



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh metodiky pro vyhodnocení
kvality vyloupání olejnatých semen**

**Proposal of methodology of oilseed
hulling quality analysis**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2019

Bc. Oskar TUREK

Studijní program: Strojní inženýrství N2301

Studijní obor: Transportní technika (2301T047)

Vedoucí práce: Ing. Jan Hoidekr

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hoidekra. Dále prohlašuji, že seznam použitých zdrojů a literatury je úplný.

V Praze 20. 6. 2019

Bc. Oskar Turek

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mě při mé práci podporovali, včetně mé rodiny. Zejména děkuji panu Ing. Janu Hoidekrovi za vedení této práce a za pomoc při jejím zpracovávání. Dále děkuji firmě Farnet a.s. Česká skalice, která se podílela na výrobě některých dílů v této práci. Také děkuji Ústavu mechaniky tekutin FS ČVUT za to, že nám poskytli laser, který bylo potřeba pro výrobu některých dílů.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Bc. Oskar TUREK
Název bakalářské práce:	Návrh metodiky pro vyhodnocení kvality vyloupání olejnatých semen
Název v angličtině:	Proposal of methodology of oilseed hulling quality analysis
Rok zpracování:	2019
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů FS
Vedoucí práce:	Ing. Jan Hoidekr
Konzultant:	
Počet stran:	47
Počet obrázků:	62
Počet tabulek:	5
Počet příloh:	1
Klíčová slova:	Loupání olejnatých semen, olejnatá semena, vyhodnocení loupitelnosti, třídící linka, dopravník, zásobník, koreček, aspirační skříň, slupky, jádra, semínka, rozměrový obvod, metodika pro vyhodnocení
Key words:	Hulling of oil seeds, oilseeds, peelability evaluation, sorting line, conveyor, hopper, bucket elevator, aspiration box, peelings, cores, seeds, dimensional circuit, methodology for evaluation
Anotace:	Diplomová práce se zabývá návrhem metodiky pro vyhodnocení loupitelnosti olejnatých semen. Po určení nedostatků v současném procesu vyhodnocování se navrhla určitá vylepšení. Ta se skládají z automatizace procesu pro přesun směsi semen a slupek. Dále návrhu zásobníků pro tyto směsi. Návrhu aspirační skříně, kde se slupky oddělí od jader a nakonec návrhu rámu pro celkovou sestavu.
Abstract:	The diploma thesis deals with the proposal of methodology for evaluation of hulling of oil seeds. Some improvements have been proposed after deficiencies in the current evaluation process have been identified. These consist of the design of conveyors to move the mixture of seeds and hulls. Furthermore, it consist the design of containers for these mixtures. Designing an aspiration box where the peelings separate from the cores and finally frame design for the overall assembly

OBSAH

1	Úvod	1
1.1	Problematika třídění a rešerše	1
2	Současný proces vyhodnocení loupateľnosti	4
2.2	Prvky optimalizace	5
3	Cíle práce	5
4	Návrhový koncept stanoviště linky	6
5	Dopravní cesty	7
5.2	Funkce a délky	7
5.3	Konstrukční návrh	8
5.4	Vizualizace sestavy	9
5.5	Výpočet únosnosti	10
5.6	Výpočet rozměrových obvodů	13
5.6.1	Rozměrový obvod – podpůrný váleček/trubka	13
5.6.2	Rozměrový obvod – hřidel u motoru	14
5.7	Ostatní díly v sestavě	15
6	Zásobníky na směs	16
6.2	Spodní zásobníky	16
6.3	Vrchní zásobníky	18
6.3.1	Zavírací mechanismus	18
6.3.2	Výpočet únosnosti motoru	19
6.3.3	Konstrukce zásobníků	19
7	Aspirační skříň	22
7.2	Současné řešení	22
7.3	Nové řešení	23
7.4	Prvotní simulace	23
7.5	Druhotné simulace	27
7.6	Náběžný úhel	29
7.7	Návrh skříně	32
7.8	Experimentální verze	36
8	Rám pro celkovou sestavu	38
8.2	Hlavní rám	38
8.3	Stavba rámu	38
9	Celková sestava	41

10	Automatické řízení	42
11	Návrh metodiky pro vyhodnocení loupateľnosti	43
12	Závěr	44

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem metodiky pro vyhodnocení kvality vyloupání olejnatých semen v laboratorních podmínkách – zejména slunečnice. Semena ve slupce jsou vyloupána na laboratorní verzi loupacího stroje, který tomuto procesu předchází a posléze je směs slupek a jader podrobena třízení a separaci. Při tomto procesu se původní směs rozdělí na 4 velikostní frakce na vibrační třídiče, dále jednotlivé frakce projdou aspirační skříní, kde se oddělí slupky od jader (obsah této práce) a nakonec se oddělená jádra umístí do optické třídičky, kde se zjistí, zda jsou jádra opravdu celá vyloupaná, tj. jsou-li zcela bez slupky. Díky hmotnostním podílům všech složek (slupky, jádra, prach, atd.) lze určit kvalitu vyloupání semen na loupačce a lze na základě těchto údajů nastavovat parametry laboratorní loupačky, jako jsou otáčky nebo úhel lopatek. Tyto parametry se poté použijí na průmyslové loupačce, kde je již objem zpracovaného materiálu mnohonásobně vyšší.

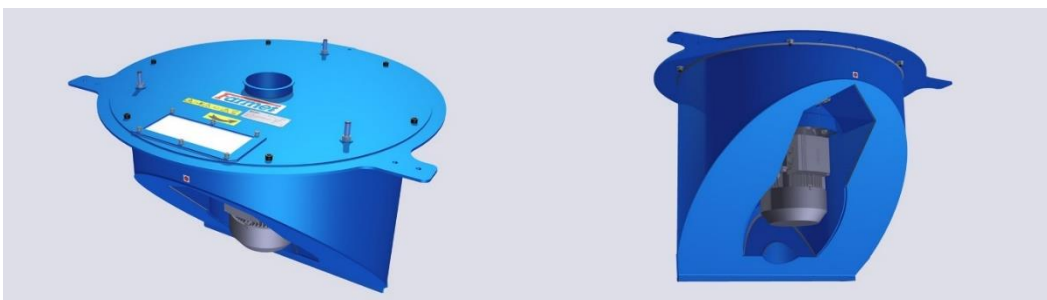
1.1 Problematika třídění a rešerše

Loupání – nejrozšířenější způsob loupání se zakládá na mechanickém principu, kdy je ve stroji rotor, kam se přivedou semena, a stator, o který se semena třídí. Takové zařízení je k dispozici i Ústavu konstruování a částí strojů FS ČVUT a na kterém se bude vyhodnocovat kvalita vyloupání podle nastavených parametrů – rychlost otáčení rotoru a úhly lopatek na rotoru a statoru.

Je za potřebí, aby loupačka měla co nejvyšší účinnost – to znamená najít kompromis mezi silou nárazu semena a úhlem lopatek. Protože bude-li síla příliš velká, semena se vyloupnou, ale jádro bude poškozené. Naopak bude-li síla malá, semena se nevyloupnou vůbec. Ke správnému nastavení má právě přispět vyhodnocovací linka, jejíž návrh se řeší v této práci.

Druhy loupacích zařízení – jak již bylo zmíněno, většina loupaček pracuje na mechanickém principu, nicméně jsou další možnosti loupání – třecí princip, ultrazvukový nebo pomocí lázně tekutého dusíku. Zde je uvedeno pouze několik typů loupaček od předních výrobců, jelikož návrh loupačky není předmětem této práce.

Farmet a.s. – loupačka FH2000 pro loupání slunečnice a sóji s vertikální osou rotace rotoru a spodním pohonem.



Obrázek 1: Odstředivá loupačka Farmet [3]

Bühler – loupačka DGBA má vodorovný rotor a svislou stěnu, o kterou se semena tříští. Lze nastavovat otáčky rotoru a polohu stěny. Firma Bühler vyrábí i svislé loupačky na odstředivém principu, které jsou velmi podobné výše uvedené loupačce firmy Farnet a.s.



Obrázek 2: Odstředivá loupačka Bühler [4]

Třídění – ve velké většině případů se používají vibrační třídícíky, kdy je vyloupaná směs dopravena na nad sebou umístěná síta a postupně se směs třídí. Na laboratorní třídícíce použité v tomto zařízení budou tato síta čtyři, dostanou se proto 4 různé velikostní frakce, které se budou dále třídít. Pod síty bude ještě nádoba na prach a nejmenší části, které propadnou všemi síty. Tato část se bude také vyhodnocovat.



Obrázek 3: Čistička JK Machinery VibroMAX [6]

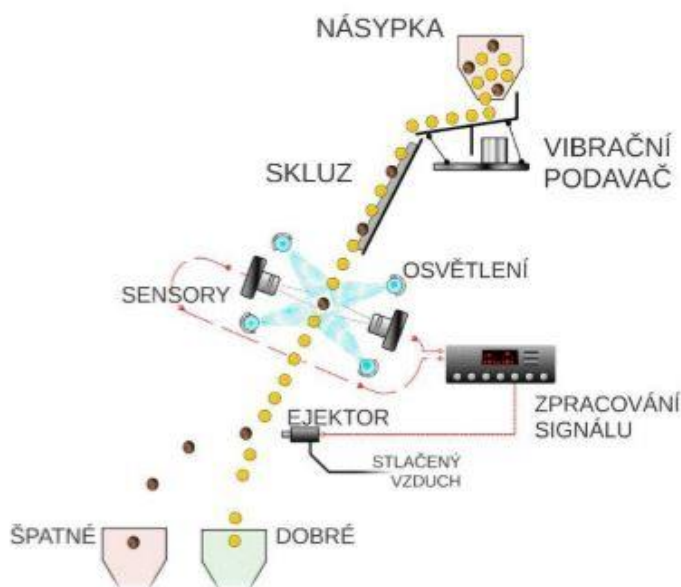
Aspirace – oddělení slupek a jader v proudu vzduchu na základě rozdílu jejich hmotností. Lehké slupky a nečistoty vyletí výše a dostanou se do nádoby, odkud jsou dále odváděny. Těžší jádra zůstanou (nebo propadnou dolů) a dále se také odvedou pryč ze skříně. Většina výrobců upřednostňuje obdélníkový typ skříně kvůli snazšímu přivedení i odvedení jednotlivých složek. Nicméně tato práce se bude zabývat návrhem válcové aspirační skříně, která je z hlediska rovnoměrnosti proudění vhodnější variantou.



Obrázek 4: Aspirační skříň Farnet FAS500 [4]



Optické třídění – v průmyslu lisování olejnin se často neobjevuje. V laboratorních podmínkách je ale nutnost takového zařízení, aby se mohlo s jistotou říci, zda je jádro zcela vyloupané či je na něm nějaká část slupky stále přítomna. Toto třídění bude uskutečněno pomocí dvou kamer, které budou postupně snímat jednotlivá semena z obou stran a program pak vyhodnotí, jestli je jádro zcela vyloupané. Toto zařízení bylo již dříve navrženo.



Obrázek 5: Princip optického třídění [9]

Olejnata semena - semen s obsahem oleje je několik druhů a liší se zejména právě procentuálním množstvím oleje v semenech. V tabulce 1 je vidět několik druhů olejnatých semen a jejich procentuální obsah oleje.

Tabulka 1: Průměrná světová výtěžnost oleje z plodů [1]

Bavlník	15,1%	Řepka olejná	38,6%	Sezam	42,4%
Sója	18,3%	Podzemnice olejná	40,3%	Palmová jádra	44,6%
Len	33,5%	Slunečnice	40,9%	Kokosový ořech	62,4%

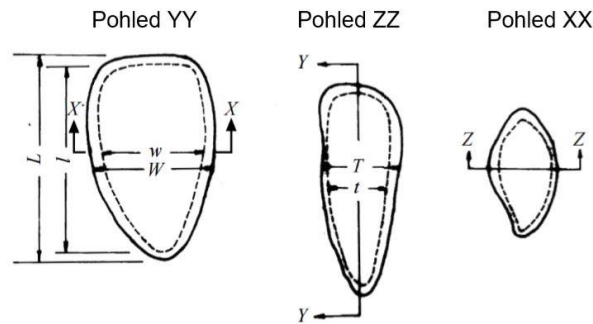
Slunečnicová semena, která budou vyhodnocována na tomto zařízení, se dělí podle [2] na tři skupiny podle velikosti – malá, střední a velká. Záleží přitom na jejich rozměrech – délce (L), šířce (W), tloušťce (T) (viz obr. 6), a hmotnosti (M).

Tabulka 2: Kategorie celých semen [2]

	Velká	Střední	Malá
Délka (L) [mm]	9,96 ± 0,70	9,27 ± 0,68	8,92 ± 0,24
Šířka (W) [mm]	5,87 ± 0,21	4,78 ± 0,34	3,92 ± 0,30
Tloušťka (T) [mm]	4,16 ± 0,11	3,32 ± 0,27	2,52 ± 0,24
Hmotnost (M) [g]	0,065 ± 0,01	0,048 ± 0,01	0,032 ± 0,008

Tabulka 3: Kategorie vyloupaných jader [2]

	Velká	Střední	Malá
Délka (L) [mm]	9,13 ± 0,35	7,85 ± 0,40	7,23 ± 0,23
Šířka (W) [mm]	4,93 ± 0,23	4,58 ± 0,16	3,59 ± 0,15
Tloušťka (T) [mm]	2,72 ± 0,16	2,26 ± 0,20	2,09 ± 0,21
Hmotnost (M) [g]	0,061 ± 0,006	0,039 ± 0,003	0,021 ± 0,006



Obrázek 6: Klasifikační rozměry semen [2]

2 Současný proces vyhodnocení loupateľnosti

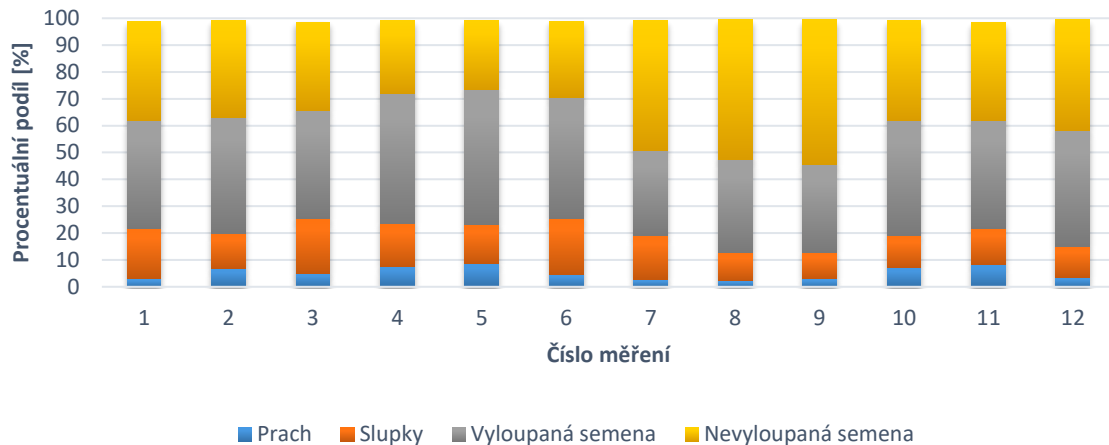
V současné době se kvalita vyloupání vyhodnocuje jen na velmi malém množství směsi. V laboratořích se vezmou vzorky v řádech gramů a ručně se třídí podle velikosti. Následně se jednotlivé velikostní frakce váží a vyhodnocuje se pouze konkrétní vzorek. Tím, že je celý proces prováděn manuálně, je tento proces velmi zdoluhavý. Navíc, při vyhodnocování menšího objemu směsi, se výsledky jednotlivých měření hmotnostních podílů mohou pohybovat s rozdílem až 100%. V tabulce 4 jsou data z jednoho vyhodnocení, kde se vzaly tři vstupní vzorky a ty se vyhodnocovaly. Na grafu 1 lze vidět, že procentuální podíl složek značně kolísá.

Tabulka 4: Výsledky měření

číslo pytle	číslo vzorku	hmotnost [g]				
		procentuální obsah [%]				
		navážka	prach	slupky	vyloupaná semena	nevyloupaná semena
1_1	1	20,6129	0,732	3,8595	8,266	7,6298
		100	3,0355	18,7237	40,1011	37,0147
	2	20,8837	1,4144	2,7662	8,9932	7,5564
		100	6,7727	13,2457	43,0633	36,1832
	3	19,9971	1,0929	4,0372	8,0711	6,5944
		100	5,0652	20,1889	40,3616	32,9768
průměr		20,4979	1,079767	3,5543	8,443433333	7,2602
		100	4,9578	17,3861	41,175333333	35,39156667

Z původních navržených 100 měření byly uskutečněny pouze 4 po 3 vzorcích a to z důvodu časové náročnosti. Proto se zde navrhnou několik optimalizací v procesu tak, aby byla celá operace vyhodnocování co nejvíce automatická, tj. bez nutnosti zásahu obsluhy, a také aby byl zpracováván objem řádově vyšší a to kolem 5kg vstupní směsi – tedy cca 250x větší.

Procentuální podíly složek



2.2 Prvky optimalizace

Dopravní cesty – tyto cesty jsou potřeba z hlediska dopravy materiálu mezi jednotlivými stanovišti třídící linky a z hlediska úspory času. Dopravníky budou kompletně navrhovány přímo pro účely této stanice a bude snaha o co nejnižší cenu a největší jednoduchost konstrukce.

Zásobníky – protříděné směsi se budou přechodně ukládat do mezizásobníků, odkud pak budou přemístěny do větších zásobníků, kde budou směsi čekat na aspiraci. Menší ze zásobníků budou zároveň fungovat i jako dávkovače do korečkových elevátorů.

Aspirační skříň – současná verze aspirační skříně je funkční, nicméně se musí směs vždy vložit i vyjmout manuálně a tím dochází k časovým prostojeům. V rámci optimalizace se navrhne automatizace jak vstupu směsi, tak i odvodu slupek a jader. Ze staré aspirační skříně se použije pouze ventilátor jako zdroj proudění vzduchu.

Rám pro celé zařízení – aby byla celá linka a zařízení pro vyhodnocení loupateľnosti co nejvíce kompaktní, tak je potřeba navrhnout i rám, ve kterém budou jednotlivé části linky usazeny. Tento rám by měl být rozebíratelný z důvodu přesunu celého zařízení do firmy Farmet a.s.

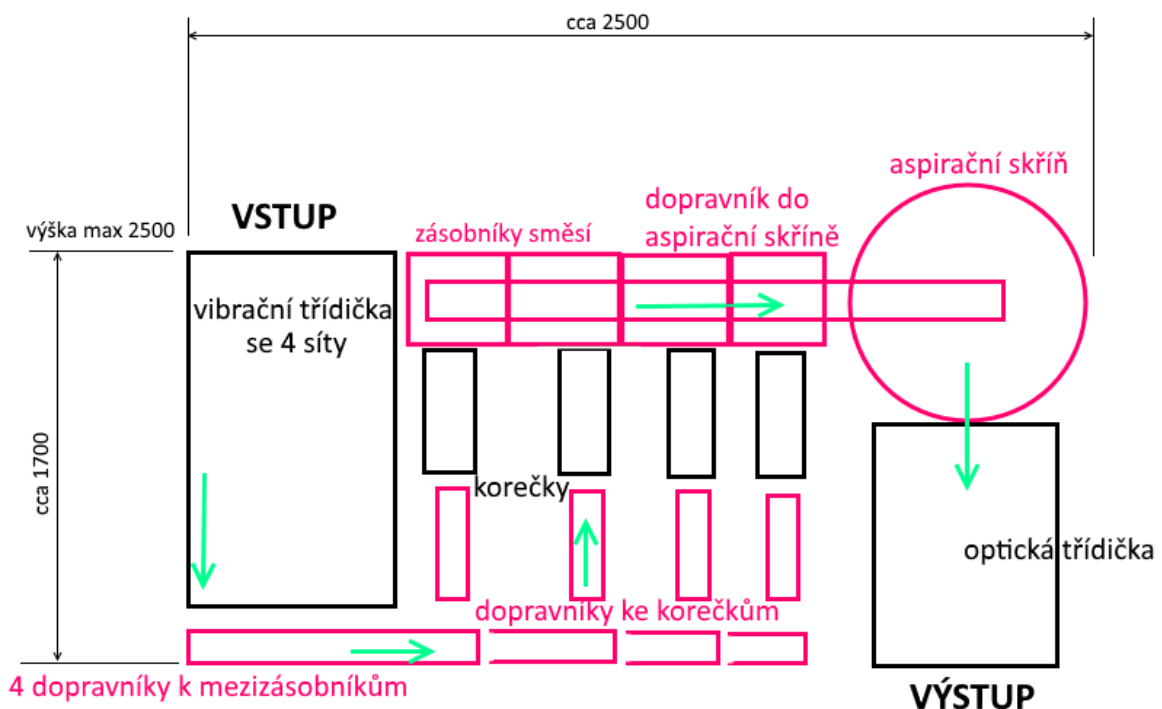
3 Cíle práce

Cílem této diplomové práce bylo nalezení nedostatků v současném vyhodnocovacím procesu a zavedení následných optimalizačních prvků. To bude počítat s návrhem aspirační skříně pro oddělování slupek od jader, návrhem dopravních cest, návrhem zásobníků na směsi a návrhem rámu pro celou třídící linku. Dále se práce bude zabývat návrhem automatického řízení chodu daných částí linky. Přínosem této praktické práce bude možnost rychlejšího a kvalitnějšího vyhodnocení loupateľnosti olejnatých semen a možnost přesnějšího nastavení odstředivé loupateľky. Celá linka a všechny její části budou skutečně vyráběny a sestavovány na ústavu Ú12113 FS ČVUT s přispěním firmy Farmet a.s.

4 Návrhový koncept stanoviště linky

Stanoviště linky bude nejprve umístěno v učebně na ústavu Ú12113 FS ČVUT, kde se bude testovat jeho funkčnost a plynulost chodu. Proto bylo nejprve nutné si důkladně rozmyslet jeho rozmístění a uspořádání. Bylo potřeba, aby po vložení semen do vibrační třídícíky bylo vše provedeno již bez nutnosti zásahu obsluhy až do okamžiku vyjmutí jednotlivých frakcí na konci procesu. To znamenalo uspořádat jednotlivá stanoviště s odpovídající návazností co možná nejlíže za sebe (úspora místa, materiálu i času) a navrhnout rozměry. Ty se odvíjely od prvotního návrhu velikosti vibrační třídícíky s ohledem na kapacitu jednoho třídícího procesu. Na obrázku 7 je vidět koncepční návrh linky – červené prvky linky jsou obsahem této práce, černé jsou pak předmětem prací kolegů.

Po vložení určitého objemu semen se směs protřídí na 4 velikosti a jednotlivé velikostní frakce se pomocí první sady čtyř dopravníků dopraví do čtyř mezizásobníků. Zde se tyto zásobníky plní, dokud se pomocí senzoru nerozhodne, že jsou plné. Poté se jednotlivé velikostní frakce dopraví, pomocí další sady čtyř dopravníků umístěných pod zásobníky, ke korečkovým dopravníkům. Ty je vynesou do větších zásobníků, kde budou do té doby, než se protřídí předcházející frakce v aspirační skříni. Potřeba korečkových dopravníků je proto, že větší zásobníky musí být umístěny nad úrovní nejvyšší hrany aspirační skříně (z důvodu dopravy směsi do skříně). Pod každým ze zásobníků jsou automaticky ovládaná horizontální dvířka, přes které padá směs na nejdelší dopravník, který vede do aspirační skříně. Na tomto dopravníku je vždy pouze jedna velikostní frakce, která se má třídít v daný moment v asp. skříni. Z aspirační skříně jsou odvedeny slupky pryč a jádra pokračují na optickou třídícíku. Zde celý proces třídění končí a po sběru všech částí původní směsi se vyhodnotí hmotnostní podíly těchto částí (prach, slupky a vyloupená a nevyloupená jádra).



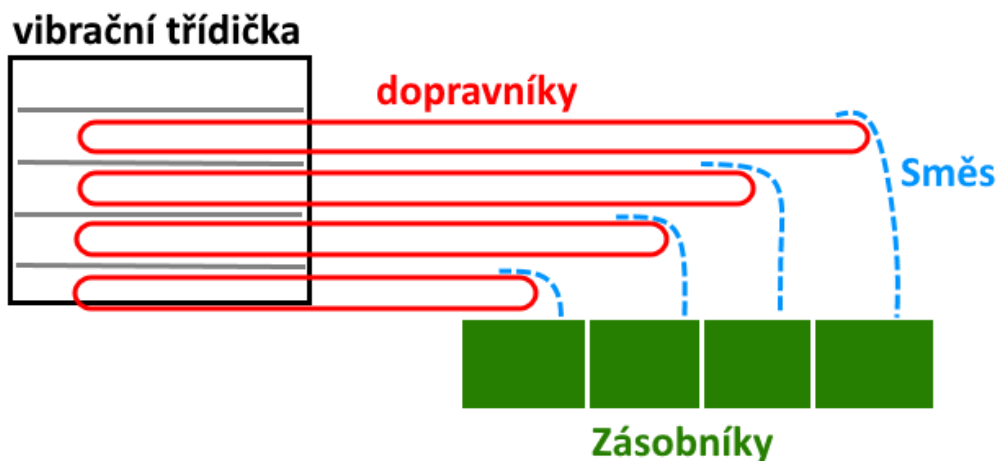
Obrázek 7: Návrhové schéma celkové sestavy třídícíky

5 Dopravní cesty

Jak bylo naznačeno výše, pro optimální chod bylo potřeba navrhnout dopravní cesty. Ty budou zaručovat plynulý přesun materiálu mezi částmi linky nebo budou fungovat jako dávkovací mechanismus.

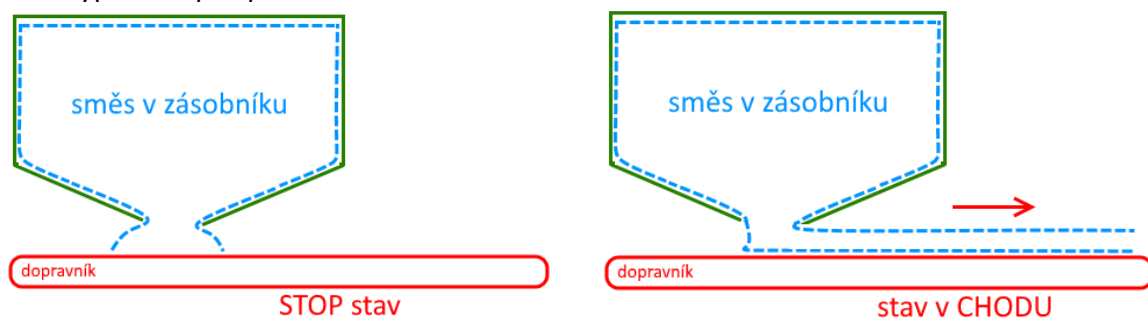
5.2 Funkce a délky

První čtyři dopravníky (podle čtyř sít) povedou od vibrační třídičky k prvním zásobníkům. Tyto dopravníky budou různě dlouhé podle toho, do jakého zásobníku budou směs přivádět. Nejdelší bude nejvrchnější dopravník a délka se bude postupně zkracovat s níže umístěnými dopravníky. To je z důvodu přepadu směsi z dopravníku do zásobníku (viz obr. 8). První sada dopravníků bude pevně uložena v centrálním rámu (viz kapitola Rám pro celkovou sestavu) a směs na ně bude padat z volně přistavené třídičky.



Obrázek 8: Funkce první sady dopravníků

Druhá sada dopravníků bude umístěna pod prvními zásobníky. Ty zde budou mít dvojí funkci – jednak budou dopravovat směs do korečkových elevátorů a pak také budou sloužit jako mechanismus pro dávkování směsí. Na obrázku 9 je vidět tento princip – pokud dopravník stojí, směs je v zásobníku a nemůže se vysypat na pás. Pokud je ale dopravník v chodu pak se směs může postupně sypat na pás a tím se zásobník vyprazdňuje. U tohoto principu je potřeba počítat se syným úhlem, jelikož kdyby byl úhel moc malý, pak by se směs sypala na pás průběžně.



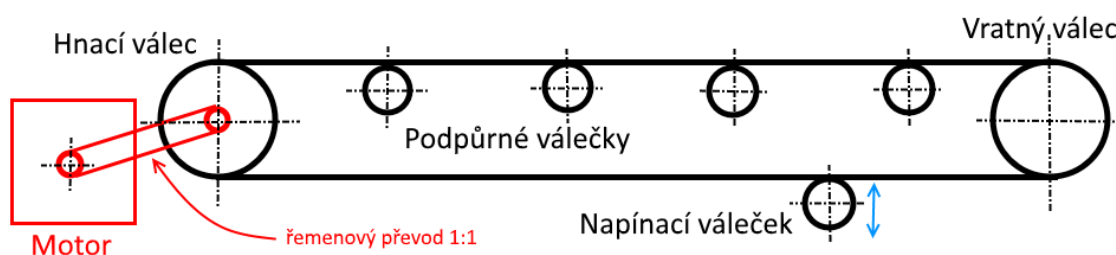
Obrázek 9: Funkce druhé sady dopravníků

Poslední a nejdelší dopravník bude umístěn pod druhou (vrchní) sadou zásobníků, kde bude dopravovat jednotlivé velikostní frakce z daného zásobníku do aspirační skříně. Musí být tak dlouhý, aby zasahoval průběžně pod všemi čtyřmi vrchními zásobníky a ještě na jedné straně přesahoval mimo rám. Tento přesah je dán poloměrem aspirační skříně. Dopravník bude muset přivést směs jader a slupek nad skříně a do jejího středu.

Z prostorového uspořádání a dalších požadavků se došlo k rozměrům jednotlivých dopravníků. Ty se odvíjeli zejména od velikostí zásobníků a potřebného prostoru mezi nimi. Nejkratší zásobníky budou mít funkční délku 440mm, tyto budou pod spodními zásobníky a jeden bude i jako nejkratší dopravník od třídičky. Od třídičky pak povedou postupně od shora dopravníky délky 1450mm, 1100mm a 750mm. Nejdelší dopravník pod horními zásobníky bude mít délku 1750mm.

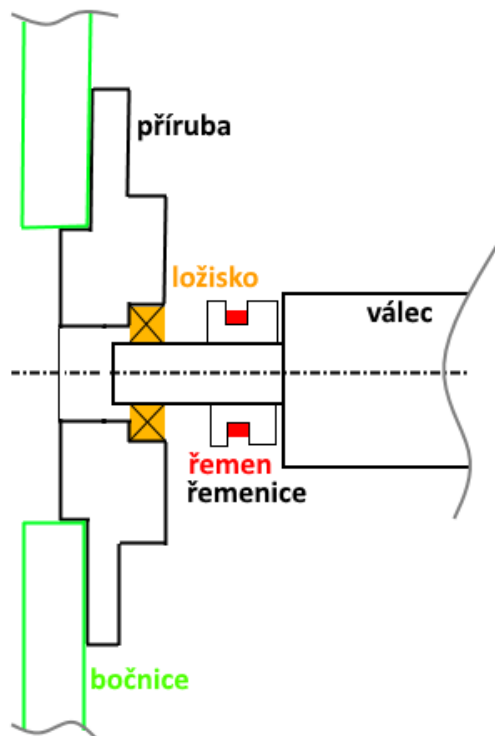
5.3 Konstrukční návrh

Bude se jednat o pásové dopravníky, proto je potřeba pásy pohánět i podepírat. Koncepce je taková, že všechny dopravníky budou konstrukčně totožné, jen se bude lišit délka pásu a s tím délka bočnic a počet podpůrných válečků. Navrženo bylo, že pohonné válečky (obr. 12) budou uloženy v ložiskách a budou poháněny přes řemenice a řemen od motoru, který bude umístěn před pásem samotným (viz obr. 10). Ložiska budou v přírubách přišroubovaných k bočnicím. Podpůrné válečky budou naproti tomu na pevné ose, která bude sloužit i jako vymežovací prvek obou bočnic. Tím se zajistí potřebná pevnost celého celku a také se zachová rozteč bočnic po celé délce dopravníku. Na této pevné ose budou umístěna ložiska a na nich bude nasazena trubka, která bude pod pásem (viz obr. 11).

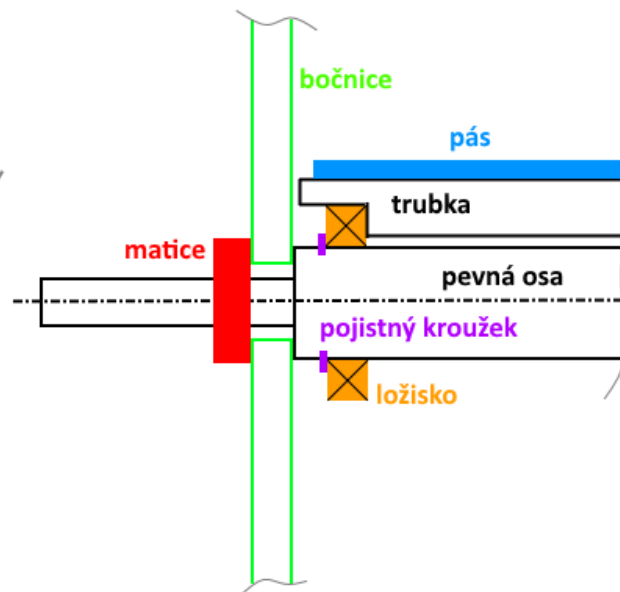


Obrázek 10: Konstrukční návrh dopravníku

Napínací váleček, který bude na každém dopravníku jeden, bude stejné konstrukce, jako válečky podpůrné. Pohybem ve svislém směru v drážce bude možné napínat pás podle potřeby. Zajištění v dané poloze proběhne dotažením matic na koncích pevné osy.



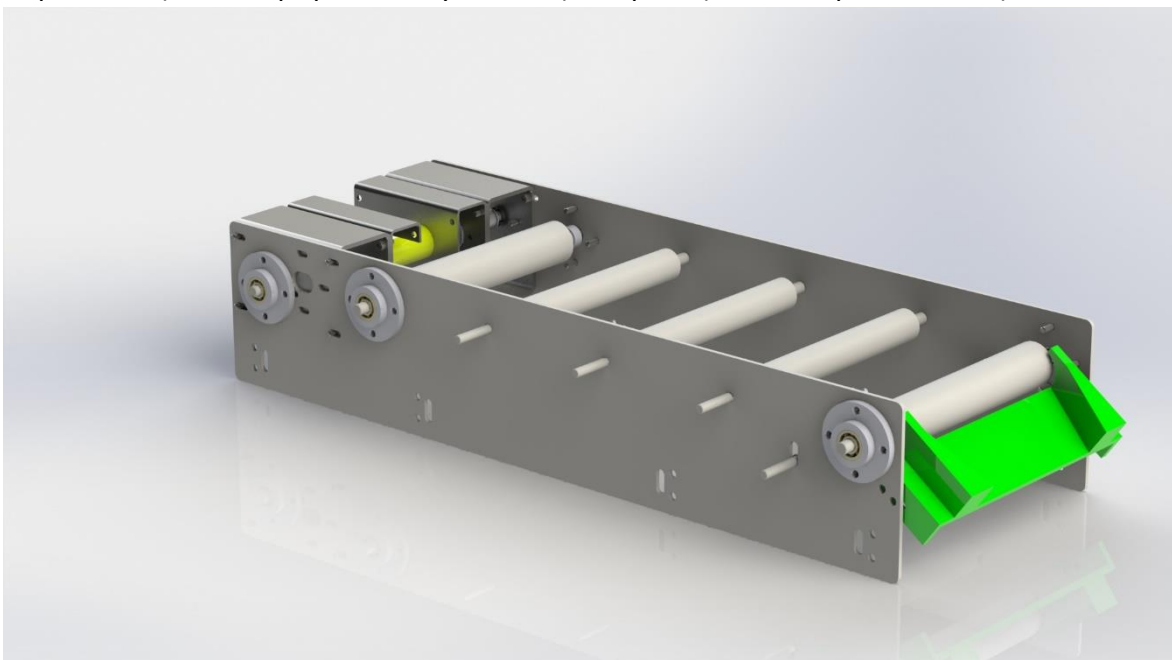
Obrázek 12: Pohonný válec



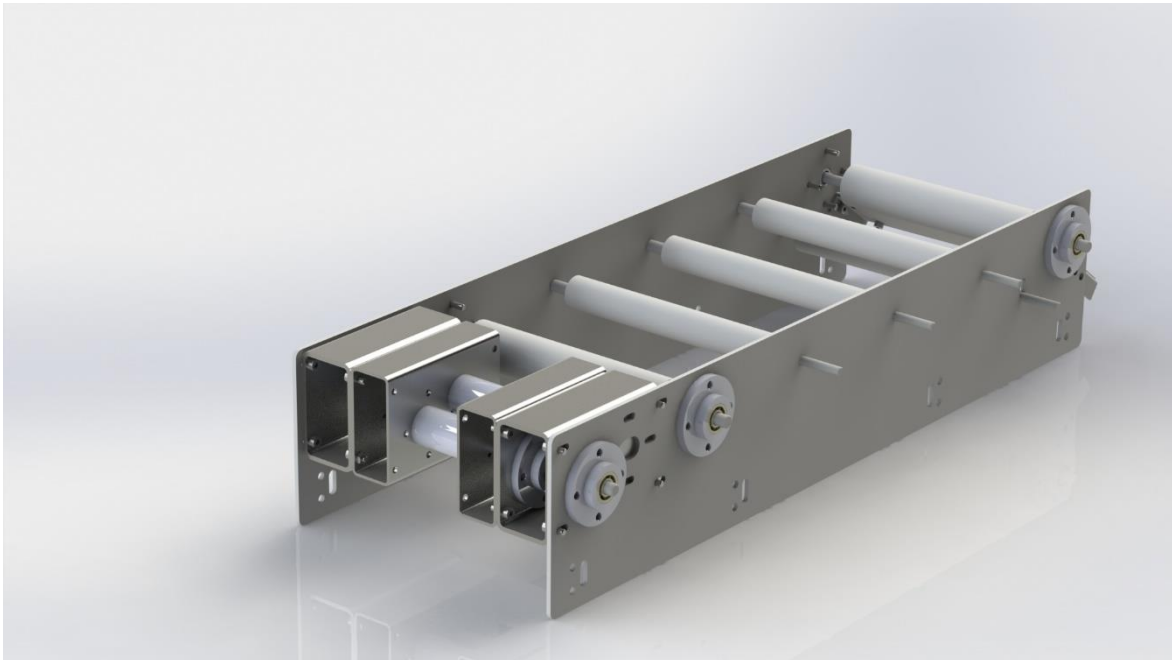
Obrázek 11: Podpurný váleček

5.4 Vizualizace sestavy

Po tomto návrhu bylo možné začít modelovat a řešit konstrukční detaily všech prvků včetně všech rozměrů. Na následujících renderovaných obrázcích je vidět výsledný model dopravníku (v tomto případě délky 440mm) bez pásu (z důvodu přehlednosti).

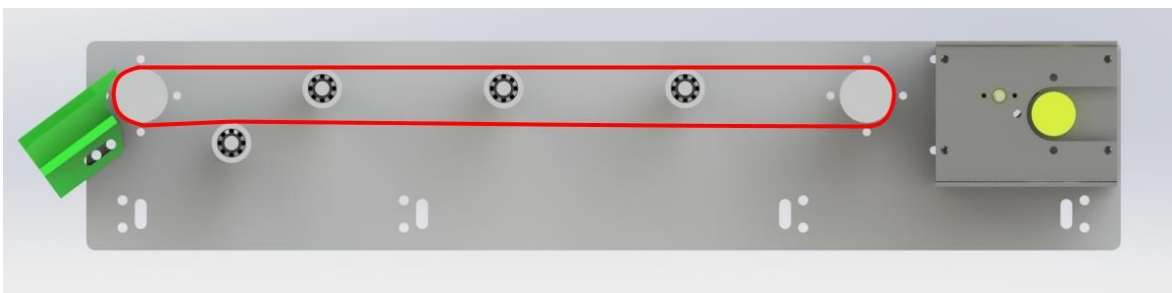


Obrázek 13: Vizualizace sestavy dopravníku



Obrázek 14: Vizualizace sestavy dopravníku

Na obrázku 15 je vidět uložení motoru (motorů – viz kapitola 5.5 výpočet únosnosti), které je realizováno pomocí obdélníkových profilů připevněných k bočnicím přes šrouby. Tyto profily je možné polohovat pomocí drážek z důvodu napínání řemene a nastavení dané osové vzdálenosti. Na následujícím obrázku je pak řez celou sestavou, kde jsou vidět hnací, vratný, napínací i podpůrné válečky. Žlutě je motor v obdélníkovém profilu, od kterého povede hnací řemen. Díry a drážky ve spodní části jsou na připevnění dopravníku k rámu. Zeleně je vidět řez výsypným elementem, který usměrňuje směs semen a slupek. Tento element bude tisknut na 3D tiskárně. Červeně je vyznačeno, kudy povede pás.



Obrázek 15: Řez sestavou dopravníku

5.5 Výpočet únosnosti

Přibližný výpočet únosnosti dopravníku a potřebného výsledného výkonu motoru proběhl podle normy ČSN 26 3102 a pouze pro nejdelší dopravník, tzn. dopravník délky 1750mm. Postup je ovšem ovlivněn chybějícími daty v normě pro tak malé dopravníky, jako jsou v této práci. Tím pádem se muselo několik hodnot dohledávat nebo odborně odhadnout. Nicméně pro představu tento výpočet dostačuje, jelikož množství a hmotnost

přepřevaného materiálu budou v řádech stovek gramů, maximálně v jednotkách kilogramů. Motor byl vybrán předem a zpětně se kontrolovala jeho dostatečnost.

Nejprve bylo potřeba přepočítat rychlost motoru na rychlost posuvu a z momentu motoru a jeho obvodové rychlosti určit výkon motoru:

$$n_M = 60 / \text{min} = 1 \text{ ot/s} \quad (5.1)$$

$$o = \pi * d = \pi * 0,03 = 0,094 \text{ m} \quad (5.2)$$

$$v = 0,094 \text{ m/s} \quad (5.3)$$

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60} = 2 * \pi \quad (5.4)$$

$$P_M = M * \omega = 1,5 * 2 * \pi = \mathbf{9,42 \text{ W}} \quad (5.5)$$

Daná byla hustota $\rho = 0,4 \text{ t/m}^3$ a délku dopravníku $l=1,75\text{m}$. Nyní bylo potřeba určit podle normy hmotnosti, odpory a potřebný minimální výkon motoru.

$$Q = S * v * \rho \quad (5.6)$$

kde Q je skutečné dopravované množství materiálu [t/hod], S je teoretický průřez materiálu na pásu [m^2], v je rychlost pásu [m/s] a ρ je objemová sypná hmotnost materiálu [kg/m^3]. Pokud se určilo, že se chce dopravit 6kg/5minut pak tato hodnota odpovídá 0,072 t/hod. Rychlost jsme zaokrouhlili na 0,1m/s a objemová sypná hmotnost je dána tabulkou v normě. Pak tedy vychází z

$$S = \frac{Q}{3600 * v * \rho} = \frac{0,072}{3600 * 0,1 * 0,4} = 5 * 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (5.7)$$

Dále lze určit hmotnost dopravovaného materiálu na 1m délky pásu

$$m_1 = \frac{Q}{3600 * v} = \frac{0,072}{3600 * 0,1} = 2 * 10^{-4} \frac{\text{t}}{\text{m}} = 0,2 \text{ kg/m} \quad (5.8)$$

a dále hmotnost 1m pásu o šířce B [mm], která se navrhla jako 150mm

$$m_2 = \frac{B}{1000} * (k_1 * t_p + G_p) \quad (5.9)$$

kde k_1 je hmotnost 1m^2 krycí vrstvy o tloušťce 1mm, t_p je celková tloušťka krycích vrstev pásu [mm] a G_p je hmotnost nosné kostry bez krycích vrstev [kg/m^2]. Po dosazení hodnot určených z tabulek z normy vychází

$$m_2 = \frac{150}{1000} * (1 * 1 + 1,5) = 0,375 \text{ kg} \quad (5.10)$$

V normě pak následují výpočty pro větší rozměry dopravníků než v tomto případě, proto bylo nutné několik tabulkových hodnot odhadnout. Po takové úvaze pak vyšla tíhová síla od rotujících částí válečků horní větve

$$q_{rH} = \frac{G_{r11} * n_H}{t_H} \quad (5.11)$$

kde G_{r11} je tíhová síla od rotující části jednoho válečku, n_H je počet válečků v jedné stolici (v našem případě je to pouze 1) a t_H je rozteč horních válečků [m]. Tedy

$$q_{rH} = \frac{1,2 * 1}{0,1} = 12 \text{ kg/m} \quad (5.12)$$

Dále byl určen zátěžný odpor jako

$$O_{celk} = g * C * f * l * ((m_1 + 2 * m_2) * \cos \varepsilon + q_{rH}) \quad (5.13)$$

kde g je tíhové zrychlení, C je součinitel v závislosti na délce dopravníku, f je globální součinitel tření, l je délka dopravníku v metrech, m_1 a m_2 jsou výše vypočtené hmotnosti, ε je úhel sklonu dopravy (zde 0°) a q_{rH} je výše vypočtená tíhová síla. Po dosazení se tedy dostalo

$$O_{celk} = 9,81 * 3,5 * 0,02 * 1,75 * ((0,2 + 2 * 0,375) * 1 + 12) \quad (5.14)$$

Poté lze určit potřebný výkon na motoru, kde bereme účinnost $\eta = 0,85$

$$P = \frac{O_{celk} * v}{\eta} = \frac{15,56 * 0,1}{0,85} = \mathbf{1,83 \text{ W}} \quad (5.15)$$

Daný motor má 9,42 W a proto dostačuje s výraznou rezervou, nicméně je potřeba brát v úvahu, že některé hodnoty ve výpočtu byly odhadnuty a proto výsledek nemůže být stoprocentně vypovídající. Pro představu ale dostačuje.

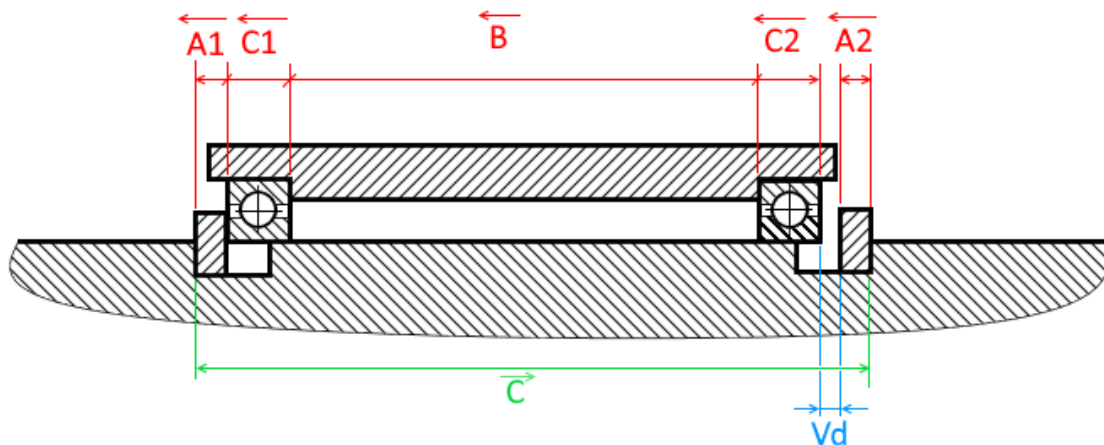
Tento konstrukční návrh ovšem počítá s možnou potřebou zvýšení výkonu a proto je možné v případě potřeby na jeden dopravník dát motory dva a tím zvýšit jeho únosnost či být více na straně bezpečnosti.

5.6 Výpočet rozměrových obvodů

Po koncepčním návrhu a návrhu celkových rozměrů (viz jednotlivé výkresy v příloze) bylo nutné vyřešit dva rozměrové obvody pro zajištění smontovatelnosti – na hřídeli u motoru, na které je řemenice a také mezi podpůrným válečkem a trubkou pod pás.

5.6.1 Rozměrový obvod – podpůrný váleček/trubka

Na obrázku 16 je schéma rozměrového obvodu, který byl potřeba řešit. Červeně jsou členy, které obvod zvětšují. Zeleně je člen zkracující a modře pak montážní vůle, která se zvolila a podle se ní poté určila tolerance daných rozměrů. Výrobní výkresy válečku a trubky jsou v příloze – výkres T-D-0003-0 a T-D-0004-0.



Obrázek 16: Schéma RO 1

Zvolilo se tedy, že vůle bude $V_d = 0,2 \div 0,8 \text{ mm}$, pak pro výpočet celkové hodnoty tolerance platí vztah

$$T_{V_d} = \sum A_i + B + \sum C_i + C = T_{A_1} + T_{A_2} + T_B + T_{C_1} + T_{C_2} + T_C \quad (5.16)$$

rozměry a tolerance ložisek a jisticích kroužků jsou v tabulkách [8] a v katalogu SKF:

pro ložisko o vnitřním průměru 8mm a šířce 6mm je rozměr $C_{1,2} = 6_{-0,12}^{+0} \text{ mm}$

pro pojistný kroužek na hřídel průměru 8mm je rozměr $A_{1,2} = 0,8_{-0,06}^{+0} \text{ mm}$

Pak lze dosadit do rovnice (5.16):

$$0,6 = 0,06 + 0,06 + T_B + 0,12 + 0,12 + T_C \quad (5.17)$$

Z této rovnice pak plyne, že

$$T_B + T_C = 0,24 \text{ mm} > 0 \rightarrow \text{realizovatelné} \quad (5.18)$$

Dále se hodnota $T_b + T_c$ rozdělí a zvolí se, že tolerance T_B bude $0,14\text{mm}$, takže celkový rozměr bude $B = 148^{+0,1}_{-0,04}\text{mm}$. Z této volby se dopočte rozměr uzavíracího členu rozměrového obvodu a zkontroluje se výsledná vůle. Platí, že

$$C_{MAX} = B_{MIN} + V_{dMAX} + A_{1MIN} + A_{2MIN} + C_{1MIN} + C_{2MIN} \quad (5.19)$$

$$C_{MAX} = 147,96 + 0,8 + 0,74 + 0,74 + 5,88 + 5,88 = \mathbf{162\text{ mm}} \quad (5.20)$$

$$C_{MIN} = B_{MAX} + V_{dMIN} + A_{1MAX} + A_{2MAX} + C_{1MAX} + C_{2MAX} \quad (5.21)$$

$$C_{MIN} = 148,1 + 0,2 + 0,8 + 0,8 + 6 + 6 = \mathbf{161,9\text{ mm}} \quad (5.22)$$

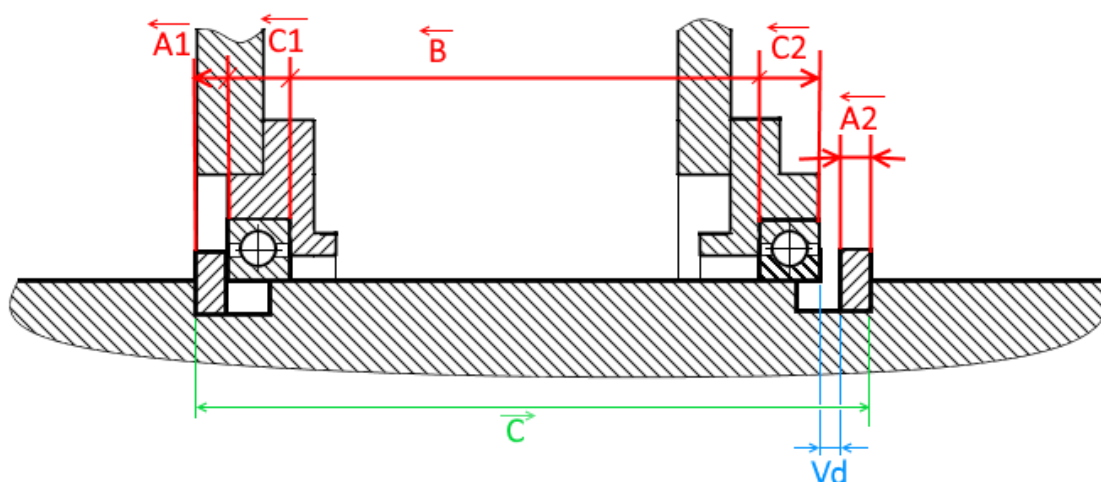
Výsledný rozměr uzavíracího členu $C = 162^{+0}_{-0,1}\text{mm}$. Nyní stačí ověřit platnost, že

$T_B + T_C = 0,24\text{ mm}$ a to splněno je.

Hodnoty rozměrů i s jejich tolerancemi se napíše k příslušným kótám ve výkresech a tím bude zajištěna budoucí smontovatelnosti těchto prvků.

5.6.2 Rozměrový obvod – hřídel u motoru

Na obrázku 17 je schéma rozměrového obvodu, který byl potřeba řešit v tomto případě. Jedná se o hřídel spojenou s motorem přes spojku. Na této hřídeli je řemenice, která pak pohání hnací válec (viz obr. 10). Rozměry ložisek a pojistných kroužků jsou shodné jako u podpůrných válečků. Výrobní výkres je v příloze – číslo výkresu T-D-0001-0.



Obrázek 17: Schéma RO 2

Obdobně jako v předchozím případě i zde byla zvolena vůle $V_d = 0,2 \div 0,8\text{ mm}$. Pokud se pak dosadí do vztahu (5.16), dostaneme se, že

$$T_B + T_C = 0,24 \text{ mm} > 0 \rightarrow \text{realizovatelné} \quad (5.23)$$

Aby se dalo určit výslednou hodnotu rozměru C , musí se zvolit hodnota tolerance rozměru $B = 55_{-0,1}^{+0}$. Tím lze dosadit do rovnic (5.19) a (5.21)

$$C_{MAX} = 54,9 + 0,8 + 0,74 + 0,74 + 5,88 + 5,88 = \mathbf{68,94 \text{ mm}} \quad (5.24)$$

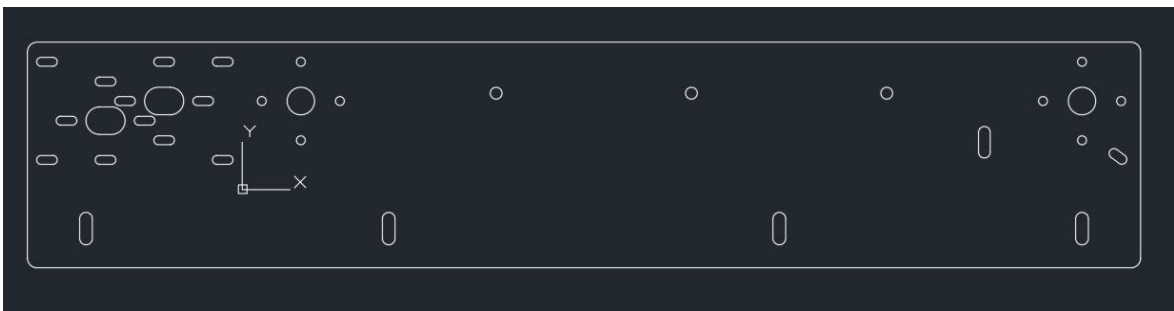
$$C_{MIN} = 55 + 0,2 + 0,8 + 0,8 + 6 + 6 = \mathbf{68,8 \text{ mm}} \quad (5.25)$$

Výsledný rozměr uzavíracího členu včetně tolerancí je tedy $C = \mathbf{68,8_{+0}^{+0,14} \text{ mm}}$.

Hodnoty rozměrů i s jejich tolerancemi se napíše k příslušným kótám ve výkresech a tím bude zajištěna budoucí smontovatelnosti těchto prvků.

5.7 Ostatní díly v sestavě

Po návrhu pohonných, podpůrných a napínacích tyček a trubek bylo ještě potřeba zajistit výrobu bočnic dopravníků. Bočnice se z 3D modelu převedli do formátu DXF, se kterým jsou schopny pracovat laserové stroje nebo řezačky. Tyto bočnice se nechali vyrobit ve firmě Farmet a.s. Česká skalice. Příklad výkresu ve formátu DXF je vidět na obrázku 18. Na tomto výkresu nejsou potřeba žádné kóty, jelikož software laseru potřebuje pouze hrany děr a krajů plechu. Na dalším obrázku je pak již hotový výpalek bočnice.



Obrázek 18: DXF výpalku bočnice



Obrázek 19: Výpalek bočnice

Pásy byly zvoleny z hladké, z materiálu PVC a tloušťky 1 mm. Bylo pouze potřeba napočítat jejich délky:

$$L_{celk} = 2 * a + \pi * d \quad (5.26)$$

kde a je rozteč mezi hnacím a vratným válcem a d je jejich průměr (ten je u všech dopravníků stejný a to $d=30\text{ mm}$). Po dosazení do rovnice (5.26) dostaneme rozměry pásů:

Tabulka 5: Délky pásů

délka dopravníku a	délka pásu L_{celk}
400 mm	895 mm
750 mm	1595 mm
1100 mm	2295 mm
1450 mm	2995 mm
1750 mm	3595 mm

6 Zásobníky na směs

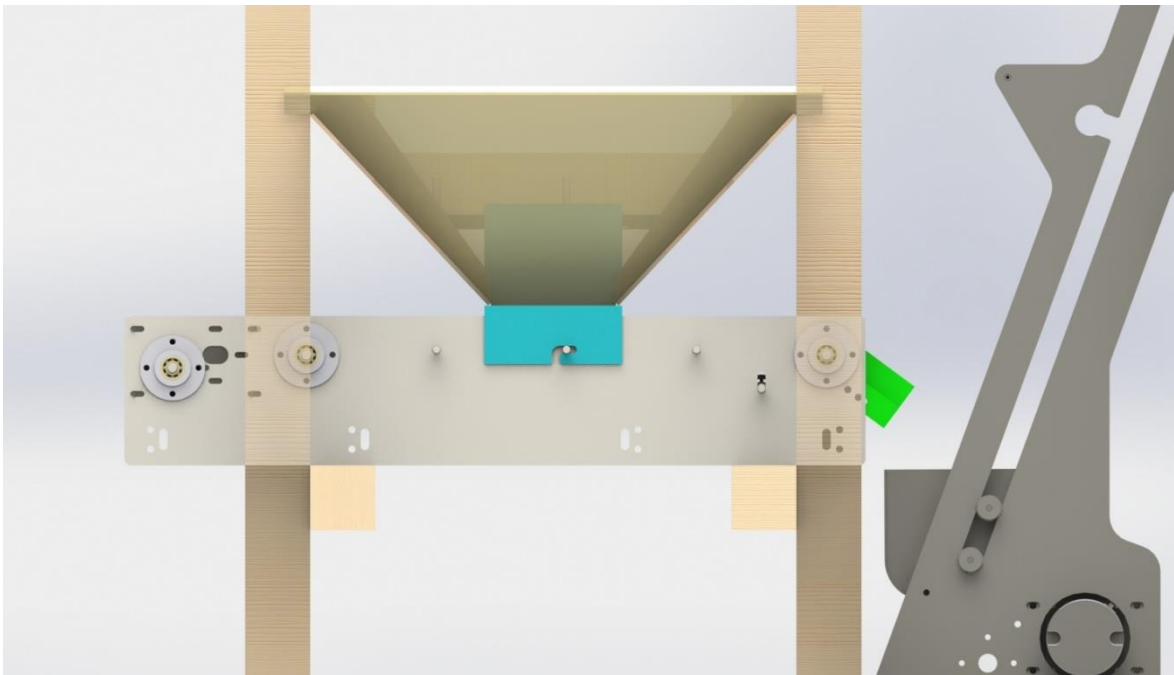
Když je směs jader a slupek vytřízena podle velikosti na vibrační třídícíce, putuje do prvních zásobníků, odkud je pak přes korečkové elevátory přesunuta do zásobníků druhých a také objemnějších. První zásobníky slouží spolu s dopravníky pod nimi jako jakýsi dávkovací mechanismus (viz kapitola 5.2). Ve druhých zásobnících, umístěných výše, pak směsi „čekají“, než bude možno danou část (jednu ze čtyř frakcí) umístit do aspirační skříně. Pod těmito zásobníky je dopravník, který vede právě do aspirační skříně.

6.2 Spodní zásobníky

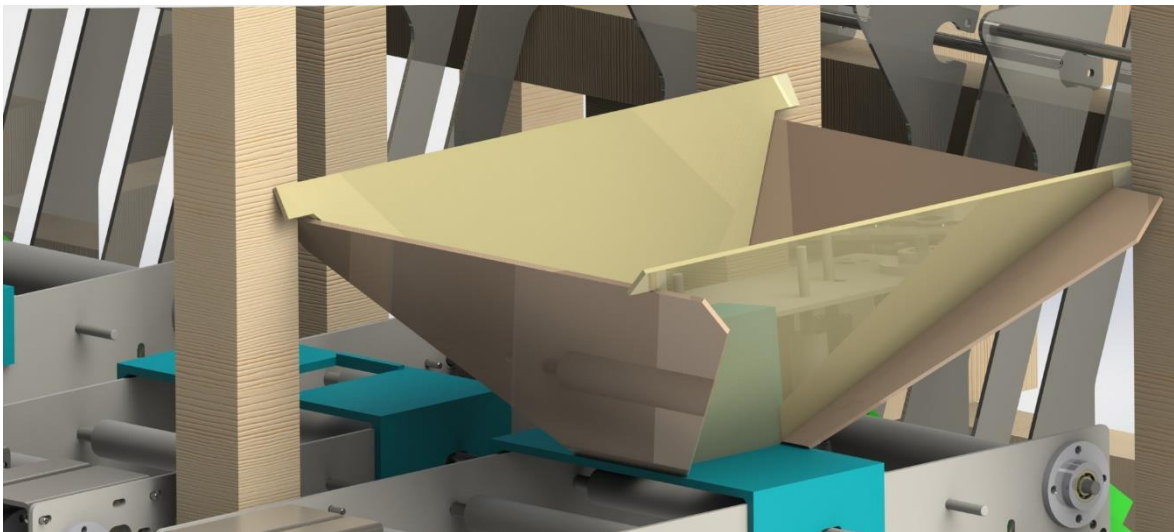
Jak bylo naznačeno výše, tyto zásobníky slouží jako přechod z dopravníků vedoucích od vibrační třídícíky do korečkových elevátorů. Jejich objem nemusí být tak velký, jako objem vrchních zásobníků, jelikož zde bude vždy pouze část směsi. Když se zásobník naplní, spustí se dopravník pod ním a tím dojde k vyprázdnění zásobníku do korečku. Po naplnění korečku se dopravník zastaví a tím opět začne proces plnění zásobníku. Mezitím koreček jede vzhůru a vysype svůj obsah do vrchního zásobníku. Tento děj se opakuje, dokud není všechna směs z vibrační třídícíky přesunuta do vrchního zásobníku.

Konstrukčně se do budoucna počítá se zásobníky, které budou z plechů a svařeny do požadovaného tvaru. Nicméně nyní z důvodu omezeného rozpočtu a zejména času na výrobu bylo přistoupeno k provizornímu řešení. To spočívá v sestavení těchto zásobníků ze sololitových desek (obrázek 20 a 21). Desky se nakoupili, naměřili a poté se zhotovily DXF výkresy (viz obr. 27) podle kterých se pak nechali tyto desky nařezat na laseru. Po nařezání je pak možné tyto zásobníky sestavit. Spojení částí desek bude pomocí lepidla určeného k lepení takovýchto dřevěných desek.

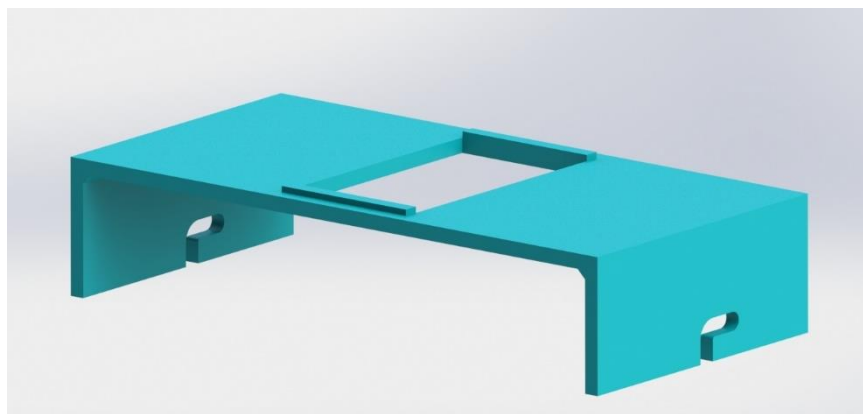
Návrh celkové sestavy počítá s tím, že dolní zásobníky budou umístěny na dopravnících vedoucích pod nimi. Člen, díky kterému je tohoto možné dosáhnout je vidět na obrázcích 20-22 (modře) – tento díl bude tisknut na 3D tiskárně.



Obrázek 20: Spodní zásobníky ze sololitových desek



Obrázek 21: Spodní zásobník



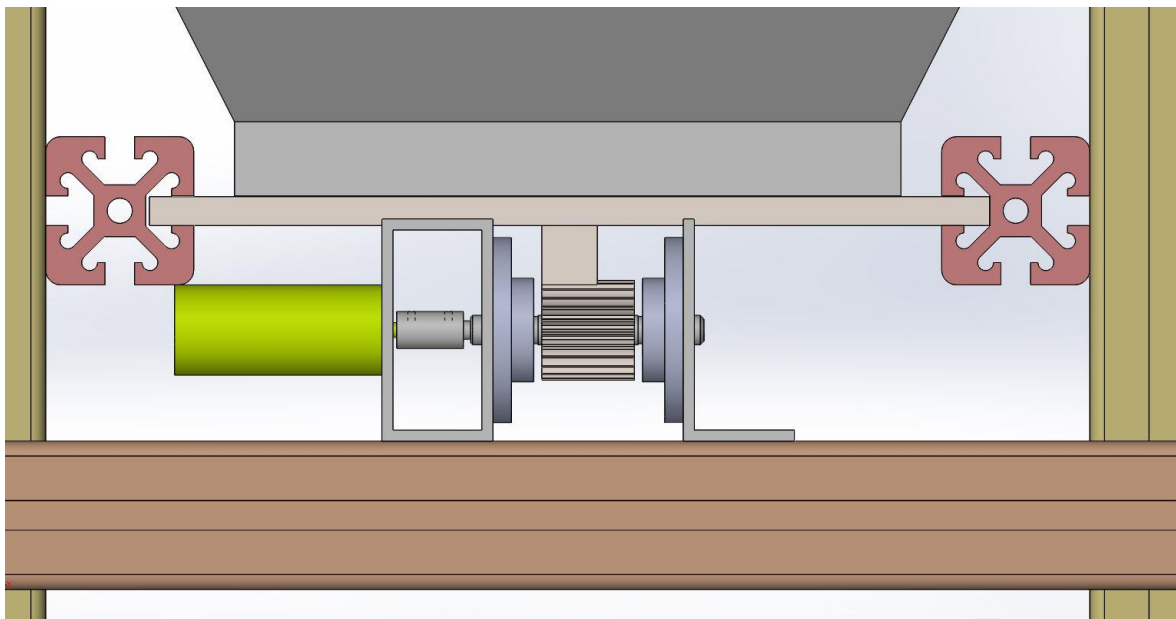
Obrázek 22: Držák spodních zásobníků

6.3 Vrchní zásobníky

Jak je uvedeno výše, vrchní zásobníky slouží k uchování většího objemu směsi. Ta zde zůstává do okamžiku, než je možné danou velikostní frakci přesunout do aspirační skříně, kde se oddělí slupky od jader. Jejich objem musí být roven zhruba čtvrtině vstupního objemu do procesu třídění. Zásobníky bude možné automaticky otevírat a zavírat na spodním výstupu. To znamenalo návrh mechanismu, který by to umožnil.

6.3.1 Zavírací mechanismus

Cílem bylo navrhnout co možná nejjednodušší mechanismus, který by byl spolehlivý a relativně rychlý a levný. Proto se zvolilo řešení zahrnující elektromotor, který přes ozubené kolo a hřeben posouvá s horizontálními dvířky pod zásobníkem (obr. 23). Motor je totožný s motory použitých na dopravnících – výkon cca 9,5 W, moment 1500 Nmm.



Obrázek 23: Pohonný mechanismus dvířek

Dvířka, která budou z vypáleného plechu, jsou vedena v drážkách profilů hliníkové stavebnice. Tyto profily jsou pak připevněny k celkovému rámu sestavy. Motor spolu se spojkou a ozubeným kolem jsou připevněny na další profil, se kterým je možné výškově i bočně manipulovat a tím zajistit správnou polohu vůči ozubenému hřebenu. Výrobní výkresy hřídele, obdélníkového profilu a L profilu jsou v příloze pod čísly T-Z-0001-0, T-Z-0002-0 a T-Z-0003-0. Spojka je, která je použita i u dopravníků a jejich pohonů, má číslo výkresu T-D-0008-0.

6.3.2 Výpočet únosnosti motoru

Z důvodu nákupu motorů pro dopravníky i zásobníky najednou, bylo nutné ověřit dostatečnost pro použití pro pohon dvířek. Nejprve bylo potřeba určit objem zásobníku:

$$S = a * b = 324 * 254 = 82\,296 \text{ mm}^2 \quad (6.1)$$

$$V = S * h = S * 400 = 32\,918\,400 \text{ mm}^3 = 0,0329 \text{ m}^3 \quad (6.2)$$

kde a a b jsou délky stran průřezu zásobníku, h je výška zásobníku.

Poté je nutné zjistit hustotu slunečnicových semínek ρ_{slun} , aby se mohla určit hmotnost plného zásobníku. Tato hustota se podle různých zdrojů liší, a proto se bude brát přibližná hodnota o něco vyšší než je průměr v literaturách. Tím se výpočet přikloní na stranu bezpečnosti.

$$\rho_{slun} \sim 200 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \rho_{slun} * V = 0,0329 * 200 = 6,58 \text{ kg} \quad (6.3)$$

pak se přepočte tato hmotnost na normálnou sílu a přes součinitel tření mezi ocelí a hliníkem se získá síla třecí. Součinitel tření se bere jako 0,5, jelikož v různých zdrojích uvádí různé hodnoty – od 0,15 až do 0,65.

$$F_N = m * g = 6,58 * 9,81 = 64,55 \text{ N} \quad (6.4)$$

$$F_T = F_N * \mu = 64,55 * 0,5 = 32,23 \text{ N} \quad (6.5)$$

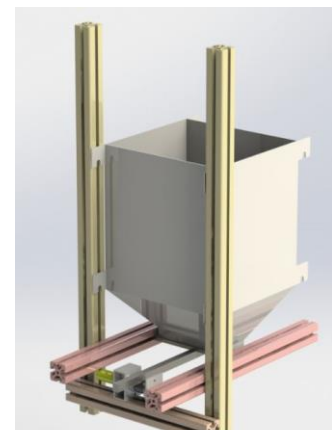
Dále pokud je dáno, že průměr ozubeného kola je 20 mm, lze určit, jaký moment se přenáší na hřídel motoru.

$$M_{hřidel} = F_T * r_{ok} = 32,23 * 0,01 = 0,3223 \text{ Nm} = \mathbf{322,3 \text{ Nmm}} \quad (6.6)$$

Potřebný moment na motoru je tedy 322,3 Nmm. Daný motor má podle výrobce 1500 Nmm, tím pádem motor dostačuje se značnou rezervou.

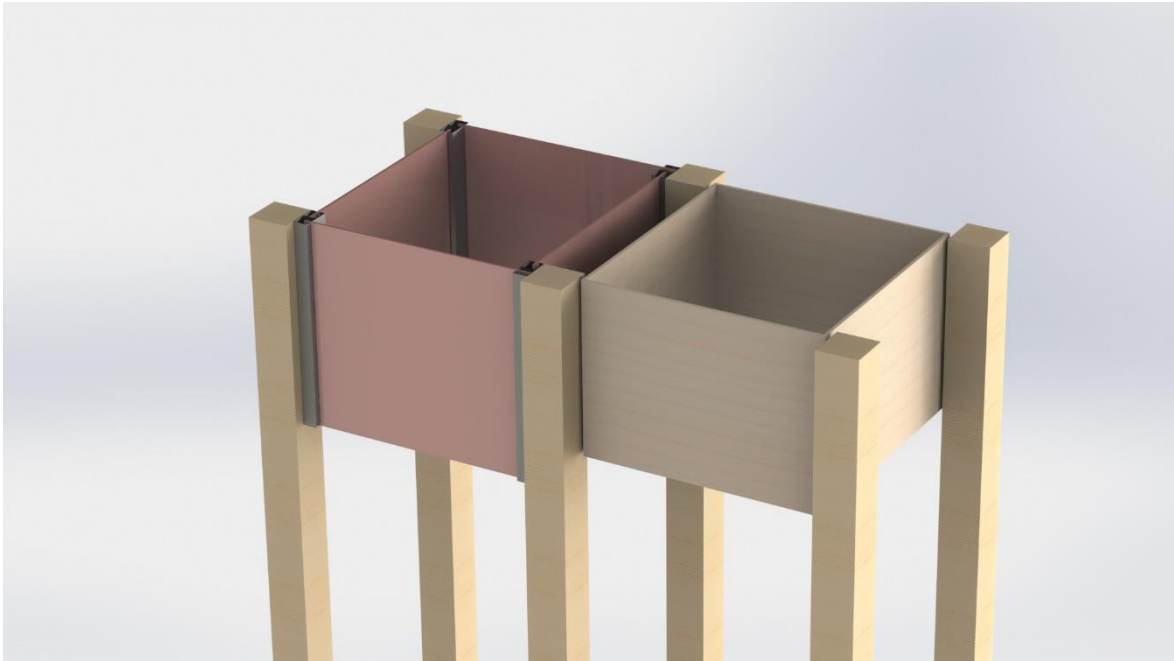
6.3.3 Konstrukce zásobníků

Návrh do budoucna počítá s plechovými svařenci, které budou uchyceny na rámu (obr. 24). Nicméně nyní bylo potřeba navrhnout provizorní řešení, které bude levné a rychlé na výrobu. Na obrázku 25 jsou vidět dvě varianty – růžové desky vlevo jsou z plastu, a jsou zasazeny do hliníkových profilů a těsnění. Desky vedle jsou z borovicového dřeva a spojeny hřebíky. Tato řešení byla sice relativně levná, ale u plastových desek by byl problém s řezáním polotovarů a u dřevěných desek se nevěřilo spojení hřebíky.

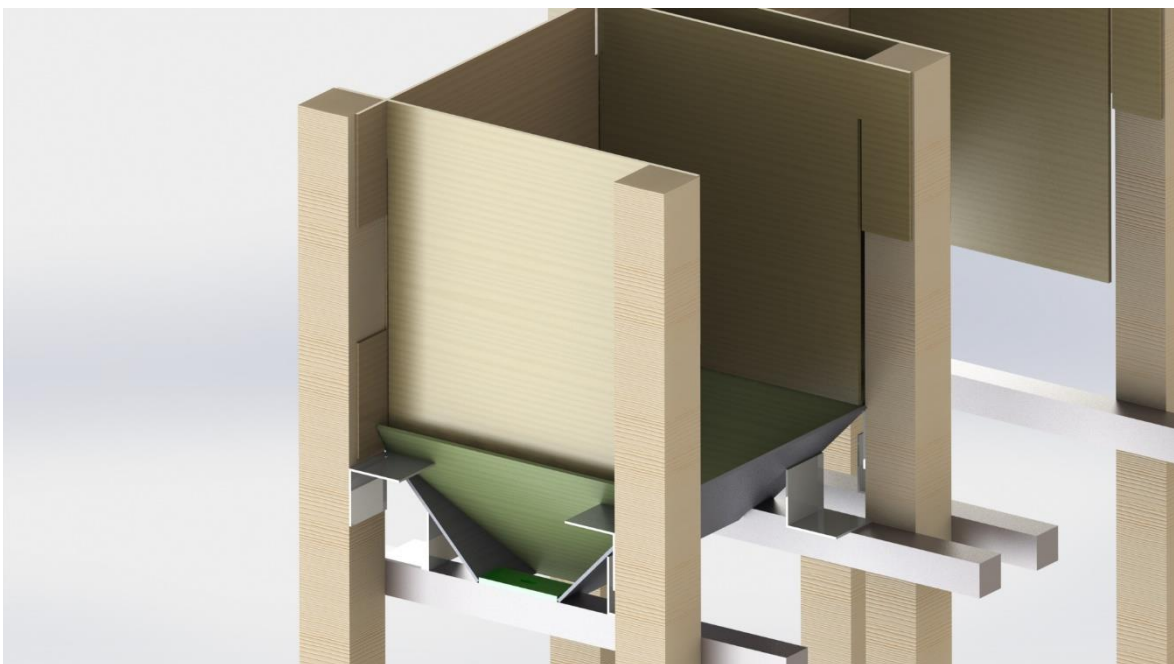


Obrázek 24:
Plechové zásobníky

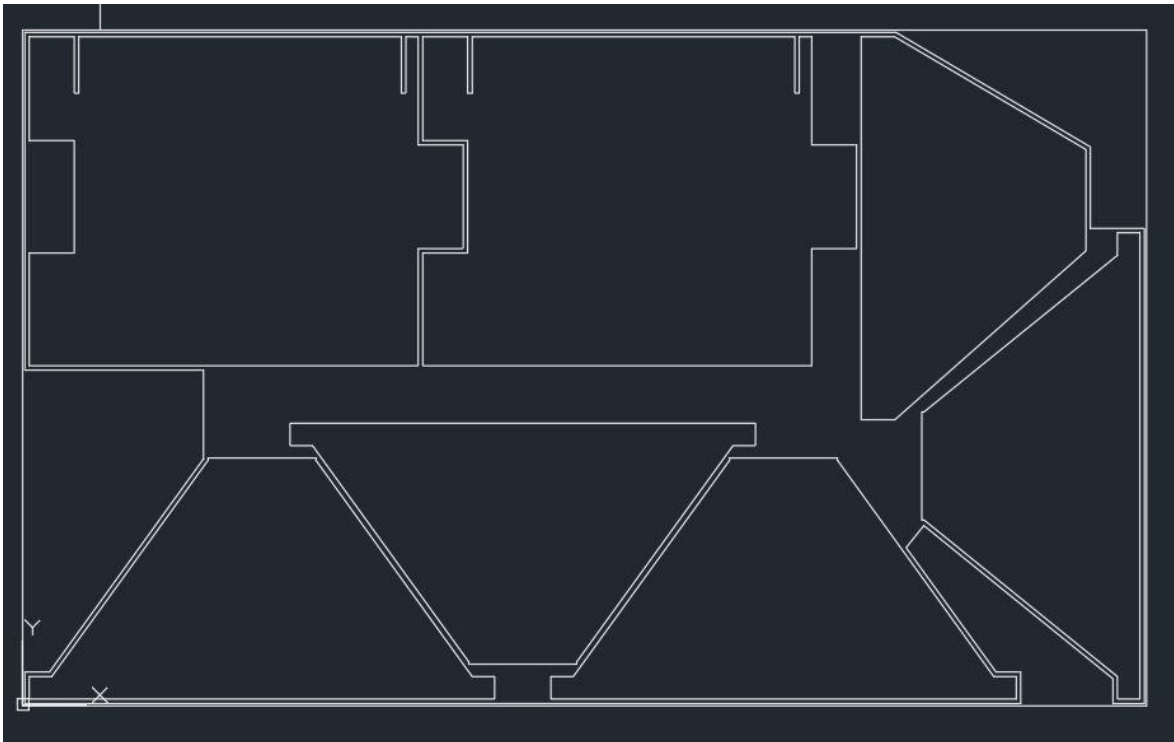
Proto se přistoupilo na další řešení, které spočívá ve využití sololitových desek jako v případě spodních zásobníků. Tím se ušetří čas i náklady spojené s pálením těchto desek na požadované tvary. Výpalky stěn budou přichyceny k rámu přes šrouby a tím se zajistí možnost pozdějšího rozebrání. K sobě budou stěny přilepeny a zároveň v sobě budou zaklesnuté přes vypálené zámky (viz obr. 26). Příklad výpalku dolních i vrchních zásobníků ve formátu DXF je k vidění na obrázku 27. Celková sestava vrchních zásobníků, kde jsou vyobrazeny plechové zásobníky, je na obrázku 28. Zde je také vidět nejdelší dopravník umístěný pod zásobníky a vedoucí k aspirační skříni.



Obrázek 25: Zavrhnuté varianty



Obrázek 26: Sololitové desky (zámky jsou vidět v pravé části desek)



Obrázek 27: DXF soubor výpalků desek



Obrázek 28: Celková sestava vrchních zásobníků

V současné době probíhá výroba plechových zásobníků ve firmě Farmet a.s. Česká skalice. Do doby jejich dodání jsou v rámu nainstalovány zásobníky z desek – viz obrázek 29.



Obrázek 29: Zásobník

7 Aspirační skříň

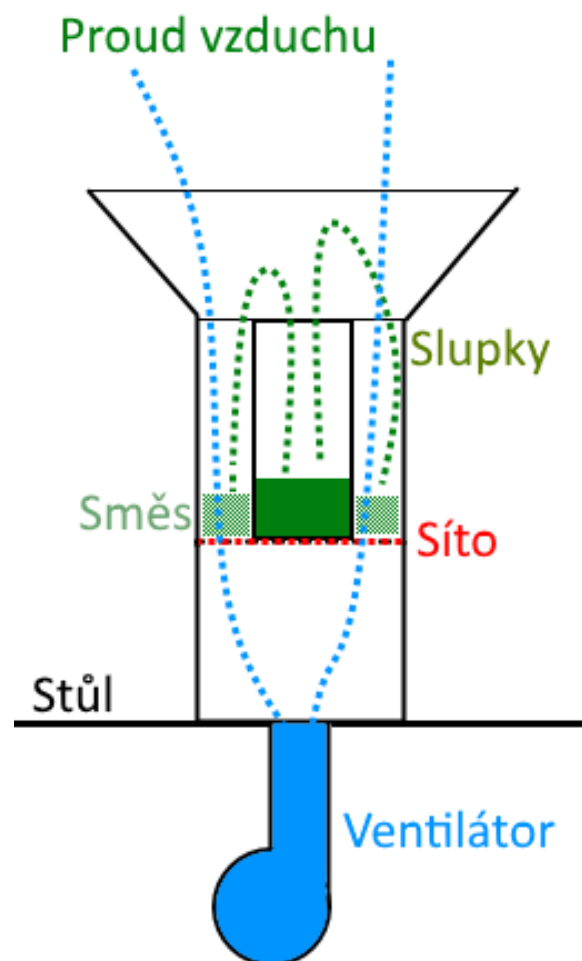
Aspirační skříň (AS) je zařízení na oddělování slupek od jader na základě rozdílu jejich hmotností v proudu vzduchu. Lehké slupky vyletí a jsou odebrány a těžší jádra propadnou skříni. Tím je docíleno vytřízení slupek od jader.

7.2 Současné řešení

Na Ústavu konstruování a částí strojů Ú12113 FS ČVUT byla doposud aspirační skříň, kam se umísťovala směs slupek a jader manuálně a bylo potřeba vždy skříň zastavit a částečně rozebrat, aby se mohli obě vytřízené složky ze skříně vyndat. Tato skříň je na obrázku 30. Schéma zobrazující skříň v řezu je na vedlejším obrázku. Vzduch vstupoval spodem od ventilátoru a proudil pod síto, na kterém byla umístěna směs. Slupky vylétly vzhůru a díky rozšířené části vnějšího válce měli tendenci padat doprostřed do vnitřního válce. Odtud byly pak vyndány ručně, stejně jako jádra, která zůstala na sítu.



Obrázek 30: Současná AS

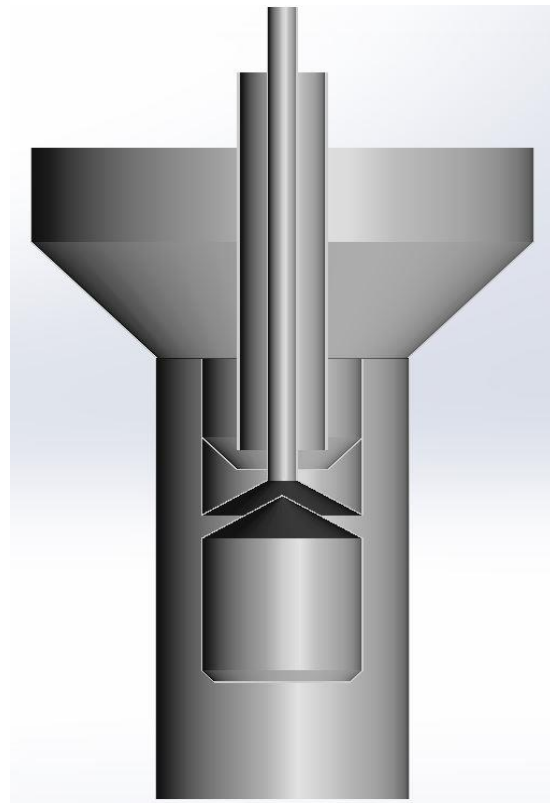


Obrázek 31: Současná AS v řezu

7.3 Nové řešení

Podobu nového řešení určila zejména podmínka automatického chodu. Bylo potřeba směs semen automaticky přivést do aspirační skříně a po skončení procesu i odvést obě složky směsi ze skříně pryč. Prvotní návrh je vidět na obrázku 32, kde by prostřední tenkou trubkou padala shora směs přicházející ze zásobníků, dopadla by na kuželovou plochu a rovnoměrně by padala do proudu vzduchu ve vnějším válci. Jádra by spadla dolů a lehčí slupky by vylétly do vrchního válce, odkud by tlustší trubkou byly odsávány pryč ze skříně.

Tento koncept se teoreticky zdál být funkční, a proto bylo přistoupeno k dalším krokům návrhu a to řešení vstupu vzduchu z kompresoru.



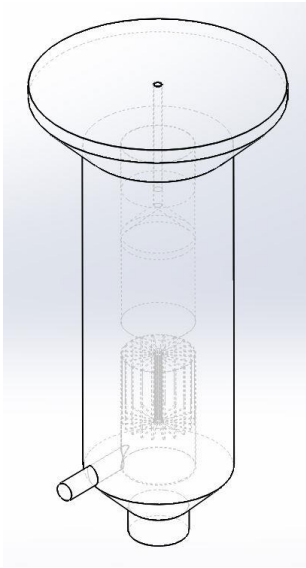
Obrázek 32: Nový koncept AS

7.4 Prvotní simulace

Na staré verzi aspirační skříně byl přívod vzduchu umístěn přímo pod skříní (viz obr. 31). Toto umístění ale zabírá mnoho místa pod samotnou skříní a proto se přišlo s návrhem umístit ventilátor, potažmo vstup vzduchu z boku aspirační skříně (obr. 33). Tím by se ušetřilo mnoho místa v zástavbovém prostoru.

Pro lepší představu o chování vzduchu ve skříní bylo potřeba nasimulovat různá řešení vstupu vzduchu. To znamenalo vymodelovat všechny varianty, které bylo potřeba nasimulovat, a poté jim v programu Fluent AnSYS nastavit potřebné okrajové podmínky a spustit výpočty metodou konečných prvků. Varianty, které byly potřeba simulovat, jsou na obrázcích 34 a 35. Varianty se liší ve vstupu vzduchu buď na vnější nebo vnitřní válec anebo v orientaci vůči skříní (spodní/boční). Zeleně jsou vyznačena místa, kde se hromadí jádra, červeně je vstup vzduchu. Modely skříní byly zhotoveny ve 3D v programu SolidWorks. Nicméně aby se mohlo simulovat proudění ve skříní, bylo nutné tuto skříně vymodelovat „inverzně“, tzn. namísto modelování stěn, bylo potřeba vymodelovat celý prostor, kudy vzduch proudí. Příklad takového modelu je na obrázku 33.

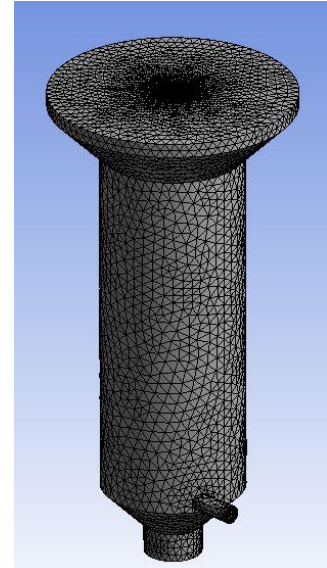
Pokud by se vzduch přiváděl přímo zespoda, nebylo by nutné mít simulaci jako 3D úlohu. Nicméně jak bylo naznačeno výše, návrhy počítaly i se vstupem z boku a to znamená prostorové proudění, na které by 2D simulace nestačila.



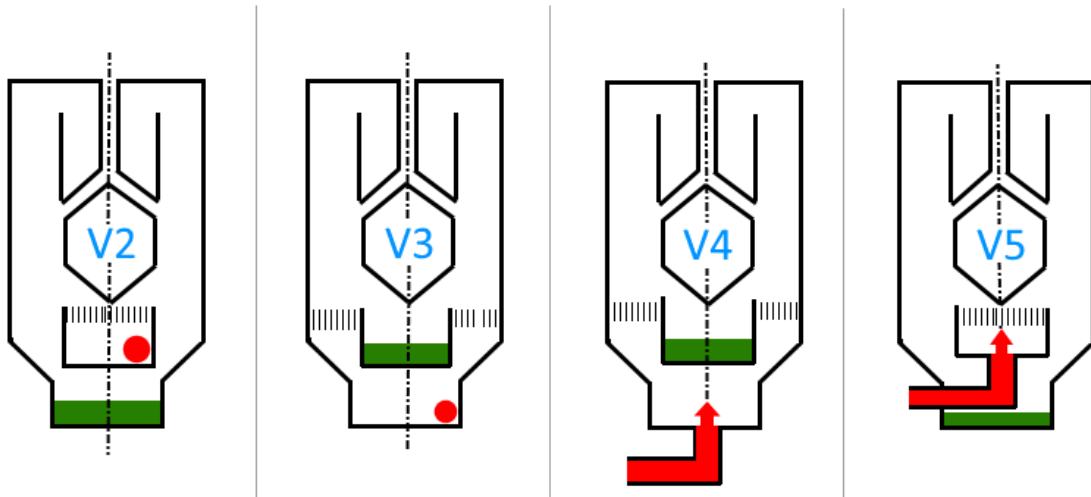
Obrázek 33: Boční vstup



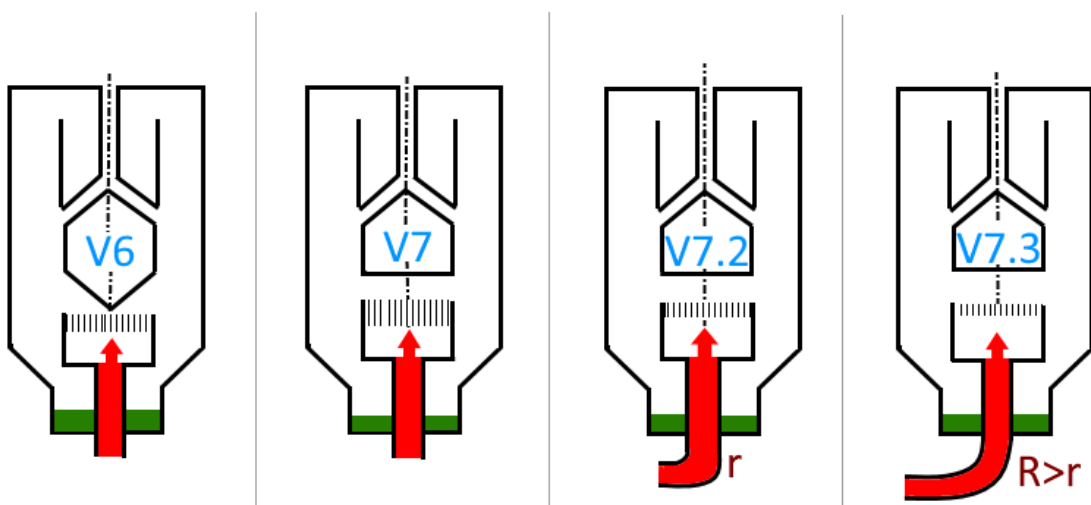
Inverzní model



Rozmешovaný model (AnSYS)



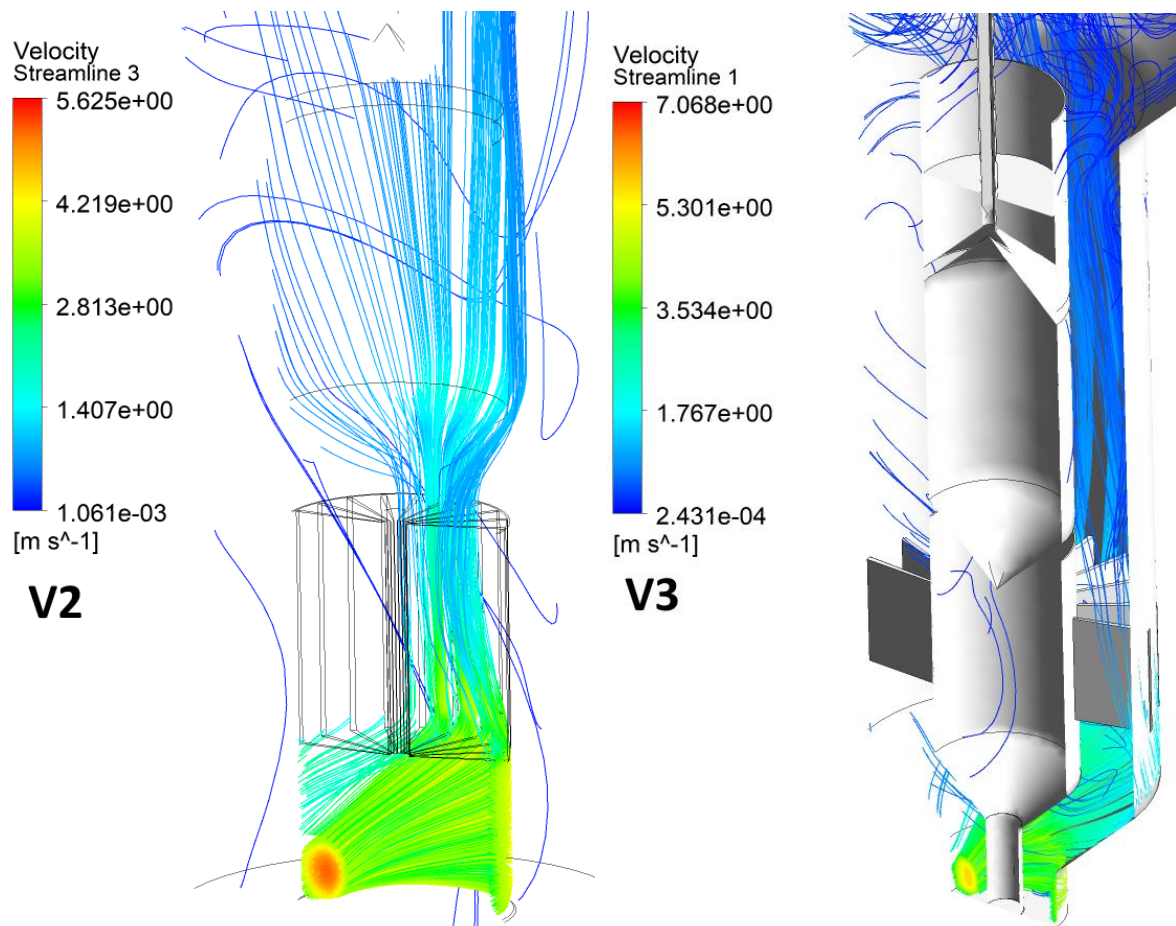
Obrázek 34: Schéma simulací V2-V5



Obrázek 35: Schéma simulací V6-V7.3

Proces nastavení softwaru Fluent bylo takové, že se začalo s nahráním modelu a určením toho, co jsou stěny a co jsou vstupy nebo výstupy vzduchu. Dále se nastavila výpočtová mřížka (mesh). Na obrázku 33 je vidět rozmřížkovaný (rozmeshovaný) model. Dále se nastavily parametry proudícího média – vzduchu. Vstupní rychlost byla vždy 5 m/s, hodnoty hustoty a teploty zůstaly podle výběru programu. Dále už se jen spustil výpočet, který byl zvolen na 1000 iteračních kroků. Tento postup bylo potřeba opakovat pro každou variantu modelu.

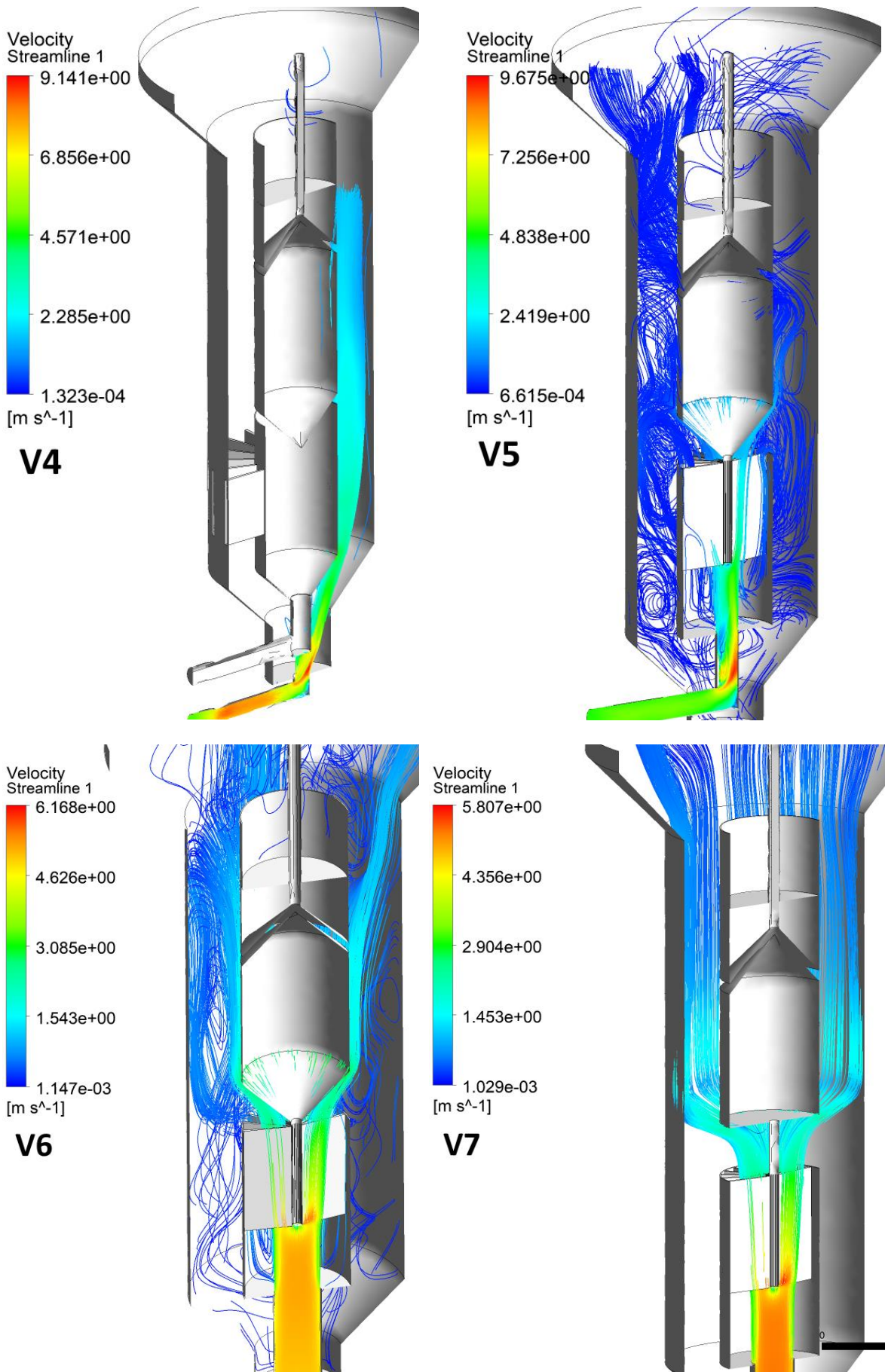
Výsledky těchto simulací jsou na následujících obrázcích – vždy jsou vidět proudnice a jejich barva závisí na rychlosti v daném místě. Vstupní rychlost byla 5 m/s.



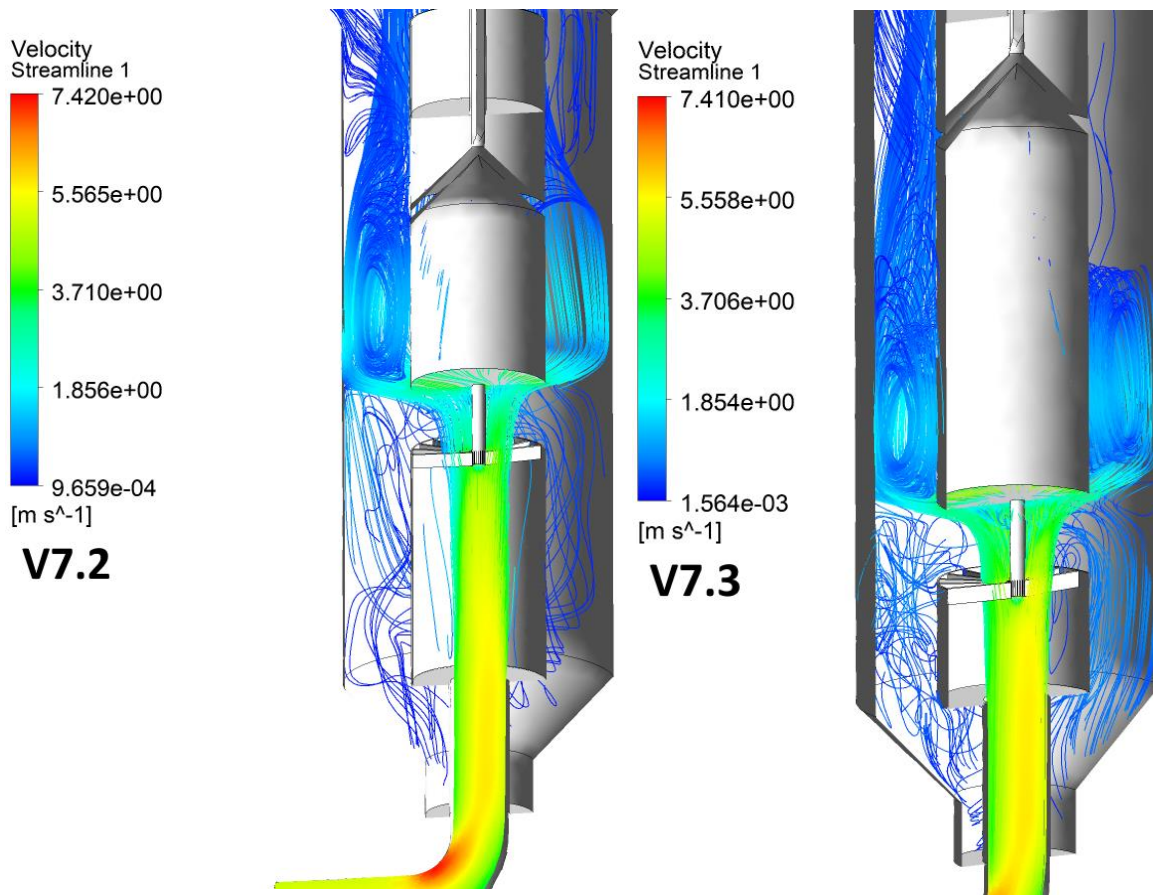
Obrázek 36: Výsledky V2 V3

Na obrázku pro verzi 2 je vidět, jak lamely, které byly v modelu pro usměrnění vzduchu plní svou funkci, nicméně zde vzduch razantně zpomalí. Tento výsledek potvrdil i experiment. To je vidět i u verze č. 3. Tyto lamely byly dále předmětem dalších úprav a to proto, aby se rychlost vzduchu prostupem aspirační skříně co nejméně snižovala.

U verze 4 je patrný problém s rovnoměrností proudění. Vzduch má tendenci jít na protější stranu od vstupu a proudit pouze v úzké části skříně – tím by byla aspirace nefunkční. Verze 5 pak ukazuje, že po přechodu vstupním kolenem se vzduch na lamelách velmi zpomalí a rychlost je zde skoro nulová (6,6e-04 m/s). Proto byly v dalších verzích lamely zavrhnuty – proud vzduchu sice usměrní, nicméně je zde velká rychlostní ztráta.



Obrázek 37: Výsledky V4-V7



Obrázek 38: Výsledky V7.2 V7.3

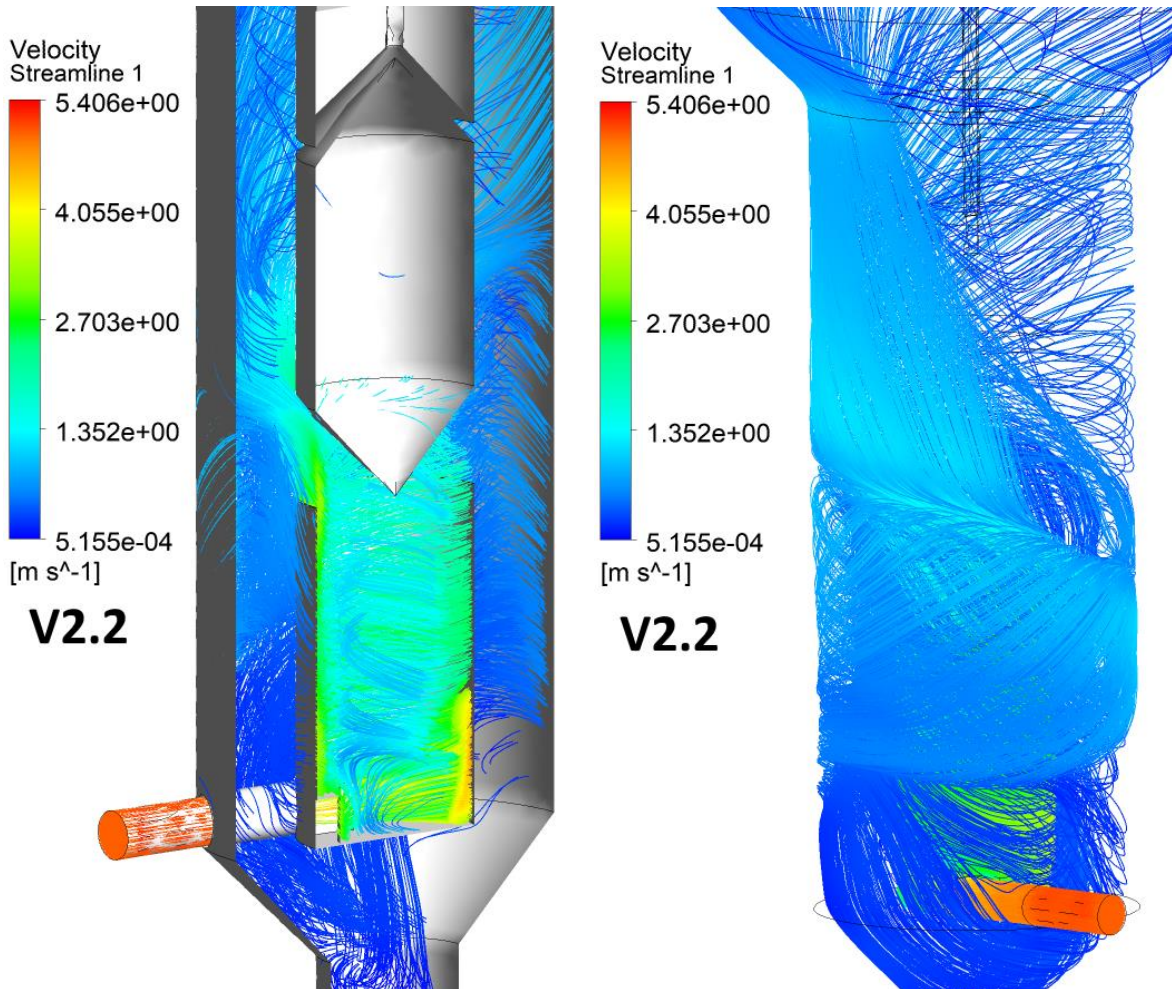
U verze 6 je pokles rychlosti nižší, ale pořád je rychlost v aspirační části o zhruba 80% nižší než na vstupu (1,5 m/s oproti 5m/s). Je také patrná jistá nesymetričnost proudění, což se neočekávalo vzhledem k tomu, že model pro verzi 6 je rotačně symetrický. Verze 7 je oproti verzi 6 odlišná v úhlu náběžného kuželu – zde je plocha kolmo k proudu vzduchu. A je vidět, že tím se proud relativně ustálil a je bez větších turbulencí, čehož se chce dosáhnout.

Verze 7.2 a 7.3 jsou pouze lehce pozměněné oproti verzi 7. Nejprve se zkusily zkrátit lamely a zahnout vstupní trubku, což ale zapříčinilo vznik následných turbulencí. Dále se zkusila zkrátit vstupní část, zkrátit lamely a prodloužit část, kde se aspiruje. Vstupní trubka se zkusila nechat ohnutá, ale s větším poloměrem. Nicméně turbulence se vyskytly i zde a to víceméně shodně s předešlou verzí.

7.5 Druhotné simulace

Díky poznatkům z těchto simulací byly modely adekvátně upraveny a zkusily se simulace spustit znovu. Nové simulace byly pouze u verzí V2, V3, V4 a V6.

Pro verzi V2.2 byly odstraněny usměřňující lamely a přidán deflektor na spodku vstupního válce. To z důvodu toho, aby vzduch, který již vstoupil do válce, neovlivňoval právě vstupující vzduch ze vstupní trubky. Výsledky této simulace jsou na obrázku 39.

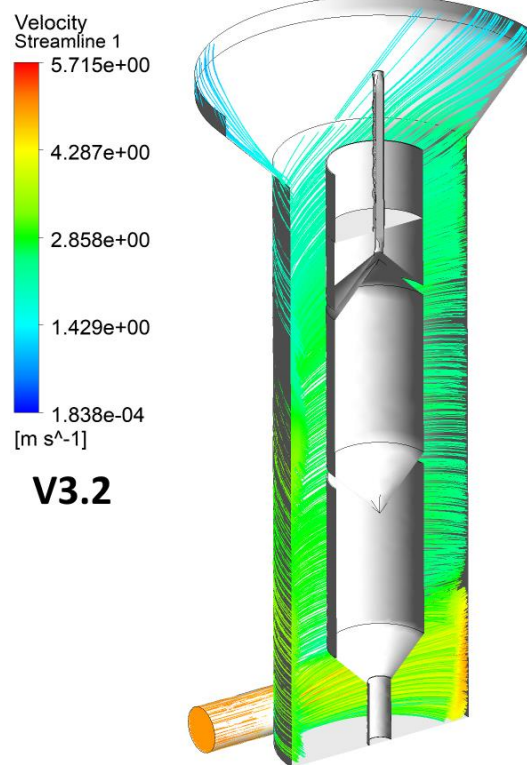


Obrázek 39: Výsledky V2.2

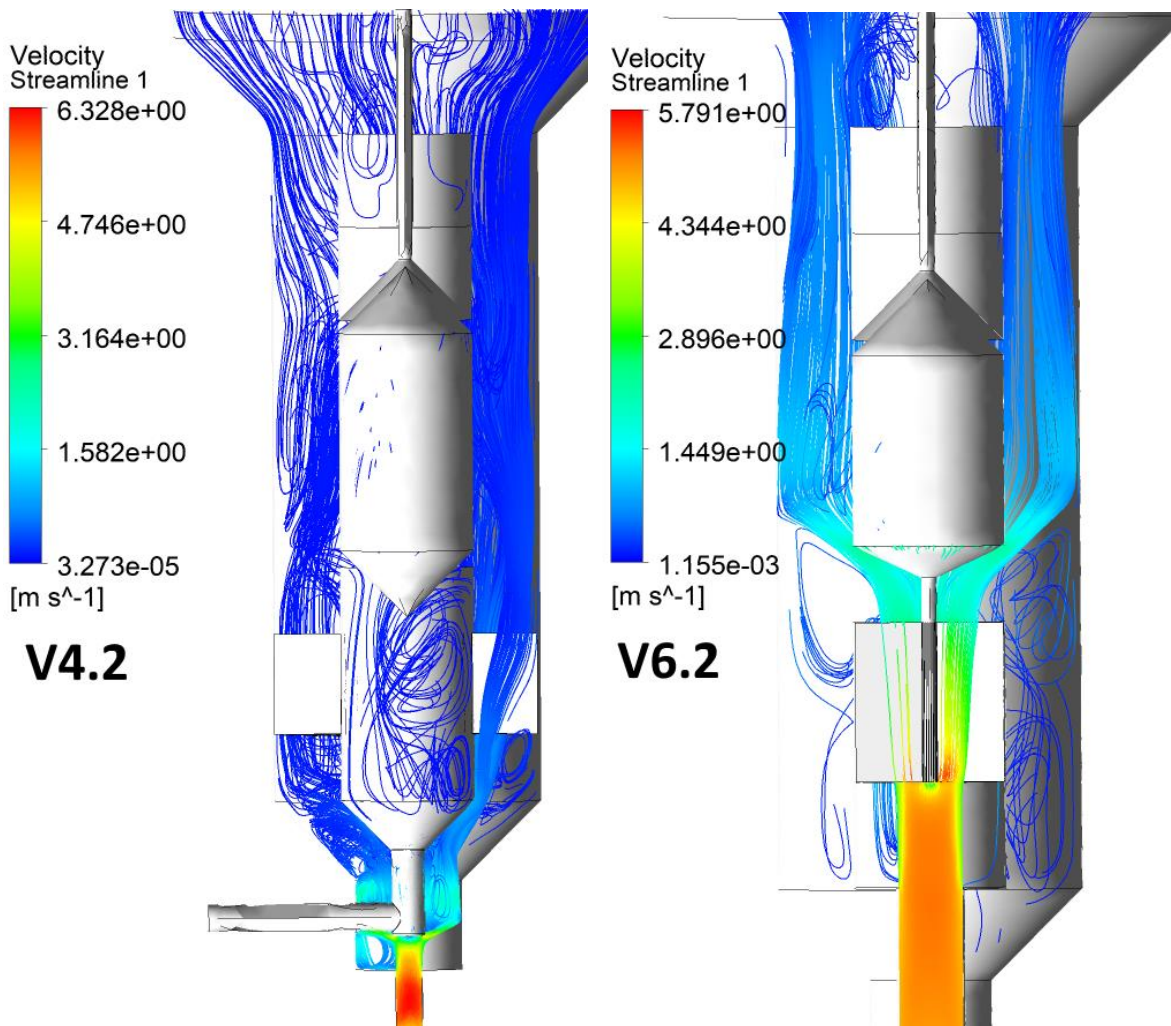
Proudění ve vnitřním válci je sice nyní rovnoměrnější, ale za to proudění ve válci vnějším je poněkud chaotické a je vidět i jakási linie, odkud jde polovina proudění vzduchu nahoru a polovina se stočí po stěně dolů, kde má již skoro nulovou rychlost.

U nové třetí verze V3.2 se oproti V3 rozšířila spodní část a nyní má celá shodný průměr. Tím se docílilo ustáleného proudění na stěně vnějšího válce – viz obrázek 40. Tyto výsledky byly zatím nejvíce uspokojivé.

Ve verzi V4.2 se změnila orientace vstupní trubky, která je nyní přímo zespodu skříně. Tím se využil již celý prostor skříně, nicméně kvůli trubce na odvod jader se vzduch velmi zpomalil a tím se by aspirace nemohla probíhat. Výsledek simulace je na obrázku 41.



Obrázek 40: Výsledky V3.2



Obrázek 41: Výsledky V4.2 a V6.2

Poslední změny doznala verze 6 a to takové, že se změnil úhel náběžného kuželu ze 45° na 30°. Díky této změně se proud vzduchu znatelně uklidnil a rychlost se zdá být také trochu vyšší než v případě předchozí verze. Po této simulaci, kdy byl pouze změněn náběžný úhel, se práce zaměřila právě na určení vlivu tohoto parametru.

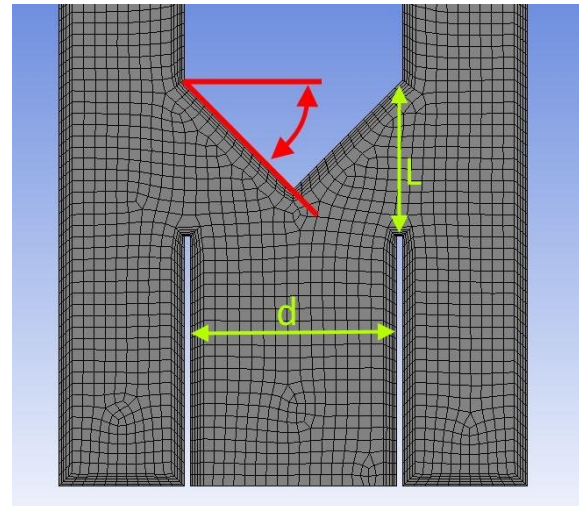
7.6 Náběžný úhel

Protože změna úhlu (červeně na obr. 42) měla v simulaci značný vliv na proudění vzduchu ve skříni, přistoupilo se k dalším simulacím, které prověří různé úhly. Tyto simulace byly znovu provedeny v softwaru Fluent ANSYS, nyní již ale pouze ve formě 2D. Tím se značně zkrátila doba výpočtů. Modely byly zhotoveny v programu SolidWorks jako 2D plochy a následně importovány do Fluentu. Nastavení bylo víceméně shodné s předchozím nastavením u 3D verzí. Zde se pouze nastavilo zhuštění vrstev mřížky u stěn – na 5x vyšší hustotu než v prostoru mezi stěnami (obrázek 42). Vstupní rychlost zůstala 5 m/s, počet výpočetních iterací zůstal na hodnotě 1000.

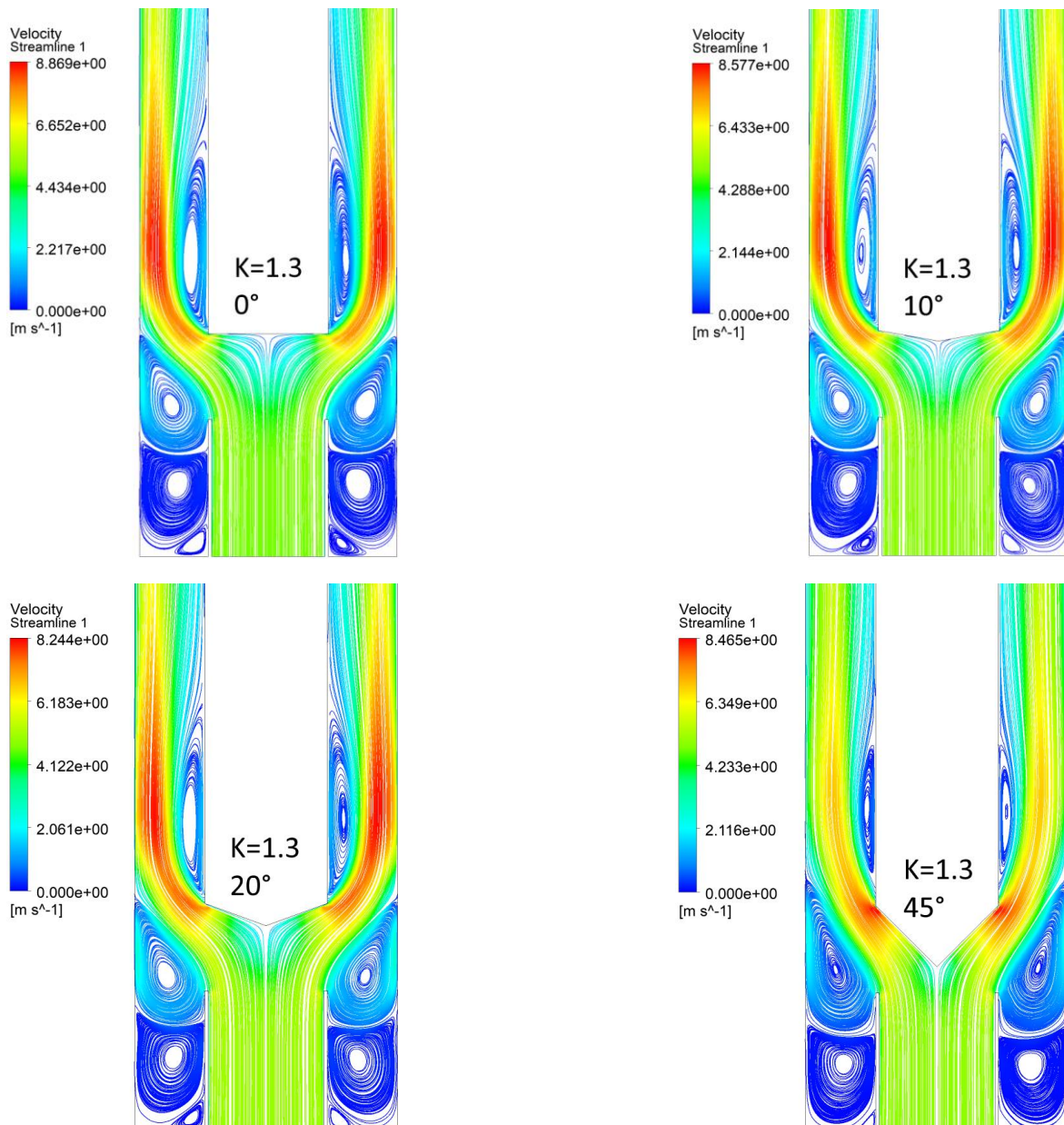
Simulovaly se tyto úhly: 0°, 10°, 20°, 30° a 45°. Dále se zavedl parametr K , který vyjadřuje poměr mezi průměrem vstupního válce a mezerou, kudy proud vzduchu vstupuje do vnějšího válce (viz obr. 42).

$$K = \frac{d}{L}$$

Pro určení vlivu tohoto parametru se udělaly další dvě simulace a to pouze pro úhel 30°. První série simulací měla parametr $K=1.3$, druhá verze úhlu 30° pak měla $K=2$ a poslední $K=3$. Výsledky jsou na následujících obrázcích.

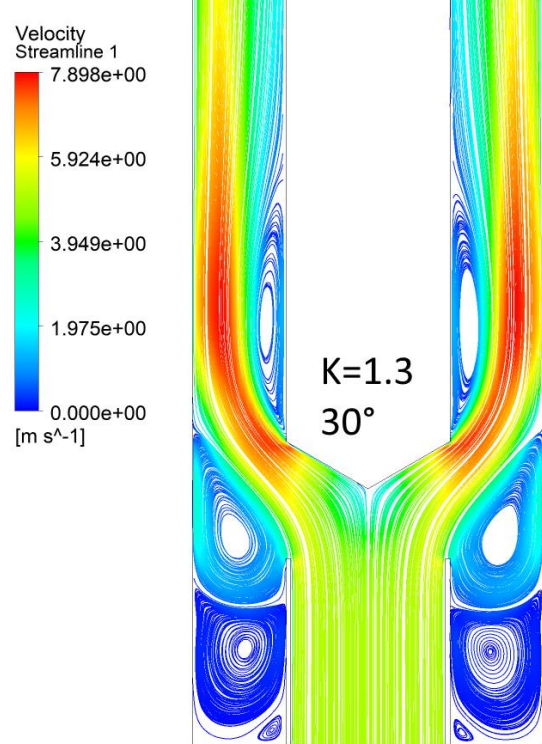


Obrázek 42: Síť 2D modelů a náběžný úhel



Obrázek 43: Výsledky - různé úhly náběhu

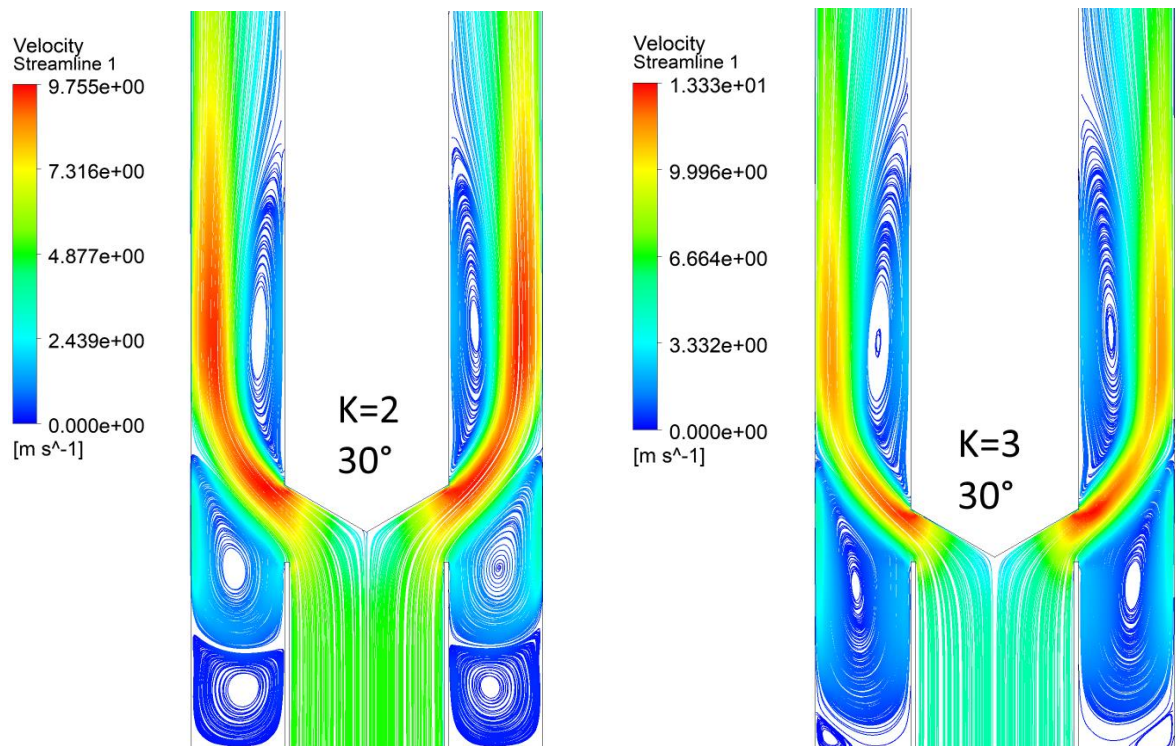
Je vidět, že pokud je parametr $K = 1.3$, pak vliv úhlu náběhu je velmi nízký. Vzduchový vír za hranou vstupu do vnějšího válce se s rostoucím úhlem sice zmenšuje, nicméně zanedbatelně. Proto lze říci, že pro $K=1.3$ nemá úhel náběhu vliv na proudění ve skříni. Na obrázku 45 jsou výsledky pro úhel 30° a hodnoty parametru $K=2$ a $K=3$. Zde je již vidět rozdíl v proudění pro rozdílné hodnoty parametru K .



Obrázek 44: Úhel náběhu 30° , $K=1.3$

Pro $K=2$ lze pozorovat větší tendenci proudu vzduchu držet se na vnější straně válce, než tomu bylo u verze s $K=1.3$. Průměr vstupního válce zůstal stejný, ale zúžila se štěrbina, kterou vzduch proudí do vnějšího válce. Rychlost proudění také vzrostla a to z necelých 8 m/s na 9,7 m/s, což je skoro dvojnásobek vstupní rychlosti (5m/s).

Stejný trend vývoje lze pozorovat i u verze s $K=3$, kde vzduch proudí ještě více blízko vnější stěny. Víření za hranou vstupu je již znatelně delší. Rychlost proudění nyní dosahuje hodnoty přes 13 m/s.



Obrázek 45: Parametr $K=2$ a $K=3$

Z těchto výsledků simulací lze usoudit, že vliv parametru K je zejména na rychlost proudění v hlavním válci, na usměrnění proudu vzduchu více na vnější stěnu a na velikost „hluchého“ místa, kde dochází k víření. Díky těmto výsledkům bylo zvoleno, že nová verze aspirační skříně bude mít hodnotu parametru $K=2$ a úhel náběhu 30° . Tyto hodnoty parametrů lze v budoucnu měnit a otestovat tak reálné chování vzduchu ve skříně.

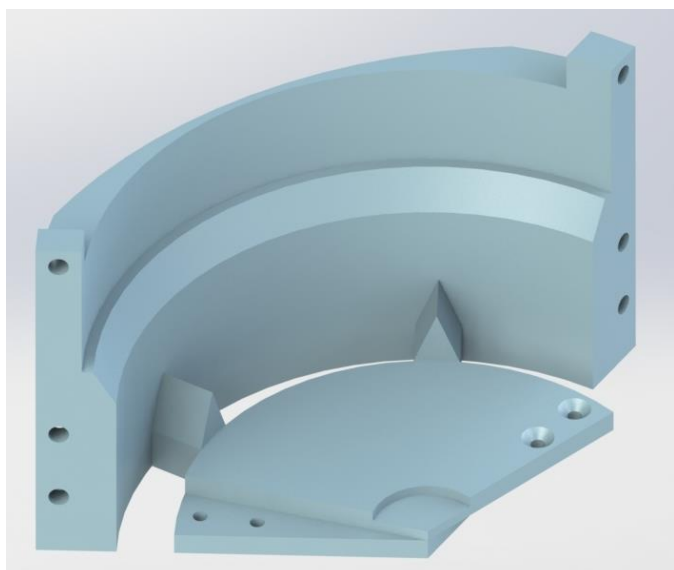
7.7 Návrh skříně

Budoucí návrh počítá se skříně ze svařovaných plechů. Z důvodu omezeného rozpočtu i času na výrobu bylo ale přistoupeno k tomu, že se aspirační skříň bude tisknout z plastu na 3D tiskárně. Tato tiskárna je umístěna přímo na Ústavu konstruování a částí strojů FS ČVUT, a proto bude výroba značně urychlena.

Ze staré verze aspirační skříně, která se rozebere, se použije pouze ventilátor. Ten zajistí vstupní proud vzduchu. Nová verze počítá s odlišnými rozměry, a proto nelze další části staré verze znovu použít.

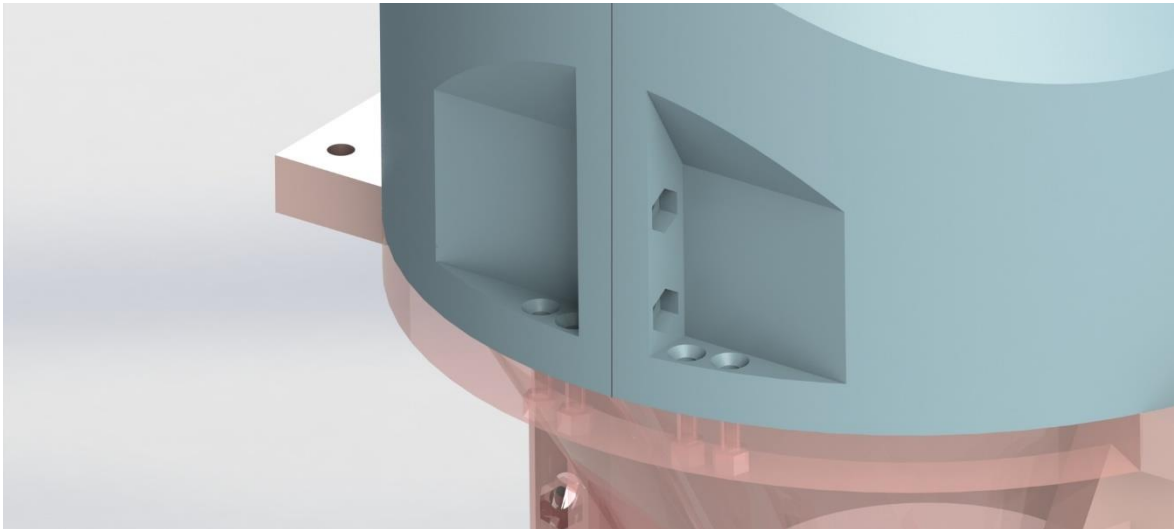
Omezení pro celkovou sestavu aspirační skříně bylo takové, že se musí na výšku vejít pod spodní hranu dopravníku, který vede od vrchních zásobníků. To z důvodu dopravy směsi slupek a jader do aspirační skříně. To znamenalo vejít se na výšku do 1500 mm. Další omezení plynulo z tiskacího prostoru, který má rozměry 250x250x200 mm. Proto všechny díly musely být modelovány s ohledem na toto omezení. Díly větších rozměrů bylo pak nutné v modelu rozdělit a počítat s jejich následným spojením. Celá aspirační skříň byla navrhována s ohledem na rozebíratelnost.

Jelikož se počítalo s vnějším průměrem skříně 300 mm, bylo nutné dotčené části rozdělit na třetiny, aby se vešli do tiskacího prostoru. Celý vnější válec bude z kupované trubky z plexi plastu, díky čemuž bude umožněn průhled do skříně a bude možné kontrolovat aspirační proces. Tato trubka se zasune ve spodní části do válce s větším průměrem. Tato spodní část trubku obejmě a sevře a tím bude zaručeno její uchycení v sestavě. Spodní část bude mít vnitřní průměr právě 300 mm a vnější průměr 340 mm. Proto se tato část musela rozdělit na ony tři díly. Tento jeden díl je vidět na obrázku 46. Vnitřní plochá část slouží jako podpora pod vnitřní části a překrývá se se sousedními dvěma částmi. Tyto překryvy jsou pak navíc spojené šrouby M6.



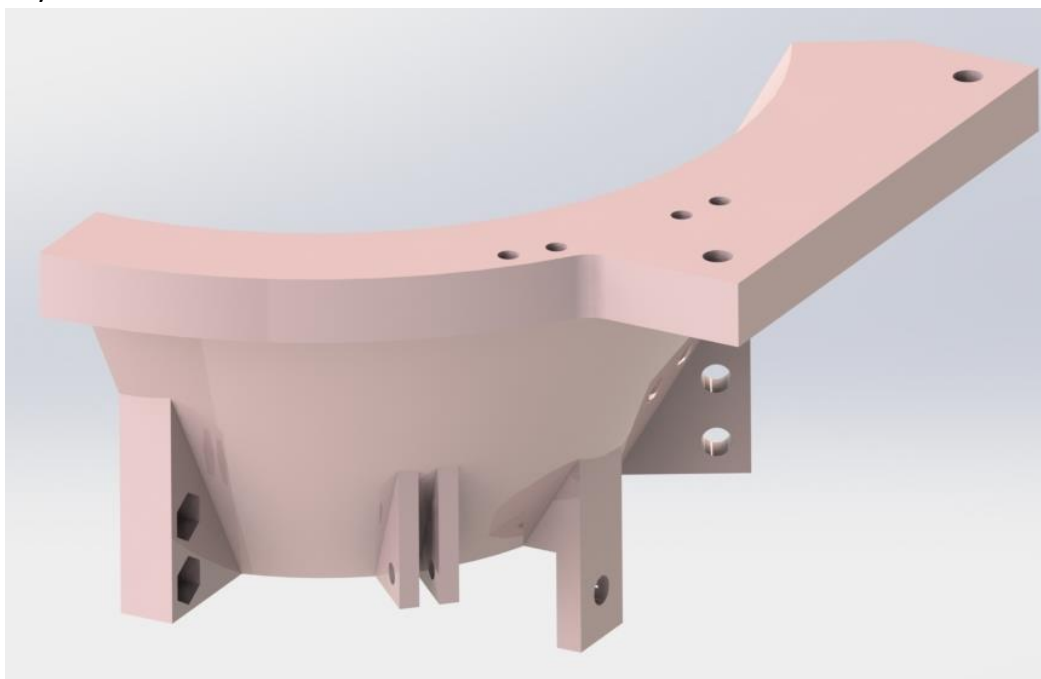
Obrázek 46: Spodní dílec 1/3

Tyto dílce budou spojeny s díly pod nimi také pomocí šroubů M6 a k sobě spojeny pomocí šroubů M8. Tato spojení jsou vidět na obrázku 47. Svislé díry jsou pro šrouby M6 se zápustnou hlavou a vodorovné díry jsou pak pro šrouby M8 se šestihrannou hlavou.



Obrázek 47: Spojení dílců

Spodní dílce, které jsou kuželové, slouží pro sběr propadlých jader a k jejich následnému odvodu ze skříně. Znovu bylo potřeba tuto část rozdělit na třetiny, aby se tyto dílce vešly do 3D tiskárny. Při návrhu toho dílce se rovnou počítalo s potřebou umístění vodících profilů pro dvířka (při aspiraci budou dvířka zavřená, po skončení aspirace se otevřou a jádra se přesunou do optické třídičky), potřebou uchycení k rámu a také s potřebou uchycení provizorních dvířek, která budou připevněna šrouby. Proto se může tento dílec zdát trochu složitější, nicméně 3D tisk má výhodu toho, že takové tvary nejsou pro tiskárnu problém. Ke spojení dílců opět poslouží šrouby M8, k uchycení dvířek pak šrouby M6.

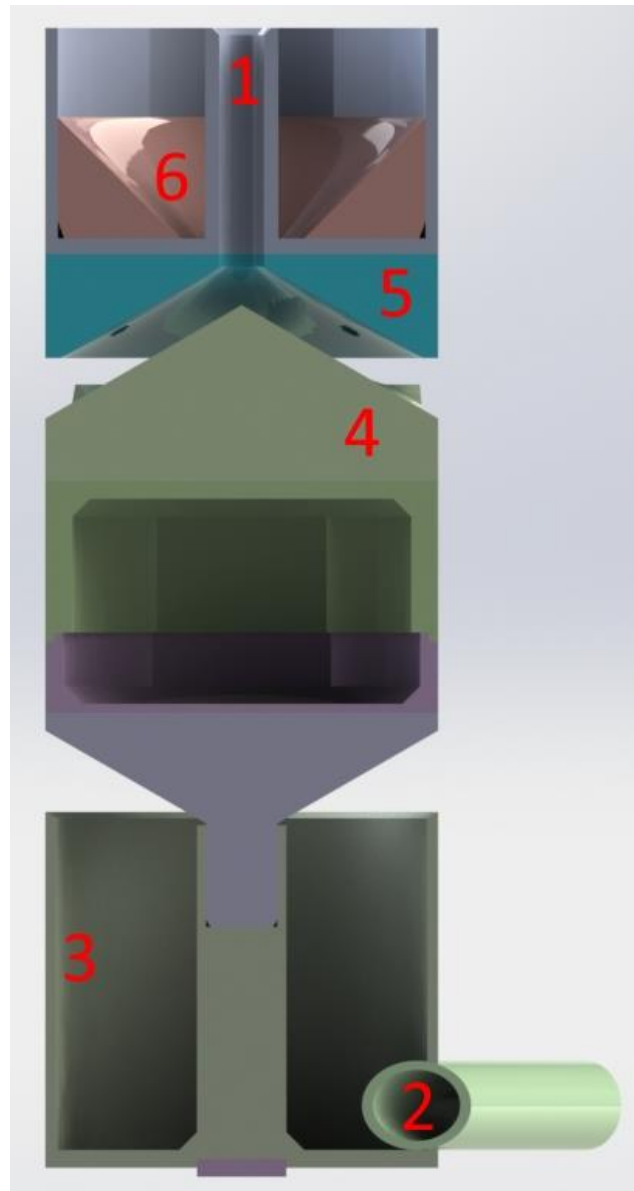


Obrázek 48: Spodní výpad 1/3

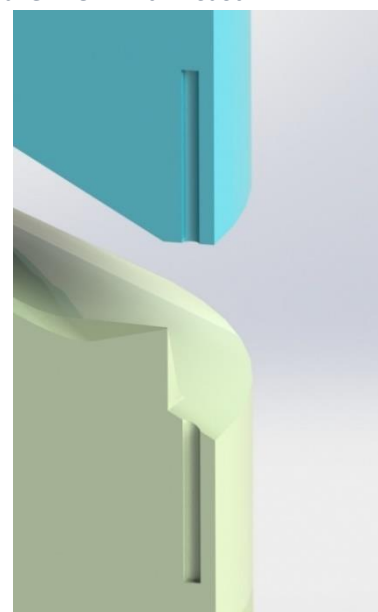
Další části aspirační skříně, které jsou umístěny uvnitř skříně, jsou vidět na obrázku 49. Spodní trubkou (pozice 2) vstupuje vzduch od ventilátoru a vířením se dostává přes horní hranu spodního vnitřního válce (pozice 3). Shora prostřední trubkou (1) se přivádí směs ze zásobníků, padá na kuželovou plochu (4) a rovnoměrně se rozmístí ve válci a prochází aspirací. Jádra propadnou skříní do spodní části a slupky vyletí vzhůru a napadají do kuželové části (6), odkud budou vysávány ventilátorem pryč z aspirační skříně. Části 4 a 5 budou spojeny pomocí tyček (viz detail na obrázku 50), nicméně tyto v modelu nejsou, jelikož se nebudou tisknout ale nakupovat.

Kuželové prvky se rozdělily na dvě části z důvodu tisknutelnosti. Vždy se vytiskne nejprve sama kuželová část a následně se k ní přilepí část válcová s vnitřním vybráním (viz pozice 4 obr. 49). Díl na pozici 5 je k hornímu válci přichycen šrouby a to z toho důvodu, aby bylo možné tuto část případně vyměnit a pozorovat změny v proudění v této oblasti skříně. Proto je i část 6 do vrchního válce vložena, protože se pod ní uloží ony šrouby, co drží část 5.

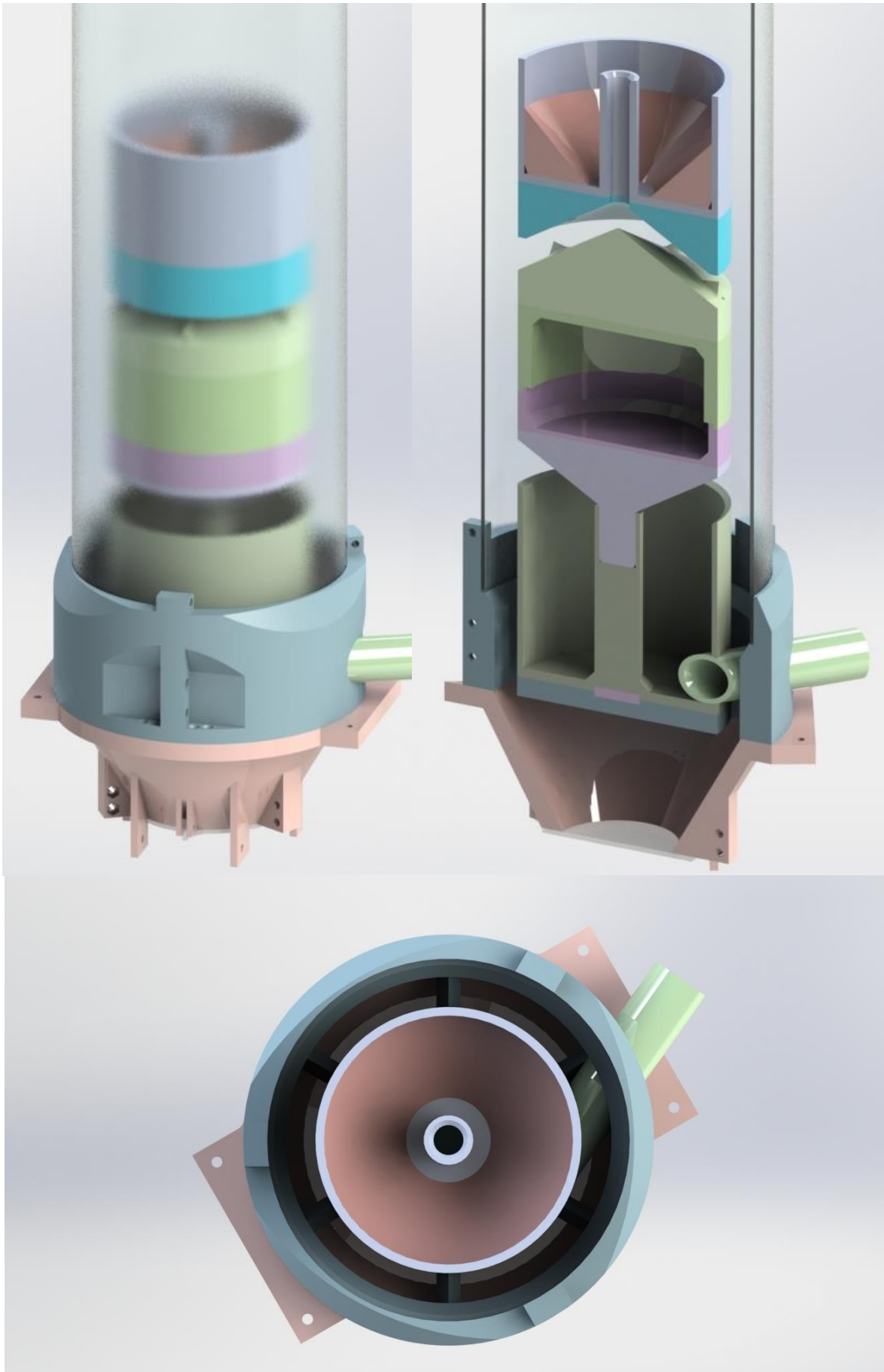
Celá aspirační skříň tedy byla navrhována s ohledem na rozebíratelnost. Výsledná celková sestava je na následující straně, kde je vidět i vnější průhledná trubka, díky které bude celý aspirační proces možné sledovat.



Obrázek 49: Vnitřní části



Obrázek 50: Detail místa pro spojovací tvčky



Obrázek 51: Render sestavy AS (vpravo řez sestavou, dole pohled shora)

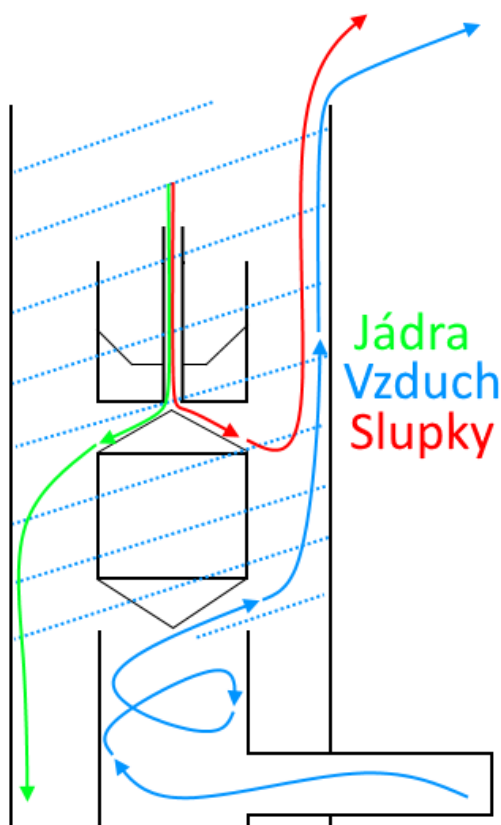
7.8 Experimentální verze

Ještě před tím, než se dá nová verze aspirační skříně do výroby na 3D tiskárně, se ověří předpoklady funkčnosti na zmenšeném modelu skříně. Ta se velmi blízce podobá finálnímu návrhu z předchozí strany. Bylo zejména potřeba otestovat, jak se bude vzduch, potažmo směs slupek a jader, chovat v prostoru pro aspiraci. Tento model je vidět na fotografii na obrázku 52. V tomto případě pro lepší představu není nainstalována vnější trubka.

Při experimentu se prokázalo vhodné proudění vzduchu a schopnost skříně aspirovat směs slupek a jader. Problém ale nastal ve chvíli, kdy bylo potřeba umístit slupky do horního válce, odkud by měly být odsávány. Jak je vidět na obrázku 53, proud vzduchu má díky víření tendenci unášet slupky po okraji stěny (tečkovaně zobrazena šroubovice, po které vzduch proudí po stěně). Tím pádem se slupky nikdy nedostanou doprostřed aspirační skříně, a tudíž není možné je odsud ani odsávat. U původní verze aspirační skříně tento problém nevznikal, jelikož vzduch proudil přímo zespu.

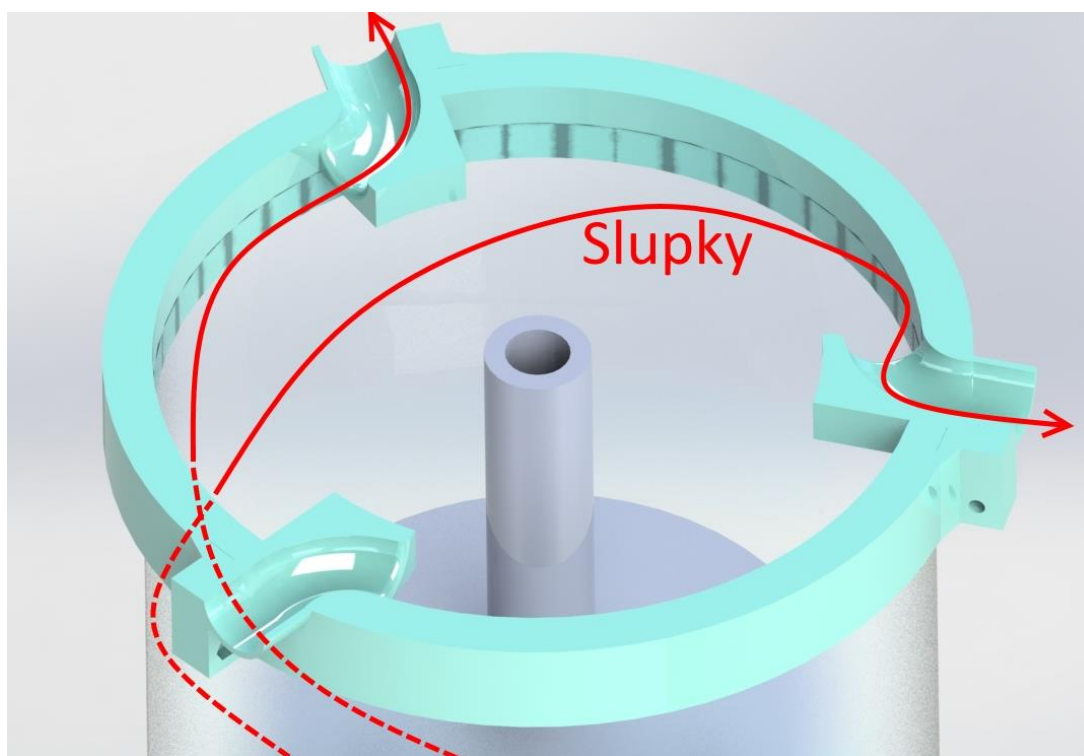


Obrázek 52: Testovací verze

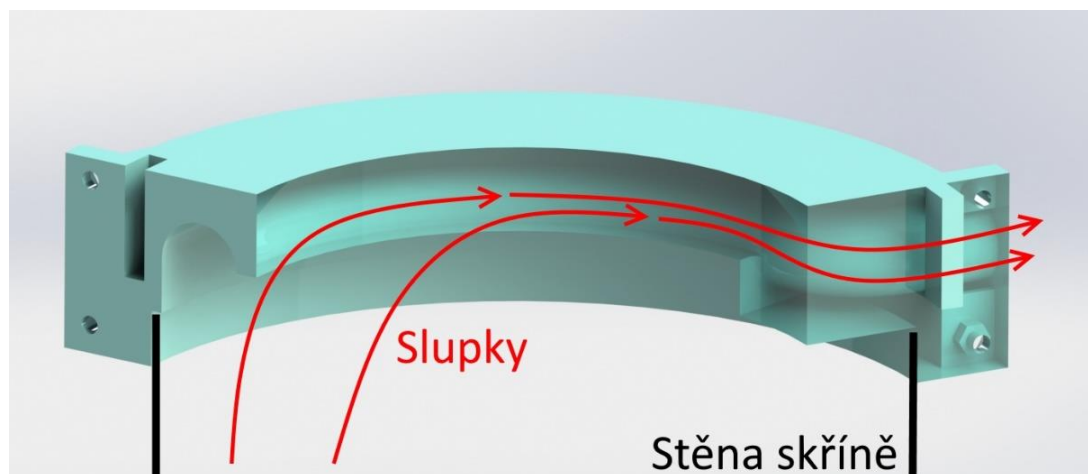


Obrázek 53: Proudění po stěně

Tento problém se vyřešil následujícím způsobem – na vrchní hranu průhledné trubky se nasadí element, který slupky proudící u stěny zachytí. Po tomto zachycení se pak slupky gravitačně dopraví na určené místo. Tím odpadá nutnost slupky odsávat pomocí ventilátoru. Model vrchní části finální verze aspirační skříně je na obrázku 55. Tím, že není potřeba slupky odsávat, lze využít ventilátor na odsátí jader ze spodní části skříně. Tím by odpadla nutnost použít další dopravník pro přesun jader do optické třídičky a celá skříň by byla o něco nižší.



Obrázek 55: Nová vrchní část – zde v částečném řezu



Obrázek 54: Nová vrchní část – 1/3

Ve spodní části, kde budou do budoucna umístěna automatická dvířka (nyní pouze provizorní na šrouby), se umístí odsávání ventilátorem, které jádra přesune na požadované místo. Toto místo může být umístěno ve vhodné výšce, odkud pak bude možné jádra přesunout do optické třídičky. Zde pak proběhne vyhodnocení toho, zda jsou jádra zcela vyloupaná nebo jsou-li vyloupaná jen z části.

Po průchodu směsi aspirační skříní se dostane další část frakce, která se bude vyhodnocovat, a to slupky. Společně s prachem, který je vytřízen na vibrační třídičce, je to tedy druhá část vzorku. Další dvě části se dostanou na optické třídičce, kde se rozdělí jádra na již zmíněné vyloupané a vyloupané jen zčásti.

8 Rám pro celkovou sestavu

Jak bylo naznačeno na obrázku 7, je potřeba prvky sestavy třídící linky umístit blízko sobě a pokud možno v jeden rozebíratelný celek. Po krátké úvaze ale bylo rozhodnuto, že vibrační třídička bude na samostatném rámu, který bude umístěn hned vedle rámu hlavního. Důvod tohoto rozdělení spočívá v tom, že je potřeba zabránit přenosu vibrací do dalších částí sestavy. Proto bude třídička oddělená. První série dopravníků vedoucí od vibrační třídičky k prvním zásobníkům bude pevně přidělena k hlavnímu rámu. Výpady z jednotlivých sít ze třídičky se poté nastaví do ideální pozice. Tím se zároveň zajistí správné ustavení třídičky vůči dopravníkům i hlavnímu rámu.

8.2 Hlavní rám

Na hlavním rámu budou tedy umístěny první dopravníky, první zásobníky, korečkové elevátory, druhé zásobníky, dlouhý dopravník vedoucí k aspirační skříni a nakonec právě aspirační skříň samotná.

Nejprve se počítalo s rámem, který by byl zhotoven z hliníkových stavebnicových profilů 30x30 mm. Vzhledem k rozměrnosti sestavy by ale takovýto rám byl finančně náročný – za samotné hliníkové profily by se muselo dát minimálně 30 000 Kč, dále by bylo potřeba speciálních spojek do těchto profilů a ty samotné by stály dalších 30 000 Kč. A jelikož rozpočet na tento projekt byl stanoven na zhruba 120 000 Kč, bylo od této varianty poměrně rychle upuštěno.

Proto se přišlo s návrhem zhotovit rám ze dřeva. Tato alternativa počítala s trámy 50x50 mm z opracovaného smrkového dřeva (viz obr. 58). Po návrhu rámu a jeho zasazení do modelu (obr. 57) bylo možné propočítat cenu materiálu. Ta vyšla na zhruba 3 500 Kč, čili asi 17x levněji. Po doručení materiálu bylo možné trámy nařezat a zahájit stavbu.

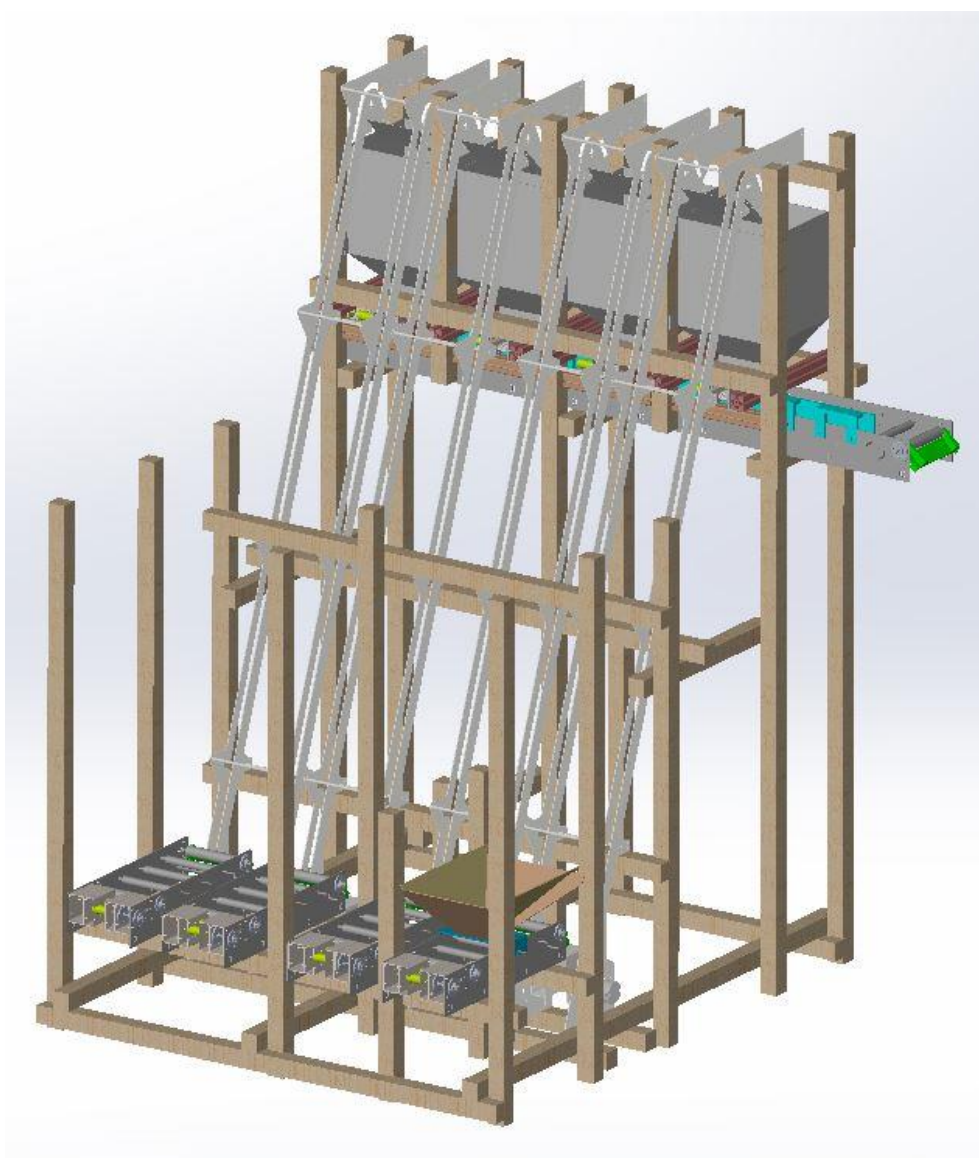
8.3 Stavba rámu

Návrh počítal se spojením trámů pomocí jejich překryvů a šroubů. Šrouby byly zvoleny pevnostní M8, délka byla volena s ohledem na překrytí dvou trámů, tedy 120 mm. Každý spoj dvou trámů byl realizován dvěma šrouby – to mělo zajistit stabilní polohu trámů vůči sobě (nemožnost se pootočit). Kde se spojovaly trámy tři, bylo použito dokonce 6 šroubů (viz obrázek 58). Těchto šroubů bylo tedy použito relativně velké množství (asi 250), což zaručí značnou stabilitu a celkovou tuhost rámu. Veškeré další prvky (dopravníky, korečky, zásobníky) se k rámu přichytí buď také šrouby, nebo pomocí L plíšků.

Výkresová dokumentace, potřebná pro stavbu, zahrnovala vyznačené potřebné vzdálenosti trámů a také systém jejich označení. Toto označení přesně definuje jejich pozici v rámu a lze tedy jednoduše rám sestavit při jeho opětovné stavbě. Tyto výkresy jsou v přílohách – nicméně pro maximální využití papíru a lepší orientaci byla odstraněna razítka – proto tyto výkresy nemají čísla.



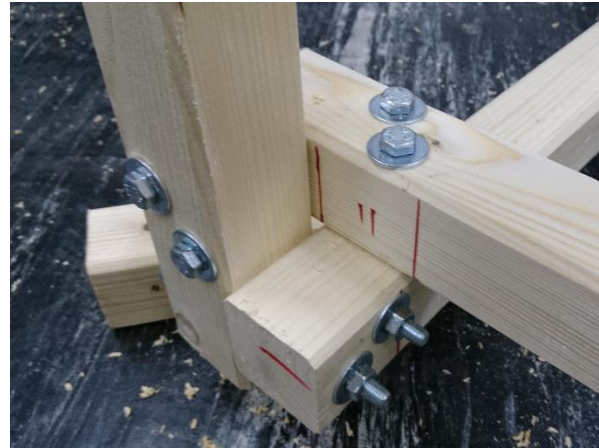
Obrázek 56: Nařezané trámy pro rám



Obrázek 57: Model sestavy rámu včetně dopravníků, korečků a zásobníků

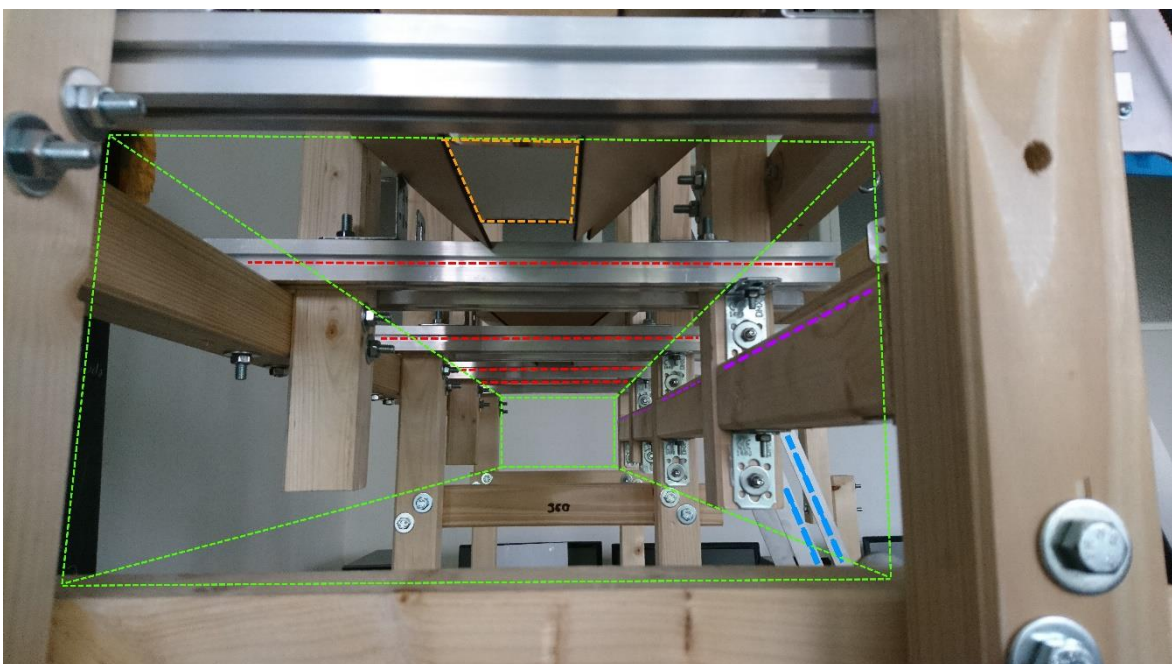
Tento rám byl sestaven za pomoci vedoucího práce Ing. Jana Hoidekra a kolegy Bc. Martina Machače, kterým tímto děkuji. Návrh počítal i s trámy, které by byly umístěny v rámu úhlopříčně, a díky tomu by byl rám vyztužen. Nicméně po sestavení hlavního rámu bez těchto úhlopříčných trámů bylo usouzeno, že tuhost rámu je i tak dostatečná. V rámu pak ještě přibudou korečkové elevátory, hliníkové profily pro dvířka zásobníků, zásobníky a dopravníky. Všechny tyto prvky budou k rámu přichyceny na pevně, a tudíž ještě více zvýší tuhost tohoto rámu.

V současné době (červen 2019) se do rámu instalují horní provizorní zásobníky (z desek) a korečkové elevátory. Další prvky bude možné do rámu zasadit až poté, co budou vyrobeny potřebné díly, na které se zatím čeká. Do budoucna se také počítá s tím, že na spodní části trámů se přimontují kolečka pro snazší manipulaci.



Obrázek 58: Šroubové spojení trámů

Na následujícím obrázku (59) je fotografie prostoru pod horními zásobníky – zeleně vyznačený prostor je určen pro nejdelší dopravník vedoucí do aspirační skříně. Oranžová oblast zvýrazňuje výpad směsi z jednoho ze zásobníků. Červené linie pak vyznačují drážky pro dvířka zásobníků. Modře je vidět jedna z bočnic korečkového elevátoru. Na této fotografii je také patrný princip uchycení hliníkových profilů pro vedení dvířek – pomocí L plíšků (pravá část hliníkových profilů). Čtyři trámky (fialově) umístěné pod těmito profily vpravo jsou také uchyceny pomocí L plíšků a slouží k uchycení pohonu dvířek. Díky tomuto uložení lze pohon nastavit do požadované pozice pro každá dvířka samostatně.

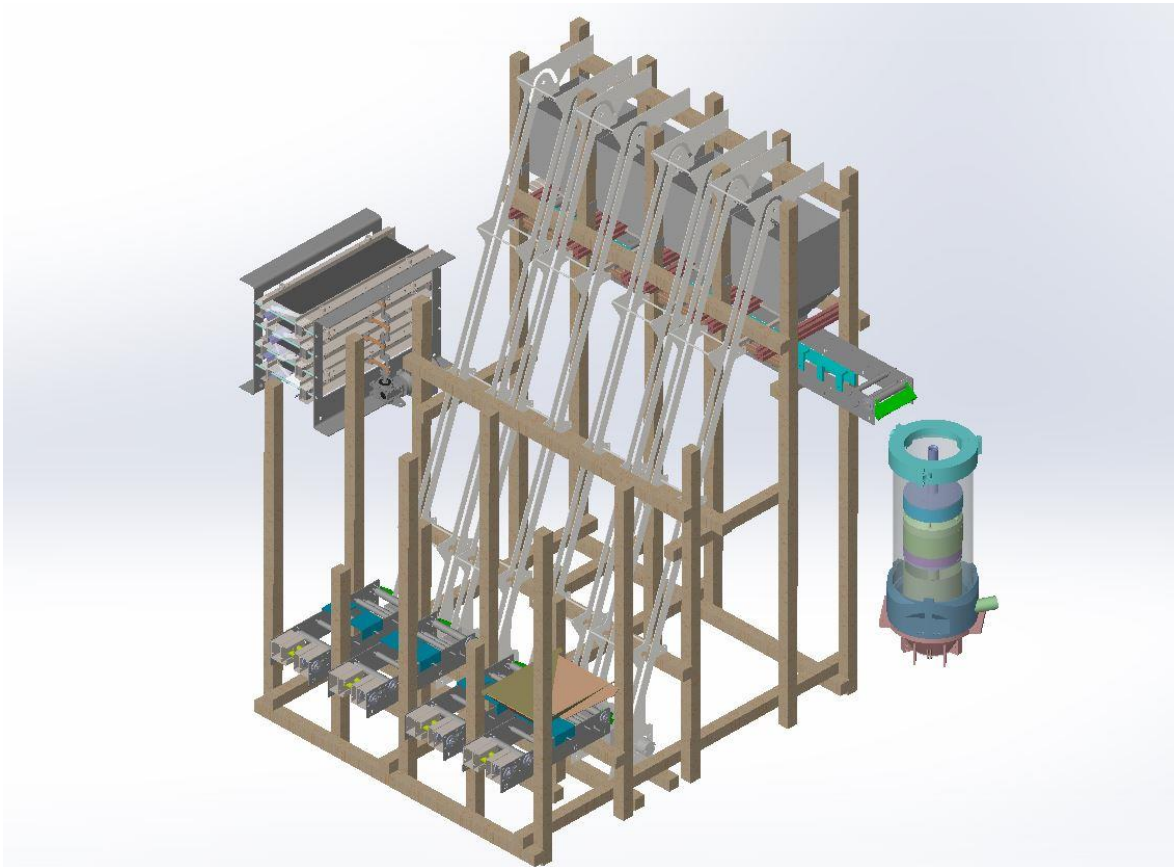


Obrázek 59: Oblast pod zásobníky

9 Celková sestava

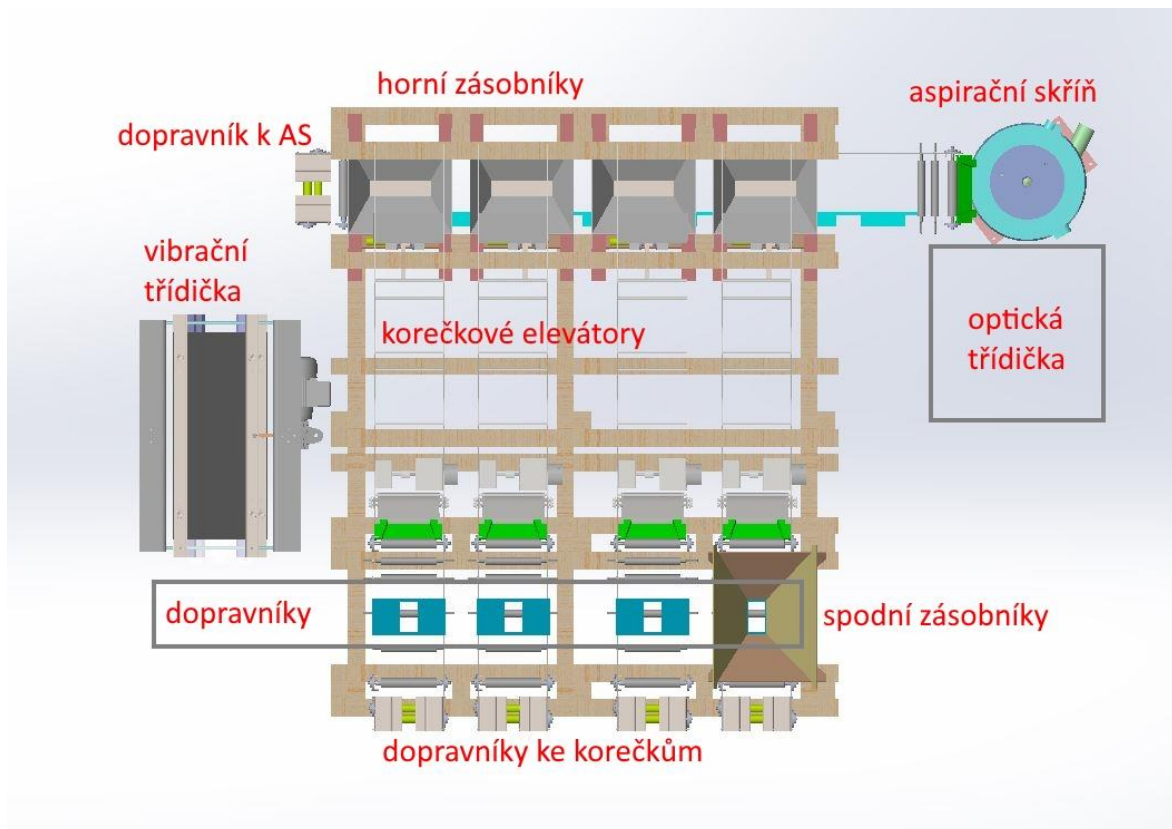
Po spojení soustavy zásobníků a dopravníků k vibrační třídícíce, aspirační skříni a optické třídícíce se dostává kompletní stanoviště pro vyhodnocování loupitelnosti olejnatých semen.

Na obrázku 60 je celkový model tohoto stanoviště. Z čelního pohledu vlevo od centrálního rámu je vibrační třídícíka, kam směs pro vyhodnocení vstupuje. Od ní povedou čtyři dopravníky k prvním zásobníkům. Přes korečkové elevátory a další zásobníky a dopravník se směs dostane do aspirační skříně, která je umístěna vpravo od centrálního rámu. Kde bude umístěna optická třídícíka, zatím není jasně dáno, jelikož zatím nejsou zcela známy její rozměry. Nicméně se počítá s jejím umístěním co nejbližě aspirační skříni.



Obrázek 60: Celková sestava linky

Na dalším obrázku je schéma linky z pohledu shora, kde je vidět uspořádání jednotlivých prvků soustavy. Toto rozložení bylo navrženo ihned na počátku projektu – viz obrázek č. 7.



Obrázek 61: Schéma linky v modelu

10 Automatické řízení

Řízení automatického chodu bude realizováno pomocí modulu Arduino MEGA, které se naprogramuje podle daných potřeb. Toto programování pomocí přiloženého softwaru je relativně snadné, a proto bylo vybráno právě toto řešení. Bohužel není možné programovat, dokud nebudou dané části zařízení vyrobeny. S tímto programováním a určováním chodu se počítá do budoucna (léto/podzim 2019).

Řízeno bude:

- vibrační třídačka
- čištění vibrační třídačky
- všechny dopravníky
- korečkové elevátory
- zavírání zásobníků
- chod aspirační skříně
- odvod jader z aspirační skříně
- optická třídačka

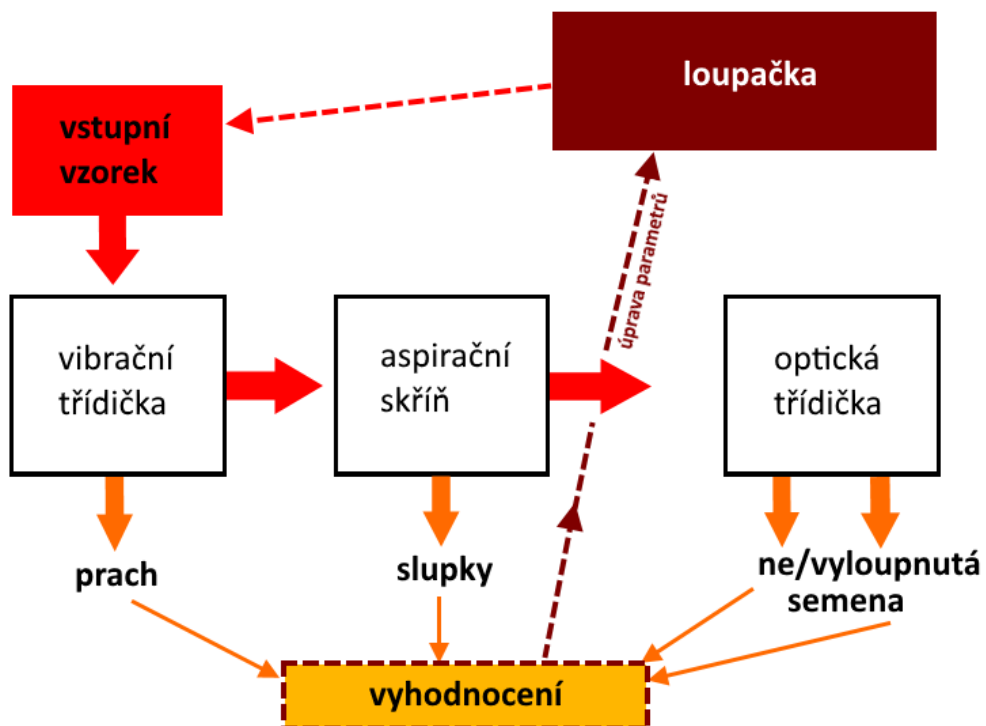
Naplnění zásobníků bude monitorováno pomocí optických diod, díky čemuž bude možné jasně určit jejich plný stav. Stejně tak jejich vyprázdnění bude možné jasně určit pomocí diod, které bude umístěny na spodní části zásobníků. Tyto diody budou použity i na dalších místech v zařízení.

11 Návrh metodiky pro vyhodnocení loupateľnosti

Jak bylo naznačeno v úvodu práce, současná metodika je velmi neefektivní a zároveň nepřesná. Vstupní vzorky jsou v řádech desítek gramů a třídí se ručně. Jelikož je objem vzorku takto malý, ve výsledných hmotnostních podílech mohou být rozdíly i přes 100%. Proto zde byly navrženy prvky, které tento třídící proces jednak zrychlí a navíc také zvýší přesnost výsledků. Díky tomu, že vstupní vzorek bude hmotnosti kolem 5 kg, bude možné přesnějšího vyhodnocení. Rozdíly v hmotnostních podílech by pak měli značně klesnout a tím bude možné loupačku, kvůli které se vzorek vyhodnocuje, vhodněji nastavit.

Po vložení vstupního vzorku se nejprve tento vzorek protřídí na vibrační třídícíce na čtyři frakce a prach. Z vibrační třídícíce se tedy dostane první část pro vyhodnocení – prach. Dále čtyři frakce putují do aspirační skříně, kde se oddělí slupky od jader. Z aspirační skříně se tedy dostane další část pro vyhodnocení a to slupky (budou váženy všechny 4 frakce dohromady). Jádra se dále dostanou do optické třídícíce, kde se zjistí, jsou-li zcela bez slupky, nebo jestli jsou vyloupaná jen z části. Tím se dostanou dvě další části na vyhodnocení. Tím se tedy celkově dostanou 4 části původního objemu vzorku. Tyto části se jednotlivě zváží a určí se procentuální podíl vůči původnímu vzorku.

Proces vyhodnocení kvality vyloupaní semen pak bude probíhat následovně – do třídící linky se postupně vloží cca 100 vzorků po cca 5kg. Těchto 100 vzorků bude rozděleno do skupin podle toho, jaké parametry byly nastaveny na loupačce. To znamená, že bude např. 10 vzorků pro jednu rychlost otáček loupačky, dalších 10 vzorků bude např. pro jiný



Obrázek 62: Schéma procesu vyhodnocení

úhel lopatek loupačky. Tyto výsledky se poté zanesou do grafů (podobných grafu na str. 5) a z nich bude možné sledovat vlivy změn těchto parametrů.

Díky tomu bude možné loupačku adekvátně nastavovat. Bude-li například podíl prachu příliš vysoký, je jasné, že se musí snížit otáčky loupačky tak, aby nedocházelo k drcení semen na prach. Naopak bude-li většina semen nevyloupnutých, otáčky se budou muset zvýšit, aby došlo k vyloupení jader.

Testy funkčnosti celé linky budou probíhat na Ústavu konstruování a částí strojů FS ČVUT. Laboratorní výzkum již bude probíhat ve firmě Farmet a.s. Česká Skalice, kam bude funkční linka posléze dopravena.

12 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout metodiku pro vyhodnocení loupitelnosti olejnatých semen. Po analýze nedostatků v současném procesu (zejména časová náročnost) byly navrženy určité prvky pro zlepšení tohoto procesu. Pro úsporu času a zároveň zvýšení testovaného objemu byla navržena zlepšení, která celý proces automatizují.

Nejprve se navrhl systém dopravníků, který bude přesouvat směsi semen a slupek mezi jednotlivými stanovišti. Zde bylo také potřeba vyřešit dva rozměrové obvody z důvodu smontovatelnosti. Při samotném návrhu se dbalo na jednoduchost konstrukce a úsporu financí.

Dále byly navrženy zásobníky pro tyto směsi. Tyto zásobníky slouží pro uschování směsí slupek a jader do doby, než se tyto směsi přesunou do aspirační skříně.

Nejzásadnější část návrhu v této práci bylo navržení nové verze aspirační skříně, kde bylo nutné taktéž zavést automatické prvky, zejména přívod a odvod slupek a semen. Po provedení několika simulací bylo rozhodnuto o výsledných parametrech aspirační skříně a bylo možné přejít k vlastnímu konstrukčnímu návrhu. Podle tohoto návrhu se poté skříň vyrobí (nejprve 3D tisk, posléze svařované plechy).

Aby bylo možné všechny části třídící linky dát dohromady v jeden celek, bylo nutné navrhnout také rám pro celkovou sestavu. Ten nejprve počítal s hliníkovými profily, od kterých se ale upustilo a přistoupilo se na konstrukci rámu z dřevěných (smrkových) trámů. Stálost konstrukce tímto nebyla nijak snížena.

Na závěr práce se definoval návrh metodiky pro vyhodnocení kvality vyloupení olejnatých semen, který spočívá ve zpracování mnohonásobně vyššího objemu vzorků. Po vytřídění těchto vzorků se z průběhu grafů posoudí, jaký vliv mají jednotlivé nastavitelné parametry loupacího zařízení. Tímto tedy bude možné adekvátně nastavovat loupací zařízení pro dané potřeby a minimalizovat tak ztráty v podobě prachu nebo nevyloupnutých semen.

Výsledky této práce, resp. výsledný produkt, by měly pomoci ke zjednodušení vyhodnocovacího procesu, kdy se počítá s mnohem vyšší přesností výsledků a také ke značné úspoře času.

Seznam použité literatury

- [1] <http://GeneLife.Net> · VirusDecoder · CytoThesis · BrainNeuroSignals · VasoHeart · NeuroHormone [online]. Copyright © [cit. 29. 04. 2017]. Dostupné z: http://health120years.com/cn/pdf/hd_Vegetable.Oils.pdf
- [2] Physical Properties of Sunflower Seeds - ScienceDirect. ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books. [online]. Copyright © 1997 Silsoe Research Institute. Published by Elsevier Ltd. All rights reserved. [cit. 29. 04. 2017]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863496901110>
- [3] <https://www.farmet.cz/cs/oft/loupacka-fh-2000?parentID=3477>
- [4] <https://www.farmet.cz/cs/oft-aspiracni-skrine-fas-500?parentID=3669>
- [5] <https://www.buhlergroup.com/global/en/products/dehuller-dgba.htm#.XLxHcugzbs0>
- [6] <https://www.jk-machinery.cz/stroje/jcm-vibromax/>
- [7] <https://www.jk-machinery.cz/>
- [8] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [9] NEDBÁLEK, Bc. Tomáš. Optická třídička semen. Praha, 2017. Diplomová práce. FS ČVUT.
- [10] POSPÍCHAL, Jaroslav. Technické kreslení. 4., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2014. ISBN 978-80-01-05595-3.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Odstředivá loupačka Farmet [3]	1
Obrázek 2: Odstředivá loupačka Bühler [4]	2
Obrázek 3: Čistička JK Machinery VibroMAX [6]	2
Obrázek 4: Aspirační skříň Farmet FAS500 [4]	2
Obrázek 5: Princip optického třídění [9]	3
Obrázek 6: Klasifikační rozměry semen [2]	4
Obrázek 7: Návrhové schéma celkové sestavy třídičky	6
Obrázek 8: Funkce první sady dopravníků	7
Obrázek 9: Funkce druhé sady dopravníků	7
Obrázek 10: Konstrukční návrh dopravníku	8
Obrázek 11: Podpůrný váleček	9
Obrázek 12: Pohonný válec	9
Obrázek 13: Vizualizace sestavy dopravníku	9
Obrázek 14: Vizualizace sestavy dopravníku	10
Obrázek 15: Řez sestavou dopravníku	10
Obrázek 16: Schéma RO 1	13
Obrázek 17: Schéma RO 2	14
Obrázek 18: DXF výpalku bočnice	15
Obrázek 19: Výpalek bočnice	15
Obrázek 20: Spodní zásobníky ze sololitových desek	17
Obrázek 21: Spodní zásobník	17
Obrázek 22: Držák spodních zásobníků	17
Obrázek 23: Pohonný mechanismus dvířek	18
Obrázek 24: Plechové zásobníky	19
Obrázek 25: Zavrhnuté varianty	20
Obrázek 26: Sololitové desky (zámky jsou vidět v pravé části desek)	20
Obrázek 27: DXF soubor výpalků desek	21
Obrázek 28: Celková sestava vrchních zásobníků	21
Obrázek 29: Zásobník	21
Obrázek 30: Současná AS	22
Obrázek 31: Současná AS v řezu	22
Obrázek 32: Nový koncept AS	23
Obrázek 33: Boční vstup Inverzní model Rozmeshovaný model (AnSYS)	24
Obrázek 34: Schéma simulací V2-V5	24
Obrázek 35: Schéma simulací V6-V7.3	24
Obrázek 36: Výsledky V2 V3	25
Obrázek 37: Výsledky V4-V7	26
Obrázek 38: Výsledky V7.2 V7.3	27
Obrázek 39: Výsledky V2.2	28
Obrázek 40: Výsledky V3.2	28
Obrázek 41: Výsledky V4.2 a V6.2	29
Obrázek 42: Síť 2D modelů a náběžný úhel	30
Obrázek 43: Výsledky - různé úhly náběhu	30

Obrázek 44: Úhel náběhu 30°, K=1.3	31
Obrázek 45: Parametr K=2 a K=3	31
Obrázek 46: Spodní dílec 1/3	32
Obrázek 47: Spojení dílců	33
Obrázek 48: Spodní výpad 1/3	33
Obrázek 49: Vnitřní části	34
Obrázek 50: Detail místa pro spojovací tyčky	34
Obrázek 51: Render sestavy AS (vpravo řez sestavou, dole pohled shora)	35
Obrázek 52: Testovací verze	36
Obrázek 53: Proudění po stěně	36
Obrázek 54: Nová vrchní část – 1/3	37
Obrázek 55: Nová vrchní část – zde v částečném řezu	37
Obrázek 56: Nařezané trámy pro rám	39
Obrázek 57: Model sestavy rámu včetně dopravníků, korečků a zásobníků	39
Obrázek 58: Šroubové spojení trámů	40
Obrázek 59: Oblast pod zásobníky	40
Obrázek 60: Celková sestava linky	41
Obrázek 61: Schéma linky v modelu	42
Obrázek 62: Schéma procesu vyhodnocení	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrná světová výtěžnost oleje z plodů [1]	3
Tabulka 2: Kategorie celých semen [2]	3
Tabulka 3: Kategorie vyloupaných jader [2]	4
Tabulka 4: Výsledky měření	4
Tabulka 5: Délky pásů	16

Seznam příloh

Výkresová dokumentace v deskách	1x
---------------------------------	----