

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra zemědělských strojů**



**Bakalářská práce**

**Trendy v technice pro aplikaci tuhých minerálních  
hnojiv**

**Autor: Pavla Pořízková**

**Vedoucí práce: Ing. Petr Novák, Ph.D.**

**Praha 2015**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra zemědělských strojů

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavla Pořízková

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Trendy v technice pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv**

Název anglicky

**Trends in technology for spreading mineral fertilizers**

---

**Cíle práce**

Cílem práce bude vytvořit literární rešerži pro oblast techniky pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv.

**Metodika**

Bude vypracována literární rešerže soudobé domácí i zahraniční literatury na toto téma. Práce bude obsahovat přehled současných poznatků o možnostech zlepšení podmínek aplikace tuhých minerálních hnojiv a tím i snížení rizik pro životní prostředí. V závěru budou porovnány jednotlivé systémy rozmetadel.

## Doporučený rozsah práce

35 stran

## Klíčová slova

minerální hnojiva, aplikace, rozmetadlo

---

## Doporučené zdroje informací

Firemní literatura a Internet

Hufnagel, J. et. al., 2004: Precision Farming, KTBL, Berlin, 625 p.

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

Odborné články: Mechanizace zemědělství, Research in agriculture engineering



---

## Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

## Vedoucí práce

Ing. Petr Novák

Elektronicky schváleno dne 24. 1. 2013

**prof. Dr. Ing. František Kumhála**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 1. 2013

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2015

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Trendy v technice pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5. 4. 2015

.....

Pavla Pořízková

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Petru Novákovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a všechny čas, který mi věnoval při zpracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce byla vypracována formou literární rešerše, která pojednává o trendech v technice pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv. Práce je rozdělena do tří kapitol, které na sebe navazují. První část obsahuje obecné informace o minerálních hnojivech, jejich skladování a spotřebě v České republice. V druhé kapitole jsou popsány jednotlivé druhy rozmetadel, které se člení podle připojení na energetický prostředek a podle druhu mechanismu. Dále jsou zde obsaženy informace týkající se příslušenství a kvality práce. Poslední část se zabývá soudobými systémy, které jsou součástí precizního zemědělství.

**Klíčová slova:** Minerální hnojiva, aplikace, rozmetadlo, precizní zemědělství

### **Trends in technology for spreading mineral fertilizers**

## **Summary**

This bachelor thesis is written in a form of literal research that discusses trends in technology for the application of solid mineral fertilizers. The bachelor thesis is divided in to tree chapters that follow each other. The first part contains basic information about mineral fertilizers, its storage and consumption in Czech Republic. The second chapter contains information about types of spreaders. These spreaders are divided by connection to the energy resource and by types of mechanism. Further, this chapter contains information about accessories and quality of work. The last part deals with contemporary systems that are part of precise agriculture.

**Key words:** Mineral fertilizer, application, spreader, precision agriculture

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika .....</b>	<b>2</b>
2.1	Cíl práce .....	2
2.2	Metodika .....	2
<b>3</b>	<b>Hnojiva.....</b>	<b>3</b>
3.1	Zákon o hnojivech .....	3
3.2	Minerální hnojiva.....	3
3.3	Rozdělení hnojiv .....	4
3.3.1	Podle počtu živin .....	4
3.3.2	Podle skupenství .....	5
3.4	Skladování .....	6
3.5	Spotřeba průmyslových hnojiv v ČR.....	7
<b>4</b>	<b>Rozmetadla tuhých průmyslových hnojiv .....</b>	<b>10</b>
4.1	Konstrukce .....	10
4.2	Rozdělení podle připojení na energetický prostředek.....	10
4.2.1	Návěsná rozmetadla .....	10
4.2.2	Nesená rozmetadla .....	12
4.2.3	Samojízdná rozmetadla.....	13
4.3	Rozdělení podle rozmetacích mechanismů.....	15
4.3.1	Vyhrnovací.....	15
4.3.2	Odstředivé .....	16
4.3.3	Pneumatické.....	18
4.4	Příslušenství rozmetadel .....	22
4.5	Kvalita práce .....	23
<b>5</b>	<b>Moderní systémy pro zvýšení kvality aplikace.....</b>	<b>24</b>
5.1	Precizní zemědělství .....	24
5.2	ISOBUS .....	25
5.2.1	Hlavní výhody systému ISOBUS .....	27
5.3	Satelitní navigace .....	27
5.4	Naváděcí systémy .....	29
5.4.1	Manuální navádění.....	29

5.4.2	Automatické navádění .....	30
5.4.3	Naváděcí systémy John Deere a New Holland .....	30
5.5	Váhové systémy .....	31
5.6	Aplikační mapy .....	33
5.7	Automatický regulační systém.....	34
5.8	Variabilní hnojení dusíkem.....	34
5.9	Problematika hraničního hnojení .....	35
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>37</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>38</b>
	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>42</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>42</b>



# 1 Úvod

Vývoj veškerých technických zařízení probíhá velmi rychle a to platí i pro zemědělskou techniku. V dnešní době vyráběné stroje jsou již většinou z velké části automatizované s mnoha elektronickými prvky a navigačním vybavením. Tyto systémy snižují možnost chyby lidského faktoru a celkově potřebu lidské práce.

V souvislosti s hnojením průmyslovými hnojivy jsou vyvíjeny neustále nové technologie, které zlepšují hospodárnost s nimi. Minerální hnojiva mají poměrně dlouhou historii. K jejich rozvoji došlo zejména během průmyslové revoluce v 19. století a jejich sortiment se rychle rozšiřoval. Zpočátku se jednalo o plošné hnojení bez ohledu na to, že se jedná o chemický produkt, který může vyvolávat environmentální rizika. Průmyslová hnojiva mají samozřejmě nepostradatelnou roli v doplňování živin do půdy, vedle statkových hnojiv, ale jejich použití by mělo být racionální. Nekontrolovaným hospodařením s těmito hnojivy se zemědělství mohlo zařadit mezi největší znečišťovatele životního prostředí. Až v pozdějších letech byl negativní dopad patrný a téma životního prostředí se dostávalo do podvědomí zemědělců. Vyspělé státy se rozhodly k legislativní úpravě zacházení s hnojivy, která vymezuje například přípustné množství nebo skladování hnojiv.

Snaha zlepšit aplikaci hnojiv pomohla vyvíjet nové stroje a integrovat do nich elektrotechnické vybavení. Nyní jsou k dispozici různé systémy, které výrazně snižují množství průmyslových hnojiv a zároveň šetří vynaloženou energii. Vývoj těchto strojů stojí značné finanční prostředky, ale investice se díky úsporám z provozu vrátí. Výrobci svůj sortiment neustále zdokonalují a vzájemně si konkurují v inovacích. Každoročně se konají výstavy zemědělské techniky a odborné semináře, kde jsou představovány nejnovější trendy a jsou za ně udělována významná ocenění. Kromě ohledu na životní prostředí se také dbá na kvalitu a produktivitu práce.

Tyto systémy se označují za systémy tzv. precizního zemědělství. Jejich využití se zdaleka netýká jen aplikace hnojiv, ale všech prací na poli. Mohou se integrovat do všech strojů a usnadňovat tak veškerou péči o půdu.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je vytvořit literární přehled soudobých poznatků z oblasti techniky pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv s důrazem na využívání moderních technologií v systému precizního zemědělství.

### **2.2 Metodika**

Práce byla zpracována na základě prostudování odborné literatury, odborných časopisů, firemních brožur a internetových zdrojů, týkajících se tématu bakalářské práce. Důležité informace byly zpracovány do jednotlivých kapitol, které byly doplněny vhodnými tabulkami nebo obrázky. V práci jsou uvedeny druhy techniky, popsána jejich konstrukce a stručně zhodnoceny výhody a nevýhody. Podstatnou část tvoří popis moderních systémů precizního zemědělství. Menší část je věnována hnojivům.

## 3 Hnojiva

Hnojiva jsou látky, které doplňují živiny do půdy a tím ovlivňují její úrodnost. Mezi hlavní živiny v hnojivech patří dusík (N), fosfor (P) a draslík (K) a nazývají se makro živiny.

Základem pro udržování a zlepšování půdní úrodnosti jsou organická hnojiva (hnůj, kompost, kejda, močůvka), ale jejich nezbytným doplňkem jsou minerální hnojiva. Výroba minerálních hnojiv se začala rozvíjet během průmyslové revoluce v 19. století [22], [6].

### 3.1 Zákon o hnojivech

*„Na hnojiva se vztahuje zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Dle tohoto zákona se za hnojivo považuje látka způsobilá poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce [27].“*

Zákon stanovuje podmínky uvádění do oběhu, skladování a používání hnojiv a podmínky pro agrochemické zkoušení zemědělských půd.

### 3.2 Minerální hnojiva

Minerální hnojiva jsou nejčastěji vyrobena chemickým, těžebním nebo stavebním průmyslem. Vyznačují se vysokým obsahem živin, který je stálý a může být přesně upravený podle potřeby. V zemědělsky vyspělých zemích jsou nezbytnou součástí pro zvyšování zemědělské výroby, protože ani při nejlepším hospodaření jen s organickými hnojivy nelze dosáhnout dlouhodobě stálých výnosů. Při aplikaci musí být ovšem dodržovány správné zásady pro jejich používání, aby se rostlinám dařilo a nedošlo k ohrožení životního prostředí. Nesprávným používáním může docházet k eutrofizaci a acidifikaci [22].

Při eutrofizaci dochází k obohacování vod o živiny, především dusíku a fosforu. Může dojít k přemnožení planktonu a sinic, které po masovém odumření způsobí nedostatek kyslíku ve vodě a díky tomu začnou umírat ryby a další organismy. Acidifikace

je okyselení půdního prostředí, které vzniká v souvislosti s použitím dusíkatých hnojiv [11], [12].

*„Dle zákona č. 156/1998 Sb. se minerálním hnojivem rozumí hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy ve formě minerálních látek získaných extrakcí nebo jiným fyzikálním nebo chemickým postupem; za minerální hnojivo se považuje také dusíkaté vápno, močovina a její kondenzační a asociační produkty a hnojivo obsahující stopové živiny ve formě chelátů nebo komplexů [27].“*

### **3.3 Rozdělení hnojiv**

Hnojiva se dělí podle různých vlastností. Prvotně se hnojiva dělí podle původu na dvě velké skupiny - organická (statková) a minerální, kterými se tato práce dále zabývá.

#### **3.3.1 Podle počtu živin**

##### **Jednosložková**

Jednosložková hnojiva obsahují jednu hlavní živinu, ale mohou být doplněny i dalšími živinami, které jsou v podstatně menším zastoupení.

##### **Dusíkatá**

Jejich hlavní živinou je dusík, který je nezbytný pro růst rostlin a ovlivňuje přímo tvorbu biomasy. Musí být použit ve správném množství, jinak vede ke ztrátám na kvalitě i na množství.

##### **Fosforečná**

Nejvíce potřebné jsou v období kvetení a tvorby plodů. Kladný vliv fosforu na zemědělskou produkci znali již 2000 let před naším letopočtem. Inkové v Peru používali k hnojení ztuhlý trus mořských ptáků, který fosfor obsahoval.

##### **Draselná**

U rostlin kladně ovlivňuje zejména vodní režim. Jeho nedostatek se projeví vadnutím a žloutnutím listů.

### **Hořčnatá**

Jeho přítomnost v rostlině ovlivňuje metabolismus cukrů, bílkovin, lipidů i nukleových kyselin. Při jeho nedostatku rostlina ztrácí intenzitu fotosyntézy.

### **Vápenatá**

Dostatek vápníku je u rostlin důležitý hlavně pro dostatečné zakořenění, ale používá se i k úpravě půdních vlastností.

### **Vícesložková**

Tato skupina hnojiv má ve svém složení zastoupení dvou a více hlavních živin. Obsah živin a jejich vzájemný poměr jsou nejdůležitější vlastnosti těchto hnojiv. Pro zemědělce je jejich použití ekonomicky výhodnější a zároveň představují jednodušší manipulaci. Hnojiva se nemusí míchat, protože živiny jsou v nich již rovnoměrně obsaženy. Možnou nevýhodou může být konstantní poměr živin, který nebude plně vyhovovat danému pozemku. Chemické závody ale poměr živin mohou různě upravovat a nabízí tak široký sortiment různých kombinací [22].

### **3.3.2 Podle skupenství**

#### **Kapalná**

Jsou to vodní roztoky nebo olejové emulze minerálních látek. Může se jednat například o vodný roztok tuhého hnojiva ve čpavku nebo ve čpavku s vodou. Při práci s těmito hnojivy je třeba dodržovat bezpečnostní předpisy a brát v úvahu že mohou působit i velmi korozivně. Jejich aplikace se provádí pomocí strojů na ochranu rostlin [20].

#### **Tuhá**

Různé druhy tuhých minerálních hnojiv mají odlišné fyzikální, chemické a mechanické vlastnosti. Ty jsou potom rozhodující pro podmínky aplikace a výběr technologie. Hnojiva mohou být v podobě prášku, zrnků či granulí a mají také důležité vlastnosti jako sypkost, zrnitost a třecí vlastnosti. Sypkost značí velikost sypného úhlu, který je tvořen vodorovnou rovinou a stěnou kuželu sypaného hnojiva. Jeho velikost bývá 30 až 50°. Zrnitost neboli granulometrické složení hnojiva působí na kvalitu rozmetání

a hygienu práce. Ideální velikost granulí je 2 – 4 mm. Velikost granulí se může v souvislosti se skladováním a manipulací měnit. Třecí vlastnosti hnojiva se mění podle vlhkosti a materiálu, s kterým jsou v kontaktu. Součinitel tření po oceli se pohybuje v rozmezí 0,5 – 0,9. Objemová hmotnost hnojiv může být 800 – 1700 kg/m<sup>3</sup>. Tuhá hnojiva jsou také velmi hygroskopická, takže snadno absorbují vlhkost. Na to je třeba dbát hlavně při uskladňování. Vlhkost hnoji má vliv na tření, přilnavost a vytváření slepených hrudek. Před aplikací hnojiva je možné hnojivo připravit pomocí drtičů a rozdrobit tak ztvrdlé hrudky na požadovanou zrnitost. Velice nežádoucí jsou také korozivní účinky minerálních hnojiv na materiály, s kterými jsou v kontaktu. Pokud stroj nemá dostatečnou ochranu vůči korozi, může dojít i k jeho zničení [20], [17], [21].

**Tabulka 1: Vybrané vlastnosti průmyslových hnojiv**

Druh hnojiva	Měrná hmotnost (t.m <sup>-3</sup> )	Součinitel tření <i>f</i>			Hygroskopičnost
		po oceli	po dřevě	po pryži	
Ledek amonný	0,85 - 0,9	0,51	0,33	0,5	silná
Superfosfát	1,2 - 1,25	0,7	0,61	0,67	slabá
Síran amonný	0,7 - 0,77	0,53	-	0,52	slabá
Mletý vápenec	1,6 - 1,7	0,75	0,7	-	slabá
Draselný sůl	1,0 - 1,1	0,85	-	-	střední
Močovina	0,67 - 0,7	-	-	-	slabá

*Zdroj: Neubauer, K.: Stroje pro rostlinnou výrobu. Státní zemědělské nakladatelství, 1989.*

*ISBN 80-209-0075-6.*

### 3.4 Skladování

Na skladování hnojiv se kladou vysoké nároky a jsou vymezeny v zákonu o hnojivech. Každé hnojivo se používá v jiném ročním období, ale jejich výroba probíhá celoročně. Sklady tedy musí splňovat takové podmínky, aby se v nich hnojivo uchovalo bez poškození a nevznikly tak ztráty.

Minerální hnojiva jsou většinou soli hygroskopické a rozpustné. Snadno tedy absorbují vlhkost ze vzduchu a poté ztrácejí původní tvar, roztékají a kašovatí. Při opětovném vysušení mohou ztvrdnout v tvrdé bloky a pak je problematická jejich rovnoměrná aplikace na poli. Sklad musí být tedy chráněn před dešťovou vodou a před průsakem spodní vody a také před velkou vzdušnou vlhkostí.

Pokud se ve skladu hnojiva míchají, musí k tomu být vhodná místnost. Sklad musí být uzpůsoben i pro bezpečné naskladňování a vyskladňování. Aby nedošlo k záměně, je nutné mít hnojiva uložena v oddělených a zřetelně označených boxech.

Hnojiva kapalná se skladují v nádržích z nekorozivního materiálu. Tyto nádrže musí být zabezpečeny havarijními nádržemi, které v případě nehody zachytí celý objem kapaliny, aby nedošlo k ekologické katastrofě.

Z hlediska bezpečnosti je zapotřebí dávat pozor, aby škodlivé působení hnojiv na člověka bylo co nejmenší. Z tohoto důvodu používají pracovníci skladu ochranný oděv a brýle [22].

### **3.5 Spotřeba průmyslových hnojiv v ČR**

Z dlouhodobého časového hlediska je zřejmé, že spotřeba průmyslových hnojiv v České republice klesá. Od roku 1989, kdy činila spotřeba průmyslových hnojiv 233,7 kg na jeden hektar zemědělské půdy, přišlo razantní snížení těchto hodnot. Hned následující rok byla spotřeba 217,9 kg na hektar a v roce 1991 byla dosažena hodnota 121,8 kg na hektar. V následujících letech 1992 až 2013 byla průměrná spotřeba 97,308 kg na hektar. V hospodářském roce 2012/2013 byla celková spotřeba minerálních hnojiv 337 764 tun z toho činila dusíkatá hnojiva 261 216 t, fosforečná 43 053 t a draselná 29 495 t. Výrazný pokles spotřeby má neblahý účinek na zásobení půdy živinami. Snižuje se obsah přístupných živin a tím nastává i pokles výnosů. Je patrné, že v poslední době dochází opětovně k větší intenzitě hnojení vlivem zlepšení ekonomické situace zemědělských podniků.

**Tabulka 2: Spotřeba minerálních hnojiv na území ČR za vybraná léta**

<b>Spotřeba minerálních hnojiv</b>						
<b>Hnojiva</b>	<b>Hospodářský rok</b>					
	2004/2005	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013
	Spotřeba minerálních hnojiv (t živin)					
<b>Celkem</b>	<b>279818</b>	<b>278198</b>	<b>281484</b>	<b>303927</b>	<b>318225</b>	<b>337764</b>
v tom:						
dusíkatá (N)	206576	221667	225982	238554	248024	261216
fosforečná (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	43338	35218	35078	39991	43001	47053
draselná (K <sub>2</sub> O)	29904	21313	20424	25382	27199	29495
	Spotřeba minerálních hnojiv na 1 ha obhospodařované zemědělské půdy (kg živin)					
<b>Celkem</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99,8</b>	<b>108,1</b>	<b>113,2</b>	<b>122</b>
v tom:						
dusíkatá (N)	71,7	78,1	80,2	84,9	88,3	94,4
fosforečná (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	15	12,4	12,4	14,2	15,3	17
draselná (K <sub>2</sub> O)	10,3	7,5	7,2	9	9,6	10,6

*Zdroj: [https://www.czso.cz/csu/czso/320198-14-r\\_2014-1300](https://www.czso.cz/csu/czso/320198-14-r_2014-1300)*

Mezi kraje, které spotřebují největší množství minerálních hnojiv na hektar zemědělské půdy, patří kraje Středočeský 146,3 kg, Olomoucký 146,9 kg a Hl. m. Praha 145,7 kg. Nejméně těchto hnojiv spotřebují v kraji Karlovarském 45,4 kg a s větším odstupem následuje kraj Liberecký 88,4 kg. Spotřeba hnojiv v jednotlivých krajích je bezpochyby vztažená k převládajícímu rozsahu a druhu zemědělské výroby v jednotlivých krajích.



**Tabulka 3: Spotřeba hnojiv podle krajů v ČR**

<b>Spotřeba hnojiv podle krajů za hospodářský rok 2012/2013</b>									
v kg/1 ha obhospodařované zemědělské půdy									
Území	Minerální hnojiva (živiny)	Vápenatá hnojiva	Statková hnojiva celkem	v tom:				Organická hnojiva	Organo-minerální hnojiva
				hnůj	kejda	močůvka	ostatní		
<b>Česká republika</b>	<b>122</b>	<b>111,5</b>	<b>4 873,90</b>	<b>2 655,00</b>	<b>1 165,00</b>	<b>607,1</b>	<b>446,7</b>	<b>741</b>	<b>53</b>
<i>kraj/Region:</i>									
Hl. m. Praha	145,7	-	1 478,50	1 315,70	2,8	145,7	14,4	209,4	4,9
Středočeský	146,3	106	3 595,80	2 022,90	868,8	255,5	448,6	501,7	70
Jihočeský	99,4	127,6	6 263,80	3 431,30	1 081,70	882	868,8	674,2	3,4
Plzeňský	97,8	83	5 726,40	3 039,50	1 663,10	650,3	373,5	507,7	0,5
Karlovarský	45,4	59,9	3 086,40	1 960,20	303,5	426	396,8	278,8	-
Ústecký	108,2	10,1	2 021,50	1 057,00	418,2	94,9	451,4	356,1	5,1
Liberecký	88,4	130,1	6 269,40	2 804,50	1 646,10	746,6	1 072,20	123,6	5,5
Královéhradecký	137,4	173,9	5 141,30	3 020,50	1 161,60	659,3	299,9	1 014,30	148,4
Pardubický	122,2	122,9	6 383,00	3 441,70	1 917,90	669,3	354,1	1 795,80	16,6
Vysočina	118,7	149,8	7 354,20	4 110,40	1 724,20	1 157,90	361,7	1 346,60	77,9
Jihomoravský	142,1	56,3	3 412,80	1 625,20	1 165,50	359,6	262,5	389,8	32,9
Olomoucký	146,9	170,9	4 565,20	2 583,10	865,2	880,8	236	864,7	104,2
Zlínský	121,6	80	5 458,50	2 721,10	1 325,20	751,7	660,5	434	8,7
Moravskoslezský	109,9	163,6	3 995,60	2 304,00	813,8	442,5	435,3	827,3	173,9

Zdroj: [https://www.czso.cz/csu/czso/320198-14-r\\_2014-1300](https://www.czso.cz/csu/czso/320198-14-r_2014-1300)

## **4 Rozmetadla tuhých průmyslových hnojiv**

Minerální hnojiva jsou na půdu aplikována rozmetáním. Ve výjimečných případech se dá aplikace provést při seti nebo plečkování do řádků přímo k rostlinám, na povrch nebo ke kořenům. Podmínky aplikace se musí přizpůsobovat tvaru jednotlivých hnojiv (práškovitá, zrnitá, granulovaná) a jejich vlastnostem. Hlavní požadavek, který se klade na práci rozmetadel, je schopnost rovnoměrného rozmetání. Toho lze dosáhnout vhodnou volbou aplikační techniky a jejího příslušenství [17], [6].

### **4.1 Konstrukce**

Vyvíjení zemědělských rozmetadel k aplikaci minerálních hnojiv začalo v první polovině 19. století v Anglii během průmyslové revoluce. První rozmetadlo vyjelo na pole pravděpodobně v roce 1850 a mělo vyhrnovací válečkový aplikační mechanismus, který měl pracovní záběr stejný jako šířku stroje. Dnes jsou rozmetadla i ostatní zemědělské stroje velmi moderní a automatizovaná zařízení [18].

Nejdůležitější části rozmetadel na tuhá průmyslová hnojiva, jsou zásobník, čechrač, dávkovací a rozmetací ústrojí. Dále jsou stroje vybaveny různým příslušenstvím a nabízejí řadu mechanismů, které zlepšují a zkvalitňují práci s ním. Součásti rozmetadel musí být kvůli vysoké agresivně hnojiv vyrobené z velmi odolných materiálu nebo opatřeny vrstvou ochranného nátěru [20].

### **4.2 Rozdělení podle připojení na energetický prostředek**

Podle agregace s energetickým prostředkem rozeznáváme návěsná, nesená a samojízdná rozmetadla.

#### **4.2.1 Návěsná rozmetadla**

Návěsná rozmetadla průmyslových hnojiv se u nás používala hlavně do roku 1990. V posledních letech však zažívají opětovnou renesanci. Jejich využití je univerzálnější než u nesených rozmetadel. Mohou se s nimi přihnojovat rostliny nebo provádět základní a předosevní hnojení, ale jsou vhodná i pro aplikaci práškových hnojiv, protože zásobník má na rozdíl od neseného rozmetadla strmější stěny. Přizpůsobení různým vlastnostem

používaných hnojiv se dá provést pouze vyměňováním rozmetacích kotoučů. Pro prášková hnojiva není vhodné z důvodu prašnosti používat běžné rozmetací kotouče. Pro tuto operaci jsou určeny šnekové dopravníky, které se nachází buď vzadu v prostoru pro běžné rozmetací ústrojí, nebo je možné šneky uložit v bočním prostoru za předním čelem nástavby [13].

Návěsná rozmetadla mají v porovnání s nesenými rozmetadly větší objem násypky a to zhruba 5 000 až 15 000 litrů (nesená 300 až 3 000 litrů). Pracovní záběr se pohybuje zhruba kolem 40 metrů a nachází tak uplatnění hlavně ve velkoplošném zemědělství.

K dávkování hnojiva bývá nástavba osazena pryžovým podlahovým dopravníkem, který je poháněn buď mechanicky od pojezdových kol, nebo hydraulicky. Pro nastavení dávky hnojiva slouží šoupě před rozmetacím ústrojím, které je také poháněno mechanicky nebo hydraulicky. Rozmetadla mohou mít i vlastní hydraulický okruh. Je k dispozici celá řada příslušenství umožňující podobné možnosti jako více oblíbená nesená rozmetadla.

V případě změny půdních podmínek by měla být možná výměna kol (široké nízkotlakové pneumatiky za kultivační). V půdě se pak nevytvářejí koleje a snižuje se tak náročnost pro další pracovní postupy [7].

**Obrázek 1: Návěsné rozmetadlo Bredal K 105**



*Zdroj: <http://www.bredal.com/en/Produkter/K-Serie/K105>*

#### **4.2.2 Nesená rozmetadla**

Obecným trendem posledních desetiletí je snaha o lepší vlastnosti a uniformitu minerálních hnojiv. Výrazně se snížila jejich spotřeba, a proto se nesená rozmetadla stala oblíbenější. Výhodou nesených rozmetadel hnojiv je technicky snazší provedení systémů řízení dávkování, což má vliv i na pořizovací cenu. Nesená rozmetadla ale nenabízejí takové možnosti jako návěsná nebo samojízdná, proto jsou vhodná spíše pro menší zemědělství. V naprosté většině využívají odstředivý rozmetací mechanismus [21], [13].

V zemích Evropské unie se nejvíce prodávají rozmetadla nesená na třibodovém závěsu traktoru. Mezi mnoho výhod tohoto řešení patří malé rozměry stroje, dotěžování zadní nápravy traktoru a absence další nápravy u soupravy, nižší poškození porostu při otáčení. Nevýhodou jsou omezení v důsledku hmotnosti plného rozmetadla. Objem zásobníku nelze zvyšovat nad hranici únosnosti třibodového závěsu traktoru a odlehčení přední nápravy. Tato nevýhoda lze však vyřešit použitím návěsných rozmetadel.

Nesená rozmetadla se mohou agregovat s překládacími vozy o objemech až 9 000 litrů a řešit tak problém malého objemu rozmetadla. Překládací vůz je vybaven širokými nízkotlakými pneumatikami, aby nedocházelo k výraznému tlaku na půdu. V zadní části má tříbodový závěs a vývodový hřídel pro připojení běžného neseného rozmetadla. Hnojivo je poté doplňováno z překládacího vozu do rozmetadla hydraulicky poháněným lopatkovým dopravníkem. Takovéto řešení přináší výhody návěsného rozmetadla a zároveň umožňuje použití i pro jiné účely, např. regenerační hnojení. Překládací vůz, můžeme využít i jinak, například pro plnění secích strojů. Toto řešení je vhodné zejména pro základní hnojení před setím [21].

**Obrázek 2: Agregace překládacího vozu a neseného rozmetadla**



*Zdroj: Agrossyn - Bc. Ondřej Bačina*

#### **4.2.3 Samojízdná rozmetadla**

Jsou investičně náročná a jejich cena může dosahovat až desetinásobku návěsných rozmetadel. Aby se náklady na tento drahý stroj vůbec vyplatily, musí vykazovat nízké provozní náklady, využití v průběhu celého roku a samozřejmě vysokou kvalitu odvedené

práce. Například již na jaře se může používat pro regenerační přihnojování, dále pro předosevní přihnojování a samozřejmě základní hnojení, popřípadě i přihnojování během růstu rostlin. Během těchto operací nesmí docházet k nadměrnému zhutnění půdy ani poškozování porostů. Důležitá je také pojezdová rychlost, jak na poli, tak při přejezdech, aby nedošlo k časovým ztrátám při změně pracoviště [13].

Kvůli vysoké pořizovací ceně je dobré, když je stroj univerzální a dá se využít pro více účelů, existují však i jednoúčelová samojízdná rozmetadla. Nosiče samojízdných rozmetadel rozdělujeme na tři základní skupiny. První skupinu tvoří systémové nosiče, které vycházejí z konstrukce klasických traktorů a nabízejí možnost agregace příslušenství za kabinou. Do druhé skupiny patří nosiče výměnných nástaveb, které jsou primárně určeny pro aplikační operace. Poslední skupinou jsou klasické nákladní automobily s různými úpravami, aby je bylo možné využívat v podmínkách zemědělství [8].

Samojízdná rozmetadla jsou velmi výkonné stroje a představují spolehlivou aplikaci za jakýchkoliv podmínek. Mnohdy výkony předčí i letecký způsob aplikace. Příkladem může být stroj Case IH Titan 3020, který se v roce 2009 objevil poprvé v ČR [4].

**Obrázek 3: Samojízdné rozmetadlo Case IH Titan 3020**



Zdroj: <http://www.mascus.com/agriculture/used-sprayers/case-ih-titan-3020/6qiucmen>

### 4.3 Rozdělení podle rozmetacích mechanismů

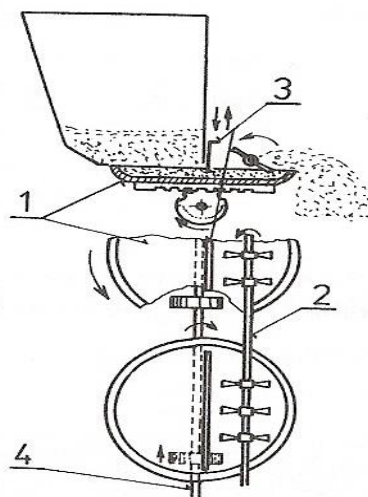
Častěji se rozmetadla rozdělují podle principu práce rozmetacího mechanismu a ten může být vyhrnovací, odstředivý nebo pneumatický. Je to nejdůležitější součást rozmetadla a ovlivňuje jeho celkovou konstrukci

#### 4.3.1 Vyhrnovací

Vyhrnovací (gravitační) rozmetací mechanismus je typický tím, že vyhrnuje částice hnojiva ze zásobníku nebo podávacího zařízení a ty pak padají na půdu vlastní tíhou. Záběr je konstantní, shodný se šířkou stroje a nevyžadují překrývání sousedních záběrů. Nejvíce používané jsou talířové a štěrbinové. Další mechanismy, které u tohoto ústrojí existují, jsou například vrtulové, ježkové nebo řetězové [20].

Nejběžnější talířový mechanismus se používá pro hnojení do řádků rostlin (jako přihnojovací zařízení) a také pro hnojení na široko. Přihnojovací zařízení má dno zásobníku tvořeno pouze jedním otočným talířem, ale u ostatních rozmetadel je talířů více. Talíře odvádějí hnojivo přes štěrbinu ze zásobníku. Za zásobníkem jsou uloženy na společném hřídeli vrtulky, díky kterým je hnojivo vyhrnováno a rozmetáno po poli. Talíře mají obvodovou rychlost  $5 - 30 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$  a rozmetací vrtulky  $2 - 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [17].

**Obrázek 4: Talířový rozmetací mechanismus**

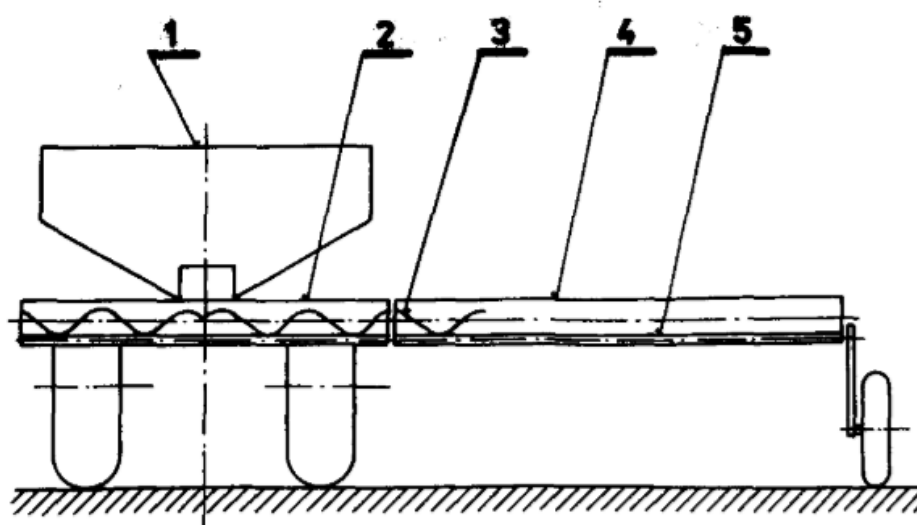


*1-talíř, 2-hřídel s vrtulkami, 3-regulační hraditko, 4-hřídel pohonu talířů*

Zdroj: Kumhála, F: *Zemědělská technika*. V Praze: ČZU, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7

Štěrbínový mechanismus funguje tak, že vyhrnuje hnojivo přes regulovatelný štěrbinový výpadový otvor. Nejznámější štěrbinový mechanismus se nazývá šnekový. Zde je hnojivo uložené v zásobníku, z kterého se regulačním šoupátkem dávkuje do šnekového dopravníku. Dopravník je sestaven z pevného středního dílu a z bočních dílů, které jsou hydraulicky sklopné. Pomocí vyhrnovacího šneku je hnojivo rozhrnováno k bočním dílům a vypadává otvory na dně šnekového dopravníku vlastní hmotností na pozemek [20], [3].

**Obrázek 5: Štěrbínové rozmetací ústrojí**



1-zásobní skříň, 2-střední díl šnekového rozmetacího zařízení, 3-vyrhovací šnek, 4-boční díl šnekového rozmetacího zařízení, 5-výpadní otvor

Zdroj: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje\\_pro\\_hnojeni.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf)

#### 4.3.2 Odstředivé

Odstředivé systémy jsou nejpoužívanější. Fungují buď na principu rotujícího rozmetacího disku, nebo kývající se rozmetací hubice. Rotační mohou být s vodorovným kotoučem (jeden nebo dva) nebo se svislým kotoučem (hnojivo se přivádí na kotouč pomocí podlahového dopravníku nebo gravitací). Hnojivu je udělena pohybová energie, a pokud opustí rozmetací mechanismus, spadne na povrch pole [3].

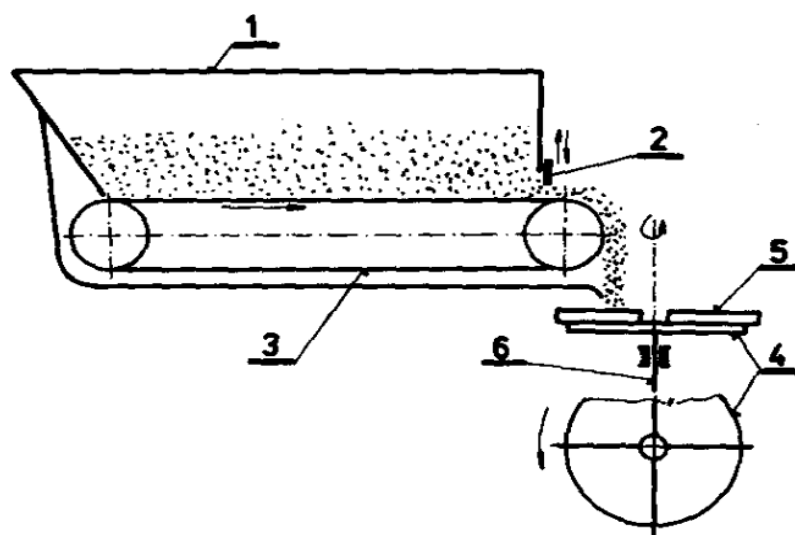
Ve velké převaze se vyrábějí hlavně granulovaná hnojiva, pro jejíž aplikaci se používají nejvíce právě odstředivé mechanismy s rozmetacími kotouči, nejběžnější jsou



dva kotouče. Má velmi jednoduchou a spolehlivou konstrukci a nemá negativní vliv na tvar zásobníku a také se vyznačuje vynikající přesností rozmetání. Díky těmto výhodám se již více než 80 % hnojiv aplikuje pomocí odstředivých rozmetadel. U tohoto mechanismu můžeme změnit i pracovní záběr rozmetadla. Pracovní záběr se pohybuje běžně okolo 30 metrů a u hnojiv s dobrou aplikovatelnosti můžeme dosáhnout i více než 42 metrů [17], [9], [18].

Zásobník odstředivých rozmetadel má užší obdélníkový půdorys, orientovaný delší stranou do směru jízdy. Hnojivo je pomocí dopravníku odváděno ze zásobníku na kotouč opatřený přibližně radiálními lištami (samojízdné a návěsné provedení), nebo propadává samovolně gravitací skrz výpadový otvor ve dně zásobníku na kotouč umístěný pod ním (nesené provedení). Hnojivo je rozmetáno dozadu a do stran. V zadní části za kotoučem je aplikována největší dávka a kvůli tomu vyžadují jednotlivé záběry překrývání. Obvodová rychlost kotouče je  $10 - 25 \text{ m.s}^{-1}$  a průměr kotouče bývá  $0,4 - 0,6$  metru. Rozmetadla s větším výkonem mají dva rozmetací kotouče umístěné vedle sebe. Některá rozmetadla mohou mít dva protiběžné kotouče uložené nad sebou. U rozmetadel se svislým kotoučem jsou ještě odrazové desky, které zabezpečují rovnoměrný rozhoz do větší šířky. Ale tato rozmetadla se už nepoužívají [17].

**Obrázek 6: Odstředivé rozmetací ústrojí s vodorovným rozmetacím kotoučem**



*1-zásobník, 2-regulační šoupátko, 3-podlahový dopravník,  
4-rozmetací kotouč. 5-rozmetací lopatka. 6-svislý hnací*

Zdroj: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje\\_pro\\_hnojeni.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf)

Modely s menším výkonem opatřené jedním rozmetacím diskem jsou určeny pro malé výměry s menšími nároky na přesnou aplikaci. Záběr bývá zpravidla okolo 5 až 8 metrů. Mohou být použity i pro komunální účely (například posypový vůz) a stavebnictví, kde jsou stroje vybaveny ještě usměrňovacími plechy pro regulaci rozhozu. Jejich pohon je řešen vývodovým hřídelem traktoru, ale modernější modely mohou být poháněny hydraulicky [5].

Disky musí být vyrobeny z odolného materiálu. Jedná se buď o nerez, nebo o ocel, která musí mít ale dostatečnou vrstvu ochranného laku, jelikož hnojiva jsou vůči strojům velmi agresivní. Disky jsou také opatřeny polohovatelnými lopatkami a jejich geometrie určuje konkrétní pracovní záběr, případně i druh hnojiva. Rozmetadlo může pracovat i s více druhy disků, pokud to výrobce dovoluje. Například klasické rozmetadlo střední třídy můžeme vybavit disky pro záběr 12 – 18 m, 12 – 28 m nebo 24 – 36 m [8].

### **4.3.3 Pneumatické**

Tyto rozmetadla se hodí převážně pro precizní zemědělství, kde vyniknou jejich přednosti. Vyznačují se vysokou výkonností se záběrem 18 až 36 metrů a tomu odpovídá i vyšší cena. Velká výhoda těchto strojů je, že jsou velmi flexibilní a jejich výkonnost není závislá na kvalitativních parametrech hnojiva. S jeho pomocí můžeme hnojivo aplikovat i za větrného počasí a překážkou není ani rozdílná zrnitost daného hnojiva. Pevně se vyrábí v návěsném provedení, ale k dostání jsou i nesené modely. U těchto strojů je možné využívat pěnového značení k lepší orientaci na poli, protože záběr je daný délkou výložníku a je konstantní [21].

Výložník bývá rozdělen na několik dílů, podle kterých se skládá, aby se mohl dopravit na pole. U každého z dílů lze nezávisle nastavit a ovládat množství aplikovaného hnojiva, protože každý díl má vlastní dávkovač, který funguje díky rotačnímu hydromotoru se změnou otáček [19].

Princip práce je takový, že hnojivo se nejprve dopravuje z centrálního zásobníku k dávkovacím mechanismům (např. šnekový nebo válečkový), které dávky hnojiva posílají do potrubí s proudem vzduchu vytvářeného ventilátorem. Částičky hnojiva se smísí se vzduchem, který je dopravuje potrubím do rozptylovačů a následně je rozptýlí po pozemku.

**Obrázek 7: Pneumatické rozmetadlo Rauch**



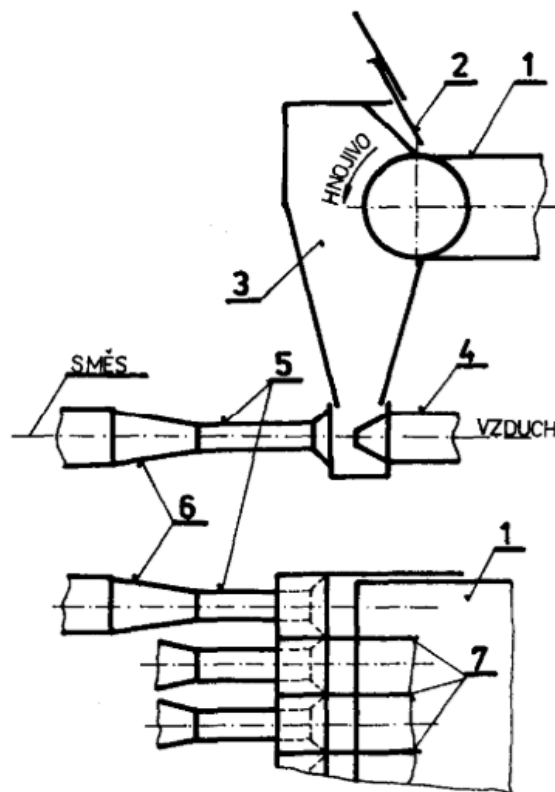
*Zdroj: [http://rauch.de/cms/upload/cache/20110303AGT\\_1236jpg\\_w680.jpg](http://rauch.de/cms/upload/cache/20110303AGT_1236jpg_w680.jpg)*

K dostání je několik druhů pneumatického rozmetacího ústrojí, pracujících na různých principech. Některá jsou použitelná pro všechny druhy minerálních hnojiv a jiná jsou vhodná pouze pro prášková minerální hnojiva [3].

#### **Pneumatické rozmetací ústrojí pracující na injektorovém principu**

Hnojivo se posunuje po podlahovém dopravníku a dávkování probíhá změnou jeho rychlosti nebo pomocí dávkovacího šoupátka. Poté hnojivo spadne do přívodního kanálu, který se dělí na určitý počet částí, což je dáno počtem rozmetacích potrubí. V místě, kde je potrubí zúžené, je přiváděn vzduch pomocí trysky a to značí práci na principu injektoru. Dojde k nasátí hnojiva do mísící trubky a pak jeho dopravení i se vzduchem k rozmetacím koncovkám [3].

**Obrázek 8: Pneumatické rozmetací ústrojí pracující na injektorovém principu**



*1-dopravník, 2-šoupátko, 3-přívodní kanál, 4-potrubí,  
5-mísící trubka, 6-difuzor, 7-usměrňovače*

*Zdroj: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje\\_pro\\_hnojeni.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf)*

### **Pneumatické rozmetací ústrojí s dávkovacími turniketů**

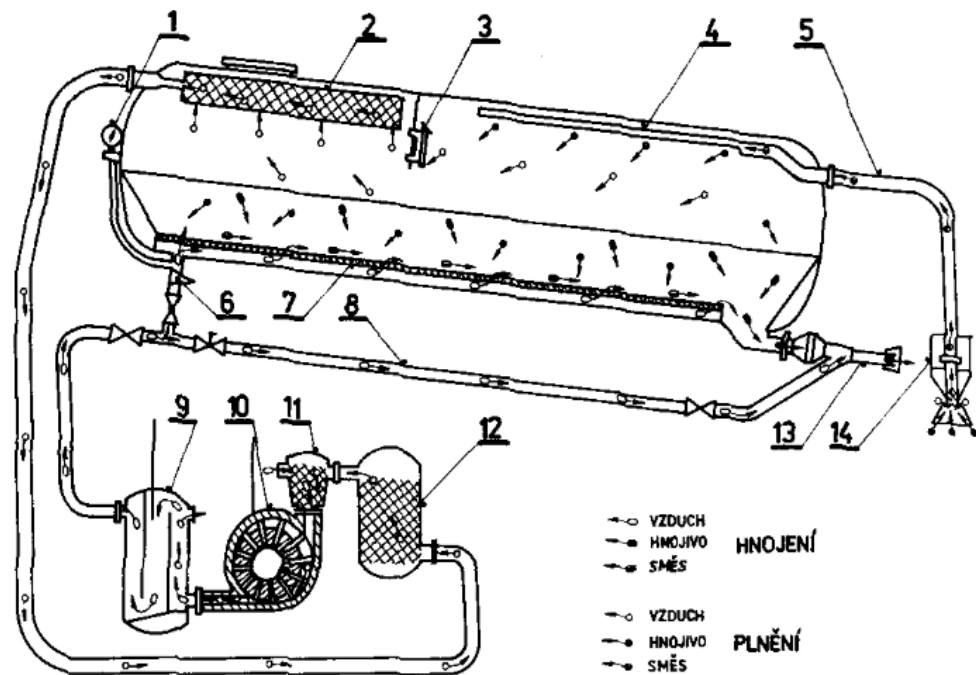
U tohoto mechanismu je hnojivo přivedeno k dávkovacím turniketům, jejichž počet je stejný jako počet rozmetacích potrubí. Vzduch je veden přes injektory do potrubí, kde dochází k dávkování hnojiva turniketem. Hnojivo se vzduchem se po té dostane k rozmetací koncovce [3].

### **Ventilátorový pneumatický mechanismus**

Pod zásobníkem je umístěn difuzor, do kterého je vháněn vzduch a zároveň se do něj dávkuje hnojivo, takže dojde ke smíchání. Cesta hnojiva pokračuje přes vyrovnávač k rozdělovači, kde se rozdělí do rozvodného potrubí, které vede k rozmetacím koncovkám [3].



**Obrázek 10: Pneumatický mechanismus na rozmetání vápenatých hnojiv**



*1-vakuometr, 2-filtr, 3-snímač hladiny, 4-plnicí potrubí, 5-ohebná hadice, 6-omezovací ventil, 7-dno cisterny, 8-vzduchovod, 9-odlučovač, 10-kompresor, 11-odstředivý olejový filtr, 12-vzduchový filtr, 13-rozprašovací ústrojí, 14-nasávací hubice*

*Zdroj: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje\\_pro\\_hnojeni.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf)*

#### 4.4 Příslušenství rozmetadel

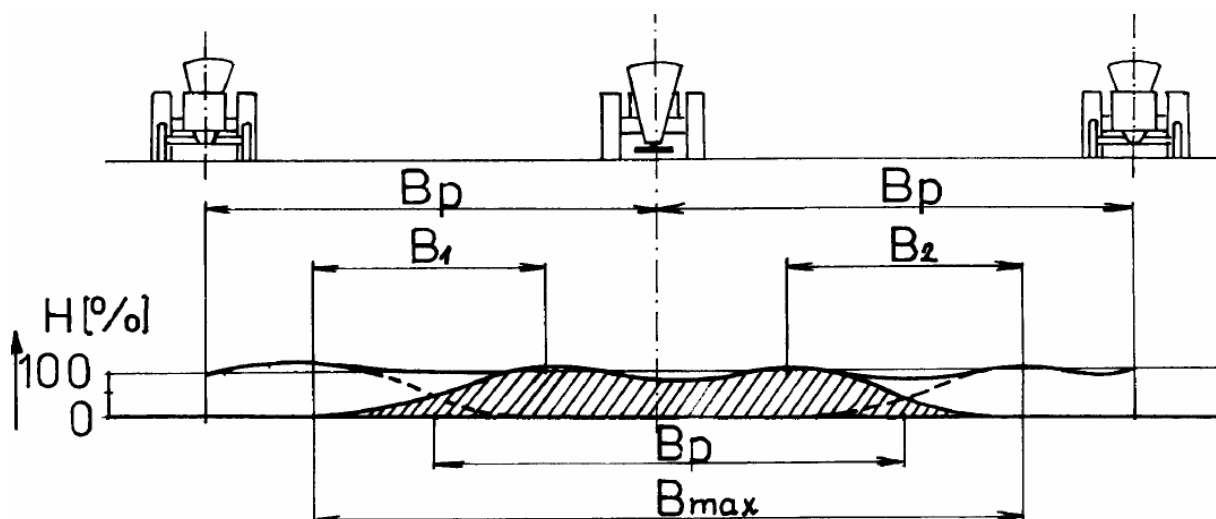
Rozmetadlo je možné vybavit různým příslušenstvím i systémy, které se týkají precizního zemědělství. Jako běžné příslušenství považujeme například nástavky k základnímu zásobníku hnojiva. Objem se pak může zvýšit z 1000 až 2000 litrů na 1500 až 4000 litrů. Důležité jsou také sady pro nastavení rozmetadla. Nastavení se provádí požadovaný záběr a pro konkrétní druh hnojiva. K tomu jsou zapotřebí tzv. rozmetací tabulky, které obsahují informace o hnojivech. Rozmetací tabulky se rychle mění v závislosti na novém sortimentu hnojiv, takže je nutná jejich častá aktualizace. Častým příslušenstvím jsou i sady pro hraniční hnojení. Rozmetadla mohou být dále vybavena osvětlením a odrazkami, aby se mohly bezpečně pohybovat i po silnicích. Pro práci za deště se používají krycí plachty na násypky

Elektronickým příslušenstvím jsou například vážící systémy pro zjištění hnojiva v násypce a kontrolu práce. Dále elektronické ovládání prvků, které se provádí přes palubní počítač a umožňuje nastavovat rozmetadlo, ovládat funkce, regulovat dávky apod. [8], [14], [6].

#### 4.5 Kvalita práce

U aplikace minerálních hnojiv je důležité dodržovat maximální přípustnou příčnou a podélnou nerovnoměrnost rozmetání a dodržet dávku hnojiva na jeden hektar. Odstředivá rozmetadla vyžadují určité překrývání záběrů, aby se příčná nerovnoměrnost (nesmí překročit 20 – 30 %) eliminovala. Překrývání musí být však přesné, jinak by docházelo k přehnojování a to má na rostliny i na životní prostředí negativní vliv [17].

**Obrázek 11: Schéma překrývání záběrů při práci kotoučového rozmetadla**



*B<sub>p</sub>*-pracovní záběr, *B<sub>max</sub>*-maximální šířka rozhozu hnojiva, *B<sub>1</sub>*, *B<sub>2</sub>*-překrytí záběrů,  
*H*-rovnoměrnost příčného profilu rozmetání

*Zdroj: Kumhála, F., Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu,*

2007

Pro přesnou orientaci na poli můžeme využít systém kolejových meziřádků, což jsou vynechané koleje při setí a jejichž vzdálenost od sebe odpovídá požadavkům na hnojení. Další možnost je například využití pěnového značení [20].

## 5 Moderní systémy pro zvýšení kvality aplikace

Během let se výrobci techniky snaží své stroje co nejvíce zdokonalovat a automatizovat, aby byli schopni vyhovět dnešním požadavkům. Již se nejedná jen o to, aby měl stroj co největší záběr nebo objem, ale důraz je kladen především na úspory, komfortnější manipulaci se strojem a na životní prostředí.

Firmy ke svým strojům nabízejí rozšířenou elektronickou výbavu, která byla dříve určená hlavně pro automobilový průmysl. Tyto kontrolní nebo řídicí systémy umožňují monitorovat např. hladinu hnojiva v zásobní skříni nebo frekvenci otáčení rozmetacích mechanismů. Podle různorodosti a potřeb daného pozemku dokáží variabilně aplikovat hnojivo. Díky tomu se dá předejít nadměrnému přehnojování, které je zbytečné. Nezatěžuje se životní prostředí a náklady na hnojivo jsou nižší. Efektivnost těchto systémů nemusí být znatelná ihned, ale za to má pak větší význam a investice se vrátí.

Dnes je díky moderní technice aplikace hnojiv na špičkové úrovni, ale vývoj těchto strojů probíhá dále a tak se stále setkáváme s novými inovacemi, za které jsou na světových výstavách udělována významná ocenění [21], [15].

### 5.1 Precizní zemědělství

Pojem precizní zemědělství se v rostlinné výrobě začal objevovat počátkem 90. let. Jedná se o to, že na půdu se nekouká jako na celek, ale vychází se z toho, že různé části pozemku mají jiné vlastnosti a podle toho také jiné potřeby. O tom, že jsou pozemky nehomogenní, se vědělo již před mnoha lety, ale nebylo možné se tomu s velkou přesností přizpůsobovat. Toto je možné až díky integraci moderních informačních technologií do zemědělství. Hnojivo se aplikuje variabilně podle aplikačních map, s využitím technologie GPS, která nejprve sloužila jen pro vojenské účely.

Nyní je možné GPS běžně používat. K jeho činnosti slouží satelity, které obíhají okolo Země a vysílají radiové signály. Aby přijímač na Zemi mohl přesně určit svoji polohu (zeměpisnou délku, šířku a výšku), musí mít spojení alespoň se čtyřmi družicemi. Přesnost signálu je v řádech metrů a je ovlivněna např. vlastnostmi atmosféry. V precizním zemědělství je ale nutné mít vyšší přesnost, jinak by nebylo možné navigovat stroje na pozemku. Pro zpřesnění signálu se přidává ještě další korekční signál. Korekční signál je



přijímán buď z pozemské referenční stanice, nebo z jiné družice. S tímto signálem je možné dosáhnout přesnosti s maximální odchylkou do 30 cm. Přesné zaměřování pozemku se propojuje s dalšími informacemi (složení půdy, úrodnost, sklon pozemku apod.) a tyto údaje je možné ukládat a sledovat v průběhu let [17], [15].

## 5.2 ISOBUS

Myšlenkou na sjednocení konektivity a použitelnosti všech zemědělských tažných i přípojných vozidel se začali výrobci zabývat na přelomu tisíciletí. V roce 2001 se výrobci dohodli na společném postupu při zavádění norem pro využití komunikačních prostředků, které sjednotí funkčnost traktorů, nářadí a systémů pro řízení hospodářství. Proto v roce 2008 vznikla organizace AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation) za přispění společností John Deere, CNH, Claas, AGCO, Kverneland Group, Grimme a Pöttinger. Se vznikem organizace vznikl standardizovaný systém Iso-Bus a normy ISO 11783. Základem pro fungování systému je standardizovaná zástrčka (viz obrázek č. 12), která umožňuje snadné propojení tažného vozidla s jakýmkoliv přívěsným zemědělským zařízením.

**Obrázek 12: Standardizovaná zástrčka ISOBUS**



*Zdroj: <http://www.teejet.com/czech/home/products/application-control-and-equipment/isobus-and-iso-11783-solutions/about-isobus.aspx>*

Tímto se vytváří prostor pro jednoduché ovládání a vzájemnou komunikaci mezi stroji různých značek a užití. Jedna monitorovací jednotka nahradí různá řídicí zařízení, terminály a displeje jednotlivých nářadí a umožní kontrolu všech druhů zemědělského nářadí (např. rozmetadlo, postřikovač).

**Obrázek 13: Schéma využití systému ISOBUS**



*Zdroj: <http://www.teejet.com/czech/home/products/application-control-and-equipment/isobus-and-iso-11783-solutions/about-isobus.aspx>*

Výrobci zemědělské techniky v roce 2009 přišli s dalším pokrokem, když založili organizaci CCI (Competence Center ISOBUS), která vyvinula dva nové ovládací terminály CCI100 a CCI200. Tyto terminály jsou použitelné ve všech strojích podporujících ISOBUS napříč značkami. Následné vybavení potřebným software a aplikacemi je na každém uživateli. Mezi často používané vybavení patří například obyčejná GPS navigace nebo ovládání sekcí. Příkladem tohoto použití mimo oblast rozmetadel je Section Control, která řídí vypínání a zapínání jednotlivých výsevních jednotek. Obě obrazovky zároveň umožňují napojení až osmi kamer, pomocí kterých má obsluha stroje jednoznačně lepší výhled a přehled nad prováděnou činností [32], [2], [23].

### **5.2.1 Hlavní výhody systému ISOBUS**

System nabízí mnoho výhod. Hlavní výhodou je rozhodně rychlejší a snadnější propojení jedním kabelem, které eliminuje různé elektrické chyby a možnost terminálu pro ovládání několika strojů. System je také schopen si zapamatovat nastavení stroje a sbírat různé údaje týkající se polní práce, což umožní následnou analýzu. U verze CCI200 je možná bezdrátová komunikace s počítačem v kanceláři nebo s jednotlivými stroji, které zrovna pracují na polích. System ISOBUS patří bezpochyby do precizního zemědělství, protože postupem času jsou všechny možné potřebné aplikace, sjednocovány do jednoho snadno uživatelsky zvládnutelného zařízení. Vzhledem k tomu, že jde o důležité prvky jako je system pro diagnostiku technického stavu strojů nebo system pro ovládání traktoru povely vysílanými ze závěsného stroje, je téměř jisté že ISOBUS nebude mít do budoucna žádnou konkurenci. Výhody ISOBUS spočívají v úsporách nákladů, jelikož nejsou potřeba separátní ovládací terminály pro rozdílné stroje, ve zjednodušení obsluhy díky využívání shodného ovládacího terminálu a jeho inteligenci a také v jednodušší instalaci a agregaci strojů využívajících standardizované zástrčky a zásuvky [1], [23].

### **5.3 Satelitní navigace**

Historie satelitní navigace sahá do 50. let minulého století, kdy se americká armáda snažila vyvíjet družicové systémy, které sloužily ale pouze pro vojenské účely. Do civilního sektoru se dostala až koncem století a začala se více používat jako navigace v dopravních prostředcích [17].

#### **NAVSTAR-GPS**

Vlastníkem a provozovatelem tohoto globálního polohového družicového systému je americké ministerstvo dopravy a ministerstvo obrany. Slouží ke stanovení času a polohy na povrchu Země a v přilehlém prostoru za každého počasí. V provozu je od poloviny 90. let a používá ho hlavně americká armáda a armády NATO. Najdeme ho ve vojenských letadlech, lodích, vozidlech, raketách a přijímačích pro pozemní vojsko. Nejprve sloužil pouze k vojenským účelům, ale nyní je uvolněn i pro civilní sektor. System má tři části – vesmírnou, řídicí a uživatelskou. Vesmírná část je tvořena satelity, které obíhají po 6 drahách ve výšce 20 200 km. Součástí řídicí části jsou hlavní řídicí stanice a několik bezobslužných monitorovacích stanic, které jsou po celém světě. Uživatelskou část tvoří

přijímače signálu GPS, který přijímá a vyhodnocuje informace z několika satelitů současně a určuje tak přesnou pozici zařízení.

GPS přístroj slouží jako přijímač signálu z družic. Pro určení polohy je potřeba signálu minimálně tří družic. Čím je družic více, tím je poloha přesnější. Vzdálenost družice od přijímače se určuje podle času vyslání a příjmu signálu. Je důležité, aby byla družice kvůli přesnému času vybavena atomovými hodinami, protože i sebemenší chyba v čase může znamenat odchylku stovek metrů.

Pro zpřesnění je možno použít fázovou složku GPS signálu. S použitím výpočtu fázového rozdílu v okamžiku vyslání a příjmu signálu z družice a znalosti její přesné dráhy je možno vypočítat s přesností na centimetry polohu přijímače. Tato metoda je ovšem náročnější a je využívána hlavně v geodézii [17], [10].

## **GLONASS**

Tento systém je obdobou předchozího, ale vznikl jako ruská odpověď na systém GPS. Družice obíhají po oběžné dráze ve třech orbitálních rovinách ve vzdálenosti 19 100 km. Řešení tohoto systému umožňuje viditelnost alespoň pěti družic kdekoliv na světě. Spuštěn byl oficiálně 24. září 1993 [17].

## **GALILEO**

Galileo je evropský navigační systém, jehož výstavbu zajišťuje Evropská komise (EC) a Evropská kosmická agentura (ESA). Původně se měl spustit v roce 2008, ale to se nestalo a spuštění se odsunulo na rok 2014. Nyní Galileo v provozu ještě není a nejbližší termín pro zpuštění je rok 2018.

Jedná se o obdobu amerického GPS a ruského GLONASSU, s kterými by měl být zcela kompatibilní, aby terminály na zjišťování polohy byly schopny přijímat i americký nebo ruský signál. Kompletní systém by se měl skládat ze třiceti družic (z toho tři záložní), které budou obíhat ve třech rovinách okolo Země ve výšce 23 222 km. Dostatečný počet družic zajistí spolehlivou funkci a polohu přijímače bude možné zjistit s přesností lepší než jeden metr.

Předchůdcem systému Galileo je projekt EGNOS, který byl vyvinut Evropskou kosmickou agenturou (ESA), Evropskou komisí (EC) a Evropskou organizací pro bezpečnost leteckého provozu (EUROCONTROL) a jeho spuštění nastalo v říjnu roku 2009. Tento systém je schopen poskytovat korekce signálu GPS pro území Evropy [17], [25], [26].

## **Diferenční GPS**

System DGPS slouží k přesnějšímu určování polohy pomocí diferenčních metod měření. Využívá se diferenčního signálu z referenční stanice nebo jiného referenčního systému. Pro příjem je potřeba přijímač signálu DGPS, který je buď externě připojený k GPS přístroji, nebo integrovaný do něj [17].

## **5.4 Naváděcí systémy**

Větší výrobci zemědělské techniky mají ve své nabídce vlastní naváděcí systémy. Jsou buď manuální, kde řízení soupravy provádí člověk, nebo automatické, které nahrazují řidiče a objevily se na českém trhu počátkem roku 2002 [17].

### **5.4.1 Manuální navádění**

Řidič navádí stroj ve zvolené stopě pomocí monitoru nebo světelné lišty. Světelná lišta je vlastní panel, po jehož celé délce jsou LED diody. Ty se v případě vychýlení stroje ze zadané stopy rozsvítí na pravé nebo levé straně panelu a tím dají znamení řidiči, že stroj změnil směr. Čím je vychýlení ze stopy větší, tím více diod svítí a mohou signalizovat i různobarevnými světly. Modernější stroje mají grafickou LCD obrazovku. To usnadňuje navigaci při otáčení na souvratích, při najíždění do další paralelní jízdy a také při vedení jízd po křivkách. Monitor zobrazuje pracovní stopu stroje, což umožňuje přehlednější a snadnější způsob navádění. Aby nedošlo k odchylce od stopy, jsou řidiči upozorňováni světelnou a akustickou signalizací. U manuálního navádění je limitující prvek k dosažení přesnosti obsluha [17].

### **5.4.2 Automatické navádění**

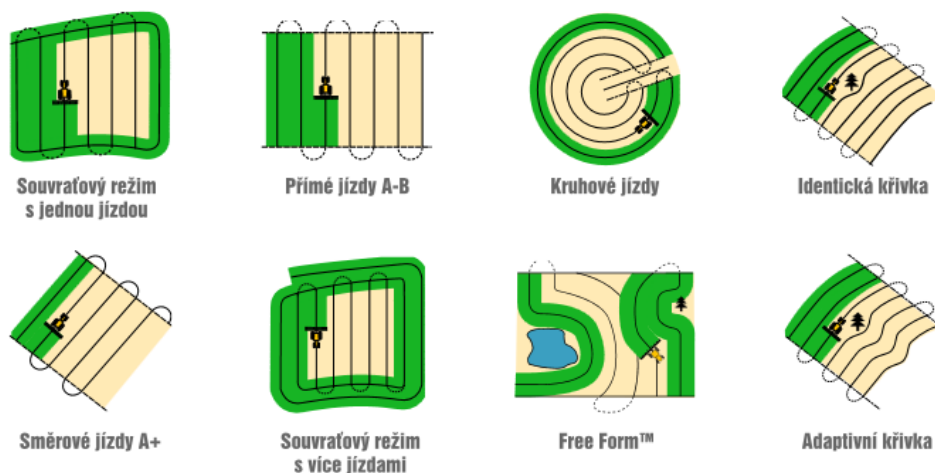
Tyto systémy mají stejné funkce jako manuální navigátory, ale liší se ve způsobu řízení, nahrazují totiž samotného řidiče. Kvůli tomu mají vyšší požadavky na přijímaný diferenční signál.

Řidiče nahradí jednotka řízení, která soupravu řídí. K tomu používá polohové snímače volantu, snímače natočení kol, hydraulické prvky řízení a spínače aktivace automatického navádění. Jiný způsob představuje ovládání řídicího volantu elektromotorem, který je k němu připojený. Anténa a přijímač DGPS umožňují přesné snímání polohy. Pokud systém zjistí odchylku od správné polohy, řídicí jednotka pošle signál hydraulickým prvkům řízení a ty soupravu vrátí do správné polohy. Obsluha stroje musí pouze aktivovat systém a částečně navádět do následující jízdy. Pohybem volantu se navigátor deaktivuje [17].

### **5.4.3 Naváděcí systémy John Deere a New Holland**

Příkladem automatických naváděcích systémů mohou být systémy firem John Deere a New Holland. Firmy John Deere a New Holland patří mezi významné výrobce zemědělské techniky. Nabízí vlastní naváděcí systémy, které najdou uplatnění jak u menších farmářů, tak i ve velkých zemědělských podnicích. Zlehčují aplikaci nejen průmyslových hnojiv, ale jejich využití se týká veškeré péče o půdu a porost. Díky naváděcímu systému a přesnosti použitého signálu je možné snížit přesahy až o 95 %. Tím pomáhá spořit palivo a celkové provozní náklady. Výrobci mají také nabídku moderních barevných displejů, které jsou nutné pro použití navigačních systémů. Pomocí nich je možné si zobrazit například mapu pozemku a trasu, která je pro cestu stroje nejúspornější a nejvýhodnější.

**Obrázek 14: Pracovní trasy**



*Zdroj: <http://www.eagrotec.cz/obrazky-soubory/plm-cz-3325c.pdf?redir>*

John Deere nabízí systém Parallel Tracking a AutoTrack. Parallel Tracking je manuální systém navádění a je určený spíše pro menší zemědělství. Je možné ho snadno namontovat i do jiných strojů. Systém lze také dokoupením potřebných komponent rozšířit na plně automatický. Automatický systém AutoTrack dokáže snížit maximální odchylku přesnosti až na hodnotu kolem 5 cm. Je kompatibilní nejen s traktory používanými na hnojení, ale také s postřikovači, kombajny a sklízecími řezačkami. Hlavní předností je možnost práce na poli i za snížené viditelnosti. Mnohdy je potřeba na poli pracovat i za tmy, což by bylo bez použití automatického navádění složité [27].

Firma New Holland má ve své nabídce plně automatický systém IntelliSteer, který se vyznačuje stejnými výhodami jako jiné automatické naváděcí systémy. Ve spojení s komponenty, které jsou k tomuto zařízení určeny, je možné maximalizovat produktivitu a dosáhnout optimálních výnosů [29].

## **5.5 Váhové systémy**

Průběžné sledování hmotnosti hnojiva je pro jeho regulaci a přesné dávkování velmi důležité. U dvoukotoučových odstředivých rozmetadel, která fungují na principu

samotížného vyprazdňování, vážicí systémy výrazně zvyšují kvalitu rozmetání. Pomocí nich se dávkuje hnojivo podle hmotnosti nebo podle objemového průtoku. Systémy jsou výrobci integrovány přímo do strojů. Kontrolují dávkování a umožňují také synchronizaci průtoku hnojiva s pojezdovou rychlostí tak, aby dávka nebyla ovlivňována změnou rychlosti.

K funkci váhových systémů se používají nejčastěji tenzometrická čidla. Aby byl stroj schopen přesně stanovit hmotnost, je důležité provádět vážení v jedné rovině. Pak můžeme počítat s přesností  $\pm 1\%$ . Stroje ale často jezdí po nerovnoměrném terénu, takže tuto skutečnost nelze vždy zaručit. Systémy se rozlišují podle počtu a umístění tenzometrických čidel a podle stanovování výpadového množství hnojiva, které odpovídá požadavkům pro danou část pozemku. Čidla bývají uchycená ve zdvojeném paralelogramovém rámu [17], [18].

Modernější systém pro kontrolu dávky hnojiva představuje systém EMC od firmy Rauch. Vážicí systém umožňuje sledovat jen celkovou hmotnost hnojiva v zásobníku a to pouze v rovinné poloze. Nevýhodou je také vyšší váha a nutnost používat výkonnější traktory. Měření průtoku hnojiva systémem EMC probíhá pomocí přepočtu točivého momentu disku na průtok v kilogramech. Řešení je jednoduché, přesné a je chráněno patentem. Měří se rozdíl tlaku na vstupní a výstupní větvi hydraulického oleje u hydromotoru pohánějícího rozmetací disk. Kalibrace probíhá automaticky při prvním spuštění i při práci na poli během otáčení na souvratích. Veškeré vlivy na správné vyhodnocení průtoku hnojiva jsou eliminovány [24], [30].

Další systém od firmy Rauch získal v roce 2013 na výstavě Agritechnica zlatou medaili za inovaci. Jedná se o systém AXMAT, který představuje první plně automatické on-line měření rozdělování hnojiva a nastavování kotoučového rozmetadla pro konkrétní druh hnojiva a určený záběr. Systém má radarovou jednotku, která snímá let granulí hnojiva. Zjištěné údaje může následně vyhodnotit a porovnat s ideálně nastaveným obrazcem dráhy a rychlosti jejich pohybu. Díky tomu dojde k automatickému nastavení bodu výpadu hnojiva na rozmetací talíř a tím se nastaví také přesný a aktuální pracovní záběr s ohledem na nekonstantní fyzikální vlastnosti hnojiva. Výpadový bod se zároveň upravuje pootočením výpadového otvoru umístěného na dně zásobníku. Dráha letu hnojiva se skenuje radarovou jednotkou v pravidelných cyklech podle nastavení uživatele.

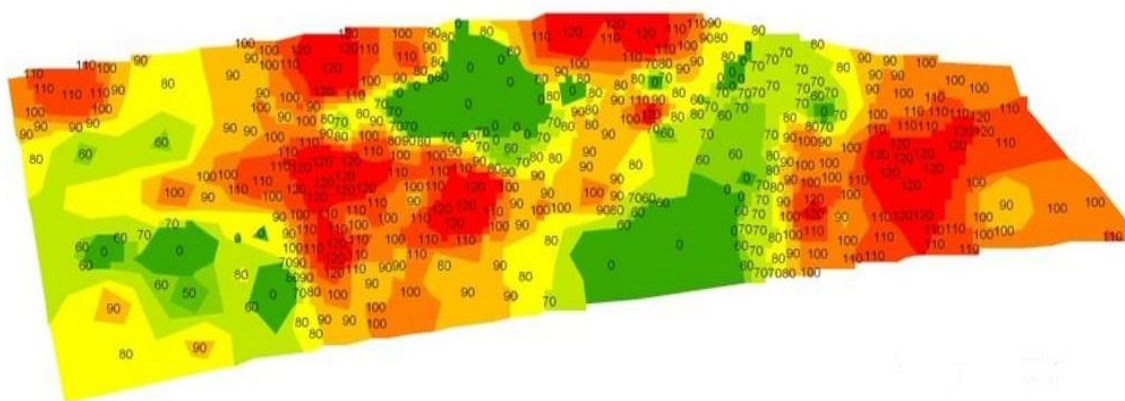


Radarový snímač je otočený o 180° a je umístěn pod rozmetacím diskem. Automaticky provádí neustálou letovou kontrolu hnojiva. Tento systém je zcela bezúdržbový a neovlivňuje ho znečištění ani povětrnostní podmínky [18],[31].

## 5.6 Aplikační mapy

K tomu abychom mohli efektivně využít vázící systémy pro dávkování, je nutné zmapovat důkladně pozemek pomocí GPS a vytvořit aplikační mapu. To je časově velmi náročné, protože se musí odebírat půdní vzorky a na základě jejich laboratorních rozborů provést vyhodnocení. Výsledky ohledně živin na jednotlivých místech v půdě se poté propojí s mapou pozemku v digitální formě. Dále je možné brát v úvahu půdní vodivost, letecké a satelitní snímky, údaje o výnosech a ostatní potřebné agronomické informace. Podle takto vytvořené aplikační mapy lze provádět aplikaci s ohledem na konkrétní potřebu částí pozemku. Je možné aplikovat pouze jednu živinu, ale pokud to technika umožňuje, dá se variabilně aplikovat i několik živin. Údaje o pozemku a o aktuální poloze stroje z přijímače GPS se ukládají na datovou kartu. Palubní počítač je poté schopen zpracovat a regulovat dávku hnojiva přesně podle potřeb pozemku, které byly zjištěné například laboratoří [17], [18].

Obrázek 15: Aplikační mapa



*Zdroj: výuková prezentace Využití moderních technologií v ochraně půdního prostředí,  
doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.*

## 5.7 Automatický regulační systém

Pro variabilní aplikaci je nutné vybavit rozmetadlo automatickým regulačním systémem. Jedná se například o elektronicky řízené ovládání hradítka výpadového otvoru, který mění dávku hnojiva s odchylkou 2 – 3%. Nejdůležitější část pro ovládání a kontrolu rozmetadla je řídicí jednotka.

Díky tomuto systému dochází k rovnoměrnému rozptýlení hnojiva bez ohledu na pojezdovou rychlost, která se dá tedy přizpůsobit polním podmínkám. Pomocí váhové buňky vyhodnotí okamžitou hmotnost hnojiva a následně ji porovná se šířkou záběru a okamžitou pracovní rychlostí. Obsluha rozmetadla může na různých místech měnit dávku hnojiva sama nebo nechat přístroj pracovat podle aplikační mapy, která je uložena v počítači a tak bude dávkování hnojiva zcela automatické.

Aplikaci hnojiva u dvoukotoučových odstředivých rozmetadel mohou ovlivnit jeho fyzikální vlastnosti. Pro kontrolu kvality příčného rozmetání hnojiva slouží speciální mobilní zařízení. Zjištěné hodnoty se poté zanesou do palubního počítače a program sám provede nastavení stroje, aby odpovídalo danému hnojivu. Toto lze provést na základě krátké zkoušky rozmetání přímo na poli.

Dávka hnojiva u odstředivých rozmetadel se nastavuje většinou změnou velikosti výpadového otvoru zásobníku pomocí uzavíracího šoupátka ovládaného krokovým elektromotorem. U pneumatických rozmetadel se provádí regulace vypadávajícího hnojiva změnou otáček dávkovacího žlábkového válečku. Váleček je určený pro jednu sekci aplikačního rámu. Změna otáček je ovládána průtokem oleje přicházejícího k rotačnímu hydromotoru [17], [18].

## 5.8 Variabilní hnojení dusíkem

Pro hnojení dusíkem se do zemědělství nasazují speciální senzory, které fungují na principu odrazu světla. Spektrálním odrazem slunečního světla od rostliny lze totiž zjistit informace o aktuálním obsahu dusíku a tomu okamžitě přizpůsobit aplikaci. Podle naměřených hodnot se on-line nastaví ovládání rozmetadla. Nejznámější je N-senzor od firmy Hydro. Tento senzor je možné používat pro aplikaci tuhých i kapalných minerálních hnojiv. Jeho optická část je umístěn na střeše traktoru nebo v kabině

samojízdného stroje a snímá zbarvení porostu a jeho hustotu v dané oblasti. Zabarvení je dáno obsahem chlorofylu v rostlinách a podle něho se dá přesně zjistit obsah dusíku. Dávka hnojiva se mění okamžitě po zjištění výsledku z N-senzoru. Údaje o rostlinách a informace ze senzoru zpracovává palubní počítač a v závislosti na momentální pojízdné rychlosti vyhodnocuje, jak má regulační elektronika stroje aplikovat hnojivo. S použitím GPS je možné všechny údaje včetně polohy ukládat na čipovou kartu a podle toho poté zpracovat podrobné mapy hnojení. Díky tomuto senzoru je možné lépe hospodařit s dusíkem a zamezit tak poléhavosti porostů, zlepšit jeho kvalitu a samozřejmě zvýšit výnos.

Určité omezení je, že N-senzor lze použít jen na denním světle. Kromě odrazových optických senzorů existují však i laserové systémy (od firmy Fritzmeier), které nejsou závislé na denním světle. Senzor Miniveg N osvětluje rostliny laserem a tím stimuluje chlorofyl v listech rostliny k fluorescenci. Fluorescence koreluje s obsahem dusíku v rostlinách. Systém podle zjištěných hodnot provede on-line nastavení rozmetadla a aplikuje potřebnou dávku hnojiva. Tento systém lze použít na všechny zelené rostliny obsahující chlorofyl. Výhodou je, že není ovlivňován světelnými podmínkami a zašpiněním rostlin [17], [21].

## **5.9 Problematika hraničního hnojení**

Dříve se kvalita rozmetání na okrajích polí moc neřešila. V dnešní době představuje poměrně zásadní problém, hlavně kvůli životnímu prostředí. Pokud je sousední pozemek zemědělsky využíván, je možné lehký úlet hnojiva zanedbat a označujeme to za okrajové rozmetání. V případě že pole sousedí s rybníkem nebo silnicí, je žádoucí, aby nedocházelo k žádnému úletu hnojiva za hranici hnojeného pozemku. Tento případ se nazývá hraniční hnojení.

Na trhu jsou k dostání různé systémy, které umožňují hraniční hnojení. První možnost spočívá ve výbavě rozmetacích kotoučů odstředivého rozmetadla lopatkami o dvou velikostech. Jedny jsou delší a jsou určené pro normální hnojení ve standardním záběru a druhé jsou kratší, vhodné pro hraniční hnojení. Délka lopatek ovlivňuje délku dráhy hnojiva. Čím jsou kratší, tím je i délka letu kratší, ale proud hnojiva ani směr odhozu se nemění. K realizaci je potřeba, aby mělo rozmetadlo systém umožňující dopad hnojiva

na krátkou lopatku. Výpadový otvor se posune ze zásobníku a tím se také posune podávající bod hnojiva na rozmetacím kotouči. Posuv je ovládán krokovým elektromotorem, který je řízen z kabiny traktoru, což ulehčí obsluhu práci, jelikož se vše ovládá pomocí ovládacího panelu.

Druhý způsob umožňuje využití rotace rozmetacích kotoučů v obou směrech (ke středu a od středu). Kotouče se při plošném rozmetání pohybují lopatkami proti sobě (do středu). Rozmetací obrazec, který se vytvoří je schopný rozhodit hnojivo na dvojnásobný záběr, než je skutečný. Výsledná dávka hnojiva je složena ze čtyř menších dávek, což je způsobeno polovičním překryvem sousedních jízd. Naopak při hraničním hnojení se kotouče musí otáčet směrem od sebe. Lopatky jsou tvarovány tak, aby se výrazně změnila rozmetací vlastnosti.

Třetí způsob používá systém posunutí prvního kolejového řádku (Limiter od firmy Amazone). Toho je možné využít jen tehdy, pokud je první kolejový řádek vytvořen na polovičním pracovním záběru rozmetadla. Technicky se jedná o vložení lamelového bloku do rozmetacího vějíře, čímž nastane změna letu hnojiva. Tento systém je kompletně ovládán obsluhou v kabině stroje a je možné ho použít pro hraniční i okrajové rozmetání.

Čtvrtou možností je poměrně jednoduché a levné řešení, které využívá pohon rotačními hydromotory pro každý rozmetací kotouč. Princip spočívá ve snižování otáček hydromotoru (i kotouče), takže dojde ke snížení šířky rozhozu. Současně se snižuje přiváděné množství hnojiva (přivře se výpadový otvor), aby dávka pořád odpovídala požadavkům pozemku [21].

## 6 Závěr

Konstrukční uspořádání strojů pro aplikaci tuhých minerálních hnojiv je poměrně neměnné. Nyní má největší význam zavádění různých elektronických prvků, ale také polohových systémů. Tyto inovace jsou již nezbytností pro precizní zemědělství, které umožňuje cílenou aplikaci pouze v požadovaném množství. Přesná aplikace minerálních hnojiv má pozitivní vliv nejen na pěstované porosty, ale i životní prostředí. Jako největší environmentální rizika lze považovat úniky hnojiv (zejména dusíkatých) do povrchových a podpovrchových vod.

V této práci je popsána řada moderních systémů pro zlepšení podmínek aplikace. Mimo výše popsané environmentální důvody nelze opomenout ani zlepšení pracovního prostředí obsluh, usnadnění řízení dávky a nastavení celého stroje. Lze předpokládat postupné rozšiřování systémů precizního zemědělství do většího počtu zemědělských podniků. Za perspektivní lze označit i využívání aplikačních map sestavených na základě měření výnosů, ale i půdních rozborů. V případě přímého řízení dávkování dusíku je třeba vyzdvihnout systémy nezávislé na úrovni denního světla a dalších parametrů.

Problémem elektronizace zemědělských strojů je určitá nepřehlednost ovládacích systémů a terminálů jednotlivých strojů. Za částečné řešení lze považovat další unifikace s využitím ISO- Bus terminálů a přímé komunikaci mezi stroji.

## Seznam použité literatury

- [1] BENEŠ, Petr. Komplexní systém s mnoha možnostmi. *Zemědělec* [online]. 2013 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/komplexni-system-s-mnoha-moznostmi/>
- [2] DAOLIANG LI. *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII 7th IFIP WG 5.14 International Conference, CCTA 2013, Beijing, China, September 18-20, 2013, Revised Selected Papers, Part II*. Aufl. 2014. ISBN 978-364-2543-401.
- [3] FRÍD, Milan a Václav VÁVRA. *Stroje pro hnojení* [online]. [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: [http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje\\_pro\\_hnojeni.pdf](http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/stroje_pro_hnojeni.pdf)
- [4] FUKA, Vladislav. Rozmetadlo konkuruje letadlům. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2009 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/rozmetadlo-konkuruje-letadlum/>
- [5] JAVOREK, Filip. Využití rozmetadel v komunálním sektoru. *Komunální technika* [online]. 2010 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://komunalweb.cz/vyuziti-rozmetadel-v-komunalnim-sektoru/>
- [6] JAVOREK, Filip. Kategorie rozmetadel minerálních hnojiv. *Zemědělec*. 2015, 1-2.
- [7] JAVOREK, Filip. Rozmetadla: různá technická řešení. *Zemědělec* [online]. 2008 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/rozmetadla-ruzna-technicka-reseni/>
- [8] JAVOREK, Filip. Nové výkonnější a přesnější stroje. *Zemědělec* [online]. 2010 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/nove-vykonnesji-a-presnejsi-stroje/>
- [9] JAVOREK, Filip. Přesná aplikace znamená nižší náklady. *Zemědělec* [online]. 2013 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/presna-aplikace-znamenani-zsi-naklady/>

- [10] JUM, Jiří. Navigační systémy 21. století v praxi. *Zemědělec* [online]. 2012 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/navigacni-systemy-21-stoleti-v-praxi-2/>
- [11] KOČÍ, Vladimír. Naučná stezka. *Acidifikace* [online]. [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: [http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p7\\_acidifikace.html](http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p7_acidifikace.html)
- [12] KOČÍ, Vladimír. Naučná stezka. *Eutrofizace* [online]. [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: [http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p6\\_eutrofizace.html](http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p6_eutrofizace.html)
- [13] KOVAŘÍČEK, Pavel, Josef HŮLA a Václav MAYER. Rozmetadla tuhých průmyslových hnojiv. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2001 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/rozmetadla-prumyslovych-hnojiv/>
- [14] KRUPIČKA, Josef. Jak správně rozmetat hnojiva. *Zemědělec* [online]. 2009 [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/jak-spravne-rozmetat-hnojiva/>
- [15] KRUPIČKA, Josef. Hnojení v precizním zemědělství. *Zemědělec* [online]. 2008 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/hnojeni-v-preciznim-zemedelstvi/>
- [16] KRUPIČKA, Josef. Mechanizace pro minerální hnojení. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2009 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/mechanizace-pro-mineralni-hnojeni/>
- [17] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007, 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [18] MAŠEK, Jiří. Minulost i budoucnost rozmetadel. *Zemědělec*. 2015, 1-2.
- [19] MAŠEK, Jiří. Trendy v technice pro aplikace hnojiv. *Zemědělec* [online]. 2010 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/trendy-v-technice-pro-aplikaci-hnojiv-3/>

- [20] NEUBAUER, Karel. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. 1. vyd. Praha: SZN, 1989, 716 s. Mechanizace, výstavba a meliorace. ISBN 80-209-0075-6.
- [21] NOVÁK, Petr a Jiří MAŠEK. Technika pro aplikaci minerálních hnojiv. *Zemědělec* [online]. 2011 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/technika-pro-aplikaci-mineralnich-hnojiv/>
- [22] RICHTER, Rostislav a Jaroslav HLUŠEK. *Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití*. Vyd. 1. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1996, 50 s. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-7105-121-7.
- [23] ŠŤASTNÝ, Milan. *Trendy v zemědělské technice - RV*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 2007, 59 s. ISBN 978-80-7271-183-3.
- [24] ŠREFL, Filip. Vážicí systém je minulostí. *Zemědělec*. 2015, 1-2.
- [25] GALILEO - Evropský globální navigační družicový systém. *Český kosmický portál* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
- [26] EGNOS - Evropská „podpurná“ geostacionární navigační služba. *Český kosmický portál* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
- [27] JOHN DEERE. *Naváděcí systémy John Deere*. Dostupné z: [http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.agroservis.sk%2F1169.uf.ashx%3Fdl%3D1&ei=i\\_UdVeDcOcXXapz9gJgG&usg=AFQjCNH2FSi\\_DIMWJWcXp9EjGgNVaf2Ojg](http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.agroservis.sk%2F1169.uf.ashx%3Fdl%3D1&ei=i_UdVeDcOcXXapz9gJgG&usg=AFQjCNH2FSi_DIMWJWcXp9EjGgNVaf2Ojg)
- [28] *Zákon o hnojivech a navazující prováděcí předpisy zpracované v podobě úplného znění*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2009, 88 s. ISBN 978-80-7084-877-7.
- [29] NEW HOLLAND. *Precizní zemědělství*. Dostupné z: <http://www.eagrotec.cz/obrazky-soubory/plm-cz-3325c.pdf?redir>



- [30] Nesená rozmetadla. *Rauch* [online]. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.rozmetadla-rauch.cz/index.php/RAUCH-technika/rozmetadla-rauch-axera-h-emc.html>
- [31] AXMAT fully-automatic adjustment of spreading. *Rauch* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://rauch.de/english/fertiliser-spreaders/axis-h/electronics/axmat.html>
- [32] ISOBUS. *Teejet technologies* [online]. [cit. 2015-03-28]. Dostupné z: <http://www.teejet.com/czech/home/products/application-control-and-equipment/isobus-and-iso-11783-solutions/about-isobus.aspx>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Návěsné rozmetadlo Bredal K 105 .....	12
Obrázek 2: Agregace překládacího vozu a neseného rozmetadla.....	13
Obrázek 3: Samojízdné rozmetadla Case IH Titan 3020.....	14
Obrázek 4: Talířový rozmetací mechanismus .....	15
Obrázek 5: Štěrbínové rozmetací ústrojí .....	16
Obrázek 6: Odstředivé rozmetací ústrojí s vodorovným rozmetacím kotoučem.....	17
Obrázek 7: Pneumatické rozmetadlo Rauch.....	19
Obrázek 8: Pneumatické rozmetací ústrojí pracující na injektorovém principu.....	20
Obrázek 9: Ventilátorový pneumatický rozmetací mechanismus .....	21
Obrázek 10: Pneumatický mechanismus na rozmetání vápenatých hnojiv .....	22
Obrázek 11: Schéma překrývání záběrů při práci kotoučového rozmetadla .....	23
Obrázek 12: Standardizovaná zástrčka ISOBUS.....	25
Obrázek 13: Schéma využití systému ISOBUS.....	26
Obrázek 14: Pracovní trasy.....	31
Obrázek 15: Aplikační mapa .....	33

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Vybrané vlastnosti průmyslových hnojiv .....	6
Tabulka 2: Spotřeba minerálních hnojiv na území ČR za vybraná léta.....	8
Tabulka 3: Spotřeba hnojiv podle krajů v ČR .....	9