

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin  
při sklizni na sklízecích mlátičkách.**

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kvíz Zdeněk, Ph.D.

Student: Svoboda Karel

PRAHA 2008

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze      Fakulta: technická  
Katedra: zemědělských strojů      Akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Svoboda Karel**

Studijní obor: Zemědělská technika

Studijní zaměření:

Název práce: Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin při sklizni plodin na sklízecích mlátičkách.

### Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Na základě studia odborné literatury a jiných zdrojů informací, týkajících se možných způsobů monitorování provozních dat v zemědělství při sklizni na sklízecích mlátičkách, vypracovat přehled používaných systémů a metod.

Osnova práce:

1. Úvod.
2. Možnosti monitorování veličin na sklízecích mlátičkách.
3. Používané systémy a metody pro monitorování veličin na sklízecích mlátičkách. Čidla a jejich principy práce.
4. Porovnání, přínos a zhodnocení jednotlivých systémů používaných v zemědělské praxi.
5. Závěr.

Metodika práce: Vypracování literární rešerše orientované na vývoj a využívání čidel a celých systémů pro monitorování provozních dat při sklizni plodin na sklízecích mlátičkách založené na rozboru doporučené literatury a dalších studijních materiálů. Dále blíže rozebrat přínos monitorování veličin pro zemědělskou praxi.

Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

1. RYBKA, A., ŠŤASTNÝ, M.: Precizní zemědělství. ÚZPI Praha, 1998, 52 s.
2. KUMHÁLA, F., PROŠEK, V.: Přesnost tvorby výnosových map při sklizni obilovin. Sborník z konference: Informační systémy v zemědělství a lesnictví. Seč u Chrudimi, 2003.
3. BARNET, N.G., SHINNERS, K.J.: Analysis of systems to measure mass-flow-rate and moisture on forage harvester. ASAE paper No. 981118. St. Joseph, Mich.: ASAE, 1998.
4. GreenStar combine systems. Firemní literatura John Deere.
5. Harvesting yield information. Agri-book Magazine, 24, 1998, č. 8, s. 40.
6. Systém Fieldstar. Firemní literatura Massey Ferguson.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Kvíz

Datum zadání bakalářské práce: 30.11.2006

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.4.2008



Doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

vedoucí katedry



prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 30.11.2006

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „*Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin při sklizni na sklízecích mlátičkách*“ vypracoval samostatně a použil jsem pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze, dne 18. dubna 2008

.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Zdeňku Kvízovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při zpracování bakalářské práce. Také děkuji všem pracovníkům obchodních firem za poskytnutí potřebných informací a ostatním lidem, od nichž jsem získával podklady ke zpracování daného tématu.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MOŽNOSTI MONITOROVÁNÍ VELIČIN NA SKLÍZECÍCH MLÁTIČKÁCH.....</b>	<b>2</b>
2.1 MONITOROVANÉ VELIČINY ŽACÍHO STOLU.....	4
2.2 MONITOROVANÉ VELIČINY NA SKLÍZECÍ MLÁTIČCE.....	9
<b>3. POUŽÍVANÉ SYSTÉMY A METODY PRO MONITOROVÁNÍ VELIČIN NA SKLÍZECÍCH MLÁTIČKÁCH. ČIDLA A JEJICH PRINCIPI PRÁCE.....</b>	<b>14</b>
<b>4. POROVNÁNÍ, PŘÍNOS A ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ POUŽÍVANÝCH V ZEMĚDĚLSKÉ PRAXI.....</b>	<b>32</b>
<b>5.ZÁVĚR.....</b>	<b>29</b>

**Abstrakt:** Ve své závěrečné práci bakalářského studia na téma „*Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin při sklizni plodin na sklízecích látičkách.*“ se zaměřuji na popis principu práce senzorů použitých ve sklízecích mlátičkách. Mimo jiné je práce zaměřena na popis tvorby výnosových map, principy monitorování okamžitého výnosu a princip určování okamžité polohy sklízecí mlátičky. Zajímám se mimo technické řešení i o jejich uplatnění v praxi. Důležité informace jsem získal přímo od firem, propagačních materiálů i odborné literatury. Technologie v celém zemědělství se stále vyvíjí a zdokonaluje. Určitý obraz používaných systémů je tedy možné podat jen k danému období a v budoucnu musí být aktualizován.

**Summary:** My bachelor's graduation thesis focused on the subject *Overview of the monitored quantities and the principles of measuring these quantities during harvest by combine harvesters* is aimed at the description of sensors' functioning principle; the sensors in question are used in threshing-machines. Moreover, this work deals with the characterization of yield maps production, with the principles of monitoring an instantaneous yield and with the principle of determining the instant position of combine harvesters. The thesis deals not only with the technical solutions, but also their practical application. The important pieces of information were gathered directly from companies, promotional materials and specialized literature. The technology in the whole field of agriculture is constantly developing and improving. Therefore, the specific description of the systems in use can only be formulated in the context of the given period, and in future it should be updated.

## 1. Úvod.

S vývojem sklízecích mlátiček, jejich zdokonalováním, zvyšováním výkonu (v roce 1970 60 kW, dnes až 460 kW a stále pokračující trend zvyšování výkonu) a pohodlí obsluhy bylo také zapotřebí monitorovat různé veličiny na sklízecích mlátičkách. Díky velkému pokroku v elektrotechnice používaných systémů v precizním zemědělství je dnes již možno monitorovat většinu zařízení, která jsou charakterizována různými veličinami (otáčky, vlhkost, rychlost ...). Přesné snímání daných veličin je ovlivněno mnoha nepříznivými faktory (vibrace, prach ...). Proto navržení senzoru, který je schopen s co nejmenší chybou snímat tyto veličiny, je velmi problematická záležitost a mnohdy musíme přistoupit na kompromis cena versus kvalita.

Z ekonomických důvodů je dnes velmi výhodné používat tzv. prvky systému precizní zemědělství. Rozdíl mezi klasickým zemědělstvím a precizním zemědělstvím spočívá v celkovém pohledu a chápání produkční jednotky, tj. pole, honu ev. části pozemku a ve využívání odlišných postupů technologií i techniky. Tradiční hospodaření na zemědělské půdě počítá jednotlivá pole jako minimální plochu pro agrotechnický zásah. Zároveň tuto jednotku považuje za víceméně uniformní ve svých vlastnostech a kvalitě a ignoruje prostorovou variabilitu specifických vlastností půdy (obsahu dostupných živin, půdní vláhy, textury, pH, obsahu organické hmoty ...). To neznamena, že agronomové brali produkční jednotku jako celek a podle toho aplikovali případné prostředky. Neměli dostatek nástrojů, jak lokální variabilitu ovlivňovat ev. eliminovat. Tyto charakteristiky mohou působit svojí variabilitou na produkční variabilitu pěstovaných plodin. Podchycení a vhodná reakce na variabilitu půdních vlastností je základem precizního zemědělství, ať už se jedná o variabilitu časovou nebo prostorovou. Stále velká většina zemědělců používá zastaralou techniku, která není schopna pracovat a využívat tohoto systému (postřikovače, sklízecí mlátičky ...). Přejít podniku z klasického hospodaření do precizního hospodaření je dost nákladná záležitost, která může trvat i několik let několik let. Pravděpodobně z těchto důvodů je precizní zemědělství v České republice i po několika letech spíše v začátcích.

Dalo by se říci, že nejvýznamnějšího rozvoje elektrických systémů a tím vzniklé možnosti využívat precizní zemědělství bylo dosaženo u sklízecích mlátiček. Dnes jsou již nové sklízecí mlátičky standardně vybaveny systémy podporující precizní zemědělství. Trend ve vývoji těchto mlátiček nespočívá jen ve zvyšování jejich výkonu, ale také ve zvyšování přesnosti tvorby výnosových map nebo minimalizaci práce obsluhy při sklizení obilovin.



## **2. Možnosti monitorování veličin na sklízecích mlátičkách.**

První sklízecí mlátičky, které slučovaly žací stroj a mlátičku, byly patentovány a sestrojeny ve 30. letech 19. stol. Podle některých údajů v roce 1836, podle jiných o 2 roky později. Za vynálezce bývá označován Američan Hiran Moore. S vývojem dieselového motoru (23. únor 1858 - Rudolf Diesel získal patent na dieselový motor) se jejich rozvoj značně rozšířil. S rostoucí složitostí celého zařízení se projevíly první závady. Z praxe se ukázalo, že je velmi důležité závadu objevit co nejdříve, aby nehrozilo další poškození stroje. Zde vznikl nový problém, jak získat informaci o správném chodu zařízení. Až s vývojem elektroniky byly objeveny spolehlivé senzory, které dokázaly monitorovat okamžitý stav jednotlivých zařízení. U moderních sklízecích mlátiček monitorujeme nejen správnost chodu mechanických zařízení, ale i správný chod samotných elektrických monitorovacích zařízení. Toto monitorování provádí palubní počítač, který testuje samotné senzory, potenciometry a tenzometry. Závady se dělí do dvou nebo třech skupin, podle své priority. Při zjištění závady některého z hlídaných zařízení nahlásí palubní počítač tuto závadu obsluze. Ta poté může závadu ihned odstranit nebo při drobné závadě (např. závada senzoru otáček horní hřídele šikmého dopravníku) může vypnout kontrolu tohoto zařízení a pokračovat v sečení. Jelikož na sezonu vychází 42 tzv. sekacích dnů, je velmi důležité, aby sklízecí mlátička byla schopná sekat i v případě, že se vyskytne méně závažná porucha.

### **Rozdělení sklízecích mlátiček.**

Nejdůležitější dělení sklízecích mlátiček je podle druhu mláticího ústrojí. Každý druh vyniká svými vlastnosti určitým způsobem, a tudíž nelze striktně říci, který je nejlepší, přestože to někteří prodejci těchto strojů dělají. Dále lze dělit sklízecí mlátičky podle separace hrubého výmlatu. Nejpoužívanější metoda v Evropě je separace pomocí vytřasadel. Bubnová tangenciální separace je spíše výjimečná – z důvodu velkého drcení hrubého výmlatku, a tím přetěžování sít. Tento způsob je výhodný při sklizni nelámavých plodin, např. ječmenu.

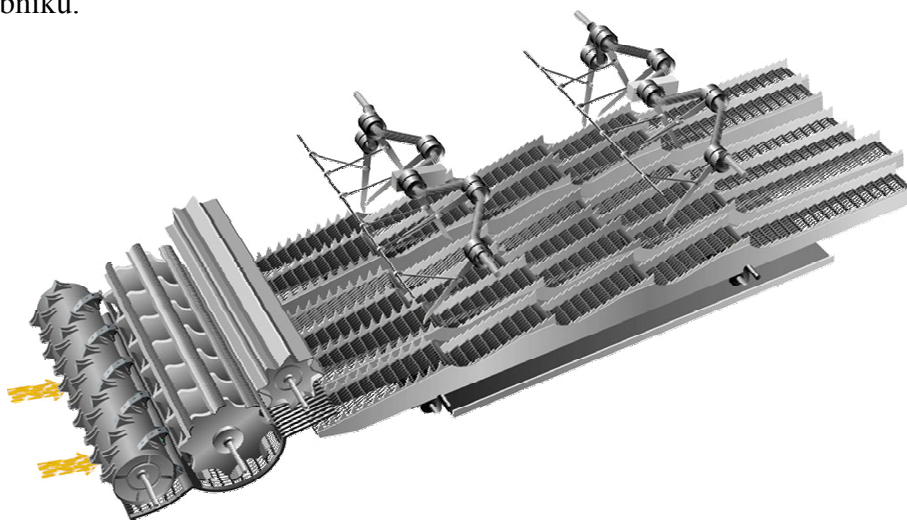
### **Rozdělení podle druhu mláticího ústrojí.**

- a) Tangenciální (nejrozšířenější).
- b) Axiální.

## Tangenciální uložení mláticího ústrojí.

Vlastní mláticí mechanismus se skládá z bubnu (jednoho či více), nejčastěji z vyrovnávacího (akceleračního), mláticího a odmítacího viz obr. 1. Vyrovnávací (akcelerační) buben srovnává vrstvu hmoty přicházející ze šikmého dopravníku a odděluje zrna od slámy, které již vypadlo v žacím stole. Průchodem materiálu mezi mláticím bubnem a košem dochází k rozrušení hmoty a k uvolnění zrna z klasů. Mláticím košem propadává 70–90 % jemného omlatu na stupňovou vynášecí desku, nebo u některých typů na soustavu šnekových dopravníků, kudy se jemný omlat dopravuje k čistidlu. Dále následuje odmítací buben, který zamezuje dalšímu unášení slámy mláticím bubnem a usměrňuje její tok na vytřasadlo. U některých typů je koš prodloužen až pod odmítací buben, který poskytuje přídatnou separaci a napomáhá hladkému toku hmoty. Sláma díky pohybu kláves vytřasadla postupuje ven z mlátičky. Během pohybu dochází k rovnoměrnému rozvrstvení a natřásání, čímž se uvolní zbytek jemného omlatu, který je přiveden před čistidlo. Pro zlepšení propadu zrna slámou se nad vytřasadlo umísťují různé čechrací mechanismy, nebo buben s výsuvnými prsty viz obr. 1.

Omlat je dopraven na čistidlo, které se skládá ze sítové skříně a vzduchového proudu od ventilátoru. Zde dojde k oddělení zrna od plev a úhrabků, které odcházejí ven z mlátičky, jež se vrací dopravníkem klásků na domláčení. Vyčištěné zrna je dopravováno dopravníkem zrna do zásobníku.

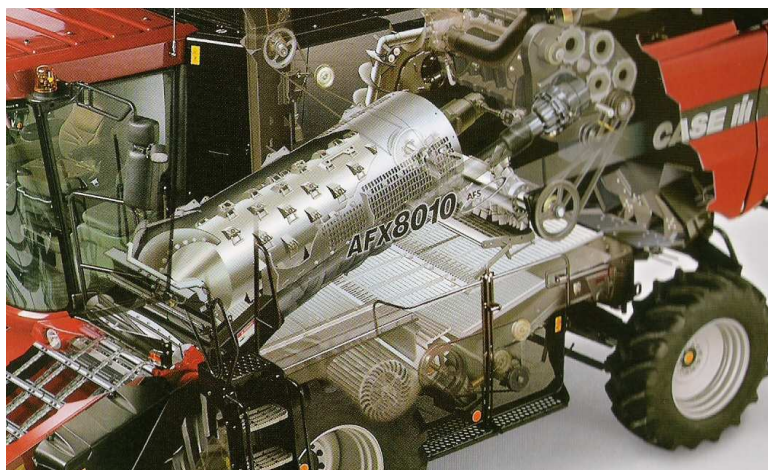


*Obr. 1 Schéma mláticího ústrojí sklízecí mlátičky CLAAS.*

## Axiální uložení mláticího ústrojí.

Sklízecí mlátičky s axiálním mláticím a separačním mechanismem se od klasických tangenciálních velmi liší. Mláticí buben je v kombajnu postaven axiálně a nutí hmotu

postupovat v ose s tímto bubnem. Mláčicí ústrojí u tohoto zařízení tvoří zpravidla pouze jeden buben, který je rozdělen do několika sekcí viz obr. 2. Šikmý dopravník, na který se připojují jednotlivé adaptéry, je odlišný, většinou také kratší a celkově menší. Od šikmého dopravníku se posečená hmota přivádí k axiálnímu mláčicímu a separačnímu mechanismu. Někteří výrobci vkládají před vlastní axiální ještě tangenciální lopatkový rotor, který vytahuje rostlinnou hmotu ze šikmého dopravníku a rychle ji vmetá do axiálního bubnu, čímž se dosahuje hladký a kontinuální tok hmoty. Lopatky vkládacího šneku v součinnosti s vodicími lištami vtahují posečenou hmotu do mezery mezi otáčejícím se kombinovaným rotorem a pevným mláčicím a separačním pláštěm. V první části rotoru dochází mezi ním a košem k mláčení, tedy k uvolňování zrna z klasů. Obilní hmota se přitom otáčí mezi rotorem a pláštěm rychlostí rovnající se asi jedné třetině obvodové rychlosti rotoru a pomocí vodicích lišt pláště axiálního rotoru je posouvána ve směru osy otáčení. V druhé části mechanismu dochází k separaci zrna ze slámy (hrubého omlatu). Průměr koše může být po celé délce stejný nebo odstupňovaný. Konstrukce, kdy se koš zvětšuje, umožňuje rostlinné hmotě expandovat při průtoku ústrojím. Prstový rotor separátoru tak využívá systém tahu a uvolňování zrna z rostlinné hmoty. Tím je omezeno navíjení slámy na rotor a na druhé straně snižuje toto uspořádání energetickou náročnost. Sláma postupuje dále stejným způsobem díky vodicím lištám z mechanismu ven (nejčastěji do drtiče) a je rozptýlena do šířky záběru sklízecí mlátičky.



*Obr. 2 Schéma axiálního mláčicího ústrojí sklízecí mlátičky CASE AFX 8010*

### **2.1 Monitorované veličiny žacího stolu.**

Na žacím stole můžeme monitorovat a řídit:

- 1) otáčky přiháněče,
- 2) záběr sklizené plodiny,
- 3) směr pojezdu sklízecí mlátičky,
- 4) nerovnosti sklizené plochy.

### **Monitorování otáček přiháněče.**

Toto monitorování se používá tam, kde je přiháněč poháněn hydromotorem. Indukční snímač otáček reaguje na vyřezané otvory v kotouči, který se otáčí s přiháněčem. Tyto impulzy snímá palubní počítač, který otvírá elektromagnetický ventil podle předem nastavených otáček. Firma CASE používá zmiňovaný palubní počítač u modelu CASE CF-80 jako samostatný prvek, který od hlavního počítače přijímá pouze impulzy o stavu zapnutí žacího stolu a impulzy ze senzoru měření rychlosti. Tento počítač podporuje plynulou regulaci otáček přiháněče nezávisle na rychlosti sklízecí mlátičky při sečení, nebo rychlost přiháněče zvyšuje na závislosti rychlosti sklízecí mlátičky při sečení.

Bohužel tato funkce postrádá několik důležitých vlastností, a proto je v praxi velmi málo používaná. Pro představu uvádím několik negativních vlastností, které jsem zaznamenal při použití této funkce. Při nastavení určitých otáček přiháněče v závislosti na pojezdové rychlosti přiháněč zrychluje neúměrně s větším nárůstem pojezdové rychlosti. To má za následek buď vytloukání semene již před žacím adaptérem, nebo naopak pokládání porostu před žací adaptér. Proto je obsluha nucena regulovat otáčky přiháněče, jako by tato funkce vůbec nebyla použita. Další negativní vlastností je téměř zastavení přiháněče při pomalém vjíždění do porostu. Z tohoto důvodu by měl tento systém mít určitou hranici minimálních otáček přiháněče. Nevýhodou je, že zmiňovaný systém pracuje správně jen při menších výchylkách rychlosti.

### **Monitorování záběru sklizené plodiny.**

Monitorování záběru u starších sklízecích mlátiček se dříve nepoužívalo. S nárůstem společností, které sklízely obilí v rámci poskytování služeb, bylo však zapotřebí začít měřit sklizenou plochu. Toto se nejdříve provádělo tzv. sáhovým měřidlem. Sáhové měřidlo je složeno ze dvou hůlek, které svírají úhel 90° a jejich konce jsou od sebe vzdáleny 2 m. Pole se muselo celé obejít tímto měřidlem a spočítat obvod pole. Podle tvaru a obvodu se poté spočítala sečená plocha. Toto řešení bylo sice velmi pracné, ale relativně přesné. Z důvodu obtížnosti se velmi rychle nahradilo pohodlnějším způsobem měření.

V roce 1978 se do České republiky začaly dovážet první sklízecí mlátičky Fortschritt E 516, které už byly vybaveny počítadlem impulzů. Na zadním kole mlátičky byl umístěn indukční senzor, který snímalo impulzy z prodlouženého šroubu zadního kola.

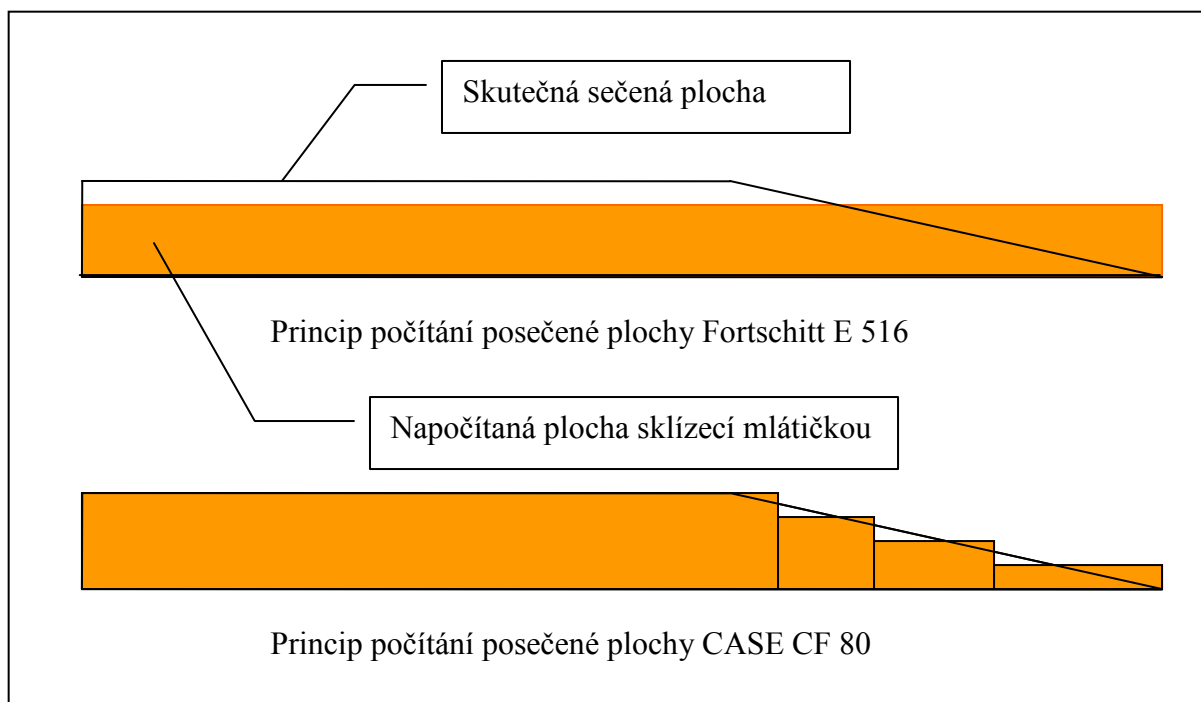
Tyto impulzy byly zpracovávány jednoduchým logickým obvodem, který dával impulzy mechanickému počítadlu. Sečená plocha se spočítá vzorcem:

$$P = \frac{2 * \pi * r * I * L * k}{10000} = [ha]$$

Kde: P = posečená plocha [ha],  
 $2 * \pi * r$  = obvod zadního kola [m],  
I = počet impulzů na počítadle [-],  
L = šířka záběru žacího stolu [m],  
k = opravný koeficient. Tento koeficient v sobě zahrnuje nevyužitou část žacího stolu při sečení a dosekávání trojúhelníkových konců [-].

V praxi obsluha ví, že 500 impulsů je 1 ha. Díky své jednoduchosti byl tento systém velmi spolehlivý, a proto dost dlouho používáný.

S masivním nástupem počítačové technologie byl vytlačen modernějším systémem. Ten pracuje na stejném principu. Z kola či převodovky jsou snímány impulzy indukčním senzorem. Oproti předešlému systému je zde na jednu otáčku kola snímáno více impulzů, díky nimž můžeme přesně stanovit okamžitou rychlost mlátičky, což se s předchozím systémem neměřilo. Tyto impulzy zpracovává palubní počítač, který počítá ujetou vzdálenost, díky níž a šířce záběru žacího stolu spočítá posečenou plochu. Dnes se u moderních sklízecích mlátiček používají radarové senzory, které snímají rychlost ještě přesněji než indukční senzory. Obsluha může měnit buď po ¼ celkové šířky žacího stolu, např. u CASE CX 80, nebo ubíráním po jednom metru z celkové šířky žacího stolu, např. New Holland řady CX. Díky těmto vlastnostem je systém schopen přesně spočítat posečenou plochu viz obr. 3. Nevýhodou je, že systém počítá se spolehlivostí obsluhy, která musí poctivě nastavovat okamžitou šířku záběru. Další chyba vzniká při nastavování šířky záběru žacího stolu. Obsluha nastaví šířku stolu, která je doporučena výrobcem, a už si neuvědomuje, že zřídka (jen při prosekávání) touto šířkou skutečně seká. Šířka stolu by se měla nastavit do palubního počítače o 100–500 mm (v závislosti na zkušenostech obsluhy) menší, než je skutečná šířka žacího stolu. Pokud obsluha udělá při kalibraci a sečení vyjmenované chyby, potom chyba při počítání může být daleko větší než při počítání starým systémem, což je patrné na obr. 3.



*Obr. 3 Schéma principu měření posečené plochy*

### **Automatické řízení sklízecí mlátičky při sklizni**

Automatické řízení sklízecí mlátičky je spojeno se systémem GPS. Tento systém začal používat CLAAS pod názvem **LASER PILOT** nebo **GPS PILOT**. Princip spočívá v rozdílu síly odraženého signálu od posečené plodiny a stojatého porostu viz obr. 4.

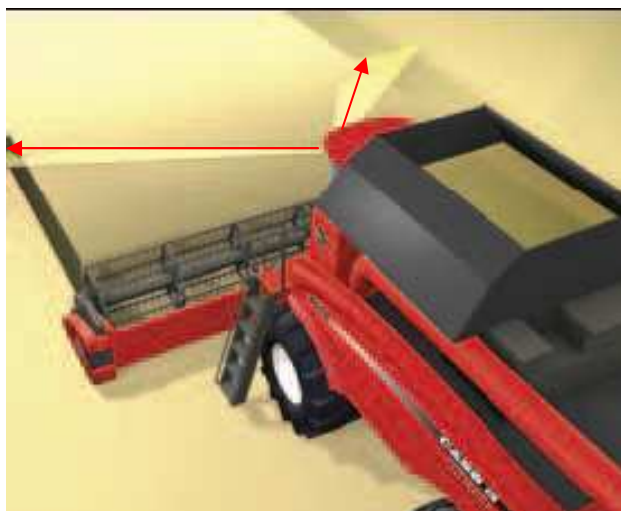
Paprsek je vyslán pod úhlem 6° do vzdálenosti 14 m. Z odraženého paprsku dokáže rozeznat polehlou plodinu od strniště, a tím zaručuje bezchybné vedení sklízecího stroje. To se dá využít při prosekávání v kolejevém řádku. Správné vedení odlehčuje značnou námahu obsluhy při řízení v prašných podmínkách a zaručuje přesnější počítání posečené plochy.



*Obr. 4 Měření hrany porostu systémem LASER PILOT u sklízecí mlátičky CLAAS LEXION 480.*



Na stejném principu je založen systém použitý u sklízecích mlátiček CASE AXIAL-FLOW. Díky umístění senzoru na levém zpětném zrcátku je tento systém, na rozdíl od předchozího systému, schopen snímat obě strany žacího stolu viz obr. 5.

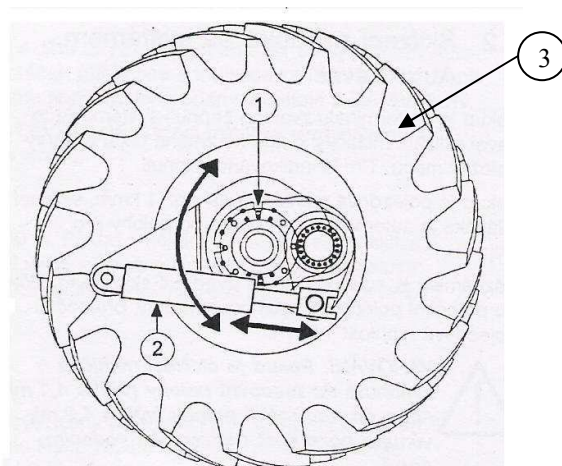


*Obr. 5 Umístění senzoru na sklízecí mlátičce CASE AF 2388 X – CLUSIVE a měření hrany porostu*

### **Monitorování nerovností sklizené plochy.**

U starších typů sklízecích mlátiček byl jejich výkon několikanásobně menší, než jsou výkony současných mlátiček. S tím je pevně spjata šířka žacího adaptéru. U adaptéru šířky 2–4 m nebylo zapotřebí jejich automatické kopírování. Obsluha regulovala pouze výšku strniště (zvedáním – spouštěním adaptéru) viz Fortschritt E 512 atd. Se zvyšováním výkonu sklízecích mlátiček bylo zapotřebí i zvýšení šířky záběru. U širokých adaptéru již nebylo možné se spokojit pouze s regulací výšky strniště, bylo zapotřebí vymyslet účinnější způsob kopírování. S tímto se vyrovnala v roce 1974 firma Fortschritt u svého modelu E 516 (sériová výroba nastala v roce 1977). Tento model má oproti svému předchůdci E 512 o 100 % vyšší výkon. Mělo to za následek i zvětšení šířky žacího stolu na 7 200 mm. V době vývoje tohoto modelu ještě nebylo možné elektronicky ovládat polohu žacího stroje v závislosti na tvaru sečené plochy. Největší výhodou tohoto zařízení je celkové zavěšení žacího adaptéru na pružinách. Adaptér po sklizené ploše klouže po tzv. plazech, kterými se zároveň nastavuje výška strniště. Nevýhodou jsou větší nároky na obsluhu, která musí vizuálně kontrolovat přítlak na plochu podle odklonění adaptéru od šikmého dopravníku.

S rychlým rozvojem elektroniky se tento systém začal nahrazovat automatickým hydraulickým kopírovacím systémem. Plně automatický systém používá například MASSEY FERGUSON řady MF 7252 – 7256, kde systém s názvem AUTO LEVEL automaticky ovládá nejen polohu žacího adaptéru vůči sklízecí mlátičce, ale také naklonění sklízecí mlátičky vůči sklonu terénu. Poloha sklízecí mlátičky se systémem AUTO LEVEL je řízena systémem DATAVISION pomocí dvou dvojitých přímočarých hydromotorů viz obr. 6. Součástí standardní výbavy sklízecích mlátiček je žací adaptér opatřený systémem AUTO LEVEL, ten reguluje výšku strniště, tlak na půdu, otáčky přiháněče, indikuje zatížení bubny a sklon mlátičky vůči vodorovné poloze. Při práci ve svahu se sklonem 12 % je mlátička schopná se vyrovnat do vodorovné polohy při rovnoběžném naklonění adaptéru s terénem. Překročí-li sklon terénu 26 %, systém DATAVISION vydá výstražný signál obsluze. Kvalita práce těchto systémů je podmíněna správnou kalibrací. Ta se provádí na rovném terénu. Z části je automatická a z části manuální.



Obr. 6 Schéma naklání sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON řady 7252-56

- 1) koncový převod,
- 2) přímočarý hydromotor,
- 3) pneumatika.

## **2.2 Monitorované veličiny na sklízecí mlátičce.**

Na sklízecí mlátičce dnes již monitorujeme rozsáhlé množství dat. Nestačí nám jen informace o samotné sklízecí mlátičce, ale také díky stále se rozvíjejícímu trendu precizního zemědělství je žádoucí zjistit co nejvíce informací o pozemku, na kterém hospodaříme. Již naši předkové, hospodařící na malých výměrách zemědělské půdy, věděli, že výnosy jimi pěstovaných plodin mohou kolísat na různých místech obdělávaného pozemku. Tyto



informace byly dříve shromažďovány pouze k celkovému pozemku. Již v roce 1929 Linsley a Bauer upozorňovali na velkou rozdílnost a kvalitu zemědělské půdy, a že těmto rozdílům by mělo být přizpůsobeno i její obdělávání, ale také doplňování nezbytných hnojiv. Bohužel v té době nebylo žádné zařízení, které by toto umožňovalo. V roce 1984 Schafer a kol. představil místně rozdílné zpracování půdy, ve kterém byla práce kypřičů řízena v závislosti pozice stroje. Celý proces aplikace v reálném čase probýhal na pozemku v závislosti na poloze a aplikační mapy. Dnes díky zavedení systému GPS (global positioning systém) a DGPS již můžeme monitorovat výnos přímo na daném místě, kde plodina rostla, a díky tomu aplikovat hnojiva a jiné prostředky přímo na dané místo v potřebném množství. V rámci disertační práce byl v roce 1997 na katedře využití strojů ČZU v Praze uveden do provozu systém pro tvorbu výnosových map pozemků. K měření byla použita sklízecí mlátička Claas Mega 208 a palubní počítač tzv. modul ACT (Agro Com Terminal). Tento modul byl určen k dodatečnému vybavení již stávajících sklízecích mlátiček a ostatních zemědělských strojů. Bylo možné jej nainstalovat na jakýkoli druh sklízecí mlátičky. Systém určování polohy GPS (popřípadě DGPS) spolu se senzory pro snímání okamžitého výnosu zrna, vlhkosti a příčného náklonu sklízecí mlátičky umožňují sběr dat pro výnosové mapy. Program v palubním počítači nabízí nejen vytváření výnosových map pozemků a jejich hraničních linií, ale i bezdrátové propojení stroje s řídicím pracovištěm či odebrání půdních vzorků a lokalizování polohy. Modul ACT dokáže také řídit celý proces aplikace v reálném čase na pozemku v závislosti na okamžité poloze dle aplikační mapy.

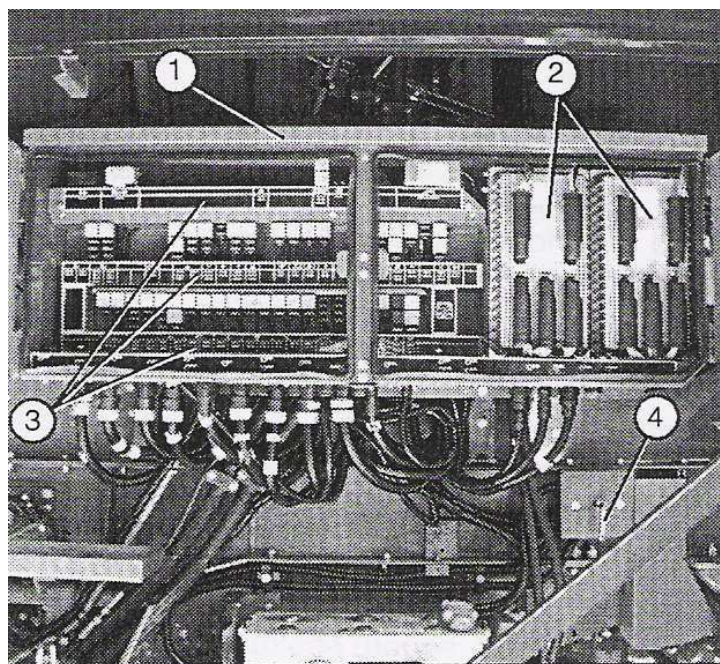
Na sklízecích mlátičkách můžeme monitorovat:

- 1) otáčky jednotlivých pohonů,
- 2) tlaky v hydraulických soustavách,
- 3) pozici a stav jednotlivých zařízení,
- 4) výdrol sklizené plodiny,
- 5) okamžitý výnos, vlhkost sklizené Plodiny,
- 6) polohu, stav zralosti celé rostliny,
- 7) posečenou plochu.

### **Možnosti monitorování otáček jednotlivých hřídelů na sklízecí mlátičce.**

U prvních sklízecích mlátiček byl počet hřídelů velmi omezený. Kombajn nebyl vybaven žádnou kabinou a obsluha téměř „slyšela“ chod jednotlivých hřídelů. Závadu zkušená obsluha rozeznávala hlavně podle sluchu. S rozvíjející se technologií a zvyšováním pohodlí obsluhy

bylo zapotřebí vymyslet systém monitorování jednotlivých hřídelů. S tím přišla jako první na český trh firma FORTSCHITT se svým modelem E 516, kde se monitorovaly indukčním senzorem otáčky zrnového a kláskového elevátoru, otáčky vyřasadel, motoru, mláticího bubnu, popřípadě (byla-li tím sklízecí mlátička vybavena) otáčky drtiče slámy. Dále E 516 monitorovala otáčky zadního kola, a tím měřila pojezdovou rychlost. S nástupem palubních počítačů použitých ve sklízecích mlátičkách (např. systém DATAVISION viz obr. 7) byl tento systém vytlačen. Dnes můžeme monitorovat všechny hřídele, které se otáčejí nebo nějak pohybují. To by však značně zvyšovalo cenu sklízecí mlátičky, proto se monitorují poslední hřídele, které jsou hnány od jiného hřídele, který není monitorován. Tudíž dnešní sklízecí mlátičky monitorují tyto hřídele: otáčky horní hřídele šikmého dopravníku (jen u CASE), otáčky mláticího bubnu, odmítacího bubnu (záleží na konstrukci), otáčky zrnového, kláskového elevátoru(ů), otáčky vyřasadel, ventilátoru, drtiče slámy a motoru.



*Obr. 7 Palubní počítač DATAVISION sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON*

- 1) hermeticky uzavřená schránka,
- 2) elektrický rozvaděč (relé, pojistky a ostatní funkce),
- 3) modulová skříň systému DATAVISION,
- 4) označení funkcí relé v elektrickém rozvaděči,
- 5) hlavní spínač akumulátorů.

### **Možnosti monitorování tlaků oleje v hydraulických soustavách.**

Pro snímání tlaků oleje v hydraulických soustavách se používají dva typy senzorů:

- a) senzor s kontakty,
- b) piezorezistivní senzor.

Senzor s kontakty sepne kontakty jen při dosažení určitého tlaku v soustavě (např. tlak oleje v motoru). Piezorezistivní senzory převádějí tlakové změny na elektrický signál. Senzor pracuje na principu změny svého odporu při jeho stlačení. Na pružné destičce je nanášeno křemíkové vlákno, které při změně tvaru destičky mění svůj odpor. Výstup snímá palubní počítač. Tyto senzory se využívají např. při nastavování přitlaku žacího stolu na půdu.

### **Možnosti monitorování polohy jednotlivých mechanismů.**

Pro monitorování stavů jednotlivých zařízení se používají různé senzory v závislosti na druhu veličiny, kterou chceme měřit. V zásadě zjišťujeme polohu v jednotlivých koncových polohách nebo průběžně v celém rozsahu polohy zařízení. Koncové polohy monitorujeme např. u spuštění šikmého dopravníku, čímž se zapne počítání hektarů, vyklápění výložníku na vysypání obilovin nebo sklopení desky nad drtičem, a tím vytváření řádku. Zde se používají indukční senzory nebo mechanické přepínače. Výstup z těchto senzorů zpracovává palubní počítač. Pro průběžné měření polohy se zpravidla používá potenciometrický senzor. Je to celkem levné a přesné měření polohy. Používá se v měření polohy žacího adaptéru vůči sklízecí mlátičce a vůči povrchu pozemku.

### **Možnosti monitorování výdrolu sklizených plodin.**

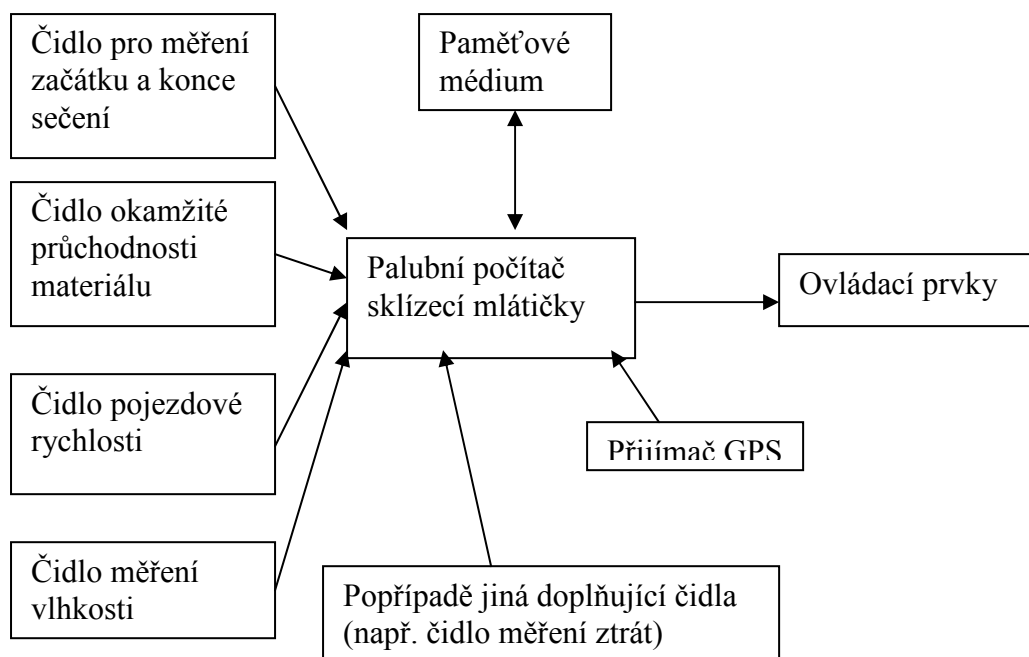
Monitorování výdrolu se provádí piezoelektrickými senzory. Tyto senzory jsou buď válcového tvaru, nebo (častěji používaná) ve tvaru dopadové desky. Pro správný chod těchto senzorů se musí správně nastavit jejich citlivost. U starších typů se citlivost nastavovala pouze tří polohovým přepínačem (např. u Fortschritt E516, CASE řady CF). Citlivost se volila podle velikosti zrna sklizené obilniny. U moderních sklízecích mlátiček se tato citlivost nastavuje podle sečené plodiny. Obsluha zadá do palubního počítače druh sklizené plodiny, který poté nastaví jak citlivost ztrátoměrů, tak otáčky jednotlivých hřídelů. Následovně se obsluha při sečení musí jít přesvědčit, zda opravdu ztráty odpovídají tomu, co ukazuje počítač. (Pro snazší

určení ztrát můžeme spočítat počet semen na velikost dlaně. Jednoduchým výpočtem lze dokázat, že při výnosu např. pšenice 6 t/ha, záběru žacího stolu 6,6 m, při ztrátách 3 %, na velikost 150 mm<sup>2</sup> připadne 6–8 zrněk pšenice. Tento výtěr byl počítán při rozptylu posklizňového zbytku v šířce 3m. Toto měření se musí provádět na více místech. V případě nesouladu palubního počítače a reality musí obsluha změnit rozsah měření v palubním počítači.

### **Možnosti monitorování okamžitého výnosu.**

Mapování výnosů polních plodin je základní prvek precizního zemědělství. Při vytváření výnosových map je vstupním elementem okamžitý výnos. Z těchto důvodů se při vyvíjení výnosových map začalo u sklízecích mlátiček. Již od roku 1993 se staly v zemědělství komerčně dostupné výnosové monitory. Pracují na různých principech měření okamžitého výnosu. Všechny jsou však umístěny mezi výstupem vyčištěného zrna z čistícího zařízení a zrnového zásobníku sklízecí mlátičky. Vždy se skládají z čidla okamžité průchodnosti materiálu, přijímače (D)GPS a palubního počítače. Blokované schéma celého zařízení je na obr. 8. Pro zdokonalení mapování výnosů bylo vyvinuto hned několik systémů, které se dodnes používají. Jejich hlavní rozdíl spočívá v různém principu měření okamžité průchodnosti sklizeného materiálu.

Výnosová čidla pracují na hmotnostním a objemovém principu měření. Největší problém těchto systémů spočívá v přesném určení pozice sklizené plodiny. Tyto nepřesnosti vznikají nedostatečným určením polohy sklízecí mlátičky, v určování okamžité průchodnosti, ale i vlivem obsluhy. Největší problém při vytváření výnosových map tvoří kalibrace jednotlivých systémů. Další významné zdroje nepřesností jsou: nedodržení stejného pracovního záběru stroje, časová prodleva a nerovnoměrnost průchodu materiálu od žacího válu k místu měření, prudká změna pojezdové rychlosti při sklizni, malá výměra sklizené plochy atd. Kalibrace těchto systémů je doporučována v různých průchodnostech, a to i v případě, že výrobce doporučuje kalibraci pouze při jedné průchodnosti. Čidla založená na principu hmotnostního měření jsou přesnější než čidla založená na objemovém měření (přesnost není tolik ovlivněna posklizňovými zbytky). Nejpresnější výnosová čidla při měření okamžité průchodnosti jsou – se svojí přesností 2 % – čidla radiační. V současnosti jsou u sklízecích mlátiček nejrozšířenější čidla nárazová, tato čidla pracují s přesností 5 % v závislosti na kvalitě kalibrace.



Obr. 8 Blokové schéma výnosového monitoru používaného u sklízecích mlátiček.

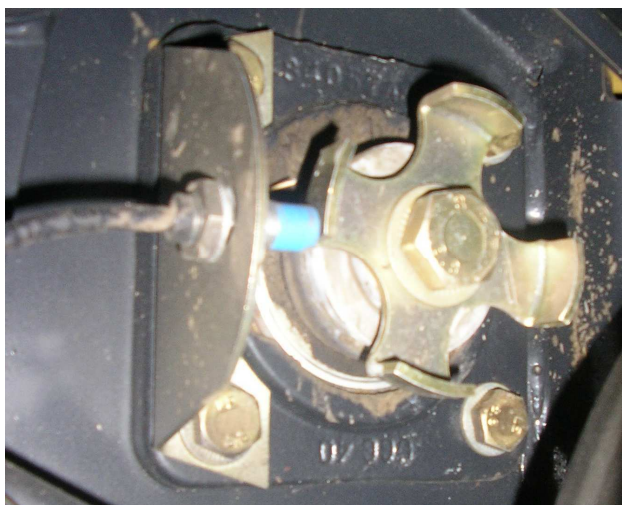
### **3. Používané systémy a metody pro monitorování veličin na sklízecích mlátičkách. Čidla a jejich principy práce.**

Systémy používané na sklízecích mlátičkách jsou si vcelku dost podobné. Zpravidla pracují na stejném, nebo na podobném principu zjišťování dat. Rozdíl bývá v principu změření dané veličiny. Například nerovnost povrchu sklízené plochy se měří tzv. plazy, které kloužou po povrchu plochy, a tím ji kopírují. Měří se okamžitá vzdálenost od žacího stolu k plazu. Tato vzdálenost se může měřit potenciometry nebo ultrazvukovými čidly. Čidla pro toto měření se stále zdokonalují a vyvíjejí. Tím vzrůstá jejich přesnost měření a začínají se uplatňovat systémy, které dříve nebylo možné použít kvůli nepřesnému změření potřebných veličin viz zavedení systému DGPS.

#### **Princip práce indukčního čidla.**

Čidlo pracuje na principu elektromagnetické indukce. Obsahuje cívku s jádrem, kterou prochází magnetické pole buzené permanentním magnetem uvnitř čidla. Magnetický tok procházející cívku závisí na magnetickém odporu magnetického obvodu. Protože je magnetický obvod otevřený, ovlivňují silně jeho odpor ferromagnetické materiály v okolí

sondy, a to nejen v čele, ale i po jejích stranách. Pohyb těchto materiálů vyvolává změny magnetického toku, a ty indukují v cínce elektrický proud, který vyhodnocuje palubní počítač. Počet impulzů na jednu otáčku se volí v závislosti na rychlosti hřídele a na přesnosti měření. Čidlo by mělo být umístěno od otáčejícího se ferromagnetického materiálu tři až deset milimetrů viz obr. 9. Toto čidlo se používá nejen u monitorování otáček hřídelů (otáčky horní hřídele šikmého dopravníku, mlátícího bubnu, odmítacího bubnu, motoru, vytřasadel a jiných dopravníků), ale také jako koncové čidlo například u výložníku, dolní polohy šikmého dopravníku atd.



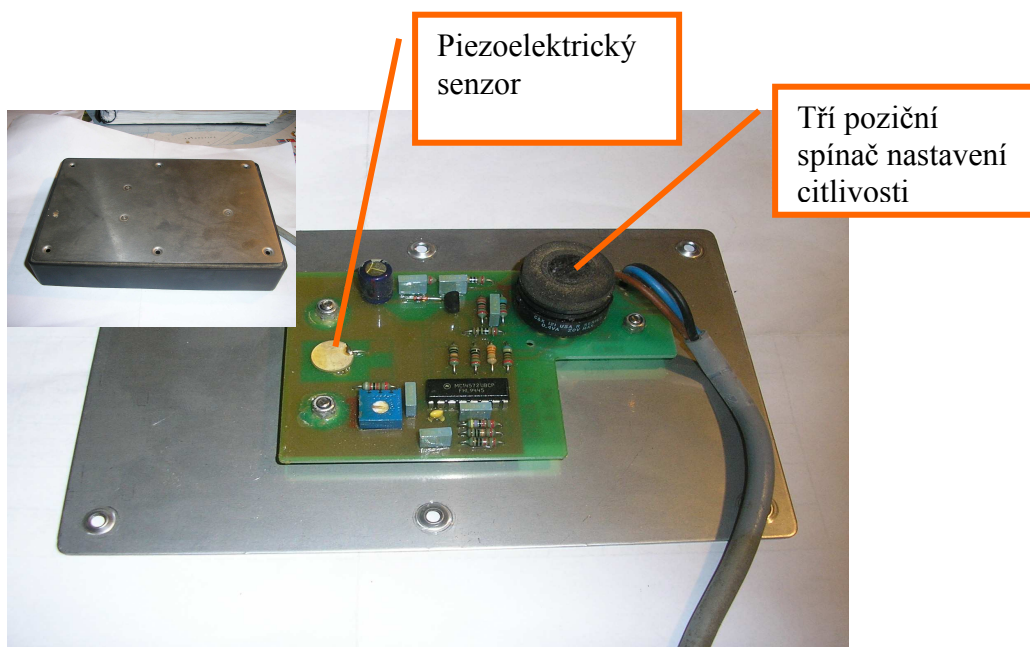
*Obr. 9 Monitorování otáček odmítacího bubnu u sklízecí mlátičky  
NEW HOLLAND CX 760 a umístění senzoru.*

### **Princip práce piezoelektrického snímače.**

Piezoelektrický jev byl poprvé objeven v roce 1880. V roce 1950 se začal uplatňovat v průmyslových odvětvích. Jeho název vznikl z řeckého slova piezein – tlačit. Dnes se tohoto jevu bohatě využívá i v zemědělské výrobě. Piezoelektrické snímače se u sklízecích mlátiček používají jako ztrátoměry, kde na snímač dopadají tvrdá zrnka obilniny. Vlivem piezoelektrického jevu se na elektrodách indukují elektrické napětí. Toto napětí vzrůstá s počtem zrn spadlých na snímač. Tento jev se dá také využít jako kamenný lapač. Tok hmoty materiálu se láme o snímač, v případě vniknutí kamene do materiálu kámen narazí do desky snímače, která vyšle impulz palubnímu počítači. Ten poté zastaví příslušnou část stroje, aby nedošlo k jeho poškození. Snímač je tvořen monokrystalickým křemenem nebo Seignettovou solí (larochellská sůl, tetrahydrát vínanu draselno-sodného  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Krystaly jsou orientovány rovnoběžně s vodorovnou osou krystalu. Tímto způsobem vrstvení krystalů vznikne destička, jejíž stěny se opatří vodivými elektrodami. Tím vznikne kondenzátor, jehož



dielektrikem je sůl. Začne-li na tento snímač působit síla  $F$ , objeví se na jeho elektrodách elektrické napětí s nábojem  $Q$ . Náboj  $Q$  je přímo úměrný síle  $F$ . Proto platí  $Q=k \times F$ , kde  $k$  je konstanta upravující lineární závislost  $Q$  na  $F$ . Jelikož tento piezoelektrický snímač představuje zdroj s vysokým vnitřním odporem, musí se jeho výstupní signál ještě zesílit impedančním transformátorem. Samotný snímač je jednoduché zařízení viz obr. 10.

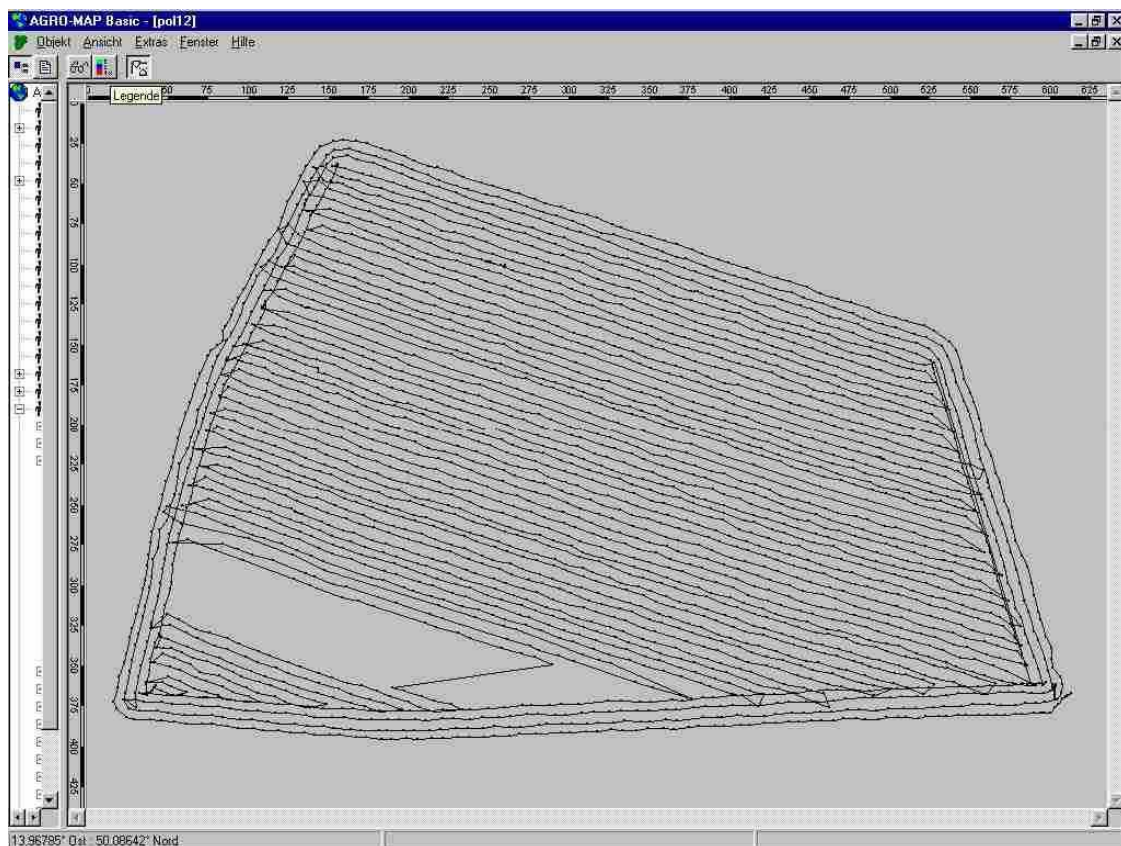


Obr. 10 Piezoelektrický senzor měření ztrát LH AGRO DK-9440

### Princip tvorby výnosových map.

Princip tvorby výnosových map spočívá v přesném určení okamžité polohy sklízecí mlátičky a její okamžité průchodnosti. Tyto údaje se zaznamenávají na paměťové médium. Toto médium je zpravidla v podobě přenosné Flash paměti či čipové karty PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association). Ta se poté nechá přenést do stolního počítače, kde výsledky zpracuje příslušný program (např. Agromap Basic). Program Agromap Basic je složen ze dvou částí. První obstarává správu zakázek a datovou komunikaci s externím datovým nosičem. Ve druhé části uživatel vytváří výnosovou mapu pozemku, hraniční linie a mapu hnojení. Toto je možné vytvářet nad příslušnou fotografickou mapou. Datová výměna mezi programovými díly je tvořena prostřednictvím společné databáze. Po načtení dat z přenosového média se nám zobrazí výnosová data viz obr. 11, kde máme zobrazeny jednotlivé jízdy sklízecí mlátičky po pozemku. K nim jsou přiřazena

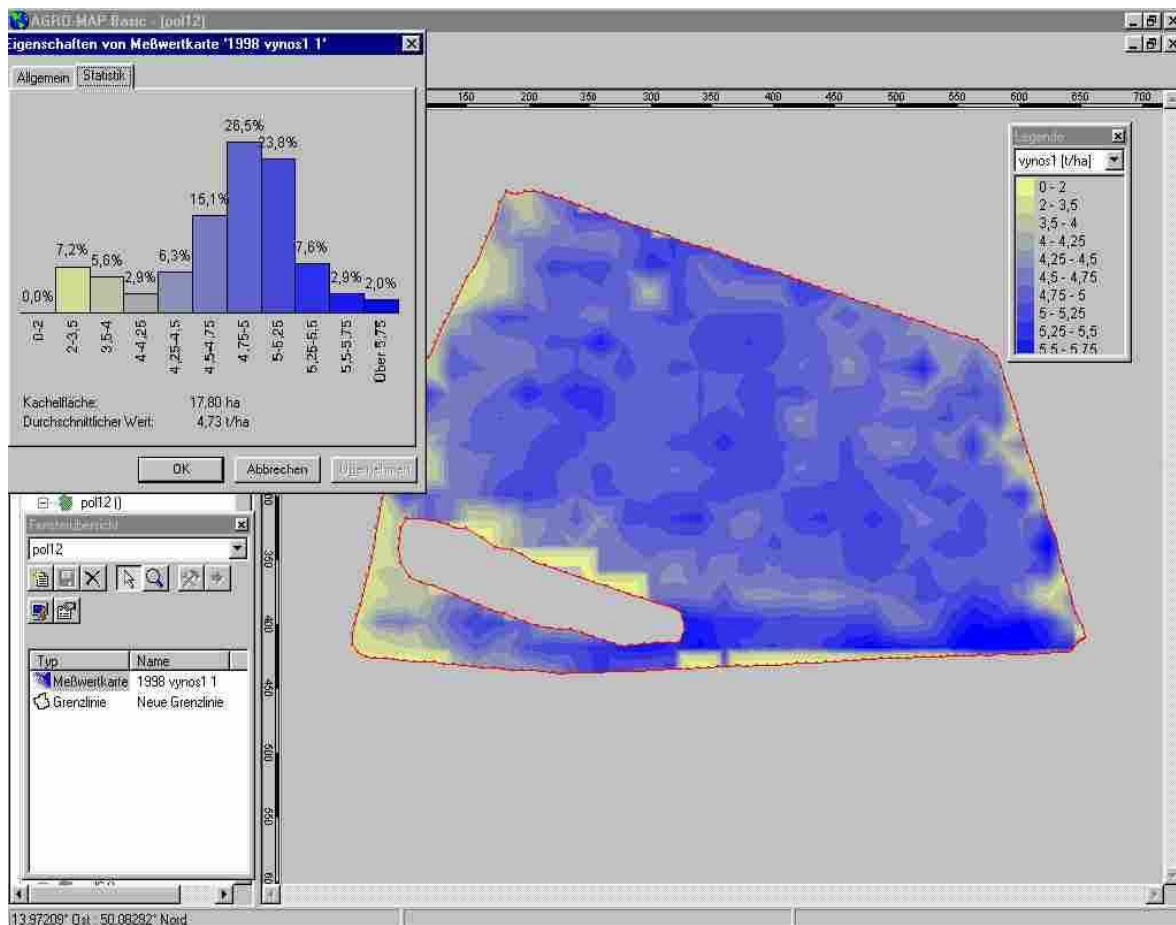
v jednotlivých bodech příslušná data o výnosech. Následovně se vytvoří hranice pozemku, k čemuž může pomoci fotomapa pozemku.



*Obr. 11 Výnosová data v systému AGRO-MAP Basic (tečky znázorňují uložená data).*

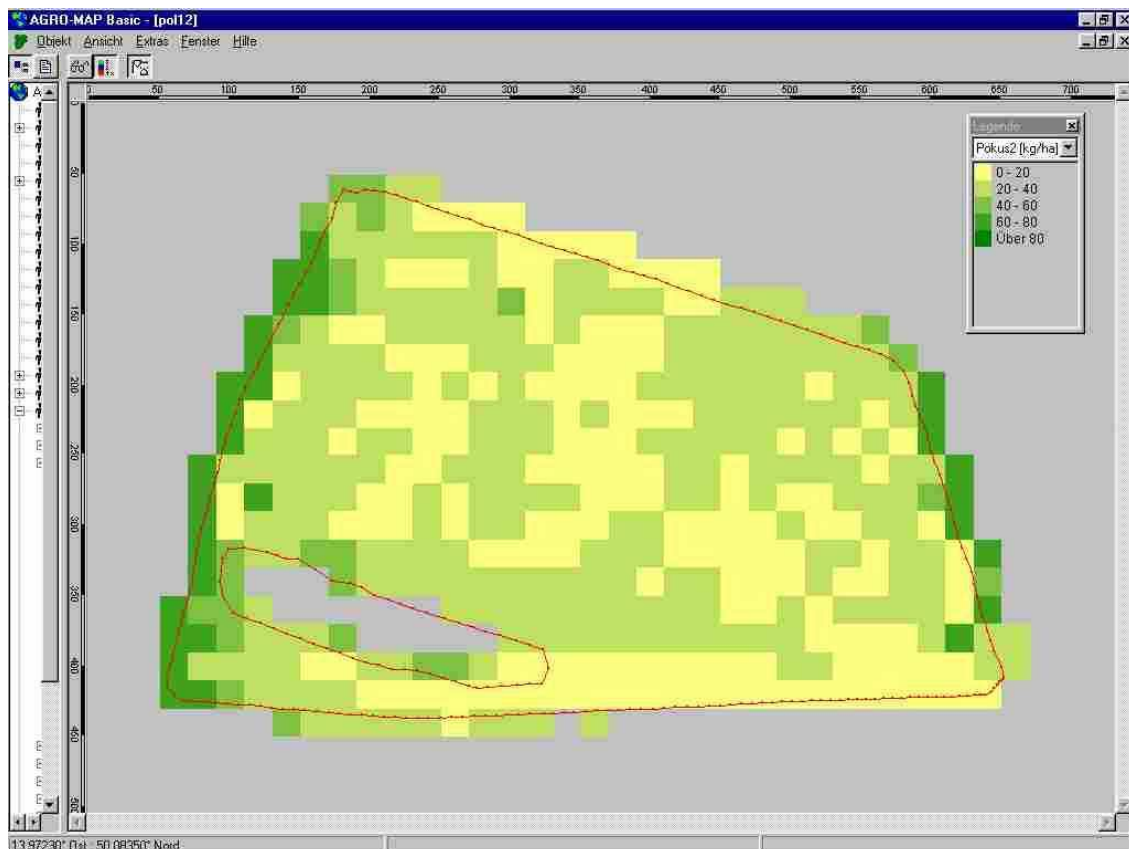
Při jasně vytyčených hranicích pozemku převedeme tato data na výnosovou mapu. Na této mapě je velikost výnosu rozlišena barevným schématem podle předem zadané škály viz obr. 12. Při tvorbě této mapy je matematickým výpočtem rozpočítána velikost výnosů v jednotlivých částech pozemku. Dále si můžeme zobrazit statistiky (jak velký výnos je na pozemku nejčastější atd.).





Obr. 12 Výnosová mapa pozemku v systému AGRO-MAP Basic.

Je důležité si uvědomit, že tato mapa nezobrazuje jen výnos ovlivněný úrodností půdy, ale i výnos ovlivněný škůdci, chorobami a plevely. Tyto vlivy, které ovlivňovaly výnos, se musí zmapovat a určit, jakou měrou se podílely na snížení výnosů. Při přesné lokalizaci pozemku se zmíněné vlivy zaznamenávají jednotlivými měřeními (např. utužování půdy, výskyt plevelů, výskyt houbových chorob atd.). Podle těchto vlivů se vytvoří aplikační mapa hnojiv a ochrany rostlin viz obr. 13. Toto řešení značně snižuje náklady na aplikační prostředky. Firma MJM s.r.o Litovel má v České republice největší zkušenosti s tvorbou aplikačních map. Používá systém Solecion, který je založen na principu mapování zásob živin, druhu půdy a půdní reakce. Hnojení provádí s aplikátory Terra-Gator, které s využitím aplikačních map zaručují přesné dávkování.



*Obr. 13 Aplikační mapa v AGRO-MAP Basic.*

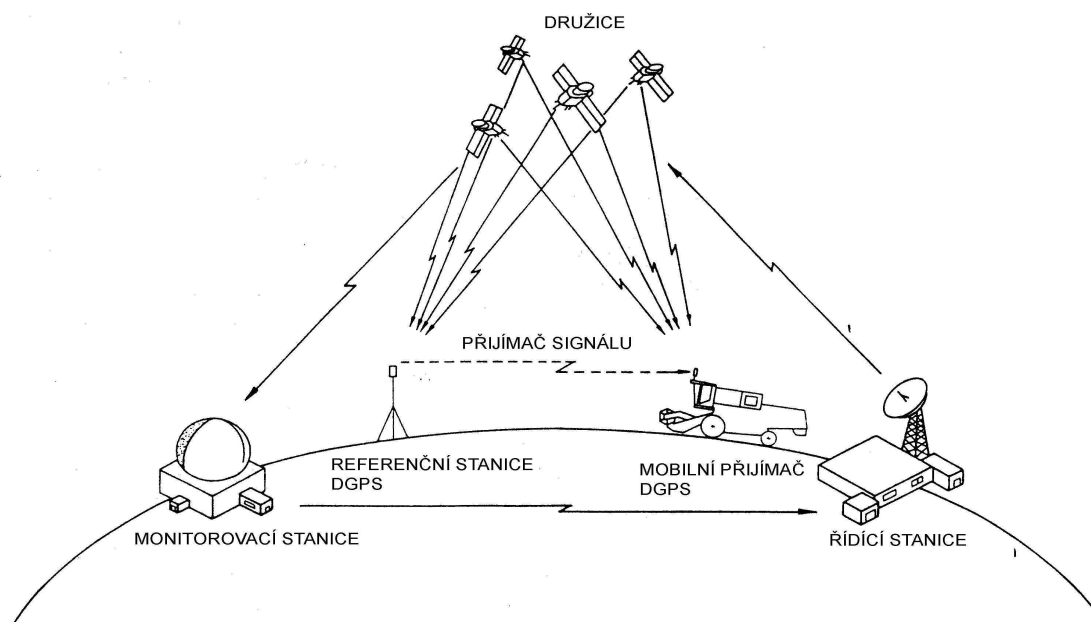
Pro monitorování okamžitého výnosu používají výrobci svůj vlastní systém, který je založen na různých principech měření. Claas používá systém QUANTIMETER, Massey Ferguson používá systém Auto Level.

### **System GPS.**

System GPS je založen na práci 24 satelitů, které krouží okolo země po orbitální dráze ve výšce 20 000 km. Sklon jejich drah vzhledem k rovníku je 55° a doba oběhu je 12 hodin. Dalo by se říci, že jsou družice jakýmsi radiovým majákem na oběžné dráze, které nepřetržitě vysílají informaci o své poloze v kmitočtu 1,5 GHz. Tento systém byl vyvinut původně pro vojenské účely ministerstvem obrany USA. Satelity vysílají signál lze zachytit jen speciálními přijímači. Tyto přijímače musí zachytit signál nejméně čtyř satelitů, aby byly schopny určit svoji polohu na Zemi. Poloha se zjišťuje použitím trigonometrické procedury, pod podmínkou znalosti přesného času satelitů. Z tohoto důvodu jsou satelity vybaveny přesnými atomovými hodinami, aby byly schopny vyslat signál ve stejnou dobu k Zemi. Tento signál se blíží k Zemi rychlostí světla. Se znalostí času a rychlosti šíření signálu lze pomocí tří satelitů určit přesnou polohu libovolného bodu. Čtvrtý satelit slouží k upřesnění pozice, aby nedošlo k určení pozice v imaginárním bodě (mimo zemský povrch). V minulosti

byl tento signál rušen ministerstvem obrany USA, což negativně ovlivňovalo určení pozice přijímače. Dnes tento signál ruší jen okamžité vlastnosti atmosféry. Což zneprůstňovalo příjem GPS signálu natolik, že nám tento výsledek při tvorbě výnosových map nestačí. Z tohoto důvodu byl tento systém doplněn ještě jedním diferenčním signálem. Tento signál může přijímač akceptovat z pozemské referenční stanice nebo z tzv. stacionární družice. Signál vysílá rozdíly naměřených hodnot ovlivněnými atmosférou od hodnot bez vlivu atmosféry. Využívání těchto stanic pro zpřesnění signálu je zpoplatněno. U pozemních stanic je cena za využívání levnější než u stacionární družice. Bohužel mají tyto stanice oproti družici jen omezený dosah. Pokud přijímač akceptuje signál ze systému GPS a diferenční signál, hovoříme o systému se signálem DGPS.

Přijímače systému DGPS jsou dnes schopny určit svoji polohu s přesností několika desítek milimetrů v závislosti na jeho kvalitě a zeměpisné poloze. Tato přesnost již vyhovuje použití při tvorbě výnosových map. Princip tohoto systému je vyznačen na obr. 14. Diferenční signál je možné v ČR získat buď v pásmu dlouhých vln na kmitočtu 111,8 kHz z vysílače v Poděbradech, nebo prostřednictvím světové sítě diferenčních stanic RACAL, původně určených k navigaci lodí. První způsob byl relativně levný (5 000 Kč na čtvrtletí), ale bohužel vysílací časy nebyly pro zemědělství dostatečně přesné. Oproti tomu druhý způsob byl značně dražší (22 000 Kč za rok). Minimální přesnost určování polohy stroje při výrobě a používání výnosových či aplikačních map je 1 až 1,5 m. Moderní GPS přijímače již tuto hodnotu jsou schopny spolehlivě splnit i s rušením atmosférických vlivů. Tím nám odpadá nutnost příjmu diferenčního signálu při tvorbě výnosových map. Systém DGPS se pro tento účel používá jen ve velmi členitých terénech, kde by hrozilo přerušení příjmu signálu některého ze čtyř satelitů. Což znamená určitou finanční úsporu. Pro automatické řízení stroje po pozemku samotný GPS signál stále nestačí, a proto je zde nutnost ho doplnit o diferenční signál. Tím nám vzroste přesnost určení polohy na cca 100 mm. Ceny za příjem DGPS signálu jsou dnes rozděleny na několik tarifních tříd. Příjem si můžeme předplatit na měsíc, čtvrtletí, rok, či několik let do předu. Dále se cena odvíjí od lokality, kde budeme moci signál přijímat. Levnější varianta je předplacení jen určité oblasti. Dražší variantou je předplacení pro celou Českou republiku. Cena za příjem tohoto signálu pro celou Českou republiku se pohybuje od 2 000 do 3 000 eur, tj. od 50 000 do 75 000 Kč.



*Obr. 14 Schéma principu práce družicového navigačního systému DGPS používaného pro potřeby precísního zemědělství*

Při tvorbě výnosových map je již dostatečně vyřešena problematika s určením přesné polohy sklízecí mlátičky. Největší problém nám stále činí přesné určení okamžité průchodnosti materiálu sklízňovým strojem. Sice dnes již existuje mnoho výnosových čidel založených na různých principech, která jsou ještě korigovaná příčným náklonem sklízecí mlátičky, ale jejich výsledky nejsou zcela uspokojivě přesné. Z tohoto důvodu výrobci sklízecích mlátiček stále vyvíjejí nová čidla založená na nových principech měření. Velký problém tvoří rozdílné charakteristiky zrna jednotlivých plodin.

### **Objemové měření okamžitých výnosů.**

Objemové měření je založeno na principu měření objemu zrna před vstupem do násypky.

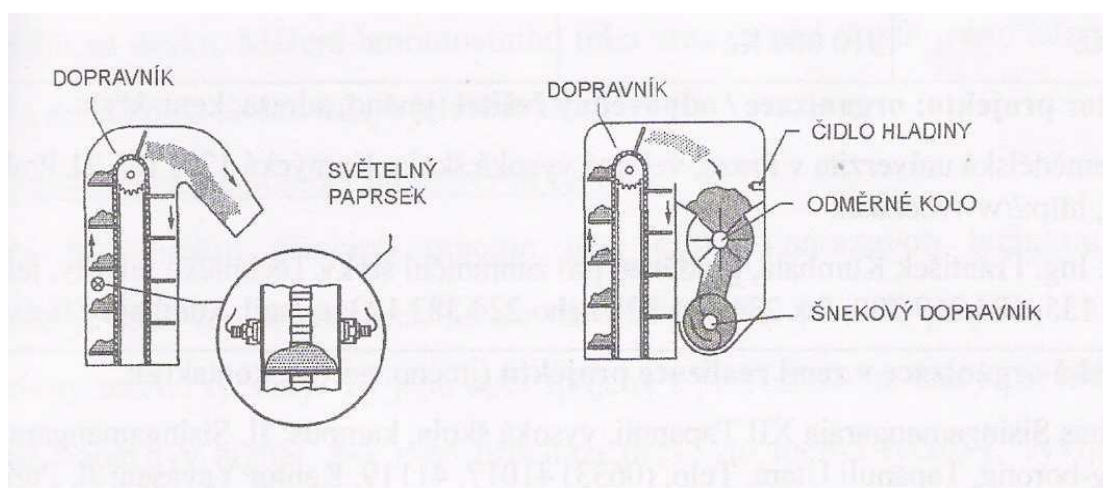
### **Měření objemu zrna světelným paprskem (Systém CEBIS).**

Princip tohoto systému spočívá v měření doby přerušení světelného paprsku. Světelný paprsek je vysílán žárovkou, ta je umístěna v korečkovém dopravníku zrna před vstupem do násypky. Proti žárovce na druhé straně je umístěn detektor viz obr. 15. Pokud korečkový dopravník je zapnut bez zrna, tak detektor přijímá konstantní signál (lopatka je příliš úzká na to, aby přerušila paprsek). Pokud se dopravníkem začne dopravovat zrno, světelný paprsek se

začne přerušovat. Doba přerušení je přímo úměrná rychlosti pásu a výšce sloupce zrna nad lopatkou. Když změříme dobu oslabeného signálu, a jestliže známe obsah podstavy měřeného sloupce zrna z rychlostí pásu, můžeme určit objem sloupce zrna nad lopatkou. Abychom zjistili okamžitý výnos, musíme toto měření doplnit o údaje vlhkosti zrna. Tato kombinace je schopná měřit okamžitý výnos s dobrou přesností cca šest procent. Popsaný systém používá firma RDS u systému Ceres.

### Měření objemu zrna pomocí odměrného kola.

Měření okamžitého výnosu pomocí odměrného kola pracuje na principu známého objemu mezi lopatkami. Počítáme počet otáček vykonaných odměrným kolem a násobíme je velikostí prostoru mezi lopatkami a počtem lopatek. Odměrné kolo je poháněno elektromotorem. Pro správné odměřování musí být prostor mezi lopatkami zcela zaplněn, a zároveň odměrné kolo musí stíhat odměřovat zrna, které přivede dopravník viz obr. 15. Z tohoto důvodu je nad odměrným kolem umístěn vyrovnávací zásobník, který zaručuje řádné plnění mezilopatkového prostoru. Ve vyrovnávacím zásobníku je ještě umístěn senzor pro měření hladiny zrna. Pokud je dostatečně velká hladina zrna nad odměrným kolem, senzor dovolí jeho otočení. To zaručuje správné plnění mezilopatkového prostoru. S tímto systémem experimentovala firma Claas (a jiné). Vyrobila několik prototypů, ale kvůli své velké nepřesnosti raději od tohoto systému opustila.



Obr. 15 Čidla pracující na objemovém principu měření. Vlevo čidlo pracující na principu světelného paprsku, vpravo čidlo s lopatkovým odměrným kolem.

## **Měření okamžitého výnosu založeno na principu měření hmotnosti.**

Tyto druhy měření pracují na principu měření hmotnosti prošlého zrna. Statické měření hmotnosti není dost možné realizovat ve sklízecí mlátičce. Jelikož zrno ve sklízecí mlátičce je celou svou cestu v pohybu, nabízí se možnost měření okamžité hmotnosti zrna z hybnosti toku zrna. Jako další možnost měření okamžité hmotnosti se nabízí měření pomocí úbytků záření procházejícího tokem zrna. V praxi se jako nejvýhodnější ukázalo radiační záření viz dále.

### **Měření hmotnosti zrna pomocí radiačního čidla.**

Princip tohoto měření spočívá v měření oslabeného radiačního záření vrstvou zrna dopravovaného do zásobníku. Detektor záření je umístěn těsně nad výstupem dopravníku vyčištěného zrna viz obr. 16A. Zdroj radiačního záření je umístěn přesně pod výpadem zrna proti radiačnímu čidlu. Radiační čidlo měří množství radiačního záření, které projde zrnem. Část tohoto záření je pohlcena procházejícím zrnem. Úbytek radiačního záření je přímo úměrný množství prošlého zrna. Jestliže mezi přijímačem a vysílačem neprochází žádné zrno, dochází k autokalibraci systému. Díky tomu pracuje toto čidlo s nejmenší chybou měření (maximálně do dvou procent). Toto měření musí být také doplněno vlhkostním čidlem, aby bylo možné určit okamžitý výnos. Tento systém začala používat firma Massey Ferguson, ale měla určité problémy se schválením do sériové výroby.

### **Měření hmotnosti zrna pomocí nárazových tyčinek**

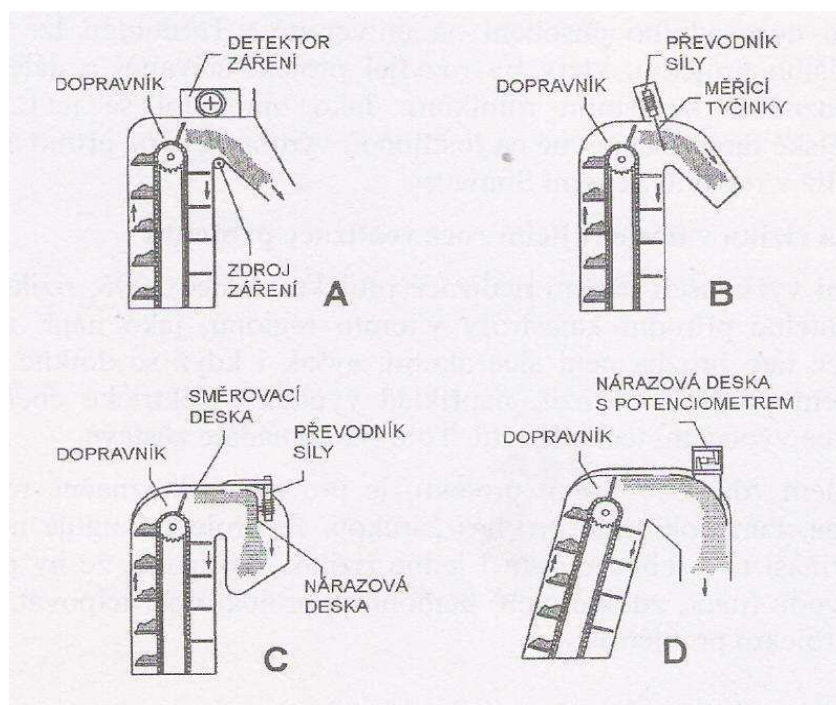
Čidlo pracuje na principu měření kinetické energie toku zrna narážejícího na měřicí tyčinku. Toto čidlo je opět umístěno na konci korečkového dopravníku. Tok proudu zrna naráží na měřicí tyčinku viz obr. 16B (čím větší tok, tím větší síla působí na tyčinku.), a tím ji vychyluje z původního stavu. Síla působící na tyčinku je převáděna na elektrický impulz pomocí převodníku. Aby naměřené údaje byli co možná nejspolehlivější, je na konci dopravníku umístěno několik tyčinek v řadě vedle sebe, aby proměřili celý průměr toku zrna. Výsledky se z jednotlivých tyčinek zprůměrují. Jako ostatní systémy musí být i tento systém doplněn vlhkostním čidlem, aby byl schopen co nejpřesněji změřit okamžitý výnos.

## Měření hmotnosti zrna pomocí nárazové desky.

U tohoto systému je měření založeno na činnosti nárazové desky viz obr. 16C. Touto deskou se měří hmotnost zrna vycházejícího z dopravníku zrna. Při známé obvodové rychlosti dopravníku můžeme hmotnost přepočítat z kinetické energie dopadeného toku zrna. Toto zrno je odhazováno lopatkami dopravníku a naráží na zakřivenou desku. Vyvinutá síla je přímo úměrná hmotnosti zrna narážejícího na desku. Síla je opět převedena převodníkem na napěťový signál s přesností cca 5 %. Také toto měření musí být doplněno čidlem pro měření vlhkosti. Tento přibližně stejný systém používá firma CASE IH či Ag Leader.

## Měření hmotnosti zrna pomocí nárazové desky a potenciometru.

Nárazové desky jsou opět umístěny na výstupu zrnového dopravníku tak, aby do nich zrno naráželo. Snímání síly je zde ale řešeno úplně odlišně. Deska je připevněna k potenciometru, jenž se změnou síly působící na desku mění svůj odpor. Díky tomu se v elektrické soustavě mění napětí podle toho, jak velká síla působí na desky. Proti toku zrna na desku působí pružina, která musí mít správnou tuhost, aby nedošlo k nepřesnému měření. Tento princip používá firma John Deere u systému GreenStar a firma CNH.



Obr. 16 Čidla pro určování hmotnosti sklizeného zrna. A-radiační, B-nárazové s tyčinkami, C-nárazové s deskou, D-nárazové s deskou a potenciometrem



## **Měření hmotnosti zrna pomocí kapacitního čidla.**

Kapacitní čidlo pracuje na principu dielektrika mezi deskami kondenzátoru. Směs vzduchu a zrna tvoří mezi deskami dielektrikum. S měnícím se poměrem zrna a vzduchu se mění dielektrická konstanta kondenzátoru, kterou tvoří tato směs a vodivé elektrody. Tím je ovlivněna kapacita kondenzátoru. Změna kapacity kondenzátoru je úměrná změně množství zrna mezi deskami. Toto čidlo je schopno měřit jen od určitého minimálního průchodu zrna. Oproti tomu jeho měření není ovlivněno provozními vibracemi jako u ostatních principů měření. Největší nepřesnosti při měření způsobuje vlhkost měřeného materiálu a nerovnost procházející vrstvy materiálu. Vliv vlhkosti materiálu lze korigovat použitím vlhkostního čidla a vliv rozložení materiálu pomocí měření kapacity kondenzátoru čidlem měřícím při dvou frekvencích ve dvou sekcích (Stafford a kol. 1994). Stafford a kol. (1996) následně vypracovali vylepšení funkce celého systému. Byl vyvinut koncentrický systém kapacitního měření okamžitého výnosu, který byl namontován na místo výpadu zrna ze šnekového zrnového dopravníku plnicího zásobník sklízecí mlátičky. Aby bylo možné měřit kapacitu na dvou frekvencích, bylo použito dvousekvenční lineární čidlo. Jedna sekce čidla pracovala na frekvenci 10 kHz a druhá na frekvenci 2 MHz. Digitalizovaný výstup byl poté zaznamenáván s frekvencí 6 Hz osobním počítačem.

Toto čidlo bylo testováno s vlhkostí zrna od 14 do 24 %, aby byla zjištěna závislost signálu na vlhkosti zrna. Tato závislost při různých vlhkostech ukázala, že je čidlo méně závislé na změně vlhkosti, než bylo předpokládáno.

## **Ostatní principy měření okamžitého výnosu.**

Kromě již zmíněných principů měření bylo vyvinuto i několik jiných principů, které se kvůli své malé přesnosti nebo nepraktičnosti nemohly v praxi rozšířit. Jedním z těchto principů je monitorování okamžitého výnosu zrna ultrazvukovým čidlem (Kleme a kol., 1992) či pomocí infračerveného záření (Sanaei a Yule, 1996). Zmíněné principy byly všechny založeny na přímém měření okamžitého výnosu. Objevily se ale také principy nepřímého měření okamžitého výnosu. Nejpřesnější z těchto principů je vážení zrnového dopravníku. Pro realizaci tohoto systému se musel zrnový dopravník notně upravit, což značně prodražovalo výrobu (Harvard a kol. 1993). Měření tohoto systému znepřesňovaly provozní vibrace. Z těchto důvodů nebyl systém rozšířen do praxe. Ještě méně lukrativnější se ukázalo měření okamžitého výnosu na principu zjišťování okamžitých otáček motoru sklízecí mlátičky



(Schueller a Bae, 1987) či na principu měření točivého momentu šnekového dopravníku zrna plnicího zásobník.

### **Měření vlhkosti zrna.**

Pro zjišťování vlhkosti sklizeného zrna se využívají kapacitní čidla. Zpravidla bývají umístěna v koncovce šnekového dopravníku na vstupu do zásobníku zrna. Čidlo má určitou kapacitu, která se v závislosti na průchodu různě vlhkého materiálu mění. Vyhodnocením změny kapacity se určí vlhkost procházejícího materiálu. Tato čidla pracují s poměrně dobrou přesností v širokém rozmezí od 0 do 40 %. Přesnost je dána především díky velkému počtu snímaných údajů vlhkosti.

### **Faktory ovlivňující přesnost tvorby výnosových map.**

Přesnost tvorby výnosových map je ovlivněna mnoha faktory. Nepřesnosti vznikají hned na žacím válu a končí až za výnosovým čidlem. Zkreslenosti průchodem zrna sklízecí mlátičkou se celou cestu sčítají. Pro jejich eliminaci je důležité se zaměřit na jednotlivé dílčí záležitosti, které se podílejí na celkové chybě měření. Stafford a kol. (1997) zjistili, že chybami vznikajícími při získávání výnosových map jsou chyby vzniklé při určování polohy stroje, a ty se mění nejen prostorově, ale i časově. Nicméně tento problém je dnes již dostatečně vyřešen. Oproti tomu významnější jsou chyby vznikající změnami okamžitého pracovního záběru stroje (do 10 %). Další nepřesnost vzniká v průběžném dopravníku. Posečená obilnina ve středu žací lišty je dříve dopravena k mláticímu bubnu než obilnina posečená na kraji žací lišty. Tuto chybu nemůžeme v praxi odstranit, ale můžeme ji eliminovat např. otáčkami průběžného dopravníku. Následující chyba vzniká rozdílnou dobou průchodu zrna. Zrno propadlé košem mláticího bubnu urazí kratší vzdálenost než zrno odděleno od slámy až ve vytřasadlech. Tím vzniká časový posun, který je závislý na konstrukci sklízecí mlátičky. Poměr propadlého zrna na vytřasadlech a v koši mláticího bubnu je závislý na mnoha faktorech, např. konstrukční řešení sklízecí mlátičky, zralost obilniny, okamžité nastavení ventilátoru, síť, otáček mláticího bubnu, mezery pod ním. Whelan a McBratney (1997) se podrobně věnovali chybám měření okamžité průchodnosti zrna sklízecí mlátičkou, které vznikají časovým zpožděním průchodu zrna na zrnovém dopravníku oproti jeho posečení a také nerovnoměrností jeho toku sklízecí mlátičkou během sklizně. Bylo zjištěno, že časová prodleva zrn než dosáhnou výnosového monitoru má dvě složky, jednu lineární, která je závislá na poloze zrna na určitém místě žacího válu a nelineární, která je

daná průchodem zrna mlátícími a dopravními cestami ve sklízecí mlátičce. Další nepřesnosti vznikají jízdou ve svažitéch terénech. Tímto problémem je nejvíce hendikepováno výnosové čidlo založené na principu měření světelným paprskem. Nárazová čidla jsou oproti tomu závislá na sklonu terénu daleko méně. Kettle a Peterson (1998) pozorovali, že výnosové monitory reagovali na změny okamžité průchodnosti zrna spíše exponenciálně než lineárně. Z čehož vyplývá další vznikající nepřesnost vlivem prudké změny okamžitého výnosu. Tyto změny mohou vznikat v průběhu sečení, ale daleko častěji vznikají vlivem vyjíždění a vjíždění sklízecí mlátičkou do porostu. Z toho se dá odvodit i další faktor ovlivňující přesnost tvorby výnosových map, a to tvar a velikost sklizené plochy. Nepřesnosti tímto vzniklé mohou podle různých autorů dosáhnout 10 až 20 %. Např. při sklizni parcely o výměře 20 x 20 m je nutno počítat s chybou 25 % téměř vždy.

#### **4. Porovnání, přínos a zhodnocení jednotlivých systémů používaných v zemědělské praxi.**

Se stále se zvyšujícími nároky na produkční hospodaření stoupají nároky na zemědělskou techniku. Dnešní zemědělec je stále více nucen ekonomicky hospodařit, přičemž musí splňovat spoustu ekologických norem, které jeho hospodaření prodražují. Při nákupu zemědělské techniky si musí vybrat kompromis mezi cenou a kvalitou. Bohužel na českém trhu se objevuje technika, která přes svou vysokou cenu nedosahuje stejných kvalit jako technika s podstatně nižší cenou. Prodej těchto strojů je zpravidla silně podporován reklamou.

V průběhu vývoje sklízecích mlátiček bylo vyvinuto několik systémů, které se více či méně uplatnily. Dnes již velké firmy jako John Deere, Claas, New Holland, Case a další, mají vyvinutý vlastní systém, který používají u všech sklízecích mlátiček. Mnohdy si mezi sebou vyměňují i jednotlivé dílčí systémy (např. firma Case u své řady modelů CF používá palubní počítač na kopírování žacího adaptéru od firmy Claas). Toto kopírování je dnes téměř ve všech případech hydraulické. Hlavní výhody spočívají v ulehčení práce obsluhy při pokládání a kopírování žacího adaptéru. Obsluha si nastaví velikost strniště a druh kopírování. Určité obtíže může tvořit kalibrace systému, kde se nastavuje rychlost reakce hydraulické soustavy. Toto nastavení se musí provádět přímo na pozemku při sklizni podle rychlosti jízdy při sečení a nerovnosti pozemku. Mnohdy obsluha nastaví špatnou rychlost reakce, což má za následek buď vytvoření tzv. vln ve strništi (při velké rychlosti reakce), nebo zaboření žacího adaptéru do půdy (při malé citlivosti). Při správném nastavení obsluha jen zmáčkne tlačítko na pojezdové páce a systém si sám nastaví velikost strniště, kterou následně dodržuje. Nevýhoda

tohoto kopírování se projeví při extrémních nerovnostech terénu, kdy prsty kosy již narazí do překážky, ale plazy překážku ještě nezaznamenali.

Rozvíjející se moderní systémy slouží k tvorbě výnosových map. Jsou také schopné řídit sklízecí mlátičku během sečení. Systém schopný těchto operací vyvinula např. firma New Holland pro své sklízecí mlátičky řady CR a CX pod jménem Grain Cam. Tento systém je univerzální, a tudíž se jeho hlavní komponenty nechají snadno přendat do jiného stroje, např. do traktoru pro aplikaci pesticidu, což je velkou výhodou při zavádění precizního hospodaření. Automatické řízení zaručuje optimální vytížení stroje, popřípadě správnou aplikaci přípravku, a značné odlehčení práce obsluhy. Starší systém od firmy MASSEY FERGUSON jménem DATAVISION je schopen též tvorby výnosových map se stejnou kvalitou práce. Disponuje také malou tiskárnou, která je schopna agronomovi při sečení poskytnout orientační data v tištěné formě. Nevýhodou je malá flexibilita automatického řízení stroje při sečení.

Velký přínos těchto systémů spočívá v optimalizaci vstupů (výsevky, dávka hnojiv, dávky pesticidů), tím lze docílit ekonomičtějšího i ekologičtějšího hospodaření. Od roku 1985, kdy byl v USA testován první postřikovač s variabilní aplikací, prošly tyto systémy mnoha zdokonalovacími úpravami.

Úspora u minerálních hnojiv a pesticidů se pohybuje od 5 do 20 %, u vápenatých hmot od 10 do 40 %. Velmi významným podnikem v tomto oboru je MJM-Litovel, který má zmapováno přes 200 000 ha u 160 klientů. Moje závěrečná práce bakalářského studia se zabývá popisem principu měření jednotlivých

## 5.Závěr

Sklízecí mlátičky v současné době jsou vybaveny elektronickými systémy a senzory na velmi vysoké úrovni srovnatelné s osobními automobily. Počínaje elektronickým řízením motoru až po navigační systémy (monitorování chodu mechanismů, polohy, zjištění poruchy, autodetekce ...). Díky monitorování vlastností sklizené plodiny doplněné údaji o okamžité poloze, lze vytvořit výnosovou mapu pozemku. Ta je prvním vstupním faktorem tzv. precizního zemědělství. Tento druh hospodaření snižuje chemické zatížení pozemku, čímž přináší mnohé ekonomické úlevy.

Bakalářská práce je zaměřena na popis principu práce senzorů použitých ve sklízecích mlátičkách. Z velké části se zajímá o popis tvorby výnosových map, principy monitorování okamžitého výnosu a princip určování okamžité polohy sklízecí mlátičky. Mimo technické řešení zohledňuje jejich uplatnění v praxi. Důležité informace byly získány přímo od firem, z propagačních materiálů i z odborné literatury. Bylo vycházeno z informací o aktuálně používaných systémech u sklízecích mlátiček dostupných na českém trhu. Ty byly doplněny o informace z použité literatury. Pro nastínění vývoje sklízecích mlátiček je v této práci uvedeno i několik starších systémů, které se v současnosti již nepoužívají. Zde je vidět, jaký vliv má vývoj v elektrotechnice na zemědělskou techniku. Čemuž také vděčí rozvoj precizního zemědělství.

. Z poznatků, získaných konzultacemi s různými prodejci, vyplývá nový trend při výrobě sklízecích mlátiček (snižování nároků na údržbu, zjednodušování obsluhy použitých systémů, zavádění nových ekonomicky přínosných systémů, zvyšování výkonu a spolehlivosti). Tomu také odpovídá cena stroje. Před koupí takového stroje musíme zvážit, zda budeme schopni zaručit jeho plné vytížení v průběhu sezóny pro dosažení intervalu rentability. Do budoucna bych doporučil zvyšování univerzálnosti elektrických systémů, což by zmírnilo ekonomické nároky na jejich zavedení v celém podniku, které jsou zatím stále velkou překážkou pro mnoho zemědělců.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) **Howard, K., Oringle, J., Schrock, M., Kuhlman, D., Oart, D.** (1993): An elevator based combine braun flow sensor. ASAE Paper No. 931504, St. Joseph, MI, USA
- 2) **Kette, L., Peterson, C.** (1998): An evaluation of Yield Monitors and GPS ASAE Paper No. 981046, St. Joseph, MI, USA.
- 3) **Klemme, K., Froehlich, D., Schumacher, J.** (1992): Spatially Variable Technology for Crop Yield. ASAE Paper No. 921543, St. Joseph, MI, USA
- 4) **Kumhála, F., Prošek, V.** (1999): Možnosti získávání výnosových map při sklizni píce. In: Slovník abstraktů z mezinárodní vědecké konference „Technika pro konkurenceschopné zemědělství a potravinářství.“ Brno. 3.-4. září 1999, MZLU Brno, Brno, ISBN 80-7175-401-5.
- 5) **Kumhála, F.** (2004): Laboratorní měření průchodnosti materiálu rotačním žací strojem. Česká zemědělská univerzita v Praze. Technická fakulta.
- 6) **Sanaei, A., Yule, I.** (1996): Accuracy of Yield Mapping System: The effects of Combine Harvester Performance. (96G-016) Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering, Madrid, s. 1001-1002.
- 7) **Schueller, J., Bae, Y.** (1987): Spatially attributed automatic combine data acquisition. Computers and Electronics in Agriculture, 2/1987, Elsevier Science, s. 119-127.
- 8) **Systém Fieldstar.** Firemní literatura Massey Ferguson.
- 9) **Stafford, J., Amber, B., Bolan, H.** (1997): Cut Width Sensors to Improve of Yield Mapping systems. Precision Agriculture 1997, BIOS Scientific Publishers Ltd, s. 519-527.
- 10) **Wheland, B., McBratney, A.** (1997): Sorghum Grain Flow Convolution within a Conventional Combine Harvester. Precision Agriculture 1997, BIOS Scientific Publisher Ltd, s. 759-766.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- obr.1 Schéma mláticího ústrojí sklízecí mlátičky CLAAS.
- obr.2 Schéma axiálního mláticího ústrojí sklízecí mlátičky CASE AFX 8010.
- obr.3 Schéma principu měření posečené plochy.
- obr.4 Princip měření hrany porostu systémem LSASER PILOT.
- obr.5 Umístění senzoru na sklízecí mlátičky CASE AF 2388 X – CLUSIVE a měření hrany porostu.
- obr.6 Schéma naklánění sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON řady 7252-56.
- obr.7 Palubní počítač DATAVISION sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON.
- obr.8 Blokové schéma výnosového monitoru používaného u sklízecích mlátiček.
- obr.9 Monitorování otáček odmítacího bubnu u sklízecí mlátičky NEW HOLLAND CX 760 a umístění senzoru.
- obr.10 Piezoelektrický senzor měření ztrát LH AGRO DK-9440.
- obr.11 Výnosová data v systému AGRO-MAP Basic.
- obr.12 Výnosová mapa pozemku v *AGRO-MAP Basic*.
- obr.13 Aplikační mapa v *AGRO-MAP Basic*.
- obr.14 Schéma principu práce družicového navigačního systému DGPS používaného pro potřeby precizního zemědělství.
- obr.15 Čidla pracující na objemovém principu měření.
- obr.16 Čidla pro určování hmotnosti sklizeného zrna.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin  
při sklizni na sklízecích mlátičkách.**

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kvíz Zdeněk, Ph.D.

Student: Svoboda Karel

PRAHA 2008

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze      Fakulta: technická  
Katedra: zemědělských strojů      Akademický rok: 2006/2007

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Svoboda Karel**

Studijní obor: Zemědělská technika

Studijní zaměření:

Název práce: Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin při sklizni plodin na sklízecích mlátičkách.

### Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Na základě studia odborné literatury a jiných zdrojů informací, týkajících se možných způsobů monitorování provozních dat v zemědělství při sklizni na sklízecích mlátičkách, vypracovat přehled používaných systémů a metod.

Osnova práce:

1. Úvod.
2. Možnosti monitorování veličin na sklízecích mlátičkách.
3. Používané systémy a metody pro monitorování veličin na sklízecích mlátičkách. Čidla a jejich principy práce.
4. Porovnání, přínos a zhodnocení jednotlivých systémů používaných v zemědělské praxi.
5. Závěr.

Metodika práce: Vypracování literární rešerše orientované na vývoj a využívání čidel a celých systémů pro monitorování provozních dat při sklizni plodin na sklízecích mlátičkách založené na rozboru doporučené literatury a dalších studijních materiálů. Dále blíže rozebrat přínos monitorování veličin pro zemědělskou praxi.



Rozsah práce: 30 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

1. RYBKA, A., ŠŤASTNÝ, M.: Precizní zemědělství. ÚZPI Praha, 1998, 52 s.
2. KUMHÁLA, F., PROŠEK, V.: Přesnost tvorby výnosových map při sklizni obilovin. Sborník z konference: Informační systémy v zemědělství a lesnictví. Seč u Chrudimi, 2003.
3. BARNET, N.G., SHINNERS, K.J.: Analysis of systems to measure mass-flow-rate and moisture on forage harvester. ASAE paper No. 981118. St. Joseph, Mich.: ASAE, 1998.
4. GreenStar combine systems. Firemní literatura John Deere.
5. Harvesting yield information. Agri-book Magazine, 24, 1998, č. 8, s. 40.
6. Systém Fieldstar. Firemní literatura Massey Ferguson.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Kvíz

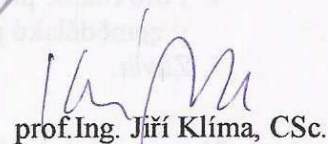
Datum zadání bakalářské práce: 30.11.2006

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.4.2008



Doc. Ing. Adolf Rybka, CSc.

vedoucí katedry



prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 30.11.2006



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma „*Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin při sklizni na sklízecích mlátičkách*“ vypracoval samostatně a použil jsem pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze, dne 18. dubna 2008

.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Děkuji Ing. Zdeňku Kvízovi, Ph.D. za odborné vedení a rady při zpracování bakalářské práce. Také děkuji všem pracovníkům obchodních firem za poskytnutí potřebných informací a ostatním lidem, od nichž jsem získával podklady ke zpracování daného tématu.

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	1
<b>2. MOŽNOSTI MONITOROVÁNÍ VELIČIN NA SKLÍZECÍCH MLÁTIČKÁCH</b> ....	2
2.1 MONITOROVANÉ VELIČINY ŽACÍHO STOLU.....	4
2.2 MONITOROVANÉ VELIČINY NA SKLÍZECÍ MLÁTIČCE.....	9
<b>3. POUŽÍVANÉ SYSTÉMY A METODY PRO MONITOROVÁNÍ VELIČIN NA SKLÍZECÍCH MLÁTIČKÁCH. ČIDLA A JEJICH PRINCIPI PRÁCE</b> .....	14
<b>4. POROVNÁNÍ, PŘÍNOS A ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH SYSTÉMŮ POUŽÍVANÝCH V ZEMĚDĚLSKÉ PRAXI</b> .....	32
<b>5.ZÁVĚR</b> .....	29

**Abstrakt:** Ve své závěrečné práci bakalářského studia na téma „*Přehled monitorovaných veličin a principy měření těchto veličin při sklizni plodin na sklízecích látičkách.*“ se zaměřuji na popis principu práce senzorů použitých ve sklízecích mlátičkách. Mimo jiné je práce zaměřena na popis tvorby výnosových map, principy monitorování okamžitého výnosu a princip určování okamžité polohy sklízecí mlátičky. Zajímám se mimo technické řešení i o jejich uplatnění v praxi. Důležité informace jsem získal přímo od firem, propagačních materiálů i odborné literatury. Technologie v celém zemědělství se stále vyvíjí a zdokonaluje. Určitý obraz používaných systémů je tedy možné podat jen k danému období a v budoucnu musí být aktualizován.

**Summary:** My bachelor's graduation thesis focused on the subject *Overview of the monitored quantities and the principles of measuring these quantities during harvest by combine harvesters* is aimed at the description of sensors' functioning principle; the sensors in question are used in threshing-machines. Moreover, this work deals with the characterization of yield maps production, with the principles of monitoring an instantaneous yield and with the principle of determining the instant position of combine harvesters. The thesis deals not only with the technical solutions, but also their practical application. The important pieces of information were gathered directly from companies, promotional materials and specialized literature. The technology in the whole field of agriculture is constantly developing and improving. Therefore, the specific description of the systems in use can only be formulated in the context of the given period, and in future it should be updated.

## 1. Úvod.

S vývojem sklízecích mlátiček, jejich zdokonalováním, zvyšováním výkonu (v roce 1970 60 kW, dnes až 460 kW a stále pokračující trend zvyšování výkonu) a pohodlí obsluhy bylo také zapotřebí monitorovat různé veličiny na sklízecích mlátičkách. Díky velkému pokroku v elektrotechnice používaných systémů v precizním zemědělství je dnes již možno monitorovat většinu zařízení, která jsou charakterizována různými veličinami (otáčky, vlhkost, rychlost ...). Přesné snímání daných veličin je ovlivněno mnoha nepříznivými faktory (vibrace, prach ...). Proto navržení senzoru, který je schopen s co nejmenší chybou snímat tyto veličiny, je velmi problematická záležitost a mnohdy musíme přistoupit na kompromis cena versus kvalita.

Z ekonomických důvodů je dnes velmi výhodné používat tzv. prvky systému precizní zemědělství. Rozdíl mezi klasickým zemědělstvím a precizním zemědělstvím spočívá v celkovém pohledu a chápání produkční jednotky, tj. pole, honu ev. části pozemku a ve využívání odlišných postupů technologií i techniky. Tradiční hospodaření na zemědělské půdě počítá jednotlivá pole jako minimální plochu pro agrotechnický zásah. Zároveň tuto jednotku považuje za víceméně uniformní ve svých vlastnostech a kvalitě a ignoruje prostorovou variabilitu specifických vlastností půdy (obsahu dostupných živin, půdní vláhy, textury, pH, obsahu organické hmoty ...). To neznamená, že agronomové brali produkční jednotku jako celek a podle toho aplikovali případné prostředky. Neměli dostatek nástrojů, jak lokální variabilitu ovlivňovat ev. eliminovat. Tyto charakteristiky mohou působit svojí variabilitou na produkční variabilitu pěstovaných plodin. Podchycení a vhodná reakce na variabilitu půdních vlastností je základem precizního zemědělství, ať už se jedná o variabilitu časovou nebo prostorovou. Stále velká většina zemědělců používá zastaralou techniku, která není schopna pracovat a využívat tohoto systému (postřikovače, sklízecí mlátičky ...). Přejít podniku z klasického hospodaření do precizního hospodaření je dost nákladná záležitost, která může trvat i několik let několik let. Pravděpodobně z těchto důvodů je precizní zemědělství v České republice i po několika letech spíše v začátcích.

Dalo by se říci, že nejvýznamnějšího rozvoje elektrických systémů a tím vzniklé možnosti využívat precizní zemědělství bylo dosaženo u sklízecích mlátiček. Dnes jsou již nové sklízecí mlátičky standardně vybaveny systémy podporující precizní zemědělství. Trend ve vývoji těchto mlátiček nespočívá jen ve zvyšování jejich výkonu, ale také ve zvyšování přesnosti tvorby výnosových map nebo minimalizaci práce obsluhy při sklizení obilovin.

## **2. Možnosti monitorování veličin na sklízecích mlátičkách.**

První sklízecí mlátičky, které slučovaly žací stroj a mlátičku, byly patentovány a sestrojeny ve 30. letech 19. stol. Podle některých údajů v roce 1836, podle jiných o 2 roky později. Za vynálezce bývá označován Američan Hiran Moore. S vývojem dieselového motoru (23. únor 1858 - Rudolf Diesel získal patent na dieselový motor) se jejich rozvoj značně rozšířil. S rostoucí složitostí celého zařízení se projevíly první závady. Z praxe se ukázalo, že je velmi důležité závadu objevit co nejdříve, aby nehrozilo další poškození stroje. Zde vznikl nový problém, jak získat informaci o správném chodu zařízení. Až s vývojem elektroniky byly objeveny spolehlivé senzory, které dokázaly monitorovat okamžitý stav jednotlivých zařízení. U moderních sklízecích mlátiček monitorujeme nejen správnost chodu mechanických zařízení, ale i správný chod samotných elektrických monitorovacích zařízení. Toto monitorování provádí palubní počítač, který testuje samotné senzory, potenciometry a tenzometry. Závady se dělí do dvou nebo třech skupin, podle své priority. Při zjištění závady některého z hlídaných zařízení nahlásí palubní počítač tuto závadu obsluze. Ta poté může závadu ihned odstranit nebo při drobné závadě (např. závada senzoru otáček horní hřídele šikmého dopravníku) může vypnout kontrolu tohoto zařízení a pokračovat v sečení. Jelikož na sezonu vychází 42 tzv. sekacích dnů, je velmi důležité, aby sklízecí mlátička byla schopná sekát i v případě, že se vyskytne méně závažná porucha.

### **Rozdělení sklízecích mlátiček.**

Nejdůležitější dělení sklízecích mlátiček je podle druhu mláticího ústrojí. Každý druh vyniká svými vlastnosti určitým způsobem, a tudíž nelze striktně říci, který je nejlepší, přestože to někteří prodejci těchto strojů dělají. Dále lze dělit sklízecí mlátičky podle separace hrubého výmlatu. Nejpoužívanější metoda v Evropě je separace pomocí vytřasadel. Bubnová tangenciální separace je spíše výjimečná – z důvodu velkého drcení hrubého výmlatku, a tím přetěžování sít. Tento způsob je výhodný při sklizni nelámavých plodin, např. ječmenu.

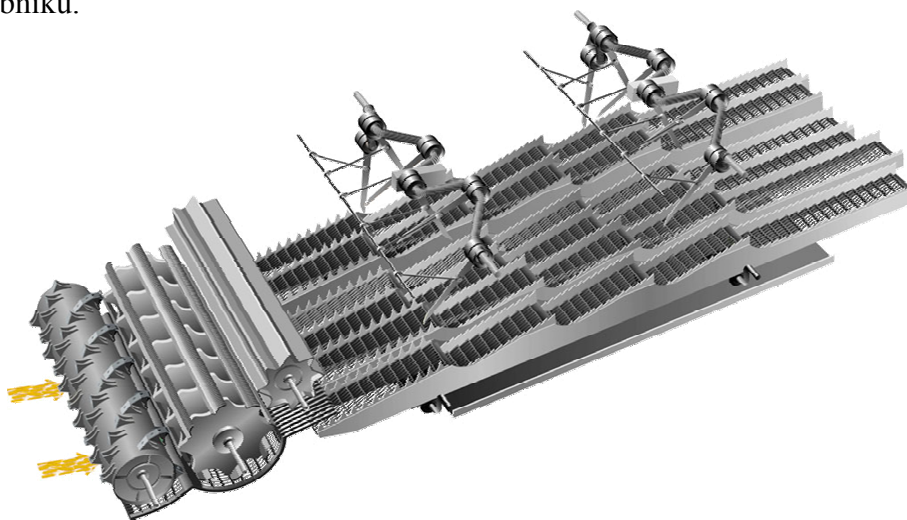
### **Rozdělení podle druhu mláticího ústrojí.**

- a) Tangenciální (nejrozšířenější).
- b) Axiální.

## Tangenciální uložení mláticího ústrojí.

Vlastní mláticí mechanismus se skládá z bubnu (jednoho či více), nejčastěji z vyrovnávacího (akceleračního), mláticího a odmítacího viz obr. 1. Vyrovnávací (akcelerační) buben srovnává vrstvu hmoty přicházející ze šikmého dopravníku a odděluje zrna od slámy, které již vypadlo v žacím stole. Průchodem materiálu mezi mláticím bubnem a košem dochází k rozrušení hmoty a k uvolnění zrna z klasů. Mláticím košem propadává 70–90 % jemného omlatu na stupňovou vynášecí desku, nebo u některých typů na soustavu šnekových dopravníků, kudy se jemný omlat dopravuje k čistidlu. Dále následuje odmítací buben, který zamezuje dalšímu unášení slámy mláticím bubnem a usměřňuje její tok na vytřasadlo. U některých typů je koš prodloužen až pod odmítací buben, který poskytuje přídatnou separaci a napomáhá hladkému toku hmoty. Sláma díky pohybu kláves vytřasadla postupuje ven z mlátičky. Během pohybu dochází k rovnoměrnému rozvrstvení a natřásání, čímž se uvolní zbytek jemného omlatu, který je přiveden před čistidlo. Pro zlepšení propadu zrna slámou se nad vytřasadlo umísťují různé čechrací mechanismy, nebo buben s výsuvnými prsty viz obr. 1.

Omlat je dopraven na čistidlo, které se skládá ze síťové skříně a vzduchového proudu od ventilátoru. Zde dojde k oddělení zrna od plev a úhrabků, které odcházejí ven z mlátičky, jež se vrací dopravníkem klásků na domláčení. Vyčištěné zrna je dopravováno dopravníkem zrna do zásobníku.



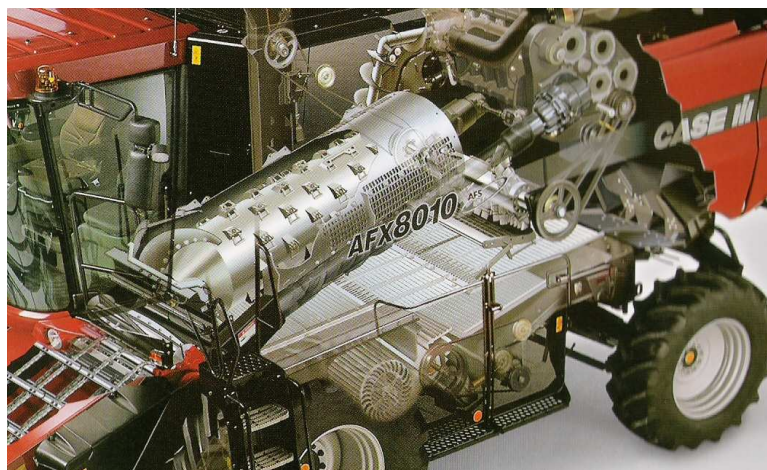
*Obr. 1 Schéma mláticího ústrojí sklízecí mlátičky CLAAS.*

## Axiální uložení mláticího ústrojí.

Sklízecí mlátičky s axiálním mláticím a separačním mechanismem se od klasických tangenciálních velmi liší. Mláticí buben je v kombajnu postaven axiálně a nutí hmotu



postupovat v ose s tímto bubnem. Mláčicí ústrojí u tohoto zařízení tvoří zpravidla pouze jeden buben, který je rozdělen do několika sekcí viz obr. 2. Šikmý dopravník, na který se připojují jednotlivé adaptéry, je odlišný, většinou také kratší a celkově menší. Od šikmého dopravníku se posečená hmota přivádí k axiálnímu mláčicímu a separačnímu mechanismu. Někteří výrobci vkládají před vlastní axiální ještě tangenciální lopatkový rotor, který vytahuje rostlinnou hmotu ze šikmého dopravníku a rychle ji vmetá do axiálního bubnu, čímž se dosahuje hladký a kontinuální tok hmoty. Lopatky vkládacího šneku v součinnosti s vodicími lištami vtahují posečenou hmotu do mezery mezi otáčejícím se kombinovaným rotorem a pevným mláčicím a separačním pláštěm. V první části rotoru dochází mezi ním a košem k mláčení, tedy k uvolňování zrna z klasů. Obilní hmota se přitom otáčí mezi rotorem a pláštěm rychlostí rovnající se asi jedné třetině obvodové rychlosti rotoru a pomocí vodicích lišt pláště axiálního rotoru je posouvána ve směru osy otáčení. V druhé části mechanismu dochází k separaci zrna ze slámy (hrubého omlatu). Průměr koše může být po celé délce stejný nebo odstupňovaný. Konstrukce, kdy se koš zvětšuje, umožňuje rostlinné hmotě expandovat při průtoku ústrojím. Prstový rotor separátoru tak využívá systém tahu a uvolňování zrna z rostlinné hmoty. Tím je omezeno navíjení slámy na rotor a na druhé straně snižuje toto uspořádání energetickou náročnost. Sláma postupuje dále stejným způsobem díky vodicím lištám z mechanismu ven (nejčastěji do drtiče) a je rozptýlena do šířky záběru sklízecí mlátičky.



*Obr. 2 Schéma axiálního mláčicího ústrojí sklízecí mlátičky CASE AFX 8010*

### **2.1 Monitorované veličiny žacího stolu.**

Na žacím stole můžeme monitorovat a řídit:

- 1) otáčky přiháněče,
- 2) záběr sklízené plodiny,
- 3) směr pojezdu sklízecí mlátičky,
- 4) nerovnosti sklízené plochy.

### **Monitorování otáček přiháněče.**

Toto monitorování se používá tam, kde je přiháněč poháněn hydromotorem. Indukční snímač otáček reaguje na vyřezané otvory v kotouči, který se otáčí s přiháněčem. Tyto impulzy snímá palubní počítač, který otvírá elektromagnetický ventil podle předem nastavených otáček. Firma CASE používá zmiňovaný palubní počítač u modelu CASE CF-80 jako samostatný prvek, který od hlavního počítače přijímá pouze impulzy o stavu zapnutí žacího stolu a impulzy ze senzoru měření rychlosti. Tento počítač podporuje plynulou regulaci otáček přiháněče nezávisle na rychlosti sklízecí mlátičky při sečení, nebo rychlost přiháněče zvyšuje na závislosti rychlosti sklízecí mlátičky při sečení.

Bohužel tato funkce postrádá několik důležitých vlastností, a proto je v praxi velmi málo používaná. Pro představu uvádím několik negativních vlastností, které jsem zaznamenal při použití této funkce. Při nastavení určitých otáček přiháněče v závislosti na pojezdové rychlosti přiháněč zrychluje neúměrně s větším nárůstem pojezdové rychlosti. To má za následek buď vytloukání semene již před žacím adaptérem, nebo naopak pokládání porostu před žací adaptér. Proto je obsluha nucena regulovat otáčky přiháněče, jako by tato funkce vůbec nebyla použita. Další negativní vlastností je téměř zastavení přiháněče při pomalém vjíždění do porostu. Z tohoto důvodu by měl tento systém mít určitou hranici minimálních otáček přiháněče. Nevýhodou je, že zmiňovaný systém pracuje správně jen při menších výchylkách rychlosti.

### **Monitorování záběru sklizené plodiny.**

Monitorování záběru u starších sklízecích mlátiček se dříve nepoužívalo. S nárůstem společností, které sklízely obilí v rámci poskytování služeb, bylo však zapotřebí začít měřit sklizenou plochu. Toto se nejdříve provádělo tzv. sáhovým měřidlem. Sáhové měřidlo je složeno ze dvou hůlek, které svírají úhel 90° a jejich konce jsou od sebe vzdáleny 2 m. Pole se muselo celé obejít tímto měřidlem a spočítat obvod pole. Podle tvaru a obvodu se poté spočítala sečená plocha. Toto řešení bylo sice velmi pracné, ale relativně přesné. Z důvodu obtížnosti se velmi rychle nahradilo pohodlnějším způsobem měření.

V roce 1978 se do České republiky začaly dovážet první sklízecí mlátičky Fortschritt E 516, které už byly vybaveny počítadlem impulzů. Na zadním kole mlátičky byl umístěn indukční senzor, který snímalo impulzy z prodlouženého šroubu zadního kola.

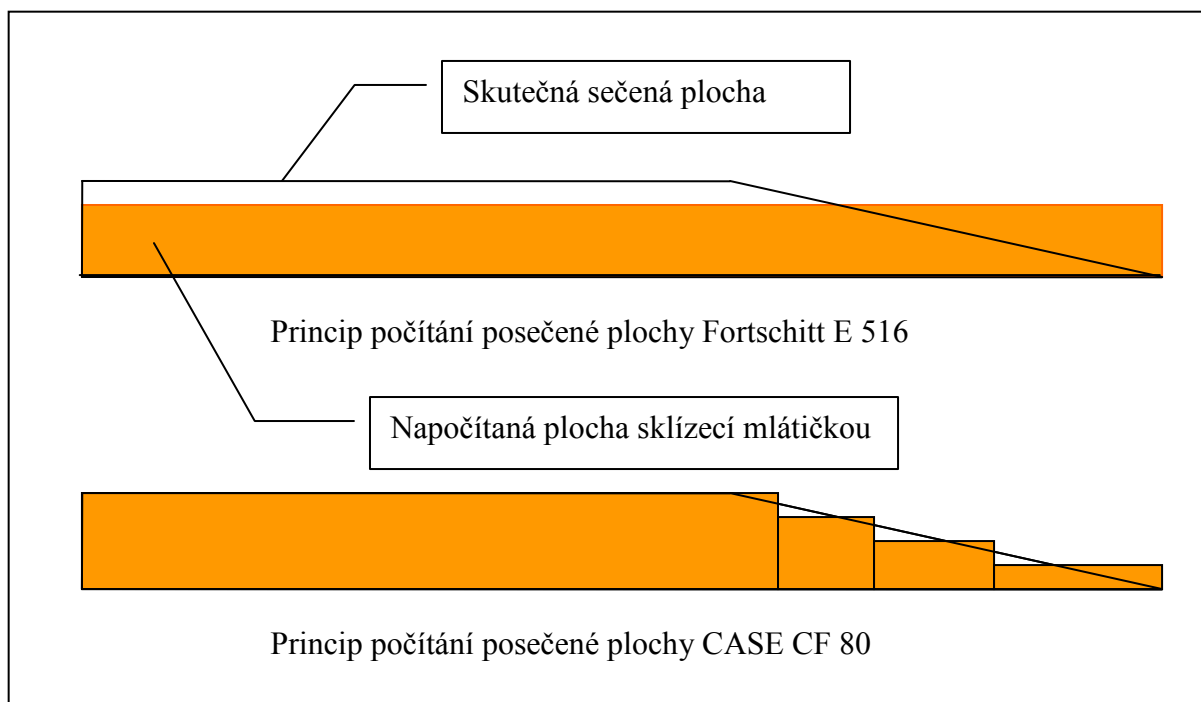
Tyto impulzy byly zpracovávány jednoduchým logickým obvodem, který dával impulzy mechanickému počítadlu. Sečená plocha se spočítá vzorcem:

$$P = \frac{2 * \pi * r * I * L * k}{10000} = [ha]$$

Kde: P = posečená plocha [ha],  
 $2 * \pi * r$  = obvod zadního kola [m],  
I = počet impulzů na počítadle [-],  
L = šířka záběru žacího stolu [m],  
k = opravný koeficient. Tento koeficient v sobě zahrnuje nevyužitou část žacího stolu při sečení a dosekávání trojúhelníkových konců [-].

V praxi obsluha ví, že 500 impulsů je 1 ha. Díky své jednoduchosti byl tento systém velmi spolehlivý, a proto dost dlouho používán.

S masivním nástupem počítačové technologie byl vytlačen modernějším systémem. Ten pracuje na stejném principu. Z kola či převodovky jsou snímány impulzy indukčním senzorem. Oproti předešlému systému je zde na jednu otáčku kola snímáno více impulzů, díky nimž můžeme přesně stanovit okamžitou rychlost mlátičky, což se s předchozím systémem neměřilo. Tyto impulzy zpracovává palubní počítač, který počítá ujetou vzdálenost, díky níž a šířce záběru žacího stolu spočítá posečenou plochu. Dnes se u moderních sklízecích mlátiček používají radarové senzory, které snímají rychlost ještě přesněji než indukční senzory. Obsluha může měnit buď po  $\frac{1}{4}$  celkové šířky žacího stolu, např. u CASE CX 80, nebo ubíráním po jednom metru z celkové šířky žacího stolu, např. New Holland řady CX. Díky těmto vlastnostem je systém schopen přesně spočítat posečenou plochu viz obr. 3. Nevýhodou je, že systém počítá se spolehlivostí obsluhy, která musí poctivě nastavovat okamžitou šířku záběru. Další chyba vzniká při nastavování šířky záběru žacího stolu. Obsluha nastaví šířku stolu, která je doporučena výrobcem, a už si neuvědomuje, že zřídka (jen při prosekávání) touto šířkou skutečně seká. Šířka stolu by se měla nastavit do palubního počítače o 100–500 mm (v závislosti na zkušenostech obsluhy) menší, než je skutečná šířka žacího stolu. Pokud obsluha udělá při kalibraci a sečení vyjmenované chyby, potom chyba při počítání může být daleko větší než při počítání starým systémem, což je patrné na obr. 3.

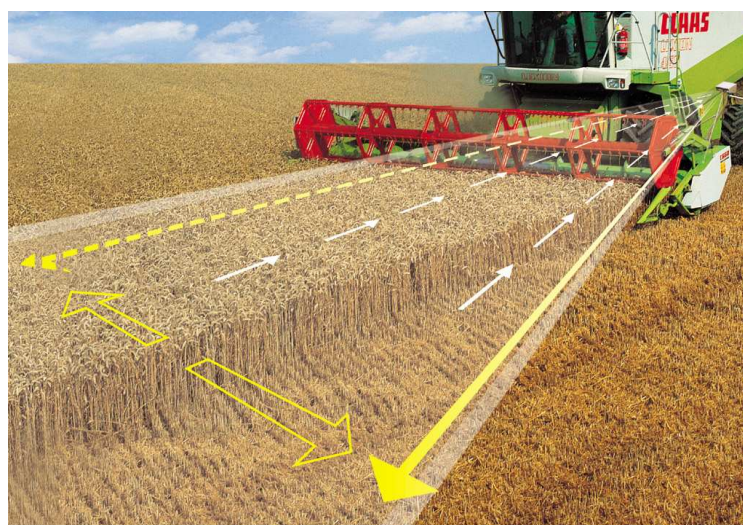


*Obr. 3 Schéma principu měření posečené plochy*

### **Automatické řízení sklízecí mlátičky při sklizni**

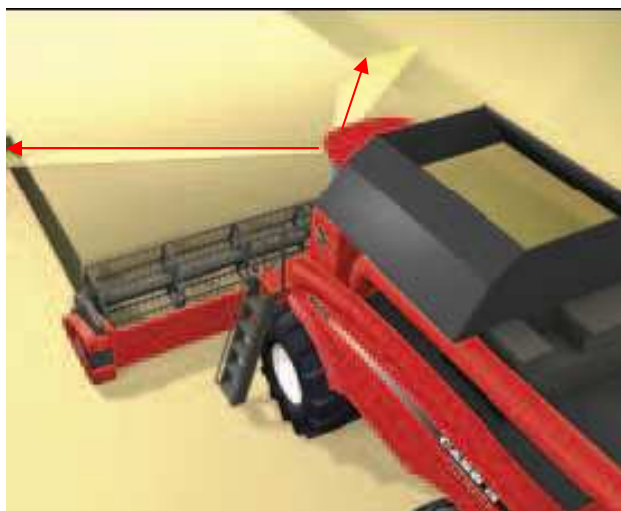
Automatické řízení sklízecí mlátičky je spojeno se systémem GPS. Tento systém začal používat CLAAS pod názvem **LASER PILOT** nebo **GPS PILOT**. Princip spočívá v rozdílu síly odraženého signálu od posečené plodiny a stojatého porostu viz obr. 4.

Paprsek je vyslán pod úhlem  $6^\circ$  do vzdálenosti 14 m. Z odraženého paprsku dokáže rozeznat polehlou plodinu od strniště, a tím zaručuje bezchybné vedení sklízecího stroje. To se dá využít při prosekávání v kolejevém řádku. Správné vedení odlehčuje značnou námahu obsluhy při řízení v prašných podmínkách a zaručuje přesnější počítání posečené plochy.



*Obr. 4 Měření hrany porostu systémem LASER PILOT u sklízecí mlátičky CLAAS LEXION 480.*

Na stejném principu je založen systém použitý u sklízecích mlátiček CASE AXIAL-FLOW. Díky umístění senzoru na levém zpětném zrcátku je tento systém, na rozdíl od předchozího systému, schopen snímat obě strany žacího stolu viz obr. 5.



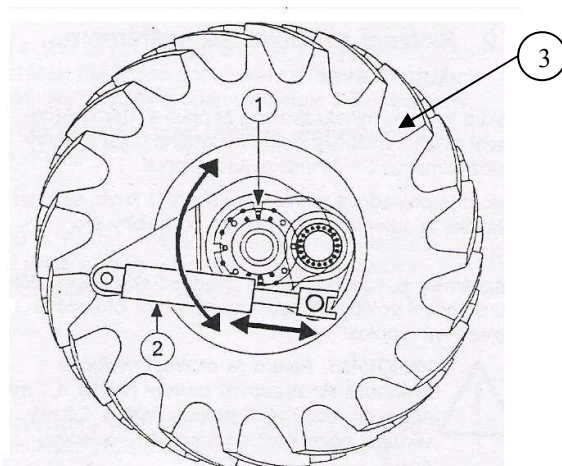
*Obr. 5 Umístění senzoru na sklízecí mlátičce CASE AF 2388 X – CLUSIVE a měření hrany porostu*

### **Monitorování nerovností sklizené plochy.**

U starších typů sklízecích mlátiček byl jejich výkon několikanásobně menší, než jsou výkony současných mlátiček. S tím je pevně spjata šířka žacího adaptéru. U adaptéru šířky 2–4 m nebylo zapotřebí jejich automatické kopírování. Obsluha regulovala pouze výšku strniště (zvedáním – spouštěním adaptéru) viz Fortschritt E 512 atd. Se zvyšováním výkonu sklízecích mlátiček bylo zapotřebí i zvýšení šířky záběru. U širokých adaptéru již nebylo možné se spokojit pouze s regulací výšky strniště, bylo zapotřebí vymyslet účinnější způsob kopírování. S tímto se vyrovnala v roce 1974 firma Fortschritt u svého modelu E 516 (sériová výroba nastala v roce 1977). Tento model má oproti svému předchůdci E 512 o 100 % vyšší výkon. Mělo to za následek i zvětšení šířky žacího stolu na 7 200 mm. V době vývoje tohoto modelu ještě nebylo možné elektronicky ovládat polohu žacího stroje v závislosti na tvaru sečené plochy. Největší výhodou tohoto zařízení je celkové zavěšení žacího adaptéru na pružinách. Adaptér po sklizené ploše klouže po tzv. plazech, kterými se zároveň nastavuje výška strniště. Nevýhodou jsou větší nároky na obsluhu, která musí vizuálně kontrolovat přítlak na plochu podle odklonění adaptéru od šikmého dopravníku.



S rychlým rozvojem elektroniky se tento systém začal nahrazovat automatickým hydraulickým kopírovacím systémem. Plně automatický systém používá například MASSEY FERGUSON řady MF 7252 – 7256, kde systém s názvem AUTO LEVEL automaticky ovládá nejen polohu žacího adaptéru vůči sklízecí mlátičce, ale také naklonění sklízecí mlátičky vůči sklonu terénu. Poloha sklízecí mlátičky se systémem AUTO LEVEL je řízena systémem DATAVISION pomocí dvou dvojitých přímočarých hydromotorů viz obr. 6. Součástí standardní výbavy sklízecích mlátiček je žací adaptér opatřený systémem AUTO LEVEL, ten reguluje výšku strniště, tlak na půdu, otáčky přiháněče, indikuje zatížení bubny a sklon mlátičky vůči vodorovné poloze. Při práci ve svahu se sklonem 12 % je mlátička schopná se vyrovnat do vodorovné polohy při rovnoběžném naklonění adaptéru s terénem. Překročí-li sklon terénu 26 %, systém DATAVISION vydá výstražný signál obsluze. Kvalita práce těchto systémů je podmíněna správnou kalibrací. Ta se provádí na rovném terénu. Z části je automatická a z části manuální.



Obr. 6 Schéma naklání mlátičky MASSEY FERGUSON řady 7252-56

- 1) koncový převod,
- 2) přímočarý hydromotor,
- 3) pneumatika.

## **2.2 Monitorované veličiny na sklízecí mlátičce.**

Na sklízecí mlátičce dnes již monitorujeme rozsáhlé množství dat. Nestačí nám jen informace o samotné sklízecí mlátičce, ale také díky stále se rozvíjejícímu trendu precizního zemědělství je žádoucí zjistit co nejvíce informací o pozemku, na kterém hospodaříme. Již naši předkové, hospodařící na malých výměrách zemědělské půdy, věděli, že výnosy jimi pěstovaných plodin mohou kolísat na různých místech obdělávaného pozemku. Tyto

informace byly dříve shromažďovány pouze k celkovému pozemku. Již v roce 1929 Linsley a Bauer upozorňovali na velkou rozdílnost a kvalitu zemědělské půdy, a že těmto rozdílům by mělo být přizpůsobeno i její obdělávání, ale také doplňování nezbytných hnojiv. Bohužel v té době nebylo žádné zařízení, které by toto umožňovalo. V roce 1984 Schafer a kol. představil místně rozdílné zpracování půdy, ve kterém byla práce kypřičů řízena v závislosti pozice stroje. Celý proces aplikace v reálném čase probýhal na pozemku v závislosti na poloze a aplikační mapy. Dnes díky zavedení systému GPS (global positioning systém) a DGPS již můžeme monitorovat výnos přímo na daném místě, kde plodina rostla, a díky tomu aplikovat hnojiva a jiné prostředky přímo na dané místo v potřebném množství. V rámci disertační práce byl v roce 1997 na katedře využití strojů ČZU v Praze uveden do provozu systém pro tvorbu výnosových map pozemků. K měření byla použita sklízecí mlátička Claas Mega 208 a palubní počítač tzv. modul ACT (Agro Com Terminal). Tento modul byl určen k dodatečnému vybavení již stávajících sklízecích mlátiček a ostatních zemědělských strojů. Bylo možné jej nainstalovat na jakýkoli druh sklízecí mlátičky. Systém určování polohy GPS (popřípadě DGPS) spolu se senzory pro snímání okamžitého výnosu zrna, vlhkosti a příčného náklonu sklízecí mlátičky umožňují sběr dat pro výnosové mapy. Program v palubním počítači nabízí nejen vytváření výnosových map pozemků a jejich hraničních linií, ale i bezdrátové propojení stroje s řídicím pracovištěm či odebrání půdních vzorků a lokalizování polohy. Modul ACT dokáže také řídit celý proces aplikace v reálném čase na pozemku v závislosti na okamžité poloze dle aplikační mapy.

Na sklízecích mlátičkách můžeme monitorovat:

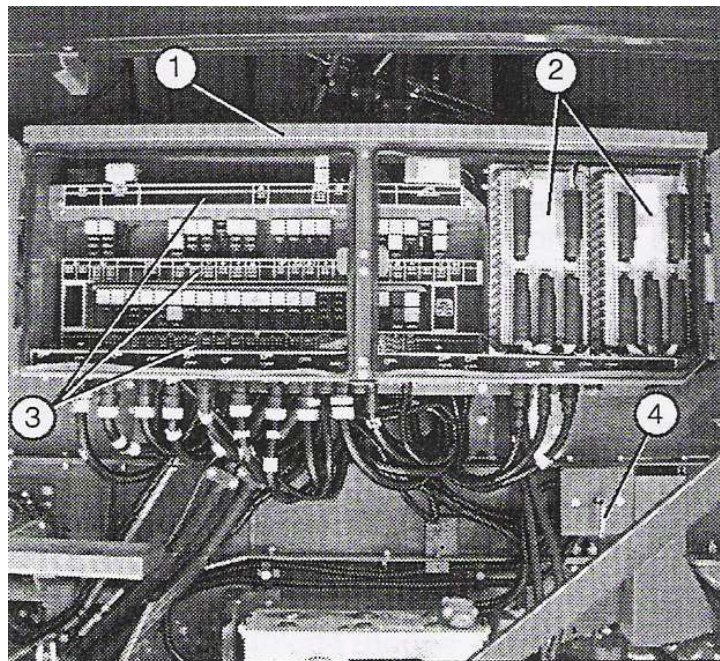
- 1) otáčky jednotlivých pohonů,
- 2) tlaky v hydraulických soustavách,
- 3) pozici a stav jednotlivých zařízení,
- 4) výdrol sklizené plodiny,
- 5) okamžitý výnos, vlhkost sklizené Plodiny,
- 6) polohu, stav zralosti celé rostliny,
- 7) posečenou plochu.

### **Možnosti monitorování otáček jednotlivých hřídelů na sklízecí mlátičce.**

U prvních sklízecích mlátiček byl počet hřídelů velmi omezený. Kombajn nebyl vybaven žádnou kabinou a obsluha téměř „slyšela“ chod jednotlivých hřídelů. Závadu zkušená obsluha rozeznávala hlavně podle sluchu. S rozvíjející se technologií a zvyšováním pohodlí obsluhy



bylo zapotřebí vymyslet systém monitorování jednotlivých hřídelů. S tím přišla jako první na český trh firma FORTSCHITT se svým modelem E 516, kde se monitorovaly indukčním senzorem otáčky zrnového a kláskového elevátoru, otáčky vyřasadel, motoru, mláticího bubnu, popřípadě (byla-li tím sklízecí mlátička vybavena) otáčky drtiče slámy. Dále E 516 monitorovala otáčky zadního kola, a tím měřila pojezdovou rychlost. S nástupem palubních počítačů použitých ve sklízecích mlátičkách (např. systém DATAVISION viz obr. 7) byl tento systém vytlačen. Dnes můžeme monitorovat všechny hřídele, které se otáčejí nebo nějak pohybují. To by však značně zvyšovalo cenu sklízecí mlátičky, proto se monitorují poslední hřídele, které jsou hnány od jiného hřídele, který není monitorován. Tudíž dnešní sklízecí mlátičky monitorují tyto hřídele: otáčky horní hřídele šikmého dopravníku (jen u CASE), otáčky mláticího bubnu, odmítacího bubnu (záleží na konstrukci), otáčky zrnového, kláskového elevátoru(ů), otáčky vyřasadel, ventilátoru, drtiče slámy a motoru.



*Obr. 7 Palubní počítač DATAVISION sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON*

- 1) hermeticky uzavřená schránka,
- 2) elektrický rozvaděč (relé, pojistky a ostatní funkce),
- 3) modulová skříň systému DATAVISION,
- 4) označení funkcí relé v elektrickém rozvaděči,
- 5) hlavní spínač akumulátorů.

### **Možnosti monitorování tlaků oleje v hydraulických soustavách.**

Pro snímání tlaků oleje v hydraulických soustavách se používají dva typy senzorů:

- a) senzor s kontakty,
- b) piezorezistivní senzor.

Senzor s kontakty sepne kontakty jen při dosažení určitého tlaku v soustavě (např. tlak oleje v motoru). Piezorezistivní senzory převádějí tlakové změny na elektrický signál. Senzor pracuje na principu změny svého odporu při jeho stlačení. Na pružné destičce je nanášeno křemíkové vlákno, které při změně tvaru destičky mění svůj odpor. Výstup snímá palubní počítač. Tyto senzory se využívají např. při nastavování přitlaku žacího stolu na půdu.

### **Možnosti monitorování polohy jednotlivých mechanismů.**

Pro monitorování stavů jednotlivých zařízení se používají různé senzory v závislosti na druhu veličiny, kterou chceme měřit. V zásadě zjišťujeme polohu v jednotlivých koncových polohách nebo průběžně v celém rozsahu polohy zařízení. Koncové polohy monitorujeme např. u spuštění šikmého dopravníku, čímž se zapne počítání hektarů, vyklápění výložníku na vysypání obilovin nebo sklopení desky nad drtičem, a tím vytváření řádku. Zde se používají indukční senzory nebo mechanické přepínače. Výstup z těchto senzorů zpracovává palubní počítač. Pro průběžné měření polohy se zpravidla používá potenciometrický senzor. Je to celkem levné a přesné měření polohy. Používá se v měření polohy žacího adaptéru vůči sklízecí mlátičce a vůči povrchu pozemku.

### **Možnosti monitorování výdrolu sklizených plodin.**

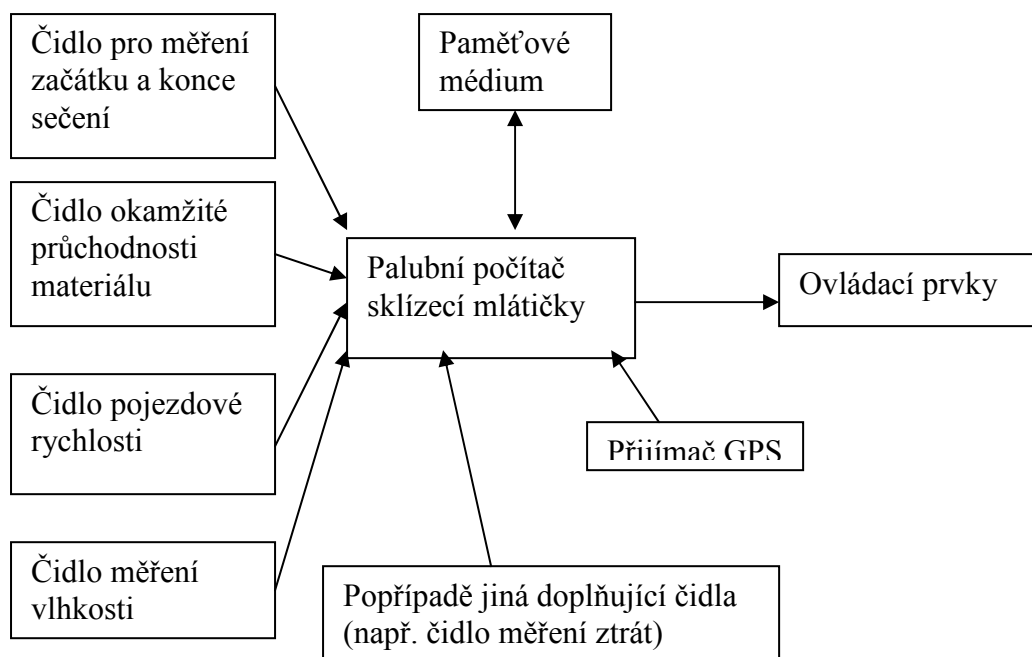
Monitorování výdrolu se provádí piezoelektrickými senzory. Tyto senzory jsou buď válcového tvaru, nebo (častěji používaná) ve tvaru dopadové desky. Pro správný chod těchto senzorů se musí správně nastavit jejich citlivost. U starších typů se citlivost nastavovala pouze tří polohovým přepínačem (např. u Fortschitt E516, CASE řady CF). Citlivost se volila podle velikosti zrna sklizené obilniny. U moderních sklízecích mlátiček se tato citlivost nastavuje podle sečené plodiny. Obsluha zadá do palubního počítače druh sklizené plodiny, který poté nastaví jak citlivost ztrátoměrů, tak otáčky jednotlivých hřídelů. Následovně se obsluha při sečení musí jít přesvědčit, zda opravdu ztráty odpovídají tomu, co ukazuje počítač. (Pro snazší

určení ztrát můžeme spočítat počet semen na velikost dlaně. Jednoduchým výpočtem lze dokázat, že při výnosu např. pšenice 6 t/ha, záběru žacího stolu 6,6 m, při ztrátách 3 %, na velikost 150 mm<sup>2</sup> připadne 6–8 zrněk pšenice. Tento výdrol byl počítán při rozptylu posklizňového zbytku v šířce 3m. Toto měření se musí provádět na více místech. V případě nesouladu palubního počítače a reality musí obsluha změnit rozsah měření v palubním počítači.

### **Možnosti monitorování okamžitého výnosu.**

Mapování výnosů polních plodin je základní prvek precizního zemědělství. Při vytváření výnosových map je vstupním elementem okamžitý výnos. Z těchto důvodů se při vyvíjení výnosových map začalo u sklízecích mlátiček. Již od roku 1993 se staly v zemědělství komerčně dostupné výnosové monitory. Pracují na různých principech měření okamžitého výnosu. Všechny jsou však umístěny mezi výstupem vyčištěného zrna z čistícího zařízení a zrnového zásobníku sklízecí mlátičky. Vždy se skládají z čidla okamžité průchodnosti materiálu, přijímače (D)GPS a palubního počítače. Blokované schéma celého zařízení je na obr. 8. Pro zdokonalení mapování výnosů bylo vyvinuto hned několik systémů, které se dodnes používají. Jejich hlavní rozdíl spočívá v různém principu měření okamžité průchodnosti sklizeného materiálu.

Výnosová čidla pracují na hmotnostním a objemovém principu měření. Největší problém těchto systémů spočívá v přesném určení pozice sklizené plodiny. Tyto nepřesnosti vznikají nedostatečným určením polohy sklízecí mlátičky, v určování okamžité průchodnosti, ale i vlivem obsluhy. Největší problém při vytváření výnosových map tvoří kalibrace jednotlivých systémů. Další významné zdroje nepřesností jsou: nedodržení stejného pracovního záběru stroje, časová prodleva a nerovnoměrnost průchodu materiálu od žacího válu k místu měření, prudká změna pojezdové rychlosti při sklizni, malá výměra sklizené plochy atd. Kalibrace těchto systémů je doporučována v různých průchodnostech, a to i v případě, že výrobce doporučuje kalibraci pouze při jedné průchodnosti. Čidla založená na principu hmotnostního měření jsou přesnější než čidla založená na objemovém měření (přesnost není tolik ovlivněna posklizňovými zbytky). Nejpresnější výnosová čidla při měření okamžité průchodnosti jsou – se svojí přesností 2 % – čidla radiační. V současnosti jsou u sklízecích mlátiček nejrozšířenější čidla nárazová, tato čidla pracují s přesností 5 % v závislosti na kvalitě kalibrace.



Obr. 8 Blokové schéma výnosového monitoru používaného u sklízecích mlátiček.

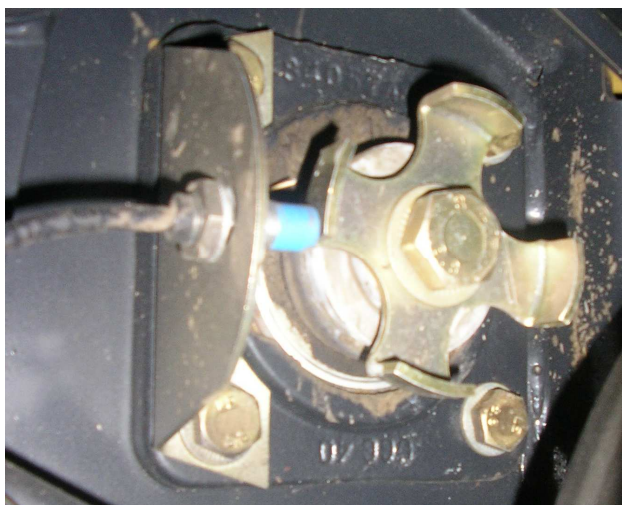
### **3. Používané systémy a metody pro monitorování veličin na sklízecích mlátičkách. Čidla a jejich principy práce.**

Systémy používané na sklízecích mlátičkách jsou si vcelku dost podobné. Zpravidla pracují na stejném, nebo na podobném principu zjišťování dat. Rozdíl bývá v principu změření dané veličiny. Například nerovnost povrchu sklizené plochy se měří tzv. plazy, které kloužou po povrchu plochy, a tím ji kopírují. Měří se okamžitá vzdálenost od žacího stolu k plazu. Tato vzdálenost se může měřit potenciometry nebo ultrazvukovými čidly. Čidla pro toto měření se stále zdokonalují a vyvíjejí. Tím vzrůstá jejich přesnost měření a začínají se uplatňovat systémy, které dříve nebylo možné použít kvůli nepřesnému změření potřebných veličin viz zavedení systému DGPS.

#### **Princip práce indukčního čidla.**

Čidlo pracuje na principu elektromagnetické indukce. Obsahuje cívku s jádrem, kterou prochází magnetické pole buzené permanentním magnetem uvnitř čidla. Magnetický tok procházející cívku závisí na magnetickém odporu magnetického obvodu. Protože je magnetický obvod otevřený, ovlivňují silně jeho odpor ferromagnetické materiály v okolí

sondy, a to nejen v čele, ale i po jejích stranách. Pohyb těchto materiálů vyvolává změny magnetického toku, a ty indukují v cínce elektrický proud, který vyhodnocuje palubní počítač. Počet impulzů na jednu otáčku se volí v závislosti na rychlosti hřídele a na přesnosti měření. Čidlo by mělo být umístěno od otáčejícího se ferromagnetického materiálu tři až deset milimetrů viz obr. 9. Toto čidlo se používá nejen u monitorování otáček hřídelů (otáčky horní hřídele šikmého dopravníku, mláticího bubnu, odmítacího bubnu, motoru, vytřasadel a jiných dopravníků), ale také jako koncové čidlo například u výložníku, dolní polohy šikmého dopravníku atd.

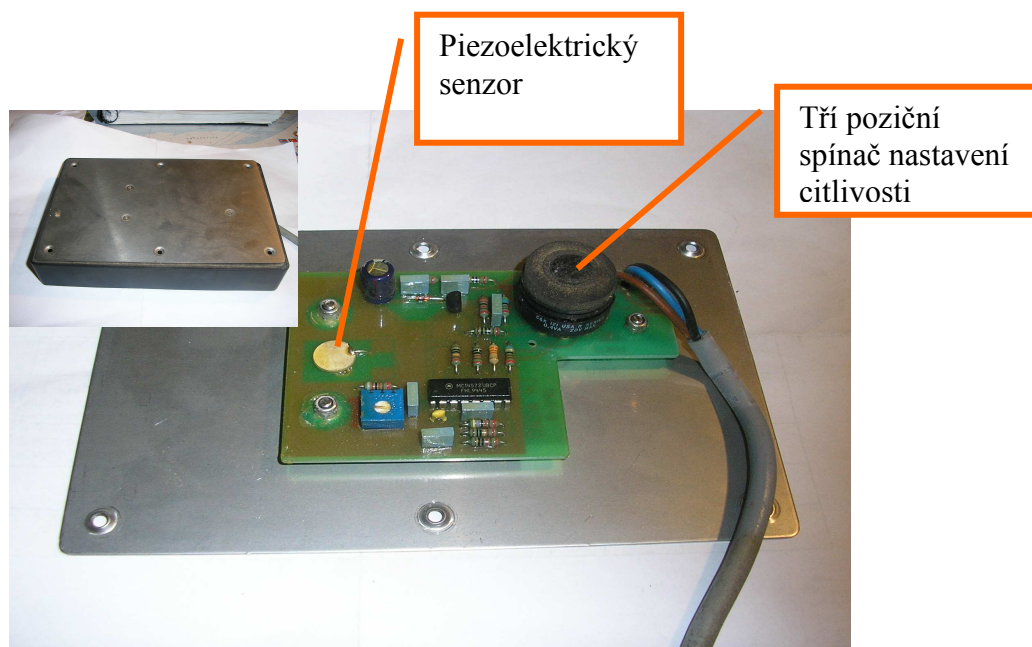


*Obr. 9 Monitorování otáček odmítacího bubnu u sklízecí mlátičky  
NEW HOLLAND CX 760 a umístění senzoru.*

### **Princip práce piezoelektrického snímače.**

Piezoelektrický jev byl poprvé objeven v roce 1880. V roce 1950 se začal uplatňovat v průmyslových odvětvích. Jeho název vznikl z řeckého slova piezein – tláčit. Dnes se tohoto jevu bohatě využívá i v zemědělské výrobě. Piezoelektrické snímače se u sklízecích mlátiček používají jako ztrátoměry, kde na snímač dopadají tvrdá zrnka obilniny. Vlivem piezoelektrického jevu se na elektrodách indukují elektrické napětí. Toto napětí vzrůstá s počtem zrn spadlých na snímač. Tento jev se dá také využít jako kamenný lapač. Tok hmoty materiálu se láme o snímač, v případě vniknutí kamene do materiálu kámen narazí do desky snímače, která vyšle impulz palubnímu počítači. Ten poté zastaví příslušnou část stroje, aby nedošlo k jeho poškození. Snímač je tvořen monokrystalickým křemenem nebo Seignettovou solí (larochellská sůl, tetrahydrát vlnanu draselno-sodného  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). Krystaly jsou orientovány rovnoběžně s vodorovnou osou krystalu. Tímto způsobem vrstvení krystalů vznikne destička, jejíž stěny se opatří vodivými elektrodami. Tím vznikne kondenzátor, jehož

dielektrikem je sůl. Začne-li na tento snímač působit síla  $F$ , objeví se na jeho elektrodách elektrické napětí s nábojem  $Q$ . Náboj  $Q$  je přímo úměrný síle  $F$ . Proto platí  $Q=k \times F$ , kde  $k$  je konstanta upravující lineární závislost  $Q$  na  $F$ . Jelikož tento piezoelektrický snímač představuje zdroj s vysokým vnitřním odporem, musí se jeho výstupní signál ještě zesílit impedančním transformátorem. Samotný snímač je jednoduché zařízení viz obr. 10.



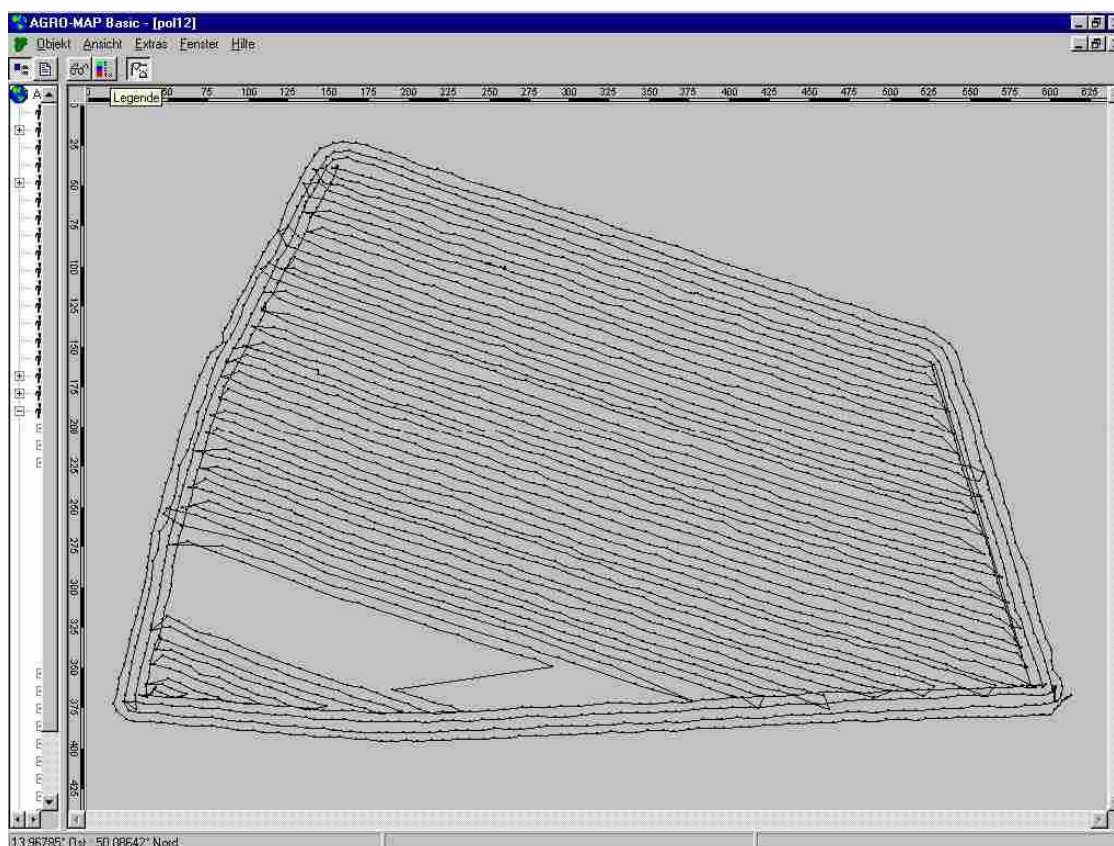
Obr. 10 Piezoelektrický senzor měření ztrát LH AGRO DK-9440

### Princip tvorby výnosových map.

Princip tvorby výnosových map spočívá v přesném určení okamžité polohy sklízecí mlátičky a její okamžité průchodnosti. Tyto údaje se zaznamenávají na paměťové médium. Toto médium je zpravidla v podobě přenosné Flash paměti či čipové karty PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association). Ta se poté nechá přenést do stolního počítače, kde výsledky zpracuje příslušný program (např. Agromap Basic). Program Agromap Basic je složen ze dvou částí. První obstarává správu zakázek a datovou komunikaci s externím datovým nosičem. Ve druhé části uživatel vytváří výnosovou mapu pozemku, hraniční linie a mapu hnojení. Toto je možné vytvářet nad příslušnou fotografickou mapou. Datová výměna mezi programovými díly je tvořena prostřednictvím společné databáze. Po načtení dat z přenosového média se nám zobrazí výnosová data viz obr. 11, kde máme zobrazeny jednotlivé jízdy sklízecí mlátičky po pozemku. K nim jsou přiřazena



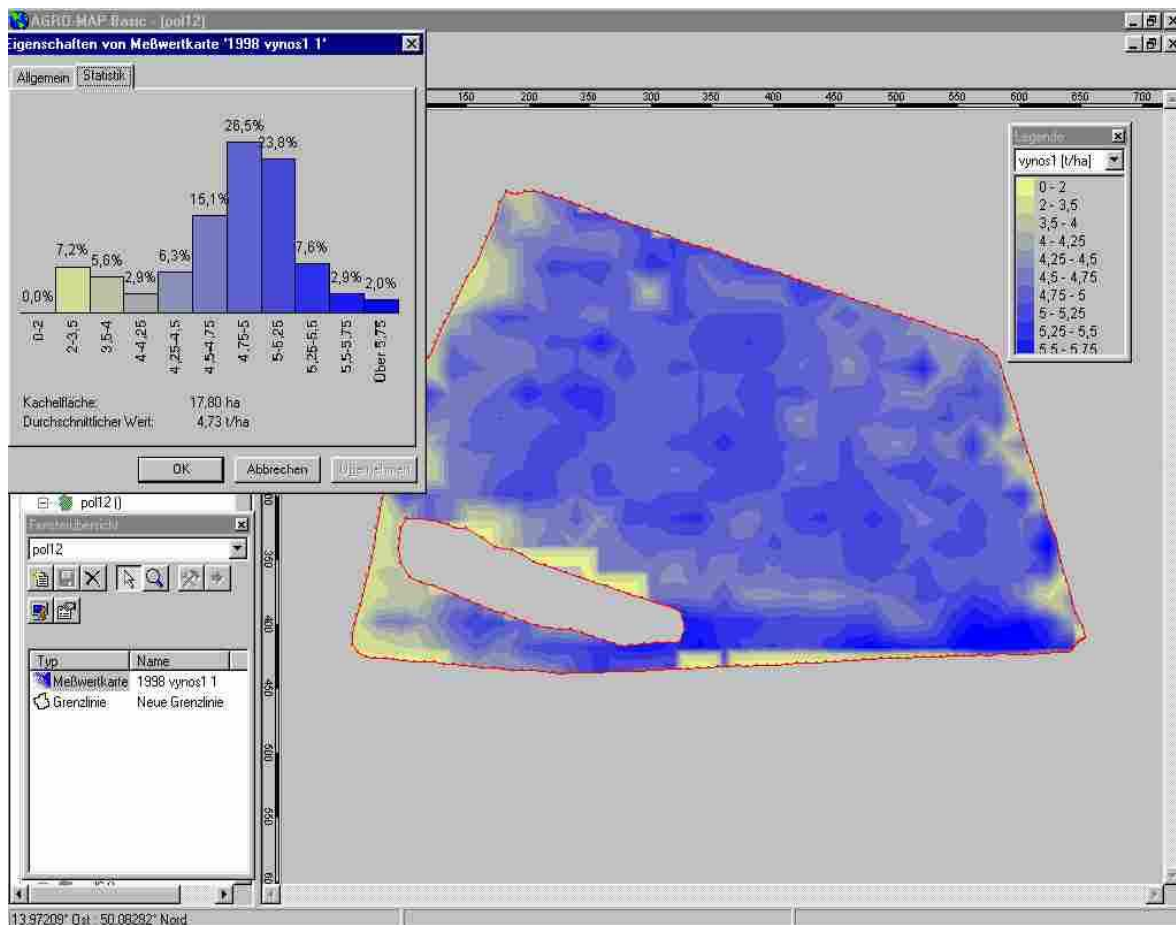
v jednotlivých bodech příslušná data o výnosech. Následovně se vytvoří hranice pozemku, k čemuž může pomoci fotomapa pozemku.



*Obr. 11 Výnosová data v systému AGRO-MAP Basic (tečky znázorňují uložená data).*

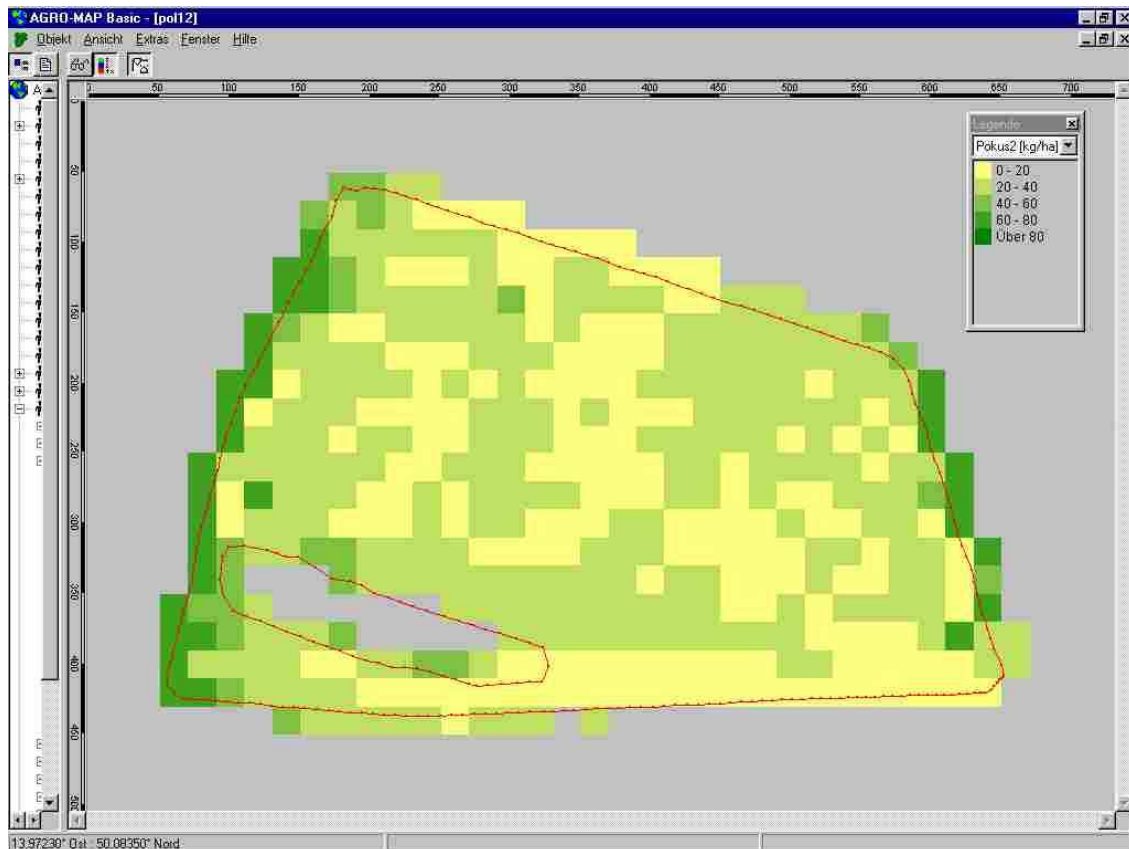
Při jasně vytyčených hranicích pozemku převedeme tato data na výnosovou mapu. Na této mapě je velikost výnosu rozlišena barevným schématem podle předem zadané škály viz obr. 12. Při tvorbě této mapy je matematickým výpočtem rozpočítána velikost výnosů v jednotlivých částech pozemku. Dále si můžeme zobrazit statistiky (jak velký výnos je na pozemku nejčastější atd.).





Obr. 12 Výnosová mapa pozemku v systému AGRO-MAP Basic.

Je důležité si uvědomit, že tato mapa nezobrazuje jen výnos ovlivněný úrodností půdy, ale i výnos ovlivněný škůdci, chorobami a plevely. Tyto vlivy, které ovlivňovaly výnos, se musí zmapovat a určit, jakou měrou se podílely na snížení výnosů. Při přesné lokalizaci pozemku se zmíněné vlivy zaznamenávají jednotlivými měřeními (např. utužování půdy, výskyt plevelů, výskyt houbových chorob atd.). Podle těchto vlivů se vytvoří aplikační mapa hnojiv a ochrany rostlin viz obr. 13. Toto řešení značně snižuje náklady na aplikační prostředky. Firma MJM s.r.o Litovel má v České republice největší zkušenosti s tvorbou aplikačních map. Používá systém Solecion, který je založen na principu mapování zásob živin, druhu půdy a půdní reakce. Hnojení provádí s aplikátory Terra-Gator, které s využitím aplikačních map zaručují přesné dávkování.



*Obr. 13 Aplikační mapa v AGRO-MAP Basic.*

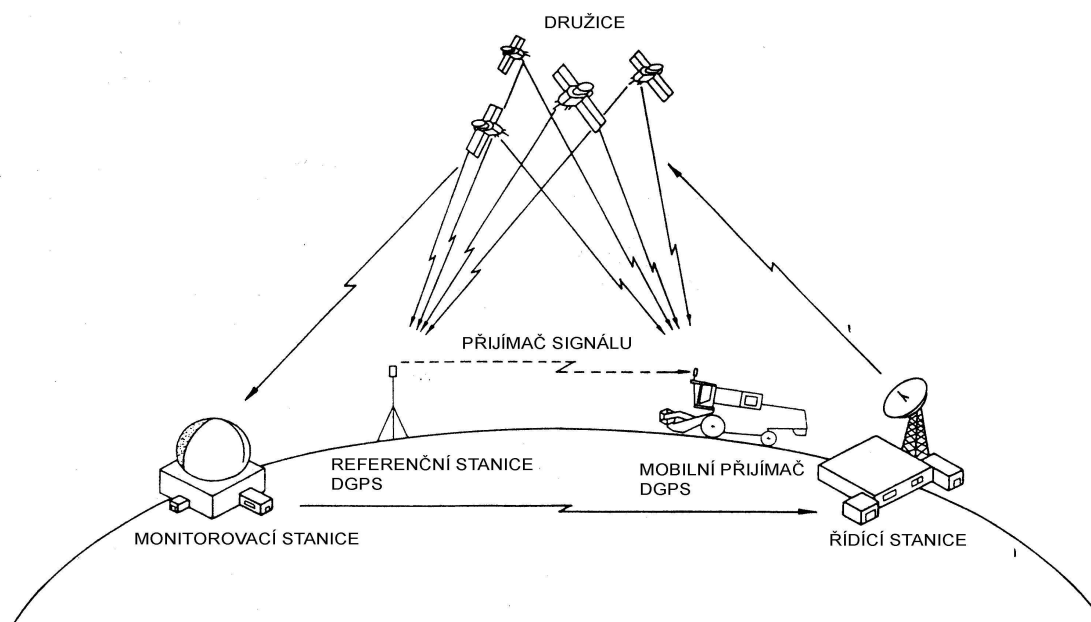
Pro monitorování okamžitého výnosu používají výrobci svůj vlastní systém, který je založen na různých principech měření. Claas používá systém QUANTIMETER, Massey Ferguson používá systém Auto Level.

### **System GPS.**

System GPS je založen na práci 24 satelitů, které krouží okolo země po orbitální dráze ve výšce 20 000 km. Sklon jejich drah vzhledem k rovníku je 55° a doba oběhu je 12 hodin. Dalo by se říci, že jsou družice jakýmsi radiovým majákem na oběžné dráze, které nepřetržitě vysílají informaci o své poloze v kmitočtu 1,5 GHz. Tento systém byl vyvinut původně pro vojenské účely ministerstvem obrany USA. Satelity vysílají signál lze zachytit jen speciálními přijímači. Tyto přijímače musí zachytit signál nejméně čtyř satelitů, aby byly schopny určit svoji polohu na Zemi. Poloha se zjišťuje použitím trigonometrické procedury, pod podmínkou znalosti přesného času satelitů. Z tohoto důvodu jsou satelity vybaveny přesnými atomovými hodinami, aby byly schopny vyslat signál ve stejnou dobu k Zemi. Tento signál se blíží k Zemi rychlostí světla. Se znalostí času a rychlosti šíření signálu lze pomocí tří satelitů určit přesnou polohu libovolného bodu. Čtvrtý satelit slouží k upřesnění pozice, aby nedošlo k určení pozice v imaginárním bodě (mimo zemský povrch). V minulosti

byl tento signál rušen ministerstvem obrany USA, což negativně ovlivňovalo určení pozice přijímače. Dnes tento signál ruší jen okamžité vlastnosti atmosféry. Což zneprůstňovalo příjem GPS signálu natolik, že nám tento výsledek při tvorbě výnosových map nestačí. Z tohoto důvodu byl tento systém doplněn ještě jedním diferenčním signálem. Tento signál může přijímač akceptovat z pozemské referenční stanice nebo z tzv. stacionární družice. Signál vysílá rozdíly naměřených hodnot ovlivněnými atmosférou od hodnot bez vlivu atmosféry. Využívání těchto stanic pro zpřesnění signálu je zpoplatněno. U pozemních stanic je cena za využívání levnější než u stacionární družice. Bohužel mají tyto stanice oproti družici jen omezený dosah. Pokud přijímač akceptuje signál ze systému GPS a diferenční signál, hovoříme o systému se signálem DGPS.

Přijímače systému DGPS jsou dnes schopny určit svoji polohu s přesností několika desítek milimetrů v závislosti na jeho kvalitě a zeměpisné poloze. Tato přesnost již vyhovuje použití při tvorbě výnosových map. Princip tohoto systému je vyznačen na obr. 14. Diferenční signál je možné v ČR získat buď v pásmu dlouhých vln na kmitočtu 111,8 kHz z vysílače v Poděbradech, nebo prostřednictvím světové sítě diferenčních stanic RACAL, původně určených k navigaci lodí. První způsob byl relativně levný (5 000 Kč na čtvrtletí), ale bohužel vysílací časy nebyly pro zemědělství dostatečně přesné. Oproti tomu druhý způsob byl značně dražší (22 000 Kč za rok). Minimální přesnost určování polohy stroje při výrobě a používání výnosových či aplikačních map je 1 až 1,5 m. Moderní GPS přijímače již tuto hodnotu jsou schopny spolehlivě splnit i s rušením atmosférických vlivů. Tím nám odpadá nutnost příjmu diferenčního signálu při tvorbě výnosových map. Systém DGPS se pro tento účel používá jen ve velmi členitých terénech, kde by hrozilo přerušení příjmu signálu některého ze čtyř satelitů. Což znamená určitou finanční úsporu. Pro automatické řízení stroje po pozemku samotný GPS signál stále nestačí, a proto je zde nutnost ho doplnit o diferenční signál. Tím nám vzroste přesnost určení polohy na cca 100 mm. Ceny za příjem DGPS signálu jsou dnes rozděleny na několik tarifních tříd. Příjem si můžeme předplatit na měsíc, čtvrtletí, rok, či několik let do předu. Dále se cena odvíjí od lokality, kde budeme moci signál přijímat. Levnější varianta je předplacení jen určité oblasti. Dražší variantou je předplacení pro celou Českou republiku. Cena za příjem tohoto signálu pro celou Českou republiku se pohybuje od 2 000 do 3 000 eur, tj. od 50 000 do 75 000 Kč.



*Obr. 14 Schéma principu práce družicového navigačního systému DGPS používaného pro potřeby precízního zemědělství*

Při tvorbě výnosových map je již dostatečně vyřešena problematika s určením přesné polohy sklízecí mlátičky. Největší problém nám stále činí přesné určení okamžité průchodnosti materiálu sklizňovým strojem. Sice dnes již existuje mnoho výnosových čidel založených na různých principech, která jsou ještě korigovaná příčným náklonem sklízecí mlátičky, ale jejich výsledky nejsou zcela uspokojivě přesné. Z tohoto důvodu výrobci sklízecích mlátiček stále vyvíjejí nová čidla založená na nových principech měření. Velký problém tvoří rozdílné charakteristiky zrna jednotlivých plodin.

### **Objemové měření okamžitých výnosů.**

Objemové měření je založeno na principu měření objemu zrna před vstupem do násypky.

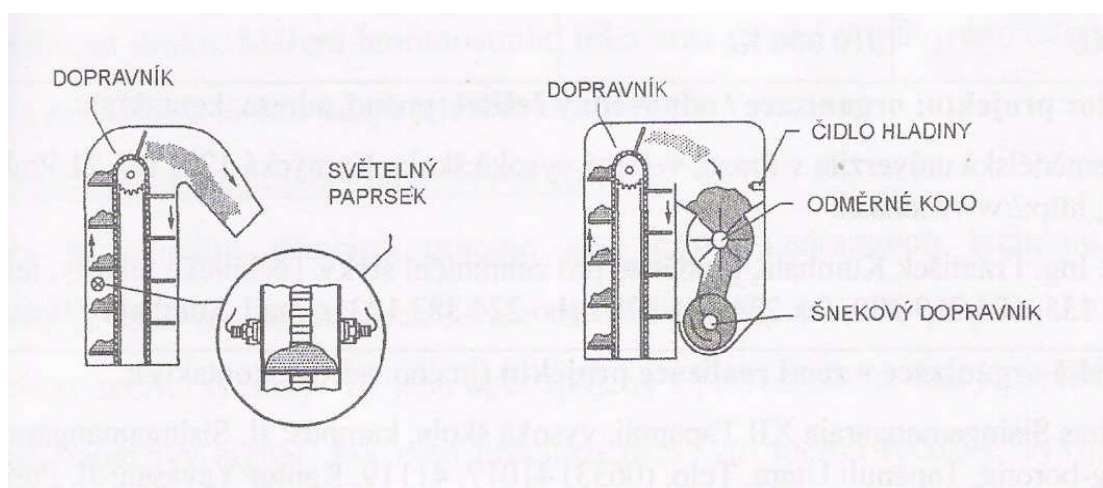
### **Měření objemu zrna světelným paprskem (Systém CEBIS).**

Princip tohoto systému spočívá v měření doby přerušení světelného paprsku. Světelný paprsek je vysílán žárovkou, ta je umístěna v korečkovém dopravníku zrna před vstupem do násypky. Proti žárovce na druhé straně je umístěn detektor viz obr. 15. Pokud korečkový dopravník je zapnut bez zrna, tak detektor přijímá konstantní signál (lopatka je příliš úzká na to, aby přerušila paprsek). Pokud se dopravníkem začne dopravovat zrno, světelný paprsek se

začne přerušovat. Doba přerušení je přímo úměrná rychlosti pásu a výšce sloupce zrna nad lopatkou. Když změříme dobu oslabeného signálu, a jestliže známe obsah podstavy měřeného sloupce zrna z rychlostí pásu, můžeme určit objem sloupce zrna nad lopatkou. Abychom zjistili okamžitý výnos, musíme toto měření doplnit o údaje vlhkosti zrna. Tato kombinace je schopná měřit okamžitý výnos s dobrou přesností cca šest procent. Popsaný systém používá firma RDS u systému Ceres.

### **Měření objemu zrna pomocí odměrného kola.**

Měření okamžitého výnosu pomocí odměrného kola pracuje na principu známého objemu mezi lopatkami. Počítáme počet otáček vykonaných odměrným kolem a násobíme je velikostí prostoru mezi lopatkami a počtem lopatek. Odměrné kolo je poháněno elektromotorem. Pro správné odměřování musí být prostor mezi lopatkami zcela zaplněn, a zároveň odměrné kolo musí stíhat odměřovat zrna, které přivede dopravník viz obr. 15. Z tohoto důvodu je nad odměrným kolem umístěn vyrovnávací zásobník, který zaručuje řádné plnění mezilopatkového prostoru. Ve vyrovnávacím zásobníku je ještě umístěn senzor pro měření hladiny zrna. Pokud je dostatečně velká hladina zrna nad odměrným kolem, senzor dovolí jeho otočení. To zaručuje správné plnění mezilopatkového prostoru. S tímto systémem experimentovala firma Claas (a jiné). Vyrobila několik prototypů, ale kvůli své velké nepřesnosti raději od tohoto systému opustila.



*Obr. 15 Čidla pracující na objemovém principu měření. Vlevo čidlo pracující na principu světelného paprsku, vpravo čidlo s lopatkovým odměrným kolem.*

## **Měření okamžitého výnosu založeno na principu měření hmotnosti.**

Tyto druhy měření pracují na principu měření hmotnosti prošlého zrna. Statické měření hmotnosti není dost možné realizovat ve sklízecí mlátičce. Jelikož zrno ve sklízecí mlátičce je celou svou cestu v pohybu, nabízí se možnost měření okamžité hmotnosti zrna z hybnosti toku zrna. Jako další možnost měření okamžité hmotnosti se nabízí měření pomocí úbytků záření procházejícího tokem zrna. V praxi se jako nejvýhodnější ukázalo radiační záření viz dále.

### **Měření hmotnosti zrna pomocí radiačního čidla.**

Princip tohoto měření spočívá v měření oslabeného radiačního záření vrstvou zrna dopravovaného do zásobníku. Detektor záření je umístěn těsně nad výstupem dopravníku vyčištěného zrna viz obr. 16A. Zdroj radiačního záření je umístěn přesně pod výpadem zrna proti radiačnímu čidlu. Radiační čidlo měří množství radiačního záření, které projde zrnem. Část tohoto záření je pohlcena procházejícím zrnem. Úbytek radiačního záření je přímo úměrný množství prošlého zrna. Jestliže mezi přijímačem a vysílačem neprochází žádné zrno, dochází k autokalibraci systému. Díky tomu pracuje toto čidlo s nejmenší chybou měření (maximálně do dvou procent). Toto měření musí být také doplněno vlhkostním čidlem, aby bylo možné určit okamžitý výnos. Tento systém začala používat firma Massey Ferguson, ale měla určité problémy se schválením do sériové výroby.

### **Měření hmotnosti zrna pomocí nárazových tyčinek**

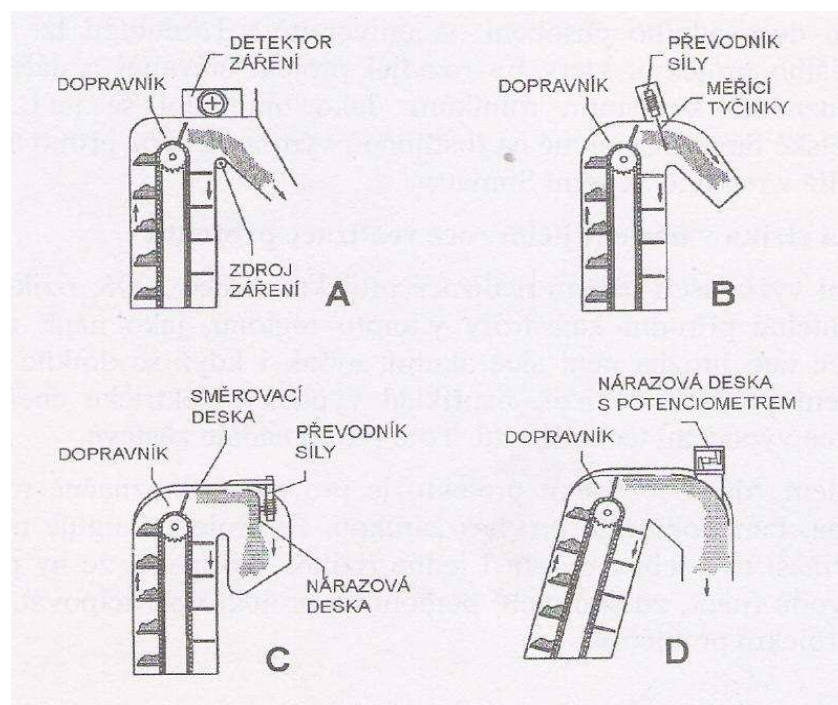
Čidlo pracuje na principu měření kinetické energie toku zrna narážejícího na měřicí tyčinku. Toto čidlo je opět umístěno na konci korečkového dopravníku. Tok proudu zrna naráží na měřicí tyčinku viz obr. 16B (čím větší tok, tím větší síla působí na tyčinku.), a tím ji vychyluje z původního stavu. Síla působící na tyčinku je převáděna na elektrický impulz pomocí převodníku. Aby naměřené údaje byli co možná nejspolehlivější, je na konci dopravníku umístěno několik tyčinek v řadě vedle sebe, aby proměřili celý průměr toku zrna. Výsledky se z jednotlivých tyčinek zprůměrují. Jako ostatní systémy musí být i tento systém doplněn vlhkostním čidlem, aby byl schopen co nejpřesněji změřit okamžitý výnos.

## Měření hmotnosti zrna pomocí nárazové desky.

U tohoto systému je měření založeno na činnosti nárazové desky viz obr. 16C. Touto deskou se měří hmotnost zrna vycházejícího z dopravníku zrna. Při známé obvodové rychlosti dopravníku můžeme hmotnost přepočítat z kinetické energie dopadeného toku zrna. Toto zrno je odhazováno lopatkami dopravníku a naráží na zakřivenou desku. Vyvinutá síla je přímo úměrná hmotnosti zrna narážejícího na desku. Síla je opět převedena převodníkem na napěťový signál s přesností cca 5 %. Také toto měření musí být doplněno čidlem pro měření vlhkosti. Tento přibližně stejný systém používá firma CASE IH či Ag Leader.

## Měření hmotnosti zrna pomocí nárazové desky a potenciometru.

Nárazové desky jsou opět umístěny na výstupu zrnového dopravníku tak, aby do nich zrno naráželo. Snímání síly je zde ale řešeno úplně odlišně. Deska je připevněna k potenciometru, jenž se změnou síly působící na desku mění svůj odpor. Díky tomu se v elektrické soustavě mění napětí podle toho, jak velká síla působí na desky. Proti toku zrna na desku působí pružina, která musí mít správnou tuhost, aby nedošlo k nepřesnému měření. Tento princip používá firma John Deere u systému GreenStar a firma CNH.



Obr. 16 Čidla pro určování hmotnosti sklizeného zrna. A-radiální, B-nárazové s tyčinkami, C-nárazové s deskou, D-nárazové s deskou a potenciometrem



## **Měření hmotnosti zrna pomocí kapacitního čidla.**

Kapacitní čidlo pracuje na principu dielektrika mezi deskami kondenzátoru. Směs vzduchu a zrna tvoří mezi deskami dielektrikum. S měnícím se poměrem zrna a vzduchu se mění dielektrická konstanta kondenzátoru, kterou tvoří tato směs a vodivé elektrody. Tím je ovlivněna kapacita kondenzátoru. Změna kapacity kondenzátoru je úměrná změně množství zrna mezi deskami. Toto čidlo je schopno měřit jen od určitého minimálního průchodu zrna. Oproti tomu jeho měření není ovlivněno provozními vibracemi jako u ostatních principů měření. Největší nepřesnosti při měření způsobuje vlhkost měřeného materiálu a nerovnost procházející vrstvy materiálu. Vliv vlhkosti materiálu lze korigovat použitím vlhkostního čidla a vliv rozložení materiálu pomocí měření kapacity kondenzátoru čidlem měřícím při dvou frekvencích ve dvou sekcích (Stafford a kol. 1994). Stafford a kol. (1996) následně vypracovali vylepšení funkce celého systému. Byl vyvinut koncentrický systém kapacitního měření okamžitého výnosu, který byl namontován na místo výpadu zrna ze šnekového zrnového dopravníku plnicího zásobník sklízecí mlátičky. Aby bylo možné měřit kapacitu na dvou frekvencích, bylo použito dvousekvenční lineární čidlo. Jedna sekce čidla pracovala na frekvenci 10 kHz a druhá na frekvenci 2 MHz. Digitalizovaný výstup byl poté zaznamenáván s frekvencí 6 Hz osobním počítačem.

Toto čidlo bylo testováno s vlhkostí zrna od 14 do 24 %, aby byla zjištěna závislost signálu na vlhkosti zrna. Tato závislost při různých vlhkostech ukázala, že je čidlo méně závislé na změně vlhkosti, než bylo předpokládáno.

## **Ostatní principy měření okamžitého výnosu.**

Kromě již zmíněných principů měření bylo vyvinuto i několik jiných principů, které se kvůli své malé přesnosti nebo nepraktičnosti nemohly v praxi rozšířit. Jedním z těchto principů je monitorování okamžitého výnosu zrna ultrazvukovým čidlem (Kleme a kol., 1992) či pomocí infračerveného záření (Sanaei a Yule, 1996). Zmíněné principy byly všechny založeny na přímém měření okamžitého výnosu. Objevily se ale také principy nepřímého měření okamžitého výnosu. Nejpřesnější z těchto principů je vážení zrnového dopravníku. Pro realizaci tohoto systému se musel zrnový dopravník notně upravit, což značně prodražovalo výrobu (Harvard a kol. 1993). Měření tohoto systému znepřesňovaly provozní vibrace. Z těchto důvodů nebyl systém rozšířen do praxe. Ještě méně lukrativnější se ukázalo měření okamžitého výnosu na principu zjišťování okamžitých otáček motoru sklízecí mlátičky

(Schueller a Bae, 1987) či na principu měření točivého momentu šnekového dopravníku zrna plnicího zásobník.

### **Měření vlhkosti zrna.**

Pro zjišťování vlhkosti sklizeného zrna se využívají kapacitní čidla. Zpravidla bývají umístěna v koncovce šnekového dopravníku na vstupu do zásobníku zrna. Čidlo má určitou kapacitu, která se v závislosti na průchodu různě vlhkého materiálu mění. Vyhodnocením změny kapacity se určí vlhkost procházejícího materiálu. Tato čidla pracují s poměrně dobrou přesností v širokém rozmezí od 0 do 40 %. Přesnost je dána především díky velkému počtu snímaných údajů vlhkosti.

### **Faktory ovlivňující přesnost tvorby výnosových map.**

Přesnost tvorby výnosových map je ovlivněna mnoha faktory. Nepřesnosti vznikají hned na žacím válu a končí až za výnosovým čidlem. Zkreslenosti průchodem zrna sklízecí mlátičkou se celou cestu sčítají. Pro jejich eliminaci je důležité se zaměřit na jednotlivé dílčí záležitosti, které se podílejí na celkové chybě měření. Stafford a kol. (1997) zjistili, že chybami vznikajícími při získávání výnosových map jsou chyby vzniklé při určování polohy stroje, a ty se mění nejen prostorově, ale i časově. Nicméně tento problém je dnes již dostatečně vyřešen. Oproti tomu významnější jsou chyby vznikající změnami okamžitého pracovního záběru stroje (do 10 %). Další nepřesnost vzniká v průběžném dopravníku. Posečená obilnina ve středu žací lišty je dříve dopravena k mláticímu bubnu než obilnina posečená na kraji žací lišty. Tuto chybu nemůžeme v praxi odstranit, ale můžeme ji eliminovat např. otáčkami průběžného dopravníku. Následující chyba vzniká rozdílnou dobou průchodu zrna. Zrno propadlé košem mláticího bubnu urazí kratší vzdálenost než zrno odděleno od slámy až ve vytřasadlech. Tím vzniká časový posun, který je závislý na konstrukci sklízecí mlátičky. Poměr propadlého zrna na vytřasadlech a v koši mláticího bubnu je závislý na mnoha faktorech, např. konstrukční řešení sklízecí mlátičky, zralost obilniny, okamžité nastavení ventilátoru, síť, otáček mláticího bubnu, mezery pod ním. Whelan a McBratney (1997) se podrobně věnovali chybám měření okamžité průchodnosti zrna sklízecí mlátičkou, které vznikají časovým zpožděním průchodu zrna na zrnovém dopravníku oproti jeho posečení a také nerovnoměrností jeho toku sklízecí mlátičkou během sklizně. Bylo zjištěno, že časová prodleva zrn než dosáhnou výnosového monitoru má dvě složky, jednu lineární, která je závislá na poloze zrna na určitém místě žacího válu a nelineární, která je

daná průchodem zrna mlátícími a dopravními cestami ve sklízecí mlátičce. Další nepřesnosti vznikají jízdou ve svažitéch terénech. Tímto problémem je nejvíce hendikepováno výnosové čidlo založené na principu měření světelným paprskem. Nárazová čidla jsou oproti tomu závislá na sklonu terénu daleko méně. Kettle a Peterson (1998) pozorovali, že výnosové monitory reagovali na změny okamžité průchodnosti zrna spíše exponenciálně než lineárně. Z čehož vyplývá další vznikající nepřesnost vlivem prudké změny okamžitého výnosu. Tyto změny mohou vznikat v průběhu sečení, ale daleko častěji vznikají vlivem vyjíždění a vjíždění sklízecí mlátičkou do porostu. Z toho se dá odvodit i další faktor ovlivňující přesnost tvorby výnosových map, a to tvar a velikost sklizené plochy. Nepřesnosti tímto vzniklé mohou podle různých autorů dosáhnout 10 až 20 %. Např. při sklizni parcely o výměře 20 x 20 m je nutno počítat s chybou 25 % téměř vždy.

#### **4. Porovnání, přínos a zhodnocení jednotlivých systémů používaných v zemědělské praxi.**

Se stále se zvyšujícími nároky na produkční hospodaření stoupají nároky na zemědělskou techniku. Dnešní zemědělec je stále více nucen ekonomicky hospodařit, přičemž musí splňovat spoustu ekologických norem, které jeho hospodaření prodražují. Při nákupu zemědělské techniky si musí vybrat kompromis mezi cenou a kvalitou. Bohužel na českém trhu se objevuje technika, která přes svou vysokou cenu nedosahuje stejných kvalit jako technika s podstatně nižší cenou. Prodej těchto strojů je zpravidla silně podporován reklamou.

V průběhu vývoje sklízecích mlátiček bylo vyvinuto několik systémů, které se více či méně uplatnily. Dnes již velké firmy jako John Deere, Claas, New Holland, Case a další, mají vyvinutý vlastní systém, který používají u všech sklízecích mlátiček. Mnohdy si mezi sebou vyměňují i jednotlivé dílčí systémy (např. firma Case u své řady modelů CF používá palubní počítač na kopírování žacího adaptéru od firmy Claas). Toto kopírování je dnes téměř ve všech případech hydraulické. Hlavní výhody spočívají v ulehčení práce obsluhy při pokládání a kopírování žacího adaptéru. Obsluha si nastaví velikost strniště a druh kopírování. Určité obtíže může tvořit kalibrace systému, kde se nastavuje rychlost reakce hydraulické soustavy. Toto nastavení se musí provádět přímo na pozemku při sklizni podle rychlosti jízdy při sečení a nerovnosti pozemku. Mnohdy obsluha nastaví špatnou rychlost reakce, což má za následek buď vytvoření tzv. vln ve strništi (při velké rychlosti reakce), nebo zaboření žacího adaptéru do půdy (při malé citlivosti). Při správném nastavení obsluha jen zmáčkne tlačítko na pojezdové páce a systém si sám nastaví velikost strniště, kterou následně dodržuje. Nevýhoda

tohoto kopírování se projeví při extrémních nerovnostech terénu, kdy prsty kosy již narazí do překážky, ale plazy překážku ještě nezaznamenali.

Rozvíjející se moderní systémy slouží k tvorbě výnosových map. Jsou také schopné řídit sklízecí mlátičku během sečení. Systém schopný těchto operací vyvinula např. firma New Holland pro své sklízecí mlátičky řady CR a CX pod jménem Grain Cam. Tento systém je univerzální, a tudíž se jeho hlavní komponenty nechají snadno přendat do jiného stroje, např. do traktoru pro aplikaci pesticidu, což je velkou výhodou při zavádění precizního hospodaření. Automatické řízení zaručuje optimální vytížení stroje, popřípadě správnou aplikaci přípravku, a značné odlehčení práce obsluhy. Starší systém od firmy MASSEY FERGUSON jménem DATAVISION je schopen též tvorby výnosových map se stejnou kvalitou práce. Disponuje také malou tiskárnou, která je schopna agronomovi při sečení poskytnout orientační data v tištěné formě. Nevýhodou je malá flexibilita automatického řízení stroje při sečení.

Velký přínos těchto systémů spočívá v optimalizaci vstupů (výsevky, dávka hnojiv, dávky pesticidů), tím lze docílit ekonomičtějšího i ekologičtějšího hospodaření. Od roku 1985, kdy byl v USA testován první postřikovač s variabilní aplikací, prošly tyto systémy mnoha zdokonalovacími úpravami.

Úspora u minerálních hnojiv a pesticidů se pohybuje od 5 do 20 %, u vápenatých hmot od 10 do 40 %. Velmi významným podnikem v tomto oboru je MJM-Litovel, který má zmapováno přes 200 000 ha u 160 klientů. Moje závěrečná práce bakalářského studia se zabývá popisem principu měření jednotlivých

## **5.Závěr**

Sklízecí mlátičky v současné době jsou vybaveny elektronickými systémy a senzory na velmi vysoké úrovni srovnatelné s osobními automobily. Počínaje elektronickým řízením motoru až po navigační systémy (monitorování chodu mechanismů, polohy, zjištění poruchy, autodetekce ...). Díky monitorování vlastností sklizené plodiny doplněné údaji o okamžité poloze, lze vytvořit výnosovou mapu pozemku. Ta je prvním vstupním faktorem tzv. precizního zemědělství. Tento druh hospodaření snižuje chemické zatížení pozemku, čímž přináší mnohé ekonomické a ekologické úlevy.

Tato problematika je nastíněna v této bakalářské práci, která je zaměřena na popis principu práce senzorů použitých ve sklízecích mlátičkách. Z velké části se také zajímá o popis tvorby výnosových map, principy monitorování okamžitého výnosu a princip určování okamžité polohy sklízecí mlátičky. Mimo technické řešení zohledňuje jejich uplatnění v praxi. Důležité informace byly získány přímo od firem, z propagačních materiálů i z odborné literatury. Bylo vycházeno z informací o aktuálně používaných systémech u sklízecích mlátiček dostupných na českém trhu. Ty byly doplněny o informace z použité literatury. Pro nastínění vývoje sklízecích mlátiček je v této práci uvedeno i několik starších systémů, které se v současnosti již nepoužívají. Zde je vidět, jaký vliv má vývoj v elektrotechnice na zemědělskou techniku. Čemuž také vděčí rozvoj precizního zemědělství.

Z poznatků, získaných konzultacemi s různými prodejci, vyplývá nový trend při výrobě sklízecích mlátiček (snižování nároků na údržbu, zjednodušování obsluhy použitých systémů, zavádění nových ekonomicky přínosných systémů, zvyšování výkonu a spolehlivosti). Tomu také odpovídá cena stroje. Před koupí takového stroje musíme zvážit, zda budeme schopni zaručit jeho plné vytížení v průběhu sezóny pro dosažení intervalu rentability. Do budoucna bych doporučil zvyšování univerzálnosti elektrických systémů, což by zmírnilo ekonomické nároky na jejich zavedení v celém podniku, které jsou zatím stále velkou překážkou pro mnoho zemědělců.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) **Howard, K., Oringle, J., Schrock, M., Kuhlman, D., Oart, D.** (1993): An elevator based combine braun flow sensor. ASAE Paper No. 931504, St. Joseph, MI, USA
- 2) **Kette, L., Peterson, C.** (1998): An evaluation of Yield Monitors and GPS ASAE Paper No. 981046, St. Joseph, MI, USA.
- 3) **Klemme, K., Froehlich, D., Schumacher, J.** (1992): Spatially Variable Technology for Crop Yield. ASAE Paper No. 921543, St. Joseph, MI, USA
- 4) **Kumhála, F., Prošek, V.** (1999): Možnosti získávání výnosových map při sklizni píce. In: Slovník abstraktů z mezinárodní vědecké konference „Technika pro konkurenceschopné zemědělství a potravinářství.“ Brno. 3.-4. září 1999, MZLU Brno, Brno, ISBN 80-7175-401-5.
- 5) **Kumhála, F.** (2004): Laboratorní měření průchodnosti materiálu rotačním žací strojem. Česká zemědělská univerzita v Praze. Technická fakulta.
- 6) **Sanaei, A., Yule, I.** (1996): Accuracy of Yield Mapping System: The effects of Combine Harvester Performance. (96G-016) Proceedings of International Conference on Agricultural Engineering, Madrid, s. 1001-1002.
- 7) **Schueller, J., Bae, Y.** (1987): Spatially attributed automatic combine data acquisition. Computers and Electronics in Agriculture, 2/1987, Elsevier Science, s 119-127.
- 8) **Systém Fieldstar.** Firemní literatura Massey Ferguson.
- 9) **Stafford, J., Amber, B., Bolan, H.** (1997): Cut Width Sensors to Improve of Yield Mapping systems. Precision Agriculture 1997, BIOS Scientific Publishers Ltd, s. 519-527.
- 10) **Wheland, B., McBratney, A.** (1997): Sorghum Grain Flow Convolution within a Conventional Combine Harvester. Precision Agriculture 1997, BIOS Scientific Publisher Ltd, s. 759-766.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- obr.1 Schéma mláticího ústrojí sklízecí mlátičky CLAAS.
- obr.2 Schéma axiálního mláticího ústrojí sklízecí mlátičky CASE AFX 8010.
- obr.3 Schéma principu měření posečené plochy.
- obr.4 Princip měření hrany porostu systémem LSASER PILOT.
- obr.5 Umístění senzoru na sklízecí mlátičky CASE AF 2388 X – CLUSIVE a měření hrany porostu.
- obr.6 Schéma naklánění sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON řady 7252-56.
- obr.7 Palubní počítač DATAVISION sklízecí mlátičky MASSEY FERGUSON.
- obr.8 Blokové schéma výnosového monitoru používaného u sklízecích mlátiček.
- obr.9 Monitorování otáček odmítacího bubnu u sklízecí mlátičky NEW HOLLAND CX 760 a umístění senzoru.
- obr.10 Piezoelektrický senzor měření ztrát LH AGRO DK-9440.
- obr.11 Výnosová data v systému AGRO-MAP Basic.
- obr.12 Výnosová mapa pozemku v *AGRO-MAP Basic*.
- obr.13 Aplikační mapa v *AGRO-MAP Basic*.
- obr.14 Schéma principu práce družicového navigačního systému DGPS používaného pro potřeby precizního zemědělství.
- obr.15 Čidla pracující na objemovém principu měření.
- obr.16 Čidla pro určování hmotnosti sklizeného zrna.