicemi či dláty umístěnými před pracovní sekce. Zásadním problémem strojů je riziko poškození půdní struktury, zejména při zpracování suché půdy. Dominantní zastoupení mají tyto stroje v systémech **pěstování zelenin, v sadech, při pěstování léčivých a aromatických plodin** apod., ale lze o nich uvažovat i pro pěstování plodin v ekologickém zemědělství. Pro polní výrobu je limitující malá pracovní rychlost souprav. Šířka rotorů vztahovaná k rozteči rotujících nožů se pohybuje v rozmezí 0,16 až 1,5 m. Pracovní záběry se pohybují od 2 do 6 m.

19.3.4. Meziřádkové kartáčové plečky

Kartáčové plečky lze využít i pro meziřádkovou postemergentní regulaci plevelů. Rotory kartáčové plečky jsou na hřídeli oddělené a mezi nimi se nacházejí ochranné boční plechy omezující poškození kulturní plodiny. Plečky pracují na principu **rotujícího kartáče s dlouhými pružnými umělohmotnými vlákny** (obr. 306), mezi která



Obr. 306: Kartáčové plečky pro meziřádkovou regulaci plevelů (foto Brant).

se zachytávají nadzemní části plevelů a v důsledku rotace kartáče jsou z půdy vytrženy i s kořenovým systémem. Podrobněji je problematika kartáčových pleček popsána v kapitole **Preemergentní kulturní zásahy**.

19.3.5. Speciální konstrukce pro meziřádkovou kultivaci

Na komerční bázi, ale i v sektoru individuálně modifikovaných či vyvinutých strojů, se objevuje značná škála rozdílných technických řešení. Mnohdy se jedná o cíleně modifikované typy pracovních nástrojů pro konkrétní technologie a postupy. Jedním z příkladů speciálních konstrukcí je systém prutových válců, který při průchodu kyprou půdou vytrhává plevelné rostliny i s kořenovým systémem a rostliny ukládá na povrch půdy (obr. 307).



Obr. 307: Jedním z příkladů speciálních konstrukcí je systém prutových válců, který při průchodu kyprou půdou vytrhává plevelné rostliny i s kořenovým systémem a rostliny ukládá na povrch půdy (foto Brant).

19.3.6. Kultivace půdy v řádku vyseté plodiny

Většina pleček zajišťujících kultivaci půdy v meziřádku neumožňuje kultivaci půdy a regulaci plevelů přímo v řádku vyseté plodiny.

V konvenčních systémech hospodaření na půdě se pro potlačení plevelů v řádku vyseté plodiny využívá kombinace plečkování meziřádku s řádkovou aplikací herbicidu. To sice vede k potlačení plevelů a zároveň ke snížení spotřeby množství herbicidu na jednotku plochy, ale půda není v řádku zpracována. Pro ekologické systémy hospodaření na půdě je toto řešení nepřijatelné. V rámci systémů regulace plevelů v řádku vyseté plodiny lze dnes rozlišit konvenční mechanické systémy, které nepracují na základě senzorů či předpisových map a systémy robotické. Dominantní zastoupení z hlediska regulace plevelů v řádku přesně setých rostlin mají **plečky s prstovými koly** (obr. 308). Jedná se o mechanické systémy regulace plevelů, kdy je efekt intenzity průchodu půdou určován délkou a tuhostí prstů (obr. 309). Jedná se o prstová kola z měkkých plastů, z tvrdých plastů či z gumy, kde je tuhost prstů dále modifikována osazením kovovými nástavci. Zásah proti pleve-



Obr. 308: Rozdílná konstrukce prstových pleček zajišťuje dosažení požadovaného odplevelujícího a kultivačního efektu a omezení poškození kulturních rostlin (foto Brant).



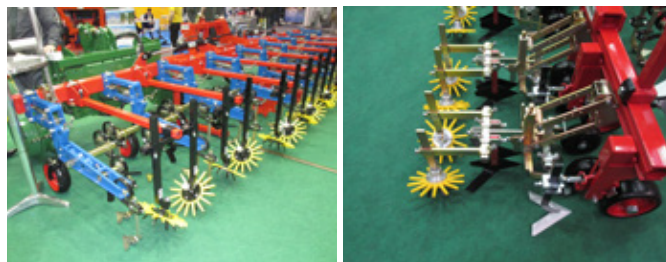
Obr. 309: Efekt intenzity průchodu odplevelujících prstů půdou je určován jejich délkou a tuhostí (foto Brant).



Obr. 310: Zásah proti plevelům je prováděn v pozdějších růstových fázích kulturní rostliny, kdy jsou rostliny pevně zakořeněné a nehrozí jejich vytržení při kultivaci (foto Brant).

lům je prováděn v pozdějších růstových fázích kulturní rostliny, kdy jsou **rostliny pevně zakořeněné a nehrozí jejich vytržení při kultivaci** (obr. 310). Prstová kola jsou na spodním okraji osazena kypřícími prsty, které půdu kypří a zároveň zajišťují kontaktem s půdou otáčecí pracovních nástrojů. Prstová kola jsou samozřejmě kombinována na rámech pleček s pracovními nástroji pro meziřádkovou kultivaci (obr. 311).

Dalším z řešení je využití přesné vzdálenosti mezi rostlinami, mezi kterými následně procházejí pružné pruty umístěné ve šroubovici na otočné hřídeli (obr. 312).



Obr. 311: Prstová kola jsou samozřejmě kombinována na rámech pleček s pracovními nástroji pro meziřádkovou kultivaci (foto Brant).



Obr. 312: Meziřádková regulace plevelů na základě ve šroubovici umístěných a otáčejících se pružných prutů (foto Brant).

19.4. Kultivace porostů během vegetace pěstovaných v hrůbcích

Systémy regulace plevelů v porostech pěstovaných v hrůbcích konvenčním způsobem jako jsou **porosty brambor pěstované bez odka-meňování** či porosty **zelenin** jsou pro polní plodiny využitelné omezeně. Regulace plevelů probíhá na základě jejich odstranění ze stěny hrůbků, případně z vrcholu hrůbku. Kultivace stěn hrůbku je spojena nejen s odstraněním plevelů, ale i s kypřením půdy a přihnutím hrůbků. Primárně se jedná o **snížení zásoby semen plevelů z horní vrstvy půdy (50 mm)** na hrůbku a mezi hrůbky na základě plečkování a následně priorávky před zapojením porostů. Kultivace půdy přispívá k podpoře vzházení plevelů a následně k jejich mechanické regulaci. Omezení počtu klíčivých semen plevelů z povrchové vrstvy půdy na začátku vegetace zásadním způsobem omezí zaplevelení

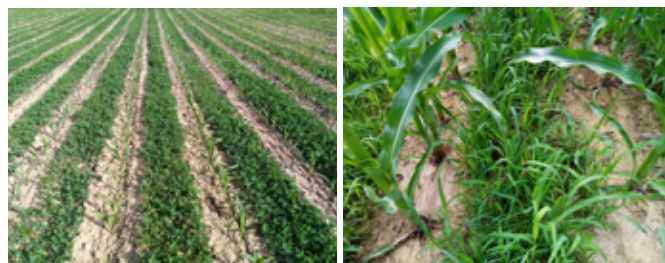
porostů v pozdějších růstových fázích, kdy již nelze mechanickou kultivaci provést, především se jedná o porosty brambor. U zelenin lze mechanickou kultivaci z důvodu nezapojení porostů provádět téměř po celou dobu jejich růstu. Pro kultivaci jsou využívány příhrnovací hrůbkovací tělesa s nastavitelným úhlem rozevření postranních křídel, rozdílných konstrukcí disků apod. Pro plečkování, které je spojeno s kypřením půdy jsou používány dlátové radličky, které kopírují výškový profil mezi hrůbkou. Pro vláčení lze využít síťové brány, nebo prutové brány s možností kopírování povrchu půdy pružnými pruty. Specifickou záležitostí je **regulace plevelů na vrcholu hrůbku**, kde lze použít modifikovaných termických pleček (obr. 313).



Obr. 313: Pro preemergentní regulaci plevelů z vrcholu hrůbku lze použít modifikované termické plečky (foto Brant).

19.5. Plečky pro mechanickou regulaci vegetačních pokryvů v meziřadí

Vývoj systémů meziřádkové **regulace vegetačních pokryvů mulčováním či systémy řezných válců** je spojen s rozvojem zakládání podsevů do meziřádků obilnin a dalších plodin v 90. letech v ekologickém zemědělství. Cílem podsevů je zamezení rozvoje plevelů a při využití jetelovin se jedná o zajištění zdrojů dusíku pro hlavní plodinu, dále podsevy pomocných plodin eliminují erozi, zvyšují biologickou pestrost apod. Především mulčování meziřádku s pomocnou plodinou má za úkol **omezit vývoj plevelů a tvorby semen na nich**, zároveň zajistit další růst rostlin v meziřadku a eliminovat riziko jejich konkurence vůči hlavní plodině. V současné době se jedná i o vývoj systémů **cíleně využívajících přítomnost plevelů v meziřadku**, jejichž růst je farmářem řízen a plevele plní shodnou funkci jako pomocné plodiny. Systémy cíleného využití plevelů jsou typické pro pěstování plodin s velkou roztečí řádků v konvenčním zemědělství, kdy regulace plevelů v řádku kulturní plodiny je řešena pásovou aplikací herbicidu přímo při seti (obr. 314).



Obr. 314: Systémy cíleného využití plevelů jako pomocných plodin jsou typické pro pěstování plodin s velkou roztečí řádků v konvenčním zemědělství, kdy regulace plevelů v řádku kulturní plodiny je řešena pásovou aplikací herbicidu přímo při seti (foto Brant).



Obr. 315: Meziřádkové mulčování plevelů v porostech kukuřice seté (foto Weninger).

Regulace pokryvu meziřádkovými mulčovači

Z hlediska vývoje technických řešení se lze v současné době setkat spíše s konstrukcemi vyvinutými jednotlivými farmáři pro individuální pěstební systémy v ekologickém zemědělství. Na trhu jsou dnes dostupné sériově vyráběné stroje s možností rozteče mulčovací sekce 0,25 až 1,5 m, které umožňují práci v porostech **až do výšky pěstovaných rostlin 1 m** (obr. 315). Určeny jsou pro použití v porostech cukrové řepy, kukuřice seté, slunečnice roční, dýně olejné, sóji luštěnaté apod. Pohon mulčovacích rotorů je zajištěn pomocí hydromotorů.

Další technická řešení jsou uzpůsobena pro mulčování meziřádků obilnin a stroje jsou doplněny o zásobníky určené pro přívěs podsevů. Stroje o pracovním záběru 3 m pracují v porostech obilnin vysetých do řádků 0,5 m a záběr mulčovacích rotorů je 0,3 m. Potřebný výkon traktoru pro daný stroj je 44 až 50 kW. Při rychlosti jízdy 6 až 8 km/h je plošná výkonnost stroje 1,5 až 2 ha za hodinu. Řádkový mulčovač lze snadno použít i na svazích a v závislosti na zaplevelení mezi řádky obilí se operace provádí na jaře jednou až dvakrát. Pro pohon rotorů opět slouží hydromotory.

Objevují se i nové koncepce meziřádkových mulčovačů, jejichž pohon je však zajištěn elektromotorem. Na obrázku 316 je prototyp meziřádkové mulčovací sekce vyvinutý pracovníky Centra precizního zemědělství.



Obr. 316: Prototyp meziřádkového mulčovače vyvinutého Centrem precizního zemědělství s využitím elektropohonu rotoru (foto Kroulík).

Regulace porostů meziřádkovými řeznými válci

Regulaci pomocných plodin či plevelů v meziřádku lze zajistit i pomocí řezných válců určených pro meziřádkovou kultivaci (obr. 317). Pomocí řezných válců lze provést zpomalení či omezení růstu rostlin v meziřádku, nebo v kombinaci s podřezávacími radličkami jejich plné umrtvení.



Obr. 317: Řezné válce pro umrtvení porostů v meziřádku plodin s velkou roztečí řádků (foto Brant).

19.6. Nosiče strojů pro kultivaci porostů

Efektivní kultivace porostů během vegetace je spojena s využitím vhodných nosičů nářadí. Použití konvenčního traktoru s pracovním nářadím pro kultivaci půdy umístěným v zadním závěsu hydrauliky, případně kombinace strojů nesených vpředu a vzadu, je spojeno s **problematickým naváděním strojů do meziřádku**. Z tohoto důvodu jsou stroje pro kultivaci osazovány **optickými senzory** či **hmatači**, které zajišťují **přesné vedení pracovních sekcí v meziřádku**. Zároveň však musí být samotné stroje ještě osazeny **systémy automatického bočního posunu**, který zajišťuje změnu pohybu rámu s pracovními sekcemi v závislosti na systému navádění. Jednoduché konstrukce strojů pro meziřádkovou kultivaci jsou vybaveny ručním řízením, které ovládá obsluha sedící na stroji za traktorem.



Obr. 318: Konstrukce speciálních nosičů umožňují čelní zavěšení nářadí nebo jeho umístění mezi přední a zadní kola nosiče (foto Brant).

Osazení tažených strojů systémy bočního posunu je spojeno nejen se zvýšením pořizovacích finančních nákladů na stroj, ale také zvyšuje hmotnost soupravy a vyžaduje dostatečný výkon hydraulického systému traktoru. V praxi jsou často konvenční traktory dovybavovány systémy zvyšujícími kapacitu hydraulických systémů.

Určitým způsobem eliminace potřeby navigace je čelní umístění na traktoru. Konvenční traktory se však vyznačují **nízkou světlou výškou** a práce souprav je limitována výškou porostu.

V pěstebních systémech plodin s využitím kultivace během vegetace se pro agregaci se stroji pro kultivaci využívají speciální nosiče (obr. 318). Jejich konstrukce umožňují **čelní zavěšení nářadí** nebo **jeho umístění mezi přední a zadní kola nosiče**. Rozchod kol na přední a zadní nápravě je shodný a lze jej měnit. Pohon kol nosičů je většinou zajištěn pomocí hydromotorů.

19.7. Systémy navádění strojů při meziřádkové kultivaci

Během vývoje v oblasti navigačních technologií bylo zkoušeno hned několik principů určování polohy. Jak se následně ukázalo, satelitní navigace, tak jak ji známe dnes, představovala perspektivní směr vývoje a především uplatnění. Požadavek na zvyšování přesnosti, a především nástup autonomních systémů a robotiky do zemědělství, každopádně opět otevírá prostor pro uplatnění technických řešení navigace, které vhodně doplňují navigaci satelitní a zajišťují kromě navýšení přesnosti, také možnosti cílených aplikací a zásahů a především posílení bezpečnosti provozu strojů.

Se zvyšováním přesnosti navigace se již delší dobu setkáváme především u **meziřádkové kultivace**. Kombinace navigačních prvků dovolí **vyšší rychlost a také přiblížení k rostlinám**, aniž by docházelo k poškozování. Jedná se nejčastěji o kombinaci satelitní navigace na taž-

navigace na tažném prostředku a optické navigace kypřiče. **Optická navigace využívá kamer**, které snímají obraz před sebou (obr. 319). Na základě analýzy obrazu, kdy je možné využít také rozdílných spektrálních vlastností a odrazivosti rostlin a půdy jsou identifikovány řádky rostlin, na které se následně přesně navádí kultivátor. Pro zajištění vyšší spolehlivosti je detekováno více řádků.



Obr. 319: Kamerový systém pro zajištění přesné navigace kultivátoru v meziřadí (foto Kroulík).

Vedle optické navigace bylo také představeno řešení, které využívá **ultrazvukové senzory** (obr. 320). Toto řešení se využívá s výhodou v prostředí, kde se rostliny pěstují například na hrůbcích, kdy je jasně definován tvar, od které je sledován odraz signálu. Mohou to být také například porosty jahod a dalšího drobného ovoce nebo zelenina, která je pěstována na vyvýšeném řádku.



Obr. 320: Ultrazvukový senzor určený pro přesné vedení pracovních sekcí v meziřádku (foto Kroulík).

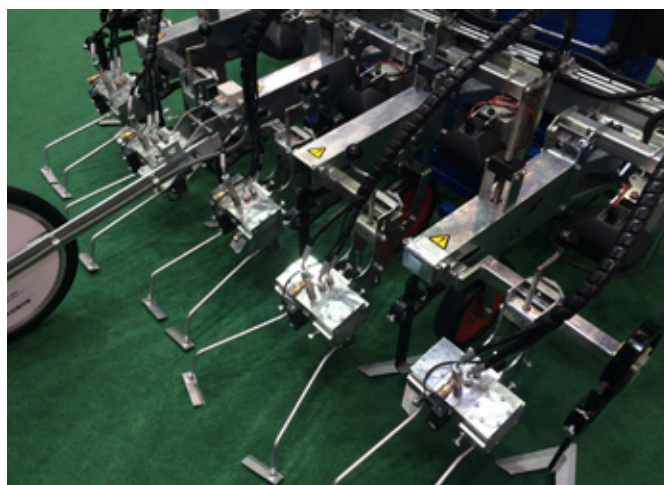
Toto řešení každopádně využívá také **pomocný mezírám**, který se vkládá mezi traktor a samotný kypřič. Ten na základě pokynů z elektroniky celého systému zajišťuje boční posuv celého kypřiče.

V případě, že porost již zcela překryl meziřádek a optická navigace by nedokázala rozpoznat meziřadí, můžeme využít **mechanický hmatáč** (obr. 321), který zajistí shodnou funkci a přesně navádí pracovní nástroje do meziřadí.

Detekce obrazu využívají také systémy, které řídí pracovní nástroje při kultivaci půdy a odstranění plevelů v řádku mezi rostlinami. Toto řešení se využívá nejčastěji u tzv. širokořádkových polních plodin a v porostech polní zeleniny s většími rozestupy mezi řádky. Kamerový systém a řídicí elektronika dává pokyn například výkyvným ramenům podle pozice kulturní rostliny (obr. 322).



Obr. 321: Kombinace optického senzoru a mechanického hmatáče (foto KVERNELAND GROUP CZECH s.r.o., <https://cz.kverneland.com/>).



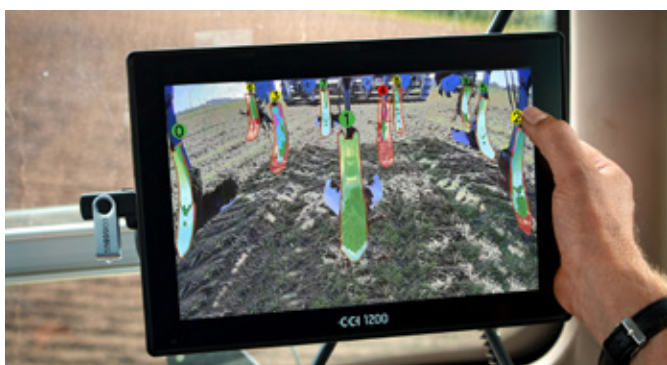
Obr. 322: Výkyvná ramena kultivátoru pro nakypření půdy mezi rostlinami v řádku (foto Kroulík).

Pro potřeby navigace je možné také využít **laserový dálkoměrný senzor**, který se obecně označuje jako LIDAR (Light Detection and Ranging, obr. 323). Senzor proměřuje vzdálenosti od okolních objektů v definovaném úhlu rozevření, v některých případech i 360° s možností vysokého rozlišení až 0,25° v jedné rovině. Zpracováním dat získáváme přehled o svém okolí a tyto informace může využít pro navigaci nebo detekci překážek. Jako další senzor, který nabízí velmi zajímavé výsledky a skýtá potenciál vedle navigace také pro sběr dat, je **3D laserový skener**, nebo též **3D Lidar**. Více než k navigaci se lidary využívají k zajištění bezpečnosti provozu robotů, kdy společně s dalšími senzory vyplňují nedostatky satelitní navigace, jakožto pasivního snímače polohy, bez možnosti sledování svého okolí.



Obr. 323: Lidar umístěný na sloupku snímá v několika rovinách prostor okolo stroje (foto Kroulík).

Kromě navádění se kamerové senzory a další čidla uplatňují při sledování kvality pracovního procesu a stavu nářadí. Tyto prvky budou nezbytné pro nasazení autonomních tažných prostředků. Během otáčení soupravy na souvrati je tak možné na vyzvednutém nářadí pomocí fotografie a prvků umělé inteligence rozpoznat opotřebené nářadí, ztrátu nástroje nebo předpovědět nutnost výměny opotřebeného nástroje (obr. 324).



Obr. 324: Hodnocení stavu opotřebenosti, případně poškození nářadí na základě analýzy obrazu a prvků umělé inteligence prezentováno společností Lemken (foto Kroulík).



Obr. 325: Systémy kontroly činnosti a stavu nářadí (foto Kroulík).

Další prvky mohou sledovat zahloubení nástroje případně ucpávání celého stroje (obr. 325). S požadavky na autonomii se bude uplatňovat a potřeba těchto systémů navyšovat.

19.8. Systémy boční korekce pleček

S ohledem na členitost terénu a požadavek volit směry jízd pokud možno co nejvíce po vrstevnicích je, kromě přesné navigace traktoru, zapotřebí přesné navigace nářadí. Navigace v traktoru jsou vybaveny kompenzací náklonu stroje, které zajistí vedení stroje v požadované linii. Vlivem boční síly působící na polonesené nebo tažené nářadí při práci na svahu dochází k vybočování nářadí z požadovaného směru a trajektorie, ačkoliv se traktor pohybuje ve zvolené linii.

V základu jsou dvě možnosti: 1. možností je **pasivní navádění**, kdy traktor mění polohu najížděním do svahu tak, aby kompenzoval odchýlení nářadí (obr. 326). Nevýhodou tohoto systému je vychýlení traktoru, což je nežádoucí například v systému CTF (Controlled Traffic Farming). Také v případě pásového zpracování půdy nebo setí do hrůbků by docházelo k poškozování nakypřeného pásu nebo hrůbku. V takovém případě lze využít 2. možnost a tou je **aktivní navádění připojeného stroje** do požadované jízdni stopy.

Posun nářadí pomocí aktuátorů

Nejčastěji je u těchto systémů využíván hydromotor umístěný kolmo na pracovní jízdě. Toto řešení se často využívá u **meziřádkových kultivátorů** v podobě vloženého rámu (obr. 327). Posun v požadovaném směru se aktivuje na základě rozpoznávání řádků při plečkování.



Obr. 326: Systém aktivního navádění stroje do požadovaných jízdni stop při práci na svazích pomocí najíždění soupravy proti svahu s doplněním druhé navigace na stroj (foto Brant).

Použití řídicích kotoučů nebo kol

Pro navádění nářadí do požadovaného směru se využívají také **opěrné kotouče nebo kola**, která se natáčejí podle požadavku na směr vedení nářadí. Také v tomto případě je nezbytné využít **druhé antény pro příjem satelitního signálu navigace**.

Natáčení na tříbodovém závěsu.

Posun nářadí do požadovaného směru lze provést také **natáčením celého tříbodového závěsu** pomocí vymezovacích táhel, kdy jsou tato táhla nahrazena hydromotory a ty posouvají ramena závěsu do požadované polohy.



Obr. 327: Mezírám, zařazený mezi traktor a náradí, kompenzuje chybu v navádění příčným posunem náradí. Případné boční síly při posunu zachytávají ostruhová kola (foto Kroulík).

20. Aplikace kapalných látek do půdy jako samostatná pracovní operace

Aplikace kapalných látek do půdy jako samostatná pracovní operace je primárně spojena s aplikací kapalných hnojiv, bakterií, hub a pomocných látek před založením porostů a po jejich vzejití. Vývoj technologie byl odlišný v Evropě a v Severní Americe.

V evropských podmínkách s dominantním zastoupením systémů celoplošného zpracování půdy se vyvíjely systémy tvorby zonálního hnojivového depa s dusíkatým hnojivem. **Injektáží ukládané hnojivo do horní vrstvy půdy** vytváří hnojivové depo, kde se následně rozvíjí i kořenové systémy plodin. Historicky se jednalo o systémy přihnojení porostů **obilnin v jarním období**. V rámci nových postupů se injektážní systémy aplikace začínají při změně konstrukce hrotů injektážních jehel využívat i pro přihnojení porostů obilnin v systémech setí do **nezpracované půdy**, ale také jako nástroj pro aplikaci hnojiv a bioagens do strniště před výsevem tzv. širokořádkových **plodin bez zpracování půdy**, či jako technologický postup pro vnos rozdílných látek v kapalném stavu v **systémech regenerativního zemědělství**. Nově jsou systémy injektážní aplikace kapalných látek využívány i v porostech plodin založených do širokých řádků. Aplikací systémy jsou dnes využívány i při kultivaci během vegetace, při zakládání porostů brambor, či při zonálním hnojení při strip till.

V systémech setí do nezpracované půdy se dlouhodobě rozvíjely systémy přihnojení či aplikace dalších látek zejména plodin vysévaných do řádků s velkou roztečí či ob řádek do plodin s malou roztečí. Pro aplikaci jsou využívány systémy rezných disků, k nimž je hnojivo ukládáno do vytvořené rýhy, nebo technická řešení plochých aplikačních radlic, za které je kapalná látka aplikována.

20.1. Aplikace pomocí injektážních jehel

Technická řešení využívají primárně injektážních jehel umístěných na aplikačním kole. Technologie je známá pod označením CULTAN (Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition). Systém se v podobě prototypu začal ověřovat kolem roku 2000 ve Spolkové republice Německo.

Z hlediska vývoje byl primárně určen pro **zonální hnojení dusíkem** na lehčích půdách, kde dochází k tvorbě hnojivového depa v hloubce kolem 50 až 70 mm půdy (obr. 328). Na přítomnost hnojivového depa velmi dobře reagovaly především obilniny, které na základě chemotropismu vytvářely v místě uložení hnojiva intenzivní kořenovou zónu

čerpání živin. Zásadní význam z hlediska atraktivnosti hnojiv pro kořeny je využití dusíkatých hnojiv s formou NH_4 , které vyvolávají danou pozitivní reakci kořenového systému. Dominantně je metoda úspěšně využívána v Německu.

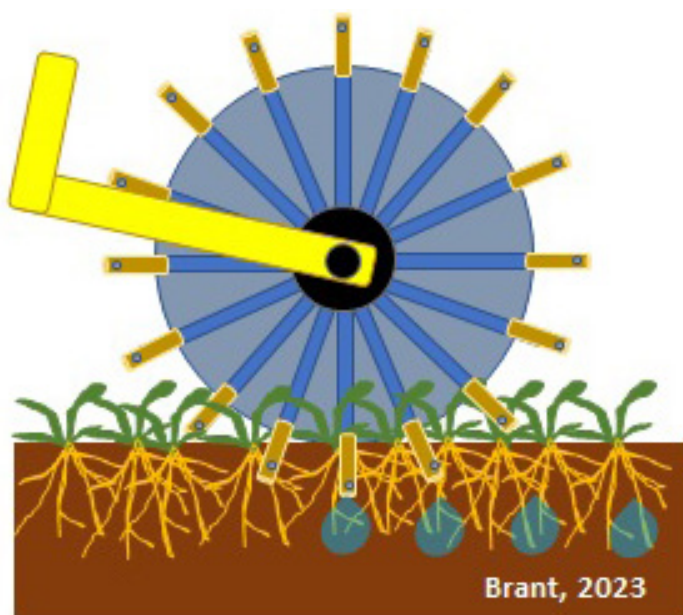


Obr. 328: Stav infiltrace kapaliny do půdy při použití aplikačních jehel s plochým zakončením při aplikaci do vlhké půdy (foto Kroulík).

Základem metody CULTAN je aplikace celé dávky dusíku potřebné pro vegetaci jednorázově. Hnojivo je aplikováno v amonné formě přímo do půdy. Takto aplikovaný dusík je v půdě méně pohyblivý, proto **nedochází k jeho výrazným ztrátám vyplavením či povrchovým smyvem**. Využití dusíku z hnojiva by mělo být vyšší než při konvenčním hnojení v dělených dávkách na povrch půdy, proto pro dosažení stejného výnosu stačí nižší dávky hnojiva. S tím jsou také spjata významná ekologická pozitiva metody CULTAN. Navíc možnost jednorázové aplikace šetří čas, náklady na práci a pohonné hmoty.

Principem metody je bodová zonální aplikace kapalných látek do půdy pomocí **aplikačních jehel s otvorem pro výtok kapaliny** (obr. 329) po straně dřívku, který bývá umístěn v mírném zúžení na dřívku. Systém dávkování kapaliny ve středu aplikačního kola zajišťuje tok kapaliny pouze z aplikační jehly **nacházející se kolmo v půdě**.

Stávající technické systémy využívající metody CULTAN vycházejí z nosného rámu, na kterém jsou umístěna aplikační kola (obr. 330). Součástí stroje je samozřejmě **nádrž na aplikační jichu** umístěná na rámu stroje, při větších záběrech na samostatném podvozku. U malých záběrů strojů lze využít i **čelně nesenou nádrž pro aplikační jichu**.



Obr. 329: Princip metody CULTAN.



Obr. 331: Aplikáčnı kola lze osadit rozdílnými typy injektážnıch jehel (foto Brant).

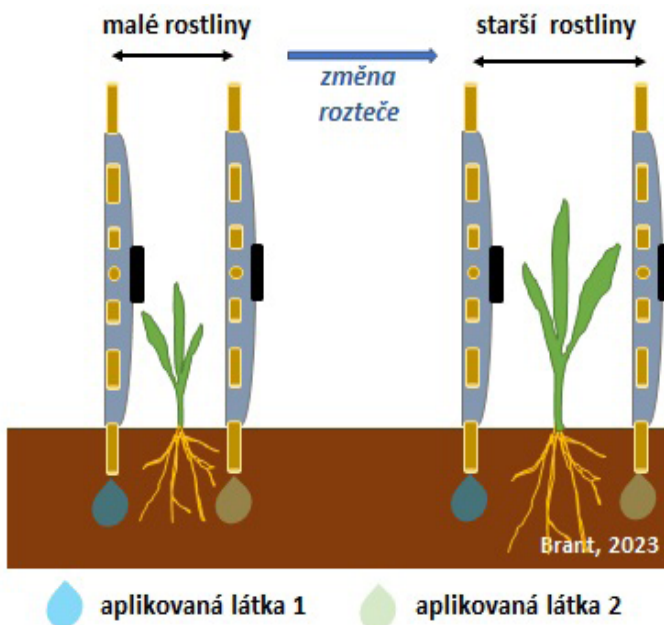
V současné době jsou na trhu dostupné systémy, které zajišťují cílenou boční aplikaci k jedné, či oběma stranám, řádku rostlin pěstovaných v širším sponu (kukuřice setá, řepka ozimá, slunečnice roční apod.). Jedná se o stroje **cíleně vyvinuté pro konkrétnı plodiny s odpovídající roztečí aplikáčnıch kol**. Princip injektážnı aplikace je využíván i u brambor, kdy při výsadbě je pomocí aplikáčnıch kol aplikován dusík do spodní části vzniklého hrůbku.



Obr. 330: Konvenční řešení strojů pro zonální aplikaci kapalných hnojiv (foto Brant).

S nástupem technologií redukovaného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy či do půdy pokryté mulčem meziplodın vyvstala otázka možnosti přihnojení porostů během vegetace, především na začátku jejich vývoje. Zejména v oblastech s nedostatkem srážek je na plochách s větší přítomností rostlinných zbytků na povrchu půdy zásadním způsobem omezena aplikace pevných minerálních hnojiv na povrch půdy. Proto jsou hledány možnosti cílené zonální aplikace kapalných hnojiv ke kořenovému systému do půdy a pod vrstvu mulče.

Významným modifikačním faktorem je tvar aplikáčnıch jehel. Klasické jehly aplikátoru určené pro **pravidelně kultivovanou půdu mají tupé zakončení**, které omezuje jejich pronikání do půdy při vyšší míře utužení. Pro aplikace do těžších půd a obecně do méně kypré půdy jsou aplikáčnı jehly vybaveny koncovkami s ostrým zakončením, které mohou být modifikovány nejen délkou dřıku jehly, ale také tvarem samotné špičky. Tyto technické modifikace jsou využívány především v pěstebnıch systémech Ukrajiny a dalších států nacházejících se směrem na východ od střední Evropy. Na trhu jsou dostupná rozdílná řešení tvaru a způsobu aplikáčnıch jehel (obr. 331).



Obr. 332: Systémy aplikace kapalných látek s variabilní změnou rozteče aplikáčnıch disků a s možností oddělené aplikace dvou kapalných látek.

Přestože prvotním cílem byla aplikace amonnií forem dusíku do hnojivového depa, dochází k ověřování systému bodových aplikací pro další kapalně látky. Kromě dusíku se může jednat o aplikace rozdílných složek kapalných vícesložkových hnojiv pro rychlou reakci rostlin, včetně mikroprvků. Princip aplikace kapalných látek do půdy však zásadním způsobem otevírá možnosti **vnosu bakterií a hub do půdy**, především v systémech setí do **nezpracované půdy a regenerativního zemědělství**. Aplikace rozdílných forem bioagens do půdy v kombinaci s cílenou aplikací k řádku či rostlině, je základem zvýšení efektivity účinku a snížení spotřeby biopřípravků. Aplikace podpůrných látek a živých organismů těmito systémy může být v kombinaci s přesným uložením k rostlině zajímavým intenzifikačním faktorem pro ekologické zemědělství.

Technická řešení umožňující variabilní změny rozteče aplikačních disků (obr. 332) zajišťují možnost aplikace rozdílných kapalných látek s individuálním uložením k rostlině bez jejich smíchání se v půdě (obr. 332). Tyto systémy umožňují především aplikaci dvou látek, které nelze řešit pomocí tank-mixů a je potřeba je uložit odděleně i do půdy. Stroj je poté samozřejmě opatřen dvěma zásobníky, nebo jedním zásobníkem na vodu a dvěma injektážními systémy pro tvorbu aplikační jichy před vstupem do aplikačních rozvodů.

Při injektážní aplikaci je minimalizováno poškození porostu (obr. 333). V rámci technologie je nutné eliminovat tlak tažných prostředků a kol aplikátoru na půdu a omezit poškození rostlin v kolejších stopách.



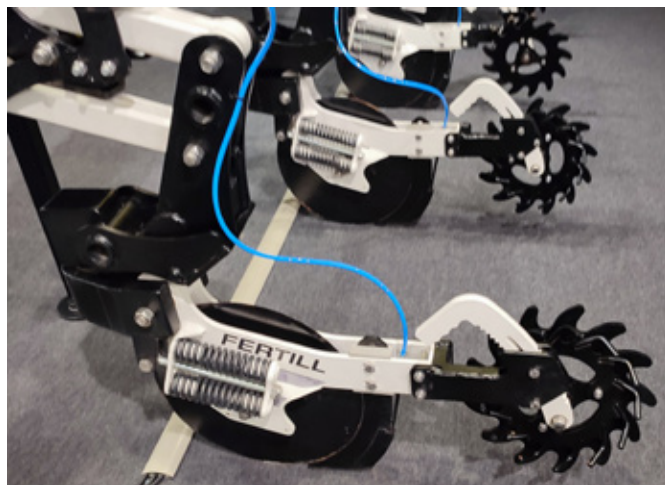
Obr. 333: Injektážní aplikace v porostech obilnin není spojena s poškozením porostů (foto Brant).

20.2. Systémy aplikace za řezný disk či aplikační dláto

V Americe a v Austrálii jsou již delší dobu dostupné **aplikátory hnojiv k řezným diskům**. Tyto systémy jsou z hlediska počtu pracovních nástrojů (vliv na hmotnost stroje) využívány primárně pro plodiny vysévané do řádků s větší roztečí a použitelné by byly i pro tzv. úzkořádkové plodiny, které by se vysévaly do řádků s roztečí 0,25 a více m. Hnojivové **depo tak tvoří souvislý pruh aplikované látky v dané hloubce**. Jedná se o konstrukční řešení se samostatným podvozkiem, na kterém je umístěn zásobník kapalně látky a zavěšen rám nesoucí

řezné disky a aplikátory kapalně látky. Aplikační disky umožňují tvorbu hlubší rýhy pro hnojivo, a to i na **tvrdé půdě**, k tomu napomáhají i systémy přítlaču na řezné disky (obr. 334). Obdobný princip lze využít i při modifikaci konvenčních pleček v rámci evropských podmínek (obr. 335).

Dostupná jsou i řešení využívající aplikaci kapalných látek za **ploché slupice zakončené úzkým dlátem** vytvářejícím rýhu, do které je aplikováno hnojivo. Tyto systémy umožňují hlubší uložení hnojiva do půdy a minimalizují efekt kypření půdy.



Obr. 334: Aplikační disky umožňují tvorbu hlubší rýhy pro hnojivo, a to i na tvrdé půdě, k tomu napomáhají i systémy přítlaču na řezné disky (foto Brant).



Obr. 335: Modifikace plečky pro aplikaci hnojiva za řezný disk k řádku ozimé řepky na jaře (foto Chára).

21. Zpracování půdy a aplikace tekutých organických a statkových hnojiv

Aplikace **kejdy, digestátu a fugátu**, jako tekutých organických a statkových hnojiv, na zemědělskou půdu je spojena s rozdílným vlivem na půdu a ve většině případů je spojena i se systémy jejího zpracování. V souvislosti s omezením ekologických rizik dochází k modifikaci stávajících aplikačních systémů a k vývoji nových technických a technologických řešení. Primárně se z ekologického hlediska jedná o snižování **ztrát amoniaku do ovzduší**. Omezení jeho ztrát **vytěkáním** (volatizací) přináší z ekonomického hlediska zvýšení obsahu dusíku v půdě, a tím i zvýšení ekonomické efektivity technologického postupu. Samotný způsob aplikace samozřejmě není jediným z faktorů, který ztráty amoniaku ovlivňuje. Významnou roli zde hrají půdní podmínky, především obsah vody v půdě, půdní typ, stabilita půdních agregátů, utužení půdy apod. Zapomenout nelze ani na povětrnostní podmínky při aplikaci, svažitost pozemku a další.

Ostatní případné negativní vlivy aplikací (ekologické, energetické a ekonomické) tekutých hnojiv na zemědělskou půdu vyplývající ze způsobů jejich provedení jsou však obecně vnímány méně negativně.

Technické a technologické systémy aplikací tekutých hnojiv jsou však spojeny s následujícími riziky:

- **Zhutňování zemědělských půd** s následným negativním vlivem na vodní, vzdušný a biologický režim půdy a zvýšením rizika vzniku erozních procesů.
- Rizika **ztráty nitrátů v důsledku vyplavení do spodních vrstev** orničního profilu a podzemních vod.
- Zvyšování rizika **zasolení půdy a akumulace obtížněji degradovatelné organické hmoty** v orničním profilu.
- **Vysoká energetická náročnost** vycházející z potřeby transportu a aplikace velkých objemů látek s malým obsahem sušiny a živin.
- Z hlediska rovnosti s konvenční automobilovou dopravou nelze zapomínat ani na produkci **oxidu uhličitého a dalších látek vznikajících při provozu**, zejména diesellových motorů, při transportu a aplikaci hnojiv.
- Vysoké pořizovací náklady na nákup strojů pro aplikaci tekutých statkových a organických hnojiv do půdy, zejména v souvislosti s produkcí bioplynu u podniků bez živočišné výroby.
- Možný **negativní vliv na vývoj porostů polních plodin**, včetně rizika kontaminace škodlivými organismy pro hospodářská zvířata a člověka. Nadměrná hmotnostní zátěž komunikací při jejich přepravě a výrazné poškození půdy při transportu a plnění zásobníků aplikátorů na okrajích pozemků.
- **Omezení termínů aplikace a úzká struktura plodin** na orné půdě snižuje možnosti jejich použití v rámci pěstebních systémů.

21.1. Eliminace zhutnění půdy

Zásadním problémem je vliv na půdu. Neustále diskutovanou problematikou je riziko zhutnění půdy v důsledku **přejezdů aplikační techniky**. Z hlediska omezení utužení půdy při aplikaci spojené s jízdou pracovní soupravy po pozemku se jedná o několik systémů, které vycházejí z omezení **tlaku pneumatik** (obr. 336) či **pásů** na půdu (obr. 337), ze zvýšení celkové kontaktní plochy pneumatik či pásů s půdou, z omezení hmotnosti aplikační soupravy pomocí transportu kapalných hnojiv hadicovým systémem k aplikátoru (obr. 338) a ze zvýšení pracovního záběru z důvodu zvýšení rozteče stop souprav. Obrázek 339 dokládá technické možnosti eliminace utužení půdy při aplikaci tekutých hnojiv.

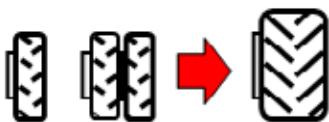


Obr. 336: Snižování tlaku v pneumatikách a využití krabího chodu je jednou z možností snížení utužení půdy (foto Brant).



Obr. 337: Náhrada pneumatik u tažných prostředků a zásobníků tekutých hnojiv pásy (foto Kroulík).

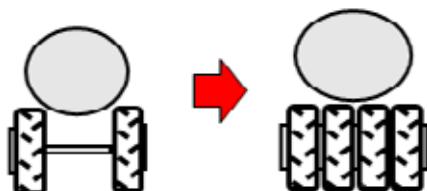
1. Zvyšování šířky pneumatik a snižování tlaku v pneumatikách u zásobníků tekutých hnojiv pohybujících se po pozemku a u tažných prostředků, či nosičů nástaveb.



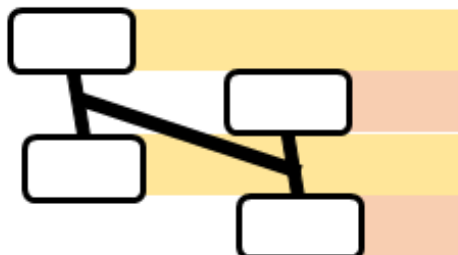
2. Využití vyššího počtu náprav nebo pásových podvozků u zásobníků tekutých hnojiv pohybujících se po pozemku.



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



4. Využití krabího chodu u nosičů nástaveb.



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



Obr. 339: Technické možnosti omezení zhutnění půdy při aplikaci tekutých hnojiv (zdroj Brant).



Obr. 338: Systémy vlečných transportních hadic lze využít u samojízdných, tak tažených strojů (foto Brant).

Literární údaje poukazují na skutečnost, že využití širokých pneumatik není uspokojivým řešením. Pásové podvozky snižují tlak v půdě ve srovnání s pneumatikou především v horní vrstvě půdy, ale jeho **přenosu do podorníci nezabrání**. Osazení strojů pásovými podvozky výrazně **zvyšuje jejich hmotnost vůči použití pneumatik**.

Výše uvedeně možnosti snížení vlivu přejezdů na utužení, mnohdy spíše zhutnění, půdy, však nezajišťují dostatečnou eliminaci těchto rizik. Při **vyšší vlhkosti půdy vždy dochází k jejímu utužení**, či vzniku kolejí. Na suché a slehlé půdě, např. po sklizni obilniny, je tento efekt výrazně redukován. Dochází-li souběžně s aplikací kejdy k jejímu zapravení do půdy, jsou vzniklé stopy a utužení půdy redukovány jen částečně. V místě kolejových stop může při použití kypřících radlic docházet pouze k proříznutí rýhy, která vytvoří menší prostor pro aplikované hnojivo, včetně jeho omezeného uložení do spodních vrstev půdy, ale v důsledku bočního utužení či umáznutí stěn rýhy i k omezené infiltraci tekuté frakce do půdního profilu (obr. 340). Při použití talířových kypřičů pro zapravení může dojít na utužené půdě k **tvorbě větších půdních částic**, většinou vykazujících polyedrickou až kostkovou strukturu, mezi kterými je sice dostatek prostoru, ale opět je omezena infiltrace kapalné části hnojiv do agregátů vzniklých hrubým rozmělněním utužené půdy. Mnohdy je polyedrický stav půdní struktury dobře patrný na povrchu půdy a ovlivňuje i vývoj porostů (obr. 341). Otázkou je rovněž využití krabího chodu u samojízdných prostředků pro aplikaci tekutých hnojiv. Omezením druhého přejezdu pneumatiky sice dochází ke snížení utužení půdy, ale stále platí, že **nejvyšší kompresi půdy vyvolává vždy přejezd první**.

Vliv stopy kola traktoru na infiltraci vody do půdy při kypření (strukturu a neutužená půda)

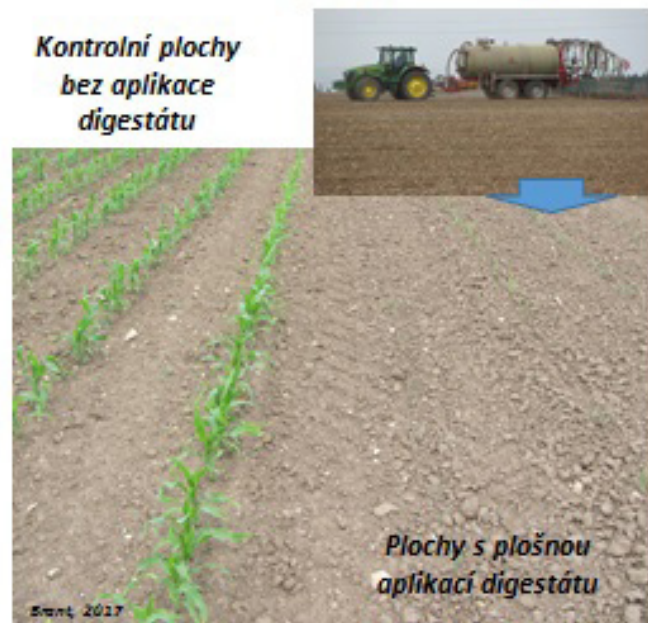


Vliv utužení půdního profilu na infiltraci vody do půdy při kypření



Obr. 340: Vliv stavu půdy na práci kypřících nástrojů.

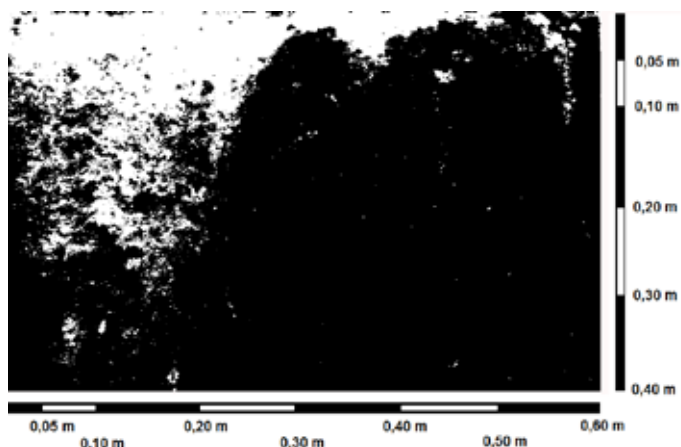
Stav porostů kukuřice na plochách s jarní plošnou aplikací digestátu s následným zapravením do půdy a na kontrolní ploše (29.5.2012)



Obr. 341: Stav porostů kukuřice na plochách s plošnou aplikací digestátu a bez aplikace. Utužení půdy vedlo k tvorbě velkých půdních agregátů, a tím ke snížení množství vody v horní vrstvě půdy, což výrazně zpomalilo i růst rostlin (zdroj Brant).

Ještě větší význam však hraje **utuhnutí či zhutnění půdy a tvorba kolejí** při aplikaci tekutých hnojiv do porostů polních plodin, při přihnojení za vegetace, nebo u trvalých travních porostů. Zvýšení kontaktní plochy a snížení tlaku v pneumatikách jednoznačně omezují tlak na půdu, ale i tak k ovlivnění vývoje porostů dochází. Podle zahraničních údajů vedla povrchová aplikace kejdy na suchou půdu do porostů obilniny ke snížení výnosu v místech kolejí o 11,6 % vůči nepřejeté ploše. Na základě systému aplikace činila celkově přejetá plocha 22 % z plochy pozemku, tím v konečném důsledku klesl průměrný výnos na pozemku o 2,5 až 3 %. Únosnost půdy z hlediska přejezdů mechanizace však může být limitující pro funkci samotných aplikátorů tekutých hnojiv do půdy. Suchá půda snižuje infiltraci u systémů využívajících princip tvorby mělkých aplikačních rýh s následnou aplikací hnojiva hadicí ukončenou aplikační botkou. U suchých půd hrozí rovněž **rychlá změna struktury půdy v důsledku nabobtnání a následného rozpadu půdních agregátů** v okolí aplikace hnojiva, čím se následně opět omezí infiltrační procesy.

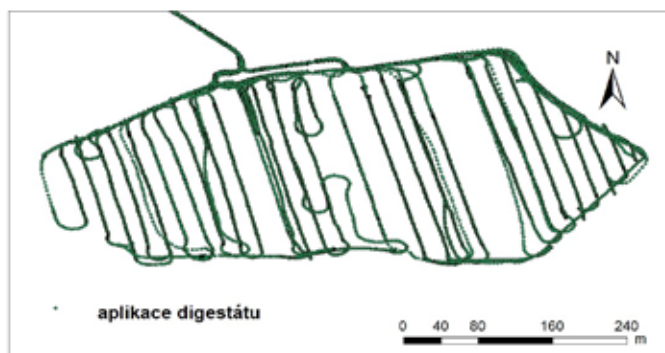
Při aplikaci tekutých hnojiv do porostů tzv. širokořádkových plodin (zejména u kukuřice) může rovněž docházet k poškození rostlin při průjezdu porostem, nebo jejich zničení. I zde je nutné následně počítat s redukcí výnosu, protože u kukuřice je počet rostlin na jednotku plochy výnosotvorným prvkem. Kolejové stopy výrazně zvyšují riziko eroze v jejich trajektoriích z důvodu poklesu infiltračních schopností půdy (obr. 342). Povrchové a podpovrchové utužení půdy, včetně vymáčknutí kolejových stop, dává vhodné podmínky pro odtok.



Obr. 342: Vliv přejezdu kola traktoru na infiltraci vody do půdy v porostech kukuřice před sklizní (pravá část obrázku). Bílá barva znázorňuje infiltraci vody a černá půdu (zdroj Kroulík).

21.2. Pohyb souprav po pozemku a transport

Zásadním problémem je otázka plánování pohybu aplikátorů tekutých hnojiv po pozemku. K výraznému zatížení pozemků stopami techniky přispívají aplikace **spojené s návratem prázdných cisteren zpět na souvat** za účelem doplnění hnojiva (obr. 343). Nejproblematičtější jsou případy, kdy délka pozemku několikrát převyšuje kapacitu nádrže při dané aplikační dávce a soupravy se vrací k naplnění a zpětně najíždějí přes již vyjeté koleje k dokončení aplikace. Primárním požadavkem je volba systému přejezdů, který **zajistí přejetí pozemku bez potřeby doplnění hnojiva**. Zde je nutné uvažovat o optimalizaci velikosti zásobníku a pracovního záběru ve vztahu k aplikovaným plochám.



Obr. 343: Záznam přejezdů při aplikaci digestátu. Některé části pozemku jsou vystaveny vysoké zátěži od kol (zdroj Kroulík).

Další možností je i **variabilita dávkování** nejen ve vztahu k vlastnostem půdy či potřebám porostu, ale i optimalizace dojezdové vzdálenosti. Výhodnou optimalizací pro efektivitu jízdy je zajištění plnění souprav na obou stranách pozemku. Tu lze řešit přítomností přepravních cisteren, nebo pomocí mezizásobníků (obr. 344).



Obr. 344: Mezizásobníky tekutých hnojiv zvyšují nejen výkonost pracovních linek, ale mohou přispět ke snížení počtu nepracovních jízd po pozemku (foto Farmet a.s., <https://www.farmet.cz/>).



Obr. 345: Automobilové návěsy umožňují transport velkých objemů tekutých hnojiv a umožňují plnění nádrží aplikátorů z komunikace. Problémy však může činit jejich stání na komunikaci při přečerpávání hnojiv (foto Brant).

Z důvodu omezení zatížení souvratí přejezdy aplikační a transportní techniky je vhodné **hnojiva přečerpávat z transportních prostředků stojících mimo pozemek** (obr. 345) do mezizásobníků nebo přímo do zásobníků s aplikátorem. V současné době se jedná o následující systémy transportu kapalných organických hnojiv na půdní blok či jeho díl:

- 1. Přímý transport aplikační cisternou z jímky na půdní blok.** Systém se vyznačuje nízkou efektivitou práce v důsledku nepracovních transportních jízd soupravy, časem potřebným pro přípravu aplikátoru do pracovní polohy a jejím opětovným složením do transportní polohy. Dále lze u systému očekávat vyšší procento pojezdů soupravy po pozemku při opětovném najíždění a vyjíždění z naaplikované plochy. Výrazné bezpečnostní riziko představuje i znečištění komunikací.
- 2. Transport kyvadlovou dopravou na pole.** Zde se jedná o systém s rozdílnou možností využití transportních prostředků. Jedná se o návěsné traktorové cisterny, samojízdné automobilové cisterny, které mohou být doplněny přívěsnými cisternami, až o využití velkoobjemových návěsů agregovaných za nákladní taháče. Systém zvyšuje efektivitu práce. Ve srovnání s předchozí variantou však vyžaduje nejen vyšší úroveň vybavení podniku transportní technikou, ale i pracovníky. Tyto systémy jsou mnohdy spojovány s možností plnění aplikátoru z transportního prostředku, který stojí mimo hranice pozemku. Zásadním problémem pro plnění aplikátoru z dopravního prostředku stojícího mimo pozemek jsou bezpečnostní rizika při zastavení přepravního prostředku na dopravní komunikaci. Krajinné zásahy většinou s obdobnými technogenními systémy využití nepočítají a technická obsluha transportních bloků je státem dlouhodobě opomíjena.

3. Opomenout nelze ani **systémy využívající mezizásobníky organických kapalných hnojiv** zajišťující optimalizaci dostupnosti hnojiv pro aplikátory. Mezizásobníky jsou kontinuálně doplňovány transportními prostředky. Využití mezizásobníků umožňuje zvýšení kontinuity práce aplikátorů a přepravníků, ale opět se setkáváme s potřebou optimalizace jeho umístění a efektivitou přepravy.

4. Na základě literárních údajů lze považovat transportní systém kapalných hnojiv využívajících nákladní vozidla s cisternou o kapacitě 27 m³ z hlediska provozních nákladů za efektivnější ve srovnání se systémem traktorových cisteren o objemu 21 m³. Při dopravní vzdálenosti do 5 km se přepravní náklady pohybují u obou systémů přibližně do 2,5 €/m³. Při dopravní vzdálenosti 50 km se u přepravy nákladními automobily pohybují náklady do 6 €/m³ a u traktorových souprav poté téměř 15 €/m³. S narůstající přepravní vzdáleností poté rozdíl dále narůstají.

Z hlediska vlivu aplikací na půdu lze očekávat rozdílný vliv aplikací v závislosti na systému zpracování půdy. Půda v systémech redukovaného zpracování vykazuje vyšší odolnost vůči zatížení, přibližně v rozmezí 50 až 160 kPa. Na oraných pozemcích jsou hodnoty zatížení nižší o 8 až 65 kPa. Z tohoto důvodu lze u systémů s dlouhodobě prováděným kypřením očekávat při tlaku 100 kPa hloubku kolejí přibližně do hloubky 20 mm, u orby 50 mm. Při překročení tlaku 100 kPa však u obou systémů dochází k poklesu objemové hmotnosti půdy na stejnou hodnotu. Transport materiálů po pozemku vykazuje nejvyšší vliv na snížení vzdušné kapacity půdy z důvodu jejího vysokého zatížení.

21.3. Aplikace a agrotechnické požadavky

Aplikace tekutých hnojiv na povrch půdy rozstřikem je v dnešní době považována za téměř nepřijatelnou, i když se změnila tvorba rozstřikového kužele a následného dopadu hnojiva na půdu, včetně aplikací pomocí menšího počtu rozstřikových koncovek umístěných na rámu za cisternou. Tyto způsoby zvyšují rovnoměrnost aplikace hnojiv.

Hadicové aplikátory s pouhým uložením hnojiva na povrch půdy během vegetace narážejí při vyšších obsahích sušiny (především u kejd) na problém rychlého odpaření vody při suchém počasí a suché půdě, čímž vzniká na povrchu půdy krusta tvořená rostlinným materiálem, jehož degradace je velmi pomalá. K obdobným problémům může docházet i při aplikaci hustějších hnojiv pomocí hadicových systémů s aplikační botkou a u systémů s tvorbou mělké aplikační rýhy a následnou aplikací pomocí aplikačních botek do rýhy. **Využití aplikačních botek zvyšuje riziko ucpávání aplikačních koncovek a hadic.**

Diskutabilní je stále otázka vlivu stavu půdy a jeho modifikace při aplikaci ohledně následných ztrát živin. Obdobně jako při každém zpracování půdy dochází i při zapravování tekutých hnojiv k ovlivnění prostorového uspořádání půdní hmoty. Tím se mění fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Při zapravení tekutých hnojiv vstupuje do procesu další faktor, a to je vnos vody. Významným faktorem z hlediska kvality práce je samotná **vlhkost půdy ve vztahu k retenční schopnosti půdy**. Od toho stavu se odvíjí dávka aplikovaného

tekutého hnojiva tak, aby nedošlo k překročení zádržné schopnosti půdy. V rámci aplikací se rovněž příliš nepočítá s vlivem pevné frakce na ucpání infiltračních cest v půdě.

Při nedostatečné infiltrační a retenční schopnosti půdy pro tekutá hnojiva nebo nedostatečném prokypření půdy dochází k **vytékání hnojiva na povrch půdy, či k jeho podpovrchovému odtoku** v rámci pozemku. Tím dochází ke zvyšování rizik ztrát amoniaku do ovzduší. Způsob aplikace hnojiv ve vztahu ke způsobu zapravení je považován za jeden z hlavních faktorů ovlivňujících ztráty amoniaku. U plošných aplikací se uvádí ztráty amoniaku až do výše 80 % vneseného dusíku při teplotách vzduchu 25 °C. S poklesem teploty vzduchu (pod 15 °C) a s nižší rychlostí větru pod 1 m/s klesají ztráty přibližně na hodnotu 55 - 75 %. **Vyšší teploty vzduchu a vítr** obecně **zvyšují ztráty amoniaku u všech aplikací**. Nižší ztráty ve srovnání s povrchovou aplikací jsou u hadicových aplikátorů a následně u hadicových aplikátorů vytvářejících mělkou aplikační rýhu s následným transportem hadicí s aplikační botkou do půdy. U povrchových či mělkých injektážních aplikací je rozdíl i z hlediska ztrát nitrátového dusíku. Při povrchové aplikaci s následným zapravením má na ztráty vliv jak hloubka a kvalita zapravení, tak vodní režim půdy ve vztahu ke srážkám, a samozřejmě vývoj porostů.

Obecně nižší ztráty amoniaku jsou uváděny při zapravení hnojiv do půdy přímo při aplikaci, nebo při injektáži. I zde však může docházet k situacím, že systémy mohou vykazovat opačné vlivy na omezení ztrát dusíku do ovzduší či do spodních vrstev, než jsou obecně uváděné informace. Zásadní vliv na ztráty amoniaku má samozřejmě kvalitativní složení, u kejdy např. původ (kejda prasat, skotu, drůbeže apod.). Vědecké studie uvádějí, že při injektážní aplikaci kejdy pomocí strip till bylo v horní vrstvě ornice (0 – 0,3 m) stanoveno větší množství nitrátového a amoniakálního dusíku ve srovnání s povrchovou aplikací s následným zapravením do půdy.

Každý z doposud využívaných systémů aplikace vykazuje odlišné vlastnosti z hlediska omezení ztrát živin, požadavků na stav půdy, vlivu na utužení půdy, plošného výkonu apod. Dosavadní systémy lze rozlišit zejména z hlediska hloubky uložení hnojiv a **intenzity jejich promíchání s půdou**. V kejdě, digestátu nebo fugátu je obsah nitrátového dusíku podstatně nižší než obsah amoniakálního dusíku a nitráty se v půdě tvoří až následně, což lze regulovat termínem a způsobem aplikace nebo použitím inhibitorů nitrifikace.

21.4. Cílená povrchová aplikace pomocí hadicového aplikátoru

Systémy hadicových aplikátorů výrazně nahradily v dřívější době dlouhodobě využívané systémy plošného rozstříku, které jsou však na trhu stále dostupné. Zásadní výhodou systémů, vůči původnímu plošnému rozstříku, byla **vyšší rovnoměrnost aplikace** a cílená aplikace do meziřádků plodiny (obr. 346). Jednoznačnou výhodou tohoto technického řešení je možnost dosažení vysokého pracovního záběru.

Z hlediska pouze povrchové aplikace a možnosti využití připojených nosných konstrukcí hadicových systémů lze dosáhnout pracovního záběru až na hranici 34 m. Limitujícím faktorem pro uplatnění rámců s velkým pracovním záběrem je však velikost a tvar pozemků a potřeba **vysoké kapacity zásobníků**, a tím i nárůstu hmotnosti souprav.

S poklesem rozteče hadicových aplikátorů klesá množství aplikované suspenze, čímž se snižuje riziko rozplavení povrchu půdy a není přetěžován infiltrační potenciál půdy. Z hlediska nově vznikající legislativy však tyto systémy narážejí na omezení z hlediska ztrát amoniaku volatilizací. Dalším faktorem je zvýšené riziko smyvu při srážkových událostech ve srovnání s technologiemi zapravení hnojiv do půdy.



Obr. 346: Cílená povrchová aplikace pomocí hadicového aplikátoru (foto Brant).



Obr. 347: Rozdílné způsoby zakončení hadicových aplikátorů pro povrchovou aplikaci tekutých hnojiv (foto Brant).

Hadicové aplikátory vykazují dobrou průchodnost i pro hnojiva s vyšším obsahem sušiny.

Při plošné aplikaci na půdu bez vegetačního krytu je nutné provést **následné zapravení daných hnojiv do půdy**. Okamžité zapravení může být však limitováno rozplavením horní vrstvy půdy, které vede k pozdějšímu provedení zpracování půdy, čímž dochází ke ztrátám amoniaku. Z důvodu omezení kontaktu tekutých hnojiv s rostlinami při aplikaci během vegetace, ale i z důvodu cílenější aplikace na půdu jsou hadice osazovány rozdílnými aplikačními botkami, které nejsou vybaveny rýhovači (obr. 347).

Využití systémů cílené povrchové aplikace je zásadním způsobem omezeno na půdě s předchozím hlubším kypřením, či na půdě se sníženou únosností v důsledku zvýšené vlhkosti, kde dochází ke zhutnění půdy v kolejových stopách a k následnému omezení infiltrace organických hnojiv do půdy (obr. 348). Obecně lze u systémů povrchové aplikace doporučit **omezení aplikace kapalných organických hnojiv do míst kolejových stop**.

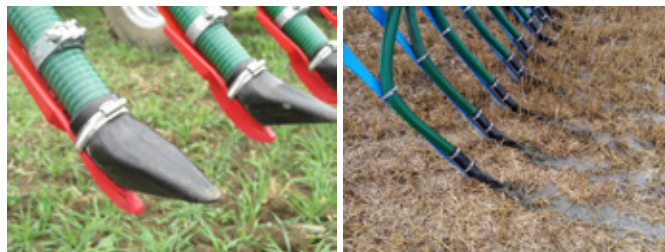


Obr. 348: Využití systémů cílené povrchové aplikace je zásadním způsobem omezeno na půdě s předchozím hlubším kypřením, či na půdě se sníženou únosností v důsledku zvýšené vlhkosti, kde dochází ke zhutnění půdy v kolejových stopách a k následnému omezení infiltrace organických hnojiv do půdy (foto Brant).

21.5. Cílená velmi mělká aplikace do povrchové vrstvy s částečným zapravením do půdy pomocí hadicového aplikátoru s rýhovači

Výše uvedená rizika povrchové aplikace hadicovými aplikátory (emise, ohrožení vodních zdrojů a ztráty amoniaku do ovzduší, lepší využití hnojiv rostlinami apod.) vedla k technologickým změnám. Jejich cílem bylo podpořit **částečné zapravení**, či podpoření **infiltrace**, organických a statkových tekutých hnojiv do půdy. Dalším důvodem byl vývoj technologií, které umožní efektivní aplikaci tekutých hnojiv do travních porostů, tedy tam, kde je potřebné minimalizovat kontakt rostlin s hnojivem a zajistit jeho rychlejší vsáknutí do půdy. Z tohoto důvodu byly konce hadicových aplikátorů osazeny rýhovači vytvářejícími primární vstup hnojiv, nebo alespoň kapalně složky suspenze do půdy. Rýhovače však nemusí vytvářet dostatečný prostor pro zadržení a následnou infiltrace hnojiva. **Rýhovače umístěné přímo na aplikačních botkách se vyznačují menším přitlakem**, a tím i tvorbou mělkých

rýhy (obr. 349). Systém rýhovačů lze využít i pro aplikaci do strniště po sklizni obilnin, což přispívá k lepšímu umístění organických kapalných hnojiv pod rozdrčenou slámu ponechanou na strništi (obr. 350).



Obr. 349: Rýhovače umístěné přímo na aplikačních hadicích zakončených aplikační botkou (foto Brant).



Obr. 350: Systém rýhovačů lze využít nejen pro přihnojení do vzešlých porostů obilnin, ale také k aplikaci na strniště (foto Brant).

Pro zajištění tvorby hlubší infiltrační rýhy jsou dnes využívány tzv. tuhé konstrukce, které využívají většinou **řezných disků pro proříznutí či vymáčknutí aplikační rýhy**. Většinou se z hlediska konstrukce objevují řezné disky vytvářející rýhu s příčným průřezem ve tvaru „v“ nebo dvojice řezných rozevřacích talířů. Na disky navazuje aplikační botka usměrňující tok hnojiva do rýhy (obr. 351).



Obr. 351: Rýhovače pro tvorbu infiltrační rýhy pomocí disků nebo talířů (foto Brant).

21.6. Cílená mělká aplikace do povrchové vrstvy s částečným zapravením do půdy s využitím šikmých talířů

Prostor pro aplikaci hnojiva zde vytvářejí šikmo umístěné talíře, které **bočně nadzvedávají půdu** a ukládají do ní hnojivo (obr. 352).

Využitelné jsou pro aplikace po sklizni plodiny na strništi, případně do zpracované půdy, především však do travních porostů. U travních porostů bývají za disky umísťovány ještě přítlačné válečky, které umačkávají nadzvednutou půdu.



Obr. 352: Systémy otevření půdy pomocí šikmo postavených talířů (foto Brant).

21.7. Aplikace se souběžným celoplošným mělkým zapravením do půdy s hadicovým transportem ke kypřicím talířům

Cílem těchto systémů je celoplošné zapravení tekutých hnojiv do půdy na základě jejich okamžitého zapravení pomocí talířových kypřičů (obr. 353). Systém **omezuje emise amoniaku** a **zvyšuje efektivitu využití živin**. Principem mělkého zapravení hnojiva do půdy je zpracování půdy pomocí talířů, za které je aplikována kejda či digestát. Disky



Obr. 353: Souběžné celoplošné mělké zapravení do půdy s hadicovým transportem ke kypřicím talířům (foto Brant).

kypří půdu a proud zeminy rozmělněný diskem přispívá k zapravení hnojiva. Rozložení hnojiva v půdním profilu a infiltrace tekuté složky do půdy jsou ovlivněny parametry rýhy vytvořené diskem. Intenzita zapravení kejdy či digestátu je výrazně ovlivněna půdními vlastnostmi (vlhkost půdy, utužení, výška strniště apod.). Retenční prostor pro kapalnou složku se vytváří zejména ve zpracované vrstvě půdy.

21.8. Mělké či hlubší zapravení do půdy pomocí aplikačních radlic či dlát

Omezená hloubka kypření půdy, a tím i hloubka uložení kejdy či digestátu, snižuje možnost jejich uložení do spodních vrstev, která přispívá k poklesu ztrát amoniaku do ovzduší a zároveň využití vnesených živin v pozdější době vývoje porostů. Aplikace hnojiv za dláta **vykazuje menší rovnoměrnost rozložení v půdě**, neboť jsou hnojiva ukládána do rýh vytvořených dlátem. S hloubkou kypření narůstá samozřejmě tahový odpor stroje a narůstají požadavky na tahovou sílu, tato skutečnost vyvolává i snížení pracovního záběru aplikátorů. Snížení pracovního záběru aplikátorů je spojeno se zvýšeným rizikem utužení půdy a nárůstem počtu přejezdů. O infiltračních podmínkách a retenční schopnosti půdy zadržet tekutý podíl hnojiv rozhoduje míra utužení dna a stěn trajektorie rýhy po kypřicím nástroji. **S hloubkou kypření se rovněž zvyšuje rozteč mezi pracovními nástroji**. Při utužení půdy při průchodu pracovního nástroje vytváří retenční prostor nakypřená část zpracované půdy v kypřené rýze. Tvar a geometrie pracovních nástrojů a slupic může být velmi variabilní. Dominantní zastoupení na strojích této konstrukce mají jednoduchá dláta umístěná na odpružených slupicích (obr. 354).



Obr. 354: Mělké či hlubší zapravení do půdy pomocí aplikačních dlát (foto Brant).

21.9. Injektážní podpovrchová aplikace do hlubších vrstev s celoplošným zpracováním povrchu pozemku

Jednou z technologických možností je provádění hlubšího zapravení kejdy a digestátu do mělce či hlouběji zpracované půdy. Injektážní aplikace se obecně vyznačuje zvýšením potřeby tahové síly a nižšími

záběry injektážních aplikátorů. S poklesem pracovního záběru však **značně narůstá počet přejezdů po pozemku** a tím i zhutnění půdy. Na omezení začíná injektážní aplikace narážet při použití na středně těžkých až těžkých půdách, kde dochází k utužování půdy pod injektážními radlicí, které snižuje možnost infiltrace kapalné složky do půdy a v místě aplikace poté nastává výrazné rozplavení půdy. S rozvojem pásového zpracování půdy (strip till) začíná být injektážní aplikace využívána především v těchto systémech.

21.10. Injektážní podpovrchová aplikace při pásového zpracování půdy

Technologie injektáže do půdy při pásového zpracování půdy jsou v současné době považovány za **jedny z nejperspektivnějších**, proto je jim věnována největší pozornost. Technologie pásového zpracování půdy jsou vhodné pro injektážní aplikaci kejdy nebo digestátu do půdy, především při pěstování kukuřice. Podpovrchová aplikace kejdy a digestátu přispívá zejména k eliminaci uvolňování emisí amoniaku do atmosféry a zároveň omezuje její pachové znečištění. Dostupné zdroje uvádějí, že dosavadní výsledky pokusů v Německu potvrzují pozitivní vliv použití stabilizátorů dusíku u organických hnojiv, které zpomalují mikrobiologickou přeměnu amonného dusíku na dusík nitrátový. Amonná forma dusíku se rovněž pozitivně projevuje **na vývoji kořenového systému** v hloubce aplikace kejdy. Literární prameny poukazují na skutečnost, že 90. a 125. den po injektážní aplikaci kejdy byl vyšší obsah amonné formy dusíku ve vrstvě půdy 0, - 0,3 m ve srovnání nitrátovou při využití stabilizátorů dusíku. Bez jejich použití byla v půdě dominantní forma nitrátová. Kombinace pásového zpracování půdy a injektážní aplikace rovněž nevyžaduje další zpracování půdy, což je obecně vnímáno jako výhoda této technologie. Dostupné studie poukazují na snížení ztrát dusíku do spodních vrstev půdy při aplikaci kejdy při strip till ve srovnání s její plošnou aplikací a s následným zapravením do půdy v porostech kukuřice. Tuto skutečnost spojují s lepším prokořeněním půdy a vyšším využitím dusíku rostlinami kukuřice seté. Zejména v suchých oblastech nebo při vlhkém průběhu počasí může aplikace kejdy při pásového zpracování půdy, v kombinaci se **stabilizátorem dusíku**, zvýšit výnos kukuřice až o 10 % ve srovnání s konvenčními postupy.

Dávka kejdy či digestátu by při aplikaci do nezpracované půdy neměla vést k rozplavení půdy v okolí depa a tím k poškození půdní struktury (obr. 355). Při strip till by dávka digestátu neměla překročit 40 m³ na hektar, v praxi se však jedná o hodnoty nižší. Obecně jsou doporučovány dávky v rozmezí 10 – 30 m³ na hektar. S vyšší dávkou kejdy, nad 30 m³/ha, rovněž narůstá riziko možného negativního ovlivnění klíčivosti semen a vzházyvosti rostlin v důsledku vztlínání hnojiva do blízkého okolí osiva, a to zejména v případech, kdy vzdálenost mezi uloženým osivem a vrchem depa s kejdou je menší než 70 mm. Vzdálenost 70 – 80 mm mezi uloženým osivem a vrchní částí depa je považována za optimální i z hlediska vývoje rostlin, protože tuto vzdálenost překonávají kořeny v době, kdy jsou již schopny živiny z kejdy nebo digestátu využít. Při aplikaci organických hnojiv injektáží nesmí docházet k tvorbě tunelu s utuženými stěnami v místě ukládání hnojiva při průchodu kypřicí radlice s aplikátorem půdou.

Vznik těchto „drenáží“ může vést k podpovrchovému odtoku kejdy či digestátu a k následnému **vyplnění tohoto prostoru vzduchem**. Po aplikaci hnojiva je totiž potřebné zajistit jeho infiltraci do okolní půdy a neomezit její následné slehnutí. Utužené stěny okolo depa vytváří pevnou klenbu, ta může omezovat dokonalé slehnutí půdy a rozvoj kořenů do spodních vrstev půdy. Přítomnost vzduchu v prostoru depa s pevnými stěnami omezuje vztlínání vody v profilu kypřeného pásu. Důsledkem je opět nižší klíčivost semen a vzházyvost rostlin.

Jarní aplikace kejdy či digestátu při pásového kypření je samozřejmě spojena s rizikem utužení půdy. Základem omezení zhutnění půdy je vstup na pozemek za vhodné půdní vlhkosti. Při podzimních aplikacích tekutých organických a statkových hnojiv injektáží je jednoznačně doporučeno použít stabilizátory dusíku. Jarní aplikaci kapalných hnojiv injektáží lze doporučit na lehkých půdách, na půdách s vyšším obsahem prachu a jílu je však potřebné ji provést na podzim. Aplikace tekutých hnojiv pomocí **strip till na těžkých půdách** je dnes obecně **považována za nevhodnou**.

Pro injektážní aplikaci kejdy či digestátu v systémech pásového zpracování jsou využívány běžné kypřiče pro provedení strip till osazené aplikátory hnojiva (obr. 356). Využívány jsou i systémy s dvojí



Obr. 355: Vznik půdního „tunelu“ po aplikaci kejdy skotu (dávka 35 m³/ha) v důsledku negativního vlivu kejdy na půdní vlastnosti ve spodní vrstvě ornice (foto Brant).



Obr. 356: Většina strojů pro aplikaci tekutých hnojiv vychází z koncepce aplikace hnojiva za kypřicí radlici (foto Brant).



Obr. 357: Kypřiče s bočně zahnutou deskovou slupicí zakončenou dlátem (foto Brant).

hloubkou ukládání tekutých hnojiv. Odlišný způsob uložení kejdy či digestátu nabízejí kypřiče s bočně zahnutou deskovou slupicí zakončenou dlátem (obr. 357). Tímto způsobem je zajištěno rovnoměrnější rozmístění hnojiva v půdě a zvyšuje se také plocha pro čerpání živin kořeny. Systém eliminuje vznik kanálků, zlepšuje podmínky pro vsáknutí hnojiva a zamezuje vytékání hnojiva k povrchu půdy.

21.11. Systémy zapravení do infiltračních zón

Princip technologie vychází z tvorby infiltračních rýh umožňujících **horizontální rozptýlení kapalných organických hnojiv v půdním profilu**. Cílem je tvorba cílených zón uložení hnojiva s eliminací rizika rozplavení půdy v místě aplikace hnojiv ve spodnějších vrstvách ornice v kombinaci s celoplošným, či zonálním, zpracováním půdy.

Tvorba horizontálních infiltračních zón a aplikace kapalných organických hnojiv do proudu zeminy

1

Při jízdě aplikátoru dochází v důsledku kypřicí funkce pracovních nástrojů ke zpracování celého povrchu půdy. Kypřicí radlice intenzivně zpracovávají půdu v místě trajektorií a v místě umístění postranních křídel. V těchto místech vznikají horizontální infiltrační rýhy pro hnojiva aplikovaná za radlicí pomocí rozptylovací koncovky. Koncovka je umístěna ve spodní části radlice. Při kypření dochází ke směšování rozptýlovaného hnojiva s proudem zeminy za radlicí.



Tvorba horizontálních infiltračních zón a aplikace kapalných organických hnojiv do proudu zeminy

2

V důsledku rozptýlení hnojiva aplikační koncovkou dochází k jeho směšování s proudem zeminy obtékající radlicí a postranní křídla. Hnojivo poté zůstává ve spodní části profilu horizontálně rozložené. S nárůstem aplikační dávky se hnojivo intenzivněji dostává i do boků intenzivně kypřené části půdního profilu. Za kypřicími radlicemi s aplikátory dochází k částečnému urovňání a zpětnému utužení půdy rovníci válci.



Brant, 2020

Obr. 358: Princip technologie pro horizontální tvorbu infiltračních zón s využitím aplikace do proudu zeminy.

Aplikace hnojiv je prováděna přímo při zpracování půdy za kypřicí radlice. Kypřicí radlice vytvoří nakypření půdy v místě uložení hnojiva a v kombinaci s kypřicími postranními křídly vytvoří podmínky pro horizontální rozptýlení hnojiva (obr. 358). Dále technologie pracuje



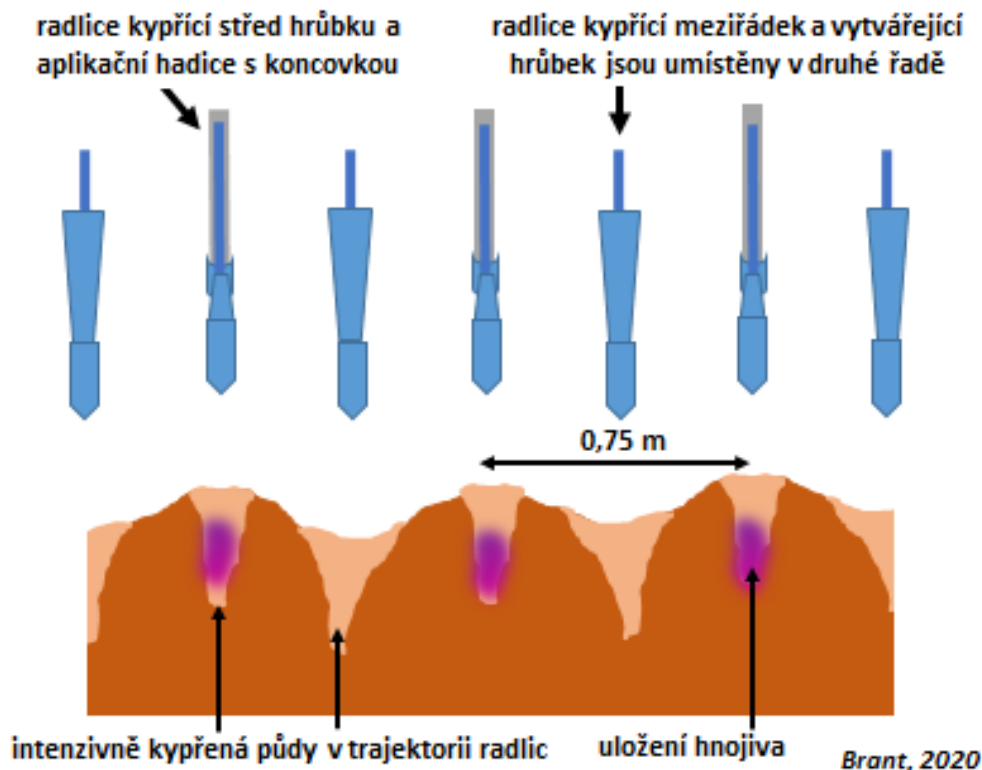
Obr. 359: Kypřicí radlice s aplikátorem kapalných hnojiv s širokou koncovkou rozptylovače se šíří dláta 75 mm pro systém zapravení do proudu zeminy (foto Brant).

s efektem **promísení aplikovaného hnojiva s proudem zeminy** vznikajícím za kypřicí radlicí. Tento efekt je zajištěn použitím rozptylové koncovky umístěné za radlicí na aplikátoru, která umožňuje plošný rozptýl hnojiva (obr. 359). Plošně rozptýlené hnojivo se následně mísí s proudem zeminy obtékajícím kypřicí radlicí, a tím je zajištěna eliminace vzniku malé zóny s vysokou koncentrací hnojiva.

21.12. Využití principů pro hrůbkové zpracování půdy

Systémy aplikace kapalných organických hnojiv do vertikálních infiltračních rýh lze uplatnit i v systémech pěstování plodin v hrůbkách s roztečí 0,6 až 0,75 m. Zde se jedná o **aplikaci hnojiv do infiltrační rýhy vytvářené kypřicí radlicí či dlátem v budoucím středu hrůbku**, tedy v místě řádku výsevu kulturní rostliny. Infiltrační rýha s uloženým hnojivem rozprostřeným v kypřené zóně je následně zahrnuta druhou řadou radlic či dlát vytvářejících hrůbek, jejichž trajektorie se nacházejí v místě budoucího středu mezi hrůbkami. Tyto systémy jsou vhodné především při rozteči řádků kulturní rostliny 0,75 m. Princip technologie dokládá schéma na obrázku 360.

Aplikace kapalných organických hnojiv do infiltrační rýhy se současnou tvorbou hrůbků pro pěstování kukuřice seté



Obr. 360: Systémy aplikace kapalných organických hnojiv do vertikálních infiltračních rýh lze uplatnit i v systémech pěstování širokořádkových plodin v hrůbkách.

22. Systémy zpracování půdy při pěstování brambor

Pěstování brambor je prováděno v hrůbkách. Pro tvorbu hrůbků při výsadbě je potřebné zajistit **dobře prokypřenou půdu**, která je následně rozhrnovací radlicí rozhrnuta a do vytvořené rýhy je umístěna sadba brambor. Rýha s uloženými hlízkami je následně zahrnuta postranními hrůbkovacími radlicemi sazečů, čímž dojde **ke vzniku hrůbku**. Za základní zpracování půdy před pěstováním brambor lze považovat orební zpracování půdy či hlubší kypření dlátovými kypřiči. Pěstování brambor je spojeno s rizikem vzniku **vodní eroze**, která se dominantně projevuje povrchovým odtokem suspenze půdy a vody v rýhách mezi hrůbky. Erozní procesy v porostech brambor jsou primárně ovlivněny kapkovou erozí, která působí **na větší povrch půdy na pozemku v důsledku tvorby hrůbků** ve srovnání s rovným povrchem půdy. Při kapkové erozi dochází k rozstříku vody s jemnými částicemi půdy a při průběhu tohoto jevu na šikmé straně hrůbku dochází k jejich **koncentraci v meziřadí hrůbků**. Dalším faktorem přispívajícím k vodní erozi je samotný **odtok srážkové vody unášející půdu ze stěn hrůbků** při nedostatečné infiltraci, zejména při dopadu srážek na suchou půdu. Následná kumulace vody a jemných částic půdy v prostoru mezi hrůbkami vede ke vzniku **povrchového odtoku** a ke vzniku erozních událostí.

Významným faktorem z hlediska omezení eroze v porostech brambor je podpora **stability půdních agregátů**. Tu lze podpořit již po provedení základního zpracování půdy na podzim, kdy je pozemek souběžně se zpracováním půdy oset **vymrzající meziplojinou**. Rost-



Obr. 361: Stav povrchu půdy na jaře po provedení separace kamenů před výsadbou brambor na pozemku s celoplošným podzimním kypřením půdy se souběžným výsevem vymrzajících brukvovitých meziplojin (foto Holejšovský).

linné zbytky na povrchu půdy a organická hmota přímo a nepřímo působících kořenových systémů meziplojin výrazně zvyšuje stabilitu půdních agregátů. Rozložené zbytky mrazem či herbicidem umrtvené meziplojiny umožňují nejen výsadbu brambor do takto připravené půdy, ale i separaci půdy při pěstování brambor technologií odkameňování (obr. 361). Ověřeny jsou i systémy **podzimní tvorby hrůbků se souběžným výsevem vymrzající meziplojiny**, které jsou při jarní výsadbě rozrušeny čelně neseným nářadím s aktivně pracujícími nástroji. Následně je hrůbek rozevřen radlicí sazeče vytvářející rýhu pro uložení a zahrnovacími radlicemi na sazeči je nad hlízkami vytvořen hrůbek pokrytý rostlinnými zbytky. Otevření hrůbku před výsadbou lze napomoci řezným kotoučem před rozhrnující radlicí sazeče. Tato technologie je dobře uplatnitelná na lehkých půdách bez kamenů.

Redukce erozních procesů následně probíhá při pracovních operacích jako je sázení a následná kultivace během vegetace. Při výsadbě brambor lze využít systémy tvorby středové **infiltrační rýhy na vrcholu hrůbku**, která může zvyšovat procesy infiltrace srážkové vody do středu hrůbku a tím omezovat riziko odtoku vody po jeho stěnách. Široké uplatnění mají **systémy hrázkování**, kdy jsou v prostoru mezi hrůbkami, či v prostoru mezi hrůbkami a na vrcholu hrůbků, vytvářeny speciálními **hrázkovači umístěnými na sazečích brambor prohlubně zakončené hrázkou** (obr. 362), které omezují soustředný odtok vody a zajišťují kumulaci jemných částic v prostoru akumulace vody.

Dlouhodobě jsou využívány i systémy ozelenění půdy v prostoru



Obr. 362: Široké uplatnění v protierozní ochraně půdy mají systémy hrázkování, kdy jsou v prostoru mezi hrůbkami, či v prostoru mezi hrůbkami a na vrcholu hrůbků, vytvářeny speciálními hrázkovači umístěnými na sazečích brambor prohlubně zakončené hrázkou, které omezují soustředný odtok vody (foto Holejšovský).

mezi hrůbkami pomocnými plodinami, které na začátku vegetace omezují erozní procesy. Ozelenění prostoru mezi hrůbkami je nejčastěji prováděno přímo při výsadbě (systémy odkameňování půdy, obr. 363), nebo po provedení priorávky v systémech pěstování brambor bez odkameňování. Umrtvení pomocných plodin je provedeno **herbicidně**

ve vztahu k růstové fázi pomocné plodiny a brambor (konvenční systémy), nebo mechanicky (konvenční a ekologické systémy pěstování bez technologie odkameňování). V systémech odkameňování půdy nelze uplatnit kultivaci půdy během vegetace, protože by došlo k vynesení vyseparovaných kamenů ze zóny jejich uložení mezi hrůbky.

Do systémů protierozní ochrany při pěstování brambor lze zahrnout i rozdílné systémy obsevů a prosevů, které přerušují délku pozemku s hrůbků.



Obr. 363: Porost brambor založený technologií odkameňování bez pomocné plodiny mezi hrůbky (vlevo) a s pomocnou plodinou (oves setý) vysetou při výsadbě (vpravo), foto Brant.

22.1. Pěstování brambor technologií odkameňování

V České republice je dominantně rozšířena technologie pěstování brambor s odkameňováním půdy, kdy před samotnou výsadbou hlíz dochází k separaci kamenů z půdy budoucího dvouhrůbku. Kameny jsou z budoucí zóny výsadby brambor odseparovány a umístěny do prostoru budoucího mezihrůbku mezi záhony, do kterých je následně provedena výsadba brambor do dvouhrůbků. V místě zón s uloženými kameny se následně pohybují kola tažných prostředků při výsadbě. Odseparování kamenů se provádí z důvodu snížení poškození hlíz při sklizni a při následné manipulaci při transportu a třídění, které zvyšuje riziko napadání skladovaných hlíz skládkovými chorobami.

První operací na jaře následující po podzimním základním zpracování půdy na jaře je vytvoření záhonů pro separaci půdy. Záhony jsou vytvořeny pomocí rýhovače (obr. 364), který připraví záhon o vhodné šířce pro použitý separátor pro budoucí dvouhrůbek brambor. Po tvorbě záhonů dochází k separaci půdy pomocí prosevačů, které vyseparují z půdy kameny a uloží je do prostoru mezi budoucí dvouhrůbky brambor (obr. 365).



Obr. 364: Pomocí rýhovače vytvářejícího hrůbky jsou připraveny záhony pro následnou separaci půdy (foto Holejšovský).

Do prosáté půdy v záhonech je následně provedena výsadba brambor pomocí sazečů (obr. 366). Při výsadbě brambor je v současné době prováděno souběžně zonální hnojení či přísev pomocných plodin. Rozteč hrůbků se pohybuje mezi dvěma hrůbků založenými v jednom prosetém záhonu je 0,75 m, mezi dalším hrůbkem, který je založený na sousedním prosetém záhonu poté 0,95 m.



Obr. 365: Separace půdy pomocí prosevačů, kde dochází k vyseparování kamenů z půdy a k jejich uložení do prostoru mezi budoucí dvouhrůbky (foto a zpracování Holejšovský a Brant).



Obr. 366: Výsadba brambor dvouřádkovým sazečem do záhonů vyseparované půdy se souběžnou aplikací hnojiva z čelního zásobníku umístěném na traktoru a výsev směsi pomocné plodiny do mezihrůbků. Zásobníky osiva jsou umístěny na sazeči. Z jednoho zásobníku jsou dávkována malá semena a z druhého semena větší, aby nedocházelo k jejich nerovnoměrnému zastoupení ve směsi při segmentaci ve společném zásobníku. Semenovody z jednotlivých zásobníků jsou svedeny do jedné výsevní botky (foto Holejšovský a Brant).

22.2. Pěstování brambor bez separace kamenů

Na pozemcích bez přítomnosti kamenů se samozřejmě technologie pěstování brambor obejde bez operace jejího prosetí a separace kamenů. Před jarní výsadbou brambor je většinou provedeno **hlubší prokypření půdy za účelem vytvoření drobného agregátového složení**

půdy a jejího prohrátí. Prokypření lze provést jako samotnou pracovní operaci před výsadbou, nebo souběžně při výsadbě s využitím čelně zavěšeného nářadí s aktivně poháněnými pracovními nástroji (obr. 367). Následuje výsadba konvenčními sazeči. Rozteč hrůbků se pohybuje v závislosti na použitém technickém řešení a požadavcích pěstitele, v podmínkách České republiky většinou 0,75 m. V systémech pěstování brambor bez separace kamenů lze standardně provádět kultivaci půdy během vegetace.



Obr. 367: Souprava pro výsadbu brambor složená ze sazeče brambor a čelně neseného rotačního kypřiče pro souběžné zpracování půdy a sázení (foto Brant).

23. Optimalizace půdního bloku ve vztahu ke zpracování půdy

Významným faktorem rozhodujícím o efektivitě pracovních operací v rámci zpracování půdy je **optimalizace vnitřních částí půdního bloku (PB)** či dílů půdního bloku (DPB). Na základě provedení vnitřní optimalizace PB či DPB dochází ke vzniku vnitřních produkčních ploch (PP). Ostatní plochy mimo zónu PP na půdním bloku poté vnímáme jako tzv. **environmentálně-technické plochy (ETP)**.

23.1. Vnitřní produkční plochy

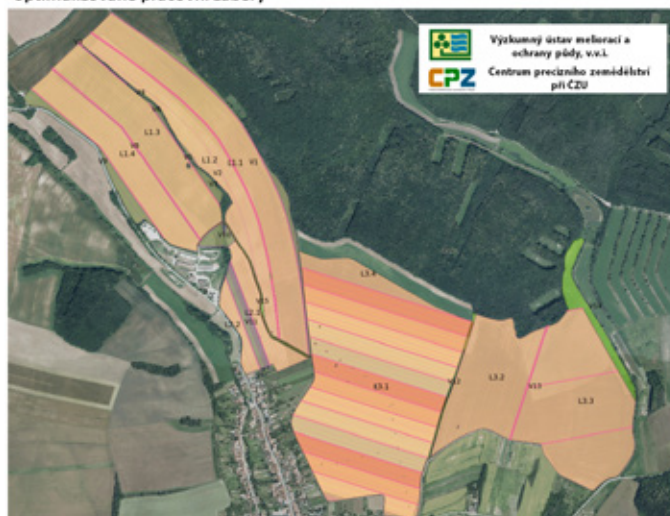
Cílem optimalizace je poté tvorba tvarově optimalizovaných PP, jejichž tvar a velikost vycházejí z následujících skutečností:

1. Šířka PP (kolmá strana ke směru pracovních jízd) je **násobkem záběrů strojů pro dominantní pracovní operace** (zpracování půdy, setí apod.).
2. Trajektorie pohybu strojů jsou **přímky, či optimalizované křivky**.
3. U PP je snaha tvorby **kolmých nájezdů do pracovních jízd**, aby byla eliminována potřeba osevu souvrátí.
4. Na jednotlivé PP v půdním bloku musí být zajištěn **přímý vstup z hranice půdního bloku**, nebo na základě využití environmentálně-technických ploch (ETP).
5. Prostorové a tvarové umístění PP na půdním bloku musí respektovat **hraniční podmínky krajinného prostoru** a splňovat **požadavky stávající legislativy**.

Optimalizace ploch pro parametry pracovních souprav zásadním způsobem snižuje technické nároky na stroje, ale zjednodušení strojů může být spojeno i se snížením jejich hmotnosti, poklesem potřeby tažné síly traktoru apod. Optimalizace šířky PP na záběry strojů zásadním způsobem snižuje počet nepracovních jízd, nekoordinovaný pohyb souprav po pozemku, **spotřebu pohonných hmot, hnojiv, osiv a dalších vstupů** (obr. 368). Svým způsobem lze optimalizaci tvaru PB a pohybu zemědělských souprav přirovnat k efektu řádného plánování a dodržování zásad osevnického postupu, kdy s minimálními náklady (energetickými, ekonomickými apod.) na vypracování dochází k výrazným energetickým, ekonomickým a ekologickým ziskům. Optimalizace na základě tvorby PP **omezuje riziko technogenního zhuštění půdy** na základě cíleného pohybu zemědělských souprav, optimalizací počtu otáček ve vztahu ke směru pohybu pracovních jízd, soustředěním pohybu techniky do jednotných kolejových stop na souvrátí apod.

V současné době se intenzivně ověřují možnosti krajinařských úprav a agrotechnických opatření na omezení vzniku souvrátí na dílu půdního bloku. Jedná se primárně o **přenos otáčení se pracovních souprav**

Zájmové území s vyznačením PB určených pro optimalizaci
 – šíře vzniklých produkčních ploch (L.1. až L.3.) vychází z násobků pracovních záběrů strojů s dominantním zastoupením v podniku, zde se jedná o záběr 4 m
 – slabými červenými čarami uvnitř produkčních ploch jsou vyznačeny optimalizované pracovní záběry



Obr. 368: Optimalizované produkční plochy na půdních blocích s vyznačením pracovních záběrů pracovních souprav o záběru 4 m. Realizace návrhu na Ekofarmě PROBIO (zdroj Brant a Kapička).

mimo půdní blok (např. polní účelové komunikace) nebo o tvorbě cíleně ozeleněných souvrátí s vegetačním pokryvem zajišťujícím dostatečnou odolnost vůči přejezdům apod. Obrázek 369 dokládá výsledky analýzy možnosti otáčení se strojů mimo hranici půdního bloku na DPB.

Přenos transportu mimo hranici půdního bloku není vždy reálný. Omezení použitelnosti sousedních částí krajiny může souviset s potřebou dodržení pravidel pohybu po veřejných komunikacích, s přítomností keřové a stromové vegetace v blízkosti hranice PB, s výškovým rozdílem mezi povrchem PB a účelové komunikace, s existencí doprovodných zařízení (např. odtok vody) u hranice PB apod. Z tohoto důvodu se ověřují možnosti efektivního ozelenění souvrátí, které se v zemědělské praxi intenzivněji využívá. V rámci efektivnosti využití plochy PB a snížení plochy souvrátí (opakované provedení pracovních operací) hraje zásadní roli **optimalizace úhlu mezi hranicí pozemku a trajektorií pracovní jízd**. Obrázek 370 dokládá vliv velikosti úhlu mezi

okrajem optimalizovaného PB a trajektoriemi pracovních jízd na dvou sousedních souvratích na velikost přeseté plochy při setí. Na obrázku 4 (vlevo) činí přesetá plocha 160,8 m² a na obrázku vpravo 33,4 m². Pracovní záběr secího stroje činí v tomto případě 5 m.

Je-li velikost úhlu mezi směrnicí pracovní jízdy a hranicí pozemku (či vnitřní hranici souvratě) **menší než 80°**, je nutné s tvorbou sou-

vratí počítat. S nárůstem pracovního záběru soupravy širší souvratě a tím i její plocha ve vztahu k výměře pozemku narůstá. Obrázek 371 dokumentuje modelový příklad plochy opakovaného zpracování půdy nebo přesevu při ostrém úhlu mezi trajektorií pracovní soupravy a hranicí produkční plochy při setí a na části hranice, kde se hodnocený úhel přibližuje hodnotě 90°.

Příklady otáčení strojů mimo produkční část půdního bloku

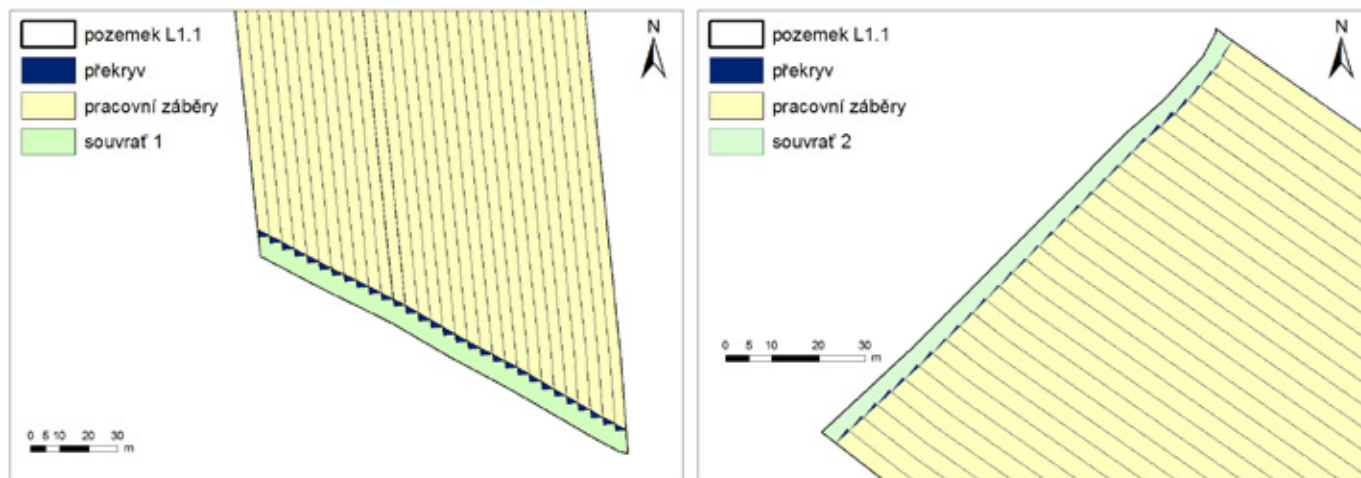
Červená čára znázorňuje úseky, kde vstup na pozemek z veřejné komunikace nezajišťuje vhodné podmínky pro uplatnění principů precizního zemědělství, či eliminaci otáčení se pracovních souprav mimo produkční část pozemku.

Polní komunikace s vrstevnicovým umístěním, které vedlo k „zařiznutí“ polní komunikace do svahové části terénu na straně horní a ke vzniku „meze“ v dolní části pod komunikací, což omezuje přímý přejezd techniky na půdní blok.

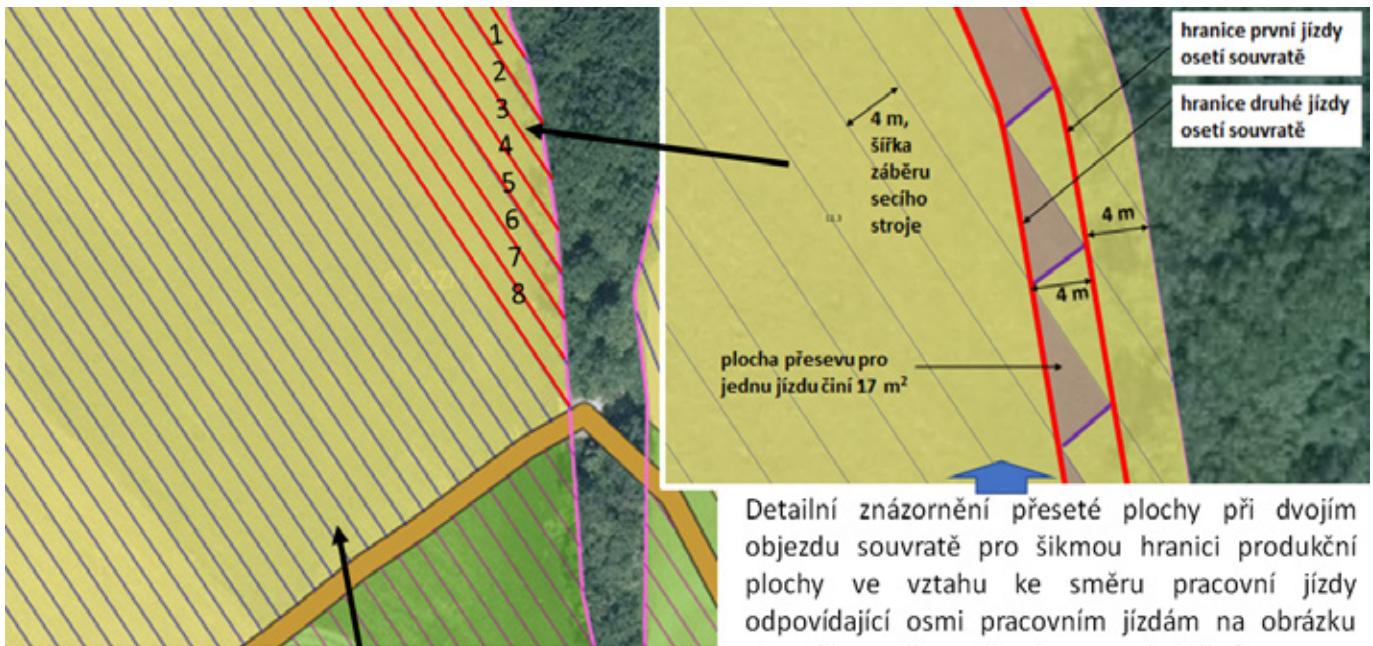
Žlutá čára dokumentuje možnosti přímého vstupu na produkční část půdního bloku z polní komunikace, které je možné provést za stávajícího stavu okamžitě, či po mírné úpravě terénu.



Obr. 369: Možnosti otáčení se strojů mimo hranici dílu půdního bloku (zdroj Brant a Kapička).



Obr. 370: Vliv velikosti úhlu mezi okrajem optimalizovaného PB a trajektoriemi pracovních jízd na dvou sousedních souvratích na velikost přeseté plochy při setí. Na obrázku 4 (vlevo) činí přesetá plocha 160,8 m² a na obrázku vpravo 33,4 m² (zdroj Kroulík).

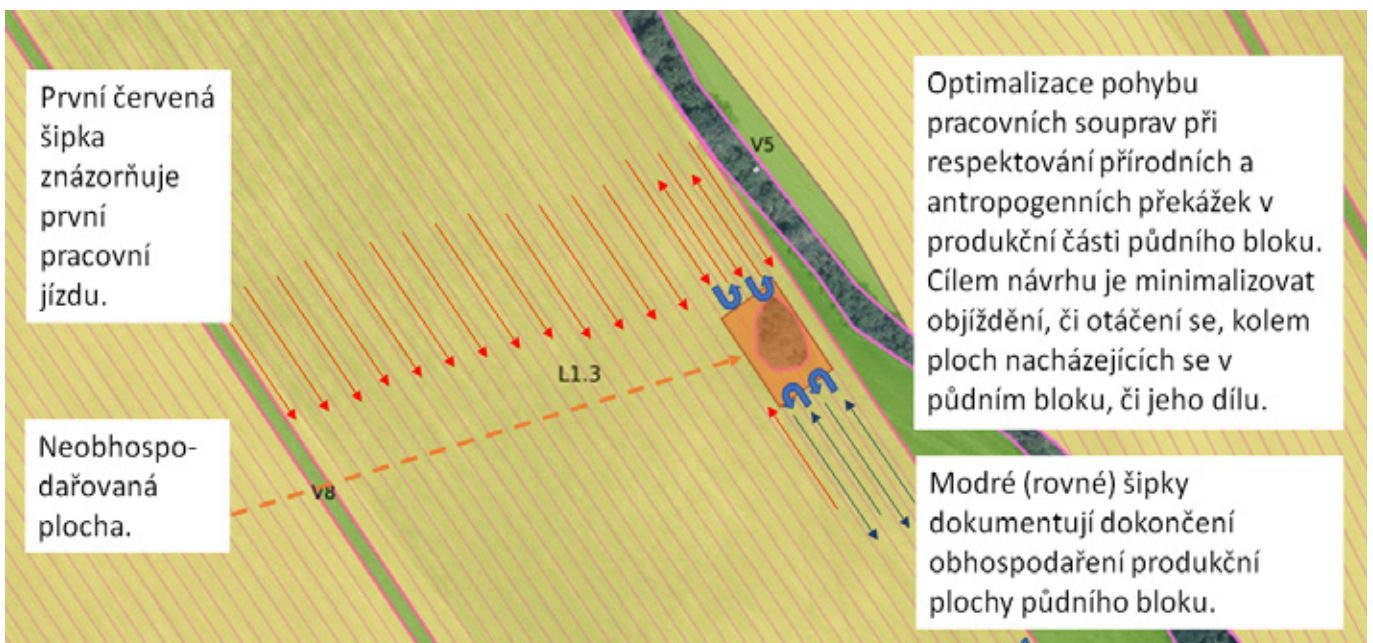


Svírá-li trajektorie jízdy secího stroje přibližně pravý úhel s hranicí pozemku, lze při vhodné šířce polní komunikace či pomocné plochy (oseť souvratí apod.) obětí souvratí vynechat, či při nastavení vypínání secích botek na hranici souvratě, přesevy výrazně omezit.

Detailní znázornění přeseťové plochy při dvojnásobném objezdu souvratě pro šikmou hranici produkční plochy ve vztahu ke směru pracovní jízdy odpovídající osmi pracovními jízdami na obrázku vlevo (červeně označené pracovní záběry).

Při zjednodušení vycházející z podobnosti velikosti přeseťových ploch dojde na tomto konci půdního bloku u osmi pracovních jízd k přesevu 136 m² plochy.

Obr. 371: Reálný příklad z modelu optimalizace PB, který dokládá potřebu optimalizace šířky souvratě ve vztahu k jednotlivým hranicím PB či vytvořené PP (zdroj Brant).



První červená šipka znázorňuje první pracovní jízdu.

Neobhospodařovaná plocha.

Optimalizace pohybu pracovních souprav při respektování přírodních a antropogenních překážek v produkční části půdního bloku. Cílem návrhu je minimalizovat objíždění, či otáčení se, kolem ploch nacházejících se v půdním bloku, či jeho dílu.

Modré (rovnné) šipky dokumentují dokončení obhospodaření produkční plochy půdního bloku.

Obr. 372: Řešení optimalizace pracovních jízd vůči vnitřní překážce na půdním bloku (zdroj Brant).

Významnou roli při optimalizaci pohybu pracovních souprav hrají přirozené a antropogenní překážky v produkčních částech dílu půdního bloku. Optimalizace pracovních jízd by měla primárně **eliminovat jejich opakované objíždění, či otáčení se pracovních souprav** kolem těchto ploch umístěných uvnitř dílu půdního bloku, či jeho dílu. V zemědělské praxi velmi často dochází k jejich opakovanému objíždění, zejména při základním zpracování půdy (mimo orby) a při předsetové přípravě. Tím dochází nejen k opakovanému zpracování půdy, ale ke zvýšenému počtu přejezdů a ke zvýšení spotřeby pohonných hmot. Jednoznačné praktické výsledky o vlivu na plošnou výkonnost soupravy v čase nejsou dostupné. Vhodné řešení optimalizace pracovních jízd vůči vnitřní překážce dokládá obrázek 372. Toto řešení může být spojeno s poklesem produkční části pozemku. Na druhou stranu je prokázáno, že případné zhutnění půdy na opakovaně přejetých plochách vede k poklesu výnosů. Individuálně je potřeba u konkrétních překážek posuzovat i míru přesevu ve vztahu k navýšení nákladů na osivo. Z praktického hlediska je nutné podotknout, že metodický postup řešení daného problému vychází z konkrétní situace.

Optimalizace transportu je spojena s tvorbou dopravních tras z místa uložení přepravovaného materiálu (stáj, hnojiště, sklad materiálu apod.) na půdní blok či obráceně. Mimo produkční blok se jedná o stanovení nejkratší dojezdové vzdálenosti k místu požadovaného vstupu na půdní blok po veřejných a účelových komunikacích. Z hlediska možností optimalizace transportu ze strany zemědělského subjektu se jedná o tvorbu nových, či úpravu stávajících, účelových komunikací. Další možností je rozšíření transportní dopravní sítě o pomocné environmentálně-technické plochy vytvořené v rámci dílu půdního bloku. Environmentálně-technické plochy (ETP) lze definovat jako systémově vzniklé díly půdního bloku za účelem zvýšení environmentální funkčnosti krajiny (omezení eroze, zvýšení druhové pestrosti, posílení ekotonů apod.) a zároveň k optimalizaci agrotechnických postupů snižujících pohyb transportu techniky po produkční části DPB, **potřebu osetí souvratí**, omezení otáčení se techniky v produkční části pozemku apod.). Význam optimalizace transportu je zásadní u subjektů obhospodařujících větší výměru zemědělské půdy, u podniků pracujících s rozmělněnou strukturou PB v zájmovém

Zájmové území s vyznačením PB určených po optimalizaci – mapa dokládá i odtokové linie

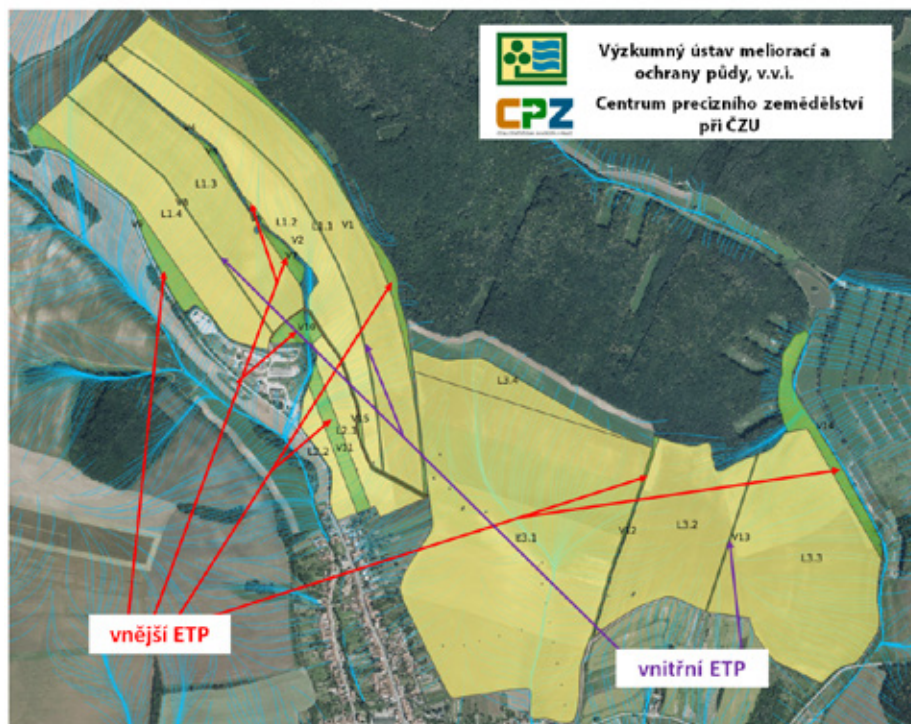
PP (značeno L) – jsou optimalizované produkční plochy

ETP (značeno V) – vedlejší podpůrně-ekologické plochy

celková výměra PB zahrnutých do optimalizace činila 188,95 ha

Celkem plocha PP = 174,13 ha

Celkem plocha ETP = 14,82 ha



Obr. 373: Návrh tvorby environmentálně-technických ploch (ETP) při optimalizaci PB za účelem uplatnění principů PZ a zvýšení ekologické stability krajiny (zdroj Brant a Kapička).

území, při transportu produktů přímo z pole na větší vzdálenosti (prodej z pole) apod.

Obrázek 8 dokládá návrh tvorby PP a ETP na analyzovaných půdních blocích. Jejich cílem je nejen zajištění pohybu pracovních souprav mimo PP, ale především **zkrácení transportu materiálu při sklizni pícnin a zrnin**, včetně omezení pohybu odvozových prostředků po PP. Z hlediska zkrácení přepravních vzdáleností je rovněž jedná o výraznou úsporu PHM. Průměrná spotřeba pracovní soupravy složené z traktoru, jako tažného prostředku, a vozu s materiálem se pohybuje v průměru 1 až 2 l/km (bez ohledu na skutečnost, zda je vůz prázdný, nebo plný).

V rámci optimalizace spojené s tvorbou ETP lze vytvářet **vnitřní ETP** plochy (obr. 373), ty slouží kromě transportu také jako protierozní opatření apod. Šířka těchto ploch opět respektuje pracovní záběry strojů určených pro jejich management v souladu s požadavky optimalizace pohybu souprav a současně je dimenzována na splnění protierozního účinku. **Vnější ETP se nacházejí mezi PP a hranicí PB** a opět je u nich provedena optimalizace trajektorií ve vztahu k záběrům pracovních souprav (např. pracovní operace zajišťující sečení a mulčování) a ve vztahu k managementu.

23.2. Environmentálně-technické plochy

Zásadním požadavkem je vnímání funkce těchto ploch, které by měly zajistit dočasnou „konzervaci“ zemědělské půdy s posílením environmentálních funkcí půdy při minimalizaci energetických vstupů po dobu tohoto způsobu využití části zemědělské půdy na PB či DPB.

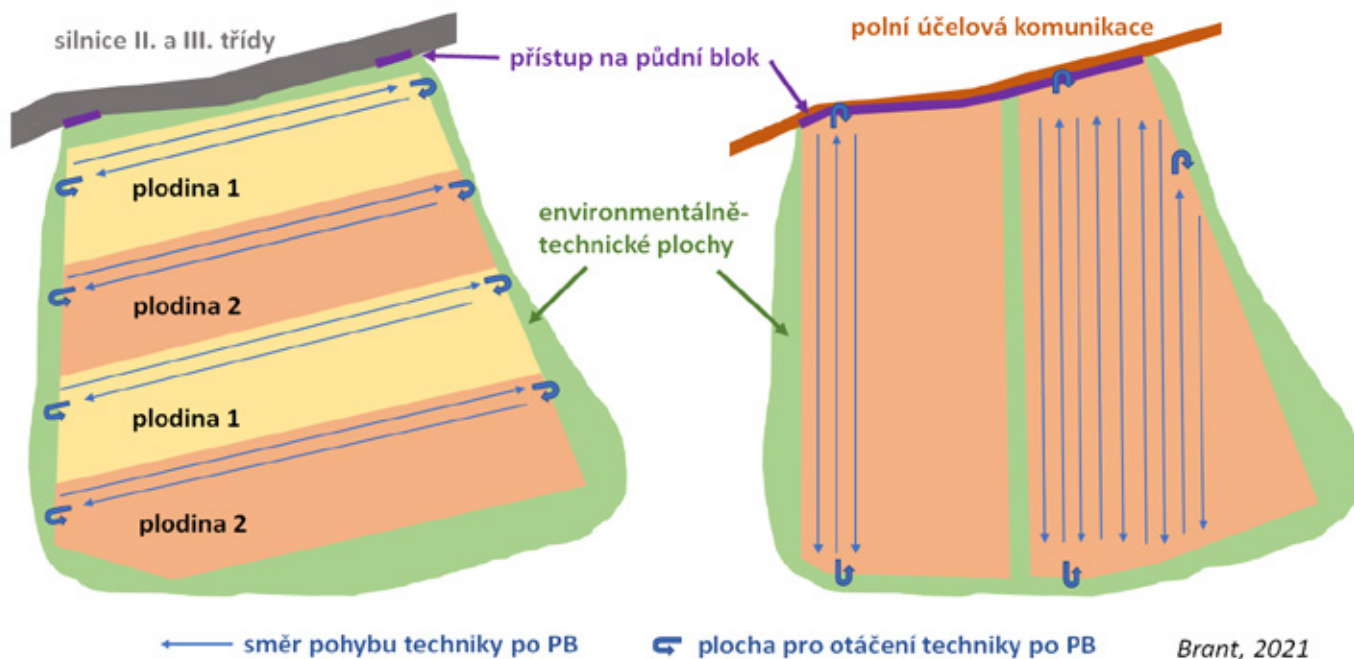
Pojem „konzervace“ je vnímán z hlediska budoucího opětovného produkčního využití ve vztahu k jasně očekávanému budoucímu poklesu výměr zemědělské půdy z důvodu antropogenní a přirozené degradace. Jako antropogenní degradace zde zásadní roli hraje jiné využití půdy člověkem, než je kultura zemědělská či orná půda. Příklady návrhu ETP do PB dokládá obrázek 374.

Systém využití ETP nesmí vést k **agrotechnicky neobnovitelné degradaci půdy** na těchto plochách a o plochu je nutné se starat v souladu s péčí řádného hospodáře. ETP plochy nesmějí zásadním způsobem omezovat hospodaření na PP. Nemají být zdrojem zapevlení, chorob a škůdců, plochami s výskytem invazivních a expanzivních rostlinných druhů.

Systém plánovaného managementu daný použitými agrotechnickými zásahy by se měl promítnout do tvarových parametrů plochy. Primárně by i pro tyto plochy měl být navržen a dodržován systém **optimalizovaných trajektorií jízd**, respektující pracovní záběr strojů pro zásahy (seč, mulč, zpracování půdy při obnově, založení porostů, rychlo-obnova či přisevy apod.).

Šířka ETP umístěných mezi dvě a více PP na PB (či DPB) by měla respektovat pracovní záběry mechanizace použité k obhospodařování (omezení přejezdů, snížení spotřeby PHM, pokles emisí CO₂ apod.).

U ploch ETP nacházející se mezi PP a vnější hranicí PB (DPB) by primárně měla rovněž u co největší části výměry zajišťovat optimalizaci trajektorií pohybu, nebo pracovat s danou plochou s rozdílnou intenzitou managementu. Pravidelné zásahy a produkční využití (produkce píce, produkce osiva apod.) by měly být provozovány na optimalizovaných plochách ve vztahu k pohybu techniky. Výrazně nepravidelné části těchto ploch, především přímo navazující na hranice PB (DPB) by měly být **obhospodařovány extenzivním managementem**.



Obr. 374: Příklad návrhu environmentálně-technických ploch při optimalizaci PB.

Z hlediska omezení negativního vlivu plevelů a zaplevelujících rostlin, jejichž semena se mohou z ETP šířit na PP je potřebným managementem tato rizika omezit. Průměrná přirozená vzdálenost rozšiřování se generativních orgánů (mimo anemochorní druhy) od mateřské rostliny činí 1,5 m. Při provedení regulace vývoje porostu či při jeho produkčním využití (mulč, seč, sklizeň apod.) se semena od mateřské rostliny dostávají v důsledku odhozu, rozptylu a ulpěním na technice do mnohem větších vzdáleností od pozice mateřské rostliny. Z tohoto důvodu je nutné na hranici PP zamezit porostům vytvářejícím vegetační kryt (neprodukční a pícní využití) ETP vstup do generativní fáze (platí pro plevelné i cíleně vyseté druhy). Při využití části ETP pro produkci osiv, k cílenému pěstování druhově pestrých směsí s cílenou produkcí semen jako potravy pro volně žijící organismy apod. je vhodné mezi touto plochou a PP ponechat ochranný přechodový pás (např. na záběr mulčovače).

Nutnost specifikace přípustného managementu na ETP nevychází jen z potřeb eliminace rizik ETP pro PP ve vztahu k rozvoji a šíření škodlivých organismů, ale také ve vztahu k:

- zajištění **využití těchto ploch pro pohyb osob v rámci volnočasových aktivit**,
- k tvorbě optimálních **vegetačních krytů pro podporu životních cyklů volně žijících organismů** (hnízdění ptáků, pohyb živočichů, zvýšení aktivity dravců apod.),
- za účelem **omezení erozních procesů** (po vodou povaleném vysokém travním porostu se výrazně zvyšuje rychlost povrchového odtoku),
- z důvodu omezení rizika pylových alergií (přenos pylu větrem),
- zajištění **průstupnosti techniky pro údržbu rozvodných sítí**, komunikací apod.
- zajištění otáčení techniky a **pohyb transportní techniky na vymezených částech těchto ploch** (pravidelně udržovaný porost bude lépe regenerovat, nebudou se stroji na PP vnášet na rámy nachytnané části rostlin s chorobami, škůdci a plevely apod.).

23.3. Ozelenění kolejových řádků

Do systémů optimalizace parametrů PB či DPB lze přidat i systémy **ozelenění kolejových řádků**. Systémy ozelenění prostoru kolejových stop pro pohyb aplikačních technických prostředků (aplikace pesticidů, biologických přípravků, hnojiv a pomocných látek, včetně hub a bakterií) vycházejí z předpokladu, že přejezd mechanizačních prostředků při aplikaci výše uvedených látek může být spojen s poklesem výnosu hlavní plodiny mezi trajektoriemi stop kol aplikační techniky (postřikovačů). Z tohoto důvodu lze uvažovat o **ozelenění ploch mezi budoucími trajektoriemi kol aplikační techniky za účelem podpory mimoprodukčních funkcí zemědělství**. Stabilně ozeleněné plochy mezi kolejovými stopami aplikačních prostředků nejsou cíleně ošetřovány pesticidy a nejsou na nich aplikována hnojiva. Jejich management vychází z principu zachování půdní úrodnosti, podpory druhové pestrosti a zajištění vyváženého koloběhu energie a hmoty. **Šířka ozeleněných řádků vychází z rozchodu kol aplikační techniky** (postřikovače, rozmetadla apod., obr. 375) a vzdálenost mezi nimi je násobkem jejich pracovních záběrů. Předpokladem je tedy optimalizace rozchodu kol u aplikátorů a sjednocení jejich pracovního záběru v zemědělském podniku.



Obr. 375: Časně na jaře ozeleněný pás pro pohyb aplikační techniky na půdním bloku v době vzejití porostů kukuřice seté (foto Brant).

Nejčastěji jsou řádky zakládány **pro každou trajektorii záběru aplikátorů** nebo jsou kombinovány s obětím trajektorie postřikovače na souvrati, či obsevem půdního bloku, jehož šířka odpovídá polovině záběru aplikátorů. Tyto postupy jsou většinou vhodné pro větší subjekty disponující výkonnou aplikační technikou s pracovním záběrem nad 24 m, nebo pro zemědělské subjekty, které stabilně pro aplikaci kapalných látek postřikem a pro rozhoz pevných látek pomocí konvenčních rozmetadel minerálních hnojiv stabilně využívají jejich provedení formou služeb. Pro menší zemědělské subjekty, které disponují aplikátory o pracovním záběru menším než 20 m, lze volit **systémy zakládání ozelenění trajektorií ob jízdu**, aby nedocházelo k výraznému snížení produkčních ploch půdních bloků či jejich dílů a zároveň nedocházelo k nárůstu vzdálenosti mezi řádky ve vztahu k protierozním funkcím.

Při plánování těchto opatření je z hlediska delšího ponechání ozeleněných ploch na PB či DPB na **více užitkových let** počítat i s **optimalizací pohybu strojů pro zpracování půdy či setí ve vzniklých plochách mezi pásy** (obr. 376).



Obr. 376: Ozeleněný kolejový řádek po sklizni ozimé řepky, který bude ponechán do dalšího hospodářského roku jako protierozní a environmentální opatření (foto Brant).

23.4. Optimalizace půdního bloku ve vztahu k autonomním robotickým systémům

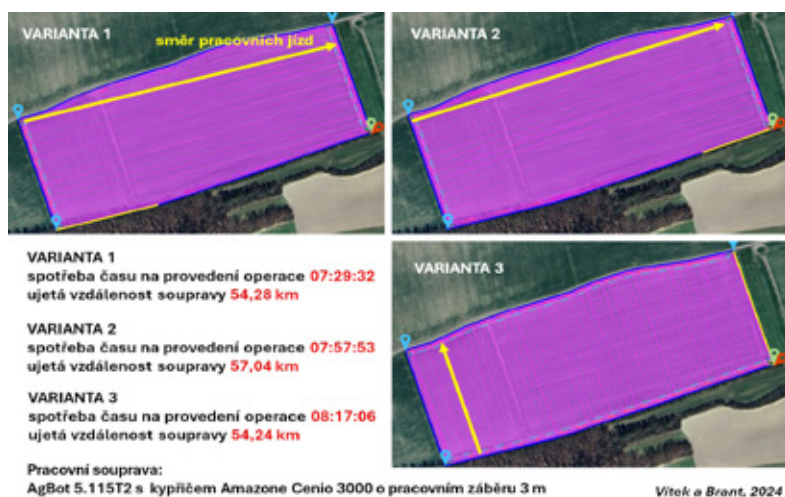
Současné robotické platformy využívají pro optimalizaci pohybu autonomních souprav vlastní **managery pohybu**. Využití individuálního softwarového vybavení pro optimalizaci pohybu je součástí nejen obchodní strategie výrobců, ale rovněž úzce souvisí se zajištěním zásad bezpečného pohybu robotů z hlediska omezení rizik a se zvýšením právní ochrany výrobce a provozovatele strojů.

Stávající výpočtové algoritmy managerů pohybu dobře pracují s pravidelnými půdními bloky (PB) či s díly půdních bloků (DPB). U nepravidelných tvarů PB a DPB je nutné provést optimalizaci tvaru ploch, tedy **vytvoření obdoby vnitřních produkčních ploch**. V rámci plnění výroby jsou aktuálně využívány robotické autonomní systémy pro provádění zpracování půdy a pro setí (obr. 377). Obrázek 378 znázorňuje návrh trajektorií jízd soupravy se zahrnutím třech souvrátí na tvarově optimálním DPB bez nutnosti provedení tvarové optimalizace.

Standardně jako u managerů trajektorií pro konvenční prostředky používané v zemědělské výrobě lze pomocí modelování pohybu autonomních prostředků stanovit **nejefektivnější způsob pohybu po daném pozemku**. Výsledkem analýzy je stanovení času potřebného pro



Obr. 377: Aktuálně jsou v polní výrobě využívány robotické autonomní systémy agregované se stroji pro zpracování půdy a setí (foto Brant).



Obr. 379: Vliv směru orientace pracovních jízd na spotřebu času pro zpracování pozemku.



Obr. 378: Návrh trajektorií pohybu testované pracovní soupravy o pracovním záběru 3 m managerem pohybu (foto Vitek).

provedení dané pracovní operace a stanovení celkové délky trajektorií na pozemku (obr. 379). Stanovení odhadu časové náročnosti pro zpracování pozemku je potřebné i pro plánování denních výkonů souprav z hlediska plánování času operátora ve vztahu k doplnění pohonných hmot, převedení stroje na další pozemek apod. Při volbě vhodného řešení je však nutné počítat se skutečností, že tyto parametry nemusí při změně směru jízdy vykazovat pozitivní korelaci. Tuto skutečnost dokládá vliv změny směru pracovní jízdy na obrázku 379 (varianta 3), kdy změnou směru vůči variantám 1 a 2 došlo k nárůstu spotřeby času na zpracování, ale délka trajektorií je menší vůči variantě 2. Dalším kritériem pro hodnocení je následně počet otáček a plocha opakovaně zpracované půdy.

Z hlediska plánování trajektorií autonomních prostředků je nutné pracovat i s **plánováním míst**, kde souprava **začne pracovat a kde práci ukončí** (červené a zelené body na obrázcích s trajektoriemi). Dosavadní praxe při nesystémovém propojení PB či DPB vycházela z předpokladu, že místo začátku práce se shoduje s místem ukončení práce. Při snaze o sériové propojení pozemků se tyto body mohou lišit.

V rámci optimalizace pracovních jízd je při plánování nutné zohlednit hledisko **překrytí pracovních záběrů**, tedy opakované přejezdy. Při prostém zpracování půdy není opakovaný přejezd zásadním problémem, primárně se však projeví na zvýšení spotřeby času na zpracování pozemku, zvýšením spotřeby PHM a na opotřebením zejména mechanických součástí, pneumatik či pásů, na nárůstu spotřeby provozních kapalin na reálnou plochu pozemku apod. u tažného prostředku, ale souběžně i mechanickým opotřebením pracovních nástrojů u stroje pro zpracování půdy. Jiný pohled na zpracování půdy nastane při provádění aplikace kapalných či pevných látek při dané operaci, kde dochází ke zvýšení dávkování, zejména na okrajích pozemků. Souběžnou aplikaci kapalných či pevných látek za pracovní nástroje lze z hlediska vývoje robotických souprav očekávat. Obtížné je však v této chvíli odpovědět na otázku, zda bude z technického a ekonomického hlediska efektivní stroje vybavovat sekční kontrolou pro aplikaci látek.

Zásadní problém je však při setí, kde bude při opakovaných přejezdech bez uplatnění vyšších prvků automatizace secích strojů **docházet k přeševům**, které lze jak z ekonomického, tak agronomického pohledu považovat za negativní. Obdobná situace je při využití kolových robotických systémů pro kultivaci během vegetace. Ve vztahu k těmto pracovním operacím se zatím jako **vhodnější ukazuje optimalizace produkční plochy ve vztahu k záběrům secích strojů** při dodržení shodných záběrů strojů pro kultivaci během vegetace. Důsledkem je však vznik environmentálně-technických ploch na PB či DPB.

24. Navigace a optimalizace pracovních jízd při zpracování půdy

Výrazným průlomem při zavádění moderních technologií, především pak prvků precizního zemědělství, byla **instalace družicových navigačních systémů** do zemědělských strojů. Se záznamem polohy bylo precizní zemědělství spojeno od prvního okamžiku uvedení. Jednalo se především o spojení informací o poloze s údaji a hodnotami výnosu, aplikační dávky nebo údaji o provozních ukazatelích stroje. Každopádně výrazným průlomem v automatizaci a autonomii byla instalace navigačních technologií s využitím družicového systému. Navigační systémy jsou dnes široce používány v zemědělství s úspěšnou implementací systémů automatického řízení v traktorech a dalších samojízdných a sklizňových strojích. Jedná se také o významný **prvek nastupující éry autonomie** do zemědělství. Podle vyjádření dovozců a výrobců zemědělské techniky, je dnes přibližně 80–90 % traktorů v západním světě vybaveno systémem navigace GPS. Využití navigačních systémů v zemědělství je dnes standardním stavebním prvkem k optimalizaci provozu strojů. Zemědělské **navigace umožňují minimalizovat přejezdy** po pozemku a **docílit tak vyšší efektivity práce a nižší spotřeby paliva a dalších vstupů**.

Jedna z prvotních informací, která může přinést důležité informace o provozu strojů je **monitoring pohybu strojů** po pozemcích a komunikacích.

Na obrázku 380 jsou například znázorněny trajektorie jízd techniky na pozemku s cukrovou řepou.



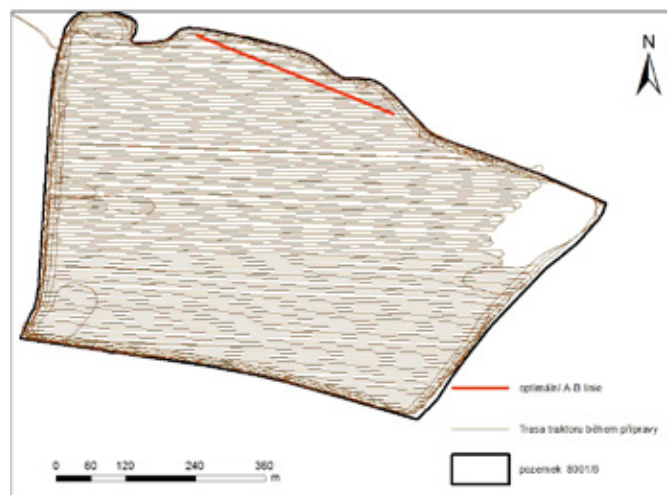
Obr. 380: Intenzita přejezdů po pozemku před založením porostu cukrové řepy (zdroj Kroulík).

Na základě záznamu jízd je možné provádět **optimalizaci pohybu agrotechniky**. Jako základní parametr v uvedeném případě byl zvolen tvar pozemku. Je zřejmé, že pokud nerespektujeme svažitost pozemku, jedná se v některých případech o řešení nevhodné. I v takovém případě je možné hledat určitý kompromis, vzhledem ke skutečnosti, že délka jízd, otoček a přejezdů je počítána pro všechny směry s krokem 1°. Stanovení směru naváděcích linií proběhlo v programu Opti-Trail (Leading Farmers, a.s.). Provedením analýz bylo stanoveno, jak změna směru řídicí křivky a tvar hranic pozemku ovlivní poměr pracovních a nepracovních jízd a doporučené optimální trasy s ohledem na tvar pozemku. Jako podstatná se ukazuje komunikace mezi vedoucím pracovníkem a obsluhou stroje, která má s pozemkem praktické zkušenosti.

S obdobnými informacemi pracují také další softwarové produkty, jako jsou programy SMSTM Basic (AgLeader Technology, USA) nebo AGRI-PLAN (AGRI-PRECISION s.r.o., CZ).

Na obrázku 381 jsou vyobrazeny návrhy jízd pro vybrané pozemky a konfrontovány s původními směry jízd.

Následující tabulka 8 přináší výsledky porovnání původních a modelových trajektorií. Pokud porovnáme jednotlivé hodnoty, je patrné, že **optimalizace přinesla řadu zlepšení**.

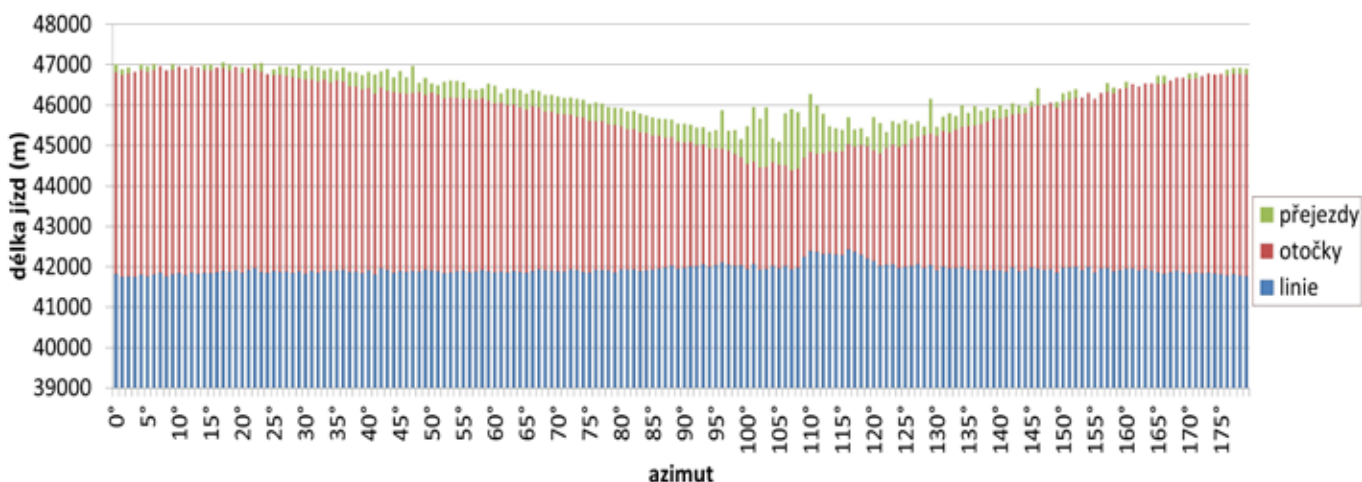


Obr. 381: Modelové trajektorie jízd pracovních strojů a původní jízdy pořízené záznamem (zdroj Kroulík).

Tab. 8: Hodnoty modelových délek jízd a srovnání s původními hodnotami (zdroj Kroulík).

specifikace pozemku	trajektorie	azimut	délka celkem (m)	délka celkem (m)	oblouky (m)	počet oblouků	souvratě (m)	přejezdy (m)
pozemek 9001/8	původní	120°	55158,50	55158,50	2750,83	76	9457,11	807,89
	návrh	105°	54543,33	54543,33	2569,86	71	9457,11	555,11
pozemek 8001/6	původní	100°	50204,93	50204,93	3329,96	92	8275,10	355,22
	návrh	120°	49895,52	49895,52	3148,98	87	8275,10	185,73
pozemek 9802/1	původní	120°	29460,04	29460,04	3800,49	105	6740,17	0,00
	návrh	36°	27791,44	27791,44	1737,37	48	6740,17	150,57

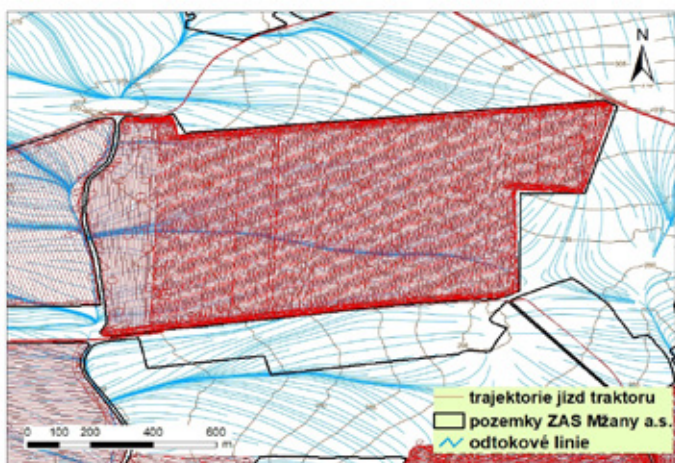
Obrázek 382 dokumentuje změny délek s ohledem na rozdílné směry trajektorií. Ukazuje se, že i minimální změna směru jízdy vede k výrazným změnám v efektivním využití techniky.


Obr. 382: Vliv směru jízdy při známém tvaru pozemku na pracovní využití soupravy (zdroj Kroulík).

Výstup v podobě navigační linie se převede do příslušného formátu a uloží v navigaci stroje. Například uživatelé SMSTM softwaru mají možnost exportovat výstup ve formátech většiny současných značek výrobců zemědělské techniky.

Tvar pozemku je však pouze jednou z veličin parametrizující pojezdovou linii. **Návrhy je zapotřebí posuzovat z více hledisek.** Rovněž je důležitá **komunikace napříč zainteresovanými pracovníky**, kdy je následně návrh lépe přijímán. S ohledem na požadavky například protierozních opatření je zapotřebí vstoupit do návrhu ručně a parametry upravit dle požadavků. I toto programové nástroje umožňují. Jedním ze vstupních údajů mohou být **odtokové linie na pozemku**,

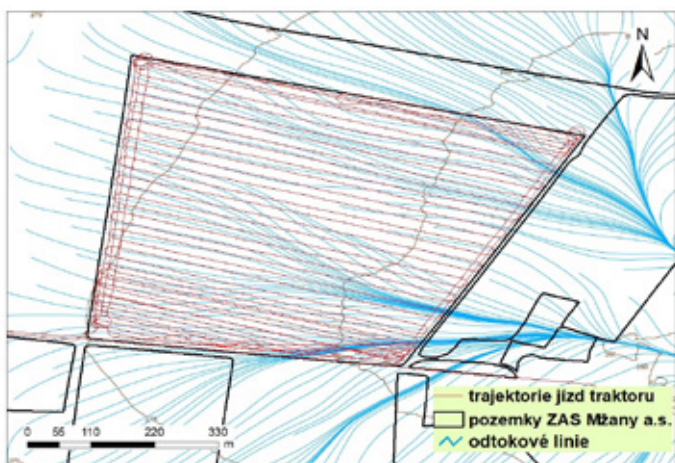
kteří modelují soustředný odtok vody z pozemku. Na základě vhodných opatření je možné riziko smyvu a eroze účinně snížit. Obrázek 383 přináší pohled na pozemek s vyznačenými trajektoriemi, které linie respektují a jsou vhodně voleny napříč soustředěnému odtoku. Následující pozemek pracuje s již méně vhodnými směry linií (obr. 384). Na základě tvaru pozemku je doporučena změna a ta by navíc mohla být podpořena právě odtokovými liniemi. Na druhou stranu mohou existovat důvody, proč jsou trajektorie navrženy takto. Pro tyto případy existují zajímavá řešení, zejména pro širokořádkové plodiny, která jsou nyní realizovatelná právě díky navigacím a sekčním kontrolám techniky.



Obr. 383: Vhodně volené trajektorie s ohledem na směr odtokových linií (zdroj Kroulík).



Obr. 385: Protierozní pásy v porostech kukuřice (foto Kroulík).



Obr. 384: Pozemek s vykreslenými odtokovými liniemi a zanesenou trajektorií jízd, bez ohledu na směr jízdnic trajektorií (zdroj Kroulík).

S praktickými zkušenostmi a zajímavými řešeními se zaváděním opatření pro **zadržování vody v krajině** je možné se setkat v zahraničí, konkrétně ve státě Iowa, USA. Na polích jsou k vidění především kukuřice a sója. Ve zvlněné krajině lze často spatřit **protierozní pásy**, které jsou vytvořeny na základě zkušeností farmářů v místech akumulovaného odtoku (obr. 385). Některé mají trvalý charakter, některé jsou zakládány jednorázově během setí. Do předpisové mapy se zanesou vnitřní hranice, které vymezí osetou a neosetou plochu. Pro přesné secí stroje a postřikovače, u kterých je možné postupně vypínat a zapínat výsevní mechanismy, resp. trysky, je to následně snadný úkol. Nevytváří se navíc souvratě, souprava dané místo přejíždí v přímém směru. Vytvořený pás se osévá například trávou nebo jetelovinou a sklízí se na seno. Jiným příkladem, který je také **výrazný krajinnotvorný prvek**, je tzv. konturové zpracování půdy a setí. Můžeme se setkat také s názvy, jako je setí po vrstevnici nebo terasování, i když poslední název není zcela přesný, protože nedochází k terénním úpravám. Podobné zásahy je možné pozorovat i na našich polích.

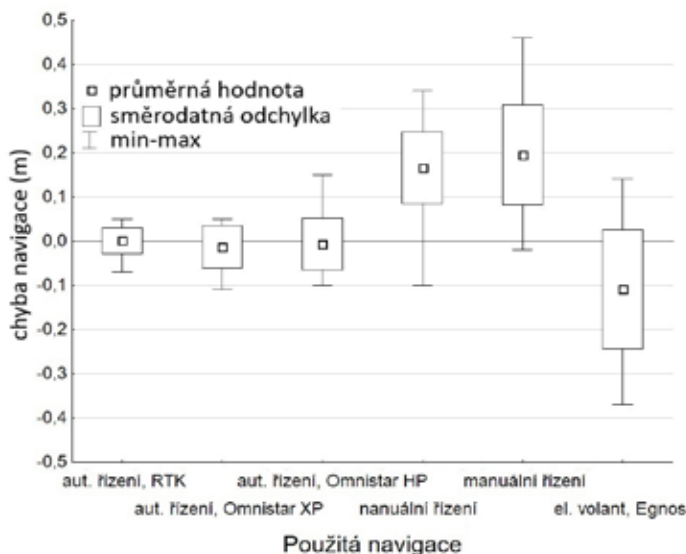
Tab. 9: Hodnocení přesnosti navazování jízd při rozdílném režimu použití navigace (zdroj Kroulík).

parametr	autonomní řízení, RTK	autonomní, Omnistar XP	autonomní, Omnistar HP	manuální řízení	manuální řízení	elektrický, volant, Egnos
průměrná hodnota	0,00a	-0,01a	-0,01a	0,17b	0,20b	-0,11c
směrodatná odchylka	0,03	0,05	0,06	0,08	0,11	0,13
rozptyl výběru	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02
rozdíl max. – min.	0,12	0,16	0,25	0,44	0,48	0,51
max. – min.	-0,07	-0,11	-0,1	-0,1	-0,02	-0,37
max. – min.	0,05	0,05	0,15	0,34	0,46	0,14

Nedílnou součástí efektivního plánování a vedení operací je uplatnění přesné navigace, doplněné korekčním signálem.

Globální poziční systém (GPS) spolu s vyspělými navigačními přístroji a korekcemi signálu představují značný **přínos pro optimalizaci vstupů a minimalizování chyb při práci na poli**. RTK korekce v současnosti představují nejvyšší úroveň dosažitelné přesnosti u polních navigací. Přesnost, resp. chyby v navádění byly sledovány u pěti strojních souprav (tab. 9). Hodnoceny byly vždy vzdálenosti jízdních linií mezi sousedními stopami. Z tabulky je patrné, jak bylo řízení zajištěno a jaký typ korekcí se uplatnil. Do porovnání bylo zahrnuto rovněž manuální řízení, bez podpory navigace.

Obrázek 386 vyjadřuje chyby v navigaci graficky. Jak je z dat patrné, nejvyšší úroveň bylo dosahováno s RTK korekcí v kombinaci s automatickým řízením. Satelitní korekce rovněž vykazovaly vysokou přesnost, pouze s vyšším rozptylem hodnot. Korekce Egnos v kombinaci s pomocným elektrickým motorem již požadovanou přesnost nedokázala zajistit. V případě manuálního řízení jsou patrné především překryvy, kterých se obsluha dopouštěla. V důsledcích překryvů narůstá obdělávaná plocha a s tím i energie a vstupy.

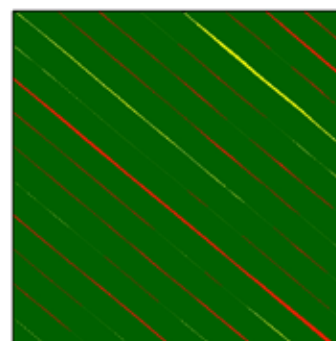


Obr. 386: Hodnocení přesnosti navazování jízd při rozdílném režimu použití navigace (zdroj Kroulík).

Mezi hodnotami chyb u automatického řízení nebyly shledány statisticky významné rozdíly, je však potřeba uvést jednu podstatnou informaci a tou je **časová stabilita přesnosti**. Tu splňuje **pouze RTK korekce**, zatímco u jiných typů korekcí dochází k posunu hodnot.

Také z dalších provedených záznamů se ukazuje jednoznačný trend u manuálního řízení a tím je **převažující překrývání záběrů strojů**. Toto překrytí, které se může jevit jako nevýznamné ve výsledku přináší **navýšení reálně ošetřené nebo obdělávané plochy v řádech několika hektarů**.

Tendenci překrývat dokládá také zpracovaný záznam polního měření, kdy byla sledována souprava traktoru a kombinátoru o pracovním záběru 4 m. Na obrázku 387 je zachycena práce soupravy bez použití navigace, kdy se řidič řídil svým odhadem. Na ploše o hraně 50 m jsou patrné vyšší překryvy a rovněž vynechávka.

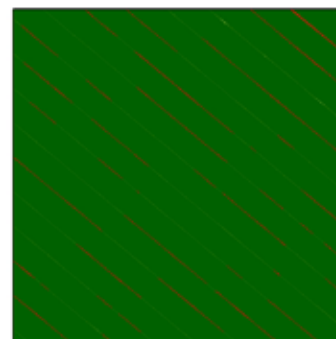


jízdy bez navigace

- záběry stroje
- překryvy
- vynechávky

Obr. 387: Hodnocení přesnosti navazování jízd bez použití navigace (zdroj Kroulík).

Na obrázku 388 je zachycena plocha o shodné výměře z části pozemku, kde byla navigace uplatněna. Je patrné, že došlo k poklesu opakovaně překrytých ploch. Při analýze chyb lze konstatovat, že zpracovaná plocha v případě práce bez navigace byla navýšena o 1,9 %. V případě použití navigace docházelo rovněž k určitým chybám, nicméně plocha se navýšila pouze o 0,04 %.

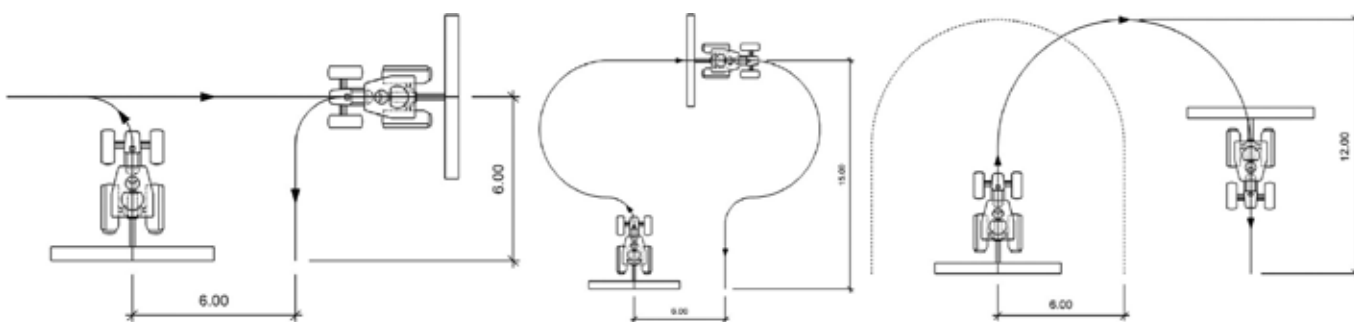


jízdy s navigací

- záběry stroje
- překryvy
- vynechávky

Obr. 388: Hodnocení přesnosti navazování jízd s použitím navigace (zdroj Kroulík).

S použitím navigace rovněž **výrazně naroste operativnost souprav**. Za zvýšením pracovní rychlosti také stojí změna způsobu otáčení na souvracích, například přechod z otočky s couváním na otočku s vynecháním jízd. Příklady otoček s uvedením nutných vzdáleností pro otočení přináší obrázek 389. S podobnými příklady a především se zkušenostmi se setkáváme u řidičů, kteří využívají navigaci pro řízení strojních souprav (obr. 390).



Obr. 389: Otočky souprav na okrajích pozemků. Otočka s couváním, omega otáčka s najetím do sousední jízdy a otáčka s vynecháním jízdy (Holpp a kol., 2013).

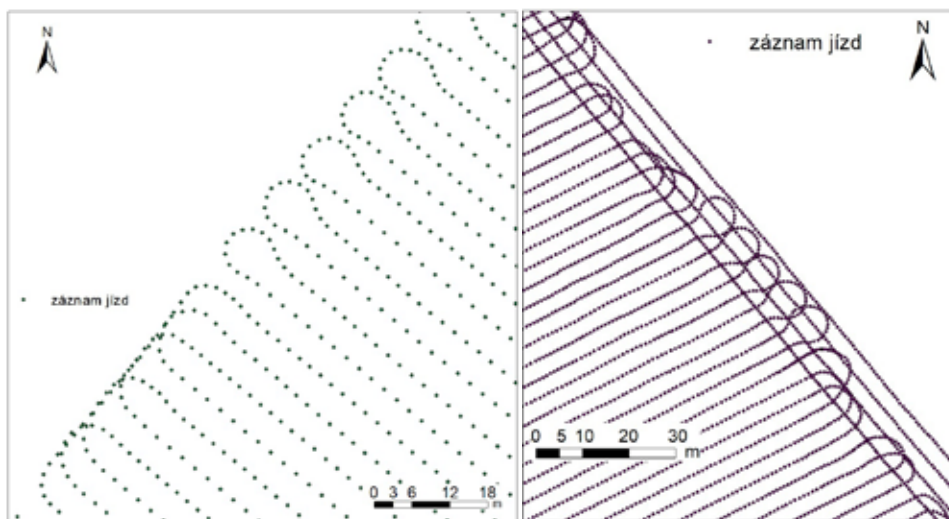


Obr. 390: Jízdy s vynecháváním jedné nebo více jízd uplatňují řidiči navigací s cílem zjednodušit otáčení na souvratí (foto Kroulík).

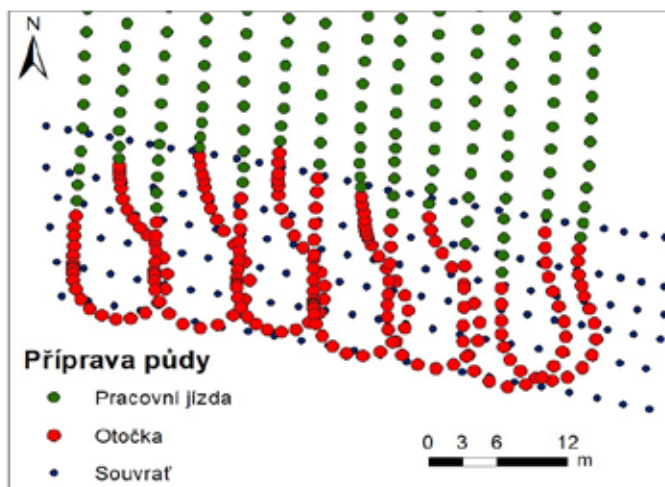
Na obrázcích 391 jsou patrné rozdílné otáčky, které byly uplatňovány v závislosti na použití navigace. Porovnat můžeme dva typy otáček. Otáčka typu omega se uplatňovala při manuálním řízení. Je patrné, že k otočení soupravy bylo zapotřebí širší souvratě, tak aby se souprava opět uvedla do přímého směru v sousední navazující jízdě.

Jak je z obrázku 391 patrné, s otáčkou, kdy se nenajíždí do sousedního záběru, ale vynechává se jedna jízda, je výrazně zkrácena potřeba prostoru na otočení. Nabízí se tak otázka efektivnějšího členění pozemku. Běžnou praxí je dnes náhled na souvratí jako jednotný celek, kdy šířka souvratí nejčastěji odpovídá šířce záběru postřikovače nebo rozmetadla. Se souvratěmi, kde se intenzivně otáčí technika, je spojena řada negativních dopadů, od zhoršených fyzikálních a biologických vlastností půdy, vyšší dávky hnojiv a postřikových látek díky překryvům, vysokou energetickou náročností během zpracování, po nižší výnos. U některých speciálních plodin, konkrétně zeleniny, souvratí ani osévána nebo osazována není. V tomto ohledu je také na souvratí nahlíženo jako na souvislou plochu. Jak ale ukazují obrázky, jednotlivé části souvratí jsou rozdílně ovlivňovány jak četností přejezdů nebo intenzitou ošetření, které mají dopad na celkový výnos.

Souvratí také můžeme rozdělit na dílčí plochy. Plochu okrajovou, plochu s intenzivním otáčením souprav a přechodovou plochu mezi intenzivně přeježděnou částí a hlavní produkční částí. Pro uvažované změny ve využití souvratí a celkového členění pozemků mohou mít tato data rovněž jistou váhu. Při uvedeném způsobu otáčení se rovněž nabízí využití kolejových řádků vytvořených při obdělávání souvratí a tím snížení celkové přejeté plochy pojezdovými mechanismy strojů. Pro jednotlivé typy otoček byly stanoveny rychlosti při otáčení, ujetá dráha a čas potřebný na otočku. Pro záběr nářadí 4 m byly výsledky následující. Rychlost otáčení se v průměru pohybovala u otáčky omega na hodnotě 1,31 m/s, pro otáčku s vynecháním jízdy byla rychlost v průměru 1,25 m/s. Mezi rychlostmi nebyl shledán statisticky významný rozdíl. Z pohledu délky a potřebného času na otočku již statisticky významně



Obr. 391: Rozdílné režimy otáčení souprav v závislosti na použití autonomní navigace (zdroj Kroulík).



Obr. 392: Dopady manuálního ovládní soupravy při otáčkách na přesnost zahlubování a vyhlubování (zdroj Kroulík).

rozdíly byly shledány pro obě veličiny. Průměrná délka otočky omega se pohybovala na hodnotě 29,6 m, zatímco u otáčky s vynecháním jízdy byla délka otočky na 17,7 m. Čas strávený při otáčení byl 14,2 u otáčky s vynecháním jízdy, resp. 22,5 s u otáčky omega.

Při celkovém počtu otáček na pozemcích se již jedná o poměrně významnou úsporu. Ta se týká také situace, kdy rovněž započítáme možnost vynechání počtu objездů souvratě.

Zavedení přesných navigací znamenalo výrazný posun směrem k automatizaci ovládacích prvků traktorů a připojených strojů. Logickým krokem v dalším rozšíření a uplatnění navigací je autonomní ovládní strojů a jejich pracovních sekcí, případně **autonomní otáčení strojů na souvratích**. Na obrázku 392 je vyobrazena část záznamu z pohybu techniky před zavedením autonomních ovládacích prvků. Z obrázku jsou dobře patrné rozdíly v pozicích spouštění a vyhlubování nářadí při otáčení soupravy. Tato skutečnost vede k nadměrnému navyšování počtu přejezdů na souvratích spojeným s vyšší zátěží půdy. Rovněž se navyšuje počet objездů soupravy na souvratích z důvodu zajištění celoplošného zpracování půdy. Tím dochází také k opa-

kovaným přejezdům již jednou zpracované plochy. Vedle navyšování nákladů na pracovní operaci dochází částečně k potlačování efektu základního zpracování půdy, kdy jsou na povrch půdy opětovně vynášeny zaklopené rostlinné zbytky a rezidua, které mohou přinášet komplikace při následné předsetové přípravě, seti a celkově negativní dopad na nový porost. Z obrázku jsou dobře patrné také **rozdíly v poloze zahlubování a vyhlubování**.

S ohledem na členitost terénu v řadě oblastí republiky a požadavku volit směr jízd pokud možno co nejvíce po vrstevnicích, je **kromě přesné navigace traktoru zapotřebí přesné navigace nářadí**. Navigace v traktoru jsou vybaveny kompenzací náklonu stroje, které zajistí vedení stroje v požadované linii. **Při práci po vrstevnici nabyvá na významu boční síla vznikající vlivem rozkladu gravitační síly, která**



Obr. 393: Systém aktivního navádění stroje do požadovaných jízdních stop při práci na svazích pomocí posuvného závěsu nebo doplněním druhé navigace na stroj a řízením traktoru (zdroj Strom Praha, a.s.).

může vychýlit nářadí z požadovaného směru. Ačkoliv se traktor pohybuje ve zvolené linii, nářadí vybočuje. Kromě svahů může podobný problém nastat například při osévání hrůbků, kdy hrozí, že sečí stroj bude z hrůbků sjíždět. V takových případech je zapotřebí řešit, v kooperaci s traktorem, také samostatné navádění připojeného nářadí. Základní myšlenka spočívá v satelitním automatickém (asistovaném) řízení tažného prostředku a zároveň v řízení přípojného stroje (obr. 393). Automatické řízení přípojného stroje se skládá z prvků podobných automatickému řízení tažných prostředků. V základě jsou dvě možnosti: první možností je pasivní navádění, kdy traktor mění polohu tak, aby kompenzoval odchýlení nářadí. Nevýhodou tohoto systému je vychýlení traktoru, což je nežádoucí například v systému stálých kolejových stop. Také v případě pásového zpracování půdy nebo seti



Obr. 394: Ultrazvukový senzor určený pro přesné vedení kultivátoru v meziřádku (foto Kroulík).

do hrůbků by docházelo k poškozování nakypřeného pásu nebo hrůbku. V takovém případě lze využít druhou možnost a tou je aktivní navádění připojeného stroje do požadované jízdní stopy.

Z pohledu aktivního řízení a navádění nářadí existuje několik technických řešení. Vedle zmíněného posunu nářadí pomocí posuvného hydraulicky ovládaného rámu ve směru kolmém na směr jízdy je to použití řídicích kol nebo kotoučů, aktivní natáčení tažné oje, nebo natáčení tříbodového závěsu traktoru pomocí aktivních napínacích táhel.

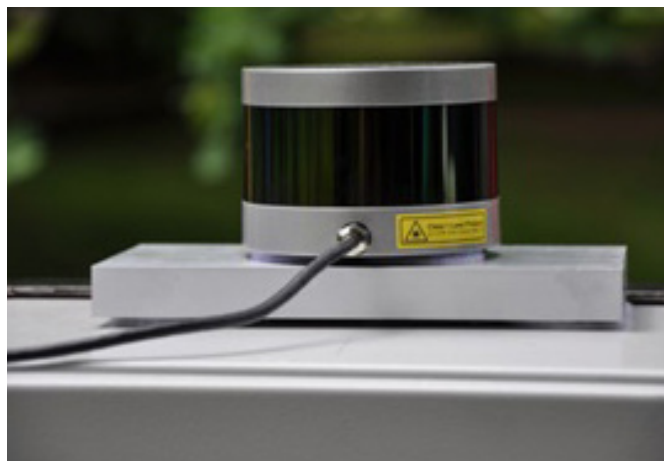
Navigace není pouze satelitní. Přestože je nejrozšířenější a dosáhla výrazného komerčního uplatnění, v některých případech nachází využití jiný způsob navigace, případně využijeme kombinaci navigačních technik. S některými prvky navigačních přístrojů, které využívají jiného principu, než příjem družicového signálu se setkáváme delší dobu. Na obrázku 394 je představena kombinace družicové navigace a ultrazvukových senzorů pro přesnou navigaci kultivátoru do meziřádku. Velmi rozšířené jsou **optické systémy navádění** meziřádkových kultivátorů pro zajištění vyšší přesnosti během práce a také přiblížení pracovních nástrojů řádkové plodiny s minimem rizika jejich poškození (obr. 395). Ukazuje se ještě jedna možnost využití. Zejména



Obr. 395: Optický senzor určený pro přesné vedení kultivátoru v meziřádku (foto Kroulík).

pro podniky, které nemají věšenou techniku vybavenou navigací, případně je dostupnost korekčních signálů omezená. Při zpracování půdy založíme navigační řádek výsevem vhodné plodiny, podle kterého se následně řídí ostatní soupravy, například během aplikace kejdy nebo digestátu, hnojení před založením porostu a další.

Na základě použitých aplikací je možné říci, že optické systémy představují významný potenciál nejen pro navigaci strojů. Vysoký potenciál v uplatnění při navigaci a zajištění bezpečnosti provozu strojů je laserový dálkoměrný senzor, který se obecně označuje jako LIDAR. Senzor proměřuje vzdálenosti od okolních objektů v jedné rovině a to s vysokým rozlišením až 0,25°. Zpracováním dat získává informace o svém okolí a tyto informace může využít pro zmíněnou navigaci nebo detekci překážek. Jako další senzor, který nabízí velmi zajímavé výsledky a skýtá potenciál vedle navigace také pro sběr dat je 3D laserový skener, nebo též 3D Lidar (obr. 396). Jak už název napovídá, v jednom okamžiku senzor proměřuje vzdálenosti okolních předmětů ve více rovinách, resp. kuželech. Navíc sleduje scénu v 360°. Podobné doplnění kombinovaných navigací bude nezbytné pro nastupující robotické platformy, především z důvodu zajištění bezpečnosti provozu.



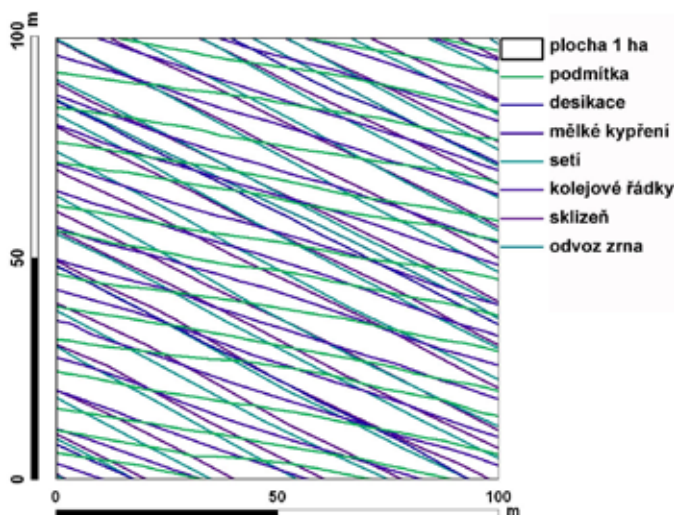
Obr. 396: 3D Lidar PUCK VLP-16 od společnosti Velodyne (foto Kroulík).

25. Optimalizace pohybu souprav za účelem eliminace zhutnění půdy

Přejezdy technikou, přes jejich nezbytnost, představují výrazný zásah do stavu půdního prostředí a přímo souvisí s navyšováním nežádoucího technogenního zhutnění půd. Technogenním zhutněním rozumíme nežádoucí stlačení částí půdního profilu, kdy fyzikální vlastnosti půdy přesáhnou mezní kritické hodnoty působením strojů, které se v pěstitelských technologiích využívají. Nežádoucí zhutnění půdy zvyšuje energetickou náročnost a kvalitu zpracování půdy, snižuje výnosy plodin a je spojeno s ekologickými riziky, která doprovázejí vodní erozi půdy. Řada autorů řešila zatížení orné půdy přejezdy během roku nebo v rámci osevního postupu. U malého podniku nebylo přejezdy mechanizace zatíženo 3,3 % povrchu půdy a 2,7 % povrchu bylo přejezo jen jednou, 75 % povrchu půdy bylo přejezo 2x a více, 15 % bylo přejezo 10x a 2 % 27x a více. U velkého podniku nebylo přejezdy mechanizace zatíženo 10,9 % povrchu půdy a 1,3 % povrchu bylo přejezo jen jednou. 76 % povrchu půdy bylo přejezo 1x a více, 9 % bylo přejezo 8x a 2 % 19x a více.

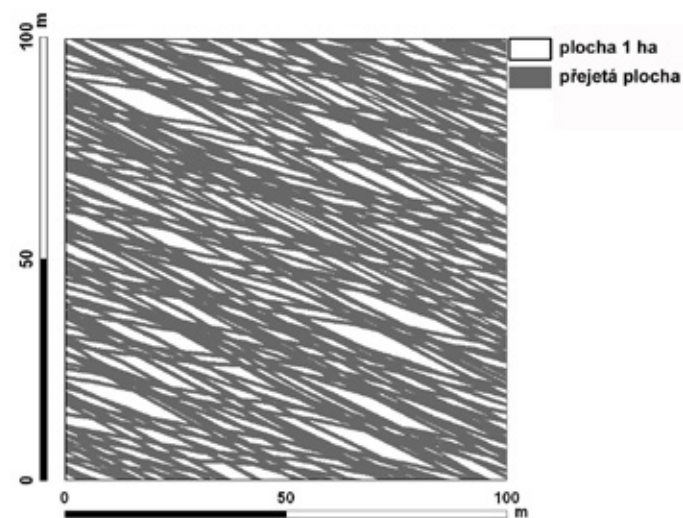
Díky záznamu polohy máme reálný obraz intenzity přejezdů, který jednoznačně dokládá vysokou intenzitu přejezdů.

Na následujících obrázcích je ukázka záznamu pohybu zemědělské techniky po pozemku, demonstrována na jednohektarovém výřezu. Jedná se o trajektorie jízdy u minimalizační technologie (obr. 397).

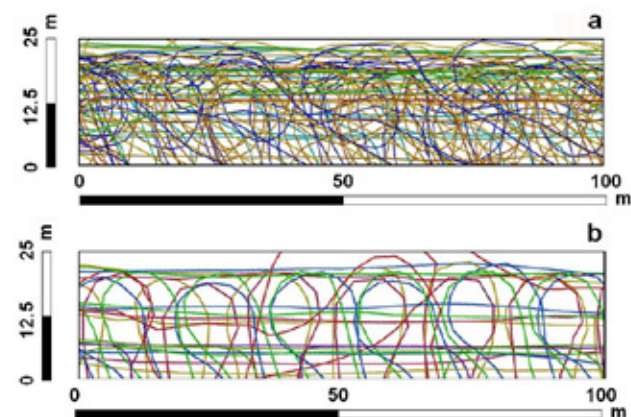


Obr. 397: Mapa záznamu pohybu mechanizace po pozemku na výřezu o ploše 1 ha. Minimalizační technologie s mělkým kypřením (zdroj Kroulík).

Pro názornost je na obrázku 398 znázorněno pokrytí plochy stopami pneumatik. Na souvracích je potom četnost přejezdů a zejména opakování přejezdů ještě významnější (obr. 399).



Obr. 398: Mapa přejeté plochy pozemku pojezdovými ústrojími mechanizace na výřezu o ploše 1 ha. Minimalizační technologie s mělkým kypřením (zdroj Kroulík).



Obr. 399: Záznam přejezdů na souvracích u orebné technologie (a) a minimalizační technologie (b) (zdroj Kroulík).

Výsledky ze sledování intenzity přejezdů ukazují, že **88,2 % plochy bylo pokryto stopami během jednoho roku, resp. sezóny v případě, že byla uplatněna ořební technologie**. Dále bylo spočítáno, že tato, již jednou přejetá plocha byla vystavena opakovaným přejezdům. Na pozemku, kde byla uplatněná **minimalizační technologie**, klesla plocha přejetá pneumatikami na **65,2 %, resp. 42,7 % u přímého setí**. Se snížením intenzity klesla plocha přejetá pneumatikami. Intenzita přejezdu se tedy odvíjí od zvolené technologie zpracování půdy. I tak ale zůstávají v organizování přejezdů značné rezervy. V našem případě organizace přejezdů odpovídala provozním podmínkám v zemědělském podniku, nebylo do ní nijak zasahováno.

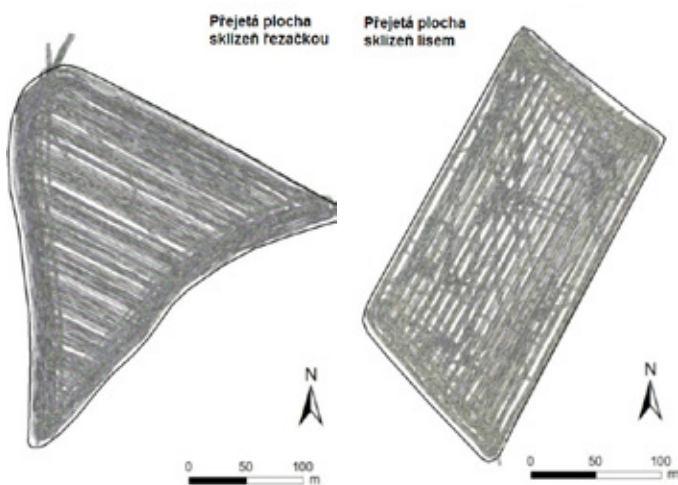
K uvedenému vyjádření je zapotřebí přidat další doplňující údaje a tím je momentální vlhkost půdy. Je obecně známo, že **vlhká a případně nakypřená půda je nežádoucím zhutnění náchylná mnohem více než půda v sušším nenakypřeném stavu**. Řada operací, jmenujme zejména přípravu půdy, setí, přihnojování a ochranu, spadá do jarního období, kdy je zranitelnost půdy vyšší. Rovněž na zavlažovaných plochách a v intenzivních provozech je riziko nežádoucího zhutnění velmi vysoké.

Dopady nežádoucího zhutnění můžeme následně pozorovat v průběhu celé pěstební sezóny. V hlubších vrstvách můžeme stopy nežádoucího zhutnění pozorovat i s odstupem několika let. Dokladem je obrázek 400, kde jsou i s několikaletým odstupem patrné původní kolejové stopy, propsané do stavu porostu. Snímek byl pořízen v období dozrávání porostu ozimé řepky.



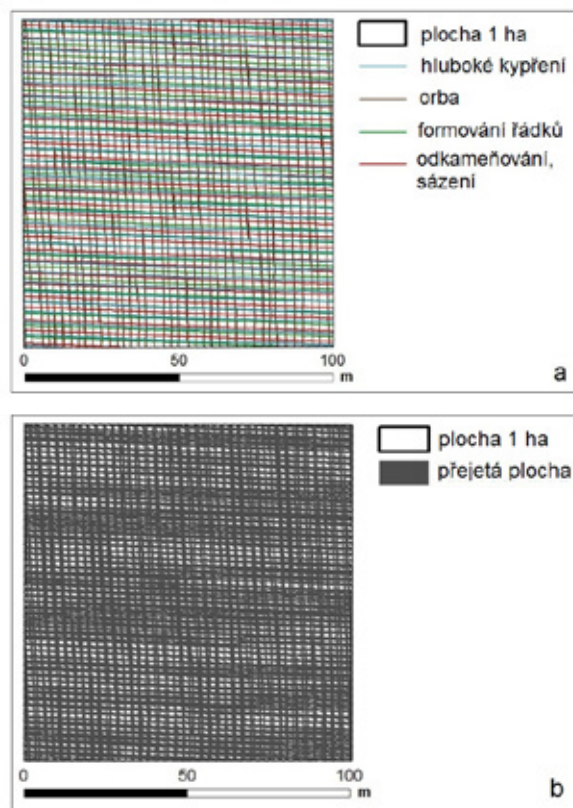
Obr. 400: Snímek dozrávajícího porostu řepky, vyjádřený vegetačním indexem NDVI. Na snímku jsou patrné původní kolejové řádky, které byly na pozemku uplatňovány cca 7 let před pořízením snímku (zdroj Kroulík).

Problém intenzivních a náhodných přejezdů se dotýká také dalších plodin, jako jsou **pícniny na orné půdě a víceleté travní porosty**. Obrázek 401 dokládá intenzitu přejezdů technikou během sklizně pícnin na siláž. V případě sklizně s využitím samojízdné řezačky bylo pneumatikami přejeté okolo 64 % sledované plochy. V případě nasazení svinovacího lisu bylo přejeté okolo 63 % plochy. Nejčastěji byly zaznamenány dvakrát opakované přejezdy.



Obr. 401: Grafické vyjádření přejezdů při sklizni samojízdnou řezačkou (vlevo) a grafické vyjádření přejezdů při sklizni svinovacím lisem (vpravo) (zdroj Kroulík).

Obrázek 402 zobrazuje trajektorie a přejezdy pneumatikami na výřezu 1 ha při zakládání porostu brambor. Technologie pěstování brambor patří k velmi intenzivním technologiím. Tomu odpovídá podíl přejeté plochy technikou 84,4 %. Do výřtu ještě není zařazena sklizeň.



Obr. 402: Grafické vyjádření trajektorií jízd (a) a stop pneumatik (b) při zakládání porostu brambor (zdroj Kroulík).

25.1. Technologie pro snížení zátěže půdy pojezdovými mechanismy

Obrázek 403 dokládá dopady přejezdů na stav porostu cukrové řepy v raných stádiích vývoje, obrázek 404 naopak dokumentuje, jak je půda vystavena tlaku pojezdových ústrojí strojů při její sklizni.



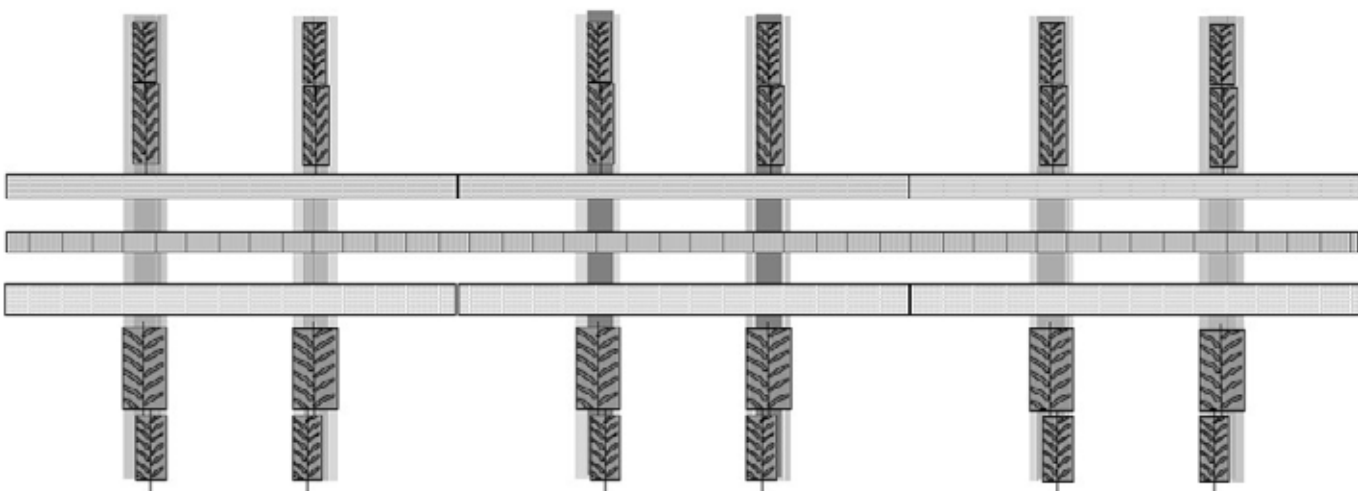
Obr. 403: Vliv utužení půdy na variabilitu porostu cukrové řepy v roce 2020. Patrné jsou předchozí jízdní stopy (foto Kroulík).



Obr. 404: Intenzita přejezdů při sklizni cukrové řepy (foto Kroulík).

v osevním postupu, vysoké výměry pozemků a moderního strojového zázemí jsou tak naplněny předpoklady pro zavedení systému řízeného pohybu strojů po pozemcích.

Tato technologie vznikla během minulého století. Také u nás jsme se mohli setkat s termíny jako agrotechnický most apod. V praxi to znamená soustředění, pokud možno, co největšího množství přejezdů v rámci pozemku do totožných jízdních stop. Na následujících obrázcích si představíme některé způsoby kombinací přejezdů se stroji s daným rozchodem kol. Ve všech případech je zřejmé, že celá technologie vyžaduje celkově jiný přístup farem, který je založen na **vysoké**



Obr. 405: CTF se systémem ComTrac (Chamen 2006).

Pro řadu zemědělců je dnes hledisko ochrany půdy před erozí nebo ztuhnutím půdy stále důležitější. Jednou z technologií, která zohledňuje intenzitu přejezdů a jejíž rozšíření má potenciál snížit některé negativní dopady na půdy je **technologie jednotných jízdních stop**, známá spíše pod zkratkou CTF z anglického **Controlled Traffic Farming**. V zemích, kde je systém CTF dlouhodobě využíván, jsou výsledky více než příznivé. V podmínkách zjednodušené skladby plodin

technologické kázni, důsledných změnách v organizaci jízd strojních souprav a využití moderních navigačních prostředků.

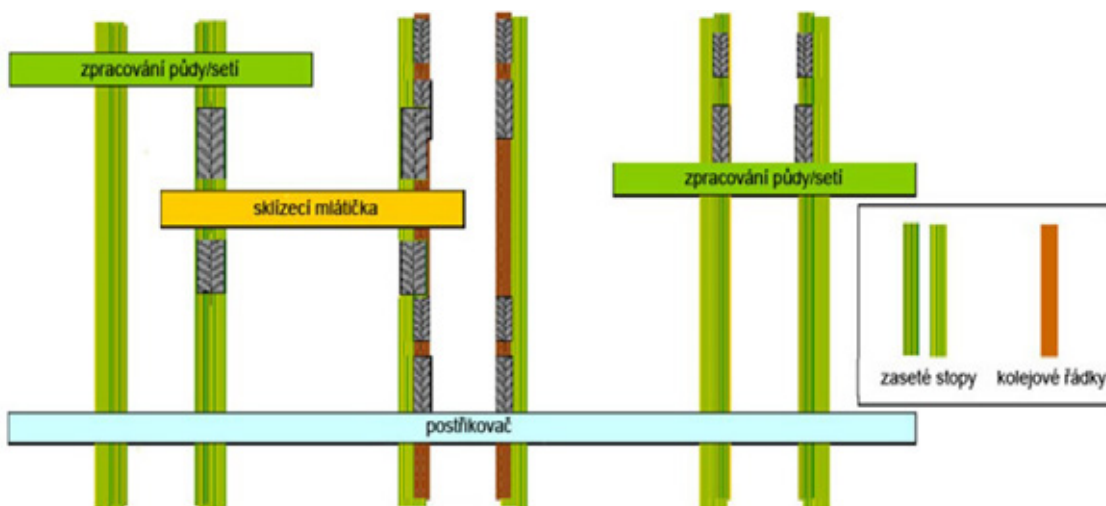
Ideální je případ, kdy máme k dispozici stroje se shodným rozchodem kol nebo pásů, tzv. systém „ComTrac“ (obr. 405). Jedná se o technicky nejnáročnější opatření, kdy je zapotřebí provést řadu technicky i finančně náročných úprav. Zejména se jedná o sjednocení rozchodu kol traktorů a sklízecí mlátičky nebo sklízecích strojů obecně (obr. 406).



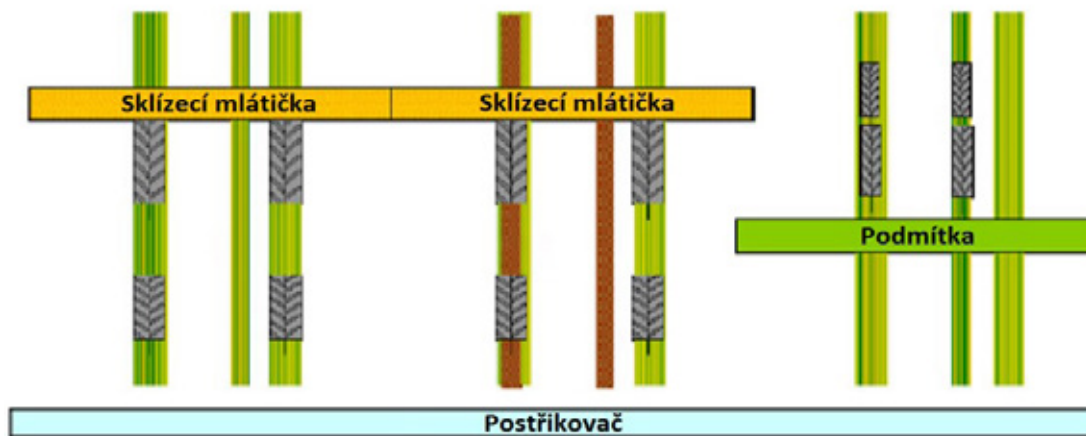
Obr. 406: Rozšíření rozchodu kol s použitím speciálních náprava a koncových převodů (foto Kroulík).

V případě větších modulů pracovních záběrů strojů není možné systém „TwinTrac“ využívat, ale lze využít systém „AdTrac“, který za cenu větších záběrů (obr. 407) používá dodatečnou jízdní stopu (obr. 408).

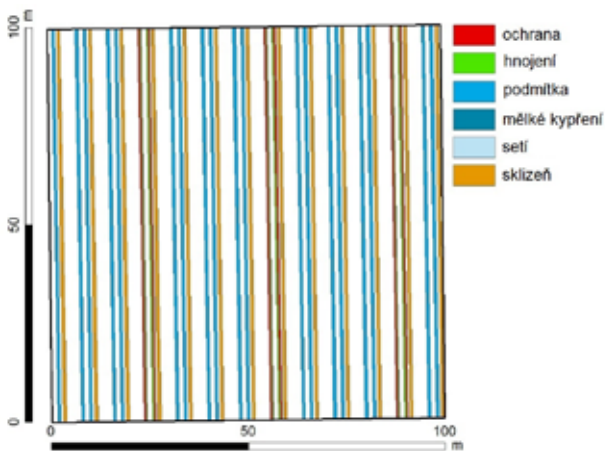
Uvedené způsoby pohybu souprav po pozemku a kombinace rozchodů byly uplatněny v rámci polních pokusů s technologií CTF. Obrázek 409 přináší hodnocení přejeté plochy pneumatikami u minimalizační technologie, kde byl uplatněn systém jednotných kolejových stop. Jedná se o shodnou intenzitu zpracování půdy, pro kterou byla hodnocena intenzita přejezdů s náhodnými přejezdy, kdy přejetá plocha činila okolo 63 %. V případě uplatnění systému AdTrac došlo k poklesu přejeté plochy pneumatikami na hodnotu 31 % při záběru strojů 8 m. Jako významný argument pro zavedení technologie se ukázala možnost výrazně snížit četnost přejezdů bez dodatečných nákladů na úpravu strojů. Se shodným rozchodem kol by bylo snížení výraznější, ale toto snížení by se neobešlo bez úprav na traktorech. U modulu 4 m se podařilo zajistit způsob pohybu v režimu TwinTrac. S menšími záběry však přejetá plocha narůstá. I tak byla hodnota přejeté plochy 37 % z pohledu četnosti přejezdů příznivá.



Obr. 407: CTF se systémem TwinTrac (Kumhála a kol. 2013).



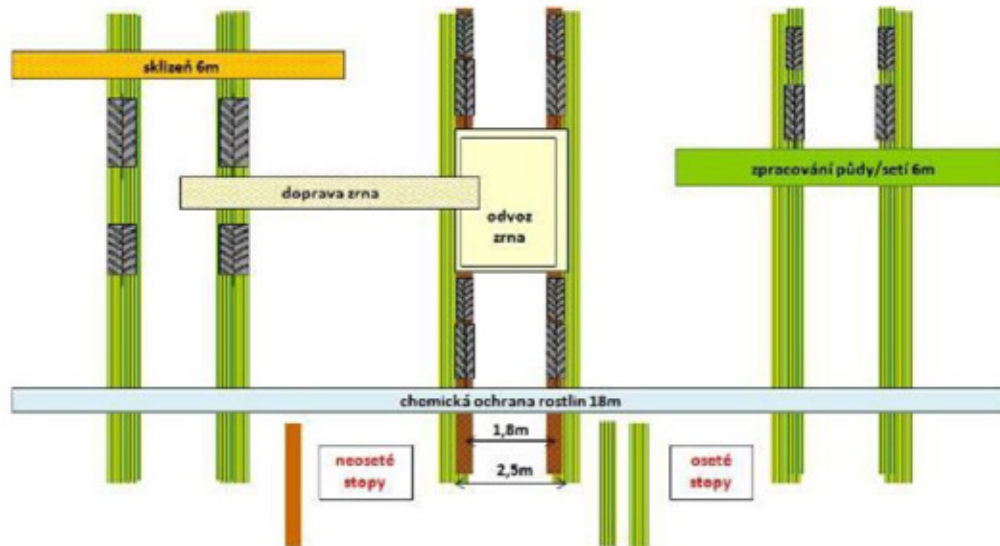
Obr. 408: CTF se systémem AdTrac (dle Chamen, 2009, upravil Kroulík).



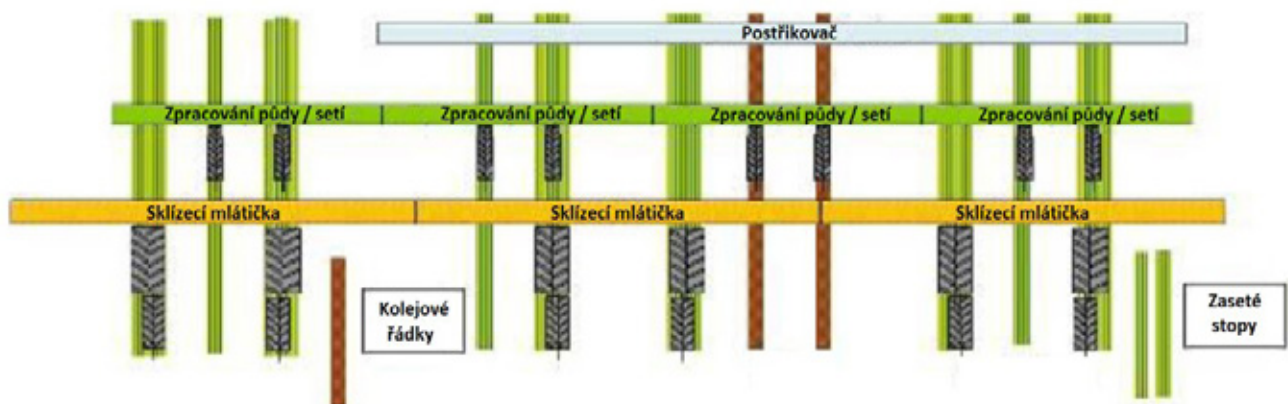
Obr. 409: Plocha přejetá pneumatikami při organizovaném způsobu pohybu strojů AdTrac. Pracovní záběr stroje 8 m (zdroj Kroulík).

Samozřejmostí je, že pro každý strojový park nelze využít těchto tří jmenovaných systémů, ale je možné použít i další systémy jako jsou například „OutTrac“ (obr. 410). Systém „OutTrac“ je jednou z jednodušších aplikací systému CTF bez sjednocení rozchodů kol. Jedná se o využití zemědělské techniky se standardním rozchodem při větší celkové šířce trvalých stop. Pozemek je následně rozdělen na tři oblasti s rozdílným počtem přejezdů: oblast s nulovým přejezdem, oblast s minimálním přejezdem a oblast s intenzivními přejezdy.

Další možností je systém „HalfTrac“, který využívá také dva rozchody náprav, přičemž jeden rozchod je polovinou druhého. Dále využívá tři šířky záběrů mechanizace (obr. 411).



Obr. 410: CTF se systémem OutTrac (dle Chamen, 2009, upravil Kroulík).



Obr. 411: CTF se systémem HalfTrac (Chamen, 2006).

25.2. Modifikace pěstebních technologií

V souvislosti s možnými riziky zvýšeného utužení půdy během předsetové přípravy a s tím spojenými problémy se zhoršenými infiltračními procesy dochází k přehodnocení klasických postupů zakládání plodin, založených na celoplošném zpracování půdy v samostatných operacích. Z tohoto pohledu se dostávají do popředí také systémy pro pásové zpracování půdy, které jsou navíc spojeny se zonálními aplikacemi v podobě ukládání hnojiv, pomocných látek případně výsevem pomocných plodin.

S potřebou minimalizace přejezdů dnes vyvstává také otázka samotné předsetové přípravy půdy, přehodnocení názoru na kvalitu předsetové přípravy a obecně zavedenou představu o ideálním obrazu setového lože. Je třeba také zohlednit, že předsetová příprava je často prováděna opakovanými přejezdy. Problém narůstá také s využitím vícenásobných montáží pneumatik. Ve snaze minimalizovat dopady na půdu tak paradoxně vytváříme problematické stavy.

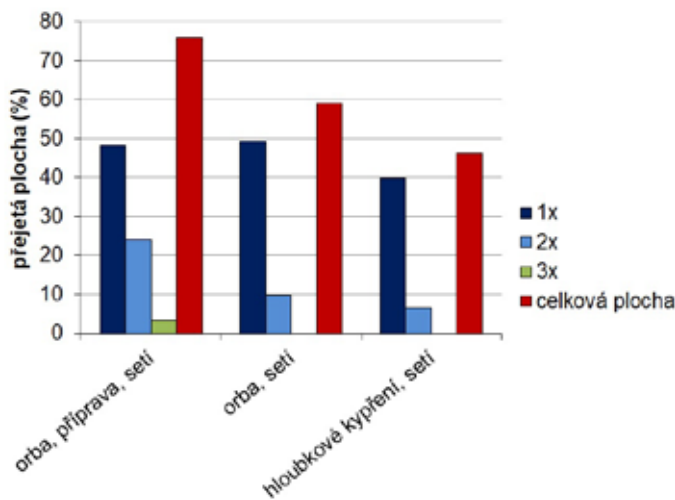
V případě **modifikace předsetové přípravy**, byla tato operace vynechána, resp. nahrazena zonálním kypřením. Ve všech případech byl porost zakládán do hrubé brázdy, bez celoplošné předsetové přípravy (obr. 412). Původně stroj pro meziřádkovou kultivaci tak přebírá rovněž funkci předsetové přípravy a stává se univerzálním, víceúčelovým strojem. Postupy vycházejí z technologie pásového zpracování půdy. Nicméně hloubka zpracování a intenzita kypření nedosahuje takové podoby, jako klasický strip till. Rovněž je potřeba uvést, že podobné technologie byly uplatňovány zejména v rámci orebného zpracování půdy, kdy je často na vysokou intenzitu zpracování půdy poukazováno. Uvedeným postupem byly zakládány porosty cukrové řepy a kukuřice seté.



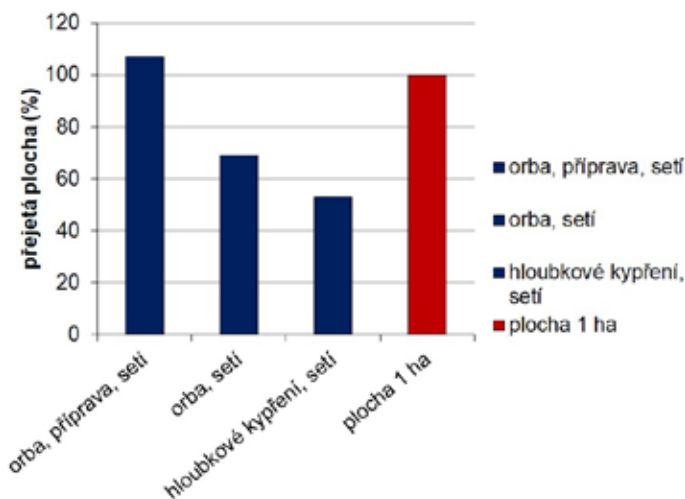
Obr. 412: Kombinace kultivátoru pro zonální předsetovou přípravu s aplikací kapalných hnojiv (foto Kroulík).

Výsledky ze sledování intenzity přejezdů ukazují, že původní technologie zpracování půdy a setí, bylo 75,9 % plochy přejezo alespoň jednou pneumatikami traktoru během jednoho roku, resp. sezóny. Dále bylo spočítáno, že tato, již jednou přejetá plocha byla vystavena opakovaným přejezdům. Výrazný podíl mají také plochy přejeté 2x. Pokud byla zavedena modifikovaná technologie, došlo k výraznému snížení přejeté plochy, včetně přejezdů opakovaných. Tohoto snížení bylo dosaženo jednak vynecháním předsetové přípravy a sloučením jízdních stop při kypření a setí, případně sloučením operací do jed-

noho přejezdu (obr. 413 a 414). Modifikované technologie vycházely ze základního zpracování půdy, kde byly hodnoceny varianty orané a varianty s hloubkovým kypřením. Z obrázku 415 je patrný ještě jeden výrazný dopad přejezdů, a to jsou opakované přejezdy. Přestože je pro míru zhutnění nejvýznamnější první přejezd, hodnota narůstá také s každým dalším přejezdem. Pokud vyjádříme plochu jako součet všech vstupů, dojdeme k závěru, že plocha intenzivně přejatá je vyšší, než výměra pozemku. V našem případě se jedná o hodnotu 107 %.

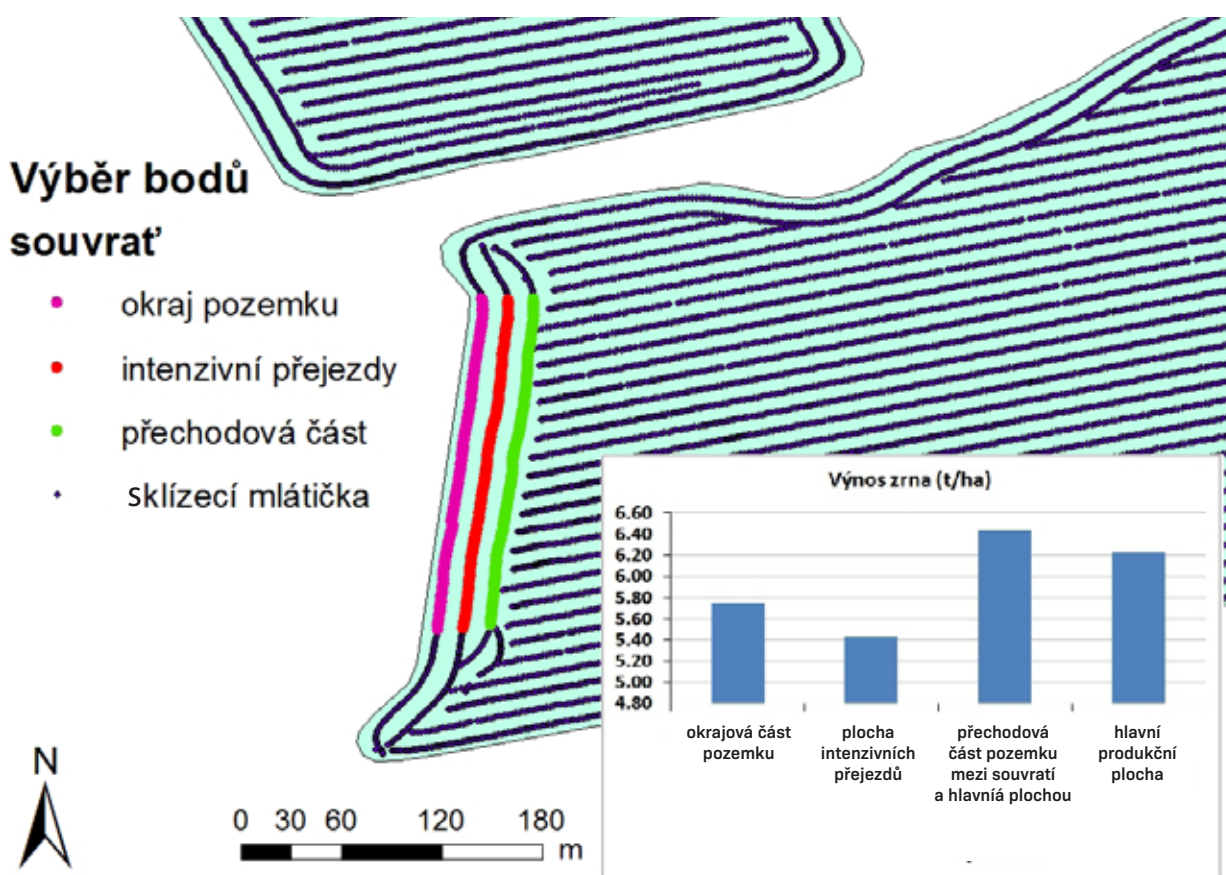


Obr. 413: Vyjádření plochy přejeté pneumatikami pro rozdílné technologie zpracování půdy (zdroj Kroulík).



Obr. 414: Vyjádření celkové součtové plochy přejeté pneumatikami (zdroj Kroulík).

Dalším příkladem technologického řešení je ozeleňování kolejových řádků v porostech polních plodin. Byl prokázán vliv přejezdů na snížení výnosu v kolejových stopách. Jak dokládá obrázek 415, výnos hlavní plodiny na intenzivně přejížděné části souvrati je nižší oproti hlavní produkční ploše. Rovněž je dosahováno nižší kvality produkce při celkově vyšších energetické spotřebě. Obrázek přináší záznam z práce sklízecí mlátičky. Graf prezentuje hodnoty výnosu zrna pšenice ozimé na jednotlivých částech sledovaných ploch.



Obr. 415: Pohled na výnosový potenciál souvatí, rozdělených podle četnosti zátěže půdy pojezdovými mechanismy (zdroj Kroulík).

Příklad **osetých kolejevých řádků** přináší obrázek 416 a 417. Druhovou pestrost jistě uvítá hmyz, zvýší se únosnost kolejevých řádků a nedochází k poškozování hlavní plodiny v místě řádku technikou.

Organizované řádky na souvatích navíc zajistí také koncentraci přejezdů do jasně vymezené plochy.



Obr. 416: Osetí kolejevých stop přináší řadu zajímavých řešení pro podporu biodiverzity nebo využití techniky (foto Šmöger).



Obr. 417: Letecký snímek ozeleněných kolejevých řádků v porostu kukuřice seté (foto Šmöger).

Uvedený příklad snižování zátěže půdy pojezdovými mechanismy prezentuje ucelenou technologii s požadavkem na vysokou technologickou kázeň. Na druhou stranu, vhodným nastavením stroje, včetně huštění pneumatik docílíme efektivního snížení negativního působení na podložku. Možnosti dofukování pneumatik navíc umožní změnu tlaku během jízdy, v závislosti na charakteru práce (obr. 418). Při jízdě po pozemku tlak snižujeme a v okamžiku, kdy vyjíždíme na pozemní komunikaci, tlak opět navýšíme. Na základě znalosti variability pozemku můžeme přizpůsobit tlak v pneumatikách konkrétním podmínkám.



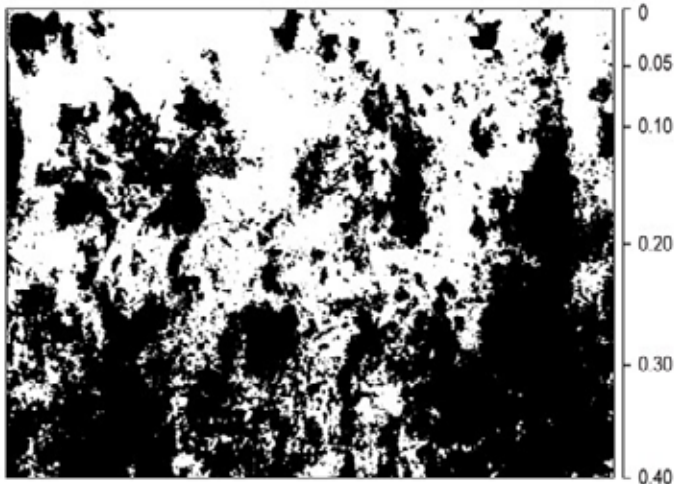
Obr. 418: Systém pro dofukování pneumatik stroj během jízdy (foto Kroulík).

Uvedený příklad snižování zátěže půdy pojezdovými mechanismy prezentuje ucelenou technologii s požadavkem na vysokou technologickou kázeň. Na druhou stranu, vhodným nastavením stroje, včetně huštění pneumatik docílíme efektivního snížení negativního působení na podložku. Možnosti dofukování pneumatik navíc umožní změnu tlaku během jízdy, v závislosti na charakteru práce (obr. 418). Při jízdě po pozemku tlak snižujeme a v okamžiku, kdy vyjíždíme na pozemní komunikaci, tlak opět navýšíme. Na základě znalosti variability pozemku můžeme přizpůsobit tlak v pneumatikách konkrétním podmínkám.

Každopádně problematika utužení nesouvisí pouze s intenzitou přejezdů. Jedná se o vícefaktorový dopad. Z technického pohledu je to také zvolená technologie a působení pracovního nářadí. Působení pracovních nástrojů na půdní profil dokládají následující obrázky. Obrázek 419 přináší pohled na infiltraci vody do půdy na pozemku, kde byla dlouhodobě uplatňována orebná technologie. Na základě charakteru průsaku můžeme pozorovat **přítomnost ztuhlé vrstvy**, odpovídající hloubce orby. Ztuhlá vrstva výrazně snížila propustnost pro vodu, což dokládá nižší zastoupení vody. Tu prezentuje bílá barva.

Na obrázku 420 je zobrazen profil, kde bylo uplatněno mělké kypření, které nahradilo orbu. Z rozdílných koncentrací zbarvení profilu je patrné, že utužená vrstva se posunula směrem k povrchu, opět na hloubku kypření. Nicméně i po delší době uplatňování mělkého kypření je patrná utužená vrstva po předchozí orebné technologii.

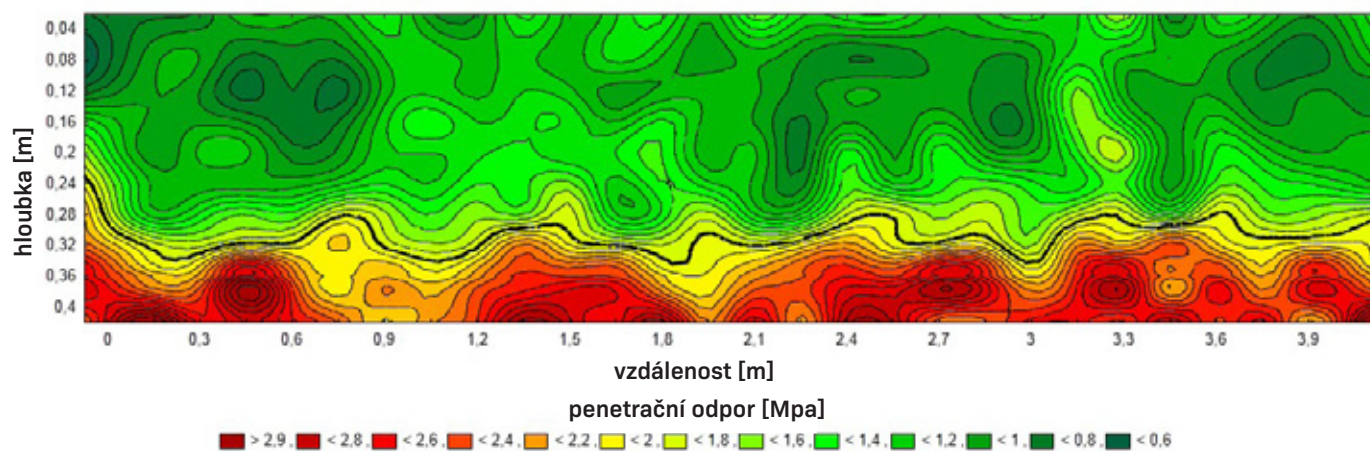
Střídání hloubek kypření má své opodstatnění u všech technologií. Obrázek 421 prezentuje penetrační odpor napříč půdním profilem. Z hodnot penetračního odporu je patrná přechodová vrstva mezi kypřeným profilem a podorniční vrstvou. Pokud plochu přejedeme traktorem, můžeme pozorovat vliv přejezdu na hodnoty penetračního odporu (obr. 422).



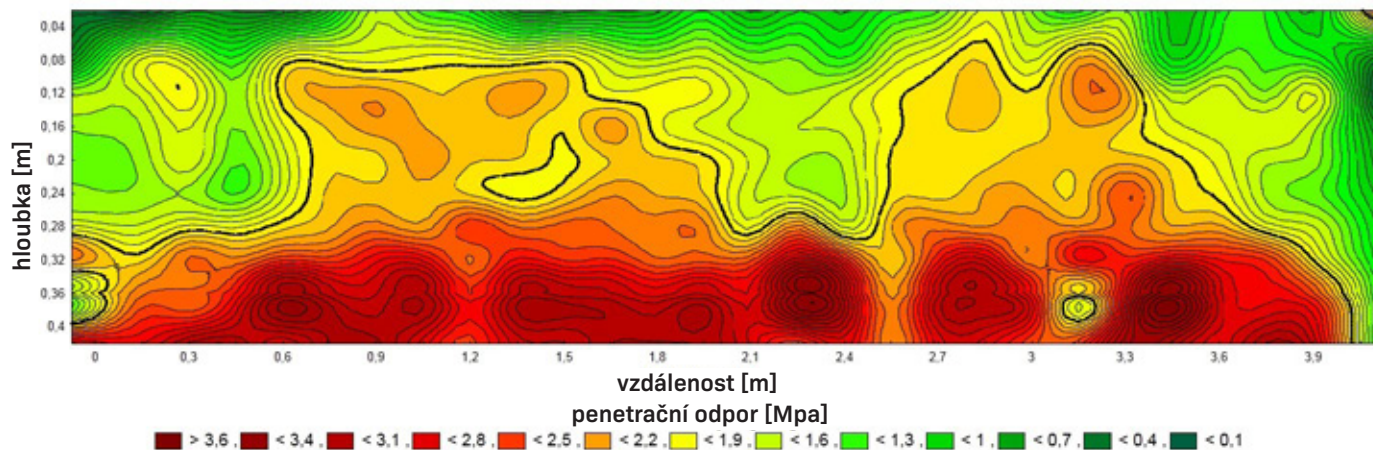
Obr. 419: Vizualizace průsaku vody do půdního profilu na dlouhodobě oraném pozemku. Infiltrovanou vodu prezentuje bílá barva (zdroj Kroulík).



Obr. 420: Penetrační odpor napříč půdním profilem vůči směru jízdy. Patrné jsou dopady přejezdu po pozemku vyjádřené změnou hodnot penetračního odporu (zdroj Kroulík).



Obr. 421: Penetrační odpor napříč půdním profilem vůči směru jízdy. Patrná je přechodová vrstva mezi kypřeným a nekypřeným profilem (zdroj Kroulík).



Obr. 422: Penetrační odpor napříč půdním profilem vůči směru jízdy. Patrné jsou dopady přejezdu po pozemku vyjádřené změnou hodnot penetračního odporu (zdroj Kroulík).

26. Energetická náročnost souprav na zpracování půdy

Pro energetickou náročnost prováděné operace je u tažených strojů na zpracování půdy rozhodující velikost tahové síly. Potřebu tahové síly nástrojů pro zpracování půdy ovlivňují podmíněné parametry jako druh stroje, pracovní záběr, pracovní hloubka a pracovní rychlost. Druhou oblast působících faktorů na potřebu tažné síly představují faktory závislé na místě, ke kterým musíme připočítat druh půdy, objemovou hmotnost půdy, půdní vlhkost a reliéf. K dalším faktorům, které působí na výslednou hodnotu tahové síly, patří stav nástrojů a seřízení stroje.

Aktuální znalost tahové síly je v mnoha ohledech užitečným nástrojem. Výsledky mohou být v běžné praxi použity pro srovnání energetické náročnosti používaných technologií zpracování půdy, ověření technických změn na strojích, optimalizaci nastavení stroje a ověření agrotechnických zásahů na pozemcích.

Energetická náročnost pracovních postupů bude v následujících letech jistě představovat významný parametr s ohledem na požadované snižování energetických vstupů, spotřeby PHM a produkce CO₂.

Dostupné údaje o potřebě tahové síly pro jednotlivé stroje pro zpracování půdy jsou spíše informativního charakteru. Tahové síly během práce stroje lze měřit několika způsoby. Jedním ze způsobů měření je nasazení speciálních rámců, které se vkládají mezi závěs traktoru a připojené nářadí (obr. 423). Jedná se sice o přesné stanovení potřeby tahové síly, nicméně dostupnost rámu je velmi obtížná. Jedná se často o speciálně vyrobené prostředky pro potřeby například výzkumu.



Obr. 423: Měřicí rám vkládaný mezi traktor a měřený stroj (foto Kroulík).

K měření tahových sil bylo využito tahového dynamometru LUKAS, typ S-38 s měřicím rozsahem 200 kN. Tahový dynamometr byl umístěn do závěsu, který byl umístěn mezi dva traktory. Obrázek 424

ukazuje měřicí soupravu s kombinovaným kypřičem a obrázek 425 zobrazuje soupravu s pluhem. První traktor zajišťuje tažení soupravy, druhý traktor zajišťuje ovládání pracovního stroje. Výstupní hodnoty z dynamometru jsou zaznamenávány do měřicí ústředny společně s informacemi o poloze stroje. Interval měření byl nastaven na 2 s. Pro každou soupravu byl vždy změřen valivý odpor soupravy, bez zahloubení stroje, který byl následně odečten od hodnot tahových sil, měřených při zahloubení stroje.



Obr. 424: Měření potřeby tahových sil pro vybrané druhy nářadí s využitím dynamometru, které je umístěn mezi traktory (foto Kroulík).



Obr. 425: Měřicí souprava při měření tahové síly během orby (foto Kroulík).

V prvním případě byla, s využitím tahového dynamometru a na shodném pozemku, stanovena tahová síla pro meziřádkový kultivátor (plečku) - obr. 426, v tomto případě představenou jako stroj pro pásovou předsetovou přípravu (osm pracovních sekcí, záběr 4 m, hloubka zpracování 0,10 - 0,12 m) a následně pro tažený kombinovaný kypřič používaný pro předsetovou přípravu o pracovním záběru 4 m (hloubka zpracování 0,06 m). Tahová síla se pro meziřádkový kultivátor, na středně těžké půdě a zoraném pozemku, pohybovala na úrovni 8,7 až 9,3 kN. Pro kombinátor se tahová síla pohybovala v rozmezí od 12,8 do 15,2 kN.



Obr. 426: Modifikovaný meziřádkový kypřič pro zonální přípravu a přihnojení pod osivové lůžko (foto Kroulík).

Shodným způsobem byla hodnocena tahová síla u třech strojů na zpracování půdy. Jednalo se o otočný osmiradličný pluh o pracovním záběru 4m, kombinovaný dlátový kypřič pro hlubší kypření půdy bez obracení, osazený třemi řadami dlát, doplněný řadou talířů a pneumatikovým pýchem a drobicími válci. Pracovní záběr stroje byl rovněž 4 m. Třetím strojem byl kypřič pro pásové zpracování půdy (strip till), který zpracovával přibližně 30 až 35 % záběru stroje. Hlavními pracovními nástroji byly dvojice dlát pro jednotlivé sekce. Celkem byl stroj osazen šesti sekcemi a na vzdálenost 0,75 m.

Měření probíhalo na dvou pozemcích, které vykazovaly rozdílné zrnitostní složení půdy. Na pozemku 1 převládala štěrkovitá hlinitopísčítá půda. Průměrný sklon pozemku činil cca 1,1°. Půda na pozemku 2 spadala do druhu půd hlinitých. Pozemek vykazoval vyšší sklonitost, v průměru 2,4°. Na obou pozemcích bylo ponecháno strniště bez úpravy po sklizni. Vlhkost půdy v době zpracování půdy byla v rozmezí od 26,4 do 28,6 % objemové hmotnosti.

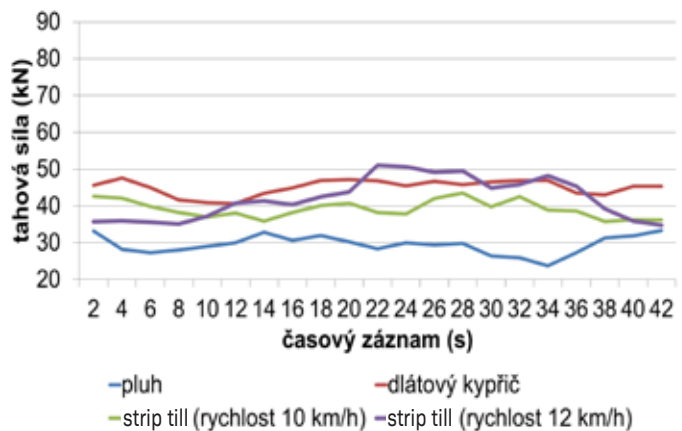
Pracovní rychlosti byly stanoveny na hodnoty doporučené pro daný typ stroje. Pro orbu byla rychlost měření cca 7 km/h, pro dlátový kypřič cca 10 km/h a pro pásové zpracování byla zvolena pracovní rychlost 10 km/h a 12 km/h.

Obrázek 427 přináší průběžné hodnoty z části měření tahové síly na pozemku 1. Z měření je patrné, že nejnižší hodnoty tahové síly (průměr 31,0 kN) byly naměřeny při orbě. Nejvyšší průměrné hodnoty tahové síly (45,1 kN) byly zjištěny u dlátového kypřiče. Kypřič pro pá-

sové zpracování půdy vykazoval tahové síly v průměru 38,9 kN pro rychlost 10 km/h a 43,0 kN pro rychlost 12 km/h. Analýza rozptylu, která byla použita pro zhodnocení významnosti rozdílů hodnot tahových sil mezi hodnocenými stroji, přinesla následující výsledky. Průměrné hodnoty tahových sil vykazovaly statisticky významné rozdíly na hladině významnosti 0,05. Pouze mezi hodnotami sil pro dlátový kypřič a pásové zpracování při pracovní rychlosti 12 km/h nebyly rozdíly shledány. Výsledky přináší také tabulka 10.

Tab. 10: Statisticky významné rozdíly hodnot tahových sil pro pozemek 1. Rozdílné hodnoty indexů dokládají statisticky významné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 95 % (zdroj Kroulík).

	průměrné hodnoty tahové síly, pozemek 1
tahová síla – pluh (kN)	30,0 a
tahová síla – strip till, rychlost 10 km/h (kN)	38,9 b
tahová síla – strip till, rychlost 12 km/h (kN)	43,0 c
tahová síla – dlátový kypřič (kN)	45,1 c

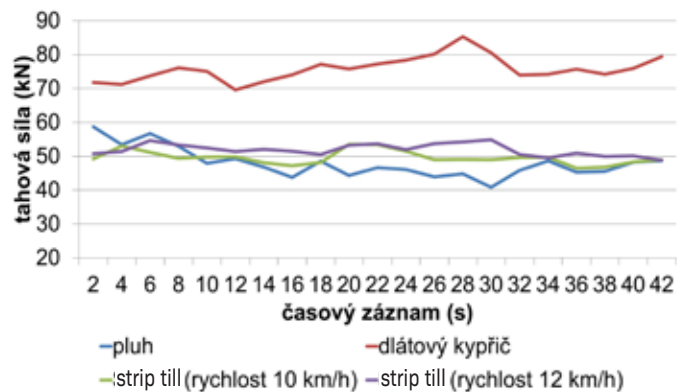


Obr. 427: Průběh záznamu z měření tahové síly na pozemku 1 (zdroj Kroulík).

Shodným způsobem byly hodnoceny záznamy z pozemku 2. Jak ukázal záznam z měření valivého odporu souprav, bylo zapotřebí, vzhledem k vyšší sklonitosti pozemku, zohlednit rozdílné hodnoty valivého odporu do výpočtu hodnot tahové síly stroje. Výsledky analýzy rozptylu přináší tabulka 11. Je patrné z výsledků, že statisticky významný rozdíl vykazují pouze hodnoty tahové síly pro dlátový kypřič. Rozdílné půdní podmínky každopádně vedly k navýšení hodnot tahové síly u všech variant. Výsledky průběhu tahových sil jsou vyneseny v grafu na obrázku 428.

Tab. 11: Statisticky významné rozdíly hodnot tahových sil pro pozemek 2. Rozdílné hodnoty indexů dokládají statisticky významné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 95 % (zdroj Kroulík).

	průměrné hodnoty tahové síly, pozemek 1
tahová síla – strip till, rychlost 10 km/h (kN)	52,2 a
tahová síla – strip till, rychlost 12 km/h (kN)	53,3 a
tahová síla – pluh (kN)	54,3 a
tahová síla – dlátový kypřič (kN)	72,2 b

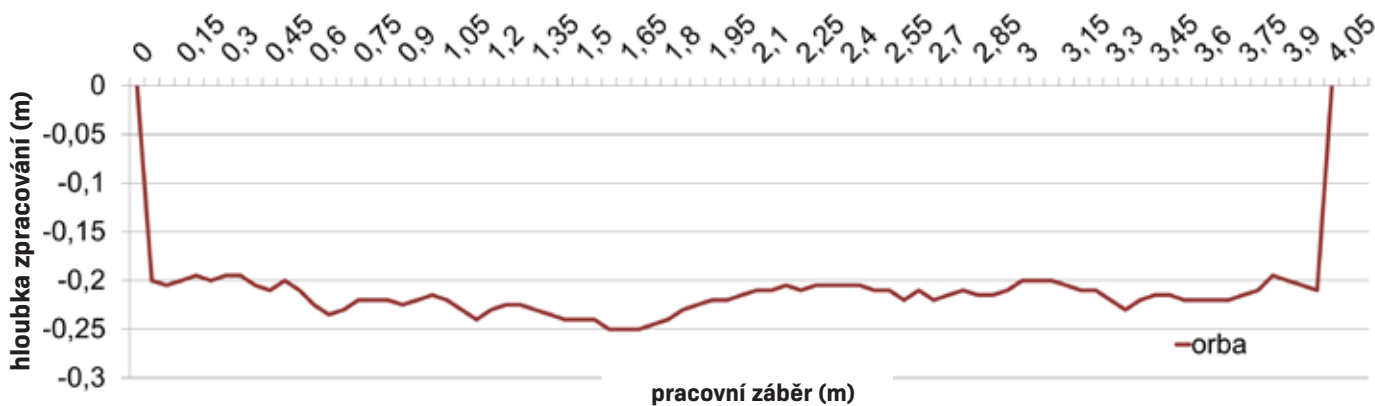


Obr. 428: Průběh záznamu z měření tahové síly na pozemku 2 (zdroj Kroulík).

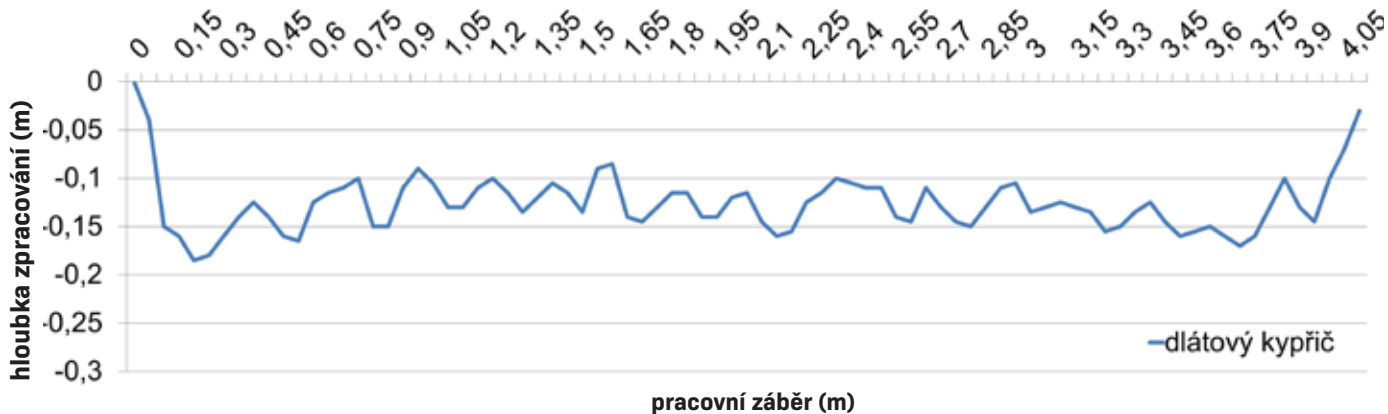
Nejvyšší navýšení tahové síly, 74 % v porovnání s hodnotami z pozemku 1, bylo pozorováno u orby. Také u dlátového kypřiče byl zaznamenán nárůst tahové síly zhruba o 64 %. Na druhou stranu, hodnoty tahové síly pro strip till kypřiči byly na úrovni 37 % a 25 %, pro rychlost

10 km/h resp. 12 km/h. Kromě orby bylo shledáno statisticky významné navýšení u vzájemných variant s přechodem na těžší půdu.

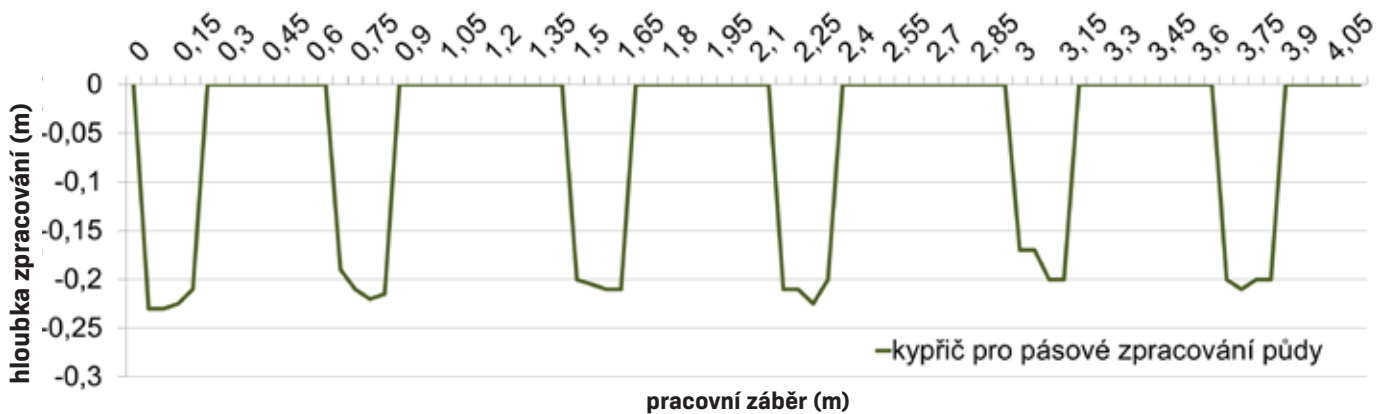
Energetickou náročnost je možné vyjádřit také měrnou jednotkou, které se vyjadřují v jednotkách tlaku. Takový údaj nazýváme tahový



Obr. 429: Příčný profil dna brázdy po orbě (zdroj Kroulík).



Obr. 430: Příčný profil dna brázdy po kypření dlátovým kypřičem (zdroj Kroulík).



Obr. 431: Příčný profil dna brázdy po pásovém zpracování půdy (zdroj Kroulík).

odpor, který získáme přepočtem tahové síly na jednotku plochy. Také v tomto případě nejlépe vychází orba, kdy byly vypočteny průměrné hodnoty v rozmezí od 36,2 do 63,4 kPa podle druhu půdy. Ukazuje se, že kypřiče osazené dláty mají naopak vysokou potřebu jednotkové síly. Zde se hodnoty měrného odporu pro dlátový kypřič pohybují u lehčí půdy v rozmezí od 85,9 kPa do 137,4 kPa pro těžší půdy. Nejvyšších hodnot bylo zaznamenáno u Striptill kypřiče pro pásové zpracování, kde hodnoty dosahovaly až 255,8 kPa. Navýšení rychlosti vedlo rovněž ke statisticky významné změně měrného odporu.

Každopádně výsledky měření zpracovaného profilu půdy přináší také další informace. Je patrné, že rozdílné tvary a uspořádání pracovních nástrojů jednotlivých strojů přináší výrazné rozdíly v charakteru práce a ploše zpracovávaného profilu. Zatímco po orbě zůstává relativně rovné odříznuté dno brázdy, pro dlátovité radličky je typické hřebenité dno brázdy. U technologie pásového zpracování zůstává nakypřený pouze úzký pruh po nástroji. Liší se také výrazně hodnoty plochy zpracovaného profilu. Na obrázku 429 je vykreslen tvar dna brázdy po orbě. Také průměrná hodnota 0,86 m² je nejvyšší v porovnání s ostatními variantami hodnocení.

Na obrázku 430 je patrné zvlněné dno brázdy, které vytvořily jednotlivé dlátovité radličky. V případě zpracování půdy kypřičem byla průměrná hodnota plochy příčného profilu rovna 0,48 m². Jistým nedostatkem v práci kypřiče byly značné rozdíly v hloubce zpracování napříč záběrem. Důvodem může být již nedostatečná přítlačná síla pružin jištění jednotlivých slupic.

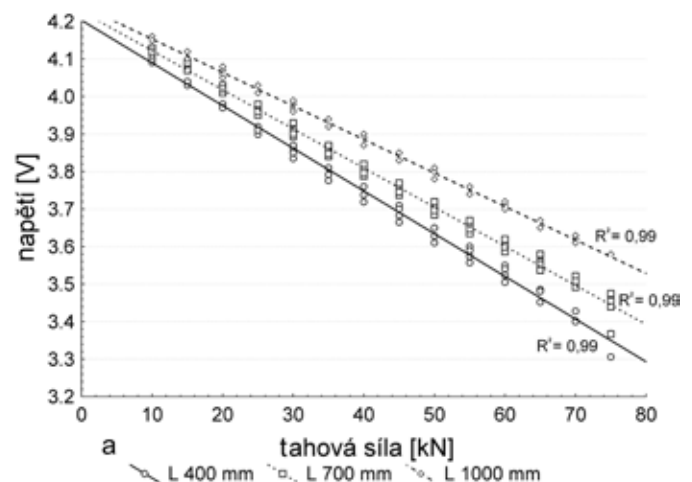
Obrázek 431 přináší ukázkou příčného profilu půdy po zpracování kypřičem pro pásové zpracování půdy. V tomto případě byla plocha s hodnotou 0,22 m² zpracované vrstvy nejnižší.

26.1. Využití elektroniky traktoru k měření potřeby tahových sil

Pro stanovení hodnot potřeby tahové síly byl v předchozím případě použit speciální rám a dynamometr. V případě jakéhokoliv měřicího rámu a přístroje se jedná o nákladné zařízení s nutností další obsluhy. Měření tahové síly má každopádně řadu dalších úskalí, na které je

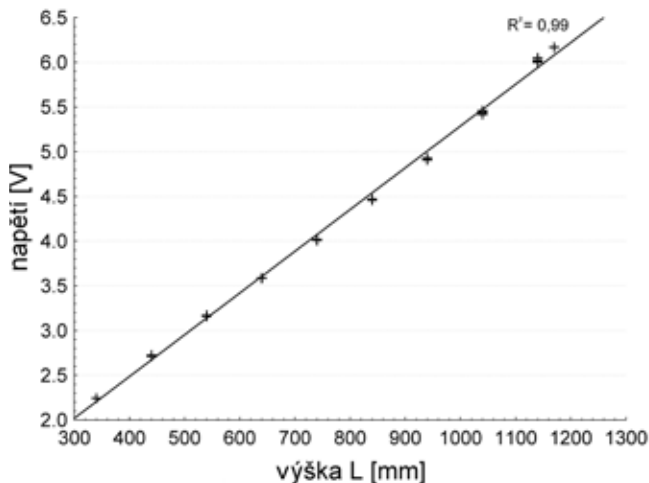
zapotřebí pamatovat. Mezi výrazné patří variabilita půdního prostředí daná heterogenitou pozemku, rozdíly ve vlhkosti půdy, rozdíly v udržování pracovní hloubky, nevyrovnaná rychlost při práci, případně dodržování efektivní šířky záběru. Vliv má také obsluha stoje na nastavení a celkové rozdíly ve stylu jízdy. Na druhou stranu, kontinuální záznam průběhu tahových sil se může využít k popisu variability pozemku. Takové měření můžeme zajistit odečtem hodnot z čidel elektro-hydraulické soustavy traktoru. Tento způsob měření umožňuje záznam tahové síly, bez dodatečného vybavení soupravy speciálními měřicími prvky. Existují rozdílné metody měření tahové síly od jednotlivých výrobců traktorů. Tyto hodnoty se primárně využívají pro silovou regulaci tříbodového závěsu.

Graf na obrázku 432 popisuje závislost průběhu výstupního napětí čidla tahové síly na tahové síle u traktoru Fendt 933 Varío. Lineární průběh závislosti výstupního napětí z čidel na tahové síle byl opět prokázán u všech poloh ramen závěsu. Koeficienty determinace (R^2) byly rovny hodnotě 0,99. Z grafu ale vyplývá, že sklon regresních přímk se mění s polohou ramen.



Obr. 432: Závislost výstupního napětí z čidel tahové síly na tahové síle u traktoru Fendt 933 Varío. Hodnoty L odpovídají výšce oka ramen nad podložkou (zdroj Kroulík).

Jak již bylo uvedeno, tahová síla je velkou měrou ovlivněna pracovní hloubkou a kolísání pracovní hloubky je považováno za jev silně rušící. Jako doplňkové měření byla provedena kalibrace polohoměrného čepu traktoru Fendt. Průběh hodnot výstupního napětí z čidla polohy závisel lineárně na výšce osy čepu spodních ramen závěsu traktoru (obr. 433). Koeficient determinace (R^2) byl pro čidlo polohy 0,99.



Obr. 433: Závislost výstupního napětí z čidla polohy ramen na výšce osy čepu spodních ramen závěsu u traktoru Fendt 933 Vario (zdroj Kroulík).

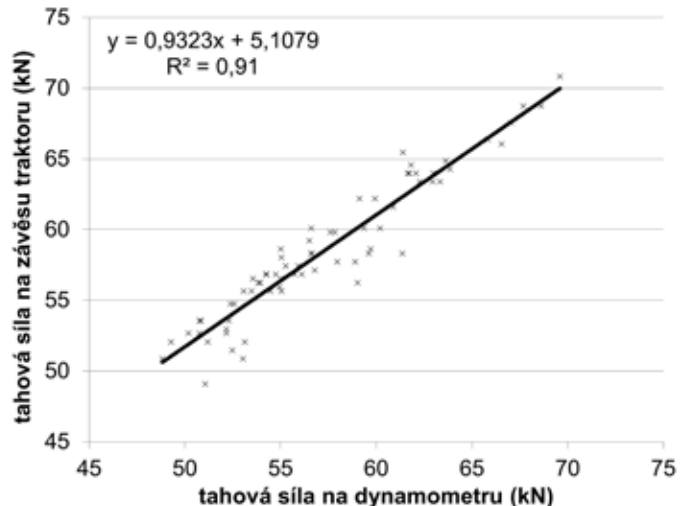
Obdobným způsobem byly stanoveny hodnoty takové síly a polohy ramen u ostatních značek traktorů. Následně bylo provedeno srovnání výsledku měření tahové síly s využitím speciálního dynamometru, vloženého mezi traktory (obr. 425) a výstupů z elektro-hydrauliky traktoru. Výsledky dokazují, že výstupy ze sériových čidel je možné použít pro průběžné sledování tahové síly během práce stroje. Jak dokládá obrázek 434, hodnoty vykazují velmi podobný průběh hodnot. V uvedeném případě byla data získána z traktoru John Deere. Vzájemnou závislost hodnot také dokládá regresní analýza dat a vysoký koeficient determinace (obr. 435).

Pokud k hodnotám tahových sil a polohy ramen přidáme také hodnoty polohy, získáme soubor prostorově orientovaných dat a výstupy



Obr. 434: Porovnání způsobů měření tahové síly (zdroj Kroulík).

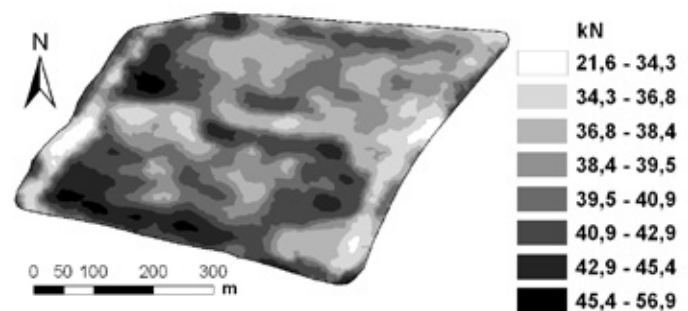
prezentovat v podobě mapy tahové síly. Jeden z výstupů prezentuje mapa na obrázku 436. Hodnoty byly pořízeny během mělkého kypření. Kypřič byl tažen traktorem CASE.



Obr. 435: Závislost hodnot tahové síly ze závěsu traktoru na hodnotách síly na dynamometru (zdroj Kroulík).

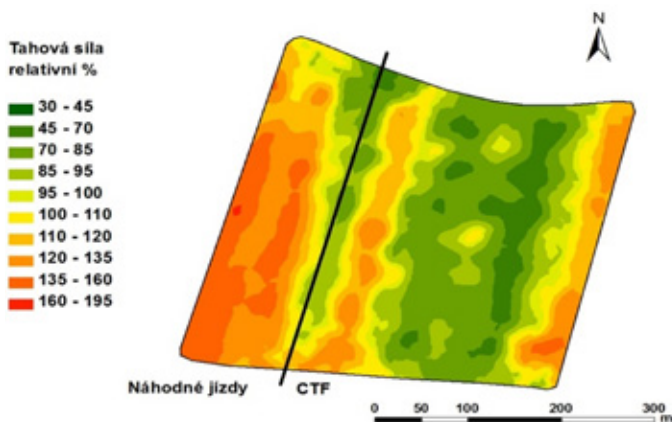
Pokud k hodnotám tahových sil a polohy ramen přidáme také hodnoty polohy, získáme soubor prostorově orientovaných dat a výstupy můžeme prezentovat v podobě mapy tahové síly. Jeden z výstupů prezentuje mapa na obrázku 436. Hodnoty byly pořízeny během mělkého kypření. Kypřič byl tažen traktorem CASE.

Tahová síla



Obr. 436: Mapa tahové síly pořízené traktorem Case během kypření (zdroj Kroulík).

Do jaké míry ovlivní hodnoty tahové síly intenzita přejezdů a s tím spojené ztuhnutí půdy vykresluje obrázek 437. Na obrázku mapa relativní tahové síly vztažené k průměrné potřebě tahové síly při hlubokém kypření dlátovým kypřičem. Pozemek byl rozdělen na 2 části, na 2/3 pozemku je uplatňována technologie CTE, tedy shodných jízdních stop a na 1/3 pozemku jsou vedeny jízdy náhodně. Z mapy je patrný pokles nároku na tahovou sílu v části pozemku s organizovanými jízdami.

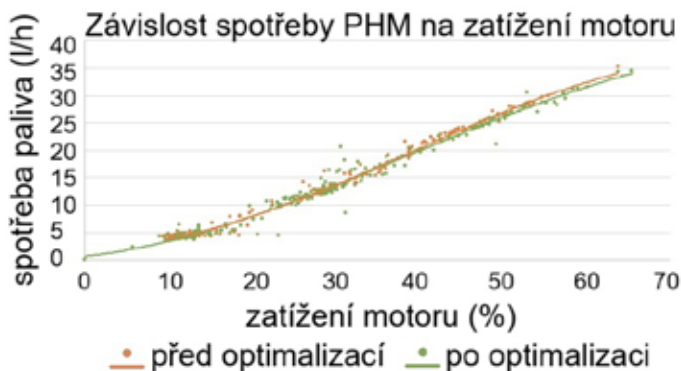


Obr. 437: Mapa relativní tahové síly na pozemku s rozdílnými technologiemi organizování jízd (zdroj Kroulík).

26.2. Optimalizace nastavení traktorových souprav

Je obecně známé, že zpracování půdy představuje mechanické zásahy do půdy spojené s vysokou energetickou náročností. Postupy spojené se zpracováním půdy jsou předmětem soustředěné snahy o snižování spotřeby paliva a snižování pracnosti, s čímž souvisí dosahování příznivějších nákladů na jednotku produkce. Díky elektronice moderních strojů získáváme celou řadu informací o provozních ukazatelích práce. S nárůstem množství dat získaných z mobilních i statických zdrojů roste potřeba standardizace datové základny. Výrobci zemědělských a lesnických strojů zaručují zaměnitelnost senzorů a ovladačů a akceptují modulový design nových výrobků díky standardizaci datových souborů. Díky těmto normám mohou být informace snáze a efektivněji využitelné.

Mezi základní sledované údaje patří GPS pozice stroje, stavy stroje a chybové kódy, a především detailní data o využití soupravy, motoru a spotřebě paliva, kterou lze filtrovat na základě času. Na obrázku 438 je ukázka zpracovaných hodnot spotřeby paliva. Do grafu jsou vyneseny hodnoty před provedenou optimalizací využití výkonu motoru a po



Obr. 438: Mapa relativní tahové síly na pozemku s rozdílnými technologiemi organizování jízd (zdroj Kroulík).

provedené optimalizaci. Z výsledků je patrný pokles spotřeby pohonných hmot při vyšším výkonovém zatížení motoru.

Kroky optimalizace můžeme rozdělit na tři části – zhodnocení celkové hmotnosti stroje, optimalizace přenosu síly na podložku a nastavení hnacího ústrojí. Vyvážením těchto třech pilířů můžeme zvýšit tahové vlastnosti energetického prostředku s nižší spotřebou paliva.

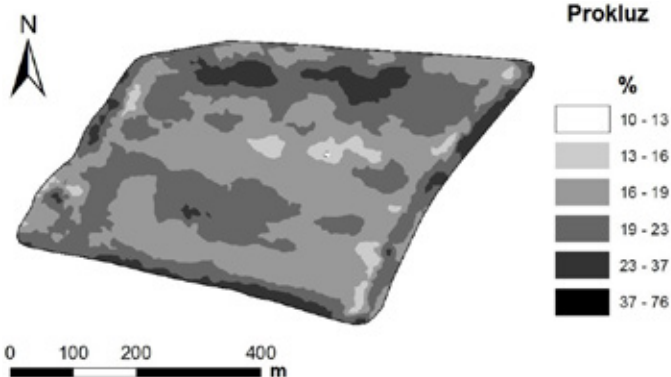
Pro práci zemědělských strojů na površích s nižším koeficientem adheze je pro efektivní přenos hnací síly na podložku nutné zvyšovat hmotnost stroje, tedy především pro polní práce. Pomocí při nastavení hmotnosti mohou pomoci také telematická data o zatížení motoru, kdy se stoupajícím zatížením motoru v tahu by také měla růst celková hmotnost traktoru. Se započtením zatížení od nářadí by standardní zemědělské traktory s asistovaným předním pohonem měli dosahovat rozložení hmotnosti 40 % na přední a 60 % na zadní nápravě při připojení polonesených nebo tažených nářadí. Vlivem efektu páky dochází u nesených nářadí k dotížení zadní nápravy a odlehčení přední nápravy, a proto je vhodné využívat poměr 44:55 při těchto typech nářadí.

Dle náročnosti operace, a také podmínkách na pozemku lze hmotnost stroje upravovat pomocí přidavných závaží. V závislosti na univerzálnosti traktoru je doporučeno již při výběru traktoru brát v potaz četnost úpravy hmotnosti traktoru a její časové náročnosti. Závaží montované do kol, pevné závaží na přední konzoly, či využití dotížení tekutinou v pláští kol je náročnější na montáž a demontáž, avšak lze je pořídit za nižší náklady, a tedy jsou vhodné pro traktory, které jsou určeny především na jeden typ operace. Naopak závaží do předního tříbodového závěsu či rychloupínací závaží, je vhodné využít především u univerzálních traktorů, kde často dochází ke změně typu práce (obr. 439).



Obr. 439: Možnost dotěžování traktoru pomocí rychloupínacího závaží (foto Pinkas).

Předmětem další části optimalizace je styk pneumatiky s podložkou. Tuto část lze především ovlivňovat pomocí hustičního tlaku pneumatiky. V poslední době se mezi výrobci pneumatik významně rozrostl sortiment takzvaných nízkotlakých pneumatik. To umožňuje zvýšit kontaktní plochu a především při práci na polích, za účelem vyššího přenosu síly a snížení měrného zatížení na půdu a zároveň snížení utužení. Tlakem huštění lze také ovlivňovat prokluz, který je standardně doporučen udržovat mezi 8 až 12 %. Ze záznamu z externích čidel, umístěných na stroji můžeme pozorovat průběh záznamu prokluzu během práce (obr. 440). Jedná se o shodný pozemek a činnost, která byla popsána výše.



Obr. 440: Mapa prokluzu měřená během kypření na traktoru Case (zdroj Kroulík).

Obecná pravidla lze rozdělit na dva módy – pro práci v dopravě je doporučen tlak pneumatik mít na horní hranici předepsané výrobcem, jelikož zde může spotřebu výrazně ovlivňovat valivý odpor pneumatik. Při práci na pozemku je naopak vhodné pracovat na spodní hranici doporučené výrobcem. Nicméně jak ukázala vlastní měření, spodní hranice nemusí být vždy nejspornější, neboť je potřebné vždy balancovat s valivým odporem pneumatiky především na tvrdých podložkách (například první podmítka). Na obrázku 441 jsou znázorněny otisky styčné plochy pneumatiky s rozdílným stupněm huštění.

Telematická data o prokluzu kol, ale i zatížení motoru mohou pomoci při odhalování nedostatků z provozu traktoru. Zpravidla pokud je prokluz příliš vysoký, můžeme ho ovlivnit především snížením tlaku v pneumatikách, ale také se nabízí možnost přidání přídavných závaží. Nízký prokluz zase naopak může značit příliš podhuštěné pneumatiky, které generují vyšší valivý odpor nebo nepřiměřené dotížení traktoru. Výhoda práce s tlaky pneumatik oproti změně hmotnosti stroje je především její variabilita a rychlejší reakce na rozdílné podmínky na pozemcích. V současné době mohou být traktory vybaveny systémem pro úpravu tlaku v pneumatikách, ovládaný z kabiny traktoru (obr. 442). Takto vybavené traktory umožní obsluze, aby bez výrazných prostojů upravila tlak v pneumatice podle režimu práce. Zejména, pokud se často střídá jízda po pozemcích a po komunikacích. Obsluha může začít s úpravou tlaku v pneumatikách s předstihem před vstupem na pozemek a naopak, před opuštěním pozemku již s předstihem tlak v pneumatikách navýší. Typický je například odvoz

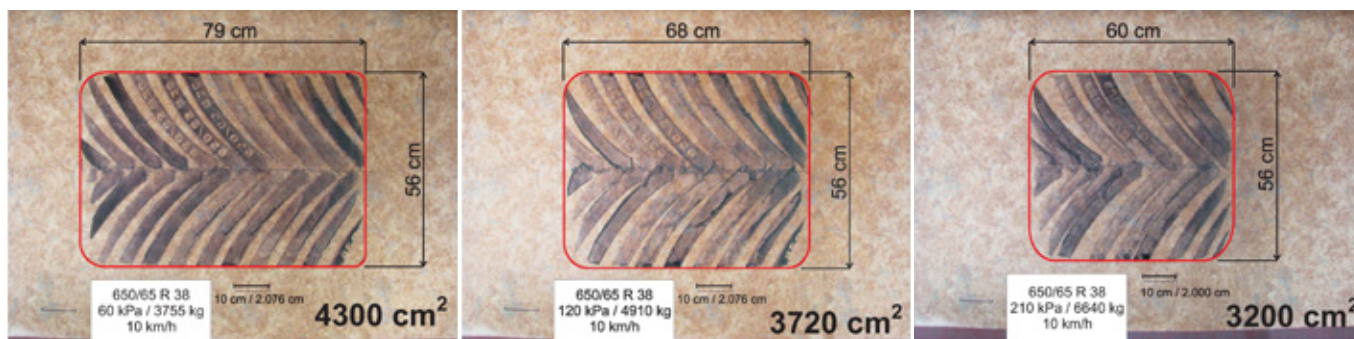
z pozemků. Pokud se na pozemku souprava zdrží déle (zpracování půdy, setí a další.) můžeme využít speciální ventilkou pro rychlé dohuštění pneumatik (obr. 443).



Obr. 442: Rozvody vzduchu pro úpravu tlaku v pneumatikách během práce stroje (foto Kroulík).

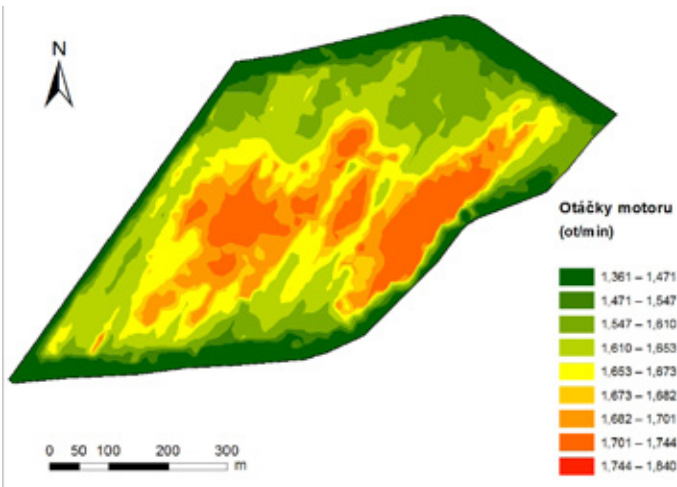


Obr. 443: Úprava tlaku v pneumatikách s pomocí ventilkou pro jeho rychlou úpravu (foto Kroulík).



Obr. 441: Otisky pneumatiky dokládají rozdílnou styčnou plochu s podložkou při rozdílném stupni huštění (foto Prikner).

Poslední částí optimalizace je zaměřeno na správné nastavení motoru a převodového ústrojí. Zde je důležité mít znalost o charakteristice motoru, tedy o křivce točivého momentu, výkonu, ale i měrné spotřeby paliva a tomu přizpůsobit nastavení převodového ústrojí. Celkové nastavení se může lišit pro dopravu i pro různé typy operací na poli. Obsluha stroje by měla dle dané operace správně definovat rozsah otáček v oblasti maximálního točivého momentu a výkonu i četnost řazení tak, aby se při změně rychlosti traktor stále pohyboval v oblasti nízké spotřeby paliva. Chytré systémy ve strojích pak umožňují například snižování otáček motoru v případech, že se rozpozná nižší zatížení motoru. Díky telematickým datům lze sledovat, zda motory nejsou podtáčeny nebo výrazně (častěji) nejsou přetáčeny a na základě toho dát doporučení pro méně zkušenou obsluhu. Mapa otáček motoru je na obrázku 444. Byla pořízena z dat telematického záznamu.



Obr. 444: Mapa otáček motoru během práce stroje (zdroj Kroulík).

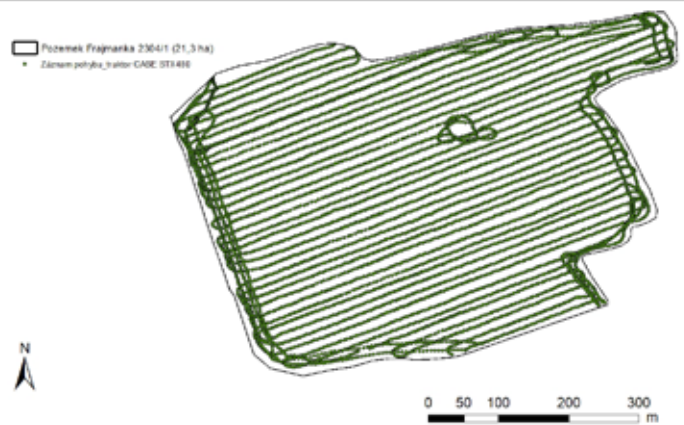
Již několikrát zazněl termín telematická data. Zde je uveden rychlý přehled dat a informací, které můžeme přijmout a zpracovat díky telematickým systémům:

- Monitoring polohy a trasy strojů – systémy nabízejí možnost sledovat polohy a trasy vozidel, což může napomoci k plánování a optimalizaci tras a rozvrhu práce
- Provozní parametry strojových soustav – můžeme sledovat aktuální rychlost stroje, spotřebu paliva a další parametry, které napomáhají k minimalizaci nákladů a kontroly efektivity práce společně s řízením výkonnosti
- Sledování stavu plodin – díky nejnovějším senzorům lze sledovat růst a zdraví plodin, což umožňuje včasnou detekci škůdců či nemocí.
- Informace o variabilitě půdy – tyto informace umožňují zemědělcům aplikovat hnojiva a pesticidy s ohledem na konkrétní potřeby na konkrétních místech na poli.
- Zabezpečení – tyto systémy slouží také jako zabezpečení proti krádeži, protože nám v reálném čase ukazují polohu stroje.

Nejjednodušším příkladem využití telematických dat je zmíněné zhodnocení práce stroje s využitím znalosti polohy stroje. Pokud hovoříme o prediktivních úkonech, asi nejčastěji se setkáme s využitím při diagnostice strojů a oprav strojů při diagnostikované závadě, nebo

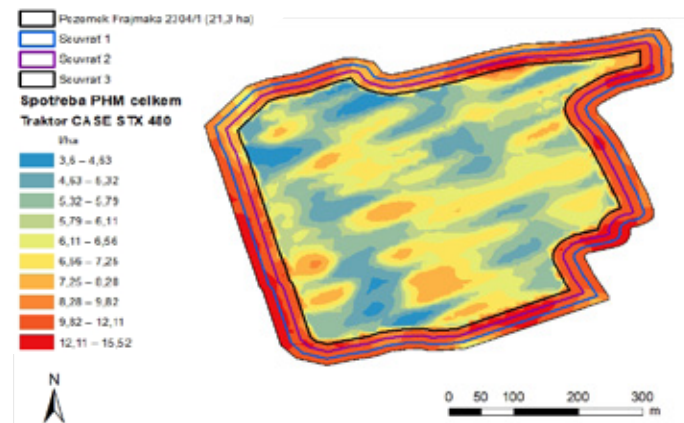
stavu, který závadě předchází. Pokud jsou dnes stroje standardně osazovány GPS navigací a telematikou, dostáváme obsáhlý soubor dat o stavu motoru a dalších částech stroje. Pokud je vše v pořádku a odesílané informace nevykazují nějakou odchylku, není důvod k zásahu. Pokud začne nějaká hodnota vybočovat z normálu, je tato informace dále zpracovávána. S využitím databáze závad a předcházejícím příznakům lze předem odhadnout možný scénář a včas adekvátně zasáhnout. Servisní technik tuto informaci má k dispozici a může se předem připravit. Díky pozicování stroje je také možné zjistit, kde se stroj právě nachází.

Telematická data o provozu stroje, jako je například zmíněný prokluz kol nebo zatížení motoru, mohou pomoci při odhalování nedostatků v nastavení režimu traktoru a případně chyb obsluhy. Na obrázku 445 je vykreslen záznam pohybu traktoru Case STX480 při provádění mělké podmítky. Traktor byl agregován s talířovým podmičatelem Vaderstad Carrier 1225 o pracovním záběru 12,25 m.



Obr. 445: Mapa záznamu pohybu traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky (zdroj Kroulík).

Následně můžeme vynést mapu spotřeby pohonných hmot (obr. 446), kde se do jednotlivých částí souvrátí promítá spotřeba paliva na práci a spotřeba paliva při otáčení. Napozemku jsou rovněž vyznačeny tři zóny souvrátí, kdy celkový součet šířek odpovídá záběru postřikovače.



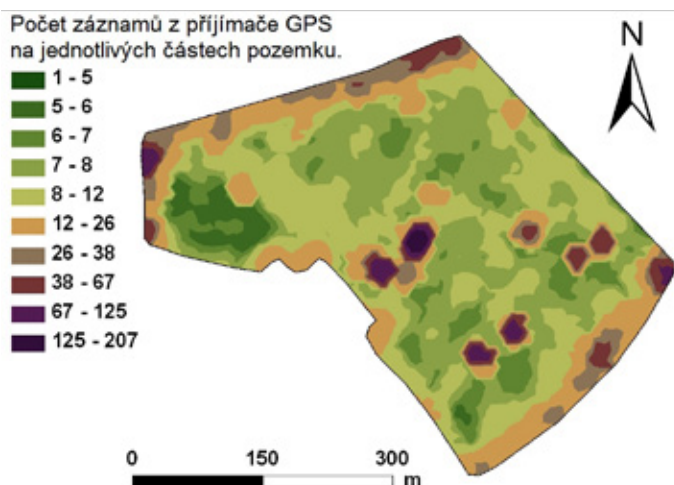
Obr. 446: Mapa spotřeby paliva traktoru Case STX480, při provádění mělké podmítky se započítanými otočkami na souvrátích (zdroj Kroulík).

vače. Spotřeba paliva spojená s otáčením souprav bude pravděpodobně stálá, nicméně na souvrati jsou hodnoty navýšeny o spotřebu paliva spojenou s jejich zpracováním.

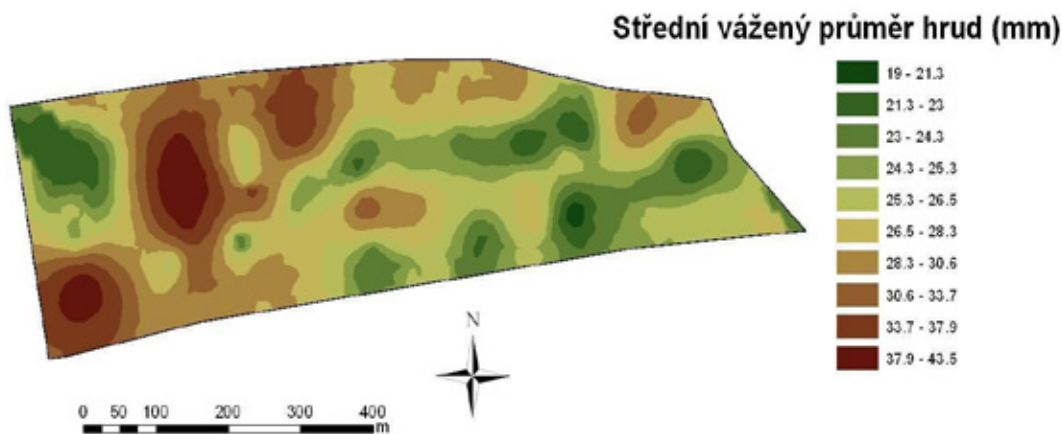
Takto prezentovaná data jasně dokládají, v jaké části pozemku dochází k navýšování spotřeby. Dostáváme informaci, kterou následně využijeme při ekonomické bilanci hospodaření. Dalším využitím dat může být dnes často diskutovaná optimalizace tvaru pozemku a přístup k hospodaření na souvracích.

V souvislosti s uplatňováním technologie precizního zemědělství vystává otázka, jak využít tyto znalosti o variabilitě pozemků a možnosti techniky k optimalizaci práce. Byly představeny možnosti optimalizace práce soupravy a vhodné nastavení. Další možností jsou lokálně cílené zásahy.

Ze záznamu přejezdů a pouhé znalosti polohy stroje je patrné, jak intenzivně je půda zatěžována pojezdovými mechanismy strojů. Na obrázku 447 je graficky doloženo prohlášení: „Zhutnění půdy je spojeno s počtem přejezdů strojů, ale také s časovou expozicí, po kterou je půda vystavena tlaku pojezdových mechanismů.“ Obrázek ukazuje



Obr. 447: Mapa charakterizující intenzitu přejezdů (zdroj Kroulík).



Obr. 448: Mapa hrudovitosti pozemku vyjádřená středním váženým průměrem hrud. Data byla pořízena po předsetové přípravě (zdroj Kroulík).

plochy s rozdílnou intenzitou přejezdů a rozdílnými časovými expozicemi půdy tlakem stroje. Mapa byla vytvořena jako součet počtu záznamu v čase na příslušných plochách 6x6 m (plocha byla rozdělena do čtvercové sítě s velikostí hrany čtverců 6 m). To znamená, že pro záznam bylo určující, kolikrát stroj vstoupil na danou plochu a jak dlouho (včetně prostojů) se na dané ploše zdržel.

Jako nápravné opatření proti nežádoucímu zhutňování je často uplatňováno hluboké kypření nebo podrývání. Jedná se o mimořádně energeticky náročný zákrok. Na základě znalosti intenzity zátěže, je možné optimalizovat hloubku kypření na základě mapy četnosti přejezdů. Na uvedeném obrázku jsou nejvíce zatěžované souvracé a místa, kde byla odstavena technika při čekání.

Dalším významným aspektem je kvalita zpracování půdy, která je odrazem intenzity a tedy náročnosti zpracování půdy a zároveň představuje vstupní hodnotu pro potřebné energie na zpracování. Výsledek přípravy půdy se následně kvalitativně promítá do dalších vstupů, na prvním místě především setí, případně účinnost chemického ošetření a podobně. Je známo, že příliš intenzivní zpracování půdy způsobuje výrazné rozrušení půdních agregátů, které může být spojeno s tvorbou škraloupky a erozi. Klesající intenzita zpracování půdy způsobuje růst nároků na zvládnutí celé technologie pěstování polních plodin. Je zřejmé, že variabilita půdního prostředí se promítne následně do rozdílné zpracovatelnosti půdy. Z obrázku 448 je patrná značná variabilita v kvalitě zpracování půdy, vyjádřená středním váženým průměrem hrud. Váhami do hodnot průměru je vždy zastoupení jednotlivých skupin velikosti hrud. Prezentovaná data dokládají vysokou variabilitu půdního prostředí, nicméně praktické využití stále není zcela uchopeno. Narážíme především na informaci o stavu půdy před zpracováním.

S technickým pokrokem, sběrem dat a jejich zpracováním a následně využíváním modelů nastupuje éra digitalizace prostředí a jeho transformace z reálného prostředí do virtuálního. V této souvislosti se rozvíjí také obor digitálních dvojčat. Ta mohou využívat aktuálních i historických dat a otevírají cestu k modelování a predikci vývoje stavu sledovaného prostředí s předpokladem využití při přijímání operativních rozhodnutí pro nasazení strojů a opatření. Na základě modelu reálného prostředí bude možné simulovat stav půdy a dopady vybraného nářadí na stav půdy a hledat optimální způsob zásahu, případně na základě simulace

předcházet rizikovým stavům a možným negativním dopadům na půdu. Celý systém si navíc udrží kontrolu nad jednotlivými vstupy a výsledky bude přenášet do následných rozhodnutí. Nasazení digitálních dvojčat opět podtrhuje potřebu sběru vhodně strukturovaných dat ve vysoké hustotě pokrytí. Uvedené postupy také zapadají do plánu postupného zavádění robotických platforem, které zajistí autonomní zásahy na pozemcích na základě vhodného načasování a doporučení.

27. Seznam použité literatury

- Alvarado, V., Bradford, K. J. 2002: A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell and Environment*. 25: 1061 – 1969.
- Alvermann, G. 1997: Mehr Qualität durch weitere Reihe? *Top agrar*. 4: 120-124.
- Alvi, M. K., Chen, S. 2003. The Effect of Frozen Soil Depth on Winter Infiltration Hydrology in the Pataha Creek Watershed. ASAE Meeting Presentation, Paper Number: 032160.
- Anken, T., Albisser, G., Berweger, J., Berweger, J., Krummenacher J., Senn, R., Brönimann, A. 2010: Tipps aus 20 Jahren Erfahrung, Datenblätter Ackerbau. *Agridea*. Winterthur. 6, 47-50.
- Anken, T., Heusser, J., Weisskopf, P., Rek, J., Boller, M., Stamp, P. 2007: Mulch- und Direktsaaten – Ursachen reduzierter Feldaufgänge. *ART – Bericht*. Ettenhausen.
- Anken, T., Pfeifferli, S. 1993: Betriebswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Maisanbauverfahren: umweltschonender Maisanbau muß nicht teuer sein. *FAT-Berichte*, svazek 429.
- Anonym 2001: Karl Werner Kieffer-Preis verlieren. *Ökologie and Landbau*. 117(1): 55.
- Balík, J., Černý, J., Pavlíková, D., 2012: Systém dusíkaté výživy CUL-TAN u travních a jetelotravních porostů. *Certifikovaná metodika*. ČZU v Praze, Praha.
- Baumhard, R.L., Jones, O.R. 2002. Residue management and paratillage effects on some soil properties and rain infiltration. *Soil & Tillage Research*. 65: 19-27.
- Bednorz, D., Tauchnitz, N., Bischoff, J., Schrödter, M., Koblenz, B. Rücknagel, J., Rupp, H., Wiese, F., Christen, O., Meissner, R. 2015: Bewertung der N-Effizienz des Gülle-Strip-Till-Verfahrens – Kombinierte Lysimeter- und Feldversuche als Grundlage zur Modellierung der Stickstoffkinetik in der ungesättigten Zone. 16. Gumpensteiner Lysimetertagung "Lysimeter: Forschung im System Boden - Pflanze - Atmosphäre" am 21. und 22. April 2015, HBLFA Raumberg-Gumpenstein. 131–136.
- Bischoff, J., Tauchnitz, N. 2015: Das Depot lohnt. *dlz agrarmagazin*, Special Gülledüngung. 13–15.
- Bischoff, J. 2012: Strip-Till-Verfahren bei Mais. Erosionsschutz verbessern und Stickstoffeffizienz steigern. *Mais*. 39: 162–165.
- Böhler, D., Dierauer, H. 2017: Messerwalze statt Glyphosat. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 5: 39-43.
- Bopp, M. 2013: Strip-till im Praxiseinsatz getestet. *Pflanzenbau*. 19: 22–25.
- Bradbeer, J. W. 1988: *Seed Dormancy and Germination*. Blackie and Son Ltd. London. 146 s.
- Brant, V., Rychlá, A., Holec, J., Hamouz, P., Jursík, M., Fuksa, P., Kazda, J., Procházka, P., Tyšer, L., Zábanský, P., Kroulík, M., Vrbovský, V., Kunte, S. 2020: Brukvovitě meziplodiny. *Kurent, České Budějovice*.
- Brant, V., Kroulík, M., Krček, V., Krása, J., Kapička, J., Hamouz, P., Lukáš, J., Zábanský, P., Škeříková, M., Škeřík, J., Job, Z., Lang, J., Petrus, D. 2020: Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. *Kurent, České Budějovice*.
- Brant, V., Kroulík, M., Šmöger, J., Škeříková, M., Zábanský, P., Jursík, M., Prokinová, E., Fuksa, P., Hakl, J. 2020: Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. *Agrární Komora ČR, Praha*.
- Brant, V., Nýč, M., Kusá, H., Kroulík, M., Růžek, P., Zábanský, P., Škeříková, M. 2020: Ekonomicky a ekologicky efektivní postupy zpravení kejdy a digestátu do půdního profilu. *Certifikovaná metodika*. *Kurent, České Budějovice*.
- Brant, V., Šmöger, J., Čejka, J., Kroulík, M., Ryčl, D., Kunte, J. 2020: Pěstování máku setého s pomocnou plodinou - Pěstební technologie. *Kurent, České Budějovice*.
- Brant, V., Kroulík, M., Šmöger, J., Zábanský, P., Škeříková, M., Hamouz, P., Tyšer, L. 2019. *Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin*. Agrární komora ČR, Praha. 164 s.
- Brant, V., Šmöger, J., Nečada, M., Kroulík, M., Jírová, A. 2019: Tvorba mulče v protierozních technologiích u kukuřice. *Úroda*. 67(12): 33-38.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Hofbauer, M., Škeříková, M., Hovad, V. 2018: Vliv frézového pásového výsevu na infiltraci a rozvoj kořenů. *Úroda*. 66(12): 40-42.
- Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Zábanský, P., Hakl, J., Holec, J., Kvíz, Z., Procházka, L. 2017: Splash erosion in maize crops under conservation management in combination with shallow strip-tillage before sowing. *Soil & Water Research*. 12 (3): 106–116.
- Brant V., Zábanský P., Škeříková M., Pivec J., Kroulík M., Procházka L. 2017: Effect of row width on splash erosion and throughfall in silage maize crops. *Soil & Water Research*. 12 (1): 39–50.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Škeříková, M., Růžek, P. 2017: Technické možnosti aplikace kejdy a fugátu (1. část). *Úroda*. 65: 30–36.
- Brant, V., Nýč, M., Kroulík, M., Zábanský, P., Škeříková, M. 2017: Technologické postupy optimalizace tvorby setového lože s využitím systémů zonálního hnojení. *Certifikovaná metodika*, *Kurent, České Budějovice*.
- Brant, V., Zábanský, P., Škeříková, M., Kroulík, M., 2017: Zonální aplikace hnojiv při setí ozimé řepky. *Agromanuál*. 12 (7): 80–84.
- Brant, V., Zábanský, P., Škeříková, M., Vailich, J., Kroulík, M., Procházka, P., 2017 *Alternativní využití luskovin 1 – Důvody a cíle*. *Agromanuál*. 12(1): 118–121.
- Brant, V., Bečka, D., Cihlář, P., Fuksa, P., Hakl, J., Holec, J., Chyba, J., Jursík, M., Kobzová, D., Krček, V., Kroulík, M., Kusá, H., Novotný, I., Pivec, J., Prokinová, E., Růžek, P., Smutný, V., Škeříková, M., Zábanský, P. 2016: *Pásové zpracování půdy (strip tillage)*. Profí press s.r.o., Praha.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Prikner, P., Škeříková, M. 2016: Utužení půdy při předsetové přípravě a setí kukuřice. *Agromanuál*. 11(11–12): 89–93.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Škeříková, M. 2016: Minimalizace předsetové přípravy a setového lože při setí kukuřice. *Úroda*. 64 (3): 14–20.

- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Škeříková, M. 2016: Seťové lůžko a abiotické faktory ovlivňující klíčení a vzcházení. *Úroda*. 64(2): 12-16.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Škeříková, M. 2016: Základem setí je biologie rostlin. *Zemědělec*. 24 (47): 1.
- Brant, V., Škeříková, M., Zábanský, P., Kroulík, M. 2015: Variabilita úrodnostních prvků a úroda ozimnej řepky. *Naše pole*. 19(2): 18–20.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P. 2015: Pásové zpracování půdy – strip tillage. *Úroda*. 63(5): 98-103.
- Brant, V., Zábanský, P., Kroulík, M., Škeříková, M., Pivec, J. 2014: Vývoj kořenového systému kukuřice a řepky ve vztahu ke zpracování půdy, struktuře porostu a hnojení. *Agromanuál*. 9(11-12): 91-95.
- Brant, V., Zábanský, P., Pivec, J., Gemerlová, M., Kroulík, M. 2013: Pásové zpracování půdy ke kukuřici seté. *Agromanuál*. 8(3): 104-108.
- Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Holec, J., Cihlář, P., Fuksa, P., Procházka, L., Pivec, J. 2011: Uplatnění pásového zpracování půdy v porostech silážní kukuřice. *Agromanuál*. 6(3): 76–79.
- Brückler, L., Lafolie, F., Doussan, C., Bussièeres, F. 2004: Modeling soil-root water transport with non-uniform water supply and heterogeneous root distribution. *Plant and Soil*. 260: 205-224.
- Burrows, W. C., Larson, W. E. 1962: Effect of Amount of Mulch on Soil Temperature and Early Growth of Corn. *Agronomy Journal*. 54(1): 19-23.
- Chamen, W.C.T. 2006: Controlled traffic farming on a field scale in the UK. In: Horn, R., Fleige H., Peth, S., Peng, X. H. (Eds.), *Soil Management for Sustainability. Advances in Geocology*. 38, 251–260.
- Chamen, W.C.T. 2009: Controlled Traffic Farming – an essential part of reducing in-field variability. In: GPS autopilots in agriculture. Praha: ČZU v Praze. 9-17.
- Čvančara F. (1962): *Zemědělská výroba v číslech*. SZN, Praha
- Dierauer, H.U., Zimmer, H. S. 1994: *Unkrautregulierung ohne Chemie Taschenbuch*. Ulmer, Stuttgart.
- Döll, H. 2012: Reminiscenz und Ausblick zur Ausbringung von Gülle - Die Last vom Acker nehmen. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 12: 28–33.
- Douglas J., McMullen M.P., Sweets L.E., Kaufman H.E. (2002): *Disease Management*. In Reeder R. (editor), *Conservation Tillage Systems and Management*, MWPS, Iowa.
- Estler, M. C., Knittel, H. 1996: *Praktische Bodenbearbeitung*. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- Fisher, W. F., Lane, D. E. 1973: *Till-planting*. In: *Conservation Tillage*. Soil Conservation Society of America. s. 187-194.
- Grunert, M. 2015: „Die Novelle hat Folgen für alle Abläufe“. *dlz agrarmagazin*. Special Gülledüngung. 9–11.
- Hartge, K. H., Horn, R. 1999: *Einführung in die Bodenphysik*. F. Encke Verlag, Stuttgart.
- Hermann, W., Bauer, B., Bischoff, J. 2012: *Srip Till, Mit Streifen zum Erfolg*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Hofbauer, M., Brant, V., Kroulík, M., Zábanský, P., Škeříková, M. 2019: *Erosionsschutz mittels Streifenfräse*. *Landwirtschaft ohne Pflug*. 36-40.
- Hoffmann G. M., Schmutterer H. 1999: *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Holpp, M., Kroulík, M., Kvíz, Z., Anken, T., Sauter, M., Hensel, O. 2013: Large-scale field evaluation of driving performance and ergonomic effects of satellite-based guidance systems. *Biosystems Engineering*. 116(2): 190-197.
- Hudson, N. 1995: *Soil Conservation*, Ames, Iowa State University Press.
- Hůla, J., Abraham, Z., Bauer, F. 1997: *Zpracování půdy, Brázda*, Praha.
- Kahnt, G. 1984: *Biologischer Pflanzenbau*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Klein, R.N., Wicks, G.A., Wilson, R.G. 1996: Ridge-Till, An Integrated Weed Management System. *Weed Science*. 44(2): 417-422.
- Kohout, V., Škoda, V., Zitta, M. 1993: *Obecná produkce rostlinná*. Skriptum, VŠZ, Praha
- Köller, K., Linke, C. 2001: *Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug*. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main.
- Laflen, Kumhála, F., Gutu, D., Hůla, J., Chyba, J., Kovářiček, P., Kroulík, M., Kvíz, Z., Mašek, J., Vlášková, M. 2013: *Technologie řízených přejezdů po pozemcích, Uplatněná certifikovaná metodika*, J.M., Lal, R., El-Swaify, S.A. 1990: Soil erosion and a sustainable agriculture. 569-581. In: Edwards, C.A., Lal, R., Madden, P., Miller, R.H., House, G. eds. *Sustainable Agricultural Systems*. Soil and Water Conservation Service, Ankeny, IA.
- Laurenz, L. 2014: *Gülle-Strip Till zu Mais auf Erfolgskurs*. Sonderdruck aus *Top Agrar*. 3: 92-95.
- Lehmann, U. 2014: *Streifenfrässaar im Maisanbau*. St. Galler Bauer 14.
- Leps, H. 1999: *Internationale Erfahrungen des Unternehmens Monsanto zur konservierenden Bodenbearbeitung*. ZALF-Bericht, 39, Münchenberg, 5–8.
- Marbot, B., Fischler, M., Küng, J. 2014. *Bodenverdichtung vermeiden – so funktioniert's!* AGRIDEA.
- Nesor, S., Leippert, F., Honisch, M. 2010: *Technik zur Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger – wirtschaftliche und umweltgerechte Lösungen*. *Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Bogas Forum Bayern“*. 2: 10.
- Nowatzki, J., Endres, G., DeJong-Hughes, J., Aakre, D. 2011: *Strip till for, field crop production*. North Dakota State University.
- Nýč, M., Brant, V., Kroulík, M., Smutný, V., Kusá, H., Růžek, P., Zábanský, P., Neudert, L., Lukas, V. 2015: *Technologické postupy využití strojů pro diferencované zpracování půdy a cílenou aplikaci hnojiv do půdy*. *Certifikovaná metodika*. Kurent, České Budějovice.
- Pekrun, C. 2003: *Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Überdauerung von Samen und andere pflanzenbauliche Parameter unter besonderer Berücksichtigung der Populationsdynamik von Ausfallraps*. *Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi im Fach Pflanzenbau*, Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Petelkau, H. 1984: *Auswirkungen von Schadverdichtungen auf Bodeneigenschaften und Pflanzenertrag sowie Maßnahmen zu ihrer Minderung*. – *Tagungsber. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR*, 227: 25-34.
- Procházka, P., Brant, V., Holec, J., Procházka, A., Hakl, J., Chára, J., Švarc, V., Kroulík, M., Jenček, A., Šmöger, J., Netrval, P., Dvořák, P. 2023: *Sója luštinatá*. *Agrární Komora ČR*, Praha.
- Randall, G. W., Hill, P. R. 2000: *Fall strip-tillage systems*. 193–199. In R. C. Reeder (ed.) *Conservation tillage systems and management*. MWPS-45, 2nd ed., Ames, Iowa State University.
- Reckleben, B. 2013: *Strip-Tillage könnte bald gängige, Praxis sein*. *Kosteneinsparung beim Maisanbau durch neues Anbauverfahren*. *Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, BauerBlatt*. 22 – 26.

- Redeer, R. (ed) 2000: Conservation Tillage Systems and Management: MWPS-45, 270 s.
- Rücknagel, J. 2014: Boden unter Druck. Dlg-Verlag GmbH. Frankfurt am Main.
- Schutz-Klinken, K.R. 1981: Haken, Pflug und Ackerbau. August Lax Verlagsbuchhandlung, Hildesheim.
- Sommer, K. 2002: Perspektiven des CULTAN-Verfahrens. In: VLN-INFO-Blatt. 4: 12–16.
- Pommers, D.B. 2002: Kontrollierte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Safenern in Kombination mit der N-Versorgung nach dem „CULTAN“-Verfahren. Diss. Bonn.
- Sommer, K. 2010: CULTAN-Düngung zu Getreide ohne Alternative? In: Landwirtschaft ohne Pflug. 3: 23–27.
- Sommer, K., Leufen, C., Scherer, H.W. 2005: Anbau von Kartoffeln nach dem „CULTAN“-Verfahren. In: Kartoffelbau. 56: 148–153.
- Sundermeier, A., Reeder, R.C., Hayes, W. 2006: Fall Strip Tillage Systems: An Introduction. Ohio State University Fact Sheet. Agricultural Engineering. Columbus. Ohio.
- Šmöger, J., Brant, V., Tošovský, F., Poláková, M., Kroulík, M., Kapička, J., Čejka, J., Dvořák, P., Holejšovský, J., Procházka, P. 2023: Cílené ozelenění kolejových řádků aplikátorů kapalných a pevných látek v konvenčním a ekologickém zemědělství. SIUZ. Klíčany.
- Tempír, Z. 1977: Expozice a sbírka oradel Zemědělského muzea. Vědecká práce zemědělského muzea, č. 17, ÚVTIZ, Praha.
- Thorsén, R., Neuman, L., 2002: Frösådd i praktiken 2002. Tester av frösådd med centrifugalspridare och pneumatiska sãmaskiner i praktiken, Länsstyrelsen Västra Götaland.
- Tonhasca A., Jr., Stinner, B.R. 1991: Effects of Strip Intercropping and No-Tillage on Some Pests and Beneficial Invertebrates of Corn in Ohio. Environmental Entomology. 20(5): 1251–1258.
- Van den Akker, J. 2016: Unterbodenverdichtungen bei der Ernte von Zuckerrüben: Raupenlaufwerk oder Breitreifen? LOP Landwirtschaft ohne Pflug. 12: 14–19.
- Viehausen, E. 1983: Stickstoffmobilisierung und Stickstoffverwertung sowie Regulierung des vegetativen Wachstums bei Winterweizen auf beheizten Böden. Bonn.
- Weber, M., Schulz-Marquardt, J., Köpke, U. 1995: Streifenanbau von Sommerweizen mit Futterleguminosen – Wirkung auf Unkrautentwicklung und Krankheitsbefall. 39. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften vom 28.-30.9.1995 in Zürich, Schweiz. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 8, 61-64.
- Weninger, L. 2000: Mulchen statt Hacken mit selbst gebautem Zwischenreihenmulcher? LANDWIRT Bio. 6. Wyss, B. 2007: Streifenfrässaat Schweiz – Reihenfrässaat, SWC Technologie: Streifenfrässaat, Schweiz. WOCAT 2007, 1–4.



VYDALA:

Agrární komora České republiky

Počernická 272/96, 108 00 Praha 10

Tel.: +420 296 411 180

e-mail: sekretariat@akcr.cz

www.akcr.cz, www.eagri.cz



ISBN - 978-80-88351-28-3