



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ



Ústav konstruování a částí strojů

Návrh plastové násypky zásobníku hnojiva

Design of the plastic hopper for a fertilizer

Bakalářská práce

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Martin Janda

Jiří Rozínek

Praha 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh plastové násypky na zásobník hnojiva“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Jandy, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 10. 6. 2015

Jiří Rozínek

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Jandovi za svědomité vedení a cenná doporučení, které mi pomohly při zpracování této práce. Dále také firmě Bednar FMT a jejím zaměstnancům, kteří mi tuto práci umožnili vypracovat. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu během studia.

Anotační list

Jméno autora: **Jiří ROZÍNEK**

Název BP: *Návrh plastové násypky na zásobníku hnojiva*

Anglický název: *Design of a plastic hopper for a fertilizer*

Rok: 2016

Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství

Obor studia: Studijní program je bezoborový

Ústav: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí BP: Ing. Martin Janda

Bibliografické údaje: počet stran 31
počet obrázků 25
počet tabulek 1
počet příloh 3

Klíčová slova: Ferti-Box, plastová násypka

Keywords: Ferti-Box, plastic hopper

Anotace:

V práci je proveden návrh plastového zásobníku na hnojivo pro zemědělský stroj na přihnojování a setí meziplodin. Násypka je navrhována jako náhrada za současnou ocelovou a to s ohledem na jiný konstrukční materiál, jinou technologii výroby a design produktu společnosti Bednar FMT.

Abstract:

The thesis deals with a construction design of new plastic hopper for agricultural fertilizer and seeding machine. The hopper is designed as a substitution of a current sheetmetal hopper with respecting of different used materials, manufacturing technology and design language of Bednar FMT company.

Obsah

1	Úvod	- 1 -
2	Současná konstrukce stroje.....	- 2 -
2.1	Násypka	- 3 -
2.2	Přichycení násypky na rám	- 5 -
2.3	Víka + síta	- 6 -
2.4	Dávkovací ústrojí	- 7 -
2.5	Ostatní důležité součásti Ferti-Boxu	- 8 -
2.6	Plastové zásobníky u jiných výrobců, na jiných strojích.....	- 9 -
3	Cíle práce.....	- 13 -
4	Postup navržení násypky	- 14 -
4.1	Požadavky na výrobek.....	- 14 -
4.2	Plasty	- 15 -
4.3	Výroba plastového zásobníku	- 16 -
4.3.1	Forma	- 17 -
4.3.2	Technologické požadavky a vlastnosti	- 18 -
4.3.3	Materiály výrobků	- 19 -
4.3.4	Svařování plastů	- 19 -
4.3.5	Vhodné použití materiálu na násypku.....	- 19 -
5	Návrh násypky	- 20 -
6	Závěr.....	- 27 -
7	Použité zdroje.....	- 29 -
8	Seznam použitých zkratk a symbolů	- 31 -
9	Seznam příloh.....	- 31 -



1 Úvod

Bakalářská práce je vytvořena za účelem návrhu plastové násypky na zemědělský stroj Bednar Ferti-Box FB 3000. Toto zařízení slouží k přihnojování půdy průmyslovými hnojivy a výsevu meziplodin během jejího zpracování. Průmyslová (minerální) hnojiva, narozdíl od přírodních (hnůj, kejda apod.), jsou vyráběna s vyšší koncentrací živin. Tyto hnojiva dělíme na jednosložková (draselná, dusíkatá, fosforečná, vápenatá, atd.) a vícesložková (NPK). Ke zlepšení půdních podmínek se také využívá výsevu meziplodin (hořčice, jetel, svazanka). Ferti-Box tedy k práci v zásobníku musí krátkodobě skladovat osivo nebo agresivní hnojivo. Zařízení je určeno k práci se sypkými (suchými) látkami – není možné skladovat ani přepravovat tekutiny. [1], [3]

Cílem práce je konstrukční řešení plastové násypky na přihnojovací stroj namísto stávajícího ocelového svařence dle daných požadavků. Současně je zapotřebí vyřešit přichycení na rám, uchycení vík, dávkovacího ústrojí a dalších součástí stroje přímo souvisejících se zásobníkem.

Plastové zásobníky mají v současné době velké zastoupení na trhu hned z několika důvodů – jsou levné, lehké a odolné vůči chemikáliím. Běžně jsou používány jako jímky, septiky, nadzemní či podzemní nádrže na vodu, kontejnery a podobně. Moderní automobily a jiná dopravní technika je využívá jako nádrže na palivo. O plastové zásobníky roste zájem i u výrobců zemědělských strojů, kde jsou k vidění hlavně jako nádrže na postřikovačích. Čím dál tím častěji se objevují také jako násypky na secích nebo přihnojovacích strojích a jednotkách.



Obr. 1 - Ferti-Box FB 3000 firmy Bednar FMT [1]



2 Současná konstrukce stroje

Ferti-Box je nesený zemědělský stroj připojený k traktoru do třibodového závěsu III. nebo IV. kategorie. V tabulce níže jsou uvedeny doporučené výkony traktorů pro tyto typy. Jejich rozdělení do skupin (I. – IV.) je dáno normou ISO 789-1. [4]

Tabulka 1 - Třibodový závěs

Kategorie	Výkon motoru [kW]
I.	do 48
II.	do 92
III.	80-185
IV.	150-350

Současné provedení Ferti-Boxu je vidět na obrázku (Obr. 2). Základ tvoří pevný rám (1), který nese násypku (2), ventilátor (3), dávkovací ústrojí a další. Nedílnou součástí je i závěs (4) nebo spojovací deska, ke které se připojuje stroj na zpracování půdy, který je vybaven pracovními orgány pro hnojení. [1], [2]



Obr. 2 - Současné provedení Ferti-Boxu [1]

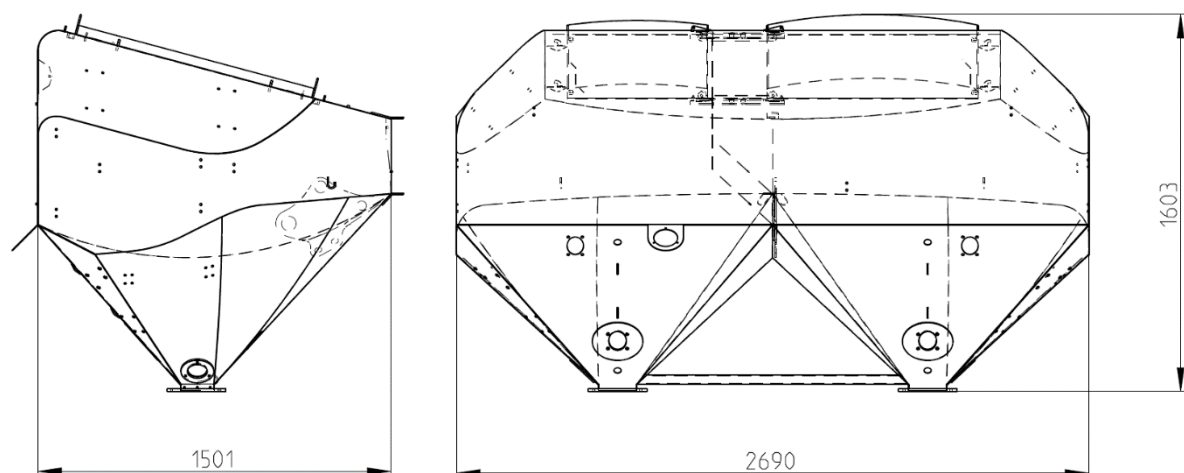
Hnojivo nebo osivo je z dvoukomorového zásobníku se dvěma víky dopravováno pneumatickým rozvodem se stálým přetlakem až do aplikačních koncovek. V celém systému je stejný



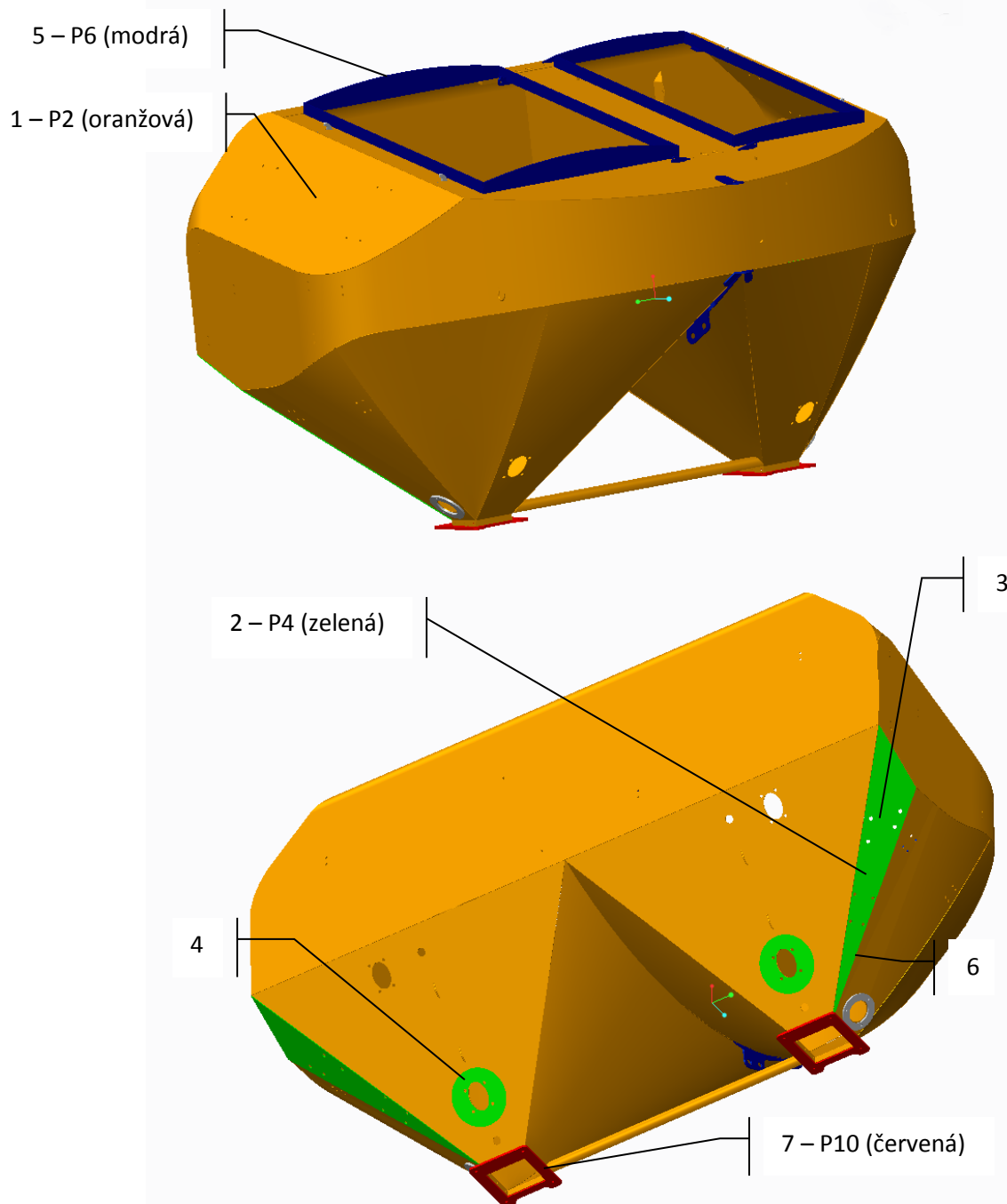
tlak, jeho velikost závisí na provedení vzduchového vedení (délka, záběr stroje, počet vyústění) a otáčkách ventilátoru. Velikosti tlaku vzduchu v ústrojí (násypce) se pohybuje od cca 1 kPa při otáčkách ventilátoru 2000 min⁻¹ do 9 kPa při otáčkách ventilátoru 5500 min⁻¹. V celém systému je zapotřebí utěsnit obě víka a další místa, kde může docházet k úniku tlaku, jako např. příruby dávkovacího zařízení, ventilátoru a čechračů, aby nedošlo ke ztrátám tlaku v systému, což by vedlo ke špatnému dávkování a celkově ke snížení účinnosti systému.

2.1 Násypka

Hlavní částí Ferti-Boxu je násypka. Její celkový objem činí 3000 l. Pro možnost setí i hnojení zároveň má zásobník dvě nezávisle oddělené části. Poměr objemů komor je 40:60. V současném provedení je násypka Ferti-Boxu svařovaná z plechů o tloušťkách 2-10 mm. Obr. 4 nabízí náhled na stávající zásobník. Barevnost obrázku znázorňuje, v jakém místě jsou použité různé tloušťky plechu. Nejslabší použitý P2(1) je nejvíce využit a z něj je téměř celá násypka. P4 je použit ve spodní části násypky, kde je očekáváno větší namáhání. Dále je plech použit v místech, kde je násypka přichycena k rámu (3) a v místě přírub pro přichycení čechračů (4). Vrchní část je pro zvýšení tuhosti konstrukce a zajištění těsnosti pod víky z plechu P6 (5). Vyztužení v místech otvorů na vyprazdňování má na starosti P8 (6). Z P10 jsou pouze příruby pro uchycení dávkovacího ústrojí (7). Plechy použité na svařenci jsou převážně z oceli 11 375 (S235JR) – běžná konstrukční ocel, další použitý materiál je konstrukční jemnozrná jakostní ocel 11 523 (S 355J2G3). Tato je použita zejména ve více zatížených místech, jako jsou kotevní plechy a příruby pro dávkovací ústrojí. Celá násypka váží 240 kg a její rozměry vidíme na Obr. 3.



Obr. 3 - Rozměry násypky



Obr. 4 - Násypka, použité polotovary

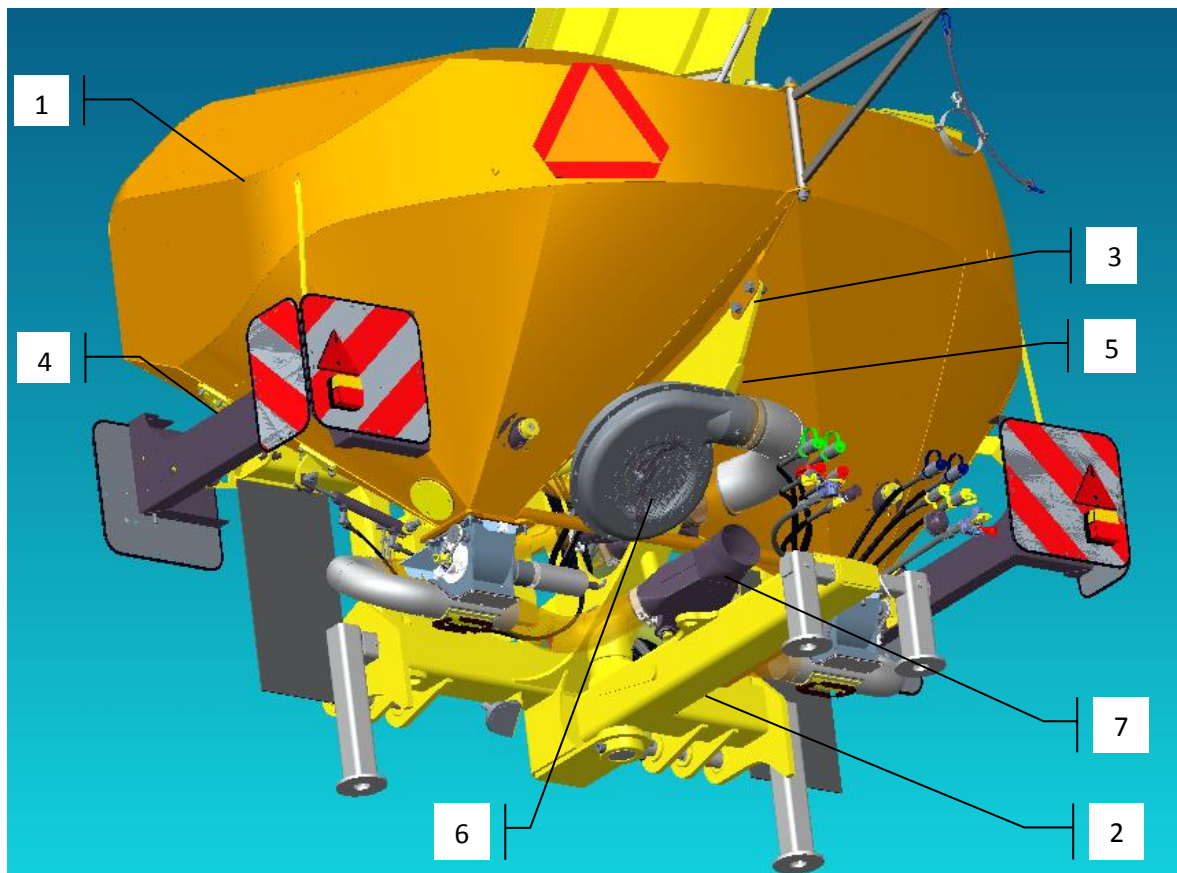
Jako ochrana proti vnějším vlivům a hlavně agresivním hnojivům je zde použito lakování práškovým lakem. Tyto laky dobře chrání ocel před korozí, mají dobrou odolnost proti otěru a poškrábání. Některé mají i velmi obstojnou chemickou odolnost. Jedná se o jednovrstvou povrchovou úpravu. Před samotnou povrchovou úpravou je nezbytná předúprava povrchu (chemická nebo mechanická). Následně se na povrch nanese vrstva prášku (polyesterového) s požadovaným



odstínem (RAL 1021 – žlutá hořčičná). Nanášení laku probíhá za přítomnosti elektrického proudu, kde částice prášku má opačný náboj než díl a je k němu přitahována. Součást je poté umístěna do pece, kde dojde k „vypálení“ laku a tím ke vzniku celistvé, odolné a tvrdé vrstvy na povrchu. Polyesterový práškový lak nabízí vysokou odolnost proti UV záření a odolává vnějšímu proměnlivému prostředí. [5], [6]

2.2 Přichycení násypky na rám

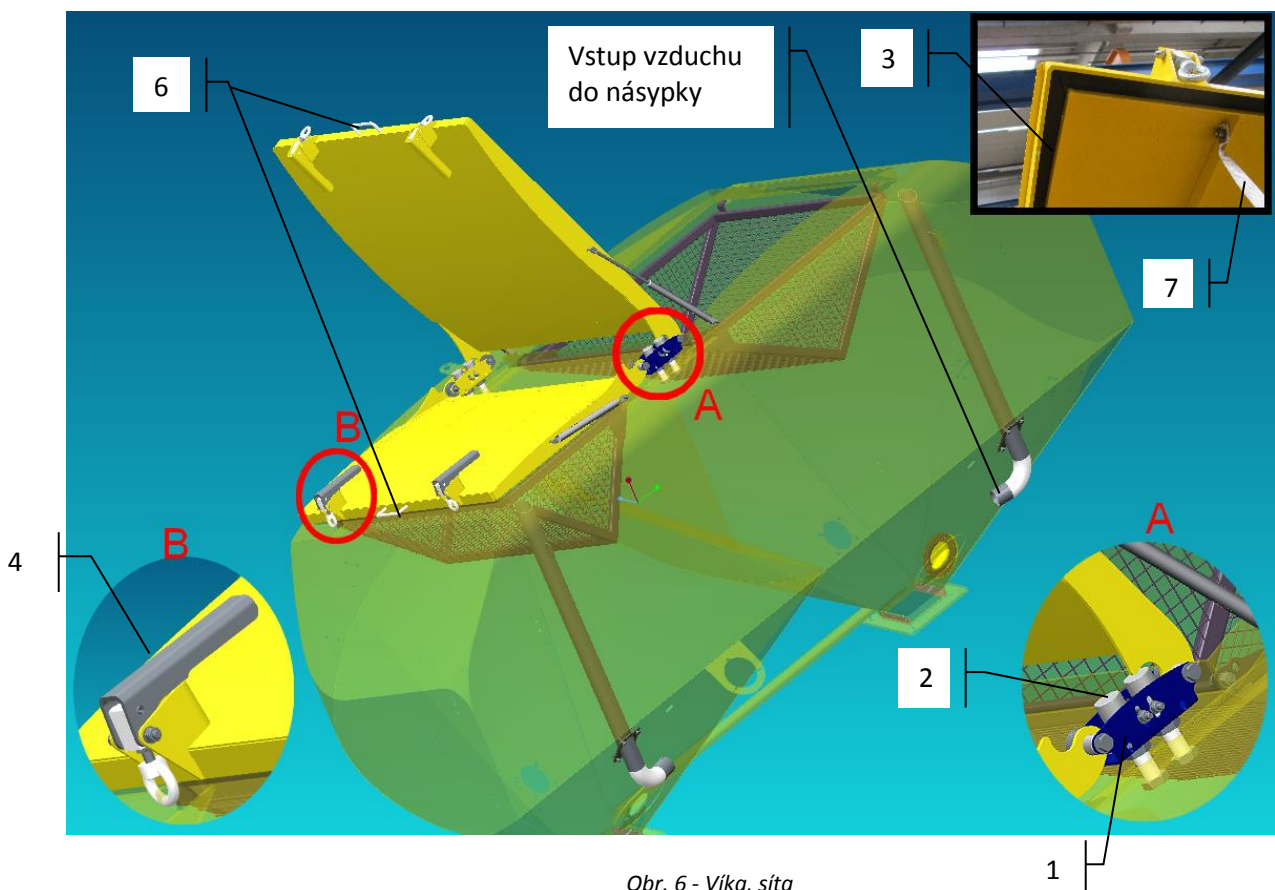
Obr. 5 názorně demonstruje přichycení násypky (1) k základnímu rámu (2), kotevní body vidíme na středu (3) a na krajích (4). V krajních polohách násypka dosedá na plochu držáku k tomu určenému o velikosti přibližně 30 000 mm². Čtyřmi šrouby M12 na každé straně je násypka přišroubována k rámu. Na středu násypka na žádnou plochu nedosedá. Svislé plochy (zásobník, středový držák na rámu) jsou k sobě staženy dvěma šrouby M20. Násypka je tedy chycena na třech místech. Svařenec středového držáku (5) současně slouží jako nosič dalších částí. Mezi hlavní patří např. ventilátor (6), dělič průtoku vzduchu (umístěn pod násypkou) a slučovač proudů vzduchu (7). [2], [3]



Obr. 5 - Model Ferti-Boxu

2.3 Víka + síta

Na horní části násypky jsou umístěna dvě víka, pro každou komoru jedno (Obr. 6). Ta jsou připojena otočným spojem k držáku vík (1). Držák je možné seřizovat dle potřeby tak, aby pant byl ve správné výšce a víka šla správně zavřít a těsnit. Seřizovat lze také dorazy (2), o které se víko zarazí a nejde více otevřít. Víka se otvírají a zavírají z boku směrem od kraje stroje. Jak už zde bylo zmíněno, zařízení pracuje přetlakově a není tedy možný jakýkoliv únik vzduchu, proto musí víka těsnit bezproblémově. O utěsnění se stará těsnění (3), které na hranu přitiskne páka s očkem (4). Ta zároveň jistí víka proti samovolnému otevření. Těsnění z materiálu EPDM (mikroporézní pryž) je nalepeno lepidlem mezi rám víka a vnitřní rámeček. V otevírání obsluze pomáhají plynové vzpěry (5) jako např. u pátých dveří v autě. K rámu víka je přivařeno madlo pro otevírání (6). K vnitřnímu rámečku a k násypce jsou přišroubovány popruhy (7), za které obsluha snadno přitáhne otevřená víka.



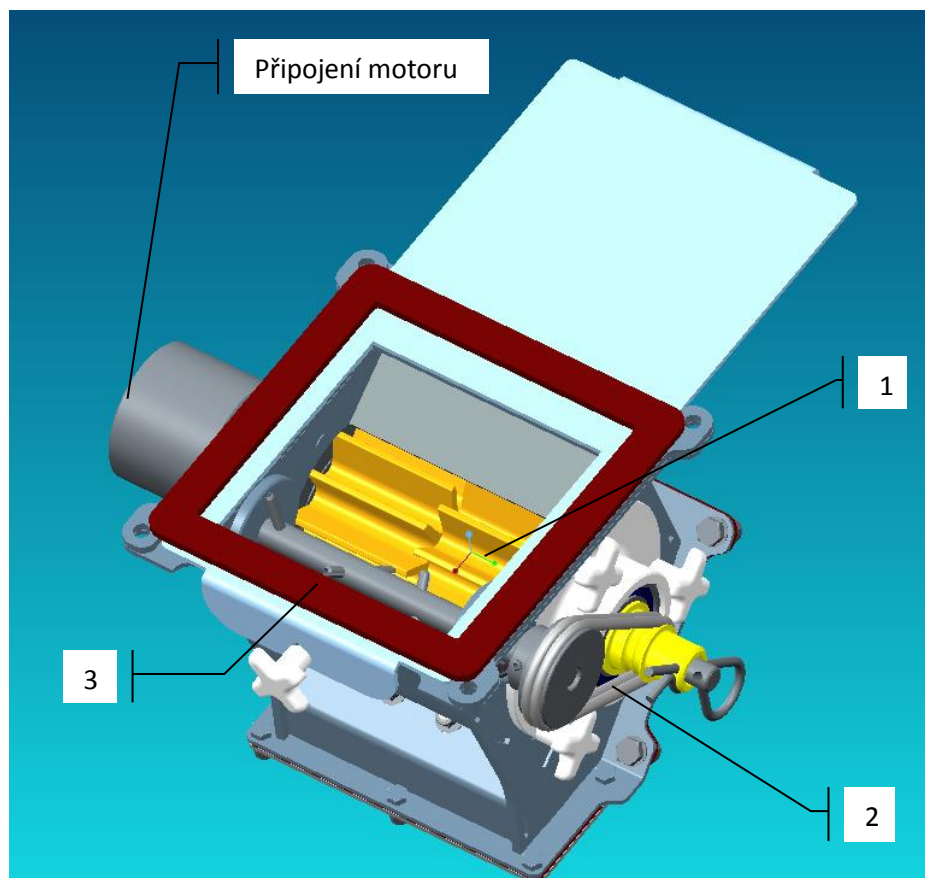
Obr. 6 - Víka, síta

Rám vík je svařen z plechových výpalků o tloušťce 6mm, výztuhy jsou z P3, vrchní plech má tloušťku 2 mm. K rámu víka je přivařeno madlo pro otevírání a držáky pro zavírací páky. Půdorys mají víka obdélníkový, profil mají kulatý z estetických důvodů. Rozměry vík jsou 950x1084mm, 825x1084mm a váží 30 kg a 21 kg (svařence).



Uvnitř násypky těsně pod víky jsou umístěna síta (Obr. 6) pro zachycení velkých kusů hnojiv a hrubých nečistot. Čtvercová oka o straně $a=17\text{mm}$ drobná zrnka hnojiv bez problému propustí. Konstrukce celých sít je vcelku jednoduchá - svařený rám z jeklů, ke kterému je přibodováno síto. Celé je k násypce uchyceno dvěma šrouby tak, aby bylo možné síta odklopit a do násypky případně vlézt. Síta jsou ošetřena proti korozi polyesterovým práškovým lakem černé barvy (RAL 9005 – černá).

2.4 Dávkovací ústrojí



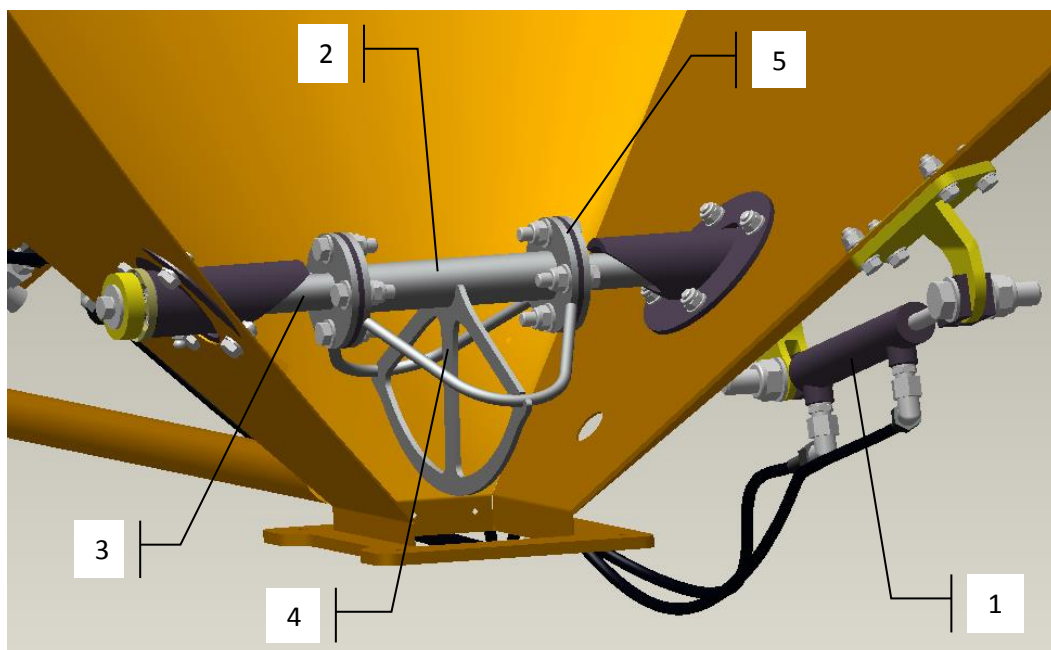
Obr. 7 - Dávkovací ústrojí

Dávkovací ústrojí (Obr. 7) slouží k přesnému dávkování hnojiva/osiva do proudícího vzduchu. Vzhledem k agresivitě hnojiva se vyrábí svařováním z nerezových ocelových součástí (nerez. ocel 1.4301) a následném sestavení s ostatními součástmi. Ke správnému dávkování si zákazník z nabídky zvolí vhodné dávkovací válečky (1). Ty pohání elektromotor s převodovkou umístěný vně dávkovače na jedné hřídeli. Stejnoseměrný motor o výkonu 120 W je napájen z traktoru stejnosměrným elektrickým proudem o napětí 12 V. Přenos točivého momentu z motoru na válečky redukuje dvoustupňová převodovka, dodávaná s motorem jako jeden nakupovaný díl. Přes pryžové řemeny (2) je poháněna čechrací hřídelka (3). [2]

Spojení s násypkou je realizováno šrouby M10 přes čtvercovou přírubu s těsněním (EPDM). Rozteč děr pro šrouby je $\square 200\text{mm}$, vnitřní otvor, kam bude padat osivo/hnojivo, má rozměr $\square 142\text{mm}$.

2.5 Ostatní důležité součásti Ferti-Boxu

K pohyblivým částem patří také čechrač (Obr. 8) uvnitř každé komory v násypce. Ten slouží k promíchání respektive k rozrušování případných hrud. O pohyb se zde starají malé hydraulické válce (1), které hřídelí (2) kývou doprava a doleva. Hřídel čechrače je vícedílná. Její součásti jsou svařenec čechrače (4), krajní nerezové části (3), spojovací součásti a lakované distanční plechy (5).



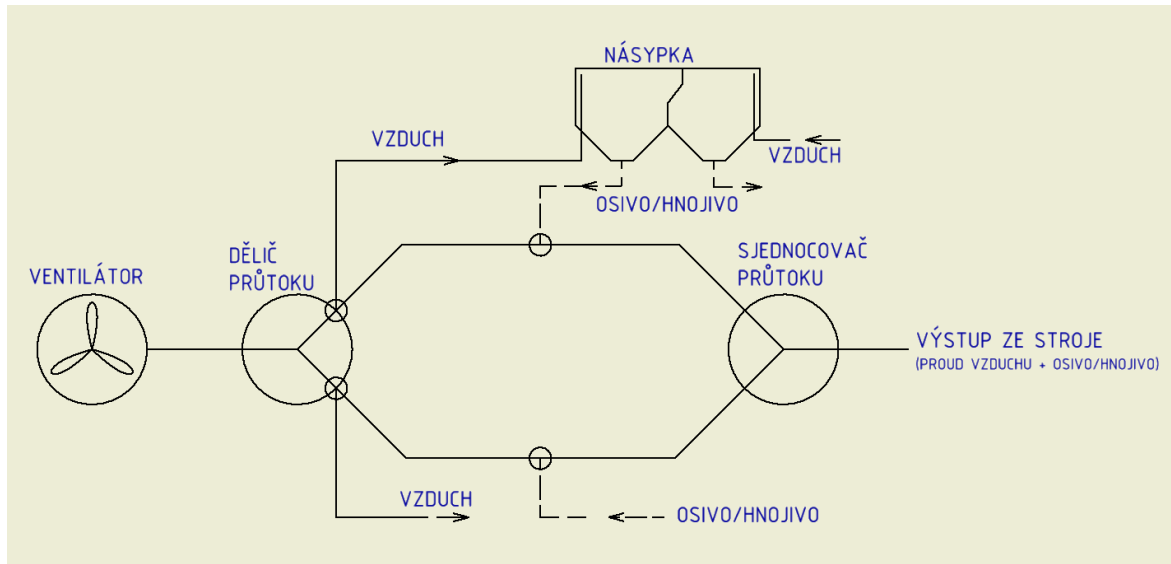
Obr. 8 - Pohled do násypky

Jelikož Ferti-Box funguje přetlakově, musí být do zásobníku přiváděn vzduch, který přetlak vytvoří. V přední části násypky směrem od traktoru jsou v obou krajích zespod přivedeny trubky (jedna na každé straně) vedené nahoru do úrovně vík, kterými proudí vzduch těsně pod vnitřní plochou násypky do prostor k hnojivu/osivu (Obr. 6).

Celý systém popisuje následující schéma (Obr. 9). Proud vzduchu tvoří ventilátor poháněný hydromotorem. Vzduch proudí systémem hadic do děliče průtoku, ten je možný mechanicky nastavovat dle potřeby. Od něj se vzduch dělí do dvou hlavních větví. Od těchto dvou hlavních proudů je ještě od každého trochu vzduchu odvedeno do násypky, aby byl v násypce udržován přetlak. Z obou hlavních větví vzduch proudí k dávkovacímu ústrojí. Zde je do proudu přidáno hnojivo nebo osivo. Tyto větve se nakonec sbíhají ve sjednocovací průtoku, který je výstupní částí systému



Ferti-Boxu. Dále proud vzduchu nesoucí dávku hnojiva/osiva pokračuje do rozdělovací hlavy na půdozpracujícím stroji a dále do aplikačních koncovek.



Obr. 9 - Schéma stroje

Před použitím stroje v provozu je nutné nakalibrovat množství požadovaného hnojiva/osiva. Ke kalibraci slouží víko v dopravním potrubí pod dávkovačem, kam se zavěsí pytel a pomocí tlačítka se provede zkouška dávkování. Stiskem a držením kalibračního tlačítka spustíme dávkování, po puštění tlačítka dávkování přestane. Pytlík s hnojivem/osivem zvážíme a zadáme hodnotu do ovládacího terminálu. Po skončení kalibrace obsluha musí řádně a těsně uzavřít víko. [2], [7]

Stroj ovládá obsluha pomocí řídicího systému ISO-BUS. Tento univerzální protokol slouží k ovládní stroje obsluhou z traktoru, kde je zabudován terminál (buď od výroby, nebo lze traktor dovybavit přídatným). Řídicí jednotka stroje je kabelem spojena s terminálem v traktoru. Norma ISO 11783 (ISO-BUS) definuje elektronické systémy zemědělských strojů – kompatibilita Ferti-Box s jakýmkoliv traktorem vybaveným ISO-BUSEm, a naopak traktor jím vybavený může ovládat jakýkoliv stroj systémem ISO-BUS ovládaným. [4], [7]

2.6 Plastové zásobníky u jiných výrobců, na jiných strojích

Plastové zásobníky a nádrže jsou již k vidění na strojích čím dál tím častěji. Na Obr. 10 je postřikovací stroj s polyethylenovou nádrží o objemu 4000 l (1), malou přimíchávací nádržkou (2) v přední části a 500 l proplachovací nádrží nad nápravou. Výhoda strojů pracujících s kapalinami je jejich vyústění, na rozdíl od násypky na sypké hmoty stačí malý úhel ke spodní přírubě. Celá násypka je pevně usazená na podvozku. Zadní část podvozku se mírně zvedá a podpírá tím nádrž i v podélném směru. Zepředu nádrž jistí rám (3), který zároveň slouží k nesení postřikovacích ramen ve sklopeném



stavu. Víko na malé nádržce je pouze „položeno“ a zajištěno proti upadnutí, na větších nádržích jsou šroubovací kulatá víka. Těsnost vík je požadována kvůli přepravování tekutých látek. Kapaliny jsou čerpány čerpadlem, není zde přetlak, a musí zde být umožněn přístup vzduchu zvenku. [11]



Obr. 10 – Postřikovač [11]

Rozmetadlo na Obr. 11 má kuželovou plastovou násypku s velkým sypným úhlem. Rozmetadla pracují pouze pomocí rotačního talíře a lopatek na něm, není tedy třeba přetlaku v nádrži a pro snadné plnění, zlevnění výrobku atd. není nutné ani víko.



Obr. 11 - Rozmetadlo hnojiv [20]



Secí stroj Väderstad (Obr. 12) má plastový zásobník o objemu 2800 litrů uložený na stroji mezi čtyři rohové trubky. Násypka má předpřipravená dosedací místa. Víko násypky je také plastové, a přestože je z vnějšku hranaté, jeho spodní část je kulatá stejně jako vstupní otvor do násypky. Víko jako celek působí dosti masivně, mohlo by tedy dobře těsnit a v tom případě stroj by stroj fungoval přetlakově. [19]



Obr. 12 - Secí stroj Väderstad [19]

Nesený stroj Lemken Solitair 23 (Obr. 13) má podobné vlastnosti a využití jako Ferti-Box. Traktor jej však nese na předním tříbodovém závěsu. Objem plastové násypky činí 2000 l a násypka je pouze jednodílná. Víko násypky je kovové, maskovat kovové víko má za účel vrchní krycí plast. Víko na zásobník dosedá plochou, na které je nalepeno těsnění. Dosedací plocha násypky je plastová, mohla by však být vyztužena zevnitř kovovým rámem. Vzhledem k tomu, že se jedná o tlakovou nádobu, je nutné utěsnit případný únik vzduchu. Víko je po zavření přimáčknuto na násypku a zabezpečeno proti samovolnému otevření. [16]

Na stroji jsou podobné komponenty jako na Ferti-Boxu. Pod plastovými kryty se ukrývá ventilátor, který se stará o vytvoření proudu vzduchu. Jistá odlišnost tu ovšem je. Firma Lemken zde na místo výsypky zásobníku použila po šířce násypky dva šneky. Ty dopravují hnojivo nebo osivo ke čtyřem hydraulickým dávkovačům. Proud vzduchu od nich nadávkované osivo unáší čtyřmi hadicemi ke stroji připojenému za traktorem. [16]



Obr. 13 - Lemken Solitair 23 [18]



3 Cíle práce

Cílem práce je konstrukční návrh dvoukomorové plastové násypky na zemědělský stroj, který slouží k přihnojování půdy. Objem plastové násypky by měl zůstat stejný jako u svařované (3000 l), poměr objemů 40:60 jednotlivých komor také. Základním předpokladem návrhu je zachování celkové koncepce stroje, jako je zachování původního rámu, umístění ventilátoru, umístění výsevních ústrojí a dalších periférií. Omezením je rovněž nutnost přizpůsobit se tvaru původního rámu a nepřekročit povolené rozměry. Limitující je zde především šířka stroje, která je omezena na 3m z důvodu homologace pro provoz na pozemních komunikacích. Důležitý rozměr je i výška a vzdálenost těžiště od traktoru. Obsluha traktoru by měla vidět co možná nejlíže za Ferti-Box, a mít tak přehled i o stroji připojeném k zásobníku. Stroj je nesený, a čím blíže bude těžiště k traktoru, tím menší bude efekt odlehčování předních kol. Na základě změn použitých materiálů a technologie výroby lze designově přizpůsobit násypku tak, aby stroj lépe zapadl do portfolia výrobků firmy Bednar FMT.

Díličními cíli při návrhu násypky jsou splnění požadavků na navazující díly a funkčnost produktu. Je zde zapotřebí řešit umístění vík na horní části násypky, umístění čechračů uvnitř zásobníku a umístění vstupů do násypky (otvor na vyprázdnění, vstup vzduchu).

Návrhem plastové násypky namísto svařované z ocelových plechů má cenu se zabývat z důvodu potenciálního zlepšení vlastností produktu (Ferti-Boxu). Základními požadavky je zvýšení odolnosti (vůči chemikáliím) a snížení nákladů na výrobu.



4 Postup návržení násypky

4.1 Požadavky na výrobek

Konstrukční řešení plastové násypky a uchycení na základním rámu bude odlišné od současné svařované, jsou však požadavky, kterými je třeba se řídit. Změna materiálu a technologie výroby má vliv na změnu vlastností násypky. V porovnání s ocelí bude mít plast větší tendenci se vyboulit v rovných rozlehlých plochách při plném zásobníku, proto je třeba již při navrhování eliminovat velké rovné plochy (ty by se mohly chovat nepředvídatelně i bez zátěže). V úvahu je nutné vzít technologické možnosti výroby (vyndání produktu z formy, způsobu výroby) a vlastní funkční vlastnosti. Dále je nutné vyřešit připojení přímých navazujících dílů – dávkovacích ústrojí, vík, sít uvnitř násypky a čechračů.

Základní parametry násypky zůstanou i nadále stejné. Tím hlavním je objem 3000 l. Důležité je také zachovat rozdělení násypek v poměru 40:60. Rozměry násypky bude snaha zachovat na přibližně stejných hodnotách. Jejich drobná úprava daná například změnou tvaru nebude vadit. Je však nutné se řídit limitujícími rozměry. Násypka je největší částí stroje bude zabírat celou šířku Ferti-Boxu. Šířka stroje je omezena na 3 m (z důvodu homologace stroje k provozu na pozemních komunikacích). Výška stroje není striktně limitována, ale žádoucí je zachování stejné jako u svařované nebo ještě lépe její celkové snížení, což by obsluze umožnilo lepší výhled za Ferti-Box. S ponecháním vnějších rozměrů přichází na řadu tvar. Pro zachování koncepce a snadnější uchycení na stávajícím základním rámu se nejlepším možným řešením jeví napodobit současnou svařovanou násypku. Roli ve změně bude hrát design, požadavky technologie výroby atd. Dalším aspektem, proč zachovat tvar jsou tzv. „sypné úhly“.

Sypké látky charakterizované obecnou fyzikální veličinou „sypkostí“ jsou definovány tzv. sypným úhlem. Při dopadu sypkého materiálu na vodorovnou plochu se vytvoří kužel, jehož svahy svírají s podložkou právě zmíněný sypný úhel (úhel přirozeného násypu). Různé materiály mají jiné sypné úhly. Důležitá je i druhá charakteristická veličina a tou je sklon nakloněné roviny, pod kterým se sypká látka začne samovolně pohybovat. Tento parametr bude velmi důležitý při návrhu násypky. Je nutné aby se hnojivo/osivo v násypce samovolně pohybovalo k vyústění do dávkovacího ústrojí. Sypkost závisí na velikosti a tvaru zrna, je však i ovlivněna vlhkostí. Úhel sklonu na plastové násypce bude směřován ke stejným hodnotám jako u svařované, tj. 45° a více. Takovýto úhel by měl být dostatečný, přestože na kovu se sypné látky sesypají snáze. Problémovým jevem u vyprazdňování zásobníků na sypké látky je vytvoření klenby, po jejímž vytvoření přestane hnojivo/osivo ze zásobníku



vytékát. Za tím účelem je na násypce zapotřebí čechrač, který rozrušuje sypkou látku a tím zabraňuje vytvoření klenby. [8], [12]

Zásadním parametrem ovlivňujícím správnou funkčnost stroje je těsnost vík oddělených a na sobě nezávislých komor násypky. Obě víka musí bezchybně těsnit přetlak uvnitř. Současně s navržením vík souvisí i rozvaha se síty do násypky. Síta by měla být odklápěcí nebo vyndavací (dle možnosti) jako u současného svařovaného provedení stroje.

Vzhledem k požadavkům a možnostem bylo rozhodnuto o navržení kovových vík, která budou sloužit stejně jako současná víka na Ferti-Boxu. K uchycení vík na násypku a síť do násypky bude navržen i kovový rámeček, který bude k plastovému zásobníku přišroubován na jeho vrchní části. Podobný rámeček se již použil na prototyp jiného produktu s plastovou násypkou společnosti Bednar FMT.

Dávkovací ústrojí je umístěno pod vyústěním násypky v její spodní části. Součástí svařence zásobníku je přípojovací příruba, ke které je ústrojí přišroubováno. Do plastového zásobníku necháme při výrobě připravit závitové trubičky, na které následně přišroubojeme přírubu.

Základní rám slouží jako nosná část stroje. Nedílnou součástí je třibodový závěs, pomocí kterého je stroj připojen k traktoru. Současně se k němu připojuje půdozpracující stroj. Požadavky na rám zůstávají stejné. Možnosti spřažení stroje musí zůstat neměnné, dále ponese násypku, ventilátor, rozdělovač průtoku vzduchu atd. Uchycení zásobníku však bude jiné.

4.2 Plasty

Využití plastů v průmyslu narůstá a stává se běžnějším než kdysi. Jsou pevné a lehké, stálé a většinou jsou odolnější vůči chemikáliím a povětrnostním podmínkám než například nerezové nebo lakované plechy. Za normálních podmínek bývají tvrdé a křehké, při zvýšené teplotě se stávají plastickými a dobře tvarovatelnými. Plasty jsou podskupinou polymerů a dále se dělí na termoplasty a reaktoplasty. Reaktoplasty vznikají nevratnou chemickou reakcí, po vytvrzení ztratí materiál svůj termoplastický charakter – je netavitelný. Pokud je teplotní změna vratná, plast i po vychladnutí má plastické vlastnosti, říkáme mu termoplast. Technologie výroby termoplastů jsou různé. Výrobky mohou být vyrobeny lisováním, válcováním, tvarováním, vytlačováním, vstřikováním, vyfukováním, máčením nebo odléváním. [9]

Plastových materiálů se používá nepřeberné množství a každý plastový materiál nabízí různé mechanické vlastnosti, strukturu, vlastnosti povrchu, způsob výroby a následného zpracování atd., tím se liší jejich využití v průmyslu. V této práci bude zmíněno pouze několik materiálů.



4.2.1.1 Polyetylen (PE)

Polyetylen je jedním z nejvýznamnějších plastů v celosvětové produkci. Tento krystalický termoplast vykazuje výborné vlastnosti. Při běžných teplotách vykazuje dobrou chemickou odolnost. Odolává vodě, kyselinám, zásadám, solím a polárním rozpouštědlům. Je také odolný vůči UV záření a mrazu. Za normálních podmínek je PE bílý, v tenké vrstvě průhledný. Hustota se pohybuje u lineárního PE do $960 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a u rozvětveného do $930 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Udávaná pevnost v tahu činí $<25 \text{ MPa}$ resp. $<10 \text{ MPa}$. Využívá se pro výrobu fólií, trubek, zásobníků, hraček, kluzných ložisek, kloubních protéz atd. [13], [14]

4.2.1.2 Polypropylen (PP)

Za další významný termoplast je považován PP. Spolu s PE jsou nejvyužívanějšími polymery. Má krystalickou strukturu, je tvrdý, pevný, křehký, neprůhledný. Méně odolává mrazu, oxiduje. Oproti PE je odolnější vůči chemikáliím a to hlavně za vyšších teplot. Hustota PP je mezi $900 - 910 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pevnost v tahu je udávána $22 - 32 \text{ MPa}$. Využívá se pro výrobu plastových profilů, v automobilovém průmyslu jako části karoserie (nárazníků), nebo ventilátory na chladiči apod. Jeho využití je podobné jako u PE, výhodou je však jeho větší pevnost. [13], [14]

4.2.1.3 Polyvinylchlorid (PVC)

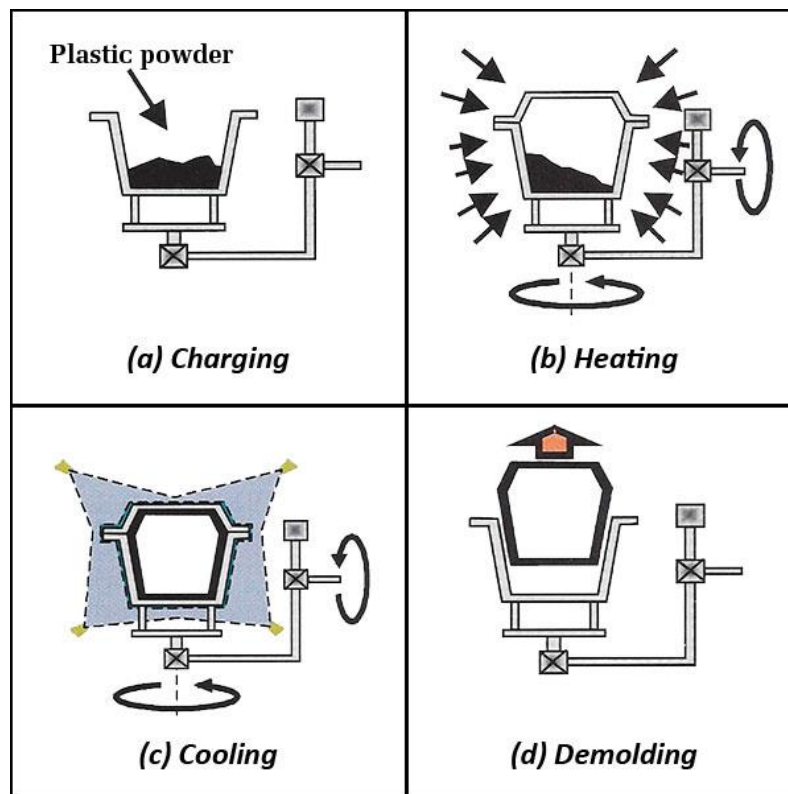
S PE a PP nejmasověji vyráběný plast. Jeho největší výhodou je cena výroby. Vyrábí se bez změkčovadel na tvrdé výrobky (profily, desky apod.) nebo se změkčovadly na polotuhé až elastické výrobky (fólie, hračky, ochranné prostředky atd.). Neměkčený PVC je znám i jako novodur, měkký pod názvem novoplast. Chemicky je PVC odolné hlavně vůči neoxidujícím kyselinám, dobře odolá i zásadité látce. Obecně má polyvinylchlorid dobrou pevnost v tahu. Špatně odolává UV záření, a další nevýhodou je tepelná stabilizace – zpracovává se kolem 180°C , to je velmi blízko teplotě jeho rozkladu. [13], [14]

4.3 Výroba plastového zásobníku

Výrobky jako je plastový zásobník navrhovaný v této práci jsou nejčastěji vyráběny rotačním tvářením plastů (Obr. 14) (tzv. rotomolding nebo také rotomoulding). Tato metoda slouží k výrobě dutých plastových výrobků. Je to moderní technologie, která jako polotovar používá plastový prášek. Ten se umístí do dvoudílné formy (a), se kterou se potom pomalu otáčí okolo dvou os (tzv. převalování) a tím dojde k „rovnoměrnému“ rozložení prášku po stěnách nádoby. Dalším krokem výroby je zahřátí formy (b) na teplotu tavení plastu. Forma se umístí do pece, kde se prášek roztaví a vytvoří vnitřní obrys formy. Po dosažení požadované teploty a času v peci se forma přemístí na vychladnutí (c). Firmy používají chlazení proudem vzduchu nebo vody. Po vychladnutí výrobek



pracovníci vyjmou z formy (d). Produkty zůstávají bez vnitřního pnutí, mají pravidelnou strukturu a tvarovou paměť. V závislosti na kvalitě formy nemusí na výrobku být viditelné švy. Jako výhody rotačního tváření plastů můžeme považovat menší náklady na pořízení formy než v případě vstřikovaných výrobků – plastový výrobek se vyplatí i při menší sériovosti, možnost výroby výrobků od malých až po velké (limitující budou pro výrobce velikost pece a ústrojí, které formou otáčí), libovolná tloušťka stěny, možnost přidání do výrobků kovové výztuhy a jiné prvky (závitové vložky, příruby, upevňovací prvky vypouštěcí zátky apod.) a libovolná složitost tvarů (musí být zajištěno následně vyndání výrobku z formy). [10], [15]



Obr. 14 – Rotomoulding [15]

4.3.1 Forma

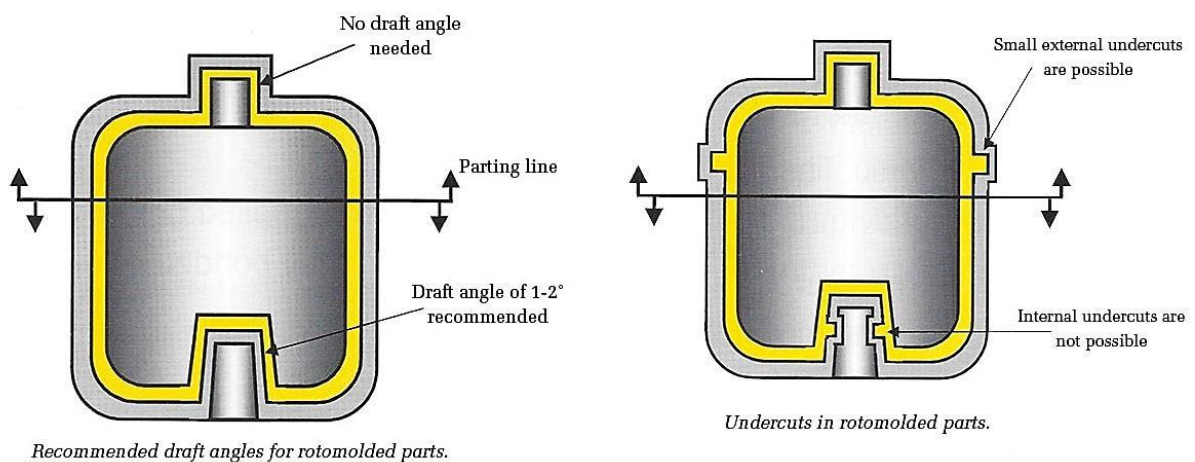
Forma používaná pro rotační tváření plastů je obvykle dvoudílná; může být i vícedílná, více dílů však komplikuje a prodražuje výrobu. Dělicí roviny mají příruby, aby se daly stáhnout k sobě. Forma většinou má odzdušňovací systém. Ten zabraňuje poškození formy při zahřátí, kdy nárůstem teploty dochází k rozpínání vzduchu uvnitř a je nutné vyrovnat tlaky s okolní atmosférou. Forma může být vyrobena z ocelových plechů, vyfrézována z bloku hliníku nebo z hliníkového odlitku. Svařovaná forma z ocelových plechů se používá hlavně u velkých a tvarově nenáročných výrobků. Frézované formy z bloku se vyplatí pouze u malých forem. Pro výrobu plastového zásobníku Ferti-Boxu se jeví jako nejlepší hliníková odlitá forma. [15]



4.3.2 Technologické požadavky a vlastnosti

Výrobky vyráběné metodou rotomouldingu mají jisté specifické vlastnosti, které u jiných metod výroby neuvídíme. Ve vnějších rozích produktu se obvykle nashromáždí větší vrstva materiálu, protože ve formě je to vnitřní hrana, zatímco ve vnitřních rozích produktu je menší tloušťka stěny, protože ve formě je tato část vnějším rohem (v koutě se nashromáždí více prášku než na zlomu). Obecně jsou doporučovány velikosti zaoblení hran; platí, že čím větší zaoblení tím rovnoměrnější tloušťka stěny. Pro vnitřní hranu se uvádí zaoblení 3 - 13 mm, a pro vnější 1,5 – 6,5 mm. Vzhledem k relativně velkým rozměrům násypky volíme jako minimální hodnotu zaoblení v naší práci na 10 mm. [15]

Technologie rotomouldingu umožňuje výrobu tvarově složitých součástí, a různá tloušťka stěny může být občas nevyhovující. Je zde i možnost tloušťku různě upravovat rychlostí otáčení kolem obou os. Jinou možností je lokální zahřátí na vyšší teplotu, než je v peci pro zvýšení tloušťky stěny. Při lokálním ohřevu je prášek uvnitř formy nataven do větší hloubky a zůstane ho zde natavena přichycena větší vrstva. [15]



Obr. 15 - Požadavky na díly vyráběné rotomouldingem [15]

Při ochlazení je nutné počítat se smrštěním produktu o 3 – 4%, Při požadavcích na vysokou kvalitu výrobku jsou výrobci schopni se dostat do tolerance smrštění produktu o 1 – 2%. Tolerance rovinnosti se pohybuje mezi 2 – 5%, a pokud to jen trochu jde, je třeba se při návrhu takovýmto rovným plochám vyhnout. Při návrhu je zapotřebí uvažovat, aby produkt šel vytáhnout z formy. Obr. 15 znázorňuje jednoduché výrobky (žlutá) vyráběné rotomouldingem. Z obrázku je jasné, že dělicí rovina leží v nejširším místě dílu. Zužování produktu zde není nutné, po vychladnutí se smrští a vytáhnout půjde dobře. V levé části obrázku je u výstupku ze dna vidět, že v tomto případě je zúžení nutné. Pokud by zde byl válec namísto kužele, sevřel by nám silou daný trn formy a produkt by šel



vytáhnout s obtížemi. Doporučené zúžení je zde uvedeno $1-2^\circ$, což je relativně malý úhel. Na pravé části obrázku je ukázáno nevhodné řešení tvaru s vnitřními výstupky. Vnější výstupky, pokud jsou malé, nebudou při vytahování výrobku z formy vadit (výrobek se smrští). Vnitřní výstupek bude problémový, při chladnutí, smršťování se bude zmenšovat a výrobek nepůjde vytáhnout. [15]

4.3.3 Materiály výrobků

Pro rotační tváření plastů se používají termoplasty. Nejvíce využívaným je LLDPE – lineární polyetylen s nízkou hustotou, přibližně 61%. Přibližně 13% výrobků se dělá z PVC, 11% je vyráběno z HDPE – polyetylen s vysokou hustotou a asi 8% zastupuje XLPE – cross-linked PE (zesíťovaný PE). Polyetylen je tedy v různých variantách nejrozšířenější. [15]

4.3.4 Svařování plastů

Plastová násypka na Ferti-Box má být dvoukomorová. Jelikož technologií rotomoulding není možné násypku vyrobit jako dvoukomorovou, bude nutné vyrobený plastový odlitek přepažit. Jako zajímavé a relativně jednoduché řešení se zde jeví vložení přepážky, která se buď přilepí, nebo přivaří.

Vlastností termoplastů je zachování vlastností při zahřívání a následném vychladnutí, což umožňuje jejich sváření. Pro sváření jsou vhodné plasty s pozvolným přechodem do tekutého stavu jako například PVC, PE, PP, PS. Nevhodné ke sváření jsou plasty se strmým přechodem do tekutého stavu např. PA nebo s náchylností na oxidaci. Při sváření dvou různých materiálů dochází ke značnému snížení pevnosti svarového spoje – nelze jej namáhat. Je tedy vhodné svářet pouze stejné materiály. [17]

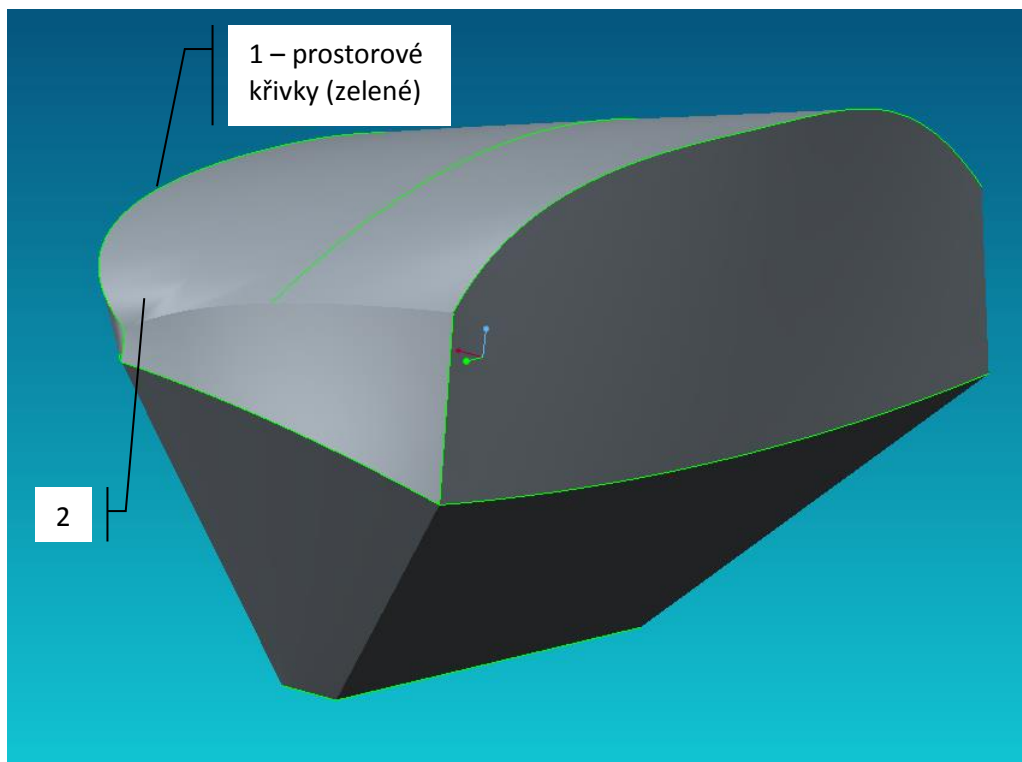
Technologií sváření je celá řada, cíl je ale vždycky stejný – natavit plastový materiál v místě svaru a spojit je v těchto natavených místech. Jako příklad by zde mohlo být uvedeno sváření horkým plynem, vysokofrekvenční sváření, sváření tepelným impulzem, plamenem, sváření ultrazvukem atd. [17]

4.3.5 Vhodné použití materiálu na násypku

Ferti-Box je určen pro práci ve vnějším prostředí, kde podmínky mohou být různorodé. Plastová násypka by měla dobře odolávat UV záření, mrazu a měla by mít dobrou odolnost proti chemikáliím. Dále by neměla oxidovat a při dynamickém namáhání při provozu na poli je vyžadována houževnatost materiálu. Jako nejvhodnější materiál se tak pro násypku jeví polyetylen. Konkrétněji LLDPE – nejvíce používaný při rotačním tváření plastů, dobré vlastnosti v porovnání s jiným PE.

5 Návrh násypky

Návrh násypky probíhal v CAD systému PTC Pro/E (Creo). Nejprve byly definovány polohy jednotlivých bodů v prostoru, které byly následně proloženy prostorovými křivkami (1). Polohou bodů v prostoru se tak vytvářel požadovaný vzhled násypky. Křivky jsou většinou definovány pouze třemi body, aby bylo snadnější křivky upravovat. Dalším krokem je vytvoření obecných ploch pomocí těchto křivek. Specifikováním obecné křivky pomocí více bodů by sice vedlo k přesnějšímu definování tvaru násypky. Na druhou stranu by ale bylo složitější docílit hladkého tvaru bez změn poloměru křivosti z kladné do záporné hodnoty; přechodu křivky z konvexnosti do konkávnosti. Tato změna v poloměru křivosti by měla negativní vliv na pohledové (odleskové) vlastnosti hladkých ploch (Obr. 17). Rozdíl mezi plochami tvořenými křivkami s přechodem z konvexnosti do konkávnosti a plochami tvořenými hladkými křivkami bez přechodu je patrný na obrázcích Obr. 16 – Obr. 18. Na Obr. 16 (2) jsou patrné odlesky a na Obr. 18 je to znázorněno barevnou mapou.

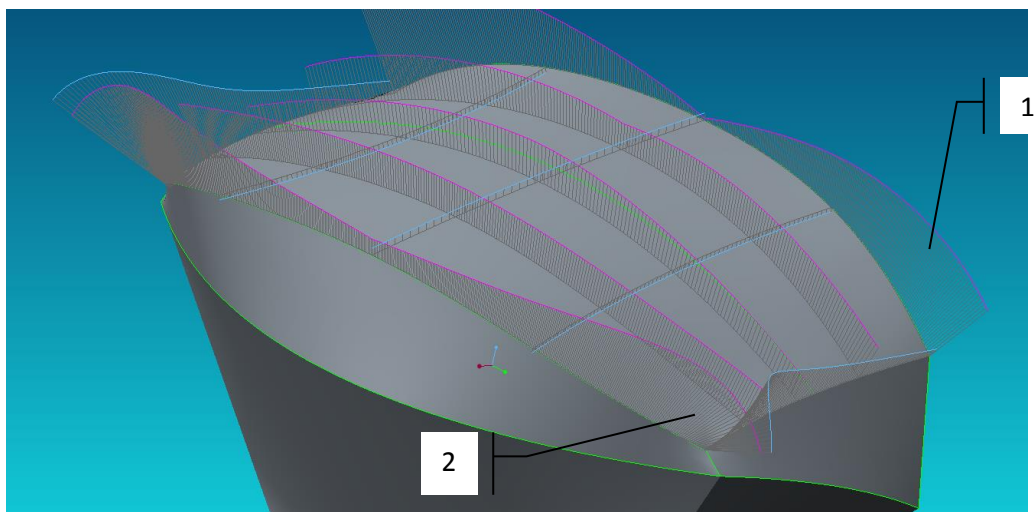


Obr. 16 - První návrh násypky

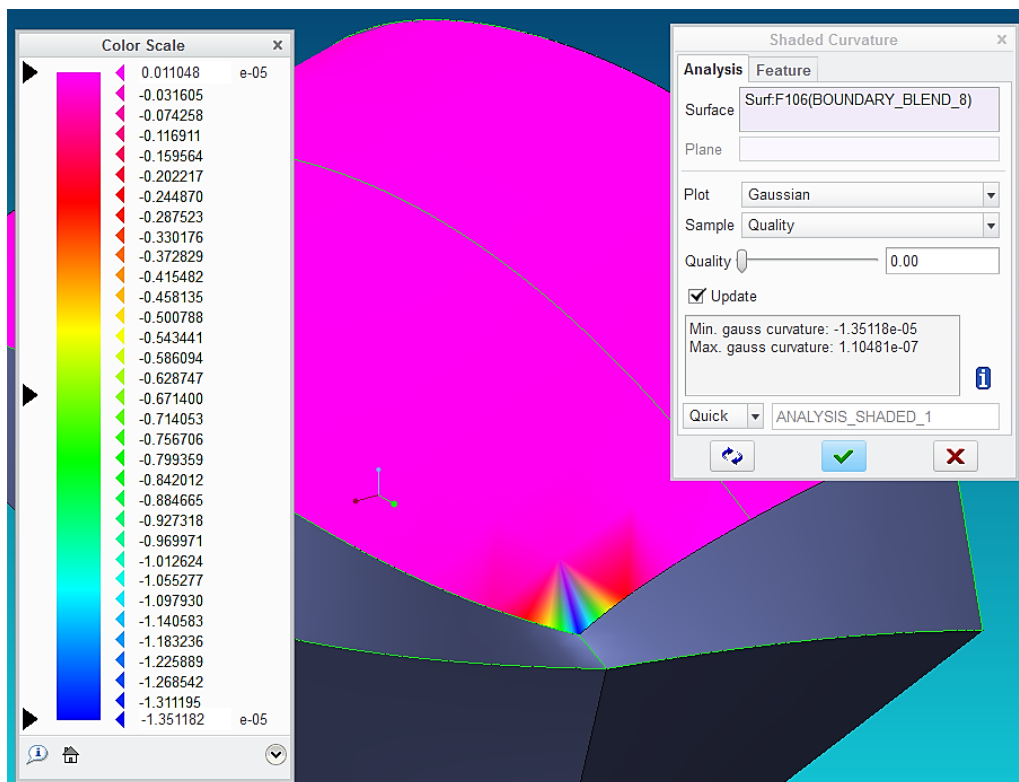
Po dokončení hrubého obrysu obecnými plochami se tyto plochy sloučí a z nich vytvoří tzv. solid („plný“) model. Takovýto model je třeba ještě upravit. Nutné je zaoblit hrany (design + technologické požadavky), připravit dosedací plochu pro vrchní rámeček, naznačit kde řezat vstupní otvory do násypky, připravit plochy pro vstupy vzduchu do násypky, plochy pro umístění a vstup

čechračů, otvor pro vyprazdňování a ve spodní části násypky připravit přírubby pro připevnění dávkovacích ústrojí. Posledním krokem je přepnutí plného modelu do skořepiny.

Na Obr. 16 je názorně vidět první tvar vymodelované násypky. Zeleně vidíme křivky (1), pomocí nichž jsou definovány obecné plochy. V zadní části násypky (2) je vidět, že vrchní plocha v tomto rohu není pěkně uhlazená. Plocha zde přechází z konkávnosti do konvexnosti. Důsledkem toho vznikají na povrchu nepravidelné odlesky a povrch se zdá jako designově nezdařilý.



Obr. 17 - Měření křivosti vrchní plochy

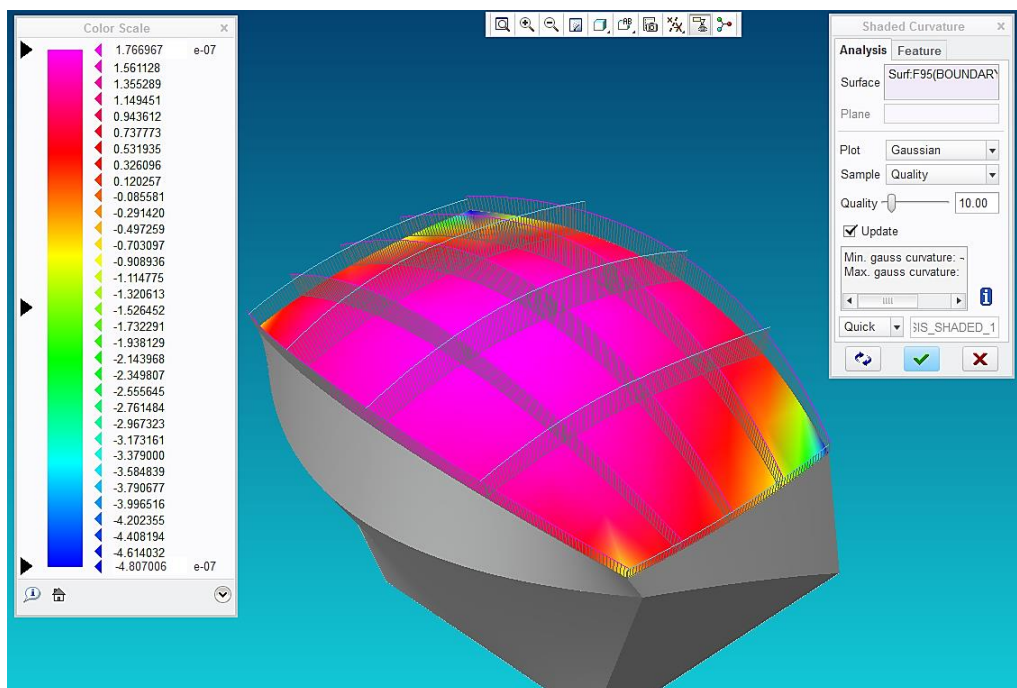


Obr. 18 - Analýza křivosti



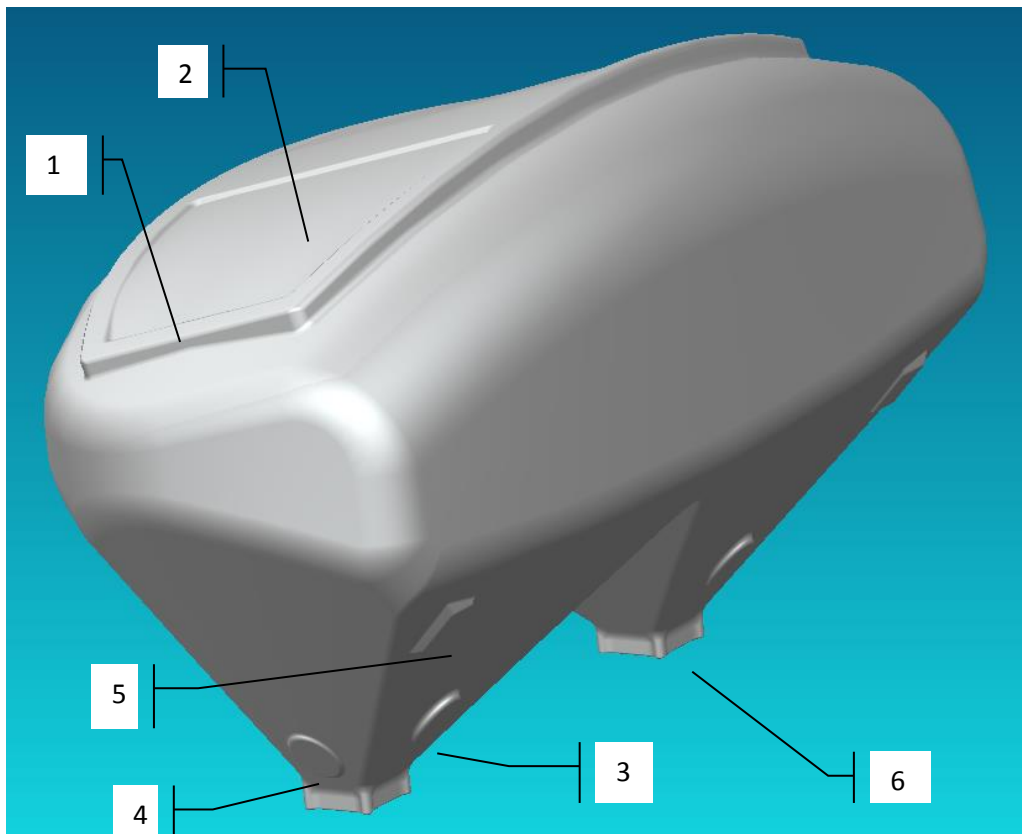
Na Obr. 17 a Obr. 18 jsou promítnuty analýzy křivosti. V Obr. 17 vidíme, že na celé ploše se křivost různě mění. Nejmarkantnější je to v přední části (1), kde je křivost v příčném směru (růžové křivky) velká a směrem ke středu se zmenšuje. Pokud bychom si namísto takovéto plochy představili zrcadlo, tak při pohledu do něj by byl náš obraz velmi deformovaný, a u středu by z něj mohl kus chybět. V zadní části křivost od středu nejprve roste a blízko kraje náhle klesá. V podélném směru to je obdobné. Od přední části násypky křivost pomalu roste a v zadní části poté prudce klesá. Na Obr. 18 je analýza křivosti, ze které je patrné, že v daném rohu křivosti extrémně klesají. Odraz v zrcadle takovéto části plochy by byl velmi zdeformovaný.

Obr. 19 poskytuje náhled na upravenou násypku. Z promítnutých grafů je zřejmé, že plocha má konkávní charakter v podélném i příčném směru bez žádné výrazné změny křivosti. Barevná analýza zobrazuje také mnohem plynulejší přechod a kritičtějších hodnot není dosahováno tak prudce.

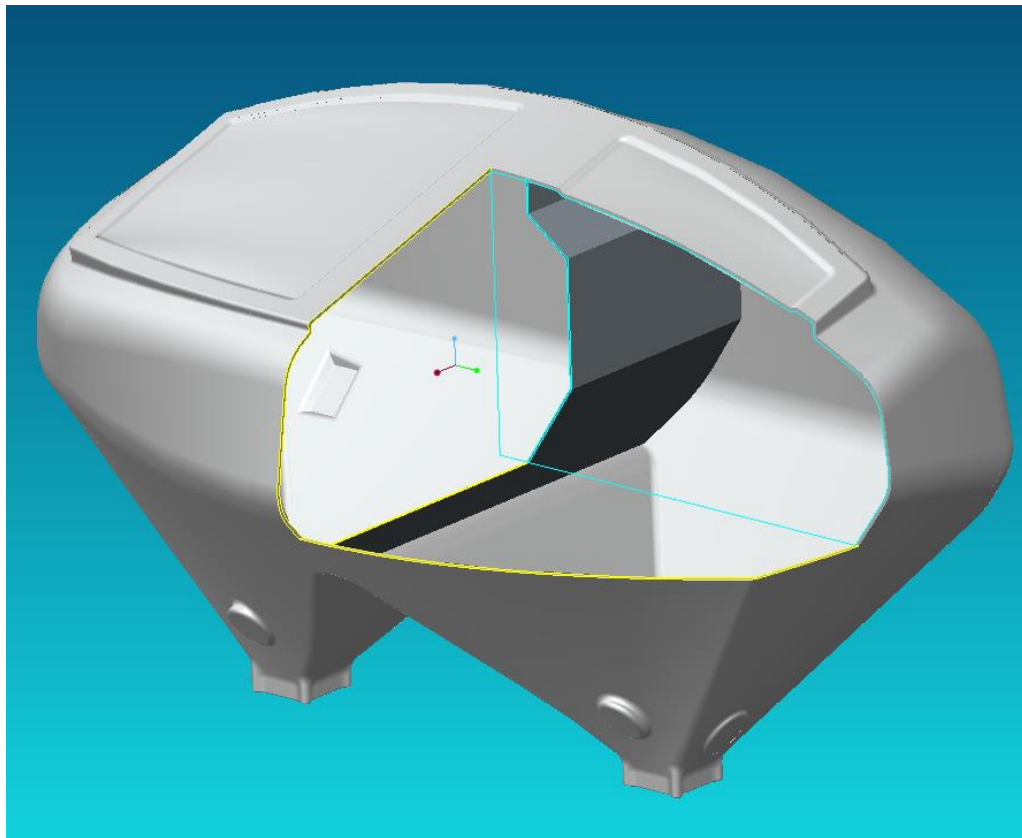


Obr. 19 - Analýza křivosti na současném provedení

Po všech úpravách byla nakonec navržena násypka, která je vidět na Obr. 20. Dle zadaných parametrů má objem 3000 l. Horní plocha (1) je připravena pro přišroubování kovového rámečku. Je zde i názorně vidět, kde se budou řezat vstupní otvory do násypky (2). Ve spodní části jsou připraveny dosedací plochy pro čechrače (3), otvor pro vyprazdňování (4) a dosedací plochy příruby vstupů vzduch do násypky (5). V nejnižším místě je vyústění (6) pro dávkovací ústrojí. Zde je připravena plocha, do které se při výrobě nechají zalít závitové trubičkami, za které bude přišroubována příruba k násypce. Příruba následně bude sloužit k přichycení dávkovacího ústrojí.



Obr. 20 - Hotová násypka



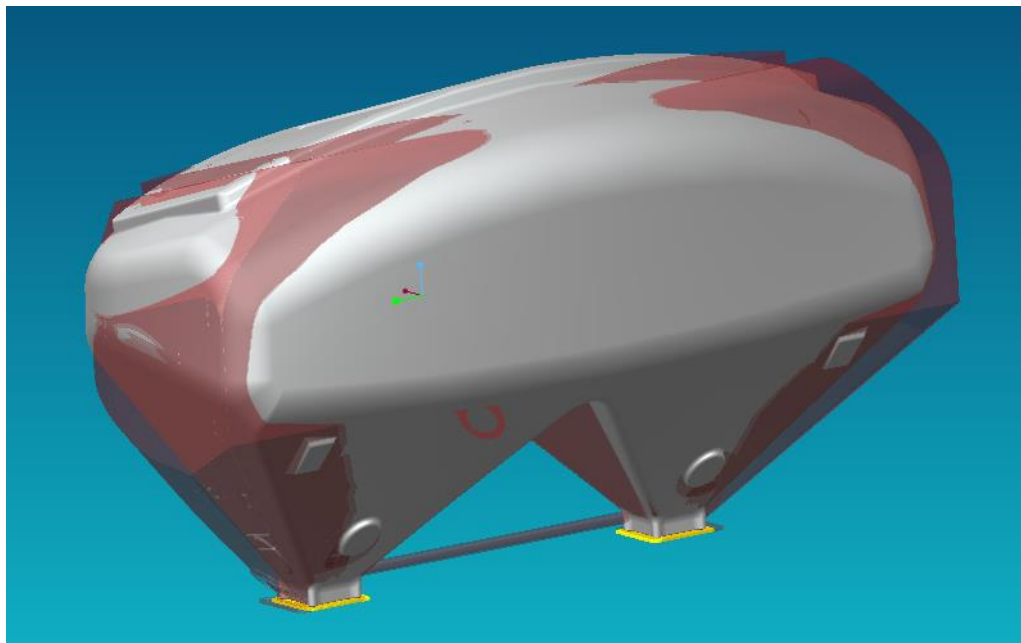
Obr. 21 - Pohled do násypky



Na Obr. 21 je použit řez, tak aby bylo vidět do násypky. Přepážka zásobník rozdělí na dvě části v poměru 40:60 dle zadaných požadavků. Přepážka je navržena ze stejného materiálu jako násypka. Podoba přepážky, která je patrná na modelu má ostré hrany a rovné plochy. Navržena tak byla z několika důvodů. Prvním důvodem byla jednoduchost rozdělení násypky daným poměrem objemů. Dalším důvodem jsou menší vstupní otvory, než je samotná přepážka. Přepážka je svařením plastů neoddělitelně spojena s násypkou. Při této činnosti bude přepážka v násypce svařena z několika kusů.

Tloušťka stěny v násypce je navržena na 10 mm. Ta díky technologii výroby nebude konstantní. Důležité je, že více materiálu bude ve vnějších rozích a tím bude násypka pevnější (hlavně rohy výsypky). Materiál použitý na výrobu bude lineární polyetylen (LLDPE), který má vhodné vlastnosti k použití na tuto násypku. Hmotnost odlitku násypky bez přepážky činí 115 kg, přepážka váží 7-8 kg.

Rozměry plastové násypky (viz příloha: 00993509_asm) jsou podobné jako u svařované. Největší rozdíl je v jejich tvarech. Plastový zásobník je s ohledem na použitou technologii a materiál navržen „kulatější a líbivější“. Hlavní rozměry je možné porovnat s rozměry původního zásobníku na Obr. 3. Sypné úhly byly v návrhu také přibližně zachovány podle původního vzoru (viz příloha: 00993509_asm). Obr. 22 srovnává násypky. Šedou barvou je znázorněna plastová násypka, průhledná červená je ocelová svařovaná.

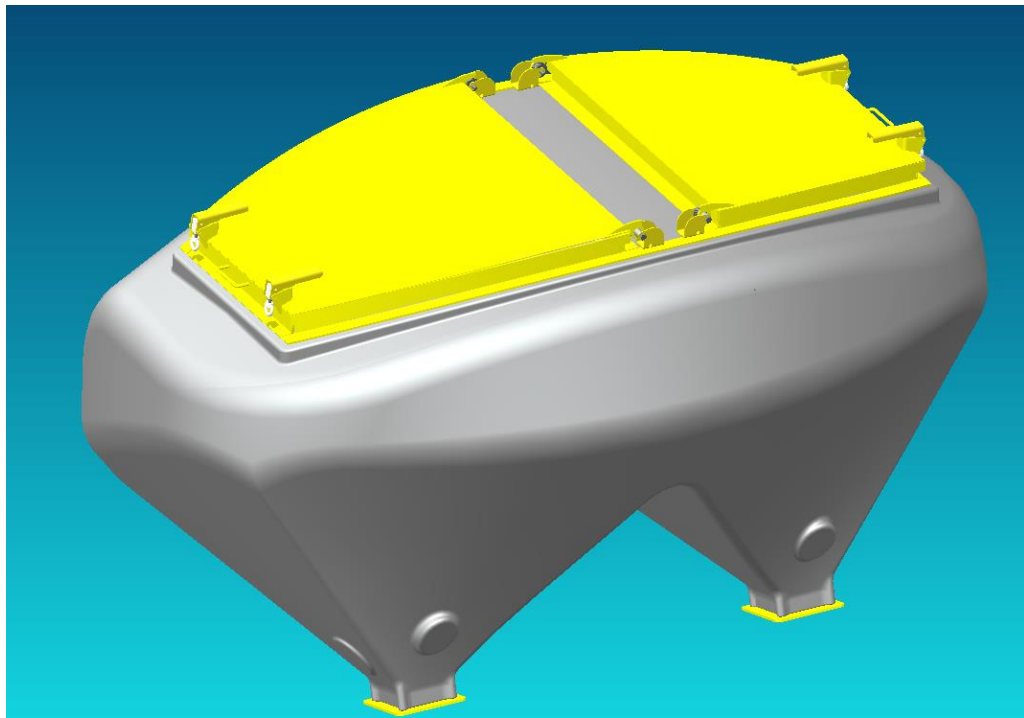


Obr. 22 - Srovnání násypek

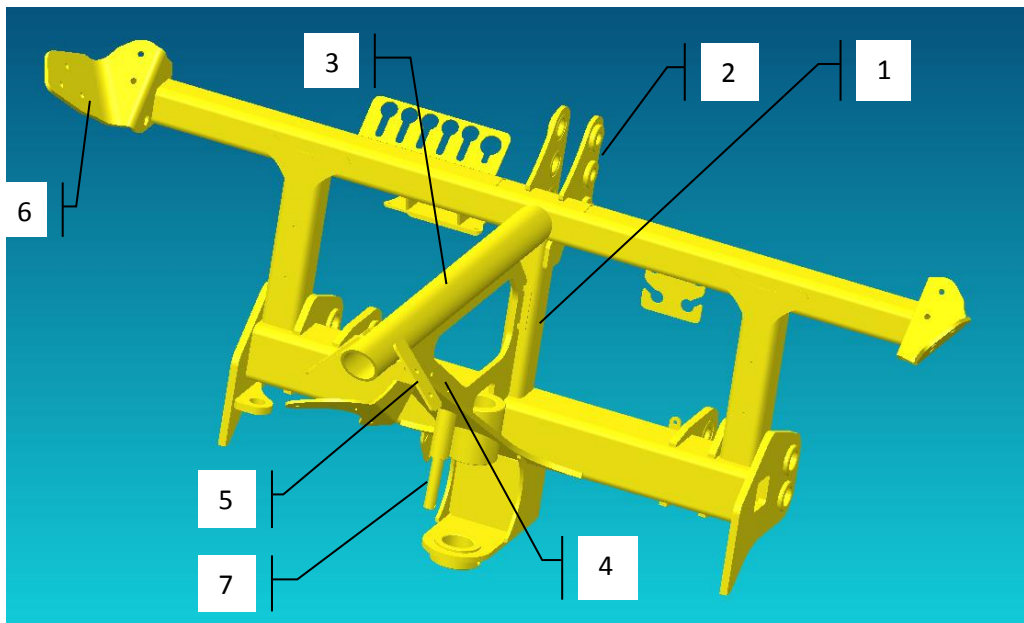
Na Obr. 23 je násypka s vrchním rámečkem a víky (žlutou barvou). Rámeček je svařovaný z plechových výpalků o tloušťce 6 mm. Výpalky jsou před svařením ohnuté, aby dobře dosedly na



vrchní válcovou plochu násypky. Víka jsou také z plechů, hlavní rámeček je z P6, vrchní díl je pouze P2. Z estetických důvodů mají víka kulatý profil. Těsnost vík má obstarávat stejný systém jako na současné svařované násypce. Těsnost ve spojení mezi násypkou a rámečkem bude obstarávat lepidlo. Dalšími prvky na tomto obrázku jsou ve spodní části přišroubované plechové příruby z P8 (žlutou barvou).



Obr. 23 - Násypka s kovovým rámečkem a víky

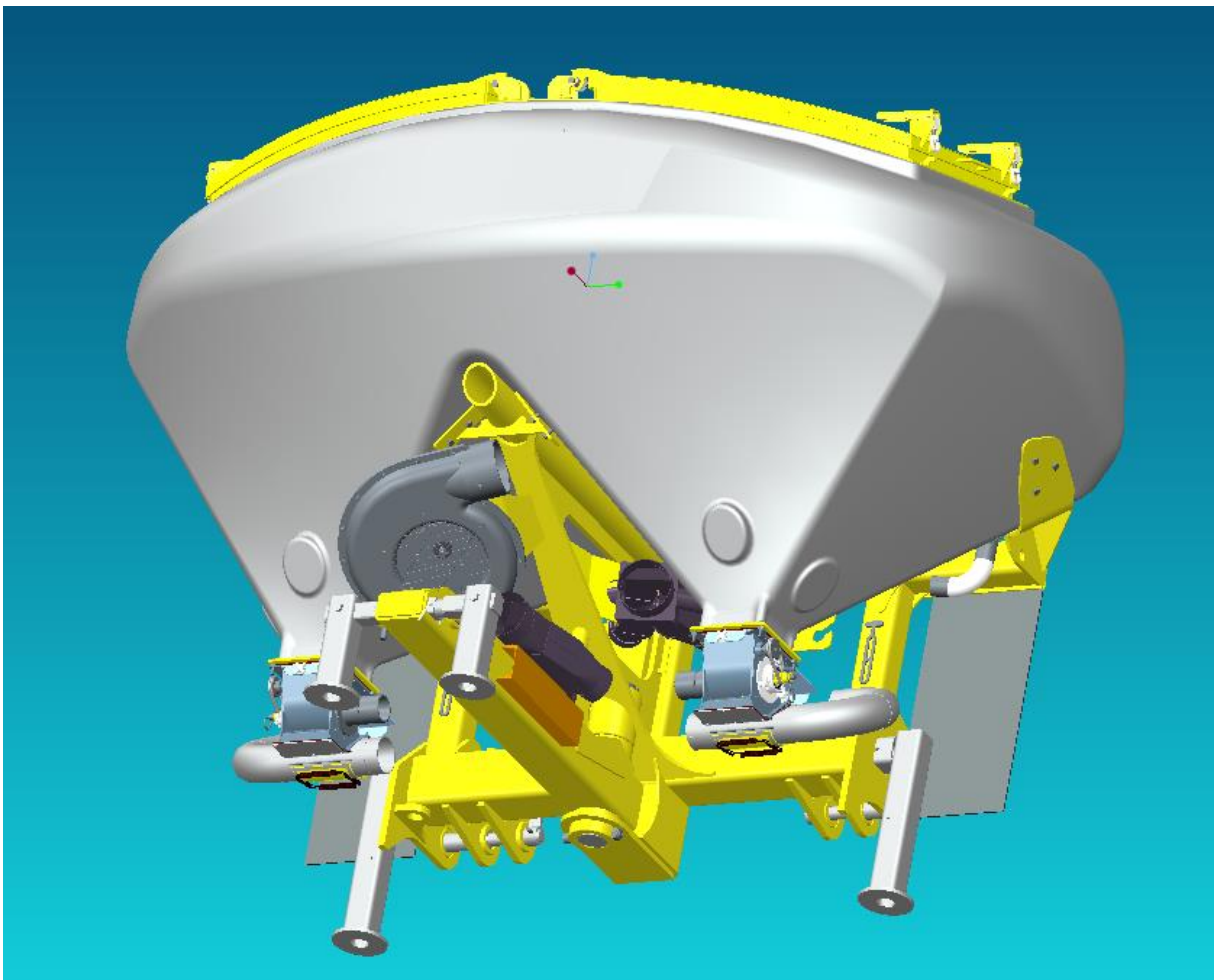


Obr. 24 - Základní rám



Upravený rám je vidět na Obr. 24 a lze na něm sledovat provedené úpravy. Ve střední části byl přidán třetí svislý nosník (1). Díky tomu byly drobně upraveny plechy, které slouží jako třetí bod třibodového závěsu (2). Úplně nová je zde trubka (3), která ponese násypku. Nový tvar má i středový výpalek (4), který slouží jako podpora trubky a jako nosná část, která ponese např. dělič průtoku vzduchu. Na konec trubky byly přidány ještě další menší dosedací plochy (5) za účelem zvýšení dosedací plochy v zadní části násypky. Další významnou změnou je úprava dosedacích ploch na krajích rámu (6). Ty byly zvětšeny a natočeny, tak aby do nich násypka dobře dosedla. Drobnou změnou prošla i nosná tyč (7) slučovače průtoku, který je na ní volně otočně uložen.

Celá sestava (rám, násypka a nejdůležitější součásti) je Obr. 25. Násypka je uložena na rámu v krajních bodech a na středové trubce. Na obrázku je také možné vidět ventilátor, dělič a slučovač průtoku vzduchu, vrchní rámeček, víka a dávkovací ústrojí.



Obr. 25 - Uložení násypky na rám



6 Závěr

V této práci byla navržena plastová násypka na zemědělský stroj Bednar Ferti-Box FB 3000. Celkový objem navržené násypky činí 3000 l. Rozdělení na dvě části v poměru 40:60 obstarává dodatečně přivařená přepážka. Rozměry násypky jsou velmi podobné jako u svařované násypky. Žádné limitní rozměry nebyly překročeny a sypné úhly byly nepatrně zvětšeny oproti stávající násypce. Lineární polyetylen (LLDPE) je mnohem odolnější proti vnějším vlivům než ocel a nekoroduje. Z těchto hledisek lze usuzovat, že odolnost zásobníku byla zlepšena.

Víka byla navržena jako kovová a fungující na stejném principu jako na současné svařované násypce. Pro vyšší tuhost a tím zajištění těsnosti byl navržen i kovový rámeček, který víka drží a zároveň slouží jako držák sít uvnitř násypky. Toto řešení je jedním z mnoha možností, v úvahu byla zvažována i kulatá šroubovací víka (nechat při výrobě do vrchní části připravit na horní plochu násypky přírubu se závitem). Důvody, proč bylo toto řešení zvoleno jako finální, jsou velikost vík, jistá zkušenost s tímto principem utěsnění a design.

Dávkovací ústrojí zůstává stejné. Spojení s násypkou není úplně bezprostřední, jako na svařované, je zde zapotřebí příruby, která je přišroubována k násypce. Z výrobního hlediska lze toto řešení považovat za nejlepší. Ostatní součásti vzduchového vedení zůstanou také nezměněné, jiná je pouze jejich poloha. Ta se však změnila minimálně.

Násypka je na rámu umístěná podobně jako předchozí. V krajních bodech jsou upravené držáky na rámu. Zásobník do nich dosedne a šrouby se upevní v daném místě. Uprostřed je násypka posazena na trubku a je tedy zajištěno určité stykové plochy. V zadní části na konci trubky jsou plechové výpalky pro spojení násypky a rámu ještě v tomto místě. Jiné uchycení násypky by znamenalo výrazně větší změnu na konstrukci rámu nebo by to vedlo ke zcela nové konstrukci. Plastový zásobník by bylo vhodné uchytnit do připraveného lože nebo na více místech okolo násypky, či opásat kolem. Složitější úprava rámu však byla mimo zadaný konstrukční rozsah. Tato navržená konstrukce by měla být dostačující. Bez ověření výpočty to však nelze tvrdit s naprostou jistotou. Kritická bude zadní část hrany a boky. Zde není zásobník ničím uchycen a musí vydržet zatížení. Pevnost násypky lze ovlivňovat tloušťkou stěny, kterou lze měnit libovolně (kus od kusu, nikoliv na jedné násypce).

Model stroje není zdaleka kompletní. Chybí zde závěs a spojovací táhlo, které jistí otočné rameno, světelná sada pro provoz na pozemních komunikacích, pracovní osvětlení, jenž je součástí příplatkové výbavy a ještě další součásti ze současného Ferti-Boxu. Nejsou zde ani čehrače, které by



se musely konstrukčně upravit pro danou násypku, stejně tak síta do násypky. Součástí práce nebylo navrhnout inovovaný stroj, ale plastový zásobník. Proto tyto součásti nejsou v sestavě 3D modelu (viz příloha: 00988330_asm.stp). Práce by s těmito součástmi byla mnohem většího rozsahu a výrazně časově náročnější.

Pevnostní výpočty a simulace deformací násypky pod zatížením a jejím chováním na rámu by řešila MKP analýza. Ta je však mimo rozsah bakalářské práce a schopnosti autora.



7 Použité zdroje

- [1] *BEDNAR Farm machinery* [online]. BEDNAR FMT s.r.o. [cit. 25. 3. 2016]. Dostupné z: <http://bednar-machinery.com/cz/produkty/detail/149/ferti-box-fb>
- [2] BEDNAR FMT s.r.o. [dokument]. *Původní návod k použití*. 2015. [cit. 25. 3. 2016].
- [3] HEJCMAN, Michal. *Hnojení, výživa* [dokument]. Přednáška ČZU [cit. 25. 3. 2016]. Dostupné z: http://fle.czu.cz/~hejcman/Prednasky/Zemedelstvi4_Hojeni_vyz.pdf
- [4] HORÁKOVÁ, Eva. *Technické a bezpečnostní prvky spojení traktoru a mechanizačního prostředku*. Brno: Mendelova univerzita 2012. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Institut celoživotního vzdělávání.
- [5] TUREK, Tomáš. *Moderní úpravy práškovými laky*. Brno: Vysoké učení technické 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie.
- [6] KUDLÁČEK, Jan. *Předúpravy povrchu* [dokument]. Přednáška ČVUT FS [cit. 30. 4. 2016]. Dostupné z: https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12133/TE1/01P_Predupravy_povrchu.pptx
- [7] BEDNAR FMT s.r.o. [dokument]. *Software pro Ferti-Box Q-drill*. 2015. [cit. 13. 5. 2016].
- [8] PŘÍHODA, Josef, Pavel SKŘIVAN a Marie HRUŠKOVÁ. *Cereální chemie a technologie I*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-530-7
- [9] BRYKSÍ STUNOVÁ, Barbora. *Technologie zpracování plastů* [dokument]. Přednáška ČVUT FS [cit. 26. 5. 2016].
- [10] *CZ Plast* [online]. CZ plast s.r.o. [cit. 26. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.czplast.com/technologie-vyroby/>
- [11] Lukrom spol. s r.o. [dokument]. *Hardi NAVIGATOR*. [cit. 29. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.lukrom.cz/download/NAVIGATOR%20prospekt.pdf>
- [12] VYDRA, Jan. *Návrh zásobníku pro sypké materiály*. Vysoké učení technické 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
- [13] MACEK, Karel a Petr ZUNA. *Strojírenské materiály*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 8001027988.
- [14] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery - výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6
- [15] CRAWFORD, Roy. *About rotomolding* [online]. JSJ Productions Inc. [cit. 3. 6. 2016]. Dostupné z: <https://rotoworldmag.com/about-rotomolding/>



- [16] *Lemken* [online]. LEMKEN GmbH & Co. KG. [cit 3. 6. 2016]. Dostupné z:
<https://lemken.com/en/lemken-news/news/details/detail/more-versatility-in-sowing-and-fertilising/>
- [17] *Doplňkové technologie pro zpracovávání plastů* [online]. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní, Katedra strojírenské technologie. [cit. 3. 6. 2016]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm#121
- [18] *Agritechnica 2015*[online]. Borenbusiness. [cit 3. 6. 2016]. Dostupné z:
<http://www.boerenbusiness.nl/tech/artikel/10866741/lemken-vindt-de-fronttank-opnieuw-uit>
- [19] *Vaderstad launch new spirt R drills* [online]. Northfield agricultural services. [cit. 3. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.northfieldagric.co.uk/news/news-and-promos/vaderstad-launch-new-spirit-r-drills>
- [20] *Agromet – rozmetadlo průmyslových hnojiv* [online]. OZF Macháček. [cit. 3. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.agrostroje-nove.cz/rozmetadla-hnojiv>



8 Seznam použitých zkratk a symbolů

NPK	-	Vícesložkové hnojivo (dusík N, fosfor P, draslík K)
Px	-	plech o tloušťce x, např. P4 = plech o tloušťce 4mm
EPDM	-	mikroporézní pryž (těsnící materiál)
PP	-	polypropylen
PE	-	Polyetylen
PVC	-	polyvinylchlorid
LLDPE	-	linear low-density polyethylene (lineární polyetylen s nízkou hustotou)
HDPE	-	high density polyethylene (polyetylen s vysokou hustotou)
XLPE	-	cross-linked polyethylene (zesítěňý polyetylen)
PA	-	polyamid
MKP	-	metoda konečných prvků - numerická metoda simulace napětí, deformace atd.

9 Seznam příloh

1. Výkres násypky 00993509
2. Výkres sestavy násypky a rámu 00988330
3. CD s elektronickou verzí BP a 3D modelem