

# Konstrukce a výroba plečky na kukuřici

Michal Reisch

---

Bakalářská práce  
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2024/2025

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

|                   |                                        |
|-------------------|----------------------------------------|
| Jméno a příjmení: | Michal Reisch                          |
| Osobní číslo:     | T22057                                 |
| Studijní program: | B0788A270001 Procesní inženýrství      |
| Forma studia:     | Prezenční                              |
| Téma práce:       | Konstrukce a výroba plečky na kukuřici |

## Zásady pro vypracování

- Vypracujte literární studii zaměřenou k danému tématu.
- Proveďte průzkum trhu dle požadavků na dané zařízení.
- Navrhněte model prototypu včetně výkresové dokumentace.
- Realizujte výrobu navrženého prototypu.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R. a BUDYNAS, Richard G., VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. Překlady vysokoškolských učebnic. V Brně: VUTUM, 2010. ISBN isbn978-80-214-2629-0.  
BAUER, František. Traktory a jejich využití. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. ISBN 978-80-86726-52-6.  
KUMHÁLA, František. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN isbn978-80-213-1701-7.  
HŮLA, Josef a PROCHÁZKOVÁ, Blanka. Minimalizace zpracování půdy. Praha: Profi Press, 2008. ISBN isbn978-808-6726-281.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2025**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

L.S.

**doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

# PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

## Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne .....

.....

podpis autora



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí a výrobou plečky na kukuřici. Úvodní část se věnuje preciznímu zemědělství, jeho přínosům a technologiím využívaným v rostlinné výrobě, včetně variabilního setí, hnojení a optimalizace pojezdových linií. Dále jsou zmíněny metody zpracování půdy, typy traktorů a závěsných zařízení. Součástí teoretické části jsou i kapitoly týkající se aplikace hnojiv a navigačních systémů pro zvýšení přesnosti a efektivity práce. Praktická část zahrnuje krátký náhled do konvenčně vyráběných pleček, návrh, výpočtovou část a konstrukci plečky. Výstupem je kapitola pojednávající o výrobním procesu navrhnutého stroje a samotná fotodokumentace plečky. Sedmiřádková plečka s integrovanou nádrží a tryskami na hnojivo bude sloužit ve středně velkém zemědělském podniku přibližně 900 hektary zemědělské půdy, z toho 840 hektarů tvoří půda orná.

Klíčová slova: plečka, precizní zemědělství, zpracování půdy, traktor

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the design and manufacture of a corn weeder. The introductory part deals with precision farming, its benefits and technologies used in crop production, including variable rate seeding, fertilization and optimization of tramlines. Also mentioned are tillage methods, types of tractors and implements. The theoretical part also includes chapters on fertiliser application and guidance systems to improve accuracy and efficiency. The practical part includes a brief insight into conventionally manufactured weeding machines, design, calculation and construction of the weeder. The output is a chapter dealing with the manufacturing process of the designed machine and a photo documentation of the weeder itself. The seven-row weeder with integrated tank and fertiliser nozzles will be used on a medium-sized farm with approximately 900 hectares of agricultural land, of which 840 hectares are arable land.

Keywords: weeder, precision farming, soil cultivation, tractor

Rád bych vyjádřil velké poděkování mému vedoucímu práce Ing. Adamovi Škrobákovi, Ph.D. za cenné rady, pomoc a ochotu mi kdykoliv poradit při vypracování mé práce. Velké poděkování patří i Zemědělskému obchodnímu družstvu DELTA Štípa za možnost vypracování a financování praktické části bakalářské práce. Jmenovitě děkuji místopředsedovi družstva p. Ing. Josefovi Bačákovi a mistrovi dílny p. Jiřímu Brandovi za poznatky, rady a pomoc při zhotovení praktické části práce, ale také všem spolupracovníkům. V neposlední řadě děkuji mé rodině a blízkým za podporu při studiu.

# OBSAH

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÚVOD.....</b>                                  | <b>13</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>                    | <b>14</b> |
| <b>1 PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ.....</b>                | <b>15</b> |
| 1.1 PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ V ROSTLINNÉ VÝROBĚ ..... | 15        |
| 1.1.1 Optimalizace pojezdových linií.....         | 15        |
| 1.1.2 Variabilní setí .....                       | 16        |
| 1.1.3 Variabilní hnojení.....                     | 17        |
| <b>2 TYPY ZPRACOVÁNÍ PŮDY .....</b>               | <b>18</b> |
| 2.1 ORBA .....                                    | 19        |
| 2.2 PODMÍTKA.....                                 | 19        |
| 2.3 HLOUBKOVÉ KYPŘENÍ .....                       | 20        |
| 2.3.1 Podrývání .....                             | 20        |
| 2.3.2 Dlátování .....                             | 21        |
| 2.4 PLEČKOVÁNÍ .....                              | 22        |
| 2.5 VLASTNOSTI PŮDY .....                         | 22        |
| <b>3 TRAKTORY OBDOBNE VÝKONOVÉ ŘADY .....</b>     | <b>23</b> |
| 3.1 NEW HOLLAND T5050 .....                       | 24        |
| 3.2 CASE FARMALL 95 A .....                       | 24        |
| 3.3 FENDT 209 VARIO .....                         | 25        |
| 3.4 JOHN DEERE 5095M.....                         | 26        |
| 3.5 DEUTZ FAHR 5095 .....                         | 26        |
| 3.6 ZETOR PROXIMA HS 100.....                     | 27        |
| <b>4 ZÁVĚSNÁ ZAŘÍZENÍ .....</b>                   | <b>28</b> |
| 4.1 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS.....                          | 28        |
| 4.2 ZÁVĚSOVÝ SYSTÉM K80 .....                     | 32        |
| 4.3 PEVNÝ ZÁVĚSNÝ ČEP (PITON-FIX).....            | 32        |
| 4.4 ETÁŽOVÝ ZÁVĚS .....                           | 33        |
| 4.4.1 Automatické závěsy .....                    | 34        |
| 4.4.2 Manuální závěsy.....                        | 35        |
| 4.5 VÝKYVNÝ ZÁVĚS .....                           | 35        |
| 4.6 AGROZÁVĚS .....                               | 36        |
| <b>5 APLIKACE HNOJIVA .....</b>                   | <b>37</b> |
| 5.1 NÁDRŽE .....                                  | 37        |
| 5.2 ČERPADLA.....                                 | 38        |
| 5.3 APLIKAČNÍ TRYSKY .....                        | 38        |

|           |                                            |           |
|-----------|--------------------------------------------|-----------|
| 5.4       | APLIKAČNÍ DÁVKA .....                      | 38        |
| <b>6</b>  | <b>NAVÁDĚCÍ SYSTÉMY .....</b>              | <b>40</b> |
| 6.1       | GPS NAVIGACE .....                         | 40        |
| 6.1.1     | Manuální paralelní systémy navádění .....  | 40        |
| 6.1.2     | Automatické paralelní systémy řízení ..... | 41        |
| 6.2       | OPTICKÉ NAVÁDĚNÍ.....                      | 42        |
| 6.3       | MECHANICKÝ ŘÍDÍCÍ SYSTÉM .....             | 43        |
| <b>II</b> | <b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>                | <b>44</b> |
| <b>7</b>  | <b>V PRAXI POUŽÍVANÉ PLEČKY .....</b>      | <b>45</b> |
| 7.1       | BEDNAR ROW-MASTER RN .....                 | 46        |
| 7.2       | P&L CROPPER.....                           | 46        |
| 7.3       | CARRE ECONET IZIFLO .....                  | 47        |
| 7.4       | MASCHIO GASPARDINO HS .....                | 48        |
| 7.5       | LEMKEN EC-WEEDER .....                     | 49        |
| <b>8</b>  | <b>VÝPOČTOVÁ ČÁST.....</b>                 | <b>50</b> |
| 8.1       | PRACOVNÍ JEDNOTKA .....                    | 50        |
| 8.1.1     | Oboustranná kypřicí radlička .....         | 51        |
| 8.1.2     | Dovoleného napětí na namáhání tahem.....   | 52        |
| 8.1.3     | Rám slupic.....                            | 52        |
| 8.1.4     | Táhlo.....                                 | 52        |
| 8.1.5     | Deska .....                                | 53        |
| 8.1.6     | Dovolené napětí na namáhání střihem .....  | 54        |
| 8.1.7     | Čepy.....                                  | 54        |
| 8.1.8     | Profil táhla rámu slupic .....             | 55        |
| 8.1.9     | Šrouby táhla rámu slupic .....             | 56        |
| 8.1.10    | Nosič.....                                 | 57        |
| 8.1.11    | Závitové tyče na 1 jednotce.....           | 58        |
| 8.1.12    | Koutové svary na závitové tyči M16.....    | 59        |
| 8.2       | RÁM .....                                  | 60        |
| 8.2.1     | Dovolené napětí na namáhání ohybem .....   | 60        |
| 8.2.2     | Profil rámu.....                           | 60        |
| 8.2.3     | Hydraulický válec.....                     | 61        |
| 8.2.4     | Dovoleného napětí na namáhání tahem.....   | 63        |
| 8.2.5     | Dovolené napětí na namáhání střihem .....  | 64        |
| 8.2.6     | Čepy.....                                  | 64        |
| 8.2.7     | Závitové tyče na nosiči rámu.....          | 65        |
| 8.2.8     | Koutové svary na závitové tyči M20.....    | 67        |
| 8.3       | NOSIČ NÁDRŽE .....                         | 67        |
| 8.3.1     | Hmotnost hnojiva .....                     | 69        |
| 8.3.2     | Šrouby nosiče nádrže.....                  | 69        |
| 8.3.3     | Čerpadlo .....                             | 70        |
| <b>9</b>  | <b>VÝROBNÍ ČÁST.....</b>                   | <b>72</b> |

|                                                 |                         |           |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------|
| 9.1                                             | PRACOVNÍ JEDNOTKA ..... | 72        |
| 9.2                                             | RÁM .....               | 72        |
| <b>ZÁVĚR .....</b>                              |                         | <b>76</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>           |                         | <b>77</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                     |                         | <b>81</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                      |                         | <b>83</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b> |                         | <b>84</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                       |                         | <b>87</b> |



## ÚVOD

Zemědělství je spojeno s člověkem již od pradávna. S rostoucí populací lidstva a potřebou ho nakrmit se zvyšují i nátlaky na produkci zemědělských komodit. V současné době je velký důraz kladen na udržitelnost procesů, precizní zemědělství a ekologii. To znamená minimalizovat dopady zpracování půdy s ohledem na zdraví půdy, vodní a větrnou erozi, minimalizaci přejezdů, používání chemických prostředků. Cílem těchto opatření a postupů je efektivnější, ekonomičtější, ekologičtější a udržitelnější zemědělství.

Plečkování je stará agronomická operace, která v posledních letech opět získává na oblibě, a to z důvodu mechanické likvidace plevelů na místo likvidace pomocí chemických prostředků, což je velkou výhodou. Dalšími výhodami jsou snížení eroze, provzdušnění půdy a rozrušení svrchní vrstvy půdy. S tím souvisí lepší vsakování vody do půdy a tím pádem i silnější kořenový systém rostlin. Díky moderním systémům precizního zemědělství je plečkování účinnější, efektivnější a ekonomičtější. Za zmínku stojí automatické řídicí systémy a možnost aplikace hnojiva přímo k rostlině.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na konstrukci a výrobu plečky na kukuřici s cílem vytvořit efektivní a technologicky pokročilé zařízení pro moderní zemědělství. Hlavním cílem je navrhnout plečku, která bude nejen účinně eliminovat plevely, ale také umožní aplikaci kapalného hnojiva přímo ke kořenům rostlin, čímž se zvýší efektivita výživy a podpoří zdravý růst plodin. V první části práce je představeno precizní zemědělství, jeho principy a přínosy pro současnou agronomickou praxi. Dále jsou rozebrány základní metody zpracování půdy a jejich vliv na výnosy a zdraví rostlin. Pozornost je věnována plečkování jako významnému nástroji v boji proti plevelům a zlepšování půdních vlastností. Praktická část se věnuje návrhu konstrukce plečky s ohledem na funkčnost celého stroje a efektivitu pracovního procesu. Součástí návrhu je výpočet mechanicky namáhaných součástí i s využitím moderních počítačových programů pro dosažení maximální životnosti stroje.

Výsledkem této práce bude kompletní konstrukční řešení plečky, které splní požadavky moderního zemědělství na efektivitu, přesnost a udržitelnost. Navržená plečka bude schopna zlepšit kvalitu pěstování kukuřice, které budou díky aplikaci přímo do půdy lépe využívat živiny a tím i uspořit hnojivo, snížit závislost na chemických přípravcích, a přispět k dlouhodobé udržitelnosti zemědělské produkce v podniku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ

Přesné zemědělství je moderní koncepce řízení zemědělství vyvinutá v 90. letech 20. století a založená na řadě špičkových technologií, jako jsou moderní informační technologie, biotechnologie a technologie technických zařízení. Má velké výhody při zlepšování zemědělské produkce, efektivním využívání zemědělských zdrojů, podpoře udržitelného rozvoje zemědělství a ochraně ekologického prostředí.[1; 2]

### 1.1 Precizní zemědělství v rostlinné výrobě

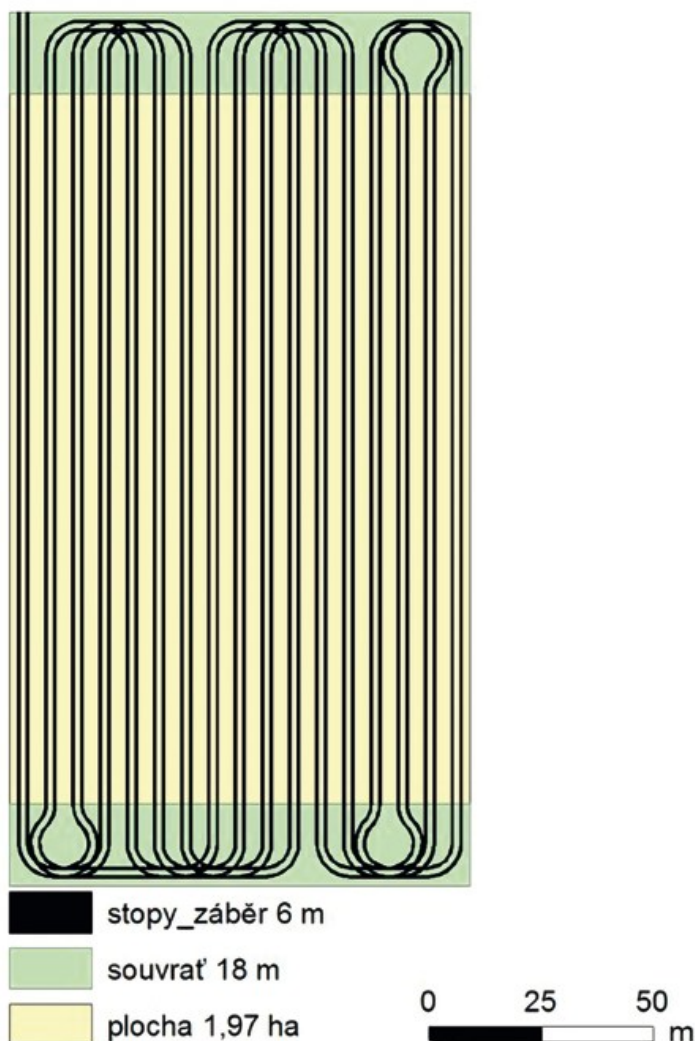
Precizní zemědělství v oblasti rostlinné výroby představuje moderní přístup k řízení procesů, který cíleně zohledňuje variabilitu biotických a abiotických faktorů v čase a prostoru. Informace o půdě, plodinách, živinách, užitečných a škodlivých organismech i celkovém agroekosystému získává prostřednictvím pokročilých senzorových systémů. Tyto technologie jsou využívány jak na pozemních, tak distančních platformách, které zahrnují například dálkový průzkum prostřednictvím pilotovaných i bezpilotních systémů včetně satelitů. Geoinformační systémy, expertní systémy a systémy pro modelování slouží jako základ pro tvorbu mapových podkladů, navigaci zemědělské techniky a pomáhají aplikovat opatření ve správný čas, na správném místě a ve správné intenzitě. Cílem je efektivní využití zdrojů, jako jsou hnojiva, ochranné prostředky, pohonné hmoty, voda či půda, a optimalizace procesů, například při aplikaci vstupů nebo plánování pohybu techniky. Všechny tyto kroky směřují k dosažení produkce, která zajistí zemědělcům zisk, spotřebitelům kvalitní produkty za přiměřenou cenu a společnosti udržitelnost zemědělství. Důraz je přitom kladen na ochranu biodiverzity, zachování kvality půdy a minimalizaci kontaminace spodních vod zemědělskou činností.[3]

Zásadní vliv na výnosy hlavních plodin má variabilita prostředí. Konvenční zemědělství využívá více externích vstupů chemické nebo energetické povahy. Proto dosahuje vyšších a stabilnějších výnosů než zemědělství ekologické. V precizním ekologickém zemědělství není možné vzhledem k absenci některých vstupů (přípravků na ochranu rostlin a syntetických hnojiv) variabilitu systému jednoduše kontrolovat. Pro mnoho situací v ekologickém zemědělství je tak třeba vyvíjet speciální nářadí a metody.[4]

#### 1.1.1 Optimalizace pojezdových linií

Tato technologie je klíčová pro implementaci v precizním zemědělství. Vyžaduje přesné GNSS (Global Navigation Satellite System, globální družicový polohový systém) systémy

s RTK (Real Time Kinematic, kinematické určování polohy v reálném čase) korekcí, software pro optimalizaci trajektorií a stroje s autopilotem. Optimalizace se přizpůsobuje tvaru pozemku, překážkám a terénu, aby minimalizovala zbytečné jízdy a efektivně využila plochu. Trasy lze upravit podle vrstevnic a nahrát do autopilota traktoru, kde se nastaví kolejové řádky. Tato metoda zlepšuje organizaci jízd, snižuje náklady, zvyšuje efektivitu a pomáhá zvládnout náročný terén.[3]



Obrázek 1 Návrh pohybu pracovní soupravy

(zdroj: [3])

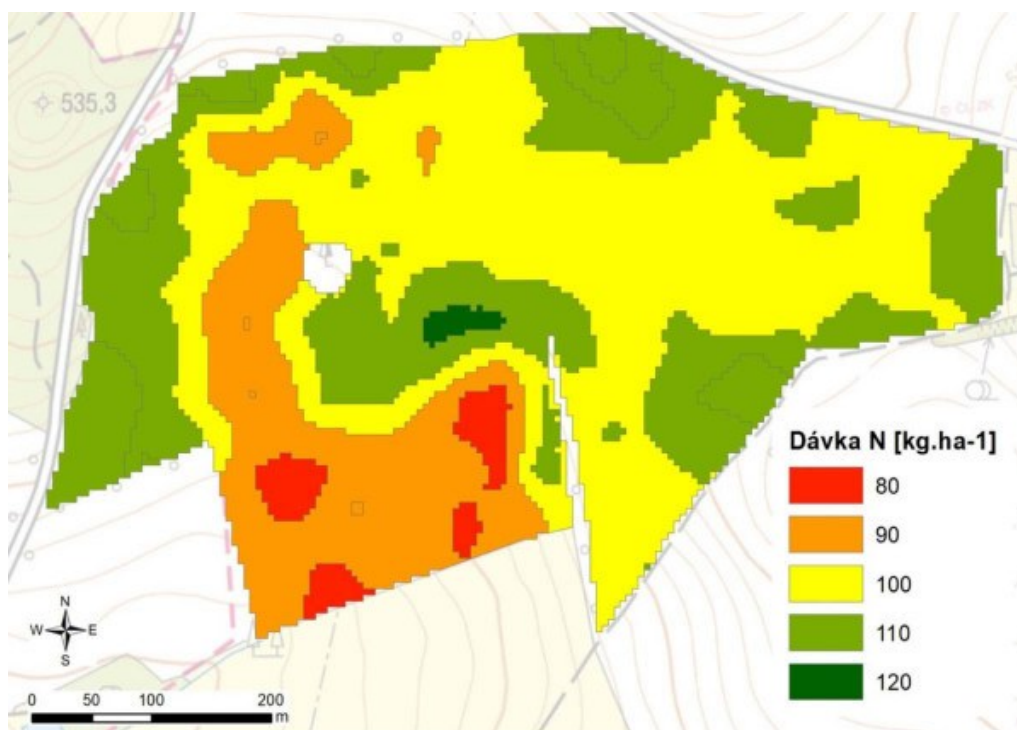
### 1.1.2 Variabilní setí

Technologie variabilního nastavení výsevu proaktivně zohledňuje půdní podmínky pro dosažení optimální vzcházení, růstu, zdravotního stavu plodin a výsledného výnosu. V rámci rozhodovacího řetězce využívá podkladovou aplikační mapu, která je sestavena

na základě odhadovaného výnosového potenciálu. Klíčovým rozhodnutím je výběr správné strategie dle plodiny a odrůdy. To znamená, že rozhoduje o tom, kde zvýšit výsevek a kde ho naopak snížit. Například u obilnin je úvaha taková, že pokud pracujeme s odrůdou, která má tendenci více odnožovat, tak zvýšíme výsevek na místech s nižším výnosovým potenciálem a v místech s vyšším potenciálem snížíme. Výsledkem je potom rozdílný počet jedinců v jednotlivých zónách.[3]

### 1.1.3 Variabilní hnojení

Při určování úrovně zásobního hnojení se zohledňuje množství živin potřebných k dosažení požadované produkce a množství dostupných živin (N, P, K, Mg, Ca) v půdě. Cílem je upravit dávkování hnojiv podle rozdílů ve výnosech, protože rozdílný celkový odběr živin může mít významný vliv na jejich zásobenost v půdě. V oblastech, kde je vyšší výnosový potenciál se dávka živin zvyšuje, zatímco v místech s nižším potenciálem se snižuje. Díky tomuto přístupu lze optimalizovat hnojení, což v praxi znamená, že se minimalizuje riziko přehnojení nebo nedohnojení a zohledňuje reálný stav živin, který se získává průběžným vzorkováním.[3; 5]



Obrázek 2 Rozložení dávek produkčního přihnojení porostu dusíkatými hnojivy

(zdroj: [5])

## 2 TYPY ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Půdní procesy jsou specifické změny v půdě, které ovlivňují vztah mezi půdou a jejím ekosystémem, krajinou, flórou a faunou.[6]

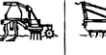
Jednou z klíčových složek půdních procesů je tvorba půdy. Podílí se na něm klima, topografie (reliéf/svah), matečný materiál (původ půdních částic) a čas.[7]

Kvalitní zpracování půdy je základním stavebním kamenem pro úspěšné výnosy plodin.

Konvenční zpracování půdy pro následnou plodinu zahrnuje podle účelu a hloubky zpracování půdy podmínku (tedy zpracování strniště po sklizni předplodiny), orbu a předseťovou přípravu.[8]

Půdoochranné zpracování půdy se vyznačuje tím, že se půda neobrací. V závislosti na hloubce a intenzitě míchání půdy zůstávají na povrchu nebo v jeho blízkosti různá množství zbytků sklizených plodin nebo meziplodin.[9]

Přímé setí znamená výsev, který se provádí bez jakéhokoli předchozího obdělávání půdy. Tento způsob vyžaduje speciální secí stroje, například vybavené diskovými secími botkami. Tyto botky vytvářejí úzkou rýhu, do níž se ukládá osivo, které je následně přikryto směsí půdy a rostlinných zbytků z předchozí sklizně.

| Postupy zpracování a přípravy půdy | Pracovní úkony                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                      | Pracovní postupy                                      |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                                    | Základní příprava půdy                                                                                                                                                       | Příprava setového lože                                                                                                                                                                                                                                                 | Setí                                                                                 |                                                       |
| Konvenční příprava půdy pluhem     |                                                                                           |  nebo                                                                                            |   | oddělené                                              |
|                                    |                                                                                                                                                                              |  nebo                                                                                            |                                                                                      | redukované, příprava setového lože a setí kombinovány |
|                                    |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                      | redukované, všechny pracovní postupy kombinované      |
| Půdoochranná příprava bez pluhu    |  nebo  |  nebo                                                                                            |   | oddělené                                              |
|                                    |  nebo  |  nebo                                                                                            |   | redukované, kombinace přípravy setového lože a setí   |
|                                    |  nebo  |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                      | redukované, všechny pracovní postupy kombinované      |
|                                    |                                                                                                                                                                              |  nebo  nebo  |                                                                                      | redukované, příprava setového lože a setí kombinovány |
| Přímé setí<br>Žádná příprava půdy  |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | jen setí                                              |

Obrázek 3 Přehled technologií zpracování půdy

(zdroj: [10])

## 2.1 Orba

Orba patří mezi základní operace konvenčního zpracování půdy. Při orbě dochází k nakypření půdy, což zvyšuje pórovitost orničního profilu, zejména podíl nekapilárních pórů nepravidelných tvarů. Pokud je orba prováděna za vhodné vlhkosti půdy, tak přispívá k rozpadání půdy na menší půdní agregáty, a tím ovlivňuje strukturu půdy a zároveň dochází k obracení půdy.[11]

Působením povětrnostních vlivů a přejezdů zemědělské techniky při agrotechnických pracích je svrchní vrstva půdy přesouvána na dno brázdy, zatímco spodní vrstvy se dostávají na povrch. Tímto procesem jsou na povrch vynášeny proplavené živiny a jemné koloidní částice. Při obracení skývy dochází k zapracování zbytků sklizených plodin, slámy, fytomasy pro zelené hnojení a organických či minerálních hnojiv do půdy. Plevelné rostliny jsou při tomto procesu uloženy do spodních vrstev půdy, což umožňuje eliminaci jednoletých i víceletých plevelů a oslabení vitality vytrvalých plevelů. Orba rovněž pomáhá omezovat výskyt chorob a škůdců. Všechny zaorávané materiály se rovněž promíchávají se zeminou.[11]



Obrázek 4 Orba

(zdroj: [12])

## 2.2 Podmítka

Podmítka je mělké zpracování horní části půdy, které se obvykle provádí po sklizni obilnin, některých časných olejnin, luskovin, kořených a aromatických plodin, nebo píce

sklizených v letních měsících. Po sklizni těchto plodin bývá půda zhutněná v důsledku jejího přirozeného slehnutí a utužování při přejezdech zemědělských strojů. Míra slehnutí závisí na délce doby pěstování plodiny na dané ploše a intenzitě kořenového systému v orné vrstvě. Úroveň utužení půdy je ovlivněna použitými pěstebními technologiemi, počtem přejezdů, typem pneumatik, hmotností zemědělských strojů, fyzikálními vlastnostmi půdy v době pracovní operace a druhem půdy.[13]



Obrázek 5 Diskový podmítač

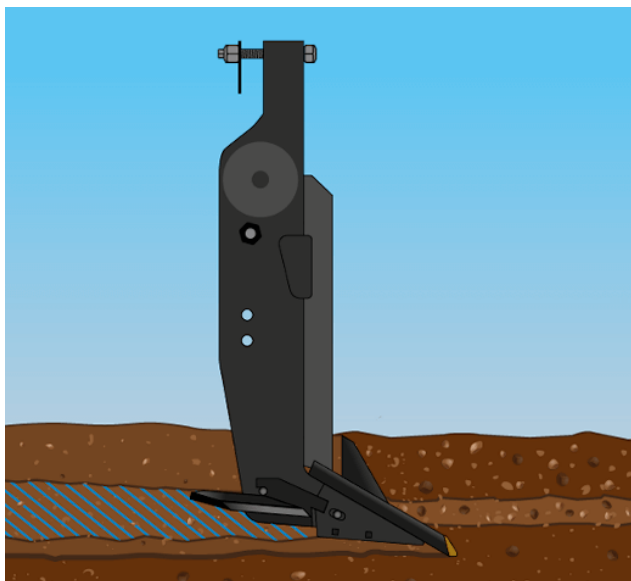
(zdroj: [14])

## 2.3 Hloubkové kypření

Podrývání a dlátování představují hloubkové zpracování půdy. Hloubkové kypření se provádí za účelem eliminace zhutňování půdy, ať už přirozené anebo za pomoci technologických operací, ale také kvůli zlepšení půdních vlastností jako je vyšší pronikání vody a vzduchu do spodních vrstev a zvýšení mikrobiální aktivity.

### 2.3.1 Podrývání

Podrývák kypří podbrázdí do hloubky 35-50 cm a nevynáší na povrch podorničí. Do podbrázdí snadněji proniká voda, vzduch a kořeny rostlin. [15; 16]



Obrázek 6 Podrývání

*(zdroj: [15])*

### 2.3.2 Dlátování

Dlátový pluh je určený pro hloubkové zpracování a kypření půdy do hloubky až 65 centimetrů. Dlátový pluh půdu ideálně prokypří, čímž vytvoří optimální strukturu s dostatečným množstvím pórů, které umožňují pohyb vody, vzduchu a živin.

Zpracování půdy pomocí dlátového pluhu je možné využít jako náhradu klasické orby s nižší tahovou náročností, spotřebou paliva a vyšším výkonem.[17]



Obrázek 7 Dlátování

*(zdroj: [15])*

## 2.4 Plečkování

Hlavním cílem plečkování je nejen odstranění plevelů, ale také zlepšení provzdušnění půdy, narušení povrchové krusty a lepší vsakování dešťové vody. Dále dochází k snižování použití herbicidů, což má za následek snížení nákladů. V chladnějších letech po vzejití kukuřice přináší plečkování v kombinaci s přihnojením pozitivní účinky na zlepšení výživy a podporu růstu kukuřice.[18; 19]

## 2.5 Vlastnosti půdy

Na fyzikální vlastnosti půdy je zapotřebí brát velký zřetel, a to jak při projektování zemědělských strojů, tak i při samotném provozu. Vzhledem k rozmanitým a proměnlivým vlastnostem (někdy i v rámci jednoho pole), mohou značně ovlivnit funkci stroje. Proto je zapotřebí věnovat pozornost základním charakteristickým vlastnostem půdy. Značení charakteru půdy a její vlastnosti jsou uvedeny v normě ČSN 46 5302.[20]

Pro správné porozumění půdě je nezbytné znát její fyzikální vlastnosti, které mají klíčový vliv na kvalitu práce, pracovní odpor a výnosy plodin. Tyto vlastnosti zahrnují mechanické složení, úroveň vlhkosti, vnitřní a vnější tření, pevnost, přilnavost, šterkovitost a strukturu půdy.

Tabulka 1 Druhy půd a jejich měrné odpory

| Praktické označení půdy | Druhy půdy       | Zrna menších než 0,01 mm [%] | Číselné označení podle ČSN | Měrný odpor půdy $k_o$ [kN/m <sup>2</sup> ] |
|-------------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| Velmi těžká             | Jíl              | Nad 75                       | 1                          | 90-150                                      |
|                         | Jilovitá         | 60-75                        | 2                          |                                             |
| Těžká                   | Jílovito-hlinitá | 40-60                        | 3                          | 60-90                                       |
| Střední                 | Hlinitá          | 30-40                        | 4                          | 40-60                                       |
|                         | Písčito-hlinitá  | 20-30                        | 5                          |                                             |
| Lehká až velmi lehká    | Hlinito-písčitá  | 10-20                        | 6                          | 20-40                                       |
|                         | Písčitá          | 0-10                         | 7                          |                                             |

(zdroj:[20])

### 3 TRAKTORY OBDOBNÉ VÝKONOVÉ ŘADY

Zemědělské traktory jsou jednou z nejdůležitějších součástí zemědělství a nezbytnou součástí mechanizace zemědělských podniků. Díky své univerzálnosti, společně s nářadím připojeným k nim, jsou vhodné pro širokou škálu zemědělských operací.[21]

Pro zajištění maximální efektivity a ekonomičnosti provozu stroje je klíčové vybrat traktor s odpovídajícím výkonem. Použití traktoru s nedostatečným výkonem vede ke zpomalení práce, vyšší spotřebě paliva a rychlejšímu opotřebení stroje. Naopak nasazení traktoru s výkonem, který výrazně převyšuje potřeby stroje, je neefektivní z důvodu vyšší spotřeby a nákladů na údržbu.

Pro plečku na kukuřici se obvykle využívají traktory o výkonu 90 až 160 koňských sil. V zemědělském podniku bude s plečkou na kukuřici agregován traktor New Holland T5050.

Tabulka 2 Porovnání traktorů ve výkonnostní třídě do 100kW

| Model                                    |      | New Holland T5050 | Case Farmall 95 A | Fendt 209 Vario | John Deere 5095M | Deutz Fahr 5095 | Zetor Proxima HS 100 |
|------------------------------------------|------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------------|
| Maximální výkon                          | [kW] | 71                | 73                | 69              | 70               | 70              | 73                   |
|                                          | [k]  | 96                | 99                | 94              | 94               | 95              | 99                   |
| Maximální točivý moment [Nm]             |      | 404               | 407               | 428             | 396              | 389             | 429                  |
| Maximální zvedací síla [kg]              |      | 5740              | 4500              | 4287            | 4326             | 4525            | 4500                 |
| Kategorie tříbodového závěsu [-]         |      | 2N/2              | 2N/2              | 2N/2            | 2N/2             | 2N/2            | 2N/2                 |
| Maximální průtok hydrogenerátoru [l/min] |      | 61                | 63                | 104             | 94               | 90              | 60                   |
| Maximální počet hydraulických okruhů [-] |      | 3                 | 3                 | 4               | 3                | 4               | 4                    |
| Maximální rychlost [km/h]                |      | 40                | 40                | 40              | 40               | 40              | 40                   |
| Pohotovostní hmotnost traktoru [kg]      |      | 4250              | 3740              | 4220            | 4175             | 3950            | 4130                 |

(zdroj: vlastní)

### 3.1 New Holland T5050

Traktor New Holland T5050 je poháněný motorem New Holland NEF s mezichladičem stlačeného vzduchu o výkonu 71 kW (96k). Plní tak normu Tier III. New Holland T5050 lze standartně vybavit převodovkou 12x12 nebo 20x12, které jsou synchronizované a mají mechanickou reverzaci. Na přání je možno vybavit traktor převodovkou 12x12 synchronizovanou s reverzací Powershuttle. Zadní vývodový hřídel poskytuje standartně režim otáček 540/540E a na přání 540/540E/1000. Hydraulický systém traktoru nabízí čerpadlo s průtokem až 61 l/min. Zadní tříbodový závěs má nosnost až 4800 kg.



Obrázek 8 New Holland T5050

*(zdroj: vlastní)*

### 3.2 Case Farmall 95 A

Traktor Case Farmall 95 A je kompaktní traktor, který nabízí výkon 73 kW (99 k). Traktor je vybaven čtyřválcovým motorem FPT o objemu 3,4 litru. Case Farmall 95 A je vybaven převodovkou 12x12, která je synchronizovaná a má mechanickou reverzaci. Na přání je možno vybavit traktor převodovkou 12x12 synchronizovanou s reverzací Powershuttle anebo 20x20 synchronizovanou s mechanickou reverzací a plazivými převody. Zadní vývodový hřídel poskytuje dvě režimy otáček (540/540E nebo 540/1000). Hydraulický systém traktoru nabízí čerpadlo s průtokem až 63 l/min. Zadní tříbodový závěs má nosnost až 4500 kg.[22]



Obrázek 9 Case Farmall 95 A

*(zdroj: [22])*

### 3.3 Fendt 209 Vario

Fendt 209 Vario je poháněn tříválcovým motorem AGCO Power o výkonu 67 kW (91 k) o objemu 3,3 litru. Traktor využívá plynulou převodovku Vario, která poskytuje hladký přenos výkonu a umožňuje pracovní i přepravní rychlosti v rozsahu 0,02 až 40 km/h. Zadní tříbodový závěs má nosnost až 4200 kg a zadní vývodový hřídel poskytuje tři rychlosti otáček (540,540E,1000). Hydraulický systém traktoru nabízí čerpadlo s průtokem až 104 l/min, což umožňuje snadné použití náročných připojených strojů.[23]



Obrázek 10 Fendt 300 Vario

*(zdroj: [23])*

### 3.4 John Deere 5095M

John Deere 5095M je všestranný traktor s výkonem 70 kW (94 k), ideální pro širokou škálu zemědělských činností. Tento model je osazen 4válcovým motorem PowerTech™ o objemu 4,5 litru. Traktor využívá převodovku PowrReverser™, která umožňuje plynulé řazení bez nutnosti použití spojky, což zvyšuje efektivitu při práci i manipulaci. Zadní třibodový závěs je kategorie 2 a má maximální nosnost 3200 kg. K dispozici jsou také dvě varianty zadního vývodového hřídele s rychlostmi 540/540E nebo 540/540E/1000. Pro hydraulické aplikace je k dispozici hydrogenerátor s průtokem až 94 l/min.[24]



Obrázek 11 John Deere 5095M

(zdroj: [24])

### 3.5 Deutz Fahr 5095

Deutz-Fahr 5095 je univerzální traktor s výkonem 70 kW (95 k). Je vybaven čtyřválcovým motorem FARMotion 45 o objemu 3,8 litru. Traktor využívá převodovky PowerShuttle, což je pětistupňová převodovka s elektro-hydraulickou reverzací anebo pětistupňovou mechanickou převodovkou. Zadní třibodový závěs má kapacitu zvedání až 4500 kg a je kompatibilní s širokou škálou nástrojů. Zadní vývodový hřídel umožňuje práci ve dvou režimech otáček (540/540E nebo 540/1000). Hydraulický systém traktoru nabízí čerpadlo s průtokem až 90 l/min.[25]



Obrázek 12 Deutz Fahr 5095

*(zdroj: [25])*

### 3.6 Zetor Proxima HS 100

Zetor Proxima HS 100 je univerzální traktor, který nabízí výkon 72,5 kW (98,6 k). Traktor je vybaven čtyřválcovým motorem o objemu 3,6 litru. Proxima HS 100 je vybavena čtyřstupňovou převodovkou s třístupňovým násobičem (PowerShift) a hydraulickou reverzací (PowerShuttle) 24 rychlostí vpřed a 24 rychlostí vzad. Zadní vývodový hřídel pracuje ve dvou režimech otáček (540/1000 nebo 540/540E). Hydraulický systém má průtok až 60 l/min, což umožňuje efektivní napájení připojených zařízení a strojů. Traktor je vybaven zadním tříbodovým závěsem, který má nosnost až 3900 kg. [26]



Obrázek 13 Zetor Proxima

*(zdroj: [26])*

## 4 ZÁVĚSNÁ ZAŘÍZENÍ

Závěsný systém traktoru je základní součástí, která umožňuje spojení mezi traktorem a zemědělským strojem. Na jedné straně přenáší výkon traktorů a na druhé straně provádí zvedání a řízení polohy zemědělských strojů.

### 4.1 Tříbodový závěs

Tříbodový závěs se používá převážně pro připojení nesených a návěsných zařízení (pluh, rozmetadlo průmyslových hnojiv, plečka, kultivátor, podrývák a podobně).

Traktory různých výkonových kategorií jsou osazeny závěsy odlišných velikostí, které se liší svými rozměry. Rozměry tříbodových závěsů jsou normalizovány a výrobci traktorů i zemědělských strojů musí při sjednocování připojování techniky dodržovat mezinárodní normu ISO 789-1. Tato norma specifikuje hlavní rozměry připojovacích bodů traktorů a zemědělských strojů.[27]

V tabulkách 4 a 5 je zapsána pouze kategorie 2N/2 z důvodu použití traktoru New Holland T5050. Tento traktor bude v podniku agregován s plečkou.

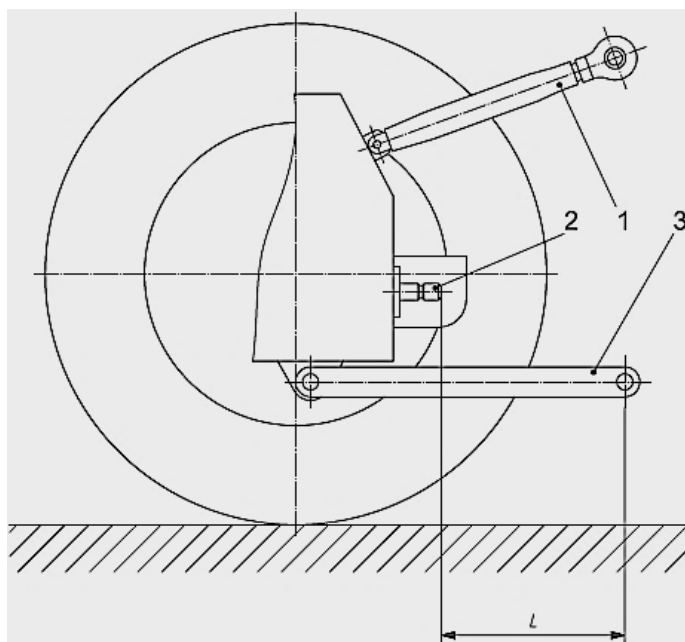
Tabulka 3 Kategorie tříbodových závěsů podle výkonové řady traktorů

| Kategorie závěsů | Výkon motoru traktoru měřený přes vývodový hřídel podle normy ISO 789-1 [kW] |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1N               | do 35                                                                        |
| 1                | do 48                                                                        |
| 2N/2             | 30 až 92                                                                     |
| 3N/3             | 60 až 185                                                                    |
| 4N/4             | 110 až 350                                                                   |

(zdroj:[28])

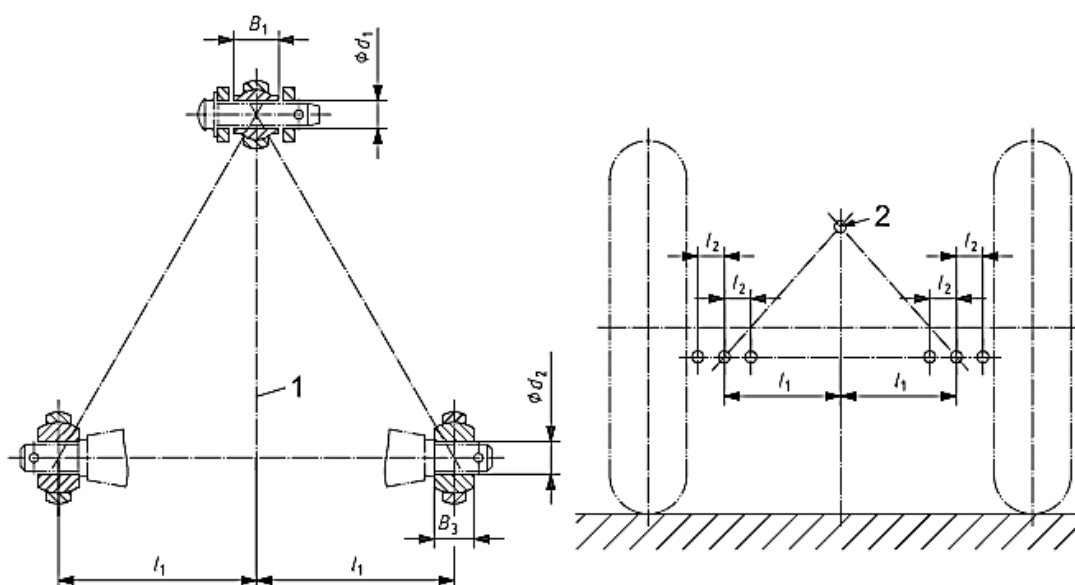
Tříbodový závěs se skládá z horního táhla, ramen zvedacího ústrojí, zvedacích táhel, a dolních táhel. Dolní táhla i horní táhlo jsou vybaveny závěsnými automatickými háky, které umožňují rychlé připojování a odpojování nářadí bez opuštění kabiny. Do závěsných háků se vkládá koule. Koule s přečnívajícím osazeným se vkládá na horní čep závěsu nářadí. Dvě koule bez osazení, které jsou vybavené vodítky pro snazší manipulaci, se montují na čepy dolních táhel. Závěsné automatické háky mají samo zajišťovací západky pro zajištění závěsu traktoru na nářadí. Hlavní rozměry koulí a rozměry čepů jsou normalizovány. Horní táhlo je vybaveno závitovou středící sekcí, která umožňuje jeho

prodloužení nebo zkrácení podle potřeby, čímž se zajišťuje podélné nastavení neseného stroje.[27]



Obrázek 14 Vzdálenost díry dolních táhel od konce  
vývodového hřídele  
(1 - horní táhlo, 2 - vývodový hřídel, 3 - dolní táhlo)

(zdroj: [29])



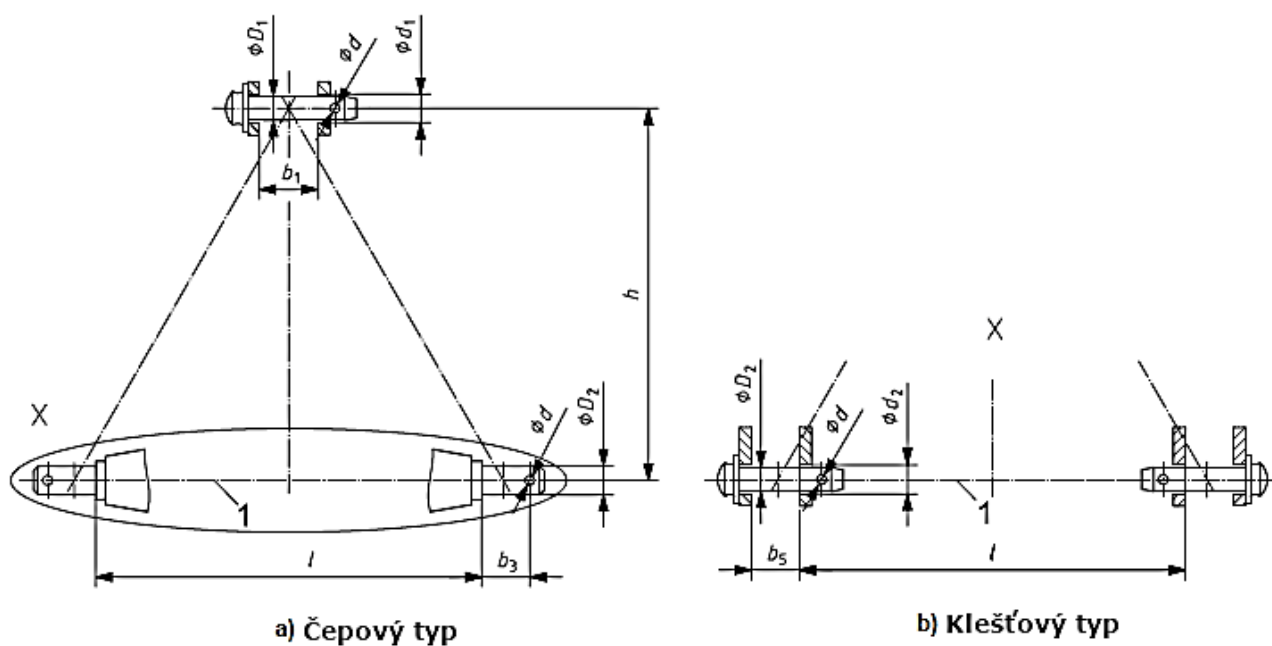
Obrázek 15 Rozměry související se závěsnými body traktoru  
(1 - osa traktoru, 2 - trojúhelník závěsného bodu)

(zdroj: [29])

Tabulka 4 Rozměry související se závěsnými body traktoru.  
Rozměry uvedeny v milimetrech.

| Označení          | Popis                                                     | Kategorie                         |                                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                   |                                                           | 2N                                | 2                                 |
| Horní bod závěsu  |                                                           |                                   |                                   |
| d <sub>1</sub>    | Průměr otvoru koule horního táhla                         | 25,7 <sup>+0,2</sup> <sub>0</sub> | 25,7 <sup>+0,2</sup> <sub>0</sub> |
| B <sub>1</sub>    | Šířka koule horního táhla                                 | 51 <sup>0</sup> <sub>-0,5</sub>   | 51 <sup>0</sup> <sub>-0,5</sub>   |
| Spodní bod závěsu |                                                           |                                   |                                   |
| d <sub>2</sub>    | Průměr otvoru dolních táhel                               | 28,7 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub> | 28,7 <sup>+0,3</sup> <sub>0</sub> |
| B <sub>3</sub>    | Šířka koule dolních táhel                                 | 45 <sup>0</sup> <sub>-0,5</sub>   | 45 <sup>0</sup> <sub>-0,5</sub>   |
| l <sub>1</sub>    | Rozteč středu koulí od osy traktoru                       | 364                               | 435                               |
| l <sub>2</sub>    | Boční výkyv dolních táhel                                 | 100 min.                          | 125 min.                          |
| L                 | Vzdálenost díry dolních táhel od konce vývodového hřídele | 550 do 625                        | 550 do 625                        |

(zdroj: [29])



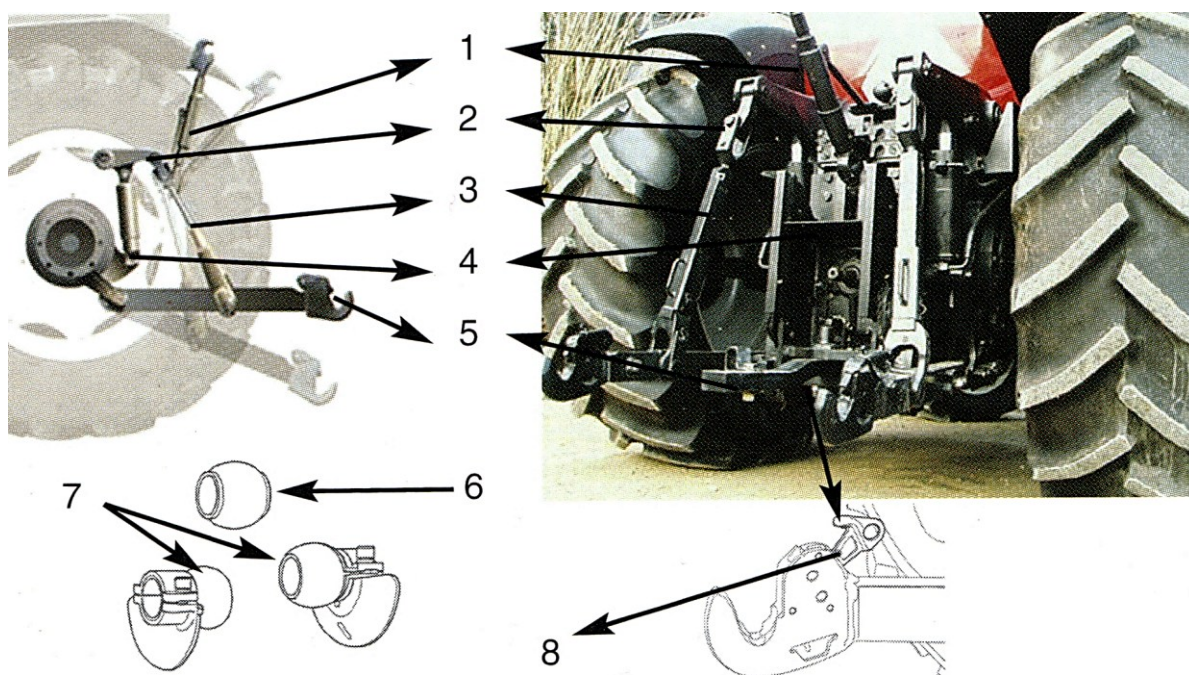
Obrázek 16 Rozměry související se závěsnými zařízeními pro nářadí  
(1 - osa upevnění)

(zdroj: [29])

Tabulka 5 Rozměry týkající se závěsných bodů nářadí.  
Rozměry uvedeny v milimetrech.

| Označení          | Popis                                | Kategorie                          |                                    |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                   |                                      | 2N                                 | 2                                  |
| Horní bod závěsu  |                                      |                                    |                                    |
| D <sub>1</sub>    | Průměr čepu horního táhla            | 25,5 <sup>0</sup> <sub>-0,13</sub> | 25,5 <sup>0</sup> <sub>-0,13</sub> |
| b <sub>1</sub>    | Šířka koule horního táhla            | 52 min.                            | 52 min.                            |
| Spodní bod závěsu |                                      |                                    |                                    |
| D <sub>2</sub>    | Průměr čepu lišty                    | 28 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>    | 28 <sup>0</sup> <sub>-0,2</sub>    |
| b <sub>3</sub>    | Vzdálenost díry pro zákolník od čela | 49 min.                            | 49 min.                            |
| b <sub>5</sub>    | Šířka koule dolních táhel            | 65 <sup>+2</sup> <sub>0</sub>      | 65 <sup>+2</sup> <sub>0</sub>      |
| l                 | Minimální vzdálenost ramen           | 683 ± 1,5                          | 825±1,5                            |
| Ostatní rozměry   |                                      |                                    |                                    |
| d                 | Průměr díry pro zákolník             |                                    |                                    |
|                   | Pro horní čep závěsu                 | 12 min.                            | 12 min.                            |
|                   | Pro dolní čep závěsu                 | 12 min.                            | 12 min.                            |
| h                 | Výška stojánku                       | 610 ± 1,5                          | 610 ± 1,5                          |

(zdroj: [29])



Obrázek 17 Tříbodový závěs traktorů

(1 - horní táhlo, 2 - ramena zvedacího ústrojí, 3 - zvedací táhla, 4 - přímočarý hydromotor (zvedací válec), 5 - dolní táhla, 6 - koule horního čepu nářadí, 7 - koule dolních čepů s vodítky, 8 - samozajišťovací západka)

(zdroj: [27])

Pro správnou práci je důležité rozložení hmotností mezi přední a zadní nápravu. Různé zatížení hnacích kol ovlivňuje maximální tažnou sílu, a tím i trakční vlastnosti traktoru, dále ovlivňuje prokluz pneumatik, a tím i spotřebu paliva, a v neposlední řadě ovlivňuje utužení půdy, a tím i životní prostředí.[30]

## 4.2 Závěsový systém K80

Kulový závěs K80 je široce rozšířený způsob připojování zemědělských strojů. Je ideální pro těžké přívěsy s pevnou ojí a pro agregáčnické stroje s vysokým zatížením oje, jako jsou dopravní návěsy. Může být také použit s přívěsy, rozmetadly hnoje, cisternami na kejdu ale také se stroji ke zpracování půdy. Díky univerzálnímu spojení se spojovací koulí o průměru 80 mm je závěs K80 kompatibilní s většinou zařízení a strojů dostupných na trhu, čímž odpadá nutnost mít mnoho různých systémů pro spojování různých komponent. Jedná se o ideální řešení pro lesní i polní práce.[31]

Maximální tažná síla se pohybuje okolo 90 tun a maximální přípustná vertikální síla se pohybuje okolo 4 tun. Koule K80 je standardizována podle ISO 24347:2019.[31]



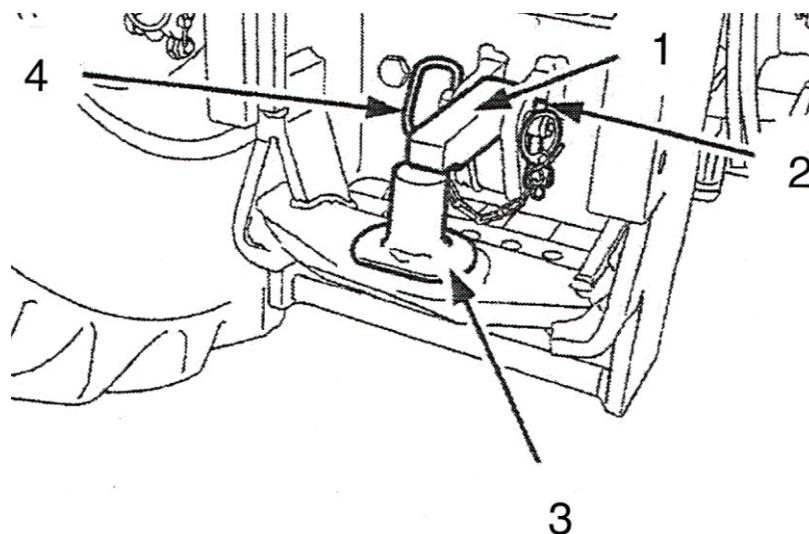
Obrázek 18 Závěsový systém K80

(zdroj: vlastní)

## 4.3 Pevný závěsný čep (Piton-Fix)

Závěsný systém Piton-fix je navržený pro bezpečné a efektivní připojení zařízení. Skládá se z čepu, pojistné západky, zákolníku a zajišťovacího čepu. Jsou převážně používány pro menší zatížení než koule K80.

Tento systém je kompatibilní se standardy DIN/ISO 9678/5692-1 a zajišťuje spolehlivost při provozu až do hmotnosti 90 tun při rychlostech do 40 km/h.[32]



Obrázek 19 Pevný závěsný čep  
(1 - pojistná západka, 2 - zákolník, 3 - pevný čep,  
4 – zajišťovací čep)

(zdroj: [33])

#### 4.4 Etážový závěs

Závěsy pro zemědělské stroje umožňují bezpečně a stabilně připojit vozidlo k různým typům zařízení. Transportní závěsy s adaptérovou deskou jsou důležitým prvkem výbavy každého traktoru, slouží především k připojení strojů, které mají malý přítlak na oj. Hlavními částmi závěsu jsou tělo, hubice a čep. Tělo se připojuje k traktoru a je výškově nastavitelné. Připojení je zajištěno pomocí čepů, šroubů anebo kolíků ve vodící liště s dírami. V českém prostředí jsou historicky neznámější horní závěsy montované na traktory Zetor, které byli připojeny s traktorovými přívěsy BSS.[34]



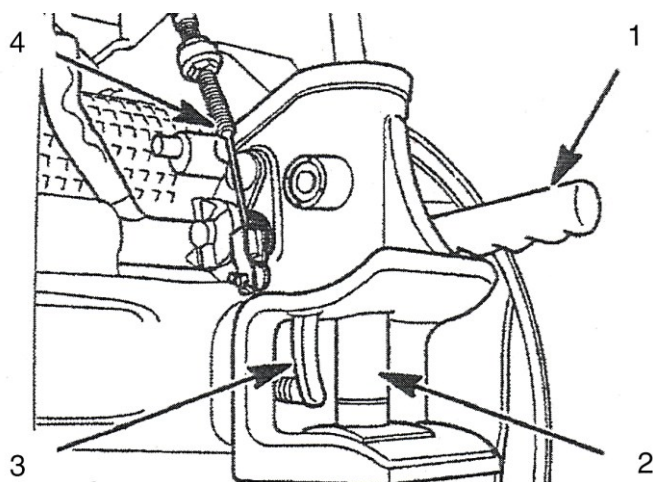
Obrázek 20 Zetor a vlek BSS

(zdroj: vlastní)

#### 4.4.1 Automatické závěsy

Automatické závěsy usnadňují připojení přípojného zařízení, a to tím způsobem, že čep díky automatickému mechanismu zapadne do oka přívěsu sám.

Na závěrný čep, který je v zásuvné poloze, působí síla pružiny. Závěrný čep můžeme ovládat z kabiny traktoru. Ovládací páka v kabině traktoru je spojena s lankem a při zvednutí páky se čep posune nahoru a v této poloze zůstane zajištěný. Jakmile při couvání traktoru oko oje vychýlí vypínací páčku, dojde k odjištění čepu a pružina ho vysune do zapnuté polohy.[27]

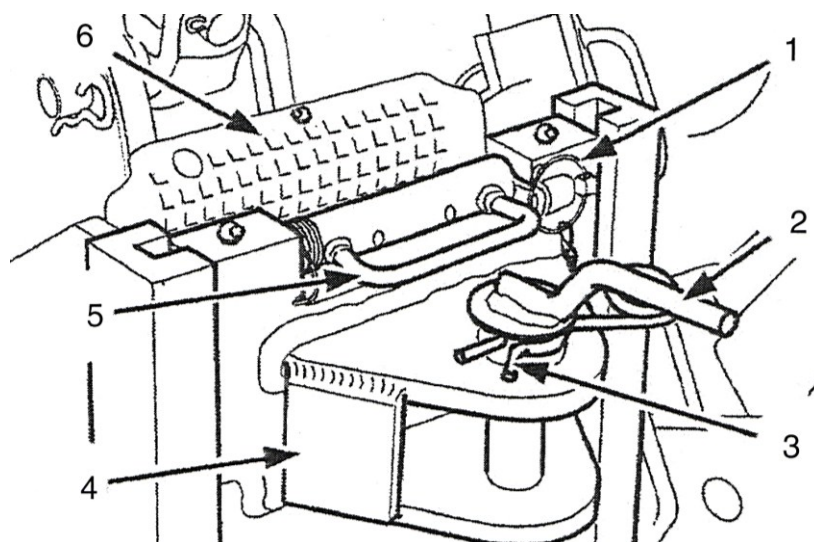


Obrázek 21 Etážový závěs s automatickou hubicí  
(1 - ovládací páka, 2 - závěrný čep, 3 - vypínací  
páčka, 4 - lanko od vypínací páky ovládané  
z kabiny)

(zdroj: [33])

#### 4.4.2 Manuální závěsy

Manuální závěsy jsou jednoduché a jsou nenáročné na údržbu. Nevýhoda je ta, že systém vyžaduje ruční obsluhu při připojování a odpojování zařízení, přičemž obsluha musí ručně vložit závěsný čep se závlačkou. Ve srovnání s automatizovanými systémy jsou cenově přívětivější.

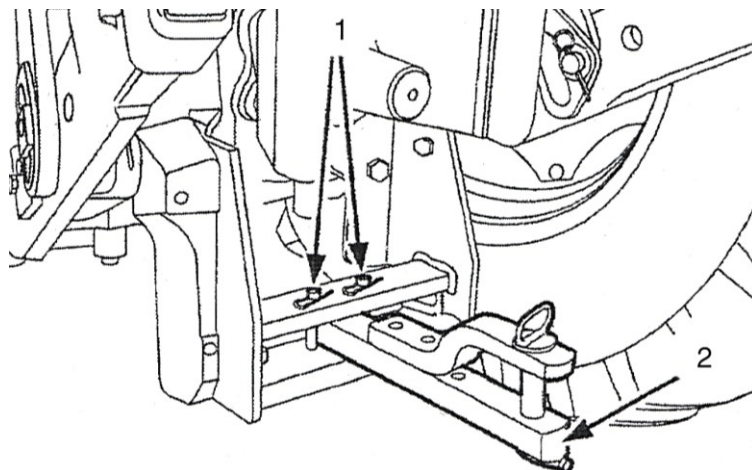


Obrázek 22 Manuální etážový závěs  
(1 - pojistka, 2 - závěrný čep, 3 - jisticí pružná svorka,  
4 - hubice, 5 - manipulační rukojeť, 6 - ochranný kryt)

(zdroj: [33])

#### 4.5 Výkyvný závěs

Výkyvný závěs je typ závěsného zařízení, který umožňuje částečný pohyb spojeného nářadí nebo přípojného vozidla ve vodorovné rovině. Tato konstrukce slouží ke zlepšení manévrovatelnosti a k ochraně traktorového závěsu i připojeného zařízení před nadměrným namáháním.



Obrázek 23 Výkyvný závěs  
(1 - omezovací kolíky, 2 - výkyvný závěs)

(zdroj: [33])

#### 4.6 Agrozávěs

Agrozávěs je závěsný prvek, využívaný k připojení přívěsů, nástaveb a zemědělských strojů k traktorům. Hydraulická soustava traktoru slouží k ovládání agrozávěs, umožňuje jeho zvedání i spouštění podle potřeby. Pro zvýšení provozní bezpečnosti je vybaven zajišťovacím mechanismem, který eliminuje riziko nechtěného odpojení během provozu. Zajišťovací mechanismus je řešen například pojišťovacím šroubem anebo zajišťovacími čepy. Agrozávěs lze spustit až na zem, zatímco pevný závěsný čep nelze spustit až na zem při připojování přípojného zařízení. Funkční efektivita agrozávěsu spočívá také ve snadné manipulaci a rychlosti připojení či odpojení zařízení, což minimalizuje prostoje při práci.



Obrázek 24 Agrozávěs na traktoru Zetor 7245

(zdroj: vlastní)

## 5 APLIKACE HNOJIVA

Hnojivo se aplikuje z důvodu zvýšení efektivity využití potenciálu kukuřice, odolnosti samotné rostliny a vyváženého růstu. Kapalné dusíkaté hnojivo DAM lze využít pro základní hnojení, přihnojování během vegetace, urychlení rozkladu zaorané slámy ale i přihnojení kukuřice při plečkování. DAM 390 při optimálním složení 42,2 % dusičnanu amonného, 32,7 % močoviny a 25,1 % vody obsahuje ve 100 litrech roztoku 39 kg dusíku. Při teplotě 25 °C má hustotu 1300 kg/m<sup>3</sup>. [18; 35]

### 5.1 Nádrže

Nádrž slouží k bezpečnému skladování kapalných hnojiv. Jsou chemicky i mechanicky odolné. Mohou být plastové (polyetylen, polypropylen), laminátové nebo ocelové s antikorozním nátěrem. Velký důraz je kladen na bezpečnost, prevenci úniků a ochranu životního prostředí.

V případě navrhované plečky na kukuřici je použita IBC nádrž o objemu 600 litrů.



Obrázek 25 600 l IBC nádrž

(zdroj: vlastní)

## 5.2 Čerpadla

Čerpadla slouží k přenosu kapalného hnojiva z nádrže do trysek, přičemž musí být odolné vůči chemické agresivitě hnojiv, vyrobené jsou z materiálů jako polypropylen nebo nerezová ocel. Nejčastěji se používají pístová membránová čerpadla pro přesné dávkování a práci s abrazivními kapalinami, nebo odstředivá čerpadla pro vysoké průtoky.[36]

## 5.3 Aplikační trysky

Aplikační trysky mají nejzásadnější vliv na efektivitu a kvalitu postřiku. V zemědělství se nejčastěji využívají plastové (polypropylen, polyacetal) a keramické trysky, které mají velkou chemickou odolnost. Keramické trysky jsou charakteristické svou vysokou odolností vůči opotřebení a přesností.[37]

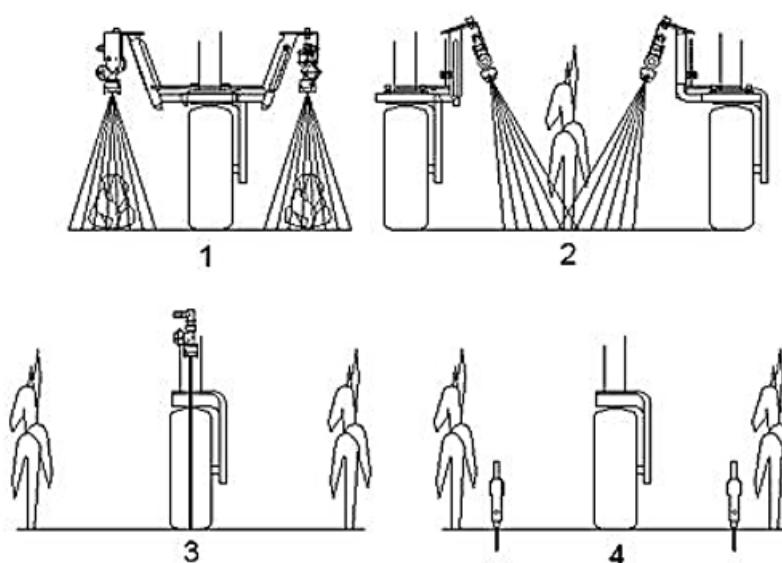


Obrázek 26 Aplikační trysky

(zdroj: [37])

## 5.4 Aplikační dávka

Aplikační dávka tekutého hnojiva DAM při plečkování se obvykle pohybuje v rozmezí 100 až 150 litrů na hektar. Konkrétní množství závisí na typu plodiny, její růstové fázi, koncentraci hnojiva a podmínkách půdy. Vyšší dávky se obvykle aplikují během intenzivního růstu plodiny, když je potřeba více živin, a na půdách s nižším obsahem živin.



Obrázek 27 Aplikace tryskou  
(1 - aplikace tryskou na rostlinu – jedna jednotka,  
dvě trysky, 2 - aplikace tryskou na rostlinu – dvě  
jednotky, jedna tryska, 3 - aplikace tryskou na střed  
meziřádku, 4 - aplikace přímo do půdy k rostlině – z  
obou stran)

(zdroj: [38])

## 6 NAVÁDĚCÍ SYSTÉMY

Historie naváděcích systémů v zemědělství sahá do 90. let 20. století, kdy se poprvé začaly používat GPS technologie k přesnému řízení zemědělských strojů. Předtím byly agrotechnické operace prováděny hlavně manuálně nebo s pomocí jednoduchých mechanických systémů, což často vedlo k menší efektivitě, jako je například překrývání pracovních záběrů. Postupem času se tyto technologie zdokonalovaly až do dnešní podoby, kdy jsou zemědělské stroje pracovat s přesností 2,5 centimetru.

### 6.1 GPS navigace

Současné zemědělství stále častěji integruje GPS (Globální polohový systém) navigační systémy do samojízdných strojů. I když počáteční investice do těchto technologií může být vyšší, jejich efektivní využívání přináší rychlou návratnost nákladů. Tyto systémy pomáhají optimalizovat hospodaření, jelikož snižují plýtvání hnojivy, osivy, chemikáliemi a palivy. Kromě toho snižují nadměrné opotřebení pracovních nástrojů, šetří čas a snižují celkové provozní náklady. Hlavní výhodou je eliminace překrývání pracovních záběrů, což zajišťuje lepší využití zdrojů a zvyšuje efektivitu práce.[39; 33]

Pro určování polohy traktoru se primárně používá GPS systém. Družice, které obíhají ve výšce 20 000 kilometrů nad Zemí, vysílají navigační signály. Přijímač umístěný na traktoru je schopen z těchto signálů zjistit čas odeslání informace. Přijímač na traktoru zaznamená čas odeslání signálu a současně srovná čas přijetí signálu s časem uvedeným na jeho interních hodinách. Následně se rozdíl přijatého a odvysílaného času vynásobí rychlostí šíření signálu, čímž se vypočítá vzdálenost k jednotlivým družicím.[33]

#### 6.1.1 Manuální paralelní systémy navádění

Při manuálním paralelním navádění je na světelné liště nebo monitoru zobrazeno, jakým směrem je třeba řídit traktor, aby se udržel správný odstup od vedlejší stopy. Přitom není nutné zpracovávat hned sousední úsek, lze vynechat libovolný počet jízd, což je výhodné při otáčení na souvratí. Systém pro manuální navádění je snadno přenosný mezi traktory.[33]



Obrázek 28 Manuální paralelní naváděcí systém

*(zdroj: vlastní)*

### 6.1.2 Automatické paralelní systémy řízení

Tyto systémy zajišťují vedení traktoru po paralelních liniích pomocí automatického řízení. Mohou být instalovány přímo výrobcem traktoru nebo dodatečně specializovanými společnostmi, jako jsou Trimble, Autofarm a další.[33]

Systémy navigace traktoru umožňují optimalizovat způsob otáčení soupravy na souvrati. Využívají uložená data o vlastnostech a parametrech připojeného nářadí k naplánování nejvhodnější trajektorie. Obsluha nastaví ideální rychlost pro otáčení, kterou traktor automaticky udržuje. Zároveň si může vybrat z několika dostupných variant otáčení, které systém zobrazí v samostatném menu terminálu.

Klíčovým pokrokem v této oblasti je zavedení vysoce přesného RTK signálu (Real Time Kinematic). Tento signál umožňuje dosažení minimální odchylky při překrývání navazujících jízď, která nepřesahuje 2,5 cm, a to i při dlouhodobém používání.[40]



Obrázek 29 Automatický řídicí systém traktoru Fendt

(zdroj: [23])

## 6.2 Optické navádění

Systém optického navádění u pleček zahrnuje kamery, řídicí jednotku, výpočetní technologii a posuvný rám. Jedna kamera je schopna sledovat jeden až pět řádků plodin, přičemž může být instalováno i více kamer, ale jen jedna zajišťuje přesné navádění pro daný řádek. Pro zajištění spolehlivého navádění v řádcích s různobarevnou kulturou plodiny na jednom poli je systém vybaven funkcí adaptivního učení. Kamera pořizuje snímky řádků plodin a odesílá je do řídicí jednotky k analýze. Software zpracovává obraz podle zelených odstínů nebo celého RGB (červená, zelená, modrá) spektra. Kombinací dvou snímků s různou expozicí (přeexponovaný a podexponovaný) vzniká obraz pro navádění stroje. Řídicí jednotka v kabině traktoru přeměňuje získaná data na přesné pokyny pro ovládání stroje, přičemž pozice plodin se vypočítává na základě jejich zobrazení, velikosti a očekávaného umístění.[41]



Obrázek 30 Optické navádění od společnosti Bednar

(zdroj: [42])

### 6.3 Mechanický řídicí systém

Řízení je zajištěno mechanickými hmatači, které reagují na přímý kontakt s rostlinou.



Obrázek 31 Mechanické hmatače

(zdroj: [43])

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 V PRAXI POUŽÍVANÉ PLEČKY

Plečky na kukuřici jsou vyráběny převážně jako nesené stroje. Pracovní záběr se odvíjí od vzdálenosti secích btek secího stroje, od počtu pracovních jednotek, ale také od výkonu agregovaného traktoru. Obecně se dá říci, že se pracovní záběr u konvenčně vyráběných pleček pohybuje od 4 do 10 metrů. Pro plečku na kukuřici se obvykle využívají traktory o výkonu 90 až 160 koňských sil. V zemědělském podniku bude s plečkou na kukuřici agregován traktor New Holland T5050.

Hlavním důvodem, proč se firma rozhodla jít vlastním návrhem a výrobou plečky byla hlavně pořizovací cena.

Při konstrukci a výrobě plečky byly použity i některé součásti ze staré plečky Fortschritt P 437, která v podniku pracovala. Konkrétně bylo použito sedm kopírovacích koleček jednotek, sedm rámu slupic a dvě větší podpěrné kola rámu.



Obrázek 32 Plečka Fortschritt P 437

*(zdroj: vlastní)*

## 7.1 Bednar Row-master RN

Bednar Row-master RN je nesená plečka. Vyrábí se ve třech velikostních variantách. Jsou jimi RN 4800 (pracovní záběr 4,8 m), RN 6400 (pracovní záběr 6,4 m), RN 9600 (pracovní záběr 9,6 m). Doporučený výkon pro plečku o záběru 4,6 metru je 60 až 100 koní. Plečku je možné dovybavit čelně neseným zásobníkem na sypká hnojiva o objemu až 2200 litrů. Hnojivo je pneumaticky dopravováno do rozvodové hlavy, která je umístěna na plečce. Plečku je možné vybavit systémem optického automatického navádění, který snímá řádky. Pomocí hydraulického řízení vede kultivátor v meziřádcích.[44]



Obrázek 33 Bednar Row-master RN

(zdroj: [44])

## 7.2 P&L Cropper

Plečka P&L Cropper je spolu s Bednar Row-master českým zástupcem v poli plečkovacích strojů na kukuřici. Kultivátor se vyrábí v 6 až 8 řádkové polonesené verzi umístěné za traktor a ve 12 řádkové verzi umístěné do předního třibodového závěsu. Rám je sklopný pomocí hydraulických válců. Plečku lze vybavit nádrží na kapalná hnojiva. V případě 6 až 8 řádkové verze je objem nádrže 1400 litrů a minimální výkon traktoru je 75 koní. Pro čelně nesenou plečku je nádrž o objemu 1600 litrů umístěna v zadním třibodovém závěsu a je potřeba traktoru o výkonu minimálně 160 koní.[45]



Obrázek 34 P&amp;L Cropper

*(zdroj: [45])*

### 7.3 Carre Econet Iziflo

Rodinná francouzská společnost Carre vyrábí plečky s hydraulicky sklopným rámem o rozsahu 4 až 24 pracovních jednotek s roztečí 45 až 80 cm. Plečka je nabízena se dvěmi velikostmi nádrže a to 600 nebo 800 litrů. Navádění je možné buď opticky, nebo pomocí mechanických hmatačů. Čerpadlo je poháněno hydraulickým okruhem traktoru. Pojezdová rychlost je až 15 kilometrů za hodinu.[38; 43]



Obrázek 35 Carre Econet Iziflo

*(zdroj: [38])*

#### 7.4 Maschio Gaspardo HS

Italská plečka Maschio Gaspardo HS se vyrábí v 8 řádkovém provedení s roztečí 75 centimetrů. Stroj může být dodán s nádobou na sypká hnojiva. Jedná se o nesenou plečku připojenou do třibodového závěsu. Možné je také rozšíření o kamerový naváděcí systém anebo mechanické hmatače. Samozřejmě se hydraulický sklopný rám.[46]

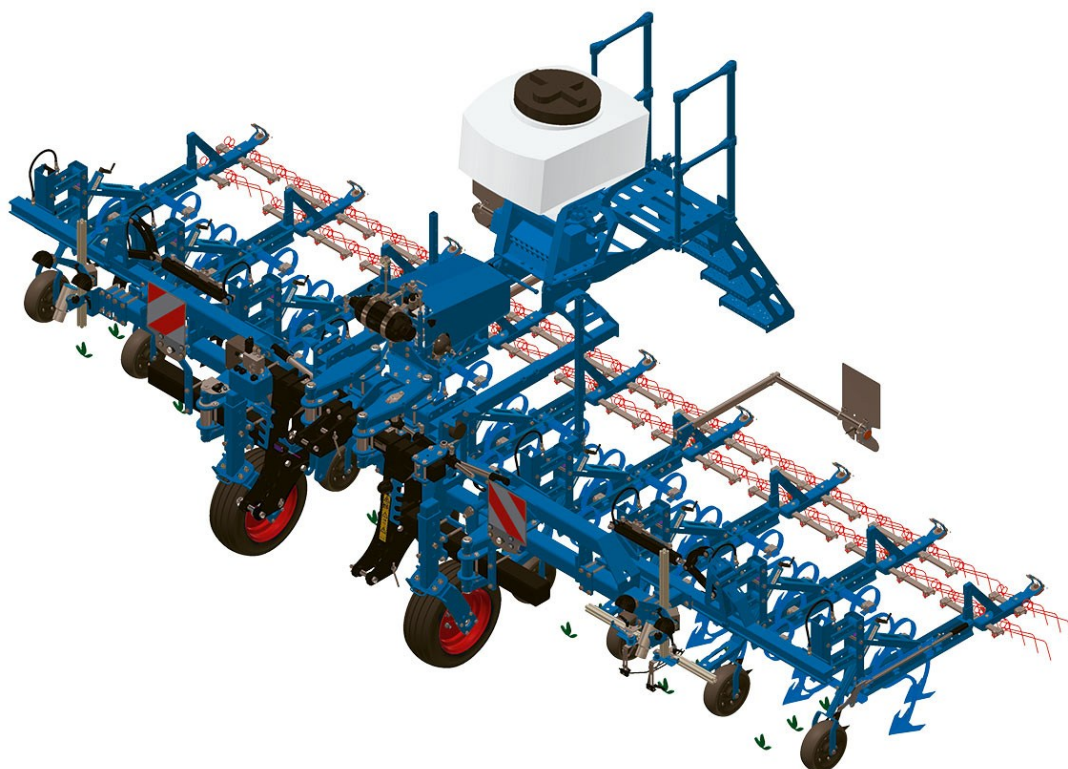


Obrázek 36 Maschio Gaspardo HS

*(zdroj: [46])*

## 7.5 Lemken EC-Weeder

Plečka EC-Weeder je původně navržena a vyráběna nizozemskou společností Steketee, která spojila síly s německou společností Lemken. Maximální pracovní záběr pro kukuřici je 6 metrů. Disponuje 9 pracovními jednotkami o rozteči až 75 centimetrů. Vybavena může být jak optickým naváděním, tak mechanickým řízením z prostoru kabiny, nebo pomocí operátora sedícího na rámu za plečkou. Stroj lze dovybavit i nádrží na sypká hnojiva, nebo mezplodinu. Zákazník má možnost vybírat ze tří velikostí (200, 300 a 500 litrů).[47]



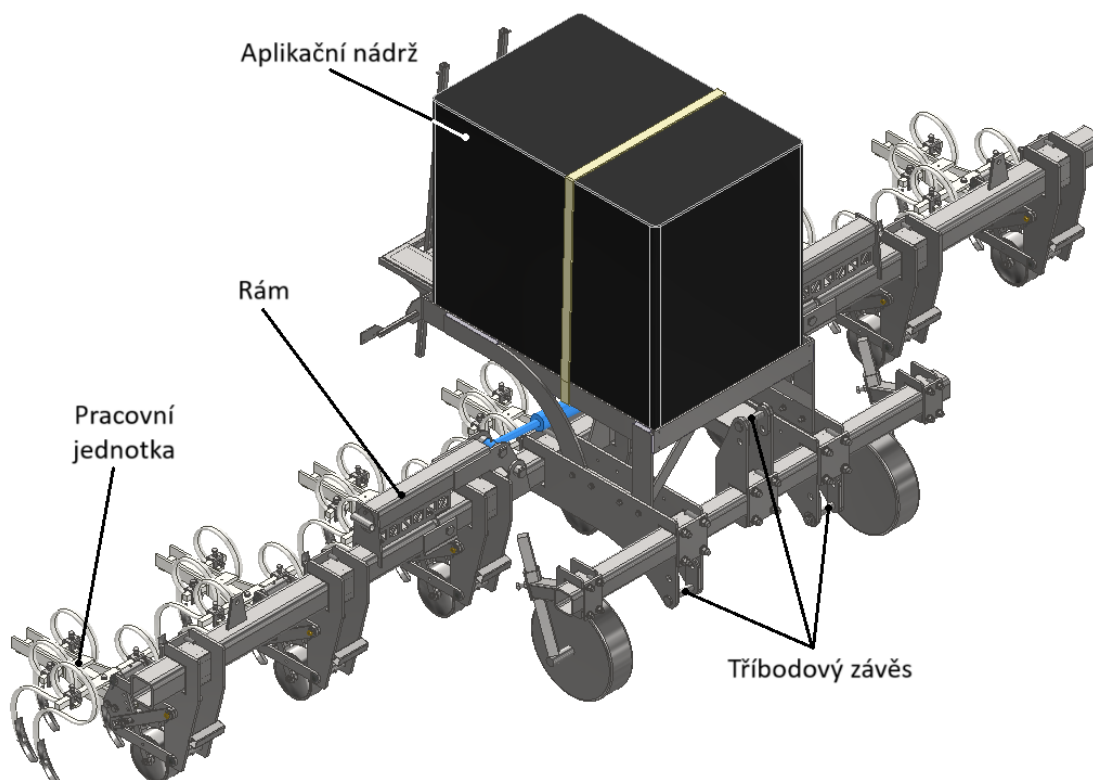
Obrázek 37 Lemken EC-Weeder

(zdroj: [47])

## 8 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Cílem výpočtové části je navrhnout konstrukci plečky na kukuřici. Základními parametry vyráběné plečky je 7 pracovních jednotek o rozteči 760 milimetrů a přihnojovací zařízení na kapalné hnojivo DAM. Velikost nádrže je 600 litrů. Zařízení bude agregováno do zadního tříbodového závěsu traktoru.

Pro návrh, výkresovou dokumentaci a FEM (Finite element method) výpočty byl použit program Autodesk Inventor.

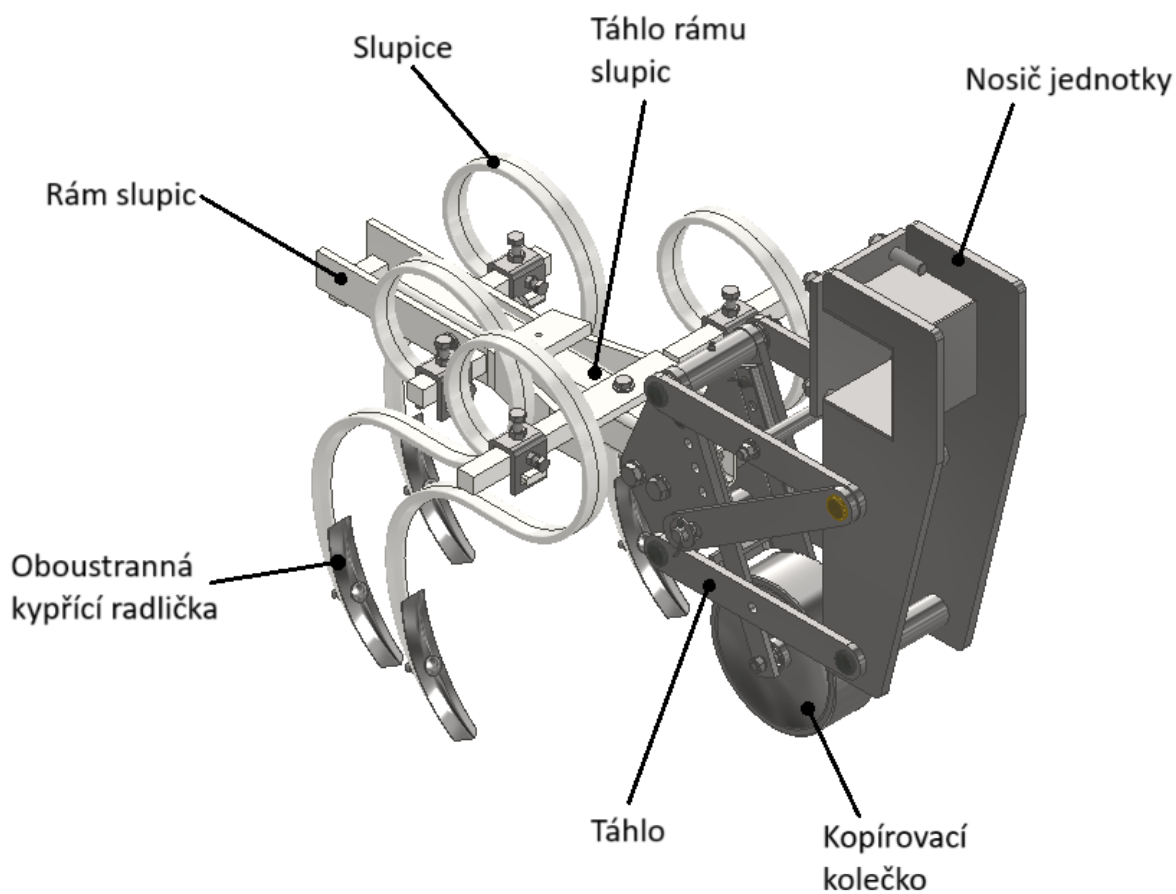


Obrázek 38 Popis plečky

(zdroj: vlastní)

### 8.1 Pracovní jednotka

Pracovní jednotka slouží k mechanickému odplevelení, zapravení hnojiva a narušení horní vrstvy půdy. Využívá k tomu oboustranných kypřících radliček. Díky paralelogramu a výškově nastavitelnému kopírovacímu kolečku kopíruje nerovnosti terénu a zajišťuje konstantní pracovní hloubku kypření. Hloubku záběru lze nastavit ve 4 pozicích a to 3, 6, 9 a 12 centimetrů.



Obrázek 39 Popis pracovní jednotky

(zdroj: vlastní)

### 8.1.1 Oboustranná kypřící radlička

- Odpor jedné radličky

Při návrhu odporu  $R_{1r}$  se počítalo s měrným odporem půdy  $m_o=100 \text{ kg/dm}^2$ , hloubkou záběru  $a_r=12 \text{ cm}$ , šířkou záběru  $b_r=5 \text{ cm}$  a bezpečnostním koeficientem  $k=2$ . [48]

$$R_{1r} = m_o \cdot a_r \cdot b_r \cdot k = 100 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 2 = 120 \text{ kg} \quad (1)$$

- Síla na jednu radličku

$$F_{1r} = R_{1r} \cdot g = 120 \cdot 9,81 = 1177,2 \text{ N} \quad (2)$$

- Síla na jednu jednotku

Na jedné pracovní jednotce jsou 4 radličky, tudíž  $n=4$ .

$$F_{1j} = F_{1r} \cdot n = 1177,2 \cdot 4 = 4708,8 \text{ N} \quad (3)$$

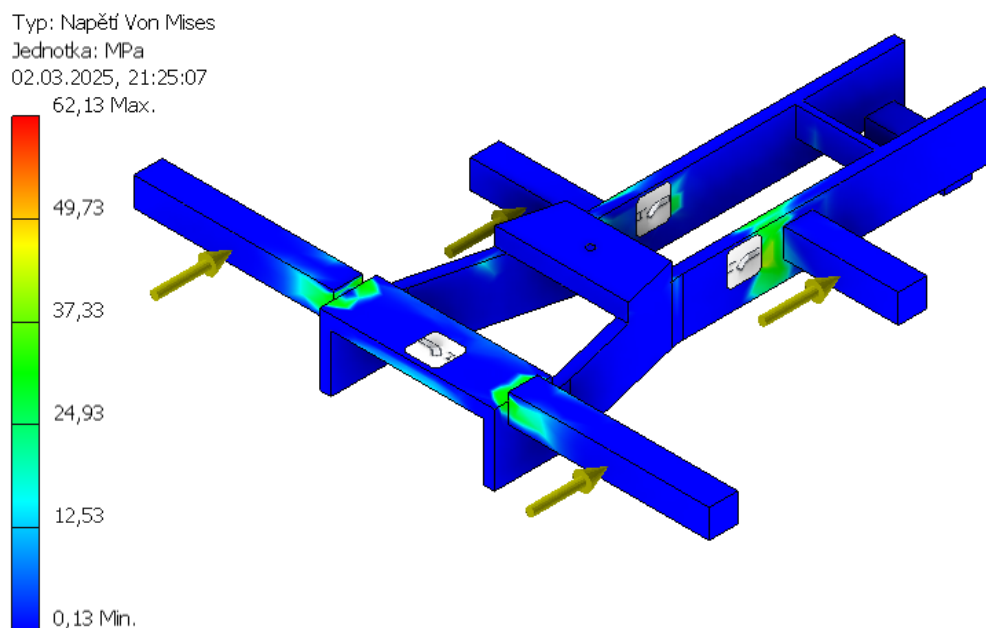
### 8.1.2 Dovolenoého napětí na namáhání tahem

Bezpečnostní koeficient zvolen  $k=3$ . Materiál byl zvolen S235, tudíž mez kluzu  $R_e$  je tak zvolena 195 MPa.[49]

$$\sigma_{TD} = \frac{R_e}{k} = \frac{195}{3} = 65 \text{ MPa} \quad (4)$$

### 8.1.3 Rám slupic

K rámu slupic jsou připevněny pomocí držáku slupic a dvou šroubů slupice s radličkami. Rám byl použit ze staré plečky Fortschritt P 437. Síly jsou umístěny v místech, kde budou reálně umístěny i slupice. Širší umístění s ohledem rozteč výsevu kukuřice není ani možné. Pro výpočet byl volen stejný materiál jako u ostatních součástí. Maximální napětí dle Misesa je 62,13 MPa.

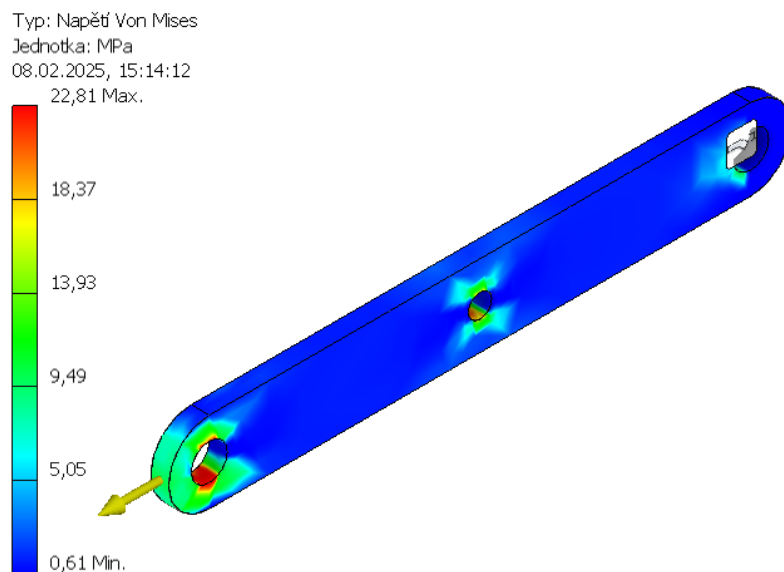


Obrázek 40 Rám slupic

(zdroj: vlastní)

### 8.1.4 Táhlo

$$\sigma_{TD} = \frac{F_{1j}}{S} \Rightarrow S = \frac{4708,8}{65} = 72,44 \text{ mm}^2 \quad (5)$$

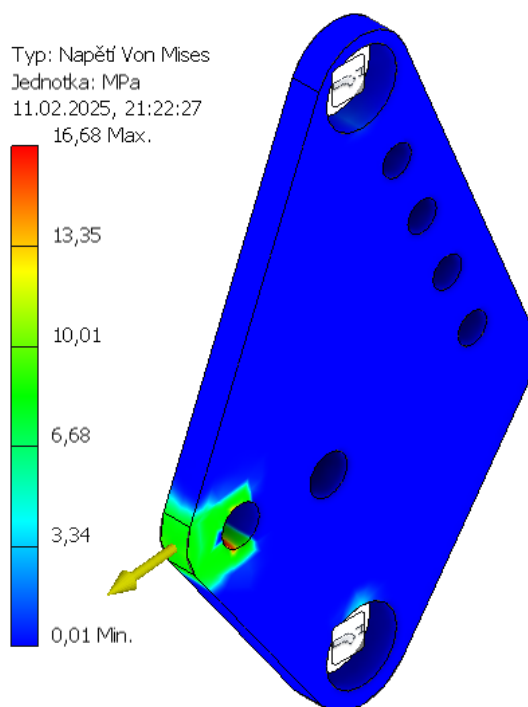


Obrázek 41 Táhlo

*(zdroj: vlastní)*

Volím profil 45x10 mm. Táhlo vypáleno laserem. Krajní díry vypáleny na průměr 18 a poté převrtány na průměr 20 H10. Táhlo vyrobeno z materiálu S235.

### 8.1.5 Deska



Obrázek 42 Deska

*(zdroj: vlastní)*

Volím tloušťku desky 12 mm. Maximální napětí dle Misesse je 16,68 MPa. Deska vypálena laserem. Deska vyrobena z materiálu S235.

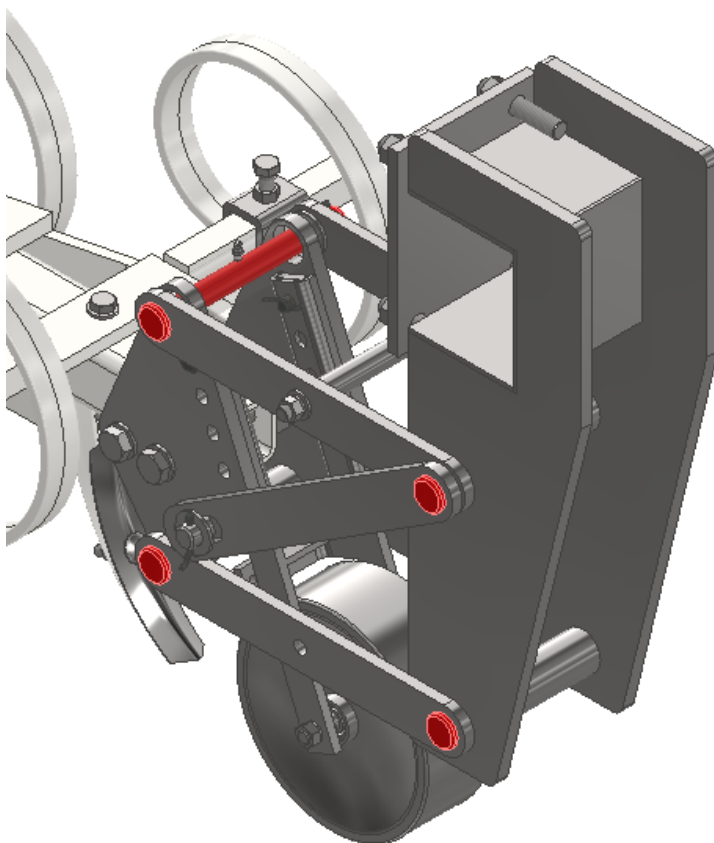
### 8.1.6 Dovolené napětí na namáhání střihem

Dovolené napětí na namáhání střihem  $\tau_{SD}$  je voleno jako 0,6 násobek dovoleného napětí na namáhání tahem.

$$\tau_{SD} = 0,6 \cdot \sigma_{TD} = 0,6 \cdot 65 = 39 \text{ MPa} \quad (6)$$

### 8.1.7 Čepy

Čep byl navrhnut dle namáhání na střih a poté zkontrolován na otláčení. Čepy vyrobeny z materiálu S235.



Obrázek 43 Čepy pracovní jednotky

(zdroj: vlastní)

- Namáhání čepu na střih

$$\tau_{SD} = \frac{F_{1j}}{S} \Rightarrow S = \frac{F_{1j}}{\tau_{SD}} = \frac{4708,8}{39} = 120,74 \text{ mm}^2 \quad (7)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 120,74}{\pi}} = 12,40 \text{ mm} \quad (8)$$

Volím průměr čepu 20 mm. Čep vyroben z materiálu S235.

- Namáhání čepu na otláčení

$$p = \frac{F_{1j}}{S} \leq p_D$$

$$p = \frac{4708,8}{314,16} \leq p_D \quad (9)$$

$$p = 14,99 \text{ MPa} \leq p_D = 70 \text{ MPa}$$

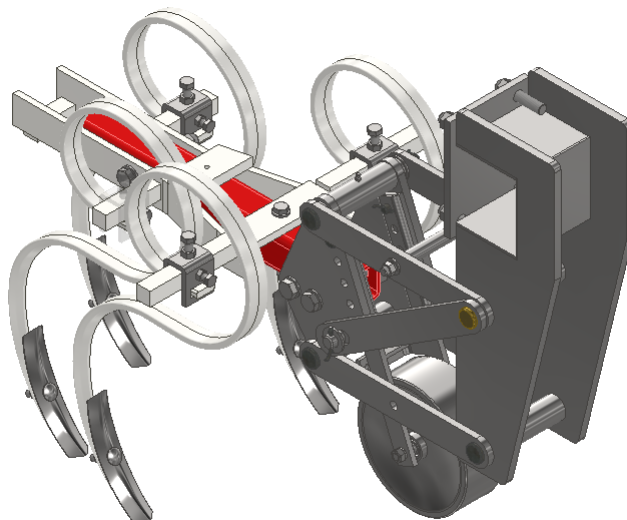
Čep vyhovuje na otláčení.

### 8.1.8 Profil táhla rámu slupic

$$\sigma_{TD} = \frac{F_{1j}}{S} \Rightarrow S = \frac{4708,8}{65} = 72,44 \text{ mm}^2 \quad (10)$$

Volím čtvercový profil TR 4HR 60x5-500-ČSN 42 5720-11 523 (S235)[50]

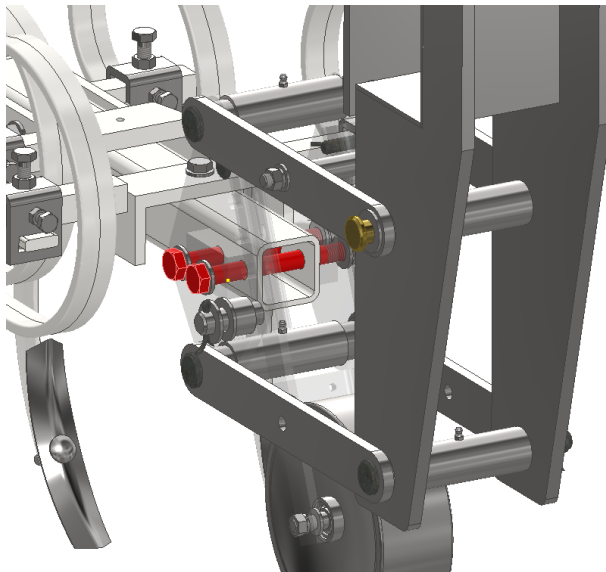
Volba táhla závislá na velikosti rozměru rámu slupic.



Obrázek 44 210 táhlo rámu slupic

(zdroj: vlastní)

### 8.1.9 Šrouby táhla rámu slupic



Obrázek 45 Šrouby táhla rámu slupic

(zdroj: vlastní)

- Minimální plocha dvou šroubů ze střihu

$$\tau_{SD} = \frac{F_{1j}}{S_{2š}} \Rightarrow S_{2š} = \frac{F_{1j}}{\tau_{SD}} = \frac{4708,8}{39} = 120,74 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

- Plocha jednoho šroubu

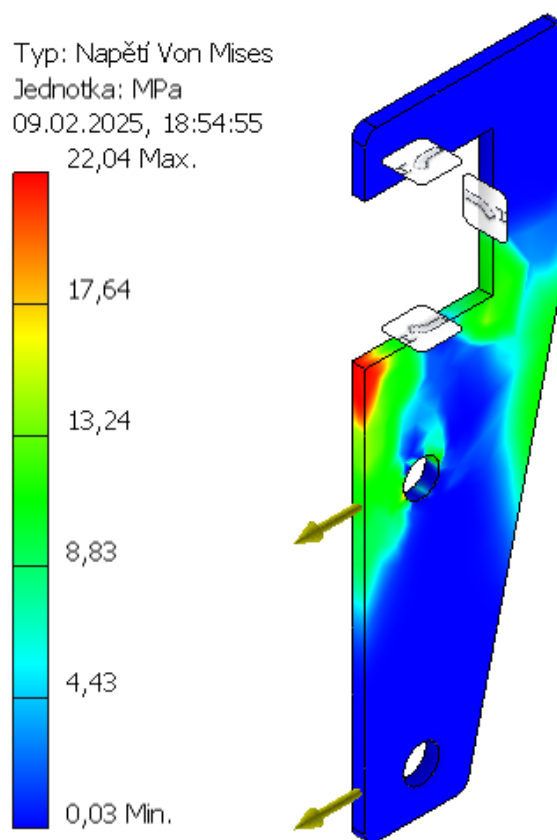
$$S_{1š} = \frac{S_{2š}}{2} = \frac{120,74}{2} = 60,37 \text{ mm}^2 \quad (12)$$

- Průměr a volba šroubu

$$S_{1š} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1š}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 60,37}{\pi}} = 8,77 \text{ mm} \quad (13)$$

Volím šroub M12x120 ČSN EN 24 014-8.8[50]

### 8.1.10 Nosič

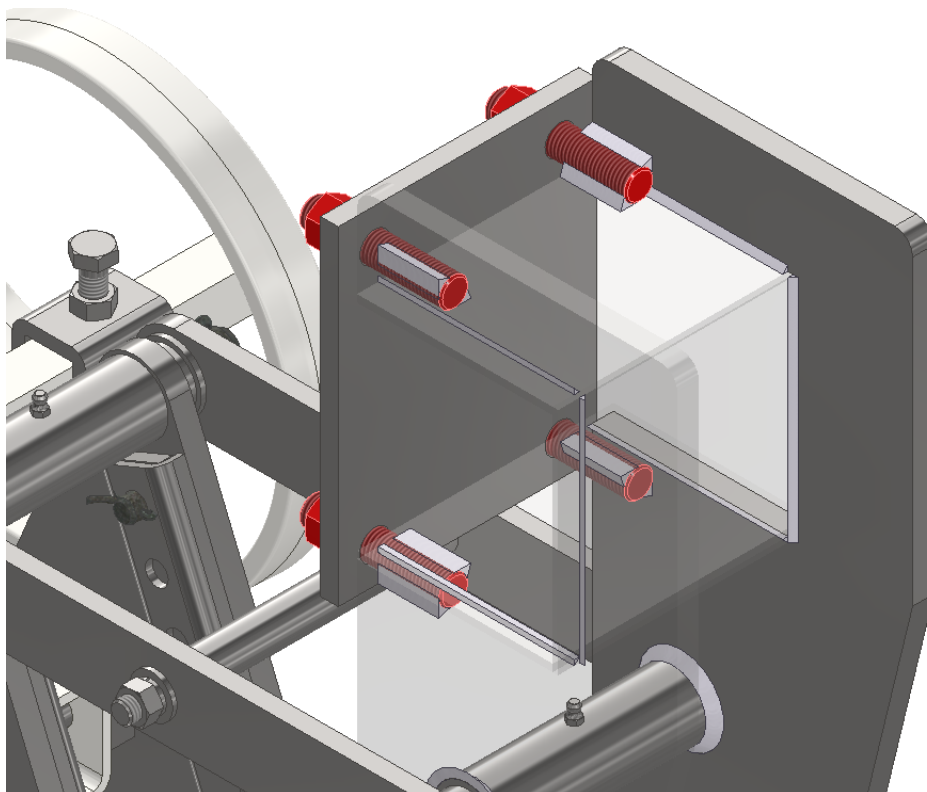


Obrázek 46 Nosič

(zdroj: vlastní)

Volím tloušťku desky 12 mm. Volba tloušťky byla volena s ohledem na větší rozteč děr, která činí 220 mm a tím zvýšení pevnosti součásti. Maximální napětí dle Misese je 22,04 MPa. Deska vypálena laserem. Deska vyrobena z materiálu S235.

## 8.1.11 Závítové tyče na 1 jednotce



Obrázek 47 Závítové tyče na pracovní jednotce

(zdroj: vlastní)

- Dovolené tahové napětí

$$\sigma_{TD} = \frac{0,6 \cdot R_e}{k} = \frac{0,6 \cdot 195}{3} = 39 \text{ MPa} \quad (14)$$

- Síla působící na jednu závitovou tyč

$$F_{1j} = F_{1t} \cdot n \Rightarrow F_{1t} = \frac{F_{1j}}{n} = \frac{4708,8}{4} = 1177,2 \text{ N} \quad (15)$$

- Plocha jedné závitové tyče

$$\sigma_{TD} = \frac{F_{1t}}{S_{1t}} \Rightarrow S_{1t} = \frac{F_{1t}}{\sigma_{TD}} = \frac{1177,2}{39} = 30,18 \text{ mm}^2 \quad (16)$$

- Minimální průměr závitové tyče

$$S_{1t} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1t}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30,18}{\pi}} = 6,20 \text{ mm} \quad (17)$$

Volím závitovou tyč M16

- Kontrola únosnosti matice

Zvolená matice je M16 ČSN 02 1402[50]

$$p_m = \frac{F_{1\check{s}}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot i} \leq p_D$$

$$p_m = \frac{F_{1\check{s}}}{\pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - D_1}{2} \cdot i} \leq p_D \quad (18)$$

$$p_m = \frac{1177,2}{\pi \cdot 14,701 \cdot \frac{16 - 13,835}{2} \cdot 5} \leq p_D$$

$$p_m = 4,71 \text{ MPa} < p_D = 70 \text{ MPa}$$

Zvolená závitová tyč a matice M16 vyhovuje

### 8.1.12 Koutové svary na závitové tyči M16

- Dovolené napětí ve stříhu

$$\tau_{SD} = 0,7 \cdot \frac{0,6 \cdot R_e}{k} = 0,7 \cdot \frac{0,6 \cdot 284}{3} = 39,76 \text{ MPa} \quad (19)$$

- Dovolené napětí ve svaru

$$\tau_{SD \text{ svar}} = (0,6 \div 1) \cdot \tau_{SD} = 0,6 \cdot 39,76 = 23,86 \text{ MPa} \quad (20)$$

- Nosná výška svaru

$$a_s = 0,707 \cdot t_s = 0,707 \cdot 4 = 2,83 \text{ mm} \quad (21)$$

- Činná délka svaru

$$l = l' - 2 \cdot a_s = 35 - 2 \cdot 2,83 = 29,34 \text{ mm} \quad (22)$$

- Napětí ve svaru

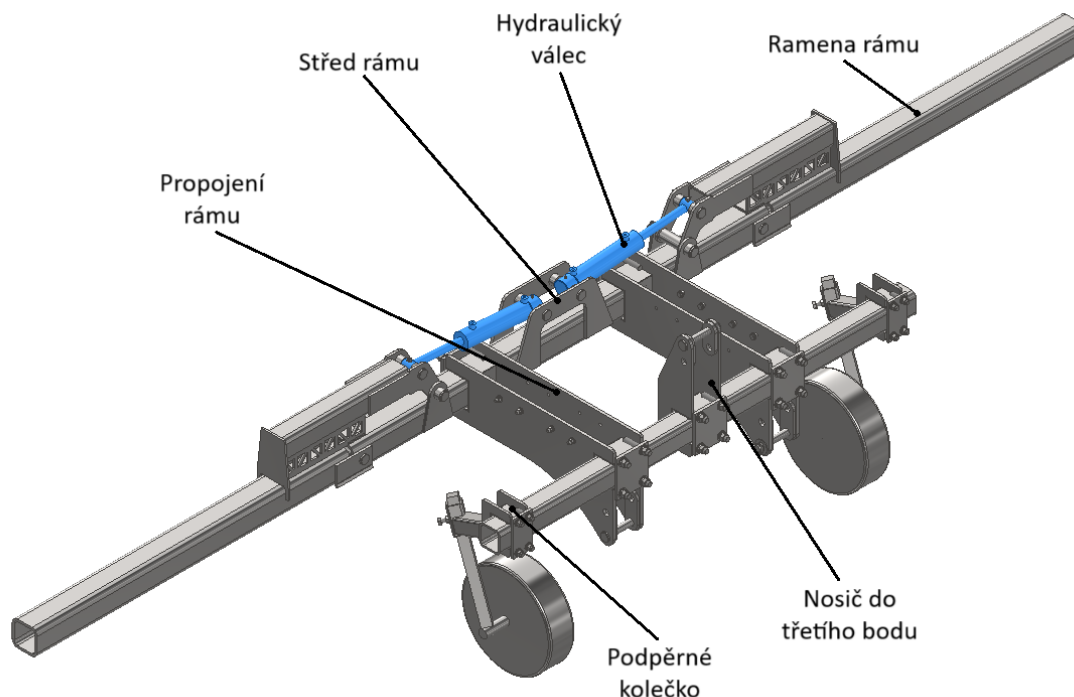
$$\tau_{svar} = \frac{F_{1\check{s}}}{2 \cdot a_s \cdot l} = \frac{1177,2}{2 \cdot 2,83 \cdot 29,34} = 7,09 \text{ MPa} \quad (23)$$

$$\tau_{svar} < \tau_{SD \text{ svar}}$$

Svar vyhovuje

## 8.2 Rám

Na rám stroje působí síly vyvolané pracovními jednotkami vzdálenými od sebe 760 mm. Tato vzdálenost je shodná s roztečí secích btek secího stroje na kukuřici. Síly působí v různých vzdálenostech od středu plečky, tím pádem vzniká ohybový moment, podle kterého je rám stroje dimenzován.



Obrázek 48 Popis rámu

(zdroj: vlastní)

### 8.2.1 Dovolené napětí na namáhání ohybem

$$\sigma_{OD} = \frac{R_e}{k} = \frac{225}{2} = 112,5 \text{ MPa} \quad (24)$$

### 8.2.2 Profil rámu

- Minimální modul pružnosti v ohybu

$$\sigma_o = \frac{M_{Omax}}{W_{Omin}} \leq \sigma_{OD} \Rightarrow W_{Omin} = \frac{M_{Omax}}{\sigma_{OD}} \quad (25)$$

$$W_{Omin} = \frac{M_{Omax}}{\sigma_{OD}} = \frac{F_1 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_3 \cdot l_3}{\sigma_{OD}}$$

$$W_{Omin} = \frac{4708,8 \cdot 1845 + 4708,8 \cdot 1085 + 4708,8 \cdot 325}{112,5}$$

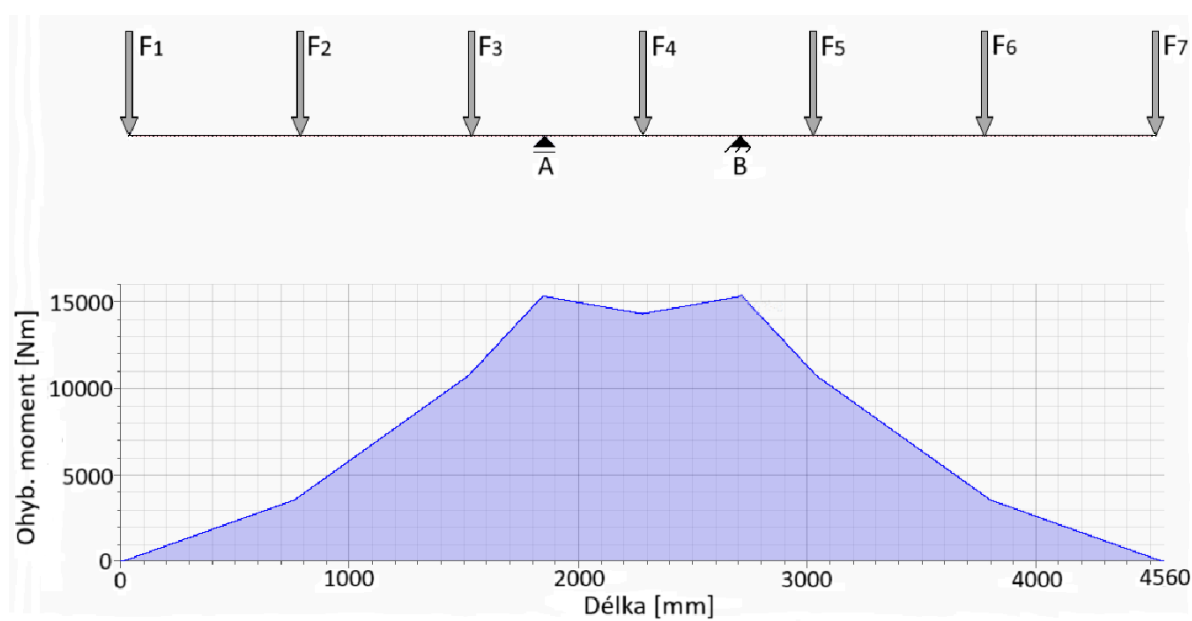
$$W_{Omin} = 136241,28 \text{ mm}^3$$

- Modul pružnosti v ohybu profilu

$$W_O = \frac{H^4 - h^4}{6h} = \frac{120^4 - 100^4}{6 \cdot 120} = 149111,11 \text{ mm}^3 \quad (26)$$

$$W_O > W_{Omin}$$

Volím čtvercový profil TR 4HR 120x10-5000-ČSN EN 10219-2-11 375[50]



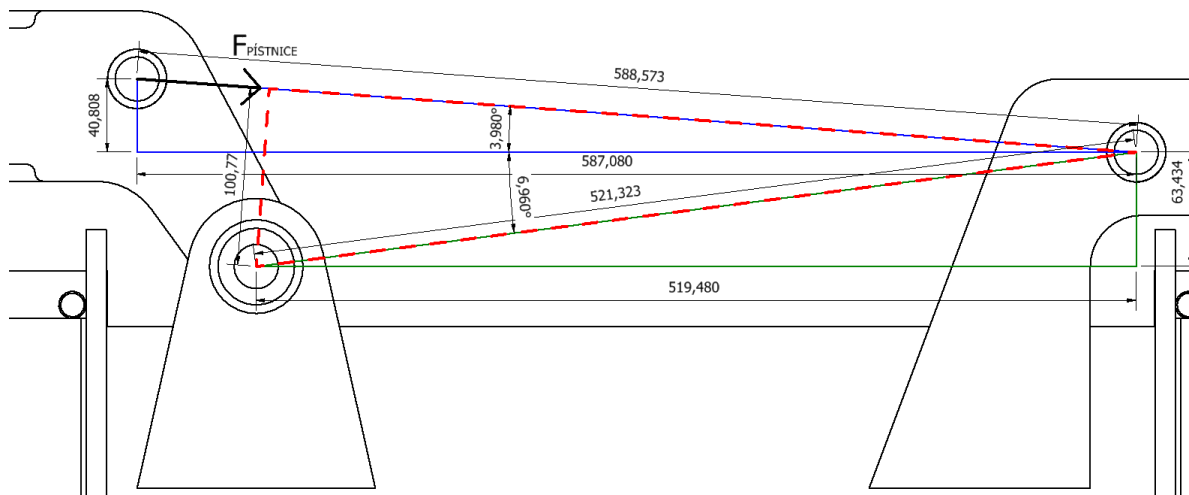
Obrázek 49 Průběh ohybového momentu

(zdroj: vlastní)

### 8.2.3 Hydraulický válec

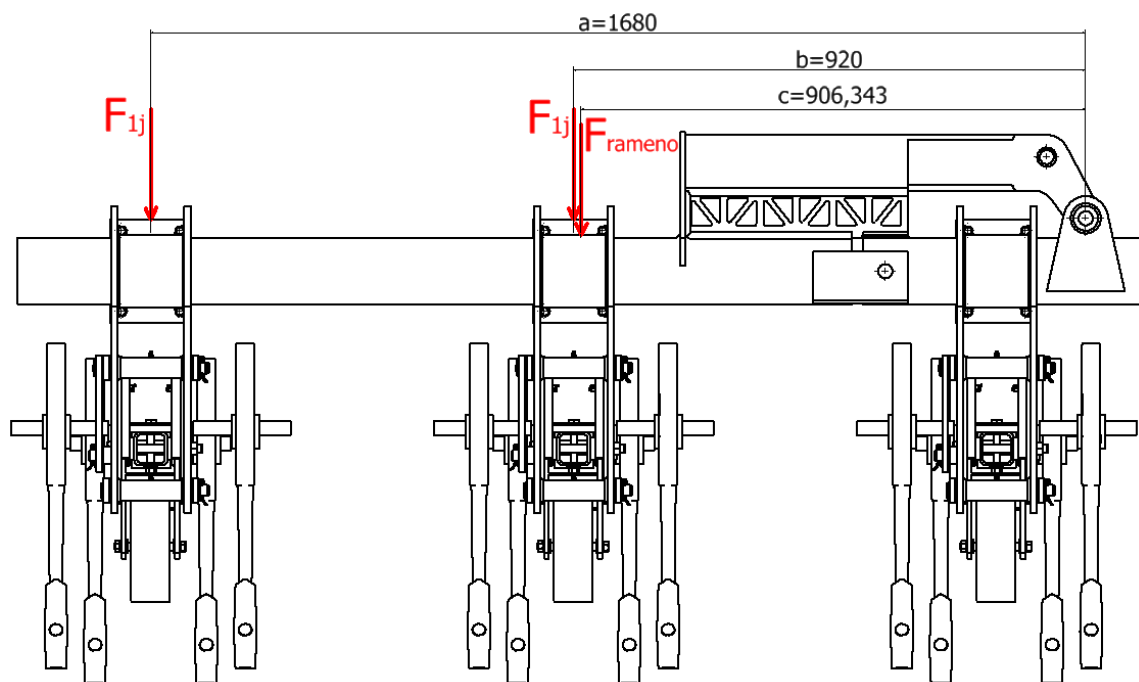
Byl zvolen standartní dvojčinný hydraulický válec se zdvihem 200 mm (potřebný zdvih je 181,56 mm), průměrem pístnice 30 mm a vnějším průměrem válce 60 mm.

- Minimální síly potřebné na zdvih ramene



Obrázek 50 Znázornění vzdáleností, uhlů a síly hydraulického válce

(zdroj: vlastní)



Obrázek 51 Znázornění působících sil na pákách

(zdroj: vlastní)

$$(m_{1j} \cdot a + m_{1j} \cdot b + m_{\text{rameno}} \cdot c) \cdot g = F_{\text{pístnice}} \cdot y$$

$$F_{\text{pístnice}} = \frac{(m_{1j} \cdot a + m_{1j} \cdot b + m_{\text{rameno}} \cdot c) \cdot g}{y} \quad (27)$$

$$F_{pístnice} = \frac{(65,257 \cdot 1680 + 65,257 \cdot 920 + 72,779 \cdot 906,343) \cdot 9,81}{100,77}$$

$$F_{pístnice} = 22938,77 \text{ N}$$

- Průtok oleje z traktoru

Průtok oleje  $\dot{Q}$  v použitém traktoru je 61 l/min. Vygenerovaný tlak  $P_n$  na hydraulickém čerpadle traktoru je 185 barů.

$$\dot{Q} = 61 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 1,017 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (28)$$

- Kontrola sil zdvihu zvoleného hydraulického válce

$$F_{válec tlak} = P_n \cdot S_1 = P_n \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 18,5 \cdot \frac{\pi \cdot 60^2}{4} \quad (29)$$

$$F_{válec tlak} = 52307,51 \text{ N}$$

$$F_{válec tah} = P_n \cdot S_2 = P_n \cdot \left[ \frac{\pi}{4} \cdot (D_v^2 - d_v^2) \right] = 18,5 \cdot \left[ \frac{\pi}{4} \cdot (60^2 - 30^2) \right] \quad (30)$$

$$F_{válec tah} = 39230,64 \text{ N}$$

$$F_{válec tah, tlak} > F_{pístnice} \Rightarrow \text{zvolený hydraulický válec vyhovuje}$$

- Rychlosti vysunutí a zasunutí pístu

$$\dot{Q} = S_1 \cdot v_{tlak} \Rightarrow v_{tlak} = \frac{\dot{Q}}{S_1} = \frac{\dot{Q}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{1,017 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi \cdot 0,06^2}{4}} = 0,36 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (31)$$

$$\dot{Q} = S_2 \cdot v_{tah} \Rightarrow v_{tah} = \frac{\dot{Q}}{S_2} = \frac{\dot{Q}}{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1,017 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \cdot (0,06^2 - 0,03^2)} \quad (32)$$

$$v_{tah} = 0,48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### 8.2.4 Dovoleno napětí na namáhání tahem

Bezpečnostní koeficient zvolen  $k=2$ . Materiál byl zvolen S235, tudíž mez kluzu  $R_e$  je tak zvolena 195 MPa.[49]

$$\sigma_{TD} = \frac{R_e}{k} = \frac{195}{2} = 97,5 \text{ MPa} \quad (33)$$

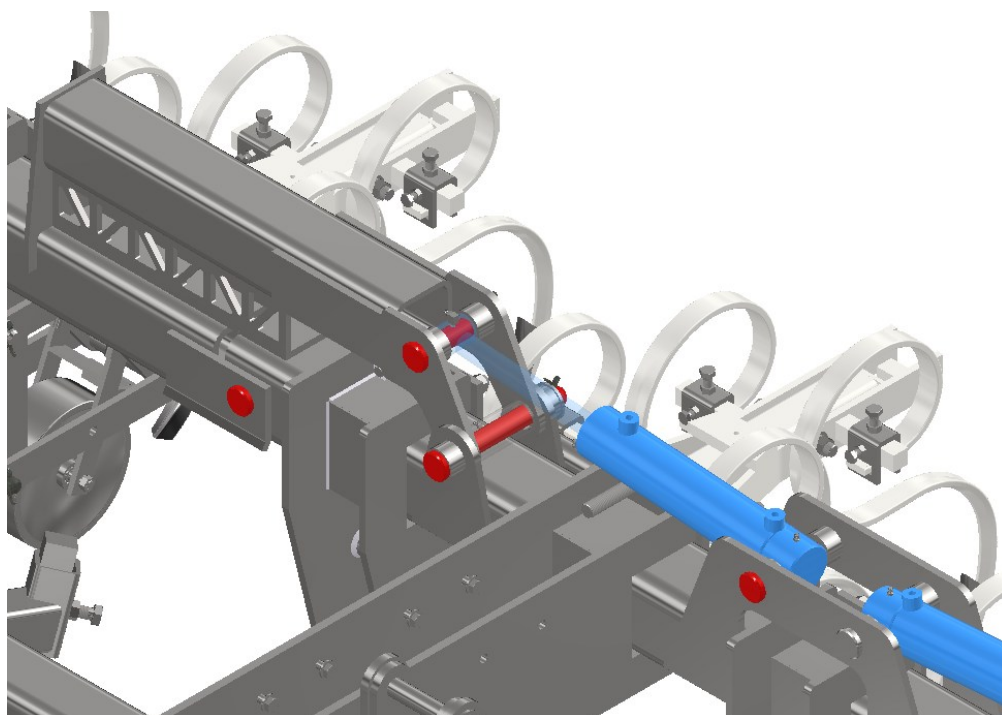
### 8.2.5 Dovolené napětí na namáhání střihem

Dovolené napětí na namáhání střihem  $\tau_{SD}$  je voleno jako 0,6 násobek dovoleného napětí na namáhání tahem.

$$\tau_{SD} = 0,6 \cdot \sigma_{TD} = 0,6 \cdot 97,5 = 58,5 \text{ MPa} \quad (34)$$

### 8.2.6 Čepy

Čepy zajišťují spojení ramen a středu rámu a propojují hydraulické válce s rámem.



Obrázek 52 Čepy rámu

(zdroj: vlastní)

- Namáhání čepu na střih

$$\tau_{SD} = \frac{F_{pistnice}}{S} \Rightarrow S = \frac{F_{pistnice}}{\tau_{SD}} = \frac{22938,77}{58,5} = 392,12 \text{ mm}^2 \quad (35)$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 392,12}{\pi}} = 22,34 \text{ mm}$$

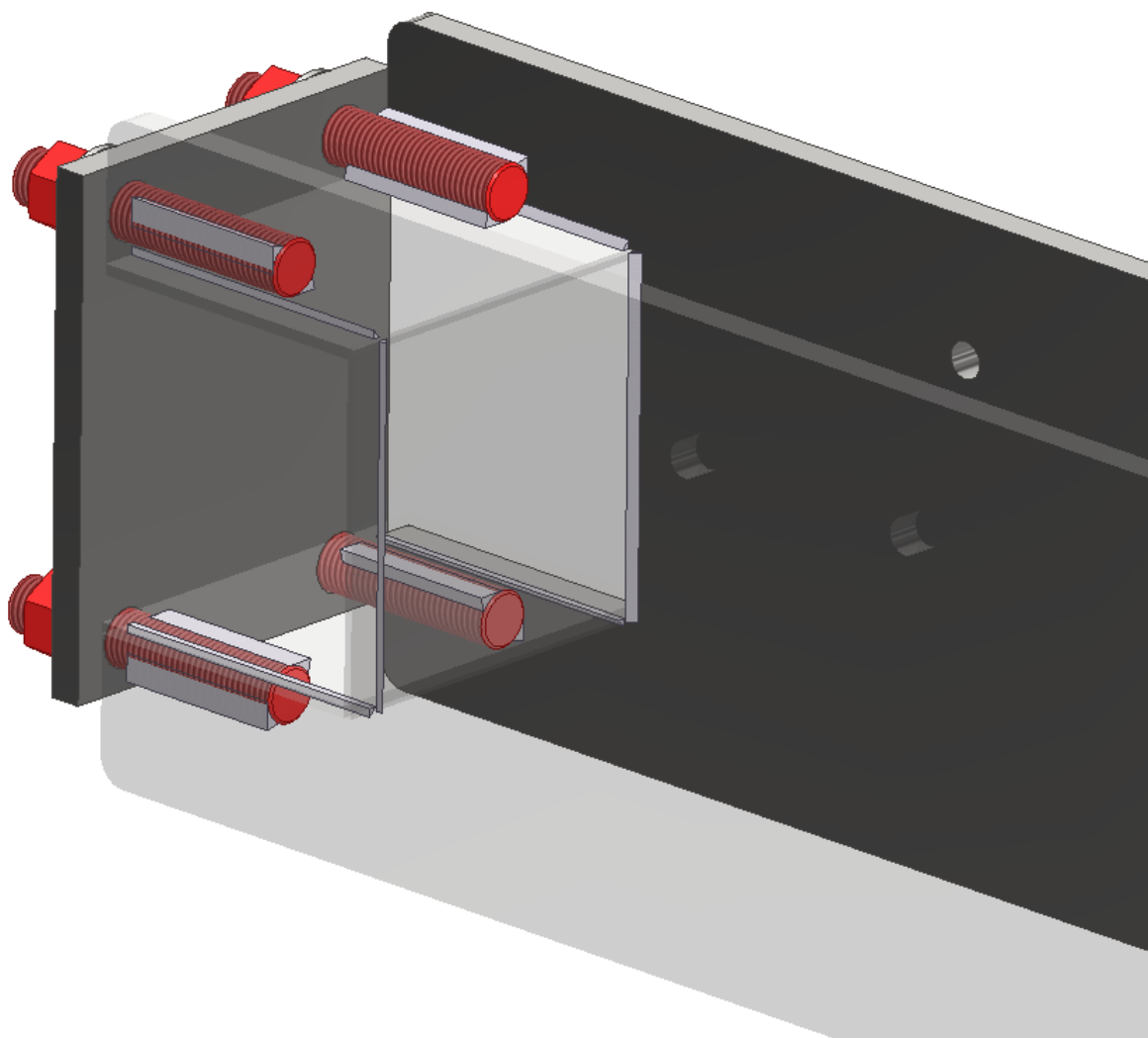
Volím čep průměru 26 mm.

- Namáhání čepu na otláčení

$$\begin{aligned} p &= \frac{F_{1j}}{S} \leq p_D \\ p &= \frac{22938,77}{392,12} \leq p_D \\ p &= 58,49 \text{ MPa} \leq p_D = 70 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (36)$$

Čep vyhovuje na otláčení

### 8.2.7 Závítové tyče na nosiči rámu



Obrázek 53 Závítová tyč na nosič

(zdroj: vlastní)

- Dovolené tahové napětí

$$\sigma_{TD} = \frac{0,6 \cdot R_e}{k} = \frac{0,6 \cdot 195}{3} = 39 \text{ MPa} \quad (37)$$

- Síly působící od 7 pracovních jednotek

$$F_{7j} = F_{1j} \cdot n_j = 4708,8 \cdot 7 = 32961,6 \text{ N} \quad (38)$$

- Síly působící na jeden nosič rámu

$$F_{1nosič} = \frac{F_{7j}}{n_{nosič}} = \frac{32961,6}{2} = 16480,8 \text{ N} \quad (39)$$

- Síly působící na jednu závitovou tyč

$$F_{1nosič} = F_{1t} \cdot n \Rightarrow F_{1š} = \frac{F_{1nosič}}{n} = \frac{16480,8}{4} = 4120,2 \text{ N} \quad (40)$$

- Plocha jedné závitové tyče

$$\sigma_{TD} = \frac{F_{1t}}{S_{1t}} \Rightarrow S_{1š} = \frac{F_{1t}}{\sigma_{TD}} = \frac{4120,2}{39} = 105,65 \text{ mm}^2 \quad (41)$$

- Minimální průměr závitové tyče

$$S_{1t} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1t}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 105,65}{\pi}} = 11,60 \text{ mm} \quad (42)$$

Volím závitovou tyč M20

- Kontrola únosnosti matice

Zvolená matice je M20 ČSN 02 1402[50]

$$p_m = \frac{F_{1š}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot i} \leq p_D$$

$$p_m = \frac{F_{1š}}{\pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - D_1}{2} \cdot i} \leq p_D \quad (43)$$

$$p_m = \frac{4120,2}{\pi \cdot 18,376 \cdot \frac{20 - 17,294}{2} \cdot 5} \leq p_D$$

$$p_m = 10,57 \text{ MPa} < p_D = 70 \text{ MPa}$$

Zvolená závitová tyč a matice M20 vyhovuje

### 8.2.8 Koutové svary na závitové tyči M20

- Dovolené napětí ve střihu

$$\tau_{SD} = 0,7 \cdot \frac{0,6 \cdot R_e}{k} = 0,7 \cdot \frac{0,6 \cdot 284}{3} = 39,76 \text{ MPa} \quad (44)$$

- Dovolené napětí ve svaru

$$\tau_{SD \text{ svar}} = (0,6 \div 1) \cdot \tau_{SD} = 0,6 \cdot 39,76 = 23,86 \text{ MPa} \quad (45)$$

- Nosná výška svaru

$$a_s = 0,707 \cdot t_s = 0,707 \cdot 4 = 2,83 \text{ mm} \quad (46)$$

- Činná délka svaru

$$l = l' - 2 \cdot a_s = 65 - 2 \cdot 2,83 = 59,34 \text{ mm} \quad (47)$$

- Napětí ve svaru

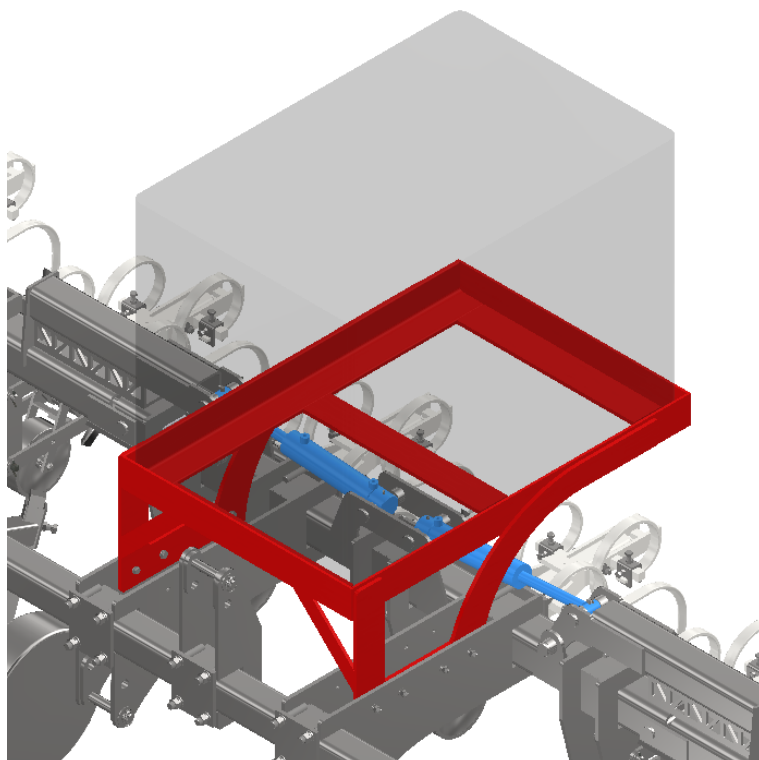
$$\tau_{svar} = \frac{F_{1\dot{s}}}{2 \cdot a_s \cdot l} = \frac{4120,2}{2 \cdot 2,83 \cdot 59,34} = 12,27 \text{ MPa} \quad (48)$$

$$\tau_{svar} < \tau_{SD \text{ svar}}$$

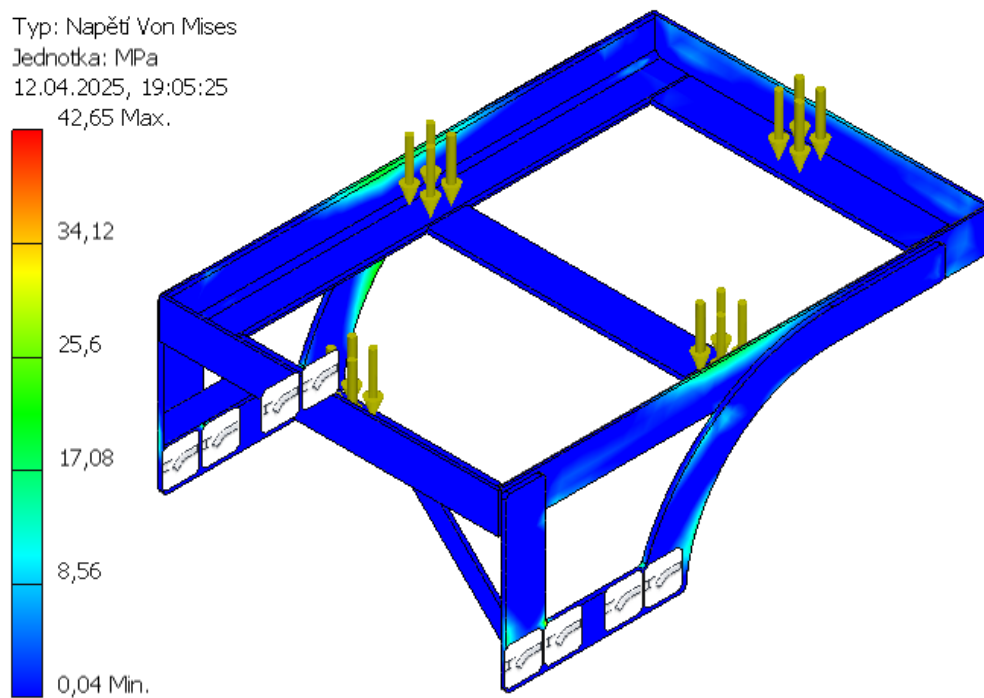
Svar vyhovuje

### 8.3 Nosič nádrže

Do nosiče nádrže je usazena nádrž IBC o objemu 600 litrů. Délka nádrže je 1200 mm, šířka 800 mm a výška i s europaletou 1000 mm.



Obrázek 54 Nosič nádrže

*(zdroj: vlastní)*

Obrázek 55 Rám nádrže

*(zdroj: vlastní)*

Maximální tlakové napětí dle Misesa je 42,65 MPa.

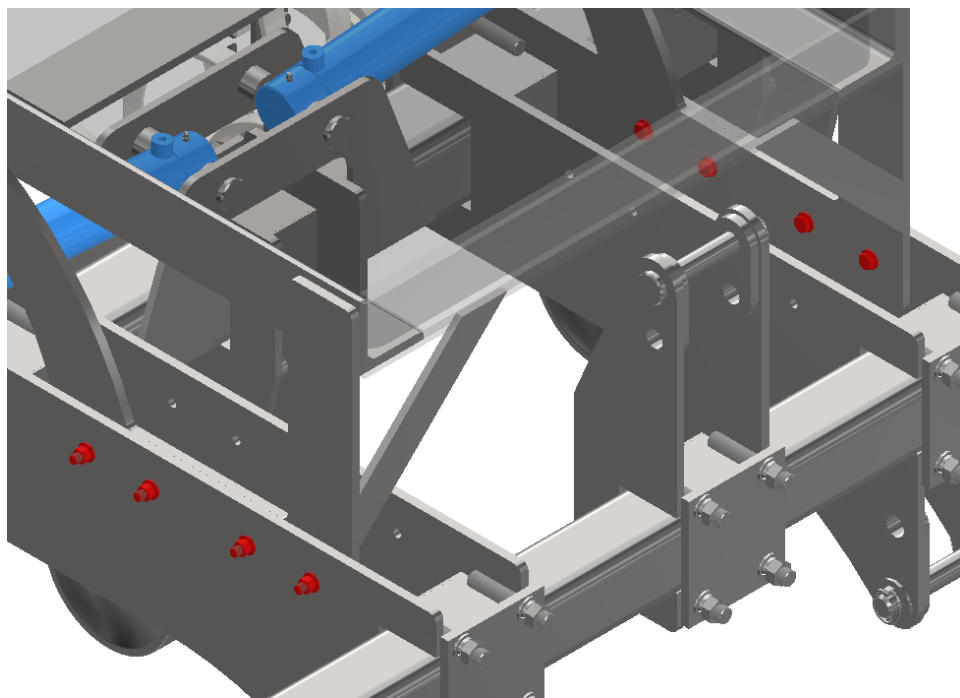
### 8.3.1 Hmotnost hnojiva

Hnojivo DAM má při teplotě 25°C hustotu  $\rho_{DAM}=1300 \text{ kg/m}^3$ . [35]

$$m_{DAM} = V_{DAM} \cdot \rho_{DAM} = 600 \cdot 1,3 = 780 \text{ kg} \quad (49)$$

### 8.3.2 Šrouby nosiče nádrže

Šrouby nosiče nádrže zajišťují spojení nosiče nádrže a rámu samotné plečky. Je počítáno jak se samotnou hmotností hnojiva  $m_{DAM}=760 \text{ kg}$ , ale také s hmotností nádrže  $m_{nádrž}=46 \text{ kg}$ , hmotností nosiče nádrže  $m_{nosič nádrž}=103,053 \text{ kg}$ .



Obrázek 56 Šrouby nosiče nádrže

(zdroj: vlastní)

- Plocha šroubu

$$\begin{aligned} \tau_{SD} = \frac{F_{nádrž}}{S_{1š} \cdot n} \Rightarrow S_{1š} &= \frac{F_{nádrž}}{\tau_{SD} \cdot n} = \frac{(m_{DAM} \cdot m_{nádrž} \cdot m_{nosič nádrž}) \cdot g}{\tau_{SD} \cdot n} \\ S_{1š} &= \frac{(760 \cdot 46 \cdot 103,053) \cdot 9,81}{39 \cdot 8} = \frac{9114,01}{312} = 29,21 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (50)$$

- Průměr a volba šroubu

$$S_{1\dot{s}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1\dot{s}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29,21}{\pi}} = 6,10 \text{ mm} \quad (51)$$

Volím šroub M12x50 ČSN EN 24 014-8.8[50]

- Namáhání šroubů M12 na otláčení

$$p = \frac{F_{nádrž}}{S \cdot n} = \frac{F_{nádrž}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n} \leq p_D$$

$$p = \frac{9114,01}{\frac{\pi \cdot 12^2}{4} \cdot 8} \leq p_D \quad (52)$$

$$p = 10,07 \text{ MPa} \leq p_D = 70 \text{ MPa}$$

Šrouby M12 vyhovují.

### 8.3.3 Čerpadlo

Hlavním parametrem pro výběr čerpadla je aplikační dávka hnojiva, která činí 100 litrů na hektar. Minimální pracovní rychlost je 8 km/h a maximální je 12 km/h. Výpočty pro výběr čerpadla jsou koncipovány na rychlost  $v=12$  km/h, aplikační dávku 100 l/ha a při šířce záběru  $u=4,56$  metru.

- Dráha při záběru 4,56 m na 1 ha

$$s = \frac{S_{ha}}{u} = \frac{10000}{4,56} = 2193 \text{ m} \quad (53)$$

- Čas na ujetí dráhy  $s=2193$  m neboli plochy  $S=1$  ha

$$s = v \cdot t \Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{2193}{12000} = 0,183 \text{ h} = 659 \text{ s} \quad (54)$$

- Potřebné množství hnojiva za minutu

$$100 \text{ l} \dots 659 \text{ s}$$

$$x \text{ l} \dots 60 \text{ s} \quad (55)$$

$$\Rightarrow \frac{x}{100} = \frac{60}{659} \Rightarrow x = \frac{60}{659} \cdot 100 = 9,10 \text{ l/min}$$

Je potřeba 9,10 l/min. Bylo vybráno pětikomorové membránové čerpadlo SEAFLO série 51 s průtokem 18,9 l/min a maximální tlak 4,2 bar.[51]



Obrázek 57 Čerpadlo SEAFLO série 51

(zdroj: [51])

## 9 VÝROBNÍ ČÁST

Cílem výrobní části je úspěšně vyrobit plečku dle výrobní dokumentace, která bude v zemědělském podniku zařazena do širokého repertoáru půdozpracující techniky.

### 9.1 Pracovní jednotka

Pracovních jednotek je na stroji sedm a jedná se o nejkomplikovanější sestavu. Proces stavby započal svařením nosiče a desek. Následovalo spojení těchto svařenců pomocí táhel a čepů, které se zajistily závlačkami. Poté se osadilo kopírovací kolečko, rám slupic a samotné slupice s radličkami.



Obrázek 58 Pracovní jednotka (vlevo: dolní poloha, vpravo: horní poloha)

*(zdroj: vlastní)*

### 9.2 Rám

Základním nosným prvkem rámu je jekl o rozměrech 120x120x10 ČSN EN 10219-1. Délka rozloženého rámu je 5040 milimetrů. Skládá se ze středu rámu a ze dvou ramen rámu.

Stavba započala nařezáním normalizovaných součástí na požadovanou délku a vyvrtáním děr. Řezání probíhalo na strojní pile na železo a vrtání na otočné vrtačce.



Obrázek 59 Vrtání díry průměru 35 mm do jeklu 120 mm

*(zdroj: vlastní)*

Dalším krokem bylo vyměření umístění a přivaření laserem vypálených součástí. Po dokončení této fáze byly k sestavě přivařeny pouzdra pro čepy, která byla následně vystružena výstružníkem o průměru 20H10. V další části stavby byly všechny 3 části rámu položeny na jekl o délce 5 metrů pro získání konstrukční roviny, která je pro zemědělské účely naprosto dostačující. Umístily se čepy a vypodložily se dorazy, které se následně přivařily. Před povrchovou úpravou byl celý konstrukční celek důkladně očištěn technickým benzínem, načež následovalo nanesení základového nátěru a dvou vrstev povrchového laku. Závěrečnou fází montáže bylo našroubování maznic a instalace pístnic.

Následovalo sestavení a svaření svařenců na tříbodový závěs, držáky podpěrných kol a následná povrchová úprava v podobě lakování.

Závěrečná fáze montáže zahrnovala svařování nosiče nádrže, který byl následně přišroubován do celkové sestavy plečky. Po dokončení této operace byla na nosič umístěna nádrž s čerpadlem, rozvodnými hadicemi a tryskami určenými pro aplikaci hnojiva. Fixace nádrže byla realizována za použití upínací kurtny, čímž bylo zajištěno její uchycení v rámci

konstrukčního celku. Posledním krokem byl rozvod elektroinstalace pro světla a instalace zajišťovacího táhla pro přepravní polohu.



Obrázek 60 Zajišťovací táhlo

(zdroj: vlastní)



Obrázek 61 Přepravní poloha plečky

(zdroj: vlastní)



Obrázek 62 Boční pohled na sestavu traktoru a plečky.

*(zdroj: vlastní)*



Obrázek 63 Pracovní poloha

*(zdroj: vlastní)*

## ZÁVĚR

Tato práce se zabývala návrhem a konstrukčním řešením plečky na kukuřici. Cílem bylo vytvořit stroj, jenž umožní efektivní mechanickou likvidaci plevelu, sníží potřebu průmyslových hnojiv, ale zvýší příjem živin rostlin a podpoří udržitelný rozvoj zemědělské produkce ve společnosti.

V teoretické části byla popsána problematika precizního zemědělství a jeho přínosy v oblasti efektivního hospodaření se zdroji, minimalizace negativních dopadů na půdu a zlepšení výnosnosti plodin. Dále byly porovnány traktory obdobné výkonové řady jako používaný stroj New Holland T5050, různé typy závěsných zařízení, aplikační a naváděcí systémy

Praktická část práce se soustředila na návrh a výrobu plečky. Byly provedeny výpočty zatížení hlavních komponent pomocí základních výpočetních metod jako tah, tlak, ohyb, střih, otláčení. Tyto výpočty byly aplikovány na čepy, šrouby, svary, táhla, profily. Pro sestavy, ale i složitější součásti bylo použito metody konečných prvků. Výpočetním programem byl Autodesk Inventor. Výsledná síla jedné pracovní jednotky  $F_{1j}$  vyšla 4708,8 N a byla vypočtena z odporu jedné radličky  $R_{1r}=120$  kg. Hlavním nosným prvkem je rám (profil 120x120x10), který je navržen tak, aby splňoval ohybové podmínky. Maximální ohybový moment  $M_{0max}$  činí 15 327 Nm. Závěrečná montáž zahrnovala integraci nosiče nádrže, čerpadla, rozvodných hadic a trysek pro aplikaci hnojiva. Na všechny součásti stroje byl použit materiál S235. Výsledkem je prototyp sestavený dle výrobní dokumentace.

Funkčnost stroje bude prověřena na pozemcích, které obhospodařuje dceřiná společnost Agrodelta, s.r.o. Nyní nelze určit hodnotu zvýšení výnosu vlivem aplikace hnojiva plečkou k rostlinám z důvodu odevzdání práce v květnu 2025. Předpoklad je ovšem takový, že bude výnos vyšší. Dále bych se chtěl této problematice věnovat v diplomové práci.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GYARMATI, Gabor a MIZIK, Tamas. The present and future of the precision agriculture. Online. In: *2020 IEEE 15th International Conference of System of Systems Engineering (SoSE)*. IEEE, 2020, s. 593-596. ISBN 978-1-7281-8050-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/SoSE50414.2020.9130481>. [cit. 2024-11-30].
- [2] KIROPOULOS, Konstantinos; BIBI, Stamatia; VAKOUFTSI, Fotini a PANTZIOS, Vassilis. Precision Agriculture Investment Return Calculation Tool. Online. In: *2021 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*. IEEE, 2021, s. 267-271. ISBN 978-1-6654-3929-9. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/DCOSS52077.2021.00051>. [cit. 2024-11-30].
- [3] *Precizní zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2023. ISBN 978-80-7434-707-8.
- [4] HANNU E. S. HAAPALA. Precision Organic Farming. Online. In: *2003, Las Vegas, NV July 27-30, 2003*. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2003, -. Dostupné z: <https://doi.org/10.13031/2013.15391>. [cit. 2024-11-30].
- [5] LUKAS, Vojtěch; ELBL, Jakub; ŠIRŮČEK, Petr; NEUDERT, Lubomír; MEZERA, Jiří et al. *Význam zpracování aplikačních map pro lokálně cílenou agrotechniku zemědělských plodin*. Online. Agromanual. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/vyznam-zpracovani-aplikacnich-map-pro-lokalne-cilenou-agrotechniku-zemedelskych-plodin>. [cit. 2024-11-30].
- [6] KRZIC, M.; SANBORN, P.; WATSON, K.; BOMKE, A.A.; CROWLEY, C. et al. *Soil formation and soil processes*. Online. THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA, VANCOUVER, UNIVERSITY OF NORTHERN BRITISH COLUMBIA, AND THOMPSON RIVERS UNIVERSITY, KAMLOOPS. Processes.soilweb. 2008. Dostupné z: <https://processes.soilweb.ca/>. [cit. 2024-11-01].
- [7] *The Twelve Orders of Soil Taxonomy*. Online. Natural Resources Conservation Service. NRCS Soils. Dostupné z: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/the-twelve-orders-of-soil-taxonomy>. [cit. 2024-11-01].
- [8] *Základní zpracování půdy*. Online. Kws. Dostupné z: <https://www.kws.com/cz/cs/poradenstvi/zakladani-porostu/zpracovani-pudy/>. [cit. 2024-11-01].
- [9] LINKE, Christian a KÖLLER, Karlheinz. *Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug*. 2. vyd. Frankfurt am Main: DLG, 2003. ISBN 3-7690-0574-0.
- [10] KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7.
- [11] BRANT, Václav. *Základy zpracování půdy (5): Orba (I.)*. Online. Agromanual. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i>. [cit. 2024-10-31].
- [12] WHATLEY, Toby. *Arrow straight: How to correctly set up a reversible plough*. Online. In: *Farmersguardian*. 2023. Dostupné z: <https://www.farmersguardian.com/feature/4133561/arrow-straight-correctly-set-reversible-plough>. [cit. 2024-10-31].

- [13] BRANT, Václav. *Základy zpracování půdy (1): Podmítka (I.)*. Online. Agromanual. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-1-podmitka-i>. [cit. 2024-11-01].
- [14] *Diskový podmítač*. Online. In: Vaderstad. Dostupné z: <https://www.vaderstad.com/cz/zpracovani-pudy/diskove-podmitace/carrier-925-1225/>. [cit. 2024-11-02].
- [15] *TERRALAND TN jako dlátový pluh i profesionální podryvák*. Online. In: Bednar. 2021. Dostupné z: <https://www.bednar.com/blog/terraland-tn-jako-dlatovy-pluh-i-profesionalni-podryvak/>. [cit. 2024-11-02].
- [16] BRANT, Václav. *Základy zpracování půdy (8): Zhutnění půdy a kypření podorníčních vrstev půdního profilu*. Online. Agromanual. 2021. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-8-zhutneni-pudy-a-kypreni-podornicnich-vrstev-pudniho-profilu>. [cit. 2025-03-16].
- [17] *Dlátové pluhy*. Online. Bednar. 2025. Dostupné z: <https://www.bednar.com/dlatove-pluhy/>. [cit. 2024-11-02].
- [18] RŮŽEK, Pavel; KUSÁ, Helena a VAVERA, Radek. Plečkování kukuřice s důlkováním a přihnojením. *Úroda*. 2024, roč. 72, č. 3, s. 74-76.
- [19] *Meziřádková kultivace*. Online. Bednar. 2025. Dostupné z: <https://www.bednar.com/meziradkova-kultivace/>. [cit. 2025-02-04].
- [20] FACEK, Zbyněk. *ČSN 46 5302 Značení charakteru půd zpracovávaných mechanizačními prostředky*. Praha: Vydavatelství ÚNM, 1981.
- [21] ANCHE, Gurudatta M.; DEVIKA, K. B. a SUBRAMANIAN, Shankar C. Robust Pitching Disturbance Force Attenuation for Tractor Considering Functional Constraints. Online. *IEEE Access*. 2020, roč. 8, s. 86419-86432. ISSN 2169-3536. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992899>. [cit. 2024-11-30].
- [22] *Case Farmall*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.caseih.com/en-gb/europe/products/tractors/farmall-series/farmall-90-100-a>. [cit. 2024-12-01].
- [23] *Fendt 300 Vario*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.fendt.com/int/agricultural-machinery/tractors/fendt-300-vario>. [cit. 2024-11-30].
- [24] *John Deere 5095M*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.deere.com/en/tractors/utility-tractors/5-family-utility-tractors/5095m-utility-tractor/>. [cit. 2024-11-30].
- [25] *Deutz Fahr series 5*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.deutz-fahr.com/en-and/tractors/5-series>. [cit. 2024-11-30].
- [26] *Zetor Proxima*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.zetor.cz/zetor-proxima>. [cit. 2024-11-30].
- [27] BAUER, František; SEDLÁK, Pavel a ŠMERDA, Tomáš. *Traktory*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-86726-15-0.
- [28] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 789-1:2018, *Agricultural tractors — Test procedures Part 1: Power tests for power take-off*. 3 rd edition. 2018.
- [29] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 730:2009, *Agricultural wheeled tractors - Rear mounted three point linkage*. 2009.
- [30] POTREŠ, Petr; BAUER, František a ČUPERA, Jiří. Laboratory-experimental verification of calculation of force effects in tractor's three-point hitch acting on

- driving wheels. Online. *Soil and Tillage Research*. 2012, s. 81-90. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.10.007>. [cit. 2024-11-01].
- [31] *Zaczep kulowy K80*. Online. 2023. Dostupné z: <https://traktor.com.pl/pl/zaczepy-/34151-zaczep-kulowy-k80-do-ls-mt7-scharmueller.html>. [cit. 2024-11-28].
- [32] *Závěs Scharmüller Piton Fix s přírubou s roztečí děr 140 x 80 mm k přišroubování na desku do etáže*. Online. Dostupné z: <https://www.dilynatraktory.cz/scharmueller-zaves-piton-fix-s-pribou-roztec-140-x-80-mm>. [cit. 2025-02-23].
- [33] BAUER, František. *Traktory a jejich využití*. 2. vyd. Praha: Profi Press, 2013. ISBN 978-80-86726-52-6.
- [34] *Górny zaczep przesuwny automatyczny*. Online. 2023. Dostupné z: <https://traktor.com.pl/pl/zaczepy-/34149-g%C3%B3rny-zaczep-przesuwny-automatyczny-z-p%C5%82yt%C4%85-adaptacyjn%C4%85-do-ls-mt7-scharmueller.html>. [cit. 2024-11-28].
- [35] *DAM® 390*. Online. MojeHnojiva. 2019. Dostupné z: <https://www.mojeHnojiva.cz/damr-390>. [cit. 2025-02-07].
- [36] *Dilypropostrikovace*. Online. Dostupné z: <https://www.dilypropostrikovace.cz/cerpadla/>. [cit. 2025-01-28].
- [37] *Akp-eshop*. Online. Dostupné z: <https://www.akp-eshop.cz/akp/eshop/17-1-Trysky>. [cit. 2025-01-28].
- [38] *IZIFLO*. Online. Agricoletech. 2014. Dostupné z: <http://www.agricoletech.cz/stroje-pro-meziradkovou-kultivaci/pleckovat-a-zaroven-prihnojovat/kapalnymi-hnojivy>. [cit. 2025-02-04].
- [39] BENEŠ, Petr. *Pro pole jako zrozené – GPS navigace*. Online. Mechanizaceweb. 2024. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/pro-pole-jako-zrozene-gps-navigace/>. [cit. 2024-12-04].
- [40] FUKA, Vladislav. *Navigační systémy a korekční RTK signál*. Online. Mechanizaceweb. 2019. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/navigacni-systemy-a-korekcni-rtk-signal/>. [cit. 2024-12-05].
- [41] JEDLIČKA, Milan. *Precizně odstraní plevel i při vysoké rychlosti. Plečka Steketee EC-Weeder využívá pokročilý kamerový systém*. Online. Agroportal24h. 2021. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/precizne-odstrani-plevel-i-pri-vysoke-rychlosti-plecka-steketee-ec-weeder-vyuziva-pokrocily-kamerovy-system>. [cit. 2024-12-05].
- [42] *Row master culticam*. Online. In: Bednar. 2025. Dostupné z: [https://www.bednar.com/files/uploads/produkty/row-master-rn\\_s/row-master\\_culticam.jpg](https://www.bednar.com/files/uploads/produkty/row-master-rn_s/row-master_culticam.jpg). [cit. 2024-12-05].
- [43] *Vaše chytré plečky ECONET*. Online. Agricoletech. 2014. Dostupné z: <http://www.agricoletech.cz/stroje-pro-meziradkovou-kultivaci/pouze-mechanicky-pleckovat>. [cit. 2025-02-04].
- [44] *Bednar row-master RN*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.bednar.com/row-master-rn/>. [cit. 2025-02-04].
- [45] *P & L CROPPER - meziřádkový kultivátor*. Online. 2025. Dostupné z: <https://www.pal.cz/zemedelska-technika/stroje-pro-zpracovani-pudy-a-kultivaci/kultivatory/p-l-kultivator-s-prihnojovanim-ppl>. [cit. 2025-02-04].
- [46] *Plečky ve stylu Maschio Gaspardo*. Online. Maschio Gaspardo-Biso. 2025. Dostupné z: <https://www.maschiogaspardo-biso.eu/vsechny-clanky/plecky-ve-stylu-maschio-gaspardo/>. [cit. 2025-02-05].

- [47] *EC-Weeder*. Online. Lemken. 2025. Dostupné z: <https://lemken.com/en-en/agricultural-machines/cropcare/weed-control/mechanical-weed-control/ec-weeder#c16265>. [cit. 2025-02-07].
- [48] FRIEDMAN, Mikuláš. *Zemědělské stroje: [vysokoškolská učebnice pro mechanizační fakulty vys. škol zemědělských]*. I., Teorie a výpočet. Mechanizace, výstavba a meliorace. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1973.
- [49] DRASTÍK, František. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu, druhé doplněné vydání*. 2. dopl. vyd. Ostrava: Montanex, 1999. ISBN 80-85780-95-X.
- [50] LEINVEBER, Jan; ŘASA, Jaroslav a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6.
- [51] *SEAFLO 51 NEW SFDPI-050-060-51 NEW, 12 V*. Online. E-cerpadla. 2005. Dostupné z: <https://www.e-cerpadla.cz/seaflo-51-new-sfdp1-050-060-51-new-12-v-d-9664.html>. [cit. 2025-02-18].

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 Návrh pohybu pracovní soupravy .....                                    | 16 |
| Obrázek 2 Rozložení dávek produkčního přihnojení porostu dusíkatými hnojivy ..... | 17 |
| Obrázek 3 Přehled technologií zpracování půdy .....                               | 18 |
| Obrázek 4 Orba .....                                                              | 19 |
| Obrázek 5 Diskový podmítač .....                                                  | 20 |
| Obrázek 6 Podrývání .....                                                         | 21 |
| Obrázek 7 Dlátování .....                                                         | 21 |
| Obrázek 8 New Holland T5050 .....                                                 | 24 |
| Obrázek 9 Case Farmall 95 A .....                                                 | 25 |
| Obrázek 10 Fendt 300 Vario .....                                                  | 25 |
| Obrázek 11 John Deere 5095M .....                                                 | 26 |
| Obrázek 12 Deutz Fahr 5095 .....                                                  | 27 |
| Obrázek 13 Zetor Proxima .....                                                    | 27 |
| Obrázek 14 Vzdálenost díry dolních táhel od konce vývodového hřídele .....        | 29 |
| Obrázek 15 Rozměry související se závěsnými body traktoru .....                   | 29 |
| Obrázek 16 Rozměry související se závěsnými zařízeními pro nářadí .....           | 30 |
| Obrázek 17 Třibodový závěs traktorů .....                                         | 31 |
| Obrázek 18 Závěsový systém K80 .....                                              | 32 |
| Obrázek 19 Pevný závěsný čep .....                                                | 33 |
| Obrázek 20 Zetor a vlek BSS .....                                                 | 34 |
| Obrázek 21 Etážový závěs s automatickou hubicí .....                              | 34 |
| Obrázek 22 Manuální etážový závěs .....                                           | 35 |
| Obrázek 23 Výkyvný závěs .....                                                    | 36 |
| Obrázek 24 Agrozávěs na traktoru Zetor 7245 .....                                 | 36 |
| Obrázek 25 600 l IBC nádrž .....                                                  | 37 |
| Obrázek 26 Aplikační trysky .....                                                 | 38 |
| Obrázek 27 Aplikace tryskou .....                                                 | 39 |
| Obrázek 28 Manuální paralelní naváděcí systém .....                               | 41 |
| Obrázek 29 Automatický řídicí systém traktoru Fendt .....                         | 42 |
| Obrázek 30 Optické navádění od společnosti Bednar .....                           | 43 |
| Obrázek 31 Mechanické hmatače .....                                               | 43 |
| Obrázek 32 Plečka Fortschritt P 437 .....                                         | 45 |
| Obrázek 33 Bednar Row-master RN .....                                             | 46 |
| Obrázek 34 P&L Cropper .....                                                      | 47 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 35 Carre Econet Iziflo .....                                          | 48 |
| Obrázek 36 Maschio Gaspardo HS .....                                          | 48 |
| Obrázek 37 Lemken EC-Weeder .....                                             | 49 |
| Obrázek 38 Popis plečky.....                                                  | 50 |
| Obrázek 39 Popis pracovní jednotky .....                                      | 51 |
| Obrázek 40 Rám slupic .....                                                   | 52 |
| Obrázek 41 Táhlo.....                                                         | 53 |
| Obrázek 42 Deska .....                                                        | 53 |
| Obrázek 43 Čepy pracovní jednotky.....                                        | 54 |
| Obrázek 44 210 táhlo rámu slupic .....                                        | 55 |
| Obrázek 45 Šrouby táhla rámu slupic .....                                     | 56 |
| Obrázek 46 Nosič.....                                                         | 57 |
| Obrázek 47 Závítové tyče na pracovní jednotce .....                           | 58 |
| Obrázek 48 Popis rámu .....                                                   | 60 |
| Obrázek 49 Průběh ohybového momentu .....                                     | 61 |
| Obrázek 50 Znázornění vzdáleností, uhlů a síly hydraulického válce.....       | 62 |
| Obrázek 51 Znázornění působících sil na pákách.....                           | 62 |
| Obrázek 52 Čepy rámu .....                                                    | 64 |
| Obrázek 53 Závítová tyč na nosič.....                                         | 65 |
| Obrázek 54 Nosič nádrže .....                                                 | 68 |
| Obrázek 55 Rám nádrže .....                                                   | 68 |
| Obrázek 56 Šrouby nosiče nádrže.....                                          | 69 |
| Obrázek 57 Čerpadlo SEAFLO série 51 .....                                     | 71 |
| Obrázek 58 Pracovní jednotka (vlevo: dolní poloha, vpravo: horní poloha)..... | 72 |
| Obrázek 59 Vrtání díry průměru 35 mm do jeklu 120 mm .....                    | 73 |
| Obrázek 60 Zajišťovací táhlo.....                                             | 74 |
| Obrázek 61 Převrácení poloha plečky .....                                     | 74 |
| Obrázek 62 Boční pohled na sestavu traktoru a plečky. ....                    | 75 |
| Obrázek 63 Pracovní poloha .....                                              | 75 |
| Obrázek 64 Čerpadlo SEAFLO série 51 s příslušenstvím.....                     | 89 |
| Obrázek 65 Hydraulický válec.....                                             | 90 |

**SEZNAM TABULEK**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1 Druhy půd a jejich měrné odpory .....                           | 22 |
| Tabulka 2 Porovnání traktorů ve výkonnostní třídě do 100kW.....           | 23 |
| Tabulka 3 Kategorie tříbodových závěsů podle výkonové řady traktorů ..... | 28 |
| Tabulka 4 Rozměry související se závěsnými body traktoru. ....            | 30 |
| Tabulka 5 Rozměry týkající se závěsných bodů nářadí.....                  | 31 |

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

|                         |                                           |    |
|-------------------------|-------------------------------------------|----|
| $a$                     | Vzdálenost vnější síly jednotky na páce   | mm |
| $a_r$                   | Hloubka záběru radličky                   | dm |
| $a_s$                   | Výška svaru                               | mm |
| $b$                     | Vzdálenost vnitřní síly jednotky na páce  | mm |
| $b_r$                   | Šířka záběru radličky                     | dm |
| $c$                     | Vzdálenost síly ramena na páce            | mm |
| $d$                     | Průměr tělesa                             | mm |
| $D_1$                   | Malý průměr závitu                        | mm |
| $d_2$                   | Střední průměr závitu                     | mm |
| $d_v$                   | Průměr pístu                              | mm |
| $D_v$                   | Vnitřní průměr válce                      | mm |
| $F_{\text{válec tah}}$  | Síla v tahu hydraulického válce           | N  |
| $F_{\text{válec tlak}}$ | Síla v tlaku hydraulického válce          | N  |
| $F_{1j}$                | Síla na jednotku                          | N  |
| $F_{1\text{nosič}}$     | Síla na jeden nosič rámu                  | N  |
| $F_{1r}$                | Síla na radličku                          | N  |
| $F_{1t}$                | Síla na závitovou tyč                     | N  |
| $F_{7j}$                | Síla od sedmi pracovních jednotek         | N  |
| $F_{\text{nádrž}}$      | Síla působící od sestavy nádrže           | N  |
| $F_{\text{pístnice}}$   | Síla na pístnici                          | N  |
| $h$                     | Vnitřní rozměr čtvercového profilu (jekl) | mm |
| $H$                     | Vnější rozměr čtvercového profilu (jekl)  | mm |
| $H_1$                   | Nosná výška závitu                        | mm |
| $i$                     | Počet činných závitů                      | -  |
| $k$                     | Součinitel bezpečnosti                    | -  |

|                    |                                    |                    |
|--------------------|------------------------------------|--------------------|
| $l$                | Činná délka svaru                  | mm                 |
| $l'$               | Celá délka svaru                   | mm                 |
| $m_{1j}$           | Hmotnost jedné jednotky            | kg                 |
| $m_{DAM}$          | Hmotnost hnojiva DAM               | kg                 |
| $m_{nádrž}$        | Hmotnost nádrže IBC 600 l          | kg                 |
| $m_{nosič\ nádrž}$ | Hmotnost nosiče nádrže             | kg                 |
| $m_o$              | Měrný odpor půdy                   | kg/dm <sup>2</sup> |
| $M_{Omax}$         | Maximální ohybový moment           | Nmm                |
| $m_{rameno}$       | Hmotnost ramene                    | kg                 |
| $n$                | počet těles                        | -                  |
| $n_j$              | Počet jednotek                     | -                  |
| $n_{nosič}$        | Počet nosičů rámu                  | -                  |
| $p$                | Napětí na otláčení                 | MPa                |
| $p_D$              | Dovolené napětí na otláčení        | MPa                |
| $p_m$              | Napětí na závitu matice            | MPa                |
| $P_n$              | Tlak od hydrogenerátoru traktoru   | MPa                |
| $\dot{Q}$          | Průtok oleje z traktoru            | m <sup>3</sup> /s  |
| $R_{1r}$           | Odpor radličky                     | kg                 |
| $R_e$              | Mez kluzu                          | MPa                |
| $s$                | Délka záběru na 1 ha               | m                  |
| $S$                | Plocha tělesa                      | mm <sup>2</sup>    |
| $S_1$              | Plocha hydraulického válce v tlaku | mm <sup>2</sup>    |
| $S_{1š}$           | Plocha 1 šroubu                    | mm <sup>2</sup>    |
| $S_{1t}$           | Plocha závitové tyče               | mm <sup>2</sup>    |
| $S_2$              | Plocha hydraulického válce v tahu  | mm <sup>2</sup>    |
| $S_{2š}$           | Plocha 2 šroubů                    | mm <sup>2</sup>    |

|                   |                                     |          |
|-------------------|-------------------------------------|----------|
| $S_{ha}$          | Plocha 1 ha                         | $m^2$    |
| $t$               | Čas                                 | s        |
| $t_s$             | Šířka koutového svaru               | mm       |
| $u$               | Šířka záběru plečky                 | m        |
| $v$               | Rychlost                            | km/h     |
| $v_{tah}$         | Rychlost zasunutí pístu             | m/s      |
| $v_{tlak}$        | Rychlost vysunutí pístu             | m/s      |
| $V_{DAM}$         | Objem hnojiva DAM                   | $m^3$    |
| $W_O$             | Modul pružnosti v ohybu profilu     | $mm^3$   |
| $W_{Omin}$        | Modul pružnosti v ohybu (minimální) | $mm^3$   |
| $x$               | Množství hnojiva za minutu          | l/min    |
| $\sigma_O$        | Ohybové napětí                      | MPa      |
| $\sigma_{OD}$     | Dovolené napětí na namáhání ohybem  | MPa      |
| $\sigma_{TD}$     | Dovolené napětí na namáhání tahem   | MPa      |
| $\tau_{SD}$       | Dovolené napětí na namáhání střihem | MPa      |
| $\tau_{SD\ svar}$ | Dovolené napětí ve svaru na střih   | MPa      |
| $\tau_{svar}$     | Napětí ve svaru na střih            | MPa      |
| $\rho_{DAM}$      | Hustota hnojiva DAM při 25°C        | $kg/m^3$ |

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Parametry čerpadla

Příloha P II: Parametry hydraulického válce

Příloha P III: Výkresová dokumentace

- 01-000-00 Plečka
  - 01-100-00 Rám střed
  - 01-200-00 Rám rameno
    - 01-210-00 Rám rameno svar
    - 01-220-00 Držák čepu
  - 01-300-00 Rám nosič
  - 01-400-00 Rám 3 bod
  - 01-500-00 Nosič nádrže
    - 01-510-00 Rám nádrže komplet
      - 01-511-00 Rám nádrže
      - 01-512-00 Stojna
    - 01-520-00 Žebřík
    - 01-530-00 Držák světel pravý
    - 01-540-00 Držák světel levý
  - 01-600-00 Podpěrné kolečko pravé
    - 01-610-00 Rám podpěrného kolečka
  - 01-700-00 Podpěrné kolečko levé
    - 01-600-00 Rám podpěrného kolečka
  - 01-800-00 Pracovní jednotka
    - 01-810-00 Rám nosič
    - 01-820-00 Rám desky
      - 01-821-00 Deska 1

- 01-822-00 Deska 2
- 01-830-00 Kopírovací kolečko
- 01-840-00 Táhlo + čep
- 01-850-00 Táhlo + kvádry
- 01-860-00 Radličky zem
  - 01-861-00 Slupice + radlička
  - 01-862-00 Rám slupic + táhlo rámu slupic
- 01-900-00 Spojovací táhlo
  - 01-910-00 Táhlo závit vni
  - 01-920-00 Táhlo závit vně
- 01-1000-00 Držák čerpadla

## PŘÍLOHA P I: PARAMETRY ČERPADLA

Rozměry: 316 x 131 x 146 mm

Napětí: 12 V DC

Maximální průtok: 18,9 l/min

Maximální tlak (voda): 4,1 bar

Sací výška: 1,8 m

Maximální teplota čerpaného média: 60 °C

Dimenze připojení sání a výtlak: 1/2"

Hmotnost: 3,02 kg



Obrázek 64 Čerpadlo SEAFLO série 51 s příslušenstvím  
(redukce z 1/2" na hadici s vnitřním průměrem 12 mm, filtr)

(zdroj: [51])

## PŘÍLOHA P II: PARAMETRY HYDRAULICKÉHO VÁLCE

Typ: dvojčinný

Zdvih: 200 mm

Síla v tahu: 3,1 t při 150 MPa

Síla v tlaku: 4,2 t při 150 MPa

Pracovní tlak: 180 MPa

Maximální tlak: 250 MPa

Teplota: -25 až 80 °C

Dimenze připojení hadic: 3/8"



Obrázek 65 Hydraulický válec

*(zdroj: vlastní)*