

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA

Katedra technologických zařízení staveb

Návrh inovace linky
na separaci odpadního papíru

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce:
Diplomant:

Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.
Jaromír Kašpar

Praha 2009

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta: technická

Katedra: technologických zařízení staveb Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Kašpar Jaromír**

Studijní obor: Technika a technologie zpracování odpadů

Studijní zaměření:

Název práce: Návrh inovace linky na separaci odpadního papíru

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Seznámit se s problematikou separaci odpadního papíru. Navrhnout inovaci technologické linky na separaci odpadního papíru ve vybraném podniku a ekonomicky ji zhodnotit.

Osnova práce:

1. Úvod
2. Přehled poznatků z literatury
3. Výchozí podmínky podniku
4. Návrh řešení a dosažené výsledky
5. Diskuse a závěry

Metodika práce:

1. Charakteristika dosavadního zpracování odpadního papíru
2. Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu výběrem technologického systému
3. Výběr sledovaných parametrů navrhovaného zařízení
4. Ekonomické posouzení návrhu

Rozsah práce: 50 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

Andrt, M., Němec, E. : Obaly v logistice 1. vyd. Praha, skripta ČZU Praha, Syba, 1996, s. 77

Horáček, J. : Zpracovny nekovového odpadu 1. vyd Praha, skripta ČZU Praha, ČZU, 2001, s. 79

Kuraš, M. Odpady, jejich využití a zneškodňování. 1. vyd. Praha: VŠCHT Praha, 1994, s. 55

Nesvatba, J.: Využití odpadu jako sekundární suroviny.INKOTEKA, Praha 1996. s.56

Welszar, J.:Možnosti využití sběrového papíru. INKOTEKA, Praha 2000. s.20-28


Zákon 185/2001 Sb., o odpadech

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 7.12.2007

Termín odevzdání diplomové práce: 30.4.2009




doc. Ing. Miroslav Píkrýl, CSc.

vedoucí katedry


prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 7.12.2007

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Malaťáka, Ph.D. Veškerou literaturu použitou v diplomové práci uvádím seznamu zdrojů

Datum odevzdání: 30.4.2009

.....

podpis studenta

Poděkování

Děkuji všem, jenž mi při vypracování této diplomové práce napomáhali svými cennými radami a připomínkami. Zejména panu Ing. Janu Malatřákovi Ph.D., za poskytnutí potřebných údajů, konzultaci, cenné rady a vstřícnost. Dále pak zástupcům společností Ropo Recycling s.r.o., Bollegraaf Recycling Machinery, Ecopak s.r.o a dalším za poskytnuté informace.

Abstrakt: Tato diplomová práce je zaměřena na inovaci linky pro separaci odpadního papíru a plastů ze separovaného sběru z měst Mělníka, Litoměřic, Roudnice nad Labem a přilehlých obcí. Inovace je v návrhu dosažena ponecháním stávající linky s ručním tříděním, k níž je připojena nová strojní linka na třídění separovaného papíru.

Návrhem je dosaženo zvýšení výkonnosti linky a zvýšení zisků díky snížení provozních nákladů.

Dodavatelem techniky pro novou strojní linku se stala ve výběrovém řízení společnost Bollegraaf Recycling Machinery.

V kapitole 2 je uveden přehled technologických postupů a různá hlediska na problematiku zpracování odpadního papíru, včetně současné situace na trhu.

Klíčová slova: Separovaný papír, odpadní papír, strojní linka, třídění, technologie Bollegraaf, technická a ekonomická efektivita

Innovation of waste paper separation line concept

Abstract: The diploma thesis is intent on innovation of waste paper and plastics separation line from separated salvage from cities Melnik, Litomerice, Roudnice nad Labem and neighbouring cities. In this concept the innovation is achieved by holding of current hand-separating line which is associate with a new machinery waste paper separating line.

The concept achievement consists in capacity increase and gain enhancement due to operating cost reduction.

Supplier of the technolgy for new machinery lines has become company Bollegraaf Recycling Machinery who came up as a winner of selection procedure.

In chapter II are introduced abstract of technologic processes and various perspectives on questions of waste paper processing including present market situation.

Key words: Separated paper, waste paper, machinery line, separation, Bollegraaf('s) technology, technologic and economic effectiveness

OBSAH

1	Úvod.....	1
1.1	Základní pojmy.....	2
1.2	Normy a řízení podniků.....	3
2	Přehled poznatků z literatury.....	4
2.1	Odpadní papír.....	4
2.1.1	Dělení odpadního papíru.....	4
2.1.2	Zařazení do skupin podle kvality.....	5
2.1.3	Charakteristiky odpadního papíru.....	5
2.1.4	Současná situace.....	7
2.2	Zpracování sběrového a odpadového papíru v třídících linkách.....	9
2.2.1	Sběrový a odpadový papír vhodný pro recyklaci.....	9
2.2.2	Sběrový a odpadový papír nevhodný pro recyklaci.....	9
2.3	Technologické operace třídíren.....	10
2.3.1	Technika používaná pro zpracování.....	11
2.3.2	Lisování.....	11
2.4	Způsoby využití odpadního papíru - technologické operace výroby papíru.....	12
2.4.1	Rozvolňování sběrového papíru.....	13
2.4.2	Rozvlákňování sběrového papíru.....	13
2.4.3	Dovláknování sběrového papíru.....	13
2.4.4	Separace.....	14
2.4.5	Zesvětlování vodolátky.....	14
2.4.6	Bělení vodolátky.....	15
2.5	Energetické využití.....	15
2.6	Kompostování.....	16
3	Výchozí podmínky podniku.....	16
3.1	Vývoj a současný stav firmy Ropo recycling s.r.o. se sídlem v Liběšicích 140 (Litoměřicko).....	16
3.2	Stavební a urbanistické řešení provozovny Štětí.....	20
4	Návrh řešení a dosažené výsledky.....	21
4.1	Návrh inovace linky na separaci sběrového papíru.....	21
4.2	Volba technologického zařízení – výběrové řízení.....	24

4.2.1	Vybraní dodavatelé technologických linek.....	24
4.2.2	Vyhodnocení výběrového řízení.....	26
4.3	Vlastní měření.....	27
4.4	Teoretický rozbor výpočtu a výpočet příhrnovacího vodorovného pásového dopravníku A.....	29
4.5	Výpočet vynášecího pásového dopravníku B.....	37
4.6	Volba a popis třídící technologie.....	41
4.7	Celkový příkon navržené linky.....	48
5	Ekonomické posouzení navržené linky.....	49
5.1	Vstupní hodnoty.....	49
5.2	Investiční zdroje.....	49
5.3	SWOT analýza.....	50
5.4	Odpisový plán.....	50
5.5	Bilance nákladů, výnosů a zisků.....	52
5.6	Další ekonomická hlediska.....	53
5.7	Shrnutí ekonomického hodnocení.....	56
6	Závěr.....	57
7	Seznam použitých zdrojů.....	58
8	Seznam obrázků.....	59
9	Seznam tabulek.....	59

1 Úvod

Odpady jsou s lidstvem spjaty od počátku věků, kdy byly zašlapávány do země přímo na ulicích či cestách nebo vyhazovány do odpadních jam hradů či sídlišť. K razantnímu nárůstu množství odpadů došlo v 18. stol. n. l. vlivem průmyslové revoluce. V té době se na životní prostředí nikterak nedbalo. S postupným rozvojem stále více docházelo ke znečištění vod a půd. Vznikala ozónová díra a ve velkém se káceli deštné pralesy. V 80. letech 20. století již byla situace neúnosná a musela se řešit. S druhotným využitím přišly na počátku vyspělé státy. Pomocí zákonů a vyhlášek se nakládání z odpady vyvinulo do dnešní podoby, ekologie začala hrát ve vyspělých zemích světa významnou roli.

V současnosti se stoupající životní úrovní a rostoucím množstvím lidí na Zemi se zvyšuje i množství produkovaných komunálních a průmyslových odpadů. Vliv na procentuální množství separovaných odpadů mají různé aspekty. Jsou to hlavně informovanost občanů, ochota třídít odpad, dostupnost kontejnerů, vliv má v poslední době snížení výkupních cen separovaných odpadů vlivem současné celosvětové krize. Klesá poptávka po výrobcích. Snižuje se cena ropy. Produkty se stačí vyrábět spíše z primárních zdrojů, což je leckdy technologicky snazší. Žijeme v tržní ekonomice, proto platí ekonomičnost pro výrobu. Do současnosti byla většina druhotných surovin levnější. Zde by např. mohl zasáhnout stát, který by výkup a třídění odpadů jejich nakládání s nimi dotoval. Využití sekundárních surovin z odpadů vede k úspoře primárních přírodních zdrojů a je šetrné k životnímu prostředí.

Další možností využití odpadů po materiálovém upotřebení je jejich spalování ve spalovnách odpadů, kde jsou zneškodněny stanovenou technologií a nejčastěji kogeneračně využity.

Na třídění odpadů by se mělo myslet už při výrobě tak, aby bylo možno produkt po skončení jeho životnosti nebo obal co nejjednodušeji recyklovat. V tomto případě se snaží zasahovat stát, který vydal zákon o obalech a jeho minimalizaci, víceméně si ale výrobce obal obhájí. Závisí na spotřebiteli v jak obtížně recyklovatelném obale si výrobek zvolí.

Tato práce se bude zabývat tříděním separovaného papíru, tak aby se snížili náklady na třídění a současně zajistili návratnost nového třídícího stacionárního zařízení. Meziroční využití papírového odpadu v ČR jako druhotné suroviny (Obr. 2) doposud

každoročně přibývalo, proto třídírny papírového odpadu stále zvyšovali kapacitu. Malé třídírny zanikají nebo se různě přetransformávají.

1.1 Základní pojmy

Tyto pojmy vyplývají ze zákona o odpadech č.185/2001 Sb.

Odpad - je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit, a přísluší do některé ze skupin uvedených v příloze č.1 k tomuto zákonu.

Nebezpečný odpad - je odpad vyjmenovaný v Seznamu nebezpečných odpadů uvedeném v prováděcím právním předpise a jakýkoliv jiný odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 zákona o odpadech.

Komunální odpad - je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Odpadové hospodářství - je činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání z odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.

Recyklace - znovunavrácení do procesu, ve kterém vznikají, tedy pro původní účel a stejný systém.

Nakládání s odpady - je jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování.

Zařízením - technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby.

Materiálovým využitím odpadů - náhrada prvotních surovin látkami získanými z odpadů, které lze považovat za druhotné suroviny, nebo využití látkových vlastností

odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům, s výjimkou bezprostředního získání energie.

Původcem odpadů - právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady. Pro komunální odpady vznikající na území obce, které mají původ v činnosti fyzických osob, na něž se nevztahují povinnosti původce, se za původce odpadů považuje obec. Obec se stává původcem komunálních odpadů v okamžiku, kdy fyzická osoba odpady odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem těchto odpadů.

Deinking - odstraňování především tiskové barvy ze sběrového papíru za použití chemikálií, tepla a mechanické energie. (1)

1.2 Normy a řízení podniků

Je to souhrn úkonů, které mohou být povinné nebo dobrovolné. Vyvolávají prestiž a zlepšují tak prodejnost výrobku. Udávají kvalitu produktu a způsob jakým byl vyroben. Z environmentálního hlediska jsou to zejména:

EMS - Systém environmentálního řízení podniku znamená systematický přístup k ochraně životního prostředí ve všech aspektech podnikání, jehož prostřednictvím organizace zahrnují péči o životní prostředí do své podnikatelské strategie i běžného provozu. (2)

Řada ISO 14000 - Je součástí EMS. Vypovídá o minimalizaci rušivých vlivů podniku na životní prostředí.

IPPC - Integrovaná prevence a omezení znečištění. Cílem je použití nejlepších dostupných technik.

CEPI - Konfederace evropských papírenských průmyslů. Upravuje zejména podmínky těžby dřeva a pravidla chování v papírenském průmyslu. (3)

2 Přehled poznatků z literatury

2.1 Odpadní papír

Sběrový papír je takový papír, karton nebo lepenka, který byl po svém vyrobení nějakým způsobem použit nebo využit, splnil svůj účel a úkol, a přitom si zachoval své hlavní charakteristické papírenské a mechanické vlastnosti a čistotu, že se může jako sekundární surovina vrátit zpět do papíren k regeneraci vláken a k použití na jiné (třeba kvalitativně odlišné) papíry, kartony a lepenky.

Výmět (odpad) papírenský vzniká při výrobě papíru, kartonu a lepenky a jejich vyřazením pro kvalitativní závady, jako jsou díry, zátrhy, nečistoty, nestejná plošná hmotnost, nedodržení barevných odstínů, vadné navíjení, nestejnoměrné natírání, záhyby apod. Výmět se však nestává sběrovým papírem ale vrací se obvykle ihned na místě výroby zpět do technologického procesu jako součást vláknité zanášky do stejného nebo podobného výrobku, bez újmy na kvalitě výrobku.

Odpadový papír ze zpracování (zpracovatelský odpad) vzniká při zpracování papíru, kartonu a lepenky na papírenské a lepenkárenské výrobky. Reprezentují jej např. odřezky papíru a lepenky, zbytky papírů z balíren, tiskáren apod.(4)

2.1.1 Dělení odpadního papíru

Podle katalogu odpadů, tedy přílohy č.1 vyhlášky MŽP 381/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 503/2004 Sb. zařazujeme vybrané odpady do skupin, podskupin a druhů. Papírový odpad je zde řazen následovně:

03 03 - Odpady z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky

15 01 01 - Papírové a lepenkové obaly

19 12 01 - Papír a lepenka

20 01 01 - Papír a lepenka (5)

2.1.2 Zařazení do skupin podle kvality

Z tohoto rozdělení vyplývá jeho následné zpracování. Dle ČSN EN 643 se sběrový papír třídí do skupin:

-A 0 až A 12 - Běžná kvalita (smíšený sběrový papír netříděný, smíšené papíry a lepenky tříděné i netříděné, lepenkové odřezky, odpad z obchodních domů, atd.).

B 1 až B 15 – Střední kvalita (staré noviny, odřezky z vícevrstvé lepenky, směs barevných odřezků, barevné dokumenty, knihařské odřezky, barevná periodika a časopisy, atd.).

C 1 až C 19 – Vysoká kvalita (směs pestrých odřezků tiskových a psacích papírů světlých barev, směs bílých dokumentů a tiskopisů, bílý vícevrstvý karton a lepenka, bílý novinový papír, bílý magazínový papír, směs odřezků a archů bílého nepotištěného papíru).

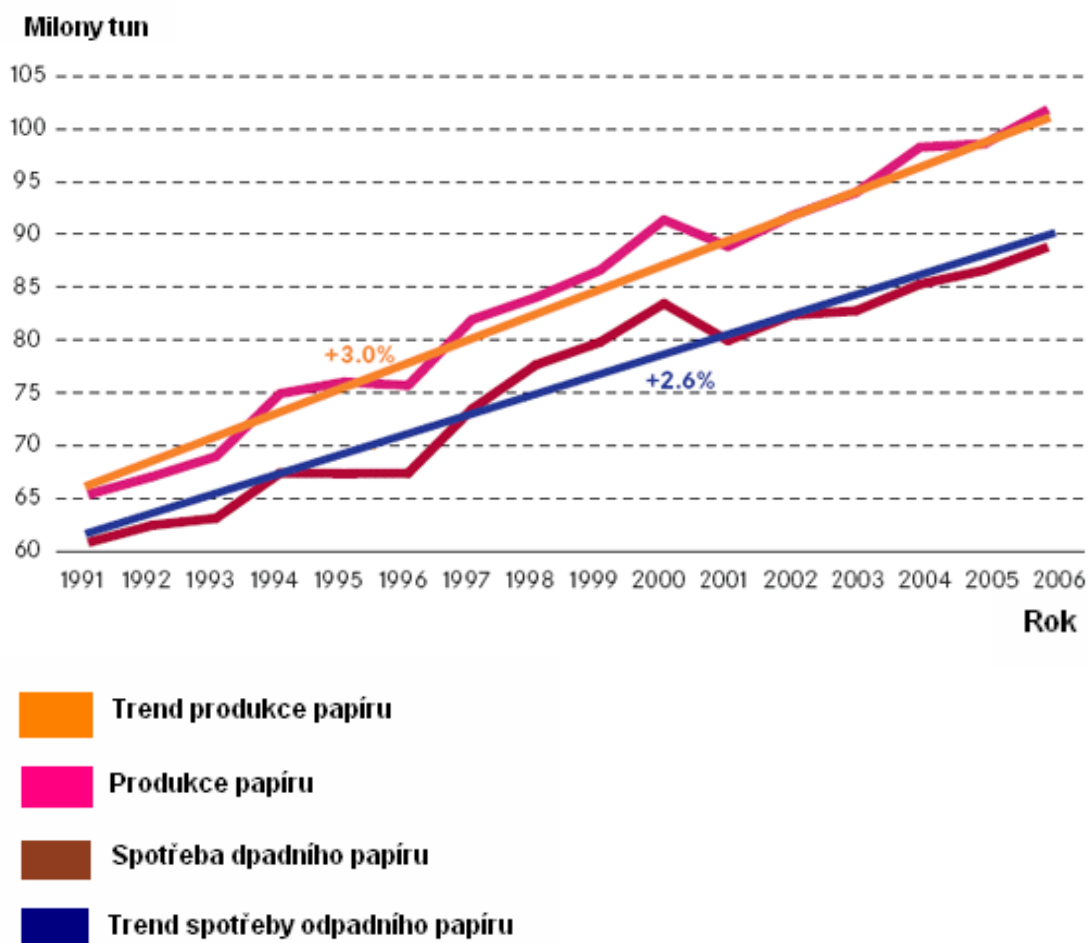
D 0 až D 6 – Obsahující sulfátový papír (hnědá vlnitá lepenka, čisté použité sulfátové pytle, použité sulfátové papíry a lepenky, odřezky a jiný nový odpad sulfátových papírů a lepenek. (6)

2.1.3 Charakteristiky odpadního papíru

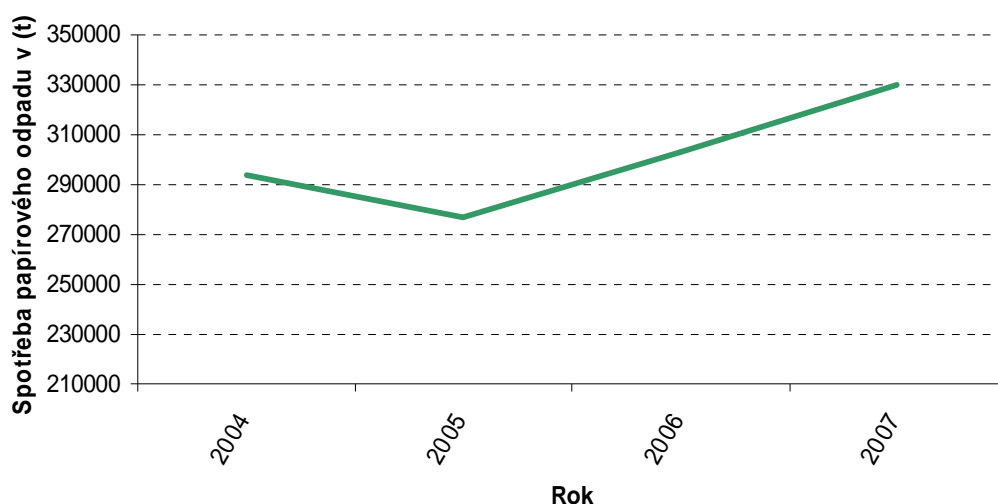
Nosným médiem papíru je celulózové vlákno, někdy také označované jako buničinové. Na výrobu buničiny se zpracovává dřevo, které je pro účely nábytkářského nebo stavebního průmyslu nepoužitelné. Málokterý materiál vykazuje tolik pozitivních vlastností, aby jej bylo možno hodnotit jako šetrný k životnímu prostředí.

Celková spotřeba dřeva v posledních letech již nedosahuje ani přirozeného přírůstku. Rovněž celková spotřeba papíru se neustále zvyšuje, např. spotřeba papíru v České republice se v roce 2006 zvýšila na 143 kg na osobu. Rostoucí spotřeba papíru umožňuje i zvýšené zpracování sběrového papíru, a tím může dojít k uzavření recyklačního řetězce.(4)

Na obr. 1 sledujeme spotřebu odpadního papíru v závislosti k produkci papíru.



Obr. 1. Produkce papíru a spotřeba odpadního papíru v milionech tun v evropských vyspělých zemích v letech 1991 – 2006 (7)



Obr. 2. Spotřeba odpadního papíru v ČR. (8)

Zpracování papíru jako druhotné suroviny se již před mnoha lety stalo běžným standardem zařazeným do technologie papírenské výroby. Při papírenském zpracování sběrového papíru je však technologicky nezbytné přidávání čerstvých vláken, neboť již po trojnásobné recyklaci buničinových vláken dochází ke zhoršování vlastností papíru.

Celulózová vlákna snesou obecně zhruba 5 až 6 recyklací. Postupně přitom ztrácejí funkční parametry a po šestém návratu do výroby se proměňují na tzv. nulová vlákna. Z těchto vláken již nelze vyrobit papír, zatěžují hlavně vodní hospodářství papíren a následně také skládky odpadních kalů. (4)

2.1.4 Současná situace

V obchodě se sběrovým papírem na tuzemském a zahraničním trhu došlo na přelomu roku 2008 a 2009 k zásadnímu obratu. Dodávky podle uzavíraných kontraktů se snižují o více než 50% a to hlavně u tzv. masových zdrojů, smíšeného papíru, odpadů obchodních domů, lepenek, novin i časopisů. Je to výsledek toho, že papírenský průmysl v Evropě i ve světě výrazně omezuje poptávku za současného dramatického propadu cen. Ceny se to tiž propadají o více než 50% s tím, že některé druhy, jako např. smíšený papír, papírny odeberou bez úhrady nebo i s příplatkem. Důvodem je rovněž klesající poptávka po papírenském zboží. Zejména klesající náklady u mnoha tištěných médií, s poklesem průmyslové výroby a snižováním

maloobchodních tržeb se snižuje i výroba obalů, kde se stále více prosazují plasty. Proti tomu stojí vysoké ceny energií a přepravních nákladů papíren.

Tento vývoj trhu se zásadním způsobem promítne do hospodaření recyklačních firem zabývajících se sběrem, výkupem a úpravou sběrového papíru pro průmyslové využití. Je samozřejmé, že tyto možnosti odbytu se plně projeví v nákupu recyklačních firem z jejich zdrojů, tedy zejména z oblasti komunální. Ve svém důsledku to znamená důležitý dopad do fungování komunálních systémů sběru. Dosavadní objemy získávané ze separovaného sběru od obyvatelstva se budou mnohem obtížněji uplatňovat, a to může vést k jejich omezování.

Jejich množství přitom nelze zanedbat. Český trh se sběrovým papírem jako druhotnou surovinou v současnosti představuje přes 700 tisíc tun ročně, dosud s recyklačním potenciálem růstu o 5 až 10%. Spotřeba papírenského průmyslu z tuzemských zdrojů přitom dlouhodobě stagnuje na úrovni 400 tisíc tun ročně. To poukazuje na závislost na zahraničním obchodě.

Exportuje se přibližně 45% objemu převážně do Německa, Rakouska a na Slovensko. Právě papírny v Německu a Rakousku ohlásily omezení výroby, a tím pádem poptávky po sběrovém papíru. Jsou nyní ochotny odebrat omezené množství papíru, ovšem za velmi nízké ceny. U smíšeného papíru se na přelomu roku cena pohybovala okolo 350 Kč/t nebo zcela bez úhrady, ale ještě v létě 2008 to bylo 1400 Kč.t⁻¹. (9)

Vlnitá lepenka se na počátku roku 2008 prodávala za 2600, na jaře za 2000Kč, v létě za 1800Kč a listopadu za 1000 Kč.t⁻¹. (10)

Lze očekávat, že svozové firmy budou nuceny v důsledku této situace zvýšit cenu za nakládání s odpady. To však bude možné povětšinou až od roku 2010 v návaznosti na finanční pravidla obcí, případně v návaznosti na nově připravovaný zákon o odpadech, který poplatky za nakládání s odpady určitě zvýší.

Je nutno však občanům vysvětlvat, že současné platby za služby spojené s nakládáním s komunálními odpady ve městech a na obcích patří mezi nejnižší v porovnání s ostatními službami, a že i odpadové hospodářství a péče o životní prostředí něco stojí. Tedy že i nadále by měli třídít své odpady.

Svozové firmy budou samozřejmě hledat další smysluplné využití pro vytríděné odpady, tedy způsoby zobchodování vytríděných a upravených druhotných surovin. Je

to však dlouhodobější činnost, včetně hledání nových alternativních metod využití takto získaných surovin.

Zůstává však zde nevyřešena otázka, co s těmi desetitisíci tun starého papíru, které přes zimu zůstanou na dešti a sněhu a na jaře či v létě budou již zcela nerecyklovatelné. Zde by konečně mělo Ministerstvo životního prostředí uznat, že i energetické využití odpadů je využitím a neklást nekonečné a nesmyslné překážky tomuto způsobu využití odpadů. Jinak výše uvedené odpady skončí na skládkách a to přeci nechce nikdo. (11)

2.2 Zpracování sběrového a odpadového papíru v třídících linkách

2.2.1 Sběrový a odpadový papír vhodný pro recyklaci

Pod pojmem sběrový papír se skrývá mnoho druhů papíru, jež se od sebe odlišují kvalitou, která je definovaná ve výše zmiňované normě ČSN EN 643 (viz. kap. 2.1.2) Sběrový papír je na vstupu do recyklačního procesu dělen do jednotlivých tříd, což je rovněž určeno normou.

Obecně platí, že čím více je papír zušlechtěn a klížen, tím je vhodnější pro další zpracování. Je to např. kancelářský papír, novinový papír, časopisy reklamní letáky a různé povrchově neupravené kartony. U novinového papíru a některých kartonů mohou být vlákna méně kvalitní, protože mohla již několikrát projít recyklací. (4)

2.2.2 Sběrový a odpadový papír nevhodný pro recyklaci

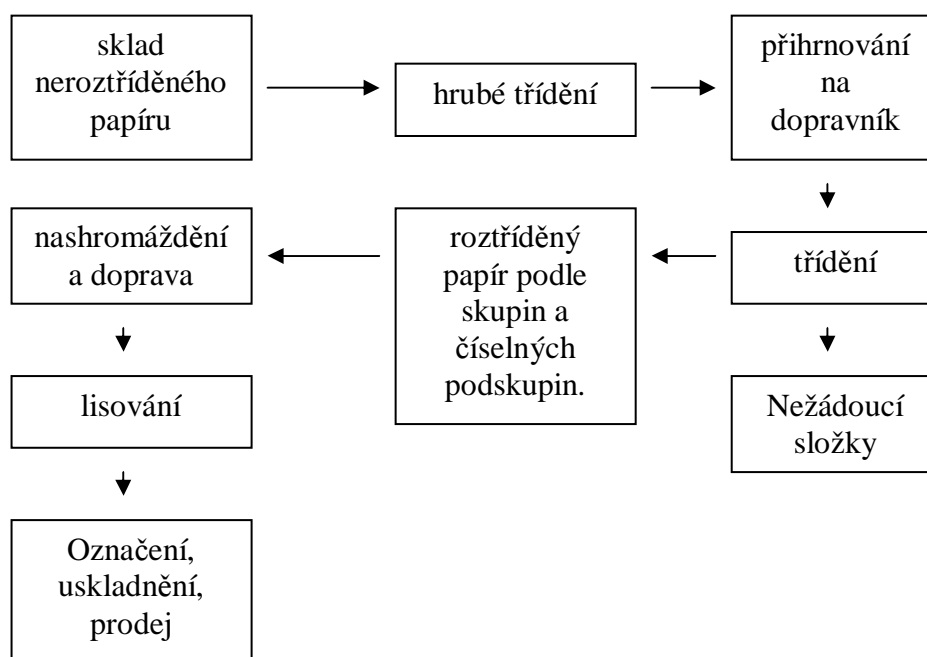
Papírenských výrobků je velké množství a některé z nich jsou méně vhodné nebo zcela nevhodné k recyklaci. Materiálem který do sběru nepatří, jsou tzv. kompozitní papíry, které jsou složeny z více složek odlišných od kultury vlastního papíru. Rozumí se tím např. papírenský výrobek potažený plastovou či hliníkovou fólií. Tyto materiály lze sice recyklovat, ale běžným zpracovatelům přinášejí více problémů než užitku. Dále sem patří impregnované papíry, které jsou impregnovány papíry, které jsou impregnovány látkami odpuzujícími vodu. Nelze je rozvláknit a zanášejí třídíče papíroviny. Využít nelze také papír, který je při zpracování značně rozmělněn. Do této skupiny lze zařadit např. pergamen či pauzovací papír. Dále jsou to papírenské

výrobky hůře promastitelné. Prakticky jediným důvodem proč není vhodné je sbírat, je to, že obsahují velmi krátká celulózová vlákna, která v papíru spíše překážejí. Důsledkem jsou horší vlastnosti vyrobeného papíru. U těchto papírů je ideálním způsobem likvidace spalování, dají se však i kompostovat.

Papíry odpuzující vodu jsou potřeny nánosem vosku nebo silikonu a obvykle se používají jako podkladový papír pro samolepky. Do sběrového papíru také nepatří papír z čajových sáčků a jiný ve vodě velmi těžko rozvláknitelný papír a samozřejmě i silně znečištěné papíry. Na recyklaci se také nehodí papíry mastné, znečištěné potravinami, voskované, nepromastitelné, dehtované, smirkový papír, uhlové (kopírovací) papíry a hygienicky závadný papír. Posledním typem papíru, který do sběru nepatří, je papír se samolepicí, nebo obecně s vrstvou lepidla. Obálky tlakem uzavíratelné (bez lepicí vrstvy aktivované vodou), samolepky apod. do sběru nepatří. Lepidla v nich obsažená se ve sběrovém papíru odstraňují jen velmi obtížně a často v papírovině zůstávají. Mohou způsobit zalepení papírenského síta, sušících válců a následně zvýšit spotřebu energie, zhoršit kvalitu vyrobeného papíru atd.(4)

2.3 Technologické operace třídíren

Papírenský výmět je vrácen, jak již bylo řečeno, zpět ke zpracování a zpravidla neopouští prostor závodu. Postup zpracování sběrového a odpadového papíru plyne z rozdělení (viz. kap. 2.1.2). Pro sběrový a některý papír z odpadového platí stejné zpracování na třídících linkách (Obr. 3). Pokud se jedná o tiskařské odřezky ze skupin B, C, D je vhodné je třídit přímo z plechových beden nebo kontejnerů, jelikož obsahují více rozdílných kvalit papíru a další nežádoucí papíry a materiály. Dalším promícháním při vysypání a nahrnování na dopravník bychom směs téměř homogenizovali. Na opětovné roztřídění by bylo vynakládáno zvýšené úsilí.



Obr. 3. Cyklus třídící linky.

2.3.1 Technika používaná pro zpracování

V České republice je výhradně produktem třídících linek zhutněný nebo volně ložený vytríděný papír bez nežádoucích složek. Nebělí se a neodbarvuje na rozdíl v jiných zemích používaných technologií. Tyto úpravy jsou u nás prováděny přímo v papírnách.

Zpravidla třídírny používají ke zpracování nakladač, soustavu pásových nebo řetězových dopravníků a kontinuální lis. Ve výdejovém skladu je používán vysokozdvizný vozík. Převažuje ruční třídění nad strojním.

2.3.2 Lisování

Jednotlivé vytríděné druhy pevných odpadů je výhodné lisovat, neboť se zmenší jejich objem a využije se ložná plocha dopravních prostředků, a tak se sníží i náklady na přepravu. V současnosti se konstruují lisy podle charakteru lisovaného materiálu, a jsou různé velikosti. Nejvíce se využívají k lisování papíru, papírových kartonů, plastů,

PET lahví, i sudů, plechovek, zemědělského odpadu atd. Jsou hydraulické s automatickým lisovacím cyklem, mají elektronický řídicí systém, jednoduchou obsluhu. Slisované balíky, převázané páskou nebo vázacím drátem, mají modulové rozměry. (12)

2.4 Způsoby využití odpadního papíru - technologické operace výroby papíru

Hlavní způsoby využití sběrového papíru jsou tři: recyklace opětovně na papír (tj. recyklace celulósových vláken), kompostování a energetické využití. Prioritou je samozřejmě první možnost, a to materiálové zhodnocení. Ostatní dva způsoby jsou doporučovány pouze v případě, kdy již nelze odpadní papír využít jako druhotnou surovinu.

Recyklace vláken – opětovné získávání a využití celulósových vláken. Je vhodná pro výrobu nového papíru nebo lepenky

Obecně lze samotnou výrobu papíru charakterizovat následovně. Celý výrobní proces téměř výhradně spočívá ve výrobě papírenské buničiny a vodolátky, která je rovnoměrně nanášena na válcových sítích dále prochází soustavou sušících válců a hlazením.(4) Hotový papír je navíjen na role a dále distribuován.

Technologické linky a jejich strojní vybavení pro regeneraci vláken ze sběrových papírů a pro jejich sekundární využití jako sekundární suroviny se liší jen uspořádáním nebo použitím některých speciálních aparátů na rozvolňování, separaci, čištění, zahušťování nebo bělení a odbarvování. V zásadě jde o linky pracující s větším nebo menším množstvím papíru a větší nebo menší koncentrací vlákniny rozvolněného sběrového papíru. (4)

2.4.1 Rozvolňování sběrového papíru

Rozvolňování je mechanický proces, při kterém se balíky slisovaného sběrového papíru zbaví vázacího materiálu. Obsah balíků se nakypří tak, aby papír dávkovaný do zvlhčovací zóny rozvolňovací linky byl přístupný vodě nebo nasycené páře. (4)

2.4.2 Rozvlákňování sběrového papíru

Rozvlákňování sběrového papíru je technologický proces, který následuje po dokonalé hydrataci. Rozvlákňování je vlastně druhým stupněm rozvolňování. Při něm se z menších kousků papíru uvolní ve vířivém rozvlákňovači již jednotlivá vlákna nebo malé svazečky vláken. Princip je založen na vzájemném hydrodynamickém působení vody na papír. Rozvláknění se provádí kontinuálně s plynulým zanášením sběrového papíru.

Pokud byl sběrový papír rozvlákněn, vytvářejí se shluky způsobené nečistotami obsaženými ve vstupní komoditě. Rozvlákňovač se spojuje s hrubým tříděním a je zde zabudován lapač těžkých nečistot. Takovými nečistotami mohou být např. pryskyřice, kliš, plnidla, plasty, vosky, parafín apod. Tyto shluky působí při dalším zpracování potíže, zejména tím, že s sebou nesou více než 50% původních nevláknitých nečistot.

Spřádatelné nečistoty jako jsou hřbety knih, provazy, nitě a dráty jsou kroužkovým pohybem vynášecího zařízení smotány do pletence a vytahovány. Rovněž nečistoty shromážděné na dně se v intervalech vyprazdňují do kontejneru. Dalším ze způsobů odstranění nečistot je vytrásání. Používají se vibrátory, rotační bubny nebo vzduchová tlaková frakcionace. Odstraněním shluků, smotků a nečistot se čistota vlákniny ze sběrového papíru podstatně zvyšuje a chrání se další technologické zařízení před poškozením a opotřebením. (4)

2.4.3 Dowlákňování sběrového papíru

Odlákňování je mechanický proces, při kterém se většinou mechanickým tlakem v dovlákňovacím zařízení ve vodní suspenzi zcela dokončí rozvláknění na jednotlivá vlákna. Dochází při tom nejen k výraznějšímu oddělení vláken od sebe, ale také

k uvolnění dalších nečistot, které při technologickém postupu rozvlákňování nebyly odděleny.

Po ukončení odvlákňovací operace by měla dovlákněná látka obsahovat pouze volná vlákna. Děje se tak pomocí odvlákňovacích zařízení diskových, kuželových, tlakově-hydraulických, hmoždících, pařících a jiných. (4)

2.4.4 Separace

Separace je technologický proces, který odděluje nevláknité nečistoty od jednotlivých vláken. Oddělují se hlavně nečistoty zabraňující vzniku kvalitního papírenského výrobku. Separace se děje mnoha způsoby, jako např. sedimentací, vodním vírem, odstředěním, přes síta a různě tvarované otvory, flotací apod. V separaci se využívá rozdílné hustoty či velikosti nečistot a papíroviny nebo vláken.

Metoda flotace je používána na jemné třídění. Při flotaci se suspenze vláken probublává vzduchem, který vynese nečistoty na povrch v podobě pěny. Pěna se následně odstraňuje. Při jemném třídění se využívají tyto chemikálie: hydroxid sodný, vodní sklo, mýdlo.

Po tomto třídění zůstávají v suspenzi papíroviny převážně jen jemné nečistoty o hustotě blízké hustotě celulózy. Jedná se obvykle o polymerní materiály. Mají-li tyto látky nízký bod tání, nazývají se stickies. Při recyklaci papíru se jedná o jednu z nejproblematictějších látek. Mohou totiž zalepovat otvory papírenského síta nebo se nalepit na sušící válce. To nevyhnutelně vede ke snížení přestupu tepla nebo v horším případě k přetržení pásu papíru. Stickies způsobují nejen technologické problémy, ale snižují kvalitní znaky výsledného produktu. Zejména vznikem sklovitých skvrn. (4)

2.4.5 Zesvětlování vodolátky

Procesy zesvětlování, mezinárodně zvané deinking, jsou mechanicko-chemické postupy, při kterých se z povrchu vláken odstraňují mikročástice tiskových barviv. Děje se tak nejprve jejich uvolněním fyzikálně chemickou cestou a potom jejich vypráním nebo flotací. Částice barevných pigmentů jsou spojeny nejen s vlákny, ale i s ostatními materiály tvořícími papírenský produkt jako jsou např. anorganická a organická plniva, klíždla, papírenské nátěrové hmoty a plasty. Podle použitého papíru

existuje v závislosti na druhu konečného požadovaného výrobku řada technologických postupů a k tomu účelu i technických zařízení. Zesvětlování vláknin ze sběrového papíru je běžnou papírenskou technologií. (4)

2.4.6 Bělení vodolátky

Je to technologický proces, při němž se vlákna, která byla před tím již zesvětlena, vybělí na žádanou bělost. Celý proces je proveden ve 2 až 3 cyklech. Bělení jako technologie a užití bělicích chemikálií je závislé na intenzitě zbarvení vlákniny, ale i na vlastním složení vodolátky. Podle toho se volí bělicí systém buď s kyslíkatými sloučeninami chlóru nebo s peroxidy, případně s chlórem.

Bělení vláknin se používá méně často. Důvodem jsou vysoké náklady v porovnání s výsledným přínosem. Bělicí proces je velmi nákladný díky používání bělicích činidel, která jsou drahá. Druhým důvodem jsou vysoké ztráty na vláknech vstupujících do bělicího procesu. (4)

2.5 Energetické využití

Sběrový papír nebo z něj vyrobené palivo musí umožňovat optimální energetické využití přímým spalováním při minimu škodlivých látek v popelu a v emisích za využití vzniklé tepelné energie. (4)

Za současné situace se tato alternativa jeví jako perspektivní nakládání z přebytečným odpadním papírem, který nenachází uplatnění při recyklaci, nebo-li je toto zneškodnění méně finančně náročné. Lze spalovat i papír který je znehodnocen dlouhodobým nevhodným skladováním na dešti.

Např. ve společnosti Unipap v Býšti na Pardubicku se rozhodli nakoupit technologii a lisovat ze zbytků papírové lepenky brikety a pelety a použít je k vytápění celého výrobního areálu. Jedná se o plně automatické zařízení od českého výrobce. Návratnost investice se předpokládá za 5 let. V současné době vzorky briket z Unipapu procházejí certifikací v Ústavu pro výzkum a využití paliv, a. s., v Praze Běchovicích. Ústav vystavuje certifikáty i pro některé zahraniční firmy z Německa či Rakouska a první

výsledky ukazují na to, že se bude jednat o vysoce ekologické palivo, jehož emisní hodnoty jsou hluboko pod přípustnými limity. (13)

2.6 Kompostování

Kompostování - jeden ze způsobů biologického odbourávání odpadu. Pro využití tohoto odpadu musí být odpad biodegradabilní, tzn. Musí být schopen fyzikálního, chemického nebo biologického rozkladu tak, aby konečným produktem byly pouze CO₂, H₂O a biomasa.(4)

Poměr C:N je 350:1. Do kompostu nepatří barevné tiskopisy, protože některé barvy obsahují těžké kovy.

3 Výchozí podmínky podniku

3.1 Vývoj a současný stav firmy Ropo recycling s.r.o. se sídlem v Liběšicích 140 (Litoměřicko)

Ropo recycling působí v oblasti nakládání s odpady. Společnost se zabývá :

- sběrem a výkupem dále využitelných odpadů od právnických osob a obcí
- tříděním získaných odpadů
- úpravou vytříděných složek lisováním do paketů
- obchodováním s vytříděnými složkami odpadů

Firma byla založena v roce 1992 pod názvem Ropo Konsorcium. Ta byla roku 2001 přetransformována na název Jiří Pobl nesoucí majitelovo celé jméno. Současný název společnosti tak vzniká v roce 2004 odkdy je firma ve vlastnictví třech společníků, tedy jmenovaného otce a dvou synů.

V roce 2007 byla vybudována nová separační linka ve Štětí pro zpracování sběrového papíru a plastů a pro separovaný papír a plasty. Svází se sem separovaný odpad z Mělníka, Litoměřic a Roudnice nad Labem a dalších okolních obcí. Ostatní odpady než ze separovaného komunálního sběru již přesahují toto okolí. Tyto odpady se svází ze Středočeského a ze Severočeského kraje a z Prahy. Odpady se zde třídí a podrobněji rozdělují na:

Papírový odpad je tříděn na deinking, lepenku, směsný odpad, odřez tiskařský světlý, odřez tiskařský bílý, makulatura-časopisy, lamino, nápojové kartony, noviny potištěné, noviny odřez nepotištěný, atd. Podle nabídky a poptávky viz. skupiny v kapitole 2.1.2. Třídí se 3 dny v týdnu.

Plastový odpad je tříděn na PET lahve, PE folie, PEHD, nádoby a ostatní plasty se již neseparují a odváží se k dalšímu využití. Třídí se 3 dny v týdnu.

Tyto vybrané materiály jenž jsou nasákové je vhodné skladovat v hale popřípadě pod přístřeškem. Pro plasty taková pravidla neplatí. Papír jenž obsahuje vysokou vlhkost po čase degraduje zahníváním, proto je na místě takový materiál urychleně zpracovat. Tedy pro tohoto podnikatele to znamená prodat ho papírně vzdálené přibližně 1km, což je velmi výhodné z hlediska nákladů na přepravu upraveného materiálu. V papírně jsou z materiálu odebrány vzorky v případě, že materiál obsahuje vyšší vlhkost než je povoleno, tak se vzorky váží před a po vysušení, poté se vypočte rozdíl vah vzorků a dále celého nákladu.

Dané materiály jsou po přívozu na separační linku uskladněny nebo vysypány. Zpracovávají se ručním tříděním. Přihrnují se k vodorovnému dopravníku, který je posléze dopravuje k šikmému pásovému dopravníku. Šikmým dopravníkem dopravuje odpady k třídícímu vodorovnému pásovému dopravníku. Tady dochází k ručnímu třídění. Odtud jsou jednotlivé vytríděné druhy vhazovány do kójí nebo do kontejnerů o rozměrech 4,5 . 2 . 2 (1,5) (d . š . v), které se po naplnění natahují na nákladní vůz. Z kójí jsou vytríděné druhy nakladačem přihrnovány na pás. Tento vodorovný pás je dopravuje k šikmému dopravníku, jímž je materiál vynášen do násypky kontinuálního lisu Bollegraaf. Lis je zánovní. Jeho lisovací tlak je 80 t.m⁻². Navíc je mezi násypkou a

lisem umístěn virbulátor, který zaručuje rovnoměrné rozvržení materiálu v balíku. Tyto úpravy u papíru zaručují takovou hmotnost balíku (např. lepenka 0.14 průměrně 400 kg), že je odvázející nákladní vůz zcela vytížen. Rozměry balíku 1000 . 800 . 1200 – 1400 (š . v . d).

Sklad se stává z přístřešku. Slouží k ukládání neupraveného materiálu, balíků a kontejnerů. Je 10 m hluboký, takže se tu ukládají 2 kontejnery za sebou. Kontejnery lze ukládat krátkodobě na volném prostranství. Sklad je široký 65,1 m je postaven z montovaných železobetonových prvků. Konstrukční systém je sloupový o světlé šířce modulu 7,8 m. Ukládají se proto 3 kontejnery vedle sebe do jednoho modulu. Kontejnery jsou ukládány pouze ložně a výška přístřešku je 7 m tak, aby při nakládání nebo vykládání kontejneru nedošlo ke kolizi a následnému porušení střešní konstrukce. Přístřešek je šetrný také pro kontejnery, které nepodléhají tak rychle korozi. V tomto skladu lze skladovat až 72 kontejnerů.

Ze skladu jsou některé materiály o velké měrné hmotnosti přímo expedovány do blízké papírny. Většina se tu ale střádá. Po jejich nahromadění jsou opět kontejnery natahovány na nákladní vůz a převáženy ke kontinuálnímu lisu. Materiál je sklápěn na pásový dopravník a následně dopravován šikmým dopravníkem do lisu. Z lisu jsou balíky přepravovány vysokozdvížným vozíkem s bočními kleštěmi.

Z hlediska množství a širokého spektra zpracovávaných materiálů je používaná kontejnerizace vysoce efektivní. V případě, že by zde byly místo všech kontejnerů použity kóje jako na klasických separačních linkách muselo by jich být tolik kolik je tu zpracovávaných materiálů a místo uskladnění ve skladu nebo na volné ploše by se musela zvětšit hala kde je materiál tříděn. Kontejnery jsou výhodné i z toho hlediska, že je lze snadno používat i v terénu mimo třídírnu.

Pro materiál s velkou měrnou hmotností, který se dopravuje přímo do blízké papírny platí, že většinou není lisován (např. deinking). Ukládá se do kontejneru nebo na zem v hale a následně se nakládá nakladačem a odváží se pronajatým nákladním automobilem s nástavbou walking flor, to znamená s vanovou nástavbou bez sklápění s pohyblivým dnem. Tento automobil odváží průměrně 22 t. Vykládka je prováděna pomocí pohyblivého dna. (14)

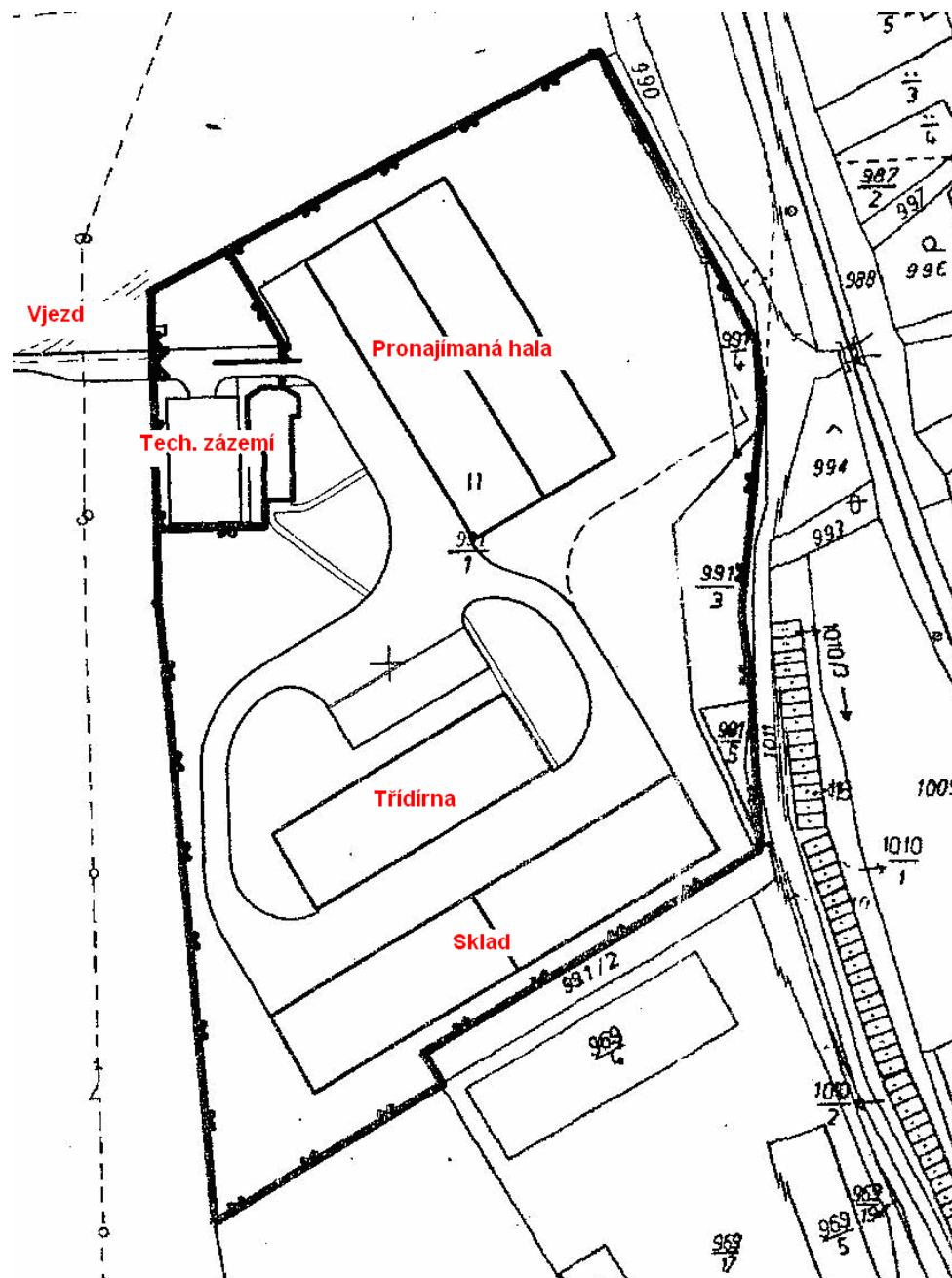
Vytříděný materiál, který je v tříděném materiálu obsažen největším podílem je zpravidla lisován přímo.

Tab. 1. Množství manipulační techniky (14)

Přepavní technika	Počet [ks]
Vysokozdvížený vozík s bočními kleštěmi	2
Nakladač	1
Kontejnerový nosič / vlek	3 / 2
Počet nákladních automobilů nad 3,5t	2
Kontejnery	60

Tab. 2. Druh a množství tříděných odpadů. (14)

Zpracovávaný materiál	Množství [t.r ⁻¹]
Separovaný plast	1500
Separovaný papír	9500
Ostatní papír	30000



Obr. 4. Situační plán podniku Ropo. Provozovna Štětí (14)

3.2 Stavební a urbanistické řešení provozovny Štětí

Objekt je kolaudován v roce 2007 (Obr. 4) a vyhovuje tak stávajícím stavebním normám.

Skládá se z technického zázemí, u něhož je umístěna váha pro nákladní automobily, jsou zde kanceláře pro vážnou, účetní, manažera a vedení podniku. Dále obsahuje zázemí pro veškeré pracovníky jako jsou jídelna, toalety, šatny, umývárna a sprchy. Tato stavba je patrová, tvořena zděným konstrukčním systémem a omítnuta, se sedlovou střechou.

Dalšími stavbami jsou opláštěný sklad, který společnost Ropo pronajímá externí firmě.

Přístřešek který slouží pro skladování kontejnerů, pro zpracovaný sběrový papír a pro upravený papír již byl zmíněn.

Samotná provozovna se stává z železobetonového montovaného konstrukčního systému. Stěny a plochá střecha je opláštěna plechovou lehkou konstrukcí, bez zateplení. Hala je bez vytápění. Vytápěné jsou pouze kabiny, kde je umístěn průběžný dopravní pás. Ty jsou vybaveny rovněž odsáváním vzduchu využívány v letních měsících pro snížení teploty vzduchu.

V areálu jsou nově postavené asfaltové účelové komunikace, protipožární systém skládající se z hlásičů dýmu hydrantů, kanalizační síť odvádějící dešťovou vodu z vyasfaltovaných ploch a střech hal a přístřešku. Elektroinstalace samozřejmě normována. V hale se dělí na motorové obvody pro lis a dopravníky. Dále pak na světelné a zásuvkové obvody. Pro vnitřní osvětlení haly je používáno vysokotlakých sodíkových svítidel 250W. Pro osvětlení vnějších prostor slouží halogeny 500W, umístěny na plášti haly. Pro úsporu energie je část střechy haly transparentní. (14)

4 Návrh řešení a dosažené výsledky

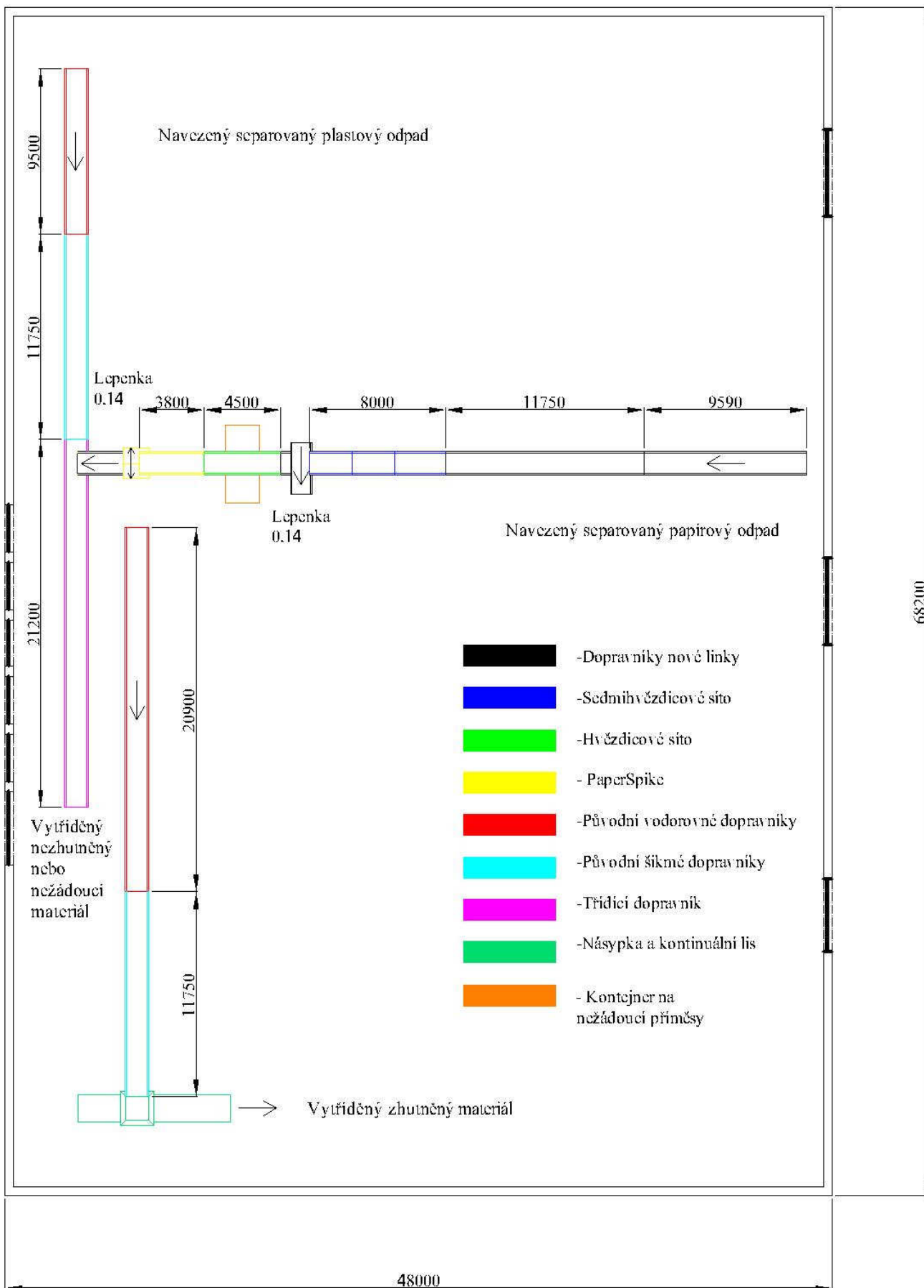
4.1 Návrh inovace linky na separaci sběrového papíru

V současné době množství spotřeby sběrového papíru stagnuje. Opětovné zvýšení poptávky lze očekávat. Je tedy vhodné zamyslet se, jak je možné vhodnou investicí uspořit provozní náklady, i když je v poslední době zisk společnosti nižší než

v posledních letech. Současný stav technologické linky je založen na ručním třídění. Cena lidské práce je u nás poměrně vysoká a stále roste.

Proto bylo rozhodnuto pro návrh strojního automatizovaného třídění. Touto inovací se bude veškerý přijímaný separovaný papír třídit strojně s ručním dotřídováním, následnou dopravou a možnou úpravou lisováním na stávající lince.

K tomuto třídění je nutno navrhnout nový příhrnovací a šikmý vynášecí pásový dopravník. Stávající linka tedy zůstává nepozměněna. Instaluje se nová linka, která na stávající bude navazovat a budou tak tvořit ucelenou a efektivní linku.



Obr. 5. Schéma třídící linky. (14)

4.2 Volba technologického zařízení – výběrové řízení

4.2.1 Vybrání dodavatelé technologických linek

Osloveny byly společnosti:

a) Bollegraaf Recycling machinery

Nizozemská společnost se zastopením v ČR. Spolupracuje s dceřinou společností Lubo Systems. Výrobce a dodavatel strojních zařízení. Působí v divizích lisů, třídíčů, dopravníků, drtičů a dalších strojních zařízeních a technologických linek v nejrůznějších provedeních většinou v zakázkové výrobě. Vlastní řadu patentů pro strojní zařízení vlastní výroby. (15)

b) Blueltech s.r.o.

Česká společnost se sídlem v Pacově vyrábí komponenty pro třídírny odpadů a jiných materiálů, dopravníky atd. Ve spolupráci německé firmy Heckert Umwelttechnik konstruuje širokou škálu dopravníků. Na našem území již vybudovala četnou škálu třídících strojních zařízení. (16)

Příkon linky Bollegraaf je 51kW.

Příkon linky Beltech je 48.5 kW.

Tab. 3. Celkové náklady na třídící linku Bollegraaf. (17)

Komponenty	Cena [Kč]
Dopravník A	715240
Dopravník B	952310
Regulátor výšky materiálu	58370
Brzdy zpětného chodu	73570
Seven star C	1420000
Dopravník lepenky sevenstaru D	315200
Dopravník ost. mat. sevenstaru E	531970
Paperstar F	1107460

Komponenty	Cena [Kč]
Shoz pro nežádoucí materiály	85620
PaperSpike vč.dopravníku G	2533800
Dopravník Deinkingu od PaperSpiku	456200
Nosné kce., lávky a podesty	571000
Projektová dokumentace	400000
Elektroinstalace	261000
Rídící elektronika	516420
Montáž	100000
Základy	130000
Projektová stavební dokumentace	70000
Celkem	10298160

Pozn.: Zkratky A, B, C, D, E, F, G podle Obr. 12 a Obr. 6.

Tab. 4. Celkové náklady na technologii firmy Beltech s.r.o. (18)

Komponenty	Cena [Kč]
Dopravník A	699200
Dopravník B	936000
Magnetický separátor	410000
Posuvná dna	2910000
Nosné kce., lávky a podesty	405700
Dopravník od posuvných den	379470
Projektová dokumentace	250500
Elektroinstalace	170000
Rídící elektronika	371050
Montáž	79430
Základy	130000
Projektová stavební dokumentace	55400
Celkem	6796750

4.2.2 Vyhodnocení výběrového řízení

Tab. 5. Hodnocení dodavatelů třídící technologie.

Požadavky	Dodavatelé	
	Bollegraaf	Beltech
Požadavky separace	***	*
Cena	**	***
Automatizace	***	***
Servis	**	**
Příkon	**	***
Záruční doba	***	**
Cena náhradních dílů	**	**
Technické zpracování	***	***

*** výborné

** vyhovující

* nevyhovující

V české republice je doposud používáno zejména ručního třídění. V současnosti je v provozu pouze jedna automatizovaná linka, ta je provozována v Ostravě firmou Ecopak. V SRN je od výrobce Bollegraaf Recycling Machinery v provozu přibližně 30 linek pro třídění separovaného papíru. Bollegraaf má v tomto odvětví unikátní patentovanou technologii. Síta se skládají z rotačních hvězdic a popichovačů kartonů, které jsou funkčními prvky pro jeho třídění. (17)

Beltech vyrábí rotační síta nebo plochá síta s posuvným dnem, u nichž ale může pro třídění tohoto materiálu dojít k ucpání děr.

Hlavními rozhodujícími kritérii v tomto výběrovém řízení byly zejména požadavky na stupeň separace současně s cenou. V poměru těchto dvou hledisek byla zvolena technologie Bollegraaf, jelikož s ní lze dosáhnout mnohem větší procento vytříděnosti. Jiné linky než technologie Bollegraaf se pro zaměřovaný účel tohoto návrhu prakticky nepoužívají. Výkonnost techniky bude navrhována podle materiálového toku a množství současně zpracovávaného separovaného papíru.

4.3 Vlastní měření

Výkonnost linky v Ostravě:

V Ostravě ve firmě Ecopak v obdobné jenž je navrhována lince byly naměřeny následující hodnoty zpracovaného separovaného papíru. Měření je založeno na rozdílu hmotností plného a prázdného nákladního automobilu.

Tab. 6. Měření hmotností separovaného papíru na vstupu v třídírně Ecopak. (19)

Vozidlo	[číslo]	1	2	3
b ₁	[t]	17,8	16	18,7
b ₂	[t]	10,1	9,9	10

$$N = \Sigma b_1 - \Sigma b_2 = (17,8 + 16 + 18,7) - (10,1 + 9,9 + 10) = 22,5 \text{ t} \quad [1]$$

$$H_{qSO} = N / t = 22,5 / 3 = 7,5 \text{ t.h}^{-1} \quad [2]$$

Výkonnost v Ostravě je při šířce linky 2 m 7,5 t.h⁻¹.

Kde:

t – čas návozu a zpracování [h]

b₁ – Hmotnost naloženého nákladního automobilu [t]

b₂ – Hmotnost vyloženého nákladního automobilu [t]

N – příjem za hodinu [t]

H_{qSO} – hodinová výkonnost skutečná Ostrava [t.h⁻¹]

Pozn.: Světlá šířka dopravníků a třídících zařízení v Ostravě je 2,0 m.

Hmotnostní složení separovaného papíru ve Štětí:

Pro měření bylo vybráno náhodně 10 kg separovaného papíru z navezené hromady. Byl ručně roztríděn na deinking, lepenku 1.04 a nežádoucí příměsi. Měření bylo provedeno dvakrát, z nich byl vypočten aritmetický průměr.

Tab. 7. Měření hmotnostního podílu separovaného papíru. (14)

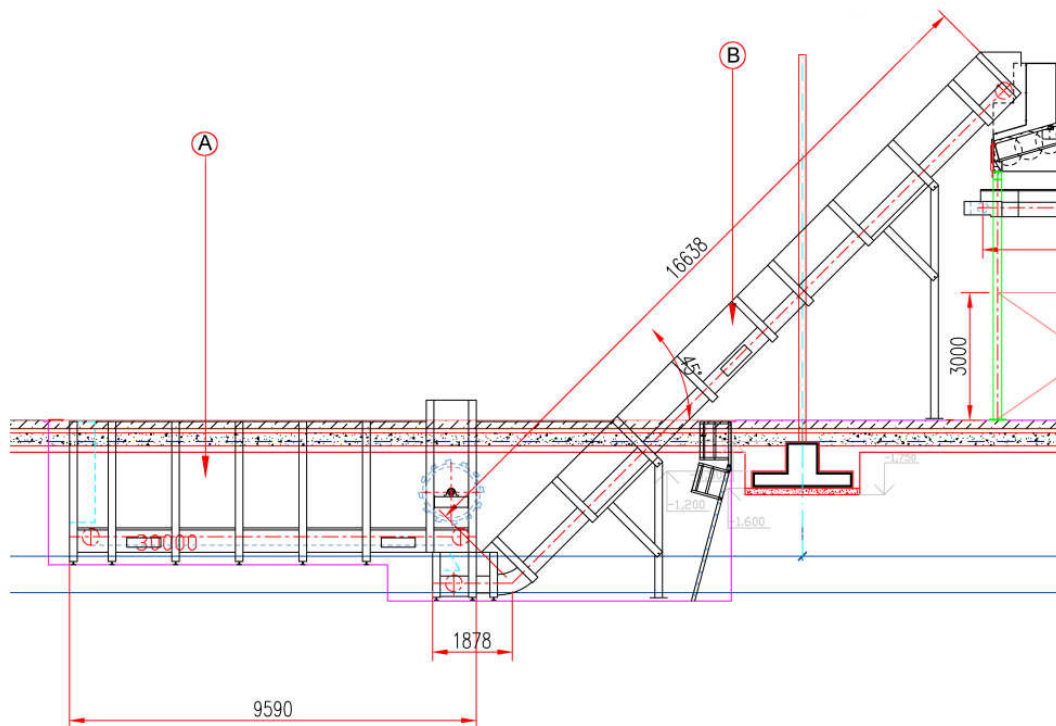
Skupina	1. měření [kg]	2. měření [kg]	Aritmetický průměr [kg]	Podíl [%]	*Prodej- ní cena [Kč]	**Prodejní cena aktuální [Kč]
Deinking	6,1	5,9	6	60	3,2	2,2
Lepenka 0.14	2,7	2,5	2,6	26	2,2	1,2
Nežádoucí příměsi	1,2	1,6	1,4	14	-1,5	-1,5

Pozn.: *Prodejní cena za dodávaný papír dle dlouhodobého průměru 1.1.2006-30.2.2009.

** Prodejní cena za dodávaný papír podle současných cen pro duben 2009.

(14)

4.4 Teoretický rozbor výpočtu a výpočet příhrnovacího vodorovného pásového dopravníku A.



Obr. 6. Řez navržených dopravníků A a B. (17)

Tab. 8. Vstupní hodnoty pro výpočet dopravníků.

Popis	Hodnota
Výkonnost	$R_q = 9500000 \text{ kg.rok}^{-1}$
Rychlost pohybu pásu	$v = 0,3 \text{ m.s}^{-1}$
Délka obou dopravníků	$L_1 = 9 \text{ m}$ $L_2 = 9,59 \text{ m}$ $L_3 = 16,64 \text{ m}$ $L_4 = 18,52 \text{ m}$
Dopravovaná výška	$H = 11,76 \text{ m}$
Sklon šikmého dopravníku	$\delta_1 = 45^\circ$
Sypný úhel přepravovaného mat.	$\beta = 30^\circ$
Objemová hmotnost sběrového papíru	$P = 105 \text{ kg.m}^{-3}$
Tíhové zrychlení	$g_1 = 9,81 \text{ kg. s}^{-2}$

Popis	Hodnota
Globální součinitel tření	$f_l = 0,02$
Součinitel odpovídající sklonu dopravníku	$\psi_v = 1$ $\psi_s = 0,65$
Počet válečků v dopravníku A	$n_1 = 8$ ks
Počet válečků v dopravníku B	$n_2 = 12$ ks
Hmotnost válečku	$m_{rd} = 10.6$ kg
Součinitel tření mezi plechovým žlabovým dnem a dopravním pásem	$C = 4,5$
Hmotnost 1 m ² pásu	$m = 10,5$ kg. m ⁻²
Celková účinnost poháněcího ústrojí	$\eta = 0,85$
Počet pracovních hodin denně	$p_h = 8$ h

Výkonnost:

$$R_q = 9\,500\,000 \text{ kg.rok}^{-1} \quad p_q = 255 \text{ dní}$$

$$D_q = R_q / p_q = 37\,250 \text{ kg.den}^{-1} \quad [3]$$

$$p_h = 8 \text{ h}$$

$$H_q = D_q / p_h = 4\,657 \text{ kg.h}^{-1} \quad [4]$$

$$Q = H_q / 3600 = \underline{1,294 \text{ kg.h}^{-1}} \quad [5]$$

Kde:

R_q - předpokládané dodávané množství separovaného papíru za rok [kg.rok⁻¹]

D_q - předpokládané dodávané množství separovaného papíru za den [kg.den⁻¹]

H_q - Předpokládané dodávané množství separovaného papíru za hodinu [kg.h⁻¹]

Q - Předpokládané dodávané množství separovaného papíru za sekundu [kg.s⁻¹]

p_q - počet pracovních dní v roce

p_h - počet pracovních hodin za den

Průřez dopravovaného materiálu na pásu:

$$Q = S_{dv} \cdot \rho \cdot v \cdot \psi_v \text{ [kg.s}^{-1}\text{]} \quad [6]$$

$$\rho = 105 \text{ kg.m}^{-3} \quad v = 0,3 \text{ m.s}^{-1} \quad \psi_v = 1$$

$$S_{dv} = Q / (\rho \cdot v \cdot \psi_v) = 1,294 / (105 \cdot 0,3 \cdot 1) = \underline{0,041 \text{ m}^2}$$

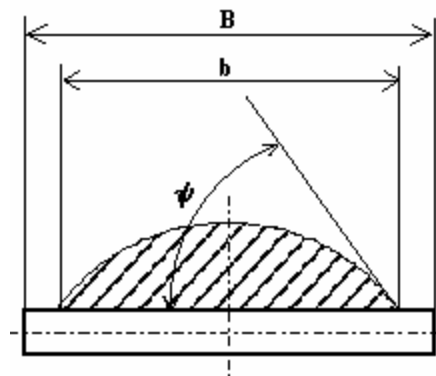
Kde:

S_{dv} - průřez dopravovaného materiálu na pásu [m²]

ρ - objemová hmotnost dopravovaného materiálu [kg.m⁻³]

v - dopravní rychlost [m.s⁻¹]

ψ - součinitel sklonu materiálu [-]



Obr.7. Schéma ložného profilu stolice dopravníku. (20)

Šířka pásu:

$$b_i = [6 \cdot (S_{dv} / \tan\beta)]^{1/2} = [6 \cdot (0,041 / \tan 30^\circ)]^{1/2} = 0,653 \text{ m} \quad [7]$$

$$B = (b_i + 0,05) / 0,9 = (0,653 + 0,05) / 0,9 = 0,781 \text{ m (dle vzorce č. 9)}$$

$$\beta = 30^\circ$$

Podle návrhu linky se navrhuje šířka pásu 1200 mm. Dále značenou jako B_n .

Kde:

S_{dv} - průřez dopravovaného materiálu na pásu [m²]

b_i - využitelná ložná šířka pásu [m]

β - sypný úhel materiálu [°]

Využitelná ložná šířka pásu b se volí:

$$b = 0,8 \cdot B \quad \text{pro } B < 0,4 \text{ m} \quad [8]$$

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 \quad \text{pro } B > 0,4 \text{ m} \quad [9]$$

kde:

B - šířka pásu [m]

Uvedené vypočítané hodnoty S platí pro dopravu ve vodorovném směru. Při šikmé dopravě se hodnoty S vynásobí součinitelem k zahrnujícím úhel sklonu dopravníku δ dle tab.9. (20)

Tab. 9. Hodnoty součinitele k. (20)

δ [°]	0	2	4	6	8	10	12	14
k	1	0,998	0,995	0,989	0,981	0,970	0,957	0,942

δ [°]	16	18	20	22	24	26	28	30
k	0,924	0,905	0,883	0,860	0,835	0,808	0,780	0,750

a) Výpočet hlavních odporových sil

Pro dopravník s dopravní větví tvořenou plechovým žlabovým dnem a s vratnou větví tvořenou válečkovými stolicemi:

$$g_1 = 9,81 \text{ m.s}^{-2} \quad \delta_1 = 0^\circ \quad c = 4,5$$

$$F_h = c \cdot L_v \cdot g_1 \cdot (q_1 + q_2) + f \cdot L_v \cdot g_1 \cdot (q_2 \cdot \cos \delta_1 + q_{rd}) \quad [10]$$

f - globální součinitel tření [-]

L_v - délka dopravníku [m]

g_1 - tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

q_1 - hmotnost materiálu na jednom metru délky pásu [$kg \cdot m^{-1}$]

q_2 - hmotnost jednoho metru délky pásu [$kg \cdot m^{-1}$]

δ_1 - úhel sklonu dopravníku [°]

q_{rh} - hmotnost rot. částí válečků v horní větvi připadající na 1 metr pásu [$kg \cdot m^{-1}$]

q_{rd} - hmotnost rot. částí válečků v dolní větvi připadající na 1 metr pásu [$kg \cdot m^{-1}$]

c - součinitel tření mezi plechovým žlabovým dnem a dopravním pásem [-]

Součinitel f reprezentuje spolu s veličinami q_1 , q_2 , q_{rh} a q_{rd} pohybový odpor na válečkové stoličce, který je na délce dopravníku nezávislý, avšak závisí na okolní teplotě vztahem

Globální součinitel tření:

$$k_2 = 1 \quad f_1 = 0,02$$

$$f = k_2 \cdot f_1 = 1 \cdot 0,02 = \underline{0,02} \quad [11]$$

kde:

f_1 - globální součinitel tření odpovídající teplotě 20°C [-]

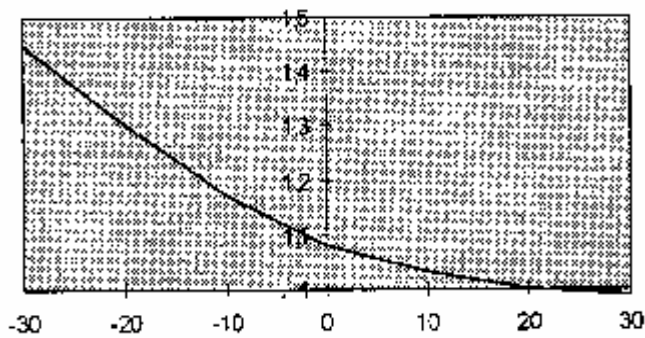
k_2 - součinitel vyjadřující vliv okolní teploty [-]

$f_1 = 0,018$ pro přesně vyrobené a smontované dopravníky s lehce běžícími válečky v prašném pracovním prostředí bez větších teplotních rozdílů

$f_1 = 0,020$ pro běžně vyráběné dopravníky při dobrých provozních podmínkách (bezprašné pracovní prostředí, kryté dopravníky)

$f_1 = 0,023 - 0,027$ pro nepřesně vyrované dopravníky v obtížných provozních podmínkách, možnost přetěžování dopravníku. (20)

Vliv teploty zohledněný součinitelem k_2 se určuje z diagramu podle obr. 6.



Obr. 8. Závislost součinitele k_2 na teplotě t . (20)

Hmotnost materiálu připadající na jeden metr délky pásu:

$$q_1 = Q / v = 1,294 / 0,3 = \underline{4,312 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}} \quad [12]$$

Kde:

Q - dopravní výkonnost [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$]

v - dopravní rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

Hmotnost jednoho metru délky pásu se vypočítá:

$$q_2 = B_n \cdot m_1 = 1,2 \cdot 10,5 = \underline{12,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}} \quad [13]$$

$$m_1 = 10,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$$

Kde:

B_n - šířka pásu [m]

m_1 - hmotnost jednoho m^2 pásu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]

Hmotnost rotujících částí válečků v horní a dolní větvi dopravníku připadající na jeden metr délky pásu:

$$m_{rd} = 10,6 \text{ kg} \quad n = 8 \text{ ks} \quad L_1 = 9 \text{ m}$$

$$q_{rh} = (m_{rd} \cdot n_1) / L_1 = (10,6 \cdot 8) / 9 = 9,42 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \quad [14]$$

Kde:

m_{rh} a m_{rd} - hm. rot. části jednoho válečku v horní a dolní válečkové stolici [kg]

n - počet válečků v horní a dolní válečkové stolici [-]

L_v - délka dopravníku [m]

$$F_h = 4,5 \cdot 9,59 \cdot 9,81 \cdot (4,312 + 12,6) + 0,02 \cdot 9,59 \cdot 9,81 \cdot (12,6 \cdot \cos 0^\circ + 9,42)$$

$$\underline{F_h = 8107 \text{ N}} \quad (\text{dle vzorce č. 10})$$

b) Výpočet vedlejších odporových sil

$$F_v = F_n + F_{op} + F_l \text{ [N]} \quad [15]$$

kde:

F_n - odporová síla v násypce [N]

F_{op} - odporová síla ohýbání pásu na bubnech [N]

F_l - odporová síla v ložiskách nepoháněných bubnů [N]

Ohybová odporová síla pásu při pohybu přes bubny:

$$F_{op} = (100 - 250) \cdot z_b = 250 \cdot 2 = \underline{500 \text{ N}} \quad [16]$$

$$z_b = 2 \text{ ks}$$

Kde: z_b - počet bubnů [ks]

Odporová síla v ložiskách nepoháněných bubnů:

$$F_l = (50 - 150) \cdot z_c = \underline{150 \text{ N}} \quad [17]$$

$$z_c = 1 \text{ ks}$$

Kde:

z_c - počet nepoháněných bubnů [ks]

$$F_v = 500 + 150 = \underline{650 \text{ N}} \quad (\text{dle vzorce č. 15})$$

c) Výpočet přídatných odporových sil

$$F_p = F_z + F_c + F_s \text{ [N]} \quad [18]$$

Kde:

F_z - síla potřebná na zvednutí materiálu o dopravní výšku [N]

F_c - odpor čističů pásu [N]

F_s - odpor shrnovače materiálu [N]

F_{sv} - odpor shazovacího vozíku [N]

F_{bv} - odpor třením materiálu o boční vedení [N]

Odporová síla čističů pásu:

$$F_c = (20 - 40) \cdot B_n \cdot z_c = 40 \cdot 1,2 \cdot 1 = \underline{48 \text{ N}} \quad [19]$$

Zde počítáme pouze odpor čističů pásu.

$$F_p = F_c = \underline{48 \text{ N}} \quad (\text{dle vzorce č. 18})$$

Výsledná pohybová odporová síla:

$$F = F_h + F_v + F_p \quad [20]$$

$$F = 7201 + 650 + 48 = \underline{7899 \text{ N}}$$

Výkon poháněcího motoru:

$$P = F \cdot v / \eta = 7899 \cdot 0,3 / 0,85 = \underline{2788 \text{ W}} \quad [21]$$

$$\eta = 0,7 \text{ až } 0,9$$

Navrhuji výkon elektromotoru 3 kW.

Kde:

F - výsledná pohybová odporová síla [N]

v - rychlost pásu [m.s⁻¹]

η - celková účinnost poháněcího ústrojí

Potřebný výkon elektromotoru je tedy minimálně 2788 W. V tomto případě je nejvhodnější umístit hnací buben na přepadávající konec zatížené větve, aby tahové síly v pásu byly co nejmenší.

Výpočet maximální a minimální síly v dopravním pásu:

$$T_1 = F \cdot [1 + 1 / (e^{\alpha \cdot f} - 1)] = 7899 \cdot [1 + 1 / (e^{7/6\pi \cdot 0.3} - 1)] = \underline{11849 \text{ N}} \quad [22]$$

$$T_2 = F / (e^{\alpha \cdot f} - 1) = 7899 / (e^{7/6\pi \cdot 0.3} - 1) = \underline{3950 \text{ N}} \quad [23]$$

$$\alpha = 7/6 \pi$$

Volím f = 0,3

kde:

T₁ - tahová síla v pásu ve větvi nabíhající na poháněcí buben [N]

T₂ - tahová síla v pásu ve větvi sbíhající s poháněcího bubnu [N]

F - obvodová síla na hnacím bubnu [N], představuje jí celkový odpor proti pohybu pásu vypočtený v předchozí části

μ - součinitel tření mezi bubnem a pásem [-]

α - úhel opásání [rad]

e - 2, 718 -základ přirozených logaritmů

f - součinitel tření mezi bubnem a pásem (z tabulek)

4.5 Výpočet vynášecího pásového dopravníku B.

Parametry z předchozích výpočtů:

$$Q = 1.294 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Sypný úhel } \beta = 30^\circ$$

Velikost průřezu dopravovaného materiálu:

$$S_{dv} = Q / (\rho \cdot v \cdot \psi_2) = 1,294 / (105 \cdot 0,3 \cdot 0,65) = \underline{0,063 \text{ m}^2} \quad (\text{dle vzorce č. 6})$$

Využitelná ložná šířka pásu:

$$b_1 = [6 \cdot (S_{dv} / \tan\beta)]^{1/2} = [6 \cdot (0,063 / \tan 30^\circ)]^{1/2} = \underline{0,809 \text{ m}} \quad (\text{dle vzorce č. 7})$$

Šířka pásu:

$$b_1 = 0,9 \cdot B - 0,05$$

$$B = (b_1 + 0,05) / 0,9$$

$$B = (b_1 + 0,05) / 0,9 = (0,809 + 0,05) / 0,9 = \underline{0,954 \text{ m}} \quad (\text{dle vzorce č. 9})$$

Volím šířku pásu 1200 mm. Dále označuji jako B_n .

a) Výpočet hlavních odporových sil:

$$F_h = c \cdot L_v \cdot g_1 \cdot (q_1 + q_2) + f \cdot L_v \cdot g_1 \cdot (q_2 \cdot \cos \delta_1 + q_{rd}) \quad (\text{dle vzorce č. 10})$$

Globální součinitel tření:

$$k_2 = 1 \quad f_1 = 0,02$$

$$f = k_2 \cdot f_1 = 1 \cdot 0,02 = \underline{0,02} \quad (\text{dle vzorce č. 11})$$

Hmotnost materiálu připadající na jeden metr délky pásu:

$$q_1 = Q / v = 1,294 / 0,3 = \underline{4,312 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}} \quad (\text{dle vzorce č. 12})$$

Hmotnost jednoho metru délky pásu:

$$q_2 = B_n \cdot m_1 = 1,2 \cdot 10,5 = \underline{12,6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}} \quad (\text{dle vzorce č. 13})$$

Hmotnost rotujících částí válečků v horní a dolní větvi dopravníku:

$$m_{rd} = 10,6 \text{ kg} \quad n_2 = 12 \text{ ks} \quad L_3 = 16,64 \text{ m}$$

$$q_{rh} = (m_{rd} \cdot n_2) / L_3 = (10,6 \cdot 12) / 16,64 = \underline{7,64 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}} \quad (\text{dle vzorce č. 14})$$

$$F_h = 4,5 \cdot 18,52 \cdot 9,81 \cdot (4,312 + 12,6) + 0,02 \cdot 18,52 \cdot 9,81 \cdot (12,6 \cdot \cos 45^\circ + 7,64)$$

$$F_h = \underline{13\,887 \text{ N}}$$

b) Výpočet vedlejších odporových sil

$$F_v = F_n + F_{op} + F_1 \text{ [N]} \quad (\text{dle vzorce č. 15})$$

Ohybová odporová síla pásu při pohybu přes bubny:

$$F_{op} = (100 - 250) \cdot z_b = 250 \cdot 2 = 500 \text{ N} \quad (\text{dle vzorce č. 16})$$

$$z_b = 2 \text{ ks}$$

Odporová síla v ložiskách nepoháněných bubnů:

$$F_1 = (50 - 150) \cdot z_c = 150 \text{ N} \quad (\text{dle vzorce č. 17})$$

$$z_c = 1$$

$$F_v = 500 + 150 = \underline{650 \text{ N}}$$

c) Výpočet přídatných odporových sil

$$F_p = F_z + F_c \quad (\text{dle vzorce č. 18})$$

Síla potřebná na zvednutí materiálu o dopravní výšku:

$$F_z = q_1 \cdot g_1 \cdot H = 4,312 \cdot 9,81 \cdot 11,76 = \underline{497 \text{ N}} \quad [24]$$

Kde:

H – dopravovaná výška [m]

Odporová síla čističů pásu:

$$F_c = (20 - 40) \cdot B_n \cdot z_c \cdot g = 40 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 9,81 = \underline{471 \text{ N}} \quad (\text{dle vzorce č. 19})$$

$$F_p = 497 + 471 = 968 \text{ N}$$

Výsledná pohybová odporová síla:

$$F = F_h + F_v + F_p \quad (\text{dle vzorce č. 20})$$

$$F = 13886 + 650 + 968 = \underline{15504 \text{ N}}$$

Výkon poháněcího motoru:

$$P = (F \cdot v) / \eta = (15504 \cdot 0,3) / 0,85 = \underline{5472 \text{ N}} \quad (\text{dle vzorce č. 21})$$

Navrhuji výkon elektromotoru 5.5 kW.

Výpočet maximální a minimální síly v dopravním pásu:

$$T_1 = F \cdot [1 + 1 / (e^{\alpha \cdot f} - 1)] = 15523 \cdot [1 + 1 / (e^{7/6\pi \cdot 0,3} - 1)] = 23285 \text{ N}$$

(dle vzorce č. 22)

$$T_2 = F / (e^{\alpha \cdot f} - 1) = 15523 / (e^{7/6\pi \cdot 0,3} - 1) = 7762 \text{ N}$$

(dle vzorce č. 23)

Tab.10. Přehled vypočtených parametrů dopravníku.

Vypočtené parametry	Značka a jednotky	Vodorovný dopravník A	Šikmý dopravník B
Hmotnostní výkonnost	Q [kg.s ⁻¹]	1,294	1,294
Dopravní rychlost	v [m.s ⁻¹]	0,3	0,3
Celková odporová síla	F [N]	7899	15523
Výkon elektromotoru	P [W]	3000	5500

4.6 Volba a popis třídící technologie

Výpočet hodinové výkonnosti třídících zařízení poměrem:

$$H_{qt} = H_{qso} \cdot (B_n / B_o) = 7,5 \cdot (1,2 / 2) = 4,5 \text{ t.h}^{-1} \quad [25]$$

$$B_o = 2,0 \text{ m}$$

Střední hodinová výkonnost navržených dopravníků je $H_q = 4.657 \text{ t.h}^{-1}$ a hodinová výkonnost třídících zařízení je $H_{qt} = 4.5 \text{ t.h}^{-1}$. Zvolené dopravníky k třídícímu strojnímu zařízení VYHOVUJÍ. Výkonnost lze snížit nastavitelným válcem,

umístěným nad vodorovným dopravníkem A, sloužícím proti přehlcení technických částí třídící linky.

Kde:

H_{qsO} - hodinová výkonnost skutečná Ostrava [$t \cdot h^{-1}$]

B_o - světlá šířka třídících zařízení Ostrava [m]

B_n - světlá návrhová šířka dopravníků a třídících zařízení Štětí [m]

H_{qt} – hodinová výkonnost třídících zařízení Bollegraaf Štětí [$t \cdot h^{-1}$]

Seven star – Sedmi hvězdicová síta \varnothing 660mm C (Obr. 12) (Obr. 5, 9)

Výrobek firmy Lubo Systems dceřiné společnosti firmy Bollegraaf. Jejich název vyplývá z řazení sedmi hřídelů osazených hvězdicemi za sebou v jedné sadě strojního zařízení. Jsou určena k oddělení velkých kusů lepenek od ostatního materiálového toku. Jsou řazena 3 síta sériově pro vysokou účinnost. Hvězdice o průměru 660mm, z tvrzené pryže, se otáčejí po směru materiálového toku v lince, tedy osa otáčení je v horizontální poloze kolmo k materiálovému toku, jíž velké kusy nepropadnou a jsou dále vynášeny na dopravník D (Obr. 12). Tyto velké oddělené kusy budou dále skladovány na hromadě u linky a později slisovány. Ostatní materiál tedy tvoří deinking, lepenky a nežádoucí příměsi separovaného sběrového papíru, který je dopravován pásovým dopravníkem E (Obr. 12) dále ve směru materiálového toku. Největší části jsou velikosti formátu A3. Každé síto je poháněno elektromotorem o výkonu 4 kW, jehož otáčky lze volit frekvenčním měničem. Mechanický přenos je napojen do převodové skříně se šikmými zuby, na jejichž hřídeli jsou hnací kola. Rozvod pro otáčení bubnů je řetězový, každý buben má ozubené hnané kolo. Hřídele z hvězdicemi jsou uloženy ve válečkových ložiscích.

Výhoda tohoto strojního zařízení spočívá v tom, že se neucpává jako síta jiné konstrukce. (17, 22)



Obr. 9. Detailní pohled na hvězdicové síto nebo-li Seven star. (22)

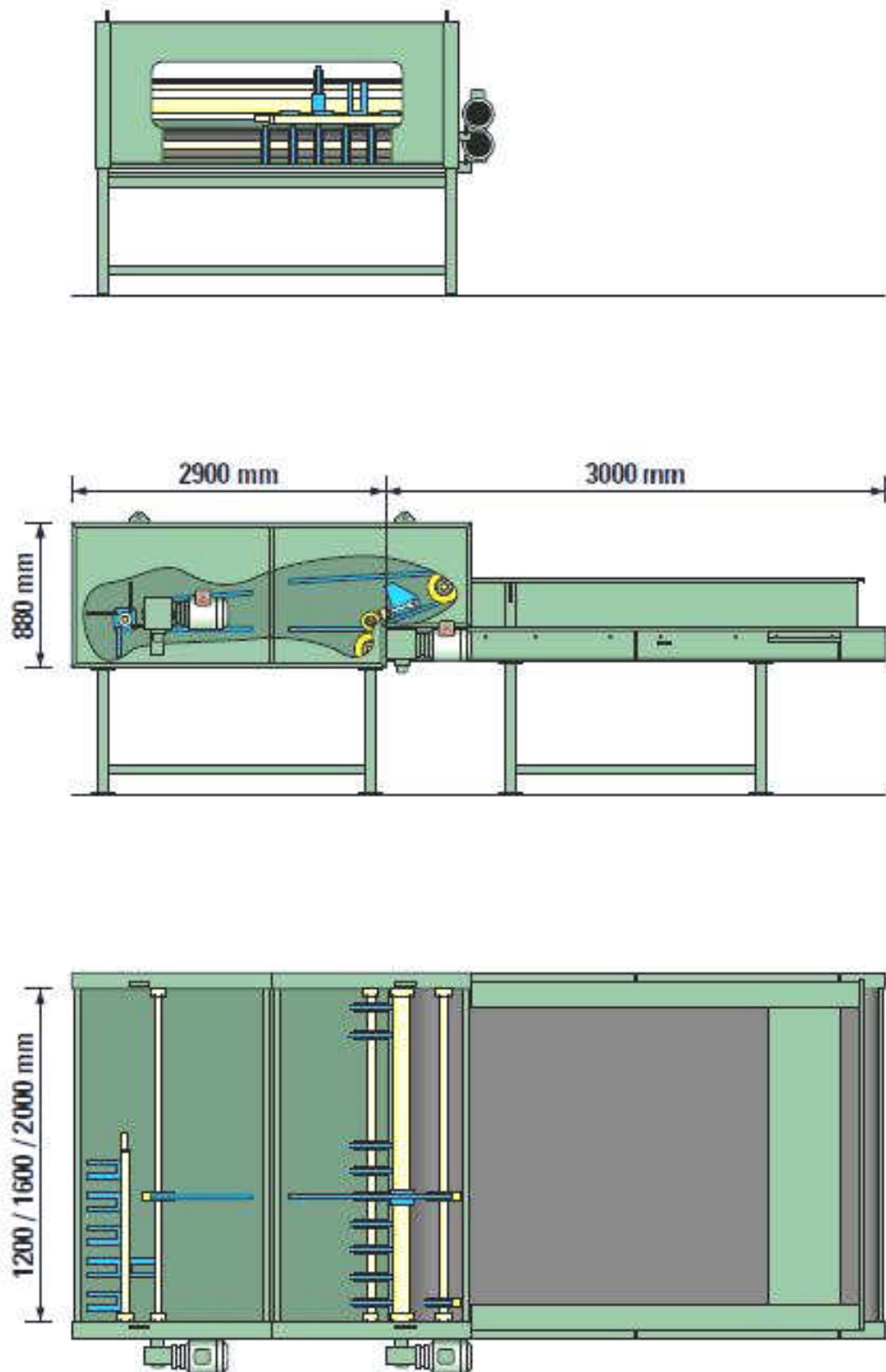
Paperstar - Hvězdicové síto Ø 330mm F (Obr. 12) (Obr. 5) je patentován firmou Lubo systems dceřinou společností firmy Bollegraaf. Jsou řazena po Sevenstar. Vstupem jsou tedy deinking, lepenky a nežádoucí příměsi separovaného sběrového papíru. Jsou nastaveny tak, že se zde oddělí propadnutím nežádoucí příměsi jako kameny, plechovky, skleněné lahve, plastové lahve atd. a velmi malé kusy papíru např. ze skartovacího stroje ty lze sice dále třídit, ale pro jejich malý výskyt v materiálu od tohoto upouštíme. Pod síty je umístěna násypka, jíž se plní přistavený kontejner. V dále dopravovaném plochém materiálu, nebo-li nadsítném, se tedy vyskytuje deinking a lepenky o přibližných velikostech formátu A5 až A3, který putuje do PaperSpiku. Bubny Paperstaru jsou poháněny dvěma elektromotory, každý o výkonu 5,5 kW, převodové skříně se šikmými zuby, na jejichž hřídeli jsou hnací kola. Rozvod pro otáčení bubnů je řetězový, každý buben má ozubené hnané kolo. Otáčky elektromotoru jsou regulovatelné frekvenčním měničem. (17, 22)

PaperSpike je patentován firmou Bollegraaf G (Obr. 12) (Obr. 5, 10) . Princip činnosti tohoto strojního zařízení spočívá ve využití rozdílných mechanických vlastností tvrdých a měkkých papírů. Jeho funkční částí jsou hroty, které lze přirovnat např. k důlčíku. Hrot není špičatý jako jehla ale má průměr přibližně 2 mm. Lepenka se na tyto hroty napíchne a dále se dopravuje do koncové řady, kde se shrne o plechy.

Dále je dopravována volným pádem, přes dělič nad dopravníkem dopravující deinking, na zem. Zde je hromaděna spolu s velkými kusy ze Sevenstaru. Po nahromadění potřebného množství je lepenka přihrnována na vodorovný dopravník a dopravována ke zhutnění. Požadovaný deinking se na hroty nenapíchně a ohrne se okolo nich. Posléze je dále vynášen dopravníkem, jenž je součástí PaperSpiku k další úpravě. (21)



Obr. 10. Detailní pohled na PaperSpiku. (21)



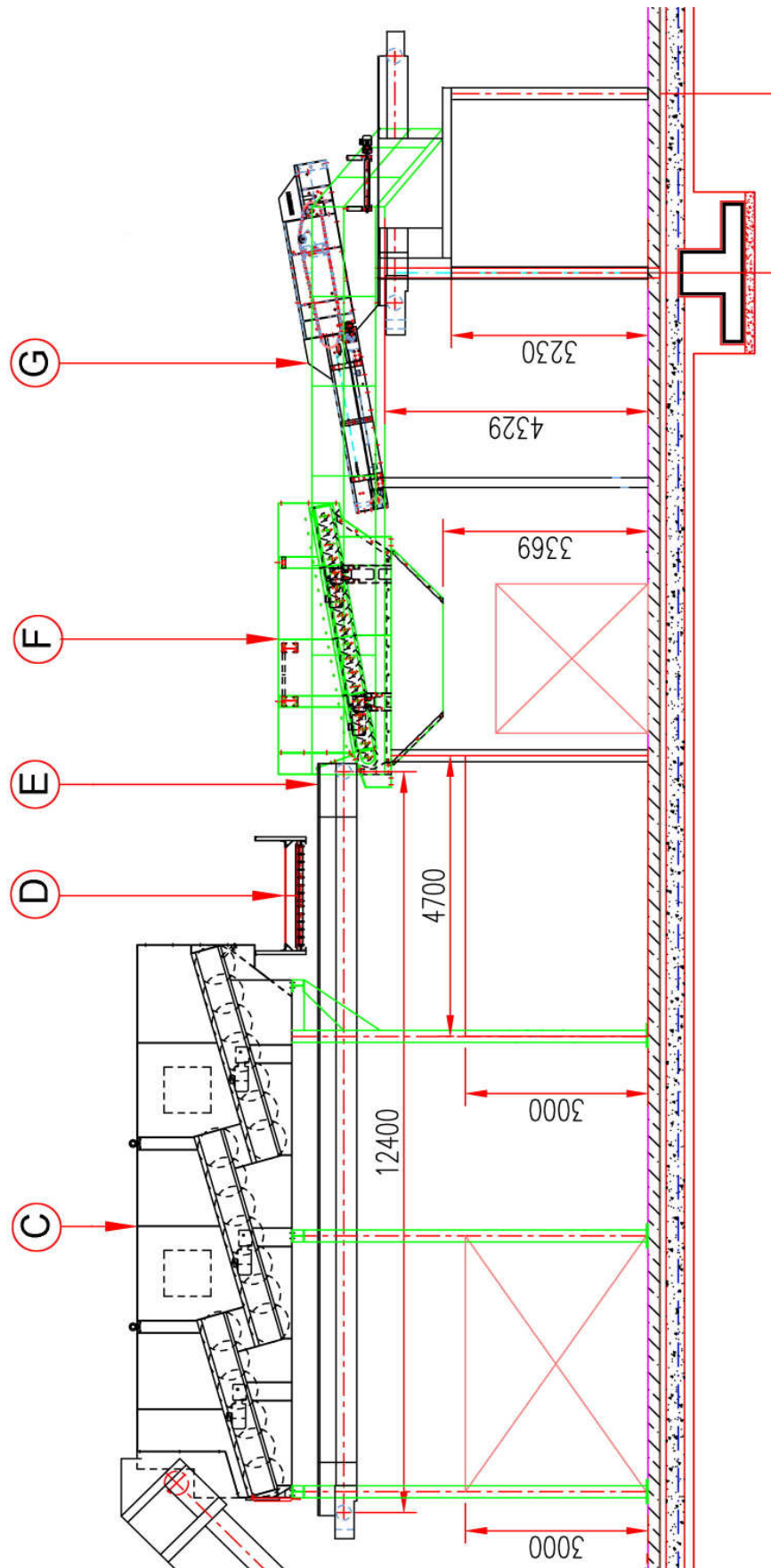
Obr. 11. Schéma PaperSpiku. (21)

Tab. 11. Technické specifikace strojního zařízení PaperSpike. (21)

Pásový dopravník			
Výkon elektromotoru	2,2 kW	2,2 kW	2,2 kW
Šířka pásu	1,2 m	1,6 m	2,0 m
Délka pásu	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Rychlost pásu	Max. 200 m/min	Max. 200 m/min	Max. 200 m/min
Separátor kartonu			
Výkon elektromotoru	3 kW	4 kW	5 kW
Délka	2,9 m	2,9 m	2,9 m
Šířka	1,2 m	1,6 m	2,0 m
Počet řemenů	7	10	12
Počet trnů v řemenu	52	52	52

Ruční třídění je i s touto nejnovější technologií potřebné. Jedná se však oproti klasickému ručnímu třídění jen o dotřídění. Zde jsou v porovnání s ručním tříděním, kde pracuje přibližně 8 zaměstnanců, postačující dvě pracovní síly při stejném materiálovém toku. Dotřídí tedy kartony, které PaperSpike nestihl odseparovat a také ještě sběrový a odpadový papír nevhodný pro recyklaci (viz. bod 2.2.2) a možné další příměsi.

Třídící technologie bude od Ballegraafu dodávána včetně bubnového regulátoru výšky materiálu umístěného na konci dopravníku A (viz Obr. 6).



Obr. 12. Řez navržené třídící technologie. (17)

4.7 Celkový příkon navržené linky

Tab. 12. Výkon elektromotorů třídící linky.

Strojní zařízení	Výkon elektromotorů [kW]
Dopravník A	3
Dopravník B	5.5
Regulátor výšky mat toku	0.8
Hvězdicová síta – Seven star	12
Hvězdicové síto - Paperstar	11
PaperSpike	5.2
Dopravník Seven staru	2.7
Dopravník Seven staru pro odvod lepenky	1.2
Dopravník deinkingu od PaperSpiku	1.2
Celkem	43.4

Výpočet celkového příkonu linky:

$$W = P_c / v = 43,4 / 0,85 = \underline{51\text{kW}} \quad [25]$$

Celkový příkon elektromotorů linky je 51 kW.

Kde:

P_c – celkový výkon navržené třídící linky

v – účinnost motorů

W – celkový příkon navržené třídící linky

5 Ekonomické posouzení navržené linky

5.1 Vstupní hodnoty

V tomto posouzení budu sloužit jako vstupní hodnoty pro výpočet zisk z prodaného separovaného papíru podle současné ceny (dle Tab. 7) za dodaný vyříděný materiál a prodané množství 9500 t.r^{-1} (dle Tab. 2). Instalovaný příkon je $W = 51 \text{ kW}$. Linka bude v provozu 8 h denně, 5 dní v týdnu což je 40 h týdně. Dříve to bylo 60h týdně 3 dny v týdnu. To je vhodnější z hlediska potřeby menšího prostoru pro uskladnění nezpracovaného separovaného sběru. Lze jej navázat plynuleji. Celková cena zařízení dlouhodobého hmotného majetku je 10 298 160 Kč.

5.2 Investiční zdroje

1. Vlastní zdroje: Společnost Ropo recycling s.r.o. je schopna zaplatit ze svých zdrojů 2 298 160 Kč.

2. Cizí zdroje: Bankovní úvěr od ČSOB 8 000 000 Kč

Úroková sazba je 15% při době splácení 5 let pro složité úročení při ročních splátkách.

Tab. 13. Splátkový kalendář.

Rok	Splátka	Úrok	Celková splátka	Zůstatek úroku
2009	1600000	1200000	2800000	6400000
2010	1600000	960000	2560000	4800000
2011	1600000	720000	2320000	3200000
2012	1600000	480000	2080000	1600000
2013	1600000	240000	1840000	0
Celkem	8000000	3600000	11600000	

5.3 SWOT analýza

Strength – silné stránky

- Investicí si společnost upevňuje pozici na trhu
- Úspora pracovních sil

Weakness – slabé stránky

- Navrhovaná linka je propojena se stávající linkou. Lze proto třídit jen jednu komoditu.

Oportunities – příležitosti

- Navrhovaná linka není plně časově vytížena, proto lze za přísunu většího množství papíru zvýšit množství zpracovávaného materiálu, což lze předpokládat.

Threats – ohrožení

- Splátka úvěru
- Navýšení vstupních cen

5.4 Odpisový plán

Výpočet odpisů:

$$\text{Odpis} = (\text{pořizovací cena} \cdot \text{odpisová sazba}) / 100 \quad [\text{Kč}] \quad [26]$$

Výpočet stupně opotřebení:

$$\text{Stupeň opotřebení} = \text{doba používání} / \text{doba životnosti} \quad [\%] \quad [27]$$

Plán odpisů pro technologickou část:

Celkové náklady na navrhovaný projekt	10 298 160 Kč
Stavební část celkem	200 000 Kč
Technologická část celkem	10 098 160 Kč

Odpisy jsou zvoleny rovnoměrné zařazeny do 2. odpisové skupiny na dobu odepisování 5 let. (23)

Tab. 14. Odpisový plán pro technologickou část navrhované třídící linky.

Rok	Odpis [Kč]	Zůstatková cena [Kč]	Oprávký [Kč]	Stupeň optřebení [%]
2009	1110798	8987362,4	1110797,6	20
2010	2246841	6740521,8	3357638,2	40
2011	2246841	4493681,2	5604478,8	60
2012	2246841	2246840,6	7851319,4	80
2013	2246841	0	10098160	100
Celkem	10098160			

Plán odpisů pro stavební část:

Stavební část	200 000 Kč
---------------	------------

Odpisy jsou zvoleny rovnoměrné zařazeny do 5. odpisové skupiny na dobu odepisování 30 let. V Tab. 15 jsou uvedeny jen výpočty pro první 4 roky odepisování. (23)

Tab. 15. Odpisový plán pro stavební část navrhované třídící linky.

Rok	Odpis [Kč]	Zůstatková cena [Kč]	Oprávký [Kč]	Stupeň optřebení [%]
2009	2800	197200	2800	3,33
2010	6800	190400	9600	6,67
2011	6800	183600	16400	10
2012	6800	176800	23200	13,33

Ostatní odepisovaný dlouhodobý majetek činí 13 000 000 Kč ročně.

5.5 Bilance nákladů, výnosů a zisků

Tab. 16. Mzdové a osobní náklady.

Zaměstnanci	Počet	Hrubá měs. mzda jednotlivých zaměstnanců	Výdaje na hrubé měsíční mzdy celkem
	[ks]	[Kč]	[Kč]
Obsluha třídícího dopravníku	10	16400	164000
Obsluha lisu, skladník	2	19500	39000
Vedoucí provozu	2	21000	42000
Obchodní zástupce	1	24000	24000
Ředitel, zástupce ředitele	2	35000	70000
Celkem	17		339000

V celkových nákladech je započteno zdravotní 9% a sociální pojištění 26%.

Roční mzdové a osobní náklady tedy činí 4 068 000 Kč.

Výnosy z prodeje dodaného materiálu.

Tab. 17. Výnosy z prodeje dodaného papíru ze separovaného sběru. (14)

Tržby za materiál z papíru ze separovaného sběru			
druh	podíl	Cena	Tržba za mat.
Jednotka	%	Kč*kg ⁻¹	Kč
Deinking	0,6	2,20	12540000
Lepenka 0.14	0,26	1,20	2964000
Dotace Eko-kom	1	0,2	1900000
Dotace obce-dodávka	1	0,1	950000
Nežádoucí příměsi	0,14	-1,5	-1995000
Tržba za mat.celkem			16359000

Předpokládané výnosy z prodeje dodaného plastu ze separovaného sběru činí 4 500 000 Kč.

Předpokládané výnosy z prodeje dodaného a papíru vyjma papíru ze separovaného sběru činí 15 000 000 Kč.

Při výpočtu celkové bilance nákladů je předpokládáno, že dojde ke zvýšení inflace 3,5 % ročně.

Daň z příjmu pro právnické osoby pro rok 2009 je 20%.

Tab. 18. Celková bilance nákladů, výnosů a zisků po inovaci. (14), (24)

Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Jednotky	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	[Kč]	
Výnosy	Celkové investiční náklady	10298160					
	Separovaný papír		16359000	16931565	17524170	18137516	18772329
	Separovaný plast		4500000	4657500	4820513	4989230	5163854
	Ostatní papír		6000000	6210000	64273500	66523073	68851380
	Výnosy celkem		80859000	83689065	86618182	89649819	92787562
	Nákup papíru		45000000	46575000	48205125	49892304	51638535
	Mzdy		4068000	4210380	4357743	4510264	4668124
Náklady	Opravy a údržba strojů		350000	362250	374929	388051	401633
	Režijní náklady		2500000	2587500	2678063	2771795	2868808
	El. energie		1200000	1242000	1285470	1330461	1377028
	Autodoprava		10000000	10350000	10712250	11087179	11475230
	Ukládání odpadů		1100000	1138500	1178348	1219590	1262275
	Úroky úvěru		1200000	960000	720000	480000	240000
	Odpisy tech. Části		1110798	2246841	2246841	2246841	2246841
	Odpisy stavební části		2800	6800	6800	6800	6800
	Odpisy komplexu		2000000	2000000	2000000	2000000	2000000
	Náklady celkem		68531598	71679271	73765568	75933285	78185273
	Zisk před zdaněním		12327402	12009794	12852615	13716534	14602290
	Daň z příjmu		2465480	2401959	2570523	2743307	2920458
Zisk po zdanění		9861922	9607836	10282092	10973227	11681832	
Splátka bank. úvěru linky		1600000	1600000	1600000	1600000	1600000	
Splátka b. úvěru komplexu		5000000	5000000	5000000	5000000	5000000	
čistý zisk		3261922	3007836	3682092	4373227	5081832	
Cash flow	-10298160	6375520	7261476	7935732	8626867	9335472	

Cash flow = výnosy celkem – (náklady celkem – odpisy) – splátky – daň z příjmu
[Kč] [28]

5.6 Další ekonomická hlediska

Pro hodnocení ekonomické efektivity byly vybrány následující výpočty:
rentabilita tržeb, doba návratnosti investic, čistá současná hodnota a výpočet vnitřního výnosového procenta.

Rentabilita tržeb:

Poukazuje na míru zisku z tržeb.

$$\text{Rentabilita tržeb} = (\text{čistý zisk} / \text{tržby}) \cdot 100 \quad [\%] \quad [29]$$

Tab. 19. Rentabilita tržeb.

Rok	Čistý zisk	Výnos	Rentabilita tržeb
	[Kč]	[Kč]	[%]
2010	3261922	80859000	4,034086397
2011	3007836	83689065	3,594060371
2012	3682092	86618182	4,250945475
2013	4373227	89649819	4,878121241
2014	5081832	92787562	5,476845815

Rentabilita tržeb je ukazatelem míry zisku z tržeb.

Ukazatel rentability tržeb je nízký také proto, že společnost s mnohým papírem pouze obchoduje a nezpracovává jej.

Doba návratnosti investic:

$$\text{DNI} = \text{cena pořízení dlouhodobého majetku} / \text{roční cash flow} \quad [\text{rok}] \quad [30]$$

Tab. 20. Doba návratnosti investic.

Rok	Roční cash flow	Roční cash flow kumulované
	[Kč]	[Kč]
2010	6375520	6375520
2011	7261476	13636996
2012	7935732	21572728
2013	8626867	30199595
2014	9335472	39535068

Doba návratnosti investic je 1 rok 6 měsíců a 18 dní.

Čistá současná hodnota:

Je to rozdíl současné hodnoty všech budoucích příjmů.

$$\text{ČSH} = \Sigma[\text{čistý zisk z investic} / (1 + \text{úroková míra})^n] - \text{počáteční výdaj na dlouhodobý majetek} \quad [\text{Kč}] \quad [31]$$

Kde:

N – pořadový rok splátek [-]

Tab. 21. Čistá současná hodnota pro požadovanou úrokovou sazbu 15 %.

Rok	Čistý zisk	ČSH ₁₅
	[Kč]	[Kč]
2009	-10298160	-10298160
2010	3261922	2836454
2011	3007836	2274356
2012	3682092	2421035
2013	4373227	2500407
2014	5081832	2526569
Celkem		2260660

ČSH investice je při 15 % úrokové sazbě větší než nula, proto je výhodná.

Tab. 22. Čistá současná hodnota pro požadovanou úrokovou sazbu 40 %.

Rok	Čistý zisk	ČSH ₄₀
	[Kč]	[Kč]
2009	-10298160	-10298160
2010	3261922	2329944
2011	3007836	1534610
2012	3682092	1341870
2013	4373227	1138387
2014	5081832	944887
Celkem		-3008461

Vnitřní výnosové procento:

Vyplývá z nalezení diskontní sazby, při níž současná hodnota očekávaných výnosů z investice je rovna současné hodnotě výdajů na investici.

$$VVP = i_{15} + [\check{C}SH_{15} / (\check{C}SH_{15} + I \check{C}SH_{40} I)] \cdot (i_{40} - i_{15}) \quad [32]$$

Kde:

i_{15} – úroková míra 15 %

i_{40} – úroková míra 40 %

$\check{C}SH_{15}$ – čistá současná hodnota pro úrokovou míru 15 %

$\check{C}SH_{40}$ – čistá současná hodnota pro úrokovou míru 40 %

Vnitřní výnosové procento je úroková míra, při které je čistá současná hodnota rovna nule.

Vnitřní výnosové procento je 25,7 %. (24)

5.7 Shrnutí ekonomického hodnocení

Výpočet je závislý na množství zpracovávaného a obchodovaného materiálu. V jednotlivých letech bylo pro výpočet použito jeho konstantní množství. Ve společnosti bude zaměstnáno celkem 17 osob ve dvousměnném provozu.

Čistá současná hodnota je kladná, doba návratnosti investice je 1 rok 6 měsíců a 18 dní a vnitřní výnosové procento je 25,7 %.

S těmito ukazateli je vybudování nové technologické linky doporučeno.

6 Závěr

Cílem diplomové práce byl návrh inovace strojní linky používané pro třídění separovaného papíru a plastu ve společnosti Ropo Recycling s.r.o, provozovna Štětí. Důvodem inovace bylo zvýšení výkonnosti a finanční efektivity stávající linky.

V současné době spotřeba odpadního papíru klesá, z dlouhodobého hlediska však stále roste a je tedy možné předpokládat další nárůst spotřeby, která je přímo závislá na produkci papíru.

Kapitola 2 se zabývá rozdělením odpadního papíru, názvoslovím, možnými způsoby nakládání se sběrovým papírem, rozbor současné situace, úpravou papíru v třídírnách a následným zpracováním v papírnách.

V následující části je popsán vývoj a současný stav společnosti Ropo Recycling s.r.o. Zejména je zde popsána provozovna Štětí. Jsou to používaná technika, stavby a stávající používané procesy třídění.

Ve výběrovém řízení byly vybrány Bluetech s.r.o. a Bollegraaf recycling Machinery. Hlavními rozhodujícími kritérii výběrového řízení byly zejména požadavky na stupeň separace současně s cenou. V poměru těchto dvou hledisek byla zvolena technologie Bollegraaf, jelikož s ní lze dosáhnout mnohem větší procento vytríděnosti.

První měření bylo provedeno v Ostravské provozovně firmy Ecopak, kde je v provozu Obdobná linka s výkonností $7,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. Toto měření bylo zaměřeno na určení hodinové výkonnosti navrhované strojní linky, tak aby navrhovaná výkonnost odpovídala současnému naváženému množství separovaného papíru s možností denní dobu třídění zvýšit. Návrh má tedy při možném zvýšení naváženého množství rezervy. Hodinová výkonnost navržené linky je $4,5 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$.

Druhé měření sloužilo k určení procentuálního složení separovaného papíru. Pomocí něj byl vypočten výnos pro ekonomické hodnocení.

Ve výpočtu dopravníků A a B (Obr. 6.) byli spočteny parametry: návrhová šířka dopravníků, celková síla z níž byl vypočten výkon elektromotorů, min. a max. napětí v pásu, atd. (viz. kap. 4.4, 4.5).

Cena pořízení dlouhodobého hmotného majetku činí 10 298 160 Kč. Z toho společnost uhradí ze svých zdrojů 2 298 160 Kč. Vezme si úvěr na 8 000 000 Kč na 15% úrokovou sazbu. Celková splátka úvěru je 11 600 000 Kč. Míra zisku z tržeb je okolo 5%. Čistá současná hodnota je při 15% úroku 2 260 660 Kč vyhovující. Doba

návratnosti investice v rámci všech nákladů, výnosů a zisků podniku je 1 rok 6 měsíců a 18 dní.

Investice je výhodná. Projekt je vhodný pro realizaci. Za současného stavu v odvětví je ale vhodné vyčkávat a sledovat spotřebu odpadního papíru. Dlouhodobé zvýšení spotřeby by přineslo růst cen z prodeje odpadního papíru a investice by se poté stala atraktivnější.

7 Seznam použitých zdrojů

- (1) Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb. V posledním
- (2) <http://www.enviport.cz/ems-emas-ekologicke-rizeni.aspx>
- (3) www.cepi.org
- (4) MÜLLER, M.: Zpracovny nekovového odpadu. Praha: ČZU, 2008. 154 s.
ISBN: 978-80-213-1740-3
- (5) http://www.eurochem.cz/files/eko/katalog_odpadu/katalog_odpadu.htm
- (6) <http://www.opametal.cz/soubory/EU%20papir.pdf>
- (7) <http://www.cepi.org/Content/Default.asp?PageID=357&IsNewWindow=True>
- (8) [http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/D4003A6A48/\\$File/20010812.pdf](http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/t/D4003A6A48/$File/20010812.pdf)
- (9) Časopis Odpady 12/2008
- (10) Časopis odpady 1/2009
- (11) http://www.enviweb.cz/?enc=odpady_archiv_hdgie&print=true
- (12) FILIP, J. a kol.: Komunální odpad a skládkování. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 122 s. ISBN: 80-7157-712-X
- (13) <http://odpady.ihned.cz>
- (14) Materiály firmy Ropo recycling s.r.o.
- (15) www.bollegraaf.cz
- (16) www.bluetech.cz
- (17) Materiály firmy Bollegraaf Recycling Machinery
- (18) Materiály firmy Bluetech s.r.o.
- (19) Materiály firmy Ecopak s.r.o.
- (20) ĎURKOVIČ, O., Dopravní a manipulační stroje. 1995 ĎURKOVIČ, O.:
Dopravní a manipulační stroje. VŠZ, TF, 1995, 223 s. ISBN 80-213-0134-1

- (21) [http://www.wijakoers.nl/hst/b01o081/bollegraaf.nsf/0/ABDC2B9117546310C125729C004A6BC0/\\$FILE/PSK.0304.F.pdf?openelement](http://www.wijakoers.nl/hst/b01o081/bollegraaf.nsf/0/ABDC2B9117546310C125729C004A6BC0/$FILE/PSK.0304.F.pdf?openelement)
- (22) www.lubo.nl
- (23) <http://www.podnikatel.cz/clanky/odpisy-hmotneho-majetku-v-UCE-a-dan-evidenci/>
- (24) BERVIDOVÁ, L.; VANČUROVÁ, P.: Cvičení z ekonomiky podniků I. Praha: ČZU, 2004. 116 s. ISBN 80-213-1192-4

8 Seznam obrázků

Obr. 1. Produkce papíru a spotřeba odpadního papíru v milionech tun v evropských zemích v letech 1991 – 2006

Obr. 2. Spotřeba odpadního papíru v ČR.

Obr. 3. Cyklus třídící linky.

Obr. 4. Situační plán podniku Ropo. Provozovna Štětí

Obr. 5. Schéma třídící linky.

Obr. 6. Řez navržených dopravníků A a B.

Obr. 7. Schéma ložného profilu stolice dopravníku.

Obr. 8. Závislost součinitele k_2 na teplotě t .

Obr. 9. Detailní pohled na hvězdicové síto nebo-li Seven star.

Obr. 10. Detailní pohled na PaperSpike.

Obr. 11. Schéma PaperSpiku.

Obr. 12. Řez navržené třídící technologie.

9 Seznam tabulek

Tab. 1. Množství manipulační techniky. Zdroj: Ropo

Tab. 2. Druh, cena a množství tříděných odpadů. Zdroj: Ropo

Tab. 3. Celkové náklady na třídící linku Bollegraaf.

- Tab. 4. Celkové náklady na technologii firmy Beltech s.r.o.
- Tab. 5. Hodnocení dodavatelů třídící technologie.
- Tab. 6. Měření hmotností separovaného papíru na vstupu v třídárně Ecopak.
- Tab. 7. Měření hmotnostního podílu separovaného papíru.
- Tab. 8. Vstupní hodnoty pro výpočet dopravníků.
- Tab. 9. Hodnoty součinitele k.
- Tab.10. Přehled vypočtených parametrů dopravníku.
- Tab. 11. Technické specifikace strojního zařízení PaperSpike
- Tab. 12. Výkon elektromotorů třídící linky.
- Tab. 13. Splátkový kalendář.
- Tab. 14. Odpisový plán pro technologickou část navrhované třídící linky.
- Tab. 15. Odpisový plán pro stavební část navrhované třídící linky.
- Tab. 16. Mzdové a osobní náklady.
- Tab. 17. Výnosy z prodeje dodaného papíru ze separovaného sběru.
- Tab. 18. Celková bilance nákladů, výnosů a zisků po inovaci.
- Tab. 19. Rentabilita tržeb.
- Tab. 20. Doba návratnosti investic.
- Tab. 21. Čistá současná hodnota pro požadovanou úrokovou sazbu 15 %.
- Tab. 22. Čistá současná hodnota pro požadovanou úrokovou sazbu 40 %.