

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

ROMAN NEDOMA

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky



**Teorie separace obilní hmoty u tangenciální sklízecí
mlátičky**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Jan Červinka, CSc.

Vypracoval:
Roman Nedoma

Brno 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci **TEORIE SEPARACE OBILNÍ HMOTY U TANGENCIÁLNÍ SKLÍZECÍ MLÁTIČKY** vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomohli v překonání překážek během studia, rodině a blízkým za podporu při studiu.

Velké a zdvořilé poděkování patří vedoucímu této bakalářské práce doc. Ing. Janu Červinkovi, CSc., který přispěl mnoha odbornými cennými znalostmi, spoustou dobrých rad a připomínek, odbornou literaturou a odborným dohledem při vypracování závěrečné práce.

ABSTRAKT

Práce pojednává o sklízecích mlátičkách. Na začátku je popsán jejich historický vývoj a rozdělení. Je zaměřena na proces získávání zrna z obilní hmoty u tangenciálních samojízdných sklízecích mlátiček. Proces je popsán od svého počátku až po získání čistého zrna uloženého v zásobníku. Hlavním tématem je proces separace na děleném vytrásadle, který je po částech rozebrán. Tento proces zahrnuje kinematický a dynamický rozbor pohybu hmotného bodu po vytrásadle. Dále zahrnuje teorii průsevu z které vychází rozměry.

Je zobrazen přehled řešení, které používají výrobci u svých strojů. Proces získávání zrna se snaží zdokonalit a zefektivnit práci sklízecích mlátiček. V závěru je provedeno porovnání parametrů sklízecích mlátiček různých výrobců.

Klíčová slova: sklízecí mlátička, separace, vytrásadlo, zrno, obilní hmota, tangenciální

ABSTRACT

The thesis deals with combine harvesters. At the beginning there is described their historical development and division. It is focused on a process of getting grains from grain mass in tangential self-propelled combine harvesters. The process is described from the outset up to getting clean grains stored in the reservoir. The main theme is a separation process tied for walkers, which is dismantled in parts. This process includes kinematic and dynamic analysis of the mass point motion over the walkers. Further it includes a theory of sifting which is based on the dimensions.

There is displayed a list of solutions that are used by manufacturers in their machines. The grain getting process tries to improve work of combine harvesters and make it more efficient. In the conclusion, there is depicted a comparison of thresher parameters made by various manufacturers.

Keywords: combine harvester, separation, walker, grain, grain mass, tangential

OBSAH

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ÚVOD..... | 9 |
| 2 | CÍL PRÁCE..... | 10 |
| 3 | HISTORIE SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK..... | 11 |
| 3.1 | Předchůdci sklízecích mlátiček..... | 11 |
| 3.2 | Počátky samojízdných sklízecích mlátiček..... | 11 |
| 3.3 | První mlátičky v Evropě | 12 |
| 3.4 | Vývoj na území ČSR | 12 |
| 3.4.1 | První československá sklízecí mlátička | 12 |
| 3.4.2 | Vzestup sklízecích strojů | 13 |
| 3.3.3 | Legenda českých polí - Fortschritt E512 | 13 |
| 4 | ROZDĚLENÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK (SM) | 14 |
| 4.1 | Podle energetického prostředku..... | 14 |
| 4.2 | Podle způsobu získávání obilní nebo semenné hmoty..... | 14 |
| 4.3 | Podle svahové dostupnosti..... | 14 |
| 4.4 | Sklízecí mlátičky typu L | 15 |
| 4.4 | Sklízecí mlátičky typu T | 15 |
| 4.4.1 | Tangenciální sklízecí mlátičky | 16 |
| 4.4.2 | Axiální systém výmlatu | 17 |
| 4.4.3 | Kombinovaný (hybridní) systém | 18 |
| 5 | TANGENCIÁLNÍ SKLÍZECÍ MLÁTIČKA | 19 |
| 5.1 | Popis stroje..... | 19 |
| 5.2 | Vstup materiálu..... | 19 |
| 5.2.1 | Vyměnitelné žací ústrojí (adaptér)..... | 19 |
| 5.2.2 | Vkládací ústrojí..... | 20 |
| 5.3 | Mláticí ústrojí..... | 21 |
| 5.3.1 | Proces výmlatu..... | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.2 Druhy mláticího ústrojí | 22 |
| 5.3.2.1 Mlatkové | 22 |
| 5.3.2.2 Zubové | 23 |
| 5.3.3 Mláticí koš | 24 |
| 5.4 Separace hrubého omlatu | 24 |
| 5.4.1 Proces separace | 24 |
| 5.4.2 Druhy vytřasadel | 24 |
| 5.4.2.1 Dělené - klávesové | 24 |
| 5.4.2.2 Rotační | 26 |
| 5.5 Teoretický rozbor děleného vytřasadla | 26 |
| 5.5.1 Popis funkce vytřasadla | 26 |
| 5.5.2 Kinematický rozbor | 28 |
| 5.5.3 Dynamický rozbor | 30 |
| 5.5.4 Teorie průsevu | 31 |
| 5.5.5 Výpočet rozměrů vytřasadla | 33 |
| 5.6 Separace jemného omlatu | 35 |
| 5.6.1 Čistící ústrojí | 35 |
| 5.6.2 Proces čištění zrna | 35 |
| 5.7 Přehled konstrukčních řešení | 36 |
| 6 SOUČASNÁ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ | 38 |
| 6.1 Inovace výrobců | 38 |
| 6.2 Urychlovací – předmláticí buben | 38 |
| 6.3 Rotační separátor | 39 |
| 6.4 Clona | 40 |
| 6.5 Rotační odlučovač nad vytřasadlem | 40 |
| 6.6 Kývavé čechrače | 41 |
| 6.7 Manipulace s rostlinnými zbytky | 42 |

| | | |
|-----|---|----|
| 7 | SROVNÁNÍ TANGENCIÁLNÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK | 44 |
| 7.1 | Porovnávání sklízecí mlátičky | 44 |
| 7.2 | Metodika posuzování | 44 |
| 7.3 | Tabulkové hodnoty vybraných modelů | 45 |
| 7.4 | Závislost výkonu na šířce mláticího bubnu | 46 |
| 7.5 | Závislost výkonu na ploše vytrásadla | 48 |
| 7.6 | Závislost výkonu na objemu zásobníku zrna | 50 |
| 7.7 | Porovnání sklízecích mlátiček | 52 |
| 8 | ZÁVĚR..... | 53 |
| 9 | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 54 |
| 10 | SEZNAM OBRÁZKŮ | 56 |

1 ÚVOD

Zemědělství vždy patřilo mezi základní činnosti lidstva. V dřívějších dobách, kdy průmysl neexistoval nebo existoval pouze v omezené míře, zaměstnávalo zemědělství většinu populace. Bylo to a vždy bude odvětví, bez něhož by lidstvo nebylo schopno přežít.

Jako všechny zemědělské činnosti, tak se i sklizeň obilovin neustále vyvíjí a zdokonaluje. V počátcích používali zemědělci kosy, kterými byl porost posekán. Následně byla obilná hmota odvezena z pole na statek, kde bylo zrno z hmoty vymláčeno za pomoci cepů. Velký krok v této oblasti znamenal vynález samovazu a stacionární mlátičky, které proces oddělení zrna z obilné hmoty značně urychlily. Dalším významným krokem, který sloučil proces sečení a výmlatu byl vynález sklízecí mlátičky. První sklízecí mlátičky byly tažené za pomoci koní, později za pomoci traktorů. Posledním významným krokem v oblasti sklizně obilovin byl vznik samojízdné sklízecí mlátičky v první polovině 20. století. Od této chvíle se sklízecí mlátičky neustále vyvíjejí a zdokonalují. V současné době jsou sklízecí mlátičky díky své konstrukci stroje s vysokou denní a sezónní výkonností. Spolu s vývojem sklízecích mlátiček se vyvíjí i další části technologie sklizně obilovin, jako je doprava zrna z pole a následná úprava na posklizňových linkách.

Při stále se zvyšujících požadavcích na sklizeň obilovin je vývoji sklízecích mlátiček věnována velká pozornost. Výrobci, kteří se zabývají výrobou sklízecích mlátiček, přicházejí neustále na trh s novinkami. Tyto novinky zvyšují kvalitu a rychlost sklizně, ale zvyšuje se i komfort obsluhy. Sklízecí mlátička vždy tvořila a vždy bude tvořit klíčový a rozhodující článek při pěstování a sklizni obilovin.

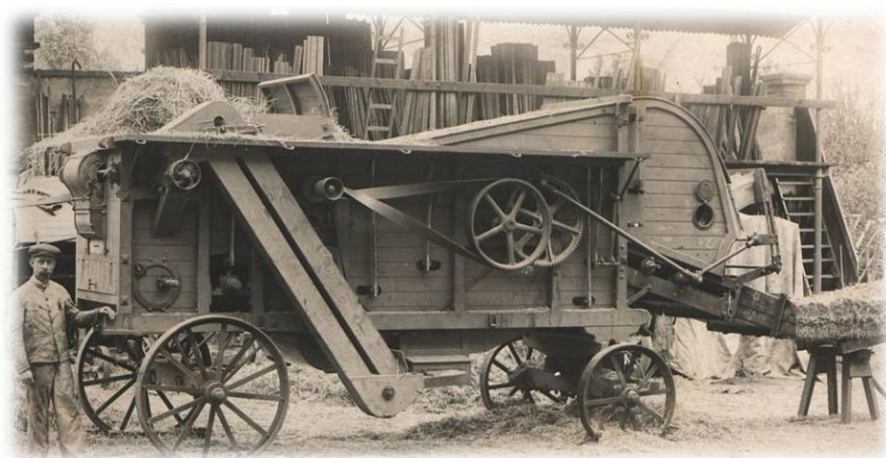
2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je uvést přehled sklízecích mlátiček, způsoby výmlatu a separace. U tangenciálních sklízecích mlátiček bude popsán především způsob získávání zrna z obilní hmoty. Podrobně rozebrat proces separace zrna na děleném - klávesovém vytřasadle. Představena budou technická řešení jednadvacátého století, jejich modernizace a novinky, které zlepšují proces separace, a porovnáám také základní parametry sklízecích mlátiček.

3 HISTORIE SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

3.1 Předchůdci sklízecích mlátiček

Ještě předtím, než se objevily v zemědělství sklízecí mlátičky, byla využívána mechanizace při sklizni obilnin. Sklizeň byla rozdělena do více operací. Sedláci odložili kosa, přestali sít porost kosou a začali využívat mechanických strojů. Základem mechanizované sklizně se staly vazače, které sekly a vázaly obilí do snopů. Ze začátku byly taženy koňskou silou, později nahradil koně traktor. Snopy byly pak sváženy ke stacionární mlátičce, kde byly vymláčeny.



Obrázek 1 - Stacionární mlátička WICHTERLE [16]

Mlátička (obr.1) byla umístěna na pozemku, kde se sklízela obilní hmota, nebo u stavení hospodářů, byla poháněna přes řemen od stacionárního motoru. Mlátila obilní hmotu, získávala zrna a také slámu. Sklizeň byla časově a pracně dosti náročná, následný vznik samojízdných sklízecích mlátiček znamenal zvýšení produktivity práce i zvýšení výkonnosti.

3.2 Počátky samojízdných sklízecích mlátiček

První stroj považovaný za sklízecí mlátičku vznikl pravděpodobně roku 1836 v Michiganu. Byla to mlátička s boční žací lištou. Pohon celého ústrojí byl řešen pomocí masivních pojezdových kol. Na to, aby mohl být stroj tažen, bylo třeba 8 párů koní. [6]

Samojízdná mlátička byla patentována v roce 1912, do sériové výroby se dostala až zhruba o 20 let později. Počátky těchto strojů jsou spjaty s USA. Jednou z prvních samojízdných mlátiček byl stroj Massey-Harris SP. Záběr žací lišty byl 2,1 m a bylo

možno měnit výšku sečení v rozmezí 25–840 mm. Mláčící buben měl šířku 1524 mm a průměr 381 mm. Hrubý omlat pokračoval dále na nedělené – stolové vyřasadlo dlouhé 1981 mm. Vyčištěné zrna bylo přes zrnový dopravník vedeno do násady na dva pytle. Po naplnění se pytle odkládaly na skluzovou desku, kde po odklopení došlo ke skluzu pytle na pole. Pohon celého stroje zajišťoval čtyřválcový benzínový motor o objemu 2,7 l a výkonu 25 kW. Průměrná výkonnost při srovnávacích zkouškách Výzkumného ústavu zemědělské techniky v roce 1951 činila 1,32 kg.s⁻¹. S postupem času docházelo ke zvětšování sklízecích mlátiček, rozšiřovalo se žací ústrojí a zrna se už neukládalo do pytlů, ale do zrnového zásobníku. [6]

3.3 První mlátičky v Evropě

Do Evropy se začaly dostávat americké stroje ve 20. letech dvacátého století. První stroje mířily hlavně do Sovětského svazu, kde na rozsáhlých a výnosných pláních pracovalo mezi lety 1925–1930 zhruba okolo 100 kusů strojů dovezených z USA. V západní Evropě se dovezené americké stroje zatím zkoumaly a do práce na poli moc nezasahovaly. První kusy byly dovezeny do Francie. V Německu roku 1927–1931 probíhal rozsáhlý výzkum. Výzkum německých odborníků později ovlivnil budoucí vývoj a konstrukci sklízecích mlátiček pro středoevropské podmínky. [6]

3.4 Vývoj na území ČSR

3.4.1 První československá sklízecí mlátička

Za první československou sklízecí mlátičku lze považovat stroj vyrobený roku 1950 v Agrostroji Pelhřimov nesoucí označení ŽM 18. Ve skutečnosti byl ale první stroj tohoto druhu postaven rolníkem L. Vlasákem z Biskupic roku 1949. Šikovný rolník spojil dohromady americkou mlátičku Economy, k níž přidělal anglický žací stroj Bamford. Dodatečně přidal přiháněč. Záběr žacího ústrojí činil pouhých 1,1 metru. O výmlat se staral kladívkový buben šířky 750 mm, čištění probíhalo pouze na jednom síti a zrna se dopravníkem plnilo do předem připravených pytlů. Mlátička byla tažená traktorem s přídatným motorem o výkonu 6,6 kW, denní výkonnost byla 3–4 ha. Model ŽM18 z pelhřimovského Agrostroje byl však už mlátičkou samojízdou a jeho vývoj trval čtyři roky. Konstrukteři měli k dispozici odbornou literaturu z německých a sovětských publikací. Do konce roku 1949 pracovalo v Československu celkem

137 tažených sklízecích mlátiček. Záběr žací lišty byl ve většině případů 2,2 metru s průměrnou výkonností stroje okolo 60 ha za sezónu. [6]

3.4.2 Vzestup sklízecích strojů

Na začátku roku 1950 bylo na území ČSSR celkem 137 sklízecích mlátiček a následně na konci roku 1951 zde bylo už 392 kusů. V roce 1988 bylo v Československu už 21 499 kusů sklízecích mlátiček. Na zvýšené množství mělo vliv sjednocování pozemků a vznik jednotných zemědělských družstev (JZD). V JZD se prudce zvyšoval počet zemědělských strojů. Hromadně se k nám dovážely mlátičky z východní Evropy neboli států RVHP, kdy počet dovezených kusů byl v jednotkách tisíců. Šlo o stroje typu S-4, SK-4, Fortschritt E512. V menších počtech, v rádech kusů, byly dováženy stroje značek jako jsou Claas, Laverda, Zmaj nebo Sampo a Bizon. Ve státní zkušebně se objevily i stroje Masey Ferguson a John Deere. [6]

3.3.3 Legenda českých polí - Fortschritt E512

Jedná se o nejznámější sklízecí mlátičku dováženou v minulosti do Československa. Tento stroj (obr.2) lze ještě dnes najít na českých polích, převážně u menších zemědělských podniků nebo soukromých zemědělců, kteří nemají velké požadavky na výkonnost stroje, jaká je u nových moderních sklízecích mlátiček. První kus byl vyzkoušen v roce 1966 v Severočeském kraji. Za dva roky už tu bylo 16 kusů. Zvyšující dovoz začal roku 1969 a skončil až s koncem výroby E512 v roce 1988. Ze začátku existovalo provedení jen se stříškou pro obsluhu, později se objevily i modely s kabinou. Typ E512 byl velmi oblíbený a do roku 1990 to byla nejrozšířenější sklízecí mlátička v tuzemském zemědělství. Firma Fortschritt k nám dodávala i jiné modely. [6]



Obrázek 2 - Sklízecí mlátička FORTSCHRITT E512 [17]

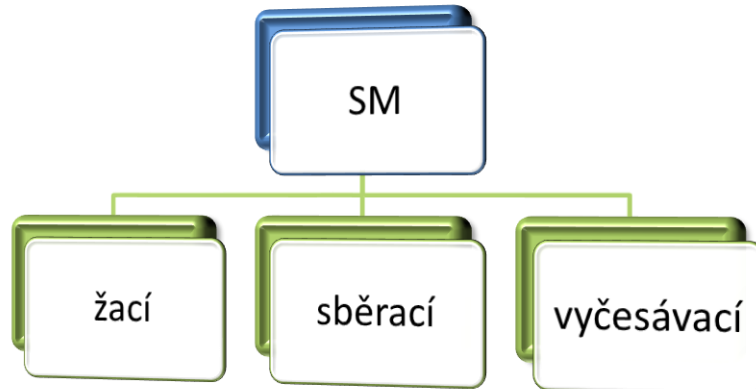
4 ROZDĚLENÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK (SM)

4.1 Podle energetického prostředku



- **samojízdné** - vlastní motor pro pohon pracovních ústrojí i pojezdu
- **traktorové** - **přívěsné** nebo **nesené** - s pomocným motorem pro pohon pracovních ústrojí nebo bez něj, kde je pracovní ústrojí poháněno vývodovým hřídelem traktoru [1]

4.2 Podle způsobu získávání obilní nebo semenné hmoty



- **žací** - porost je přímo odsečen žacím ústrojím a dopraven do SM
- **sběrací** - porost je už posečený a nachystaný pro sběr, sběrací ústrojí na SM
- **vyčesávací (stripper)** - ze stojící obilní hmoty se vyčesávají pouze klasy, menší zatížení sklízecí mlátičky a možnost větší pojezdové rychlosti [2]

4.3 Podle svahové dostupnosti

- standardní do 8°
- standardní s úpravou do 12°
- svahové do 20° [2]

4.4 Sklízecí mlátičky typu L

Tento druh sklízecích mlátiček dnes patří už do historie, typ L (obr.3) se již nevyrábí. Byly to stroje bez vlastní pohonné jednotky pro pojezd a musely být taženy. Umístění žací lišty bylo na pravé straně. Konstrukčně byly řešeny jako **polopřímotoké** nebo **příčně přímotoké**. [1]



Obrázek 3 - Sklízecí mlátička CLAAS SUPER [18]

4.4 Sklízecí mlátičky typu T

Nejrozšířenějším druhem v dnešní době jsou samojízdné sklízecí mlátičky typu T (obr.4), označovány také jako **podélně přímotoké**. Žací ústrojí (adaptér), které přesahuje šířku stroje a šířku mláticího bubnu, je připojeno na šikmý dopravník na čele stroje a je ve většině případů odnímatelné.



Obrázek 4 - Sklízecí mlátička NEW HOLLAND TX66

Druhy mláticího, separačního a čistícího ústrojí se mohou u jednotlivých provedení lišit. Pohon celé sklízecí mlátičky je řešen od vznětového motoru uloženého v horní části uprostřed, hned za velkoobjemovým zásobníkem. Zásobník zrna je většinou umístěn za kabinou řidiče a může dosahovat objemu až 14000 litrů. Vyprazdňování zásobníku probíhá za pomoci výsypníku přímo do odvozového vozu nebo na překládací vůz. Hlavním znakem této konstrukce je široké žací ústrojí umístěné před samojízdným strojem. V dnešní době se žací ústrojí (adaptér) ve většině případů odkládá během přepravy na přívěsný vozík. [1]

4.4.1 Tangenciální sklízecí mlátičky

Stejná konstrukce existuje u nejstarších tangenciálních sklízecích mlátiček, ale i nejmodernějších strojů současné doby. Způsob získávání zrna vychází ze stabilní mlátičky, ale došlo zde k mnoha konstrukčním změnám a vylepšením. Posečená obilní hmota se do stroje dostane ze žacího ústrojí šikmým dopravníkem. Následuje mláticí ústrojí mlátkové (viz obr.5), pod kterým je umístěn mláticí koš. V mezeře (S_1 -vstupní, S_2 -výstupní) mezi bubnem a košem dochází k výmlatu zrna. Uvolněné zrno obsahující nečistoty propadne mláticím košem a pokračuje dále k čistícímu ústrojí. Existují dva druhy mláticích bubnů, nejčastěji se používá buben **mlátkový**, méně pak buben **zubový** nebo jejich kombinace.



Obrázek 5 - Tangenciální mláticí a separační ústrojí JOHN DEERE řady W [8]

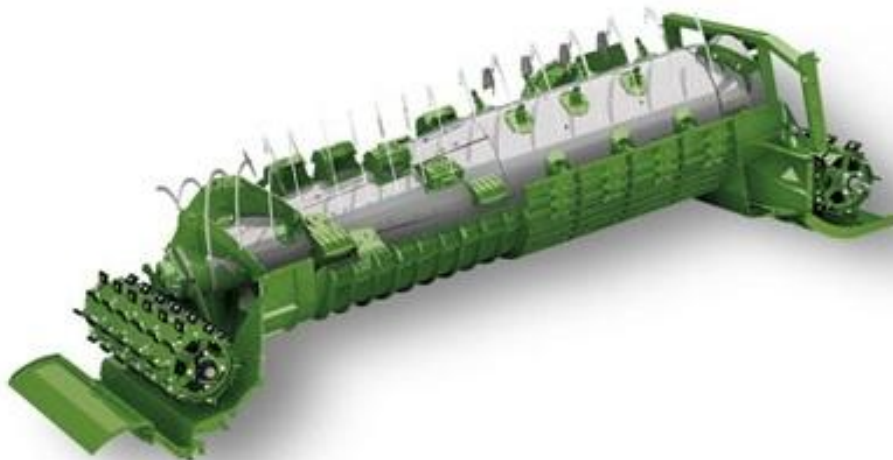
Mláticí buben může být doplněn urychlovacím nebo rozprostíracím bubnem, jeho umístění je pak před mláticím bubnem. Dále je mláticí ústrojí doplněno o odmítací buben, nebo rotační separátor. Rotační separátor zvyšuje pravděpodobnost zachycení

zrna před vstupem materiálu na vytrásadla. V mláticím ústrojí by se mělo zachytit až 90 % zrna, které je součástí obilní hmoty. [1]

Na vytrásadla přichází hrubý omlat obsahující zbytkové zrna, které je třeba vyseparovat. Vytrásadla mohou být dělená (klávesová) nebo rotační (s výtrásným průběžným lopatkovým šnekem). Natřásáním se materiál pohybuje, mísí, zbytkové zrna se uvolní a putuje do čistícího ústrojí. Čistící ústrojí je u všech sklízecích mlátiček T typu podobné, liší se jen konstrukčními detaily. Využívá se zde soustavy sít a ventilačního účinku vzduchu. [2,7]

4.4.2 Axiální systém výmlatu

Axiální mláticí a zároveň separační ústrojí přišlo do Evropy z USA, kde má své kořeny od roku 1975. Vyznačuje se vysokou výkonností a velkým množstvím separované hmoty za jednotku času. Může se jednat o jednobubnové nebo dvoububnové provedení. Na obr.6 je mláticí ústrojí, které používají sklízecí mlátičky John Deere řady S.



Obrázek 6 - Axiální mláticí a separační ústrojí JOHN DEERE řady S [8]

Do mláticí části je hmota podávána za pomoci vkládacích lopatek. Mláticí a separační ústrojí tvoří jeden otáčející se buben, na kterém jsou mlatky a separační segmenty. Okolo rotoru je umístěn mláticí koš a prostorové separační síto. Zrna je nejprve vymlacováno a následně pak vytíráno. Sláma opouští prostor rotoru za pomoci vyhazovacích lopatek, které jsou umístěny za rotorem. Rovnoměrně podávají materiál

do rozbíječe rostlinných zbytků. I pod vyhazovacími lopatkami je umístěn koš pro větší separaci. Jedná se o vhodný systém pro sklizeň kukuřice. [1,8]

4.4.3 Kombinovaný (hybridní) systém

Tento systém využívá u svých modelů firma CLAAS. Na obr.7 je schéma APS HYBRID SYSTEM. Je to kombinace tangenciálního mláticího ústrojí a axiálního separačního ústrojí. Nejprve obilní hmota přichází do mláticího ústrojí. Skládá se z urychlovacího bubnu, který má na starost urychlení materiálu z $3-5 \text{ m.s}^{-1}$ až na 30 m.s^{-1} už před mláticím ústrojím. Poté následuje mláticí ústrojí, které vymlátí hlavní část zrna. Poslední buben je odmítací, odděluje slámu do dvou směrů a přivádí ji rovnoměrně ke dvěma protiběžným vysoce výkonným separačním rotorům ROTO PLUS. Rotory jsou uloženy v separačním koši, na jehož spodní straně jsou umístěny pohybující se klapky. Ty se při náklonu mláticího ústrojí otevírají a zavírají na jednu či druhou stranu v závislosti na příčném i podélném úhlu sklonu sklízecí mláticího ústrojí. Zrno pak propadá separačním košem na čistící ústrojí rovnoměrněji. To napomáhá lepšímu čištění a konstantní průchodnosti i ve svažitém terénu. Vlivem excentricky uložených rotorů se zvýší odstředivá síla a dochází k účinnějšímu uvolnění zbytkového zrna. Otáčky rotorů lze měnit z kabiny řidiče podle potřeby. [7]

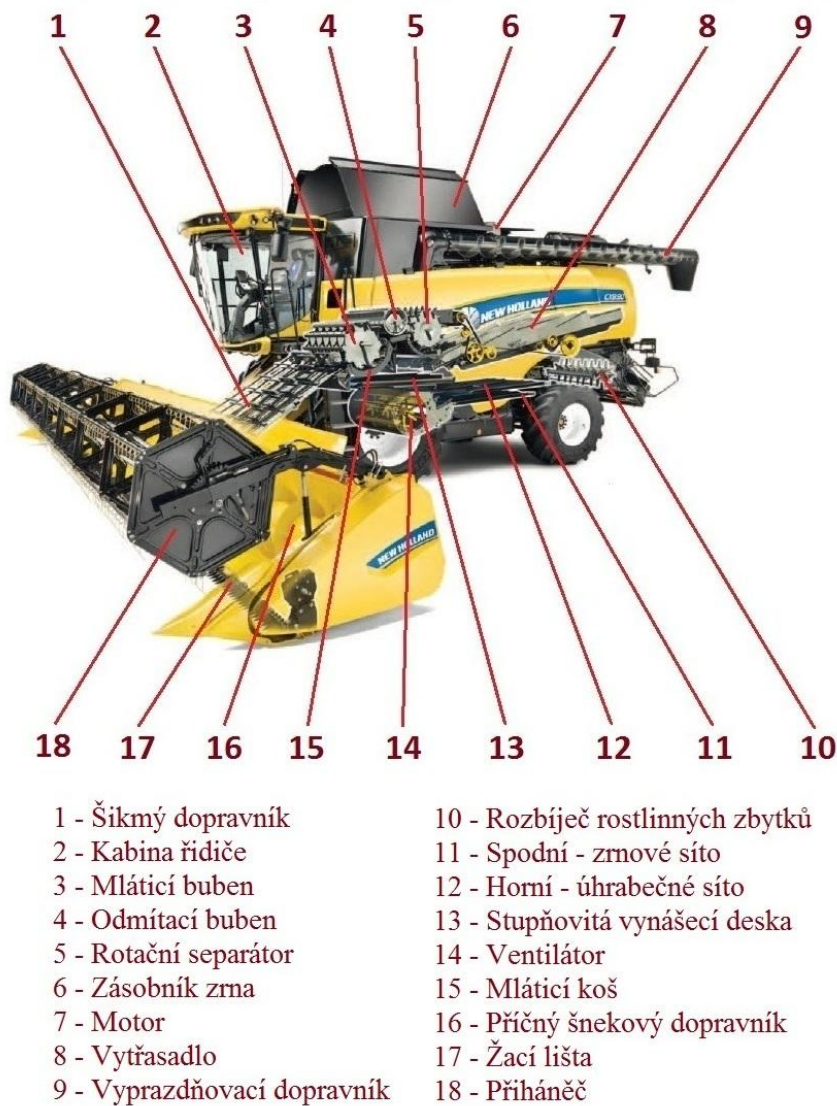


Obrázek 7 - Mláticí a separační ústrojí CLAAS APS HYBRID [7]

5 TANGENCIÁLNÍ SKLÍZECÍ MLÁTIČKA

5.1 Popis stroje

Hlavní části tangenciální sklízecí mlátičky jsou na obr.8.



Obrázek 8 - Popis částí tangenciální sklízecí mlátičky [10]

5.2 Vstup materiálu

5.2.1 Vyměnitelné žací ústrojí (adaptér)

Pracovní činnost sklízecí mlátičky začíná u žacího ústrojí. To odseče pás porostu o šířce jeho záběru a dále dopravuje materiál do sklízecí mlátičky. Jednotlivá konstrukční provedení jsou závislá na sklizené plodině. Sklízecí mlátičky lze použít pro sklizeň obilovin, řepky, slunečnice, kukuřice, hrachu, sóji, rýže nebo třeba travního semena.

U univerzálního žacího ústrojí, které dokáže sklízet většinu zmíněných plodin, do porostu nejprve vnikají děliče na levé a pravé straně. Oddělují pás zpracovaného porostu v podélném směru. Odsečení umožňuje žací lišta s přímovratným pohybem nože, v provedení prstovém s pasivním protibřitem. Ještě před žací lištou mohou být umístěny zvedáče klasů. Slouží pro nadzvednutí polehlého porostu obilnin, luskovin a dalších plodin. Používají se podle potřeby a jsou lehce odnímatelné. Přiháněč přihrnuje porost k žací liště, při sečení ho přidržuje a po odseknutí posunuje k příčnému šnekovému dopravníku nebo na dopravní pásy. Příčný šnekový dopravník odsečený porost dopravuje do středu žacího ústrojí. Následně se mění směr toku materiálu ze směru kolmého na sousledný se směrem jízdy stroje. Odtud už materiál vstupuje do samotné mlátičky, kde ho přebírá šikmý dopravník. Žací ústrojí bývá vybaveno snímači a zařízením na kopírování terénu, to pak usnadňuje obsluhu stroje. Na obr.9 je zobrazen výběr sklízecích adaptérů firmy Claas. Adaptér: a) univerzální žací ústrojí, b) pro sklizeň slunečnice, c) pro sklizeň kukuřice, d) adaptér s pásovým dopravníkem, e) sběrací adaptér, f) sklopné žací ústrojí do těžko přístupných míst.

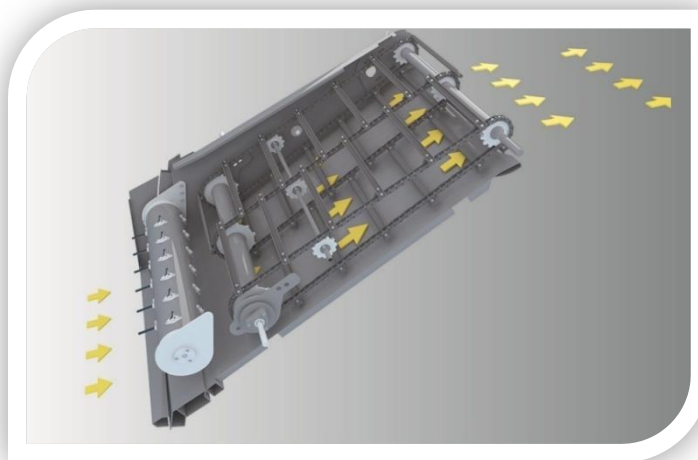


Obrázek 9 - Sklízecí adaptéry CLAAS [7]

5.2.2 Vkládací ústrojí

Vkládací ústrojí neboli šikmý dopravník je umístěn na přední části mlátičky. Připojuje se na něj žací ústrojí, které je během přepravy umístěno na přívěsném vozíku. Propojuje tok materiálu mezi žacím ústrojím a mláticím ústrojím. Tvoří ho soustava řetězů, obvykle tří nebo čtyř, na kterých jsou přidělané rýhované laťky po celém obvodu s roztečí cca 30 mm. Materiál vstupuje spodní větví šikmého dopravníku, laťkami je přitlačován ke dnu a je posouván směrem k mláticím ústrojí. Některé modely mají v šikmém dopravníku umístěn ještě před řetězovým dopravníkem

poháněný buben s hroty. Ten má za úkol rovnoměrněji a plynuleji posouvat materiál ze žacího ústrojí do sklízecí mlátičky.



Obrázek 10 - Řez šikmým dopravníkem (SM - DEUTZ-FAHR) [12]

Mezi šikmým dopravníkem a mláticím ústrojím bývá umístěn lapač kamenů. Cizí předměty jsou pro chod sklízecí mlátičky nebezpečné. Při jejich vstupu do mláticího ústrojí může dojít k jeho poškození, proto se výrobci snaží jejich vstup eliminovat. Když už se přes žací ústrojí dostane kámen do šikmého dopravníku a dopravník ho dopraví až před mláticí ústrojí, je zde umístěn kanál, do kterého může kámen spadnout a mláticí ústrojí se nepoškodí. Výrobci dnes nabízejí nové opatření. Šikmý dopravník je vybaven senzory, které snímají dopravovanou hmotu. Při zaznamenání nežádoucího předmětu (kamene) vyšlou elektronický signál, otevře se dno šikmého dopravníku a kámen opustí komoru šikmého dopravníku. [4,10]

5.3 Mláticí ústrojí

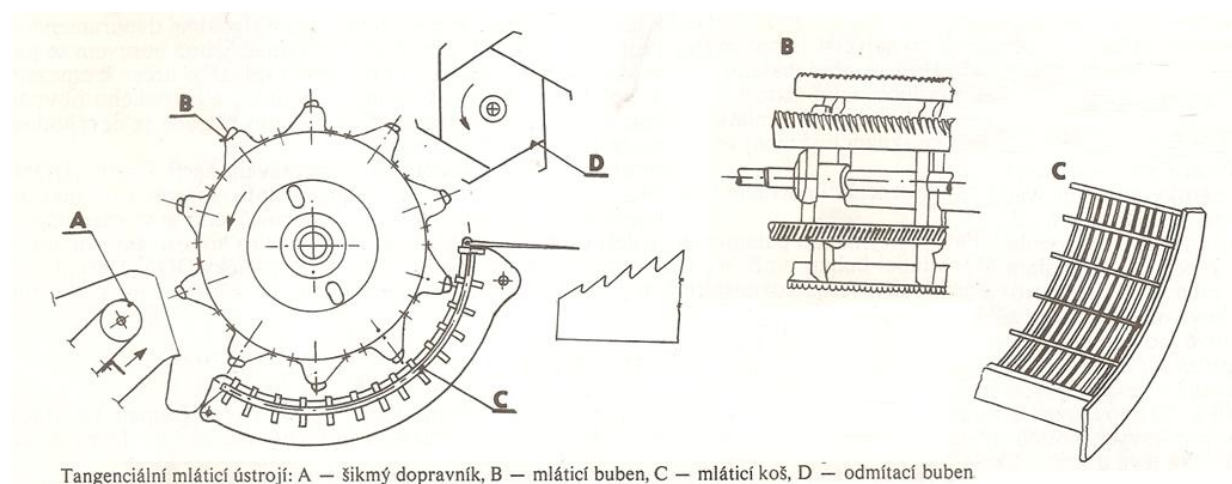
5.3.1 Proces výmlatu

Úlohou mláticího ústrojí je získat zrna z obilní hmoty, rozdělit zpracovaný materiál na směs zrna, slámy a plevelných zbytků. Uvolnit se má veškeré množství zrna a nesmí docházet k jeho poškození. Při procesu výmlatu dochází k rozdělení materiálu na hrubý a jemný omlat, hrubý omlat je dopravován na vytřasadlo výstupní mezerou mláticího bubnu. Jemný omlat propadne mezerami mláticího koše uloženého pod mláticím bubnem a pokračuje na čistící ústrojí. Mláticím košem má propadnout co nejvíce zrna (80–90 %), pak je ulehčena práce vytřasadel a je menší procento ztrát. [1]

5.3.2 Druhy mláticího ústrojí

5.3.2.1 Mlatkové

Je to dnes nejčastěji používané mláticí ústrojí. Na obr.10 jsou vidět jednotlivé prvky tohoto ústrojí. Mláticí buben má stálou polohu a otáčí se. Buben je osazen nosiči mlátek, na kterých jsou přidělané jednotlivé šikmo rýhované mlatky. Směr rýhování po sobě jdoucích mlátek se střídá. Mláticí koš je uložen na stavěcích šroubech, během procesu výmlatu lze měnit jeho polohou, a tím se určuje velikost mláticí mezery. U některých konstrukčních provedení je před mláticí buben vložen vkládací buben urychlující pohyb materiálu a napomáhající výmlatu. Ve většině případů je za mláticím bubnem umístěn buben odmítací, který má za úkol rovnoměrně posouvat materiál dále na vytrásadlo nebo do rotačního separátoru. Staticky a dynamicky vyvážený buben je poháněn přes variátor nebo reduktorem. Ten umožní plynulou změnu otáček. Průměr bubnu bývá od 500 do 800mm a šířka, která většinou určuje šířku celého mláticího ústrojí, se pohybuje mezi 1000 až 2000mm.



Tangenciální mláticí ústrojí: A – šikmý dopravník, B – mláticí buben, C – mláticí koš, D – odmítací buben

Obrázek 11 - Tangenciální mláticí ústrojí [4]

Materiál je vtahován kolmo na buben do vstupní mezery. Velká část zrn se uvolní hned na začátku vlivem rázů mlátek do vstupovaného materiálu. Mlatky přebírají materiál, jehož rychlost se postupně zvětšuje až k výstupní mezeře, která většinou bývá menší než mezera vstupní. Obvodová rychlost mláticího bubnu je okolo $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a materiál v mezeře má rychlost 11 až $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Mlatky přebírají materiál, dochází k jeho opětovnému stlačování a uvolňování, což má za následek vznik radiálních sil. Na vnější straně je materiál brzděn lištou koše, a tím je při protahování mlatkami bubnu mezerou roztahován. To znamená, že ve vrchní vrstvě se materiál pohybuje rychleji než

ve vrstvě spodní. Vznikající třecí síly kladně působící na uvolňování zrna. Díky mlatkám s pravým a levým rýhováním se v horní části materiál posouvá střídavě vpravo a vlevo, a tím vyvolá kmitání v tangenciálním směru. Sloučením tangenciálního a radiálního kmitání vzniká kmitání prostorové s frekvencí úměrnou počtu otáček mláticího bubnu. Na obvodu rotujícího bubnu vznikají vrstvy proudícího vzduchu. Zrno propadáva mláticím košem vlivem gravitační a odstředivé síly. Ventilační účinky vzduchu, které vytváří mláticí buben, propadu zrna mláticím košem napomáhají, naopak vzdušné víry jím vzniklé nepatrně propad zrna zhoršují. [1,3]

Na celkovém účinku výmlatu se podílí:

- rázy mlátek bubnu o dopravovanou hmotu
- cepy mlátek bubnu a lišty mláticího koše
- chvění vznikající v radiálním směru předbíháním hmoty mlatkami
- chvění v tangenciálním směru vznikající vlivem pravé a levé mlatky, které se po obvodu střídají
- přirychlování materiálu mlatkami bubnu a brzděním lištami koše, tím vzniklými silami radiálními a třecími
- ventilační účinky bubnu, které napomáhají propadu zrna mláticím košem [3]

5.3.2.2 Zubové

Zubové mláticí ústrojí se používalo dříve, dnes se již nepoužívá. Hlavním zástupcem jsou dnes sklízecí mlátičky, které využíváme při sklizni rýže. Mláticí buben není osazen mlatkami, ale zuby, podobně tak i mláticí koš. Zuby jsou rozmístěny po povrchu bubnu ve šroubovicích vícechodého závitu. Na začátku pracovního procesu je ráz zubů do hmoty, zachycená hmota se vtáhne mezi zuby koše a zuby bubnu. V mláticí mezeře přebírá hmotu buben a rázy zubů do materiálu se opakují. U zařízení byla zjištěna řada nedostatků, a proto se již dnes nevyrobí. Důvody jsou následující:

- pracná výroba oproti mlatkovému typu
- pro stejnou průchodnost je třeba většího příkonu, zvláště při zpracování dlouhého a vlhkého materiálu
- oddělovací-prosévací schopnost je vlivem působících sil horší
- jemný omlat má vyšší hmotnost při zpracování stejné hmoty materiálu a zatěžují se více další separační skupiny

- choulostivé na vniknutí cizího předmětu, může vést k vylomení zubu bubnu nebo koše [1,3]

5.3.3 Mláticí koš

Mláticí koš má tvar obloukové mříže a je uložen pod mláticím bubnem. Obepíná jej v úhlu 100 až 145°, ve vzniklé mezeře mezi bubnem a košem je materiál protahován a dochází k uvolnění zrna. Tvoří ho 10 až 15 podélných lišt z oceli obdélníkového průřezu, které jsou na stranách spojeny bočnicemi. V podélných lištách jsou zhotoveny otvory, kde jsou pak protaženy ocelové pruty tvořící výplet koše. Vznikají mezery o určitém rozměru, který se může pro jednotlivé sklizené plodiny lišit a těmi pak propadává zrna na stupňovitou vynášecí desku. Koš bývá ve většině případů jednoduchý, může být také vícedílný, zajišťující lepší a rychlejší výměnu nebo přestavení, a to hlavně u moderních modelů sklízecích mlátiček. Je zavěšen na konstrukci mlátičky takovým způsobem, aby byl umožněn jeho pohyb, a mohla se měnit mláticí mezera na požadovanou velikost. Při ucpání mláticího ústrojí lze koš spustit z pracovní polohy až o 80 mm, a tím usnadnit vyčištění. [4]

5.4 Separace hrubého omlatu

5.4.1 Proces separace

Úkolem separace je oddělit ze směsi slámy, plev a zrna co nejvíce zrna tak, aby nedocházelo k jeho porušení. Slámu a ostatní rostlinné zbytky dále dopravit ven ze sklízecí mlátičky a uložit je na strniště nebo je předat k další úpravě. Odlučování zrna má být dokonalé, aby vznikaly co nejmenší ztráty. Podíl slamnatých zbytků v jemném omlatu by měl být minimální, aby nedocházelo ke zbytečnému zatěžování čistícího ústrojí. Během chodu stroje se nesmí ucpávat propadací plochy. [1,3,4]

5.4.2 Druhy vytrásadel

5.4.2.1 Dělené - klávesové

Dnes jsou nejrozšířenějším a nejpoužívanějším druhem vytrásadel. Jsou uloženy na dvou klikových hřídelích, skládají se ze tří až osmi dílů – kláves.

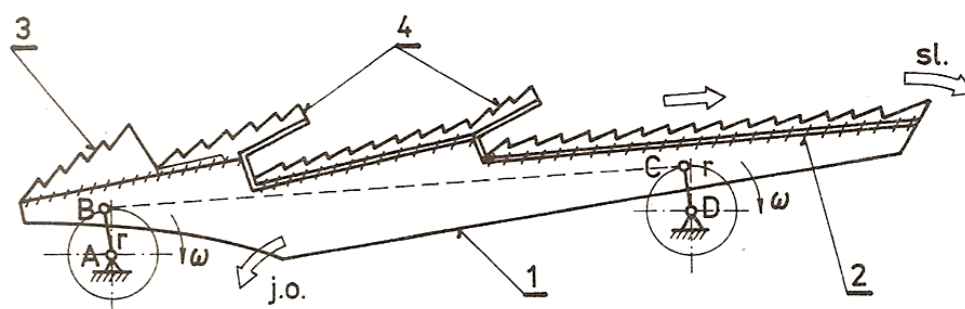
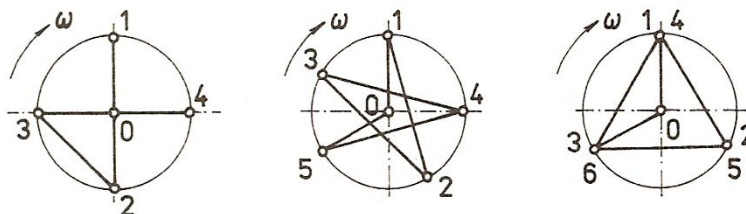


Schéma vytřásadla: 1 – těleso klávesy, 2 – síto, 3 – hřeben, 4 – lišta,
sl. – sláma, j. o. – jenný omlat

Obrázek 12 - Schéma děleného vytřásadla [1]

Jednotlivé klávesy jsou na klikové hřídeli od sebe posunuty o úhel natočení kliky vytřásadla, záleží na jejich počtu.



Obrázek 13 - Uložení kláves na klikové hřídeli (pro 4, 5 a 6 kláves) [1]

Každá klávesa má pracovní povrch opatřený děrovaným sítem nebo sklopnými žaluziemi, kde každá část je skloněna pod určitým úhlem. Boční stěny dopravních stupňů jsou opatřeny plechovými hřebeny s jednostranně zkosenými zuby. Takto se zabráňuje zpětnému posouvání slámy zpět k mláticímu bubnu, zajišťuje se rovnoměrné rozprostření a roztážení slámy po pracovních orgánech, plynulý posuv po vytřásadle a omezení příčného posuvu. Na prvním stupni jsou hřebeny vyšší pro zpomalení posunu materiálu – větší intenzita prosévání. U uzavřených kláves jenný omlat propadne na dno klávesy a spádovou dopravou je dopraven k čistícímu ústrojí. U otevřených kláves – bez dna, jenný omlat propadne na společnou spádovou desku nebo na soustavu šnekových dopravníků a pak zrno opět pokračuje na začátek čistícího ústrojí. Za výhodu otevřených kláves lze považovat dobrou dopravu i u vlhkého omlatu, protože se neucpávají. Na obr.14 je vytřásadlo sklízecích mláticích New Holland řady CX. Snímek vlevo ukazuje uspořádání kláves vytřásadla vedle sebe. Toto provedení je se 6 klávesami, které jsou v různé výškové úrovni. Je to důsledek uložení jednotlivých kláves na klikové hřídeli, zobrazeno na snímku vpravo a také na schématu na obr.13.

Tímto řešením se materiál více natřásá, je narušená vrstva v příčném směru a zrno lépe propadá do spodních vrstev hrubého omlatu a na plochu vytřasadla. [1,3,4]



Obrázek 14 - Dělené vytřasadlo NEW HOLLAND řady CX [10]

5.4.2.2 Rotační

V této kategorii se nacházejí dva zástupci. Prvním zástupcem je **rotační vytřasadlo s výtrásným průběžným lopatkovým šnekem**, zachyceno na obr.7. Šnek je dokola obklopen síťovým pláštěm, v něm se otáčí separační rotor se separačními segmenty uloženými do šroubovice. Hmota je posouvána v axiálním směru, dochází k vytírání a propadu zrna sítím. Nízká průchodnost materiálu se v dnešní době řeší dvěma rotory uloženými vedle sebe. Není náchylné na sklon mlátičky. Separace hrubého omlatu probíhá podobně jak u axiální sklízecí mlátičky.

Složením několika rotačních vytřásacích bubnů (separátorů) do řady vznikne **rotační vytřasadlo s výtrásnými bubny**. Separátory jsou osazeny velkým počtem prstů, které jsou odkloněny od směru otáčení. Pod každým separátorem je uložen téměř vodorovně koš, jimž propadá separované zrno. Mezeru mezi bubny a koši lze plynule měnit, všechny bubny jsou synchronizovány a běží se stejným počtem otáček. Vyznačují se vysokou účinností separace zrna z hrubého omlatu a stabilní výkonností. Hodí se pro sklizeň dlouhostébelného materiálu s vyšší vlhkostí, při sklizni obilí normální vlhkosti více drtí slámu než klávesová vytřasadla. Dnes se tento systém používá v kombinaci s tangenciálním mláticím ústrojím a děleným vytřasadlem. Mezi mláticím ústrojím a vytřasadlem je vložen jeden výtrásný buben (separátor). [1,4]

5.5 Teoretický rozbor děleného vytřasadla

5.5.1 Popis funkce vytřasadla

Odmítací buben dopravuje hrubý omlat na vytřasadlo a utvoří na něm různě silnou vrstvu, protože v mláticím bubnu je materiál silně stlačený a během vstupu do volného

prostoru díky své pružnosti expanduje. Pracovní povrch vytrásadla koná pohyb po kružnici, stejný pohyb koná i hrubý omlat. Proces, během kterého jsou zrna, úhrabky a plevy separovány na děleném vytrásadle, lze charakterizovat jako prosévání. Složitost tohoto děje je dána dvěma typy prosévacích elementů, ale také dvěma energetickými složkami, působících na zrno během procesu prosévání.

Vrstva hrubého omlatu, směs vymláčené slámy, zrna a plev tvoří první prosévací vrstvu. Během průsevu jednotlivými klávesy je využito v plné míře obou energetických složek, které způsobují pohyb zrna. Pohybem vytrásadla vzniká zrychlující energetická složka doplněná působením zemské tíže. Čím větší zrychlení je směsi uděleno vytrásadlem a čím větší je hmotnost jednotlivých zrn, tím je větší součet energetických složek. Z toho plyne, že za stejný časový úsek, po který je zrno na vytrásadle, je proces separace dokonalejší. Na rychlost pohybu zrna nepůsobí pouze velikost energie způsobující tento pohyb, ale i několik dalších významných vlivů:

- prostorové uspořádání částic, které vyjadřuje rozložení zrna a ostatních složek (slámy, plev) v objemu hrubého omlatu, ale také prostorová orientace částic, hlavně slámy
- relativní pohyb částic směsi ve směru rovnoběžném se směrem dopravy i ve směru příčném, v rovině rovnoběžné s pracovním povrchem vytrásadla
- třecí vlastnosti zrna a ostatních částic směsi, a to mezi částicemi různých složek (zrno po slámě), tak i mezi částicemi stejné složky (sláma po slámě), tyto vlastnosti jsou ovlivněny druhem a odrůdou plodiny, vlhkostí, podmínkami při vegetaci atd. [3]

Pracovní povrch vytrásadla je druhým prosévacím elementem. Je to proces podstatně složitější než u prosévání zrna rovinným sítem. Propad zrna povrchem vytrásadla je natolik dokonalý, pokud se neucpou průpadní otvory, že je zanedbán a oba prosévací elementy se berou jako jeden celek.

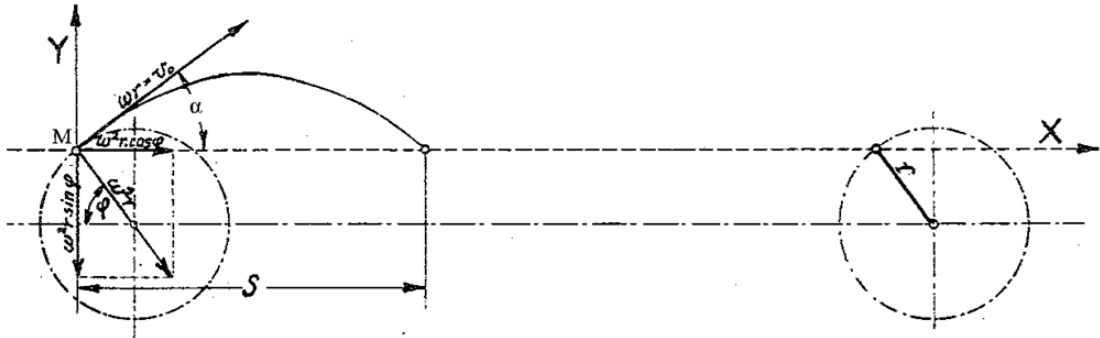
Na průsev zrna mají vliv ještě kromě kvalitativních činitelů také ty kvantitativní:

- intenzita a počet působících rázů na vrstvu, čím je jejich počet větší, tím je větší pravděpodobnost, že i zrno v horních vrstvách hrubého omlatu bude vyseparováno

- výška vrstvy hrubého omlatu, při větší výšce hrubého omlatu je třeba většího počtu a větší intenzity rázu udělených směsi na vytřasadle [3]

5.5.2 Kinematický rozbor

Hrubý omlat koná pohyb po kružnici společně s pracovním povrchem vytřasadla. Aby se zjednodušilo matematické vyjádření, počítá se jen s jednou klávesou děleného vytřasadla a zanedbá se odpor vzduchu, pružnost materiálu, tření a jeho skluz.



Obrázek 15 - Pohyb hmotného bodu M po kružnici na povrchu vytřasadla [6]

V hmotném bodě **M**, který nabývá rychlosti po kružnici pracovního povrchu vytřasadla, je zaveden souřadný systém $x - y$. Okamžitá poloha hmotného bodu **M** je určena:

$$x = v_o \cdot t \cdot \cos \alpha = v_o \cdot t \cdot \cos(90 - \varphi) = r \cdot \omega \cdot t \cdot \sin \varphi$$

$$y = v_o \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \cdot \cos \beta = r \cdot \omega \cdot t \cdot \cos \varphi - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \cdot \cos \beta$$

kde: t – čas odpovídající natočení klikové hřídele [s]

φ – úhel průvodiče vyšetřované polohy bodu **M** [°]

v_o – obvodová rychlost [m.s⁻¹]

α – úhel směru rychlosti v_o [°]

Čas letu se vypočítá z podmínky $y = 0$ a je:

$$t \cdot v_o \cdot \sin \alpha = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \cdot \cos \beta \rightarrow t' = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha}{g \cdot \cos \beta}$$

Délka letu se vypočítá dosazením do rovnice pro dráhu x :

$$x = s = v_o \cdot t' \cdot \cos \alpha = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g \cdot \cos \beta} = \frac{v_o \cdot \sin 2\alpha}{g \cdot \cos \beta}$$

Předpokládá se, že částice M dopadne zpět na povrch za půl otáčky, a je-li čas T pro

jednu otáčku, je: $t' = \frac{T}{2} = \frac{2\pi}{2\omega}$

$$t' = \frac{2 \cdot v_o \cdot \sin \alpha}{g \cdot \cos \beta} = \frac{2 \cdot r \cdot \omega \cdot \cos \varphi}{g \cdot \cos \beta} = \frac{2\pi}{2\omega} \cdot \omega \cdot r \cdot \cos \beta$$

$$\frac{\pi \cdot g \cdot \cos \beta}{2} = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi$$

$$t' = r \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi$$

Odtržení hmotné částice od povrchu vytrásadla nastane ve chvíli, kdy vertikální složka dostředivého zrychlení vytrásadla bude větší než gravitační zrychlení: $F_{oy} > G_y$ a z toho:

a) minimální otáčky:

$$m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin \varphi > g \cdot m \cdot \cos \beta$$

$$n_{min} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \cos \beta}{r \cdot \sin \varphi}} \text{ [s}^{-1}\text{]}$$

=> minimální otáčky jsou závislé na poloměru kliky vytrásadla, čím je poloměr natočení kliky vytrásadla větší, tím budou minimální otáčky klesat.

b) natočení kliky dílu vytrásadla:

$$\frac{\omega^2 \cdot r \cdot \sin \varphi}{r \cdot \omega^2 \cdot \cos \varphi} = \frac{2 \cdot g \cdot \cos \beta}{\pi \cdot g \cdot \cos \beta}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2}{\pi}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot \frac{2}{\pi} = 32^\circ 29'$$

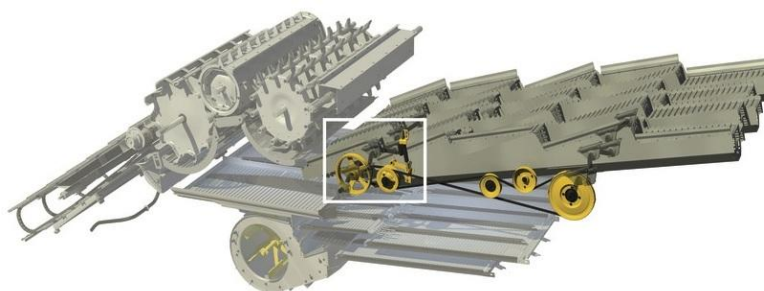
Jedním z možných technických řešení, které zlepšují proces separace a vedou ke snížení ztrát, je změna otáček vytrásadla při jízdě z kopce nebo do kopce. Během jízdy se materiál na vytrásadle posouvá směrem vzad. Když ale sklízecí mlátička jede do kopce, hrubý omlat se začne po vytrásadle pohybovat rychleji, když jede z kopce, tak pomaleji. Během nesprávné práce vytrásadla dochází ke ztrátám v hrubém omlatu. Při velkém počtu otáček vytrásadla a jízdě do kopce dochází k nedostatečnému počtu nadhozů, hrubý omlat se pohybuje po vytrásadle rychle a všechno zrno se nestačí vyseparovat. Pro zajištění správných pracovních podmínek se otáčky vytrásadla během

jízdy do kopce nebo z kopce mohou měnit. Otáčky se mění automaticky v závislosti na podélném sklonu mlátičky a sklizené plodiny. Společně s nimi se mění i otáčky ventilátoru čistícího ústrojí.



Obrázek 16 - Změna otáček vytřasadla [10]

Na obr.16 jsou vidět tři jízdní situace sklízecí mlátičky. Pozice vlevo ukazují jízdu po rovině, otáčky vytřasadla jsou 220 min^{-1} . Na následné pozici uprostřed mlátička jede do kopce a otáčky se sníží na 170 min^{-1} . Pozice vpravo simuluje jízdu z kopce, otáčky vytřasadla se opět zvýší, a to na hodnotu ještě větší oproti jízdě po rovině, konkrétně dosahují 240 min^{-1} . V závislosti na změně sklonu mlátičky se mění i otáčky ventilátoru. Tento systém dnes používá u svých sklízecích mlátiček například značka New Holland. Otáčky vytřasadla se mění pomocí variátoru, uložení variátoru je vidět na obr17. [10]



Obrázek 17 - Uložení variátoru vytřasadla NEW HOLLAND CX [10]

5.5.3 Dynamický rozbor

Na vytřasadle (viz obr.15) na hmotný bod působí dvě složky sil:

a) síla vzniklá tíhovým zrychlením: $G = m \cdot g$ [N]

b) síla vyvolaná zrychlením hmoty M pohybem po kružnici:

$$F_o = m \cdot a = m \cdot r \cdot \omega^2 \quad [N]$$

Pro správnou činnost vytřasadla je zapotřebí odpoutání hmoty od pracovního povrchu. Její nadhoz je určen vztahem $F_{oy} > G_y$.

Při dopadu hmoty na povrch vytřasadla je dosaženo maximálního rázu, kdy pohyb vytřasadla směřuje proti pohybu padajícího materiálu, tedy na začátku II. kvadrantu

pootočení klikové hřídele vytrásadla. Když dopadá hrubý omlat na povrch vytrásadla, dochází k rázu a vlivem různých setrvačných sil na jednotlivé složky hrubého omlatu pronikají zrna přes slaměné zbytky. Hmotnější a tvarově výhodnější zrna propadají až na povrch vytrásadla, jsou prosety a dále čištěny.

Zanedbáním vlivů tření, pružnosti a skluzu materiálu, odporu vzduchu a dalších faktorů, které ovlivňují práci vytrásadla, a z podmínky opětovného dopadu na povrch vytrásadla plyne, že minimální otáčky musí být výrazně vyšší než otáčky vypočítané. Určení skutečných minimálních otáček vytrásadla lze určit pouze empiricky. Čím jsou otáčky vyšší, tím je hrubému omlatu uděleno více nadhozu a vzniklých rázů. Je tedy pak větší pravděpodobnost, že bude dosaženo minimálních ztrát zrna na separačním ústrojí. [3]

5.5.4 Teorie průsevu

Na určitý úsek vytrásadla je přivedena určitá hmotnost zrna y_0 v hrubém omlatu, na tomto úseku se část zrna oddělí – průsev y_p , ve směsi hrubého omlatu část zrna zůstane – zůstatek zrna y_v (viz obr.18). Za daných podmínek se schopnost vytrásadla oddělovat zrno ze směsi charakterizuje poměrem hmotnosti zrna, které bylo vyseparováno – průsev y_p – ke hmotnosti zrna přivedeného y_0 . Tento poměr je označován ε a nazývá se poměrem průsevu, kde:

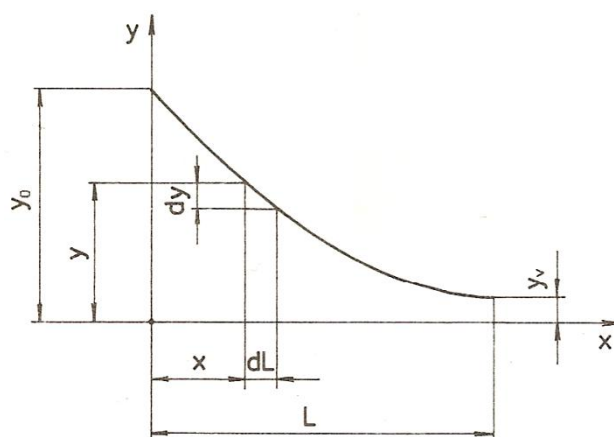
$$\varepsilon = \frac{y_p}{y_0}$$

Z tohoto vztahu je průsev $y_p' = \varepsilon \cdot y_0$, nebo v podobné obecné formě rovnici $\Delta y = y_0 - y = y_0 - y$, kde y je okamžitá hmotnost zrna na vytrásadle. Aby byl úsek vytrásadla charakterizován bez závislosti na jeho délce, uvažuje se průsev na diferenciálu délky dL . Součinitel, který je nazván součinitelem průsevu μ , charakterizuje vytrásadlo bez ohledu na délku zvoleného úseku. Potom může tedy být rovnice:

$$\frac{dy}{dL} = -\mu \cdot y$$

Znaménko **minus** naznačuje klesající tendenci, integrací dostaneme:

$$\int \frac{dy}{y} = -\mu \cdot \int dL \rightarrow \ln y = -\mu L + C \rightarrow \ln(y - C) = -\mu L$$



Obrázek 18 - Graf závislosti množství zrna y na vytřasadle na délce vytřasadla L [1]

$$\frac{y}{C} = e^{-\mu L}$$

Konstanta C se určí následujícím způsobem: při délce vytřasadla $L = 0$ a dosazením do předešlého vztahu je: $C = y$. Písmeno C zastupuje hmotnost zrna přivedeného na uvažovaný úsek vytřasadla, tudíž při $L = 0$ je $y_p = 0$. Je-li přivedené množství zrna na vytřasadlo y_0 , pak $C = y_0$. Vzniklý vztah umožňuje výpočet okamžité hmotnosti zrna na vytřasadle:

$$y = y_0 \cdot e^{-\mu L_t} \text{ [g]}$$

Zbytkové zrno na konci vytřasadla se označí: $z_V = y_0 \cdot e^{-\mu L_t}$ a z toho po následné úpravě vyplyne rovnice pro výpočet teoretické délky vytřasadla:

$$L_t = \frac{\ln \cdot \frac{Z_V}{y_0}}{-\mu} \quad \text{kde: } Z_V = \frac{y_0 \cdot p_z}{100}$$

kde: y_0 – hmotnost přivedeného zrna na vytřasadlo [g.kg]
 p_z – povolené % ztrát [%]

Z rovnice pro výpočet teoretické délky vytřasadla vyplývá, že ztráty nedokonalým vytřásáním lze ovlivnit:

1. změnou délky vytřasadla, s rostoucí délkou vytřasadla klesá účinnost separace, protože na jejím konci klesá podíl zrna ve vrstvě hrubého omlatu
2. změnou součinitele průsevu μ
3. snížením vstupující hmotnosti zrna na vytřasadlo y_0

Snížení vstupující hmotnosti zrna na vytrásadlo lze realizovat úpravou mláticího ústrojí. Pokud se zachytí více zrna už tam, ulehčí se práce vytrásadla a není třeba jeho tak velké délky. [1,3]

5.5.5 Výpočet rozměrů vytrásadla

Součinem šířky a délky vytrásadla je dána průsevní plocha děleného vytrásadla:

$$S_V = B_V \cdot L_S \text{ [m}^2\text{]}$$

Šířka vytrásadla je shodná se šířkou mlatkového mláticího ústrojí $B_V = B_1$, separační plocha se zvětšuje změnou délky vytrásadla: $y = f \cdot L$ (y je funkcí délky L)

Výsledná skutečná délka děleného vytrásadla se vypočítá:

1. z maximálních možných ztrát volného zrna na konci vytrásadla, povolená hodnota 0,25%

$$Z_V = 0,0025 \cdot y_o = y_o \cdot e^{-\mu \cdot L_t}$$

Teoretická délka vytrásadla je: $L_t = \frac{\ln \cdot 0,0025}{-\mu} = \frac{6}{\mu}$

Skutečná délka vytrásadla je: $L_S = \frac{L_t - L_1}{\cos \beta}$

kde: L_1 – vzdálenost od počátku vytrásadla k ose odmítacího bubnu [m]
 β – úhel sklonu pracovní plochy vytrásadla [°]

Rozhodujícím součinitelem pro určení délky vytrásadla je součinitel průsevu μ . Pro sklízecí mlátičky byl stanoven součinitel μ , dosahující hodnoty $\mu = 0,64-1,3$. Pro sklizeň pšenice je $\mu = 0,92 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ a pro ječmen $\mu = 0,6 \text{ [m}^{-1}\text{]}$. [3,5]

2. z doporučeného počtu úderů vytrásadla do hrubého omlatu, skutečná délka vytrásadla pak je:

$$L_S = \frac{v \cdot v_s}{n} \text{ [m]}$$

kde: v – počet úderů do hrubého omlatu vytrásadlem: $v = \gamma_o \cdot \frac{H}{H_o} \text{ [m}^{-1}\text{]}$
 v_s – střední rychlost dopravy hrubého omlatu $\text{[m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$
 n – počet otáček hnacího klikového hřídele vytrásadla $\text{[s}^{-1}\text{]}$

- γ_0 – doporučený počet úderů pro střední rychlost hrubého omlatu H_0
 H_0 – střední výška vrstvy hrubého omlatu na vytřasadle (0,15–0,18 m)
 H – skutečná výška hrubého omlatu na vytřasadle [m]

Podle předchozího vztahu pro výpočet skutečné délky vytřasadla lze vypočítat skutečnou výšku hrubého omlatu a následně také délku vytřasadla. Výpočet vychází z průchodnosti mláticího ústrojí, kde:

$$q - q \cdot \varphi = B_V \cdot H \cdot v_s \cdot \rho$$

a odtud:

$$H = \frac{(1-\varphi) \cdot q}{B_V \cdot v_s \cdot \rho} \text{ [m}^{-1}\text{]}$$

kde: φ – součinitel snížení hmotnosti průchodu mláticím ústrojím – výtěžnost v desetinném čísle

q – hmotnostní tok obilní hmoty mláticím ústrojím [kg.s⁻¹]

Výšku hrubého omlatu na vytřasadle je nutné znát pro správné umístění horní stěny mláticíky. [3]

3. z průchodnosti vytřasadel podle Antipina je:

$$q = \frac{L_s^2 \cdot n^2 \cdot B_V \cdot \rho \cdot H_0}{60^2 \cdot [1 - k \cdot (v_s - v_o^2)]}$$

po vyjádření:

$$L_s = \sqrt{\frac{q \cdot [60^2 \cdot (1 - k) \cdot v_s - v_o^2]}{n^2 \cdot B_V \cdot \rho \cdot H_0}} \text{ [m}^{-1}\text{]}$$

- kde: B_V – šířka vytřasadla [m]
 ρ – hmotnost hrubého omlatu [kg.m⁻³]
 k – obsah zrna v obilní hmotě [-]
 n – počet otáček hnacího klikového hřídele [min⁻¹]

Během praktických zkoušek byly zjištěny rozdíly v kvalitě separace, která kolísala vlivem měnících se podmínek, to znamená rozdílné vlastnosti sklizených plodin, přírodních a terénních podmínek, které upravují skutečné

pracovní podmínky. Dochází tak k nesprávné práci vytrásadla a ke zvýšeným ztrátám zrna. [3]

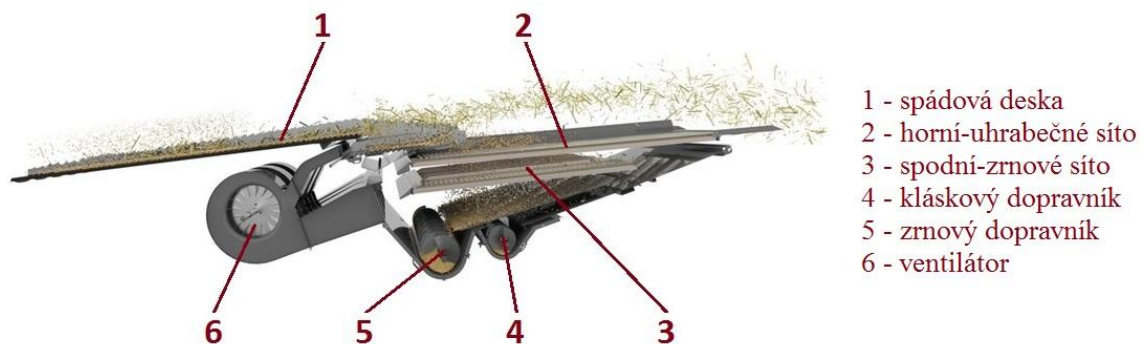
5.6 Separace jemného omlatu

5.6.1 Čistící ústrojí

Čistící ústrojí zajišťuje úplné oddělení zrna z jemného omlatu obsahujícího nežádoucí slamnaté příměsi, nedomlatky, plevy, úlomky klasu, prachové částice a jiné. Zrno by mělo být co nejčistší (nejméně 97%) s minimálními ztrátami. Jedná se o obtížnou operaci, protože složení jemného omlatu se velmi často mění, není zajištěn jeho konstantní hmotnostní průtok, mění se vlhkost zrna a slamnatost. Také se v průběhu činnosti může měnit nastavení mláticího a separačního ústrojí. Čistidlo by mělo být jednoduše seřiditelné, proud vzduchu lehce upravitelný a síto by se nemělo ucpávat. Čistící ústrojí je u většiny sklících mlátiček podobné bez vlivu, zda se jedná o axiální nebo tangenciální sklízecí mlátičku. Jeho součástí jsou podávací ústrojí jemného omlatu, síta s pohonem a ventilátor osazený variátorem. Dříve se síta nastavovala mechanicky, u nových strojů se nastavují většinou elektricky. [1,3,4]

5.6.2 Proces čištění zrna

Dnes se v nově vyráběných sklízecích mlátičkách nejčastěji používá čistící zařízení s tlakovými ventilačními účinky vzduchu, jehož proud vzduchu vyfukuje nežádoucí směs zbytků ven ze sklízecí mlátičky po směru jízdy. Tlakový vzduch vytvoří ventilátor. Na obr. 19 je vidět podrobně celé čistící ústrojí.



Obrázek 19 - Čistící ústrojí CLAAS [9]

Dále se skládá ze stupňovité vynášecí desky dopravující zrno obsahující nečistoty na síta. Někdy místo ní může být použita sada šnekových dopravníků sloužících

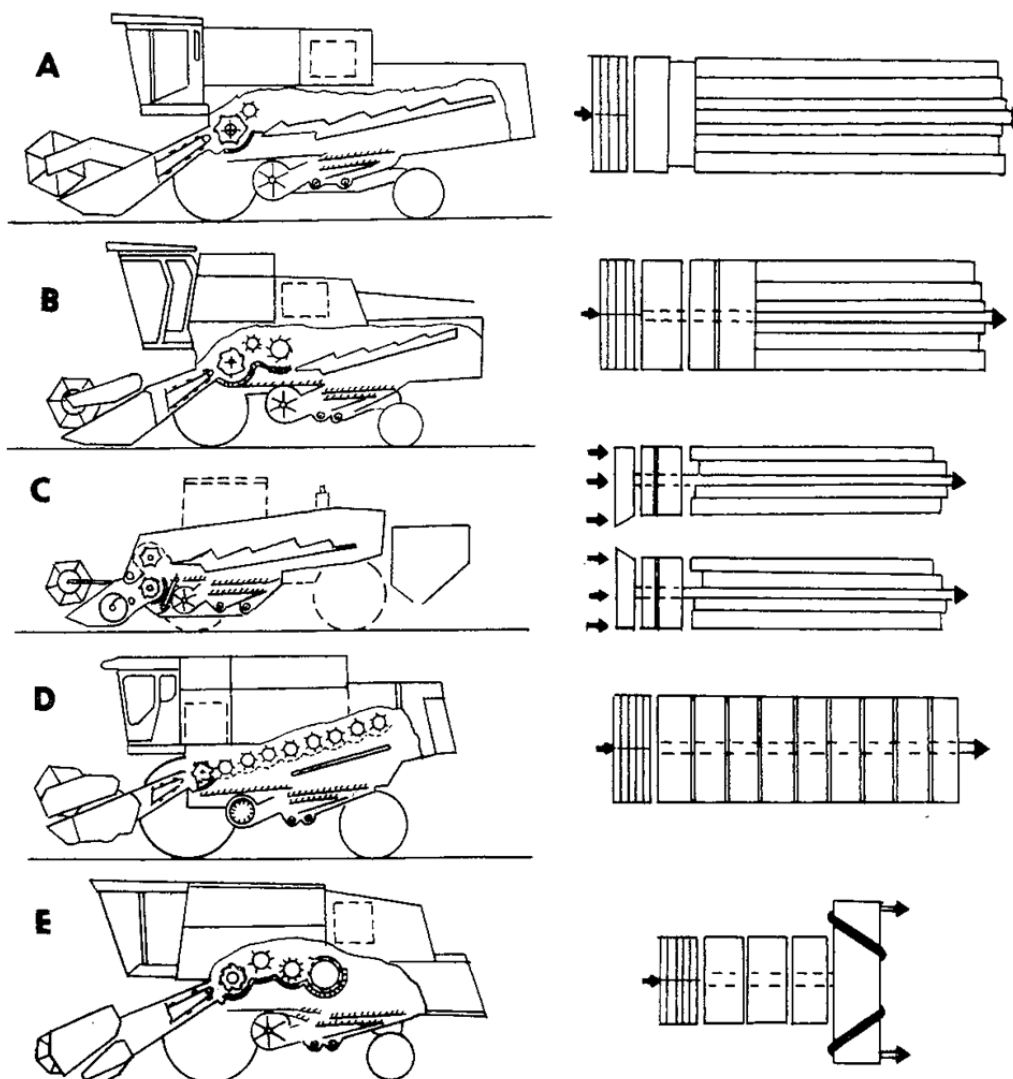
ke stejnému účelu. Obilní směs se dostává na horní - úhrabečné síto. Pod ním je umístěno spodní – zrnové síto. Celá soustava je doplněna dvěma šnekovými dopravníky. První slouží pro dopravu čistého zrna do zásobníku. Druhý je šnek kláskového dopravníku dopravující zrna obsahující nečistoty zpět k procesu separace. Každý výrobce sklízecích mlátiček má svoji metodu opětovné separace. Někdo dopravuje obilní směs zpět do mláticího ústrojí, další na spádovou desku nebo dokonce do speciálního zařízení, které slouží pro domláčení nevymláčených klasů.

Jemný omlat se po stupňovité vynášecí desce dopraví na síta, během svého posunu po desce se dobře rozprostře, zrno se setřese do spodní vrstvy a obsažené slaměné zbytky zůstávají na povrchu. Dále z desky přechází na prstový rošt, kde zrno a malé částice příměsí propadají, ostatek jde dále. Zrno a malé částice příměsí dopadnou na začátek horního síta, zatímco zbytek nežádoucích příměsí je odnesen proudem vzduchu na střed horního síta. Velikost otvorů u žaluziového síta, dnes nejrozšířenějšího, lze měnit v závislosti na obsahu nečistot v zásobníku zrna, stejně se provádí korekce otáček ventilátoru, a tím ovládáme proud vzduchu. Zrno postupně propadá soustavou sít, příměsí a plevy jsou odnášeny proudem vzduchu. Většina zrna propadne na začátku (v první třetině) sít a dostane se k dopravníku do zásobníku. V zadní části sít, vlivem malého prostorového zaplnění, dochází k propadu většího obsahu nečistot a nevymláčených klasů. Z tohoto důvodu putuje směs znovu k opětovné separaci nebo rovnou na čištění. [1,3,4]

5.7 Přehled konstrukčních řešení

Na obr.20 jsou zobrazena jednotlivá konstrukční řešení tangenciálních sklízecích mlátiček. Mlátička označená písmenem **A** zobrazuje základní a nejjednodušší typ tangenciálního mláticího a separačního ústrojí, použitý například u Fortschritt E512. Je složen z mláticího bubnu a za ním je umístěn odmítací buben posunující materiál na vytrásadla. Vytrásadla jsou poměrně dlouhá, aby nedocházelo ke ztrátám zrna v hrubém omlatu. U koncepcie typu **B** je za odmítací buben vložen rotační separátor, pod kterým je umístěn koš podobně jako u mláticího bubnu. Zvyšuje se účinek separace, odlehčuje práce vytrásadlům, a tím se může zmenšit jejich délka při stejném počtu a stejných rozměrech kláves. U mlátičky Massey Ferguson vyrobené v USA na obrázku **C** byl přidán druhý mláticí buben, během procesu výmlatu došlo k uvolnění většího množství zrna. Varianta **D** zastupuje použití rotačního vytrásadla, před kterým

je umístěn mláticí buben. Použití několika opakujících se rotačních prvků nahrazuje dělené klávesové vytrásadlo a díky tomu se tento konstrukční typ se vyznačuje výrazně zmenšenými rozměry celé sklízecí mlátičky. Poslední obrázek **E** je bezvytrásadlový stroj se zastoupením například u řady TF firmy New Holland. Provedení mláticího mechanismu se podobá předchozím modelům a za ním je rotační separátor. Jeden buben s košem je podobný jako u rotačního vytrásadla. Jako poslední separační prvek je zde axiální separátor se šířkou větší, než je celé mláticí ústrojí. Hrubý omlat je odváděn rovnoměrně ze středu ke kraji a následně opouští mlátičku dvěma výstupy, jedním vlevo a druhým vpravo. Toto konstrukční řešení sklízecí mlátičky má vlivem absence vytrásadel malou délku, zato šířka stroje je větší díky širokému axiálnímu separátoru. [4]



Obrázek 20 - Schémata konstrukčních řešení tangenciálních sklízecích mlátiček [4]

6 SOUČASNÁ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ

6.1 Inovace výrobců

Je několik způsobů, jak zajistit co nejlepší oddělení zrna z obilní hmoty. Většina výrobců používá podobné prvky zlepšující proces výmlatu a separace. Nejčastěji to jsou urychlovací a separační bubny nebo prvky, které zlepšují pohyb hrubého omlatu po vytrásadle. Nikdy však není použito všech dostupných technických prvků zároveň, jsou sladěny dva nebo tři dohromady, tak aby každý z nich vykonával činnost, kterou má, a nedocházelo ke zbytečnému ucpávání nebo poškozování materiálu. V některých případech je možné některé prvky během sklizně úplně vyřadit nebo přestavět, a tak se přizpůsobit měnícím se podmínkám během sklizně.

Po prozkoumání trhu sklízecích mlátiček a informací od prodejců na veletrhu Techagro 2016, lze konstatovat, že sklízecí mlátičky Claas patří k neprogresivnějším. Následují New Holland a John Deere. I mlátičky Case jsou poměrně inovativní, ale nevyrábí tangenciální mláticí ústrojí. Ostatní výrobci sklízecích mlátiček se od těchto firem snaží inspirovat, některým se to daří více a některým méně. Každý výrobce přichází s novinkami, většinou se ale od sebe liší jen nepatrně.

6.2 Urychlovací – předmláticí buben

Cílem výmlatu je uvolnit co nejvíce zrna, aby docházelo k co nejmenšímu zatěžování vytrásadla. Tomu má napomoci urychlovací buben. Je umístěn před mláticím bubnem. Urychluje tok materiálu až na 30 m.s⁻¹, čímž dochází k rovnoměrnému podávání materiálu do mláticího bubnu.

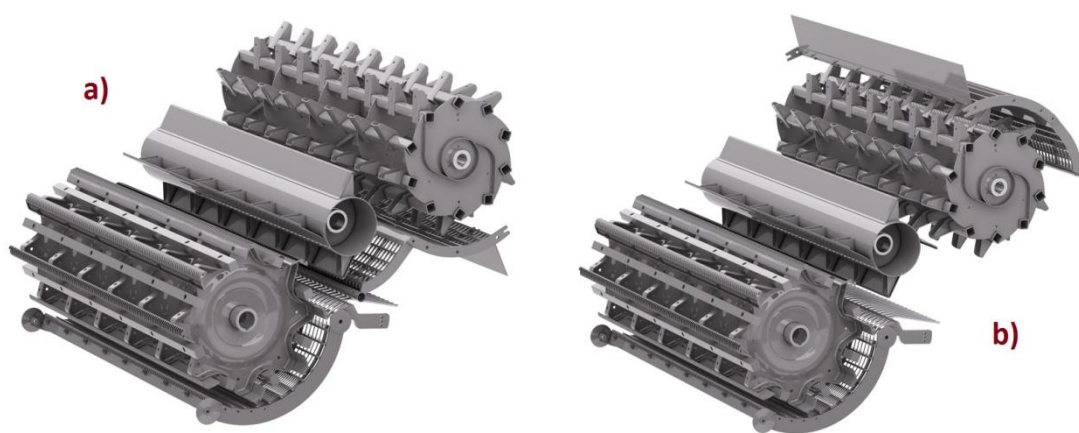


Obrázek 21 - Mláticí ústrojí JOHN DEERE řada W [8]

Pod urychlovacím bubnem je umístěn koš (viz obr.21), dochází tedy k oddělení zrna ještě před mláticím bubnem, a ten je schopen zachytit až 30% celkového zrna z obilní hmoty. Napomáhají tomu vysoké odstředivé síly, které urychlovací buben vytváří. Urychlovací buben má své opodstatnění za velkých výnosových podmínek, kdy je mlácení složité a je třeba snížit zatížení mláticího koše. Toto technické řešení vede k navýšení výkonnosti sklízecí mlátičky. Pro snadnější optimalizaci stroje v různých podmínkách je nastavení koše urychlovacího bubnu nezávislé na mláticím koši. Urychlovací buben je součástí APS systému firmy Claas, dále pak má zastoupení například u značek John Deere, Sampo nebo Gomselmash. [7,8]

6.3 Rotační separátor

Rotační separátor používají sklízecí mlátičky už více než 20 let. Není to tedy žádná novinka, ale výrobci sklízecích mlátiček přišli s dalším vylepšením. Rotační separátor je osazen košem podobně jako mláticí buben. Separační koš býval dříve upevněn nastálo a nedala se měnit jeho poloha. U některých mlátiček je tomu tak i dnes, jiné ale mají možnost měnit polohu separačního koše.



Obrázek 22 - Změna polohy koše rotačního separátoru LAVERDA M400 [11]

Na obr.22 jsou zobrazena mláticí ústrojí společně s rotačním separátorem, na každém snímku je jiná pozice separačního koše. Za separátorem pokračuje hrubý omlat na vyřasadlo. Obr.22 a) zachycuje pozici, kdy je rotační separátor v provozu, hrubý omlat je přiváděn do rotačního separátoru od odmítacího bubnu. Zlepšuje účinnost separace při dlouhé slámě, a dokonce i při vyšší vlhkosti materiálu. Umožňuje tak vysokou průchodnost i za obtížných podmínek. Na obr.22 b) je separační koš přemístěn nad rotační separátor a separátor vyřazen z funkce. Hrubý omlat je posunován

odmítacím bubnem hned na začátek vytřasadla a do rotačního separátoru vůbec nevstoupí. Hrubý omlat dopadne hned na začátek vytřasadla a bude na něm po delší dobu, než když jde přes rotační separátor. Toto přestavění je vhodné pro plodiny, které potřebují jen slabé mláčení, a pro sklizeň za suchých podmínek. Rotační separátor o něco více drtí slámu než samotné vytřasadlo. Tento způsob přestavění separačního koše využívají například mlátičky firem Fendt nebo Laverda. [11,13]

6.4 Clona

Odmítací buben posouvá hrubý omlat na vytřasadlo. Má za úkol rovnoměrně rozprostřít a přibrzdit hrubý omlat na začátku vytřasadla. Odmítací buben uděluje hrubému omlatu kinetickou energii a ten nedopadá na úplný začátek vytřasadla. Při vložení překážky (clony) se hrubý omlat zastaví a dostane se hned na začátek vytřasadla, tím se zvyšuje pravděpodobnost zachycení zbytkového zrna. Toto je poměrně staré řešení, ale výrobci sklízecích mlátiček jej stále používají a zdokonalují. Tento prvek používají například mlátičky New Holland.

6.5 Rotační odlučovač nad vytřasadlem

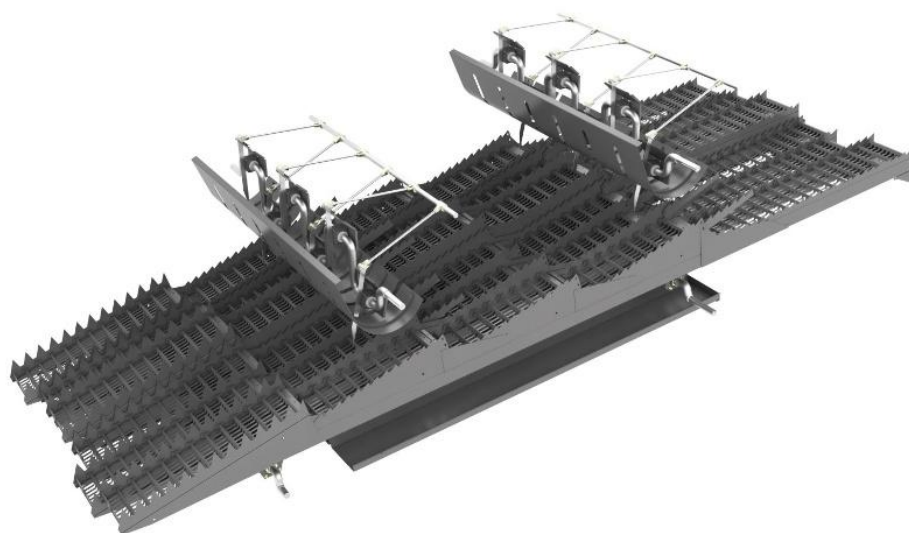
Tento separační prvek (viz obr.23) se většinou používá v případě, kdy za mláticím ústrojím není vložen rotační separátor a hrubý omlat se dostává z mláticího ústrojí rovnou na vytřasadlo. Jeho umístění lze vidět na obr.7. Důkladné uvolnění slámy je rozhodující pro vysokou separační účinnost, a to zejména v náročných terénních podmínkách, jako jsou vlhké slámy nebo rostliny zeleného růstu.



Obrázek 23 - Rotační odlučovač CLAAS [8,9]

Buben je osazen řízenými prsty, které jsou uchyceny excentricky uvnitř bubnu. Hroty se dostávají ze shora do vrstvy hrubého omlatu na vytřasadle, mají za úkol omlat provzdušnit, rozvolnit a provádí aktivní kontrolu toku materiálu. Prsty hrubý omlat táhnou, následně jej uvolní a materiál se načechrá, ovládají tak aktivně tok materiálu. Vrstva slámy se zmenšuje, čímž dochází k rychlejší separaci zrna. Otáčky bubnu a pracovní intenzita prstů se mohou měnit s měnícími se podmínkami během sklizně. Výhody jsou výrazné zejména v hustých porostech nebo ve vlhkých podmínkách. Používá se u mlátiček John Deere a Claas. [9]

6.6 Kývavé čechrače



Obrázek 24 - Vytřasadlo CLAAS TUCANO s kývavými čechrači [9]

Tento systém na obr.24 má své zastoupení u sklízecích mlátiček Claas řady Tucano, zjednodušenou konstrukci najdeme u řady Averó. Na obr.24 je vytřasadlo mlátičky Claas Tucano se dvěma řadami kývavých čechračů, které jsou uloženy na klikové hřídeli. Nad každou klávesou děleného vytřasadla je umístěn jeden kývavý hrot. Zaboří se do materiálu a uvolní vrchní vrstvu hrubého omlatu. Čechrače omlat mísí, provzdušňují a vznikají vzduchové mezery. Vrstva hrubého omlatu se naruší a zrno snadno propadne na prostorové síto vytřasadla. Plní podobnou funkci jako rotační odlučovač. Uložení kývavých čechračů lze podrobněji vidět na obr.25 v červeném rámečku. [9]



Obrázek 25 - Uložení kývavých čechračů nad vytřasadlem CLAAS TUCANO [9]

6.7 Manipulace s rostlinnými zbytky

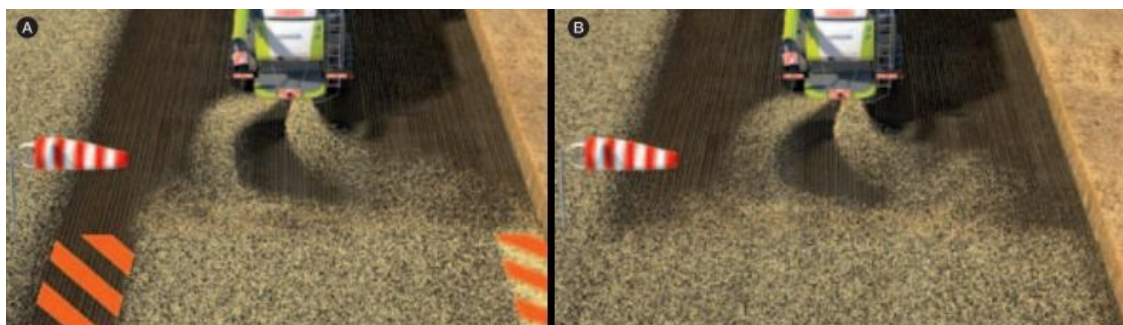
Výrobce zemědělské techniky Claas přišel na trh s novinkou dosud u sklízecích mlátiček nevídanou. Jedná se o práci s rostlinnými zbytky. Jde o případ, kdy se sláma neukládá do řádku, ale rozbíjí se. Rozbitá sláma putuje ke dvěma radiálním rozhazovačům. Rozhazovače jsou vybaveny usměrňovacími plechy, které určují výsledný směr dopadající řezanky na strniště. Otáčky metače řezanky lze plynule měnit, čím se mění i šířka rozhoru. Nově jsou však mlátičky vybaveny senzory pro automatické přizpůsobení směru odhozu, zachyceno na obr.26 v červeném kolečku. Senzory se nacházejí vlevo a vpravo na ramenech osvětlení stroje. Přes ovládací systém lze nastavit citlivost senzorů.



Obrázek 26 - Senzory automatického odhozu řezanky [9]

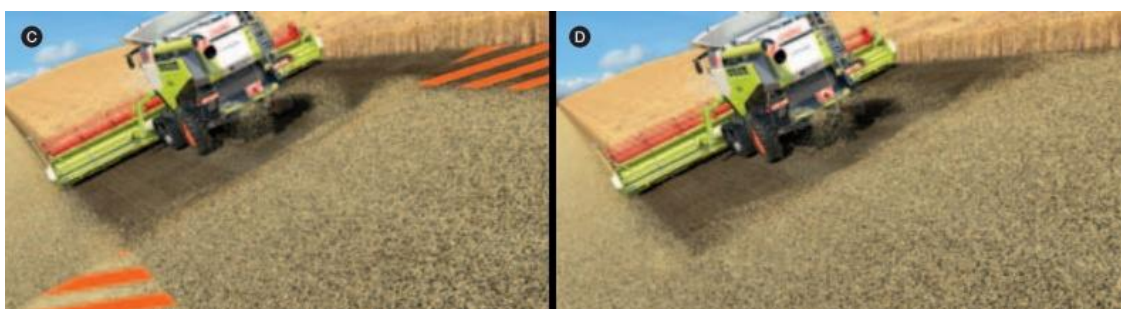
Boční vítr ovlivňuje směr odhozu řezanky. Výsledkem je nerovnoměrné rozhazování řezanky. Při bočním větru je řezanka unášena k jedné straně, obr.27 (A),

může docházet k odhození řezanky do neposečeného porostu. To pak ovlivňuje tok materiálu v žacím ústrojí. Protiopatřením jsou již zmíněné senzory na zadní části stroje, ty zachycují intenzitu bočního větru a vyrovnávají směr odhozu toku materiálu. Výhodou je řezanka rovnoměrně automaticky rozhozená po zpracovaném pásu, obr.27 (B).



Obrázek 27 - Usměrnění směru odhozu řezanky při bočním větru [9]

Při jízdě ve svahu nastává stejný problém s odhozem řezanky jako při bočním větru. Obr.28 (C) zachycuje jízdu ve svahu, rostlinné zbytky nejsou rozhozeny rovnoměrně po zpracovaném pásu, ale mimo něj. Stejně senzory jako ty, které snímají vliv větru, snímají také sklon sklízecí mlátičky. Při jízdě ve svahu se senzory pohybují díky přirozené síle zemské přitažlivosti vždy ve svislé poloze. Rozhoz řezanky se automaticky přizpůsobí, a umožňuje tak při jízdě ve svahu rovnoměrné rozložení po celé pracovní šířce, obr.28 (D). Díky automatickému přizpůsobení odhozu řezanky je snížen požadavek na zručnost obsluhy a dochází k rovnoměrnému rozhození řezanky. [9]



Obrázek 28 - Usměrnění odhozu řezanky při příčném sklonu mlátičky [9]

7 SROVNÁNÍ TANGENCIÁLNÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

7.1 Porovnávané sklízecí mlátičky

Každý výrobce sklízecích mlátiček sází na svá osvědčená technická provedení, která jim zaručují úspěch na trhu. Jednotlivé modely každého výrobce mají podobná konstrukční řešení, liší se však svojí velikostí. Malé zemědělské podniky by nevyužily velké výkonné mlátičky, které zvládnou sklidit velké množství hektarů denně. Široká žací lišta měřící okolo 10 metrů by pro ně byla spíše překážkou, proto je třeba i menších sklízecích mlátiček. Podniky s potřebou sklizně rozsáhlé plochy však velkou sklízecí mlátičku potřebují. Výrobci se přizpůsobují trhu a vyrábějí malé, střední i velké modely. Hlavní porovnávacím kritériem je výkon motoru sklízecí mlátičky, kterému jsou pak úměrně upraveny hlavní komponenty. Stroje rozdělené dle toho výkonu jsou zařazeny do 3 kategorií:

- do 150 kW
- do 250 kW
- nad 250 kW

Motory tangenciálních sklízecích mlátiček dosahují výkonu až 350 kW. V porovnání s axiálními nebo hybridními, jejichž motory mají výkon i přes 400 kW, jsou ale méně výkonné. Výkon motoru je porovnáván v závislosti na šířce mlátičeho ústrojí, ploše vytrásadla a velikosti zásobníku zrna. Datové údaje byly získány z odborného časopisu **Mechanizace v zemědělství**, kde je zobrazen přehled jednotlivých modelů výrobců sklízecích mlátiček. Stroje vybrané k porovnání patří devíti různým značkám: CLAAS, DEUTZ-FAHR, FENDT, GOMSELMASH, JOHN DEERE, LAVERDA, MASSEY FERGUSON, NEW HOLLAND a SAMPO.

7.2 Metodika posuzování

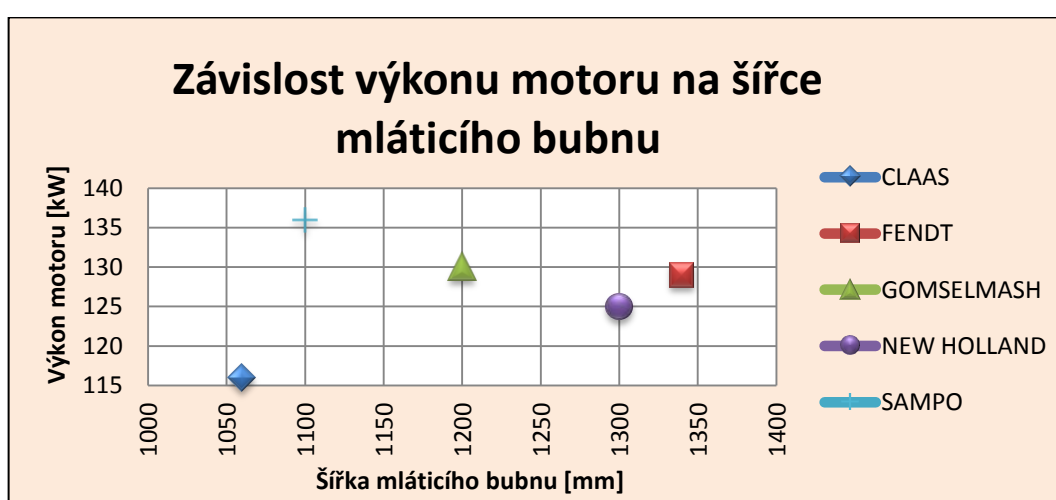
V každé výkonové kategorii jsou vybraní zástupci již výše zmíněných značek. Závislost výkonu motoru na parametrech sklízecí mlátičky je značný, je však třeba brát v úvahu konstrukční řešení vybraných strojů. Je rozdíl, když má mlátička před vytrásadlem umístěn rotační separátor, nebo ne. Množství vstupujícího zrna na vytrásadlo se zmenší a není třeba tak velké plochy vytrásadla.

Tabulka 3 - Výkonová kategorie nad 250 kW

| P. č. | Typ | Výkon motoru | Výmlat | | | Separace | | Plocha/nastavení sít | Objem zásobníku zrna |
|-------|------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| | | | Šířka bubnu | Průměr bubnu | Přídavné bubny | Plocha vytřasadla | Počet Kláves | | |
| | | | kW | mm | mm | - | m ² | | |
| 1 | Claas Lexion 670 | 305 | 1700 | 600 | urychlo. odmit. | 9,85 | 6 | 5,80/e | 11000 |
| 2 | Deutz-Fahr 9206 TS | 290 | 1521 | 600 | odmit. separační | 8,80 | 5 | 6,32/e | 9500 |
| 3 | Fendt 8400 P/P AL | 297 | 1680 | 600 | odmit. separační | 7,90 | 8 | 5,30/e | 12500 |
| 4 | Gomselmash Palesse GS14 | 294 | 1700 | 600 | urychlo. odmit. | 7,48 | 6 | 5,80/e | 9000 |
| 5 | John Deere T670 | 278 | 1670 | 660 | 2 odmit. separační | 8,78 | 6 | 5,98/- | 11000 |
| 6 | Massey Ferguson 7282 Centora | 276 | 1680 | 600 | odmit. separační | 9,90 | 8 | 5,30/- | 9500 |
| 7 | New Holland CX8090 | 330 | 1650 | 750 | odmit. separační | 5,93 | 6 | 6,50/e | 10500 |

7.4 Závislost výkonu na šířce mláticího bubnu

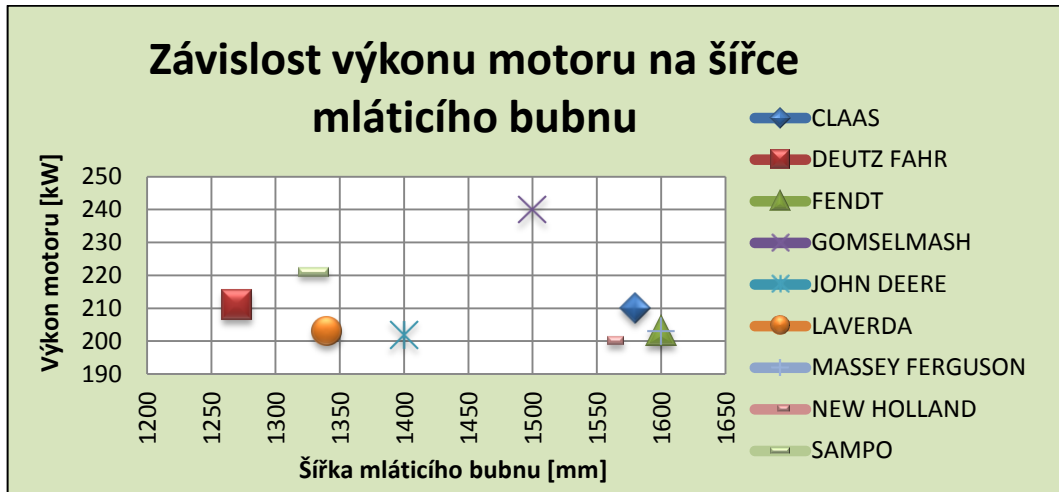
Šířka sklízecí je mlátičky je limitována pro přepravu na silniční komunikaci, stejně ve většině případů tyto sklízecí stroje překračují limit 3 m, který dovoluje volný pohyb po silniční komunikaci bez doprovodu. Hlavní parametrem je tedy šířka stroje, z toho plyne, že i šířka mláticího ústrojí je při konstrukci omezena. I když většina strojů šířku 3 m překračuje, musí mít sklízecí mlátičky takovou šířku, aby zvládly bezpečný pohyb po silniční komunikaci.



Obrázek 29 - Závislost výkonu motoru na šířce mláticího bubnu do 150 kW

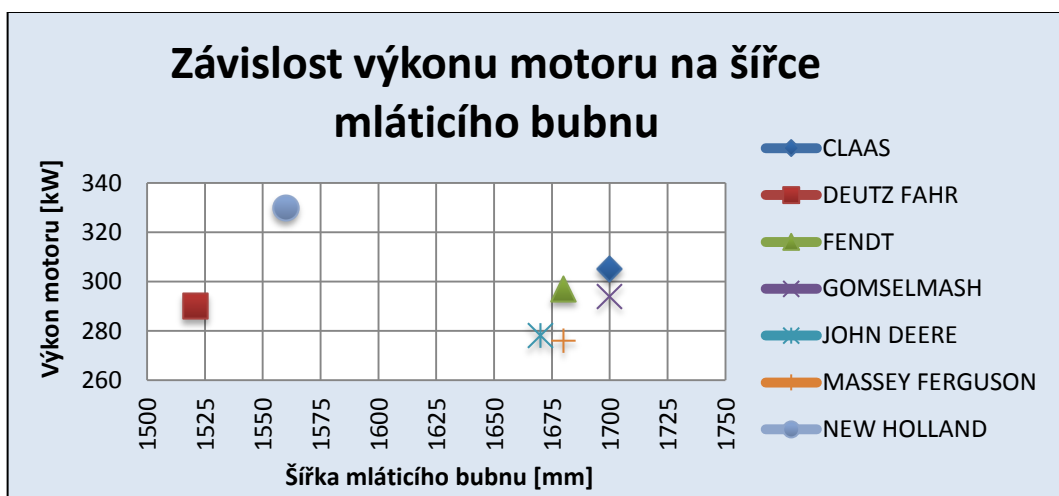
Na obr.29 jsou zastoupeny mlátičky nejnižší výkonové kategorie. Šířka mláticího ústrojí se pohybuje v rozmezí 1050 až 1350 mm. Není zde velkých rozdílů, nejslabší

mlátička Claas má nejmenší šířku mláticího ústrojí. Závislost ale neroste lineárně. Mlátička Gomselmasch a Fendt mají srovnatelný výkon, přesto se šířka jejich mláticího ústrojí liší o 150 mm. Rozdíl výkonu 20 kW je viditelný u mlátičky Claas a Sampo, ale rozdíl v šířce mláticího ústrojí je nepatrný.



Obrázek 30 - Závislost výkonu motoru na šířce mláticího bubnu do 250 kW

Druhá výkonnostní kategorie do 250kW na obr.30 ukazuje už větší rozdíl šířky mláticího ústrojí. Rozdíl necelých 350 mm je poměrně velký při srovnatelném výkonu. Mlátičky Claas, Fendt, New Holland a Massey Ferguson jsou výkonově i šířkou mláticího ústrojí srovnatelné. Nejsilnější mlátička Gomselmash, která má výrazně vyšší výkon než ostatní porovnávané stroje, je se svojí šířkou mláticího ústrojí 1500 mm ve středu mezi porovnávanými stroji, ale má oproti ostatním větší průměr mláticího bubnu. Při stejném výkonu mlátičky Fend a Laverda je rozdíl šířky bubnu 250 mm, z toho plyne, že hmotnostní tok mlátičky Fendt je větší při stejném výkonu motoru.

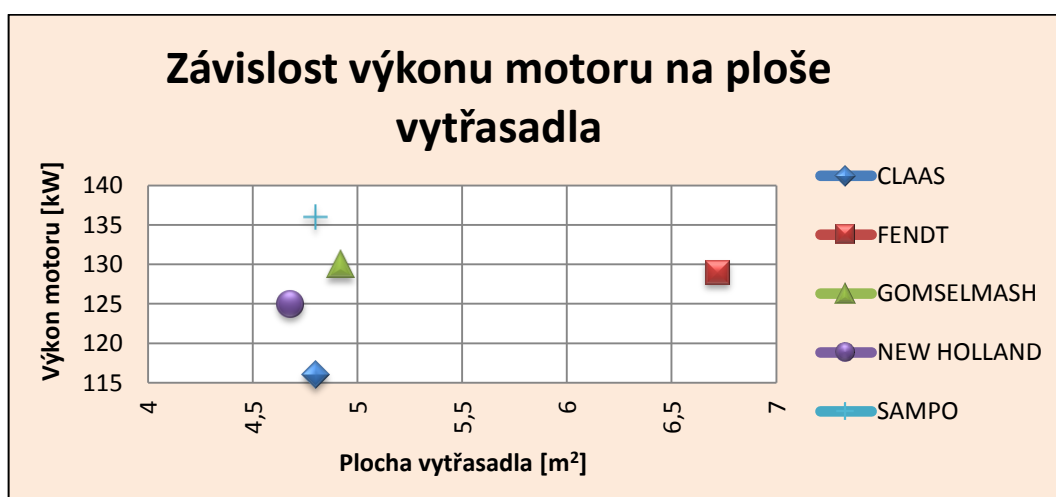


Obrázek 31 - Závislost výkonu motoru na šířce mláticího bubnu nad 250 kW

Na obr.31 v nejvyšší výkonové kategorii se nachází 5 zástupců se stejnými parametry, liší se od sebe pouze nepatrně. Mlátičky New Holland a Deutz Fahr se však od ostatních liší výrazně. Deutz Fahr má sice srovnatelný výkon motoru jako pětičlenná skupinka, ale šířka jeho mláticího ústrojí je menší o 150 mm. O něco větší šířku mláticího ústrojí má mlátička New Holland, která vyčnívá z řady svým motorem o výkonu 330 kW. Svůj vysoký výkon musí tedy odebírat jiné části sklízecí mlátičky. Jde o nejsilnější nabízenou tangenciální mlátičku.

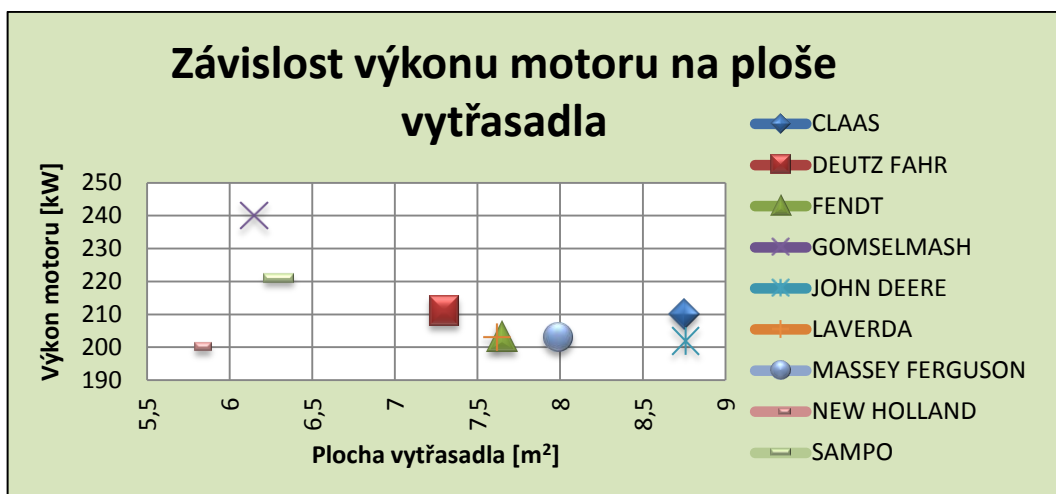
7.5 Závislost výkonu na ploše vytrásadla

Stejně jako šířka mláticího ústrojí určuje výslednou šířku sklízecí mlátičky, tak délka vytrásadla se podílí na celkové délce sklízecí mlátičky. Šířka vytrásadla je stejná jako šířka mláticího ústrojí, v případě, že je třeba zvětšit separační plochu, prodlouží se do délky.



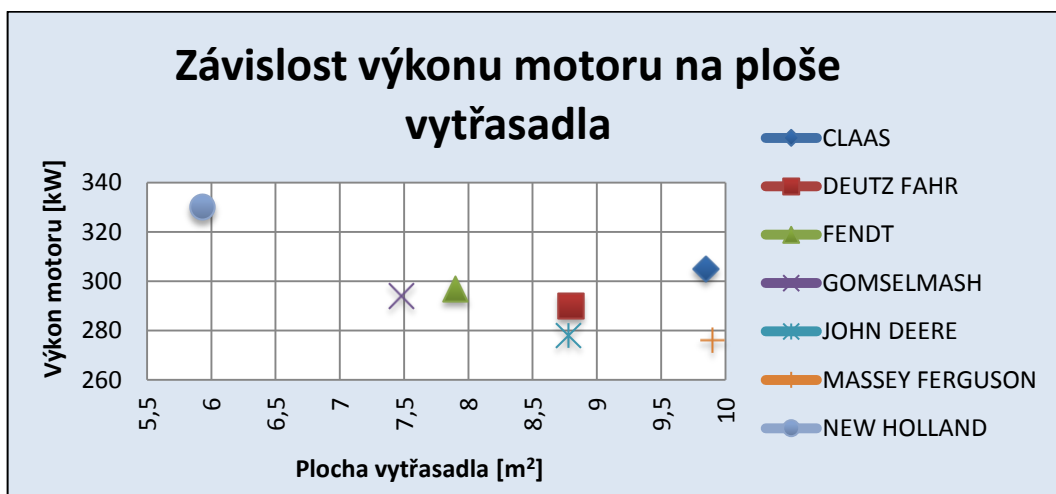
Obrázek 32 - Závislost výkonu motoru na ploše vytrásadla do 150 kW

Při srovnání výkonu motoru a plochy vytrásadla mlátiček do 150 kW na obr. 32 vyplyne, že při měnícím se výkonu motoru zůstává separační plocha stejná. Jenom jediný zástupce vystupuje z řady, a to mlátička Fendt. Má o 2 m² větší plochu vytrásadla než všichni ostatní, což je velký rozdíl. Prvním důvodem je největší šířka mláticího ústrojí – 1340 mm. I tak musí být vytrásadlo mlátičky Fendt výrazně delší než u ostatních srovnávaných modelů.



Obrázek 33 - Závislost výkonu motoru na ploše vytrásadla do 250 kW

Na obr.33 je závislost výkonu motoru na ploše vytrásadla pro mlátičky do 250 kW. Hodnoty jsou zde více rozptýleny než u nižší výkonové kategorie. Závislost výkonu na ploše vytrásadla zde není prokazatelná. Maximální a minimální plocha se liší o 3 m². Mlátička New Holland má nejmenší plochu vytrásadla a vysoce výkonný rotační separátor, oproti tomu mlátička Claas rotační separátor vůbec nemá, a proto plocha vytrásadla je oproti New Holland tak velká. John Deere je na tom obdobně jako Claas.



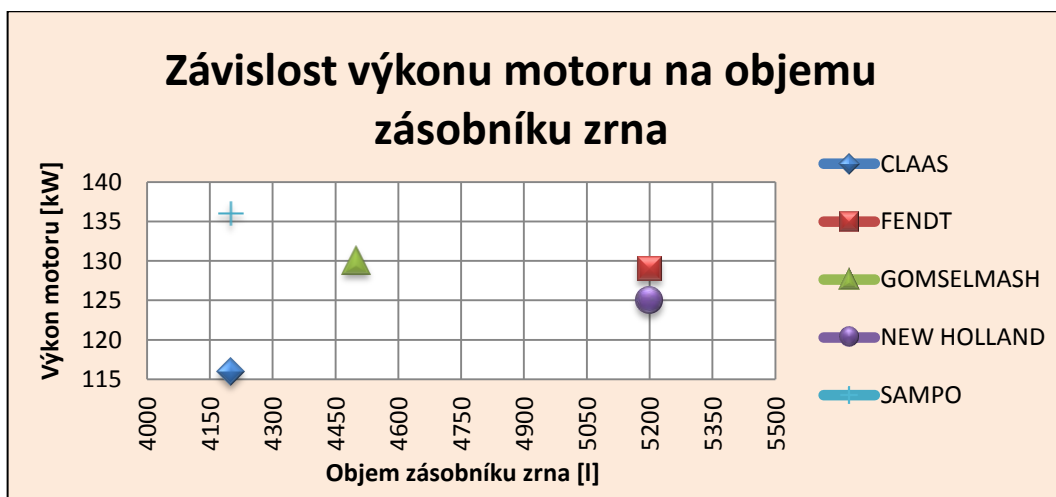
Obrázek 34 - Závislost výkonu motoru na ploše vytrásadla nad 250 kW

U nejvýkonnějších tangenciálních mlátiček je výrazný rozdíl v ploše vytrásadla. Data jsou zachycená na obr.34. Mlátička New Holland s nejvýkonnějším motorem má nejmenší plochu vytrásadla. Oproti Massey Ferguson nebo Claas má plochu menší o 4 m², což je značný rozdíl. Model New Holland je vybaven vysoce výkonným separátorem jako model v nižší kategorii, který by měl zachytit velké množství zbytkového zrna v hrubém omlatu. Massey Ferguson má také rotační separátor,

ale plocha vyřasadla je výrazně vyšší. Separační systém Massey Ferguson by měl mít větší pravděpodobnost zachycení zbytkového zrna nacházejícího se v hrubém omlatu.

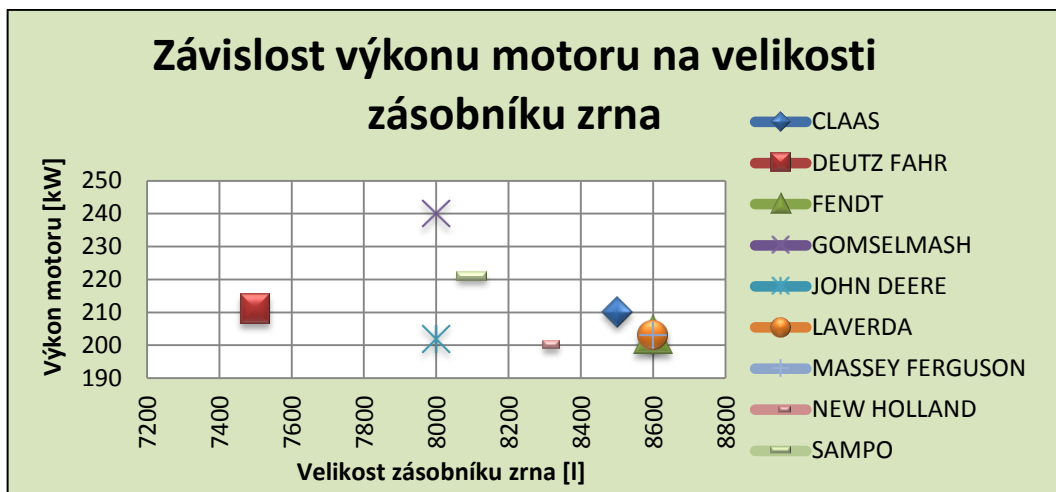
7.6 Závislost výkonu na objemu zásobníku zrna

Kapacita zásobníku zrna je ve většině případů ovlivněna konstrukčním řešením. Samojízdné sklízecí mlátičky mají zásobník zrna umístěny v horní části sklízecí mlátičky, hned za kabinou obsluhy. Většina modelů má zásobník rozkladatelný. Během přepravy je zásobník složený, není třeba využívat jeho kapacitu. Výška sklízecí mlátičky se tak zmenší. Při pracovním režimu je zásobník rozložený a jeho kapacita se změní až na dvojnásobek. Velikost zásobníku ovlivňuje četnost vyprazdňování, samotná doba vyprazdňování závisí na výkonnosti vyprazdňovacího dopravníku.



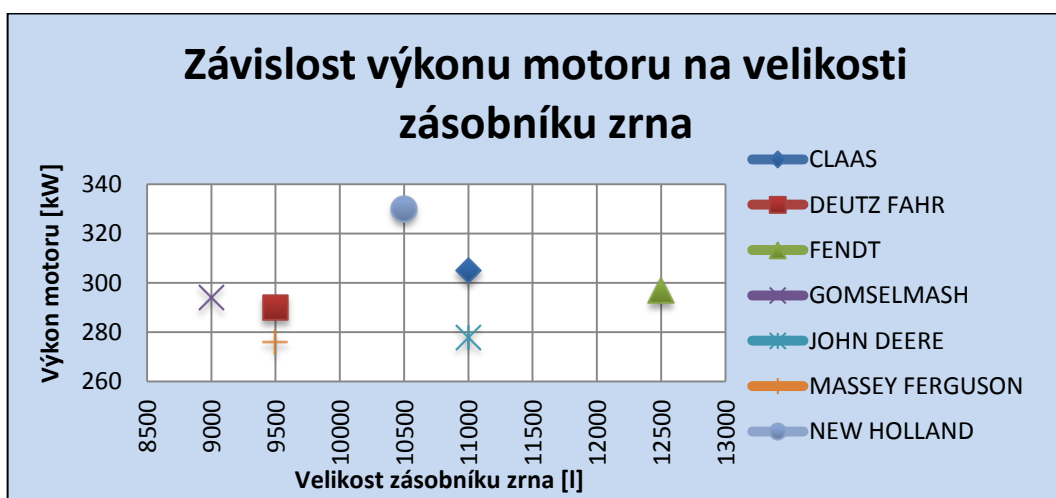
Obrázek 35 - Závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna do 150 kW

U nejmenších sklízecích mlátiček se nepředpokládá velký rozdíl ve velikosti zásobníku zrna. Rozdíl největšího a nejmenšího zásobníku je 1000 l. Stroje Fendt a New Holland mají objem zásobníku stejný – 5200 l, zbylé tři modely mají objem zásobníku menší o více než 1000 l. Sampo, které má nejvyšší výkon motoru, je na tom se svým objemem stejně, jako model Claas, který má naopak výkon motoru nejmenší. O něco větší zásobník než tyto dva modely má mlátička Gomselmash. Tyto nejmenší stroje mají většinou pevný zásobník, který nezvětšuje svůj objem mezi přepravní a pracovní polohou.



Obrázek 36 - Závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna do 250 kW

Na obr.36 je vidět, že u tří sklízecích mlátiček je výkon motoru a objemu zásobníku na zrno stejný. Mlátičky Fendt, Laverda a Massey Ferguson mají stejné parametry. Jejich zásobník je také tím největším v této kategorii. Nejmenší zásobník má mlátička Deutz Fahr, oproti všem ostatním zástupcům je výrazně menší. Rozdíl mezi nejmenším a největším zásobníkem je 1100 l, je to podobné jak u kategorie do 150 kW.



Obrázek 37 - Závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna nad 250 kW

Největší tangenciální mlátičky mají závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna zobrazenou na obr.37. Na první pohled je viditelné, že sklízecí mlátička Fend má největší objem zásobníku zrna, a to 12500 l. Výkonově srovnatelná mlátička Gomselmash má však zásobník nejmenší. Rozdíl 3500 l je hodně velký, při srovnatelném výkonu to odpovídá 2800 kg pšenice při hustotě $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Jde o to, jaké je zvoleno konstrukční řešení mlátičky a zda není velikost zásobníku zrna něčím

limitována. Nejčastěji u mlátiček této kategorie bývá velikost zásobníku okolo 10000 l. Mlátička New Holland s nevykonnějším motorem je se svým objemem zásobníku 10500 l ve středu mezi hodnocenými stroji.

7.7 Porovnání sklízecích mlátiček

Mezi nejmenšími sklízecími mlátičkami do 150 kW ve všech porovnávaných parametrech vyniká mlátička Fendt 5180 E. Má nejširší mláticí ústrojí i největší plochu vytrásadla. Velikost zásobníku má také největší, stejně jako mlátička New Holland TC5070. S průměrným výkonem motoru ve své kategorii oproti ostatním vyniká, navíc má jako jediná mlátička elektricky nastavovaná síta. Lze také říci, že Claas Averro 160 je nejmenší sklízecí mlátičkou, její parametry jsou ze všech nejnižší.

Ve střední výkonové kategorii do 250 kW jsou výsledky méně rozdílné. Dobře na tom je se svými parametry mlátička Claas Tucano 440 nebo Massey Ferguson 7347 S Activa. Mlátička Gomselmasch GS12 s výrazně nejvýkonnějším motorem je ve všech ostatních parametrech průměrná. Deutz-Fahr 6060HTS ve většině posuzovaných údajů zaostává. Má nejmenší šířku mláticího ústrojí a výrazně menší zásobník zrna než ostatní.

V kategorii nad 250 kW jednoznačně svým výkonem vyniká mlátička New Holland CX8090 navzdory tomu, že její parametry jsou průměrné. Má výrazně menší plochu vytrásadla, ale má vysoce výkonný rotační separátor, který zachytí většinu zbytkového zrna v hrubém omlatu. Dobře si stojí mlátičky Claas Lexion 670, Massey Ferguson 7282 Centora nebo John Deere T670. Nepatrně horší parametry vykazuje mlátička Deutz-Fahr 9206 TS.

Porovnání parametrů sklízecích mlátiček nám může poskytnout mnoho zajímavých údajů, ale rozhodující jsou praktické zkušenosti. Rozhodnutí, jakou mlátičku zvolit, je na zákazníkovi, a závisí na mnoha parametrech. Mezi nejdůležitější patří cena, servis a lokalita použití.

8 ZÁVĚR

Je to 100 let, co byla patentována samojízdná sklízecí mlátička. Za tu dobu se tyto stroje neustále vyvíjejí, dochází k technologickým pokrokům a také k výraznému zvětšování mlátičky i žacího ústrojí. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že se stále více nahrazují mechanické komponenty elektronickými, a také v množství nabízených modelů. Dnes si může zákazník vybrat mlátičku dle své potřeby. Na přání je možno dokoupit technologie jako GPS, automatické rozhození rostlinných zbytků, lepší výbavu kabiny řidiče a spoustu dalších technických vymožeností, které usnadňují práci obsluze.

Tangenciální sklízecí mlátičky jsou nejstarším typem samojízdných mlátiček, ale to neznamená, že by byly na ústupu. Nová technická řešení tento způsob získávání zrna zdokonalují. Hlavním cílem jsou co nejnižší ztráty zrna a také jeho vysoká čistota. Vytrasadla jsou šetrná ke slámě, stroje jsou tedy vhodné pro podniky, které se zabývají živočišnou výrobou a používají slámu na podestýlku. Tangenciální sklízecí mlátičky se méně hodí pro sklizeň kukuřice, pro kterou je vhodnější axiální sklízecí mlátička. Vyznačují se o něco málo menšími výkonnostními parametry, než axiální nebo hybridní mlátičky. Vytrasadlo nedisponuje tak dobrými separačními vlastnostmi jako separační rotory. Proto dnes u výkonnějších tangenciálních mlátiček často nalezneme rotační separátor, který výrazně napomáhá separaci zbytkového zrna. Z výsledků porovnání sklízecích mlátiček je patrné, že stroje s rotačním separátorem mají menší plochu vytrasadla než ty, které ho nemají. Dobře si vedly mlátičky Claas, Massey Ferguson a Fendt, naopak mlátičky Deutz-Fahr nepatrně zaostávaly.

Sklízecí mlátička je sezónní stroj a nachází své využití jen asi jen 2–3 měsíce v roce. Provozní doba se může o něco zvýšit, když mlátičku využíváme pro sklizeň nejen obilnin, ale například kukuřice, máku, nebo když se sklízecí mlátičkou provádíme služby. Velmi často jezdí čeští zemědělci se svými stroji například na Slovensko nebo do Maďarska, kde se sklizeň obilovin vzhledem ke klimatickým podmínkám provádí dříve. Výkonnost stroje by měla být taková, abychom ji maximálně využili. Aktuální světový rekord drží mlátička New Holland CR 10.90, která sklídila 797,6 t pšenice za 8 hodin na 80 ha. Volbu správné sklízecí mlátičky je vhodné konzultovat s odborníkem. Výkonnost mlátičky v praxi ovlivňuje také kvalita obsluhy.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NEUBAUER K. a kolektiv, *Stroje pro rostlinnou výrobu*, Státní zemědělské nakladatelství v Praze 1989, 720 stran, ISBN 80-209-0075-6
- [2] BŘEČKA J., HONZÍK I. A NEUBAUER K., *Stroje pro sklizeň píce a obilnin*, Česká zemědělská univerzita, v Praze 2001, 147 stran, ISBN 80-213-0738-2
- [3] BEYER H., *Stroje pro rostlinnou výrobu II. část textová - Sklizňové stroje píce, obilnin, kukuřice a lnu*, Vysoká škola zemědělská v Brně, v Praze 1981, 185 stran
- [4] MALEŘ J., *Samojízdné sklizeče zrnin*, Státní zemědělské nakladatelství v Praze 1989, 360 stran, ISBN 80-209-0000-4
- [5] HŮŘEK B., *Zemědělské stroje - Teorie, výpočet, projektování a zkoušení. Díl II. Stroje sklizňové a pro úpravu zrní a semene*, Vysoká škola zemědělská Praha, 2. dotisk, v Praze 1963, 451 stran
- [6] STEHNO L. a kolektiv, *Historie sklízecích mlátiček*, Vydavatelství odborného tisku Profi Press, v Praze 2014, ISBN 987-80-86726-58-8

Internetové zdroje:

- [7] AGROMEL [online], 2016 [cit. 2016-18-03], Dostupné z: <www.agromel.cz>
- [8] DISTRIBUTOR JOHN DEERE [online], 2016 [cit. 2016-30-03], Dostupné z: <www.johndeeredistributor.cz>
- [9] CLAAS [online], 2016 [cit. 2016-05-04], Dostupné z: <www.claas.cz>
- [10] AGROTEC [online], 2016 [cit. 2016-27-03], Dostupné z: <www.eagrotec.cz>

- [11] BISO SCHRATTENECKER [online], 2016 [cit. 2016-10-04], Dostupné z: <www.biso.eu>
- [12] GARNEA [online], 2016 [cit. 2016-03-04], Dostupné z: <www.garnea-as.cz>
- [13] AGROMEX [online], 2016 [cit. 2016-08-04], Dostupné z: <www.agromex.cz>
- [14] AUSTRO DIESEL [online], 2016 [cit. 2016-13-04], Dostupné z: <www.austrodiesel.at>
- [15] SKLÍZECÍ MLÁTIČKY [online], 2016 [cit. 2016-08-04], Dostupné z: <www.kombajny.wz.cz>
- [16] PROSTĚJOVSKÝ DENÍK [online], 2016 [cit. 2016-19-03], Dostupné z: <www.prostejovsky.denik.cz>
- [17] ZEMĚDĚLSKÉ FOTO [online], 2016 [cit. 2016-29-03], Dostupné z: <www.zemedelskefoto.net>
- [18] MALCP.COM [online], 2016 [cit. 2016-08-04], Dostupné z: <www.malcp.com>
- [19] MECHANIZACE ZEMDĚLSTVÍ [online], 2016 [cit. 2016-11-04], Dostupné z: <www.mechanizaceweb.cz> + příloha k časopisu - Mechanizace zemědělství - Tabulkový přehled SKLÍZECÍ MLÁTIČKY A LISY 2013

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Stacionární mlátička WICHTERLE [16]..... | 11 |
| Obrázek 2 - Sklízecí mlátička FORTSCHRITT E512 [17]..... | 13 |
| Obrázek 3 - Sklízecí mlátička CLAAS SUPER [18]..... | 15 |
| Obrázek 4 - Sklízecí mlátička NEW HOLLAND TX66 | 15 |
| Obrázek 5 - Tangenciální mláticí a separační ústrojí JOHN DEERE řady W [8]..... | 16 |
| Obrázek 6 - Axiální mláticí a separační ústrojí JOHN DEERE řady S [8] | 17 |
| Obrázek 7 - Mláticí a separační ústrojí CLAAS APS HYBRID [7] | 18 |
| Obrázek 8 - Popis částí tangenciální sklízecí mlátičky [10]..... | 19 |
| Obrázek 9 - Sklízecí adaptéry CLAAS [7] | 20 |
| Obrázek 10 - Řez šikmým dopravníkem (SM - DEUTZ-FAHR) [12]..... | 21 |
| Obrázek 11 - Tangenciální mláticí ústrojí [4]..... | 22 |
| Obrázek 12 - Schéma děleného vytřasadla [1] | 25 |
| Obrázek 13 - Uložení kláves na klikové hřídeli (pro 4, 5 a 6 kláves) [1]..... | 25 |
| Obrázek 14 - Dělené vytřasadlo NEW HOLLAND řady CX [10]..... | 26 |
| Obrázek 15 - Pohyb hmotného bodu M po kružnici na povrchu vytřasadla [6]..... | 28 |
| Obrázek 16 - Změna otáček vytřasadla [10]..... | 30 |
| Obrázek 17 - Uložení variátoru vytřasadla NEW HOLLAND CX [10] | 30 |
| Obrázek 18 - Graf závislosti množství zrna y na vytřasadle na délce vytřasadla L [1].. | 32 |
| Obrázek 19 - Čistící ústrojí CLAAS [9] | 35 |
| Obrázek 20 - Schémata konstrukčních řešení tangenciálních sklízecích mlátiček [4] ... | 37 |
| Obrázek 21 - Mláticí ústrojí JOHN DEERE řada W [8] | 38 |
| Obrázek 22 - Změna polohy koše rotačního separátoru LAVERDA M400 [11]..... | 39 |
| Obrázek 23 - Rotační odlučovač CLAAS [8,9]..... | 40 |
| Obrázek 24 - Vytřasadlo CLAAS TUCANO s kývavými čechrači [9]..... | 41 |
| Obrázek 25 - Uložení kývavých čechračů nad vytřasadlem CLAAS TUCANO [9] | 42 |
| Obrázek 26 - Senzory automatického odhozu řezanky [9]..... | 42 |
| Obrázek 27 - Usměrnění směru odhozu řezanky při bočním větru [9] | 43 |
| Obrázek 28 - Usměrnění odhozu řezanky při příčném sklonu mlátičky [9]..... | 43 |
| Obrázek 29 - Závislost výkonu motoru na šířce mláticího bubnu do 150 kW | 46 |
| Obrázek 30 - Závislost výkonu motoru na šířce mláticího bubnu do 250 kW | 47 |
| Obrázek 31 - Závislost výkonu motoru na šířce mláticího bubnu nad 250 kW | 47 |
| Obrázek 32 - Závislost výkonu motoru na ploše vytřasadla do 150 kW | 48 |

| | |
|--|----|
| Obrázek 33 - Závislost výkonu motoru na ploše vyřasadla do 250 kW | 49 |
| Obrázek 34 - Závislost výkonu motoru na ploše vyřasadla nad 250 kW | 49 |
| Obrázek 35 - Závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna do 150 kW..... | 50 |
| Obrázek 36 - Závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna do 250 kW..... | 51 |
| Obrázek 37 - Závislost výkonu motoru na objemu zásobníku zrna nad 250 kW | 51 |