

Návrh konstrukce diskového podmítače

Daniel Švarc

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:	Daniel Švarc
Osobní číslo:	T23418
Studijní program:	B0788A270001 Procesní inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Návrh konstrukce diskového podmítače

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma se zaměřením na konstrukční řešení jednotlivých částí navrhovaného stroje.
2. Provedte návrh konceptu a samotné konstrukce daného stroje.
3. Zhodnotte navržené řešení a proveďte jeho cenovou kalkulaci.

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

Seznam doporučené literatury:

CLEGHORN, W. L. a DECHEV, Nikolai. *Mechanics of machines*. International second edition. Oxford: Oxford University Press, 2016. ISBN 9780199379910.

PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled*. Vyd. 4., dopl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. ISBN 9788073725730.

UGURAL, A. C.; UGURAL, Errol A. a CHUNG, Youngjin. *Mechanical design of machine components*. Second edition. Boca Raton: CRC Press, 2015. ISBN 9781439887813.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Bednařík, 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

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukci diskového podmítače pro malé a střední hospodáře. Dle průzkumu trhu existuje mnoho produktů, ale vzhledem k cenovým nákladům je jen málo možností kompatibilních s cenovými a rozměrovými požadavky cílové skupiny. Řešením zmíněných problémů je tvorba diskového podmítače, který je cenově dostupný a má variabilní rozměry přizpůsobené prostorovým omezením během manipulace v terénu.

Výstupem práce je kompletní konstrukční řešení včetně cenové rozvahy, které cílí na jednoduchost a možnost tvorby bez nutnosti využití speciálních technologií.

Dále jednotlivé kapitoly informují čtenáře o problematice konstrukce zemědělských strojů a dostupných řešeních na trhu. Na závěr vyplývá, že při správném uchopení získaných informací lze vyvinout řešení vhodné i pro domácí využití.

KLÍČOVÁ SLOVA

Zemědělský stroj, diskový podmítač, zemědělství, úprava půdy, zemina,

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on the design of a disk subcomputer for small and medium-sized farmers. According to the market research, there are many products available but due to the cost there are just minimum of options compatible with the price and size requirements of the target group. The solution to the mentioned problems is the creation of a disc subcomputer that is affordable and has variable dimensions adapted to space constraints during field handling.

The output of the work is a complete design solution, including a cost analysis, which targets simplicity and the possibility of creation without the need for special technologies.

Next chapters inform the reader about the issues of agricultural machinery design and the solutions available on the market. In conclusion, it is shown that with the right grasp of the information obtained, solutions suitable for domestic use can be developed.

KEYWORDS

Agricultural machinery, stubble cultivator, agriculture, soil treatment, soil

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Bednaříkovi, Ph.D. za odborné vedení a přínosné postřehy, které byli pro mě a moji práci velice inspirující. Byl vždy otevřený pomoci a dokázal mi pokáždé dobře poradit. Velice oceňuji jeho lidský, přátelský a zároveň profesionální přístup. Závěrem ještě jednou děkuji za vynaložený čas a úsilí na vedení mé bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD	1
I TEORETICKÁ ČÁST	2
1 ZAŘÍZENÍ PRO ZPRACOVÁNÍ PŮDY	3
1.1 DISKOVÝ A RADLIČKOVÝ PODMÍTAČ	3
1.1.1 DISKOVÝ PODMÍTAČ	3
1.1.2 RADLIČKOVÝ PODMÍTAČ	3
1.2 VOLBA ZAŘÍZENÍ A OPTIMÁLNÍCH PARAMETRŮ	4
1.2.1 POMĚR STRUKTURY PŮDY A ZPRACOVÁNÍ ROSTLINNÝCH ZBYTKŮ	4
1.2.2 PARAMETRY PRO HLADKOU ORBU A POROVNÁNÍ SPOTŘEBY PALIVA S OSTATNÍMI ZEMĚDĚLSKÝMI PROCESY	4
2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ	6
2.1 UPEVNĚNÍ K TAŽNÉMU STROJI	6
2.1.1 TAŽENÍ ZA TAŽNÝM STROJEM – POLO NESENÉ UPEVNĚNÍ	6
2.1.2 UPEVNĚNÍ PŘÍMO NA TAŽNÝ STROJ – NESENÉ UPEVNĚNÍ	7
2.2 RÁMOVÁ KONSTRUKCE	7
2.2.1 CELISTVÁ KONSTRUKCE RÁMU	8
2.2.2 SLOŽENÁ KONSTRUKCE RÁMU	9
2.3 DISKY	10
2.3.1 SAMOSTATNÉ OTOČNÉ DISKY	10
2.3.2 SPOJENÉ (STACIONÁRNÍ) OTOČNÉ DISKY	11
2.4 SLUPICE	12
2.4.1 PEVNÉ NAVAŘENÍ NEBO PŘÍŠROUBOVÁNÍ NA RÁM	12
2.4.2 PRUŽNÉ UPEVNĚNÍ POMOCÍ PRYŽOVÝCH VÁLEČKŮ	13
2.5 PŘÍDAVNÁ TAŽNÁ ZAŘÍZENÍ	15
2.5.1 TAŽNÝ PROFIL	15
2.5.2 OTOČNÝ VÁLEC	15
2.6 KONEČNÉ ZHODNOCENÍ A POROVNÁNÍ KONCEPČNÍCH ŘEŠENÍ	16
2.7 ANALÝZA TRHU – DOSTUPNÁ KOMERČNÍ ŘEŠENÍ	17
2.7.1 NEJLEVNĚJŠÍ VARIANTA PODMÍTAČE Z BĚŽNĚ DOSTUPNÝCH ŘAD	17
2.7.2 DALŠÍ VARIANTY PODMÍTAČŮ Z DOSTUPNÝCH ŘAD	19
2.8 ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ	21
II PRAKTICKÁ ČÁST	22
3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE	23
3.1 ANALÝZA PROBLÉMU	23

3.2 CÍL PRÁCE	24
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ.....	25
4.1 KONCEPT 1	25
4.2 KONCEPT 2	26
4.3 POROVNÁNÍ KONCEPTŮ 1 A 2 – STEJNÉ PRVKY.....	26
4.3.1 NESENÉ UPEVNĚNÍ.....	26
4.3.2 CELISTVÁ KONSTRUKCE	27
4.4 POROVNÁNÍ KONCEPTŮ 1 A 2 – ROZDÍLNÉ PRVKY	27
4.4.1 SPOJITĚ VS SAMOSTATNĚ OTOČNÉ DISKY	27
4.4.2 PRUŽNÉ UPEVNĚNÍ VS PEVNÉ NAVAŘENÍ SLUPIC	27
4.4.3 TAŽNÝ PROFIL VS OTOČNÝ VÁLEC	28
4.5 ZÁVĚREČNÝ VÝBĚR KONCEPTU	28
4.6 VÝBĚR MATERIÁLU	29
5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	30
5.1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY STROJE	30
5.2 VOLBA NESENÉHO UPEVNĚNÍ.....	31
5.3 VOLBA CELISTVÉ RÁMOVÉ KONSTRUKCE	34
5.4 VOLBA SAMOSTATNĚ OTOČNÝCH DISKŮ A LOŽISEK.....	35
5.4.1 OTOČNÉ DISKY	35
5.4.2 LOŽISKA	37
5.5 VOLBA SLUPIC	38
5.6 PRUŽNÉ UPEVNĚNÍ NA RÁM POMOCÍ PRYŽOVÝCH VÁLCŮ.....	39
5.7 OTOČNÝ VÁLEC.....	39
5.7.1 UPEVNĚNÍ OTOČNÉHO VÁLCE	41
5.7.2 VÝPOČTY PODPĚRNÉHO ČEPU B	42
5.8 PŘÍSLUŠENSTVÍ	44
5.8.1 RADLIČKY	44
5.8.2 VÝSUVNÉ BOČNÍ KRYTY DISKŮ.....	45
5.8.3 STAVITELNÝ DVOJ DISK.....	46
5.8.4 SCHRÁNKA NA NÁVOD A NÁŘADÍ	46
5.9 KONTROLA SVAROVÉHO SPOJE.....	47
47	
5.9.1 ZADANÉ PRVKY A VLASTNOSTI SVAŘOVANÉHO MATERIÁLU:	47
5.10 UKÁZKA KONSTRUKCE STROJE.....	49
6 CENOVÁ ROZVAHA	50

DISKUZE VÝSLEDKŮ	53
ZÁVĚR	54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM TABULEK.....	60
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	61
SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Problematika zpracování půdy je již od nepaměti nedílnou součástí zemědělství. Pokud má být docíleno optimálních podmínek vhodných pro růst plodin, musí být zapojeny efektivní metody péče o zeminu. Nejpodstatnější a zároveň finální metodou je podmítání. Hlavní motivací pro dané téma byla osobní zkušenost se zemědělstvím a problematikou konstrukce zemědělských strojů.

Práce je zaměřena především na konstrukci zemědělského stroje určeného pro střední a malé zemědělce, vhodného k finální úpravě půdy. Na trhu existuje mnoho produktů, ale pouze malý zlomek prodejců nabízí řešení vhodné pro cílovou skupinu.

Úvod bakalářské práce je zaměřen na porovnání dvou typů zemědělských strojů běžně využívaných pro finální úpravu půdy. První metodou je podmítání pomocí radliček. Druhou, metodou je kypření půdy pomocí otočných disků. Na základě porovnání jednotlivých parametrů metod byla zvolena stěžejním tématem konstrukce diskového podmiťáče.

Následující kapitoly popisují nejprve obecný přehled o možných konstrukčních řešeních týkajících se jednotlivých prvků, jako jsou metody tažení, rámová konstrukce, problematika otočných disků, drtící válce a ostatní příslušenství. Téma volně navazuje na průzkum trhu a dostupná komerční řešení vhodná k porovnání s výstupem bakalářské práce.

Z teoreticky získaných informací jsou v praktické části analyzovány jednotlivé problémy, které souvisí s popisem cílů práce. Na cíle navazuje kapitola, která porovnává dvě koncepční řešení. Základním parametrem konceptu byla především funkce, ale také obtížnost výroby a cenové náklady. Z veškerých parametrů byl zvolen koncept, který se ukázal jako komplexnější volba.

Stěžejním tématem práce je konstrukční řešení odpovídající nastaveným okrajovým podmínkám. V úvodu praktické části byly zvoleny základní parametry diskového podmiťáče. Následně jsou popsána zvolená konstrukční řešení podložená výpočty kritických bodů. Závěr praktické části obsahuje ukázkou kompletní konstrukce a následnou cenovou rozvahu. Posledním bodem práce je diskuze výsledků a úvaha nad jinými variantami a možnou optimalizací stroje.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 ZAŘÍZENÍ PRO ZPRACOVÁNÍ PŮDY

K opracování zemědělské půdy lze využít široké spektrum malých ručních nebo velkých zemědělských strojů. Příkladem ručních zařízení mohou být kultivátory, rotavátory, elektrické kypřiče či vertikutátory. Stěžejním tématem bakalářské práce ale budou především zemědělské stroje. Mezi běžné zástupce patří pluh, dlátový kyprič, kombinátor nebo brány. [1; 2]

1.1 Diskový a radličkový podmítač

Nejvíce využívanými stroji jsou diskový a radličkový podmítač. Obě řešení mají své klady i zápory. O daných rozdílech informují následující odstavce (Podkapitola 1.1.1 a 1.1.2.)

1.1.1 Diskový podmítač

Diskové podmítače slouží pro mělké nebo hloubkové zpracování půdy. Podmítače s individuální instalací disku na samostatném rámu mají široké uplatnění v úsporné technologii přípravy půdy. Hlavním parametrem diskových podmítačů je především záběr zpracování, jehož hodnota závisí na úhlu a nastavení hloubky disku v souvislosti se směrem pohybu hnací jednotky. Zvětšení úhlu tuhnutí je doprovázeno nejen zvýšením hloubky zpracování, ale také zvýšením trakčního odporu a nákladů na palivo.[3]

Diskové podmítače jsou díky malým rozměrům a vysoké funkčnosti využívány také na vinicích. Mezi ošetřením půdy se ošetření diskovými branami na vinicích ukázalo jako nejúčinnější při zvyšování hladin většiny fenolických sloučenin a antokyanů. Tento typ podmítače nabízí vysokou efektivitu a překrytí disků, čímž se snižují náklady na množství cyklů jízdy na poli. Zároveň toto překrytí umožňuje hlubší záběr než ostatní stroje. Procesní hloubka se může vyšplhat až na 20 cm v závislosti na typu půdy. [4]

1.1.2 Radličkový podmítač

Radličkový podmítač za traktor slouží pro mělké nebo hloubkové zpracování půdy. Jedná se o běžné a snadno dostupné řešení využívané v zemědělství napříč velkými družstvy, ale také malými zemědělci.

Radličkové podmítače jsou vhodné zejména ke zpracování půdy na lehčích a středně těžkých půdách, kde je možné pracovat v optimální hloubce s dodržением nastavené pracovní rychlosti tak, aby byl dodržen vysoký mísící efekt. Radličkové podmítače jsou dostupným a běžně využívaným řešením malých či větších zemědělců. V porovnání s diskovými

podmítači je překrytí mnohem menší a je nutné opakovat mnoho cyklů jízdy po poli. Vzhledem ke konstrukci se procesní hloubka pohybuje v rozmezí 10-15 cm v závislosti na typu půdy.[5]

1.2 Volba zařízení a optimálních parametrů

Při porovnání diskového a radličkového podmítače lze nalézt mnoho rozdílů i přes obdobnou funkci. Základním rozdílem je efektivita a komplexnost řešení. Z tohoto důvodu bylo pro bakalářskou práci zvoleno řešení vycházející z konstrukce diskového podmítače. Benefitem tohoto řešení je možnost provedení více úprav a použití širšího spektra prvků, které ovlivňují funkci a efektivitu zařízení. Zároveň lze diskové podmítače využívat pro hlubší kypření a problematičtější půdu, což je velmi důležité jak pro velké korporace, tak i menší zemědělce, protože právě ti jsou místy nuceni hospodařit na problematické půdě.

Pro podmítač je zásadní zvolit správnou rychlost a hloubku záběru, aby došlo k rovnoměrnému, funkčnímu, ale zároveň ekonomickému procesu. Většina výstupů z odborných publikací [6; 7; 8] se shoduje na přibližně stejných hodnotách, které jsou shrnuty v následujících kapitolách (Kapitola 1.2.1 a 1.2.2).

1.2.1 Poměr struktury půdy a zpracování rostlinných zbytků

Autoři Upadhyay a Raheman ve své studii [9] zjistili, že nejlepšího poměru struktury půdy lze dosáhnout s diskovým podmítačem při pracovní rychlosti 2,5-3,0 m/s a hloubce zpracování půdy 8 cm na jílovité a hlinité půdě. Spotřeba paliva pro nejvyšší kvalitu poměru struktury u hlinité půdy je poté 3,8 l/ha a u jílovité půdy 4,0 l/ha.

Z hlediska zpracování rostlinných zbytků vychází z celé řady dalších studií [6; 7; 8] nejlepší výsledky s diskovým podmítačem při pracovní rychlosti 3,0 až 3,5 m-s-1 a hloubce zpracování půdy 8 cm na hlinité a jílovité půdě.

1.2.2 Parametry pro hladkou orbu a porovnání spotřeby paliva s ostatními zemědělskými procesy

Tarasenko et al. [10] se ve svém výzkumu zabývali vývojem nové konstrukce pracovních nástrojů určených pro hladkou orbu půdy, které zajistí požadovanou kvalitu jejího zpracování. Výsledkem bylo zjištění, že při rychlosti 9,113 km/h a nájezdovém úhlu pracovních disků 32 stupňů je kvalita zpracování půdy maximální a činí 86,1 %.

Enormní spotřeba fosilních paliv, se kterou souvisí nárůst emisí výfukových plynů CO₂ má vážný vliv na skleníkový efekt a globální oteplování klimatu. Rostoucí ceny fosilních paliv za poslední roky vedou ke zvyšování ceny zemědělských produktů. O to důležitější je se snažit o energetickou úsporu a efektivnost vynaloženého paliva. Obdělávání půdy je největším spotřebitelem energie z paliv týkajícího se zemědělství. Následující studie [9] hodnotí vliv čtyř různých způsobů zpracování půdy (CT – konvenční, DH – diskové brány, CH – sekání, SS – rýhování) na spotřebu pohonných hmot a prokluz kol. Pro tento výzkum byl agregován traktor s pohonem všech čtyř kol s otočným sečným pluhem, diskovými branami a s podrývákem jako orebným nářadím.

Výsledky výzkumu [10] ukázaly, že spotřeba paliva byla nejvyšší u způsobu CT a nejnižší u DH. Způsob zpracování půdy pomocí metody CH měl nejnižší procento prokluzu kol a průměrnou spotřebu paliva o 19,7 % vyšší než ošetření DH ve všech třech letech studie. Průměrný prokluz kol při ošetření CT, DH, CH, SS byl následující: 17,54 %; 21,47 %; 8,64 %; 23,56 %. Prokluz kol při ošetření konvenčním způsobem, sekáním a rýhováním souvisel se spotřebou paliva (následovně: 30,84 l/ha, 12,92 l/ha, 23,1 l/ha). všechny systémy byly ovlivněny hloubkou zpracování půdy.

2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH STROJŮ

Problematika zemědělských strojů je často řešeným tématem v odvětví zemědělství. Tato kapitola bude zaměřena na dostupná konstrukční řešení, která se využívají v praxi. Těží především z odborných článků z posledních let.

2.1 Upevnění k tažnému stroji

Upevnění podmítače k tažnému stroji je klíčovým prvkem. Běžně používaným způsobem jsou polo nesené nebo nesené upevnění. Obě metody mají své výhody a nevýhody. Na rozdíl od ostatních parametrů není potřeba přímo hodnotit výhody a nevýhody, jelikož je každý typ určen pro jiné využití, které závisí na síle, váze a samotném provedení traktoru. Jedním z cílů bakalářské práce je navrhnout takové řešení, které bude vyhovovat menším statkářům s omezenými možnostmi stroje.

2.1.1 Tažení za tažným strojem – Polo nesené upevnění

Při této metodě má podmítač svojí vlastní nápravu a je tažen pomocí voje za traktorem. Toto řešení je vhodné pro malé traktory, jenž nemají dostatečnou váhu a při umístění přímo na traktor by docházelo ke snadnému narušení rovnováhy a převážení strojem. Zároveň je tato metoda vhodnější pro podmítače se složenou rámovou konstrukcí, či podmítače s většími rozměry. Jedná se o univerzální řešení, využitelné pro běžná tažná zařízení. [11]



Obrázek 1 Komerční DP s poloneseným upevněním CZAgroMachineri (vlevo) a KOVONOVÁK (vpravo)

(zdroj: [11; 32])

2.1.2 Upevnění přímo na tažný stroj – Nesené upevnění

Princip této metody spočívá v tom, že je stroj přímo připevněn na hydrauliku traktoru a nemá vlastní nápravu. Při převozu je zvednut na hydraulice a stává se tak součástí traktoru. Tato metoda je vhodná především pro silná, těžká zařízení a pro celistvou rámovou konstrukci. Velkou výhodou oproti předchozímu řešení je manipulace se samotným strojem. Lehce lze z pohodlí kabiny měnit hloubku záběru nebo umístit stroj na požadované místo. Velkou nevýhodou je, že neumožňuje využití velkých rozměrů podmiťáče a je zde určitá náchylnost na převrácení tažného stroje z důvodu páky. [12]



Obrázek 2 Ukázka komerčních diskových podmítačů s neseným upevněním od firem AGS (vlevo) a OFAS (vpravo)

(zdroj: [12][33])

2.2 Rámová konstrukce

Rámová konstrukce je neméně důležitým prvkem celého podmítače. Jedná se o nosný celek každého stroje. V případě její nedostatečné pevnosti by v budoucnu mohlo docházet k častým poruchám a nefunkčnosti. V případě velké hmotnosti může její váha omezovat variabilitu strojů, které je mohou využít. Nejčastějším řešením na trhu je celistvá nebo složená konstrukce.

2.2.1 Celistvá konstrukce rámu

V případě celistvého řešení tvoří hlavní konstrukce celé tělo stroje a nejsou na ní navázány další podkonstrukce (Obrázek 3). Tento typ konstrukce nabízí celistvost, jelikož jsou veškeré profily spojeny svařováním, což je vhodný a pevný typ spojení pro tyto aplikace, protože nedochází k samovolnému povolování spoje způsobeným otřesy (na rozdíl od šroubových spojů).

Celistvá konstrukce nabízí další výhodu v jednoduchosti výroby [13]. Není nutné navrhovat speciální koncepční řešení pro ukotvení dalších rámců, díky čemuž se výrazně usnadní výroba, jelikož nebude potřeba řešit poměrně složité kotvící mechanismy. Ačkoli se nebude jednat o markantní rozdíly, tak volbou celistvé konstrukce rámu dojde k úspoře jak na samotném profilovém materiálu, tak i na nezbytném příslušenství, které by bylo potřeba pro jeho spojení.

Nevýhoda tohoto řešení [13] souvisí s rozměrovou nevariabilitou pro převoz. Rám má jasně daný rozměr a například při převozu po komunikaci může stroj výrazně zasahovat do vozovky, což může na dlouhých úsecích způsobovat dopravní komplikace. Nemožnost úpravy rozměrů je problematická i při manipulaci na poli. Další nevýhoda spočívá v tom, že pokud dojde na stroji k poruše, musí být celé zařízení převezeno na opravu. U necelistvých zařízení stačí na opravu za určitých okolností poslat pouze poškozený rám bez příslušenství.



Obrázek 3 Diskový podmiťáč TERADISCS od firmy AGROZET –
Celistvá konstrukce rámu

(zdroj:[13])

2.2.2 Složená konstrukce rámu

Rám nemusí být nutně tvořen jako nerozebíratelný celek. Může být vytvořen z hlavního rámu a přidavných rámů (Obrázek 4).

Hlavní výhodou tohoto řešení je nesporně skladnost stroje. Ve většině případů lze rámy přímo sklopit, čímž je výrazně snížena šířka, díky čemuž zabírá stroj méně místa. Tato výhoda se dá využít při přepravě, jelikož díky menší šířce nezasahuje stroj nijak významně do vozovky. Stejně tak na poli, či vinici se může stát, že je potřeba v určitých místech užší stroj. Vzhledem k možnosti demontáže jednotlivých rámů se zlepšuje možnost variability rozměrů v kombinaci s mnohem lepšími servisními zásahy [14]. Rozbitý rám lze na opravu odeslat samostatně. Zároveň jsou dostupné i rámy s různými modifikacemi. Výhodou pro malého hospodáře je i to, že lze stroj rozdělit na několik dílů, které je možné snadněji přenést na určené místo (v porovnání s celistvou konstrukcí, u kterých musí být zvednuta celá váha stroje).

Nevýhodou složených rámových konstrukcí je především tuhost. Jelikož jsou rámy spojeny pohyblivě, tak hrozí vyšší poruchy, protože pohyblivý mechanismus je náchylnější na poškození než prostý svár [14]. Navíc složená konstrukce rámu je o něco složitější mechanismus, což v praxi znamená vyšší pořizovací cenu a složitější montáž.



Obrázek 4 Diskový podmítač SUPERIOR od firmy SMS – Složená konstrukce rámu

(zdroj: [14])

2.3 Disky

Disky jsou hlavním prvkem mělnicím zeminu. Lze je rozdělit na otočné samostatné či spojené. Otočné disky se otáčejí a pracují každý individuálně, čímž lépe drtí zeminu. Spojené disky jsou pevně upevněny k sobě a otáčejí se jako celek.

2.3.1 Samostatné otočné disky

Otočné disky (Obrázek 5) jsou nejefektivnějším způsobem úpravy zeminy [13]. Disk je naklopen ve svislém a zároveň i v horizontálním směru. Díky natočení pokryje disk mnohem větší šířku, čímž oproti běžným, stacionárním diskům zmenšuje počet použitých disků.

Výhodou je snadná výměna disku v případě poruchy, protože ve většině případů dojde k poškození pouze jednoho disku, nikoli celého stroje. Disky jsou běžně dostupné na trhu pro různé průměry a jiné rozměrové parametry.

Největší nevýhodou je složitost slupice a nutnost využití ložiska, což výrazně zvedá cenu. Ložiska musí být krytá a nejlépe samomazná, což při jeho velikosti znamená vysoké pořizovací náklady.



Obrázek 5 Ukázka samostatných otočných disků

(zdroj:[13])

2.3.2 Spojené (stacionární) otočné disky

Stacionární disky jsou nejjednodušším řešením (Obrázek 6). Jedná se o mnoho disků pevně přivařených (upevněných) na otáčejícím se válci.

Velkou výhodou je jednoduchost konstrukce (jedná se o běžné řešení), snadná montáž a kvalitní drcení půdy, které je však ale omezeno podmínkami podloží (pokud se bude jednat o složité kamenité podloží, funkčnost výrazně klesá) [15].

Nevýhodou je složitost opravy při poruchách a potřeba většího počtu disků, čímž se výrazně zvýší hmotnost a cena. Zároveň ale cenu vyrovnává fakt, že nemusí mít každý disk zvlášť své uložení.



Obrázek 6 Ukázka spojených otočných disků

(zdroj:[15])

2.4 Slupice

Rameno disků (Obrázek 7) musí zohledňovat několik konstrukčních pravidel, kdy nezáleží pouze na jeho tvaru, náklonu, ale také na jeho upevnění. Je několik možností, jak dosáhnout nejvyšší efektivity. Běžně se úhly náklonu pohybují okolo 16-18°. Ve většině případů se hodnoty pohybovali mezi 15-25°, s tím že nejvíce používané stroje se pohybovali okolo 18° náklonu. Disk musí být dále natočen i v další ose, čímž se navrhování stává o to složitějším. Nevýhodou těchto slupic je také složitá výroba, kdy se tloušťka plechu pohybuje kolem 15 mm. [16]

Dalším komplikovaným krokem je uchycení slupice na rám. Jedná se o jedno z dalších velice podstatných omezení a potenciální nárůst nákladů. Každá varianta nám zajistí rozdílné klady a zápory. V prvním případě je slupice navařena pevně na rám, v dalších se jedná již o pružná upevnění. Mezi skupinou pružných upevnění nalezneme několik variant fungujících na zhruba stejných principech, pouze jinak konstrukčně řešených.



Obrázek 7 Ukázka slupice pro diskový podmítač

(zdroj:[16])

2.4.1 Pevné navaření nebo přišroubování na rám

V prvním případě lze slupici navařit přímo na rám nebo využít šroubového spoje (Obrázek 8). Je zde ale velká pravděpodobnost, že dojde v případě nahrnutí kamene k poškození rámu nebo upínacího zařízení, jelikož sestavě slupice jako rameno výrazně navýší ohyb rámu. Z tohoto důvodu se nejedná o ideální řešení. Navíc při poruše slupice je nutno zasahovat do samotného rámu a není možná rychlá výměna na poli. Pokud chceme ale výrazně snížit cenu a náklady na výrobu, tak se jedná o nejlevnější řešení. [17]



Obrázek 8 Spojení slupice s rámem

(zdroj:[17])

2.4.2 Pružné upevnění pomocí pryžových válečků

První z variant pružného upevnění je využití pryžových válečků. Ty dosedají přímo na jekl rámu, jsou uloženy v plechu ve tvaru V a přitaženy šrouby k protikusů. Díky dotažení se nemohou ramena samovolně posouvat, ale pryž při rázu vstřebává velké množství energie. Dalo by se říct, že se slupice natočí o několik stupňů okolo rámu, čímž mu uleví od velkého napětí. Poté se vrátí díky své pružnosti do počáteční polohy [18]. Jedná se o poměrně jednoduché řešení na výrobu, zároveň i efektivní a oproti dalším řešení cenově úspornější. Výhodou může být také variabilita posuvu slupice po rámu, bez nutnosti děr.

Jednou z mála nevýhod tohoto upevnění je poměrně složitá montáž pro jednu osobu bez přípravku a také to, že při velkém rázu může dojít i k překroucení upevnění o 90° [18]. V tomto případě je nutné provést opětovnou montáž. Na druhou stranu díky tomuto překroucení může být zachráněn jak rám, tak samotná slupice a upevnění. Pokud by nastal tak velký ráz u ostatních typů, tak by bylo upevnění poškozeno.

2.4.3 Pružné upevnění pomocí pružin

Na rozdíl od přechodícího upevnění pomocí válečků se zakládá toto řešení na využití pružin. K upevnění je využita jedna pružina a uprostřed je umístěn vodící člen tak, aby nedošlo k výraznému vychýlení pružin (Obrázek 9). Pružiny jsou upevněny mezi 2 desky, které se mohou pohybovat do všech os. Výhodou řešení pomocí pružin je možnost uhnutí z překážky do obou směrů, nikoli pouze nahoru a dolů. Zaujmut může také jednodušší montáž. Jedná se o často využívaný způsob upevnění slupice.

Nevýhod se u toho řešení (Obrázek 9) vyskytuje více než u předchozího systému. Základním problémem je samotná výroba. Práce s pružinami je obtížná, zároveň samotná výroba či nákup pružin je velice specifický pro svoji cenu, takže se nejedná o nejlevnější řešení. Další nevýhodou je poruchovost. Tím, že je umožněn náklon do všech os dochází k častým poruchám, jelikož soustava nemá dostatečnou tuhost. Rám musí být přímo upraven pro upevnění sestavy. Z tohoto důvodu není tak snadná manipulace, jako u předchozího řešení.



Obrázek 9 Vlevo upevnění pomocí pružiny a vpravo upevnění pomocí pryžových válečků

(zdroj:[18])

2.5 Přídavná tažná zařízení

K dosažení vyšší kvality úpravy zeminy se často využívá přídavného zařízení, které má za úkol dokončit případné nedokonalé rozdrčení hrud zeminy. Zároveň může konat funkci vymezení hloubky podmítání. V praxi se lze běžně setkat s jednoduchým řešením prostého tažného profilu nebo složitějšího válce.

2.5.1 Tažný profil

Jedná se o nejsnazší možné řešení, kdy je na rameni či řetězu upevněn čtvercový nebo válcový profil, který je tažen za podmítačem. Výhodou je jednoduchost řešení i montáže. Jedná se o velice levné řešení se snadnou úpravu i opravou.

Nevýhod oproti otočnému válci nalezneme mnoho. Profil je poměrně lehký, tudíž nedochází k dokonalému drčení, upevnění není pevné a při zachycení za překážku může dojít k přetržení řetězu, či narušení spoje. Profil nijak neurčuje hloubku záběru, čímž je nutno tento problém vyřešit jiným mechanismem. [19]

2.5.2 Otočný válec

Otočný válec je tvořen válcovými čelními výpalky, na které je navařena série válcových trubek (Obrázek 10). Uprostřed je hlavní válec, který je pohyblivě upevněn na čepech, jenž jsou na ramenou [19]. Tato ramena lze naklápět na čepech pevně upevněných na podmítači, které umožňují náklon válce do nižší či vyšší polohy, čímž přímo určují hloubku podmítání. Velkou výhodou je maximální efektivita, jelikož při otáčení válce není válec pouze tažen jako u předchozí metody, ale svým otáčením umožňuje efektně drtit hrudy. K poruchám nedochází prakticky vůbec, jelikož se jedná o velice tuhou sestavu. Sestava zároveň zvyšuje stabilitu stroje. Nevýhodou je složitější řešení, čímž se zvedá cena. Zároveň se nám také zvyšuje celková hmotnost stroje (válec může být kdykoli odpojen).



Obrázek 10 Válcové, diskové a pásové provedení otočného válce

(zdroj: [19])

2.6 Konečné zhodnocení a porovnání koncepčních řešení

Na základě parametrů koncepčních řešení jednotlivých prvků byly vzájemně porovnány klady a zápory. Níže je popsáno stručné porovnání parametrů konstrukce a nesní stroje (Tabulka 1 a 2). Dále jsou vypsány parametry týkající se disků a slupic (Tabulka 3 a 4). Poslední parametry (Tabulka 5) informují o přídatných zařízeních.

Tabulka 1 Polonesené a nesené upevnění-stručný přehled

Upevnění			
Polonesené		Nesené	
Klady	Zápory	Klady	Zápory
Větší rozměry	Nastavení hloubky	Menší rozměry	Nárok na výkon
Nárok na výkon	Hmotnost	Nastavení hloubky	Omezené rozměry
Samostatná náprava	Poruchovost	Spojení se strojem	
Stabilita při uskladnění		Doprava a hmotnost	

(zdroj: vlastní)

Tabulka 2 Složená a celistvá konstrukce-stručný přehled

Konstrukce			
Složená		Celistvá	
Klady	Zápory	Klady	Zápory
Větší rozměry	Tuhost	Menší rozměry	Nárok na výkon
Flexibilita	Hmotnost	Nárok na výkon	Omezené rozměry
Skladnost	Poruchovost	Tuhost	
	Nárok na výkon	Manipulace	

(zdroj: vlastní)

Tabulka 3 Válcové a pružinové upevnění slupic-stručný přehled

Upevnění slupic			
Válcové		Pružinové	
Klady	Zápory	Klady	Zápory
Funkčnost	Montáž	Funkčnost	Cena
Cena		Montáž	Poruchovost
Bezpečnost			Flexibilita
Flexibilita			

(zdroj: vlastní)

Tabulka 4 Samostatné a spojité otočné disky-stručný přehled

Otočné disky			
Samostatné		Spojité	
Klady	Zápory	Klady	Zápory
Produktivita	Cena	Jednoduchost	Produktivita
Množství disků	Obtížnost návrhu	Cena	Množství disků
Údržba			Hmotnost
Flexibilita			Údržba

(zdroj: vlastní)

Tabulka 5 Tažný profil a otočný válec-stručný přehled

Přídavné drtící zařízení			
Tažný profil		Otočný válec	
Klady	Zápory	Klady	Zápory
Jednoduchost	Produktivita	Produktivita	Hmotnost
Cena	Flexibilita	Flexibilita	Složitost
Hmotnost	Nastavení hloubky	Nastavení hloubky	Cena
		Tuhost	

(zdroj: vlastní)

2.7 Analýza trhu – dostupná komerční řešení

V této kapitole je provedena analýza trhu se zaměřením na dostupná komerční řešení. Nejprve je popsán diskový podmítač, který je jedním z nejlevnějších řešení na trhu. Následně poukáže na další prodávané stroje s různým příslušenstvím.

2.7.1 Nejlevnější varianta podmítače z běžně dostupných řad

Diskový podmítač DHA 4 (Obrázek 11) je dle průzkumu na trhu nejlevnější variantou diskového podmítače. Tento podmítač vyniká cenou, ale limitujícími faktory jsou jeho parametry. Pro naznačení úspory na nákladech a cenách strojů na trhu, jsou vypsány základní parametry dostupné na stránkách e-shopu OK-traktory [20].

Tabulka 6 Parametry diskového podmítače DHA 4

Diskový podmítač DHA 4					
Šířka (mm)	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Počet disků (ks)	Upevnění	Cena (Kč)
1200	160	15	12	3-body	41000

(zdroj: vlastní)



Obrázek 11 Diskový podmítač DHA 4

(zdroj: [20])

Dle vypsanych parametrů (Tabulka 6) je patrné, jak dokázal výrobce dosáhnout přijatelné ceny. Běžná pracovní šířka strojů, začíná na 1500 mm. Diskový podmítač DHA 4 je o 300 mm užší. Vzhledem k tomu, že se jedná o nesené zařízení, je hmotnost 160 kg optimální, jelikož hmotnost u většiny srovnatelných strojů o podobných rozměrech se pohybuje mezi 200–400 kilogramy. Nicméně hmotnost ale souvisí s jeho pracovní šířkou. Využití L-profilů rozhodně napomáhá ke snížení hmotnosti, ale výrazně se snižuje tuhost rámu oproti běžně využívaným čtvercovým profilům. Výhodou nízké váhy je jednoznačně parametr požadovaného výkonu. Deklarovaný minimální výkon 15 kW je oproti běžným 23kW pro tuto rozměrovou řadu velice atraktivním parametrem. Avizovaný počet 12 disků je pro daný rozměr (v porovnání s běžně dostupným řešením) vyšší. Naznačuje tomu úhel natočení válců s disky. Každý jeden disk zabírá pouze v rozmezí 20-40 mm. Z tohoto důvodu je potřeba více disků na překrytí. Tříbodové zapojení je nejběžnějším stylem upevnění, které je kompatibilní s prakticky každým tažným zařízením, které lze využít pro tažení podmítačů [20]. Jak je patrné z obrázku, tak je cena nízká také díky úspoře na bezpečnostních prvcích a příslušenství. Slupice je připevněna pevně šrouby do rámu, není zde žádné odpružení. Z tohoto důvodu vzhledem k méně tuhému rámu lze předpokládat menší výdrž stroje a nutnou častou opravu. Stroj nenabízí ani základní tažené zařízení, čímž se efektivita výrazně snižuje.

Stroj rozhodně ocení farmář, který si nemůže dovolit dražší zařízení, ale zároveň musí počítat s omezenou efektivitou a s tím, že bude muset být pole podmítáno na více jízd, čímž se výrazně prodlužuje čas a náklady na palivo.

2.7.2 Další varianty podmítačů z dostupných řad

Diskový podmítač **OPaLL-AGRI PEGAS II** (Obrázek 12) je nejběžnějším diskovým podmítačem střední třídy, nabízejícím vysokou efektivitu, která je bohužel vykoupena vysokou cenou, kterou si nemohou dovolit malí či střední statkáři. Cenově je dostupný pouze pro velkostatkáře nebo družstva.[21]

Tabulka 7 Parametry diskového podmítače OPaLL

Diskový podmítač OPaLL-AGRI PEGAS II					
Šířka (mm)	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Počet disků (ks)	Upevnění	Cena (Kč)
3000	1460	110	24	3-body	315000

(zdroj: vlastní)



Obrázek 12 Diskový podmítač OPaLL – AGRI PEGAS II

(zdroj:[21])

Dle technické specifikace je patrné, že ačkoli se záběr stroje zvýšil o necelých 2000 mm, tak se jeho všechny parametry výrazně navýšili. Hmotnost vzrostla na 9 – násobek, požadovaný výkon téměř o 6 – násobek, počet disků se zdvojnásobil, což je v pořádku a naznačuje to, že je zde pracovní poloha disků natočena pod větším úhlem, čímž došlo k lehké úspoře na discích oproti levnějšímu řešení. Cena vzrostla o 272 000 Kč, což je zhruba 7,5– násobek.

Parametry určují, že oproti nevelkému zvýšení pracovní šířky se nám technické parametry stroje markantně zhoršili z hlediska dostupnosti pro menší zařízení. Cena logicky narostla o tolik, jelikož se jedná o zcela odlišné koncepční řešení. Tento stroj nabízí mnohem vyspělejší příslušenství, bezpečnostní prvky, drtící válec pro lepší efektivitu a jednoznačně tužší rám.

Pokud zákazník disponuje velkým traktorem a většími poli, mnohé nevýhody se ztratí ve zvýšení efektivity díky většímu záběru.

Diskový podmítač **SWIFTERDISC XN3000** (Obrázek 13) je dalším běžnějším diskovým podmítačem střední třídy, nabízejícím vysokou efektivitu, která je bohužel opět vykoupena vyšší cenou. Od předchozího typu se výrazně liší především možností náklonu bočních rámců a mírnými rozdíly ve specifikacích.[18]

Tabulka 8 Parametry diskového podmítače SWIFTERDISC XN3000

Diskový podmítač SWIFTERDISC XN3000					
Šířka (mm)	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Počet disků (ks)	Upevnění	Cena (Kč)
3000	1650	90	22	3-body	295000

(zdroj: vlastní)



Obrázek 13 Diskový podmítač SWIFTERDISC XN3000

(zdroj:[18])

Výhody a nevýhody jsou velice podobné u obou podmítačů (Tabulka 8). Významným rozdílem je především možnost náklonu, která umožňuje snadný převoz a uskladnění. Touto funkcí je snížena tuhost rámu. Dle obrázku rám působí pevně a je zavěšen pomocí velkých hydraulických pístů, které umožňují snadnou manipulaci. Liší se zde i typ otočného válce. Každý je vhodný na jinou oblast a zeminu. Dalším kladem je snížení minimálního požadovaného výkonu o 20 kW než v předchozím případě, díky kterému lze využít o něco menší/ méně výkonný traktor. Cena zde klesla zhruba o 20 000 Kč, což je citelné pozitivum vzhledem k přidaným funkcím.

Daný podmítač by mohl být jedním z nejlepších řešení pro dostatečně velké traktory a zákazníka s vyššími finančními možnostmi.

2.8 Závěrečné shrnutí

Kapitola se zabývá běžnými konstrukčními řešeními na trhu. V závěru bylo ukázáno, jaké běžné stroje se vyskytují na trhu a ve zkratce shrnuty jednotlivé výhody a nevýhody jednotlivých řešení. Je patrné, že na trhu existuje mnoho řešení, každé je vhodné pro různá využití. Existují řešení s větší efektivitou, čímž ale výrazně roste cena, zároveň ale také lze nalézt levná řešení, která nepodávají ale zdaleka tak efektivní výsledky. Ze všech zmíněných podmítačů se jeví jako nejuniverzálnější v poměru cena/výkon podmítač **SWIFTERDISC XN3000** (Obrázek 13). Díky této kapitole (Kapitola 2.7) je patrné, jaké problematické prvky se při konstrukci diskového podmítače mohou objevit.

II PRAKTICKÁ ČÁST

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

3.1 Analýza problému

Na trhu lze nalézt mnoho diskových podmítačů, ale jen pár z nich naplní veškerá očekávání uživatele. Dle provedené rešerše bylo identifikováno několik problémů, které se pravidelně objevují při využívání podmítače, popř. které ovlivňují zájemce při koupi stroje. Jsou jimi vysoké požadavky na tažné zařízení, zvolený úhel slupice, velké rozměry stroje a náklady.

Jelikož se při výrobě podmítačů myslí především na zemědělská družstva, či na velkostatkáře, jsou zařízení navrhována pro velká tažná zařízení. Mají velké rozměry, ze kterých přímo plyne velká hmotnost a vysoký odpor při tažení. Z tohoto důvodu musí být zařízení tažena velkými traktory s vysokým výkonem.

Velikou problematikou diskových podmítačů je správně zvolený úhel sklonu disku, jak horizontálně, tak vertikálně. Často také dochází k poruchám jako je ohnutí rámu, či narušení statiky stroje. Dle výsledků studie autorů Paman et al. [22] jsou hlavními příčinami poruch komponent špatné podmínky v terénu (30 %), ignorování údržby (22 %), intenzivní používání strojů (21 %), nesprávné skladování (14 %) a nekvalifikovaná obsluha (13 %). [22]

Malí a střední zemědělci mají mnohdy svá pole rozměrově nerovnoměrná a nemohou využít podmítač se záběrem 3000 mm. Například při využití na vinice potřebujeme rozměry pohybující se mezi 1000-2000 mm.

Posledním důležitým faktorem je cena. Statkáři si mnohdy nemohou dovolit do velkého stroje investovat statisíce. Z tohoto důvodu může být menší stroj dostupným řešením.

3.2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je navrhnout konstrukci diskového podmítače, který bude splňovat požadavky na ekonomiku výroby, užité vlastnosti a který bude použitelný primárně pro malé hospodáře. Cenová hranice pro výrobu navrhovaného diskového podmítače byla stanovena na maximálně 100 tisíc Kč (bez DPH).

Navržené kroky pro dosažení stanovených cílů bakalářské práce:

- Analýza trhu se zaměřením na konstrukční řešení dostupných diskových podmítačů na trhu a stanovení horní cenové hranice pro výrobu navrženého řešení.
- Návrh dvou koncepčních řešení, kdy první bude zaměřeno primárně na cenu a druhé bude zaměřeno na užité vlastnosti (při dodržení stanoveného cenového limitu).
- Volba finální koncepce pro návrh konstrukce a volba vhodného konstrukčního řešení.
- Provedení kontrolních výpočtů pro určená kritická místa konstrukce.
- Cenová rozvaha, volba materiálů, vizuálních úprav a příslušenství.
- Vytvoření modelů sestav a výrobních výkresů celkové sestavy, sestavy svařence a ukázkových dílů.
- Zhodnocení výsledků.

4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Tato kapitola navazuje na současný analýzu, ze kterého jsou čerpány již známé problematické prvky a informace. Cílem bakalářské práce je vytvořit 2 koncepty. První z nich bude zaměřen primárně na cenu a druhý bude zaměřen na poměr ceny a výkonu.

4.1 Koncept 1

Koncept je založen především na jednoduchosti a rychlosti výroby. Shodně s konceptem 2 obsahuje nesené upevnění a celistvou konstrukci. Jedná se o stejný základ, z čehož vyplývá, že se bude jednat spíše o změnu jednotlivých příslušenství a doplňků.

Zvolená řešení konceptu 1:

- nesené upevnění,
- celistvá konstrukce,
- spojené otočné disky,
- slupice disku navařena přímo na rám,
- tažný profil pouze jako jekl na řetězu.

Při této variantě jsou uvažovány nejnižší možné cenové parametry. Tento koncept by při běžné kalkulaci nákladů nepřesáhl hranici 40 000 Kč, což koresponduje s cenou nejlevnějších diskových podmítačů na trhu. Nicméně oproti němu nabízí tužší rám, ale z hlediska efektivity nabízí s těmito parametry pouze průměrný výkon.

4.2 Koncept 2

Koncept je zaměřen především na efektivitu a kvalitu zpracování půdy při zachování ekonomické výhodnosti v porovnání s dostupnými řešeními, které se vyskytují na trhu.

Zvolená řešení konceptu 2:

- nesené upevnění,
- celistvá konstrukce,
- samostatně otočné disky,
- pružné upevnění,
- otočný válec.

Zvoleným řešením bylo docíleno prakticky nejvyššího stupně efektivity, zároveň otočný válec sníží riziko převrácení stroje. Z tohoto pohledu budou náklady na zhotovení pochopitelně vyšší nežli u konceptu 1.

4.3 Porovnání konceptů 1 a 2 – stejné prvky

Mezi stejné prvky, které obsahují oba koncepty patří nesené upevnění a celistvá konstrukce rámu. Toto řešení bylo zvoleno především vzhledem k požadovaným parametrům a okrajovým podmínkám. Primární využití bude pro malotraktory. Z tohoto důvodu jsou omezené rozměry i váha, tudíž složená konstrukce nedává smysl. Zároveň je cílem vytvořit oba koncepty dostatečně tuhé, aby odolali i horším podmínkám na kamenitých polích.

4.3.1 Nesené upevnění

Vzhledem ke konstrukci malotraktorů je nesené upevnění nejpraktičtější řešením. Nabízí možnost výškové stabilizace z důvodu přejezdů mezi polem a silnicí, a zároveň možnost nastavení hloubky kypření. V případě potíží a zaseknutí stroje například o kamen stačí jednoduše zvednout podmítač a lze místo vynechat. U polo neseného upevnění tato možnost není. Je náročnější na prostor a neumožňuje takovou flexibilitu, jako nesené upevnění.

4.3.2 Celistvá konstrukce

Celistvá konstrukce nabízí mnohem vyšší pevnost a tuhost. Jedná se o konstrukci, která je kompletně svařena. Nenabízí žádné sklopné díly na pantech. Tím pádem odpadají další problematická místa, které jsou vznikem častých poruch. Zároveň je ale konstrukce automaticky menší a nenabízí takovou variabilitu možností, jako složená konstrukce. Pro naše aplikace a využití malotraktory je pro dostupná šířka celistvé konstrukce dostatečná a nabízí navíc mnohem větší tuhost.

4.4 Porovnání konceptů 1 a 2 – rozdílné prvky

Mezi rozdílné prvky patří samostatně otočné disky vůči spojitě otočným diskům. Z hlediska upevnění slupic je porovnáváno pružné upevnění a přímé navaření na rám. Posledním důležitým odlišným prvkem je otočný válec ku prostému tažnému profilu. Rozdíly v efektivitě a bezpečnosti konceptů jsou zásadní. Zároveň ale při pohledu na komplikovanost výroby a cenu může být i levnější řešení cestou.

4.4.1 Spojitě vs samostatně otočné disky

Koncept 1 nabízí řešení pomocí spojitých disků. Toto řešení zjednodušuje výrobu a výrazně snižuje cenu, jelikož jsou disky upevněny na stejné trubce bez potřeby vlastních ložisek. Z hlediska efektivity není mezi řešeními velký rozdíl, jelikož jsou zde disky více na husto, ale případná oprava či cílené nastavení samotných disků není možné.

Koncept 2 nabízí řešení pomocí samostatně otočných disků. Řešení je nákladnější vzhledem k ceně ložisek a ohýbaných slupic. Nabízí ale snadnou úpravu pozice disků a případnou opravu/výměnu disků přímo na poli. Nabízí funkční řešení a možnou úpravu pozic pro přizpůsobení na danou šířku například na vinicích.

4.4.2 Pružné upevnění vs pevné navaření slupic

Koncept 1 nabízí řešení pomocí přímého navaření slupic na rám. Přímé navaření je mnohem snazší na výrobu, čímž výrazně klesají i náklady. Velkým problémem zmíněného upevnění je situace, kdy se stroj střetne s velkou překážkou. Pokud stroj narazí například na kamen, tak se v lepším případě slupice pouze ohne a poté složitě v dílně narovná. V horším případě nastane situace, kdy se naruší celý rám či poškodí ložisko a samotný disk.

Koncept 2 nabízí řešení pomocí pružného spojení. V našem případě se jedná o uložení pomocí pružných pryžových válečků. Ještě existují například pružinová upevnění, ale ta jsou

složitější pro domácí výrobu. Pružné spojení nabízí větší bezpečí a variabilitu pro upevnění slupic. Nejen, že lze slupici dát prakticky do jakékoli polohy na rám, ale zároveň při setkání s překážkou by nemělo nastat žádné velké poškození. Pokud dojde ke střetu disku a kamene, tak se v případě menší kolize pouze slupice nakloní o menší úhel. Pokud by se jednalo o větší střet, tak se slupice přetočí okolo rámu o 90°.

4.4.3 Tažný profil vs otočný válec

Koncept 1 nabízí řešení pomocí tažného profilu. Jedná se o nejjednodušší možné řešení. Stačí zvolit pouze větší normalizovaný profil. Čím větší váha, tím vyšší účinnost. Profil je jednoduše připevněn pomocí řetězů nebo ramen vypálených z plechu. Efektivita tohoto řešení je výrazně menší oproti konceptu 2. Je to způsobeno tím, že profil přímo hrudy nedrtí, ale spíše táhne nebo přes ně přeskočí.

Koncept 2 nabízí řešení pomocí otočného válce. Jedná se o jedno z nejlepších možných řešení, jelikož se válec při pohybu otáčí a dopadá na hrudy seshora, čímž je efektně drtí. Nevýhodou tohoto řešení je vysoká pořizovací cena, složitější výroba a váha. Případné opravy jsou také mnohem nákladnější. Nicméně i přes tyto zápory vykazuje otočný válec vysokou efektivitu.

4.5 Závěrečný výběr konceptu

První koncept nabízí nejlevnější možnou variantu, s kterou jde ale ruku v ruce nižší efektivita. Zároveň není tento koncept v porovnání s konceptem 2 vhodný pro náročná pole plná tvrdých hrud. Druhý koncept nabízí výrazně vyšší efektivitu, se kterou ale narostla i cena. Jako celkově mnohem lepší a kompatibilnější řešení se ukazuje druhý koncept. Celistvá konstrukce nabízí vysokou pevnost a tuhost. Zároveň usnadňuje údržbu a bezpečnost. Samostatné otočné disky nabízejí vyšší flexibilitu přímo na poli. Nabízejí možnost nastavení a případnou snadnou údržbu či výměnu jednoduše přímo na místě. Pružné upevnění zajišťuje také flexibilitu, ale hlavně bezpečnost a možnost předcházet obtížně opravitelným poškozením. Volba otočného válce zaručuje vysokou efektivitu, která nalezne uplatnění na problematických a hornatých polích.

Hlavním cílem práce je se zaměřit na efektivní a funkční řešení. Zároveň cílí na zjednodušenou konstrukci všech dílců pro výrobu tak, aby bylo dosaženo i přijatelné ceny a byla možnost si stroj vyrobit i v menších dílnách či dokonce sám doma. Koncepční řešení 2 v menších rozměrech a zároveň použitelné pro malotraktory není na trhu běžně dostupné.

Většinou jsou k dostání pouze rozměrné stroje, které nejsou kompatibilní s malotraktory. Zároveň pokud je porovnán koncept 1 s dostupným řešením v praxi, tak lze na trhu nalézt více strojů, které jsou srovnatelné s navrhovaným řešením jak po technické stránce, tak i po stránce cenové.

Na základě dostupných informací a průzkumu trhu je jednoznačně zajímavějším řešením druhý koncept. Z tohoto důvodu bude praktická část zaměřena na realizaci právě tohoto konceptu.

4.6 Výběr materiálu

Většina komponent je vytvořena z produktů hutního průmyslu. V praxi se u zemědělců spoléhá většinou na běžnou konstrukční ocel S235JR. Na více namáhané součásti, jako jsou například čepy byla zvolena legovaná ocel 16MnCr5 a E295JR. Zároveň kritická místa byla vyřešena vhodným konstrukčním řešením, nikoli využitím jakostnějšího materiálu.

Zemědělské nástroje pro zpracování půdy jsou vystaveny abrazivnímu opotřebení částicemi půdy. Nejvíce jsou namáhány pracovní části, které jsou v přímém kontaktu s půdou při práci, např. pluhy, podrážky, diskové podmítače, brány, kultivátory atd. Ve studii [23] je prezentován výzkum abrazivního opotřebení povrchů modifikovaných materiálů (kalených, plátovaných a boronizovaných) při pohybu v hmotě částic zeminy při různých rychlostech a porovnání jejich otěruvzdornosti.

Výsledkem této studie [23] se ukázala jako nejkompaktnější metoda modifikace materiálů využívající tepelné zpracování kalením.

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Hlavní prioritou je navrhnout konstrukční řešení, které bude jednoduché na výrobu a zároveň dostatečně bezpečné. Stroj by měl být navržen i pro snadnou montáž, servis a obsluhu. Konstrukční kapitola je zaměřena na nejrizikovější úseky, které jsou v průběhu řešeny a podpořeny výpočty. Postupně jsou v podkapitolách jednotlivé konstrukční uzly, které by měly tvořit celistvý dobře optimalizovaný stroj. Zároveň kontrolu, že zvolená řešení budou vyhovovat malotraktorům. Dle odborné literatury [24] lze malotraktor odlišit od běžného traktoru podle následujících 3 hlavních ukazatelů:

- 1) provozní hmotnost malotraktoru: max. 2 000 kg,
- 2) výkon motoru: max. 43 kW,
- 3) rychlost jízdy: max 30 km/h.

Zároveň metoda podmítání vyžaduje jistá specifika na rychlost, kdy stroje s otáčejícími se talířovými orgány mohou pracovat větší pojezdovou rychlostí, protože řezná rychlost je menší než pojezdová. Při vyšších rychlostech dochází k mírnému vyhlubování talířů. Například zvýší-li se pracovní rychlost 3,6 km/h na 9 km/h, sníží se zahloubení podle empirie asi o 10 %. Zvýšením pracovní rychlosti se zvýší i výkonnosti stroje a zlepšuje se kvalita práce. Stroj lépe drobí i zpracovává rostlinné zbytky a povrch zpracovaného pozemku je urovnanější. Proto je doporučováno volit pracovní rychlost pro podmítače a brány v rozmezí 7 až 15 km/h. [25]

5.1 Základní parametry stroje

Na základě běžné šířky vinice pohybující se v rozmezí 1800 až 2500 mm [26] byla zvolena šířka stroje 1800 mm, délka včetně otočného válce není nijak stěžejní, ale pro zajištění dostatečného prostoru pro disky je nastavena na 2300 mm. Hmotnost je nastavena tak, aby mohl být stroj tažen malotraktory. V souvislosti s hmotností je uvažován nutný výkon traktoru o velikosti 43kW. Počet disků kol (Tabulka 9) je dán šířkou záběru stroje, aby bylo možné dokonalé překrytí disků. Upevnění zvoleno tříbodové z důvodu univerzality.

Tabulka 9 Základní parametry stroje

Parametry diskového podmítače					
Šířka (mm)	Délka (mm)	Hmotnost (kg)	Výkon (kW)	Počet disků (ks)	Upevnění
1800	2300	720	43	14	3 body

(zdroj: vlastní)

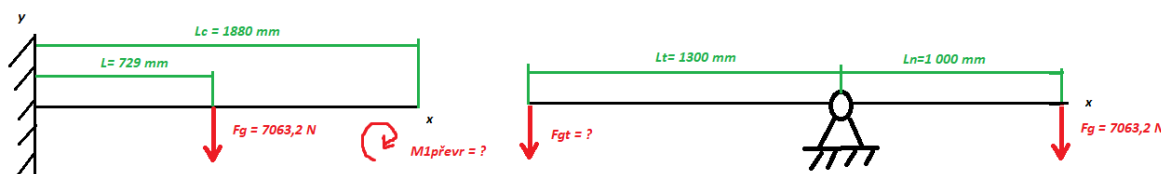
5.2 Volba neseného upevnění

Z důvodu snadného převozu, ovládání a lepší manipulace byla zvolena metoda neseného upevnění. Jedinou její nevýhodou je riziko převážení stroje. V našem případě tuto možnost eliminuje zadní, otočný válec. I tak je ale potřeba ověřit a rozhodnout, jak těžký traktor může využívat tento stroj. Jako první byl proveden jednoduchý výpočet rovnovážných sil soustavy. Veškeré hodnoty jsou zadány níže (Tabulka 10). V prvním výpočtu je uvažován 3. bod jako vetknutí. V dalším výpočtu je již uvažována reálná situace, kde bude rotační vazba umístěna v zadní nápravě traktoru.

Tabulka 10 Parametry výpočtu neseného upevnění

Parametry					
Vzdálenost těžiště x (mm)	Vzdálenost 3. bodu od těžiště L (mm)	Vz. těžiště stroje od zadní nápravy L_t (mm)	Vz. těžiště malotraktoru od zadní nápravy L_n (mm)	Délka malotraktoru (mm)	Hmotnost (kg)
957	729	1300	1000	2600	720

(zdroj: vlastní)



Obrázek 14 Schéma pro výpočet minimální hmotnosti traktoru

(zdroj: vlastní)

Výpočet minimální hmotnosti traktoru:

$$F_{gn} = m_d \cdot g = 720 \cdot 9,81 = 7063 \text{ N} \quad (1)$$

$$M_{1p\text{řevr}} = L \cdot F_g = 0,729 \cdot 7063 = 5149 \text{ Nm} \quad (2)$$

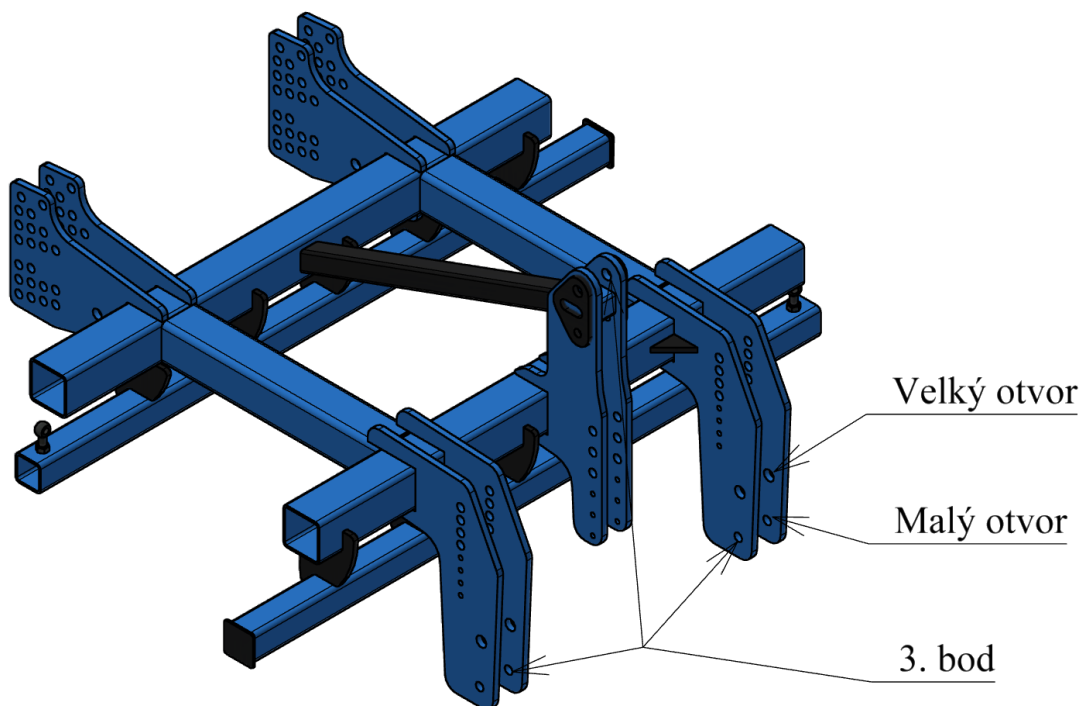
$$F_{gt} \cdot L_t \geq L_n \cdot F_{gn} \Rightarrow F_{gt} \geq \frac{L_n \cdot F_{gn}}{L_t} = \frac{1 \cdot 7063}{1,3} = 5433 \text{ N} \quad (3)$$

$$F_{gt} = m_t \cdot g \Rightarrow m_t = \frac{F_{gt}}{g} = \frac{5433}{9,81} = 553 \text{ kg} \quad (4)$$

Z výpočtů je patrné, že minimální váha traktoru, který může využívat diskový podmítač, je 553 kilogramů. Požadovaný výkon na tažný stroj se bude pohybovat v rozmezí 40-50 kW (Tabulka 9). Většina traktorů se zmíněným výkonem se pohybuje v hmotnostním rozmezím

mezi 1000-4000 kg. Například běžný traktor, který má většina lidí na vesnici ZETOR 7745 váží 4000 kg [27].

Diskový podmítač je ke traktoru upevněn pomocí 3. bodu (Obrázek 15). Na obrázku jsou naznačeny 2 otvory, díky kterým je možné upevnit čep jak pro malé, tak pro velké traktory. Délka čepu je 86 mm a zvoleným materiálem je legovaná ocel 16MnCr5.



Obrázek 15 Nesené upevnění diskového podmítače

(zdroj: vlastní)

Výpočet minimálního průměru čepu A:

$$P = 50 \text{ HP} = 37285 \text{ W} \quad (5)$$

$$v = 7 \text{ km/h} = 1,95 \text{ m/s} \quad (6)$$

$$P = v \cdot F_A \Rightarrow F_A = \frac{P}{v} = \frac{37285}{1,95} = 19120 \text{ N} \quad (7)$$

$$\text{Délka čepu } L_{\check{c}} = 86 \text{ mm}$$

$$\text{Materiál čepu } 16\text{MnCr5} \Rightarrow \sigma_{do} = 260 \text{ MPa}$$

$$M_{o_{max}} = \frac{F_A}{2} \cdot \frac{L_{\check{c}}}{2} = \frac{F_A \cdot L_{\check{c}}}{2} = \frac{19120 \cdot 86}{2} = 822\,160 \text{ Nm} \quad (8)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} \leq \sigma_{do} \quad (9)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}A}^3}{32}} \Rightarrow d_{\check{c}A} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{o\max}}{\pi \cdot \sigma_{do}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{822 \cdot 160}{3}}{\pi \cdot 260}} = 22 \text{ mm} \quad (10)$$

Dle hodnot získaných výpočtem byl zvolen průměr čepu A 22 mm.

Kontrola čepu A na střih:

$$\tau_S = \frac{F_A}{2 \cdot S_A} \leq \tau_{DS} \quad (11)$$

$$\tau_S = \frac{F_A}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}A}^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_A}{\pi \cdot d_{\check{c}A}^2} = \frac{2 \cdot 19120}{\pi \cdot 22^2} \leq \tau_{DS} \quad (12)$$

$$25 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa}$$

Dle hodnot získaných výpočtem čep A splňuje podmínku namáhání na střih.

Kontrola podmínky HMH:

$$\sqrt{\sigma_{do}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \sigma_{RED} \quad (13)$$

$$\sqrt{\sigma_{do}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \frac{R_e}{k} \quad (14)$$

$$\sqrt{260^2 + 3 \cdot 40^2} \leq \frac{440}{1,6} \quad (15)$$

$$269 \text{ MPa} \leq 275 \text{ MPa}$$

Dle hodnot získaných výpočtem čep A splňuje podmínku HMH.

Kontrola čepu A na otláčení:

$$P = \frac{F_A}{S_A} \leq P_D \quad (16)$$

$$P = \frac{F_A}{d_{\check{c}A} \cdot t_A} \leq P_D \quad (17)$$

$$P = \frac{19120}{22 \cdot 12} \leq P_D \quad (18)$$

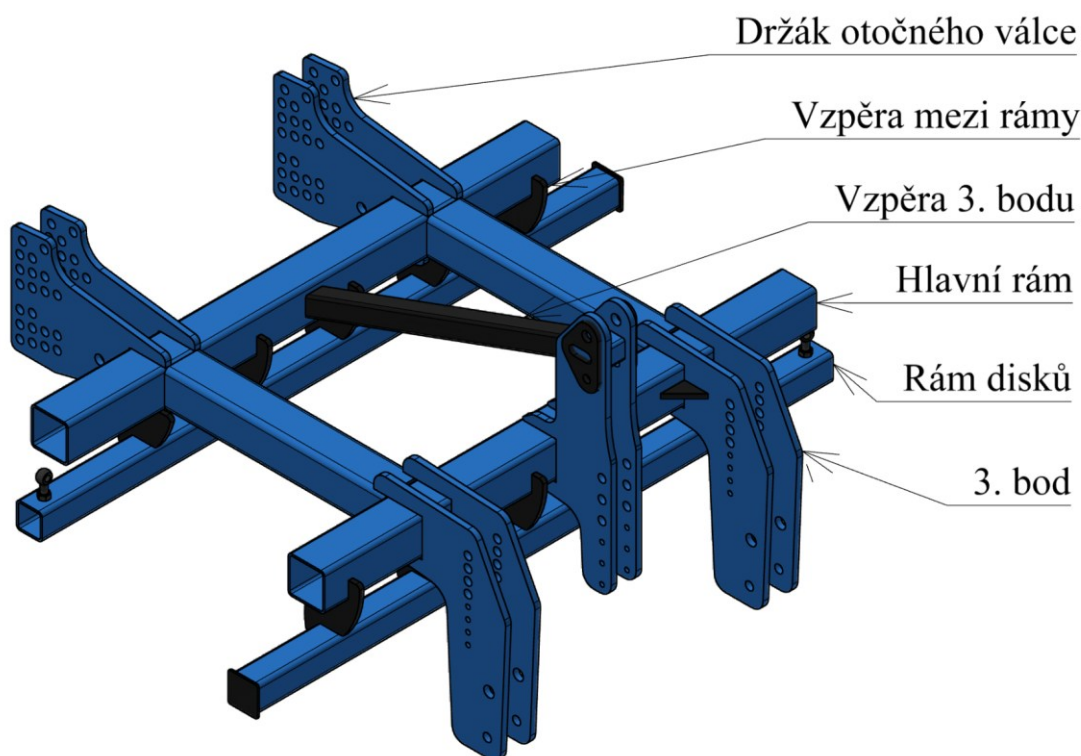
$$72 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa}$$

Dle hodnot získaných výpočtem čep A splňuje podmínku namáhání na otláčení.

5.3 Volba celistvé rámové konstrukce

Jelikož se jedná o nesený diskový podmítač s předpokládanou šířkou 2000 mm, je volba složeného rámu zbytečná, složitá a cenově nákladná. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto pro volbu celistvé rámové konstrukce (Obrázek 16), která nabízí vysokou tuhost, jednoduchost výroby a nižší cenu. Výpočet rámové konstrukce je problematický a zdoluhavý. Z tohoto důvodu byl rám navržen a zkontrolován pomocí analýzy v programu Inventor 2024. Velikost jeklů byla inspirována komerčním řešením, kde se pro podobné rozměry a váhu využívalo profilů o rozměrech mezi 70–100 mm. Pro hlavní rám byl zvolen profil 100 x 100 x 5 a pro rám disků profil 70 x 70 x 5. Hlavní rám je předimenzovaný i z důvodu, že se počítá s navýšením šířky dalších rozměrových řad, při využití jednotného rámu. Pro rámovou konstrukci byl zvolen jednotně běžně dostupný materiál S235JR.

Rám je tvořen hlavním rámem, na něj je navařen pomocí vzpěr rám pro disky, desky pro upevnění k traktoru 3. bod desky pro ukotvení otočného válce a příslušenství.



Obrázek 16 Celistvá rámová konstrukce

(zdroj: vlastní)

5.4 Volba samostatně otočných disků a ložisek

Samostatné disky oproti složeným diskům nabízejí výrazně vyšší efektivitu. I to je důvod, proč byly zvoleny i přes vyšší cenu a složitost výroby. Jedná se o hlavní funkční prvek, díky kterému dochází ke kypření zeminy.

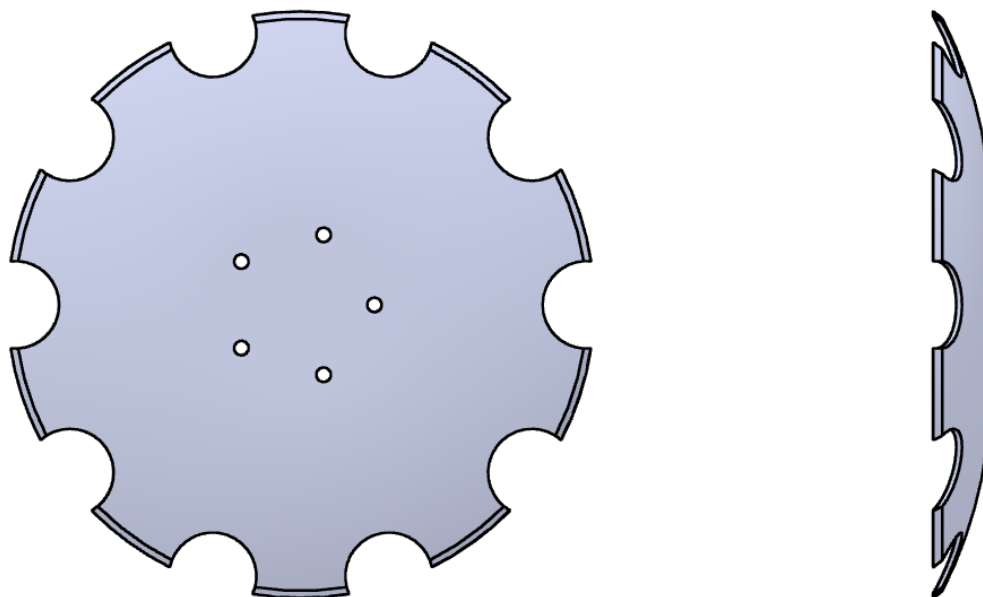
5.4.1 Otočné disky

Pro konstrukci byly zvoleny otočné ozubené disky (Obrázek 17). Jedná se o nejlevnější a nejdostupnější variantu s dobrou účinností. Stěžejními parametry (Tabulka 11) jsou počet děr a jejich roztečná kružnice, vnější průměr a tloušťka.

Tabulka 11 Parametry otočného disku

Parametry otočného disku					
Vnější Ø (mm)	Roztečný Ø (mm)	Tloušťka (mm)	Otvory Ø (mm)	Počet děr	Počet zubů
510	122	5	13	6	10

(zdroj: [25])



Obrázek 17 Podmítací ozubený disk

(zdroj: vlastní)

Každý disk může být během své práce namáhán dvěma způsoby:

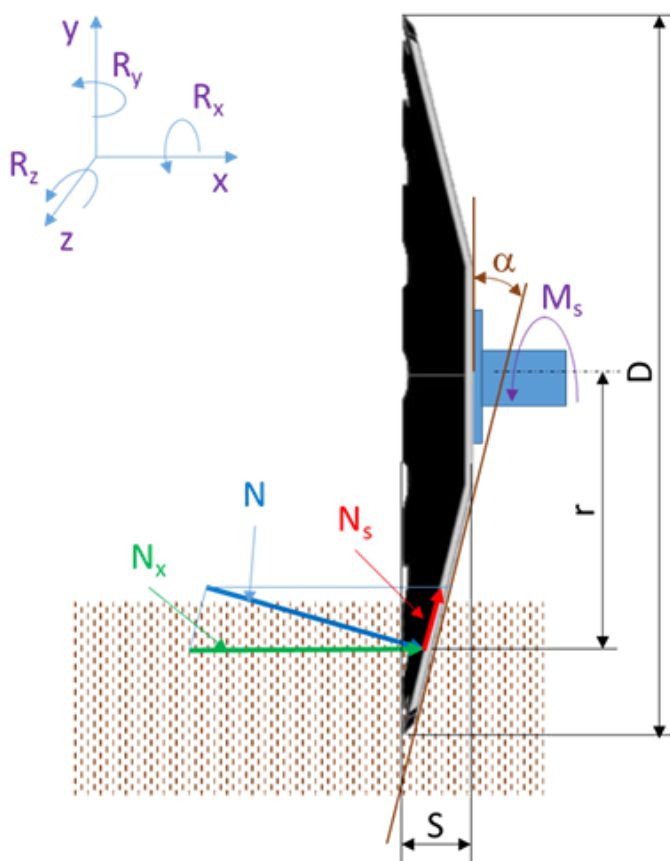
Způsob I:

Zatížení konstantním tlakem půdy na disk a konstantním ohybovým momentem v důsledku pevného pohybu orné soustavy

Způsob II:

Zatížení konstantním tlakem půdy s náhodným nárazem na povrch disku vlivem kontaminace půdy v podobě kamenů nebo jiných, které mají za následek temperaci povrchu.

Normálová síla N , která působí na jeho povrch a vytváří dvě složky síly N_s a N_x , které vedou ke vzniku celkového ohybového momentu M_o vůči ose náboje. Mezi silami N_s a N_x existuje závislost, která je určena úhlem naklopení. Torzní moment M_s je výsledkem třecí síly, která působí na konstrukci (Obrázek 18). [25]

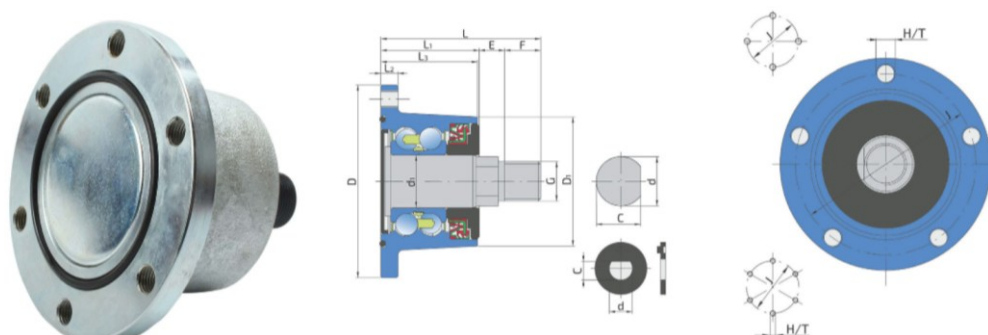


Obrázek 18 Model disku při záběru

(zdroj: [25])

5.4.2 Ložiska

Ložiska jsou nejnákladnějším prvkem diskového podmítače. Na trhu se vyskytuje velké množství produktů. Druhou možností je si daná ložiska skládat sám. Dle všech parametrů a cenové rozvahy byla zvolena již složená ložiska LEMKEN 5554513 (Tabulka 12)



Obrázek 19 Ložisko LEMKEN 5554513

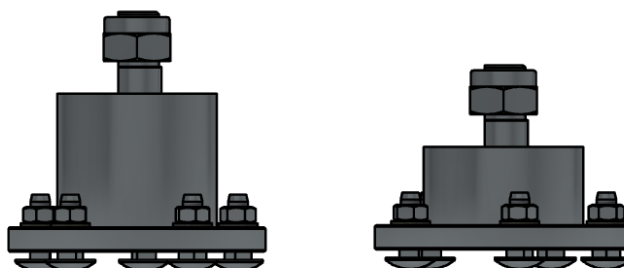
(zdroj: [27])

Tabulka 12 Parametry ložiska LEMKEN 5554513

Označení	Rozměr (mm)			LEMKEN 5554513	
J	100	L	97,5	C	27
D	117	L1	60	E	15,5
D1	78,5	L2	10,5	F	22
d	30	L3	59	G	M24x1,5
d1	32			H/T	6xM10x1,25

(zdroj: [27])

Dle parametrů bylo nutné upravit původní návrh slupice a volby disku. Jedná se o běžně využívané samomazné ložisko pro diskové podmítače. Tento fakt umožňuje v případě údržby aktivně ložisko nahradit či opravit.[27]



Obrázek 20 Ukázka ložiska LEMKEN

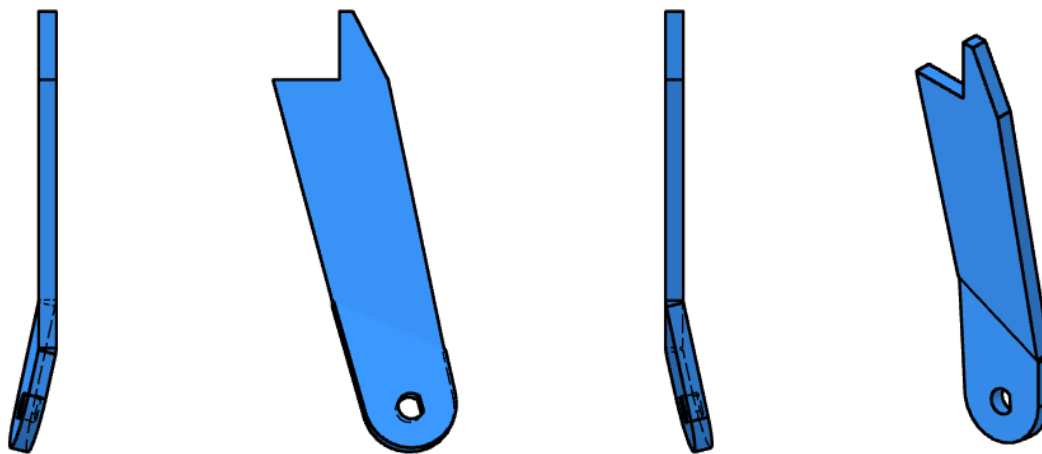
(zdroj: vlastní)

5.5 Volba slupice

Výroba vlastní slupice ve větším množství vychází vzhledem k nákladům výhodněji a toto řešení také umožňuje variabilitu ve volbě dalších členů konstrukce, např. vlastních ložisek (Kapitola 5.4.2).

Slupice (Obrázek 21) je dalším z velice důležitých prvků diskového podmítače. Správný náklon disků výrazně zlepšuje prořezávání půdou a záběr disků. Zlepšuje nejen efektivitu, ale také snižuje odpor při tažení. „S ohledem na odlišné požadavky kladené na práci různých strojů s talířovými pracovními orgány se jejich stavba navzájem poněkud liší. U talířových pluhů jsou talířová orební tělesa, pracovním nářadím připojena k rámu jednotlivě, každý na samostatném čepu. Rovina otáčení talíře není zde svislá, ale svírá se se svislou rovinou úhel β . Pluhy určené do lehkých půd je $\beta = 18-30^\circ$, do středních půd $10-20^\circ$, do těžkých až tvrdých $3-20^\circ$.“ [28; 29]

Úhly disků jsou tajemstvím každé firmy, ale jak je již z této citace ze článku [27] jasné, naznačují alespoň určitá rozmezí, dle kterých se řídit. Na více zdrojích lze narazit na hodnotu 18° . Předpokládané využití diskového podmítače je do středních a těžkých až tvrdých půd, jelikož malí zemědělci většinou nemají pole vytvořené v dokonalých podmínkách. Vzhledem ke špatným podmínkám bylo rozhodnuto pro volbu náklonu disku o úhlu 16° v ose Y a 5° v ose X pro navýšení záběru a lepší překrytí disků. Disk byl vytvořen pomocí veřejně dostupného modelu, který se stal inspirací z hlediska úhlů a bodů zlomu. Slupice jsou z běžné konstrukční ocele S235JR.

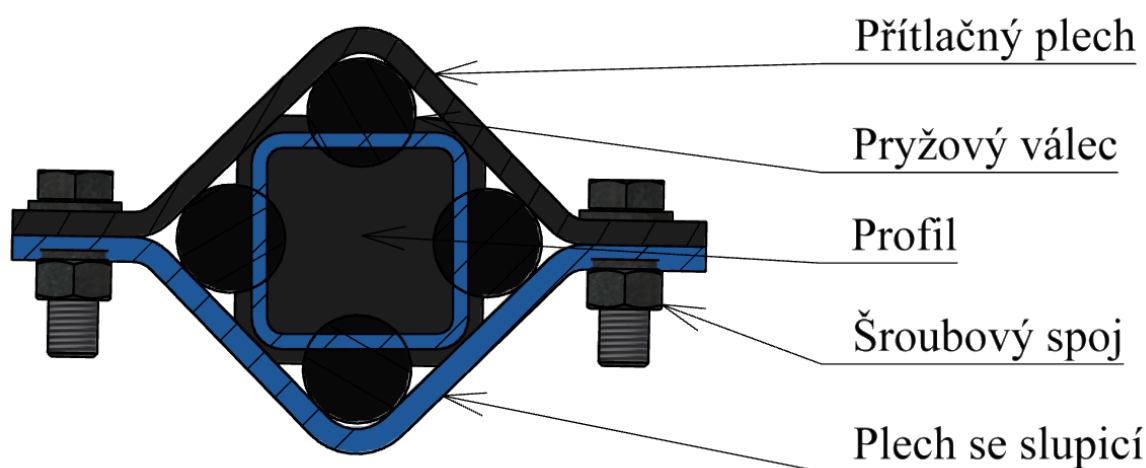


Obrázek 21 Ukázka slupice konstruovaného podmítače

(zdroj: vlastní)

5.6 Pružné upevnění na rám pomocí pryžových válců

Z dostupných variant upevnění na rám nabízí pryžové válce (Obrázek 22) nejlepší poměr ceny a užitných vlastností. Nijak nezaostávají za pružinovým upevněním, a navíc jsou cenově přijatelnější i při srovnatelné efektivitě. Na rámu nemusí být provedena dodatečná úprava (např. nemusí být do rámu vyvrtané otvory pro upevnění). Díky pryžovým válcům je slupice ochráněna proti ohnutí, jelikož se upevnění zkroutí přímo na rámu a poté se vrátí do původní polohy. V případě zásadního rázu se přetočí slupice o 90°. Plechy o tloušťce 5 mm jsou k sobě přitaženy pomocí čtyř šroubů a matic, z čehož vyplývá, že je montáž či případná výměna jednoduchá a rychlá. Plechy jsou z běžné konstrukční ocele S235JR.



Obrázek 22 Pružné upevnění podmítače pomocí pryžových válečků

(zdroj: vlastní)

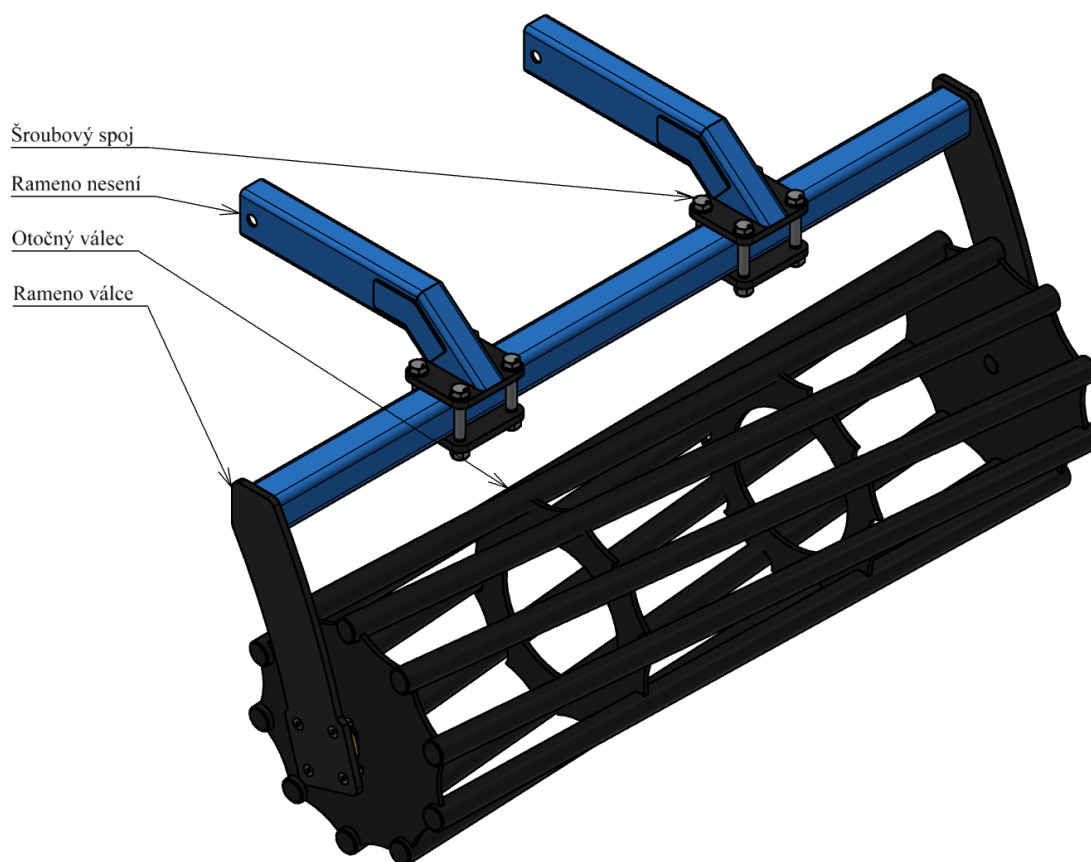
5.7 Otočný válec

Otočné válce mají zefektivnit úpravu povrchu a docílit kvalitnějšího drcení zeminy. „Válec jemně drtí hrudy a zajišťuje finální utužení seťového lůžka tak, aby byla plně obnovena půdní kapilarita. Intenzivní vztlínání půdní vláhy k povrchu zajistí rovnoměrné vzcházení rostlin i v sušším období.“ [30]

Na trhu je velký výběr mnoha možností válců pro závěrečné drcení zbylých hrud. Nejefektivnější řešení je válec s disky, ale jedná se o velice nákladné řešení s cenou kolem 30 tisíc. Vzhledem k volbě typu disků (Kapitola 5.4.1) by byl takový válec zbytečný. Z tohoto důvodu (a s ohledem na samotou výrobu) byl zvolen válec z trubek. Válec je tvořen výpalky, na které jsou navařeny trubky. Průměr válce je 500 mm, je upevněn na rameni,

které je možno podepřít v požadované výšce, aby určoval hloubku drcení a zároveň i hloubku disků v půdě. Pro všechny části otočného válce (Obrázek 23) byl zvolen běžně dostupný materiál S235JR.

Z hlediska samotné konstrukce je disk upevněn a tažen za podmítačem, otáčí se, díky čemuž drtí hrudy. Samotné řešení je velice robustní, z tohoto důvodu nebyly provedeny kontrolní výpočty. V následujících odstavcích je dále popsáno konstrukční řešení upevnění a výpočet důležitých parametrů zajišťovacího šroubu (váha otočného válce je i s rameny 190 kilogramů). [31]

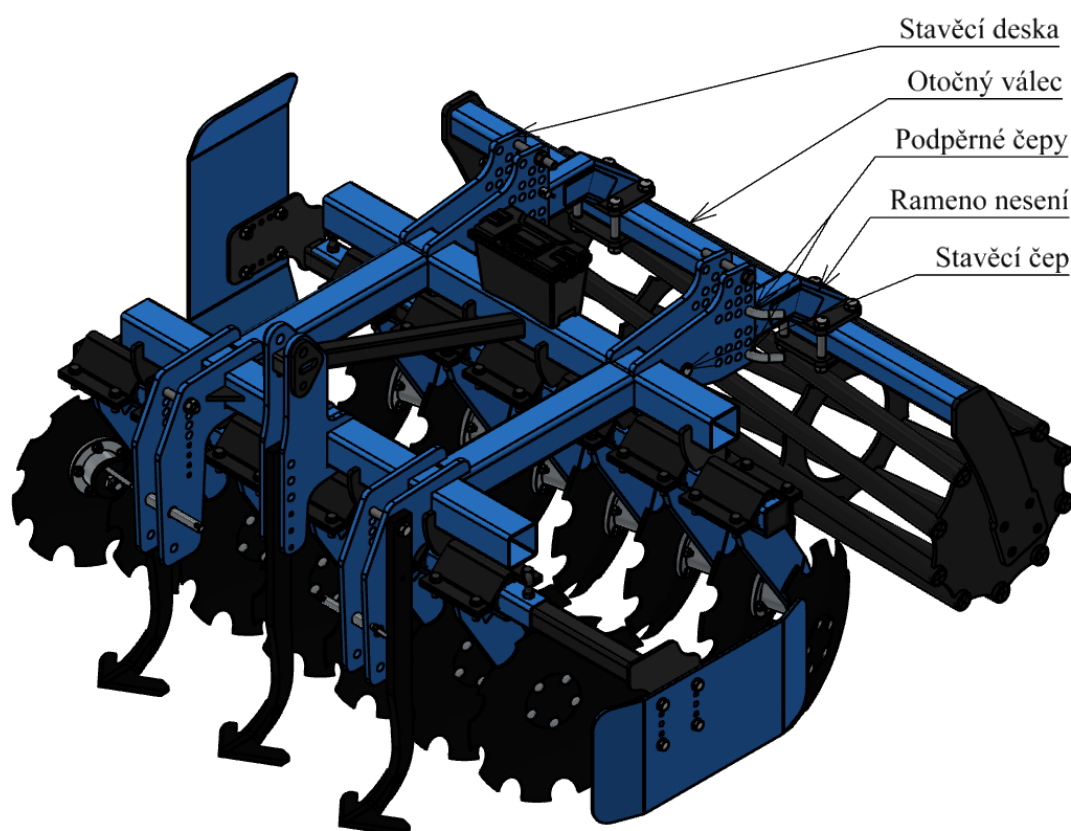


Obrázek 23 Otočný válec

(zdroj: vlastní)

5.7.1 Upevnění otočného válce

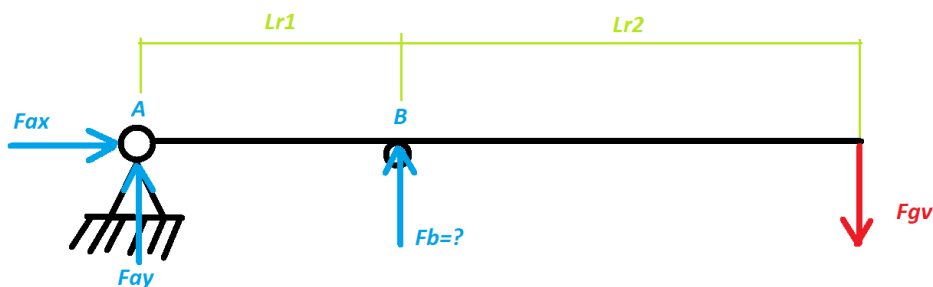
Otočný válec je upevněn pomocí čepu ve stavěcí desce (Obrázek 24). Deska má několik párů děr, které umožňují náklon ramene, čímž zajišťují možnost měnit hloubku stroje. Rameno je podepřeno jedním z čepů prostrčeným v otvorech pod ramenem a seshora zajištěno dalším čepem, aby nedocházelo k velkým výkyvům otočného válce při najetí na nerovnosti a zároveň lepšímu určení hloubky. S ohledem na vyšší bezpečnost stroje byla volena tloušťka stavěcí desky 15 mm. Nejrizikovějším bodem je spodní podpěrný čep. Pro tento čep byl zvolen materiál E295JR,



Obrázek 24 Ukázka upevnění otočného válce

(zdroj: vlastní)

5.7.2 Výpočty podpěrného čepu B



Obrázek 25 Schéma pro výpočet podpěrného čepu

(zdroj: vlastní)

$$F_{gv} = m_v \cdot g = 190 \cdot 9,81 = 1864 \text{ N} \quad (19)$$

$$M_c = (L_{r1} + L_{r2}) \cdot F_{gv} = (0,192 + 0,368) \cdot 1864 = 1043 \text{ Nm} \quad (20)$$

$$M_0 = -(L_{r1} + L_{r2}) \cdot F_{gv} + L_{r1} \cdot F_B \Rightarrow F_B = \frac{(L_{r1} + L_{r2}) \cdot F_{gv}}{L_{r1}} \quad (21)$$

$$F_B = \frac{(0,192 + 0,368) \cdot 1864}{0,192} = 5437 \text{ N} \quad (22)$$

Dle hodnot získaných výpočtem je síla působící na čep 5437 N.

Výpočet minimálního průměru čepu B:

Délka čepu – $L_{\check{c}} = 80 \text{ mm}$

Materiál čepu E295JR $\Rightarrow \sigma_{do} = 100 \text{ MPa}$

$$M_{o_{max}} = \frac{F_B}{2} \cdot \frac{L_{\check{c}}}{2} = \frac{F_B \cdot L_{\check{c}}}{2} = \frac{5437 \cdot 80}{2} = 217480 \text{ Nm} \quad (23)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} \leq \sigma_{do} \quad (24)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max}}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}B}^3}{32}} \Rightarrow d_{\check{c}B} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{o_{max}}}{\pi \cdot \sigma_{do}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \frac{217480}{2}}{\pi \cdot 100}} = 22.3 \text{ mm} \quad (25)$$

Dle hodnot získaných výpočtem byl zvolen průměr čepu B 22 mm.

Kontrola čepu B na střih:

$$\tau_S = \frac{F_B}{2 \cdot S_B} \leq \tau_{DS} \quad (26)$$

$$\tau_S = \frac{F_B}{\frac{\pi \cdot d_{\xi B}^2}{4}} = \frac{2 \cdot F_B}{\pi \cdot d_{\xi B}^2} = \frac{2 \cdot 5437}{\pi \cdot 22^2} \leq \tau_{DS} \quad (27)$$

$$7,15 \text{ MPa} \leq 40 \text{ MPa}$$

Dle hodnot získaných výpočtem čep B splňuje podmínku namáhání na střih.

Kontrola podmínky HMH:

$$\sqrt{\sigma_{do}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \sigma_{RED} \quad (28)$$

$$\sqrt{\sigma_{do}^2 + 3 \cdot \tau_{DS}^2} \leq \frac{R_e}{k} \quad (29)$$

$$\sqrt{100^2 + 3 \cdot 40^2} \leq \frac{270}{2} \quad (30)$$

$$122 \text{ MPa} \leq 135 \text{ MPa}$$

Dle hodnot získaných výpočtem čep B splňuje podmínku HMH.

Kontrola čepu B na otláčení:

$$P = \frac{F_B}{S_A} \leq P_D \quad (31)$$

$$P = \frac{F_B}{d_{\xi B} \cdot t_B} \leq P_D \quad (32)$$

$$P = \frac{5437}{22 \cdot 15} \leq P_D \quad (33)$$

$$16,4 \text{ MPa} \leq 90 \text{ MPa}$$

Dle hodnot získaných výpočtem čep B splňuje podmínku namáhání na otláčení.

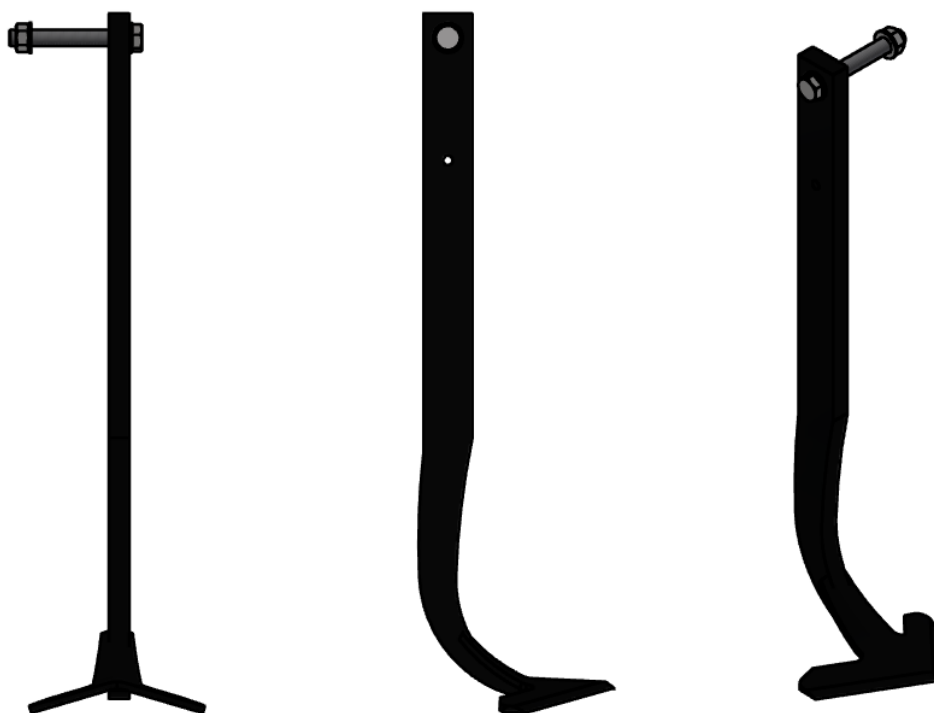
U horního stavěcího čepu (Obrázek 25), který nebude přenášet zdaleka takové zatížení, byly zvoleny stejné rozměry jako v případě stavěcího čepu B.

5.8 Příslušenství

V dodatečném příslušenství nalezneme další možnosti, které lze přidat pro zvýšení efektivity diskového podmiťáče. Veškeré možnosti jsou pouze dobrovolnou výbavou. Všechny ale naleznou využití pro konkrétní potřebu zákazníka.

5.8.1 Radličky

Radličky (Obrázek 26) jsou jednou z možností, jak zvýšit efektivitu stroje za menší příplatek. Napomáhají prořezávání půdy, čímž ztvrdlou půdu nakypří, aby disky mohli efektivněji konat svojí práci. Na trhu se dají koupit celistvé radličky se slupicemi nebo pouze radličky. Z hlediska řešeného stroje bylo výhodnější slupici vyrobit a k ní použít komerčně dostupnou radličku. Radličky jsou upevněny do dolní části upevnění ke traktoru a lze i měnit hloubku. Aby nedošlo k ohybu slupice při najetí na překážku jsou upevněny pomocí střižného šroubu.

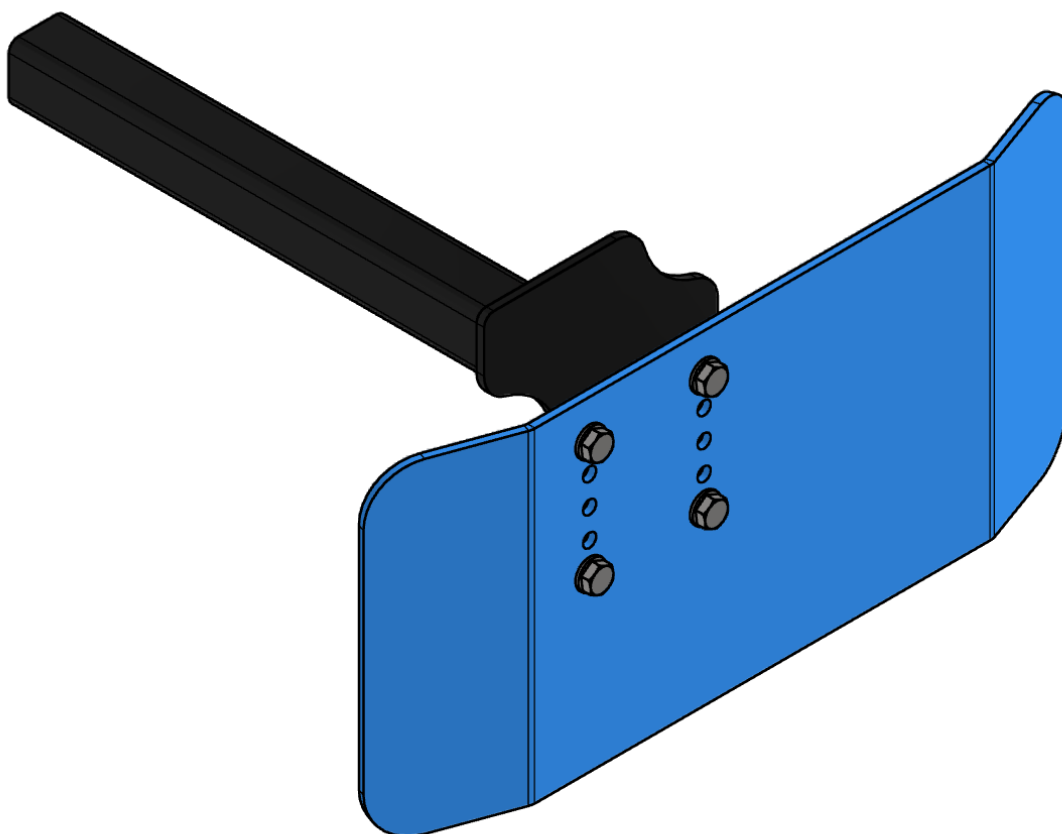


Obrázek 26 Ukázka radliček

(zdroj: vlastní)

5.8.2 Výsuvné boční kryty disků

Výsuvné boční kryty disků (Obrázek 27) najdou své uplatnění na vinicích. Za normálních okolností by se mohlo stát, že se zachytí větev révy, či keře za disk a dojde k poškození rostliny. Boční kryty by měly tomuto poškození zabránit. Jekl umožňuje výsuv až o 500 mm podle potřebného nastavení šířky na základě vinice. Zároveň lze pomocí šroubů výškově nastavit ochranný kryt. Připevnění k sestavě je možné pomocí šroubu s okem, aby bylo dosaženo flexibility a možnosti upravit nastavení pomocí základního vybavení či trubky.



Obrázek 27 Boční kryt disků

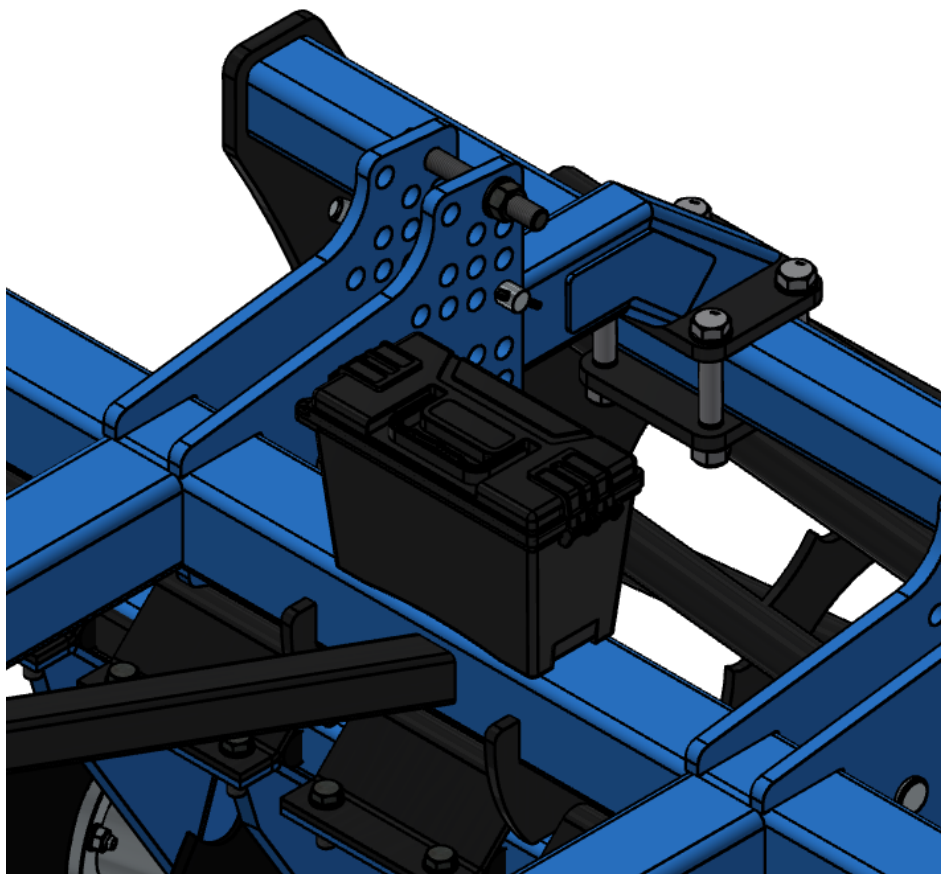
(zdroj: vlastní)

5.8.3 Stavitelný dvoj disk

Stavitelný dvoj disk nalezne využití při problematickém povrchu a omezeným rozměrům na poli. Disk se dá natočit až o 90°. Pokud je na poli nějaký problematický okraj, tak lze natočit disk o tolik, aby se překážce dokázal vyhnout. Zároveň je tím dosaženo případné menší šířky záběru. Z důvodu vyšších nákladů jsem se rozhodl tento disk nakonec ze sestavy odstranit.

5.8.4 Schránka na návod a nářadí

Ne každý zemědělec má skladovací prostor na svém traktoru. Z tohoto důvodu může být připevněna schránka na návod či nářadí (Obrázek 28), která umožňuje mít například klíč pro dotažení disku, či výměnu slupice součástí stroje. Dané otvory lze využít při úpravě pro jiné typy boxů.

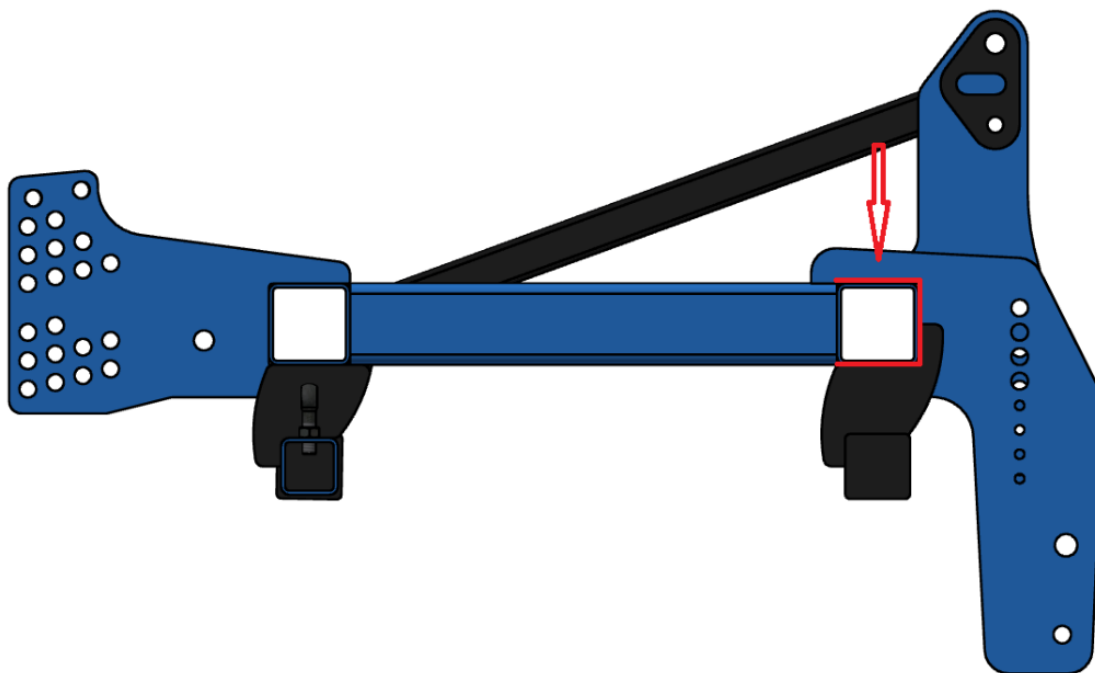


Obrázek 28 Schránka na návod a nářadí

(zdroj: vlastní)

5.9 Kontrola svarového spoje

Většina svarů na rámové konstrukci je koutových o velikosti 6 mm. Ze zkušeností z praxe bylo nutné ověřit, zda v oblasti kritického místa (Obrázek 29) bude svar v reálné praxi plnit svoji funkci.



Obrázek 29 Ukázka kritického místa pro výpočet svarů

(zdroj: vlastní)

5.9.1 Zadané prvky a vlastnosti svařovaného materiálu:

Pro svar byl zvolen materiál E295JR, jehož dovolené napětí $R_e = 270$ MPa. Ostatní parametry jsou patrné níže (Tabulka 13).

Tabulka 13 Parametry svařovacího materiálu

Svařovaný materiál			
Délka svaru L_s (mm)	Velikost svaru t_s (mm)	Namáhací síla F_A (mm)	Dovolené napětí (Mpa)
300	6	19120	275

(zdroj: vlastní)

Dovolené napětí svaru:

$$\tau_{DSV} = 0,75 \cdot R_e = 0,75 \cdot 270 = 202,5 \text{ MPa} \quad (34)$$

Smykové napětí svaru:

$$\tau_k = \frac{F_A}{2 \cdot 0,7 \cdot L_s \cdot t_s} \leq \tau_{DSV} \quad (35)$$

$$\tau_k = \frac{19120}{2 \cdot 0,7 \cdot 300 \cdot 6} \leq \tau_{DSV} \quad (36)$$

$$7,6 \text{ MPa} \leq 202,5 \text{ MPa}$$

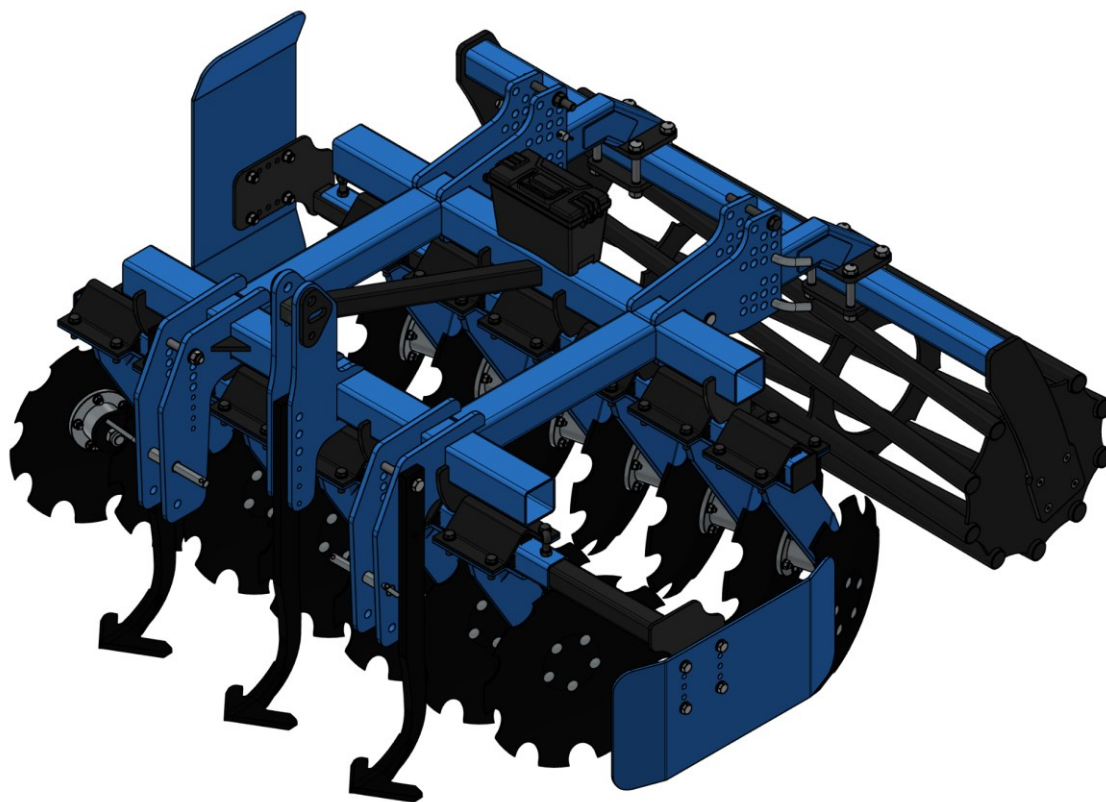
Dle hodnot získaných výpočtem velikost svaru 6 mm splňuje podmínku napětí ve svaru.

Bezpečnost svaru:

$$k_k = \frac{\tau_{DSV}}{\tau_k} = \frac{202,5}{7,6} = 27 \quad (37)$$

Z výpočtů je patrné, že jsou svary výrazně předimenzované. Tak vysoká bezpečnost nastala také z důvodu, že je obvařen celý profil a zvolen velký svár. Nicméně je potřeba počítat s tím, že budou svary dostávat velké rázy, jelikož budou pracovat v nekomfortním prostředí a může nastat například situace, kdy se stroj zasekne za kamenem. S ohledem na velikost svaru, jeho zmenšení nijak výrazně nesníží náklady. Na sestavě se nenachází žádný svar, co by byl konstantně více namáhán než daný úsek. I z tohoto důvodu není nutné provádět více výpočtů, jelikož je dodržen vysoký koeficient bezpečnosti.

5.10 Ukázka konstrukce stroje



Obrázek 30 Ukázka konstrukčního řešení v programu Inventor 2024

(zdroj: vlastní)

6 CENOVÁ ROZVAHA

Cenová rozvaha je posledním důležitým celkem projektu. V cílech bylo zmíněno, že je pro výstup důležitá také cena, která by měla být ve finále výhodnější nežli komerčně dostupná řešení. Cenová rozvaha je zaměřena na náklady za materiál (Tabulka 14, 15, 16 a 17) a poté i na samotnou výrobu, která je zahrnuta do celkové ceny (Tabulka 18).

Tabulka 14 Náklady na profily

PROFIL (TYP A ROZMĚR)	POTŘEBNÁ DÉLKA (mm)	KOUPENÁ DÉLKA (mm)	POČET (KS)	CENA BEZ DPH (KČ)	CENA VČETNĚ DPH (KČ)
ČTVERCOVÝ 100x100x5	3700	4000	1	1532	1 854
ČTVERCOVÝ 80x80x4	1750	2000	1	548	663
ČTVERCOVÝ 70x70x5	3200	4000	1	1100	1 331
ČTVERCOVÝ 60x60x3	1000	1000	1	142	172
ČTVERCOVÝ 50x50x4	900	1000	1	143	173
OBDELNÍKOVÝ 100x60x3	1200	2000	1	400	484
KRUHOVÝ 50x4	16500	6000	3	2769	3 350
CELKEM	28250	20000	9	6634	8 027 Kč

(zdroj: vlastní)

Tabulka 15 Náklady na plechy

PLECH (TLOUŠŤKA)	POTŘEBNÝ ROZMĚR (m2)	KOUPENÝ ROZMĚR (m2)	POČET (KS)	CENA BEZ DPH (KČ)	CENA VČETNĚ DPH (KČ)
PLECH 20	0,7	1	1	4350	5264
PLECH 15	1,5	2	1	4600	5566
PLECH 12	1,8	2	1	5000	6050
PLECH 10	1	1	1	2200	2662
PLECH 8	1,5	2	1	3420	4138
CELKEM	6,5	8	5	19570	23 680 Kč

(zdroj: vlastní)

Do profilů je započítán přířez z 6000 mm jeklu a trubek. Pro všechny profily byl zvolen materiál ocel S235JR. Plechy jsou nastaveny na kompletní tabule z materiálu S235JR. Celkový součet nákladů na profily a plechy je po zaokrouhlení 26 200 Kč (bez DPH).

Tabulka 16 Zakoupené součásti

KUPOVANÁ SOUČÁST (NÁZEV)	KUPOVANÁ SOUČÁST (ČÍSLO)	POČET (KS)	CENA BEZ DPH (KČ)	CENA VČETNĚ DPH (KČ)
DISK	DECHAU LEMKEN 560	14	7185	8694
LOŽISKO PRO DISK	DECHAU LEMKEN 810	14	25480	30831
LOŽISKO VÁLCE	FYC 20TF	2	1536	1859
RADLIČKA	Kverland 305x10	3	1971	2385
ČEP 3TI-BOD	GRANIT 2235 22 mm	7	665	805
SCHRÁNKA	JVD456S	1	500	605
CELKEM		41	37337	45 178 Kč

(zdroj: vlastní)

Tabulka 17 Spojovací materiál

KUPOVANÁ SOUČÁST (NÁZEV)	KUPOVANÁ SOUČÁST (ČÍSLO)	POČET (KS)	CENA BEZ DPH (KČ)	CENA VČETNĚ DPH (KČ)
ŠROUB PŘÍTLAČNÝ	DIN 933 M20 x 1,5 -150	12	204	240
ŠROUB ODPRUŽENÍ	DIN 933 M16 x 1,5 -60	48	384	480
ŠROUB DISKŮ	DIN 933 M10 x 1,5 -30	84	420	537
ŠROUB S OKEM	DIN 444 M10 x 1,5 -30	2	52	62
MATICE	DIN 934 M20 x 1,5	12	84	108
MATICE	DIN 934 M16 x 1,5	48	192	240
MATICE	DIN 934 M10 x 1,5	2	6	8
CELKEM		208	1342	1 675 Kč

(zdroj: vlastní)

Tabulka 18 Celkové porovnání nákladů

VÝROBA A DESIGN	KOD	POČET (KS)	CENA BEZ DPH (KČ)	CENA VČETNĚ DPH (KČ)
BARVA	Vi Enamel-balení 650 ml	5	910	1101
SVAŘOVACÍ MAT.	Náklady na svař. materiál	-	2000	2420
VÝROBA	100 člověkohodin 300/h	-	30000	36300
JEKLY	Náklady na jekly	-	6634	8027
PLECHY	Náklady na plechy	-	19570	23680
ZAK. SOUČÁSTI	Náklady na zak. součásti	-	37337	45178
SPOJE	Náklady na kupované spoje	-	1342	1624
CELKOVÁ CENA	-	-	97793	118330

(zdroj: vlastní)

Nejvyšší nákupní položkou jsou zakoupené součásti (Tabulka 16), především ložiska a samotné disky. Podstatnou položkou jsou také náklady na výrobu (Tabulka 18), které při samostatné výrobě mohou být výrazně sníženy.

Při pohledu na celkové náklady (Tabulka 18) je cena 97 800 Kč (bez DPH) přijatelná. Při hromadné výrobě by se dosáhlo další úspory, která je odhadovaná na 10 %. V porovnání se stroji s podobnou výbavou, které jsou dostupné na trhu, se ekonomika navrhovaného řešení pohybuje na nižší hranici cen komerčně dostupných strojů.

Kromě samotné ekonomiky je velkou výhodou nevrženého řešení i to, že je možné ho pohánět pomocí malotraktoru. Zároveň jsou výhodou i komfortní rozměry pro obdělávání menšího pole či vinice.

Pokud by bylo konstrukční řešení cíleno na prodej, je nutno počítat se zvýšením ceny, aby byl ze stroje požadovaný zisk. Pro uzavření cenového odhad, bylo zvoleno navýšení ceny o 30 %. Prodejní cena by tedy dosahovala hodnoty 127 000 Kč (bez DPH). S touto cenovkou se řadí navržený diskový podmítač mezi dostupné stroje s podobným vybavením.

DISKUZE VÝSLEDKŮ

Hlavním úkolem bakalářské práce bylo vytvořit plně funkční diskový podmítač. Tento podmítač je určen parametry i cenou především pro střední a malé statkáře s menšími traktory. Pracovní záběr se pohybuje mezi 1500-2500 milimetry. Všechny hlavní parametry byly navrženým konstrukčním řešením splněny.

Jedním z vedlejších cílů bylo prozkoumat trh a zjistit dostupnost komerčních strojů, důležité a problematické prvky. Při průzkumu trhu bylo zjištěno, že v současnou chvíli je nabídka strojů určená pro malé hospodáře značně omezená. Na trhu se vyskytuje pouze zlomek strojů, které by byly zaměřeny na malé zemědělce s malotraktory. Tento průzkum potvrdil, že výsledky dosažené v bakalářské práci mohou najít uplatnění v reálné praxi.

Při konstrukčním řešení je důležité zkontrolovat nebezpečné úseky ve kterých by mohlo dojít k poruše, či deformaci materiálu. Jako rizikové prvky byly vyhodnoceny čepy 3. bodu a čep pro podložení otočného válce. Všechny čepy splňují veškeré náležitosti pro funkci. Další kontrola byla provedena pro svár v kritickém okolí připojení. Dle výpočtů bylo zjištěno, že jsou svary dostatečné a odpovídají namáhání stroje. Byly také provedeny výpočty, které určují, jaká musí být váha traktoru, který bude diskový podmítač nést, aby nedošlo k převrácení. Optimální váha traktoru by se měla pohybovat od 1 tuny a výš, což by vzhledem k použití stroje měl splňovat každý traktor s výkonem min. 45 kW.

Výroba stroje je navržena pro jednoduchou tvorbu, ale také pro hromadnou výrobu. Z tohoto důvodu jsou určité prvky kladně dimenzovány a byla zvolena vyšší bezpečnost. Zároveň ale byla výroba navržena tak, aby většinu konstrukce mohla zařídit dílna s běžnými podmínkami bez nutnosti využívat strojů, které jsou pouze ve specializovaných dílnách.

Rám je navržen pro rozměry 1500–2500 mm s drobnými úpravami (např. přidání rozpěry). Z hlediska konceptu by nebylo nutné do něho zasahovat, pouze by se změnily podmínky na váhu a výkon traktoru. Při větších rozměrech by došlo k zásadnějším změnám při zachování obdobného konceptu.

Reálné maximální náklady na 1ks se pohybují kolem 98000 Kč (bez DPH), čímž je dodržen stanovený maximální cenový limit cílů práce 100 000 Kč (bez DPH).

ZÁVĚR

Na základě výsledných kalkulací a zvolených řešení byly splněny všechny požadavky a cíle. Byl vytvořen funkční stroj, který je určen pro malé a střední hospodáře. Podmítač zaujme svojí efektivitou, výbavou, ale také přijatelnou cenou z hlediska dostupných řešení na trhu. Cílem bylo, aby cena výroby nepřesáhla hranici 100 000 Kč (bez DPH). Tato cenová hranice nebyla překročena.

Diskový podmítač byl vytvořen pro kypřicí záběr disků o celkové šířce 1750 mm a pracovní hloubce pohybující se mezi 5-16 mm. Je tvořen 14 ozubenými disky, které se starají o kypření půdy a zadním otočným válcem, který drtí zbylé hrudy. Stroj nabízí nesené upevnění na traktor, čímž vyžaduje doporučenou váhu tažného stroje přes 1 tunu a výkonu 45 kW. Rozměry pro přepravu jsou 2200x1800x1500 mm. Tyto rozměry umožňují pohyb po běžných cestách a silnicích nižší třídy. Pracovní prvky stroje jsou vytvořeny tak, aby nevyžadovaly častou údržbu a zároveň aby při poruše bylo možné disky i jeho slupice jednoduše vyměnit přímo na poli se základním vybavením.

Součástí práce je i výkresová dokumentace (Příloha P1). Dokumentace obsahuje hlavní sestavu, sestavu svařence rámu a ukázkou konkrétních součástí či plechů.

Následujícím cílem, ve kterém by bylo možné na projektu pokračovat by bylo vytvoření více rozměrových řad. Tato problematika byla uvažována již při tvorbě konstrukčního řešení. Pro menší rozměry podmítače do šířky záběru 2500 mm lze využít totožný rám. Při hlubší analýze hmotnosti by bylo možné snížit hmotnost diskového podmítače, čímž by se stal dostupnějším pro ještě menší stroje. Zmíněná možnost snížení váhy ale nebyla pro konstrukci podmítače stěžejní, jelikož šlo především o tuhost a efektivitu, která je přímo ovlivněna váhou stroje.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PETROV, Alexander M.; IVANAYSKIY, Sergey A.; KANAEV, Mikhail A.; PARFYONOV, Oleg M.; IVANAYSKIY, Maxim S. et al. Justification of optimal design and technological parameters of needle discs of the combined working body. Online. *BIO Web of Conferences*. 2020, roč. 17. ISSN 2117-4458. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700016>. [cit. 2025-05-07].
- [2] THE IMPACT OF DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS ON THE QUALITATIVE INDICATORS OF SOWING WORKS AND WHEAT CULTURAL DEVELOPERS. Online. *SCIENTIFIC PAPERS-SERIES A-AGRONOMY*. 2022, č. 1, s. 10. ISSN 2285-5785. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000905271500039>. [cit. 2025-05-07].
- [3] PRIPOROV, E V a PRIPOROV, I E. Justification of parameters of a four-row disk harrow using the experiment planning method. Online. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021, roč. 659, č. 1. ISSN 1755-1307. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012013>. [cit. 2025-05-07].
- [4] *Acta geodynamica et geomaterialia*. Praha: Ústav struktury a mechaniky hornin, 2004-2021. ISSN 1214-9705. Dostupné také z: https://www.irms.cas.cz/index.php?page=acta_scope.
- [5] BEDNAR. *Radličkové kypřiče a podmítače za traktor*. Online. BEDNAR. 2025. Dostupné z: <https://www.bednar.com/radlickovy-podmitac/>. [cit. 2025-05-07].
- [6] Effect of tillage implement (spring tine cultivator, disc harrow), soil texture, forward speed, and tillage depth on fuel consumption and tillage quality. Online. *JOURNAL OF AGRICULTURAL ENGINEERING*. 2022, roč. 2022, č. 1371, s. 10. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.4081/jae.2022.1371>. [cit. 2025-05-07].
- [7] UPADHYAY, Ganesh a RAHEMAN, Hifjur. Comparative assessment of energy requirement and tillage effectiveness of combined (active-passive) and conventional offset disc harrows. Online. *Biosystems Engineering*. 2020, roč. 198, s. 266-279. ISSN 15375110. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.08.014>. [cit. 2025-05-07].
- [8] ZUBKO, Vladyslav; SOKOLIK, Sergii; KHVOROST, Tetiana a MELNYK, Valentyna. Factors affecting quality of tillage with disc harrow. Online. In: . 2021, -. Dostupné z: <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF262>. [cit. 2025-05-07].
- [9] Influence of Aggregated Tillage Implements on Fuel Consumption and Wheel Slippage. Online. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*. 2021, roč. 28, č. 3. ISSN 13303651. Dostupné z: <https://doi.org/10.17559/TV-20201130162613>. [cit. 2025-05-07].
- [10] TARASENKO, Boris F.; KUZMIN, Vitaly V.; TROYANOVSKAYA, Irina P.; PARTKO, Svetlana A. a VOINASH, Sergey A. Harrow with Turning Disc Section. Online. *Engineering Technologies and Systems*. 2023, roč. 33, č. 1, s. 10-20. ISSN 2658-6525. Dostupné z: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202301.010-020>. [cit. 2025-05-07].
- [11] *Zemědělská technika*. Online. In: CZAGRO-MACHINERY. 2025. Dostupné z: <https://czagro-machinery.cz/>. [cit. 2025-05-09].

- [12] *PARTS FOR FARM MACHINERY*. Online. In: OFAS. 2025. Dostupné z: <https://www.ofas.it/>. [cit. 2025-05-09].
- [13] *ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA AGROZET*. Online. In: AGROZET. 2025. Dostupné z: <https://www.agrozet.cz/>. [cit. 2025-05-09].
- [14] *Disc cultivator Superior*. Online. In: SMSCZ. 2025. Dostupné z: <https://www.smscz.cz/en/content/disc-cultivator-superior>. [cit. 2025-05-09].
- [15] *Diskový podmítač - koupě*. Online. In: Agro-bazar. Dostupné z: <https://www.agro-bazar.cz/2084-diskovy-podmitac.html>. [cit. 2025-05-09].
- [16] *Základy zemědělské techniky*. Online. KZT-ZF. 2023. Dostupné z: http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2013/11/zpracovani_pudy. [cit. 2025-05-09].
- [17] *Дисковая борона рессорная ДАР-2,4 навесная*. Online. In: Astartat. 2022. Dostupné z: <https://astartat.com.ua/ru/dar2.4>. [cit. 2025-05-09].
- [18] *NOVÁ GENERACE NESENÉHO DISKOVÉHO PODMÍTAČE - SWIFTERDISC XN*. Online. BEDNAR. 2025. Dostupné z: <https://www.bednar.com/swifterdisc-xn-3/>. [cit. 2025-05-07].
- [19] *Technika pro vinice*. Online. In: Polagro. 2023. Dostupné z: <https://polagro.cz/technika-pro-vinice-sady-a-zeleninu/product/26153:upravovy-agregat-do-vinic-a-sadu-rol-ex-mini>. [cit. 2025-05-09].
- [20] *Diskový podmítač DHA4 120 cm GeoGrass*. Online. Ok-traktory. 2025, 2025. Dostupné z: <https://www.ok-traktory.cz/diskove-brany-dha4-2/>. [cit. 2025-05-07].
- [21] *1. díl SHOWROOM OPaLL-AGRI | polonesený diskový kypřič PEGAS II SM*. Online. Opall-agri. 2025. Dostupné z: <https://www.opall-agri.cz/cz/diskovy-kypric-pegas-ii-sm>. [cit. 2025-05-07].
- [22] PAMAN, Ujang; KHAIRIZAL a SUTRIANA, Selvia. Field investigation of component failures for selected farm machinery used in small rice farming operations. Online. *Open Agriculture*. 2024, roč. 9, č. 1. ISSN 2391-9531. Dostupné z: <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0292>. [cit. 2025-05-07].
- [23] , Vidakovic, I a , Samardzic, I. RESISTANCE OF MODIFIED MATERIAL SURFACES FOR AGRICULTURAL TILLAGE TOOLS TO WEAR BY SOIL PARTICLES. Online. *Metalurgia*. Roč. 2022, s. 10. Dostupné z: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000725082100019>. [cit. 2025-05-07].
- [24] , Michaela Hykyšová. *Malotraktory - DEFINICE A POPIS*. Online. JPJFOREST. 2012. Dostupné z: <https://www.jpjforest.cz/malotraktory/>. [cit. 2025-05-08].
- [25] LONKWIC, Paweł; USYDUS, Ireneusz; TOFIL, Arkadiusz; KRAKOWSKI, Tomasz; RUTA, Hubert et al. Case Study on Numerical Calculation of a Disc Bush in the Disc Harrow in the Welding Version. Online. *Mechanics*. 2021, roč. 27, č. 6, s. 513-520. ISSN 2029-6983. Dostupné z: <https://doi.org/10.5755/j02.mech.28233>. [cit. 2025-05-07].
- [26] , Lenka Ševítová. Základy pěstování révy vinné pro začátečníky. Online. *Mojelahve*. 2022. Dostupné z: <https://mojelahve.cz/clanek/zaklady-pestovani-revy-vinne-pro-zacatecniky-1395>. [cit. 2025-05-14].
- [27] *FKL ložisko IL 50-100 | 6T.M24-L*. Online. Dolezal-pe. 2025. Dostupné z: <https://www.dolezal-pe.cz/sortiment/loziska/fkl/diskove-brany/fkl-lozisko-il-50-100-6t-m24-l/>. [cit. 2025-05-07].

- [28] *Podmítka a podmítače*. Online. ING. POSPÍŠIL JIŘÍ CSC. Agromanual. 2020. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/podmitka-a-podmitace>. [cit. 2025-05-07].
- [29] AGROPORTAL24H. *Technologie zpracování půdy, talířové pluhy, talířové podmítače a talířové brány*. Online. 2019. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/technologie-zpracovani-pudy-talirove-pluhy-talirove-podmitace-a-talirove-brany>. [cit. 2025-05-07].
- [30] *Předsetový kombinátor Kompaktomat NS*. Online. FARMET. 2025. Dostupné z: <https://www.farmet.cz/cs/predsetovy-kombinator-kompaktomat-ns>. [cit. 2025-05-07].
- [31] *Tažené polní válce*. Online. DAGROS. 2025. Dostupné z: <https://www.dagros.cz/tazene-polni-valce-rollmot>. [cit. 2025-05-07].
- [32] *Zemědělská technika s několikagenerační tradicí*. Online. In: Kovo Novák. 2025. Dostupné z: <https://www.kovonovak.com/>. [cit. 2025-05-09].
- [33] *Zemědělské stroje*. Online. In: AGS Agro sortiment. 2025. Dostupné z: <https://www.agsort.cz/>. [cit. 2025-05-09].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Komerční DP s poloneseným upevněním CZAgroMachineri (vlevo) a KOVONOVÁK (vpravo).....	6
Obrázek 2 Ukázka komerčních diskových podmítačů s neseným upevněním od firem AGS (vlevo) a OFAS (vpravo)	7
Obrázek 3 Diskový podmítač TERADISCS od firmy AGROZET – Celistvá konstrukce rámu	8
Obrázek 4 Diskový podmítač SUPERIOR od firmy SMS – Složená konstrukce rámu	9
Obrázek 5 Ukázka samostatných otočných disků.....	10
Obrázek 6 Ukázka spojených otočných disků	11
Obrázek 7 Ukázka slupice pro diskový podmítač	12
Obrázek 8 Spojení slupice s rámem.....	13
Obrázek 9 Vlevo upevnění pomocí pružiny a vpravo upevnění pomocí pryžových válečků	14
Obrázek 10 Válcové, diskové a pásové provedení otočného válce	15
Obrázek 11 Diskový podmítač DHA 4.....	18
Obrázek 12 Diskový podmítač OPaLL – AGRI PEGAS II.....	19
Obrázek 13 Diskový podmítač SWIFTERDISC XN3000	20
Obrázek 15 Schéma pro výpočet minimální hmotnosti traktoru	31
Obrázek 16 Nesené upevnění diskového podmítače	32
Obrázek 17 Celistvá rámová konstrukce	34
Obrázek 18 Podmítací ozubený disk	35
Obrázek 19 Model disku při záběru.....	36
Obrázek 20 Ložisko LEMKEN 5554513	37
Obrázek 21 Ukázka ložiska LEMKEN.....	37
Obrázek 22 Ukázka slupice konstruovaného podmítače	38
Obrázek 23 Pružné upevnění podmítače pomocí pryžových válečků	39
Obrázek 24 Otočný válec.....	40
Obrázek 25 Ukázka upevnění otočného válce	41
Obrázek 26 Schéma pro výpočet podpěrného čepu.....	42
Obrázek 27 Ukázka radliček.....	44
Obrázek 28 Boční kryt disků	45
Obrázek 29 Schránka na návod a nářadí.....	46
Obrázek 30 Ukázka kritického místa pro výpočet svarů	47
Obrázek 31 Ukázka konstrukčního řešení v programu Inventor 2024	49

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Polonesené a nesené upevnění-stručný přehled	16
Tabulka 2 Složená a celistvá konstrukce-stručný přehled	16
Tabulka 3 Válcové a pružinové upevnění slupic-stručný přehled	16
Tabulka 4 Samostatné a spojitě otočné disky-stručný přehled	17
Tabulka 5 Tažný profil a otočný válec-stručný přehled	17
Tabulka 6 Parametry diskového podmítače DHA 4	17
Tabulka 7 Parametry diskového podmítače OPaLL	19
Tabulka 8 Parametry diskového podmítače SWIFTERDISC XN3000	20
Tabulka 9 Základní parametry stroje	30
Tabulka 10 Parametry výpočtu neseného upevnění.....	31
Tabulka 11 Parametry otočného disku.....	35
Tabulka 12 Parametry ložiska LEMKEN 5554513	37
Tabulka 13 Parametry svařovacího materiálu.....	47
Tabulka 14 Náklady na profily	50
Tabulka 15 Náklady na plechy.....	50
Tabulka 16 Zakoupené součásti	51
Tabulka 17 Spojovací materiál	51
Tabulka 18 Celkové porovnání nákladů	51

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F_x, F_y, F_z	složky síly v osách
M_x, M_y	složky momentu k osám
$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$	složky napětí osách
$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \tau_{xy}$	složky deformace v osách
F_A	síla v bodě A
M_A	moment v bodě A
x_A	vzdálenost od bodu A
y_{AB}	vzdálenost mezi body A a B
x_T	vzdálenost těžiště
c_p, c_v	měrné teplo
k_n, k_u, k_k	návrhový součinitel, součinitel bezpečnosti
q_A	plošné zatížení
$R_e, R_m, R_{p0,2}, R_{sm}, R_{se}$	materiálové charakteristiky
$\sigma_C, \sigma_{Co}, \sigma_N, \sigma_A, \sigma_f, \varepsilon_f$	materiálové charakteristiky
F_n, F_t	normálová a tečná složka síly
a_t, a_n	normálová a tečná složka zrychlení
σ_{nom}	nominální napětí
σ_{red}	reduované napětí
$\sigma_a, \sigma_m, \sigma_n, \sigma_h$	napětí – amplituda, střední, dolní, horní
F_a, F_m, F_n, F_h	síla – amplituda, střední, dolní, horní
$\sigma_{max}, \sigma_{min}$	maximální, minimální
σ_D	dovolené napětí
β_N	koncentrace napětí
$N_P, N_{0,50}, N_f$	počty cyklů

M_o, M_k	momenty – ohybové, kroutící
M_{oy}, M_{oz}	k osám
W_o, W_k	moduly průřezu
F_{kr}, σ_{kr}	kritické hodnoty
g_n	normální tíhové zrychlení
J_p	polární kvadratický moment průřezu

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P1 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VE FORMÁTU PDF

PŘÍLOHA P2 – RENDER OBRÁZKŮ Z PROGRAMU INVENTOR 2024