

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Technologický proces recyklace skla a jeho dopad na životní  
prostředí**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Valášek, Ph.D.

Bakalant: Pavel Krautwurm

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Krautwurm

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Technologický proces recyklace skla a jeho dopad na životní prostředí**

Název anglicky

**Technological process of glass recycling and its impact on environment**

---

### Cíle práce

Bakalářská práce se zaměřuje na popsání moderních trendů v oblasti recyklace obalového skla. Cílem práce je popsání aktuálního stavu technologického procesu a začlenění moderních technologií recyklace, a to především z pohledu jejich efektivnosti a dopadu na životní prostředí. Práce se zaměřuje na podmínky České republiky, mapuje aktuální situaci a nastiňuje budoucí trendy technologického procesu recyklace skla.

### Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Závěry a přínos práce.

**Doporučený rozsah práce**

40

**Klíčová slova**

Druhotné využití surovin, ekologické aspekty, technologická linka

**Doporučené zdroje informací**

- KIZLINK, Juraj a Vysoké učení technické v Brně. Chemická fakulta. Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa. 3. uprav. a rozš. vyd., v nakl. CERM 1. vyd. Brno: CERM, 2014. ISBN 8072048848;9788072048847;.
- KURAŠ, Mečislav et al. Odpadové hospodářství. Vyd. 1. Chrudim: Ekomonitor, 2008. ISBN 8086832341;9788086832340;.
- KURAŠ, Mečislav. Odpady a jejich zpracování. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 8086832805;9788086832807;.
- PICHTEL, John. Waste management practices: hazardous, municipal, and industrial. 2nd. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 1466585188;9781466585188;.
- SINGH, Rajeev P. a Abhijit SARKAR. Waste management: challenges, threats and opportunities. New York: Nova Publishers, 2015. ISBN 9781634821506;1634821505;.
- THOMÉ-KOZMIENSKY, Karl J. a Stephanie THIEL. Waste management. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2012. ISBN 3935317832;9783935317832;.
- WORRELL, Ernst, M. A. REUTER a ScienceDirect (online služba). Handbook of recycling: state-of-the-art for practitioners, analysts, and scientists. San Francisco;New York;San Diego;Amsterdam;Tokyo;London;Heidelberg;Oxford;Paris;Sydney;Boston;: Elsevier, 2014. ISBN 0123965063;9780123965066;.

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Petr Valášek, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Elektronicky schváleno dne 1. 9. 2020

**prof. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 9. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/závěrečnou práci na téma: Technologický proces recyklace skla a jeho dopad na životní prostředí vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou/závěrečnou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské/závěrečné práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Habartově 13.03.2021

.....

Podpis autora práce

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc Ing. Petru Valáškoví, Ph.D. za odborné konzultace a cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě AMT s.r.o. Příbram za poskytnutí interních informací použitých v mé bakalářské práci. V neposlední řadě děkuji mé rodině a blízkým, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zaměřuje na popsání technologického procesu a moderních trendů v oblasti úpravy obalového skla. Úvodní část práce je věnována obecnému popisu skla, jeho vlastnostem a významu recyklace skla. Dále je uvedena úroveň třídění obalového skla v Evropě a popsán aktuální systém třídění a svozu této komodity v České republice. Následující kapitola uvádí základní legislativní požadavky, které nelze opomenout před zahájením, nebo při provozu recyklační linky. Dále rešerše popisuje obecné technologické kroky při úpravě a moderní trendy v separaci nežádoucích příměsí odpadového skla. V praktické části je představena společnost AMT s.r.o. Příbram a technologie úpravy odpadového skla této firmy. V závěru práce jsou analyzována data uvedené firmy k vyhodnocení dopadu na životní prostředí a efektivnosti využití odpadů vyprodukovaných při recyklaci. Přínosem bakalářské práce je ucelený přehled v oblasti recyklace a technologického procesu úpravy obalového skla.

**Klíčová slova:** Druhotné využití surovin, ekologické aspekty, technologická linka

## **Abstract**

The bachelor thesis focuses on the description of the technological process and modern trends in the field of container glass treatment. The introductory part of the work is devoted to a general description of glass, its properties and the importance of glass recycling. Furthermore, the level of sorting of container glass in Europe is presented and the current system of sorting and collection of this commodity in the Czech Republic is described. The following chapter lists the basic legislative requirements that cannot be overlooked before starting or during the operation of the recycling line. The continuation of the research is describe the general technological steps in the treatment and modern trends in the separation of undesirable impurities in waste glass. In the practical part, the company AMT s.r.o. Příbram and waste glass treatment technology of this company. At the end of the work, the data of the company are used to evaluate the impact on the environment and the efficiency of the use of waste produced during recycling. The contribution of the bachelor's thesis is to provide a comprehensive overview of recycling and the technological process of packaging glass treatment.

**Keywords:** Secondary use of raw materials, ecological aspects, technological line

<b>1.</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Cíle a metodika práce .....</b>	<b>2</b>
2.1.	Cíl práce .....	2
2.2.	Metodika práce.....	2
<b>3.</b>	<b>Přehled aktuálního stavu v oblasti recyklace skla .....</b>	<b>3</b>
3.1.	Sklo .....	3
3.1.1.	Vlastnosti a druhy skel .....	3
3.2.	Recyklace skla.....	4
3.3.	Třídění obalového skla v Evropě a v České republice.....	5
3.3.1.	Třídění obalového skla v Evropě .....	5
3.3.2.	Třídění obalového skla v České republice dle systému EKO-KOM .....	5
3.3.3.	Svoz obalového skla a sběrné nádoby v ČR .....	6
3.4.	Recyklace skla dle platné legislativy .....	7
3.5.	Technologie recyklačních linek a moderní trendy třídění.....	11
3.5.1.	Moderní trendy v separaci nežádoucích příměsí.....	12
<b>4.</b>	<b>Analýza technologie recyklační linky .....</b>	<b>15</b>
4.1.	AMT s.r.o. Příbram .....	15
4.2.	Popis technologických operací recyklační linky .....	16
4.2.1.	Provozní skládka .....	16
4.2.2.	Recyklační linka.....	19
4.2.3.	Sušení a optická separace střepů .....	25
4.3.	Kvalitativní požadavky upravených střepů.....	28
<b>5.</b>	<b>Technologie ke snížení dopadu na životní prostředí.....</b>	<b>31</b>
5.1.	Technické opatření ke snížení emisí .....	31
5.2.	Zhodnocení opatření ke snížení dopadu na životní prostředí.....	34
5.3.	Zhodnocení efektivnosti využití odpadů z recyklační linky .....	36
<b>6.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>Přehled literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>39</b>



# 1. Úvod

Sklo lze opakovaně recyklovat a použitím recyklátu lze nahradit až 90 % primárních surovin pro jeho výrobu. Odpady vzniklé při recyklaci skla v podobě jemnějších frakcí mají široké využití například ve stavebnictví. Mohou sloužit jako přísada pro výrobu betonu nebo pěnového skla, které má výborné tepelně izolační vlastnosti.

Recyklace skla patří mezi hlavní cíle strategie pro předcházení vzniku odpadů a je základním pilířem směrem ke vztahu k životnímu prostředí. Druhotné suroviny šetří nebo přímo nahrazují primární suroviny. Česká republika dlouhodobě dosahuje dobrých výsledků v oblasti recyklace a třídění skla. Rozvoj nových technologií zpracovatelských linek umožňuje zpracovatelům skla efektivnější využití odpadového skla (MPO ©2018). Využití recyklátu je závislé na obsahu nežádoucích příměsí a barevnosti střepů. Vytříděné sklo je nutné podrobit procesu úpravy. Zvolená technologie recyklačních linek je navržena na základě čistoty a způsobu sběru dodávaného skla (Kreníková 2014). Odpadové sklo prochází jednotlivými stupni úpravy v podobě ručního a automatického třídění. Moderním trendem recyklačních linek jsou optické separátory, které zvyšují efektivitu čistoty třídění. Upravený střep používaný při výrobě nových obalů musí splňovat jakostní požadavky sklářských firem. Různé nežádoucí příměsi mohou sklárně snížit jakost finálního výrobku.

Vytříděné sklo se řadí mezi významnou komoditu v oblasti třídění a trvale poptávanou druhotnou surovinu. Použitím recyklátu se šetří přírodní zdroje a snižuje se zátěž životního prostředí. Výzvou v procesu recyklace skla je výstup v podobě čistého střepu a uspokojit tak kvalitativní požadavky zpracovatelů tohoto recyklátu.

## **2. Cíle a metodika práce**

### **2.1. Cíl práce**

Cílem práce je popsání aktuálního stavu technologického procesu a začlenění moderních technologií recyklace, a to především z pohledu jejich efektivnosti a dopadu na životní prostředí:

- Na základě literární rešerše popsat aktuální stav a moderní trendy technologického procesu recyklace obalového skla.
- Popsat aktuální míru třídění a systém svozu odpadového skla v České republice.
- Na základě literární rešerše popsat základní legislativní požadavky a základní pojmy, které stanovují principy nakládání s odpadovým sklem a ochranu životního prostředí.
- Zhodnotit efektivnost a dopad provozu popisované třídící technologie na životní prostředí

### **2.2. Metodika práce**

Teoretické části práce jsou vypracovány na základě studia a poznatků čerpaných z knižní literatury, odborných článků, vědeckých publikací, zákonů a vyhlášek dle platné legislativy České republiky. Fotografie použité v této práci byly pořízeny autorem v roce 2020. Praktická část je založena převážně na čerpání primárních dat ze zájmového území bakalářské práce (společnost AMT s.r.o. Příbram) s využitím vlastních zkušeností dosažených praxí v daném oboru.

### **3. Přehled aktuálního stavu v oblasti recyklace skla**

Úvodní část rešerše je věnována obecnému popisu, základním vlastnostem a obecnému využití skla. Popsán je smysl recyklace a způsob třídění obalového skla v České republice. Další část práce uvádí základní legislativní požadavky spojené s recyklací a moderní technologické trendy používané při třídění odpadového skla.

#### **3.1. Sklo**

V přírodě se v čisté podobě nevyskytuje, ale existují nerosty jemu podobné – sopečný obsidián, horský křišťál a některé metamorfní formy křemene. Začátek výroby skla se datuje již do doby bronzové (3. tisíciletí př.n.l.). Základní suroviny pro výrobu skla jsou: písek, soda, nebo potaš (uhličitan draselný) a vápenec. Tyto suroviny se pro tavbu míchají a následně vzniká tzv. kmen, který se taví podle typu kmene při teplotě 1 450 - 2 000 °C (Vondruška 2002).

##### **3.1.1. Vlastnosti a druhy skel**

Sklo má jinou strukturu než ostatní hmoty. Zahříváním na vyšší teplotu měkne a stává se tekoucí sklovinou. Při opětovném ochlazení je stále méně plastické až do úplného ztuhnutí (Blumentritt 1986).

##### **Základní vlastnosti skla:**

- Fyzikální vlastnosti: hustota, viskozita, povrchové napětí
- Mechanické vlastnosti: pevnost, pružnost, tvrdost
- Tepelné vlastnosti: teplotní roztažnost, odolnost skla proti náhlým změnám teploty, tepelná vodivost, měrné teplo
- Optické vlastnosti: index lomu, disperze, odraz světla, absorpce světla
- Elektrické vlastnosti: vodivost, odpor, dielektrické vlastnosti
- Chemické vlastnosti: krystalizace, chemická odolnost (Blumentritt 1986).

##### **Základní druhy skla:**

- Obyčejná skla jsou většinou křemičitého složení
- Technické sklo zpravidla sodno-vápenaté
- Dále existují: boro-křemičitá, křemičito-fosforečná a křemičito-arseničná skla (Kreníková 2014).

## **Obalové sklo**

Tento druh skla je označován za materiál šetrný k životnímu prostředí, který nevykazuje hodnoty vyluhovatelnosti. Zachovává původní aroma, chuť a čerstvost daného produktu. Skleněný obal, který se vyrobí z recyklátu má stejné vlastnosti i zdravotní nezávadnost, jako obal vyrobený z primárních surovin. Láhve od piva či vína, lahvičky a dózy na kosmetiku, lékovky, zavařovací sklenice a dalších mnoho skleněných obalů se stali nedílnou součástí našich životů (Lněničková 2007).

### **3.2. Recyklace skla**

#### **Obecný pojem recyklace**

Zákon o odpadech definuje recyklaci odpadů následovně: „Recyklace odpadů – jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál“ (Zákon č.185/2001 Sb.).

#### **Význam recyklace**

Podle výzkumné zprávy společnosti Global Market Insights je trh s recyklovaným sklem celosvětově na vzestupu. Prognóza dosažené hodnoty v roce 2026 je 4,76 miliard (USD). Recyklace skla je tak celosvětovým odvětvím. Vyspělé a rozvojové země podporují růst recyklace prostřednictvím několika grantů a programů (Pulidindi a Prakash 2019). Recyklací skla dochází k úspoře energie a ke snížení emisi skleníkových plynů (Jain a kol. 2012). Použitím recyklátu se nešetří pouze energie při výrobě, ale také snižuje obsah sklářských surovin (písek, soda, vápenec). Každých 10 % střeptů vložených do výroby snižuje energetickou náročnost o 2 %. Úsporou surovin se také šetří přírodní zdroje, nedochází k zabírání půdy. V případě recyklace jednoho kilogramu obalového skla se ušetří energie, která postačí na provoz 60W žárovky svítící pět hodin (Kizling 2014). Třídění skla snižuje zátěž pro spalovny odpadů a skládky (Jacoby 2019). Využití suroviny je závislé na obsahu kontaminantů a barevnosti střeptů. Vytříděné sklo je nutné podrobit procesu úpravy. Sklářské podniky jsou závislé na množství připraveného recyklátu (Kreníková 2014).

### **3.3. Třídění obalového skla v Evropě a v České republice**

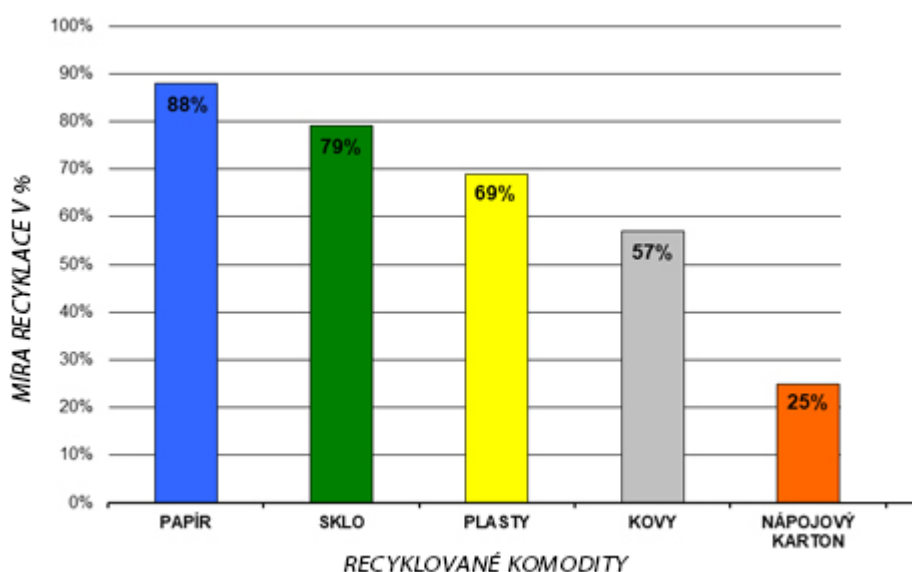
#### **3.3.1. Třídění obalového skla v Evropě**

Evropa zaujímá v třídění obalového skla dominantní postavení díky dobré osvětě a podpůrným nástrojům. Nejlepších výsledků v tomto odvětví dosahují Švédsko, Belgie, Lucembursko, Rakousko a Německo (FEVE ©2019). Průkopníkem systému odděleného sběru je od 70. let Švýcarsko spolu s Německem. Od té doby získaly technické zkušenosti a rozhodujícím způsobem přispěly k technologickému rozvoji recyklace skla. V současnosti zde funguje optimalizovaný systém sběru a nejmodernější zpracovatelské závody, které jsou schopny uspokojit zvyšující poptávku po druhotném surovém skle (BVSE ©2019).

#### **3.3.2. Třídění obalového skla v České republice dle systému EKO-KOM**

Dle výroční zprávy společnosti EKO-KOM lidé vytrídili v roce 2019 téměř 139,5 tisíce tun skla. Ročně vytrídí česká domácnost v průměru 34,75 kg této druhotné suroviny. V ČR je momentálně rozmístěno 91 453 sběrných nádob na sklo. Aktuální průměrná vzdálenost ke sběrným nádobám činí 91 m. Do systému EKO-KOM je v současné době zapojeno 21 197 firem, které prostřednictvím tohoto systému spolupracují s 6 146 obcemi v ČR, kde žije 10 632 482 obyvatel. Na obrázku č. 1 je znázorněna dosažená míra recyklace skla a dalších tříděných komodit. EKO-KOM fyzicky nenakládá s obalovým odpadem, ale podílí se hlavně na financování nákladů spojených se sběrem, svozem, tříděním a využitím obalového odpadu. Tato společnost vytváří mnoho projektů k propagaci třídění. Jedním z nich je program určený pro základní školy. Jde o putovní výstavu s názvem Tonda Obal na cestách. Této výstavě se zúčastnilo více jak 2 mil. dětí. Jejím cílem je podpora vědomí odpovědnosti za životní prostředí a propagovat třídění odpadů (EKO-KOM ©2019).

Obrázek 1: Míra recyklace v ČR (EKO-KOM 2019)



### 3.3.3. Svoz obalového skla a sběrné nádoby v ČR

Jednou z variant svozu druhotného odpadu je smluvní vztah obce přímo se svozovou firmou. Odpadové sklo je sváženo pomocí speciálních nákladních automobilů na sběrný dvůr svozové firmy nebo přímo na recyklační linku. Druhou možností je zapojení obce do systému společnosti EKO-KOM na základě uzavřené smlouvy. Tento systém spolupracuje dle zákona o obalech č.477/2001 Sb. s průmyslovými podniky, městy, obcemi a zajišťuje vytrídění do sběrných nádob. Na základě této smlouvy obec získá celkový servis či poradenství v tomto oboru a finanční odměnu dle množství vytríděného materiálu. Pro sběr barevného skla slouží vždy zeleně označené kontejnery. Bílé sklo se ukládá do bílých kontejnerů. Nejsou-li bílé kontejnery k dispozici, pak se bílé sklo vhazuje do zelených kontejnerů na barevné sklo. Tyto kontejnery se mohou dále lišit svým tvarem (viz obr. 2). Obvyklý tvar je tzv. zvon s kulatým pryžovým otvorem pro vhoz. Dalším typem jsou běžné kontejnery s kolečky s horním otvíracím víkem (EKO-KOM ©2020).

Obrázek 2: Kontejner ve tvaru zvonu a s horním otvíráním



Na popisném štítku bývá uveden recyklační znak skla, který má dvě části:

- Písmenná část označuje druh materiálu GL-glass
- Číselný kód označuje barvu skla

**GL/70** - Čiré sklo

**GL/71** - Zelené sklo

**GL/72** - Hnědé sklo (Hlavatá 2004)

### 3.4. Recyklace skla dle platné legislativy

Níže jsou uvedeny základní legislativní požadavky a základní pojmy, které stanovují principy nakládání s odpady a provoz recyklační linky.

**Zákon č.185/2001 Sb.** - Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

Základní pojmy dle zákona o odpadech:

**Odpad** – je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.

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

**Nakládání s odpady** – obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů (Zákon č.185/2001 Sb.).

### **Zákon č.477/2001 Sb. – Zákon o obalech**

Tento zákon se vztahuje na nakládání se všemi obaly uvedenými do oběhu v ČR, s výjimkou dopravních kontejnerů. Účelem zákona je chránit životní prostředí a předcházet vzniku odpadů z obalů.

Základní pojmy dle zákona o obalech:

**Obal** – výrobek zhotovený z materiálu jakékoli povahy a určený k pojmnutí, ochraně, manipulaci, dodávce, popřípadě k prezentaci výrobku nebo výrobků určených k spotřebiteli nebo k jinému konečnému uživateli.

**Vratný obal** – obal, pro který existuje zvláště pro něj vytvořený způsob vracení použitého obalu osobě, která jej uvedla do oběhu (Zákon č.477/2001 Sb.).

### **Zákon č. 100/2001 Sb. – Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí**

Zákon upravuje postup fyzických a právnických osob, správních orgánů, územních samosprávních celků při posuzování vlivů na životní prostředí a veřejného zdraví v souladu s právem EU. Jednotlivé druhy záměrů, příslušné úřady k posouzení a kategorie, jsou uvedeny v příloze č.1. tohoto zákona (Zákon č. 100/2001 Sb.).

**EIA** – proces posouzení vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment).

Před zahájením stavby či zařízení, kde hrozí riziko negativního vlivu na životní prostředí musí investor zaslat oznámení o záměru stavby a tím zahájí proces EIA. Proces je zahájen buď krajským úřadem, nebo Ministerstvem životního prostředí. Proces EIA má tyto fáze:

- Oznámení
- Dokumentace
- Veřejné projednání
- Posudek
- Závazné stanovisko úřadu (Zákon č. 100/2001 Sb.)

### **Zákon č. 201/2012 Sb.-Zákon o ochraně ovzduší**

Ochranou ovzduší dle zákona se rozumí: předcházet a snižovat znečištění ovzduší, omezovat rizika způsobené znečištěním ovzduší pro lidské zdraví. Dále snížit podíl vznášených látek, které poškozují ekosystémy, životní prostředí a zajistit regeneraci



již postiženého životního prostředí. Tento zákon zapracovává příslušné normy EU (Zákon č. 201/2012 Sb.).

### **Obecné pojmy v ochraně ovzduší.**

**Emise:** znečišťování ovzduší zahrnující celou řadu procesů, při kterých dochází k vznášení znečišťujících látek do ovzduší. Zdroje znečištění mohou být přírodního charakteru, nebo antropogenního (lidské aktivity). Přírodní zdroje: např. sopečná činnost, požáry, pyl, písek z pouští, metan uvolňovaný v průběhu trávení potravy zvířaty a další. Antropogenní zdroji jsou: průmysl, energetika, doprava, skládky odpadů atd. (ČHMÚ ©2016).

**Znečišťující látka** – každá látka vnesená do vnějšího ovzduší, která může mít svou přítomností škodlivý vliv na život nebo zdraví lidí či zvířat.

**Znečišťování ovzduší** – vznášení jedné nebo více látek, které znečišťují ovzduší vyjádřené jednotkou hmotnosti za jednotku času.

**Stacionární zdroj znečišťování** – nepohyblivý, dále nedělitelný technologický celek nebo činnost, který znečišťuje nebo by mohl znečišťovat ovzduší.

**Emisní limit** – nejvýše přípustné množství znečišťující látky nebo stanovené skupiny znečišťujících látek vnášené do ovzduší ze zdroje znečišťování ovzduší.

**Emisní strop** – nejvýše přípustné množství znečišťující látky vnesené do ovzduší za kalendářní rok (Vach 2013).

**TZL** – tuhé znečišťující látky

**CO** – oxid uhelnatý

**NO<sub>x</sub>** – oxidy dusíku

**TOC** – těkavé organické látky vyjádřené jako celkový organický uhlík (Vach 2013)

Česká republika se závazně přihlásila k plnění několika desítek mezinárodních smluv v oblasti životního prostředí. Mnohostranné smlouvy lze členit podle svého enviromentálního zaměření. Do oblasti k ochraně ovzduší patří např.:

**Ochrana ovzduší** – Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší.

**Ochrana ozónové vrstvy** – Vídeňská úmluva, Montrealský protokol.

**Změna klimatu** – Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, Pařížská dohoda, Kjótský protokol (MŽP ©2008).

### **Kjótský protokol**

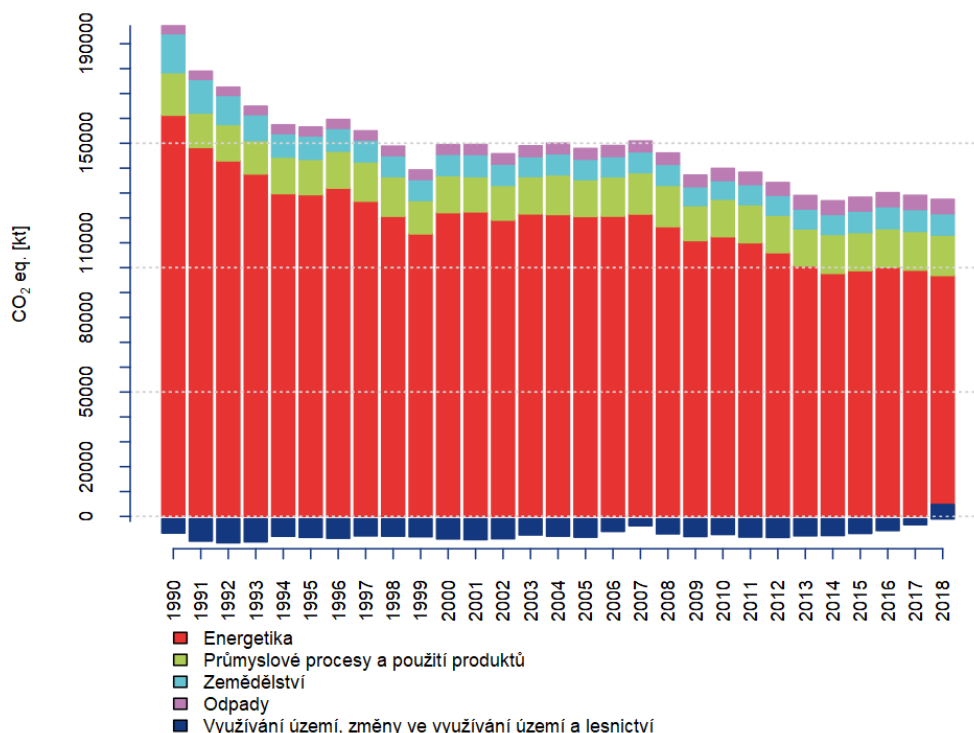
V roce 1998 podepsala Česká republika Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. Země, které jsou uvedeny v příloze č.1. této úmluvy, se zavázaly snížit v období 2008 až 2013 emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % ve srovnání se stavem v roce 1990 (MŽP ©2008). Po schválení dodatku této smlouvy v roce 2012 se členské státy zavázaly do roku 2020 snížit emise o 20 % v porovnání s rokem 1990. Snížení se týká emisí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>), oxidu dusného (N<sub>2</sub>O), hydrogenovaných fluorovodíku (HFC<sub>s</sub>), perfluoruhlovdíky (PFC) fluoridu sírového (SF<sub>6</sub>) a fluoridu dusitého (NF<sub>3</sub>) (EUR-LEX ©2020).

### **Emisní inventarizace**

Na základě této úmluvy vyplývá povinnost vykazovat roční údaje o emisích s názvem Inventarizace skleníkových plynů. Inventarizace se provádí dle schválených metodik a každá smluvní strana měla dle článku č. 5 kjótského protokolu vypracovat plně funkční národní inventarizační systém NSI (National Inventory System). Hlavní úlohu ve vypracování NSI nese ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav) spolu dalšími institucemi a pověřenými osobami (ČHMÚ ©2018). Inventarizace (viz obr. 3) se provádí v těchto sektorech:

- Energetika – stacionární a mobilní zdroje
- Průmyslové procesy a použití produktů
- Zemědělství
- Využití a změny ve využití krajiny a lesnictví
- Odpady

Obrázek 3: Emise skleníkových plynů v sektorovém členění v ČR od roku 1990 (ČHMÚ ©2020)



Oficiální výstupy inventarizace skleníkových plynů kompletuje ČHMÚ a předkládá je MŽP k odsouhlasení (ČHMÚ ©2020).

### 3.5. Technologie recyklačních linek a moderní trendy třídění

Hlavním úkolem technologií recyklačních linek je odstranit z toku materiálu nežádoucí příměsi v podobě organických látek, magnetických kovů, nemagnetických kovů a anorganických příměsí. Jedná se o porcelány, kamenivo a keramické materiály (Silva a kol. 2017).

Na počátku úpravy odpadového skla se používaly čistě mechanické procesy, jako drcení a prosévání. Později byly přidány procesy separace kovů pomocí magnetických separátorů. Kontaminující látky jako je porcelán, kameny, plasty a organické materiály byly i nadále tříděny ručně. Procesy třídění pomocí optiky přišly na trh koncem 80. let (Harder 2018). Základními procesy úpravy odpadového skla jsou třídění, drcení, sítování a separace dle barev (Havelka 2018). Prvotní separace je většinou ruční (záleží na jakosti sběru), kde se z odpadového skla odstraní větší kusy nežádoucích materiálů a pak přichází na řadu automatická část. Tvoří ji drtiče, magnetické separátory

a optické separátory. Postupem času došlo k velkému rozvoji těchto technologických částí (Völl 2017).

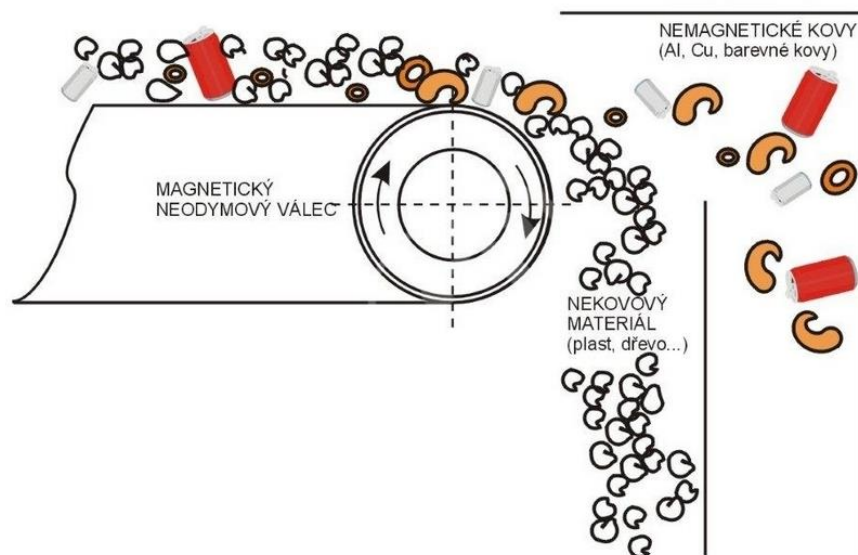
### 3.5.1. Moderní trendy v separaci nežádoucích příměsí

K moderním trendům třídění odpadového skla patří bezpochyby magnetické a optické separátory, které jsou srdcem technologií recyklačních linek (Maňourová a Mařas 2014). Zařazením těchto částí technologie se zvyšuje procento úspěšnosti separace nežádoucích materiálů a produktivita třídící linky.

**Magnetické separátory:** odstraňují z toku materiálu kovové nežádoucí příměsí většinou v podobě víček. Nejvíce je používán magnet s oběhovým pásem, kde jsou kovové části vynášeny z dopravní cesty (DEOS Technology 2019).

**Separátory nemagnetických kovů:** slouží k odstranění feromagnetických látek. Největší podíl tvoří hliníkové uzávěry a kroužky z láhví. Na obrázku č. 4 je znázorněn princip fungování separátoru. Otáčením válce vznikají vířivé proudy, které vyhadzují nemagnetické kovy od válce (MAGSY 2018).

Obrázek 4: Separátor nemagnetických kovů (www.magsy.cz)



### Optické separátory

Optické separátory pracují tak, že jednotlivé částice odpadu jsou osvětleny zdrojem světla s různou vlnovou délkou. Například: UV/VIS-ultrafialové, NIR-infračervené a X-RAY – rentgenové záření. Na základě průsvitnosti anebo odrazu světla předají

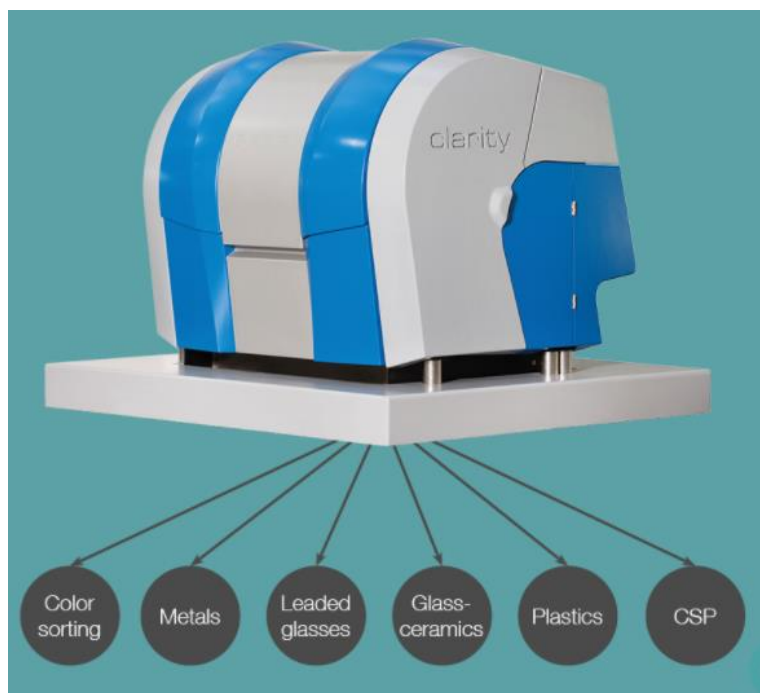
optická čidla informaci, kterou vyhodnotí řídicí systém a uvede do provozu rychlostní pneumatické ventily. Sklo jiné barvy, velikosti či materiálu jiného složení jsou odfukovány z toku tříděného skla (Junga a kol. 2015).

### Nové trendy optického třídění

Novým trendem optického třídění jsou multisenzorové systémy. Jedná se o kombinaci kamerových systémů a prosvětlovacích jednotek spolu s vyfukovacími ventily. Dnes lze odstranit z odpadového skla prakticky všechny nežádoucí příměsi například i žáruvzdorné sklo nebo sklo obsahující oxid olovnatý (Krčmařík a kol. 2019). Světovými lídry ve výrobě optických systémů jsou firmy Binder + CO, KRS Recycling Systems GMBH a společnost TOMRA.

V roce 1998 byl firmou Binder + CO uveden do provozu optický separátor, který znamenal revoluci v oblasti třídění odpadového skla. Rakouská firma Binder+CO dnes patří mezi světové lídry v oblasti výroby a vývoje optického třídění. Technologie této firmy používají recyklační linky nejen v Evropě, ale i ve Spojených Státech nebo v Čínském Pekingu. V současné době uvedla na trh inovativní třídící systém Clarity (viz obr. 5). Tento systém zaručuje kvalitní detekci jedním zařízením a nejnovější technologii vysokorychlostních třídících ventilů (Binder + CO 2020).

Obrázek 5: Separátor Clarity ([www.binder-co.com/955/CLARITY-glass](http://www.binder-co.com/955/CLARITY-glass))



### **Firma KRS Recycling Systems GMBH**

Mezi největší konkurenty firmy Binder + CO v oblasti separační technologie patří Německá firma KRS Recycling Systems GMBH. Společnost patří od roku 1995 ke světové špičce v oblasti separační technologie. V roce 2009 byla založena společnost KRS Recycling Systems Inc., která zajišťuje servis a prodej pro recyklační linky ve Spojených Státech, Kanadě a Mexiku. Vlajkovou lodí této firmy jsou optické separátory značky Sesotec (KRS Recycling Systems 2021). Podrobný popis optického zařízení Sesotec bude uveden v praktické části bakalářské práce.

### **Společnost TOMRA**

Optické separátory značky TOMRA jsou součástí technologie recyklačních linek po celém světě. Najdeme je například v Německu, Japonsku, Jižní Koreji, Číně a USA. Tato společnost působí na trhu více jak 20 let a patří mezi průkopníky v technologii optického třídění (TOMRA 2020).

## **4. Analýza technologie recyklační linky**

V praktické části je představena firma AMT s.r.o. Příbram a popsána recyklační technologie této společnosti. Dále následuje příklad kvalitativních požadavků upravených střepů a je popsáno technické opatření ke snížení emisí. Práce dále hodnotí efektivnost provozu recyklační linky a její dopad na životní prostředí.

### **4.1. AMT s.r.o. Příbram**

V současné době provozuje firma AMT třídící linky na skleněné střepy na Slovensku v obci Šelpice, v ČR ve městech Příbram a Novém Sedle, kde zpracovává více jak 100 000 tun skleněných střepů ročně.

AMT s.r.o. Příbram působí na českém trhu již od roku 1991 a zaslouženě patří mezi nejvýznamnější firmy v oblasti odpadového hospodářství v České republice. V roce 2015 prošla linka v Novém Sedle modernizací technologie a tím se stala jednou z nejmodernějších recyklačních linek skla nejen u nás, ale i v Evropě. Důvodem přestavby bylo zvýšení kvalitativních požadavků upravených střepů. Výstup střepů z nové technologie tak odpovídá přísné německé normě a splňuje specifické požadavky skláren u nás i v Evropě (Havelka 2015). Firma AMT je také členem České asociace odpadového hospodářství (ČAOH). Tato asociace byla založena v roce 1997 na základě získaných kladných zkušeností v oblasti soukromého odpadového hospodářství v mnoha evropských zemích. V současné době zdržuje a zastupuje kolem 95 firem, které podnikají v oblasti odpadového hospodářství (Havelka 2018).

#### **ČAOH**

Cílem sdružení ČAOH je poskytovat služby vysokého technického standardu městům, obcím, podnikům i občanům v celé České republice v souladu s platnou legislativou. Společnost spolupracuje nejen s Parlamentem ČR a ministerstvem životního prostředí ČR, ale i s odbornými skupinami vysokých škol nebo výzkumných ústavů. Jejich poznatky jsou publikovány v odborných časopisech, knihách či přednášeny na seminářích u nás i v zahraničí. ČAOH zabezpečuje a vytváří stejné podmínky pro všechny subjekty na českém trhu s odpady (Kizlink 2014).

## 4.2. Popis technologických operací recyklační linky

Recyklační provoz ve firmě AMT tvoří základní části:

- provozní skládka (boxy, expediční síla hotové výroby)
- recyklační linka (ruční a strojní separace, sušení)
- laboratoř (vstupní a výstupní kontrola jakosti skla)
- kompresorovna (zařízení na výrobu stlačeného vzduchu)
- dílna údržby
- sklad olejů a provozních látek

### 4.2.1. Provozní skládka

Skleněný odpad je dopravován na provozní skládku svozovými firmami na základě smluvních podmínek, nebo vlastní dopravou. Provozní skládku firmy tvoří betonová plocha rozdělená na jednotlivé boxy a expediční síla hotové výroby, které jsou koncovou součástí výrobní linky.

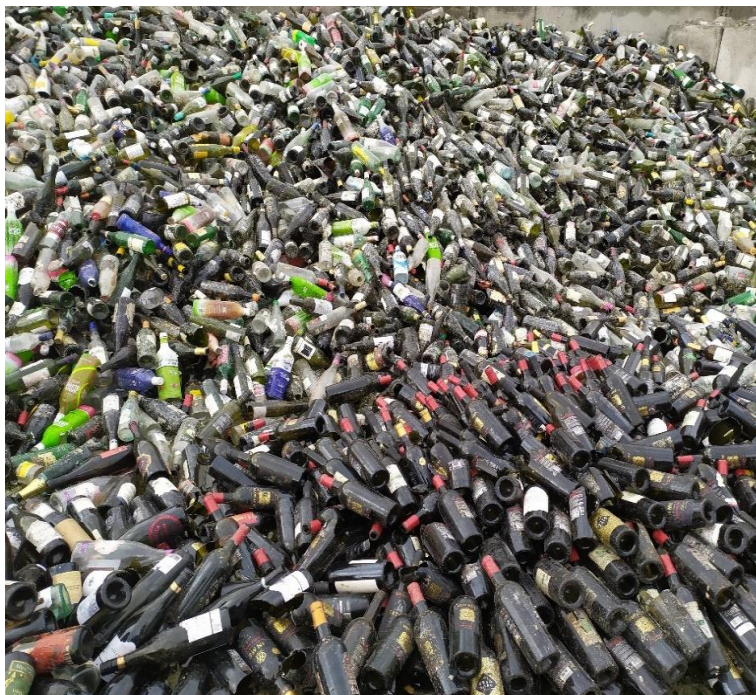
#### Části provozní skládky:

- střepy nezpracované (boxy)
- střepy zpracované (boxy, síla)
- zpracovatelné odpady z linky (boxy)
- nezpracovatelné odpady (boxy, kontejnery)

**Střepy nezpracované:** odpady, které jsou do zařízení přijímány. Zde se ukládá veškeré odpadové sklo dle katalogu odpadů, které lze zpracovat v zařízení linky. Zvláště se shromažďuje sklo zelené, bílé, hnědé, skleněný odpad smíšené barvy (viz obr. 6) a další druhy odpadového skla.



Obrázek 6: Box na obalové sklo smíšené barvy



**Druhy přijímaného skla dle přílohy katalogu odpadů (Vyhláška č.93/2016 Sb.).**

- 10 11 12 Odpadní sklo neuvedené pod číslem 101111/z výroby skla a skleněných výrobků
- 15 01 07 Skleněné obaly / včetně oddělené sbíraného komunálního odpadu
- 17 02 02 Sklo / ze stavební a demoliční činnosti
- 19 12 05 Sklo / Sklo z úpravy odpadů jinde neuvedené
- 20 01 02 Sklo / Sklo z odděleného sběru kromě odpadů 15 01

U každé dodávky je provedena kontrola průvodní dokumentace a jakosti dovezeného odpadu. Pokud dodavatel nesplní stanovené podmínky obchodu, je dodávka odmítnuta a prochází reklamačním řízením. Příklad nevyhovující jakosti je vyobrazen na obr. 7 níže.

Obrázek 7: Příklad dodávky nevyhovující jakosti



**Střepey zpracované:** hotová výroba rozdělená dle výroby do expedičních sil. Střepey bílé, zelené, hnědé a mix. Tato sila jsou pravidelně vyvážena přímo k odběratelům.

**Zpracovatelné odpady z linky:**

- Zelený střepey a odloučený odpad, který je opětovně linkou separován.
- Jemná frakce, tzv. mokrá a suchá podsítná. Tato frakce je odvážena k dalšímu zpracování k výrobě pěnového skla do střediska AMT s.r.o. Vintířov.

**Nezpracovatelné odpady:** odpady vzniklé provozem zařízení. Například frakce betonu, cihel, tašek a keramických výrobků, směsný komunální odpad a jiné. Tento odpad je likvidován dle platné legislativy zákona o odpadech.

#### 4.2.2. Recyklační linka

Neupravené střepy jsou čelním nakladačem naváženy do vstupního zásobníku. Na vstupní násypce (obr. 8) je nainstalován vibrační elektromagnetický podavač ze svařované konstrukce, který postupně dávkuje vstupní materiál na pásový dopravník.

Obrázek 8: Vstupní násypka s vibračním podavačem



Nad pásovým dopravníkem je umístěn magnetický separátor (obr. 9), který odděluje volné kovové podíly z toku vstupního skla a následně ho vyhazuje do připravené kovové nádoby. Tato nádoba je pravidelně kontrolována a v případě plnosti se kovový odpad přesypává do určeného kontejneru.

Obrázek 9: Magnetický separátor



Konec pásového dopravníku je osazen etážovým vibračním sítem S1, kde dochází k separaci dle velikosti střepu. Vibrační síto S1 (obr. 10) tvoří síta různého druhu, které rozdělují tok materiálu na tři frakce.

Obrázek 10: Vibrační síto S1



**1. Frakce nad 30 mm** je dopravována na horní třídírnu k ručnímu dotřídění organické a anorganické nečistoty (obr. 11).

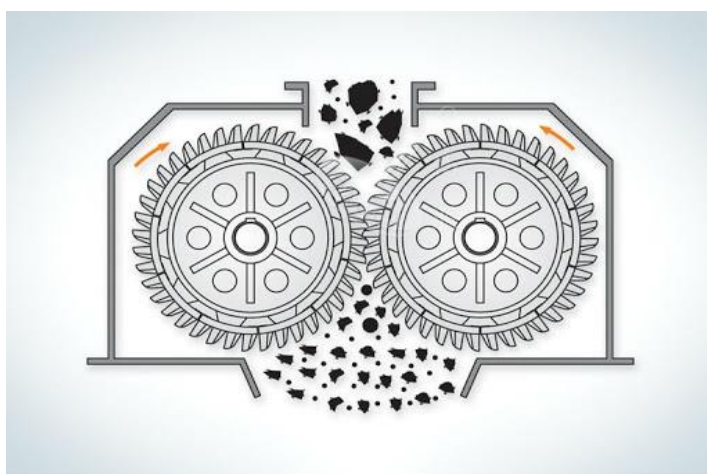
Obrázek 11: Ruční třídění



Po ručním dotřídění je za pomoci pásového dopravníku dopravována do válcového drtiče, kde dochází k nadrcení materiálu na požadovanou frakci.

Válcový drtič (viz obr. 12) tvoří dva rotující válce, jejichž povrch pokrývají rýhy. Vzdálenost těchto válců lze nastavit dle potřeby požadované velikosti frakce výroby.

Obrázek 12: Princip válcového drtiče (Henková, 2002)



Dále materiál pokračuje na vibrační podavač, kde dochází ke spojení s tokem materiálu ze spodní třídírny.

**2. Frakce 5-30 mm** je dopravována skluzem do prostoru dolní třídírny (viz obr. 13) na pásový dopravník k ručnímu dotřídění. Dotříděný materiál je za pomoci pásového dopravníku dopravován na vibrační podavač, kde dochází ke spojení s tokem materiálu z horní třídírny

Obrázek 13: Dolní třídírna



**3. Podsítná frakce 0-5 mm** je skluzem dopravována do příslušného boxu. Tato frakce se dále neupravuje a slouží k výrobě pěnového skla v jiném středisku. Na výsypu válcového drtiče a spodní třídírny je umístěn vibrační elektromagnetický podavač. Těsně nad rovinou podavače je nainstalováno vzduchotechnické zařízení cyklon (viz obr. 14).

Obrázek 14: Vibrační podavač s cyklónem



Tato součást technologie odděluje od střepů papírové, hliníkové a plastové nežádoucí podíly. Zařízení tvoří soustava potrubí, výkonný ventilátor a rotační podavač, který je sveden do boxu separovaného odpadu.

Z vibračního podavače odebírá střeby elevátor, který zajišťuje plnění zásobníku pro šnekový dopravník. Z násypky je materiál pomocí šnekového dopravníku (viz obr. 15) vynášen do rotační sušárny, ve které dochází k vysušení střepů pod 3 % vlhkosti.

Obrázek 15: Šnekový dopravník



Vysušený střep je za pomoci korečkového dopravníku dopraven k soustavě vibračních třídících, kde opět dochází k rozřídění již suchého materiálu na tři frakce:

1. Nejjemnější frakce 0-1,00 mm je dopravována soustavou dopravníků do sila a následně využívána ve sklářství.
2. Střední mezifrakce 1,00-5,00 mm je dopravována pásovým dopravníkem do určeného boxu a následně upravována na dodatečném zařízení dle požadavků odběratelů.
3. Hrubá frakce nad 5 mm je určena k dalšímu zpracování.

Hrubá frakce určená k dalšímu zpracování je dopravována ke třídící nemagnetických kovů, kde za pomoci vířivých proudů je z toku materiálu odstraňován nemagnetický kov do připraveného kontejneru. Dále materiál putuje přes korečkový dopravník na vibrační podavač (viz obr. 16), který dávkuje střeby na pásový dopravník optických separátorů.

Obrázek 16: Síto S4 a vibrační podavač před separátory



Linka je osazena pěti optickými separátory (viz obr. 17) značky Sesotec. S použitím jednotlivých technologických nastavení je možno separovat z toku materiálu nežádoucí příměsi jako například KSP (kamenivo, porcelán, keramika), olovnaté sklo, netavitelné sklo a kovy. Dále lze na optických separátorech třídit skleněné střepy dle barev.

Obrázek 17: Soustava optických separátorů Sesotec



Po separaci reziduálních materiálů a rozřídění na požadované barvy jsou skleněné střepy za pomoci pásových dopravníků a vynášecích korečkových dopravníků dopravovány do expedičních zásobníků (viz obr. 18). Odpady z jednotlivých separátorů jsou skluzy dopravovány do boxů 1 až 3 a následně zlikvidovány dle platných předpisů o odpadech.



Obrázek 18: Expediční zásobníky



#### **4.2.3. Sušení a optická separace střepů**

V následující části práce je podrobněji popsáno zařízení rotační bubnové sušičky a princip optické separace. Zařazením těchto dvou částí do technologie patří tato linka mezi nejmodernější úpravce skleněných odpadů nejen u nás, ale i v Evropě.

##### **Rotační bubnová sušička**

Pro maximální využití funkčnosti optické separace je zapotřebí separovat suchý materiál. Sušárna (viz obr. 19) je tvořena ocelovým bubnem s mírně nakloněnou vodorovnou osou. Buben je volně uložen na čtyřech kladkách uložených proti sobě. Kladky se odvalují po vedení přivařeném na plášti bubnu. Rotační pohyb bubnu zajišťuje řetězový pohon. Uvnitř bubnu sušárny jsou namontovány lopatky, které umožňují posun a obracení vsázky skleněného střepu. Sušící zařízení je zkonstruováno jako protiproudé, kdy proti toku materiálu je vháněn soustavou ventilátorů přehřátý vzduch, který slouží jako sušící medium a z toku materiálu odstraňuje lehké biologické frakce. Tyto frakce jsou dále dopravovány do soustavy filtračního zařízení (Krayzel 2017).

Obrázek 19: Rotační bubnová sušička BS 10



#### **Základní údaje sušárny:**

- Šířka zařízení bubnové sušárny – 3 500 mm
- Délka – 16 700 mm
- Výška – 7 500 mm
- Objem spalovací komory – 3,16 m<sup>3</sup>
- Max. teplota ve spalovací komoře – 1 100°C
- Max. teplota v sušárně, krátkodobě – 750°C
- Provozní teplota v sušárně – 300 až 450°C
- Výkon sušárny – 10 000 kg/hod.
- Výkon plynového hořáku – 320 až 1 600 kWh (Krayzel 2017)

#### **Optická separace**

Tříděný tok materiálu je prosvětlován světelným boxem a snímán kamerovým systémem. Veškeré informace o chybném materiálu nebo nežádoucí barvě v toku separovaného materiálu dostává řídicí jednotka počítače. Tato jednotka uvede v činnost potřebnou vzduchovou trysku, která vyfoukne nežádoucí částici (Garhammer 2015).

K separaci nežádoucího materiálu v toku skleněných střepů používá firma AMT soustavu separátorů značky Sesotec od německého výrobce KRS Recycling Systems GMBH. Jedním z nich je multisenzorový třídící separátor systém K9. Zařízení řady K9 slouží ke třídění sypkých materiálů velikosti 4-50 mm. Optické separátory řady K9

mají podle nároků na třídění různé senzory, které lze různě kombinovat dle požadavků zvolené separace.

Obrázek 20: Separátor značky Sesotec typ K9 ([www.recyclingsystems.de](http://www.recyclingsystems.de)).



#### **Příklad možných separací:**

- Separace kovových nečistot
- Třídění na barvy, třídění KSP (keramika, kámen, porcelán)
- Žáruvzdorné sklo, třídění dle barvy, KSP
- Třídění na barvy, KSP, olovnaté sklo
- Žáruvzdorné sklo, třídění dle barvy, KSP, olovnaté sklo

#### **Hlavní části separátoru:**

**Řídicí počítač:** separační zařízení je obsluhováno a kontrolováno přes průmyslový počítač.

**Ovládací dotykový panel:** tento panel je propojen s řídicí jednotkou separátoru, na kterém se zobrazují veškeré informace. Dotykem příslušné plochy se provádějí všechna nastavení požadovaného programu.

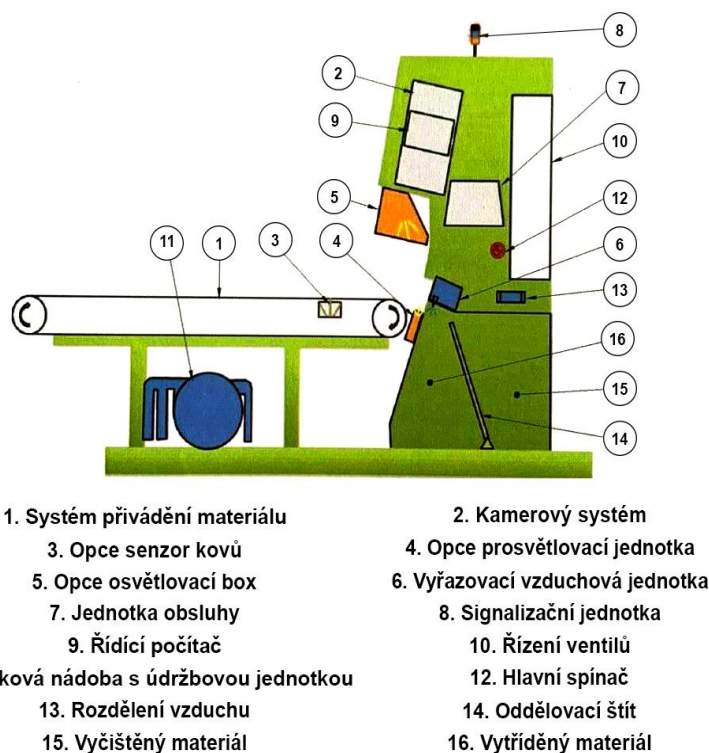
**Senzor kovu:** elektromagnetický senzor kovu v případě zjištění nežádoucího kovu předá tuto informaci řídicí jednotce.

**Kamerový box:** kamerový box je centrem snímání a vyhodnocování pro třídění podle barvy. Tuto jednotku tvoří řádkovací kamera s vysokým rozlišením a výkonný procesor pro zpracování obrazu.

**Prosvětlovací box:** tvoří v proudu kontrolovaného materiálu rovnoměrné pozadí, které snímá kamerový box.

**Vzduchová lišta:** tato vzduchová lišta je osazena rychlostními ventily, které z padajícího toku silným nárazem vzduchu separují nežádoucí částice. Vzduchovou lištu tvoří 160 ventilů (Garhammer 2015). Princip fungování separátoru je znázorněn na obrázku 21.

Obrázek 21: Schéma separátoru (KRS Recycling Systems GMBH, 2015).



### 4.3. Kvalitativní požadavky upravených střeptů

Společnost AMT dlouhodobě spolupracuje se sklárnou O-I Czech Republic, a.s., která se zabývá výrobou obalového skla a stala se tak výhradním odběratelem upravených střeptů. Po vzájemné spolupráci se technologie recyklační linky postupně vyvíjela a zdokonalovala tak, aby splňovala kvalitativní požadavky sklárny. Různé nežádoucí příměsi mohou sklárně snížit jakost finálního výrobku např. ve formě různých kazů. Jakýkoliv žáruvzdorný materiál nebo kov může narušit strukturu láhve (viz obr. 22).

Každá dodávka upravených střepů prochází kontrolou jakosti. Tato kontrola se provádí dle společné metodiky pro kontrolu upravených střepů firmy AMT a O-I.

Obrázek 22: Vada způsobená kouskem porcelánu



#### **Všeobecné kvalitativní požadavky:**

**Složení střepů:** střepy by měly být původem ze sodno-vápenato-křemičito obalového skla. Ostatní druhy skel jako laboratorní sklo, borosilikátové sklo, zářivkové a žárovkové sklo, TV a izolační sklo nesmí být ve složení střepů.

**Bio-lékařská kontaminace:** střepy nesmějí být kontaminovány bio-lékařským odpadem nebo nástroji.

**Anorganická kontaminace:** střepy nesmí obsahovat žáruvzdorné, kovové karbidy, nitridové nebo chromové ořezu odolné materiály.

**Granulometrická specifikace:** požadovaná velikost upravených střepů je uvedena v tabulce č. 1. (Watts 2018)

Tabulka 1: Granulometrické specifikace (AMT s.r.o. Příbram, 2018)

<b>Frakce</b>	<b>Norma</b>
37,5mm	100% propad
< 37,5mm - > 12,5mm	Min. 90 %
< 12,5 mm - > 3,15mm	Min. 90 %
< 2,00 mm	Max. 25% propad

**Specifikace vlhkosti:** obsah vody v dodávce střepeů. Obvyklá norma 3,0 % - 4,0 %

**Obsah organických látek:** norma 0,0 %, tolerance + 700 ppm

**Specifikace znečišťujících látek:** celkové množství příměsí, které lze rozdělit do následujících skupin – A) magnetické kovy, nemagnetické kovy, keramika, porcelán, kameny a ostatní anorganické materiály, B) sklo jiných barev a C) organické materiály. Celkové množství nalezených znečišťujících látek vzorku střepeů nesmí být větší než 20ppm (2 g/100 kg.)

**Barevnost střepeů:** stanovení barvy na základě podílu daného typu barvy. Střepey zelené, bílé, hnědé, mix (míchané střepey).

**Definice zelené barvy:** zelená – jakékoliv obalové střepey nebo tabulové sklo, které mají různý odstín zelené barvy. Vzorky střepeů mající jiný odstín zelené a nesplňující specifikaci této barvy, jsou zařazení mezi barevný odstín Ostatní barvy (Watts 2018).

Pro názornost uvádím definici barvy a specifikaci zelených střepeů (viz tabulka 2).

Tabulka 2: Specifikace zelených střepeů (AMT s.r.o. Příbram, 2018)

	Norma	Tolerance
Zelené	100,0 %	-25,0 %
Bílé	0,0 %	+20,0 %
Hnědé	0,0 %	+20,0 %
Modré	0,0 %	+5,0 %
Ostatní	0,0 %	+5,0 %

## **5. Technologie ke snížení dopadu na životní prostředí**

Jedním z cílů práce je zhodnocení dopadu provozu recyklační linky na životní prostředí. V této kapitole jsou uvedena fakta, jak se s problémem znečištění ovzduší vypořádala firma AMT s.r.o. Příbram. Je zhodnoceno technologické opatření této třídící linky ke snížení dopadu na životní prostředí a vyhodnocena efektivnost využití odpadu vyprodukované při recyklaci odpadového skla.

### **5.1. Technické opatření ke snížení emisí**

Na konci roku 2015 zahájila firma AMT zkušební provoz nové technologie. Podnik v rámci modernizace zařadil do technologie stacionární zdroj – rotační bubnovou sušičku s plynovým hořákem. Po zahájení zkušebního provozu linky začalo docházet ke stížnostem obyvatel Nového Sedla z důvodu výskytu zvýšeného zápachu a prašnosti. Zápach byl obyvateli jednoznačně registrován jako nový a doposud nezaznamenaný. Firma provedla technickoorganizační opatření ke snížení TZL a PL. Byla provedena výměna filtračního zařízení. Pro snížení emisí byla technologie osazena jiným typem filtračního zařízení typu Herding.

#### **Filtrační zařízení Herding**

Zařízení slouží k zachycení TZL. Funguje tak, že znečištěná vzdušnina je pomocí sacího ventilátoru svedena do filtrační skříně. Tato jednotka je osazena filtračními hadicemi (obr. 23). Hadice odolávají teplotám do 200 °C a mají vysokou pevnost v tahu. Částice prachu nepronikají do filtru a tím nemůže dojít k jeho zanesení. V horní části skříně se nachází zařízení pro pneumatické čištění, které čistí filtry pomocí tlakového vzduchu v automatizovaném cyklu. Ve spodní části filtrační skříně se nachází sběrná nádoba, do které padají odfouklé nečistoty. Separovaný materiál je odváděn pomocí rotačního podavače a šnekového dopravníku do zásobníku.

Obrázek 23: Filtrační tkaninové hadice



V lednu 2016 byla provedena prohlídka provozu firmy AMT orgánem ČIŽP (Česká inspekce životního prostředí). Tato kontrola zjistila, že doposud naměřené emise TZL jsou relativně nízké, ale provoz linky vykazuje vysoké známky prašnosti pocházející z procesu drcení, třídění stěpů, při dopravě a skladování sypkých materiálů. Krajský úřad poučil provozovatele o nutnosti zajistit linku před úniky TZL. Doporučil provádět pravidelný úklid provozu, zabezpečit sypké suroviny proti prašnosti a v případě nutnosti skrápět manipulační plochy. V blízké době bylo provedeno nezávislé autorizované měření, které prokázalo plnění stanovených specifických emisních limitů TZL, CO a NO<sub>x</sub>. Stížnosti na zápach přesto neustaly. Pro řešení s obtěžujícím zápachem bylo společnosti AMT s.r.o. Příbram doporučeno, obrátit se na odbornou firmu, která se specializuje na pachové látky. Provozovatel linky zahájil spolupráci s odbornou firmou ODOUR s.r.o., která provedla první měření emisí PL.

Na zdroji byla naměřena koncentrace PL ve výši 2 656 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>. Pro srovnání uvádím současný stanovený emisní limit PL 200 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>, který byl v minulosti několikanásobně překročen.

Po vyhodnocení PL a výsledků několika testů doporučila firma ODOUR s.r.o. k likvidaci obtěžujícího pachu opatření, které společnost AMT realizovala. Na základě rozptylové studie zvýšila komínové těleso na 30 m. Rozšířila technologii o nový vodní filtr a studenou plazmu. Princip funkce nových technických opatření uvádím níže.



## Vodní filtr

Z filtračního zařízení je následně horký vzduch sveden do vodního filtru (obr. 24), který slouží k ochlazení horkého vzduchu a k redukci znečišťujících látek (především TZL) a pachových látek.

Vodní filtr pracuje na principu Venturiho trysky. Vzduch je nasáván ventilátorem a veden potrubním systémem do filtru. V nejužším místě, kde dochází ke zrychlení a intenzivnímu odsávání, dochází k rozprášení vody. Výsledkem je směs, která je silným rotačním pohybem oddělena na principu odstředivé síly (Krayzel 2017). Kapky vody na sebe vážou prachové částice a tím zároveň snižují přenos pachů. Vyčištěný vzduch proudí skrz vodní filtr a případné nečistoty sedimentují ve spodní části zásobníku filtru do odkalovací nádoby. Zařízení pracuje s uzavřeným okruhem vody a dochází pouze k dopuštění vody pomocí automatické regulace.

Obrázek 24: Vodní filtr



## Ionizační zařízení – studená plazma

Zařízení (obr. 25) tvoří koncovou součást technického zařízení ke snížení emisí. Pomocí ventilátoru je nasáván venkovní vzduch, který dále proudí přes studenou plazmu a ionizovaný vzduch je přimícháván do exhalace v komínového tělesa.

Plazma je ionizovaný plyn obsahující volné i náhodně se pohybující elektrony a ionty. Nízkoteplotní plazmu lze použít pro čištění odpadních plynů za okolního tlaku a teploty. Radikály v plazmatu reagují se znečišťujícími látkami, které se štěpí a oxidují na méně páchnoucí sloučeniny. Studenou plazmu lze také najít u výbojových

zdrojů světla např. v zářivkách, výbojkách nebo v elektrickém oblouku (Martišoviš 2006).

Obrázek 25: Studená plazma



## 5.2. Zhodnocení opatření ke snížení dopadu na životní prostředí

Měřený zdroj je zařazen podle přílohy č. 2 k zákonu č.201/2012Sb., jako vyjmenovaný stacionární zdroj, kód 5.5. - Zpracování a zušlechťování skla. Linka na třídění a úpravu skleněných střepeň emituje do ovzduší TZL, NO<sub>x</sub>, CO, TOC a PL.

Krajský úřad Karlovarského kraje, Odbor životního prostředí a zemědělství stanovil pro zdroj specifické emisní limity. Limit TZL 20 mg/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> 250 mg/m<sup>3</sup>, CO 250 mg/m<sup>3</sup>, TOC 50 mg/m<sup>3</sup> (Martincová 2017). Hodnota emisního limitu PL 200 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> vychází z rozptylové studie a je stanovena tak, aby imisní koncentrace PL v okolí bytových jednotek nepřesahovala hodnotu 3 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>. Kontrolní měření provádí autorizované firmy, které vystaví protokol o zkoušce. Protokoly slouží jako podklad pro kontrolní orgány státní správy a zároveň k ověření funkčnosti technologie pro snížení emisí.

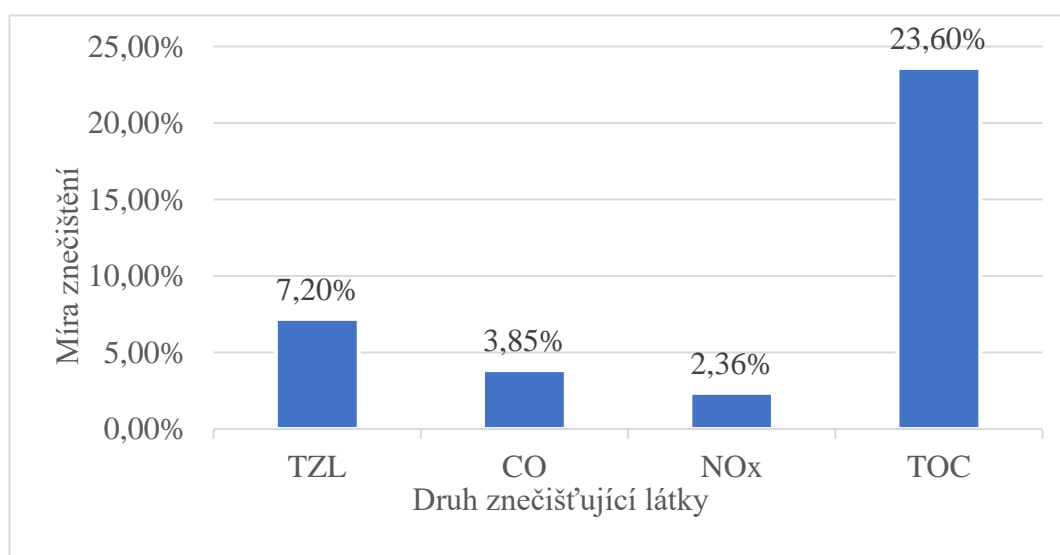
V následující tabulce č. 3 jsou porovnány stanovené hodnoty těchto limitů s výsledky autorizovaných měření provedených v roce 2020.

Tabulka 3: Emise třídící linky (zpracováno autorem 2020)

Druh znečišťující látky	Emisní limit	Naměřené hodnoty průměr
TZL – tuhé znečišťující látky	20 mg/m <sup>3</sup>	1,44 mg/m <sup>3</sup>
CO – oxid uhelnatý	250 mg/m <sup>3</sup>	9,63 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> – oxidy dusíku	250 mg/m <sup>3</sup>	5,92 mg/m <sup>3</sup>
TOC – těkavé organické látky vyjádřené jako celkový uhlík	50 mg/m <sup>3</sup>	11,8 mg/m <sup>3</sup>
PL-pachové látky	200 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>	94 ou <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>

Z uvedených dat lze vyjádřit znečištění ze stanoveného limitu v procentech. Míra znečištění u jednotlivých látek činí: TZL 7,20 %, CO 3,85 %, NO<sub>x</sub> 2,36 %, TOC 23,60 %, PL 47 %.

Graf 1: Míra znečištění ze stanoveného limitu emisí (zpracováno autorem 2020)



Po vyhodnocení výsledků zjištěných při pravidelných emisních kontrolních měření lze konstatovat, že instalovaná technologie pro snižování emisí splňuje svůj úkol. Stanovené specifické limity jsou dodržovány s minimálními hodnotami znečištění. Při hodnotě emise PL 94 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> u zdroje nebude překročena požadovaná imisní hodnota 3 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> v okolí bytových jednotek. Stížnosti ze strany obyvatel na zápach a prašnost již nejsou zaznamenány.

### 5.3. Zhodnocení efektivnosti využití odpadů z recyklační linky

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2., recyklací skla se šetří přírodní zdroje, významně odlehčuje skládkám komunálního odpadu a šetří energii při samotné výrobě nových produktů. Recyklační linka je jedním z článků koloběhu recyklace, ale zároveň svou činností produkuje odpad.

Při dlouhodobém sledování zpracovávání různorodé skladby odpadového skla vychází vyprodukovaný odpad průměrně kolem 32 % na celkový objem hotové výroby. Množství tohoto odpadu je závislé na míře znečištění vstupní suroviny. Odpad vzniklý tříděním lze rozdělit na následující části.

**Podsítná:** tvoří přibližně 21 % odpadů z linky.

Frakce 0-1,00 mm tzv. pudr. Tuto frakci využívají sklářské firmy ve výrobě.

Frakce 0–5 mm se zpracovává firmě Refaglass, která vyrábí pěnové sklo. Pěnové sklo má mnoho vynikajících vlastností využitelných ve stavebnictví.

Frakce 1,00-5,00 se po úpravě na dodatečném zařízení dodává sklářským odběratelům.

**Komunální odpad:** množství tohoto odpadu se pohybuje kolem 10 %. Hodnota se mění v závislosti na míře znečištění vstupního materiálu.

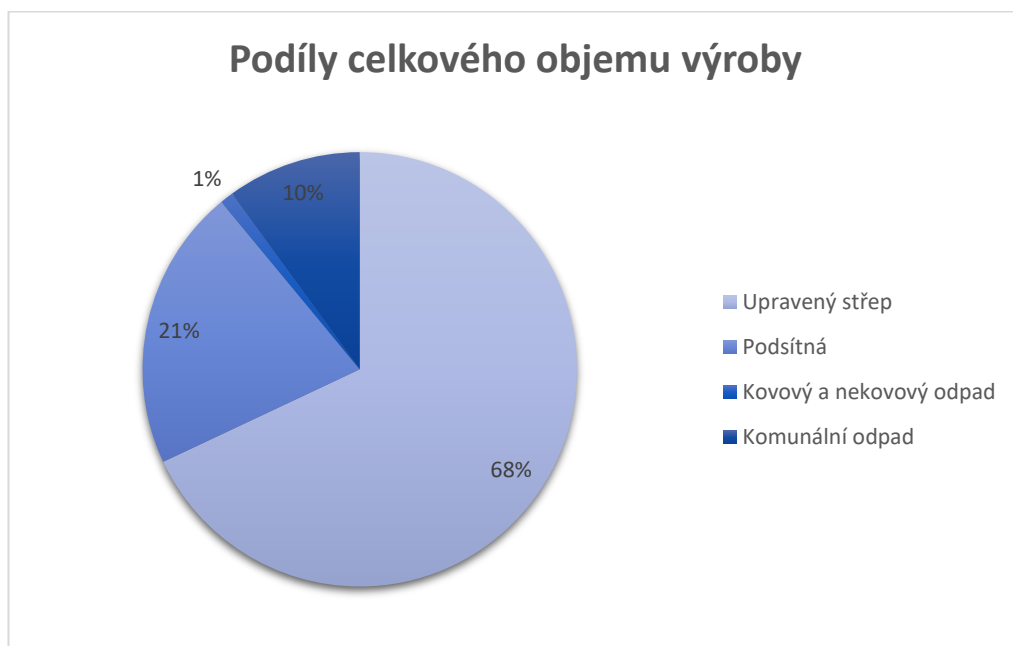
**Nemagnetické kovy a kovový odpad:** široká sorta kovových a hliníkových víček nebo uzávěrů tvoří cca 1 % odpadu.

Jednotlivé odpady jsou následně likvidovány dle platné legislativy.

#### **Efektivnost využití odpadu**

Z výše uvedených údajů znázorněných v grafu č. 2, lze zhodnotit efektivnost využití odpadu. Při provozu recyklační linky vzniká separací přibližně 32 % odpadu k objemu celkové výroby. Podstatnou část odpadů 21 % tvoří podsítná, kterou lze následně využít k dalšímu zpracování. Menší část separovaného odpadu tvoří hliníkové a kovové materiály. Hliníkový separát je dodáván k dalšímu zpracovateli této druhotné suroviny. Kovový podíl odpadu se pravidelně odváží do výkupu sběrných surovin. Komunální odpad tvoří přibližně 10 % separace, který je za poplatek likvidován dle zákona o odpadech.

Graf 2: Jednotlivé podíly z celkového objemu výroby (zpracováno autorem 2020)



V současné době probíhá jednání s firmou zabývající se mechanicko-biologickou úpravou odpadu. V případě dohody s tímto zpracovatelem by tento komunální odpad sloužil k dalšímu využití v podobě granulátu určeného k vytápění.

## 6. Závěr

Přínosem této bakalářské práce je ucelený přehled v oblasti recyklace a technologického procesu úpravy obalového skla. Úvodní část je věnována základním informacím o skle. Dále byl popsán smysl recyklace odpadového skla a aktuální způsob třídění a svozu této komodity v České republice. V další kapitole jsou uvedeny základní legislativní požadavky, které nelze opomenout před zahájením, nebo při provozu recyklační linky. Následně jsou uvedeny moderní trendy technologie recyklačních linek obalového skla. Poslední část práce je věnována třídění a úpravě skla v praxi. Výsledkem této části je zhodnocení efektivnosti recyklační linky a zhodnocení dopadu na životní prostředí jejím provozem.

Recyklace skla je v České republice na vysoké úrovni. Větší část recyklovaného skla pochází od obyvatel pomocí systému sběru do sběrných nádob, jejichž dostupnost se postupně zlepšuje. Díky dobré osvětě a optimalizovanému systému sběru obtojí naše republika v třídění i na Evropské úrovni.

Technickou náročnost recyklace skla určuje mimo jiné kvalita sebraného skla. Jakmile se do sběrných nádob dostanou nežádoucí příměsi (např. kov, keramika, porcelán a kámen), musí se pečlivě vytrýdit. Za poslední léta se technologie recyklačních linek na úpravu odpadového skla značně zdokonalila. K moderním trendům třídících linek patří optické separátory, které prochází neustálým vývojem a jsou nepostradatelnou součástí těchto technologií. Dobrá kvalita upraveného střepu tak umožňuje úpravcům dobré postavení na trhu s touto druhotnou surovinou.

Recyklační linka svým provozem produkuje emise, spotřebovává energii a vytváří tak uhlíkovou stopu. Zvolením vhodných technologických postupů a dodržováním stanovených emisních limitů je zatížení životního prostředí o poznání nižší než při použití primárních surovin. Upravenými střepy lze nahradit až 90 % primárních surovin do vsázky tavicího procesu. Recyklát je lépe tavitelný a tím se snižuje emise oxidu uhličitého. Přírodní zdroje pro výrobu skla jsou vyčerpatelné a jejich těžbou dochází k nemalé zátěži životního prostředí. Tavením primárních surovin se zvyšuje energetická náročnost a produkce CO<sub>2</sub> v ovzduší.

Společným zájmem všech obyvatel by mělo být dobře vytrýdění sklo, které nekončí na skládkách komunálního odpadu a bude efektivně zrecyklováno.

## 7. Přehled literatury a použitých zdrojů

Binder+Co, n.d.: Binder+Co – unique in the processing of bulk materials (online) [cit. 2021.02.13], dostupné z <<https://www.binder-co.com/1317/About-us#Profile>>.

Blumentritt J., 1986: Sklářské materiály pro střední odborná učiliště. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 152 s.

BVSE – Fachverband Glasrecycling, ©2020: Wir setzen uns für höchste Alt-Glasqualitäten ein (online) [cit. 2020.12.05], dostupné z <<https://www.bvse.de/wir-ueber-uns-glasrecycling/unser-selbstverstaendnis.html>>.

ČHMÚ, ©2016: Grafická ročenka (online) [cit. 2020.12.18], dostupné z <[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/I\\_uvod\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/I_uvod_CZ.html)>.

ČHMÚ, ©2018: Úvod (online) [cit. 2020.11.23], dostupné z <[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/nis\\_uv\\_cz.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/nis_uv_cz.html)>.

ČHMÚ, ©2020: Instituce a osoby zapojené do NIS (online) [cit. 2020.11.23], dostupné z <[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/nis\\_in\\_cz.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/nis_in_cz.html)>.

DEOS Technology, 2019: Separátory magnetických kovů (online) [cit. 2020.12.05], dostupné z <[https://www.deostech.cz/separatory-tridice/separatory\\_magnetickykh\\_kovu](https://www.deostech.cz/separatory-tridice/separatory_magnetickykh_kovu)>.

EKO-KOM, ©2019: Tisková zpráva 2019 (online) [cit. 2020.12.20], dostupné z <[http://www.ekokom.cz/obce-a-mesta/informace-pro-verejnost/files/vysledky/TZ\\_Vysledky\\_2019.pdf](http://www.ekokom.cz/obce-a-mesta/informace-pro-verejnost/files/vysledky/TZ_Vysledky_2019.pdf)>.

EKO-KOM, ©2020: Co se děje s odpadem (online) [cit. 2020.12.20], dostupné z <<https://jaktridit.cz/cz/co-se-deje-s-odpadem/recyklace-a-vyuziti-skla>>.

EUR-LEX, ©2020: Glosář shrnutí NIS (online) [cit. 2020.12.21], dostupné z <[https://eur-lex.europa.eu/summary/glossary/kyoto\\_protocol.html?locale=cs](https://eur-lex.europa.eu/summary/glossary/kyoto_protocol.html?locale=cs)>.

FEVE, ©2019: Glass recycling hits 73 % in the EU (online) [cit. 2020.12.04], dostupné z <<https://feve.org/glass-recycling-hits-73-eu/>>.

Garhammer R., 2015: Originální návod k provozu KRS recycling GMBH: Separátor Sesotec. KRS recycling GMBH, Schönberg, 182 s.

Harder J., 2018: Glass recycling – Current market trends (online) [cit. 2020.12.17], dostupné z <[https://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/glass-recycling-current-market-trends\\_3248774.html](https://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/glass-recycling-current-market-trends_3248774.html)>.

Havelka P., 2015: AMT Příbram – nejmodernější třídění odpadního skla je nově i v ČR (online) [cit. 2020.12.21], dostupné z <<http://www.enviweb.cz/104547>>.

Havelka P., 2018: Třídění a recyklace odpadového skla v České republice má dlouhodobě velmi dobré výsledky (online) [cit. 2020.12.18], dostupné z <<https://inodpady.cz/trideni-a-recyklace-odpadoveho-skla-v-ceske-republice-ma-dlouhodobě-velmi-dobře-vysledky/>>.

Hlavatá M., 2004: Odpadové hospodářství. VŠB – Technická univerzita, Ostrava, 174 s.

Jacoby M., 2019: Why glass recycling in the US is broken (online) [cit. 2021.01.13], dostupné z <<https://cen.acs.org/materials/inorganic-chemistry/glass-recycling-US-broken/97/i6>>.

Jain R., Urban L., Balbach H., Webb M. D., 2012: Handbook of Environmental Engineering Assessment. Butterworth-Heinemann, Oxford, 784 s.

Junga P., Vítěz T., Trávníček P., 2015: Technika pro zpracování odpadů I. Mendelova univerzita, Brno, 141 s.

Kizlink J., 2014: Odpady. Sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 483 s.

Krayzel Z., 2017: Provozní řád k zajištění provozu zdroje znečištění ovzduší. Dle zákona č.201/2012 Sb. a vyhlášky č.415/2012 Sb., Praha 7, 32 s.

Krcmarik D., Petru M., Masin I., 2019: Increasing of Precision Technology of Glass Sorting Based on Very Fast Reconfigurable Image Processing (online) [cit. 2021.02.12], dostupné z <[https://www.journalmt.com/artkey/mft-201903-0014\\_increasing-of-precision-technology-of-glass-sorting-based-on-very-fast-reconfigurable-image-processing.php](https://www.journalmt.com/artkey/mft-201903-0014_increasing-of-precision-technology-of-glass-sorting-based-on-very-fast-reconfigurable-image-processing.php)>.



- Kreníková V., 2014: Odpady a druhotné suroviny II. Univerzita J.E. Purkyně, Ústí nad Labem, 209 s.
- KRS Recycling Systems, n.d.: Company (online) [cit. 2021.02.14], dostupné z <<http://www.krsrecyclingsystems.us/company>>.
- Lněničková J., 2007: České & moravské obalové sklo. G2 studio, Plzeň, 248 s.
- MAGSY, 2018: Magnetické separátory nemagnetických kovů (eddy current separator) (online) [cit. 2020.11.24], dostupné z <<https://www.magsy.cz/24795-magneticke-separatory-nemagnetickykh-kovu-eddy-current-separator>>.
- Maňourová A., Mařas T., 2014: Nová recyklační linka ve Stráži pod Ralskem dokáže třídít sklo podle barvy (online) [cit. 2020.12.19], dostupné z <<https://liberec.rozhlas.cz/nova-recyklacni-linka-ve-strazi-pod-ralskem-dokaze-tridit-sklo-podle-barvy-6004086>>.
- Martincová R., 2017: Rozhodnutí krajského úřadu. Krajský úřad, Karlovy Vary, 11 s.
- Martišoviš V., 2006: Základy fyziky plazmy: učebný text pre magisterské štúdium. Univerzita Komenského, Bratislava, 189 s.
- MPO, ©2018: Aktualizace politiky druhotných surovin České republiky pro období 2019–2022 (online) [cit. 2020.12.19], dostupné z <[https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2019/1/IV\\_Politika-druhotnych-surovin-CR.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2019/1/IV_Politika-druhotnych-surovin-CR.pdf)>.
- MŽP, ©2008: Ochrana ovzduší (online) [cit. 2020.11.23], dostupné z <<https://www.mzp.cz/cz/ovzdusi>>.
- MŽP, ©2008: Regulované látky, F-plyny, ozon (online) [cit. 2020.11.23], dostupné z <[https://www.mzp.cz/cz/regulovane\\_latky\\_plyny\\_ozon](https://www.mzp.cz/cz/regulovane_latky_plyny_ozon)>.
- Pulidindi K., Prakash A., 2019: Recycled Glass Market (online) [cit. 2020.09.14], dostupné z <<https://www.gminsights.com/toc/detail/recycled-glass-market>>.
- Silva R. V., de Brito J., Lye C. Q., Dhir R. K., 2017: The role of glass waste in the production of ceramic-based products and other applications: A review. Journal of Cleaner Production 5. S. 346-348.

Tomra, 2020: Technologie Tomra ( TOMRA TECHNOLOGY) (online) [cit. 2021.02.14], dostupné z <<https://www.tomra.com/en/sorting/recycling/tomra-technology>>.

Vach M., 2013: Ochrana ovzduší. KVHEM ČZU, Praha, 62 s.

Vondruška V., 2002: Sklářství. Grada Publishing, Praha, 273 s.

Völl N., 2017: Glasrecycling ist einfach und effektiv. Der Grüne Punkt 02/2017. S. 13-15.

Watts J., 2018: Kvalitativní požadavky upravených střepů. Interní dokument podniku O-I Manufacturing, Nové Sedlo, 5 s.

### **Legislativní zdroje**

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů, v platném znění.

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.

Vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů.

### **Seznam obrázků a tabulek**

Obrázek 1: Míra recyklace v ČR (EKO-KOM, ©2019 (online) [cit. 2020.12.20], dostupné z <<https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/o-spolecnosti/system-ekokom/vysledky-systemu/vyrocní-shrnutí>>.

Obrázek 2: Kontejner ve tvaru zvonu a s horním otvíráním (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 3: Emise skleníkových plynů v sektorovém členění v ČR od roku 1990 (ČHMÚ, ©2020 (online) [cit. 2020.12.18], dostupné z <[https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/nis\\_gr\\_cz.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/nis_gr_cz.html)>.

Obrázek 4: Separátor nemagnetických kovů (MAGSY, 2018 (online) [cit. 2021.02.13], dostupné z <<https://www.magsy.cz/wcd/photos/magneticke-separatory/separatory-nemagneticky-kovu/nemagneticke-kovy-valec-cz.jpg>>.

Obrázek 5: Separátor Clarity (Binder+Co, n.d. (online) [cit. 2021.02.13], dostupné z <<https://www.binder-co.com/955/CLARITY-glass>>.

Obrázek 6: Box na obalové sklo smíšené barvy (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 7: Příklad dodávky nevyhovující jakosti (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 8: Vstupní násypka s vibračním podavačem (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 9: Magnetický separátor (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 10: Vibrační síto S1 (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 11: Ruční třídění (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 12: Princip válcového drtiče (Henková, 2002 (online) [cit. 2020.12.13], dostupné z <[http://tstsw.cz/stavebni\\_stroj/predmet-bw03](http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw03)>.

Obrázek 13: Dolní třídírna (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 14: Vibrační podavač s cyklónem (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 15: Šnekový dopravník (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 16: Síto S4 a vibrační podavač před separátory (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 17: Soustava optických separátorů Sesotec (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 18: Expediční zásobníky (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 19: Rotační bubnová sušička BS 10 (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 20: Separátor značky Sesotec typ K9 (KRS Recycling Systems, n.d. (online) [cit.2020.12.22], dostupné z <<https://www.recyclingsystems.de/wp/en/onepagemaster-en/>>.

Obrázek 21: Schéma separátoru (KRS Recycling Systems, 2015).

Obrázek 22: Vada způsobená kouskem porcelánu (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 23: Filtrační tkaninové hadice (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 24: Vodní filtr (vlastní zpracování, 2020).

Obrázek 25: Studená plazma (vlastní zpracování, 2020).

Tabulka 1: Granulometrické specifikace (AMT s.r.o. Příbram, 2018).

Tabulka 2: Specifikace zelených střepů (AMT s.r.o. Příbram, 2018).

Tabulka 3: Emise třídící linky (vlastní zpracování podle Protokolu o autorizovaném měření emisí, Osvald J., Svozil B., 2020)

Graf 1: Míra znečištění ze stanového limitu emisí (vlastní zpracování podle Protokolu o autorizovaném měření emisí, Osvald J., Svozil B., 2020)

Graf 2: Jednotlivé podíly z celkového objemu výroby (vlastní zpracování, 2020)