



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# MLÁTICÍ ÚSTROJÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

THRESHING SYSTEM OF COMBINES HARVESTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAEL ŠTELCL

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV ŠKOPÁN, CSc.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Michael Štelcl

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Mlátičí ústrojí sklízecích mlátiček**

v anglickém jazyce:

### **Threshing system of combines harvester**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte kritickou studii konstrukčních řešení mlátičích ústrojí sklízecích mlátiček Zpracujte tuto rešeršní práci jako podklad pro výukový materiál studentů.

Cíle bakalářské práce:

Technická zpráva obsahující:

- kritická rešerše existujících řešení,
- obecný teoretický rozbor technologie výmlatu,
- analýza výsledků měření průchodnosti z dostupných podkladů,
- tabulkový a grafický přehled závislosti průchodnosti tangenciálních sklízecích mlátiček na rozměrech mlátičích mechanismů a výkonech pohonné jednotky.

Seznam odborné literatury:

1. Břečka a kol.: Stroje pro sklizeň píce a obilovin, ČZU, Praha, 2000, 253s.
2. Neubauer a kol.: Stroje pro rostlinnou výrobu, SZN, Praha, 1989, 720s.
3. Sloboda a kol.: Stroje na zber krmovín a zrnín. ( Teoria, konštrukcia, riziká ). Viena Košice, 351 s., ISBN 80-7099-725-7
4. KUMHÁLA, F. a kol. Zemědělská technika : stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. 426 s. ISBN 978-80-213-1701-7.
5. Dostupné zkušební zprávy SZZPLS a VÚZT

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 5.2.2014

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá vyhodnocením celkové průchodnosti sklízecích mlátiček při dodržení přípustných ztrát, v závislosti na rozměrech a uspořádání mlátícího ústrojí. Zároveň popisuje způsoby ověřování sklízecích mlátiček, především polně-laboratorní a stručně provozní ověřování. V práci je také krátce shrnut stav vývoje dnešních sklízecích mlátiček a na základě něho obsahuje 2 alternativní návrhy mlátícího mechanismu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

sklízecí mlátička, mlátící ústrojí, polně-laboratorní ověřování, celková průchodnost, celkové ztráty zrna

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is about evaluation of maximum throughput of straw and grain together, in various types of threshing units which are used in combine harvesters. It provides basic informations about two types of combine field-test procedures. In the end of work is shortly describe current development of combine harvesters and contain two proposals of alternative constructions of threshing units according to author of this bachelor thesis.

## **KEYWORDS**

combine harvester, threshing unit, combine field-test equipment, throughput of straw and grain, grain losses



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŠTELCL, M. *Mláticí ústrojí sklízecích mlátiček*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 56s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28. května 2014

.....

Michael Štelcl



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Miroslavu Škopánovi, CSc. a doc. Ing. Janu Červinkovi, CSc. z Agronomické fakulty Mendelovy univerzity v Brně, za poskytnutí cenných odborných rad a námětů. Za poskytnutí důležitých materiálů pro vlastní práci bych chtěl poděkovat Ing. Peteru Pernisovi a Dagmar Pospíšilové – SZZPLS, Johannesu Speerovi - DLG, Ing. Vladimíru Chalupovi a Pavle Měkotové – VÚZT, prof. Dr. Ing. Františku Kumhálovi - ČZÚ a Davidu Jandovi. Poděkování si také zaslouží mí rodiče a přítelkyně, za poskytnuté kvalitní zázemí pro psaní mé bakalářské práce.



## OBSAH

Úvod .....	10
1 Typy sklízecích mlátiček .....	11
1.1 Historický vývoj sklízecích mlátiček .....	12
1.2 Postup výmlatu tangenciálních sklízecích mlátiček .....	14
1.2.1 Žací lišta a šikmý dopravník .....	14
1.2.2 Hlavní mláticí ústrojí .....	15
1.2.3 Separační ústrojí .....	16
1.2.4 Sítová skříň .....	17
1.2.5 Uspořádání sklízecích mlátiček .....	18
1.3 Postup výmlatu axiálních sklízecích mlátiček .....	19
1.3.1 Rotor a mláticí koš .....	19
1.4 Ostatní tangenciální mláticí systémy .....	21
2 Ověřování provozních vlastností sklízecích mlátiček .....	24
2.1 Sledované parametry sklízecích mlátiček .....	24
2.1.1 Celkové ztráty sklízecích mlátiček .....	26
2.1.2 Celková průchodnost sklízecích mlátiček .....	26
2.2 Provozní ověřování sklízecích mlátiček .....	28
2.2.1 Metoda kontrolních obdélníků .....	28
2.2.2 Feifferova metoda .....	28
2.3 Polně-laboratorní ověřování sklízecích mlátiček .....	29
2.3.1 Laboratorní mlátička .....	29
2.3.2 Metodika zkoušek .....	30
3 Přehledy naměřených hodnot .....	32
3.1 Kritéria výběru dat .....	32
3.2 Sklízecí mlátičky s šířkou mláticího bubnu od 600 do 1350 mm .....	33
3.2.1 Grafické přehledy .....	35
3.2.2 Vyhodnocení .....	37
3.3 Sklízecí mlátičky s šířkou mláticího bubnu od 1450 do 1700 mm .....	39
3.3.1 Grafické přehledy .....	41
3.3.2 Vyhodnocení .....	43
4 Návrh alternativního řešení mláticího ústrojí .....	45
4.1 Stručný přehled vývoje dnešních sklízecích mlátiček .....	45
4.2 Požadavky na mláticí ústrojí budoucích sklízecích mlátiček .....	45
4.3 Rotorová sítová skříň .....	46
4.4 Mláticí mechanismus s poháněnými válci mláticího koše .....	47





---

4.4.1 Stručné shrnutí výsledků zkoušek .....	48
Závěr .....	49
Použité informační zdroje .....	50
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	55
Seznam příloh .....	56



## Úvod

Skřízecí mlátička je zemědělský stroj pro sklizeň zrn. Vykonává celkem 5 činností současně: posečení plodiny žací adaptérem, oddělení zrna spolu s příměsí od zbytku plodiny, uložení zbytku plodiny na řádek za strojem popřípadě rozmetání plodiny za strojem pomocí drtiče, dále vyčištění zrn od příměsí a uložení vyčištěného zrna do neseného zásobníku. Po úplném naplnění zásobníku je zrno dopravníkem přemístěno do dopravního prostředku. Původní určení sklízecích mlátiček je, díky žací liště, sklizeň obilnin, popřípadě jiných plodin s podobnou strukturou jako třeba traviny nebo luskoviny. Montáží jiných typů žacího adaptéru a drobnými úpravami mlátícího ústrojí, byly možnosti sklízecích mlátiček rozšířeny i na sklizeň a výmlat takových plodin, jako třeba kukuřice nebo slunečnice a experimentálně byla zkoušena i sklizeň konopí na zrno. Počet plodin, které můžeme po montáži vhodného žacího adaptéru a drobných úpravách mlátícího ústrojí, sklízet, díky tomu stoupl téměř na 30. To ze sklízecích mlátiček dělá nezastupitelný zemědělský stroj, který je hojně používán po celém světě v rostlinné výrobě ať už soukromými zemědělci, nebo v rozsáhlých zemědělských provozech.

Hlavní zaměření bakalářské práce je vyhodnocení výkonnosti sklízecích mlátiček, na základě výsledků naměřené celkové průchodnosti, z dostupných závěrečných zpráv polně-laboratorního, popřípadě provozního měření. Bakalářská práce se díky tomu skládá ze třech částí. První část práce obsahuje krátké představení třech základních typů mlátícího ústrojí sklízecích mlátiček, jejich historický vývoj a podrobný popis technologie výmlatu jak prvního, tak doplňkově i druhého typu mlátícího ústrojí. Druhá část se podrobně věnuje dostupným způsobům zemědělského zkušebnictví v oblasti sklízecích mlátiček, tabulkovou a hlavně grafickou interpretací naměřených výsledků v závislosti na některých zvolených parametrech mlátícího ústrojí a jejich hodnocením. Třetí část práce je zaměřena na aktuální vývoj v této oblasti a také zahrnuje popis dvou alternativních směrů v konstrukci sklízecích mlátiček, navrhované autorem této bakalářské práce.



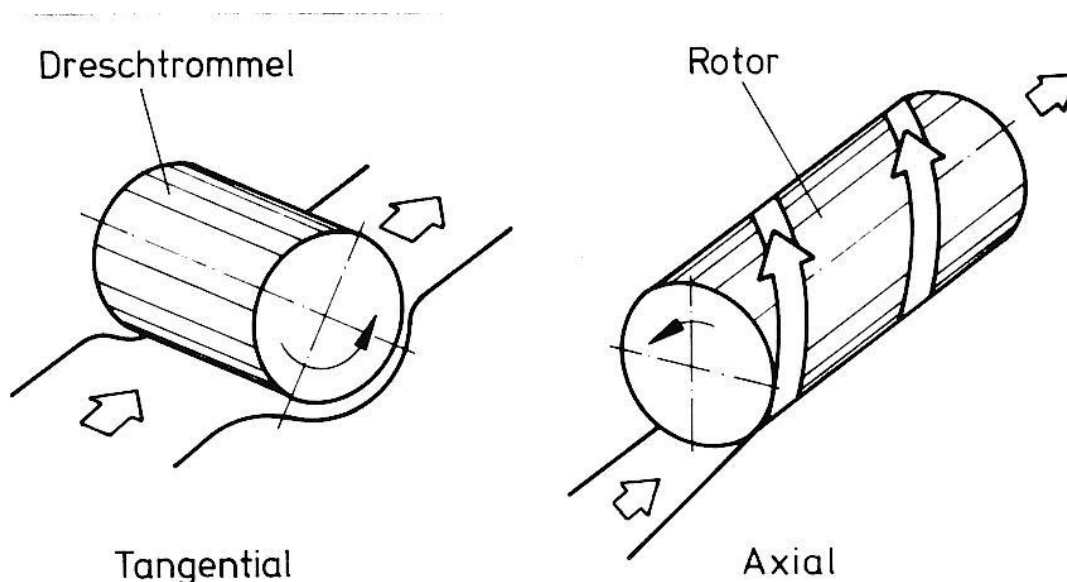
## 1 TYPY SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Sklízecí mlátičky se v dnešní době dělí, dle konstrukčního uspořádání, do třech základních skupin. První a nejrozšířenější skupinou jsou sklízecí mlátičky s tangenciálním mláticím ústrojím, někdy nazývány i jako vytřásadlové. Základním konstrukčním rysem toho ústrojí je, v nejjednodušším provedení, jeden mláticí buben, pod kterým se nachází mláticí koš a za mláticím bubnem je buben odmítací, za kterým jsou vytřásadla, poskytující separaci hrubého omlatu. Pod košem mláticího bubnu a částečně i pod vytřásadly, je vynášecí deska, dopravující jemný omlat do sítové skříně, ve které se z jemného omlatu odděluje zrno, popřípadě se špatně vymláčené zrno navrací zpět do mláticího ústrojí a plevy odkládají na řádek za strojem.

Druhou skupinou jsou sklízecí mlátičky s axiálním mláticím ústrojím, kde je mláticí buben s vytřásadly, nahrazen jedním nebo dvěma podélnými rotory, jejichž osa se nachází buď přímo v ose celé sklízecí mlátičky, nebo je s ní rovnoběžná. Mláčená plodina tedy prostupuje rotory axiálně směrem po jejich ose. Rotory zabezpečují jak vlastní výmlat, tak i separaci z hrubého omlatu. Vynášecí deska a síťová skříň je zde řešena stejně, jako v předchozím případě.

Třetí skupinou jsou sklízecí mlátičky s tzv. hybridním mláticím ústrojím, které je kombinací obou výše uvedených systémů. Toto mláticí ústrojí obsahuje jeden, popřípadě dva mláticí bubny a vytřásadla jsou zde nahrazena jedním, nebo dvěma axiálními rotory.

Technologie výmlatu v axiálním a tangenciálním ústrojí, bude, včetně pojmů hrubý a jemný omlat, vysvětlena v následující kapitole.

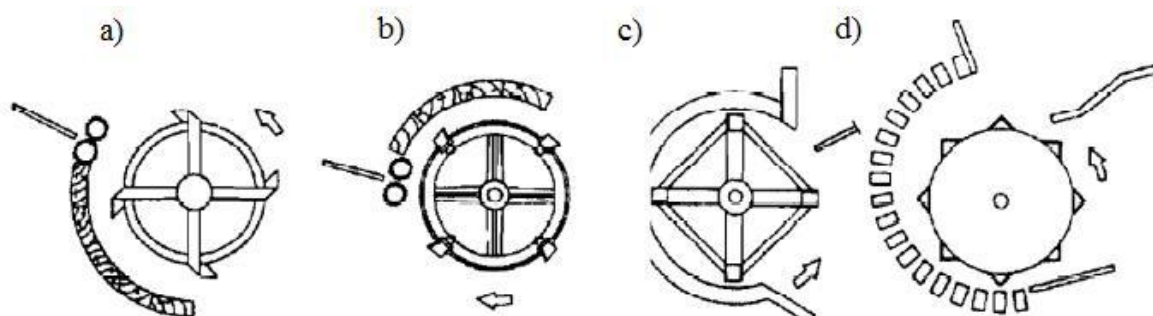


Obr. 1 Znárodnění toku hmoty tangenciálním a axiálním mláticím ústrojím [11]



## 1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Vývoj tangenciálních sklízecích mlátiček je úzce spjat s vynálezem mláticího mechanismu, který vytloukal zrna pomocí rychle rotujícího bubnu s lištami. Předchůdce tohoto mlátkového mláticího mechanismu byl poprvé představen roku 1784 skotem Andrewem Miekklesem a první mlátičku s tímto typem mechanismu sestrojil o 2 roky později jeho syn Stein. Krátce na to začaly vznikat ve Skotsku a Anglii další mlátičky s podobným typem ústrojí, viz Obr. 2. Ty se skládaly pouze z mláticího koše a bubnu, který byl často poháněn ručně. Vytřásadla se u mlátiček začaly používat až ve 40. letech 19. století. Přečišťování obilí bylo prováděno zvlášť na tzv. čistících mlýncích na obilí, běžně používaných až od 70. let 19. století. Později došlo k jejich začlenění do samotné mlátičky a tato koncepce je používána dodnes. Mláticí mechanismus se zubovým bubnem poprvé představil Američan Turner roku 1831. Pro mlátičky opatřené zubovými bubny se později vžilo označení americké mlátičky a první sklízecí mlátičky byly opatřeny právě zubovými bubny. Dalším významným milníkem je rok 1800, kdy Cyrus Hall Mc. Cormick sestrojil žací stroj moderního typu a začal ho sériově vyrábět.

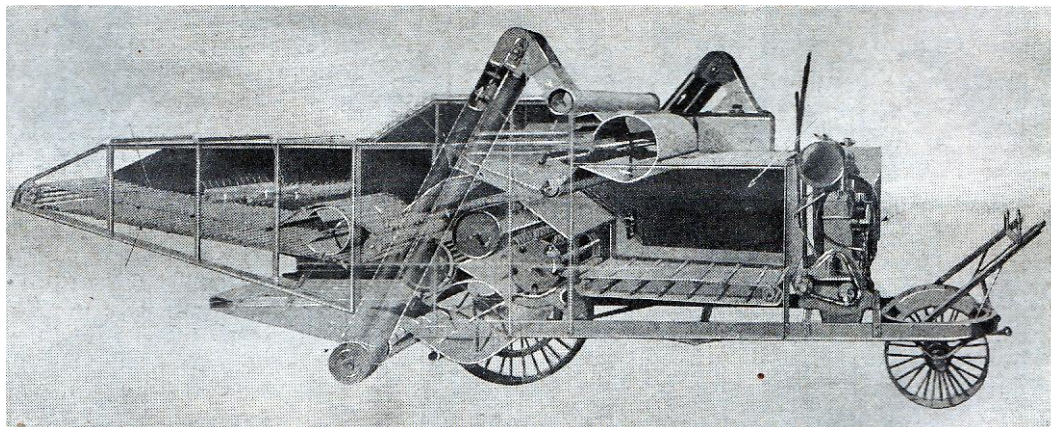


Obr. 2 a) Mieklesův patent z roku 1784 b) mláticí systém ze Skotska 1800-1844 c) Leeův mláticí systém, Anglie 1810 d) mláticí systém s otevřeným košem, Anglie 1840 [21]

První sklízecí mlátičku, tedy kombinace výše uvedené mlátičky a moderního žacího stroje, která dostatečně prokázala svoji provozuschopnost, sestrojil H. Moor v Americe a patentována byla roku 1836. Byla tažena 16 koňmi a záběr žací lišty činil 3 m. Včetně dalšího zdokonalení, byla schopna denně vymlátit až 10 ha. Tento způsob sklizně se v obilnářských oblastech USA dočkal značného přijetí a do roku 1890 vzniklo v USA další 20 výrobních dílen na sklízecí mlátičky. Ty byly řešeny jako tzv. polopřímotoké tažené, kde žací ústrojí s transportním plátnem bylo umístěno na pravé straně mlátičky. Posečený porost byl dopravován zprvu kolmo na směr jízdy, před mláticím ústrojím se směr změnil o 90° a dále porost procházel mlátičkou směrem souhlasným se směrem jízdy stroje. Tyto sklízecí mlátičky bývaly taženy velkým počtem koní, někdy až 20 párů. Pohon vlastního ústrojí byl zajištěn mechanickým převodem od jednoho z hlavních opěrných kol. Díky značné hlučnosti celého mechanismu hrozilo splašení tažných zvířat a vzhledem k nutnosti kočírovat velký počet tažných zvířat, byla obsluha těchto sklízecích mlátiček poměrně náročná. První skutečně samohybnou sklízecí mlátičku postavil v letech 1881-1886 G. S. Berry. Tento stroj byl opatřen dvěma parními motory se společným kotlem, ve kterém se topilo slámou. Silnějším parní motor o výkonu 19 kW poháněl pojezdový mechanismus a slabší o výkonu 4,4 kW byl určen k pohonu vlastní mlátičky. Sklízecí mlátička dále obsahovala žací lištu o záběru 6,7 m, která byla, po následném zdokonalení roku 1888, rozšířena až na 12 m a dosahovala denního výkonu až 40 ha. Vývoj dále pokračoval a v roce 1904 vyrobila firma Holt, dnešní Caterpillar, první taženou sklízecí mlátičku, jejichž pracovní mechanismy byly



poháněny benzínovým motorem. První samohybnou sklízecí mlátičku, poháněná benzínovým motorem, představil G. F. Harris v roce 1912. Mlátičí mechanismus většiny amerických sklízecích mlátiček, vyráběných do 40. let 20. století, často obsahoval zubový mlátičí buben a rovněž zubový mlátičí koš, který byl neprůchozí. Hmota dále pokračovala na soustavu pásových vytrásadel a jemný omlat do síťové skříně, většinou tvořené pouze jedním sítem. Viz Obr. 3.



*Obr. 3 Tažená sklízecí mlátička Case Combine z roku 1928 s vlastním pomocným motorem. Mlátičí ústroje je zde tvořeno zubovým bubnem a košem a pásovým vytrásadlem s pomocnými čechracími válci. Čištění má pouze jedno síto [1]*

Samohybná sklízecí mlátička s čelně nesenou žací lištou, tedy s dnešním uspořádáním nazývaným jako podélně přímotoký typ T, byla poprvé představena až roku 1938 firmou Massey Harris.

V Evropě byla sklízecí mlátička poprvé zkonstruována v Rusku roku 1868 A. R. Vlasenkem v Běžeckém okrese severně od Moskvy. Pouhé 2 vyrobené stroje, každý tažen párem koní, byly používány až do úplného opotřebení. Sériová výroba začala, již v Sovětském svazu, až od roku 1932, výrobou licenčních amerických sklízecích mlátiček. Do Západní Evropy byly první sklízecí mlátičky dovezeny z Ameriky až ve druhé polovině 20. let 20. století, především pro účely výzkumu a první západoevropské modifikace vznikaly od začátku 30. let. Velkou měrou k pozdějšímu evropskému vývoji v oblasti sklízecích mlátiček přispěly rozsáhlé německé zkoušky amerických strojů, konané organizací Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft v letech 1928-1931 a Výzkumný ústav v Bonnu výzkumem mlátičích a separačních orgánů, od začátku 30. let. Velkého pokroku v oblasti tangenciálních sklízecích mlátiček bylo dosaženo až ve druhé polovině 20. století, uvedením do sériové výroby mlátičí ústrojí s více jak jedním mlátičím bubnem a také konstrukcí přidavných separačních orgánů, umístěných nad vytrásadlem.

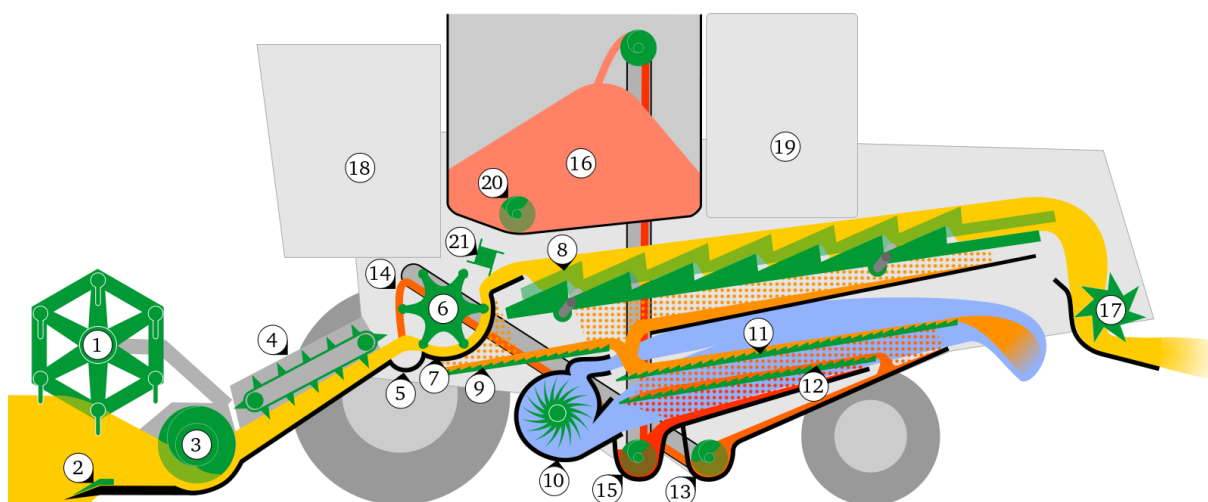
Sklízecí mlátičky s axiálním mlátičím ústrojím byly v USA vyvíjeny již od začátku 60. let, nicméně první sériová provedení byla představena firmami Sperry New Holland a Case v letech 1975 a 1976. V případě firmy New Holland šlo o provedení se dvěma podélnými rotory a u firmy Case naopak s jedním podélným rotorem většího průměru. Axiální sklízecí mlátičky byly v Evropě vyvíjeny nejprve v Sovětském svazu a Východním Německu od konce 70. let, dále v Itálii, Francii a Ukrajině. Až na typ Torum 740 ruského podniku Rostselmash, vyráběného od roku 2009, nebyla žádná z evropských axiálních sklízecích



mlátiček úspěšná. Buď se jich v sériové výrobě vyrobilo málo a výroba byla zastavena, nebo nepřekročily fázi prototypu.

## 1.2 POSTUP VÝMLATU TANGENCIÁLNÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Sklízecí mlátičky vybavené mláticí bubnem a vytřásadly, jsou, ze všech ostatních provedení, nejvíce zastoupeny pro jejich značnou univerzálnost ve výmlatu širokého spektra plodin. Detailní pohled na mláticí systém tangenciální sklízecí mlátičky je na Obr. 4. Vlastní ústrojí každé tangenciální sklízecí mlátičky můžeme rozdělit na 4 části: žací lišta a šikmý dopravník, hlavní mláticí ústrojí, separační ústrojí a sítová skříň.



Obr. 4 Schéma sklízecí mlátičky s tangenciálním uspořádáním [30]

### 1.2.1 ŽACÍ LIŠTA A ŠIKMÝ DOPRAVNÍK

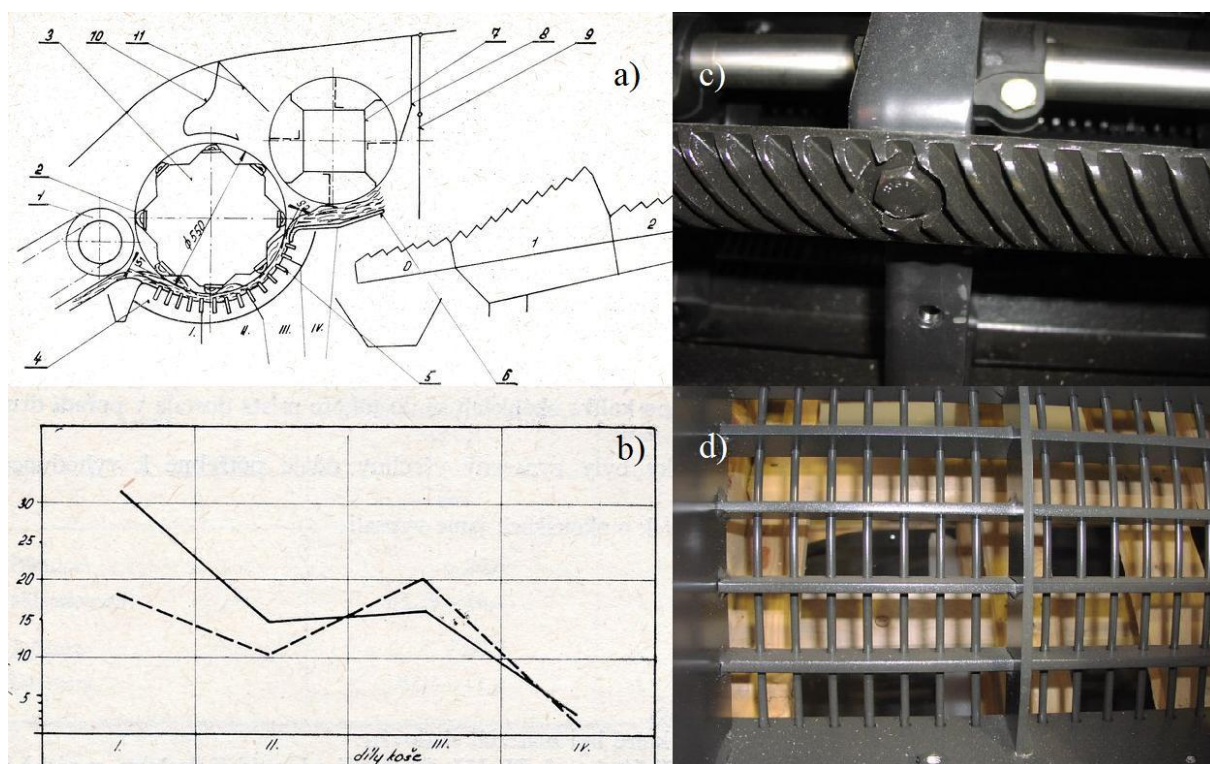
Úkolem žací lišty a šikmého dopravníku je oddělení plodiny od její kořenové části, neboli zbytku rostliny, shromáždění doprostřed žací lišty a její dopravení k mláticímu ústrojí. Plodina je od zbytku kořenové části oddělena kosou (2) a přikloněna pomocí přiháněče (1) na žací vál obsahující průběžný šnek (3). Ten má za úkol shromáždění posečené plodiny doprostřed žacího válu a její dopravení do šikmého dopravníku (4). Pro tyto účely je průběžný šnek po stranách opatřen levou a pravou šroubovicí, které od každého kraje žací lišty zasahují až po začátek vysouvacích prstů, nacházející se uprostřed průběžného šneku, po celé šíři shodné s šířkou šikmého dopravníku neboli šířkou celého mláticího systému. Vysouvací prsty mají za úkol vtahovat shromážděnou plodinu na začátek šikmého dopravníku, kde je dále dopravním řetězem odebírána a dopravována vnitřní částí komory až k mláticímu bubnu. Součástí šikmé komory je i lapač kamenů (5), tvořený malým žlábkem před mláticím bubnem, do kterého se zachytávají veškeré předměty, které prošly šikmým dopravníkem a mohly by poškodit mláticí buben, popřípadě zbytek mláticího systému. Lapač kamenů je ze spodní části otevíratelný.

Žací lišty dnešních sklízecích mlátiček jsou v naprosté většině konstruovány pro kopírování povrchu pole. Toho je dosaženo kopírovacími plazy, které jsou přichyceny na vnější straně žacího válu. Ty jsou buď pevné, tudíž směřují žací lištu pouze po příčných překážkách, nebo jsou pohyblivé a doplněné elektromechanickými čidly, které, po napojení



na elektromechanický hydraulický rozvaděč, dokážou kopírovat povrch pole jak v podélném, tak příčném směru. Pro tyto účely musí být vhodně konstruována přední část šikmého dopravníku, tak aby tzv. věnec, držící žací lišty, byl výkyvný. Někdy bývá součástí přední části šikmého dopravníku pomocný podávací buben, který je umístěn před dopravním řetězem a výrazně zlepšuje jeho plnění. Toto řešení se používá především u svahových sklízecích mlátiček, kde výkyv žací lišty v podélném směru je dosti značný.

### 1.2.2 HLAVNÍ MLÁTICÍ ÚSTROJÍ



Obr. 5 a) Znárodnění jednoduchého mláticího systému s vyznačeným I.-IV. dílem ml. koše [4], b) Procentuální zastoupení průpadu zrn na I.-IV. dílů ml. koše [4], c) Detail povrchu mlátky ml. bubnu, d) Detail ml. koše z vnější strany

Hlavní mláticí ústrojí je nejdůležitější část každé tangenciální mlátičky a se sestává z mláticího bubnu (6), mláticího koše (7), odmítacího bubnu (21) a výběhového roštu, který je umístěn pod odmítacím bubnem. Na Obr. 4 a Obr. 5a) je znázorněno to nejjednodušší řešení, obsahující pouze jeden mláticí buben a jeden, výjimečně dva odmítací bubny. Plodina je ze šikmého dopravníku vtahována vstupní mezerou mezi mláticí koš a buben. Zde se hmota mláčené plodiny rozděluje na hrubý a jemný omlat. Hrubý omlat, tvořen směsí slámy, nevymláčeného zrna a plev, opouští výstupní mezerou, která je užší než vstupní, mláticí koš s bubnem a je odebírána odmítacím bubnem, jenž zabraňuje navíjení slámy zpět na buben a dopravuje hrubý omlat dále na vytrásadlo. Za odmítacím bubnem bývá zpravidla umístěné stavitelné hradítko, zabraňující nadměrnému odstříku hrubého omlatu dále na klávesy vytrásadla. Jemný omlat, tvořen směsí vymláčeného zrna, plev a úlomků slámy, propadá mezerami mláticího koše na stupňovitou vynášecí desku (9). Tou je dopravován do sítové skříně.



## PRACOVNÍ PROCES VÝMLATU MLATKOVÉHO ÚSTROJÍ

Mláčená plodina je šikmým dopravníkem rychlostí 3-5 m.s<sup>-1</sup> přiváděna, zpravidla klasy napřed, do vstupní mezery ml. koše a bubnu, kde se její směr mění na tangenciální – směr obvodové rychlosti mlátek bubnu, pro výmlat obilovin činí 28-32 m.s<sup>-1</sup>. Po vstupu do mezery, zmenšující se směrem k výstupu, je vrstva materiálu z vnější strany bržděna třením o lišty a pruty koše a z vnitřní strany urychlována mlátkami bubnu. Jelikož se vrchní část vrstvy pohybuje rychleji než spodní, vrstva je roztahována. Vznikají zde síly třecí a zrychlující, které spolu s vytíráním rýhovanými mlátkami bubnu a lišt koše, přispívají k dalšímu uvolňování zrna a rozrušování slámy. Mlatky bubnu předbíhají protahovaný materiál, takže rázy na hmotu se několikrát opakují. Vlivem předbíhání mlátky a pružnosti hmoty, je hmota při míjení mlátky a lišty koše střídavě stlačována a roztahována. Jelikož se tento děj neustále opakuje, vzniká kmitání v radiálním směru proti ose bubnu. Tento děj je také umocněn střídavým pravým a levým rýhováním povrchu mlátek viz Obr. 5c), které vyvolává střídavě pravé a levé kmitání horní části vrstvy. Složením radiálního kmitání a stranového kmitání horní části vrstvy, vzniká prostorové kmitání, jehož frekvence je úměrná jak počtu mlátek, tak počtu otáček mlátícího bubnu. Povrh mlátícího koše je dobře patrný z Obr. 5d). Výše popsanému procesu taktéž napomáhají ventilační účinky rotujícího bubnu, které napomáhají průpadu uvolněných semen mlátícím košem, zvláště u hmotnějších semen a také napomáhá výstupu slámy z mlátícího ústrojí. Mlátícím košem propadá 75-90 % vymláčeného zrna z celkového podílu mláčené plodiny, nicméně podstatné uvolnění semen nastává už na prvních 3-4 lištách mlátícího koše, jak ukázaly výzkumy rychlokamerou na stacionární mlátící stolici z upraveného funkčního modelu sklízecí mlátičky, uváděny v [3] a [4]. To je dobře patrné z grafu na Obr. 5b), kde jsou římskými číslicemi vyznačeny 1. -4. díl koše vztahující se k Obr. 5a). Plná čára značí průpad zrn pšenice a přerušovaná čára průpad zrn ječmene. Toho je dosaženo rozdílem rychlosti toku hmoty v šikmém dopravníku a obvodové rychlosti mlátícího bubnu. Ke zvýšení účinnosti výmlatu hlavního mlátícího ústrojí s jedním mlátícím bubnem, byl později upraven povrch odmítacího bubnu a výběhového roštu tak, aby poskytoval přídatnou separaci zrn. Tato jednoduchá úprava se začala používat od roku 1982 na sklízecí mlátičky Fortschritt E 514 a dodnes je používána například na slabších typech sklízecích mlátiček Laverda.

### 1.2.3 SEPARAČNÍ ÚSTROJÍ

Separační ústrojí tangenciálních sklízecích mlátiček je ve většině případů tvořeno klávesovým vytrásadlem (8). Jde o 3-8 kláves, které jsou uchycené na dvou klikových hřídelích ve stejném bodě. Každý bod klávesy díky tomu vykonává totožný pohyb po kružnici. Kliky dvou sousedních kláves jsou vzájemně natočeny o určitý úhel, např. u 4klávesového vytrásadla to je 90°. Bočnice kláves jsou opatřeny plechovými hřebeny s jednostranně zkosenými zuby, které zaručují jak separaci hrubého omlatu, tak její posuv. Na dně každé klávesy vytrásadla jsou propadové otvory pro separovaný jemný omlat. Klávesa může být řešena buď s propustným, nebo nepropustným dnem. Klávesa s propustným dnem je znázorněna na Obr. 4 a vyžaduje spádovou desku, znázorněno černou čarou pod klávesami (8), která svádí separovaný jemný omlat na začátek horního úhrabečného síta (11). Klávesa s nepropustným dnem má konstruované dno pod propadovými otvory. V tomto prostoru klávesy vytrásadla je separovaný jemný omlat většinou dopravován na prostředek stupňovité vynášecí desky (9). Nevýhodou tohoto řešení je možné ucpání prostoru mezi propadovými otvory a pevným dnem klávesy. Pro zlepšení účinnosti separace bývají klávesy na určitých místech opatřeny např. různě tvarovanými ocelovými pruty. Na prvním přepadu kláves se





někdy používají značně vyšší plechové hřebeny, které jsou umístěny ve středu klávesy. Tím se docílí snížení rychlosti proudu hrubého omlatu a intenzivnějšího prosévání omlatu jemného na prvním přepadu klávesy.

Hrubý omlat, přicházející z odmítacího bubnu, je klávesami vytřásadla intenzivně nadhazován a zároveň dopravován na konec stroje, kde je vymláčená sláma buď uložena na řádek, nebo, za pomoci drtiče (17), rozdrčen a rozmetána po poli. Separace hrubého omlatu klávesy vytřásadla je ve velké míře ovlivněna jejich povrchem, počtem přepadů, vzájemným natočením kliky dvou sousedních kláves tzn. jejich vzájemným sladěním a samotným počtem kláves. Separaci na vytřásadle jde dále zlepšit konstrukcí prstového čechrače, nebo bubnu s vysouvacími prsty, který je umístěn nad klávesami vytřásadla. Dle výzkumu uvedeného v [2], bylo dosaženo 10-15 % zvýšení průpadu jemného omlatu na klávesách v místě použití prstového čechrače. Klávesové vytřásadlo obecně dobře separuje jemný omlat při práci stroje na rovném reliéfu. Je ale do značné míry citlivé na přetížení a na podélný a příčný sklon celé mlátičky. To se u svahových sklízecích mlátiček řeší konstrukcí podvozku s výkyvnými polonápravami. Experimentálně bylo na prototypu svahové sklízecí mlátičky SMS 500 z Agrostroje Prostějov, řešeno vyrovnávání klikových hřidelí kláves v rovině, nezávisle na sklonu pozemku, takže klávesy vytřásadla se nacházely ve vodorovné poloze i přes značný náklon celé sklízecí mlátičky.

#### 1.2.4 SÍTOVÁ SKŘÍŇ

Skládá se ze stupňovité vynášecí desky (9), horního úhrabečného síta (11), spodního zrnového síta (12), ventilátoru (10), obilného dopravníku (15) a kláskového dopravníku (13). Vynášecí deska společně s horním a dolním sítem vykonávají kývavý pohyb, zajištěný klikovými ústrojími s klikami nebo excentry. V dnešní době se u sklízecích mlátiček často používá síťová skříň, kde stupňovitá vynášecí deska kýve souhlasně s horním úhrabečným sítem a spodní zrnové síto vykonává naopak kývání v opačném směru. Také může stupňovitá vynášecí deska kývat proti směru kyvu horního úhrabečného síta. V obou případech je snahou o dosažení co nejlepšího využití plochy horního úhrabečného síta při předávání jemného omlatu ze stupňovité vynášecí desky. Konstrukce horního úhrabečného síta je v naprosté většině provedeno jako žaluziové, nastavitelné. Zároveň může být přední a zadní část desky horního síta rozdělena na tzv. předsíto a zadní síto neboli kláskový nástavec, které jsou nastavitelné zvlášť. Spodní zrnové síto se používá buď také žaluziové, nebo děrované, vyměnitelné. Bezprostředně za stupňovitou vynášecí deskou bývá u moderních konstrukcí často umístěno malé kaskádové síto ještě před horním úhrabečným sítem. V tomto případě jde o síťovou skříň se třemi přepady. U síťových skříní jsou používány 4 typy ventilátorů: radiální jednodílný, radiální vícedílný, axiální a diametrální. Nejrovnoměrnějšího přívodu vzduchu k síťům je dle [8] dosaženo diametrálním ventilátorem.

Jemný omlat padající, z mlátícího koše a uzavřeného dna kláves vytřásadla, na stupňovitou vynášecí desku je zde při dopravě k hornímu sítu postupně rozvrstčován, kdy těžké zrno se setřásá na spodní část vrstvy a lehké slamnaté příměsi vzlínají nahoru, což výrazně ulehčuje separační činnost horního síta. Na horním úhrabečném síte propadá zrno, včetně semen plevelů, malých úlomků slámy a jiných příměsí, na spodní zrnové síto, kde je dále přečišťováno. Zbytek jemného omlatu, sestávající se z plev, úlomků slámy a jiných rozměrnějších příměsí, vystupuje ven z mlátičky a je uložen pod řádek slámy, popřípadě rozmetám po poli. Zrno, prošlé spodním zrnovým sítem, je obilným dopravníkem přemístěno



do zásobníku zrna (16). Jiné nedomlatky, které prošly vrchním sítem, ale neprošli spodním sítem, jsou kláskovým dopravníkem dopraveny zpět na ústí mláticího bubnu (14). U výkonnějších sklízecích mlátiček ústí kláskový dopravník do zvlášť konstruovaného kláskového domlaceče, s vyměnitelnými nástavci pro různé plodiny, ze kterého je omlat dopraven šnekem na stupňovitou vynášecí desku a proces čištění se opakuje. Jelikož je funkčnost sítové skříně velice náchylná na podélný náklon celého stroje, bývá vynášecí deska a síta rozdělena 2-4 podélnými hradítky, aby se omlat nesesypával na jednu stranu. V konstrukci dnešních moderních sítových skříní se ve svazích používá buď úplné vyrovnávání celé sítové skříně, nebo je, na základě sklonoměru propojeného s řídicí jednotkou, upravována kinematika pohybu sít tak, aby směr kyvu horního a dolního síta šel směrem do protisvahu, na kterém sklízecí mlátička právě sklízí, viz technologie 3D firma Claas a nově také New Holland. Po celou dobu čištění jsou jednotlivá síta profukována ventilátorem s předem nastavenými otáčkami. Dle [22] je v první třetině horního síta odděleno 80-95 % veškerého zrna. V praxi to však závisí na zručnosti obsluhy, jak dokonale dokáže nastavit parametry mezer horního a dolního síta, popřípadě jakým způsobem je nastavena střední část horního síta v závislosti na nastavení předsíta a zadního síta tak, aby omlat zbytečně necirkuloval mláticím ústrojím a kláskový dopravník nebyl zbytečně přetěžován.

### 1.2.5 USPOŘÁDÁNÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Dnešní sklízecí mlátičky jsou řešeny s čelně nesenou žací lištou tzv. podélně přímotokého tvaru T. Celé mláticí a čistící ústrojí spočívá na rámovém podvozku, u kterého je říditelná zadní náprava s menším průměrem kol. Kabina řidiče (18), zásobník zrna (16) a motor (19), jsou umístěny na vrchní části skříně mláticího ústrojí, v naprosté většině uspořádány tak, jak je uvedeno na Obr. 4. Jak kabina, tak i motor jsou zpravidla uchyceny na pružných spojích, pro snížení prostupu vibrací. Kabina je dále hlukové izolována a utěsněna proti vnikání prachu, opatřena vlastním ventilačním systémem, doplněného klimatizací. V kabině je, vedle ovládacích prvků, umístěno ovládání a zobrazovací jednotka palubního počítače, skládající se buď z více menších obrazovek, nebo z jedné větší dotykové obrazovky. Zde záleží na konkrétním provedení každého výrobce zvlášť. Pro pohon se používají výhradně průmyslové dieselové motory, přepínované turbodmychadlem, pro tyto účely upravené montáží rozsáhlého chladicího zařízení, často doplněným o rotační děrovaný čistič vzduchu, nacházející se před vlastní plochou chladiče.

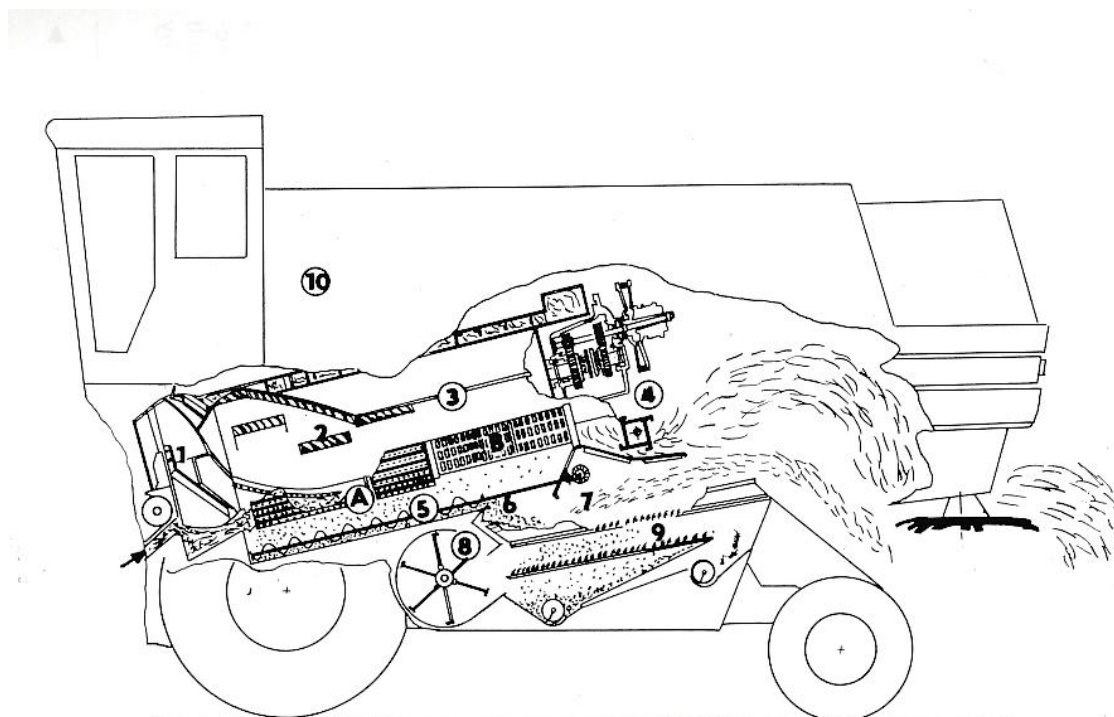
Vedle výše uvedeného uspořádání se také vyskytuje takové, kdy je motor umístěn hned za kabinou, popřípadě vedle kabiny. Ve druhém jmenovaném případě je použita kabina menších rozměrů, vedle které se motor nachází po pravé straně. Tato koncepce byla hojně rozšířena na amerických sklízecích mlátičkách v 60. - 80. letech 20. století a dnes se již nepoužívá. V obou případech tato řešení kladou zvýšené nároky na zvukovou izolaci kabiny. U prvních provedení sklízecích mlátiček podélně přímotokého tvaru T byl motor umístěn také pod mlátičkou, těsně za přední nápravou, viz koncepce Massey Harris.

Ve spojitosti výše uvedené kabiny menších rozměrů, je ojediněle používán i speciálně tvarovaný zásobník zrna, který je umístěn jak za touto kabinou, tak ji z části obepíná z pravé strany. Toto řešení se dodnes používá například u evropských sklízecích mlátiček Massey Ferguson 5650, nebo ruských sklízecích mlátiček Agromash Jenisei 1200 a Rostselmash Niva-Effect.



### 1.3 POSTUP VÝMLATU AXIÁLNÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Popis výmlatu v axiálních sklízecích mlátičkách bude omezen pouze na detailní popis rotoru, koše a výmlatu v něm, protože síťová skříň je totožná s předcházejícím provedením. Akorát v některých konstrukcích je stupňovitá vynášecí deska nahrazena soustavou malých šnekových dopravníků, dopravující jemný omlat na horní úhrabečné síto, resp. předsíto, tak jak je to znázorněno v Obr. 6 pod číslem (5).



Obr. 6 Axiální mláticí ústrojí: A - mláticí část, B - separační část [19]

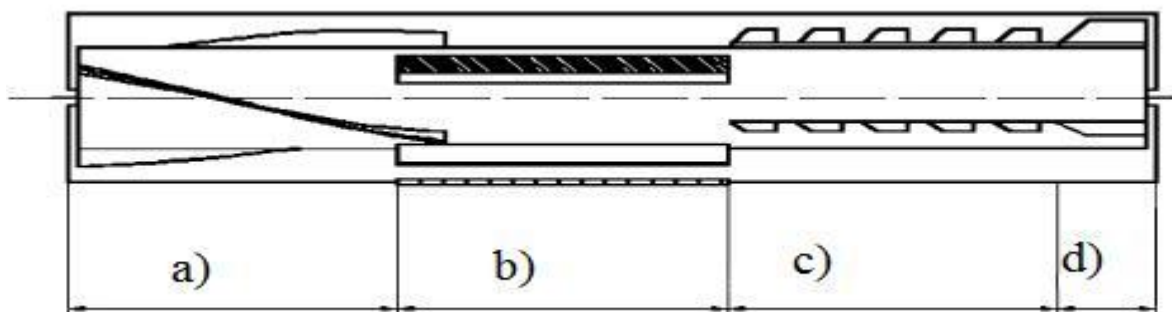
Jak je vidět na Obr. 6, celá konstrukce sklízecí mlátičky je, použitím jednoho podélně umístěného rotoru, výrazně zjednodušena. Rotor plně nahrazuje jak mláticí buben s ml. košem, tak i vytřásadla, proto jsou axiální sklízecí mlátičky obecně kratší, než tangenciální. Výše uvedené vyobrazení s jedním podélným rotorem je charakteristické pro stroje značky Case. Obecnou nevýhodou těchto sklízecích mlátiček je poměrně krátký rotor, takže doprava slámy do řádku se řeší vestavěným drtičem slámy (4), jenž má zpomalené otáčky a maximálně odklopené nože protiostří. Obecnou nevýhodou všech axiálních sklízecích mlátiček je vyšší poškození slámy, než u tangenciálních mlátiček.

#### 1.3.1 ROTOR A MLÁTICÍ KOŠ

Celkem existují 3 typy rotorů, lišící se mezi sebou způsobem plnění. Jde o rotory plněné buď tangenciálně, šikmo, nebo axiálně. Fyzicky se mezi sebou tato provedení liší konstrukcí vkládací části rotoru, neboli šnekového vkladače (1). Řešení vyobrazené na Obr. 6, je axiálně plněný rotor a je v konstrukci axiálních sklízecích mlátiček nejčastěji používáno např. výrobci Case, New Holland, John Deere a Rostselmash z Ruska, nebo výrobci z Latinské Ameriky. Před šnekový vkladač je u některých konstrukcí umístěn pomocný vkládací buben, jehož osa je kolmá na osu rotoru, se speciálně tvarovanými lopatkami pro



lepší usměrnění toku hmoty do šnekového vkladáče. Šikmo plněný rotor se vyznačuje odlišnou konstrukcí šnekového vkladáče, přizpůsobeného odběru hmoty z podávacího bubnu, jehož osa je také kolmá na osu vlastního rotoru, nicméně je umístěn pod šnekovým vkladáčem. Takto řešený rotor je charakteristický pro americké sklízecí mlátičky Massey Ferguson řady 9500. Oproti předchozím řešením je největší změnou tangenciálně plněný rotor. Nejenže má také odlišný profil vkladacího šneku, je navíc ve sklízecí mlátičce umístěn kolmo na směr jízdy, tedy jak klasický mláticí buben u tangenciálního provedení. V tomto případě je hmota rotorem odebírána přímo ze šikmého dopravníku, který hmotu vhadzuje do levé části rotoru, při pohledu od žací lišty. Hmota rotorem axiálně prostupuje k jeho pravé části, kde je, pomocí odhazovacích segmentů, vypuštěna ven ze stroje. Tato konstrukce je typická pro americké sklízecí mlátičky Gleaner, určené pouze pro trhy Severní Ameriky a Austrálie a pro malé, ručně vedené sklízecí mlátičky, jenž se používají například v Indii, Číně a ojediněle i v Evropě. Rotor s tangenciálním plněním je znázorněn na Obr. 7 a byl používán na stacionární zkušební stolici při výzkumu mlácení a separace na Technické univerzitě v Hohenheimu, ve Stuttgartu.



Obr. 7 Rotor s tangenciálním plněním: a) šnekový vkladáč, b) mláticí část, c) separační část, d) odhazovací část. Převzato z [20], upraveno

Rotor a mláticí koš jsou obecně rozděleny na mláticí (A) a separační část (B), tak jak je ukázáno na Obr. 6, nebo v částech (a) a (b) na Obr. 7. Jednotlivým částem jsou přizpůsobeny jak profily mlátek, tak otvory mláticího koše. V případě rotoru na Obr. 6 se již takový profil mlátek, jak je znázorněno na (2) a (3), nepoužívá a je nahrazen velkým množstvím krátkých mlátkových segmentů, podobných těm jak na Obr. 6 (2), které se nachází i na separační části rotoru. Další možností je použití dlouhých podélných mlátek, viz Obr. 7 (b), které jsou konstrukčně velice podobné mlátkám tangenciálních sklízecích mlátiček. Takto řešený rotor, v kombinaci s malým počtem krátkých mlátkových segmentů je použit u amerických sklízecích mlátiček Massey Ferguson typů 9520 a 9530, nicméně u silnějších typů 9540 a 9560 je nově nahrazen právě rotorem s krátkými mlátkovými segmenty. Rotor, vybavený dlouhými podélnými mlátkami přes celou šířku rotoru, je dodnes používán výše popsanou americkou firmou Gleaner.

Mláticí koš je na spodní části rotoru výkyvný, pro nastavení mláticí mezery a vyměnitelný. Vzhledem k nutnosti pro kvalitní sklizeň, vyměňovat mláticí koše zvláště pro výmlat řepky, obilovin a kukuřice, je celkové seřízení mláticího systému složitější, než u tangenciálního. Důležitou součástí každého mláticího koše jsou vodící lišty, nacházející se na vrchní pevné části koše, které mlácené hmotě udělují axiální pohyb po směru osy rotoru, směrem k jeho zadní části. Různým nastavením sklonu vodících lišt, se docílí buď větší či



menší axiální rychlosti mlácené hmoty a tedy většího či menšího počtu oběhů mlácené hmoty po obvodu koše.

### PRACOVNÍ PROCES VÝMLATU AXIÁLNÍHO ÚSTROJÍ

Na procesu výmlatu se, stejně jako u tangenciálního mláticího systému, významně uplatňuje vedle účinku úderu mlátek také účinek tření. Zrno se od ostatních slavnatých částic odděluje velkou měrou také díky odstředivé síle, vyvozené točivým pohybem. Díky tomu finální výmlat dosahuje menšího poškození zrna, ve srovnání s tangenciálním způsobem. Doba průchodu sklizené hmoty axiálním ústrojím je podstatně kratší, například dle [19] činí maximálně 1,8 s, kdežto u tangenciálního ústrojí činí až 10,2 s. To má za následek větší průchodnost axiálního systému při srovnatelných rozměrech celé sklízecí mlátičky. Nevýhodou, oproti tangenciálním sklízecím mlátičkám, je nutnost vyššího příkonu pohonné jednotky. Axiální výmlat je obzvláště vhodný pro výmlat kukuřice, ve kterém dosahuje až o 40 % vyššího výkonu, díky tomu jsou tyto stroje velice oblíbené na americkém trhu.

Vývoj axiálního mláticího ústrojí doznal za více jak 30. let značného pokroku. Postupně byla snižována náchylnost na vlhkost mlácené plodiny a snižováno celkové poškození slámy, na které axiální mlátička, oproti tangenciální, trpí nejvíce. Proto dosavadní vývoj v oblasti sklízecích mlátiček nasvědčuje tomu, že u strojů s výkony pohonných jednotek nad 300 kW, bude nejčastěji uplatňován právě axiální způsob výmlatu.

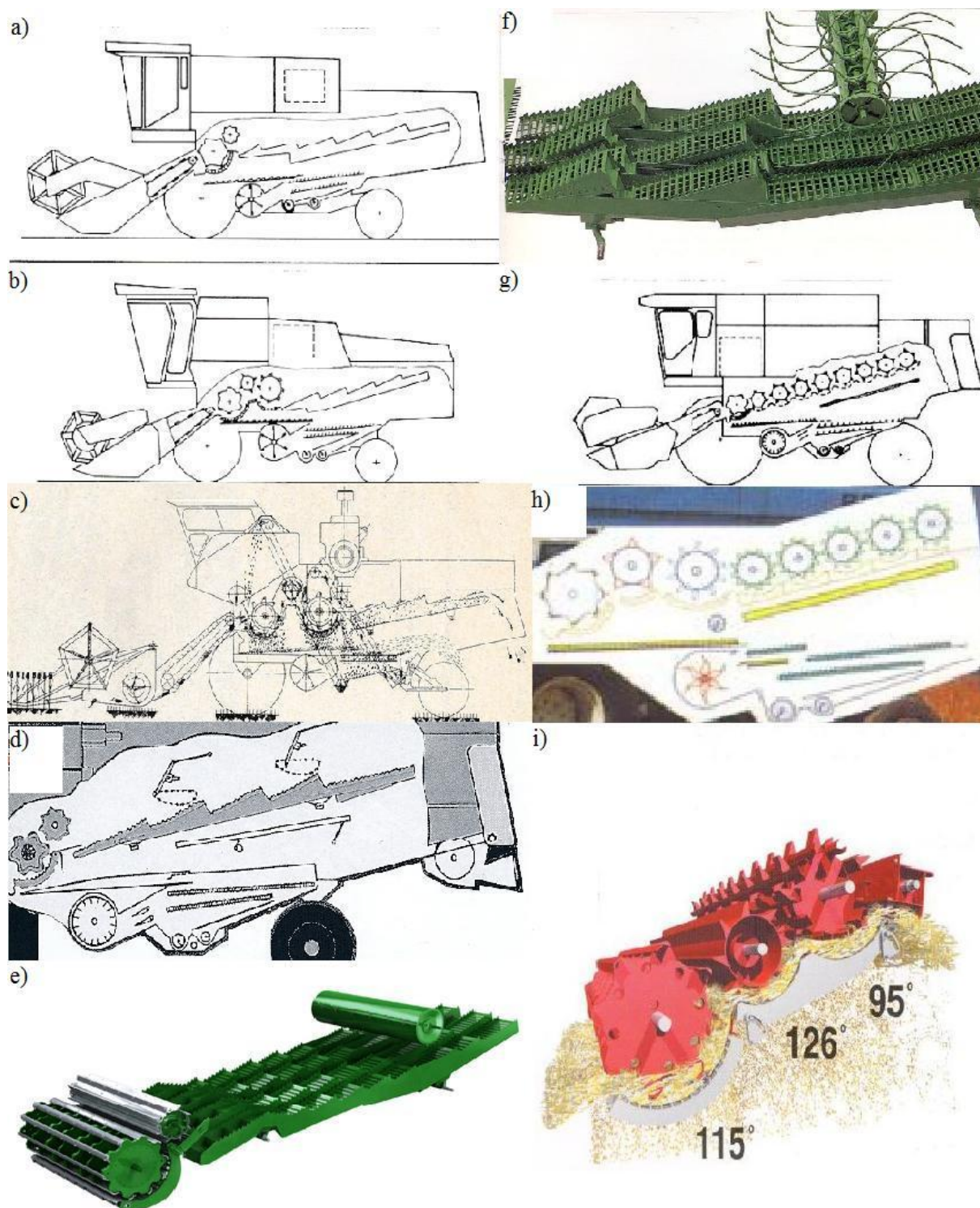
## 1.4 OSTATNÍ TANGENCIÁLNÍ MLÁTICÍ SYSTÉMY

Zde jsou znázorněny a v krátkosti vysvětleny veškerá provedení tangenciálních sklízecích mlátiček, které se vyskytují v přehledech Tab. 1 a Tab. 2 ve 3. kapitole. Popisy se vztahují k Obr. 8.

- Obr. 8a) Klasický mláticí systém s mláticím bubnem, odmítacím bubnem a vytrásadly. Dostatečně vysvětleno v kapitole 1.2. [11]
- Obr. 8b) Takto řešený mláticí systém byl poprvé představen roku 1973 belgickou firmou Clayson a vyznačuje se zařazením 3. bubnu s mlatkami trojúhelníkového průřezu za buben odmítací. 3. buben je zde nazýván jako tzv. rotační separátor a, ve spojitosti s klasickým mláticím košem, poskytuje přídatnou separaci ml. bubnu a zlepšuje činnost vytrásadel. Zde se předpokládá, že nad 90 % veškerého zrna se uvolní v ml. bubnu a zbytek v rotačním separátoru a na vytrásadlech. Dodnes je toto řešení používáno firmou New Holland a mnoha jinými výrobci. [11]
- Obr. 8c) První vícebubnový systém, použitý u sklízecí mlátičky. Toto uspořádání bylo poprvé představeno roku 1967 na modifikované sklízecí mlátičce SK-4 z Krasnojarska v Sovětském svazu. Oba bubny jsou klasické mlatkové, totožného průměru. Mezi nimi jsou bubny podávací. Zde se předpokládá oddělit do 70 % zrna na prvním bubnu a do 25 % na druhém bubnu, který má vyšší otáčky. Dodnes je toto uspořádání vyráběno krasnojarským výrobcem Agromash a do Evropy se nedováží. [31]
- Obr. 8d) Klasický mláticí systém doplněný čechrači nad vytrásadlem, pro zvýšení separačního účinku. Trajektorie pohybu čechrače je zde znázorněna přerušovanou čarou. [29]



Obr. 8e) Klasický mláticí systém doplněný bubnem s vysouvacími prsty nad vytřásadlem, pro zvýšení separačního účinku. [68]

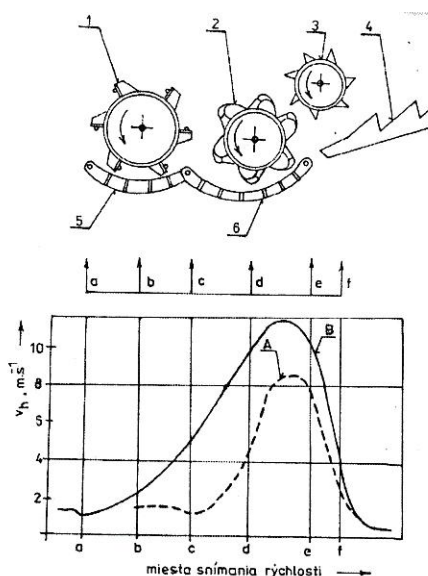


Obr. 8 Provedení mláticích systémů sklízecích mlátiček, uvedených v Tab. 1 a Tab. 2

Obr. 8f) Klasický mláticí systém doplněný rotačním čechračem nad vytřásadlem, pro zvýšení separačního účinku. [68]



- Obr. 8g) Upravený klasický mláticí systém, kde je klávesové vytřásadlo nahrazeno bubny. Toto řešení bylo u sklízecí mlátičky použito poprvé již v roce 1931 v Sovětském svazu, u „severního kombajnu“ SKAGIT-1. U moderní sklízecí mlátičky poprvé použito až v letech 1981-1995 německou firmou Claas u řady Commandor. Dnes již nikdo nevyrabí. [11]
- Obr. 8h) Kombinace ml. systému s 3 bubny z Obr. 8b) a vytřásadla tvořeného bubny z Obr. 8g). Takto vyráběno polskou firmou FMŽ na typu Bizon BS Z110 v letech 1987-2003. Výroba zanikla bez náhrady. [68]
- Obr. 8i) Mláticí systém s bubny podobného uspořádání jak na Obr. 8b). Zde je však upraven původně odmítací buben, 2. buben v pořadí, umístěním nad mláticí koš. Má tedy schopnost aktivně mlátit zrna. Původně vzniklo u německé firmy MDW a vyráběno na stroji Case CF 80 v letech 1999-2002. [68]



Obr. 9 Urychlovací buben APS firmy Claas [24]

Na Obr. 9 je znázorněn mláticí systém značky Claas, používaný od roku 1992. Skládá se z urychlovacího bubnu APS (1), hlavního mláticího bubnu (2), odmítacího bubnu (3) a klasického klávesového vytřásadla (4). Urychlovací buben APS je v podstatě rekonstruovaný podávací buben se schopností mlátit. Otáčky urychlovacího bubnu dosahují, při jakémkoliv nastavení, 80 % otáček mláticího bubnu. Hlavním úkolem urychlovacího bubnu, vedle přídavného mlácení, je patřičně urychlit mláčenou hmotu před ml. bubnem. Ta pak dosahuje v mezeře mezi ml. bubnem a košem větší obvodové rychlosti a separační účinek je díky tomu silnější. Rozdíl průběhů obvodových rychlostí hmoty v mláticí mezeře je patrný z přiloženého grafu, kde přerušovanou čarou (A) a plnou čarou (B) jsou znázorněny průběhy rychlostí bez a při použití urychlovacího bubnu.



## 2 OVĚŘOVÁNÍ PROVOZNÍCH VLASTNOSTÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Zemědělské zkušebnictví v oblasti sklízecích mlátiček sahá nejméně do 50. let 20. století, kdy obecně docházelo k výraznému nárůstu počtu těchto strojů v zemědělství. Hlavním účelem ověřování je stanovení určitých provozních vlastností sklízecí mlátičky s ohledem na druh a vlastnosti sklizené plodiny. Existují 2 druhy zkoušek a to tzv. provozní a polně-laboratorní ověřování. Provozní ověřování vychází z možností konkrétního zemědělského podniku kde, ověřovaná sklízecí mlátička pracuje. Je jednoduché, rychlé a pokud možno, málo pracné. Tím ovšem klesá věrohodnost zjištěných výsledků. Volba metody, použité při provozním ověřování, vychází proto z kompromisu, tj. minimální pracnost a přijatelná věrohodnost naměřených výsledků. Provozním ověřováním nejčastěji zjišťujeme celkové a jednotlivé ztráty a ojediněle i celkovou průchodnost a spotřebu pohonných hmot sklízecí mlátičky. Při polně-laboratorním ověřování jsou možnosti zjišťování průchodnosti a ztrát obsáhlejší, jelikož se zde používá tzv. laboratorní mlátička, která umožňuje detailní vyčíslení podílů jednotlivých frakcí materiálu a jejich ztrát, vyprodukované testovanou sklízecí mlátičkou na zkušebním úseku. Polně-laboratorní ověřování je proto pracnější a vyžaduje odborně zaškolené pracovníky. Tyto zkoušky provádí například německá zkušebna DLG, ruská zkušebna FGBU "Sibirskaia MIS", nebo kanadská zkušebna PAMI a do roku 1995 tyto zkoušky prováděla také česká zkušebna SZZPLS. Tento druh ověřování je zatím nejpřesnější metodou, jak prověřit vlastnosti určité sklízecí mlátičky. Používá se při vývoji, výzkumu a při vnitropodnikových srovnávacích zkouškách s konkurenčními sklízecími mlátičkami. Výsledky těchto zkoušek mohou také tvořit podklady pro výkon státního zkušebnictví v žádosti o povolení dovozu určitého typu sklízecí mlátičky.

### 2.1 SLEDOVANÉ PARAMETRY SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Počet sledovaných parametrů závisí ve velké míře na druhu a hlavně účelu ověřování konkrétní sklízecí mlátičky. Nejmenší počet parametrů bude zjišťován např. při méně detailním provozním ověřování a naopak nejobsáhlejší soubor parametrů bude vyžadovat polně-laboratorní prověřování funkčních modelů a prototypů, popřípadě předseriových verzí těch sklízecích mlátiček, které jsou teprve připravovány do sériové výroby. Bez ohledu na způsob ověřování, mohou být dle potřeby zjišťovány následující hodnoty [15], [27] a [32]:

- celková průchodnost
  - průchodnost slámy
  - průchodnost zrna
- celkové ztráty zrna
  - ztráty způsobené žacím ústrojím
  - ztráty způsobené nedokonalým výmlatem
  - ztráty způsobené nedokonalým výtřesem a čištěním
  - ztráty způsobené netěsností stroje





- obsah nečistot ve vymláčeném zrna
- poškození zrna
- spotřeba pohonných hmot – vyjádřena v  $l \cdot ha^{-1}$  a v  $l \cdot t^{-1}$  (na tunu vymláčeného zrna)
- pracovní rychlost – v závislosti na dovolených celkových ztrátách
- výška strniště
- kvalita drcení a rozptylu slámy – hodnocení kvality řezanky a jejího rozhozu po celé šířce záběru testované sklízecí mlátičky
- hodnocení provozních ukazatelů
  - plošná výkonnost
  - hmotnostní výkonnost

Sklízecí mlátičky lze prověřovat také z hlediska bezpečnostních a hygienických předpisů:

- bezpečná svahová dostupnost
- stanoviště řidiče
  - hlučnost
  - prostup vibrací
  - prašnost
  - potřebná síla obsluhy k ovládní jednotlivých ovládacích prvků
- osvětlení
- výstražná značení a nápisy na jednotlivých prvcích sklízecí mlátičky

Velcí výrobci sklízecích mlátiček mají obvykle vlastní podnikové zkušebny, ve kterých prověřují funkční modely, prototypy, popřípadě stroje z ověřovacích sérií nebo jiná odlišná provedení od sériové výroby. Jedná se například o:

- prototypové zkoušky
  - tenzometrická měření ohybu a napjatosti vybraných částí sklízecí mlátičky za provozu – např. při přejíždění umělých překážek na speciální dráze, s předem stanoveným počtem testovacích hodin
  - měření potřebných příkonů a krouticích momentů vybraných hřídelů sklízecí mlátičky
- srovnávací polně-laboratorní zkoušky se sklízecími mlátičkami konkurenčních výrobců, pro zjištění vhodnosti určitého konstrukčního řešení
- dlouhodobé provozní zkoušky s pečlivou dokumentací poruch
- provozní či polně-laboratorní zkoušky pro vyladění činnosti softwaru palubního počítače

V přehledech, uváděných v Tab.1 a Tab. 2 následující kapitoly, jsou sklízecí mlátičky posuzovány pouze na základě celkové průchodnosti a celkových ztrát zrna, jelikož by zahrnutí i jiných parametrů značně překračovalo rozsah této bakalářské práce.

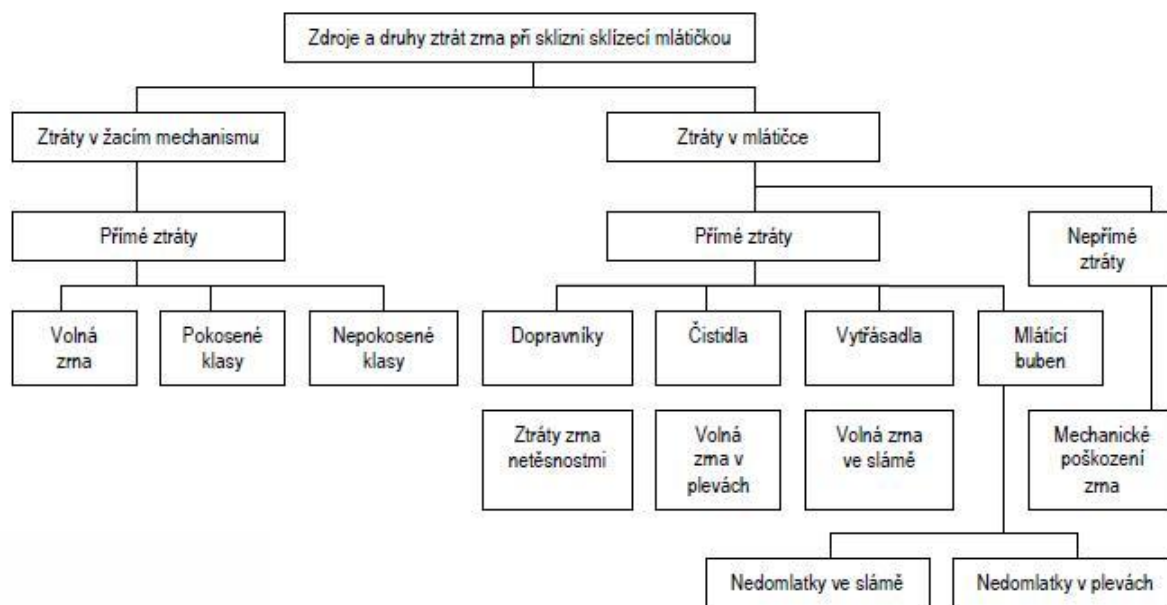


### 2.1.1 CELKOVÉ ZTRÁTY SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Ztráty na zrna v určitém porostu lze zjednodušeně rozdělit na ztráty vzniklé před a při sklizni. Ztráty vzniklé před sklizní jsou výsledkem působení meteorologických podmínek, procesu zrání plodiny, případně mnoha jiných vlivů ať už ze strany přírody či člověka. Ztráty při sklizni lze obecně rozdělit na ztráty vzniklé při výmlatu sklízecí mlátičkou a ty ostatní. Ostatní ztráty při sklizni mohou být například:

- opožděná sklizeň o 10 dnů po plné zralosti – vznikají ztráty 10-20 %
- naklíčení přežralého nebo polehlého porostu
- napadení chorobou
- zapaření vlhkého zrna

Ztráty zrna, ke kterým dochází při výmlatu sklízecí mlátičkou, jsou dle [32] definovány jako ztráty zrna, které nebyly vinou stroje zpracovány nebo dopraveny na místo určení. Různé příčiny ztrát ve sklízecí mlátičce dobře ilustruje schéma na Obr. 10.



Obr. 10 Možné příčiny ztrát zrna, které nastávají při výmlatu sklízecí mlátičkou [16]

Například při polně-laboratorním ověřování se ztráty zjišťují s přesností 0,001 kg a vyjadřují se v procentech z celkové hmotnosti zachyceného zrna, na zkušebním úseku s přesností dosahující 0,01 %. Hodnota celkových ztrát sklízecí mlátičky pak vznikne sečtením dílčích ztrát ze sledovaných částí testované sklízecí mlátičky a nejsou v nich zahrnuty ztráty, vzniklé před nebo při sklizni z odlišných příčin.

### 2.1.2 CELKOVÁ PRŮCHODNOST SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Celková průchodnost  $q$ , dle jiných názvů hmotnostní průtok nebo hltnost, je nejdůležitější údaj, popisující mláticí mechanismus sklízecí mlátičky. Udává hmotnost veškeré hmoty v kg, která projde mláticím ústrojím za sekundu. V západoevropských státech a USA je naopak zvykem uvádět odděleně hodinovou průchodnost vymláčeného zrna a



ostatního materiálu v tunách. Ostatní materiál je zde brán jako sláma, plevy a jiné příměsi dohromady. V zahraniční literatuře je toto značeno zkratkou MOG – Material Other than Grain v anglických zdrojích, nebo NKB – Nicht Korn Bestandteilen v německých zdrojích. Obě zkratky označují totéž a to jakýkoliv jiný materiál než zrna. V případě čerpání naměřených výsledků ze zahraniční literatury, byla kilogramová průchodnost získána prostým sečtením hodnot průchodnosti vymláceného zrna a průchodnosti ostatního materiálu a výsledek převeden z  $t.h^{-1}$  na  $kg.s^{-1}$ . Celková průchodnost je posuzována z hlediska maximálních dovolených celkových ztrát a poškození zrna a je přímo závislá, vedle jiných faktorů, na poměru zrna ke slámě a momentální pracovní rychlosti testované sklízecí mlátičky. Celkovou průchodnost lze určit buď teoreticky, nebo na základě výsledků provozního či polně-laboratorního měření.

### TEORETICKÉ URČENÍ CELKOVÉ PRŮCHODNOSTI

Na kvalitu výmlatu a tedy i průchodnost, má velký vliv poměr zrna ke slámě (zbytkům rostliny mimo zrna), na kterém záleží jakost práce, tj. dokonalost uvolnění semen a jejich oddělení od hrubého omlatu. Tento poměr je dle [22] a [8]:

$$k = \frac{m_z}{m_s} = \frac{q_z}{q_s} \quad (1)$$

kde  $m_z$  je hmotnost zrna v kg,  $m_s$  je hmotnost slámy v kg,  $q_z$  je hmotnostní průtok zrna v  $kg.s^{-1}$  a  $q_s$  je hmotnostní průtok slamnatých částí rostliny v  $kg.s^{-1}$ .

Tento poměr se často hodnotí koeficientem slamnatosti dle [13]:

$$\lambda = \frac{m_s}{m_z + m_s} = \frac{q_s}{q_z + q_s} \quad (2)$$

V české literatuře je koeficient slamnatosti značen písmenem  $\beta$ .

Průchodnost lze teoreticky určit na základě předem zjištěné průchodnosti  $q_1$  např. při polně-laboratorním měření, dle vzorce [13]:

$$q_2 = q_1 \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (3)$$

kde  $q_1$  je původní naměřená průchodnost v  $kg.s^{-1}$ ,  $\lambda_1$  je koeficient slamnatosti vztahující se k původní naměřené průchodnosti  $q_1$ ,  $\lambda_2$  je koeficient slamnatosti pro zjišťovanou průchodnost  $q_2$ . Vzorec (3) platí za předpokladu nezměněného přísunu slámy  $q_{s1} = q_{s2}$ .

### PRAKTICKÉ URČENÍ CELKOVÉ PRŮCHODNOSTI

Celkovou průchodnost lze určit také na základě naměřených hodnot z provozního či polně-laboratorního ověřování. Při provozním ověřování lze použít vztah dle [22], [8] a [15]:

$$q = k_z B v_s U \quad (4)$$

kde  $k_z$  je součinitel využití záběru = 0,95-1,  $B$  je záběr sklízecí mlátičky v m,  $v_s$  je pracovní rychlost sklízecí mlátičky v  $m.s^{-1}$  a  $U$  je množství sklizené hmoty na  $1 m^2$  udávaný v  $kg.m^{-2}$ . Člen  $k_z$  byl dle [15] ve vzorci následně vypuštěn. V případě dosazení za člen  $U$  množství sklizeného zrna na  $1 m^2$ , lze tak vypočítat celkovou průchodnost zrna ve sklízecí mlátičce.



Při polně-laboratorním ověřování byl českou zkušebnou SZZPLS běžně užíván vztah dle [32]:

$$q = \frac{m_z + m_s + m_p}{t} \quad (5)$$

kde  $m_z$  je hmotnost zachyceného zrna v kg,  $m_s$  je hmotnost zachycené slámy v kg,  $m_p$  je hmotnost zachycených plev a ostatního materiálu prošlého testovanou sklízecí mlátičkou v kg, to vše během měřeného času  $t$ . Hodnoty  $m_z$ ,  $m_s$  a  $m_p$  vznikly měřením jednotlivých frakcí vyprodukovaných testovanou sklízecí mlátičkou, během použití laboratorní mlátičky při zjišťování podílů ztrát v těchto frakcích.

## 2.2 PROVOZNÍ OVĚŘOVÁNÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Provozní ověřování bylo krátce charakterizováno na začátku této kapitoly. Hlavním úkolem provozního ověřování je zjišťování celkových a jednotlivých ztrát za sklízecí mlátičkou a okrajově i zjišťování celkové průchodnosti. V dnešní době se používají například obdélníková nebo Feifferova metoda. Obě metody jsou jednoduché a vycházejí z možností zemědělských podniků, nicméně tomu odpovídá i přesnost výsledků. K provoznímu ověřování je nutné stanovit tzv. biologický výnos, jenž je součtem výnosů zrna a všech zjištěných ztrát. Stanovuje se v  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  nebo v  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

### 2.2.1 METODA KONTROLNÍCH OBDÉLNÍKŮ

Základem této metody je vymezení kontrolovaného úseku o ploše  $1 \text{ m}^2$  na málo zaplevelené části pole, na kterém testovaná sklízecí mlátička sklízí. Obdélník je široký dle záběru žací lišty testované sklízecí mlátičky a dlouhý tak, aby celková plocha obdélníku splňovala  $1 \text{ m}^2$ . Tato plocha se na poli vymezí 4 kolíky, mezi kterými se natáhne provázek. Na takto vymezené ploše se vysbírají veškerá vydrolená zrna po sklízecí mlátičce, zváží se a jejich hmotnost se přepočítá na  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na základě zjištěného biologického výnosu se vypočtou ztráty v procentech z hektarového výnosu.

### 2.2.2 FEIFFEROVA METODA

Tato metoda se vyznačuje použitím misky určitých rozměrů, kterou pracovník kontrolující ztráty zrna zastrčí za jízdy stroje za zadní kolo sklízecí mlátičky tak, aby sláma padající z vytřásadla i úhrabky a plevy z čistícího ústrojí dopadly na misku. Ztráty zrna se vyčíslují na plochu  $1 \text{ m}^2$ . Rozhodujícím rozměrem je šířka misky. Po vynásobení šířky záběru sklízecí mlátičky šířkou misky, je výsledkem plocha, ze které se určují ztráty. Pro šířku záběru žací lišty 5 m je vnitřní rozměr šířky misky 0,2 m – při kontrole  $1 \text{ m}^2$ . Sláma, která dopadla na misku spolu s úhrabky, se ručně protřeše. Lehké částice se vyfoukají a v misce zůstává zachycené zrno, ze kterého se ztráty vypočítávají stejně jako v předchozím případě. V dnešní době se na odkládání misky používá přípravek, uchycený před zadní nápravou testované sklízecí mlátičky, který misku spustí na zem, na základě povelu obsluhy.



## 2.3 POLNĚ-LABORATORNÍ OVĚŘOVÁNÍ SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Polně-laboratorní ověřování představuje nejpřesnější metodu v určování celkových a dílčích ztrát zrna v závislosti na průchodnosti testované sklízecí mlátičky. Jelikož je zde potřeba laboratorní mlátičky a odborně vyškolený personál, je tato metoda velice nákladná. Používá se především při vývoji a výzkumu nových sklízecích mlátiček, nebo pro interní porovnání různých typů mezi sklízecí mlátičkou zadavatele a konkurencí. Do roku 1990 bylo v Československu na výsledcích polně-laboratorního ověřování závislé i schválení dovozu konkrétního typu.

Základem polně-laboratorního ověřování je použití pásu, dostatečně širokého na to, aby bezpečně pojal veškerý materiál, vyprodukovaný testovanou sklízecí mlátičkou. Srolovaný pás je umístěn za zadní nápravou testovaného stroje a ve vhodném okamžiku je jeho konec zachycen na poli. Pás je odvíjen a je na něm zachycen veškerý materiál vystupující z vytrásadla a sítové skříně. Během odvíjení pásu se také měří čas. Po této operaci se veškerý materiál, nacházející se na pásu, přemlátí a zváží. Dříve se k tomu používala upravená stacionární mlátička, umístěna mimo pole. Přibližně od 70. let 20. století se pro tyto účely začaly používat upravené sklízecí mlátičky, nazývané jako laboratorní mlátičky.

### 2.3.1 LABORATORNÍ MLÁTIČKA

Jde o radikálně upravenou sklízecí mlátičku, u které je žací lišta nahrazena adaptérem s klávesovým vytrásadlem a navijákem pro sběrný pás. Za vytrásadlem se nachází klasický šikmý dopravník a běžné mláticí ústrojí s klávesovým vytrásadlem, za kterým je váha. Zachycený materiál je z pomalu navíjeného pásu dopravován na vytrásadlo adaptéru, kterým prostupuje až k šikmému dopravníku. Tím se materiál dostává do hlavního mláticího ústrojí tvořeného ml. bubnem, koše a klávesovým vytrásadlem. Na konci klávesového vytrásadla se nachází váha, do které padá veškerá hmota, prošlá laboratorní mlátičkou.

Na klávesovém vytrásadle adaptéru se výtrásem zjišťují ztráty zrna ze separačního a čistícího ústrojí testované sklízecí mlátičky. V tomto případě jde o ztráty na zrně buď z klávesového vytrásadla tangenciálního systému, nebo ze separační části koše rotoru axiálního systému. Dále ztráty ze sítové skříně. V hlavním mláticím ústrojí jsou zjišťovány ztráty výmlatem, tedy ztráty z ml. bubnu a koše tangenciálního systému, nebo z mláticí části rotoru a koše axiálního systému. Laboratorní mlátička má hlavní mláticí ústrojí upravené tak, že místo šnekových dopravníků dle Obr. 4 (15) a (13) se zde nachází odběrná místa zachyceného zrna. To samé se nachází i pod vytrásadlem adaptéru. Zachycené zrno, znamenající ztrátu testované sklízecí mlátičky, je dále čištěno a zváženo. Na Obr. 11 je upravená laboratorní mlátička na základě sériového východoněmeckého stroje Fortschritt E 514, která byla v Československu používána běžně v 80. letech 20. století a vyřazena byla přibližně v roce 1995. Tento typ je také pravděpodobně dodnes používán německou zkušebnou DLG. Na Obr. 12 je nejmodernější laboratorní mlátička, používaná německou zkušebnou DLG od roku 2010. Adaptér je zde vybaven 6klávesovým vytrásadlem a umožňuje plnit zároveň pás s plevy (délka 15 m) a slámou (délka 17 m). Laboratorní mlátička dále obsahuje digitální váhy pro vyčíslení hmotností plev, slámy a ztrát výmlatem. Adaptér dále obsahuje síto na krátkou slámu, plevy a vlastní čistící systém.



*Obr. 11 Upravená laboratorní mlátička E 514 při zkouškách v německé zkušebně DLG, bílá plachta se zachyceným materiálem testované sklízecí mlátičky je připevňována na naviják [28]*



*Obr. 12 Nejnovější generace laboratorní mlátičky, používané od roku 2010. Stroj, na základě sklízecí mlátičky Claas, vyrobila německá společnost MDW Singwitz [28]*

### 2.3.2 METODIKA ZKOUŠEK

Následující postupy vychází z metodiky, používané, až do zrušení této zkušební činnosti, tuzemskou zkušebnou SZZPLS dle [32] a je z části doplněna některými postupy německé zkušebny DLG dle [27] a [28]:

- Polně-laboratorní ověřování se provádí za podmínek, pro které je stroj určen (povrch, sklon pozemku, kvalita zpracovávaného materiálu) na svahu 8°, u sklízecích mlátiček svahových na svahu 14°, při nominální průchodnosti. Základní plodinou pro stanovení všech funkčních vlastností stroje je ozimá pšenice.



- Délka zkušebního úseku se zvolí tak, aby hmotnost odpadů (plevy, sláma) byla nejméně 50 kg. Dle DLG 150-200 m a vzorkováno po 15 m u plev a 17 m u slámy.
- Délka rozjezdu se volí taková, aby došlo k plnému zaplnění stroje a zatížení všech potřebných zařízení. Nejméně však 20 m a délka dojezdu je 10 m.
- Do zkušebního úseku se najíždí s provozně zaplněným strojem v plném porostu, při celém pracovním záběru.
- Seřízení stroje musí odpovídat zkušebními podmínkám a zaručovat plynulý provoz – provádí zástupce výrobce nebo zástupce prodejní organizace daného typu stroje.
- Před vlastními funkčními zkouškami se provedou minimálně dvě seřizovací zkoušky pro zjištění správnosti seřízení stroje vzhledem k podmínkám zkoušek. Výsledky těchto zkoušek se nezahrnují do celkového hodnocení stroje.
- Pro polně-laboratorní ověření se provede 5 zkoušek, pro stejné seřízení a pracovní podmínky stroje. Dle DLG to je nejméně 5 zkoušek při různých rychlostech a z toho vyplývajících 5 různých hodnot celkové průchodnosti. Rychlosti jsou voleny tak, aby pokryly rozsah celkových ztrát nejlépe v rozmezí 0-4 %.
- Jednotlivé komponenty obilní hmoty ze zkušebního úseku prošlé strojem (zrno, sláma, úhrabky a plevy) se během zkoušek zachycují odděleně, viz výše.
- U stroje je na zkušebnímu úseku měřena spotřeba paliva externím průtokoměrem.



*Obr. 13 Plnění slámy a plev s úhrabky na sběrné pásy, umístěné před a za zadní nápravou testované sklízecí mlátičky. Ty jsou následně přiváděny na naviják adaptéru laboratorní mlátičky současně [28]*

Průběh zkoušky je vidět na Obr. 13. Jak vyplývá z [26], i zde pokračuje vývoj ve smyslu snižování počtu pracovních operací a počtu nutných pracovních sil při ověřování.



### 3 PŘEHLEDY NAMĚŘENÝCH HODNOT

V následujících přehledech je uvedeno celkem 45 sklízecích mlátiček, ověřovaných v letech 1951-2004. Z celkového počtu je:

- 34 sklízecích mlátiček ověřováno Státní zkušebnou zemědělských, potravinářských a lesnických strojů (SZZPLS) – polně-laboratorní ověřování
- 7 sklízecích mlátiček ověřováno německou zkušebnou Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) – polně-laboratorní ověřování
- 4 sklízecí mlátičky ověřovány Výzkumným ústavem zemědělské techniky (VÚZT) – provozní ověřování

#### 3.1 KRITÉRIA VÝBĚRU DAT

Díky rozmanitosti podmínek při sklizni, bývají často naměřené údaje rozdílné. Stejně tak nabývají různých hodnot údaje z měření v různých plodinách, např. pšenice, řepka nebo kukuřice. Aby hodnoty celkových průchodností v přehledových tabulkách Tab. 1 a Tab. 2 poskytovaly aspoň určitou možnost srovnání, byly autorem této bakalářské práce vybírány na základě kritérií, všeobecně respektující obecně přijímané agrotechnické požadavky na sklízecí mlátičky mezi odbornou zemědělskou veřejností v České republice. Jelikož je ale tato bakalářská práce primárně zaměřená na vyhodnocování a porovnávání celkových průchodností při předem stanovené hodnotě maximálních ztrát, tedy na základě údajů, nejlépe vystihující výkonnost určité sklízecí mlátičky, nebylo do kritérií výběru dat zahrnuto poškození zrna, které se za normálních okolností taktéž pečlivě posuzuje. Kritéria jsou následující:

1. vybírány hodnoty z naměřených výsledků v ozimé pšenici, a pokud nebyly k dispozici, tak z pšenice jarní (Tab. 1, č. 13)
2. uvedené hodnoty průchodností jsou vypočítané průměrné hodnoty ze všech naměřených výsledků, u kterých výše celkových ztrát nepřekročila níže uvedenou mez
3. maximální mez celkových ztrát činí 3 % u všech testovaných sklízecích mlátiček do roku 1980 a 1,5 % u všech testovaných sklízecích mlátiček do roku 1994, tedy dle podmínek v souladu s vnitřními směrnici SZZPLS, podle kterých byly posuzovány naměřené hodnoty i ze zkoušek, uskutečněných ve VÚZT a DLG
4. v případě existence více závěrečných zpráv k jednomu typu sklízecí mlátičky a tedy i více měření, byly do výpočtu průměrné průchodnosti zahrnuty výsledky ze všech dostupných zpráv ke konkrétní sklízecí mlátičce
5. jelikož je v německých podkladech ze zkoušek uváděna zvlášť průchodnost zrna a slámy v  $t \cdot h^{-1}$  (MOG nebo NKB, viz předchozí kapitola) a do tabulek uváděny hodnoty při ztrátovosti 0,5; 1 a 2 %, byly požadované hodnoty při 1,5 % ztrátovosti odečteny z grafů v [9], [17] a výsledná celková průchodnost vznikla jejich sečtením a převedením na  $kg \cdot s^{-1}$
6. do celkových přehledů zahrnuty i prototypy – v tabulkách upřesněno

U všech sklízecích mlátiček v přehledech nebyl použit drtič slámy. Všechny položky v Tab. 1 a Tab. 2 řazeny vzestupně dle naměřené průchodnosti.





### 3.2 SKLÍZECÍ MLÁTIČKY S ŠÍRKOU MLÁTÍCIHO BUBNU OD 600 DO 1350 MM

Tab. 1 Hodnoty vybraných technických parametrů a průchodností sklízecích mlátiček s šířkou ml. bubnu do 1350 mm

Č.	Typ	Uspořádání dle obr.	Mláčení		Separace		Celková plocha sít [m <sup>2</sup> ]	Výkon motoru [kW]	Naměřená průchodnost [kg.s <sup>-1</sup> ]	Rok měření	Instituce
			Šířka ml. bubnu [mm]	Průměr ml. bubnu [mm]	Plocha vytřásadla [m <sup>2</sup> ]	Počet kláves					
1	Agrostroj ŽM-18 <sup>a)</sup>	8a)	665	500	-----	4	-----	27,90	<b>0,96</b>	1951	VÚZT
2	Agrostroj ŽM-21 <sup>a)</sup>	8a)	665	550	-----	4	-----	33,10	<b>1,40</b>	1951	VÚZT
3	John Deere 330	8a)	780	610	2,14	3	1,66	30,89	<b>1,48</b>	1967	SZZPLS
4	Aktiv 800	8a)	790	500	2,12	3	1,60	30,89	<b>1,53</b>	1968	SZZPLS
5	S-4 (Taganrog)	8a)	874	550	2,41	4	1,72	38,97	<b>1,80</b>	1951	VÚZT
6	Massey Ferguson 187	8a)	805	560	2,36	3	1,54	50,00	<b>2,30</b>	1969	SZZPLS
7	Munktell S 1000A	8a)	1100	610	3,63	4	2,40	58,09	<b>2,90</b>	1964	SZZPLS
8	Rostselmash SK-4 <sup>b)</sup>	8a)	1185	550	4,28	4	1,95	55,15	<b>3,18</b>	1964/67	SZZPLS
9	Claas Senator	8a)	1250	450	5,41	4	3,20	77,21	<b>4,29</b>	1969	SZZPLS
10	Claas Dominator 76H	8d)	1060	450	5,30	4	3,40	110,00	<b>4,51</b>	1982	SZZPLS
11	Bizon Z056 Super	8a)	1254	600	4,60	5	2,94	73,50	<b>4,54</b>	1983	SZZPLS
12	Rostselmash SK-4M <sup>b)</sup>	8a)	1185	550	4,28	4	2,13	73,53	<b>4,67</b>	1969	SZZPLS
13	Gloria CP12	8a)	1190	560	4,20	4	3,83	80,00	<b>4,80</b>	1978	SZZPLS
14	Fortschritt E 512	8a)	1278	600	5,20	4	3,02	77,70	<b>4,96</b>	1968	SZZPLS
15	Laverda 3550AL	8a)	1080	600	4,36	4	4,52	110,00	<b>5,59</b>	1986	SZZPLS
16	Fortschritt E 514	8a)	1278	600	5,20	4	3,02	85,00	<b>5,83</b>	1982/87	SZZPLS
17	Fortschritt E 524 <sup>c)</sup>	8a)	1278	600	5,20	4	4,20	95,00	<b>5,99</b>	1986	SZZPLS
18	Bizon Z058 Rekord	8a)	1250	600	4,98	5	2,94	91,90	<b>6,15</b>	1983	SZZPLS
19	Fortschitt E 524 <sup>c)</sup>	8a)	1278	600	5,20	4	4,20	112,00	<b>6,42</b>	1987	SZZPLS



Tab. 1 Hodnoty vybraných technických parametrů a průchodností sklízecích mlátiček s šířkou ml. bubnu do 1350 mm - pokračování

Č.	Typ	Mláčení			Separace		Celková plocha sít	Výkon motoru	Naměřená průchodnost	Rok měření	Instituce
		Uspořádání dle obr.	Šířka ml. bubnu [mm]	Průměr ml. bubnu [mm]	Plocha vytrásadla [m <sup>2</sup> ]	Počet kláves					
20	Claas Dominator 114CS	8g)	1320	450	5,30	8 bubnů	4,70	162,00	<b>6,72</b>	1985	SZZPLS
21	Deutz Fahr M35.75	8a)	1270	600	5,25	5	3,84	103,00	<b>7,40</b>	1992	SZZPLS
22	New Holland TX 34	8b)	1300	600	4,36	5	5,43	155,00	<b>8,70</b>	1993	SZZPLS
23	Laverda L-521MCS	8b)	1340	600	5,73	5	4,76	151,00	<b>9,60</b>	1993	SZZPLS
24	Claas Dominator 98H	8d)	1320	450	5,80	4	4,25	125,00	<b>9,90</b>	1988	SZZPLS
25	Bizon BS Z110	8h)	1280	600	-----	5 bubnů	3,91	132,00	<b>10,08</b>	1989	SZZPLS

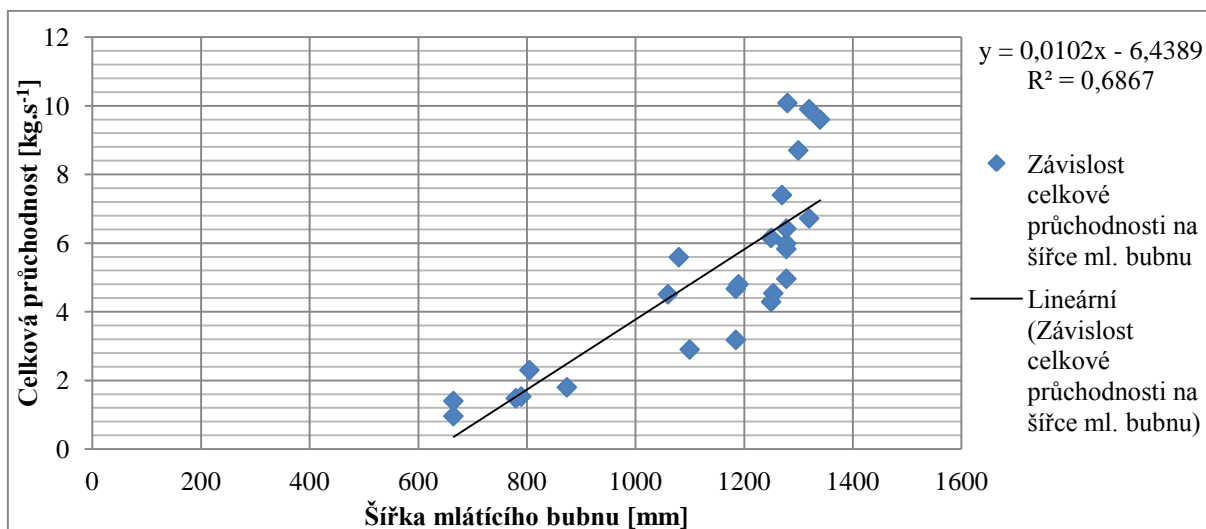
- a) Prototypy – vedle zvýšení výkonu byla na typu ŽM 21 rozšířena žací lišta o 300 mm a zlepšeno vkládání plodiny do šikmého dopravníku použitím průběžného šneku.
- b) Vedle zvýšení výkonu motoru byla u typu SK-4M rozšířena žací lišta o 900 mm, zaveden dvoudílný mláticí koš s připojeným prstovým sítem, zaveden odmítací buben jiné konstrukce, pozměněna konstrukce prvního stupně vytrásadla a rozšířeno horní žaluziové síto.
- c) Sklízecí mlátička E 524 z roku 1986 byla, oproti pozdějšímu provedení z roku 1987, ještě vývojovým strojem, který se vyznačoval, i přes splněnou hranici celkové ztrátovosti, vysokým podílem ztrát na vytrásadle, čištění a žací liště. Provedení E 524 z následujícího roku, s upraveným mláticím ústrojím, bylo testováno s žací lištou zkrácenou o 600 mm.



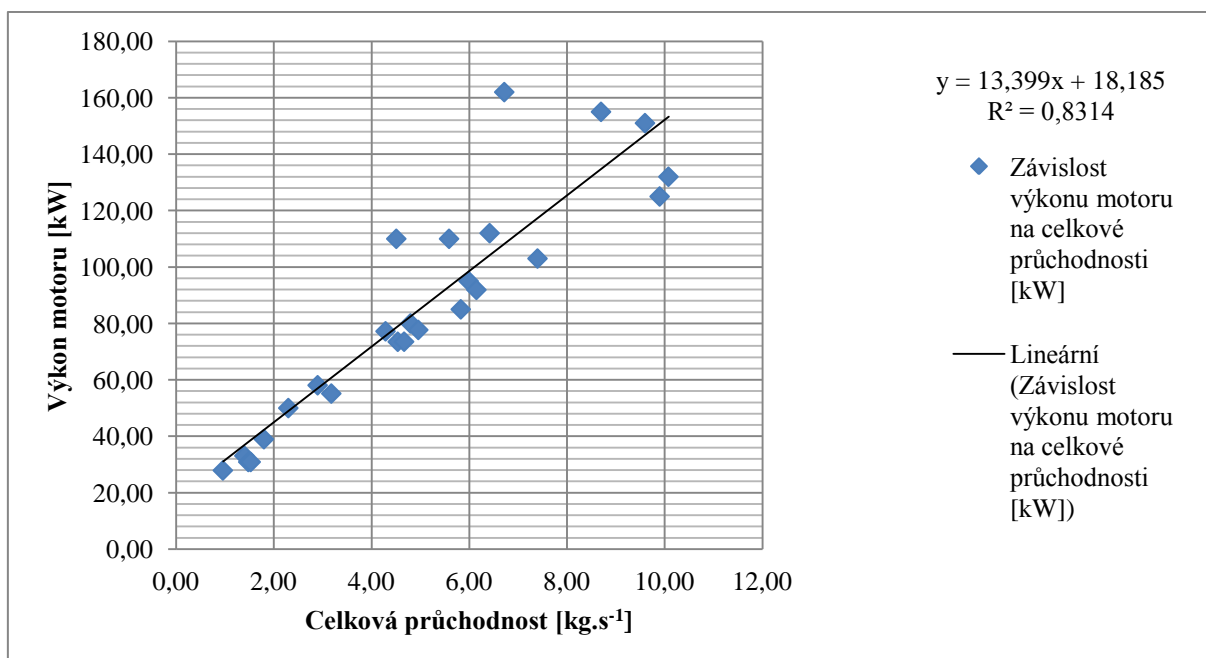
### 3.2.1 GRAFICKÉ PŘEHLEDY

V grafech 2-4 jsou hodnoty řazeny podle vzrůstající celkové průchodnosti a v grafu 1 podle vzrůstající šířky mlátícího bubnu jelikož to bylo účelné.

Graf. 1 Závislost celkové průchodnosti na šířce mlátícího bubnu

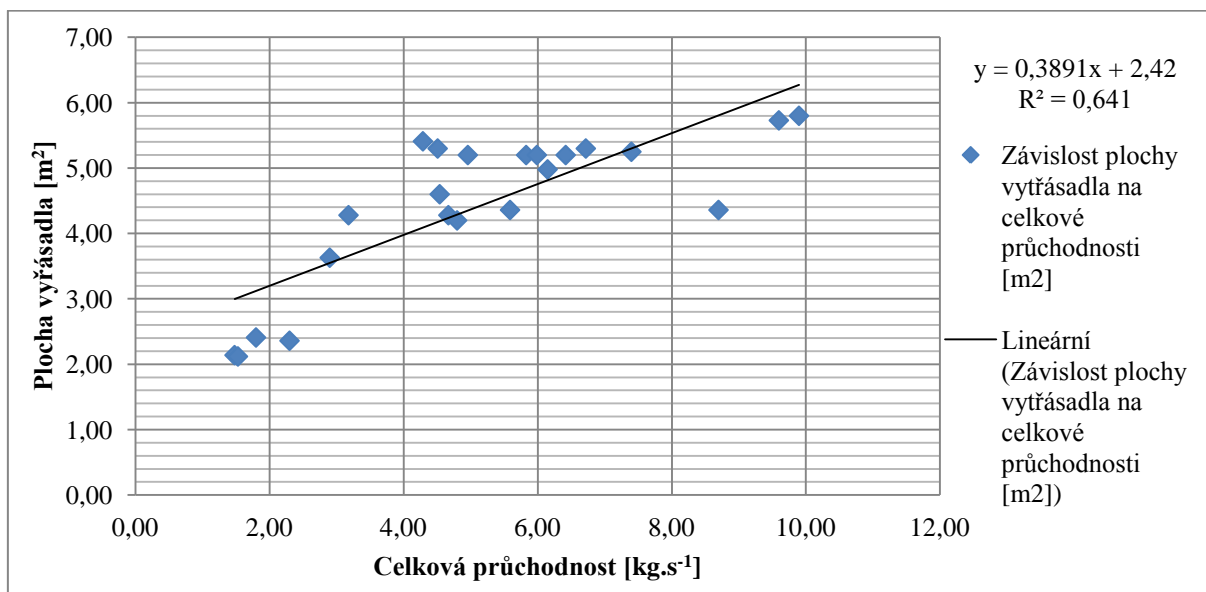


Graf. 2 Závislost výkonu pohonné jednotky na celkové průchodnosti

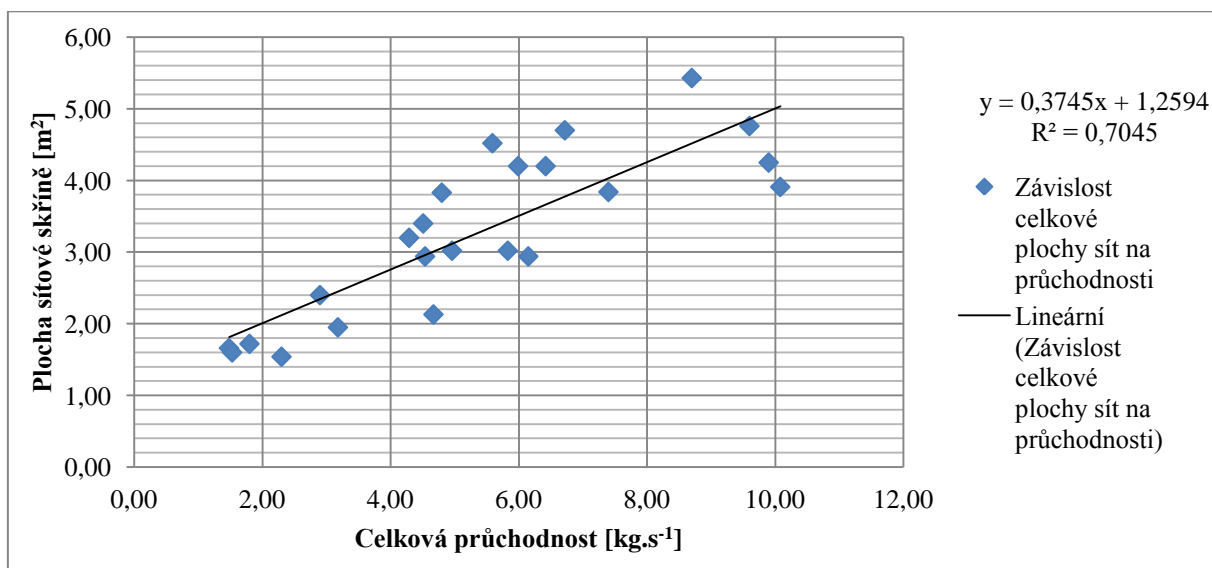




Graf. 3 Závislost plochy vytrásadla na celkové průchodnosti – nezahrnuty položky č. 1; 2 a 25



Graf. 4 Závislost celkové plochy sít na průchodnosti – nezahrnuty položky č. 1 a 2





### 3.2.2 VYHODNOCENÍ

#### ZÁVISLOST CELKOVÉ PRŮCHODNOSTI NA ŠÍŘCE MLÁTÍČÍHO BUBNU

Z rozmístění bodů v Grafu 1 a hodnot z Tab. 1 je patrné, že přibližně do šířky ml. bubnu 1250 mm je nárůst celkové průchodnosti postupný, jak ukazuje lineární přímka spojnice trendu. V rozmezí 1250-1340 mm šířky naopak nastává značný rozptyl hodnot a z celkového počtu jich je zde obsaženo až 52 %. Důvodem je použití vícebubnových mláticích systémů u některých zkoušených sklízecích mlátiček, které se od druhé poloviny 80. a začátkem 90. let 20. století začaly rychle prosazovat, jelikož dokázaly zvýšit průchodnost hlavního mláticího systému, aniž bylo potřeba zvětšovat jeho šířku. V případě srovnání sklízecí mlátičky s klasickým mláticím mechanismem dle Obr. 8a) s nejvyšší naměřenou průchodností (položka č. 21) a sklízecí mlátičky opatřenou vícebubnovým mláticím mechanismem dle Obr. 8b) (např. položka č. 22), činí nárůst průchodnosti 17,6 % pouze s 2,4 % nárůstem šířky ml. bubnu. Velice zajímavé je srovnání se sklízecí mlátičkou Bizon BS Z110 (položka č. 25), kde mláticí systém kombinuje uspořádání dle Obr. 8b) a 8g). Rozdíl šířky mláticího bubnu je nepatrný. I když je rozdíl ve výkonech pohonných jednotek obou strojů 22 % ve prospěch stroje Bizon BS Z110, nárůst průchodnosti činí až 36,2 %. K prokázání širšího uplatnění tohoto uspořádání bohužel autorovi chyběly bližší informace z provozu a zároveň nebylo k dispozici měření silnější verze s pohonnou jednotkou Mielec SW680/17/1 o výkonu 161,8 kW, se kterým se stroj vyráběl v letech 1990-2003. Z hlediska zvyšování průchodnosti však vícebubnové mláticí systémy splnily svůj účel (položky č. 20; 22-23 a 25). Velice dobrých výsledků dosáhlo také řešení s čechrači nad vytrásadly dle Obr. 8d) především položka č. 24.

#### ZÁVISLOST VÝKONU POHONNÉ JEDNOTKY NA CELKOVOU PRŮCHODNOST

Dle Grafu 2 a Tab. 1 je patrné, že nárůst potřebného příkonu pohonných jednotek jednotlivých sklízecích mlátiček se hodně podobá lineární spojnici trendu, do průchodnosti  $6,42 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nad tuto hodnotu jsou zde použity vícebubnové mláticí systémy (kromě položky č. 21), pro které bude potřebný příkon pro výmlat pochopitelně vyšší. Nicméně i zde je určitý rozptyl hodnot dobře vypovídající o tom, který vícebubnový mláticí systém dobře využívá výkon své pohonné jednotky. Dle toho lze usoudit, že nejhůře je výkon využit sklízecí mlátičkou Claas Dominator 114 CS (položka č. 20) a nejlépe strojem Bizon BS Z110 a Laverda L-521MCS (položky č. 25 a 23), což může mít výrazný vliv na spotřebu paliva. Na sklízecí mlátičce Claas Dominator 98H (položka č. 24) se prokázal výrazný vliv čechračů nad vytrásadlem i vzhledem k potřebnému příkonu pohonné jednotky.

#### ZÁVISLOST PLOCHY VYTRÁSADLA NA CELKOVOU PRŮCHODNOST

Z Grafu 3 a Tab. 1 vyplývá, že u sklízecích mlátiček s průchodností nad  $3,18 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  neklesne plocha vytrásadla pod  $4,20 \text{ m}^2$ . Bez započtení položek č. 1; 2 a 25 s nezjištěnou plochou vytrásadla, se ukázalo, že až 77,3 % všech hodnot leží v rozmezí  $4,20\text{-}5,80 \text{ m}^2$ , tedy značný nárůst průchodnosti pouze v rozmezí  $1,6 \text{ m}^2$ . I když se dostatečná plocha vytrásadla na celkové průchodnosti podílí značně, nezanedbatelnou měrou je to i konstrukční řešení povrchu kláves vytrásadla (profil žebrování popř. přídavné plechové hřebeny či pruty na jednotlivých klávesách), počet přepadů a jednotlivých kláves a vzájemné natočení dvou kláves na klice. Proto bylo snahou konstruktérů za posledních cca 30. let nezvyšovat velkou mírou celkovou plochu vytrásadla, ale jeho efektivitu, např. čechrači nad vytrásadly (položka č. 10 a 24). Pomalé zvětšování plochy vytrásadla bylo také ovlivněno konstrukcí vícebubnových mláticích systému (položky č. 22 a 23), kde třetí buben zpravidla zabírá 1-2 přepady činné plochy kláves v případě klasického uspořádání.



## ZÁVISLOST PLOCHY SÍTOVÉ SKŘÍNĚ NA CELKOVOU PRŮCHODNOST

Jak naznačuje rozmístění bodů kolem spojnice trendu, společně se vzrůstem celkové průchodnosti je zde patrná i tendence vzrůstu plochy sít i když s určitým rozptylem hodnot. Rozměry jednotlivých sít jsou, společně s rozměry vytrásadla, silně vázány na šířku ml. bubnu, ze které vychází šířka celé mlátičky. Účinnost lze tedy rozšiřovat buď zvětšováním plochy sít navýšením délky celé mlátičky, nebo efektivnějším uspořádáním sítové skříně - dostatečná délka a profil stupňovité vynášecí desky, počet přepadů, druh ventilátoru, kinematika pohybu sít, úprava sít pro práci na svahu. Na sítové skříně se nastavují nejméně 3 parametry v závislosti na sklizené plodině – propadový otvor horního úhrabečného síta, propadový otvor spodního zrnového síta (je-li žaluziové) a otáčky ventilátoru. U horního síta lze často nastavovat i jeho přední a zadní část zvlášť (předsíto, zadní síto neboli kláskový nástavec). Výkon sítové skříně zároveň silně ovlivňuje nastavení hlavního mlátícího systému (mezera mezi ml. košem a bubnem, otáčky ml. bubnu) a to složením jemného omlatu, které je posíláno na síta. Celkem je to až 7 různých parametrů, které musí nastavit obsluha testovaného stroje, což klade velké nároky na praktické zkušenosti. Výsledkem je, že stejně spolehlivě může pracovat síťová skřín s plochou 3,91 m<sup>2</sup> při průchodnosti 10,08 kg.s<sup>-1</sup>, nebo skřín s plochou 5,43 m<sup>2</sup> při průchodnosti 8,70 kg.s<sup>-1</sup>, viz položky č. 22 a 25.



### 3.3 SKLÍZECÍ MLÁTIČKY S ŠÍRKOU MLÁTÍCIHO BUBNU OD 1450 DO 1700 MM

Tab. 2 Hodnoty vybraných technických parametrů a průchodností sklízecích mlátiček s šířkou ml. bubnu od 1450 do 1700 mm

Č.	Typ	Mláčení			Separace		Celková plocha sít [m <sup>2</sup> ]	Výkon motoru [kW]	Naměřená průchodnost [kg.s <sup>-1</sup> ]	Rok měření	Instituce
		Uspořádání	Šířka ml.	Průměr	Plocha	Počet					
		dle obr.	bubnu [mm]	ml. bubnu [mm]	vytřásadla [m <sup>2</sup> ]	kláves [mm]					
1	Massey Harris Clipper SP <sup>a)</sup>	8a)	1524	381	3,02	stolové	1,35	25,00	<b>1,35</b>	1951	VÚZT
2	Duro Dakovic M1620 H	8a)	1521	600	7,10	6	4,64	157,00	<b>6,95</b>	1987	SZZPLS
3	SK-6 Kolos (Taganrog)	8c)	1485	600	3,73	5	2,75	110,30	<b>7,99</b>	1973	SZZPLS
4	Deutz Fahr Topl. 4075 HTS <sup>b)</sup>	8b)	1521	600	5,80	6	5,75	118,00	<b>8,10</b>	1993	SZZPLS
5	Fortschritt E 516B	8a)	1625	800	7,68	5	3,94	168,00	<b>8,82</b>	1982/87	SZZPLS
6	Rostselmash DON 1500	8a)	1485	800	6,15	5	3,82	165,60	<b>9,39</b>	1985/88	SZZPLS
7	Bizon Z083 Gigant	8a)	1580	600	7,39	6	4,65	162,00	<b>10,07</b>	1987	SZZPLS
8	Massey Ferguson 38	8a)	1680	600	7,40	6	5,40	176,00	<b>10,23</b>	1993	SZZPLS
9	Fortschritt E 526	8a)	1625	600	7,40	5	5,15	140,00	<b>10,70</b>	1990	SZZPLS
10	John Deere Z 2264	8f)	1670	660	7,67	6	5,83	184,00	<b>11,45</b>	2000	DLG
11	Laverda L-624MCS	8b)	1600	600	6,81	6	5,66	176,00	<b>11,50</b>	1993	SZZPLS
12	Fortschritt E 517	8a)	1625	800	7,68	5	5,15	168,00	<b>11,73</b>	1987/89	SZZPLS
13	New Holland TX 36	8b)	1560	600	5,23	6	4,76	183,00	<b>11,80</b>	1993	SZZPLS
14	Fendt 6300 <sup>c)</sup>	8b)	1680	600	6,68	6	5,40	228,00	<b>12,05</b>	2000	DLG
15	MDW 527 STS	8b)	1625	600	5,65	6	5,78	199,00	<b>13,05</b>	1994	SZZPLS
16	New Holland TX 67	8b)	1560	600	5,23	6	6,50	207,00	<b>13,55</b>	2000	DLG
17	Deutz Fahr Topl. 4080 HTS	8b)	1521	600	6,70	6	5,75	174,00	<b>13,62</b>	2000	DLG
18	Claas Lexion 440	9	1700	600	7,48	6	5,80	162,00	<b>14,03</b>	2000	DLG
19	Case CF 80	8i)	1630	600	7,40	6	6,80	224,00	<b>14,72</b>	2000	DLG
20	John Deere 9660i WTS	8e)	1670	660	7,67	6	5,67	250,00	<b>15,93</b>	2004	DLG



- a) Sklízecí mlátičky typu Clipper se vyznačovaly, vedle značné šířky mlátícího bubnu, použitím stolového vytrásadla, od kterého bylo později upuštěno. Sítová skříň byla také výrazně užší, než zbytek mlátičky. Stroj zařazen do přehledu proto, jelikož je zde jasně patrné, jak výkon motoru a v některých ohledech i chybná volba uspořádání mlátícího systému, radikálně ovlivňuje celkovou průchodnost sklízecí mlátičky i přes značně široký mlátící buben.
- b) Testovaná sklízecí mlátička byla dle [63] vybavena nestandardní pohonnou jednotkou Deutz BF 6L 913C. Sériové provedení obsahuje pohonnou jednotku Deutz F 8L 413F s výkonem 165 kW.
- c) Odpovídá sklízecí mlátičce Massey Ferguson 7274.

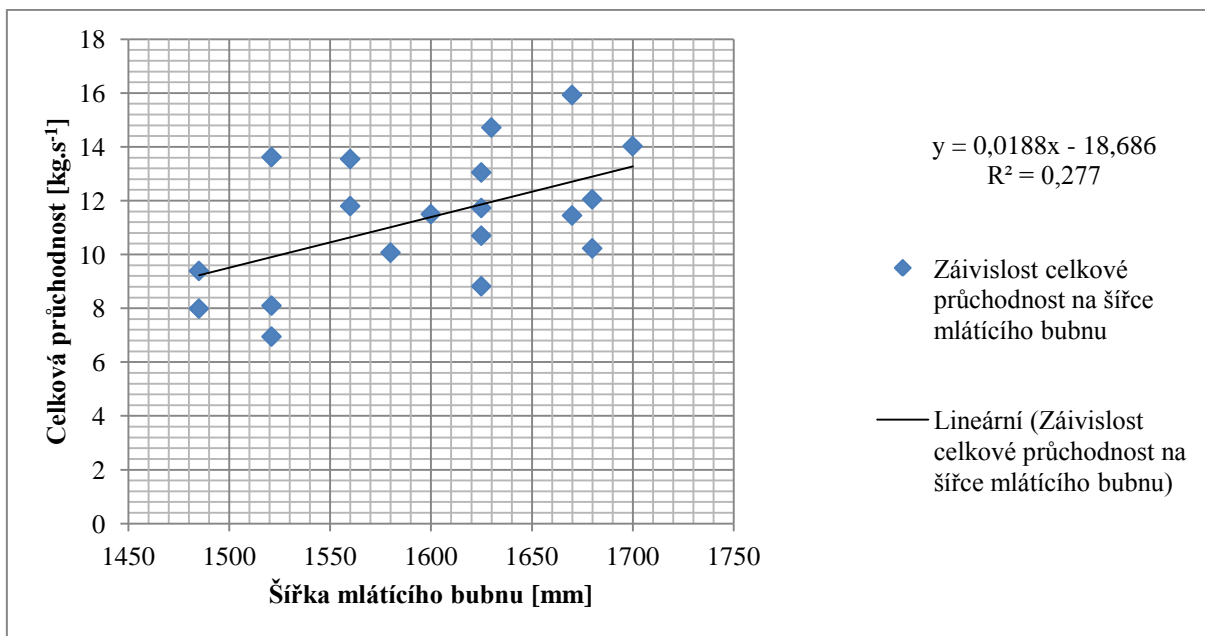




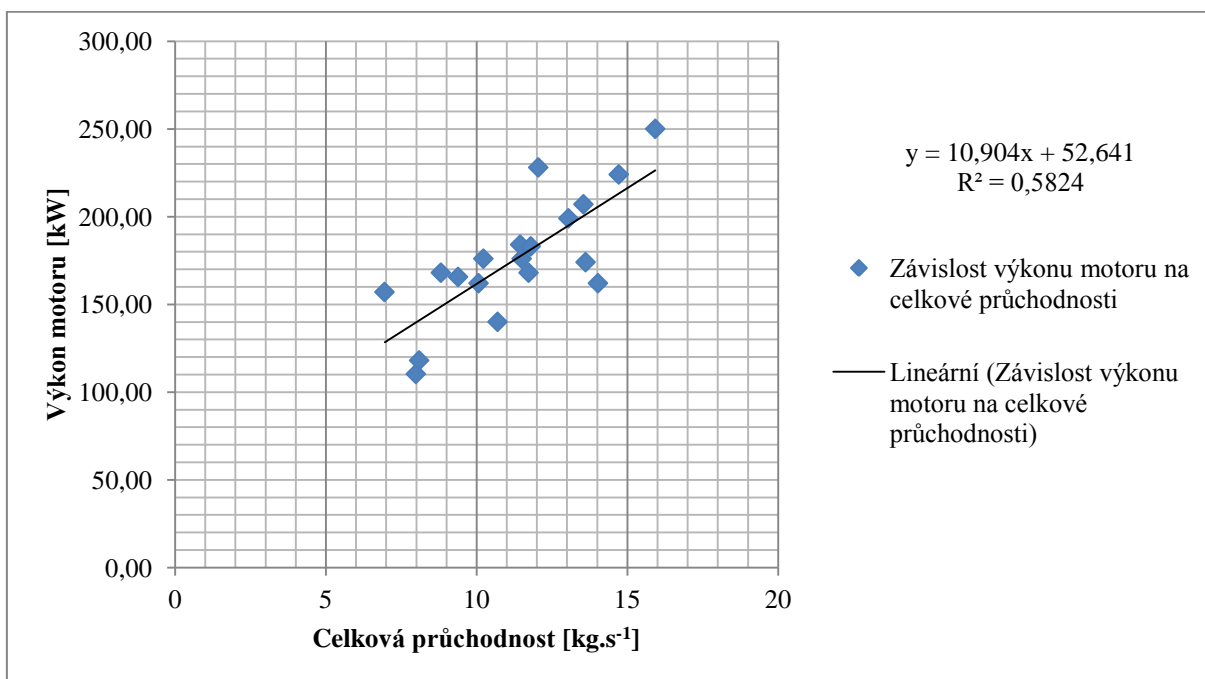
### 3.3.1 GRAFICKÉ PŘEHLEDY

V grafech 6-8 jsou hodnoty řazeny podle vzrůstající celkové průchodnosti a v grafu 5 podle vzrůstající šířky mlátícího bubnu jelikož to bylo účelné. Položka č. 1 z Tab. 2 nebyla do grafů zahrnuta, viz poznámka a).

Graf. 5 Závislost celkové průchodnosti na šířce mlátícího bubnu

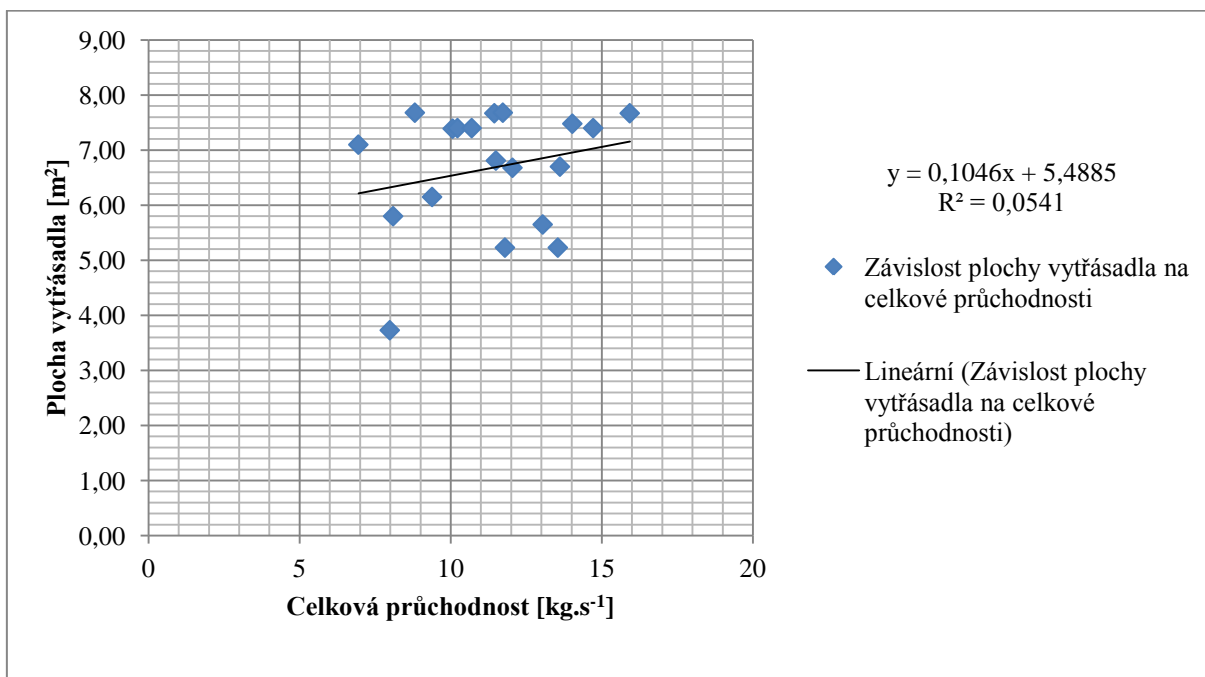


Graf. 6 Závislost výkonu pohonné jednotky na celkové průchodnosti

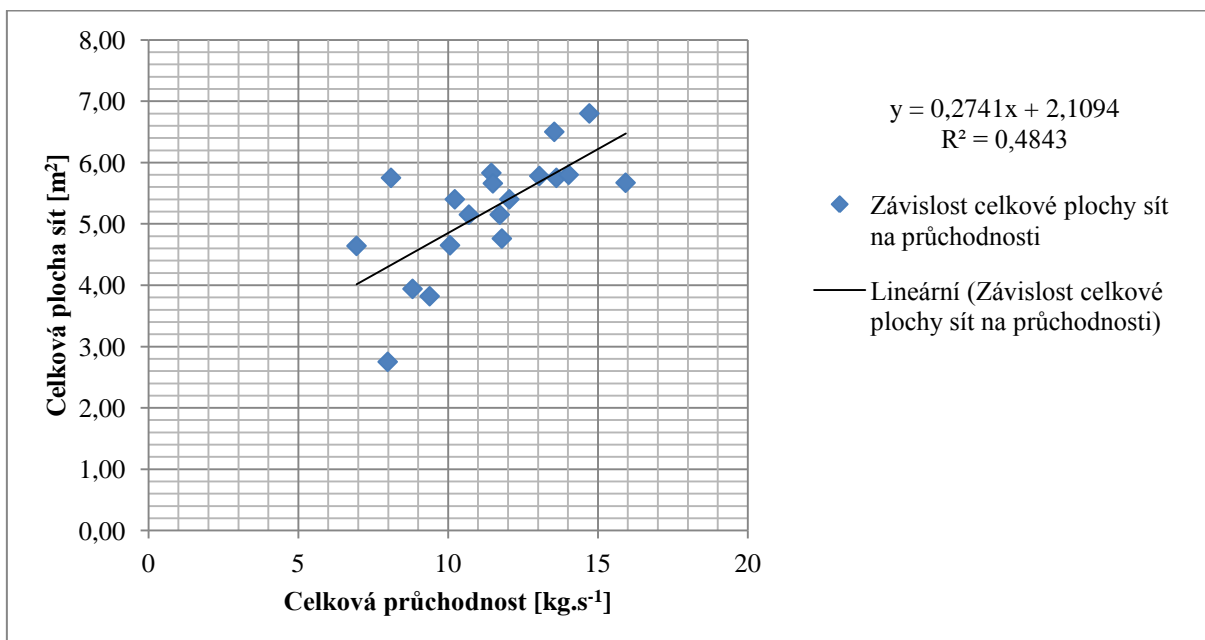




Graf. 7 Závislost plochy vytrásadla na celkové průchodnosti



Graf. 8 Závislost celkové plochy sít na průchodnosti





### 3.3.2 VYHODNOCENÍ

#### ZÁVISLOST CELKOVÉ PRŮCHODNOSTI NA ŠÍŘCE MLÁTÍČÍHO BUBNU

I když má lineární spojnice trendu stoupavou tendenci, není tak výrazná, v porovnání s Grafem 1. Je zde značný rozptyl hodnot, jelikož jsou v Tab. 2 obsaženy průchodnosti sklízecích mlátiček jak klasického, tak vícebubnového uspořádání hlavního mlátícího systému, způsobující navýšení výkonu. Dobře je to vidět na položkách č. 5; 9; 12; 15 a 19, tvořící sloupec bodů v rozmezí 1625-1630 mm šířky ml. bubnu. Jedná se o sklízecí mlátičky téhož výrobce, akorát pod různými názvy, díky transformaci výrobní společnosti. Stroje čísel 5; 9 a 12 obsahují klasické uspořádání. Konstrukční zlepšení mezi sklízecími mlátičkami č. 5 a 12 bude popsáno níže. I když je výkon sklízecí mlátičky č. 12 o 9,6 % vyšší (dle průměru konkrétních hodnot) oproti stroji č. 9, je typ E 526 jeho pokračující generace. Vedle zmenšení průměru ml. bubnu a montáží odlišného odmítacího bubnu, byl např. výrazně upraven povrch vytřásadla a spolu s dalšími změnami to mělo za následek zmenšení maximálního příkonu pohonné jednotky o 16,7 %, což se jistě příznivě projevilo na spotřebě paliva. Na základě sklízecí mlátičky č. 9 je konstruován vícebubnový mlátící systém sklízecí mlátičky č. 15, přidáním třetího ml. bubnu (tzv. rotačního separátoru) a jednoho vytřásadla. Tím bylo dosaženo až 22 % nárůstu celkové průchodnosti. Sklízecí mlátička č. 19 je dovršením vývoje na základě stroje č. 9 a bylo dosaženo až 37,6 % nárůstu celkové průchodnosti, nicméně za cenu 60 % navýšení výkonu pohonné jednotky. Zajímavostí je sklízecí mlátička č. 20, kde je jasně vidět, že i klasické uspořádání s jedním ml. bubnem a pomocným vytřásacím mechanismem ve vhodném místě nad vytřásadlem, dle Obr. 8e), může, v kombinaci s dostatečně silnou pohonnou jednotkou, překonat sklízecí mlátičku s vícebubnovým uspořádáním.

#### ZÁVISLOST VÝKONU POHONNÉ JEDNOTKY NA CELKOVOU PRŮCHODNOST

Z rozmístění bodů kolem lineární spojnice trendu je patrné, že růst celkové průchodnosti je silně spjat s růstem výkonu pohonné jednotky, s minimálním ohledem na provedení mlátícího systému, jak nejlépe potvrzuje sklízecí mlátička č. 20. I přes to, bylo dosaženo zajímavého výsledku v případě sklízecí mlátičky č. 18. Zvýšenou šířkou ml. bubnu a mlátícím mechanismem s urychlovacím bubnem bylo, oproti sklízecí mlátičce č. 17, dosaženo 3 % zvýšení průchodnosti i s pohonnou jednotkou slabší o 6,9 %.

#### ZÁVISLOST PLOCHY VYTŘÁSADLA NA CELKOVOU PRŮCHODNOST

Jak plyne z Grafu 7 a Tab. 2, 90 % hodnot naměřených průchodností se nachází v rozmezí 5,23-7,68 m<sup>2</sup>. Pouhý rozdíl 2,45 m<sup>2</sup> je tvořen seřazením velkého počtu sklízecích mlátiček klasického a vícebubnového uspořádání do společné tabulky, což způsobuje tak značný rozptyl bodů. Proč tomu tak je, bylo dostatečně objasněno ve vyhodnocení výsledků Grafu 3.

#### ZÁVISLOST PLOCHY SÍTOVÉ SKŘÍNĚ NA CELKOVOU PRŮCHODNOST

Z Grafu 8 a Tab. 2 plyne, že zvyšování plochy sítové skříně je nejvýraznější u sklízecích mlátiček s celkovou průchodností nad 10,7 kg.s<sup>-1</sup>, protože je u nich použito převážně vícebubnové mlátící ústrojí. To klade v některých sklizňových podmínkách vyšší nároky na čištění zvýšenou produkcí jemného omlatu. Tak se děje například při sklizni suchého obilí, kdy je sláma 3. ml. bubnem (rotačním separátorem) částečně nadrcena a ve formě jemného omlatu poslána na síta. V této situaci se opět prokáže zručnost obsluhy, jak je popsáno ve vyhodnocení výsledků Grafu 4. Přímý vliv plochy sít na celkovou průchodnost je



nejlépe vidět u sklízecích mlátiček č. 5 a 12. Obě mají totožný mláticí systém klasického uspořádání, včetně rozměrů klávesového vytrásadla. Rozdíl je v konstrukci sítové skříně, která je u sklízecí mlátičky č. 12 tvořena třemi sítí (tedy třemi přepady) a aktivní plochou, rozšířenou o 30,7 %. Tato úprava dovolila zvýšení celkové průchodnosti o 33 %.



## 4 NÁVRH ALTERNATIVNÍHO ŘEŠENÍ MLÁTÍCIHO ÚSTROJÍ

Vývoj v oblasti sklízecích mlátiček dospěl do fáze, kdy již není možné výrazně navyšovat činné plochy pracovních orgánů mlátícího mechanismu, protože bylo dosaženo maximálních přepravních limitů. U sklízecích mlátiček s výkony pohonných jednotek nad 300 kW byla dávno překročena maximální povolená přepravní šířka do 3 m. Jelikož se u nejsilnějších sklízecích mlátiček, za posledních cca 10 let, rozmohlo použití žacích lišt širších 9 m, nebylo by vhodné, z hlediska provozu na pozemních komunikacích, ani zvyšovat délku vlastního mlátícího ústrojí.

### 4.1 STRUČNÝ PŘEHLED VÝVOJE DNEŠNÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Z hlediska konstrukčního uspořádání mlátícího mechanismu se stále používají 3 základní typy a to tangenciální, axiální a hybridní mlátící ústrojí. Čištění obilí je řešeno stále pomocí sít žaluziových nebo děrovaných, které mohou být doplněny externím domlaccím zařízením. Snahy z minulých let, přesunout hlavní mlátící systém do šikmého dopravníku, nebyly úspěšné a z veřejně dostupných zdrojů nic nenasvědčuje tomu, že by se v konstrukci výše uvedených 3 základních typů, mělo něco zásadně změnit. Zároveň pokračují snahy o detailnější popsání procesů, nastávajících při mlácení. V případě vícebubnových mlátících systémů jde o výzkum sklonu a provedení přechodových ploch mezi jednotlivými koši ml. bubnů, které výrazně ovlivňují práci vícebubnového systému jako celku. Na vzestupu je i snaha simulovat jednotlivé procesy mlácení. Pro tyto účely se, dle [23] a [7], začala používat metoda diskretních prvků DEM, kde jsou jednotlivé prvky jako obilné zrna, krátká sláma, sláma, popřípadě jiné součásti rostliny, interpretovány ve formě zjednodušených grafických modelů, kterým je přiřazena řada materiálových vlastností na základě předchozího výzkumu. Ve formě zjednodušeného grafického modelu je interpretována i oblast, ve které k mlácení dochází a je jí přiřazena řada vlastností. Výsledkem je simulace průchodu zrn danou oblastí. Vedle toho je i postaven fyzický model zařízení, který odpovídá vlastnostem modelu virtuálnímu a se kterým jsou, na základě praktického experimentu, porovnávány výsledky. Dle uvedených zdrojů se tato metoda jeví, v oblasti zemědělství, jako velmi perspektivní a je vyvíjena snaha o maximální zdokonalení simulací pro optimalizaci stávajících mlátících mechanismů.

Největší rozmach byl, za posledních 20. let, učiněn v oblasti automatizace celé sklízecí mlátičky. Šlo například o automatické navádění pomocí pozičního systému GPS, rozvoj možností palubních počítačů a zlepšení jejich uživatelského ovládání. Například automatické nastavení mlátícího ústrojí na základě mnoha údajů ze senzorů umístěných na důležitých mechanismech mlátícího systému, dnes představuje vrchol automatizace sklízecí mlátičky, vytvořené z přesvědčení, že výkon dnešních sklízecích mlátiček není obsluhou plně využíván. V praxi je to například řídicí systém Cemos Automatic společnosti Claas.

### 4.2 POŽADAVKY NA MLÁTÍCI ÚSTROJÍ BUDOUCÍCH SKLÍZECÍCH MLÁTIČEK

Jak plyne z prvního odstavce, výkon dnešních sklízecích mlátiček nelze navyšovat prostým zvětšením jednotlivých mlátících mechanismů. Zatím ve fázi prototypů je kloubové uspořádání, vyznačující se zvláště umístěným mlátícím mechanismem a rozměrným zásobníkem obilí, na samostatné části podvozku, spojeného kloubem do jednoho celku tak,



jak je řešeno u kloubových traktorů. Mlátící ústrojí těchto prototypů je však klasické koncepce, převzaté ze sériových strojů. Nejradikálnějším a z hlediska vývoje, nejnákladnějším řešením je proto hledat nová uspořádání mlátícího systému, popřípadě změna jeho jednotlivých prvků. Pro vývoj by měly platit následující požadavky:

1. zvýšení celkové průchodnosti při zachování přijatelných celkových ztrát a poškození zrna
2. zachování nebo zmenšení rozměrů celého mlátícího systému
3. zmenšení potřebného příkonu pro kvalitní práci celého mlátícího systému

Níže jsou autorem této bakalářské práce ve stručnosti popsány 2 mlátící systémy na základě jednoho vlastního návrhu a jednoho, již dříve realizovaného, tuzemského mechanismu mlátícího systému.

### 4.3 ROTOROVÁ SÍTOVÁ SKŘÍŇ

Návrh vychází z poznatku vyšší průchodnosti axiálního mlátícího ústrojí oproti tangenciálnímu, při zachování stejných nebo menších rozměrů celého mechanismu, tak jak je popsáno v 1. kapitole.

Klasická síta by byla nahrazena jedním nebo dvěma rotory, jejichž osa by byla stejná nebo rovnoběžná s osou celé sklízecí mlátičky. Vstupní otvor do rotoru by byl umístěn pod stupňovitou vynášecí deskou, do kterého by ústila i spádová deska pod vytrásadlem, tak jak je na Obr. 4 (černá čára pod klávesami vytrásadla), a výstupní otvor by se nacházel na konci mlátičky v místech, kde se u klasické konstrukce nachází zadní síto, popř. kláskový nástavec. V návrhu se předpokládá uchycení rotoru stejným způsobem jako u strojů Case, takže zadní konec rotoru bude umístěn výše. Z hlediska výzkumu a vývoje je potřeba:

- určit správné rozměry mlátek rotoru: celkový tvar a profil (povrch)
- určit správné rozměry a tvar otvorů koše, úhel opásání rotoru
- počet otáček rotoru pro efektivní separaci a v závislosti na tom i úhel sklonu vodících lišt koše, určující počet oběhů omlatu po obvodu koše
- vyřešit provzdušnění zrna (jemného omlatu) ventilátorem

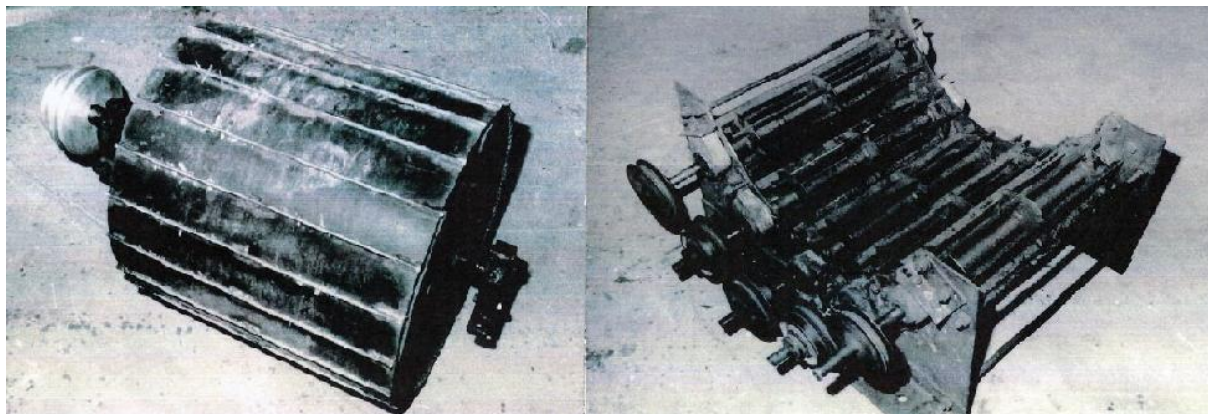
Na kvalitu separace jemného omlatu se v předkládaném návrhu kladou vysoké nároky, jelikož počítá pouze se zrnovým dopravníkem. Pokud by to bylo účelné, je možné rotor a koš rozdělit na dvě části (Obr. 6 A a B) a na základě výzkumu na stacionárním zařízení, vhodně umístit i kláskový dopravník pro zpětný okruh.

Jestliže výše popsaná rotorová síťová skříň bude pracovat uspokojivě s vyšší průchodností než klasické síto, obzvláště vynikne v kombinaci s axiálním mlátícím ústrojím, kde by opravdu mohlo dojít k výraznému snížení šířky celé sklízecí mlátičky a zároveň by došlo k odstranění veškerého chvění, pocházejícího z kývajících kaskád klasického síta. Jelikož má axiální ústrojí obecně vyšší energetické nároky na pohonnou jednotku, nemusí uvedený návrh respektovat bod 3, uvedený výše.



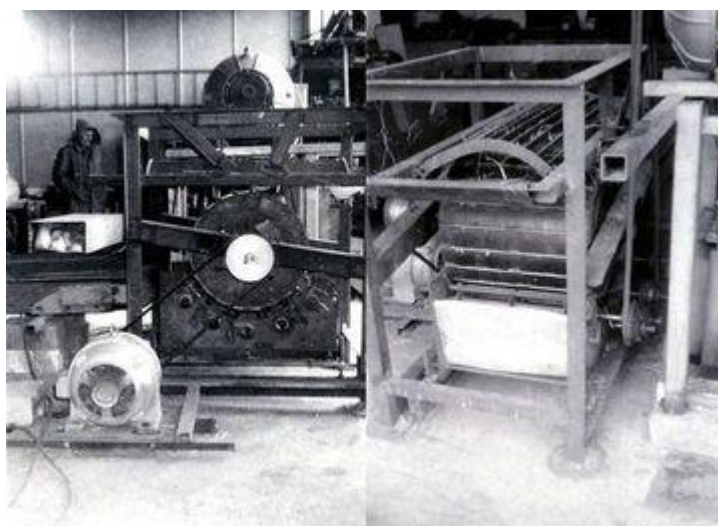
#### 4.4 MLÁTÍCÍ MECHANISMUS S POHÁNĚNÝMI VÁLCI MLÁTÍCIHO KOŠE

V roce 1990 byl Technickou fakultou České zemědělské univerzity v Praze vyroben a testován funkční model mlátícího mechanismu s tzv. aktivním mlátícím košem. Model se vyznačoval použitím ml. bubny odlišné konstrukce a hlavně mlátícím košem, který byl tvořen pěti rotačními válci. Funkční model je znázorněn na Obr. 14.



Obr. 14 Mlátící bubna a mlátící koš, tvořen pěti rotačními válci [18]

Celé mlátící ústrojí bylo široké 500 mm a průměr ml. bubnu činil 550 mm. Mlátící bubna byl ze všech stran uzavřený a po jeho obvodu bylo navařeno 20 ks ocelové kulatiny o průměru 10 mm. Tato konstrukce byla zvolena pro minimalizování ventilačních účinků a odstředivých sil působících na mlatky, jelikož bubna dosahoval až  $1700 \text{ min}^{-1}$ . Otáčky válečků koše byly zkoušeny v rozmezí  $600\text{-}2400 \text{ min}^{-1}$ . Kvalita výmlatu byla nejlepší při  $2150 \text{ min}^{-1}$ . Průměr válečků se nepodařilo zjistit. Pohon ml. bubnu a koše byl realizován odděleně dvěma asynchronními elektromotory, jak je patrné z Obr. 15.



Obr. 15 Levý obrázek - pohon ml. bubnu, pravý obrázek - pohon válečků ml. koše [18]



#### 4.4.1 STRUČNÉ SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK

Zkoušky funkčního modelu byly od začátku ovlivněny nedostatkem času a uskladněné plodiny pro výmlat. I přes to bylo dosaženo určitých pozoruhodných výsledků. Funkční model byl zkoušen na skladovaném porostu ječmene, ovsa a pšenice. Bylo dosaženo následujících hodnot průchodností: 1; 3; 4; 4,25; 4,75; 5; 5,2; 5,5 a 7,25 kg.s<sup>-1</sup>, tedy hodnot, které by pro mláticí ústrojí s klasickým mláticím košem a bubnem bylo naprosto nedosažitelné. Poškození zrna naopak činilo v některých případech až 15 % a běžně dosahovalo nad 7 %. Příkon bubnu na prázdko činil 3,2 kW a při zatížení 4,1-10,2 kW. Příkon k válečkům byl měřen pouze při průchodnostech 4; 5,2 a 7,25 kg.s<sup>-1</sup> a činil asi 1,9 kW. Jeho průběh se zdál být konstantní.

Po vyhodnocení všech měření se názorně ukázalo, že plodina na separaci vliv prakticky nemá. Pouze s pšenici byly potíže, nebyla dostatečně vymláčena a poškození zrn neúměrně veliké, až 15,3 %. V případě mláčení ječmene nebyla zrna dostatečně zbavena osin. Při vyšších průchodnostech nad 3 kg.s<sup>-1</sup> zůstával velký podíl vymláčeného zrna v hrubém omlatu za mláticím košem, až 68 %. Je třeba počítat s větším zatížením čistících mechanismů mlátičky.

I přes uvedené nedostatky mechanismus vyniká velkou průchodností, srovnatelnou s klasickým mláticím ústrojím s šířkou nad 1300 mm a malým příkonem. Tím splňuje výše uvedené požadavky č. 2 a 3. U tohoto mechanismu je potřeba dořešit především kvalitu výmlatu a radikálně snížit poškození zrna, nejlépe pod 2 %. To zahrnuje vyzkoušení jiných nastavení mláticího systému (mezera mezi košem a bubnem, otáčky bubnu, otáčky válečků koše), popř. výzkum odlišného tvaru povrchu válečků nebo mláticího bubnu, aby výsledkem byla možnost mlátit i pšenici a složení jemného omlatu bylo pro čištění příznivější.





## ZÁVĚR

Na základě zhodnocení výsledků 45 ověřovaných sklízecích mláticích rozdělených do dvou skupin, s různým provedením tangenciálního mláticího ústrojí, byly zjištěny následující poznatky:

- celková průchodnost mláticího systému je silně spjata s konstrukční šířkou ml. bubnu
- celkovou průchodnost lze zvýšit, při zachování konstrukční šířky ml. bubnu, použitím vícebubnového mláticího systému
- pro zvýšení celkové průchodnosti se také osvědčilo vhodné umístění přídavných separačních elementů nad vytřásadlem
- při vhodně zvoleném konstrukčním uspořádání vícebubnového systému, může být sklízecí mlátička s šířkou ml. bubnu do 1350 mm, z hlediska celkové průchodnosti, srovnatelná s „velkými“ sklízecími mláticemi s šířkou ml. bubnu nad 1450 mm
- celková průchodnost je silně spjata s výkonem pohonné jednotky u mláticího systému, tvořeného jedním ml. bubnem
- v případě vícebubnových mláticích systémů, je závislost celkové průchodnosti na výkonu pohonné jednotky, částečně ovlivněna konstrukčním uspořádáním mláticího ústrojí
- použitím přídavných separačních elementů nad vytřásadlem, lze pravděpodobně zvýšit průchodnost i při zachování stejného výkonu pohonné jednotky
- při zvyšování celkové průchodnosti není již velké zvyšování plochy vytřásadla možné, naopak je zvyšována jeho efektivita přídavnými separačními elementy, nebo vícebubnovým mláticím systémem
- i když je celková průchodnost sklízecí mlátičky významně ovlivněna celkovou plochou a uspořádáním síťové skříně, je zde přítomen velký vliv zkušeností obsluhy, která seřizuje sklízecí mlátičku pro určitou plodinu, zvýšení celkové plochy síťové skříně, vedle potenciálního zvýšení celkové průchodnosti, znamená i zvýšení variability v nastavení, které obsluha provádí

Pro porovnání byly zvoleny výsledky měření z výmlatu ozimé pšenice, představující nejčastěji sklizenou obilninu. I když nejsou naměřené výsledky zcela aktuální, poskytují určitý náhled vývoje jednotlivých mláticích mechanismů tangenciálního provedení a jejich vliv na celkovou průchodnost.

V závěru práce byly popsány 2 mláticí ústrojí, které by mohly řešit stoupající tendenci po výkonnosti sklízecích mláticích a vyžadovaly by pravděpodobně rozsáhlý a nákladný vývoj.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] BAKALÁŘ, Eduard. Žací mlátička (Combine). Československý zemědělec: ústřední ilustrovaný týdeník pro veškeré zemědělství. V Praze: Eduard Reich. 1931, roč. 13, č. 27, s. 421.
- [2] BEYER, Hugo. Omezení růstu ztrát na děleném vytrásadle při zvýšené průchodnosti sklízecích mlátiček. *Zemědělská technika: sborník Československé akademie zemědělských věd*. 1976, roč. 22, č. 7, s. 397-425.
- [3] BEYER, Hugo. Příspěvek k výpočtu průchodnosti mlatkovým mláticím ústrojím. In: *Sborník Vysoké školy zemědělské v Brně: Spisy fakulty provozně ekonomické*. 1. vyd. Brno, 1974, s. 49-68.
- [4] BEYER, Hugo. Řešení vyšších průchodností sklízecích mlátiček. *Zemědělská technika: sborník Československé akademie zemědělských věd*. 1975, roč. 21, č. 4, s. 189-207.
- [5] BEYER, Hugo. Stroje pro rostlinnou výrobu: Sklizňové stroje píce, obilnin, kukuřice a lnu: Textová část. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1981, s. 91-112.
- [6] BÖTTINGER, Stefan. Mähdrescher. *Jahrbuch Agrartechnik 2012: Yearbook agricultural engineering* [online]. Ludger Frerichs. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012, s. 1-14 [cit. 2014-05-28].
- [7] BÖTTINGER, Stefan. Mähdrescher. *Jahrbuch Agrartechnik 2013: Yearbook agricultural engineering* [online]. Ludger Frerichs. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2014, s. 1-14 [cit. 2014-05-28].
- [8] BŘEČKA, Josef, Ivo HONZÍK a Karel NEUBAUER. *Stroje pro sklizeň píce a obilnin*. 1. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů, 2001, s. 97-141. ISBN 80-213-0738-2.
- [9] EIKEL, Gottfried, Hubert WILMER a Thomas RADEMACHER. Die Sechschüttler-Klasse im Vergleich: Profi test. *Profi: magazin für professionelle Agrartechnik*. 2000, roč. 12, č. 11, s. 20-34.
- [10] GRUND, František. VÝZKUMNÝ ÚSTAV PRO MECHANISACI ZEMĚDĚLSTVÍ V PRAZE. *Informativní a srovnávací zkoušky samochočných žacích mlátiček*. Praha, 1952.
- [11] GROBLER, W. H. a P. WACKER. *Neue dresch - und trennsysteme in mähdreschern: DLG-Fachbereich landtechnik ausschuss für technik in der pflanzlichen produktion*. Frankfurt: DLG e. V, 1984.
- [12] HEŘMÁNEK, Petr a František KUMHÁLA. *Nové konstrukce sklízecích mlátiček: New construction of combine harvesters : (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1997, 54 s. Studijní informace. ISBN 80-861-5333-9.



- [13] IVANOV, N. S., M. A. PUSTYGIN, V. I. TIMOŠČENKO a A. A. ČAPKEVIČ 15. Zernouboročnye kombajny. KLECKIN, M. I. et al *Spravočnik konstruktora sel'skochozjajstvennyh mašin*. 2. vyd. Moskva: Mašinostrojenje, 1967, s. 508-549.
- [14] JANDA, David. Vývoj sklízecích mlátiček. *Mechanizace zemědělství: Odborný časopis pro zemědělskou a lesní techniku*. 2009, roč. 59, č. 9, s. 66-70.
- [15] KABELÁČ, Josef. *Porovnání sklízecích mlátiček s axiálním mláticím ústrojím při sklizni obilovin a řepky olejky*. České Budějovice, 2013. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky. Vedoucí práce Ing. Milan Fríd, CSc.
- [16] KORYČANSKÝ, Václav. *Stroje a strojní linky pro sklizeň obilovin*. Brno, 2010. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Vedoucí práce Doc. Ing. Jan Červinka, CSc.
- [17] KREICH, Friedrich Herrmann. DLG E. V. *DLG-Prüfbericht 5442F: Mährescher John Deere Hillmaster 9660i WTS*. Groß-Umstadt, 2005. Dostupné z: <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5442F.pdf>
- [18] KUMHÁLA, František. *Mláticí mechanismus s poháněnými válci mláticího koše a předpoklad jeho provozní spolehlivosti*. Praha, 1991. Diplomová práce. Vysoká škola zemědělská v Praze. Fakulta mechanizační. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Roh, CSc.
- [19] MALEŘ, Josef. *Samojízdné sklizeče zrnin*. 1. vyd. Ilustrace Ladislav Černý. Praha: SZN, 1989, 354 s. Mechanizace, výstavba a meliorace. ISBN 80-209-0000-4.
- [20] MIU, Petre I. a Heinz-Dieter KUTZBACH. Modeling and simulation of grain threshing: Part I. *Computers and electronics in agriculture: An International Journal*. ELSEVIER, 2008, roč. 60, s. 96-104.
- [21] MÜMKEN, Philipp, Stefan BÖTTINGER a Joachim BAUMGARTEN. Studies on multi-drum threshing devices: fundamentals for describing the concave-clearance adjustment as a basis for further research. In: *Conference: Agricultural Engineering, Land.Technik: AgEng 2011, Hannover, November 11-12, 2011 : Solutions for Intelligent and Sustainable Farming* [CD]. Düsseldorf: VDI-Verl, 2011, s. 47-54 [cit. 2014-05-28].
- [22] NEUBAUER, Karel. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. 1. vyd. Praha: SZN, 1989, s. 422-484. Mechanizace, výstavba a meliorace. ISBN 80-209-0075-6.
- [23] PFÖRTNER, Joachim a Stefan BÖTTINGER. Validierungsstrategie für DEM-Modelle von Mähdrescherbaugruppen. *Mähdrescher: VDI-MEG-Kolloquium Landtechnik* [online]. Stefan Böttinger, Margit Zick, Elke Wörner. Stuttgart: Universität Hohenheim: Institut für Agrartechnik, 2013, s. 27-32 [cit. 2014-05-28].
- [24] SLOBODA, Aurel, Ján JECH, Juraj PONIČAN a Juraj SINAY. *Stroje na zber krmovín a zrnín: Teória, konštrukcia, riziká*. 1. vyd. Košice: VIENALA vydavateľstvo a tlačiareň, 2001, s. 92-162. Edícia vedecke a odbornej literatúry Strojnícka fakulta TU v Košiciach. ISBN 80-7099-725-7.



- [25] ŠTELCL, Michael. Sklízecí mlátičky v Československu. STEHNO, Luboš et al. *Historie sklízecích mlátiček*. 1. vyd. Pavel Svoboda. Luboš Stehno. Praha: Profi Press s.r.o., 2014, s. 14-45. ISBN 978-80-86726-58-8.
- [26] ZIPPERT, Bernhard a Berthold SCHWERSMANN. Messmethode zur Bestimmung der Mährescher: Durchsatzleistung im Feld Wiege-Messtechnik (WMT). *Mährescher: VDI-MEG-Kolloquium Landtechnik* [online]. Stefan Böttinger, Margit Zick, Elke Wörner. Stuttgart: Universität Hohenheim: Institut für Agrartechnik, 2013, s. 77-82 [cit. 2014-05-28].
- [27] DLG E. V. Prüfkonzept und Verfahrensweise der DLG Mährescherprüfung. Groß-Umstadt, 2014.
- [28] DLG E.V. DLG-Test combine harvesters: test procedures and test equipment. Groß-Umstadt, 2013.
- [29] MEGA: APS SYSTEM. 1992, 11 s.
- [30] Sklízecí mlátička. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Obiln%C3%AD\\_kombajn](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obiln%C3%AD_kombajn)
- [31] ZBROJOVKA G.Ř. BRNO, odštěpný závod AGROZET. *Samochodné kombajny "KOLOS": Návod k použití*. 1974.
- [32] Zkoušení sklízecích mlátiček: Zkušebna informuje. *Mechanizace zemědělství: Odborný časopis pro mechanizaci, stavby a meliorace*. 1988, roč. 38, č. 10, s. 473-475.
- [33] SZZPLS. Zpráva č. 1314 o výsledku zkoušky sklízecí mlátičky SK-4 se zařízením pro ukládání plev na řádek. Brno, 1968.
- [34] SZZPLS. Zpráva č. 1316 o výsledku zkoušky sklízecí mlátičky John Deere 330. Brno, 1968.
- [35] SZZPLS. Zpráva č. 1378 o výsledku zkoušky sklízecí mlátičky Aktiv 800. Brno, 1968.
- [36] SZZPLS. Zpráva č. 1452 o výsledku zkoušky sklízecí mlátičky E-512. Brno, 1969.
- [37] SZZPLS. Zpráva č. 1514 o zkoušce sklízecí mlátičky MF 187. Brno, 1970.
- [38] SZZPLS. Zpráva č. 1556 o zkoušce sklízecí mlátičky Claas Senator. Brno, 1969.
- [39] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 1590: pro povinné schvalování sklízecí mlátičky SK-4M. Brno, 1970.
- [40] SZZPLS. Zpráva č. 1646 o zkouškách sklízecích mlátiček s průchodností 4 až 5 kg/s zkoušených v letech 1964-1969. Brno, 1970.



- [41] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 2721: pro schvalování sklízecí mlátičky SK-6 II KOLOS. Brno, 1974.
- [42] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 4817: pro schvalování samojízdné horské sklízecí mlátičky CP-12 Gloria. Brno, 1978.
- [43] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 6318: Sklízecí mlátička E 516B - úprava pro snížení spotřeby. Brno, 1983.
- [44] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 6321: Sklízecí mlátička E-514. Brno, 1983.
- [45] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 6323: Samojízdná svahová sklízecí mlátička Claas Dominator 76H. Brno, 1982.
- [46] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 7139: Samojízdná sklízecí mlátička BIZON-SUPER Z-056. Bratislava, 1984.
- [47] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 7140: Samojízdná sklízecí mlátička BIZON-REKORD. Brno, 1984.
- [48] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 7466: Samojízdná sklízecí mlátička DON-1500. Brno, 1986.
- [49] SZZPLS. Zpráva č. 7496 o odborné službě: Samojízdná sklízecí mlátička Claas Dominator 114CS. Brno, 1986.
- [50] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 7796: Sklízecí mlátička Laverda 3550 AL. Brno, 1987.
- [51] SZZPLS. Zpráva č. 7875 o odborné službě: Sklízecí mlátička E-524. Brno, 1987.
- [52] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 8034: Sklízecí mlátička E 524. Brno, 1988.
- [53] SZZPLS. Zpráva č. 8158 o odborné službě: Srovnávací zkoušky sklízecích mlátiček E 524, E 517, E 514, E 516B, Duro Dakovič M 1620H. Brno, 1988.
- [54] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 8213: Sklízecí mlátička E 517. Brno, 1988.
- [55] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 8521: Samojízdná sklízecí mlátička Bizon Gigant Z-083. Brno, 1989.
- [56] SZZPLS. Zpráva č. 8541 o odborné službě: Srovnávací zkoušky sklízecích mlátiček E 517, BIZON-GIGANT Z 083, DON 1500. Brno, 1989.
- [57] SZZPLS. Zpráva č. 8544 o odborné službě: Sklízecí mlátička Claas Dominator 98 Hang SL 170PS. Brno, 1989.
- [58] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 8958: Samojízdná sklízecí mlátička BS-Z-110. Brno, 1989.
- [59] SZZPLS. Zpráva č. 9222 o odborné službě: Samojízdná sklízecí mlátička E 526. Brno, 1990.



- [60] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 10 583: Sklízecí mlátička M 35.75. Brno, 1993.
- [61] SZZPLS. Zpráva č. 11 022 o odborné službě: Sklízecí mlátička Ford New Holland TX 36. Brno, 1993.
- [62] SZZPLS. Zpráva č. 11 023 o odborné službě: Sklízecí mlátička Ford New Holland TX 34. Brno, 1993.
- [63] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 11 100: Sklízecí mlátička TOPLINER 4075 HTS. Brno, 1993.
- [64] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 11 251: Sklízecí mlátička MF 38. Brno, 1993.
- [65] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 11 669: Samojízdná sklízecí mlátička MDW E 527. Brno, 1994.
- [66] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 11 672: Sklízecí mlátička LAVERDA L-624 MCS. Brno, 1994.
- [67] SZZPLS. Závěrečný protokol č. 11 673: Sklízecí mlátička LAVERDA L-521 MCS. Brno, 1994.
- [68] Propagační podklady výrobců Case, Claas, John Deere, Bizon

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

V bakalářské práci nebyly vyhodnocované údaje značeny zkratkami ani symboly. Následuje pouze jejich doslovný výpis:

Celková plocha sít	[m <sup>2</sup> ]
Naměřená průchodnost	[kg.s <sup>-1</sup> ]
Plocha vytrásadla	[m <sup>2</sup> ]
Počet kláves	[-]
Průměr mlátícího bubnu	[mm]
Šířka mlátícího bubnu	[mm]
Výkon motoru	[kW]



**SEZNAM PŘÍLOH**

CD s digitální podobou práce