

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: Strojírenská technologie – technologie obrábění

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Projekt třídění odpadů

Autor: **Bc. Jakub CZINNER**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Vladimír DUCHEK, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce panu Doc. Ing. Vladimíru Duchkovi, Ph.D. za odborné vedení.

Děkuji panu Ing. Tomáši Novákovi a panu Ing. Mariánu Jančíkovi za cenné rady při zpracování diplomové práce.

Děkuji své rodině a blízkým za podporu během studia.



## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Czinner	Jméno Jakub		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N2301 Strojní inženýrství Strojírenská technologie – technologie obrábění			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Jméno Vladimír		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KTO			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del>BAKALÁŘSKÁ</del>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Projekt třídění odpadů			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	86	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	52	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	34
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Diplomová práce obsahuje analýzu stávajícího stavu linky na zpracování tuhého komunálního odpadu. Jsou zde navrženy dva variantní stavy stacionární a jeden stav mobilní pro inovaci současného provozu. Součástí práce je technicko-ekonomické hodnocení. Příloha obsahuje výkresy současného stavu a stavů variantních.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>Tuhý komunální odpad, tuhé alternativní palivo, materiálový tok, dopravník, třídíč, drtič.</p>



## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Czinner	Name Jakub	
<b>FIELD OF STUDY</b>	N2301 Mechanical Engineering Manufacturing Processed – Technology of Metal Cutting		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Name Vladimír	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Waste sorting plant project		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Manufacturing processed	<b>SUBMITTED IN</b>	2016
----------------	------------------------	-------------------	-------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	86	<b>TEXT PART</b>	52	<b>GRAPHICAL PART</b>	34
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This dissertation content analysis of the current domestic waste processing plant. There are proposed two different way of innovation of the current plant. The first option is stationary and the second option is mobile. This dissertation incorporate the technical and aconomical evaluation of the plant. Attachment of this disseration are drawings of the current plant as well as the drawing of the both proposed options.
<b>KEY WORDS</b>	Household waste, refuse derived fuel (RDF), material flow, conveyor, screener, shredder.

## Použité jednotky a zkratky

Obr.	Obrázek [-]
TKO	Tuhý komunální odpad [-]
[t]	Jednotka hmotnosti
[kg]	Jednotka hmotnosti
[hod]	Jednotka času
[m <sup>3</sup> ]	Jednotka objemu
[m]	Jednotka délky
[W]	Jednotka výkonu

## Obsah

1 Úvod.....	2
2 Úvod o odpadech.....	3
2.1 Odpady, jejich druhy a rozdělení.....	4
2.2 Nakládání s odpady.....	5
2.2.1 Shromažďování.....	6
2.2.2 Přeprava a manipulace.....	8
2.2.3 Skladování.....	9
2.2.4 Úprava a recyklace.....	9
2.2.5 Využití a zneškodňování.....	11
3 Zpracování tuhého komunálního odpadu Hydrex s.r.o. Žilina.....	12
3.1 Zpracování TKO.....	12
3.2 Tuhé alternativní palivo (TAP).....	14
3.3 Analýza stávajícího stavu.....	15
3.3.1 Výsledné produkty.....	19
3.3.2 Schéma stávajícího stavu.....	20
3.4 SWOT analýza stávajícího stavu.....	21
4 Návrh variantních stavů.....	23
4.1 První variantní stav.....	23
4.2 Druhý variantní stav.....	25
4.3 Třetí variantní stav – mobilní provedení.....	28
4.4 Popis technologických uzlů.....	29
4.4.1 První variantní stav.....	30
4.4.2 Druhý variantní stav.....	31
4.4.3 Třetí variantní stav (mobilní varianta).....	33
4.5 Zakreslení materiálových toků.....	36
4.5.1 První variantní stav.....	36
4.5.2 Druhý variantní stav.....	38
4.5.3 Třetí variantní stav (mobilní varianta).....	40
4.6 Hodnocení variantních stavů.....	41
5 Kapacitní výpočty dopravníkových pásů.....	45
5.1 Návrh dopravníkového pásu.....	46
5.2 Vstupní parametry.....	46
5.3 Kapacitní výpočet.....	48
5.3.1 Výpočet plochy průřezu náplně.....	48
5.3.2 Kontrola pásu na ložný prostor.....	49
5.3.3 Kontrola pásu na dopravované množství.....	50
5.3.4 Výpočet hlavního odporu FH.....	50
5.3.5 Výpočet vedlejšího odporu FN.....	51
5.3.6 Výpočet přídatného hlavního odporu FS1.....	52
5.3.7 Výpočet přídatného vedlejšího odporu FS2.....	52
5.3.8 Odpor k překonání relativní dopravní výšky.....	53
5.3.9 Potřebná obvodová síla na hnacím bubnu.....	53
5.3.10 Výkon motoru hnacího bubnu.....	53
5.3.11 Příkon motoru.....	53
6 Technicko-ekonomické hodnocení.....	55

6.1 Současný stav.....	55
6.2 První variantní stav.....	57
6.3 Druhý variantní stav.....	60
6.4 Třetí variantní stav.....	62
6.5 Grafy ekonomických ukazatelů .....	64
7 Diskuze výsledků.....	65
8 Závěr .....	67
9 Použitá literatura a zdroje.....	68

### **Přílohy - výkresy**

- 1) Rozložení ploch – stávající stav
- 2) Stávající stav – Žilina
- 3) Variantní stav č. 1
- 4) Variantní stav č. 2
- 5) Variantní stav č. 3

# 1 Úvod

Jak naložit s komunálním odpadem? To je jedna ze zásadních otázek odpadového hospodářství. Variant je mnoho. Jedna z nich může být zpracování tuhého komunálního odpadu pomocí strojů a zařízení za účelem rozřídění odpadu na využitelné a nevyužitelné složky. Cílem této diplomové práce je návrh inovace linky na zpracování tuhého komunálního odpadu. Princip návrhu spočívá v navržení tří variantních stavů dle zadaných podmínek. Pro možnost zlepšení stávajícího stavu je důležité nejprve pochopit současný provoz linky, aby byly nalezeny nedostatky, které by měly být pro zlepšení provozu eliminovány. Pochopení současného provozu zahrnuje činnost jednotlivých strojů a zařízení, dispozice jednotlivých zařízení, výsledné produkty a jejich využití a manipulaci s materiálem. Variantní stavy jsou v této práci detailně rozebrány a doplněny výkresy (viz příloha). Po návrhu jednotlivých variant je důležitým úkonem zhodnocení těchto variant z hlediska technologického a ekonomického a následné vybrání nejvhodnější varianty pro inovaci současného stavu.

## 2 Úvod o odpadech

Proces je definován jako soubor činností, na jejichž počátku je vstup (např. materiál), který je transformován na výstup (produkt) s přidanou hodnotou. Výstupem není ale pouze produkt, který má pro zákazníka užitnou hodnotu, ale i odpad, který je pro zákazníka nepodstatný, ale výrobce s ním musí řádně naložit. Proces může být nalezen snad v každém výrobním odvětví. Strojní výroba, stavba budov, ale také vaření či výroba energie. V této práci bude pojednáváno o zpracování nejčastějších odpadů, se kterými se lze v běžném životě setkat. To jest odpadem komunálním, separovaným a průmyslovým. Více informací o jednotlivých odpadech uvedeno níže.

Dle směrnice 2008/98/ES (čl. 3 odst. 1) je odpad definovaný jako „jakákoli látka nebo předmět, kterých se držitel zbavuje nebo má v úmyslu se zbavit nebo se od něho požaduje, aby se jich zbavil [1]“. Problematikou odpadů se každoročně zabývá mnoho institucí a organizací. Potíž je, že s rostoucí populací obyvatel roste poptávka po produktech důležitých pro přežití, zdrojích energie, ale i po produktech méně potřebných a mnohdy až zbytečných. V roce 2012 byla uskutečněna statistika odpadů v rámci Eurostat Statistics Explained. Tato statistika se zabývala produkcí a zpracováním odpadů v Evropské unii (EU) a několika dalších zemích. Statistika vychází z údajů shromážděných v rámci nařízení č. 2150/2002 Evropského parlamentu a Rady o statistice odpadů. Dle této statistiky v roce 2012 činila celková produkce (ve výše zmíněných zemích) 2 515 000 000 tun odpadu. Podrobnější rozpis druhů odpadů v jednotlivých zemích viz. Tabulka 1.

V České Republice bylo v roce 2012 dle statistiky vyprodukováno 23 117 000 tun odpadů, z čehož

	Total	Mining and quarrying	Manufacturing	Energy	Construction and demolition	Other economic activities	Households
<b>EU-28</b>	<b>2 515 110</b>	<b>733 980</b>	<b>269 690</b>	<b>96 480</b>	<b>821 160</b>	<b>380 390</b>	<b>213 410</b>
Belgium	67 630	115	17 736	1 314	24 570	18 891	5 004
Bulgaria	161 252	141 083	3 009	9 533	1 033	3 841	2 755
Czech Republic	23 171	167	4 376	1 063	8 593	5 739	3 233
Denmark	16 332	18	1 610	893	3 867	6 216	3 727
Germany	368 022	8 625	56 596	8 050	197 528	60 752	36 472
Estonia	21 992	9 355	4 121	6 258	657	1 165	436
Ireland	13 421	2 025	4 599	396	366	4 379	1 657
Greece	72 328	47 832	4 183	12 259	813	2 383	4 859
Spain	118 562	22 509	14 594	5 772	26 129	28 333	21 224
France	344 732	2 477	21 431	2 100	246 702	42 024	29 996
Croatia	3 379	5	425	108	682	968	1 191
Italy	162 765	720	34 142	3 616	52 966	41 708	29 613
Cyprus	2 086	218	98	2	965	353	451
Latvia	2 310	2	396	133	8	558	1 213
Lithuania	5 679	26	2 551	29	419	1 477	1 177
Luxembourg	8 397	131	509	2	7 079	426	249
Hungary	16 310	91	2 991	2 872	4 038	3 638	2 681
Malta	1 452	45	9	2	1 041	201	155
Netherlands	123 613	179	14 115	1 342	81 354	17 758	8 864
Austria	34 047	51	3 636	622	19 471	6 247	4 020
Poland	163 378	68 035	31 135	20 706	15 368	18 809	9 324
Portugal	14 184	243	3 188	422	928	4 672	4 731
Romania	266 976	223 293	6 029	9 043	1 325	22 638	4 647
Slovenia	4 547	14	1 345	1 069	535	941	641
Slovakia	8 425	311	2 516	1 046	806	2 090	1 657
Finland	91 824	52 880	14 531	1 011	16 034	5 635	1 734
Sweden	156 367	129 481	6 218	1 852	7 656	6 967	4 193
United Kingdom	241 922	24 044	13 596	4 965	100 230	71 580	27 506
Iceland	529	0	93	2	11	191	233
Liechtenstein	467	29	12	0	107	2	316
Norway	10 721	470	2 639	89	1 881	3 205	2 438
Montenegro	386	1	33	351	0	0	0
FYR of Macedonia	8 472	802	1 304	6	0	6 360	0
Serbia	55 003	47 896	760	5 744	364	238	0
Turkey	1 013 226	950 587	13 141	18 424	0	289	30 785
Bosnia and Herzegovina	4 457	72	1 213	3 171	0	0	0
Kosovo	1 167	177	80	151	0	268	490

Source: Eurostat (online data code: env\_wasgen)

Tabulka 1: Produkce odpadů podle ekonomických činností a domácností v tisíci tunách v roce 2012; zdroj Eurostat [2]

odpadů z domácností bylo 3 233 000 tun. Což znamená, že jeden obyvatel ČR vyprodukoval za rok 2012 cca přes 3 tuny domácího odpadu. Oproti celkovému množství se jedná o malý díl, avšak je nutné uvažovat tak, že se nejedná o problém jednotlivých zemí, ale celého světa.

Ovšem zbavení se odpadu není jednoduchá záležitost. Likvidace odpadů je většinou spojena se ztrátou zdrojů ve formě energií a materiálu. Likvidace odpadů může mít nevhodné důsledky na životní prostředí, a to v mnoha formách, např. nesprávné spalování odpadů může vést k emisnímu znečištění ovzduší. Sklárky zabírají mnoho prostoru, mohou znečišťovat vzduch, půdu a následně i vodu. Je nutné se tedy pokusit snižovat produkci odpadů nebo využívat materiály recyklovatelné, popř. naložit s odpadem jako se zdrojem pro další produkci.

## 2.1 Odpady, jejich druhy a rozdělení

Odpady lze dělit dle mnoha různých hledisek. Např.:

### 1) Dle skupenství:

- pevné (stavební sutě, ocelové třísky, sklo, atd.)
- kapalné (použité oleje, kalová voda z těžeb, splaškové odpadní vody, atd.)
- plynné (emisní plyny spalovacích zařízení, plynné odpady jaderných elektráren, atd.).

### 2) Dle původu:

- odpady z těžby (kaly, hlušiny, strusky, atd.)
- průmyslové odpady (odpady po strojním zpracování, chemické odpady z výroby, stavební odpady, odpady ze zdravotnictví, odpady z jaderného průmyslu, atd.)
- zemědělské odpady (odpady rostlinné výroby, odpady živočišné výroby)
- komunální odpady (domovní odpady, kancelářské odpady, atd.).

### 3) Dle vlivu na člověka a životní prostředí

- nebezpečný odpad "NO"
- ostatní odpad "OO".

Jak bylo výše uvedeno, odpady se objevují v každém odvětví, což znamená, že druhů odpadů je mnoho a je nutno je kategorizovat z důvodu přehlednosti. *Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů)* [3] je popsán ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí, předpis č. 381/2001 Sb. Tato vyhláška kategorizuje 20 skupin odpadů (01 Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího zpracování nerostů a kamene; 20 Komunální odpady). Tyto skupiny jsou rozděleny do podskupin a následně do druhů odpadu, tedy:

- první dvojčíslí (skupina odpadu)

- druhé dvojčíslí (podskupina)
- třetí dvojčíslí (druh odpadu)
- \* nebezpečný odpad

*Např.:*

*01 Odpady z těžby nerostů*

*01 03 Odpady z fyzikálního a chemického zpracování nerostů*

*01 03 05\* Jiná hlušina obsahující nebezpečné látky*

*20 Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru*

*20 01 Složky z odděleného sběru*

*20 01 02 Sklo*

## **2.2 Nakládání s odpady**

Dle zákona 185/2001 Sb. [1] je odpad movitá věc, která se pro vlastníka stala nepotřebnou a vlastník se jí zbavuje s úmyslem ji odložit nebo která byla vyřazena na základě zvláštního právního předpisu.

Každý má při své činnosti povinnost předcházet vzniku odpadů, omezovat jejich množství a nebezpečné vlastnosti. Odpady, jejichž vzniku nelze zabránit, musí být využity nebo odstraněny způsobem, který neohrožuje lidské zdraví a životní prostředí v souladu se zákonem. Výrobce musí uvádět v návodu, na obalu nebo v dokumentaci výrobku, jak naložit s výrobkem či jeho částmi v případě likvidace.

V dnešní době je mnoho možností prevence vzniku odpadů.

Pro průmyslové odpady:

- správná údržba strojů a zařízení (např. odstranění netěstností),
- pečlivá práce, správná organizace, dodržování vhodného technologického postupu,
- přestup na nové a kvalitnější technologie za cílem zvýšení účinnosti a snížení odpadových produktů,
- třídění odpadů.

Pro komunální odpady:

- užívání recyklovatelných materiálů,
- třídění odpadů,



- využívání služeb sběrných dvorů a svozu nebezpečného odpadu.

Nakládání s odpady není vhodné řešit ve chvíli, kdy jsou odpady produkovány, ale již v samotném návrhu (generelu) podniku či provozu. To se netýká pouze průmyslových objektů, ale také měst a obcí. Nakládání s odpady, jinak řečeno odpadové hospodářství, má tedy za hlavní cíle předcházet nebo eliminovat vznik odpadů, a nakládat s odpady tak, aby byly maximálně využity jako druhotné suroviny a minimálně zátěžovaly životního prostředí a zdraví lidí. Nakládání s odpady se nezabývá pouze předcházením vzniku odpadů, ale také shromažďováním, přepravou a manipulací, skladováním, úpravou, využitím, zneškodňováním atd. Nakládání s odpadem je součástí zákona 185/2001 Sb. Část III. *Povinnost při nakládání s odpady.*



Obr. 1: Schéma odpadového hospodářství [4]

## 2.2.1 Shromažďování

Jedna z prvotních fází nakládání s odpady je jejich shromažďování. Odpad může být dnes v podstatě shromažďován ve dvou základních objektech:

- 1) skládky
- 2) sběrné dvory.

**Skládky** se dle archeologických průzkumů



Obr. 2: Skládka [5]

objevovaly již ve starověku ve formě odpadních jam. Jedná se o plochu, kde je trvale uložen odpad. V dnešní době se do tohoto typu zařízení shromažďuje nejčastěji komunální odpad. Dále mohou být skládky vybaveny prostorem na svoz separovaného odpadu. Na těchto skládkách mnohdy probíhá ruční odtrídění různých typů skel a plastů (např. ruční odtrídění barevného a bílého skla).

Skládky mohou být ale také rozděleny dle typu shromažďovaného odpadu. Jako hlavní typy by bylo možno zmínit skládky inertního odpadu, skládky nebezpečného odpadu, skládky biologického materiálu (kompostárny). Skládky většinou působí pouze jako dočasné překladiště odpadů, které jsou dále transportovány do zařízení pro jejich zpracování.

**Sběrné dvory** jsou zařízení pro uložení odpadového materiálu, který je již v odtríděné formě. Materiál (odpad) je tedy možno rovnou využít k recyklaci, popř. s odpadem naložit dle zákona, což většinou znamená nechat jej transportovat na skládku, nebo do zařízení k tomu určené. Sběrné dvory jsou ve správě obce, ve které se nachází, a uložení většiny odpadů bývá pro obyvatele obce zdarma, popř. za poplatek. Obecně se sběrné dvory dělí do 5pěti úrovní [7].



Obr. 3: Sběrný dvůr [6]

#### 1. Úroveň

Jedná se o sběrné dvory se sběrem základních surovin. Tyto dvory disponují kontejnery na papíry, plasty, sklo a textil.

#### 2. Úroveň

Tyto sběrné dvory disponují kontejnery na separaci plastu, papíru, skla, textilu, ale také železného šrotu, neželezného šrotu, kontejnery pro biodpad, který je možno využít ke kompostaci. Do těchto zařízení je možno odkládat pouze "OO". Vyskytuje se zde již základní administrativa.

#### 3. Úroveň

Stejné zařízení jako 2. úroveň navíc obohacené o dřevo a objemové odpady. Většinou disponují kontejnery na inertní odpad a je zde možno odkládat již některé druhy nebezpečného odpadu.

#### 4. Úroveň

Tato úroveň disponuje velkými skladovacími prostory a nutným mechanizačním zařízením.

#### 5. Úroveň

Centra zajišťující převzetí všech roztříděných materiálů. Tato centra disponují oddělením

pro použité předměty, které jsou po jednoduché opravě opět schopny provozu (jednoduchá mechanická a elektronická zařízení). Tyto provozovny často disponují vlastním lisem.

Pozn.

Některé druhy již separovaného odpadu (např. kontejnery pro plast, papír a sklo z obcí) mohou být transportovány rovnou k subjektu, který zajišťuje jejich zpracování. Odpadá tedy nutnost skladování na skládkách či ve sběrných dvorech.

## 2.2.2 Přeprava a manipulace

Jedním s hlavních představitelů pro převoz maloobjemového odpadu je popelářský vůz. Jedná se o speciálně upravený vůz (nákladní automobil). Tyto vozy jsou schopny převážet jak komunální odpad, tak i odpad separovaný. Podstatou je zdvižné zařízení, které zdvihá a vyklápí odpadní nádoby (popelnice) do uzavřené korby. Korba disponuje mechanickým zařízením pro posun odpadu k čelu korby a případně i lisem. Tento systém je často využíván ve městech a obcích.

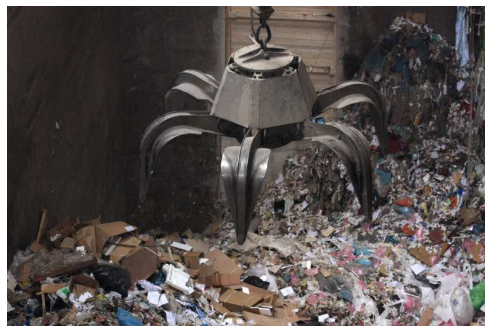


Dalším představitelem pro přepravu materiálu je přeprava samotného objemového kontejneru. Princip spočívá v použití nádoby podobné otevřené korbě (v některých případech uzavřené s výklopnými výky), která je hydraulickou rukou, která je součástí transportního vozu, zvedána na tento vůz. Tento způsob bývá využit při přepravách stavebních odpadů, velkoobjemových odpadů a hlavně kontejnerů ve sběrných dvorech.

Obr. 4: Popelářský vůz pro svoz KO [8]

Výše uvedené způsoby jsou určeny pro přepravu na malé vzdálenosti. Přeprava na dlouhé vzdálenosti je uskutečňována pomocí kamionů, kolejové dopravy, letecké dopravy či eventuelně lodní dopravy.

Manipulaci s odpadem v malých provozech zajišťují nejčastěji hydraulické nakladače a drapáky. Ve větších provozech se využívá lanový drapák (jeřábová konstrukce) s hydraulickými polypovými čelistmi, kdy je každá čelist ovládána samostatně. Speciálními zařízeními pro manipulaci jsou břemenové elektomagnety. Ty lze použít pro přepravu třísek a kovových částí. Podmínkou je, že se musí jednat o feromagnetické kovy.



Obr. 5: Čelistový drapák pro manipulaci [9]

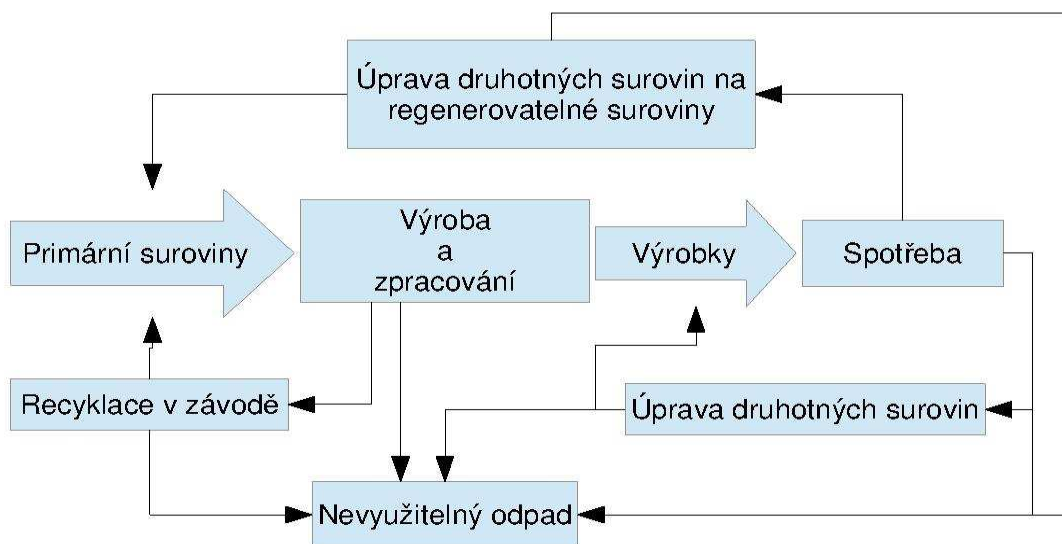
### 2.2.3 Skladování

Otázkou skladování odpadu se zabývá *Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 383/2011 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady § 7.*

Typ skladování záleží hlavně na typu odpadu, který je skladován. Odpad může být skladován volně na zemi, v přístřešku, v nádržích, kontejnerech, atd. Základ je tedy, v jakém skupenství se odpad vyskytuje a jaké jsou jeho vlastnosti a nebezpečnost. Odpad musí být skladován tak, aby nedošlo k poškození životního prostředí a zdraví osob. Vyhláška udává základní technické požadavky na skladování, jako např. že skladovací plochy musí být vzájemně oddělené a utěsněné tak, aby nedocházelo k míšení odpadů různých druhů. Udává, že provozovna musí zajistit bezpečnou manipulaci s odpady atd.

### 2.2.4 Úprava a recyklace

Úprava odpadu je jedním ze základních tématů, jak odpady využít, neboť odpad nelze využít okamžitě, ale musí být patřičně upraven. Ideální stav by nastal v okamžiku, kdyby se pro výrobu využívaly pouze recyklovatelné materiály. To ale neznamená, že proces recyklace je vždy stoprocentně výhodný. Naopak má proces recyklace i řadu nevýhod. Recyklace je definována jako využívání výrobních a spotřebních odpadů, látek a energií v původní nebo pozměněné formě, bez ohledu na místo nebo čas vzniku odpadu a jeho použití. Princip recyklace je znázorněn níže (Obr. 6).



Obr. 6: Schéma principu recyklace [10]

Mezi hlavní výhody recyklace patří úspora prvotních surovin, což má za následek snížení nutnosti těžby, což vede k nedestrukci životního prostředí. Ve většině případu jsou náklady na

spotřebu energie při výrobě z druhotných surovin nižší, než při výrobě ze surovin prvotních. Zpravidla bývají i nižší náklady na odstranění nevyužitelných odpadů z druhotných surovin. Recyklovatelnost má ale také své meze, což by se dalo považovat za nevýhody. Některé výrobky nelze vyrábět pouze z druhotných surovin, musí být tedy v určitém poměru využita i surovina prvotní. Všechny výrobky nelze kvalitně zrecyklovat. Na recyklovatelné materiály je kladen velký důraz na čistotu, která, pokud není splněna, vede k výrobě nekvalitních produktů. Nejdůležitějším aspektem pro odběratele je cena, která mnohdy přesahuje cenu výrobku z prvotní suroviny. Některé odpady navíc nelze recyklovat do nekonečna (např. papír lze recyklovat zpravidla max. 5 krát).

Je důležité ale zmínit, že, aby recyklace mohla úspěšně proběhnout, musí být odpady po jejich vyprodukování řádně roztríděny.

Co se týče úpravy odpadu pro další zpracování, záleží vždy na tom, o jaký odpad se jedná, jak má být dále zpracován a v jaké formě by měl pro toto zpracování být. Obecně lze úpravu materiálu roztrdit na dvě základní skupiny (drcení a třídění).

**Drcení** je činnost, kde je materiál mechanicky zdrobňován. Zařízení sloužící k drcení se nazývají drtiče. Tato zařízení jsou nejvíce užívána k technologickým úpravám nerostných surovin, jsou ale také užívána v oblasti úpravy odpadu. Základní typy drtičů jsou:

- čelistové
- kuželové
- kladivové
- hřídelové – nejčastěji využívané zařízení pro drcení odpadu
- atd.

**Třídění** je činnost, jehož podstatou je rozdělit směs materiálu na určité frakce (převážně dle velikosti), které mají dále své praktické využití. Zařízení sloužící k třídění se nazývají třídiče. Tato operace je opět často užívána v oblasti nerostných surovin, ale častěji je užívána v oblasti odpadů. Základními typy třídičů jsou:

- vibrační
- pohybové rošty
- gravitační
- bubnové
- magnetické
- vzduchové
- hvězdicové.

Nejčastější třídící stroje pro třídění odpadů jsou stroje vibrační, vzduchové, magnetové

a hvězdicové. Třídění nemusí probíhat vždy pouze strojně, ale může být uskutečňováno také ručně ve speciálních separátorech pro ruční třídění.

Výše uvedené operace jsou základními, materiál může být dále sušen, mlet, briketován, peletizován atd. Vždy záleží na tom, v jakém stavu jej zpracovatel, který jej bude dále užívat, vyžaduje.

## 2.2.5 Využití a zneškodňování

Využití a zneškodňování jsou konečné body při nakládání s odpady. Využití odpadů je definováno v příloze č. 3 Zákona o odpadech, *způsoby a využívání odpadů*. Tato příloha obsahuje 13 bodů (R1 – R13), jak kategorizovat využití odpadů. Zneškodňování (odstraňování) odpadů je definováno v příloze č. 4 Zákona o odpadech, *způsoby odstraňování odpadů*. Tato příloha obsahuje 15 bodů (D1 – D15), jak kategorizovat zneškodnění odpadů.

Je důležité učinit rozdíl mezi využitím a zneškodněním. Využitím se rozumí, že je odpad dále užít pro konkrétní produkci i za cenu, že bude trvale zlikvidován. Naopak zneškodnění je proces, kdy je odpad uložen, nebo zlikvidován bez dalších pozitivních přínosů. Jako zajímavější, ačkoliv složitější varianta, se volí využití odpadů. Využití se dá obecně rozdělit na materiálové a energetické.

Materiálové využití je takové, kdy je náhrada prvotních surovin získána z odpadů, které se označují za suroviny druhotné (viz recyklace výše), ale nikdy neslouží k získání energie.

Energetické využití naopak neužívá odpad jako surovinu pro výrobu, ale jako zdroj energie (palivo). Odpadem lze tedy nahradit výrobu tepla nebo elektřiny. Zařízení pro tento účel se nazývá spalovna odpadů. Jako spalovací paliva pro tato zařízení se nejčastěji užívá komunální odpad, průmyslové odpady nebo např. odpady ze zdravotnictví. V České republice operují 3 spalovny komunálního odpadu, a to v Praze, Brně a Liberci. Momentálně probíhá stavba spalovny komunálního odpadu v Chotíkově u Plzně. Dále je po celé ČR mnoho zařízení pro spalování odpadu a zařízení pro energetické využití odpadu. Jedná se převážně o cementárny, vápenky, malé tepelné elektrárny atd.



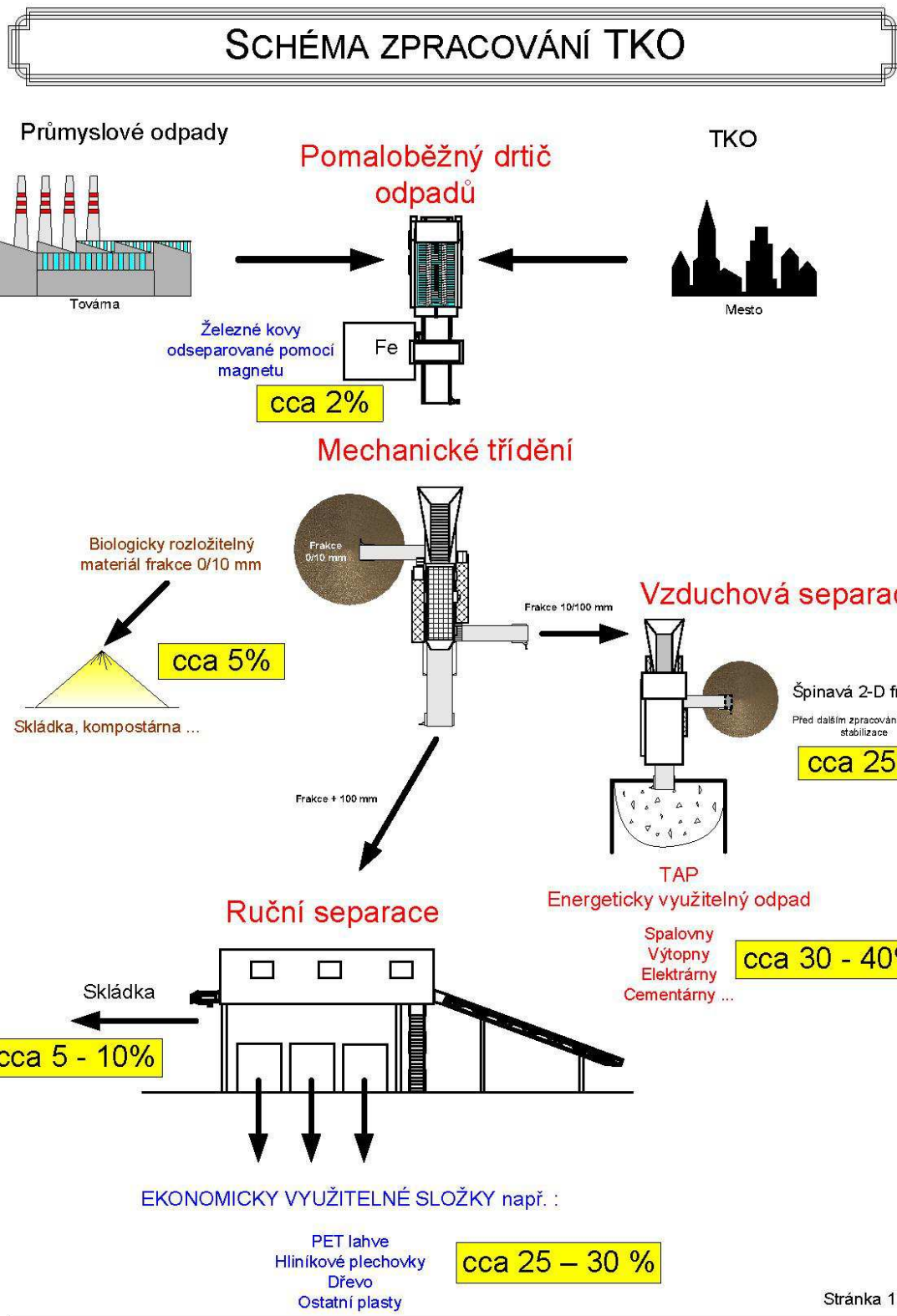
## 3 Zpracování tuhého komunálního odpadu Hydrex s.r.o. Žilina

Pro popsání provozu linky na zpracování komunálního odpadu firmy Hydrex s.r.o. a následné nalezení nedostatků a problémů, je nutné nejdříve jednoduše vysvětlit princip takového zpracování a zabývat se nejen hlavním výstupem, ale i výstupy vedlejšími. Po tomto seznámení bude detailně popsána provozovna v Žilině.

### 3.1 Zpracování TKO

Jak již název napovídá, tak vstup pro proces zpracování je tuhý komunální odpad, a to nejčastěji z měst či obcí nebo z průmyslové výroby. Provozovna na zpracování má tři možnosti, jak tento vstupní materiál získávat. Za prvé lze odpad získat tak, že firma provozuje vlastní svoz KO. Za druhé může provozovna vykupovat odpad od společnosti zařizující svoz, takže tato společnost nevozí odpad na skládku, ale vozy s nástavbou odváží nasbíraný odpad rovnou do provozovny na zpracování. Za třetí si provozovna může dovážet nebo nechává dovážet odpad ze skládky.

Odpad je v první fázi drcen nejčastěji v pomaloběžném drtiči odpadů. Není vhodné plnit drtič bezmyšlenkovitě, ale zkontrolovat, zda ve vstupním materiálu není třeba také odpad objemový. Může se stát, že se v materiálu nachází velké části ze stavebního odpadu, nevhodně velké kusy dřevních hmot atd. Po nadrcení se odseparují železné kovy pomocí magnetu. Následně je materiál dopraven na mechanické třídění. Ve své podstatě je nadrcený materiál rozdělen na tři základní frakce. Největší frakce je nejčastěji 100 mm a větší a je již se dále nevyužívá. Jedná se o odpad, který se nenadrťí nebo i po nadrcení je jeho rozměr pro další zpracování nemožný. Nejmenší frakce (nejčastěji 0 - 10 mm) jsou drobné části, které se nazývají biologicky rozložitelný materiál. Tento produkt se užívá jako kompost, slouží k zasypání skládkové jámy atd. Prostřední frakce (10 - 100 mm) je dopravena na třídič, který disponuje vzduchovým zařízením (tzv. vzduchová separace). Materiál, který vzduchový třídič neodseparuje je ve většině případů exportován na skládku. Materiál, který je odseparován vzduchem, je již výsledným nejdůležitějším výstupem procesu, což je tuhé alternativní palivo (TAP). Jedná se o hmotnostně nejlehčí složky z odpadu.



Obr. 7: Schéma zpracování TKO



## 3.2 Tuhé alternativní palivo (TAP)

Tuhé alternativní palivo (dále už jen TAP) nebo také z angličtiny SRF (soil recovered fuel) či RDF (refuse derived fuel) je velmi zajímavá a ve světě využívaná alternativa paliva, která je popsána v normě ČSN EN 15357.

Spotřeba energie roste, cena fosilních paliv se zvyšuje a některé země (jako např. Česká republika) nemohou z důvodu své lokality spoléhat na přírodní zdroje energie z větru a vody. Výroba (odseparování) takového materiálu z KO a jeho spálení vede k výrobě energie (nebo tepla) a ke snížení množství ukládaného odpadu na skládkách. Jedná se o lehké spalitelné složky s nízkou vlhkostí, které bývají dle Ministerstva životního prostředí (zákon 357/2002 Sb.) označovány jako vláknenné chmýří. V podstatě se jedná o směs papírů, plastů, textilů atd. Výhodou TAP je jeho tepelná výhřevnost, která má podobné hodnoty jako výhřevnost hnědého uhlí. Tento materiál se dá dlouhodobě skladovat a jeho nízká měrná hmotnost a možnost briketování (či peletování) zaručuje jednoduchou manipulaci. Je důležité zdůraznit, že se nejedná o spalování samotného odpadu, jak se většina lidí domnívá (což poté vede k velkému odporu ze strany veřejnosti). TAP je pouze spoluspalováno v daném poměru s primárním palivem.

Obecně se rozlišují dvě kvality TAP. První variantou je čistější TAP kvality A. Druhou variantou je TAP kvality B. [11]

### **TAP-B**

TAP kvality B je špinavější a méně kvalitní varianta. Základní charakteristikou tohoto materiálu je, že vzhledově stále připomíná odpad. Komunální odpad, ze kterého je TAP zpracováno, projde pouze základním tříděním, které zahrnuje odstranění magnetických kovů a jednoduché síťování. Tento materiál tedy obsahuje spoustu nežádoucích příměsí, což ovlivňuje jeho využití. Nejčastěji je tento materiál spalován ve spalovnách komunálního odpadu. Dále je možno tento materiál bezproblémově spálit v monozdrojích, popř. kotlích s cirkulujícím fluidním ložem.

Výhřevnost	12,5 - 18 [MJ/kg]
Obsah popela	do 20 [%]
Cl	do 1 [%]
Obsah inertu	1 - 2 [%]
Velikost částic	do 250 [mm]

Tabulka 2: Vlastnosti TAP kvality B

### **TAP-A**

TAP kvality A je čistější a podstatně kvalitnější varianta. Základní charakteristikou tohoto materiálu je, že vzhledově již nepřipomíná odpad, ale pouze směs lehkých spalitelných složek. Této podoby se dosáhne kvalitnějším tříděním (mechanickým, vzduchovým atd.) a sekundárním či terciálním drcením. Díky tomuto zpracování obsahuje materiál méně nežádoucích příměsí, a tím je tedy zajímavější pro více odběratelů a může být užit i tam, kde spalování přímo ovlivňuje kvalitu produktu. Materiál může být využíván v elektrárenských zařízeních, teplárenských zdrojích, ale

také v cementárnách, vápenkách atd.

Výhřevnost	Více než 20 [MJ/kg]
Obsah popela	do 12 [%]
Cl	Do 0,8 [%]
Obsah inertu	1 - 2 [%]
Velikost částic	do 50 [mm]

Tabulka 3: Vlastnosti TAP kvality A

### 3.3 Analýza stávajícího stavu

Tato kapitola se zabývá popisem stávajícího stavu linky na zpracování TKO v Žilině. Analýza je zaměřena na technologický a technický směr, kdy jejím výsledkem je nalezení nevýhod a nedostatků linky. Projekt provozovny na zpracování tuhého komunálního odpadu v Žilině byl uskutečněn díky spolufinancování z *Kohézného fondu Evropské unie v rámci Operačního programu Životné prostredie*. Projekt lze najít pod názvem *Intenzifikácia zhodnotenia a energetického využitia komunálneho odpadu*. Výstavba projektu trvala necelý rok a byla ukončena 29. 2. 2012 při celkových nákladech 5 133 458,06 EUR. Ačkoliv je provozovna relativně nová, tak provoz není bezchybný a objevují se zde nedostatky, které se projeví až při samotném provozu.

Linka se nachází v zastřešeném halovém objektu, jehož délka je 120 metrů a šířka 20 metrů. Jedná se o konstrukci z ocele a betonu, která je po celé své délce opatřena několika ocelovými vraty. V prvních 70ti metrech objektu se nachází převážně technologická část (dále i skladovací a manipulační), v dalších padesáti metrech se nachází pouze část skladovací (viz výkres č.1). Každá strana po délce objektu má rozdílnou výškovou úroveň. Jižní strana sloužící hlavně pro manipulaci a přístup do objektu je v hlavní (nulové) úrovni (+/- 0.000). O 4 metry výše je



Obr. 8: Skladovací plocha (plocha pro svoz) vstupního materiálu



Obr. 9: Pomaloběžný jednohřídelový drtič Termonator 3600 E

zvednuta úroveň severní strany (+ 4.000), kde je skladován vstupní materiál, který je do objektu dopravován nákladními vozy s přístavbou. Firma disponuje vlastními vozy, které sváží odpad z města Žiliny a okolí. V této úrovni a skladovací části se nachází vstup do linky. Linka ročně zpracuje přibližně 30 000 tun komunálního odpadu. Je však schopna pojmout kapacitně až 50 000 tun odpadu ročně. Linka nepracuje na principu směnného provozu. Nejdříve se vyčká na nahromadění určitého množství komunálního odpadu a až poté se linka uvádí do provozu.

V betonové podlaze se nachází průchozí otvor, do tohoto otvoru je materiál pomocí nakladače vhašován. Na dně tohoto otvoru (již v úrovni +/- 0.000) se nachází pomaloběžný drtič Terminator 3400 E (Komptech) (Obr. 9), na kterém probíhá primární drcení. Je důležité, aby pracovník který nakladač obsluhuje, plnil drtič rozumně, aby nedocházelo k přehlcení či zasekávání drtiče, popř. poškozování drtících segmentů. Odpad může totiž obsahovat nepřiměřeně velké částice (kusy kovů, dřeva, stavebních sutí atd.). Tento drtič pracuje na principu točící se hřídele, která je osazena drtícími segmenty, jejichž polohu lze měnit dle velikosti drceného materiálu (odpady, dřevní hmoty atd.). Pomocí hydraulicky ovládaných klapek, které jsou také osazeny drtícími segmenty a nacházejí se podél hřídele, lze nastavovat velikost nadrcených částic. Hřídel je hnána elektromotorem s možností nastavní otáček. Nejdůležitějším parametrem je výrobní výkon, který se pohybuje do 50 [t/hod]. Tento výkon je pouze teoretický, skutečný výkon, který je drtič schopen v tomto případě dosáhnout je 30 [t/hod] (velikost výrobního výkonu je však omezena vstupním materiálem a jeho vlastnostmi).

Nadrcený materiál je následně pomocí dopravníkového pásu dopravován na primární diskový třídič Flowerdisk FD 80 o délce 6080 [mm] a šířce 1200 [mm], což zajišťuje třídící plochu 7,3 [m<sup>2</sup>]. Na počátku třídící skříně je zavěšen elektromagnetický separátor, který má za úkol odstranit všechny feromagnetické kovy. Tento separátor vypadá jako dopravníkový pás. Materiál je vystaven magnetickému poli a tím je přitahován k plášti. K jeho oddělení dojde až ve chvíli, kdy se plášť otáčí okolo bubnu a materiál se dostane mimo magnetické pole. Kovy po oddělení padají do skluzu a volně leží na zemi, kde jsou dále ručně nakládány a transportovány. Materiál



Obr. 10: Flower disk

odseparovaný od kovu je dále transportován na výše zmíněný flower disk. Tato technologie kombinuje vysokou propustnost a selektivitu. Jedná se o za sebou uložené rotující hřídele s robustními ocelovými disky ve tvaru květiny (Obr. 10). Materiál je po těchto rotujících diskách transportován a zároveň načechráván, tudíž dochází ke kvalitnímu roztrhání. Propad probíhá v mezerách mezi disky. Výhodou tohoto třídiče je jeho relativně neustálá čistota. Pracovní výkon tohoto stroje činí do 100 [t/hod] a jeho propad je od 80 [mm] do 100 [mm]. Materiál je tedy odtrhán na dvě frakce. Rozsah první frakce (která třídičem propadne) je 0 - 100 [mm]. Rozsah druhé frakce (která třídičem nepropadne) je 100 - 400 [mm].

Nižší frakce, která propadne na flowerdisku je pomocí dopravníkového pásu transportována na hvězdicové síto Multistar 2-SE 10/25. Tento třídič o délce 5985 [mm], šířce 1200 [mm] a užité třídící ploše 7,2 [m<sup>2</sup>] je schopen dosáhnout třídícího výkonu 180 [m<sup>3</sup>/h] a pracuje na podobném principu jako výše zmíněný flowerdisk. Rozdíl nastává v třídících segmentech. Zatím co u flowerdisku se jedná o ocelové segmenty, tak zde tvoří třídící prvky gumové hvězdice, které jsou osazeny na hřídeli velmi blízko u sebe. Třídící skříně je pro lepší protřídění naklopena tak, že je materiál transportován „do kopce“.



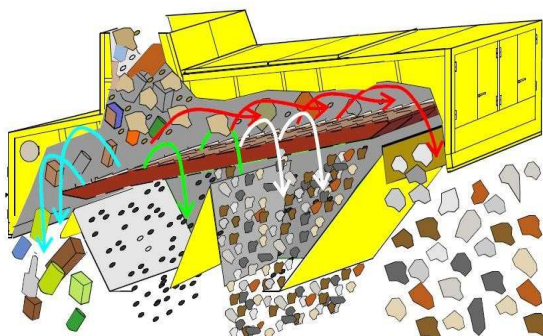
Obr. 11 Znečištěné hvězdice (Starscreen)





Obr. 12: Kritický stav hvězdicových sít

Jedná se o jednu z neúčinnějších metod, jak separovat organický odpad. Hvězdice jsou v tomto případě nastaveny na propad 25 [mm]. Je zde ale celkově velmi zajímavý systém nastavení propadu. Zatím co u třídících pracujících na principu síť je nutno na každou frakci síta měnit, zde se pouze reguluje rychlost otáček. Čím rychleji se hvězdice točí, tím menší frakce propadne. Produkt, který hvězdicemi propadne je biologicky rozložitelný materiál (BRM). BRM propadá volně pod třídič do ze tří stran uzavřené kóje, aby bylo možno materiál jednoduše nabrat na nakladač. Zde nastává první problém. V tomto místě pod hvězdicovým třídičem není dostatek místa pro manipulaci s nakladačem. Manipulace možná je, ale velmi omezeně a je vyžadována vysoká opatrnost. Dobré manipulaci nejvíce brání betonová stěna, která slouží jako kój pro materiál, který hvězdicovým třídičem nepropadne (nadsítané). Nadsítané o hodnotě 25 – 100 [mm] se nazývá špinavá 2-D frakce. Zde nastává další problém tohoto technologického uzlu. Špinavé 2-D frakce je přibližně 25 [%]. Při produkci 30 000 tun odpadu ročně se jedná o 7500 tun špinavé 2-D. Tato frakce je již dále nevyužita z důvodu její vysoké vlhkosti a je odvážena na skládku. Tento materiál je nejdříve transportován pomocí nakladače z kóje do levého severního bodu budovy, kde je skladován, a dále při nahromadění opět transportován nakladačem do vozu, který zajistí přepravu na skládku. Vznikají tedy vysoké náklady na manipulaci, transport a uskladnění na skládce. Třetím problémem tohoto technologického uzlu je samotný hvězdicový třídič. Z důvodu tvaru třídících prvků a rotujícímu pohybu se tato třídící skříň velmi špiní. Na hvězdice se namotává materiál, který se poté musí složitě odstraňovat (viz Obr. 11 ,Obr. 12).



Obr. 13: Gravitační třídění - Ballistor

Materiál, který flowerdiskem nepropadne (nadsítané) o frakci v rozmezí 100 – 400 [mm] je transportován pomocí dopravníkového pásu na gravitační třídič Ballistor 6300 E. Jedná se o třídič o délce 7475 [mm] a šířce 3250 [mm] při třídící ploše 14,4 [m<sup>2</sup>], jehož hlavní specifikací je, že je schopen roztřídit materiál na 4 frakce při pracovním výkonu 100 [m<sup>3</sup>/hod]. Tento třídič má opět



Obr. 14: Síťové elementy Ballistor

náklon nastavený tak, že materiál po třídící ploše „skáče do kopce“. Vstupní materiál je dopravníkovým pásem transportován do násypky, odkud materiál vstupuje na třídící plochu. Třídící segmenty (sítové elementy) zde tvoří gumové prvky konající přímočarý kmitavý pohyb s otvory dle požadované frakce (v tomto případě nastaveno na 0 - 25 [mm]), které jsou v provozovně v Žilině po celé ploše. V jiných případech je ale možno síťovou plochu rozdělit na dvě různé frakce, jak lze vidět na Obr. 13 (zelené a bílé šipky). Tento materiál, který v Žilině propadne síťovou plochou je BRM, jehož podíl z celkového množství je



přibližně 5 [%]. Materiál (3-D), který je příliš těžký a jeho částice se pohybují v hodnotách 100 - 400 [mm], se z důvodu opačného náklonu třídíče vrací zpět a vypadávají pomocí skluzu na dopravníkový pás, odkud jsou transportovány do kontejnerů mimo objekt. Zde nastává další nedostatek linky. 3-D frakce je z celkové produkce zastoupena v hodnotě přibližně 25 [%], což je 7500 tun ze vstupního materiálu (30 000 tun). Tento materiál již není dále zpracováván a je odvážen na skládku, což vede k finančním nákladům za transport a uložení na skládce. BRM opět volně padá do kóje pod třídíčem. K této kóji je lepší přístup než pod hvězdicovým třídíčem, ale opět vznikají náklady na transport pomocí nakladače.



Obr. 15: Terciální drtič Razor 5400

Poslední frakce o hodnotě 25 - 100 [mm] (nadsítné třídíče Ballistor) je obchodně nazývána 2-D. Jedna se již o výchozí surovinu pro tuhé alternativní palivo, která tvoří 40 [%] z celkové produkce (12 000 tun). Tento materiál je transportován pomocí dopravníkového pásu na terciální drtič Razor 5400 (Obr. 15). Jedná se o vysokorychlostní drtič, který je schopen dosáhnout teoretického pracovního výkonu 15 [t/hod]. Skutečný výkon činí 8 [t/hod]. Materiál je dopravován do násypky, odkud padá do plnicí části, která je tvořena plnicími šrouby, které

rovnoměrně plní sekací část drtiče. Sekací část je tvořena rotorem, který je třemi síťovými segmenty rozdělen na 18 řádků obsahujících břity pro sekání materiálu na rozměr (frakci) 40 [mm]. Finální velikost TAP tedy činí 25 - 40 [mm]. TAP je dále z terciálního drtiče pomocí dopravníkového pásu dopravováno a zároveň haldováno ve skladovací části (viz výkres Rozložení ploch). Dopravníkový pás je stacionární a relativně krátký, což vede ke skutečnosti, že je materiál stále nakladačem transportován do zadních částí skladovacích prostorů, čím vznikají náklady na manipulaci s materiálem, která v tomto případě probíhá několikrát. Manipulace s tímto materiálem je



Obr. 16: Skladování TAP



Obr. 17: Vzduchová separace (pohled na linku)

sice jednoduchá z hmotnostního hlediska, ale z hlediska objemového již nikoliv.

Jak již bylo výše zmíněno, často se pro zpracování tuhého komunálního odpadu užívá vzduchová separace. Linka v Žilině je touto separací také vybavena. Ve třetím technologickém uzlu (Starscreen) je nainstalována na konci hvězdicového třídíče. Tato separace má za úkol odsávat lehké částice ze špinavé 2-D frakce a vzduchem je transportovat na dopravníkový pás před terciálním drtičem, který transportuje 2-D. Skutečností je, že vlhkost materiálu špinavé 2-D je příliš vysoká a vzduchové třídění



odseparuje pouze minimální množství, a to pouze v letních dnech, což vede k finančním ztrátám.

Linka po zpracování TKO tedy vyprodukuje 4 frakce (viz obrázky níže). Dvě z těchto frakcí, které tvoří 50 [%] z celkové produkce, jsou dále nevyužívány.

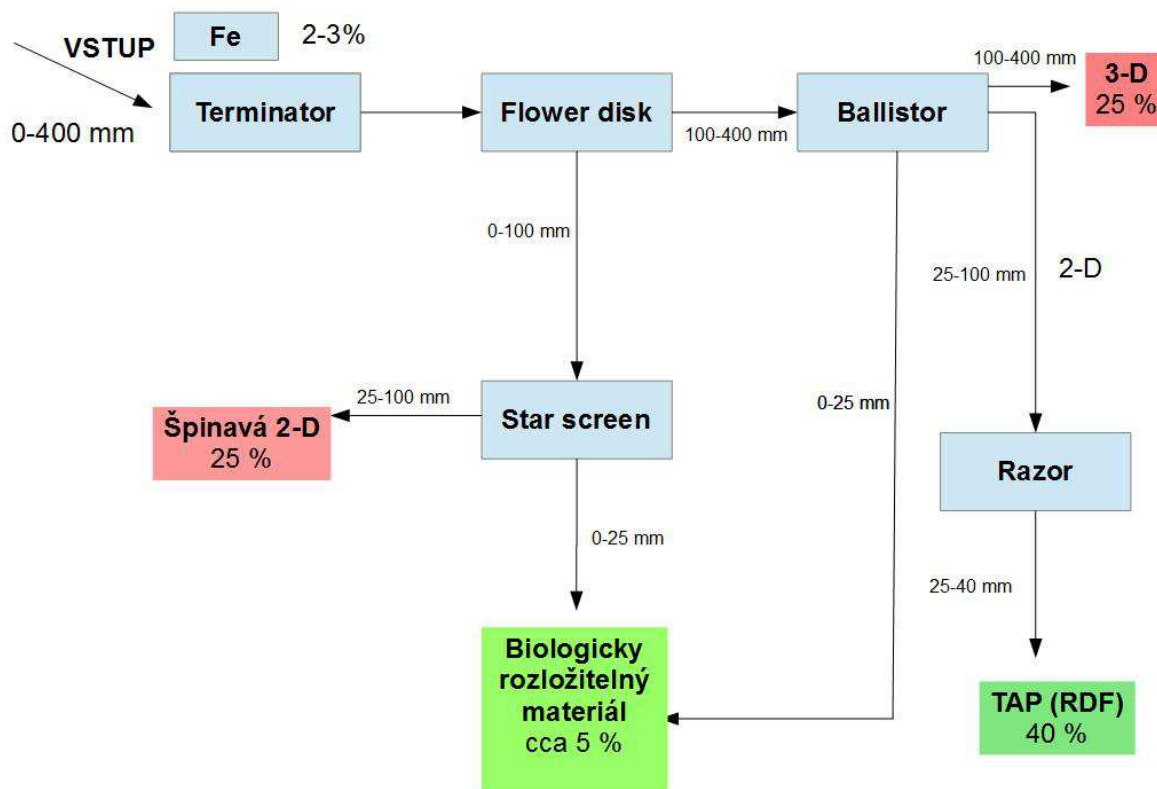
Jak již bylo výše zmíněno, tak linka je relativně nová. Během analýzy stávajícího stavu byly nalezeny nedostatky, které zapříčiňují zbytečné finanční ztráty. Pro detailnější rozebrání poslouží SWOT analýza níže.

### 3.3.1 Výsledné produkty



Tabulka 4: Snímky výsledných produktů

### 3.3.2 Schéma stávajícího stavu



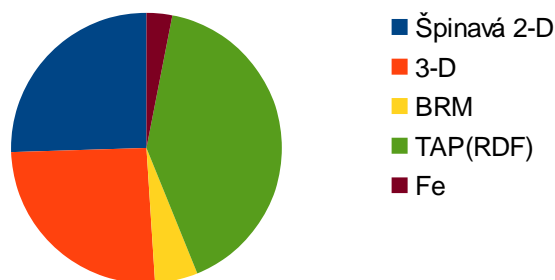
Obr. 18: Schéma stávajícího stavu

Schéma na obrázku výše znázorňuje toky materiálů v současném stavu. Červeně zvýrazněné výsledné produkty jsou takto znázorněny z důvodu jejich následného nevyužití. Zeleně zvýrazněné produkty jsou naopak dále využívány. Z výše uvedeného schématu je tedy vidět, že přibližně 50 procent z celkové produkce je nevyužívána.

Produkt	[%]	[t]
Špinavá 2-D	25	7500
3-D	25	7500
BRM	5	1500
TAP(RDF)	40	12000
Fe	5	1500

Tabulka 5: Hodnoty výsledných produktů

Graf hodnot výsledných produktů



### 3.4 SWOT analýza stávajícího stavu

SWOT analýza je taková analýza, která slouží ke zkoumání současného stavu podniku za účelem zlepšení strategie či fungování podniku. Princip spočívá ve vytvoření tabulky a její rozdělení na čtyři základní části, které zkoumají silné stránky a příležitosti podniku a naopak slabé stránky a hrozby, které mohou podnik ohrozit v budoucnosti. Vytvořením této tabulky vzniká snadnější a přehlednější představa o současném stavu a přehlednost. Snahou této analýzy by mělo být silné stránky a příležitosti uskutečňovat a slabé stránky a hrozby naopak eliminovat. SWOT analýza se běžně užívá na podnikovou stránku firmy. V tomto případě bude užitá na podnikovou část, a také na část technickou a provozní, jelikož se jedná o relativně malou provozovnu, která je závislá hlavně na strojích, které jsou nutné k jejímu provozu.

SWOT	
Silné stránky	Slabé stránky
Dostatečný halový prostor v dobré lokalitě	Manipulace, transport, skládkování špinavé 2-D
Relativně nová zařízení	Transport a manipulace s BRM
Finanční příspěvky od státu a dotace	Složité čištění hvězdicového třídiče
Vlastní svoz odpadu	Nevyužití 3-D
Vysoká výrobní kapacita	Nevyužití 2-D
Nízká konkurence	Zbytečná vzduchová separace
	Sériově řazený systém
	Manipulace, transport, skladování TAP
Příležitosti	Hrozby
Spolupráce s Finlay CZ s.r.o.	Zvýšení ceny energií
Využití maximální výrobní kapacity	Neudělení finančních příspěvků
Využití TAP jako zdroj energie	Negativní přístup veřejnosti
Využití špinavé 2-D	Vstupní materiál
Využití 3-D	

Tabulka 6: SWOT analýza

Jako silné stránky podniku jsou zvoleny následující skutečnosti. Halový prostor, ve kterém se linka nachází, je dostatečně veliký. Do budovy je dobrý přístup, jelikož je osazena mnoha vraty. Objekt se nachází v blízkosti dálnice D3, tudíž se jedná o vhodnou lokalitu z hlediska dopravy vstupního a výstupního materiálu. Zařízení jsou relativně nová, dobře fungují a až na některé případy jsou jednoduchá na údržbu. Provozně jsou také v současné době udělovány finanční příspěvky na provoz. Firma disponuje vlastním svozem odpadu, tudíž si může korigovat množství vstupního materiálu. Výrobní kapacita momentálně není na maximu, je tedy možné zpracovávat i více materiálu. Z hlediska současného stavu výroby TAP je relativně nízká konkurence.

Jako slabé stránky podniku jsou zvoleny následující skutečnosti. S produktem špinavá 2-D je zbytečně mnohokrát manipulováno. Navíc z důvodu své vysoké vlhkosti je již pro zpracování



neužitečný, tudíž je odvážen na skládku. Vznikají finanční výdaje při manipulaci s materiálem v objektu, transportu na skládku a samotném uskladnění. Velmi podobně je na tom materiál 3-D s rozdílem zbytečné manipulace v objektu, jelikož je rovnou transportován z třídíče do kontejneru. Materiál je však plný produktů, které by bylo možné zrecyklovat, nebo je využít jako TAP. Dále je v objektu složitá manipulace s BRM. Dále je důležité zmínit problém špinění hvězdicového třídíče. V současné době linka nevyužívá plnou výrobní kapacitu, je tedy více času na údržbu, ale v případě využití plné výrobní kapacity, by tomu tak nebylo a mohly by vznikat prostoje a finanční ztráty z důvodu čištění stroje. Vzduchová separace je v této lince z důvodu vysoké vlhkosti špinavé 2-D zbytečná. V poslední řadě je jako nevýhoda stávajícího stavu brán sériově řazený systém. Ve chvíli dočasné ztráty jednoho technologického uzle musí být provoz zastaven.

Jako příležitosti podniku jsou zvoleny následující skutečnosti. Spolupráce s firmou Finlay CZ s.r.o., která ve svém sortimentu nabízí také třídíče do lomů a pískoven. Tyto stroje se dají s jistotou použít i v oblasti zpracování odpadů s uspokojivými výsledky. Firma také zastupuje společnost EDGE, která má ve svém sortimentu stroje pro rekultivace a zpracování odpadu. Dále je možno využívat výrobní kapacitu na plno a dokonce se jí pokusit navýšit. Následné využití špinavé 2-D a 3-D frakcí by vedlo ke zlepšení finanční stability podniku a ke zlepšení životního prostředí díky neukládání těchto produktů na skládku. Na závěr by se jako velmi zajímavá myšlenka nabízela možnost využití TAP přímo v podniku.

Jako hrozby podniku jsou zvoleny následující skutečnosti. Zvýšení cen energií může ohrozit finanční stabilitu podniku, což by mohla způsobit i ztráta finančních příspěvků od státu. Dále může být potencionální hrozbou negativní přístup veřejnosti. Demonstrace proti spalování komunálního odpadu by mohly ohrozit poptávku po TAP, což by vedlo k narušení finanční stability podniku. Na závěr byla zvolena jako hrozba vstupní materiál. V současné době je materiál svážen z města, kde je jeho složení přibližně stále stejné. V případě vysoké poptávky by bylo nutné zvýšit množství vstupního materiálu, což by mohlo vést ke svozu z vesnic a menších obcí, kde se v chladnějších dnech topí tuhým palivem, což vede ke vzniku popela, který je vhazován do nádob na komunální odpad. Tento vstupní materiál by byl pro výrobu TAP nezajímavý.

V odstavcích výše byla podrobněji rozebrána SWOT analýza. Další část diplomové práce se bude věnovat návrhem variantních stavů dle požadovaných kritérií.

## 4 Návrh variatních stavů

Tato kapitola se zabývá návrhem variatních stavů, jenž by měly sloužit k inovaci současného stavu linky na zpracování tuhého komunálního odpadu v Žilině. Nedostatky jsou probrány v kapitolách výše a shrnuty ve SWOT analýze.

Celkem jsou navrženy tři stavy. První stav je koncipován tak, aby jeho investiční náklady byly co nejnižší, což znamená, že zde nejsou použita nová speciální technologická zařízení, ale je pouze měněna dispozice stávajících součástí, jsou provdены drobné stavební úpravy, popř. pořízená nová zařízení pro transport materiálu. V tomto případě není podmínkou nutně eliminovat všechny nedostatky. Druhý variatní stav je koncipován tak, že předpokládané investiční náklady budou podstatně vyšší než v prvním variantním stavu. Předpokladem je nákup nových technologických i transportních zařízení. Hlavní podmínkou je maximální zlepšení současného stavu. Poslední variantní stav není zaměřen na úpravy linky, ale na návrh mobilního provedení linky na zpracování tuhého komunálního odpadu.

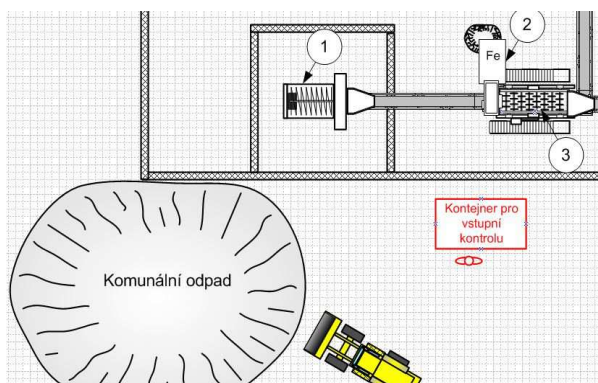
Výkresy variantních stavů jsou součástí přílohy. Červeně vyznačené objekty označují změny oproti stávajícímu stavu.

V popisu variantních stavů je zaznamenán pouze princip provozu. Materiálové toky, kapacitní výpočty navrhovaných transportních zařízení a podrobnější informace o nových zařízeních jsou popsány v kapitolách 4.5, 5.3 a 4.4.

### 4.1 První variantní stav

- První variantní stav je zakreslen ve výkresu č. 3, který je součástí přílohy.

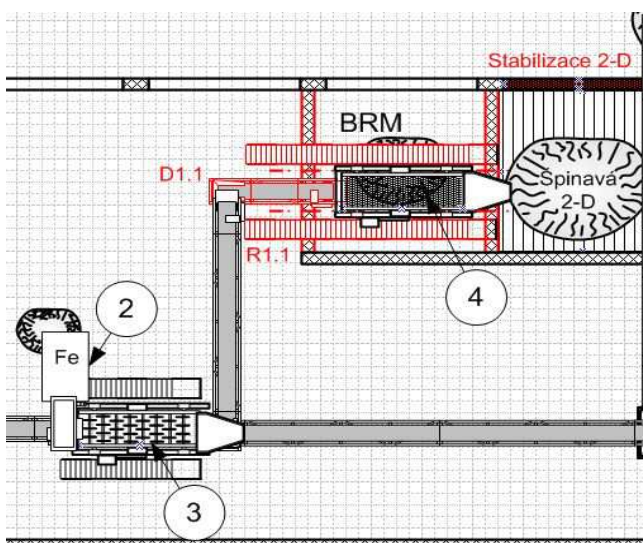
Začátek procesu v prvním variantním stavu je oproti původnímu stavu neměněn. Materiál je pomocí nakladače vhazován do otvoru ve výškové úrovni + 4000[m], na jehož dně v nulové úrovni je ustaven pomaloběžný drtič. U nakladače bude k dispozici pracovník, který bude konat kontrolu vstupního materiálu do linky (Obr. 19). Jeho úkolem bude ručně odstraňovat z haldy vstupního materiálu (popř. z nakladače) viditelné problematické složky, které by mohly ohrozit proces zpracování. Konkrétně se jedná o složky ohrožující proces drcení (sutě a jiné těžko drtitelné materiály) a složky, které znečišťují hvězdicová síta (stará lana, kobercová tkanina, provazové materiály atd).



Obr. 19: Vstupní kontrola

Materiál je po nadrcení transportován na flowerdisk, kde je odseparován jako ve stávajícím řešení. Podsítná frakce o velikosti 0 – 100 [mm] je transportována na hvězdicové síto. V tomto technologickém uzlu je navrženo hned několik změn. Původní kój, která sloužila jako "meziuskladnění" špinavé 2-D frakce je rozdělena na dvě menší kóje. Rozdělení je realizováno pomocí betonových tvárníc (ztracené bednění). Součástí betonové stěny jsou ocelové roxory, které zaručí dostatečnou pevnost. Rozdělení je uskutečněno tak, aby byl do obou kój

přístup vraty. Na levé kóji jsou dle stavebních pravidel uloženy ocelové nosníky (pravděpodobně tvaru I) a na těchto nosnících je ukotven hvězdicový třídič. Při realizaci ukotvení je nutné brát v úvahu mírné vibrace třídiče, které je nutné eliminovat. Eliminace vibrací bude dosaženo pomocí válcových silentbloků, které bývají v tomto oboru často užívány. K transportu z flowerdisku poslouží současný dopravníkový pás, který transportuje špinavou 2-D frakci do kóje. Z bezpečnostních důvodů, pro úkony servisu a údržby, bude nutné instalovat nový ochoz vytvořený na míru. Změnou této dispozice vznikne následující stav. Materiál, který propadne hvězdicovým sítem (biologicky rozložitelný materiál) propadne přímo do kóje pod třídičem. Tím je odstraněn problém se složitou manipulací a transportem. Materiál bude v této kóji hromaděn a při dosažení maximálního kapacitního množství, které je podstatně vyšší než v původním stavu, bude jednoduše nabrán pomocí nakladače a transportován na místo uskladnění.



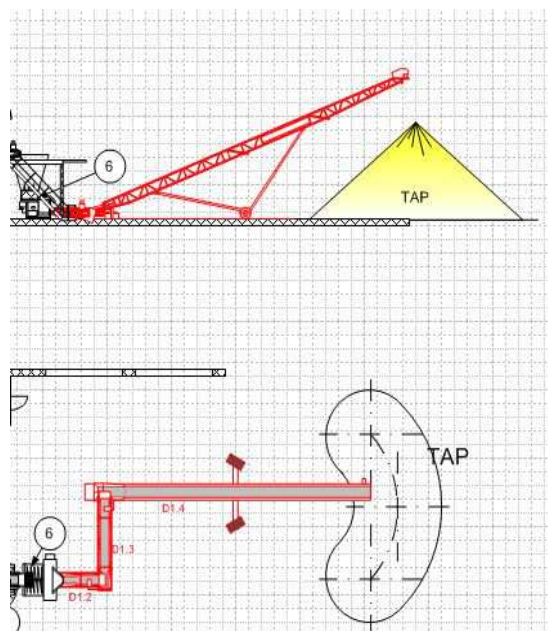
Obr. 20: Změna dispozice hvězdicového síta a stabilizace špinavé 2-D

2 - magnetický separátor; 3 - Flower Disk;  
4 - Multistar

čímž se pro výrobu TAP stává nevhodným. Výše popsanou úpravou dojde k jeho stabilizaci. Hlavní výhodou této úpravy materiálu je to, že není zapotřebí žádných externích zdrojů energie. Materiál je stabilizován samovolně. Stabilizovaný materiál bude pomocí nakladače transportován na vstup linky a proces třídění bude zopakován.

Nadsítný materiál na flowerdisku (frakce 100 - 400 [mm]) je jako v současném stavu přemísťován na gravitační třídič Ballistor, kde je odseparována nadsítná 3-D frakce, která je pomocí dopravníkového pásu odvedena do kontejneru mimo objekt. Podsítný materiál (TAP) je pomocí skluzu transportován do násypky rychloběžného drtiče Razor. Nadrcený materiál je pomocí dopravníku o délce 3 [m]

Nadsítný materiál (špinavá 2-D frakce) je pomocí ocelového skluzu samovolně transportován do druhé kóje. Tato kóje je stavebně upravena tak, aby sloužila ke stabilizaci materiálu. Dno kóje je opatřeno ocelovým roštem. Dalším krokem pro úpravu stabilizačního prostoru je odstranění současných vrat a instalace dvoukřídlých vrat, které nejsou plné, ale jsou tvořeny rámem, který je vyplněn ocelovým pletivem. Touto úpravou bude docházet ke stabilizaci špinavé 2-D frakce. Materiál bude díky vzdušnému prostoru ode dna, z přední části a vršku kóje větrat, čímž bude docházet k částečnému vysychání. Současným problémem tohoto materiálu je jeho poměrně vysoká vlhkost,



Obr. 21: Radialní dopravník EDGE

6 - Rychloběžný drtič Razor

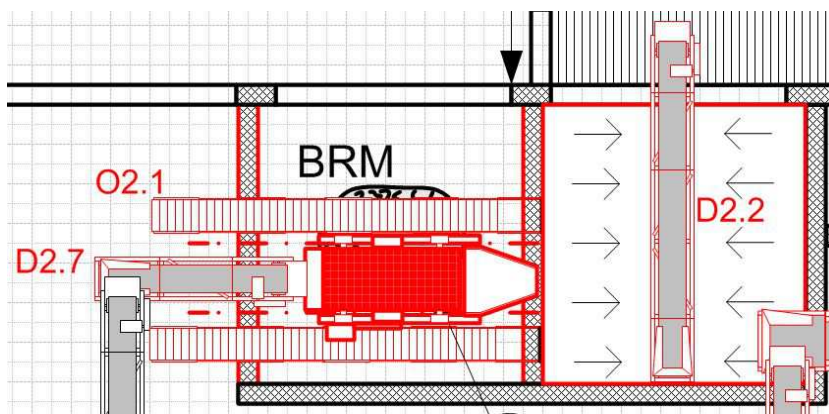
transportován na kolmý dopravník o délce 6,5 [m] do poloviny šíře haly. Z tohoto dopravníku bude materiál odveden na radiální dopravník délky 30 [m] od firmy Edge. Tento dopravník je schopen haldovat materiál do výšky 10 [m] a zároveň se radiálně pohybovat, čímž vytváří haldu ve tvaru ledviny po celé šířce objektu. Tím bude odstraněn problém častého transportu materiálu. Jako další varianta by bylo možno zvolit dopravník, který se pohybuje nejen radiálně, ale také koná posuvný pohyb pomocí teleskopického nástavce. Jako poslední úprava je odstranění vzduchového třídění, které je pro tento provoz zbytečné. Návrh a kapacitní výpočet zařízení pro transport materiálu je uskutečněn v kapitole 5.

## 4.2 Druhý variantní stav

- Druhý variantní stav je zakreslen ve výkresu č. 4, který je součástí přílohy.

Začátek druhého variantního stavu je relativně totožný s 1. variantním stavem. Vstupní kontrola, která je navržena v prvním variantním stavu zde není, jelikož je zvolen jiný třídič, který nahradí třídič hvězdicový.

Základní vstupní kontrolu provádí samostatně obsluha nakladače, která transportuje komunální odpad do pomaloběžného drtiče. Jedná se pouze o zvýšení pozornosti vůči sutím, kamenivu atd., což jsou materiály, které jsou nevhodné pro zpracování na primárním drtiči. Tuto kontrolu obsluha nakladače provádí i v současném provozu. Materiál je po nadrcení



Obr. 22: jednosítným vibračním třídičem Spaleck a stabilizační komora

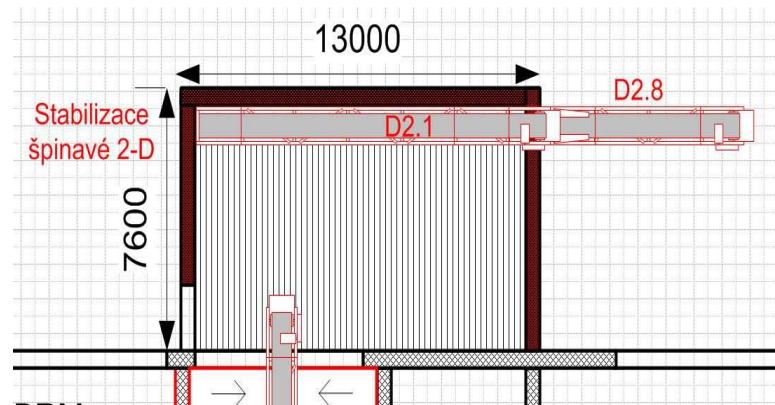
je odseparován jako

v původním stavu. Magnet pro odseparování feritických kovů zůstává. Podsítná frakce o velikosti 0 – 100 [mm] je transportována do technologického uzlu, ve kterém je oproti prvnímu variantnímu stavu navrženo více změn. Původní kój, která sloužila jako "meziuskladnění" špinavé 2-D frakce je rozdělena na dvě menší kóje. Rozdělení je realizováno pomocí betonových tvárnic (ztracené bednění). Součástí betonové stěny jsou ocelové roxory, které zaručí dostatečnou pevnost. Rozdělení je uskutečněno tak, aby byl do obou kój přístup vraty. Na levé kóji jsou dle stavebních pravidel uloženy ocelové nosníky (pravděpodobně tvaru I) a na těchto nosnících je ukotven nově navržený vibrační jednosítný třídič firmy Spaleck se speciální technologií flip-flow, která je podrobněji popsána v mobilní variantě. Tato firma se specializuje na zpracování odpadů, dřevních hmot, BRM atd. Zde je důležité eliminovat vibrace třídiče pomocí silentbloků, jelikož tento třídič produkuje silnější vibrace než současný třídič Multistar. Tento jednosítný třídič je osítován gumovými síty o propadu 25 [mm], čímž je docíleno, že velikost podsítné frakce (biologicky rozložitelný materiál) bude totožná s velikostí podsítné frakce, která je produkována v původním stavu. Bylo by ale možné nainstalovat i síta o propadu nižším (např. 10 [mm]), čímž by bylo docíleno kvalitnějšího odtřídění špinavé 2-D frakce. Z bezpečnostních důvodů, pro úkony servisu a údržby, bude nutné instalovat nový ochoz vytvořený na míru.



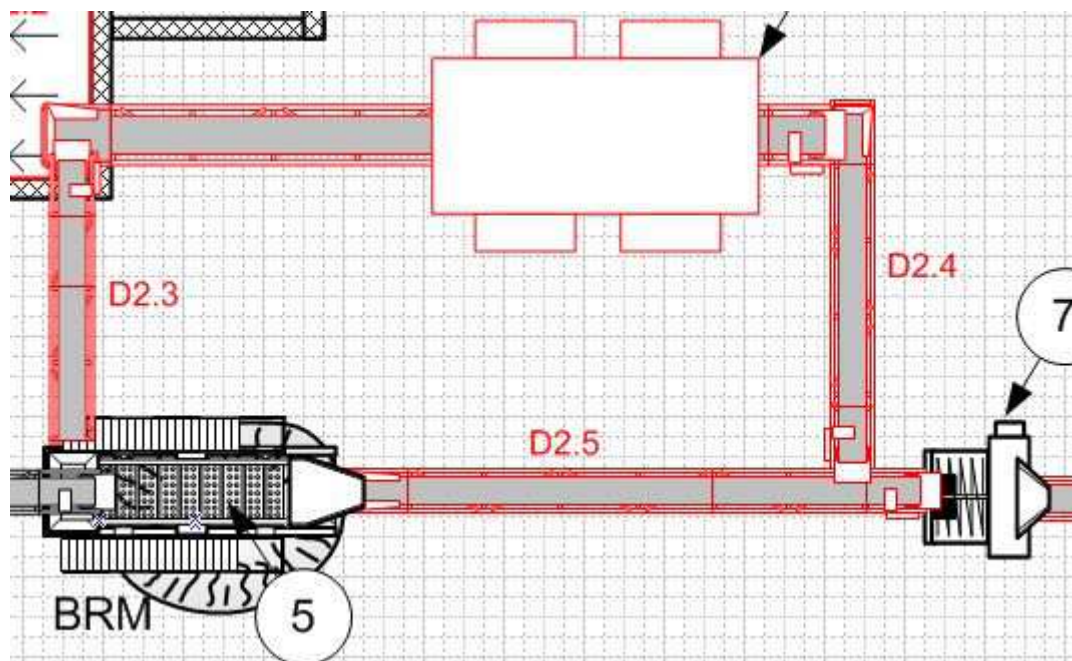
Nadsítná frakce vibračního třídiče (špinavá 2D) je za pomoci skluzu transportována do pravé kóje. Na dně této kóje je 8,5 [m] dlouhý dopravníkový pás. Boky kóje jsou opatřeny ocelovými plechy tak, aby vzniklo koryto, jehož funkcí je plnění dopravníkového pasu. Povrch těchto plechů je pokryt pryžovou gumou o tloušťce 5 [mm] z důvodu jejich ochrany před korozí, jelikož směs odpadů může vytvářet agresivní prostředí. Bylo by možné zvolit variantu, kdy by plechy nebyly obkládány pryžovou gumou, ale jako materiál by byla zvolena nerezová ocel. Tato varianta by byla zbytečně nákladná. Dopravníkový pás transportuje špinavou 2-D frakce do nově přistavené stabilizační místnosti. Jedná se o objekt obdélníkového půdorysu o délce 13 metrů a šířce 7,6 metrů. Konstrukce tohoto objektu je relativně jednoduchá. Nosné horizontální prvky tvoří ocelové profily, mezi kterými je nainstalováno pletivo. Dno je opatřeno roštem z ocelových I profilů, na kterém jsou namontována ocelová síta. Tato síta jsou opatřena čtvercovými oky o velikosti 10 [mm] a tloušťce drátu 4 [mm], čímž je docílena dostatečná pevnost pro pohyb obsluhy.

Konstrukce je zastřešena přímou střechou z pozinkovaných trapézových plechů. Spád střechy je koncipován od budovy a dešťová voda bude odvedena do nejbližší kanalizace společně s dešťovou vodou z celého objektu. Výška objektu činí 2,5 metrů. Princip provozu stabilizační místnosti je následující. Materiál je obsluhou za pomoci ručního nářadí (popř. zahradního fukaru) rozmístěn rovnoměrně po celém objektu. Po jeho rozmístění bude samovolně docházet k vysušení (stabilizaci)



Obr. 23: Objekt pro stabilizaci špinavé 2D frakce

práci. Materiál je obsluhou za pomoci ručního nářadí (popř. zahradního fukaru) rozmístěn rovnoměrně po celém objektu. Po jeho rozmístění bude samovolně docházet k vysušení (stabilizaci)



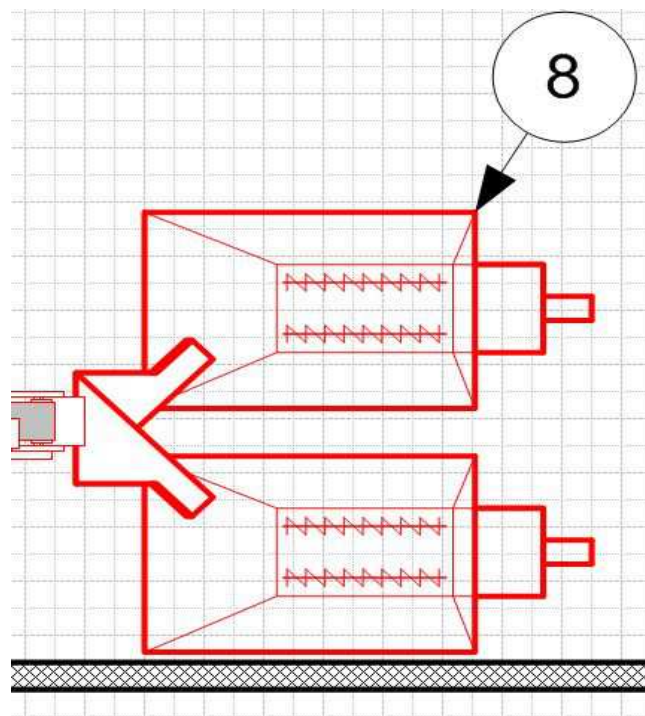
Obr. 24: Ruční třídicí kabina pro separaci 3D frakce

5 - Gravitační třídič Ballistor; 7 - Rychloběžný drtič Razor

materiálu, a to podstatně kvalitněji a rychleji než v prvním variantním stavu, jelikož je objekt otevřený ze všech stran a materiál je rovnoměrně rozložen. Konstrukce by měla být vybudována tak, aby ji bylo možné v případě potřeby jednoduše demontovat. Po ukončení stabilizace obsluha materiál za pomoci ručního náradí nahrne na pásový dopravník v objektu, který jej dále transportuje na přistavený dopravník pod skolem 30° vně objektu, který materiál odsype volně na zem (popř. přímo do nakládací lžice nakladače).

Nadsítná frakce flowerdisku je dopravována jako v současném stavu na gravitační třídič Ballistor. Tento třídič pracuje obdobně jako v současném stavu. Zásadní změna tohoto technologického uzle nastává ve zpracování 3-D frakce. V současném stavu je transportována mimo objekt pomocí dopravníkového pásu a následně odvážena na skládku. V tomto variantním stavu je odváděna pomocí pásového dopravníku o délce 8 [m] na kolmo uložený dopravníkový pás, který materiál transportuje do ruční třídicí kabiny od firmy Edge. Je zvolena kabina, kterou mohou obsluhovat maximálně 4 pracovníci. Jedná se o stacionárně uloženou kabinu. Prostředkem této kabiny je veden dopravníkový pás, který transportuje 3-D frakci. Na každé polovině kabiny jsou 2 kóje (celkem tedy 4), do kterých osluha ručně vyhazuje konkrétní materiál, který je odseparován z dopravníkového pásu. Materiál odseparovaný a vhozený do kóje je za pomoci skluzu transportován do kontejnerových nádob, poté je s ním dále naloženo dle jeho druhu. Po prozkoumání podílů jednotlivých složek v 3D frakci, jsou navrženy materiály pro ruční odseparování: plastů, skla, dřeva a ostatních hmot (sutě, kamenivo, atd). Materiál vhodný pro výrobu TAP je obsluhou na pásu zanechán a následně dopravován do rychloběžného drtiče Razor pomocí kolmo ustaveného dopravníkového pásu délky 8 [m].

Poslední krok této varianty spočívá v briketování nadrceného materiálu (TAP). Materiál je z terciálního drtiče transportován pod sklonem ustaveného pásového dopravníku do dělicího skluzu, který plní násypky dvou totožných briketovacích zařízení firmy Promeco. Tato zařízení jsou dvě v paralelním ustavení z důvodu jejich výrobní kapacity. Princip briketování je následující. Materiál je transportován do násypky, která zásobuje plnicí část. Tato část je složena ze dvou šnekových podavačů. Tyto podavače plní hned několik funkcí. Jejich konstrukce je navržena tak, že je materiál mechanicky tlačěn a třen, čímž dochází k významnému zvýšení teploty, a dále materiál transportuje do extruzní komory. V této komoře dochází k extruzní reakci. Tato reakce je vyvolána obdobně jako v násypce, pouze s rozdílem konstrukce šnekových elementů, které jsou v tomto případě kratší a silnější a zvýšením teploty samotné komory až na takové hodnoty, kdy je materiál roztaven. Výhodou této operace je relativně vysoké zahřátí materiálu, čímž dochází k částečnému odvlhčení a odstranění organických nečistot. Extrudovaný materiál vychází ze zařízení z matrice, která je zvolena obsluhou. Lze tedy produkovat brikety různých tloušťek a tvarů. Součástí zařízení je řezací



Obr. 25: Paralelně ustavená briketovací zařízení Promeco

system, který umožňuje nastavení požadované délky výrobku. Pelety mohou ze stroje padat rovnou do kovových beden, kde budou pouze rovnány. Tyto bedny lze následně po jejich naplnění pomocí vysokozdvizného vozíku transportovat, stohovat a skladovat v části objektu, která je k tomuto účelu určena.

### 4.3 Třetí variantní stav – mobilní provedení

- Třetí variantní stav je zakreslen ve výkresu č. 5, který je součástí přílohy.

Jako o třetí a poslední variantě je uvažováno o mobilní provedení linky na zpracování TKO. Zde tedy není zvažován současný stav a jeho následná inovace, ale je zde proveden návrh nové linky, jejíž hlavními kritérii je, aby byla jednoduše schopna přesunu a separace frakcí stejného charakteru jako v současném stavu linky v Žilině, pro jejíž provoz musí být variantní stav navrhnut. Linku je tedy nutné navrhnout ze strojů a zařízení, která jsou jednoduše složitelná pro transport a zároveň jsou schopna se sama pohybovat. Provoz těchto zařízení musí být schopný odseparovat biologicky rozložitelnou složku, železné kovy, špinavou 2-D frakci, 3-D frakci a lehkou energeticky využitelnou složku (TAP). Podíl jednotlivých složek je převzat dle údajů z Žiliny.

Prvním článkem soustavy je pomaloběžný drtič Edge Slayer. Tento drtič pracuje na totožném principu jako Terminator od firmy Komptech, který se nachází v současném stavu linky v Žilině. Výhodou tohoto drtiče je možnost výměny drtičích hřídelí. Lze tedy drtit rozmanitější škálu materiálů (odpady, dřevo, pneumatiky atd.). Tento drtič je opatřen článkovým pásovým podvozkem, což zajišťuje jednoduchou přepravu po objektu. Součástí drtiče je dopravníkový pás, který transportuje nadrcený materiál do výšky až 4 metry.

Materiál je z tohoto dopravníku hromaděn v násypce mobilního dvousitého vibračního třídiče Finlay 873 Spaleck. Horní síťová plocha je vybavena 3-D roštem a spodní síťová plocha unikátní technologií flip-flow. Zmíněný 3-D rošt je koncipován tak, aby zabránil propadu podlouhých zrn. Spodní síťová plocha s technologií flip-flow funguje na principu gumových sít (celkem deset segmentů po celé délce), které se při provozu stroje neustále pohybují (kmitají). Materiál je tedy podstatně lépe a efektivně tříděn a síta se nezalepují (proces samočištění), což je stav, který by mohl při třídění tohoto materiálu

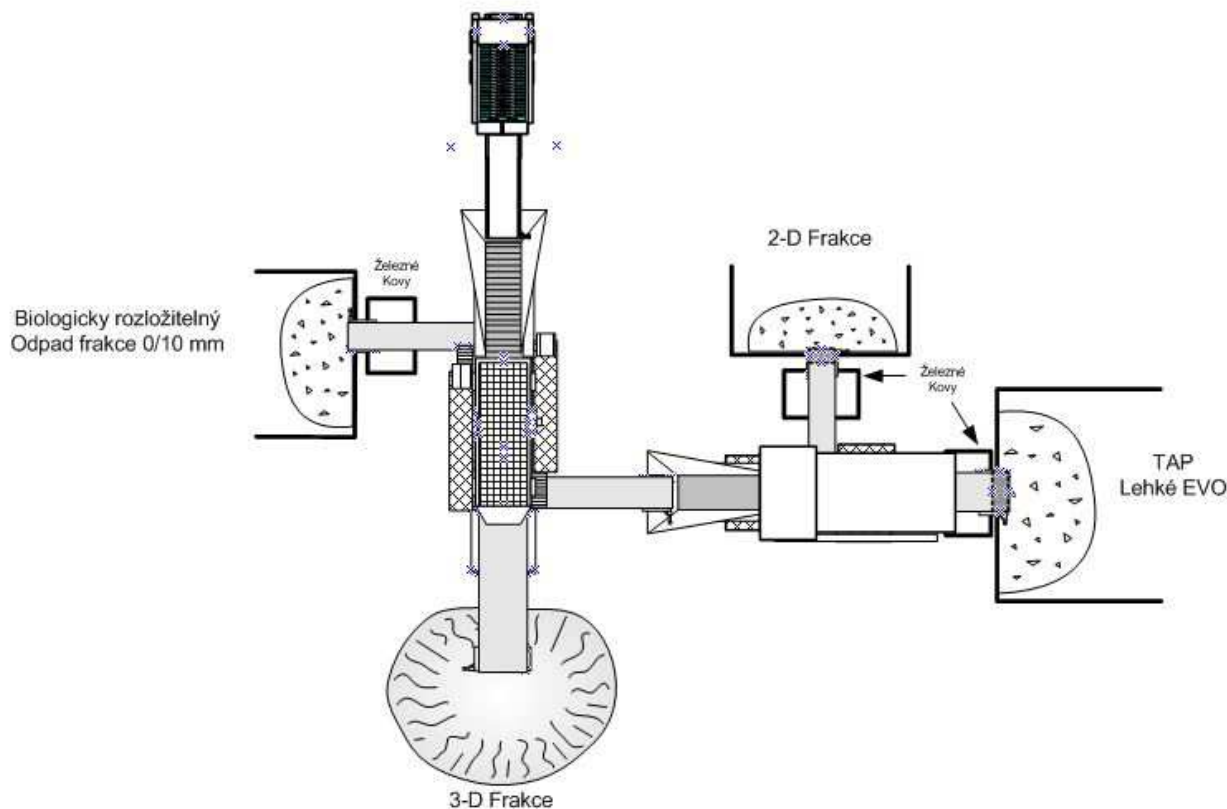


Obr. 26: Kombinace 3D roštu a Flip Flow technologie

nastat. Rozměr obou síťových ploch je 3,6 x 1,5 [m]. Rozměr horního síta je zvolen na propad 100 [mm], z čehož vyplývá, že tato síťová plocha odseparovává 3D frakci, která je následně pomocí dopravníkového pásu, který je součástí stroje, haldována na hromadu. Spodní flip-flow je nastaveno na propad frakce o velikosti 10 [mm], což odpovídá biologicky rozložitelnému materiálu o velikosti frakce 0 - 10 [mm]. V současném stavu v Žilině se separuje BRM o velikosti frakce 0 - 25 [mm], a to z důvodu nastavení otáček Starscreenu. Bylo by možné nastavit otáčky na tento propad, ale materiál by nebyl protříděn dostatečně. V současném BRM se tedy nachází i drobné částice nebiologického charakteru. Díky technologii flip-flow je v mobilní variantě tento problém vyřešen. BRM je po odseparování transportován pomocí dopravníkového pásu (součást stroje)



a haldován. Na tomto výstupu je naistalovaný magnetický separátor pro odstranění feritických kovů.



Obr. 27: Mobilní linka na zpracování TKO

Nadsítné síta flip-flow (frakce o velikosti 10 - 100 [mm]) je transportována pomocí pásového dopravníku, který je součástí stroje na vzduchový třídič Edge MC (Material Classifier) 1200. Tento stroj je navržen pouze pro vzduchovou separaci. Princip je v širokém podávacím pásu (1200 [mm]), který je širší než běžné dopravníky v linkách z důvodu rozložení materiálu na větší plochu. Materiál je na tomto pásu dopravován do vzduchové komory, odkud jsou na konci dopravníkového pásu odseparovávány lehké složky a těžké složky (špinavá 2-D frakce) padají na další dopravníkový pás, který je transportuje a halduje. Lehké složky (TAP) jsou vzduchově haldovány na druhém výstupu stroje. Výstup špinavé 2D frakce je opatřen magnetickým separátorem. Buben na výstupu TAP je magnetického charakteru.

## 4.4 Popis technologických uzlů

Popis technologických uzlů je v praxi často užíván. Tento popis obsahuje rozpis technologických strojů a zařízení v jednotlivých uzlech, udává údaje o jejich důležitých parametrech a výrobních výkonech, které bývají pro zákazníka důležité. Mnohdy tento popis obsahuje i transportní a manipulační zařízení, řídicí systémy atd. V této práci je popis zaměřen hlavně na stroje, zařízení a nové prostředky, které by měly být pořízeny pro provoz jednotlivých variant. Červeně označené nadpisy strojů a zařízení symbolizují nový prvek soustavy linky oproti



původnímu stavu. Tyto stroje jsou popsány podrobněji než stroje původního stavu, které ve variantních stavech zůstávají.

Celkem je linka vždy rozdělena do tří technologických uzlů. První uzel je zaměřen na vstup materiálu do linky. Druhý uzel charakterizuje hlavní technologické operace, které předcházejí finální produkt. Třetí uzel je zaměřen na zařízení, která vytváří cílový produkt.

#### 4.4.1 První variantní stav

##### Technologický uzel č. 1

1. Primární drtič odpadů Terminator 3400E (1 ks)
  - jednohřídelový pomaloběžný drtič vybavený dálkovým ovládáním a centrálním mazáním
  - příkon 160 [kW]
2. Separátor železných kovů GMA 5,5x115 (1 ks)
  - výkon magnetu : 4,74 [kW]
  - příkon 2,2 [kW], IP 55

##### Technologický uzel č. 2

3. Primární třídič Flowerdisk FD 80 (1 ks)
  - hřídelový diskový třídič s třídící šířkou 1,2 [m] a délkou 6,08 [m]
  - třídící plocha 7,3 [m<sup>2</sup>], frakce 80/100 [mm]
  - elektrický příkon 3x5,5 [kW], IP 55
4. Sekundární hvězdicový třídič Multistar 2 SE (1 ks)
  - hvězdicový třídič s třídící šířkou 1,25 [m] a délkou 5,99 [m]
  - třídící plocha 7,5 [m<sup>2</sup>], frakce 10/25 [mm]
  - elektrický příkon 4x5,5 [kW], IP 55
5. Balistický separátor odpadu Ballistor 6300, Vibro feeder (1 ks)
  - gravitační třídič
  - separuje lehkou 2D frakci od kubické 3D a zároveň dotřídí uje odpad od biologické složky
  - aktivní třídící plocha 14,4 [m<sup>2</sup>], délka 7,5 [m] a šířka 3,25 [m]
  - elektrický příkon 5,5 [kW], IP 55

##### Technologický uzel č. 3

#### **6. Mobile Stockpiler Series - MS100**

- radiální haldovací dopravníkový pás
- kapacita násypky 1,2 [m<sup>3</sup>], šířka pásu 900 [mm]/1200 [mm]

- maximální výška odpadu materiálu 11,6 [m]
- délka pasu 16, [m]
- největší provozní šířka 2,7 [m]

7. Terciální drtič Razor 5400 (1 ks)

- rychloběžný drtič s uzavřenou komorou
- kontinuální podávání materiálu k drticímu bubnu
- elektrický příkon 250 [kW], IP 55



Obr. 28: MS100

## 4.4.2 Druhý variantní stav

### Technologický uzel č. 1

1. Primární drtič odpadů Terminator 3400E (1 ks)

- jednohřídelový pomaloběžný drtič vybavený dálkovým ovládáním a centrálním mazáním
- příkon 160 [kW]

2. Separátor železných kovů GMA 5,5x115 (1 ks)

- výkon magnetu : 4,74 [kW]
- příkon 2,2 [kW], IP 55

### Technologický uzel č. 2

3. Primární třídič Flowerdisk FD 80 (1 ks)

- hřídelový diskový třídič s třídící šířkou 1,2 [m] a délkou 6,08 [m]
- třídící plocha 7,3 [m<sup>2</sup>], frakce 80/100 [mm]
- elektrický příkon 3x5,5 [kW], IP 55

### **4. Spaleck Flip-Flow Screen**

- jednosítný vibrační třídič
- unikátní technologie Flip-Flow
- délka třídiče 6500 [mm]
- šířka třídiče 2000 [mm]
- nastavitelný sklon

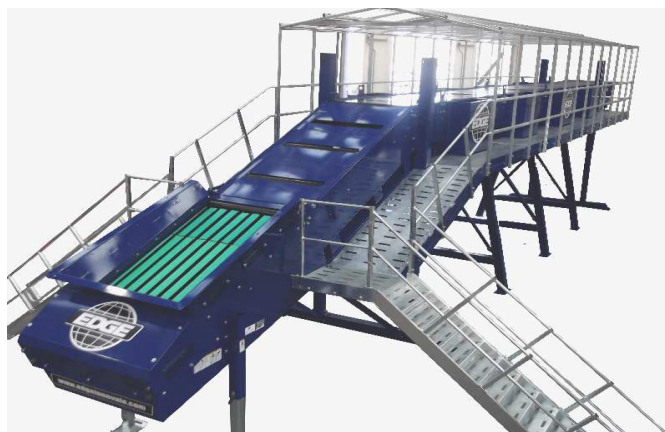


Obr. 29: Vibrační třídič Spaleck

- elektrický příkon 5 [kW]
5. Balistický separátor odpadu Ballistor 6300, Vibro feeder (1 ks)
- gravitační třídič
  - separuje lehkou 2D frakci od kubické 3D a zároveň dotřídí odpad od biologické složky
  - aktivní třídicí plocha 14,4 [m<sup>2</sup>], délka 7,5 [m] a šířka 3,25 [m]
  - elektrický příkon 5,5 [kW], IP 55

### 7. Modular Picking Station MPS 48 (1 ks)

- kabina pro ruční separaci pro až 8 pracovníků (zde navrženo pro max. 4 pracovníky)
- regulace hlavního dopravníkového pasu
- výstupní výkon do 100 [t/hod] (v závislosti na druhu materiálu)
- pracovní úhel 3°
- vytápění a klimatizace pracovní kabiny



Obr. 30: Ruční třídicí kabina Edge MPS48

### Technologický uzel č. 3

8. Terciální drtič Razor 5400 (1 ks)
- rychloběžný drtič s uzavřenou komorou
  - kontinuální podávání materiálu k drtícímu bubnu
  - elektrický příkon 250 [kW], IP 55

### 9. Promeco PES 600 F315 (2 ks) [12]

- briketovací zařízení pracující na principu extruze
- nastavení různých tvarů briket pomocí výstupní matrice
- pracovní výkon do 7 [t/hod] v závislosti na vstupním materiálu
- elektrický příkon 315 [kW]



Obr. 31: Briketovací zařízení Promeco [12]

### 10. Standardní kovová paleta (dle dohody) [13]

- kovová bedna pro skladování pelet (briket)
- rozměry 1200 x 600 x 517 [t/hod]
- objem 0,9 [m<sup>3</sup>]
- stohovatelnost



Obr. 32: Standardní kovová bedna stohovatelná [13]

### 4.4.3 Třetí variantní stav (mobilní varianta)

#### Technologický uzel č. 1

1. Edge Shear Slayer
  - mobilní pomaloběžný drtič
  - kroutící moment o velikost 320 kNm
  - drtící tlak 350 BAR
  - možnost výměny drtících segmentů dle drtícího materiálu pro maximální výkon
  - mobilní podvozek
  - násypka a výstupní dopravníkový pás součástí stroje
  - pracovní rozměry: délka 6,8 [m]; šířka 2,7 [m], výška 3,2 [m]
  - hmotnost 20 [t]
  - elektrický příkon 110 [kW]
  - spotřeba paliva dieslového agregátu 25 [l/hod]
  - pracovní výkon dle typu



Obr. 33: Pomaloběžný drtič Edge

materiálu - pro TKO cca 30 [t/hod]

### **Technologický uzel č. 2**

#### 2. Finlay 873 Spaleck

- hrubotřídič s unikátním 3D roštem a technologií spodního síta Flip-Flow
- možnost nastavení dvou různých sklonů spodní sítové plochy
- možnost nastavení spodního síta do dvou různých sekcí
- stavitelný sklon třídiče
- mobilní podvozek
- horní sítová plocha 3,6 x 1,5 [m]
- dolní sítová plocha 3,6 x 1,5 [m]
- objem násypky 5 [m<sup>3</sup>], gumový pásový podavač s regulací posuvu
- provozní/přepravní délka 13,9 [m] / 13,7 [m]
- provozní/přepravní šířka 12,6 [m] / 3,4 [m]
- provozní/přepravní výška 4,5 [m] / 3,4 [m]
- hmotnost 25 600 [kg]
- spotřeba paliva dieslového agregátu 10 [l/hod]



*Obr. 34: Finlay 873 Spaleck*

### **Technologický uzel č. 3**

#### 3. Edge Material Classifier – MC1200

- vzduchový třídič
- šířka podávacího pásu 1200 [mm]



- pracovní výkon až 300 [t/hod]
- magnetický buben pro separaci železných kovů
- centrální automatické mazání
- mobilní podvozek
- provozní/přepravní délka 11 [m] / 11 [m]
- provozní/přepravní šířka 5 [m] / 2,5 [m]
- provozní/přepravní výška 3,2 [m] / 3 [m]
- hmotnost 22 000 [kg]
- spotřeba paliva dieslového agregátu 10 [l/hod]



Obr. 35: Vzduchový třídič Edge MC1200

## 4.5 Zakreslení materiálových toků

Materiálové toky charakterizují produkci jednotlivých produktů v jednotce množství za jednotku času. V oboru třídění a zpracování kameniva, odpadů atd. je často užívána jednotka tuny za hodinu [t/hod]. Obecně lze říci, že údaje v tomto odvětví nebývají zpravidla tak přesné a konkrétní jako v průmyslové výrobě, která bývá hodnocena v kusech za jednotku času. Tato nepřesnost je způsobena heterogenitou materiálu, který je zpracováván. Jak bylo výše uvedeno, chod linky v Žilině není pravidelný. Základní údaje, z kterých lze při zakreslování materiálových toků vycházet, jsou současná roční výrobní kapacita 30 000 tun, hodinová dávka 30 tun a procentuální množství jednotlivých frakcí.

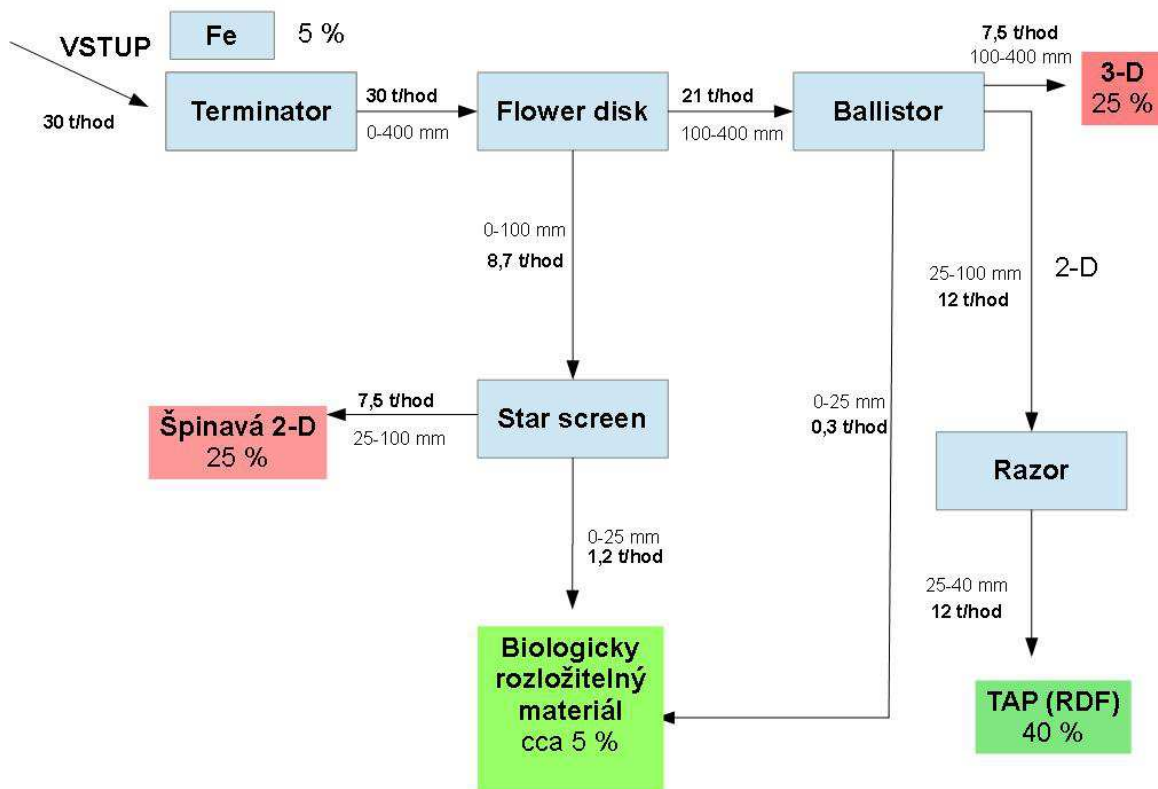
Mohlo by být považováno za zbytečné vypočítávat a zakreslovat materiálové toky, když jsou tyto hodnoty pouze teoretické (přibližné) a nepřesné. Tyto teoretické hodnoty jsou však důležité pro dimenzování transportních zařízení (dopravníkových pasů) a kapacitní zatížení jednotlivých strojů, jelikož tyto hodnoty jsou jedny z nejpodstatnějších pro jejich výběr. Může být zabráněno pořízení výkonově nevyhovujících (předimenzovaných/poddimenzovaných) zařízení.

Princip zakreslení materiálových toků v této práci je následující. V grafických schématech jsou zakresleny materiálové toky v [t/hod]. Tabulka a graf pod těmito schématy charakterizují celkovou roční produkci.

### 4.5.1 První variantní stav

První variantní stav je v podstatě totožný se stavem současným. Pomaloběžný drtič Terminator je schopen dle zkušeností obsluhy zpracovat 30 [t/hod] materiálu. Při magnetické separaci se odseparuje přibližně do 5% z celkového množství. Z důvodu podstatně vyšší hustoty je tento údaj pro zakreslení materiálového toku [t/hod] vypuštěn a je použit pouze v celkové produkci. Dle zadaného procentuálního podílu jednotlivých frakcí je spočítáno, že z Flowerdisku na Multistar je transportován materiál o toku 8,7 [t/hod]. Z Multistaru je následovně transportován BRM o hodnotě toku 1,2 [t/hod] a špinavá 2-D frakce o hodnotě toku 7,5 [t/hod]. Na gravitační třídič Ballistor je z Flowerdisku materiál transportován množstvím 21 [t/hod]. Zbytekové množství BRM z třídiče Ballistor bylo odhadnuto, lze říci, že hodnota toku je cca 0,3 [t/hod]. 3-D frakce je dle výpočtu transportována do kontejneru mimo objekt tokem o hodnotě 7,5 [t/hod]. Poslední frakce 2-D je odváděna do rychloběžného drtiče Razor materiálovým tokem o hodnotě 12 [t/hod]. Maximální výrobní kapacita drtiče dosahuje hodnoty 15 [t/hod] z čehož vychází, že výstupní hodnota bude totožná se vstupní hodnotou (tedy 12 [t/hod]).

Dle konzultace s pracovníkem z provozovny bylo odhadnuto, že po stabilizaci materiálu tohoto charakteru bude možno využít do 40 [%] z celkového množství špinavé 2-D frakce. Tento materiál lze započítat pouze do roční produkce.



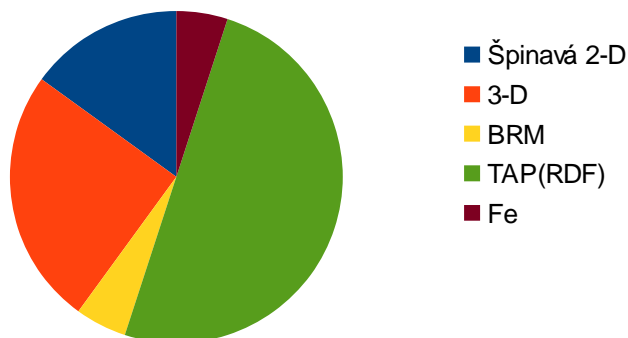
Obr. 36: Schéma materiálového toku prvního variantního stavu

### Roční produkce

Produkt	[%]	[t]
Špinavá 2-D	15	4500
3-D	25	7500
BRM	5	1500
TAP(RDF)	50	15000
Fe	5	1500

Tabulka 7: Roční produkce jednotlivých frakcí

Graf roční produkce



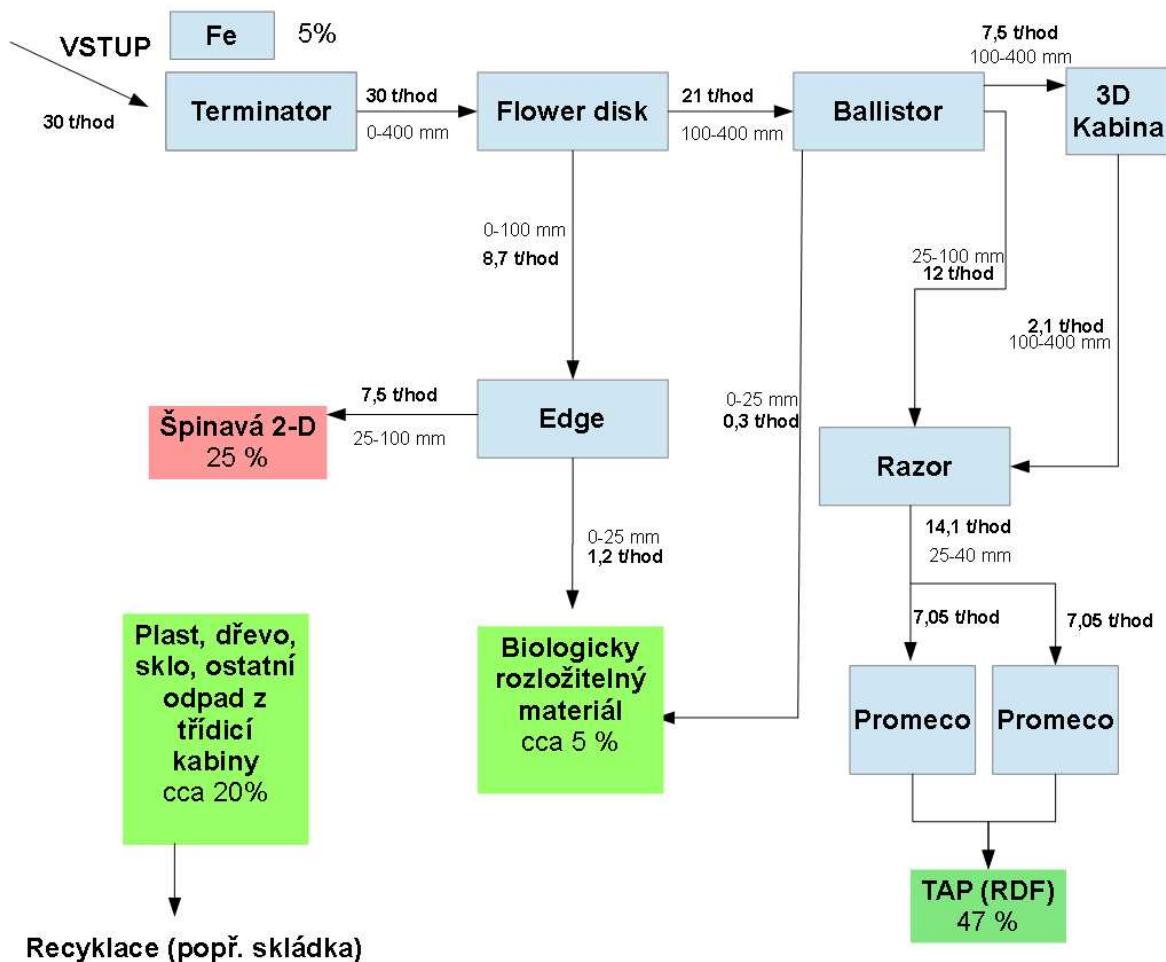
Obr. 37: Graf roční produkce



## 4.5.2 Druhý variantní stav

Počátek zpracování TKO druhého variantního stavu je v podstatě totožný se stavem současným. Pomaloběžný drtič Terminator je schopen dle zkušeností obsluhy zpracovat 30 [t/hod] materiálu. Při magnetické sepraci se odseparuje přibližně do 5% z celkového množství. Z důvodu podstatně vyšší hustoty je tento údaj pro zakreselní materiálového toku [t/hod] vypuštěn a je použit pouze v celkové produkci. Dle zadaného procentuálního podílu jednotlivých frakcí je spočítáno, že z Flowerdisku na Multistar je transportován materiál o toku 8,7 [t/hod]. Z vibračního třídíče Spaleck je následovně transportován BRM o hodnotě toku 1,2 [t/hod] a špinavá 2-D frakce o hodnotě toku 7,5 [t/hod] do stabilizační komory. Na gravitační třídíči Ballistor je z Flowerdisku materiál transportován množstvím 21 [t/hod]. Zbytkové množství BRM z třídíče Ballistor bylo odhadnuto, lze říci, že hodnota toku je cca 0,3 [t/hod]. 3-D frakce frakce je transportována tokem o hodnotě 7,5 [t/hod] do třídící kabiny. Nastavení rychlosti dopravníkového pásu kabiny musí být přizpůsobeno obsluze separační kabiny. Separační takt obsluhy lze těžko určit. V případě, že by obsluha nebyla schopna zpracovat 7,5 [t/hod], bylo by nutné snížit množství materiálu na vstupu, nebo využít násypku, která je součástí dodávky třídící kabiny. V kapitole 5.3 je spočítána optimální rychlost dopravníkového pásu kabiny. Dle odhadu se hodnota využitelné složky z 3-D frakce pohybuje okolo 20 - 30 [%], z čehož bylo dopočítáno, že do rychloběžného drtiče z třídící kabiny bude materiál transportován tokem o hodnotě cca 2,1 [t/hod]. Hodnota materiálového toku 2-D frakce z gravitačního třídíče Ballistor je neměnná (12 [t/hod] ). Dohromady tedy hodnota toku na vstupu (resp. na výstupu) drtiče činí cca 14,1 [t/hod]. Odtud je materiál transportován skluzem do dvou paralelních briketovacích zařízení, kdy dle údajů výrobce je možno zpracovat při takto upraveném vstupním materiálu na jednom stroji max 7 [t/hod].

Dle konzultace s pracovníkem provozovny bylo odhadnuto, že po stabilizaci materiálu tohoto charakteru bude možno využít do 40 [%] z celkového množství špinavé 2-D frakce. Tento materiál lze započítat pouze do roční produkce.



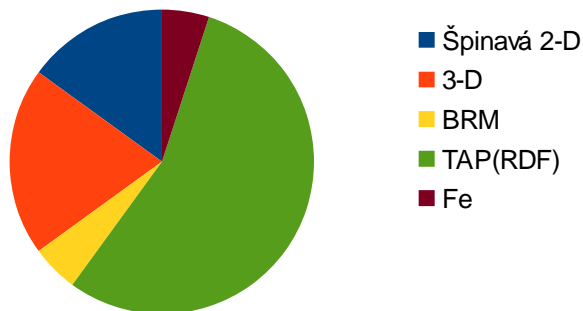
Obr. 38: Schéma materiálových toků druhého variantního stavu

### Roční produkce

Produkt	[%]	[t]
Špinavá 2-D	15	4500
3-D	20	6000
BRM	5	1500
TAP(RDF)	55	16500
Fe	5	1500

Tabulka 8: Roční produkce jednotlivých frakcí

Graf roční produkce

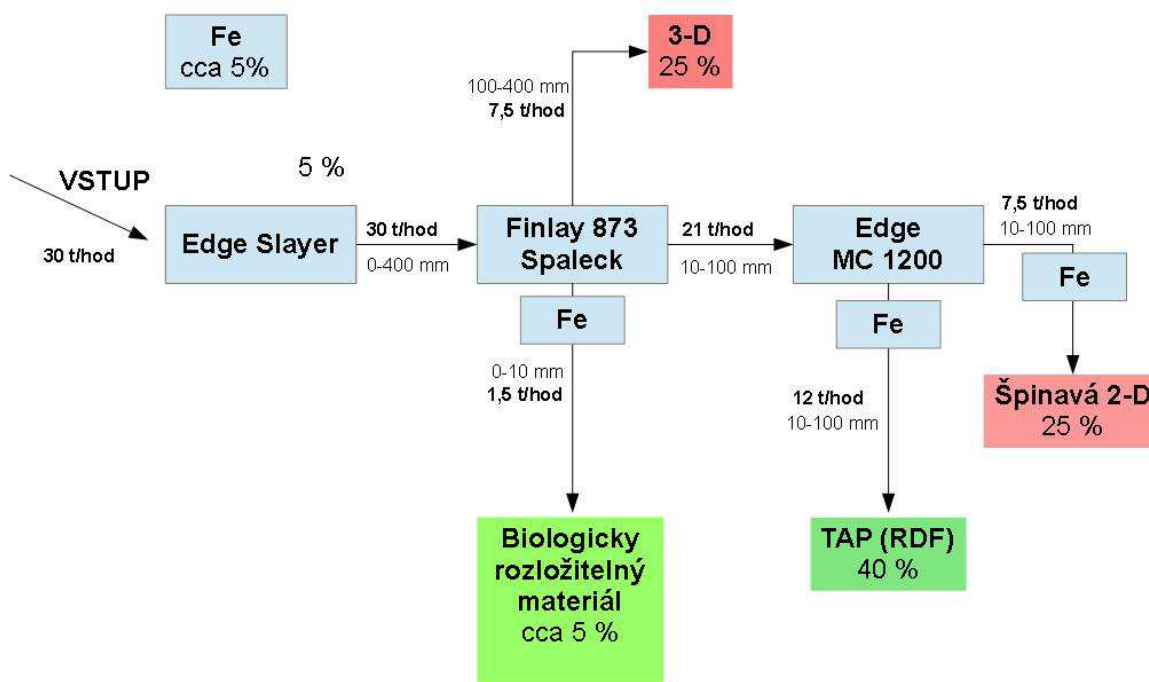


Obr. 39: Graf roční produkce

### 4.5.3 Třetí variantní stav (mobilní varianta)

Mobilní varianta je poskládána z mobilních strojů. Tato varianta je navržena bez doplňkových dopravníkových pásů, jelikož dopravníkové pásy jsou oproti stacionárním variantám strojů jejich součástí. Hodnoty materiálových toků slouží tedy k teoretickému nastavení rychlosti dopravníkových pásů, podavacích pásů atd. Teoretické procentuální množství jednotlivých frakcí a velikost roční produkce je uvažována dle linky v Žilině, jelikož je předpokládáno, že by na tento provoz byla varianta aplikována.

Z hlediska hodnoty vstupního pracovního výkonu drtiče 30 [t/hod] je hodnota výstupu totožná. Je-li uvažováno teoretické procentuální množství jednotlivých frakcí dle linky v Žilině, tak hodnota materiálového toku BRM dosahuje hodnoty 1,5 [t/hod] a 3-D frakce 7,5 [t/hod]. Materiálový tok výstupního materiálu z třídiče Spaleck činí 21 [t/hod]. Je-li uvažováno procentuální zastoupení TAP 40 [%] a špinavé 2-D frakce 25 [%], tak materiálové toky se pohybují v hodnotách 12 [t/hod] a 7,5 [t/hod].



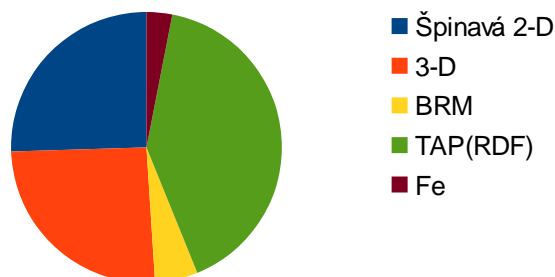
Obr. 40: Materiálové toky mobilní varianty

## Roční produkce

Produkt	[%]	[t]
Špinavá 2-D	25	7500
3-D	25	7500
BRM	5	1500
TAP(RDF)	40	12000
Fe	5	1500

Tabulka 9: Roční produkce jednotlivých frakcí

Graf roční produkce



Obr. 41: Graf roční produkce

## 4.6 Hodnocení variantních stavů

V této kapitole jsou hodnoceny výše popsané variantní stavy, a to převážně z technologického hlediska a částečně ekonomického. Jsou zde popsány klady a zápory jednotlivých variant. Ke směřodatnému hodnocení technologických variant slouží tabulka, která obsahuje kritéria, která jsou zvolena ze swot analýzy (slabé stránky). Tato kritéria by měla být splněna, aby byl zlepšen stávající stav linky na zpracování TKO v Žilině.

První změnou prvního variantního stavu oproti původnímu stavu je zavedení vstupní kontroly materiálu. Lze s jistotou říci, že pracovník nebude schopen odstranit 100 [%] nevhodného materiálu. Hvězdicové síto bude tedy stále znečišťováno, ale časový interval schopného provozu třídíče by měl být podstatně delší a údržba by měla být jednodušší, jelikož by nemelo docházet ke kritickému stavu (viz Obr. 12). Druhá zásadní změna prvního variantního stavu je v rozdělení kóje. BRM padá z hvězdicového síta přímo do kóje pod třídíčem, tím je odstraněn problém s transportem a manipulací tohoto materiálu, jelikož materiál může být po naplnění kóje naložen a odvážen na místo určení. Přístup k této kóji je bezproblémový. Další změnou je vytvoření stabilizační komory z druhé části kóje. Skutečností je, že oproti druhému variantnímu stavu bude doba stabilizace delší z důvodu vzduchové nepřístupnosti ze všech stran stabilizační komory. I přes tuto skutečnost by měl být finální procentuelní podíl využitelné složky ze špinavé 2-D frakce relativně totožný v obou variantách. Navržené stavební úpravy rozdělení kóje, vytvoření nosné konstrukce pro možnost přesunu třídíče Multistar a vestavěné stabilizační komory jsou jednoduché, nevyžadují speciální stavební práce ani materiál. Další úpravou stávajícího stavu je odstranění vzduchové separace, která je provozně značně náročná a její efektivita dosahuje minimálních hodnot. Poslední úpravou je navržení radiálního dopravníkového pásu, jehož funkce je popsána v kapitole 4.1. Tento dopravník je schopen materiál rozmístit po celé šířce objektu, čímž je eliminován problém častého transportu do zadní (skladovací) části haly a materiál může být z haldy odebírán až ve chvíli, kdy bude transportován k odběrateli. Nicméně tato změna neřeší problém se složitou manipulací a skladováním, jelikož při celkovém množství TAP cca 15 000 tun za rok a objemové hmotnosti materiálu cca 250 [kg/m<sup>3</sup>] je objemové množství značně vysoké. Skladování takového materiálu je

náročné na rozlohu skladovací plochy a transport do spalovacích zařízení je nutné aplikovat nákladními vozy s vysokou nákladovou objemovou kapacitou návěsu či tandemovou soupravou.

Tato varianta neeliminuje nevyužití 3-D frakce, která je v současném provozu uskladňována na skládce, což značně zhoršuje ekonomickou bilanci podniku, jelikož jsou vynaloženy náklady na transport a na poplatek za uložení na skládce. Uložení odpadu na skládku negativně ovlivňuje životní prostředí. Výše popsané skutečnosti o eliminovaných a neeliminovaných slabých stránkách stávajícího stavu jsou pro snadnější vyhodnocení zapsány v tabulce níže (Tabulka 10).

<b>Slabé stránky</b>	<b>Eliminace</b>
Manipulace, transport a skladování špinavé 2D frakce	ano
Transport a manipulace BRM	ano
Znečišťování hvězdicového síta	ne
Nevyužití špinavé 2D frakce	ano
Nevyužití 3D frakce	ne
Zbytečná vzduchová separace	ano
Manipulace TAP	ne
Transport TAP	ano
Skladování TAP	ne

*Tabulka 10: Tabulka eliminací slabých stránek v prvním variantním stavu*

První zásadní změnou druhého variantního stavu je přepažení kóje, náhrada hvězdicového třídiče Multistar za jednosítný vibrační třídič Spaleck s technologií Flip-Flow a umístění tohoto třídiče nad levou část kóje. Třídič bude schopen bez problému odseparovat biologicky rozložitelný materiál do kóje, čímž budou eliminovány problémy s jeho manipulací, zbytečným transportem a skladováním a zároveň bude díky výše zmíněné technologii schopen samočištění během provozu, čímž je eliminován problém se znečišťováním hvězdicového síta, neboť je odstraněno a je zvolena vhodnější varianta třídění. Nastavení propadu není v tomto případě tak jednoduché, jako v současné variantě, kdy je propad nastavován rychlostí otáček rotujících hřídelí. Výměna síťových segmentů tohoto třídiče ale není rozhodně složitá. Jednotlivé segmenty jsou lehké s bezproblémovou manipulací. Třídící plochu lze díky segmentům rozdělit na dvě poloviny různého propadu, což je považováno za výhodu tohoto systému. Vytvoření skluzu pro dopravník do stabilizační komory není stavebně náročná operace. Skluz může být přivařen či přišroubován k ocelovým profilům, které lze jednoduše přimontovat na železobetonové stěny kóje. Stavba stabilizační komory nebude vyžadovat složité stavební úpravy. Základ konstrukce budou tvořit pravděpodobně betonové patky, do kterých mohou být svislé nosné prvky zapuštěny a jednoduše ukotveny pomocí šroubů, a v betonu zapuštěných závitových pouzder, čímž by byly nosné prvky pevně ukotveny a zároveň by byla konstrukce rozebíratelná. Materiálové požadavky na konstrukci stabilizační komory nejsou vysoké. Stabilizace špinavé 2-D frakce v této komoře bude trvat podstatně (odhadem cca o 1/2 časové náročnosti) kratší dobu, než v prvním variantním stavu. Komora disponuje vyšší kapacitou stabilizovaného materiálu oproti prvnímu variantnímu stavu. Další velmi zásadní změnou je instalace třídící kabiny. Pravdou je, že z důvodu pořízení této kabiny stoupne nárok na počet zaměstnanců. Jako pozitivum je důležité zdůraznit, že stoupne produkce TAP a materiál bude řádně

roztříděn a bude s ním naloženo dle jeho druhu (recyklace, biomasa atd.), čímž jsou eliminovány náklady na jeho transport a poplatky za uložení na skládku. Finální úpravou je instalace briketovacích zařízení Promeco. Mezi hlavní výhody těchto briket, které pozitivně ovlivní provoz linky je jejich jednoduchá manipulovatelnost, skladovatelnost a vyšší kvalita produktu. Skladování je v tomto variantním stavu navrženo ve standardních paletových bednách, které je nutné pořídit, čímž stoupnou investiční náklady. Materiál lze skladovat také v převozních kontejnerech, kterými podnik disponuje. Zde je tedy pouze na investorech a odběratelích, která varianta je vhodnější pro skladování a následnou expedici.

Tento variantní stav (druhý) eliminuje všechny slabé stránky, které byly nalezeny ve SWOT analýze. Zjednodušený popis je rozepsán v Tabulka 11.

<b>Slabé stránky</b>	<b>Eliminace</b>
Manipulace, transport a skladování špinavé 2D frakce	ano
Transport a manipulace BRM	ano
Znečišťování hvězdicového síta	ano
Nevyužití špinavé 2D frakce	ano
Nevyužití 3D frakce	ano
Zbytečná vzduchová separace	ano
Manipulace TAP	ano
Transport TAP	ano
Skladování TAP	ano

*Tabulka 11: Tabulka eliminací v druhém variantním stavu*

Třetí variantní stav (mobilní provedení) nelze aplikovat do současného objektu. Nejedná se tedy tak o inovaci jako spíše o návrh nové linky s podmínkou mobility všech zařízení a možností nasazení do současného provozu. Tato varianta je oproti stacionárním variantám složena pouze ze tří strojů: Pomaloběžného drtiče, vibračního třídiče a vzduchového separátoru. Součástí všech těchto strojů jsou dopravníkové pásy s možností instalace magnetických bubnů pro separaci železných kovů. Nevýhodou této varianty je neschopnost následného zpracování výsledných produktů. Mobilní varianta dokáže odseparovat frakce dle současného stavu v Žilíně, ale další zpracování jako v druhém variantním stavu je omezené. Prakticky by bylo možné špinavou 2D frakci stabilizovat pouze na vzduchu za pomoci mobilního překopávače (např. Toprun X 55), kterým podnik disponuje, ale třídící kabina pro roztřídění 3-D frakce není dostupná v mobilním provedení. Skutečnost možnosti využití mobilního překopávače není uvážena v hodnocení tohoto stavu. Další značnou nevýhodou je působení povětrnostních vlivů, které může negativně ovlivnit kvalitu výsledného produktu. Jistě je v tomto stavu eliminován problém transportem a manipulací BRM a špinavé 2D frakce. Materiál může být z dopravníku volně transportován do kontejnerů, které budou po naplnění odvezeny a vyměněny za nové, kterými podnik disponuje. Problém skladování, manipulace a častého transportu TAP se touto variantou nevyřeší, lze předpokládat, že by byl tento produkt transportován a uskladňován ve skladovací části haly. Třídič Finlay 873 Spaleck eliminuje problém znečišťování hvězdicových sít díky technologii Flip - Flow.

Obecně lze tedy říci, že tato varianta je z inovačního hlediska nezajímavá. Mobilní varianta může být zajímavá z hlediska budoucí strategie podniku. Díky mobilitě umožňuje provozovat činnost přímo na skládce. V případě zvýšení poptávky po TAP by tedy nebylo nutné materiál od skládek komunálního odpadu nakupovat a na vlastní náklady transportovat, ale dosadit linku na skládku samotnou. Díky této mobilní variantě vzniká možnost snadné rekultivace skládky, což má pozitivní dopad na životní prostředí. Jako další výhodu lze považovat pravděpodobně ekonomickou nenáročnost oproti nové stacionární variantě. Stacionární varianty v halových objektech vyžadují projektovou dokumentaci, stavební povolení a jiné administrativní úkony. Samotná výstavba bývá finančně náročná na materiál a časově náročná na dobu výstavby. Na vlastníka mobilní varianty je kladen nárok pouze na dokumenty potřebné k povolení k provozu konkrétní činnosti a na základní kapitál k pořízení strojů, jejichž dodací termín bývá do jednoho měsíce.

Tento variantní stav (třetí) neeliminuje všechny slabé stránky, které byly nalezeny ve SWOT analýze (zjednodušený popis je rozepsán v Tabulka 12), zajímavost tohoto stavu je v jeho možném použití v budoucí strategii podniku.

<b>Slabé stránky</b>	<b>Eliminace</b>
Manipulace, transport a skladování špinavé 2D frakce	ano
Transport a manipulace BRM	ano
Znečišťování hvězdicového síta	ano
Nevyužití špinavé 2D frakce	ne
Nevyužití 3D frakce	ne
Zbytečná vzduchová separace	ano
Manipulace TAP	ne
Transport TAP	ne
Skladování TAP	ne

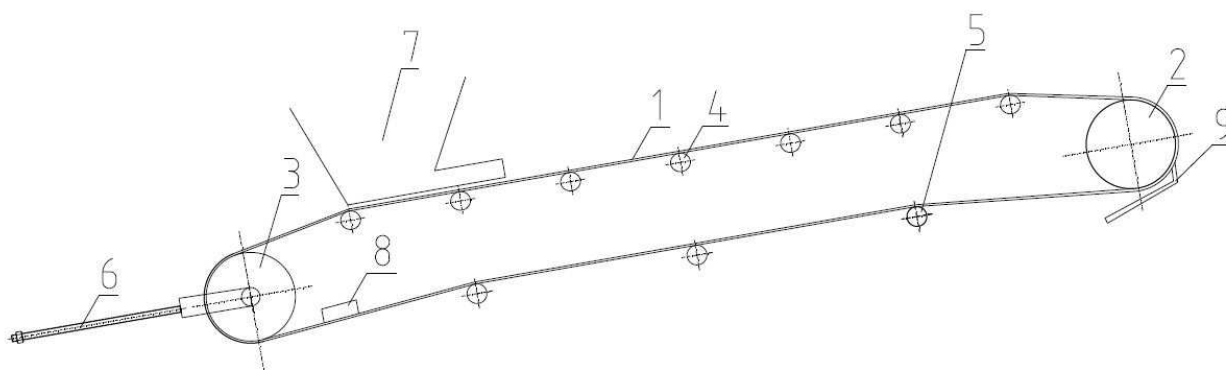
*Tabulka 12: Tabulka eliminací ve třetím variantním stavu*



## 5 Kapacitní výpočty dopravníkových pásů

Pásové dopravníky jsou nejčastějšími transportními spojovacími zařízeními při transportu sypkého materiálu. Lze se s nimi setkat v odvětvích jako úpravách kameniva, odpadů, biomasy nebo v průmyslové výrobě. Jedná se o jednoduchou konstrukci (Obr. 42), která je složena z nosného ocelového rámu, ve kterém je uchycena válečková stolice pro horní větev pryžového pásu, po kterém je materiál transportován, a nosných válečků zpětné větve na spodní straně. Napnutí pryžového pásu je uskutečněno mezi dvěma bubny na konci dopravníku. Jeden buben slouží jako hnací a druhý buben jako napínací (nejčastěji pomocí napínacích šroubů). Často se lze setkat s dlouhými pásovými dopravníky, jejichž konstrukce je složitější z důvodu systému napínání, kdy je napínacích a hnacích válečků více, mnohdy doplněných o napínací závaží.

Přenos hnací síly závisí na koeficientu tření mezi pryžovým (pryžotextilním) pásem a hnacím bubnem. Koeficient tření je závislý na dvou parametrech, a to na úhlu opásání hnacího bubnu a na povrchových vlastnostech materiálu hnacího bubnu a pryžového pásu. Se stoupajícím úhlem opásání stoupá síla přenešená z bubnu na pás. Za účelem zvýšení koeficientu tření se bubny často obkládají materiály, které společně s pryžovým pásem zvyšují koeficient tření. Mezi tyto materiály patří dřevo, hliník, pryžový povrch s odlišnou tuhostí atd.

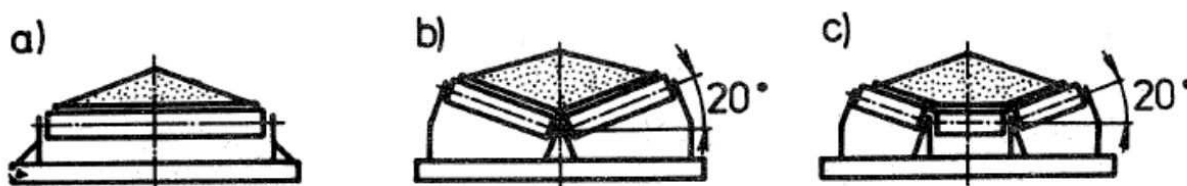


Obr. 42: Schéma konstrukce dopravníkového pásu [14]

1 - Dopravníkový pás; 2 - Hnací buben; 3 - Vratný buben; 4 - Válečky v nosné větvi; 5 - Válečky ve vratné větvi; 6 - Napínací zařízení; 7 - Násypka; 8 - Vnitřní stěrač; 9 - Vnější stěrač

Podmínkou hospodárného a spolehlivého dopravníkového pásu je jeho čistota. Dopravníkové pásy jsou tedy zpravidla vybaveny stěrači (čističi). Dopravníkovému pásu také hrozí únava z namáhání v ohybu. Tento jev je ovlivněn průměrem hnacího bubnu. Čím je menší průměr bubnu, tím je větší namáhání. Dále je trvanlivost pásu podmíněna jeho výkonností (na rychlosti). Obvyklá rychlost dopravníkových pásů se pohybuje okolo  $1,5 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$ . V některých provozech se dosahuje rychlosti až  $3,5 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$ , což pás negativně ovlivňuje.

Jednen z nejdůležitějších parametrů při výběru dopravníkového pásu je tvar horní stolice (), který se odvíjí od typu přepravovaného materiálu. V průmyslové výrobě jsou často používány jednoválečkové stolice. V oblasti těžby a úpravy kameniva jsou preferovány stolice dvouválečkové a tříválečkové (Obr. 43). Dalším kritériem je hmotnost přepravovaného materiálu. Víceválečkové stolice jsou pro přepravu těžkého materiálu vhodnější než jednoválečkové stolice. Víceválečkové stolice jsou schopny transportovat více materiálu než stolice jednoválečkové při konstantních otáčkách (v případě nevyužití bočních krytů).



Obr. 43: Nejčastěji užívané konstrukce stolic horní větve [15]

a) Jednoválečková; b) Dvouválečková; c) Tříválečková

## 5.1 Návrh dopravníkového pásu

Pro návrh dopravníkového pásu [16] jsou podstatné vstupní parametry, které jsou dány nebo voleny. Obecně lze v kapitole 4.5 Zakreslení materiálových toků vyhledat všechny materiálové toky, které se ve variantních stavech vyskytují, a na tyto toky dimenzovat dopravníkové pásy. V praxi probíhá dimenzace formou nalezení nevyšší hodnoty materiálového toku a navrhování všech pásů na tuto hodnotu. Tato skutečnost je odůvodněna možnou variabilitou použití dopravníkových pásů a snížením dodatečných výdajů za pořizování nových pásů při zvýšení výrobní kapacity.

Návrh dopravníkového pásu byl konzultován s technickým poradcem firmy zabývající se konstrukcí dopravníkových pásů. Volba jednotlivých částí byla vybrána ze sortimentu této firmy. Firma požádala o anonymitu.

## 5.2 Vstupní parametry

### Dopravníkový pás

- Materiálový tok  $Q = 30$  [t/hod]
- Rychlost  $v = 1,7$  [m/s] (voleno)
- Délka  $L = 15$  [m] (dle výkresu)
- Šířka pásu  $\check{S} = 0,8$  [m] (voleno)
- Relativní výška  $H = 5$  [m] (voleno)

- Realitvní úhel sklonu  $\delta = [9^\circ]$  (voleno)
- Tloušťka pásu  $d = 15 [mm]$  (voleno)

#### **Dvouválečková stolice – nosná větev (dle katalogu)**

- Úhel sklonu válečku  $\lambda = 15 [^\circ]$
- Průměr válečku  $D = 89 [mm]$
- Délka válečku  $l = 465 [mm]$
- Hmotnost rotující části válečku  $q_1 = 3,1 [kg]$
- Rozteč stolic  $l [m]$

#### **Jednoválečková stolice – vratná větev**

- Průměr válečku  $D = 89 [mm]$
- Délka válečku  $950 [mm]$
- Hmotnost rotující části válečku  $q_2 = 6 [kg]$
- Rozteč stolic  $2 [m]$

#### **Hnací elektrobuben (dle katalogu)**

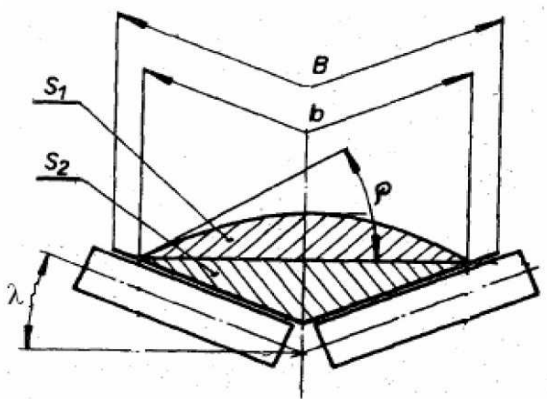
Šířka bubnu  $900 [mm]$

Průměr bubnu  $D = 320 [mm]$

Příkon bubnu  $2000 [W]$

## 5.3 Kapacitní výpočet

### 5.3.1 Výpočet plochy průřezu náplně



Obr. 44: Rozložení ploch náplně [17]

#### Potřebná plocha – teoretická

$$S_T = \frac{Q}{\rho * v}$$

$$S_T = \frac{30\,000}{250 * 1,7 * 3600} = 0,01961 \text{ [m}^2\text{]}$$

#### Plocha $S_1$

$$S_1 = \frac{(b * \cos \lambda)^2 * \operatorname{tg} \Theta}{6}$$

$$S_1 = \frac{(0,787 * \cos 15)^2 * \operatorname{tg} 11,25}{6} = 0,01915 \text{ [m}^2\text{]}$$

– ložná šířka pásu

$$b = 0,9 * B - 0,05$$

$$b = 0,9 * 0,930 - 0,05 = 0,4 \text{ [m]}$$

– Sypný úhel

$$\Theta = 0,75 * \lambda$$

$$\Theta = 0,75 * 15 = 11,25 \text{ [}^\circ\text{]}$$

**Plocha  $S_2$**

$$S_2 = \left(\frac{b}{2} * \cos \lambda\right) * \left(\frac{b}{2} * \sin \lambda\right)$$

$$S_2 = \left(\frac{0,787}{2} * \cos 15\right) * \left(\frac{0,787}{2} * \sin 15\right) = 0,03871 \text{ [m}^2\text{]}$$

**Celková plocha**

$$S = S_1 + S_2$$

$$S = 0,01915 + 0,03871 = 0,05786 \text{ [m}^2\text{]}$$

**Součinitel korekce průřezu vrchlíku náplně pásu**

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \Theta}{1 - \cos^2 \Theta}}$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 9 - \cos^2 11,25}{1 - \cos^2 11,25}} = 0,35708$$

**Součinitel sklonu**

$$k = 1 - \frac{S_1}{S} * (1 - k_1)$$

$$k = 1 - \frac{0,01915}{0,05786} * (1 - 0,35708) = 0,43013$$

**Potřebná plocha – skutečná**

$$S_k = S * k$$

$$S_k = 0,05786 * 0,43013 = 0,02489 \text{ [m}^2\text{]}$$

**5.3.2 Kontrola pásu na ložný prostor**

$$S_k > S_T$$

$$0,02489 > 0,01961 \quad \text{VYHOVUJE}$$



### 5.3.3 Kontrola pásu na dopravované množství

#### *Objemový dopravní výkon*

$$I_v = S * v * k$$

$$I_v = 0,05786 * 1,7 * 0,43013 = 0,04233 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

#### *Hmotnostní dopravní výkon*

$$I_m = I_v * \rho * 3600$$

$$I_m = 0,04233 * 250 * 3600 = 38\,097 \text{ [kg/h] VYHOVUJE}$$

### 5.3.4 Výpočet hlavního odporu $F_H$

Globální součinitel tření  $f = 0,02$  (tabulková hodnota)

Hmotnost 1. metru dopravníkového pásu (dle výrobce)  $q_B = 7,1 \text{ [kg/bm]}$

#### *Hmotnost rotujících částí válečků na 1 metru nosné větve*

$$q_{RO} = \frac{2 * q_1 * p_1}{L}$$

$$q_{RO} = \frac{2 * 3,1 * 14}{15} = 5,79 \text{ [kg/m]}$$

$p_1$  počet válečkových stolic v horní větvi

#### *Hmotnost rotujících částí válečků na 1 metru vratné větve*

$$q_{RU} = \frac{q_2 * p_2}{L}$$

$$q_{RU} = \frac{6 * 7}{15} = 2,8 \text{ [kg/m]}$$

#### *Hmotnost nákladu na 1 metru dopravníkového pásu*

$$q_G = \frac{I_v * \rho}{v}$$

$$q_G = \frac{0,04233 * 250}{1,7} = 6,225 \text{ [kg/m]}$$

### Hlavní odpor $F_H$

$$F_H = f * L * g * [q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_G) * \cos \delta]$$

$$F_H = 0,02 * 15 * 9,81 * [5,79 + 2,8 + (2 * 7,1 + 6,225) * \cos 9] = 84,651 \text{ [N]}$$

### 5.3.5 Výpočet vedlejšího odporu $F_N$

#### Odpor setrvačných sil v místě nakládání a urychlování

$$F_{ba} = I_v * \rho * (v - v_0)$$

$$F_{ba} = 0,04233 * 250 * (1,7 - 0) = 17,99 \text{ [N]}$$

#### Odpor ohybu pásu na bubnech

$$F_o = \frac{9 * B * (140 + \frac{0,01 * F_T}{B}) * d}{D}$$

$$F_o = \frac{9 * 0,930 * (140 + \frac{0,01 * 8000}{0,930}) * 0,015}{0,32} = 89,803 \text{ [N]}$$

$F_T$  průměrný tah pásu na bubnu (dle výrobce)

$d$  tloušťka pásu

$D$  průměr bubnu

#### Odpor v ložiscích hnaného bubnu

$$F_t = \frac{0,005 * d_{22}}{D} * F_T$$

$$F_t = \frac{0,005 * 0,045}{0,32} * 8000 = 5,625 \text{ [N]}$$

$d_{22}$  průměr osy uložení ložiska

#### Minimální urychlovací délka

$$l_{bmin} = \frac{v^2 - v_0^2}{2 * g * \mu_1}$$

$$l_{bmin} = \frac{1,7^2 - 0^2}{2 * 9,81 * 0,4} = 0,36825 \text{ [mm]} \quad \text{dle tabulky voleno } l_b = 0,5 \text{ [mm]}$$

$\mu_1$  součinitel tření mezi materiálem a pásem

### ***Odpor tření mezi materiálem a bočním vedením***

$$F_f = \frac{\mu_2 * I_v^2 * \rho * g * l_b}{\left(\frac{v+v_0}{2}\right)^2} * b_t^2$$

$$F_f = \frac{0,4 * 0,04233^2 * 250 * 9,81 * 0,5}{\left(\frac{1,7+0}{2}\right)^2} * 0,75^2 = 2,16259 \text{ [N]}$$

$\mu_2$  součinitel tření mezi materiálem a bočnicemi

$b_t$  světlá šířka bočnic

### ***Vedlejší odpor $F_N$***

$$F_N = F_{ba} + F_f + F_o + F_t$$

$$F_N = 17,99 + 2,16259 + 89,803 + 5,625 = 115,58 \text{ [N]}$$

## **5.3.6 Výpočet přídatného hlavního odporu $F_{S1}$**

$$F_{S1} = \mu_0 * L * q_B * g * \cos \lambda * \cos \delta * \sin \varepsilon$$

$$F_{S1} = 0,4 * 15 * 7,1 * 9,81 * \cos 15 * \cos 9 * \sin 2 = 13,9 \text{ [N]}$$

$\varepsilon$  vychýlení válečků

$\mu_0$  součinitel tření mezi válečky a pásem

## **5.3.7 Výpočet přídatného vedlejšího odporu $F_{S2}$**

### ***Odpor vnějšího stěrače pásu***

$$F_{R1} = B * t_\varepsilon * p * \mu_3$$

$$F_{R1} = 0,930 * 0,005 * 6 * 10^4 * 0,4 = 111,6 \text{ [N]}$$

$p$  tlak mezi čističem pásu a pásem

$\mu_3$  koeficient tření mezi čističem a pásem

### ***Odpor vnitřního stěrače pásu***

$$F_{R2} = m_s * g * \mu_3$$

$$F_{R2} = 7,2 * 9,81 * 0,4 = 28,2525 \text{ [N]}$$

### **Celkový odpor stěračů pásů**

$$F_R = F_{S2} = F_{R1} + F_{R2}$$

$$F_R = F_{S2} = 111,6 + 28,2582 = 139,85 \text{ [N]}$$

### **5.3.8 Odpor k překonání relativní dopravní výšky**

$$F_{St} = q_G * H * g$$

$$F_{St} = 6,255 * 5 * 9,81 = 305,336 \text{ [N]}$$

### **5.3.9 Potřebná obvodová síla na hnacím bubnu**

$$F_{Up} = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St}$$

$$F_{Up} = 84,651 + 115,58 + 13,9 + 139,85 + 305,336 = 659,317 \text{ [N]}$$

Z důvodu nepřesnosti výpočtu a možnému zvýšení síly zvětšení o 20[%].

$$F_U = F_{Up} * 1,2$$

$$F_U = 659,317 * 1,2 = 791,18 \text{ [N]}$$

### **5.3.10 Výkon motoru hnacího bubnu**

$$P_A = F_U * v$$

$$P_A = 791,18 * 1,7 = 1345,006 \text{ [W]}$$

### **5.3.11 Příkon motoru**

$$P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$$P_M = \frac{1345,006}{0,9} = 1494,45$$

Výsledkem kapacitního výpočtu jsou základní parametry jednotlivých částí dopravníkového pásu transportující materiál tok o hodnotě 30 [t/hod] navrženou rychlostí 1,7 [m/s]. Jak je výše uvedeno, tak takto nadimenzovaný pás bude užít pro všechny nové dopravníkové pásy, což se může zdát neekonomické. Je důležité přijmout skutečnost, že ostatní dopravníkové pásy transportují méně materiálu, než pás navržený. Rychlost těchto pásů bude nižší, což povede ke snížení výkonu

a příkonu motoru hnacího bubnu. Vezme-li se v úvahu závislost mezi rychlostí dopravníkového pásu a výkonem motoru, lze dopočítat příkony jednotlivých pásů.

Číslo pásu *	Materiálový tok [t/hod]	Rychlost [m/s]	Příkon kW – teoretický	Příkon kW – reálný
Navržený	30	1,7	14,95	4,49
D1.1	8,7	0,49	4,34	1,3
D1.2	12	0,68	5,98	1,79
D1.3	12	0,68	5,98	1,79
D2.2	7,5	0,43	3,74	1,12
D2.3	7,5	0,43	3,74	1,12
D2.4	2,1	0,12	1,05	0,31
D2.5	12	0,68	5,98	1,79
D2.6	14,1	0,8	7,03	2,11
D2.7	8,7	0,49	4,34	1,3

*Tabulka 13: Provozní parametry navržených dopravníkových pásů*

\* číslo pásu dle jednotlivých výkresů variantních stavů

## 6 Technicko-ekonomické hodnocení

Ve výše uvedené kapitole 4.6 Hodnocení variantních stavů jsou hodnoceny variantní stavy z technologického hlediska, kdy výsledkem jsou eliminace slabých stránek SWOT analýzy za účelem zlepšení současného stavu.

Tato kapitola je zaměřena na ekonomické zhodnocení jednotlivých variant [18]. Podstatou je zhodnocení variant z hlediska jejich finanční návratnosti. Pro takové zhodnocení je důležité nejprve pochopit finanční politiku podniku tohoto typu. Jak bylo výše uvedeno, jedná se o linku na zpracování tuhého komunálního odpadu. Princip provozu z finančního hlediska je následující. Primárně linka disponuje vlastními vozy na svoz komunálního odpadu. Tato služba podniku zajišťuje materiální a zároveň finanční zdroje. Provoz třídící linky má za úkol roztrždit vstupní materiál na složky, které se dají obecně dělit na dvě skupiny. První skupinu lze charakterizovat jako skupinu nákladovou. Složky v této skupině jsou takové, které je nutno po separaci uskladnit na skládce odpadu, což má za následek finanční ztrátu (náklad). Druhou skupinu lze charakterizovat jako skupinu tržební. Složky v této skupině jsou takové, které je možno po odseparování prodat. Jako takovou složku lze považovat i tu, jejíž současná tržní hodnota je nulová. Dále je nutné pro zhodnocení jednotlivých variant znát provozní náklady současné varianty a investiční náklady jednotlivých variantních stavů.

Zkratky jednotlivých stavů viz výkresy v příloze.

### 6.1 Současný stav

#### Provozní náklady

Jedná se o náklady, které jsou spojeny s provozem linky. Což jsou náklady na provoz strojů a zařízení, náklady na mzdu obsluhy a náklady spojené s činností nakladače.

Provozní náklady – stroje a zařízení					
Stroje	Ks	Příkon kW – teoretický	Příkon kW – reálný	Tarif kW/hod [€]	Cena [€/hod]
Separátor Fe	1	2,2	0,66	0,12732	0,08
Terminator 3600 E	1	160	48		6,11
Flower Disk FD 80	1	16,5	4,95		0,63
Multistar 2-SE	1	22	6,6		0,84
Ballistor 6300 E	1	13,1	3,93		0,5
Rasor 5400	1	272	81,6		10,39
<b>Dopravníkové pásy</b>	-	80	24		3,06
				<b>Σ</b>	<b>21,61</b>

Tabulka 14: Provozní náklady strojů a zařízení současného stavu

Provozní náklady – manipulace s materiálem	
Zařízení	[€/rok]
Nakladač	3700,00

Tabulka 15: Provozní náklady na manipulaci s materiálem souč. stavu



Provozní náklady – zaměstnanci (obsluha)			
Funkce	Počet zaměstnanců	Platební tarif [€/hod]	Celkem [€/hod]
Obsluha	2	4,5	9

Tabulka 16: Provozní náklady (mzdy zaměstnanců)

Výše uvedené výsledné hodnoty provozních nákladů (Tabulka 14: Provozní náklady strojů a zařízení současného stavu a Tabulka 16: Provozní náklady (mzdy zaměstnanců)) jsou uvedeny v [€/hod]. Pro ekonomické hodnocení je nutné znát hodnotu ročních provozních nákladů. Za tímto účelem je důležité, aby byla zjištěna hodinová doba provozu linky za rok (časový fond linky).

Zpracované množství [t/rok]	Pracovní výkon [t/hod]	Časový fond linky za rok [hod]
30000	30	1000

Tabulka 17: Roční časový fond

Roční provozní náklady (RPN) jsou tedy součtem jednotlivých ročních nákladů:

$RPN = NSZ + NMM + NZ$  kde,

NSZ roční náklady na stroje a zařízení

PNMM roční náklady a manipulaci s materiálem

NZ roční náklady na zaměstnance

Roční provozní náklady [€]
34311,3

Tabulka 18: Roční provozní náklady současného stavu

### Náklady – skládkovné

Jedná se o náklady na složky, které je nutno po odseparování umístit na skládku.

Náklady – skládkovné			
Materiál	Množství [t/rok]	Cena za 1 tunu [€]	Celkem [€/rok]
Špinavá 2-D	7500	40,00	300000,00
3D	7500	40,00	300000,00
		<b>Σ</b>	<b>600000,00</b>

Tabulka 19: Náklady - skládkovné (současný stav)

## Tržby – prodej

Jedná se o složky, které po odseparování není nutno uložit na skládku a lze je prodat (i za nulovou hodnotu). V této skupině jsou uvažovány i tržby za svoz odpadu.

Tržby – prodej			
Materiál	Množství [t/rok]	Cena za 1 tunu [€]	Celkem [€/rok]
Svozné	30000	50,00	1500000
TAP	12000	0	0
Fe	1500	110	165000
		<b>Σ</b>	<b>1665000,00</b>

Tabulka 20: Tržby - prodej (současný stav)

## ZISK

Z výše uvedených hodnot lze spočítat roční zisk.

$$\text{ZISK} = \text{TRŽBY} - (\text{ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY} + \text{NÁKLADY NA SKLÁDKOVNÉ})$$

$$\text{ZISK} = 1\,030\,689 \text{ [€]}$$

## 6.2 První variantní stav

Pro porovnání variantních stavů se stavem současným je podstatné znát informaci o investičních nákladech každé varianty (resp. pořizovacích nákladech strojů a zařízení).

### Investiční náklady (IN)

Investiční náklady – transportní zařízení					
Zařízení	Pořizovací cena [€]	Ks	Doprava a instalace [€]	Zaškolení pracovníků [€]	Celkem [€]
D1.1	2350,00	1	- v ceně	- v ceně	2350
D1.2	2200,00	1	- v ceně	- v ceně	2200
D1.3	4810,00	1	- v ceně	- v ceně	4810
D1.4 – MS 100	92500,00	1	- v ceně	- v ceně	92500
				<b>Σ</b>	<b>101860</b>

Tabulka 21: Investiční náklady - transportní zařízení (1.VS)

Investiční náklady – ostatní					
Zařízení	Pořizovací cena [€]	Ks	Doprava a instalace [€]	Zaškolení pracovníků [€]	Celkem [€]
O1.1	1500,00	1	250,00	-	1750,00
Stabilizační komora	2900,00	1	710,00	-	3610,00
				<b>Σ</b>	<b>5360,00</b>

Tabulka 22: Investiční náklady - ostatní (1.VS)

$$\text{CELKOVÉ IN} = \text{IN zařízení} + \text{IN ostatní}$$

$$\text{CELKOVÉ IN} = 107\,220 \text{ [€]}$$

### Provozní náklady

Provozní náklady – stroje a zařízení					
Stroje	Ks	Příkon [kW] – teoretický	Příkon [kW] – reálný	Tarif [kW/hod] [€]	Cena [€/hod]
Separátor Fe	1	2,2	0,66	0,12732	0,08
Terminator 3600 E	1	160	48		6,11
Flower Disk FD 80	1	16,5	4,95		0,63
Multistar 2-SE	1	22	6,6		0,84
Ballistor 6300 E	1	13,1	3,93		0,5
Rasor 5400	1	272	81,6		10,39
<b>Dopravníkové pásy</b>					
Původní	4	45,7	13,71	0,12732	1,75
D1.1	1	4,33	1,3		0,17
D1.2	1	5,98	1,79		0,23
D1.3	1	5,98	1,79		0,23
D1.4 – MS 100	1	5	1,5		0,19
				<b>Σ</b>	<b>23,67</b>

Tabulka 23: Provozní náklady - stroje a zařízení (1.VS)

Provozní náklady – manipulace s materiálem	
Zařízení	[€/rok]
Nakladač	<b>2590,00</b>

Tabulka 24: Provozní náklady - maipulace s materiálem (1.VS)

Provozní náklady – zaměstnanci (obsluha)			
Funkce	Počet zaměstnanců	Platební tarif [€/hod]	Celkem [€/hod]
Obsluha	3	4,5	<b>13,5</b>

Tabulka 25: Provozní náklady - obsluha (1.VS)

Roční provozní náklady (RPN)

$$RPN = NSZ + NMM + NZ$$

$$RPN = 39\,763 \text{ [€]}$$

kde,

NSZ roční náklady na stroje a zařízení

PNMM roční náklady a manipulaci s materiálem

NZ roční náklady na zaměstnance

### Náklady – skládkovné

<b>Náklady – skládkovné</b>			
<b>Materiál</b>	<b>Množství [t/rok]</b>	<b>Cena za 1 tunu [€]</b>	<b>Celkem [€rok]</b>
Špinavá 2-D	4500	40,00	180000,00
3D	7500	40,00	300000,00
		<b>Σ</b>	<b>480000,00</b>

Tabulka 26: Náklady - skládkovné (1.VS)

### Tržby – prodej

<b>Tržby – prodej</b>			
<b>Materiál</b>	<b>Množství [t/rok]</b>	<b>Cena za 1 tunu [€]</b>	<b>Celkem [€rok]</b>
Svozné	30000	50,00	1500000
TAP	15000	0	0
Fe	1500	110	165000
		<b>Σ</b>	<b>1665000,00</b>

Tabulka 27: Tržby - prodej (1.VS)

### ZISK

Z výše uvedených hodnot lze spočítat roční zisk.

$$\text{ZISK} = \text{TRŽBY} - (\text{ROČNÍ PROVOZNÍ NÁKLADY} + \text{NÁKLADY NA SKLÁDKOVNÉ})$$

$$\text{ZISK} = 1\,145\,257 \text{ [€]}$$

### NÁVRATNOST INVESTICE

Jedná se o ukazatel, jehož úkolem je informovat, za jakou dobu bude investice zaplácena. Z důvodů porovnání dvou variant (současná varianta a první variantní stav) je pro výpočet použit tzv. navýšený zisk (rozdíl zisku prvního variantního stavu a současného stavu).

$$\text{NÁVRATNOST} = \frac{\text{INVESTIČNÍ NÁKLADY}}{\text{ZISK 1. VS} - \text{ZISK SOUČ. STAVU}} = 0,94 \text{ [rok]} = 343 \text{ dní}$$

## 6.3 Druhý variantní stav

Princip ekonomického zhodnocení druhého variantního stavu je totožný s prvním. Dále již pouze tabulky s podstatnými údaji.

### Investiční náklady

Investiční náklady – stroje					
Stroj	Požizovací cena [€]	Ks	Doprava a instalace [€]	Zaškolení pracovníků [€]	Celkem [€]
Spaleck Flip-Flow Screen	111100,00	1	- v ceně	- v ceně	111100,00
MPS 48	88900,00	1	- v ceně	- v ceně	88900,00
PES 600	148100,00	2			296200,00
				<b>Σ</b>	<b>496200,00</b>

Tabulka 28: Investiční náklady - stroje (2.VS)

Investiční náklady – transportní zařízení					
Zařízení	Požizovací cena [€]	Ks	Doprava a instalace [€]	Zaškolení pracovníků [€]	Celkem [€]
D2.1	9620,00	1	- v ceně	- v ceně	9620,00
D2.2	3995,00	1	- v ceně	- v ceně	3995,00
D2.3	3760,00	1	- v ceně	- v ceně	3760,00
D2.4	3760,00	1	- v ceně	- v ceně	3760,00
D2.5	6580,00	1	- v ceně	- v ceně	6580,00
D2.6	7050,00	1	- v ceně	- v ceně	7050,00
D2.7	1880,00	1	- v ceně	- v ceně	1880,00
D2.8	2820,00	1	- v ceně	- v ceně	2820,00
				<b>Σ</b>	<b>39465</b>

Tabulka 29: Investiční náklady - transportní zařízení (2.VS)

Investiční náklady – ostatní					
Zařízení	Požizovací cena [€]	Ks	Doprava a instalace [€]	Zaškolení pracovníků [€]	Celkem [€]
O2.1	1500,00	1	250,00	- v ceně	1750,00
Stabilizační komora	7700,00	1	1480,00	- v ceně	9180,00
Skluz pravá kóje	550,00	1	130	- v ceně	680,00
Paleta	70,00	50	40	- v ceně	3540,00
				<b>Σ</b>	<b>15150,00</b>

Tabulka 30: Investiční náklady - ostatní (2.VS)

**CELKOVÉ IN = 550 815 [€]**

## Provozní náklady

Provozní náklady – stroje a zařízení					
Stroje	Ks	Příkon [kW] – teoretický	Příkon [kW] – reálný	Tarif kW/hod [€]	Cena [€/hod]
Separátor Fe	1	2,2	0,66	0,12732	0,08
Terminator 3600 E	1	160	48		6,11
Flower Disk FD 80	1	16,5	4,95		0,63
Spaleck Flip-Flow Screen	1	5	1,5		0,19
Ballistor 6300 E	1	13,1	3,93		0,5
MPS 48	1	3	0,9		0,11
PES 600	2	315	94,5		12,03
Rasor 5400	1	272	81,6		10,39
<b>Dopravníkové pásy</b>					
Původní	3	34	10,2	0,12732	1,3
D2.2	1	3,74	1,12		0,14
D2.3	1	3,74	1,12		0,14
D2.4	1	1,05	0,32		0,04
D2.5	1	5,98	1,79		0,23
D2.6	1	7,03	2,11		0,27
D2.7	1	4,34	1,3		0,17
				<b>Σ</b>	<b>34,63</b>

Tabulka 31: Provozní náklady - stroje a zařízení (2.VS)

Provozní náklady – manipulace s materiálem	
Zařízení	[€/rok]
Nakladač	1850

Tabulka 32: Provozní náklady - manipulace s materiálem (2.VS)

Provozní náklady – zaměstnanci (obsluha)			
Funkce	Počet zaměstnanců	Platební tarif [€/hod]	Celkem [€/hod]
Obsluha	6	4,5	27

Tabulka 33: Provozní náklady - obsluha (2.VS)

RPN = 39 763 [€]

## Náklady – skládkovné

Náklady – skládkovné			
Materiál	Množství [t/rok]	Cena za 1 tunu [€]	Celkem [€/rok]
Špinavá 2-D	4500	40,00	180000,00
3D – plast	4500	0,00	0,00
3D – ostatní	1500	40,00	60000,00
		<b>Σ</b>	<b>240000,00</b>

Tabulka 34: Náklady - skládkovné (2.VS)



## Tržby – prodej

Tržby – prodej			
Materiál	Množství [t/rok]	Cena za 1 tunu [€]	Celkem [€/rok]
Svozné	30000	50,00	1500000
TAP	16500	0	0
Fe	1500	110	165000
		<b>Σ</b>	<b>1665000,00</b>

Tabulka 35: Tržby - prodej (2.VS)

**ZISK = 1 361 532 [€]**

## Návratnost

**NÁVRATNOST = 1,66 [rok] = 606 dní**

## 6.4 Třetí variantní stav

Technicko-ekonomické hodnocení mobilní varianty je z důvodu aplikace rozdílné od předchozích dvou variant. Je uvažováno, že tato varianta pracuje na současném místě linky na zpracování tuhého komunálního odpadu, ale instalace této linky nemění současný stav. Tato skutečnost je projevena při výpočtu návratnosti. Návratnost zde není počítána z rozdílu zisku dvou variant, ale pouze ze zisku této varianty. Do nákladové složky jsou započítány kalkulační odpisy. Provozně obvyklá doba je zvolena 10 let.

## Investiční náklady

Investiční náklady – stroje					
Stroj	Pořizovací cena [€]	Ks	Doprava a instalace [€]	Zaškolení pracovníků [€]	Celkem [€]
Finlay 873 Spaleck	260000,00	1	- v ceně	- v ceně	260000,00
Edge Shear Slayer	322200,00	1	- v ceně	- v ceně	322200,00
MC1200	240000,00	1	- v ceně	- v ceně	240000,00
				<b>Σ</b>	<b>822200,00</b>

Tabulka 36: Investiční náklady (3.VS)

## Provozní náklady

Provozní náklady – stroje				
Stroj	Spotřeba [l/hod]	Počet provozních hodin	Cena paliva [€/l]	Celkem [€/rok]
Finlay 873 Spaleck	10	1000	1,012	10120,00
Edge Shear Slayer	20			20240,00
MC1200	10			10120,00
			<b>Σ</b>	<b>40480,00</b>

Tabulka 37: Provozní náklady - stroje (3.VS)

Provozní náklady – manipulace s materiálem	
Zařízení	[€/rok]
Nakladač	3700,00

Tabulka 38: Provozní náklady - manipulace s materiálem (3.VS)

Provozní náklady – zaměstnanci (obsluha)			
Funkce	Počet zaměstnanců	Platební tarif [€/hod]	Celkem [€/hod]
Obsluha	2	4,50	9,00

Tabulka 39: Provozní náklady - obsluha (3.VS)

**RPN = 53 180 [€]**

### Náklady – skládkovné

Náklady – skládkovné			
Materiál	Množství [t/rok]	Cena za 1 tunu [€]	Celkem [€/rok]
Špinavá 2-D	7500	40,00	300000,00
3D	7500	40,00	300000,00
		<b>Σ</b>	<b>600000,00</b>

Tabulka 40: Náklady - skládkovné (3.VS)

### Tržby – prodej

Tržby – prodej			
Materiál	Množství [t/rok]	Cena za 1 tunu [€]	Celkem [€/rok]
Svozné	30000	50,00	1500000
TAP	12000	0	0
Fe	1500	110	165000
		<b>Σ</b>	<b>1665000,00</b>

Tabulka 41: Tržby - prodej (3.VS)

**ZISK = 1 011 820 [€]**

## Odpisy

Kalkulační odpisy – stroje			
Stroj	Pořizovací cena [€]	Provozně obvyklá doba [rok]	Roční odpis [€]
Finlay 873 Spaleck	260000,00	10	26000
Edge Shear Slayer	322200,00		32220
MC1200	240000,00		24000

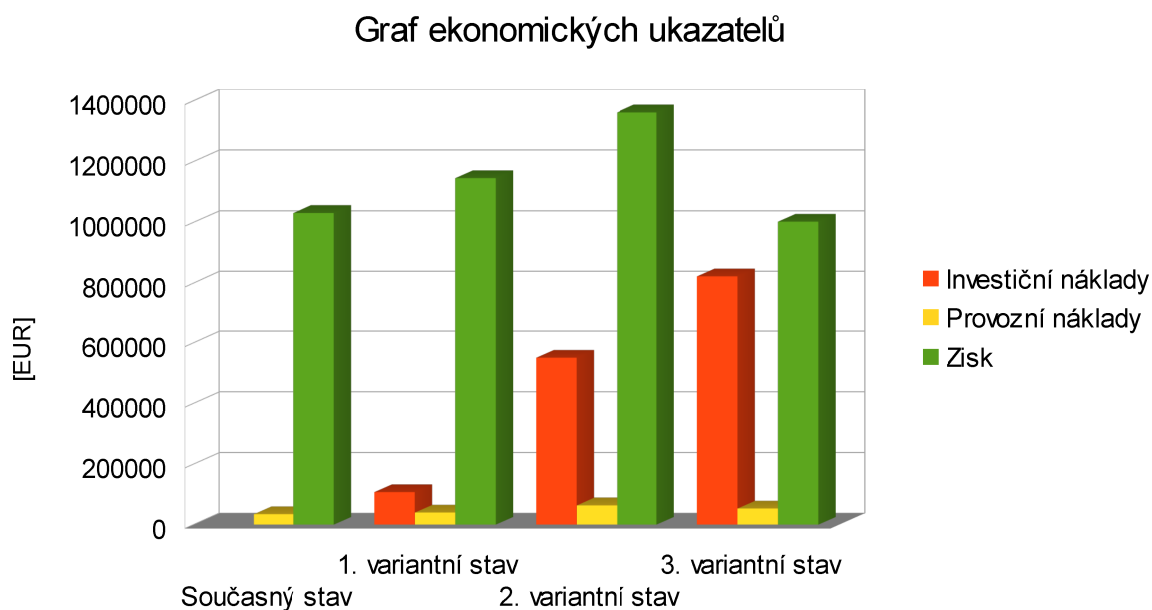
Tabulka 42: Kalkulační odpisy

## Návratnost

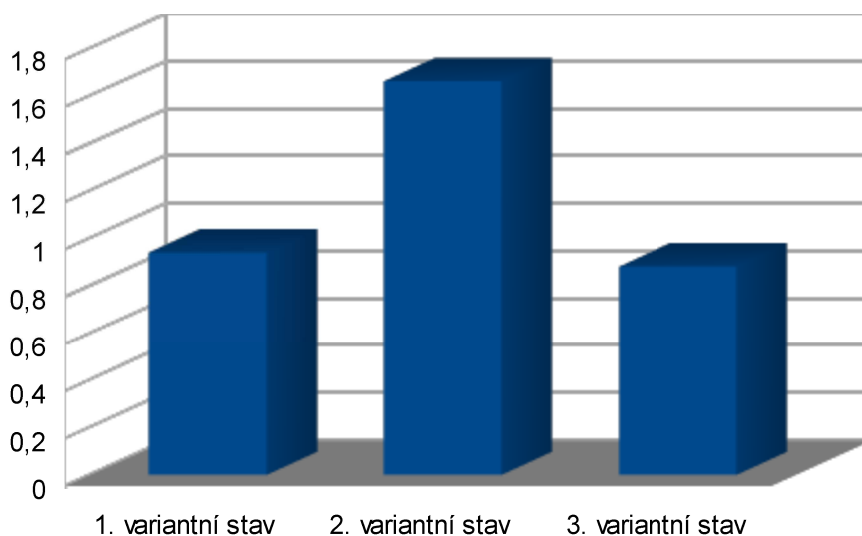
$$NÁVRATNOST = \frac{INVESTIČNÍ NÁKLADY}{ZISK - ODPISY} = 0,88 \text{ [rok]} = 321 \text{ dní}$$

## 6.5 Grafy ekonomických ukazatelů

V této kapitole se nacházejí grafy pro jednoduché porovnání ekonomických ukazatelů jednotlivých variant.



Obr. 45: Graf ekonomických ukazatelů



Obr. 46: Návratnost variantních stavů

## 7 Diskuze výsledků

Úkolem této diplomové práce je návrh tří variantních stavů pro zlepšení současného stavu linky na zpracování tuhého komunálního odpadu. Při hodnocení nastává problém z důvodu zadání různých podmínek každé varianty. První varianta je omezena investičními náklady. Druhá varianta naopak investičními náklady omezená není. Třetí varianta (mobilní) musí splňovat podmínku mobilního provedení.

Z technologického hlediska jsou si první a třetí varianta velmi podobné. Z hlediska využití materiálu lze první variantu považovat za lepší z důvodu stabilizace špinavé 2-D frakce. Třetí varianta naopak řeší problém se znečišťováním hvězdicového síta. Tato skutečnost má vliv na jednodušší údržbu, ale nemá vliv na zlepšení finanční stability podniku. Z ekonomického hlediska je jednoznačně zajímavější první variantní stav. Investiční náklady a provozní náklady první varianty jsou nižší. Roční zisk první varianty je oproti třetí variantě vyšší. Ukazatel návratnosti je pozitivnější pro třetí variantní stav, ale nejedná se o razantní rozdíl. Obecně lze tedy říci, že při porovnání první a třetí varianty je výhodnější varianta první. Na druhou stranu schopnost mobility třetí varianty tuto variantu posouvá na jinou úroveň z hlediska budoucí strategie podniku. Celá linka může být dopravena přímo na skládku, kde může probíhat separace a zároveň rekultivace.

Druhá varianta je z technologického hlediska nejzajímavější. Díky změně dispozic, pořízení nového zařízení a instalaci stabilizační komory jsou eliminovány všechny slabé stránky SWOT analýzy. Z ekonomického hlediska je tato varianta na střední finanční náročnosti pořizovacích nákladů oproti ostatním stavům. Tato skutečnost je způsobena nákupem nových zařízení, tato zařízení jsou však stacionární a jejich cena je podstatně nižší než cena mobilních zařízení. Provozní náklady této varianty jsou nejvyšší. Tato skutečnost je zapříčiněna nákupem dvou briketovacích strojů, jejichž příkon je relativně vysoký. Dále tato varianta disponuje třídící kabinou, čímž stoupají náklady z důvodu navýšení počtu zaměstnanců. Z důvodu vysokých pořizovacích nákladů je rentabilita této varianty nejvyšší.

Při porovnání všech variant se současným stavem z hlediska zisku byla zjištěna následující skutečnost. První variantní stav vede k navýšení zisku o 11 procent. Aplikace druhého variantního stavu vede ke zvýšení zisku o 32 procent. Hodnota zisku třetí varianty je naopak nižší o 3 procenta.

Snížení zisku je způsobeno poměrně vysokými provozními náklady oproti původnímu stavu.

První variantní stav by mohl být aplikován v případě, že by investor nedisponoval dostatečnými finančními prostředky pro realizaci projektu inovace. Na úkor minimálních nákladů tento stav nesplňuje eliminaci všech kritérií SWOT analýzy. Aplikace třetího variantního stavu pro inovaci současného stavu je dle mého názoru zbytečná. Jedná se o relativně vysokou investici, která neřeší podstatné problémy současného stavu. Z hlediska technologické i ekonomické stránky je jako nejvhodnější varianta zvolen druhý stav. Tato varianta eliminuje všechny slabé stránky SWOT analýzy při relativně nízké době návratnosti investice. Další zajímavou myšlenkou by mohlo být využití dotačních programů pro budoucí investici za účelem zlepšení stávajícího stavu. Je důležité zdůraznit, že provoz linky nepřispívá pouze finanční stabilitě podniku, ale také pozitivně ovlivňuje životní prostředí.

## 8 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout variantní stavy pro inovaci provozu linky na zpracování tuhého komunálního odpadu.

V první části práce je vysvětlena teoretická část o odpadech. Obsahuje rozdělení jednotlivých druhů odpadů, jsou zde zmíněny základní zákony a vysvětlení odpadového hospodářství a možného nakládání s odpady.

První fází praktické části je popsání stávajícího stavu, vysvětlení principu provozu linky a zakreslení výkresu stávajícího stavu, který je součástí přílohy. Zjištěné silné a slabé stránky provozu jsou rozebrány ve SWOT analýze.

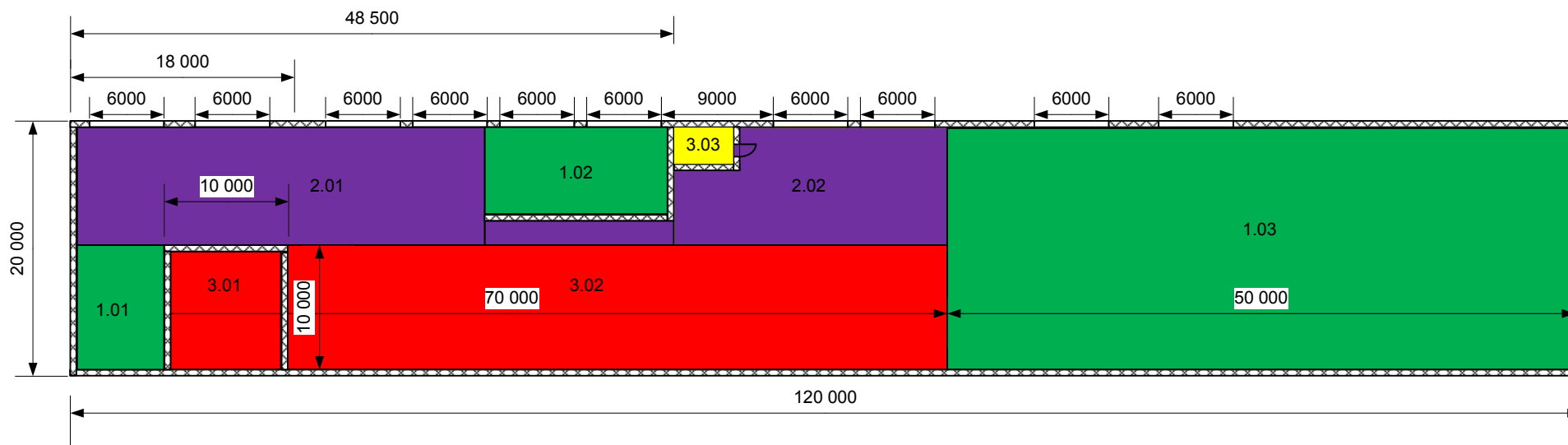
V druhé fázi jsou navrženy jednotlivé variantní stavy dle zadaných podmínek a jejich hodnocení. Součástí je popis jednotlivých technologických uzlů a zakreslení materiálových toků, které slouží k následujícímu kapacitnímu výpočtu dopravníkového pásu.

Na závěr je v práci provedeno technicko-ekonomické zhodnocení a finální diskuze výsledků, při které byla zvolena druhá varianta jako nejlepší možnost pro zlepšení stávajícího stavu.



## 9 Použitá literatura a zdroje

- [1] Ministerstvo životního prostředí. Odpady. . [online]. 2008-2015 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/odpady\\_podrubrika](http://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika)
- [2] Eurostat Statistics Explained. Statistika odpadů. . [online]. duben 2015 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics/cs](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/cs)
- [3] Enviweb. Odpady-katalog odpadů. . [online]. 2003-2012 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/katalog>
- [4] Vítejte na Zemi. . . [online]. 2003 [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: [http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=odpady\\_v\\_narodnim\\_hospodarstvi&site=odpady](http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=odpady_v_narodnim_hospodarstvi&site=odpady)
- [5] FSHBCA. . . [online]. 2011 [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://www.fstop.cz/e/holik/skladka/>
- [6] [online]. [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://www.ts.sedlcany.cz/dvur.html>
- [7] [online]. 2010 [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://www.sberne-dvory.cz/>
- [8] [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://nabidky.edb.cz/Nabidka-25733-Vozy-pro-svoz-komunalniho-technickeho-odpadu-svazeni-odpadu-kuka-vozy>
- [9] [online]. 29.11.2014 [cit. 2015-12-09]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/davon-vyrobce-kvalitni-tezebni-a-stavebni-techniky>
- [10] [online]. [cit. 2015-12-19]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/pavel.hoffman/PREDMETY/COVP/covpe.htm>
- [11] Marcela Kolářová. Biom. . [online]. 2009 [cit. 2015-12-19]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/tuhe-alternativni-palivo-s-biomasou>
- [12] Promeco. . . [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: [http://www.promeco.it/promeco\\_extruder\\_system.html](http://www.promeco.it/promeco_extruder_system.html)
- [13] [online]. [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://www.smart-box.cz/kovove-palety>
- [14] Josef Černochoch. *Pásový dopravník*. Brno , 2008. ISBN
- [15] Josef Černochoch. *Pásový dopravník*. Brno , 2008. ISBN
- [16] Josef Černochoch. *Pásový dopravník*. Brno , 2008. ISBN
- [17] Josef Černochoch. *Pásový dopravník*. Brno , 2008. ISBN
- [18] Jana Kleinová. *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*. Plzeň: ZČU Plzeň, 2005. ISBN .



### Legenda ploch

- Technické plochy
- Skladovací plochy
- Manipulační plochy
- Technologické plochy

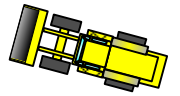
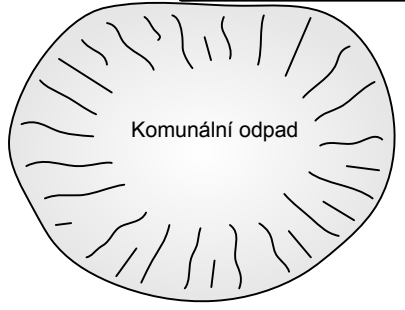
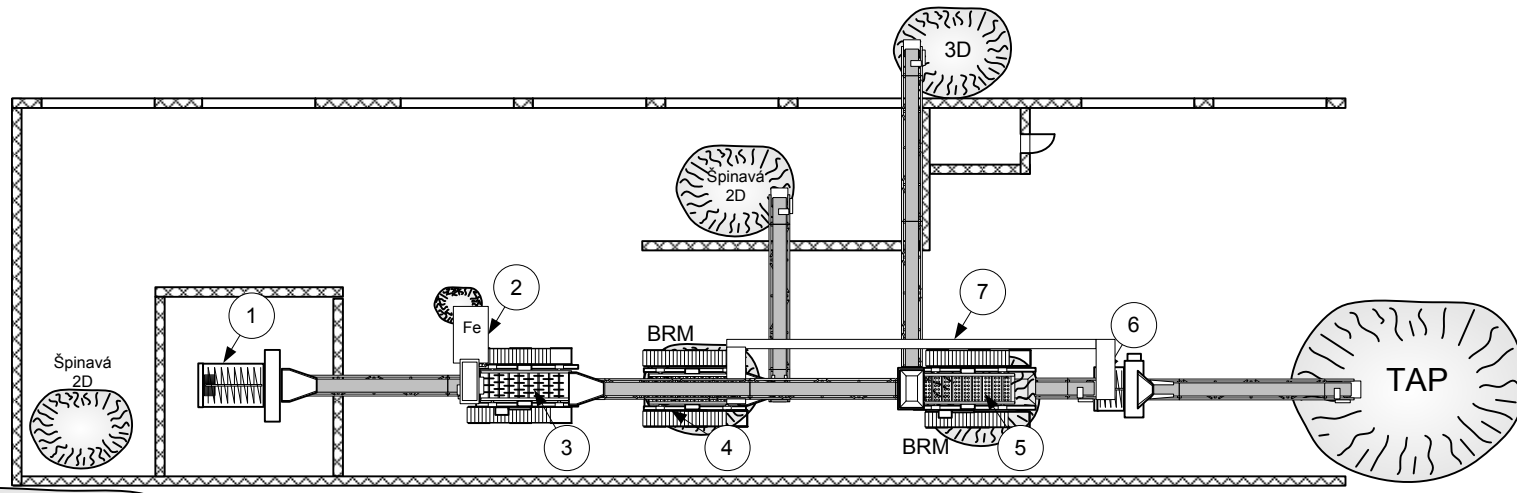
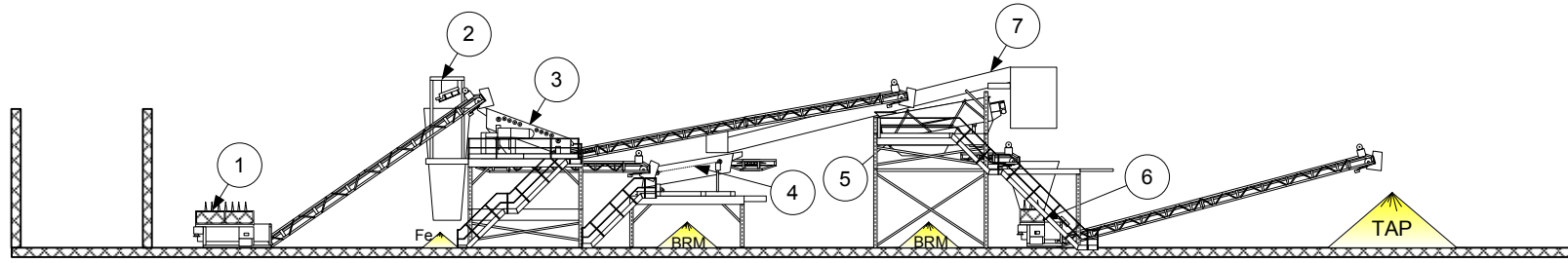
### Popis ploch

1.01	Skladování špinavá 2-D
1.02	Špinavá 2-D před transportem na 1.01
1.03	Skladování TAP
2.01	Manipulační plocha
2.02	Manipulační plocha
3.01	Vstup materiálu + primární drcení
3.02	Třídění
3.03	Technická místnost

Měřítko 1:500

Název:			 ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Rozložení ploch			
Kreslil	Datum	Číslo výkresu	
Bc. Jakub Czinner	28.2.2015	1	

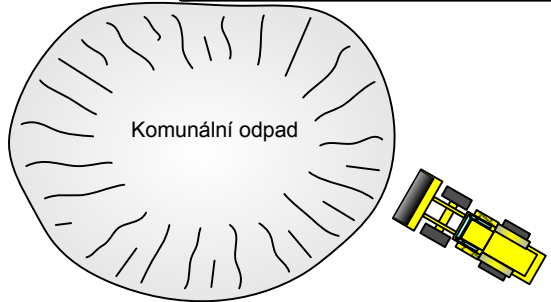
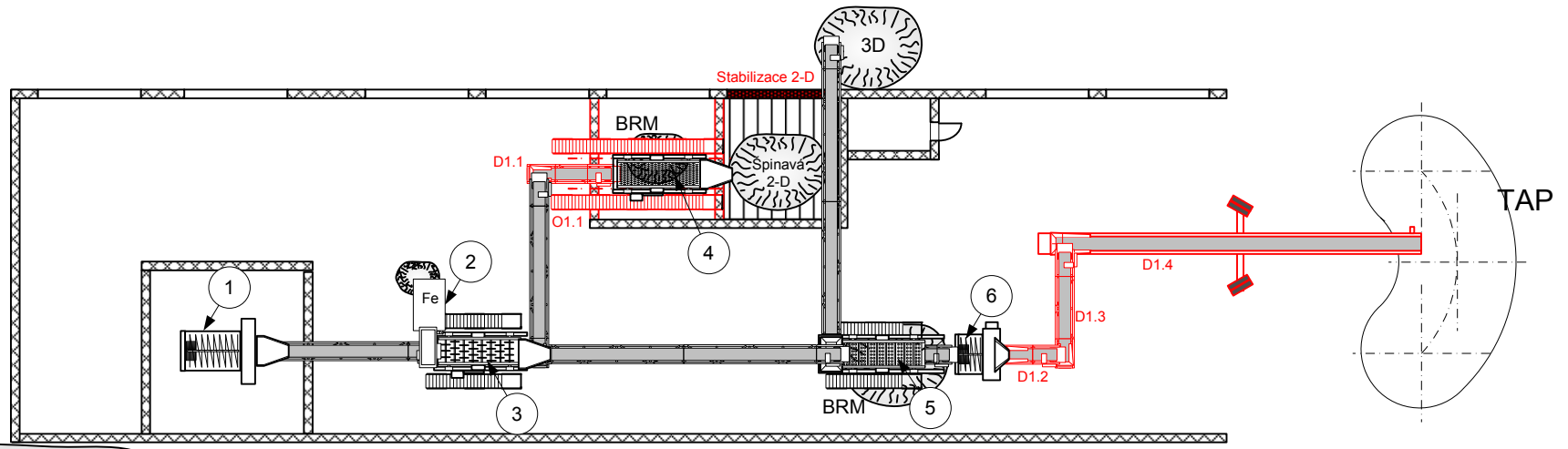
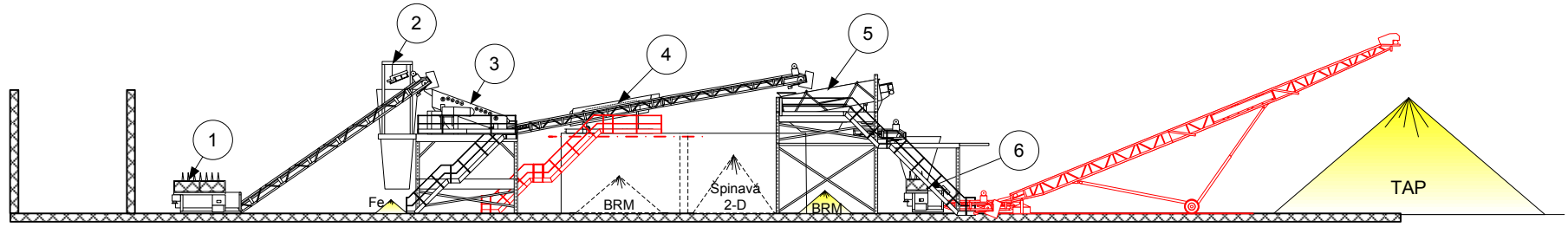
Legenda	
1	Primární drtič Terminator
2	Magnetický separátor
3	Flowerdisk
4	Starscreen
5	Gravitační třídící Ballistor
6	Terciální drtič Razor
7	Vzduchový separátor



Měřítko 1:400		
Název: Stávající stav - Žilina		
Kreslil: Bc. Jakub Czinner	Datum: 28.2.2015	Číslo výkresu: 2



Legenda strojů	
1	Terminator 3400E
2	Magnetický separátor
3	Flowerdisk FD 80
4	Multistar 2-DE
5	Ballistror 6300 E
6	Razor 5400

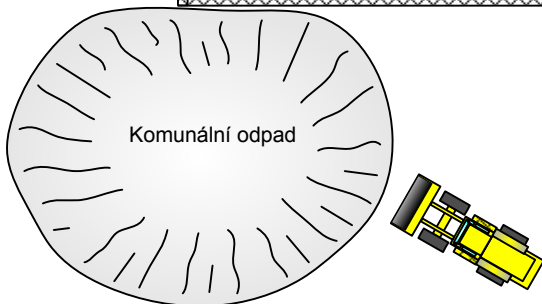
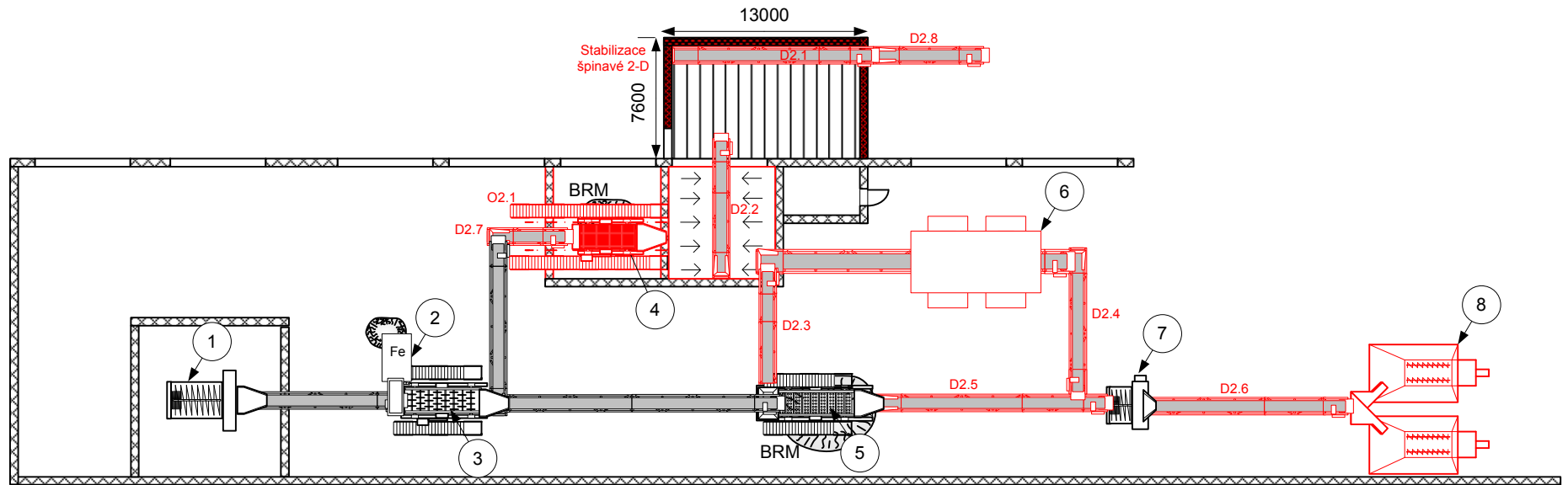
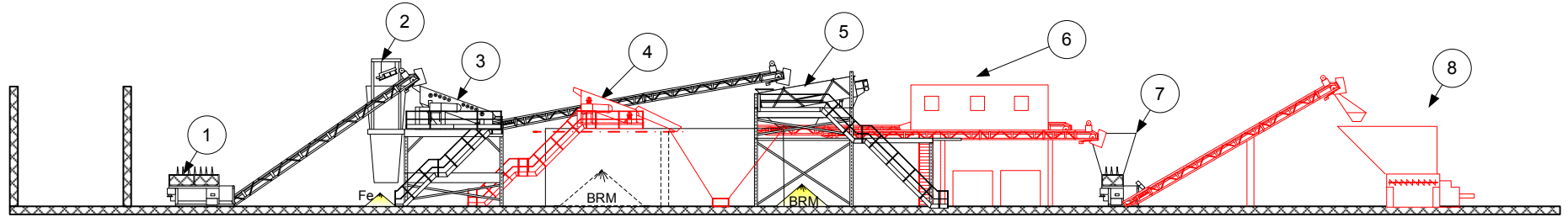


Kontejner pro vstupní kontrolu

Měřítko 1:400		
Název: Variantní stav č.1		
Kreslil: Bc. Jakub Czinner	Datum: 28.2.2015	Číslo výkresu: 3



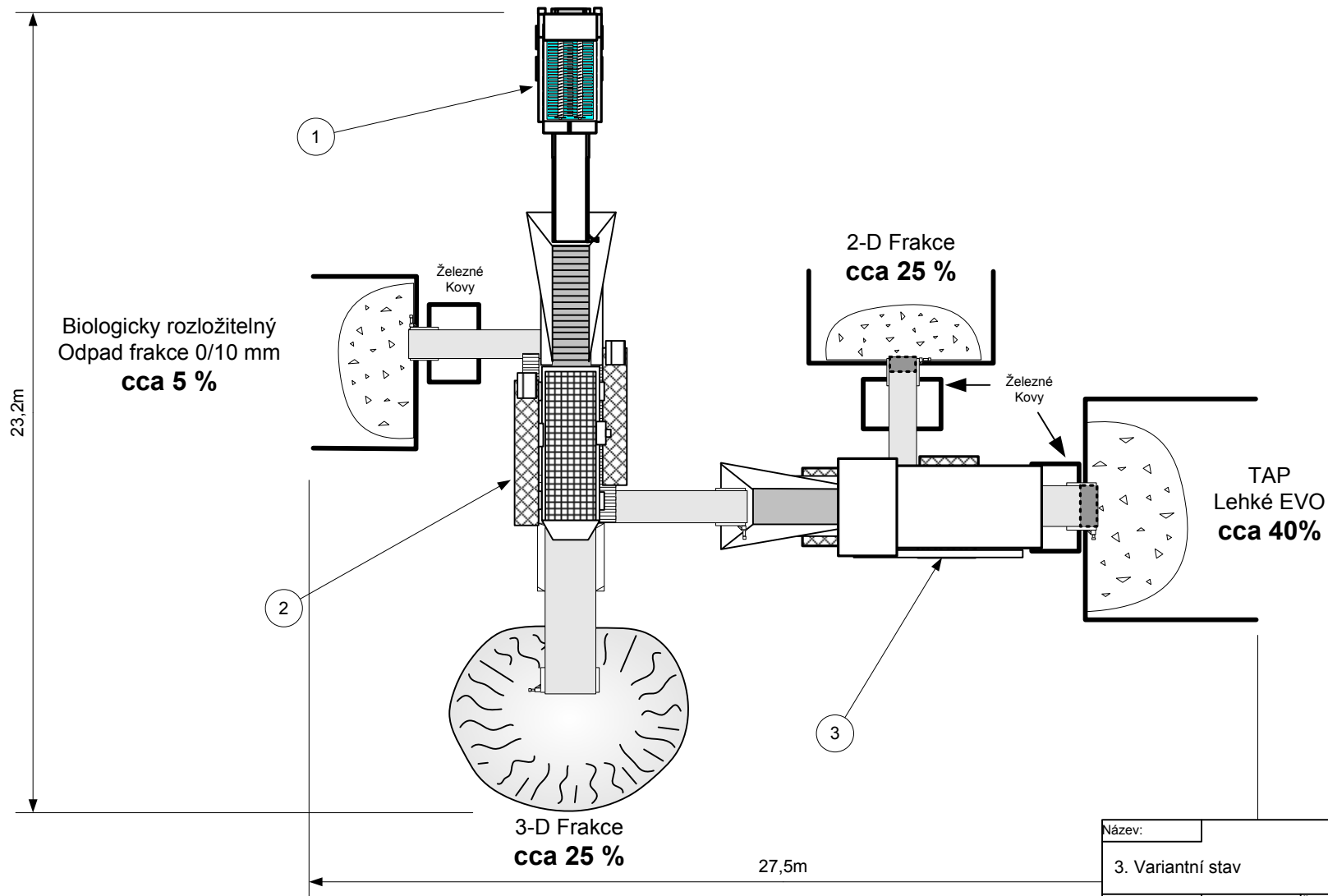
Legenda strojů	
1	Terminator 3400E
2	Magnetický separátor
3	Flowerdisk FD 80
4	Spaleck Flip Flow
5	Ballistror 6300 E
6	MPS 48
7	Razor 5400
8	Promeco PES 600 F315



Název:			Měřítko 1:400	
Variantní stav č.2				
Kreslil:	Datum:	Číslo výkresu:		
Bc. Jakub Czinner	28.2.2015	4		



LEGENDA	
1	DRTIČ EDGE SLAYER
2	FINLAY 873 SPALECK , 3D a Flip Flow
3	EDGE MC1200 - vzduchové třídění



Měřítko 1:180

Název:		
3. Variantní stav		
Kreslil:	Datum:	Číslo výkresu:
Bc. Jakub Czinner	28.2.2016	5

