



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

## ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

## ANALÝZA A OPTIMALIZACE SOUČASNÉHO STAVU NAKLÁDÁNÍ S ODPADY VE SPOLEČNOSTI RPET INWASTE S.R.O.

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF THE CURRENT STATE OF WASTE MANAGEMENT IN RPET INWASTE  
S.R.O.

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Petr Dočekal**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.**

**BRNO 2024**

## Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1906/2023 Akademický rok: 2023/24  
Ústav: Ústav chemie a technologie ochrany  
životního prostředí  
Student: **Bc. Petr Dočekal**  
Studijní program: Environmentální chemie a technologie  
Studijní obor: bez specializace  
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.**

### Název diplomové práce:

Analýza a optimalizace současného stavu nakládání s odpady ve společnosti rPET InWaste s.r.o.

### Zadání diplomové práce:

1. Přehled odpadové legislativy v ČR a souvisejících strategických dokumentů EU
2. Analýza současného stavu nakládání s odpady a environmentálního řízení v podniku rPET InWaste s.r.o.
3. Laboratorní ověření vlastností vybraných odpadů a jejich optimalizace nakládání
4. Zhodnocení dosažených výsledků a diskuze.

### Termín odevzdání diplomové práce: 29.4.2024:

Diplomová práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí diplomové práce.

-----  
Bc. Petr Dočekal  
student

-----  
Ing. Tomáš Chorazy, Ph.D.  
vedoucí práce

-----  
prof. Ing. Jozef Krajčovič, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2024

-----  
prof. Ing. Michal Veselý, CSc.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá analýzou vybraných odpadů z výroby a návrhem vhodné optimalizace jejich nakládání v souladu s principy cirkulární ekonomiky a aktuální legislativy platné na území ČR. Dále se věnuje i optimalizaci nakládání s odpady vznikající v administrativních prostorech společnosti.

Cílem práce bylo zpracování rešerše aktuálních legislativních a strategických dokumentů v oblasti odpadového hospodářství a v návaznosti na to následný návrh optimalizace pro vybrané toky odpadů. V experimentální části proběhla analýza vybraných odpadů z výrobní linky, kde byly použity metody FTIR, titrace a zahušťování.

První část práce tvoří rešerše právních předpisů a strategických dokumentů na úrovni EU i ČR. Ve druhé části je navržena optimalizace nakládání s vybranými odpady. U některých z navržených řešení práce zhodnocuje ekonomickou rentabilitu navrhovaného řešení oproti konvenčním způsobům nakládání s odpady.

Výsledky a použité metody vedly k návrhu optimalizace nakládání s odpady ve výrobě i v administrativní části podniku rPET InWaste s.r.o.

## **ABSTRACT**

This master's thesis deals with the analysis of selected waste from production and the proposal of appropriate optimization of their management in accordance with the principles of circular economy and current legislation in force in the Czech Republic. It also deals with the optimization of waste management arising in the administrative premises of the company.

The aim of the work was to prepare a research of current legislative and strategic documents in the field of waste management and, in connection with this, a subsequent proposal for optimization for selected waste streams. In the experimental part, analysis of selected waste streams from the production line was carried out using FTIR, titration and vacuum evaporation methods.

The first part of the thesis consists of the research of legal regulations and strategic documents in the EU and Czech republic. In the second part, the optimization of selected waste management is proposed. For some of the proposed solutions, the thesis evaluates the economic viability of the proposed solution compared to conventional management methods.

The results and the methods used led to the proposal of optimization of waste management in production and administrative part of the company rPET InWaste s.r.o.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

odpad, optimalizace, analýza, oběhové hospodářství, PET

## **KEY WORDS**

waste, optimization, analysis, circular economy, PET

## CITACE

DOČEKAL, Petr. *Analýza a optimalizace současného stavu nakládání s odpady ve společnosti rPET InWaste s.r.o.* [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/156628>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí . Vedoucí práce Tomáš Chorazy.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citoval. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval mému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Chorazymu Ph.D. za možnost vypracovat práci pod jeho vedením, za jeho odborné rady, trpělivost, ochotu a čas, který mi pro účely práce věnoval. Dále bych chtěl poděkovat mé odborné školitelce paní Ing. Lucii Šudomové Ph.D., panu Ing. Silvestru Figallovi Ph.D. a paní Mgr. Heleně Doležalové Weissmanové Ph.D.

## Obsah

1	ÚVOD .....	7
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	8
2.1	Přehled právních předpisů a strategických dokumentů .....	8
2.1.1	Zákon o odpadech [1].....	8
2.1.2	Zákon o obalech [2].....	10
2.1.3	Zákon o výrobcích s ukončenou životností [6] .....	12
2.1.4	Zákon o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí [8] 13	
2.1.5	Katalog odpadů [9].....	13
2.1.6	Zákon o ochraně ovzduší [10].....	15
2.1.7	Plán odpadového hospodářství Jihomoravského kraje 2016-2025 [12].....	16
2.1.8	Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050 [14] 17	
2.1.9	Akční plán Cirkulární Česko 2040 [15] .....	20
2.1.10	Zelená dohoda pro Evropu [16] .....	21
2.1.11	Nový akční plán pro oběhové hospodářství – Čistší a konkurenceschopnější Evropa [18].....	23
2.1.12	Nařízení Komise EU 2022/1616 [20].....	25
2.1.13	Nařízení REACH [19].....	26
2.1.14	ČSN EN ISO 9001 [23].....	27
2.1.15	ČSN EN ISO 14001 [25].....	28
2.2	PET.....	29
2.2.1	Způsoby recyklace.....	30
2.2.2	Statistiky PET.....	32
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	33
3.1	Analytické metody pro stanovení fyzikálně-chemických vlastností odpadů z výroby 33	
3.1.1	Infračervená spektroskopie .....	33
3.1.2	Zahušťování.....	33
3.1.3	Titrace.....	34
3.2	Charakteristika vybraných odpadů ve firmě rPET InWaste s.r.o. ....	34
3.2.1	Odpady z výroby .....	34
3.2.2	Odpady z administrativních prostor .....	42
4	VÝSLEDKY A DISKUZE .....	46
5	ZÁVĚR.....	48

6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	49
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	53
8	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	55
9	SEZNAM TABULEK.....	56
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	57
11	PŘÍLOHY.....	58

# 1 ÚVOD

Na každou firmu spadají povinnosti v oblasti podnikové ekologie, mezi něž se řadí chemické látky a směsi, odpadové hospodářství, ochrana a využití vod, ochrana ovzduší, integrovaná prevence, obalové hospodářství, ekologická újma a související povinnosti. Cílem každé firmy by mělo být nejen dosahování zisku, ale také minimalizace negativních dopadů její činnosti na životní prostředí. Tato práce se zabývá zefektivněním odpadového hospodářství firmy rPET InWaste s.r.o. Kromě odpadů se z výše uvedených oblastí podnikové ekologie zabývá i obaly.

V uvedené společnosti je zaveden systém environmentálního řízení, je tedy potřeba neustále vyhodnocovat stav procesů podniku z pohledu odpadového hospodářství. Toto průběžné vyhodnocování musí probíhat s ohledem na legislativu i současný stav techniky. Z rešerše legislativy v ČR a souvisejících strategických dokumentů EU jednoznačně vyplývá, že prioritou moderního odpadového hospodářství je minimalizace a předcházení vzniku odpadu. Při činnostech společnosti ale i přes veškeré snahy vždy nějaký odpad vzniká. Cílem by měla být snaha učinit z odpadu surovinu, tedy jej pomocí materiálového využití přepracovat na druhotnou surovinu. Vzhledem k narůstajícím poplatkům za skládkování a současným rozvojem recyklačních kapacit a nových technologií se i pro některé odpady, pro které v minulosti neexistoval konkurenceschopný ekologický způsob nakládání, začínají vyplácet nové perspektivní možnosti.

V rámci mého působení ve společnosti proběhla analýza produkce a nakládání s odpady i tou formou, že jsem současně zpracovával roční hlášení o produkci a nakládání s odpady v systému ISPOP spadající mezi povinnosti zákona o odpadech. Zároveň společnost patří mezi klienty systému EKO-KOM a má tedy povinnost čtvrtletně zasílat výkaz o produkci obalů, který jsem během svého působení ve firmě rovněž zpracovával.

Tato práce se současně zabývá i laboratorním ověřením vlastností vybraných odpadů z výroby. Zkoumá se čistota a složení vybraných odpadů pro jejich případné další využití.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Přehled právních předpisů a strategických dokumentů

#### 2.1.1 Zákon o odpadech [1]

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech nahradil předešlý zákon o odpadech z roku 2001. Na území ČR se jedná o hlavní předpis v legislativě odpadového hospodářství.

Přehled významných změn v rámci nového zákona:

##### 1) Povinnosti původců

Nový zákon o odpadech přináší řadu nových povinností pro původce odpadu. Dále některé stávající povinnosti rozšiřuje či upřesňuje. Například osoby provádějící odstranění stavby jsou nově povinny nejen předat odpady do zařízení k tomu určenému, obchodníku s odpady nebo do obecního systému, ale musí také se stavebními a demoličními odpady nakládat tak, aby byla zajištěna nejvyšší možná míra jejich opětovného použití a recyklace. Pokud tak neučiní, vystavují se riziku sankce.

##### 2) Nakládání s nezákonně soustředěným odpadem (tzv. černé skládky)

Nový zákon o odpadech výslovně reguluje problematiku tzv. černých skládek. Předně se zdůrazňuje povinnost vlastníka odpadu předat nezákonně soustředěný odpad do zařízení pro nakládání s odpady. Majitel pozemku, na němž se objeví tzv. černá skládka, má v okamžiku, kdy se dozví o existenci černé skládky, povinnost o této skutečnosti informovat příslušný obecní úřad. Není-li znám vlastník odpadu, obecní úřad vyzve vlastníka pozemku, na kterém se odpad nadchází, k jeho odklizení. Pokud vlastník pozemku odpad neodklidí, ačkoliv k tomu byl vyzván, obecní úřad má nově prostředky ke zjednání nápravy (mj. i oprávnění vstoupit na dotčený pozemek a odklidit tento odpad).

Tato pravidla se vztahují na všechny černé skládky bez ohledu na jejich velikost (neboť dle zákonodárce „i malé množství nebezpečných odpadů může výrazně ohrozit životní prostředí“).

##### 3) Změna právní úpravy poplatku za komunální odpad

Poplatky za účast v obecním systému nakládání s komunálním odpadem jsou nově upraveny pouze v zákoně o místních poplatcích. Obce tak musely nejpozději s účinností od 1. 1. 2022 přijmout nové obecně závazné vyhlášky, které měly za povinnost být v souladu s novým zákonem o odpadech.

##### 4) Zvyšování poplatku za ukládání odpadu na skládku

Nový zákon o odpadech zavádí odlišnou výši poplatku u všech 5 kategorií odpadů (odpady využitelné, zbytkové, nebezpečné, vybrané technologické a sanační). Počínaje rokem 2021 je sazba poplatku za ukládání odpadu na skládku u vybraných druhů odpadu pravidelně navyšována, a to až s výhledem do roku 2030. Roční zvyšování sazby se dotýká využitelných a zbytkových odpadů (například využitelný odpad do konce roku 2020 byl zpoplatněn částkou 500 Kč, v roce 2021 bude zpoplatněn částkou 800 Kč a v roce 2029 částkou 1 850 Kč za jednu tunu takového odpadu uloženého na skládku).



Zvýšení poplatku za skládkování má být jedním z hlavních stimulů k přechodu na oběhové hospodářství, neboť recyklace či energetické využití již nebudou ekonomicky o tolik dražší jako právě skládkování. Oproti starší verzi právní úpravy naopak došlo ke snížení poplatku za skládkování nebezpečných odpadů (zrušení tzv. rizikové složky poplatku).

### **5) Zákaz skládkování od roku 2030**

Od roku 2030 bude platit zákaz skládkování využitelného odpadu. Tento zákaz se bude vztahovat na a) odpady o stanovené výhřevnosti, b) odpady překračující limitní hodnotu parametru biologické stability a c) recyklovatelné odpady (jinak řečeno odpady, které je možné energeticky využít, biologicky rozložit, nebo recyklovat). Tento zákaz je tedy odrazem tzv. hierarchie odpadového hospodářství, v rámci které je skládkování až posledním možným (a zároveň nejméně vhodným) způsobem nakládání s odpady.

### **6) Oddělené soustředování recyklovatelných složek komunálního odpadu**

Obce mají nově povinnost určit místa pro oddělené soustředování recyklovatelných složek komunálního odpadu (tzn. nebezpečného odpadu, papíru, plastů, skla, kovů, biologického odpadu, jedlých olejů a tuků a od 1. 1. 2025 rovněž textilu). Právě povinnost povinného sběru textilního odpadu je poměrně zásadní novinkou, protože doposud se textil sbíral spíše v rámci charity (tedy mimo odpadový režim).

Obce jsou povinny zajistit, aby odděleně soustředované složky komunálního odpadu tvořily v letech 2025–2029 alespoň 60 %, v letech 2030–2034 alespoň 65 % a od roku 2035 alespoň 70 % z celkového množství komunálních odpadů, kterých je v daném roce obec původcem. Aby obce mohly tyto cíle splnit, budou muset zajistit vytrídění podstatně většího množství jednotlivých složek komunálních odpadů než doposud. Obce se budou muset zaměřit zejména na důkladné vytrídění bioodpadů (příčemž bez důkladného třídění v této oblasti nebude dle zákonodárce možné plnění cílů dosáhnout). Cíle jsou to velmi ambiciózní a jedním ze způsobů by mohlo být i zavádění tzv. door-to-door systémů, kdy má každá domácnost své popelnice na tříděný sběr před svým domem.

### **7) Třídící slevy**

Ačkoliv došlo nabytím účinnosti nového zákona o odpadech k navýšení poplatků za ukládání odpadů na skládky, obce však mají za splnění zákonem stanovených předpokladů nárok na tzv. třídící slevu. Až do konce roku 2029 (tj. do doby, než začne platit zákaz skládkování využitelného odpadu) tak mohou obce ukládat využitelný komunální odpad na skládku za sníženou sazbu. Zákon nicméně stanoví maximální množství takového odpadu, který lze za sníženou sazbu uložit na skládku.

### **8) Živnostenský odpad**

Nová právní úprava již nerozlišuje mezi tzv. živnostenským odpadem (tedy odpad vyprodukovaný právníckými a podnikajícími fyzickými osobami) a komunálním odpadem.

Tito původci odpadu mohou i nadále předávat svůj odpad do obecního systému pro nakládání s komunálním odpadem, a to na základě písemné smlouvy s obcí. Pokud tedy obec umožní zapojení těchto osob do svého obecního systému, bude muset v obecně

závazné vyhlášce, kterou je nastaven obecní systém, stanovit určité minimální náležitosti pro jejich účast.

## 9) Obchodování s odpady

Jedním ze způsobů nakládání s odpady je také obchodování s odpady. Podle nového zákona o odpadech může s odpady obchodovat právnická nebo podnikající fyzická osoba, která provádí nákup a prodej odpadů na vlastní odpovědnost a která zároveň pro tuto činnost získá povolení od krajského úřadu. Nově tak dochází k rozšíření okruhu osob, které mohou obchodovat s odpady, neboť podle předchozí právní úpravy mohl s odpady obchodovat pouze provozovatel zařízení. Obchodník s odpady má od doby zahájení činnosti povinnost hlásit množství odpadu, s kterým obchodoval za uplynulý kalendářní rok.

## 10) Zprostředkování nakládání s odpady

Nový zákon o odpadech dále upravuje tzv. zprostředkování nakládání s odpady.

Zprostředkovatel bude moci uzavřít a) smlouvu s původcem odpadu, ve které původce zmocní zprostředkovatele k tomu, aby jeho jménem zajistil předání odpadu do zařízení určeného pro nakládání s odpady, a b) smlouvu s provozovatelem zařízení, na jejímž základě provozovatel přijme odpady od klientů zprostředkovatele (tj. původců odpadů) do takového zařízení. Zásadní rozdíl mezi zprostředkovatelem a obchodníkem spočívá v tom, že zprostředkovatel se převzetím odpadu nestává jeho vlastníkem, zatímco obchodník ano. Tato skutečnost má zásadní vliv na určení toho, kdo nese povinnosti spojené s takovým odpadem.

Z nového zákona je patrná snaha o legislativní podporu potřebnou pro zajištění nakládání s odpady podle odpadové hierarchie. Jedná se o **potřebný impuls pro zvýšení materiálového využití všech druhů odpadů** na úkor skládkování. Zároveň se postupně bude snižovat rozdíl mezi náklady na energetické využití odpadů v ZEVO a skládkováním. Spolu se zákazem skládkování jinak využitelných odpadů můžeme vidět, že se v ČR připravuje mnoho nových projektů právě na nová zařízení pro energetické využití odpadu.

### 2.1.2 Zákon o obalech [2]

Zákon o obalech je v platnosti od 1. ledna 2002, za tu dobu bylo ale provedeno již 27 novelizací. Ústředním bodem zákona je povinnost výrobců zajišťovat zpětný odběr a plnit zákonem stanovené cíle. Tuto povinnost mohou naplňovat sami, nebo za pomoci autorizované obalové společnosti EKO-KOM, s kterou mohou uzavřít smlouvu. Zákon nám dále definuje celou řadu pojmů. Jedním z nich je „Uvedení na trh“, což znamená výroba obalu z obalového prostředku, vyrobení, zabalení i přeshraniční přeprava. Obal vzniká z obalového prostředku tak, že se naplní.

Legislativa klade důraz na předcházení vzniku odpadů – každý výrobce by měl být schopný dokázat, že obal, který používá, má co nejmenší hmotnost a objem.

Obal dále musí splňovat:

1. Maximální povolenou koncentraci nebezpečných látek
2. Maximální koncentrace těžkých kovů musí být menší než 100 µg/g obalu

3. Obal musí být opakovatelně použitelný, nebo alespoň recyklovatelný či energeticky využitelný

Zákon definuje roli autorizované obalové společnosti EKO-KOM, která zajišťuje povinnost zpětného odběru – platí obcím příspěvek na základě toho, kolik vyříděného objemu se v kontejnerech nachází. Neustále narůstá síť barevných kontejnerů, kterých je v ČR v současnosti již asi 850 000. Tento nárůst ale v budoucnu pravděpodobně ustane, protože v ČR pozorujeme patrný trend multikomoditních sběrů (například v Brně se třídí plasty, kovy a nápojové kartony do jednoho kontejneru označeného žlutou barvou). Tento fakt má přímou souvislost s postupným zaváděním automatických třídících linek, které mají větší efektivitu než ruční třídící linky.

Pro zajištění co nejvyšší míry recyklace je žádoucí, aby se obal skládal pouze z jednoho materiálu, či aby byly materiály od sebe ručně oddělitelné. Novela tedy zpřísnila pravidla pro kompozitní obaly, kdy jedna složka obalu musí dominovat alespoň 95 % hmotnosti, jinak je to dle zákona kompozitní obal.

Zákon určuje parametry, kdy se ze společnosti stává povinná osoba. Firma musí uvádět na trh alespoň 300 kg obalů za rok a mít obrat alespoň 25 milionů Kč ročně, aby měla povinnost hlásit výkaz o produkci obalů. Tato obalová evidence musí být podložena účetním systémem, tedy nákup a prodej.

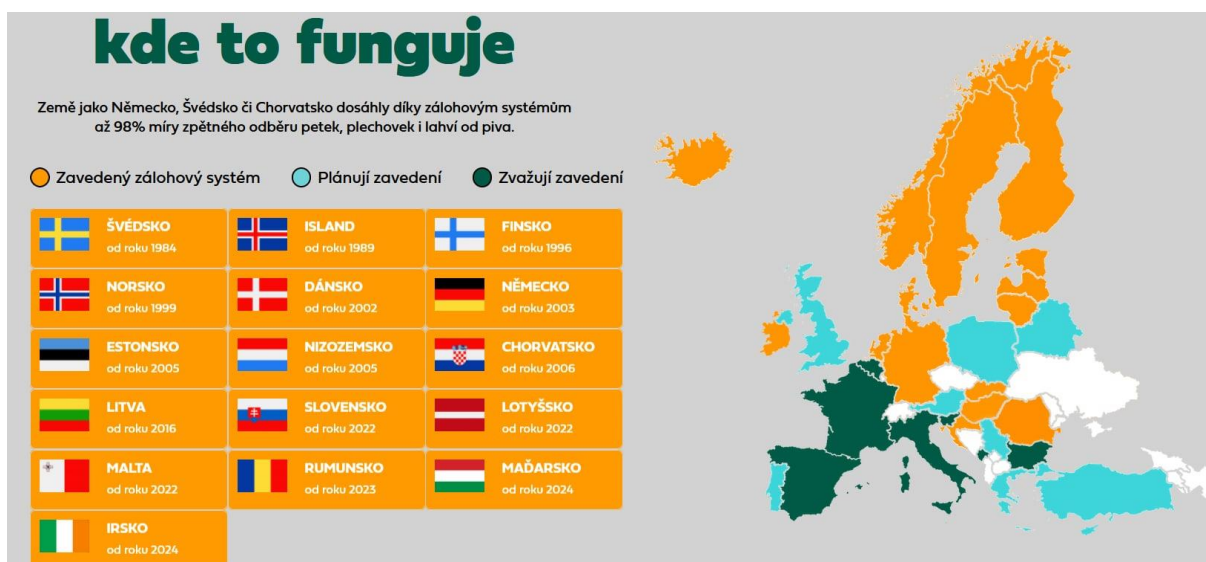
Od 1. 10. 2023 jsou zakázány obaly na potraviny z EPS, ale jsou nadále povoleny obaly na potraviny z XPS (tyto materiály od sebe ovšem nejsou moc dobře rozeznatelné). Aplikace mimo potravinářský průmysl (například výplň u elektroniky) je nadále povolena. Od 1. 7. 2024 je v ČR povinnost na všech nápojových lahvích do maximálního objemu nádoby 3 litry s plastovým uzávěrem mít toto víčko neodělitelné. Tato skutečnost vychází z evropské legislativy, kde bude povinnost o půl roku později, tedy od 1. 1. 2025.

Novelizace zákona z roku 2022 stanovuje cíle pro míru sběru plastových nápojových lahví, a to na nejméně 77 % hmotnosti těchto obalů uvedených na trh od 1. 1. 2025. Čtyři roky na to, od 1. 1. 2029 se hodnota zvýší o 13 % na poměrně ambiciózních 90 %. Výrobci nápojových obalů navíc budou mít od roku 2025 povinnost do nových PET lahví přimíchávat alespoň 25 % recyklátu. Od roku 2030 se tato hodnota zvýší na minimálně 30 % recyklátu, a navíc se již tato povinnost bude týkat všech plastových nápojových lahví – tedy vyrobených z jakéhokoliv polymeru, nejen z PET. [3]

#### **2.1.2.1 Plánovaná revize Zákona o obalech [4]**

V současnosti je pravděpodobně největším tématem na poli odpadového hospodářství debata o zavedení zálohování PET lahví. MŽP v čele s ministrem Hladíkem představilo možnou podobu plánované revize zákona o obalech, která by měla vejít v platnost nejdříve v polovině roku 2025 (v poslední době se mluví o posunu na rok 2026). Ta by uzákonila povinnost zálohování nejen PET lahví, ale i hliníkových nápojových plechovek. Týkala by se všech plastových obalů o objemu 0,1 až 3 litry. Výjimku by tvořily alkoholické nápoje s obsahem alkoholu větším než 15 %. Výše zálohy by se měla pohybovat mezi 4-5 Kč na obal, aktuálně se hlasy přiklání spíše ke 4 Kč. Pro obchodníky provozující prodejny a čerpací stanice o rozloze větší než 50 m<sup>2</sup> zavede povinnost zřízení výběrového místa, odhadem by tedy mělo vzniknout 11 000 sběrných míst. Další sběrná místa budou moci vzniknout dobrovolně – a to

i v případě jednorázových akcí. V obcích nad 300 obyvatel bez žádného sběrného místa ho má za povinnost zřídit operátor systému. Operátor bude založen výrobcí, kteří na trh uvádí nejméně 80 % obalů. MŽP operátorovi udělí autorizaci a bude kontrolovat jeho činnost, tedy stejný postup jako u ostatních kolektivních systémů. Jeho financování bude z poplatků od výrobců, zisků z prodeje druhotných surovin a v neposlední řadě z nevybraných záloh. Operátor ale bude mít zákaz nakládat s odpady.



Obrázek 1: Evropské země se zavedeným zálohovým systémem a rok jejich spuštění (zdroj: [5])

Obrázek č. 1 ukazuje 16 zemí Evropy, které již zavedly zálohový systém na PET lahve. Dalších 9 evropských států plánuje zavádění zálohového systému do 2 let. Motivace k zavedení jsou především cíle EU pro zajištění co nejvyšší míry vysbírání PET lahví a odklon materiálu z přírody a směsného odpadu. Zálohový systém byl ale zaveden, nebo se plánuje zavádět i ve státech, které nejsou členy EU (Island, Bělorusko, Velká Británie, Turecko a Srbsko).

### 2.1.3 Zákon o výrobcích s ukončenou životností [6]

Zákon o výrobcích s ukončenou životností č. 542/2020 Sb. je účinný od 1. 1. 2021 a v ČR je první svého druhu. Za výrobky s ukončenou životností zákon pokládá elektrická a elektronická zařízení, přenosné, automobilové a průmyslové baterie a akumulátory, pneumatiky a vozidla.

Zavádí tzv. „rozšířenou odpovědnost výrobce“ (EPR). Pokud výrobce na trh v ČR uvádí vybrané výrobky, musí na svoje náklady zároveň zprostředkovat jejich zpětný odběr, zpracování a využití či odstranění. Zároveň spotřebitele musí informovat o odpovědném chování, tedy jak správně naložit s výrobkem po skončení jeho životního cyklu. Splnění této povinnosti se dá dosáhnout buď zřízením tzv. individuálního systému, nebo častěji

kolektivního systému, který společně zakládá vícero společností a kterých je v ČR celá řada. [7]

Další důležitou povinností při prodeji elektrozařízení a pneumatik je zřetelné uvádění recyklačního příspěvku na účtence odděleně od ceny výrobků (tato povinnost neplatí pro baterie a akumulátory). Nelze (jako tomu bylo v minulosti) výši recyklačního příspěvku pouze sdělit. [7]

#### **2.1.4 Zákon o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí [8]**

Zákon č. 243/2022 Sb., o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí, tzv. „plastový zákon“ je v české legislativě platný od 31. 8. 2022. Do české legislativy ztransponoval evropskou směrnici.

Mezi nejvýznamnější opatření tohoto zákona se řadí:

- Zákaz uvádění vybraných plastových výrobků na trh – jednorázové plasty, mezi které patří brčka a míchátko, plastové přístroje a nádoby, tyčinky na čištění uší, kelímky nebo nádoby z polystyrenu nemohou být nadále uváděny na trh a do oběhu
- Povinnost značení určitých plastových výrobků – tato povinnost má za cíl informovat zákazníky, že výrobek obsahuje plast a jak s ním nejlépe nakládat, až se z něj stane odpad
- Větší důraz na osvětu
- Zřízení nového systému rozšířené odpovědnosti výrobce pro vybrané výrobky z plastu – výrobce bude mít zákonnou povinnost přispívat na úklid tzv. litteringu (kupříkladu tabákové výrobky – odpad z cigaretových nedopalků) [3]

#### **2.1.5 Katalog odpadů [9]**

Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů č. 8/2021 Sb., zkráceně Katalog odpadů, nabyla v účinnost 27. 1. 2023. Katalog má velkou výhodu v tom, že označení skupin se používá ve všech státech EU stejné.

Vymezuje nám pojmy nebezpečná látka, těžké kovy, přechodné kovy, proces stabilizace, částečně stabilizovaný odpad a proces solidifikace. Nebezpečný odpadem se rozumí každý odpad, který splňuje alespoň jednu z 15 podmínek pro nebezpečný odpad. Takové odpady jsou navíc kromě kódu odpadu označeny symbolem hvězdičky \*. Vlastnosti nebezpečných odpadů můžeme vidět v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Seznam nebezpečných vlastností odpadů (zdroj: [9])

H1	Výbušné
H2	Oxidující
H3	Hořlavé
H4	Dráždivé – dráždivé pro kůži a pro oči
H5	Toxicita pro specifické cílové orgány, Toxicita při vdechnutí
H6	Akutní toxicita
H7	Karcinogenní
H8	Žíravé
H9	Infekční
H10	Toxické pro reprodukci
H11	Mutagenní
H12	Uvolňování akutně toxického plynu
H13	Senzibilizující
H14	Ekotoxický
H15	Odpad schopný vykazovat při nakládání s ním některou z výše uvedených nebezpečných vlastností, kterou v době vzniku neměl

Přílohou č. 1 zákona je samotný katalog odpadů s jednotlivými skupinami, kterých je 20. Skupiny katalogu můžeme vidět v tabulce č. 2. Kód odpadu je sestaven ze tří dvojčíslí oddělených vždy mezerou, přičemž první dvojčíslí nám říká skupinu odpadu, druhé dvojčíslí podskupinu odpadu a třetí dvojčíslí samotný druh odpadu. Pokud neumíme nalézt vhodné katalogové číslo, napíše se na konec 99. V některých případech tvoří kód obsahu dokonce 8 čísel namísto obvyklých 6.

Jako příklad se dá uvést PET lahev, která se po vyhození občanem do nádoby na tříděný odpad stává odpadem pod katalogovým číslem 20 01 39 Plasty.

Tabulka 2: Skupiny katalogu odpadů (zdroj: [9])

Kód	Název
01	Odpady z geologického průzkumu, těžby, úpravy a dalšího fyzikálního a chemického zpracování nerostů a kamene
02	Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství, lesnictví a z výroby a zpracování potravin
03	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky
04	Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
05	Odpady ze zpracování ropy, čištění zemního plynu a z pyrolytického zpracování uhlí
06	Odpady z anorganických chemických procesů
07	Odpady z organických chemických procesů
08	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání nátěrových hmot (barev, laků a smaltů), lepidel, těsnících materiálů a tiskařských barev
09	Odpady z fotografického průmyslu
10	Odpady z tepelných procesů
11	Odpady z chemických povrchových úprav, z povrchových úprav kovů a jiných materiálů a z hydrometalurgie neželezných kovů
12	Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické úpravy povrchu kovů a plastů
13	Odpady olejů a odpady kapalných paliv (kromě jedlých olejů a odpadů uvedených ve skupinách 05 a 12)
14	Odpady organických rozpouštědel, chladiv a hnacích médií (kromě odpadů uvedených ve skupinách 07 a 08)
15	Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
16	Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
17	Stavební a demoliční odpady (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst)
18	Odpady ze zdravotní nebo veterinární péče a /nebo z výzkumu s nimi souvisejícího (s výjimkou kuchyňských odpadů a odpadů ze stravovacích zařízení, které bezprostředně nesouvisejí se zdravotní péčí)
19	Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
20	Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru

### 2.1.6 Zákon o ochraně ovzduší [10]

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší nahradil předcházející zákon z roku 2002. Oproti předešlé verzi rozlišuje 2 zdroje stacionárního znečištění: vyjmenované a neuvedené (předchozí označení malé/střední zdroje). Pro účely zákona se rozumí stacionární zdroj jako jednotka, která je technicky nedělitelná (například technologické zařízení, kotel nebo kamna), nebo činnost znečišťující ovzduší (i potenciálně).

Každý provozovatel zdroje stacionárního znečištění má ze zákona dané povinnosti:

- Provozovat stacionární zdroj v souladu s podmínkami pro provoz danými výrobcem, zákonem a jeho prováděcími předpisy
- Splňovat emisní limity

- Jako paliva používat pouze taková, která vyhovují požadavkům uvedených v prováděcím právním předpisu a jsou doporučena od výrobce zařízení
- Umožnit kontroly osobám s pověřením od úřadu obce s rozšířenou působností – udělit přístup ke zdroji znečištění, spalovaným palivům a surovinám [11]

Provozovatelé vyjmenovaných stacionárních zdrojů znečištění musejí navíc nad rámec povinností uvedených výše plnit i následující požadavky:

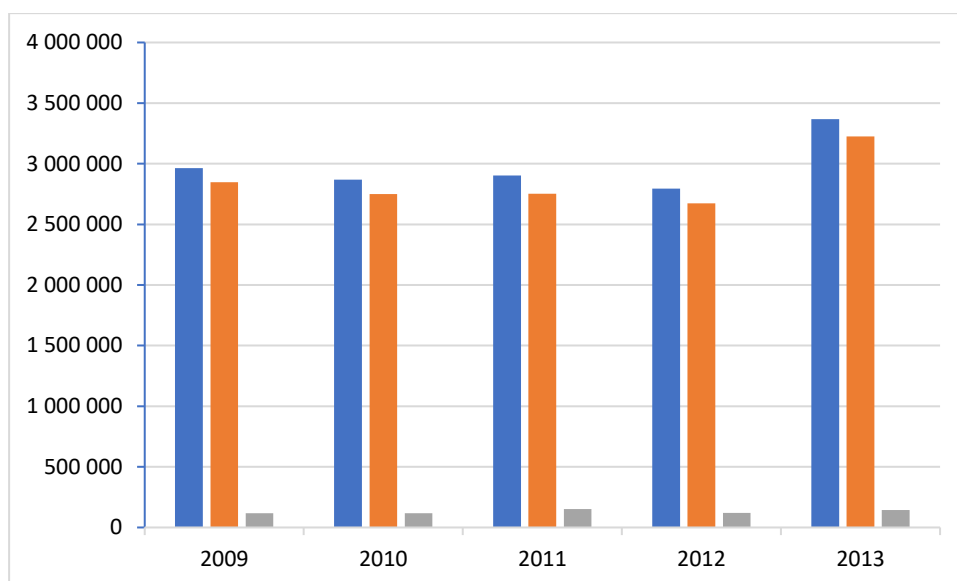
- Disponovat povolením k provozu vydávaným příslušným statistickým úřadem
- Pravidelně měřit emise – zjišťovat míru znečištění
- Každoročně ohlašovat pomocí integrovaného systému plnění ohlašovacích povinností (ISPOP) výstupy z vyjmenovaných zdrojů znečištění a tuto evidenci schraňovat alespoň 3 roky v místě provozu tohoto zdroje pro případ kontroly – při měření navíc povinnost ohlašovat nejpozději 5 pracovních dnů předem toto autorizované měření ČÍŽP [11]

### **2.1.7 Plán odpadového hospodářství Jihomoravského kraje 2016-2025 [12]**

POH JMK pro roky 2016 až 2025 vyšel 2. 11. 2015 a promítá strategii kraje v odpadovém hospodářství. Skládá se ze 4 hlavních částí: úvodní část, analytická část, závazná část a směrná část.

V analytické části jsou na začátku uvedeny informace týkající se počtu obyvatel, geografická data a vyjmenovává jednotlivé ORP. Její hlavní část se ale týká hodnocení stavu odpadového hospodářství kraje. Shrnuje druhy, objem a zdroje odpadů vznikajících na území kraje. Hodnotí účinnost systémů sběru i nakládání s různými toky odpadů, kam patří komunální odpad, směsný komunální odpad, biologicky rozložitelný odpad, biologicky rozložitelný komunální odpad, odpady z obalů, nebezpečné odpady, stavební a demoliční odpady a v neposlední řadě výrobky s ukončenou životností. Vyhodnocuje, zda jižní Morava disponuje dostatečně hustými sítěmi recyklačních zařízení pro odpady i výrobky s ukončenou životností. Snaží se v této oblasti uplatnit vylepšení principu recyklovat odpady co nejbližší místu, kde vznikají.





Obrázek 2: Produkce odpadů v Jihomoravském kraji v letech 2009 až 2013 (zdroj: [12])

Z obrázku č. 2 vyplývá, že celková produkce odpadů v roce 2013 byla 3 368 427 tun a z vybraného pětiletého období se jedná o největší číslo. Nejméně odpadu celkově i ostatního se podařilo vyprodukovat v roce 2012. Podíl ostatních odpadů na produkci se pohyboval mezi 94,8 % (2011) a 96,1 % (2009). Nebezpečný odpad tvořil zbytek, nejvíce se ho tedy vyprodukovalo – celkově i podle procentuálního podílu – v roce 2011.

Podle katalogových čísel vznikalo na území kraje v roce 2013 nejvíce stavebních a demoličních odpadů (skupina 17; 67,67 %), komunálních odpadů (skupina 20; 15,82 %), odpady ze zařízení na zpracování odpadu včetně ČOV (skupina 19; 6,38 %) a odpadní obaly (skupina 15; 3,08 %). Zbylé skupiny zaujímaly podíl menší než 3 %.

V Jihomoravském kraji se v posledním desetiletí nedařilo snižovat množství vyprodukovaného odpadu. Tento trend odporující hlavní prioritě moderního odpadového hospodářství je ale globální. Pozitivní ovšem je snížené množství smíšeného komunálního odpadu na obyvatele. To se povedlo díky zlepšenému třídění do barevných kontejnerů. Nejlepšími výsledky disponují obce, které zavedly systém tzv. „door to door“, kdy má každá domácnost přistavena svoje barevné kontejnery přímo před rodinným domem. Obce čelí mimořádné výzvě v podobě třídění všech komunálních odpadů alespoň na míru 75 % do roku 2035 a zároveň snížení množství vyprodukovaného komunálního odpadu v roce 2030 na polovinu oproti hodnotám z roku 2020. [13]

### 2.1.8 Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050 [14]

SPŽP ČR byla schválena vládou 11. ledna 2021. Zabývá se hlavními problémovými oblastmi znečištění životního prostředí v ČR, které byly rozděleny do 3 následujících oblastí: Životní prostředí a zdraví; Klimaticky neutrální a oběhové hospodářství; Příroda a krajina. SPŽP vydána v roce 2021 představuje už 6. verzi tohoto typu. Formuluje různé strategické cíle, pod nimiž stojí cíle specifické (celkem dokument obsahuje 10 strategických a 32 specifických).

Realizace navržených typových opatření by měla vést k účinné ochraně všech složek životního prostředí. Zásadním krokem k přechodu na oběhové hospodářství je snížit skládkování na minimum, legislativa klade za cíl snížit podíl skládkování na 10 % ve srovnání s hodnotou z roku 1995.

### **1. Návrhová část SPŽP obsahuje:**

#### **Strategický cíl: Oběhové hospodářství zaručuje hospodárné nakládání se surovinami, výrobky a odpady v ČR**

Zvětšující se množství vyprodukovaného odpadu zpravidla souvisí s dvěma faktory, a to růstem populace a bohatnutí společnosti. Mnoho států se od sebe snaží oddělit zvyšující se tlak na životní prostředí a růst ekonomiky, což se nazývá decoupling. Tomu by mohl výrazně napomoci přechod na cirkulární ekonomiku, neboť ekonomika lineárně neekonomicky nakládá se zdroji, což může v důsledku ohrožovat lidské zdraví i životní prostředí.

Cílem oběhového hospodářství je udržet v ekonomice surovinu co možná nejdéle, samozřejmě ale bez zdravotních rizik. Pro dosažení tohoto cíle je důležitý tzv. ekodesign, kdy můžeme výrobek navrhnout tak, aby vydržel co nejdéle, byl opravitelný, nebo na konci svého životního cyklu recyklovatelný.

Neméně důležité je biohospodářství zabývající se biologicky rozložitelnými odpady. Z těch se pomocí kompostování může vyrobit nové hnojivo a navracet tak živiny zpět do půdy. Další možností je výroba elektrické energie v bioplynových stanicích, čímž šetříme jiné neobnovitelné energetické zdroje, jejichž těžba a spalování souvisí s ekologickými riziky.

#### **Typová opatření specifického cíle „Materiálová náročnost ekonomiky se snižuje“:**

- Podpora využití recyklátů ve výrobních procesech
- Preferování výrobků s obsahem recyklátu převážně ve veřejných zakázkách
- Optimalizovat výrobní proces s cílem předejít vzniku odpadů
- Vývoj a výzkum nových technologií, procesů a materiálů s cílem snižovat množství odpadů vstupních materiálů
- Zrevidovat uvalení daně či poplatku na primární suroviny

#### **Typová opatření specifického cíle „Maximálně se předchází vzniku odpadů“:**

- Podpora „zero-waste“ výrobních technologií, zaměření na využití recyklátů
- Budovat kapacity na zpracování a aplikace druhotných surovin
- Rozvíjet princip rozšířené odpovědnosti výrobců, výrobky budou odpovídat ekodesignu
- Rozvíjet digitalizaci a informační systému odpadového hospodářství
- Podporovat vývoj a výzkum v předcházení vzniku odpadů
- Snižovat množství vyhazovaných potravin, zvyšovat sběr a využití gastroodpadů
- Podpora sdílené ekonomiky, re-use center a opraven
- Preferovat obaly na více použití
- Podpora poptávky po recyklátech – preferovat druhotné suroviny u veřejných zakázek

## **Typová opatření specifického cíle „Hierarchie způsobů nakládání s odpady je dodržována“:**

- Vybudování účinné recyklační infrastruktury a technologií na zpracování odpadů
- Předcházení vzniků odpadů – snižování produkce
- Snižování podílu ukládaného využitelného odpadu na skládky
- Navýšení podílu materiálového využití komunálních odpadů
- Podpora lepší separace stavebního odpadu a preferování opravy namísto demolic
- Motivace a podpora zemědělců k aplikaci kompostu na půdu
- Podpora energetického využití těch odpadů, které nelze využít materiálově
- Podpora vědy, výzkumu a inovací v oblasti oběhového hospodářství
- Zvyšování poplatků za uložení odpadu na skládku

## **2. Analytická část SPŽP obsahuje:**

### **SWOT analýza zabývající se přechodem na oběhové hospodářství**

SWOT je akronymem z původních anglických slov, kde S = strengths (silné stránky), W = weaknesses (slabé stránky), O = opportunities (příležitosti), T = threats (hrozby).

#### **Silné stránky**

- Klesá materiálová náročnost české ekonomiky
- Vysoká míra využití odpadů z obalů
- Systém tříděného sběru komunálních odpadů
- Snižuje se množství vzniklých nebezpečných odpadů

#### **Slabé stránky**

- Celkové množství všech odpadů, komunálních odpadů i obalových odpadů má stále rostoucí trend
- Stále se skládkuje příliš mnoho komunálních odpadů
- Chybějící kapacity třídících zařízení a nedostatečná recyklační infrastruktura
- Vysoký obsah biologicky rozložitelného odpadu ve směsném komunálním odpadu

#### **Příležitosti**

- Rozšíření tříděného sběru komunálního odpadu o další komodity (textil od roku 2025)
- Rozvoj modelu produkt jako služba – sdílení či pronájem věcí by měl snížit zbytečně vyprodukovaný odpad
- Moderní technologie pro zpracování odpadů a využití cenných složek, zpětné získávání surovin – včetně surovin tzv. kritických, nacházejících se převážně v elektronických zařízeních, bateriích či autovracích
- Zákaz skládkování využitelných odpadů (recyklovatelné, biologicky rozložitelné či s vysokou výhřevností)

#### **Hrozby**

- Ilegální přeprava a obchodování s odpady

- Černé skládky – větší pravděpodobnost kvůli zdražení legálního skládkování
- Zvýšený výskyt odpadních baterií (nejen) kvůli rozvoji elektromobility
- Nedodržování odpadové hierarchie

### **2.1.9 Akční plán Cirkulární Česko 2040 [15]**

Akční plán Cirkulární Česko pro období 2022-2027 je implementačním dokumentem Strategického rámce cirkulární ekonomiky České republiky 2040. Strategický rámec „Maximálně cirkulární Česko v roce 2040“ vyšel v listopadu 2021 a Akční plán Cirkulární Česko pro roky 2022-2027 rok poté, v listopadu 2022. Cílem Akčního plánu je podrobněji nastavit cestu k plnění vytyčených cílů, v deseti hlavních oblastech tedy více do detailu popisuje konkrétní typová opatření. I když bylo vydáno MŽP, za plnění závazků zodpovídá i například MPO.

Mezi deset hlavních oblastí byly zařazeny následující: Produkty a design; Průmysl, suroviny, stavebnictví, energetika; Bioekonomika a potraviny; Spotřeba a spotřebitelé; Odpadové hospodářství; Voda; Výzkum, vývoj a inovace; Vzdělávání a znalosti; Ekonomické nástroje; Cirkulární města a infrastruktura.

#### **Produkty a design**

Design výrobků podle zásad cirkulární ekonomiky je zásadní pro oběhové hospodářství. Většinou se stále výrobky navrhují starším „lineárním“ způsobem. Správný design zajistí prodloužení životního cyklu výrobku díky kvalitě (trvanlivosti) a opravitelnosti. Pokud o něj případně původní zákazník nemá zájem, přichází na řadu možnost opětovného použití a po konci cyklu životního výrobku jeho recyklovatelnost. Důležité je držet materiál co nejdéle v ekonomickém cyklu.

Konkrétními opatřeními tedy jsou podpora používání recyklátů jako vstupních surovin pro výrobu nových produktů, vyšší zaměření na přecházení vzniku odpadů a následné nakládání s vzniklými odpady, podpora vývoje a výzkumu v oblasti materiálů, zavádění principů ekomodulace či rozšiřování a zdokonalování EPR systémů (rozšířená zodpovědnost výrobce).

#### **Průmysl, suroviny, stavebnictví, energetika**

Je zásadní posílit schopnost průmyslu se vyvíjet a adoptovat novým trendům jako je cirkularita, udržitelnost a digitalizace. Oběhové hospodářství může průmyslovým podnikům pomoci snížit kolísavost cen a nedostatek materiálů. Stavebního a demoličního odpadu se pravidelně vyprodukuje nejvíce ze všech skupin odpadů jak v ČR, tak v celé EU. Právě využití recyklátů v oblasti stavebnictví má potenciál udělat velký krok v cirkularitě. Cílem je používat primární suroviny pouze tam, kde je to nevyhnutelné.

Mezi konkrétní opatření patří cíl ztrojnásobit do roku 2040 celkovou míru cirkularity, optimalizovat výrobní procesy z hlediska vzniklých odpadů při průmyslových činnostech, v pravidelných intervalech posuzovat poplatky v odpadovém hospodářství, podporovat energetické využití odpadů (převážně u nerecyklovatelných odpadů) nebo snižovat energetickou náročnost budov a procesů.

## **Odpadové hospodářství**

Mezi cirkulární ekonomiku samozřejmě nepatří jen odpady, ale právě ty jsou zásadní pro naplňování principů oběhového hospodářství. Komunální odpady sice tvoří zhruba 10 % ze všech vyprodukovaných odpadů, ale Evropská Komise měla v posledním období tento tok odpadu jako prioritu. Byly přijaty nové cíle recyklace a omezení skládkování. Třídění v ČR funguje poměrně dobře, ovšem právě třídění v místě vzniku odpadu (domácnosti i průmysl) je důležité pro správné fungování cirkulární ekonomiky. Bude potřeba v ČR zvýšit kapacity na recyklaci různých toků odpadů, v dokumentu je výslovně uvedeno zvýšení kapacit pro recyklaci papíru, aby ho bylo možné co nejvíce recyklovat v ČR.

Opatření se tedy zaměří například na podporu předcházení vzniku odpadů, vybudování dostatečných recyklačních kapacit, omezení nebezpečných látek na vstupu do technologií za účelem snížení produkce nebezpečných odpadů, vylepšovat množství, dostupnost i správnost dat, rozšiřovat síť sběrných stanic pro bioodpady (rostlinné i živočišné) a s tím související navýšení počtu odpadových bioplynových stanic, nebo dokonce vylepšení technologie pro zušlechťování bioplynu na biomethan.

### **2.1.10 Zelená dohoda pro Evropu [16]**

Zelená dohoda pro Evropu, častěji označovaná anglickým originálním názvem European Green Deal, je právně nezávazný dokument představený v roce 2019, který si dává za velmi ambiciózní cíl stát se prvním klimaticky neutrálním kontinentem [17]. Je rozdělen do tří hlavních částí:

#### **1. Transformace ekonomiky EU pro udržitelnou budoucnost**

##### **Zvýšení ambic EU v oblasti klimatu pro roky 2030 a 2050**

Do roku 2050 se chce EU stát klimaticky neutrální a Komise již představila svou vizi. Mezi roky 1990 až 2018 se podařilo snížit emise skleníkových plynů o 23 % při současném růstu ekonomiky o 61 %. Cílem pro rok 2030 je emise snížit o 55 % v porovnání s rokem 1990. Balíček legislativních návrhů pro dosažení tohoto cíle nese název Fit for 55. Byl navržen v roce 2021 Komisí.

Za účelem dosažení tohoto cíle se bude využívat mechanismu tzv. emisních povolenek, který je součástí balíčku Fit for 55. Jedna emisní povolenka znamená oprávnění na vypuštění 1 tuny CO<sub>2</sub> do ovzduší. Cena emisní povolenky je určována tržně a její kolísání má vliv i na kolísání cen elektrické energie. Rostoucí cena za emisní povolenky motivuje společnosti pro přechod na bezuhlíkovou výrobu, neboť se například energie z uhlí může časem stát cenově nekonkurenceschopnou. Do systému emisních povolenek by měly být zařazeny další sektory jako budovy či doprava.

## **Dodávky čisté, dostupné a bezpečné energie**

Klimatické cíle půjde splnit pouze pokud proběhne dekarbonizace energetického sektoru. Až 75 % emisí v EU totiž tvoří výroba a využívání energie. Pro rychlý odklon od uhlí je potřeba

v co největší míře rozvíjet obnovitelné zdroje energie. Zároveň je ale nutné, aby byla energie dostupná pro spotřebitele a bezpečná. Členské státy dostanou povinnost vypracovat energetické a klimatické plány. Budou se podporovat inovativní technologie, kam patří vodíkové technologie, zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> nebo ukládání energie. Paralelně se zaváděním nových technologií je důležitá též modernizace těch stávajících.

### **Aktivizace průmyslu pro čisté oběhové hospodářství**

Dokument uvádí, že doba potřebná pro kompletní transformaci určitého sektoru je třeba 25 let. S výhledem do roku 2050 je tedy nutné přijímat opatření, aby trh EU stihl tuto přeměnu. Mezi lety 1970 a 2017 se těžba materiálů na celém světě ztrojnásobila. Ta má na svědomí přibližně polovinu emisí skleníkových plynů, z největší části přispívá k ztrátě biologické rozmanitosti a nedostatku vody. Průmysl EU se nachází na dobré cestě, ale stále emituje přibližně pětinu všech emisí, které má EU na svědomí. Hospodářství má stále více lineární podobu, než jakou si představuje Komise. Ani ne pětinu vstupních materiálů v průmyslu představují recykláty. Transformace hospodářství má potenciál vytvářet pracovní místa a podle plánů komise má být dvojího typu: zelená a digitální. I přes energeticky velmi náročná odvětví, kam můžeme zařadit výrobu oceli, chemický průmysl či cementárny, se tato odvětví považují za nepostradatelná. Rovněž se díky Zelené dohodě rozšíří odpovědnost výrobců.

### **Stavět a renovovat za účinného využívání energie a zdrojů**

Na budovy v EU připadá více než třetina celkové energetické spotřeby. Kromě energetické náročnosti se budovy vyznačují i vysokou materiálovou náročností, kdy mezi hlavní vstupy patří suroviny jako cement, štěrka a písek. EU si klade za cíl spustit rozsáhlou „vlnu renovací“, čímž chce snížit spotřebu energií v sektoru budov. Tento krok může pomoci stavebnímu průmyslu a zároveň využívat již zastavěnou plochu co možná nejefektivněji. Plánují se i přijímat legislativní opatření mající za cíl zvyšovat energetickou účinnost budov.

### **Urychlení přechodu k udržitelné a inteligentní mobilitě**

Na sektor dopravy připadá přibližně čtvrtinová produkce skleníkových plynů v celé Unii a tento podíl má rostoucí trend. Sem zahrnujeme všechny typy dopravy: silniční, železniční, letecká a vodní. Pro dosažení klimatické neutrality v roce 2050 je podle Komise nutné snížit produkci emisí o 90 %. Pro vnitrostátní přepravu materiálů bude upřednostňována doprava železniční a vodní (včetně pobřežní dopravy) na úkor silniční.

Sektor dopravy bude významně ovlivněn trendem digitalizace. Komise si od této změny slibuje snížení znečištění a zatížení dopravních sítí zejména ve městech. Jednu z myšlenek Komise představuje promítnutí dopadu na ŽP a zdraví do ceny dopravy. Je potřeba vybudovat dostatečně hustou síť pro vozidla s nulovými, případně nízkými emisemi. Kromě již existujících alternativ k fosilním zdrojům Komise přezkoumává podporu dalších možností alternativních paliv.

## **Strategie od zemědělce ke spotřebiteli: vytvoření spravedlivého, zdravého potravinového systému šetrného k životnímu prostředí**

Evropské potraviny se vyznačují skvělou kvalitou a nezávadností. Počet lidí na planetě neustále roste a stává se čím dál složitější všechny žít. Zvýšená produkce potravin má potom za následek znečištění vody, půdy i ovzduší. Část potravin se potom nespotřebuje a vzniká potravinový odpad. V důsledku zvýšené produkce strádá i biologická rozmanitost. Přechod na udržitelnější způsoby chovu a pěstování již byl zahájen, ústředním bodem této transformace budou zemědělci a rybáři. Strategické plány v této oblasti budou tedy převážně usilovat o snižování aplikace chemických látek (pesticidy, hnojiva, antibiotika) v zemědělství.

## **Ochrana a obnova ekosystémů a biologické rozmanitosti**

Díky ekosystémům můžeme čerpat potraviny, čistou vodu a neznečištěný vzduch. Zároveň nám pomáhají se zmírňováním dopadů přírodních katastrof a přirozenou regulací klimatu. Celosvětovým trendem je ovšem snižování biodiverzity. Součástí strategie bude zvyšování biologické rozmanitosti i v rámci měst a zastavěných oblastí. Zalesňování je velké téma v souvislosti s absorpcí CO<sub>2</sub> z atmosféry. EU se musí zaměřit jak na kvalitu, tak kvantitu lesních ploch. Kromě lesa spoustu uhlíku z atmosféry zachytí moře a oceány. Udržitelný rybolov může ulehčit zemědělské půdě, ale Komise nebude tolerovat neregulovaný a protizákonný rybolov.

## **Životní prostředí bez toxických látek díky ambicióznímu cíli nulového znečištění**

Životní prostředí bez přítomnosti jedovatých látek je velmi ambiciózní plán. K jeho dosažení bude nutný kontinuální monitoring a reporting všech složek životního prostředí. Podzemní i povrchové vody mají své přirozené funkce, které bude potřeba obnovit pro zachování biodiverzity. Související strategie „od zemědělce ke spotřebiteli“ by měla dopomoci ke snížení živin ve vodách, což způsobuje jejich znečištění. Komise se rovněž bude zabývat novými znečišťujícími látkami jako mikroplasty a také řešit synergetické účinky polutantů. Současné požadavky na kvalitu ovzduší nekorespondují se Světovou zdravotnickou organizací, proto Komise navrhne revizi s cílem hodnoty přiblížit těm používaných WHO, které mají maximální povolené koncentrace na nižších hodnotách.

## **2.1.11 Nový akční plán pro oběhové hospodářství – Čistší a konkurenceschopnější Evropa [18]**

Plán vydaný Komisí v březnu 2020 v Bruselu má za cíl z Evropy udělat čistější a konkurenceschopnější světadíl – dokonce chce z Evropy udělat celosvětového lídra v oblasti oběhového hospodářství. Nový akční plán navazuje na předchozí akční plán z roku 2015 a je součástí Green Dealu. Formulace podobných akčních plánů má všeobecnější podobu, konkrétní cíle a opatření bývají součástí národní či evropské legislativy.

### **1. Rámec udržitelné výrobní politiky**

Uvádí se, že až 80 % dopadů výrobků na životní prostředí vzniká již při fázi designu. Většina výrobků je ale navrhována stále konvenčním „lineárním“ způsobem. Výrobek, který se dá považovat za cirkulárně designovaný, musí splňovat několik zásad, mezi které patří: dostatečně dlouhá životnost, opravitelnost v případě poruchy/rozbití nebo recyklovatelnost na konci životního cyklu. Směrnice EU o ekodesignu již do praxe zavádí některé znaky cirkularitu výrobků. Unie má i další nástroje jako ekoznačka EU nebo kritéria pro zadávání zelených zakázek. Komise stanoví různé zásady udržitelnosti, kam patří mimo jiné: prodloužení životnosti, opravitelnost, repasování a recyklace výrobků, snížení obsahu toxických látek, zvýšený obsah recyklátu, digitalizace, snížení uhlíkové stopy a omezení jednorázově používaných výrobků.

Komise chce posílit postavení spotřebitelů, kteří by měli dostávat o nakoupených výrobcích spolehlivé informace – servisní příručka, životnost, dostupnost opravy a náhradních dílů. Chce chránit zákazníky před greenwashingem a nepravdivými tvrzeními. Komise bude pracovat na zavedení nového „práva na opravu“. Firmy budou muset dokládat svoje tvrzení metodami environmentální stopy (ať už jednotlivého výrobku, nebo celé organizace).

## **2. Klíčové hodnotové řetězce produktů**

Komise určila 7 prioritních oblastí, kam zařadila: Elektronika a IKT; Baterie a vozidla; Obaly; Plasty; Textilní výrobky; Stavebnictví a budovy; Potraviny, voda a živiny.

### **Obaly**

Množství vyprodukovaného obalového materiálu neustále přibývá a koreluje s rostoucí životní úrovni a HDP EU. Komise bude požadovat zpřísnění pro obalové materiály: snížení množství obalového materiálu (předcházení vzniku odpadů) a podporu designu, opětovného využití a recyklace a omezení kompozitních materiálů z více materiálů i kompozitních plastů. Pro jiné plasty než PET Komise zavede pravidla bezpečné recyklaci pro recykláty mířící do food-grade aplikací. Rozšířením dostupnosti pitné vody z vodovodů by mohlo předejít nákupu balené vody – a tedy předejít vzniku odpadu.

### **Plasty**

Plasty se staly symbolem znečištění životního prostředí a vyvolávají v lidech obavy. Množství odpadních plastů má nadále růst a kolem roku 2040 má být spotřeba dvojnásobná. Komise představí závazné požadavky pro minimální obsah recyklátu v obalech, vozidlech a stavebních materiálech. Dále upře Komise svou pozornost i na mikroplasty, kdy omezí záměrně přidávané mikroplasty v různých aplikacích. Zaměří se ale i na nezáměrně uvolňované mikroplasty do životního prostředí (převážně z pneumatik a textilních výrobků) a bude poskytovat data o výskytu mikroplastů v mořské vodě. Dalším okruhem budou bioplasty, biologicky rozložitelné plasty a kompostovatelné plasty. Používání těchto materiálů bude pouze vhodné pouze v těch případech, kdy mají prokazatelně kladný vliv na životní prostředí. Poslední oblast budou jednorázově použitelné plasty s cílem omezit znečištění oceánů, moří a pláží plasty. Zavedou se pravidla pro určení množství recyklátu ve výrobku a pro značení výrobků s obsahem plastu (cigaretové výrobky, kelímky a jiné).

## **3. Méně odpadu, více hodnoty**

I když se členské státy snaží zvrátit trend neustále rostoucího množství vyprodukovaného odpadu, zatím se to nedaří. V celé EU vznikne za rok 2,5 miliardy tun odpadů. I když



odpadová legislativa od 70. let 20. století pomohla k vylepšení v situaci nakládání s odpady, je nutné pravidelně legislativu aktualizovat a revidovat. V oblastech baterií, vozidel s ukončenou životností a elektrozařízeních bude navržena revize, aby bylo zajištěno předcházení vzniku odpadů, bezpečnější nakládání s odpady i již zmíněné předcházení vzniku odpadů.

Pro recyklaci je zásadní nejprve toky odpadů účinně separovat. Komise chce zharmonizovat třídění odpadů, kdy se bude probírat možnost sjednotit značení odpadů či jednotná barva kontejnerů na tříděný odpad. Důležité je disponovat dostatečně hustou sběrnou sítí.

Systému cirkularity by podle Komise prospěl co možná nejvíce snížený obsah jedovatých látek. Tento plán snížit obsah chemických látek ve výrobcích, potažmo v recyklátu, úzce souvisí s nařízením REACH [19].

Komise chce v Evropě vytvořit efektivní trh s druhotnými surovinami, kterým stále představují primární suroviny velkou konkurenci z hlediska bezpečnosti, kvality a ceny. Zavede se minimální hodnota recyklátů v určitých výrobcích, čímž chce Komise zajistit dostatečnou nabídku i poptávku po druhotných surovinách. Současná kritéria pro určení, zda odpad je či není odpadem, nejsou vyhovující, proto se budou vypracovávat rozšiřující definice a harmonizace mezi členskými státy.

Trh s přepravou odpadů prochází změnami. Vývoz odpadů nemá za důsledek jen zvýšenou uhlíkovou stopu, ale i jiné hrozby pro životní prostředí a zdraví obyvatelstva. Evropa zároveň přichází o zdroje, které se po recyklaci mohou vrátit zpátky do ekonomiky. Pro odpad, který je možné zpracovat v rámci EU, by se výhledově mohlo vyvážení mimo Unii zcela zakázat. S cílem zajistit kvalitu recyklátu má vzniknout označení „recyklováno v EU“. Akční plán chce přísněji hlídat a kontrolovat převoz odpadů, převážně těch nebezpečných. Zaměří se i na obchodování s odpady a bude potírat to nelegální.

#### **4. Oběhové hospodářství fungující na úrovni regionů, měst i jednotlivců**

Mezi lety 2012 až 2018 vzrostl počet pracovních míst spojených s cirkulární ekonomikou o 5 % a dosáhl skoro 4 milionů pracovních pozic. Komise chce zajistit, aby žádný region nezůstal pozadu v zelené transformaci. Důležité pro to bude nastavit fungující systém financování, to bude mít na starost například program InvestEU. Podporu vzdělání bude mít na starost Evropský fond plus, který má za úkol navyšovat kompetence lidí a vytvářet odborníky na problematiku cirkulární ekonomiky.

##### **2.1.12 Nařízení Komise EU 2022/1616 [20]**

Kompletním názvem „Nařízení Komise EU o materiálech a předmětech z recyklovaných plastů určených pro styk s potravinami a o zrušení nařízení (ES) č. 282/2008“ ze dne 15. 9. 2022. Nařízení platí od 10. 10. 2022.

Cílem nařízení je určit pravidla pro:

1. Prodej plastových materiálů a výrobků vyrobených pomocí vhodné recyklační technologie z odpadních plastů, které jsou food-grade, tedy povoleny pro styk s potravinami

2. Vývoj nových a provozování stávajících recyklačních technologií a zařízení určené pro výrobu recyklovaného plastu
3. Správné používání materiálů a předmětů z plastu určené pro styk s potravinami, které již byly nebo mají v budoucnu být recyklovány

Vhodné recyklační technologie se pro účely zařízení považují ty, které dokáží zajistit mikrobiologickou bezpečnost plastových materiálů určených pro styk s potravinami. Dále je nepřijatelné, aby materiály uvolňovaly do potravin takovou koncentraci složek, která by mohla ohrozit lidské zdraví či výrazně změnit složení a tzv. organoleptické vlastnosti (chuť, vůně, barva a textura) potravin. Dále nesmí být obaly značeny a propagovány za použití metod „greenwashingu“ – tedy uvádět spotřebiteli mylné informace. Příloha nařízení nám vyjmenovává tyto vhodné technologie a umožňuje i použití nových technologií.

Sesbíraný plastový odpad, z kterého posléze bude vyroben výrobek z recyklátu, by měl pocházet převážně z komunálního odpadu nebo přímo z potravinářských firem. Plast by navíc měl být separován od ostatních složek komunálních odpadů, nebo vysbírán pomocí recyklačního programu s garancí, že tento plast není kontaminován. [21]

Nová recyklační technologie musí dodržovat administrativní stránku procesu a disponovat potřebnou dokumentací. Dále musí docházet k odběru vzorků jak na vstupním plastovém materiálu, tak na výstupu. Zde se sleduje kontaminace a průměrné hodnoty se zveřejňují jednou za půl roku. V případě dostatečného množství údajů Komise vyžádá od Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) posouzení příslušné nové technologie. Po posouzení Komise rozhodne, zda bude tato technologie schválena. [21]

### **2.1.13 Nařízení REACH [19]**

REACH je nařízení vydané EU, které si klade za cíl zefektivnit ochranu lidského zdraví i životního prostředí před vlivem chemických látek. V platnost vstoupilo 1. 6. 2007. Zkratka REACH vychází z anglických slov „Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals“ – česky „registrace, hodnocení, povolení a omezování chemických látek“. Náležitosti REACH zařizuje po všech stránkách Agentura pro chemické látky (European Chemicals Agency = ECHA), která byla založena při vstoupení nařízení v platnost, tedy 1. června 2007. Forma nařízení znamená, že v nezměněné podobě začíná platit ve všech členských státech ve stejné podobě a v rychlejším časovém horizontu. Na rozdíl od směrnice, které jednotlivé země musí transponovat do národní legislativy, což je proces zpravidla trvající v rámci nižších jednotek let. Zároveň má tato legislativa napomoci ke zvýšení konkurenceschopnosti chemického průmyslu EU.

Cílovou skupinou zasaženou tímto nařízením jsou chemické látky, kterých je celá řada a nepochybně představují svá rizika. Týká se všech chemických látek od těch nebezpečných až po látky z běžného života jako například čisticí prostředky, barviva, oblečení, nábytek i elektronika. Svou působností se tedy týká většiny společností v EU, a to dokonce i těch, které si o sobě nemusí myslet, že se zabývají chemickými látkami. Nároky kladené touto legislativou mají za povinnost dodržovat právě společnosti, které musí určit a řídit rizika jednotlivých látek vyráběných a uváděných na trh v EU. Uživatelé musí znát tato rizika i bezpečný způsob zacházení s jednotlivými chemikáliemi. Příslušné orgány v případě

nedostatečné možnosti řídit rizika mohou látky omezit. Trendem do budoucna bude především nahrazení nebezpečných látek bezpečnějšími.

Nařízení se týká převážně 4 hlavních skupin:

- 1) Výrobci – ať už vyrábí pro trh v EU, nebo pro vývoz, vztahují se na ně určité povinnosti
- 2) Dovozy – i na látky vyrobené mimo EU, které se posléze dovezou a používají na území členských států, se vztahují povinnosti nařízení
- 3) Distributoři – mají na starosti správné skladování chemikálií a uvádějí je na trh
- 4) Uživatelé – i následní uživatelé mají své povinnosti ve vztahu k REACH. Ti se musí při manipulaci řídit bezpečnou manipulací s chemickými látkami. [22]

#### **2.1.14 ČSN EN ISO 9001 [23]**

Norma ISO 9001 (Systém managementu kvality – QMS) reprezentuje mezinárodní standard, který všem typům organizací (velká/malá, veřejný/soukromý sektor, libovolný stát) pomáhá naplňovat požadavky zákazníků v ohledu kvality služeb a výrobků nabízených certifikovanou společností. Mezi ostatními normami z rodiny 9000 se jedná o nejpoužívanější normu a většinou zavedení právě normy 9001 předchází certifikaci dle 14001.

Norma obsahuje následující principy řízení kvality:

- Orientace na zákazníka
- Vedení a řízení
- Zapojení lidí
- Procesní a systémový přístup k řízení
- Trvalé vylepšování
- Věcný přístup k rozhodování [24]

Následující principy představují základní požadavky normy zabývající se rozsáhlou paletou témat obsahující odpovědnost vedení organizace, management zdrojů, uskutečnění produktu, analýzy a vylepšování.

Implementace QMS má za důsledek:

- Zvýšení spokojenosti zákazníků – podle předem určených požadavků pro management služeb i produktů dokáže organizace zajistit naplnění přání zákazníků, kteří díky tomu mohou být spokojeni a věrní. Dále může samotná certifikace zlepšit image organizace a zvýšit konkurenceschopnost na trhu.
- Snížení finančních výdajů – zavedení QMS může odhalit slabá místa a najít možnosti pro zlepšení. Dále může díky efektivní komunikaci zlepšit týmový duch a celkovou produktivitu práce.
- Navýšení efektivity a objektivnější rozhodování – pomocí věcného přístupu k rozhodování se rozhodnutí podložená daty zefektivňují. Celková efektivita poté navyšuje produktivitu. [24]

### 2.1.15 ČSN EN ISO 14001 [25]

Norma ISO 14001, neboli Systém environmentálního managementu (EMS), představuje základní normu rodiny mezinárodních standardů ISO 14000 zabývajících se managementem životního prostředí v rámci společností. Tyto standardy vydává Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO). Poslední aktualizace normy proběhla v roce 2015. Certifikace dle ISO 14001 má dobrovolný charakter, ovšem některé národní legislativy mohou od firem s velkou mírou rizika ve vztahu k životnímu prostředí vyžadovat tuto certifikaci. Norma je aplikovatelná pro všechny typy firem (malé, střední i velké podniky) v jakémkoliv sektoru (soukromý, veřejný i dobrovolný) a ve všech zemích světa. Systém může být přizpůsoben podle činnosti organizace neohledně na druh výroby či poskytovaných služeb.

Norma vymezuje požadavky na organizace s účelem:

- Zavedení systémového přístupu k řízení životního prostředí
- Vývoje a plnění cílů pro ochranu životního prostředí
- Identifikace a kontrola dopadu činností, výrobků a služeb firmy na životní prostředí
- Zavedení postupů pro monitoring a vyhodnocení environmentální výkonnosti
- Přijímání preventivních a korektivních opatření k řešení všech případných problémů
- Snižování dopadu organizace na složky životního prostředí
- Implementace principu stálého pokroku v environmentální výkonnosti [26]

Implementace EMS může firmě poskytovat následující výhody:

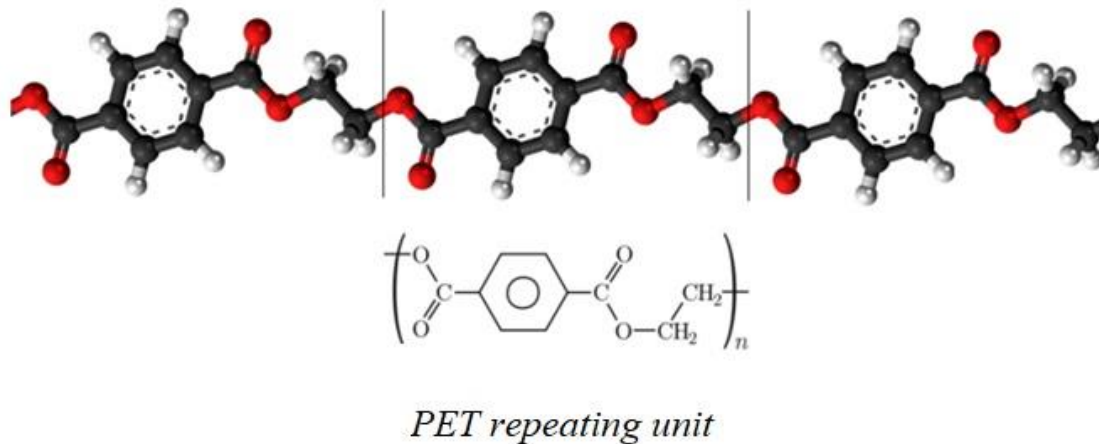
- Zdokonalený environmentální výkon
- Vylepšená věrohodnost a reputace firmy – certifikace dokazuje, že příslušná společnost provádí kroky směřující k ochraně životního prostředí a chová se v souladu s principy udržitelnosti
- Plnění národní legislativy
- Větší efektivita a menší náklady – díky implementaci může firma nalézt slabá místa ve výrobním procesu, jejichž zefektivněním dojde k úspoře finančních prostředků i negativních vlivů na životní prostředí
- Rozšířené možnosti na trhu – v rámci dodavatelských řetězců se může stát, že zákazníci požadují tuto certifikaci a bez ní není možné obchodovat s některými firmami
- Efektivnější rozhodování – procesy v organizaci jsou po certifikaci podloženy daty, které nám umožní se rozhodovat efektivněji a snižovat rizika ve vztahu k životnímu prostředí [26]

Pro dosažení funkčnosti EMS musí společnost určit jaké měřitelné environmentální indikátory bude měřit. Pro ověření správnosti trendu musí tyto indikátory být měřitelné a replikovatelné. V oblasti odpadového hospodářství by se jednalo například o následující indikátory:

- Celková produkce odpadů
- Celková produkce odpadů na jednotku produkce
- Produkce nebezpečných odpadů na jednotku produkce
- Procento využitých odpadů
- Výdaje na zneškodnění odpadů [27]

## 2.2 PET

Polyethylentereftalát, známý pod zkratkou PET, patří do skupiny termoplastů. Ty se vyznačují tím, že se od určité teploty stávají tvárnými, přičemž tyto změny dosažením určité teploty nastávají opakovaně, čímž se odlišují od termosetů. PET je 100% recyklovatelný materiál a materiál z něj můžeme snadno rozeznat pomocí čísla 1 umístěného v recyklačním symbolu či přímo zkratkou PET napsanou pod recyklačním symbolem. Strukturní opakující se jednotka PET je znázorněna na obrázku č. 3.



Obrázek 3: Strukturní vzorec PET (zdroj: [28])

PET má skvělé vlastnosti:

- Velmi lehký, ale zároveň pevný materiál
- Tvoří dobrou bariéru proti vlhkosti a plynům
- Neláme se ani nepraská – lze jej tedy v určitých případech použít jako náhradu skla
- Výborná odolnost vůči alkoholům, olejům a tukům
- Vhodný pro styk s potravinami

Teplota skelného přechodu PET se liší v závislosti na krystalinitě. Jeho  $T_g$  se pohybuje mezi 65 až 80 °C, přičemž amorfní PET má  $T_g$  65 °C a s rostoucím stupněm krystalinity se zvyšuje i teplota skelného přechodu. Teplota tání dosahuje hodnoty 260 °C. Krystalizace probíhá při 178 °C. [28] Výhřevnost PET dosahuje 24,13 MJ/kg [29].

Po PET je zároveň největší poptávka z polymerů a má nejvyšší tržní cenu. Od roku 2021 je PET cenově zvýhodněný (pomocí tzv. ekomodulace), protože je skvěle recyklovatelný. U evidování PET lahví se platí menší poplatek, když láhev obsahuje recyklát. [2]

Na obrázku č. 4 a obrázku č. 5 vidíme ukázkou čirého PET materiálu v různé fázi jeho výrobního cyklu pro materiálové využití. Na obrázku č. 4 můžeme vidět PET flakes, na obrázku č. 5 je znázorněn PET regranulát.



*Obrázek 4: PET flakes*



*Obrázek 5: PET regranolát*

## **2.2.1 Způsoby recyklace**

### **2.2.1.1 Fyzikální recyklace**

Fyzikální recyklace je konvenčním způsobem recyklace PET. Bez strukturálních změn polymeru se pomocí drcení a horkého praní z vysbíraných PET lahví tvoří tzv. PET flakes

(někdy nazýváno též českým výrazem „vločky“). Vzniklý recyklát je tedy vyčištěný a lze jej použít jako výchozí vstupní surovinu do různých výrobních procesů. [30]

Procesu recyklace jako takovému předchází separace odpadního PET do žlutého kontejneru. Na třídící lince se PET oddělí od ostatních polymerů, slisuje se do velkých balíků (tzv. „bales“) a putuje do recyklačního závodu. Na třídícím pásu se pak ručně oddělí na první pohled nevyhovující látky jako například papír, plastové folie (obvykle z polyethylenu). Detektor kovu navíc odstraňuje kovy. Nejprve jsou PET lahve mechanicky rozdrčeny a pomletý polymer poté vchází do vícenásobného praní a oplachování. PET flakes se následně suší, neboť pro další aplikace není zvýšený obsah vody žádoucí. Opět se z drtě magnetický separátor pokouší dostat ven co nejvíce kovové kontaminace. Výsledný produkt je plněn do tzv. „big bagů“, což jsou pytle o velké hmotnosti kolem 1 tuny. [30] Takto vzniklé PET flakes poté mohou putovat do spousty různých odvětví a aplikací – kromě nových PET preforem (z kterých se následně vyfukují PET láhve) se často vyrábí vlákna, obalové fólie, vázací pásy či polyesterové pryskyřice. Dále se určitý obsah přimíchává do výrobků v textilním (fleesová bunda), automobilovém (sedačky aut) a stavebním (střešní krytiny) průmyslu. [31]

Pokud z recyklovaného PET materiálu chceme udělat novou PET lahev a tím uzavřít cirkulární smyčku, označujeme tento systém jako tzv. „bottle to bottle“. Vede se debata, zda je tento systém tou nejlepší volbou z pohledu cirkulární ekonomiky – sice vyrábíme z materiálu ten samý materiál, nejedná se tedy o downcycling. Při přimíchávání PET například do koberečků v automotive vyrábíme sice „méně ušlechtilý“ výrobek, kterého životní cyklus ale bude mnohonásobně větší. Každopádně dává naprostý smysl přimíchávat do nových PET lahví určitý podíl recyklátu, což nám konec konců nařizuje i legislativa (25 % v roce 2025, 30 % v roce 2030). PET preforma se vyrábí z granulátu – ať už se jedná o virgin (panenský materiál z ropy – primární surovina), nebo recyklát (regranulát – druhotná surovina). Vstupní surovinou do procesu regranulace jsou tedy PET flakes. Prvním krokem v tomto procesu je vysušení na maximální povolenou hodnotu (zpravidla pod 0,01 %). Dále se surovina roztaví v extruderu a pod zvýšeným tlakem je tavenina hnána přes sadu filtračních sít s různou jemností (desítky až stovky  $\mu\text{m}$ ). Tavenina zbavená některých nečistot (převážně kovy jako hliník) putuje do reaktoru, kde za teploty 270 °C dochází ke zvýšení hodnot IV (vnitřní viskozita), která je jedním z hlavních ukazatelů kvality výsledného regranulátu. Tavenina opět prochází přes filtr a noži je poté nasekána na granule. Granule se následně vodou chladí na teplotu 80 °C a materiál samovolně zkrystalizuje (exotermický proces). Závěrečným krokem je poté hlídání hodnot acetaldehydu. Výsledný produkt se opět plní do velkoobjemových pytlů – big bags. [32]

### 2.2.1.2 Chemická recyklace

Oproti fyzikální recyklaci nastává u procesu chemické recyklace ke změně chemické struktury látky. Nazývá se též pokročilá recyklace plastů a má vícero druhů: pyrolýza (termochemická recyklace), zplyňování (plazmatická recyklace) a solvolýza (rozpuštění chemikáliemi). [33] Ve srovnání s fyzikální recyklací se vyznačuje tím, že není potřeba do technologie jako vstup dávat pouze jeden druh polymeru, navíc nemusí být dosaženo takové čistoty. Některé plasty by navíc byly nerecyklovatelné fyzikální recyklací, nebo jen velmi obtížně. Sem můžeme zařadit například kompozitní plasty skládající se z více druhů polymerů.

Výsledným produktem termochemické recyklace, pomocí které se dá zpracovat směs plastů, je kapalina s požadovanou kvalitou. Kapalný produkt můžeme použít jako surovinu v petrochemickém průmyslu pro výrobu nejen nových plastů, ale i palivových hmot a vosků. [33]

V případě recyklace PET není vnímána chemická recyklace jako přímá konkurence pro recyklaci fyzikální. Spíše se jedná o vhodné a žádoucí doplnění pro vznik efektivního systému nakládání s plastovým odpadem vyrobených ze všech typů polymerů. [33]

## 2.2.2 Statistiky PET

Pro určení, zda země disponuje dostatkem recyklačních kapacit pro jednotlivé materiály je zásadní znalost množství uváděných na trh i předvídání nejbližší budoucnosti podle trendů. V ČR tyto údaje poskytuje strategie od AOS EKO-KOM. [34]

*Tabulka 3: Množství nápojového PET materiálu uvedeného na český trh v roce 2018 a prognóza pro následující roky (uvedeno v jednotce t/rok) (zdroj: [34])*

Rok	2018	2020	2025	2030
Nápojový PET uvedený na trh	51 200	51 900	53 600	55 400

Z tabulky č. 3 vyplývá, že v roce 2018 se na trh v ČR uvedlo 51,2 tisíce tun nápojových PET lahví. Model vytvořený společností EKO-KOM předpokládá, že PET stejně jako většina ostatních odpadových toků bude mít rostoucí tendenci. Do roku 2030 předpokládá model nárůst na 55 400 tisíc tun uvedeného nápojového PET na trh, což by znamenalo nárůst o 8,2 % oproti roku 2018.

*Tabulka 4: Množství vysbíraného nápojového PET materiálu pomocí všech způsobů sběru v roce 2018 a prognóza pro následující roky (uvedeno v jednotce t/rok) (zdroj: [34])*

Rok	2018	2020	2025	2030
Sběr nápojového PET	41 200	42 500	44 700	50 100

*Tabulka 5: Míra sběru nápojového PET materiálu v systému EKO-KOM za rok 2018 a prognóza pro následující roky (uvedeno v hmotnostních %) (zdroj: [34])*

Rok	2018	2020	2025	2030
Míra sběru nápojového PET	81 %	82 %	87 %	90 %

V tabulce č. 4 můžeme vidět množství vysbíraného nápojového PET všemi způsoby zpětného odběru za rok 2018, který činil 41 200 tisíc tun. Model společnosti EKO-KOM předpokládá kromě nárůstu vznikajícího PET materiálu i narůstající množství vysbíraných PET lahví, a to dokonce vyšším tempem. Tabulka č. 5 tyto hodnoty uvádí procentuálně. V roce 2018 dosáhla v hmotnostních procentech míra sběru 81 %, pro budoucí roky předpokládá nárůst až k cílové hodnotě 90 % v roce 2030.



## 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1 Analytické metody pro stanovení fyzikálně-chemických vlastností odpadů z výroby

#### 3.1.1 Infračervená spektroskopie

Infračervená spektroskopie (IČ) se zabývá infračervenou oblastí elektromagnetického spektra. Obecně označuje analýzu interakce molekuly s infračerveným spektrem o různé vlnové délce. Hlavním využitím této analytické techniky je identifikace a strukturní charakterizace používaná pro organické, ale i anorganické látky. Díky ní můžeme určit funkční skupiny obsažené v molekule, protože se každá funkční skupina vyznačuje peakem v charakteristické oblasti. Jedná se o účinnou rychlou metodu, která se mimo jiné používá pro analýzu plastů. Po analýze nám IČ ukáže graf, kdy se na ose x vyskytují reciproké centimetr ( $\text{cm}^{-1}$ ) a na ose y absorpance či transmitance – u transmitance máme spektrum shora dolů, což vychází ze vzájemného vztahu těchto dvou veličin:  $A = -\log T$  [35]

##### 3.1.1.1 Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) využívá toho, jak infračervené světlo mění dipólové momenty v molekulách, které odpovídají určité vibrační energii. Ve spojení s ATR (Attenuated Total Reflectance = zeslabená totální reflektance) je technika založena na principu násobného úplného odrazu záření na fázovém rozhraní měřeného vzorku a měřicího krystalu z materiálu o vysokém indexu lomu. ATR je vhodné použít především, když vzorky silně absorbují infračervené záření. Nevyžaduje velké množství vzorku pro analýzu a není potřeba používat toxická rozpouštědla. [36]

Konkrétně bylo měření realizováno na FCH VUT s využitím softwaru OPUS 8.1 a FTIR spektrometru ALPHA II od společnosti Bruker.

#### 3.1.2 Zahušťování

Proces zahušťování funguje na principu rozdílných teplot varu různých složek kapalné směsi. Zařízení určené na tento proces se nazývá odparka. Pokud tedy máme netěkavou kapalinu, z které chceme odpařit obsažené těkavé složky, nabízí se jako vhodné zařízení právě odparka. Odparkou můžeme zjišťovat i podíl těkavých látek či podíl vody. Pro snížení teploty varu můžeme snížit tlak. Odparka fungující za sníženého tlaku se nazývá vakuová odparka. Často se využívá rotačních vakuových odparek – díky rotaci (udávané v otáčkách za minutu, rpm) dosahujeme rovnoměrného ohřevu.

Měření bylo prováděno v laboratoři na FCH VUT za použití rotační vakuové odparky.

### 3.1.3 Titrace

Titrace, nazývaná též volumetrická analýza, je běžná technika používaná ke kvantitativnímu stanovení neznámé koncentrace identifikovaného analytu. Existuje mnoho typů titrací podle využitího typu reakce. Typicky se látka o známé koncentraci v byretě po kapkách dává do Erlenmeyerovy baňky. Při acidobazické titraci se většinou přimíchává indikátor pH, který indikuje konečný bod titrace. Objem titrovaného standardu použijeme pro výpočet koncentrace analytu. [37]

Pro účely práce byla titrace použita na stanovení čísla kyselosti odpadní směsi obsahující ethylenglykol. Měření probíhalo na FCH VUT.

## 3.2 Charakteristika vybraných odpadů ve firmě rPET InWaste s.r.o.

V rámci diplomové práce jsem se zabýval následujícími odpady uvedenými v této kapitole. Proběhla důkladná analýza odpadů a následně byla vytvořena tabulka, kde jsou uvedeny všechny druhy odpadů vznikajících ve firmě. Ke každému odpadu se uvádí jeho typ (druhotná surovina/nebezpečný odpad/tříděný odpad/ostatní odpad), kde vzniká (u odpadů z výroby přesné číslo zařízení), kód odpadu, základní popis, způsob shromažďování, místo uložení, způsob nakládání, firma přebírající odpad, případně čím se odpad uklízí a zda se dá čistit.

Pro účely diplomové práce jsou níže uvedeny ty, kde byla zjištěna příležitost pro optimalizaci nakládání s vybraným odpadem. Cílem optimalizací je předcházení odpadů na všech úrovních, hledání možností materiálového využití a omezení skládkování.

### 3.2.1 Odpady z výroby

#### 3.2.1.1 Odpadní ethylenglykol

Ethylenglykol, systematickým názvem ethan-1,2-diol ( $\text{CH}_2\text{OH}_2$ ), se v průmyslu široce uplatňuje jako složka pro chlazení a vytápění. Tato skutečnost je dána výbornými vlastnostmi látky pro přenos tepla. Ethylenglykol se tedy řadí mezi alkoholy, za normálních podmínek se jedná o průhlednou bezbarvou kapalinu s velkou viskozitou a nasládlou chutí. Je perfektně rozpustný ve vodě, ale i v aldehydech, ketonech a kyselině octové. Teplota varu ethylenglykolu dosahuje 197 °C. Ethylenglykol bývá hlavní složkou nemrznoucích směsí používaných v odvětví automotive a HVAC (z anglického heating, ventilation and air conditioning) [38]

Trend poplatku za odstranění odpadů je zřejmý. Rostou nejen poplatky za ukládání na skládku, ale i poplatky za jiné způsoby nakládání s odpady. Navíc podle všech strategií se dává důraz na předcházení vzniku odpadu – převážně těch nebezpečných, kam patří každý odpad s obsahem ethylenglykolu. Uplatnění odpadu pro případná využití se vždy hledá lépe, pokud směs obsahuje co nejméně vody (ideálně zcela bez vody). Na obrázku č. 6 můžeme pozorovat odpadní vodu obsahující ethylenglykol, která byla podrobena analýze.



*Obrázek 6: Odpadní voda obsahující ethylenglykol*

Pokud by se ale nenašlo žádné vhodné uplatnění, tak se platí za likvidaci odpadu oprávněnou osobou, kdy se sazba počítá právě z hmotnosti. S každým procentem obsahu vody se tedy placená částka přímo úměrně zvyšuje. Vzhledem k tomu, že použitý ethylenglykol obsahuje neznámé množství vody se jako vhodný krok nabízí použití rotační vakuové odparky pro zjištění obsahu vody i ethylenglykolu.

Experiment probíhal za podmínek  $T = 98\text{ °C}$ ,  $p = 1,5\text{ kPa}$ , 100 rpm (otáčky za minutu). Tyto podmínky byly zvoleny pro odpaření veškerého volného ethylenglykolu získané z výpočtu dle Antoinovy rovnice [39]. Potřebný tlak při teplotě  $98\text{ °C}$  dle výpočtu byl ještě o 0,36 kPa snížen pro získání maximálního množství ethylenglykolu a snížení chybovosti. Měření probíhalo dostatečně dlouhou dobu a bylo ukončeno, když se neměnilo množství vypařených látek. Navážka před pokusem měla hodnotu 700,1 g. Po ukončení experimentu bylo pomocí další navážky zjištěno, že v baňce zůstalo 665,7 g. 95,09 % se tedy při výše uvedených podmínkách neodpařilo. To značí, že směs obsahuje méně než 5 % vody a volného ethylenglykolu, který by také měl při těchto podmínkách zdestilovat.

Další částí experimentu bylo zjištění tzv. čísla kyselosti (IA), které se zjišťuje pomocí bezvodé titrace. Jako nám známý odměrný roztok byl použit hydroxid draselný (KOH) v methanolu. Jako indikátor byl použit fenolftalein. Zkoumá se, kolik mg KOH je potřeba na neutralizaci kyselin obsažených v 1 g vzorku. Číslo kyselosti se vypočítá podle následující

rovnice, kde  $N$  = spotřeba KOH v l,  $M$  = molární hmotnost KOH v mg/mol,  $c$  = koncentrace KOH v mol/l,  $m_v$  = hmotnost vzorku v g.

$$IA = \frac{N \cdot M \cdot c}{m_v}$$
$$IA = \frac{0,0023 \cdot 56\,100 \cdot 0,1093}{0,404}$$
$$IA = 34,908$$

Číslo kyselosti podle uvedeného výpočtu vyšlo 34,91. Jedná se o menší hodnotu, než se čekalo. Stejným výpočtem pro kyselinu tereftalovou by vyšla hodnota 675,38 (tedy 19,35násobek). V směsi tedy ani nebude takové množství kyselin, které by z odpadu stálo za to vyextrahovat. Experiment má i pozitivní výsledek, a sice to, že odpad se může delší dobu skladovat v jedné nádobě z tvrdoplastu, protože odpad nebude díky menšímu číslu kyselosti tolik korozivní.

### 3.2.1.2 PET prach

PET prach je materiál vznikající při zpracování PET materiálu primárně v důsledku drcení. Vzniká jak při výrobě flakes, tak při procesu regranulace. V důsledku tření materiálu vzniká malá frakce, která se z procesu odlučuje. Jedná se tedy o odpad ze zpracování PET. Dá se využít jeho výhřevnosti v cementárně nebo ZEVO. Přednost ale má využití materiálové, které se v případě PET prachu nabízí jako vstupní surovina pro výrobu aromatických polyesterových polyolů (APP) [40]. Provádí se výzkum, zda by toto využití dávalo kromě zřejmých ekologických benefitů (materiálové využití a náhrada primárních surovin) i smysl ekonomický. Analýzou PET flakes se mimo jiné zjišťuje prachový podíl. PET prach je vysoce abrazivní materiál, který se chová jinak než PET flake (například jiné tavení). Z tohoto důvodu nelze prach dávkovat zpět do technologie.

Na obrázku č. 7 se nachází foto PET prachu z konce technologie s nejsvětlejším zabarvením. Zbylé druhy PET prachu vznikající na výrobní lince vypadají okem nerozeznatelně, na obrázku č. 8 znázorněn prach z dávkovací jednotky.



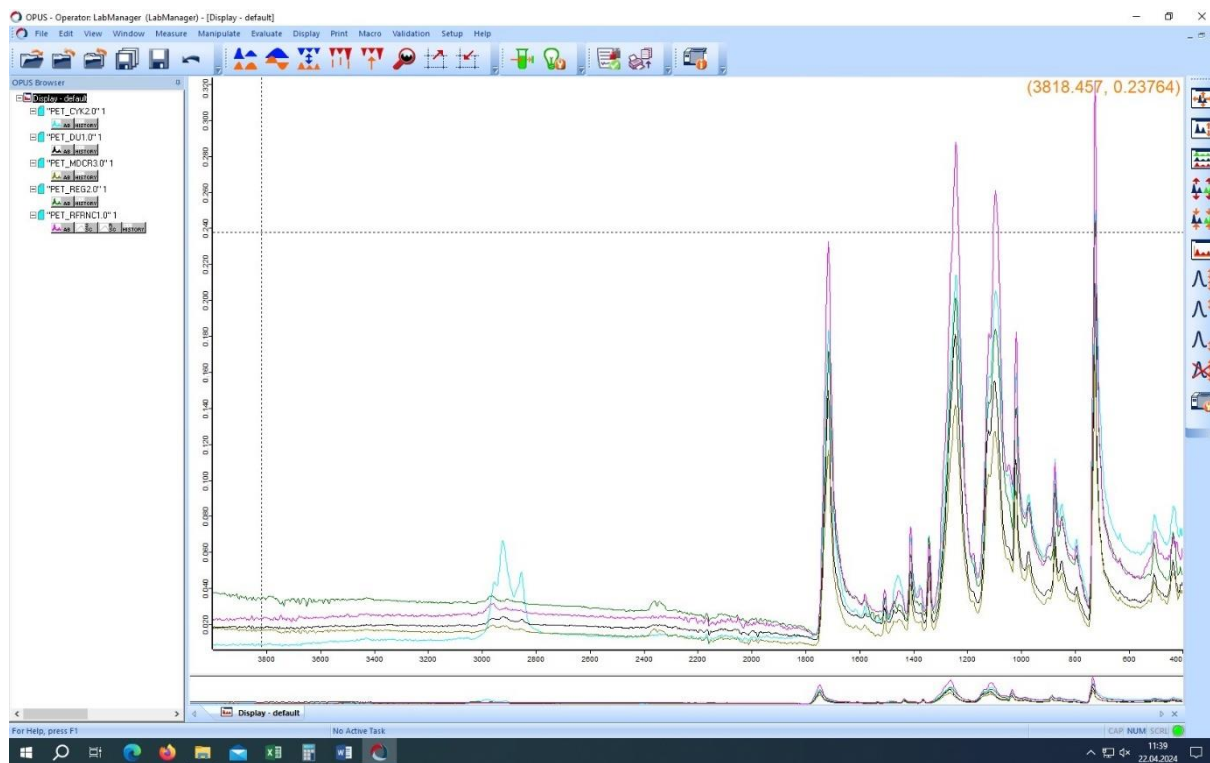
*Obrázek 7: PET prach získaný z dealdehydizačního sila*



*Obrázek 8: PET prach odebraný z dávkovací jednotky*

Byla provedena analýza pro zjištění čistoty prachu pro jeho případné využití. Výsledná spektra byla poté srovnána se spektrem referenčního čistého PET materiálu. PET prach v provozu vzniká na více místech. Pro úplnost analýzy byl odebrán vzorek z každého z těchto 4 míst: sušící a krystalizační silo, dávkovací jednotka, cyklón, dealdehydizační silo. Pro každý

z těchto typů PET prachu se měření opakovalo 3x. Měření provedená pro každý ze vzorků ukazovalo téměř totožná spektra, materiál tedy můžeme považovat za homogenní. Z příložených grafů je patrné, že nejvíce se odlišuje PET prach z cyklónu, kde je zvýšený obsah vody. Ostatní vzorky PET prachu ale korelují s referencí čistého vzorku PET.



Obrázek 9: IČ spektra všech měřených vzorků

Obrázek č. 9 ukazuje spektra všech vzorků PET prachu a PET reference v jednom grafu pro přehledné srovnání.

V cyklónu se vyskytuje látka, viz spektra 2990–2945, 2945–2880 a 2880–2815 (v jednotce  $\text{cm}^{-1}$ ). Pro lepší analýzu by bylo vhodné důkladněji prozkoumat cyklón, zda neobsahuje nějakou látku, která může ovlivnit složení prachu. Dle vlnočtů charakteristických vibrací některých vazeb a skupin nebyla zjištěna žádná shoda, neboť neodpovídá vlnočet a intenzita. U vlnočtu 2990–2945  $\text{cm}^{-1}$  při vyšší intenzitě by se mohlo jednat o skupinu  $-(C)-\underline{CH}_3$  a vlnočet 2880–2815  $\text{cm}^{-1}$  by taktéž při vyšší intenzitě mohl znázorňovat skupinu  $-(C)-\underline{CH}_2-$ .

### 3.2.1.3 Filtrační síta

Filtrační síta se v technologii používají pro ochranu extrudéru a reaktoru převážně před kovovými částicemi. Četnost jejich výměny závisí na čistotě vstupního materiálu. Zásadním parametrem je jejich jemnost určená průměrem otvorů na sítu. Průměr oka se pohybuje mezi 48 až 800  $\mu\text{m}$ . Síta jsou vyrobena z nerezů a pomocí magnetu bylo ověřeno, že jsou nemagnetické, což zvyšuje jejich případnou výkupní cenu.



Proběhlo vypalování pomocí elektrická pece. Rychlost nahřívání byla nastavena na 100 °C za hodinu do maximální teploty 650 °C, která byla udržována po dobu jedné hodiny. Celý proces i s následným chladnutím trval necelých 10 hodin.

I když byla použita elektrická pec, jako vhodnější řešení by zde byla pec plynová. V plynové peci hoří hořák, který zapalí uvolňující se plyny. Z pohledu emisí je tedy plynová pec bezpečnější. Zároveň by v ní hořel i PET, jehož spalné teplo by mělo šetřit energii. Hořák by tedy sloužil zejména pro nastartování a poté by hořel i natavený PET.

Na obrázku č. 10 lze vidět, že síta po vypálení obsahovala pouze velmi malé částičky hliníku, většina ale byla při procesu roztavena. Teplota tání hliníku dosahuje hodnoty kolem 660 °C [41], ve slitině ale i méně.



*Obrázek 10: Sada filtračních sít po vypálení*

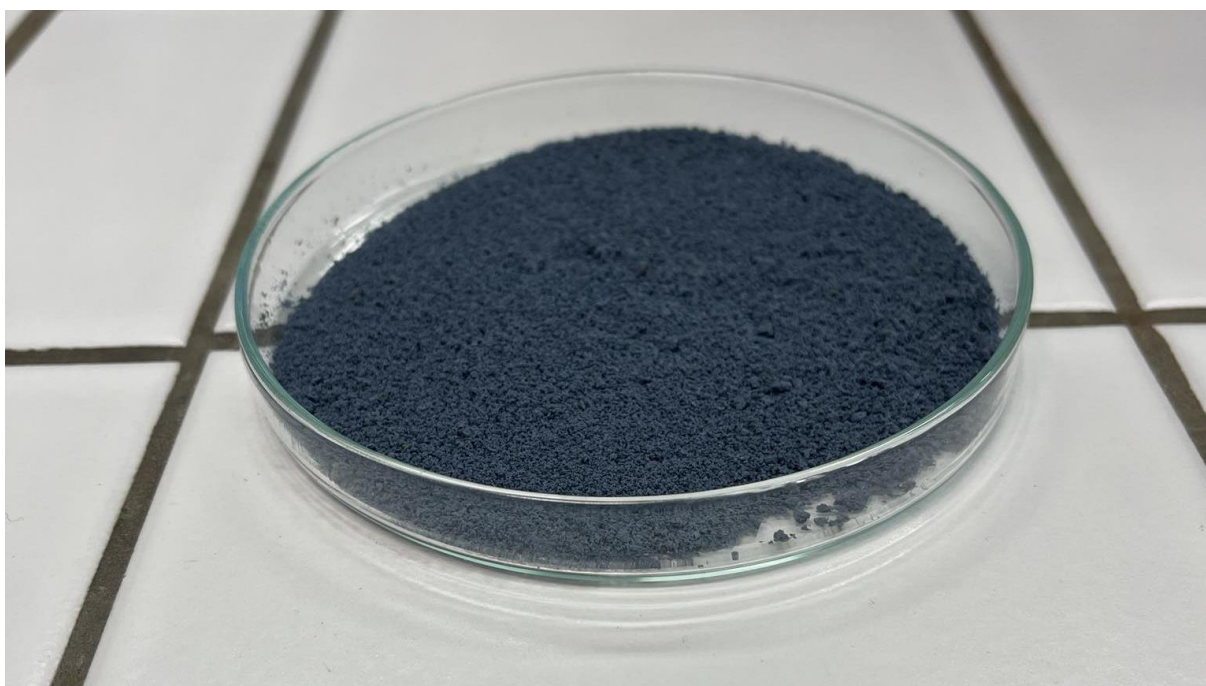
#### **3.2.1.4 Textilní filtr**

Na produkční lince se nachází textilní filtry, jejichž sadu lze vidět na obrázku č. 11. Na povrchu filtrů se zachytávají velmi jemné částice (obrázek č. 12). Textilní filtr má velkou výhodu v tom, že se dá čistit – buď praním, nebo ultrazvukem. Jsou tedy opakovaně použitelné, čímž se šetří náklady a zároveň se produkuje méně odpadu.

Pro zjištění, jaká látka se zachytává na filtrech, proběhla analýza FTIR. Výsledné spektrum je zobrazeno na obrázku č. 13. Přiřazení v knihovně spekter neukazuje žádnou shodu, jedná se tedy o směs a spektra se nám překrývají. Nejvíce z chemických látek obsažených v knihovně se spektrum podobalo kyselině tereftalové, ovšem nelze s jistotou určit, jakou část tvoří tato látka ve směsi.

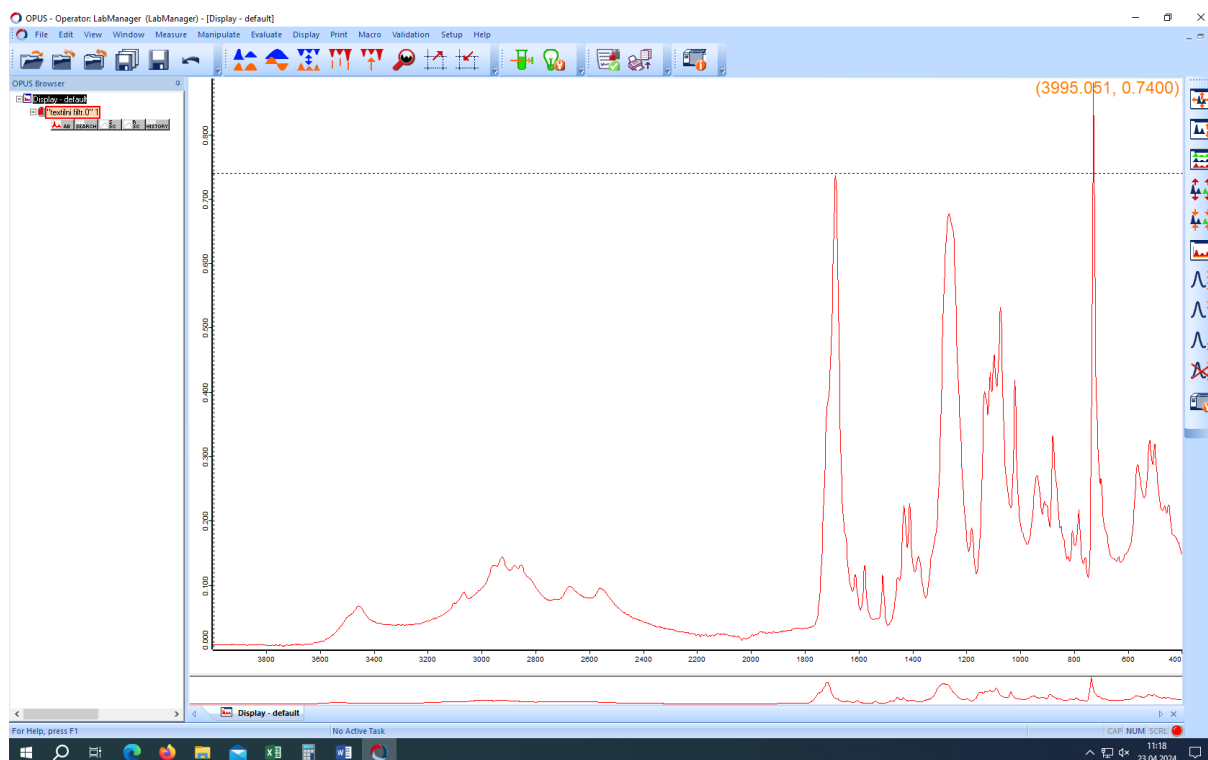


*Obrázek 11: Sada textilních filtrů*



*Obrázek 12: Zachycené částičky na textilním filtru*





Obrázek 13: IČ spektrum částec z textilního filtru

### 3.2.1.5 Rozsypaný PET

Na výrobní lince se objevují ostatní odpady související s regranulací PET. Většinou se jedná o rozsypané PET flakes nebo rozsypaný PET regranulát. Proces je hlídán dle přísných potravinářských norem EFSA (Evropský úřad pro bezpečnost potravin). Tato kontaminace v případě spadnutí na podlahu se označuje jako sekundární, při které nám vznikají malé fragmenty. Od kontaminace primární se liší tím, že již v takové velikosti byl materiál vyroben.

Míst ve výrobním závodu, kde se rozsypaný PET materiál vyskytuje nejčastěji, je několik. První se nachází na začátku technologie, kde se plní linka flakesy z big bagů. Další časté místo rozsypaných flakesů najdeme u metal separátoru, kde se naopak do big bagu plní flakesy se zvýšeným obsahem kovů (nejčastěji hliník). Regranulát se nejčastěji rozsype na třech místech: u plnění technologie regranulátem označovaným jako offspec, který nesplnil podmínky dané EFSA; u dealdehydizační síla, z kterého nám vychází z technologie do big bagů právě offspec nevyhovující podmínkám EFSA; u samotného konce technologie, kdy se nám na výstupu plní do big bagů PET regranulát.

Pro dodržování podmínek potravinářského provozu je třeba udržovat pořádek. Pro zjednodušení úklidu potřebuje obsluha příslušné náčiní i koše. Na výrobní lince se nachází kontejner na směsný komunální odpad a několik smetáčků a lopatek různých velikostí a materiálů. Kvůli kontaminaci se z materiálu stává odpad, který může být znečištěn neplastovými látkami. Navíc díky své velmi malé velikosti by na třídící lince, kam plasty po vytrídění putují, stejně skončil v podsítné frakci a neputoval k následné recyklaci, která je ale stejně znemožněna možnou kontaminací. Tento typ odpadu tedy správně patří do směsného komunálního odpadu.

Podle hierarchie nakládání s odpady dané Zákonem o odpadech má ale před skládkováním přednost energetické využití. Všechny polymery se vyznačují vysokou výhřevností, která se udává v jednotce MJ/kg – tedy kolik tepla vyprodukuje jeden kilogram látky. Zařízení pro energetické využití odpadů (ZEVO) musí splňovat žádané hodnoty výhřevnosti, která v případě klesnutí pod určitou hodnotu nemůže správně fungovat. I když se v případě PET jedná o výborně recyklovatelný materiál, stále se může využít jeho vysoké výhřevnosti. Kromě ZEVO může z této vlastnosti těžit například cementárna, která nahrazením části paliva odpady může snižovat svou environmentální stopu a dekarbonizovat.

Rozsypaný regranulát a flakes se uklízí podle množství buď malou lopatkou a smetáčkem, či při vyšších objemech větším smetákem. Vybavení na úklid je umístěno blízko místu, kde se do technologie vsypávají PET flakes. Tedy tam, kam by v rámci optimalizace sanitace byl umístěn i nový koš.

Nabízí se tedy zvážení možnosti oddělení sběru tohoto odpadu. Samozřejmě by toto řešení pro cirkulárnější způsob nakládání dávalo smysl jen při vyšších objemech. Pro zjednodušený úklid tohoto odpadu by bylo vhodným řešením pořízení nové popelnice, která by měla být co nejbližší místu, kde se nejčastěji PET rozsypává na zem – u vstupu do technologie. Kvůli umístění popelnice ve vnitřních prostorech se nabízí jako vhodný materiál koš vyrobený z polypropylenu. Ideální velikost popelnice pro rozsypaný PET by v tomto případě byla 50 litrů.

### **3.2.2 Odpady z administrativních prostor**

Každá firma má povinnost ze zákona o odpadech umožnit třídění zaměstnancům 5 následujících složek komunálního odpadu: papír a lepenka, plasty, sklo, kovy a biologicky rozložitelný odpad. [1]

#### **3.2.2.1 Biologicky rozložitelný odpad**

Biologicky rozložitelného odpadu se ve firmě produkuje více druhů. Pravidelně se produkuje při jídle, na kompostování jsou vhodné především zbytky ovoce a zeleniny. Stálým zdrojem bioodpadu je kávová sedlina, která vzniká jako odpad při přípravě kávy z kávovaru a shromažďuje se v koši pod kávovarem společně s ostatními bioodpady. Další bioodpad vzniká na pozemku společnosti z trávy či listí. Tento odpad se po sekání trávy dává přímo do popelnice na bioodpad před halou.

U biologicky rozložitelného odpadu, na rozdíl od většiny ostatních složek odpadů, má firma více možností, jak může se vzniklým bioodpadem nakládat.

#### **1. Odvoz svozovou společností**

Pravidelný svoz prováděný zpravidla tou samou společností, která současně zajišťuje i svoz ostatních složek komunálních odpadů. Výhodou je zde prakticky bezstarostnost, neboť firma přijíždí pravidelně podle dohodnutého intervalu – v případě zvýšeného vzniku bioodpadu (sezónní záležitosti: spadené listí, sekání trávy) se dá domluvit svoz nad rámec. Firma nemusí zajišťovat ani sběrné nádoby, které jí může poskytnout firma nakládající s odpady. Tento

způsob má z hlediska fungování firmy zásadní nevýhodu, a to zvýšenou nákladovou stránku. Tento způsob je ve většině případů totiž ze všech možností nejnákladnější. Svozová společnost si účtuje smluvní částku, která je stanovena objemem nádoby a četností svozu. Standardní objem popelnice je 240 litrů, kontejner dosahuje objemu 1 100 litrů. Po průzkumu trhu bylo zjištěno, že četnost svozu bývá nejčastěji 22x za rok. Cena za jednu popelnici se pohybuje kolem 1 760 Kč bez DPH za rok, což činí 80 Kč za jeden svoz. Za kontejner se platí 7 920 Kč bez DPH za rok (360 Kč za svoz). V tomto případě nezáleží na tom, zda je nádoba naplněná či prázdná.

## **2. Vlastní odvoz na kompostárnu**

Další možností, jak nakládat s bioodpadem ve firmě, může být vlastním dopravním prostředkem zavézt odpad přímo na kompostárnu. Je zde nutné si hlídat potvrzení o předání odpadu oprávněné osobě a správně vést evidenci pro případnou kontrolu. Za tuto službu se zpravidla platí manipulační poplatek, ale ve většině případů jednoznačně méně než svozové společnosti. Nevýhodou je zde nutnost pořízení vlastních nádob na shromažďování a převoz bioodpadu, který musí zajistit někdo z firmy. Dále je příhodné si před využitím této možnosti zjistit, kde se v okolí vyskytuje vhodná kompostárna, která je ochotna bioodpad přijímat, a to ideálně s co nejnižším manipulačním poplatkem. Tento poplatek se v současnosti pohybuje kolem 850 Kč za tunu bioodpadu. Výhodou tedy je to, že opravdu firma platí jen za tolik bioodpadu, kolik opravdu vyprodukuje.

## **3. Kompostér**

Poslední možností, jak zajistit nakládání s bioodpadem vzniklým ve firmě, je pořízení vlastního kompostéru. Jako jediný z následujících možností obnáší tento způsob počáteční investici na pořízení kompostéru. Naopak ale firmě odpadají provozní náklady spojené buď s pravidelnými platbami za svezovaný odpad, nebo placení manipulačního poplatku na kompostárně. Co se týče priorit odpadového hospodářství se navíc vlastní kompostér nachází o jeden stupeň výše, neboť se zde jedná o předcházení vzniku odpadu. Při odvozu na kompostárnu (ať už vlastními prostředky či svozovou firmou) se jedná o materiálové využití, kdy se eviduje vyprodukovaný odpad, za který se platí a zároveň hlásí o roční produkci odpadů.

U pořízení kompostéru je hlavním parametrem jeho objem. V tomto případě je žádoucí mít co největší objem, neboť se bude kompostér používat i pro sezónní bioodpad – posekaná tráva, spadené listí. Kromě toho má ale kompostér zaručen pravidelný feedstock v podobě kávové sedliny, odpadu z ovoce a zeleniny a dalších bioodpadů vznikajících v kancelářích a kuchyňce.

Dále je potřeba mít kompostér, který má co nejpevnější konstrukci a dobrý přístup shora na manipulaci. Spousta kompostérů je navíc vyrobena z recyklovaných plastů, což může být další environmentální výhoda. Ilustrační foto kompostéru můžeme vidět na obrázku č. 14. V případě kompostování trávy se hmota velmi rychle zahřívá a zmenšuje se její objem. Doporučuje se tedy trávu přidávat postupně.

Co se týče investice, cena za kompostér o objemu 1 380 litrů se pohybuje kolem 4 640 Kč bez DPH. Pokud srovnáme tuto cenu s pravidelným svozem bioodpadu, vyjde nám návratnost této

investice menší než 3 roky. Navíc dle legislativy upřednostňujeme prioritu danou zákonem, neboť předcházíme vzniku odpadu.



Obrázek 14: Kompostér – ilustrační foto (zdroj: [42])

### 3.2.2.2 Kovový odpad

Každá firma má povinnost zaměstnancům umožnit třídít kovové odpady [1]. Ty běžně vznikají nejčastěji z obalového materiálu (hliníkové plechovky, železné plechovky, hliníkové fólie, víčka od skleněných lahví). Navíc na produkční lince vzniká kovový odpad, jako například upotřebené nože na sekání taveniny nebo vyřazené náhradní díly. Firma má tedy zajištěn svoz kovových odpadů.

Kovový odpad má navíc tu vlastnost, že na rozdíl od většiny složek firma neplatí za svoz tohoto odpadu, ale naopak za kovy inkasuje nějaké peníze. To vychází z perfektní recyklovatelnosti kovů a poptávce po tomto materiálu, která vychází i z vzácnosti některých prvků a zároveň nejen drahou, ale i neekologickou těžbou primárních surovin.

V kuchyňce, kde se nachází koše na tříděný i směsný komunální odpad, ale chybí koš na kovové odpady. Míra třídění úzce souvisí s dostupností barevných popelnic, které nesmí být příliš daleko, protože by demotivovala od třídění.

Zjistil jsem, že většina zaměstnanců si objednává jídlo. Pravidelně tedy v odpadu končí hliníková fólie. Kromě hliníkové fólie zaměstnanci používají jak hliníkové, tak železné plechovky.

Za účelem snižování produkce směsného komunálního odpadu a vyšší míry třídění tedy jako optimalizaci navrhuji pořízení koše na kovový odpad. Za kovový odpad totiž firma dostává peníze a sníží se množství vytvořeného směsného komunálního odpadu z administrativních prostor. Výkupní ceny za hliníkové plechovky a víčka se v současnosti pohybují za 15 Kč/kg. Hliníkové fólie potom za 13 Kč/kg. Cena za koš s objemem kolem 50 litrů, který se jeví jako

ideální velikost, se pohybuje kolem 200 Kč bez DPH. Kromě ušetření životnímu prostředí a snižování vyprodukovaného směšného odpadu se navíc tato malá investice po čase může projevit pozitivně i ekonomicky.

### **3.2.2.3 Baterie**

Baterie spadají pod Zákon o výrobcích s ukončenou životností [6], ale ještě před jeho vznikem byly zařazeny do starého Zákona o odpadech. Vztahuje se na ně tedy povinnost zpětného odběru. Jako odpad jsou baterie vysoce nebezpečné vzhledem k jejich neblahým účinkům na půdu a spodní vody, pokud by skončily na skládce. Navíc při nevhodné manipulaci mohou vzplanout, jsou tedy nebezpečné i na třídících linkách. Nepatří ani do ZEVO, neboť jejich spálení produkuje nežádoucí emise škodlivin.

Pro efektivní činnost všech kanceláří jsou baterie zapotřebí – potřebují je ovladače, bezdrátové myši a další elektronická zařízení. Zároveň se baterie a relé vyskytují na produkční lince.

Proto jsem jako optimalizaci zavedl oddělený sběr baterií a relé, aby nekončily ve směšném komunálním odpadu, kam kvůli svým nebezpečným vlastnostem nepatří. Dále je v případě kontrol mít jako právnická osoba doklad o tom, že pořízené baterie po ukončení jejich životního cyklu byly předány oprávněné společnosti či kolektivnímu systému.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

V rámci diplomové práce byla provedena analýza PET prachu pro zjištění čistoty tohoto materiálu. V regranulační lince se nám suchý PET prach tvoří na 4 místech technologie – cyklón, sušící a krystalizační silo, dávkovací jednotka a dealdehydizační silo. Pomocí FTIR analýzy bylo zjištěno, že IČ spektra jednotlivých vzorků velmi koreluje s referenčním vzorkem čistého PET. To značí vysokou čistotu PET prachu. Jediné spektrum, které se v oblasti 2990 až 2815 recipročných centimetrů liší od ostatních vzorků prachu i reference, je vzorek PET prachu z cyklónu. Reciproké centimetry těchto peaků v grafu by dle vyhodnocení pravděpodobně značily skupinu  $-(C)-\underline{CH}_3$  (vlnočet 2990–2945  $cm^{-1}$ ) a skupinu  $-(C)-\underline{CH}_2$  (vlnočet 2880–2815  $cm^{-1}$ ). Neodpovídá ale intenzita signálu, nelze tudíž s přesností tyto skupiny identifikovat. Po PET prachu v současnosti není poptávka a nemá žádné využití. Z analýzy ovšem vyplývá, že se jedná o velmi čistý PET, který nevyhnutelně vzniká jak při procesu regranulace, tak při výrobě PET flakes. Kromě čistoty prachu je tedy pro potenciální využití výhodou i fakt, že by bylo zajištěno v čase nekolísající přísun tohoto materiálu. Toto řešení v souladu s oběhovým hospodářstvím se tedy v budoucnu určitě může zavést do praxe v průmyslovém měřítku.

Filtrační síta používaná pro filtraci taveniny, na kterých se zachycují částičky kovů, a po výměně a vychladnutí na sítěch zůstává i čistý natavený PET, v současnosti nemají žádné využití a je s nimi nakládáno jako s objemným odpadem. Sada filtračních sít je ovšem vyrobena z kovů (konkrétně nerez), které mají i jako odpad pozitivní hodnotu. Jako optimalizace tedy bylo navrženo vypalování filtračních sít pro odstranění nataveného polymeru. Kvůli lehkému mechanickému poškození způsobenému vyndáváním kleštěmi z technologie a zároveň přísným požadavkům na potravinářský provoz bohužel není možné tato síta vracet zpět do výrobní linky. Nelze ale vyloučit využití v jiném výrobním závodě zpracovávajícím výměty bez potravinářských standardů.

Tento způsob je environmentálně výhodný, neboť se jedná o předcházení vzniku obtížně využitelného odpadu a vytvoří z odpadu cenou druhotnou surovinu. Aby byl tento způsob nakládání s odpadem ekonomicky výhodný, musí se vejít provozní náklady na tento způsob mezi dvě částky – cena za odstranění tohoto odpadu konvenční cestou a výkupní cenu. Cena za odstranění se pohybuje kolem 3 500 Kč/t. Výkupní cena nemagnetického nerezů má hodnotu 30 Kč/kg, tedy 30 000 Kč/t.

Nová sada filtračních sít váží 418,7 g. Sada filtračních sít vytažená z technologie ale kvůli tavenině a zachyceným kovovým kouskům váží přibližně 785 g – tato váha se samozřejmě liší síto od síta, proto byla vybrána reprezentativní hodnota. Použité filtrační síto tedy váží o 366,3 g (87,5 %) více. Spotřeba filtračních sít je závislá na kvalitě vstupního materiálu. Při kontinuální výrobě se dá předpokládat spotřeba kolem 400 sad filtračních sít. To by znamenalo rozdíl mezi výkupem a odstraněním 6 123,40 Kč. Pokud by se tedy náklady na vypalování sít dostaly pod tuto hodnotu, mnou navržená optimalizace by byla přínosná nejen z hlediska environmentálního, ale i ekonomického pohledu. Vypalování se dá provádět dvěma možnostmi. Buď mimo výrobní závod, nebo se příslušná pec může pořídit a vypalování provádět na místě. Výhodnější z pohledu spotřeby elektrické energie by bylo využití plynové pece, protože by natavený PET díky spalnému teplu mohl snižovat energetickou náročnost celého procesu. Plynová pec je zároveň bezpečnější i z pohledu emisí. Pálení v prostorách výrobní linky by obnášelo investici do koupě pece, která by se dle průzkumu možností na trhu pohybovala mezi 36 až 77,5 tisíci Kč. Vzhledem k nutnosti započtení nákladů na elektrickou

energii by mnou navržené řešení v současnosti nebylo z ekonomických důvodů tak výhodné, jako bezstarostné svážení odbornou firmou. Jak trend narůstání ceny kovů, tak cena za odstraňování odpadů by měly v obou případech narůstat. Kromě toho by měl i sílit legislativní tlak na zavádění oběhového hospodářství v co nejvyšší míře. Mnou navržené řešení má tedy potenciál se s postupem času stát výhodnější nejen z pohledu cirkulární ekonomiky, ale i finančně.

V odpadní směsi obsahující ethylenglykol byl za pomoci rotační vakuové odparky zjištěn poměrně nízký obsah vody a ethylenglykolu. Pokud by obsah vody byl o řád větší, dalo by se uvažovat o snižování množství nebezpečného odpadu pomocí destilace nebo odpařování. Ten samý případ by platil v případě vysokého obsahu ethylenglykolu či kyseliny tereftalové, neboť se pro změnu jedná o cenné chemické látky. Za podmínek experimentu se ovšem ze směsi odpařil všechnen volný ethylenglykol a dohromady s vodou se hmotnost snížila jen o 4,91 %. Po této analýze proběhla ještě bezvodá titrace a následný výpočet pro stanovení čísla kyselosti. To dosáhlo hodnoty 34,908. Pro čistou kyselinu tereftalovou by hodnota byla skoro dvacetinásobně vyšší (675,38). Vzhledem k tomu, že tento proces by ve velkém měřítku stál nemalé peníze a dosáhlo by se pouze malého snížení objemu nebezpečného odpadu, neexistuje v současné situaci lepší řešení než ekologická likvidace specializovanou společností. Pozitivní zjištění tohoto pokusu je ale to, že by směs nemělo být problém skladovat delší dobu v sudech z tvrdoplastu, protože odpadní směs není korozivní.

Byly popsány 3 možnosti pro nakládání s bioodpadem vznikajícím v rámci firmy. Jako nejlepší řešení považuji pořízení vlastního kompostéru na pozemek firmy. Jako jediná možnost sice obsahuje počáteční investici, její návratnost ale v porovnání se svážením bioodpadu svozovou společností činí pouze necelé 3 roky. Co se týče environmentálních indikátorů, sníží se produkce odpadů díky předcházení vzniku odpadu i výdaje na odstranění odpadu. Vlastní kompostér považuji za lepší řešení nakládání s bioodpadem i ve srovnání s odvozem na kompostárnu, který by vyžadoval na vlastní náklady a vlastním vozidlem odvážet bioodpad na kompostárnu. Zároveň by ve firmě nevznikal kompost, který si pak zaměstnanci mohou rozebrat.

Jako optimalizace sanace rozsypaného PET bylo navrženo pořízení nové popelnice. Tento znečištěný PET nemá žádné využití, ale vzhledem k vysoké výhřevnosti by od určitých objemů dávalo smysl používat polymery místo primárních surovin a vyrábět z nich elektřinu a teplo. Další koš, který by v rámci optimalizace bylo vhodné pořídit do kuchyňky je koš na kovový odpad, který ve firmě vzniká. Tato malá investice kolem má kromě snižování směšného komunálního odpadu i potenciální návratnost díky výkupním cenám kovů (v kuchyňce bychom mohli očekávat převážně hliník a železo). V rámci firmy byla již zavedena oddělená nádoba pro sběr baterií a relé vznikajících jak v administrativních prostorech, tak na výrobní lince.

## 5 ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout optimalizaci nakládání s odpady ve společnosti rPET InWaste s.r.o. Pro návrhy optimalizace bylo potřeba nejprve provést analýzu všech typů odpadů vznikajících jak ve výrobní části, tak v administrativních prostorech firmy.

U vybraných odpadů z výroby proběhlo i laboratorní ověření jejich vlastností, kde byly použity metody FTIR, zahušťování a titrace.

Pro možné využití PET prachu jako vstupní suroviny pro výrobu aromatických polyesterových polyolů bylo zapotřebí ověřit čistotu tohoto materiálu. Bylo zjištěno, že PET prach je opravdu velmi čistá surovina, která má potenciál s principy cirkulární ekonomiky prodloužit svůj životní cyklus jako druhotná surovina.

Odpadní směs obsahující ethylenglykol, která je právě kvůli obsahu této chemikálie považována za nebezpečný odpad, se v současnosti odstraňuje. Bylo by ovšem vhodné najít jiné relevantní metody při zohlednění ekonomických modelů a podle zásad cirkulární ekonomiky látku zapojit do výrobních procesů. Měřením na rotační vakuové odparce ale bylo zjištěno, že obsahuje malé procento vody i ethylenglykolu. Získávat tedy ethylenglykol zpět ze směsi by nedávalo ekonomický smysl. Snižovat objem nebezpečného odpadu pomocí odpařování vody by sice bylo v souladu s environmentálními ukazateli, ale kvůli vysokým nákladům procesu a konečnému malému snížení objemu toto řešení není v praxi realizovatelné. Při současných podmínkách tedy neexistuje vhodná alternativa k odstraňování odpadu. Bylo zjištěno, že odpadní směs dosahuje poměrně malého čísla kyselosti. To znamená dobrou zprávu pro bezproblémovost skladování odpadního ethylenglykolu, který ve specializované nádobě z tvrdoplastu vydrží velmi dlouho, neboť by odpad v důsledku čísla kyselosti o hodnotě 34,908 neměl působit korozivně.

Sada filtračních kovových sít po vytažení z technologie v současné době i přes hodnotu nerezů na trhu druhotných surovin nemá využití a sváží se jako objemný odpad kvůli natavenému PET. Ve snaze vytvořit z odpadu druhotnou surovinu byla navržena optimalizace ve formě vypalování filtračních sít v peci. Tento proces by měl za následek získání nerezových sít, která se sice nemohou vracet zpět jako filtr kvůli jejich lehkému mechanickému poškození, ale pro svou hodnotu na trhu se mohou prodávat. Byla srovnána cena odstranění odpadu a výkupní cena nerezů. Byl vyčíslen rozdíl těchto cen, který se odvíjí od počtu filtračních sít. Řešení by sice bylo ekologičtější, ale při započítání investice ve formě pece v současné době není ekonomicky konkurenceschopné ve srovnání se svážením sítěk jako objemného odpadu.



## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech.* Online. *Zákony pro lidi.* 2020. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>. [cit. 2024-02-26].
- [2] *Zákon č. 545/2020 Sb., kterým se mění zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech), ve znění pozdějších předpisů.* Online. *Zákony pro lidi.* 2020. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-545>. [cit. 2023-11-16].
- [3] *Nová legislativa k omezení plastů vychází ve Sbírce.* Online. ČAOH - Česká asociace odpadového hospodářství. 2022. Dostupné z: <https://www.caoh.cz/aktuality/nova-legislativa-k-omezeni-plastu-vychazi-ve-sbirce.html>. [cit. 2023-12-03].
- [4] *MŽP představilo teze k povinnému zálohování nápojových plastových lahví a plechovek.* Online. Ministerstvo životního prostředí. 2023. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20230516-MZP-predstavilo-teze-k-povinnemu-zalohovani-napojovych-plastovych-lahvi-a-plechovek](https://www.mzp.cz/cz/news_20230516-MZP-predstavilo-teze-k-povinnemu-zalohovani-napojovych-plastovych-lahvi-a-plechovek). [cit. 2023-11-16].
- [5] *Zálohujme.* Online. 2024. Dostupné z: <https://www.zalohujme.cz/>. [cit. 2024-04-26].
- [6] *Zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností.* Online. *Zákony pro lidi.* 2020. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-542>. [cit. 2024-04-26].
- [7] *Nový zákon o vybraných výrobcích s ukončenou životností se týká skoro každého.* Online. EnviGroup. 2021. Dostupné z: <https://www.envigroup.cz/novy-zakon-o-vybranych-vyrobcich-s-ukoncenu-zivotnosti-se-tyka-skoro-kazdeho.html>. [cit. 2023-12-03].
- [8] *Zákon č. 243/2022 Sb., o omezení dopadu vybraných plastových výrobků na životní prostředí.* Online. *Zákony pro lidi.* 2022. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2022-243>. [cit. 2023-12-03].
- [9] *Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů).* Online. *Zákony pro lidi.* 2021. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8>. [cit. 2023-10-18].
- [10] *Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.* Online. *Zákony pro lidi.* 2012. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>. [cit. 2024-04-02].
- [11] *Vybrané informace ze zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.* Online. Město Příbram. 2022. Dostupné z: <https://pribram.eu/mestsky-urad/odbory-meu/odbor-zivotniho-prostredi/ochrana-ovzdusi/informace-ze-zakona--o-ochrane-ovzdusi.html>. [cit. 2024-04-02].
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA. *Plán odpadového hospodářství Jihomoravského kraje: Analytická část.* In: . 2015, s. 144.
- [13] *Rubrika Odpady v krajích s Petrem Havelkou – Jihomoravský kraj.* Online. ČAOH - Česká asociace odpadového hospodářství. 2024. Dostupné z: <https://www.caoh.cz/aktuality/rubrika-odpady-v-krajich-s-petrem-havelkou->

- [jihomoravsky-kraj.html](#). [cit. 2024-04-09].
- [14] ČESKÁ REPUBLIKA. Státní politika životního prostředí České republiky 2030, s výhledem do 2050. In: . 2021, s. 190.
- [15] ČESKÁ REPUBLIKA. Strategický rámec cirkulární ekonomiky České republiky 2040: Maximálně Cirkulární Česko v roce 2040. In: . 2021, s. 160.
- [16] Zelená dohoda pro Evropu. In: . 2019, s. 25.
- [17] *Co je Zelená dohoda pro Evropu?* Online. Fakta o klimatu. 2023. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/zelena-dohoda-pro-evropu>. [cit. 2024-01-25].
- [18] Nový akční plán pro oběhové hospodářství: Čistší a konkurenceschopnější Evropa. In: . 2020, s. 21.
- [19] *Understanding REACH*. Online. ECHA - European Chemicals Agency. Dostupné z: <https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach>. [cit. 2024-04-12].
- [20] Nařízení Komise (EU) 2022/1616: o materiálech a předmětech z recyklovaných plastů určených pro styk s potravinami a o zrušení nařízení (ES) č. 282/2008. In: . 2022, s. 44.
- [21] *Recycled plastic packaging in contact with food*. Online. EUR-Lex. 2023. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/recycled-plastic-packaging-in-contact-with-food.html>. [cit. 2024-04-13].
- [22] *Registering chemicals (REACH)*. Online. Your Europe. Dostupné z: [https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/chemicals/registering-chemicals-reach/index\\_en.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/chemicals/registering-chemicals-reach/index_en.htm). [cit. 2024-04-12].
- [23] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN ISO 9001, *Systémy managementu kvality – Požadavky*. 2015.
- [24] *ISO 9001 - implementace Systému managementu kvality (QMS)*. Online. Legislativa. 2022. Dostupné z: <https://legislativa.cz/zdroje/iso/iso-9001>. [cit. 2024-04-06].
- [25] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. ČSN ISO 14001, *Systémy environmentálního managementu – Požadavky s návodem pro použití*. 2015.
- [26] *ISO 14001 - implementace Systému environmentálního managementu (EMS)*. Online. Legislativa. 2022. Dostupné z: <https://legislativa.cz/zdroje/iso/iso-14001>. [cit. 2024-04-06].
- [27] FILDÁN, Zdeněk. *Příručka EMS podle ISO 14 001*. Online. EnviGroup, 2016. ISBN 978-80-904215-1-6. [cit. 2024-04-09].
- [28] *Comprehensive Guide on Polyethylene Terephthalate (PET)*. Online. Omnexus - The material selection platform. Dostupné z: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyethylene-terephthalate-pet-plastic>. [cit. 2024-04-20].

- [29] COSTIUC, L.; BALTES, L.; PATACHIA, S. a TIENERAN, M. H. Investigation on Energy Density of Plastic Waste Materials-ICSW2011. Online. *Journal of Solid Waste Technology and Management*. 2013. ISSN 1091-8043. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/234076031\\_Investigation\\_on\\_Energy\\_Density\\_of\\_Plastic\\_Waste\\_Materials-ICSW2011\\_1](https://www.researchgate.net/publication/234076031_Investigation_on_Energy_Density_of_Plastic_Waste_Materials-ICSW2011_1). [cit. 2024-04-24].
- [30] *Fyzikální recyklace*. Online. PETKA CZ. Dostupné z: <http://www.petkacz.cz/petkacz.cz/co-delame/fyzikalni-recyklace/index.html>. [cit. 2024-04-12].
- [31] *Použití recyklovaného PET*. Online. PETKA CZ. Dostupné z: <http://www.petkacz.cz/petkacz.cz/co-delame/pouziti-recyklovaneho-pet/index.html>. [cit. 2024-04-12].
- [32] *Regranulační linka*. Online. RPET InWaste. Dostupné z: <https://www.rpet-inwaste.com/regranulacni-linka/>. [cit. 2024-04-10].
- [33] *Recyklace komunálních odpadů a plastových směsí: Co je chemická recyklace, má šanci?* Online. Komunální ekologie. 2021. Dostupné z: <https://www.komunalniekologie.cz/info/recyklace-komunalnich-odpadu-a-plastovych-smesi-co-je-chemicka-recyklace-ma-sanci>. [cit. 2024-04-05].
- [34] *Prováděcí studie k realizaci strategie Systému EKO-KOM „Strategie 21+“*. 2020.
- [35] *Infračervená spektroskopie*. Online. VŠCHT. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/lms/Zverze/Infrared.htm>. [cit. 2024-04-15].
- [36] *Reflektanční techniky*. Online. VŠCHT. Dostupné z: <https://old.vscht.cz/lms/Zverze/IR/Atr.htm>. [cit. 2024-04-15].
- [37] *Introduction to Titration*. Online. JoVE. Dostupné z: <https://www.jove.com/v/5699/titration-principles-volumetric-analysis>. [cit. 2024-04-20].
- [38] *Vlastnosti a použití etylenglykolu*. Online. PCC Group. 2022. Dostupné z: <https://www.products.pcc.eu/cs/blog/vlastnosti-a-pouziti-etylenglykolu/>. [cit. 2024-04-04].
- [39] *Saturated Vapor Pressure - Calculation by Antoine Equation*. Online. DDB. Dostupné z: <http://ddbonline.ddbst.com/AntoineCalculation/AntoineCalculationCGI.exe>. [cit. 2024-04-04].
- [40] FIGALLA, Silvestr. *Optimalizace mikrovlnné glycerolýzy síťovaných tuhých PU pěn pro využití recyklátu ve výrobě*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí, 2013.
- [41] *Melting point of aluminium*. Online. Thyssenkrupp Materials UK. Dostupné z: <https://www.thyssenkrupp-materials.co.uk/melting-point-of-aluminium>. [cit. 2024-04-26].
- [42] *Kompostér JUWEL AEROQUICK 890 XXL*. Online. Lanit Plast. Dostupné z:

<https://www.lanitgarden.cz/komposter-juwel-aeroquick-890-xxl/>. [cit. 2024-04-08].

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
PET	Polyethylentereftalát
ISPOP	Integrovaný systém plnění ohlašovacích povinností
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadů
EPS	Expandovaný polystyren
XPS	Extrudovaný polystyren
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
Sb.	Sbírka zákonů
EPR	Rozšířená odpovědnost výrobce
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
POH	Plán odpadového hospodářství
JMK	Jihomoravský kraj
ORP	Obec s rozšířenou působností
ČOV	Čistírna odpadních vod
SPŽP	Státní politika životního prostředí
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
ŽP	Životní prostředí
WHO	Světová zdravotnická organizace
IKT	Informační a komunikační technologie
HDP	Hrubý domácí produkt
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
ECHA	Evropská agentura pro chemické látky
ČSN	Česká technická norma
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci
QMS	System managementu kvality
EMS	System environmentálního managementu
IV	Vnitřní viskozita
AOS	Autorizovaná obalová společnost

IČ	Infračervená spektroskopie
FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací
ATR	Zeslabený úplný odraz
FCH	Fakulta chemická
VUT	Vysoké učení technické v Brně
HVAC	Topení, větrání a klimatizace
APP	Aromatické polyesterové polyoly
DPH	Daň z přidané hodnoty
Kč	Koruna česká

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Evropské země se zavedeným zálohovým systémem a rok jejich spuštění (zdroj: [5]).....	12
Obrázek 2: Produkce odpadů v Jihomoravském kraji v letech 2009 až 2013 (zdroj: [12]).....	17
Obrázek 3: Strukturní vzorec PET (zdroj: [28]).....	29
Obrázek 4: PET flakes.....	30
Obrázek 5: PET regranulát.....	30
Obrázek 6: Odpadní voda obsahující ethylenglykol .....	35
Obrázek 7: PET prach získaný z dealdehydizačního sila.....	37
Obrázek 8: PET prach odebraný z dávkovací jednotky .....	37
Obrázek 9: IČ spektra všech měřených vzorků.....	38
Obrázek 10: Sada filtračních sít po vypálení .....	39
Obrázek 11: Sada textilních filtrů .....	40
Obrázek 12: Zachycené částičky na textilním filtru .....	40
Obrázek 13: IČ spektrum částiček z textilního filtru.....	41
Obrázek 14: Kompostér – ilustrační foto (zdroj: [42]) .....	44

## 9 SEZNAM TABULEK

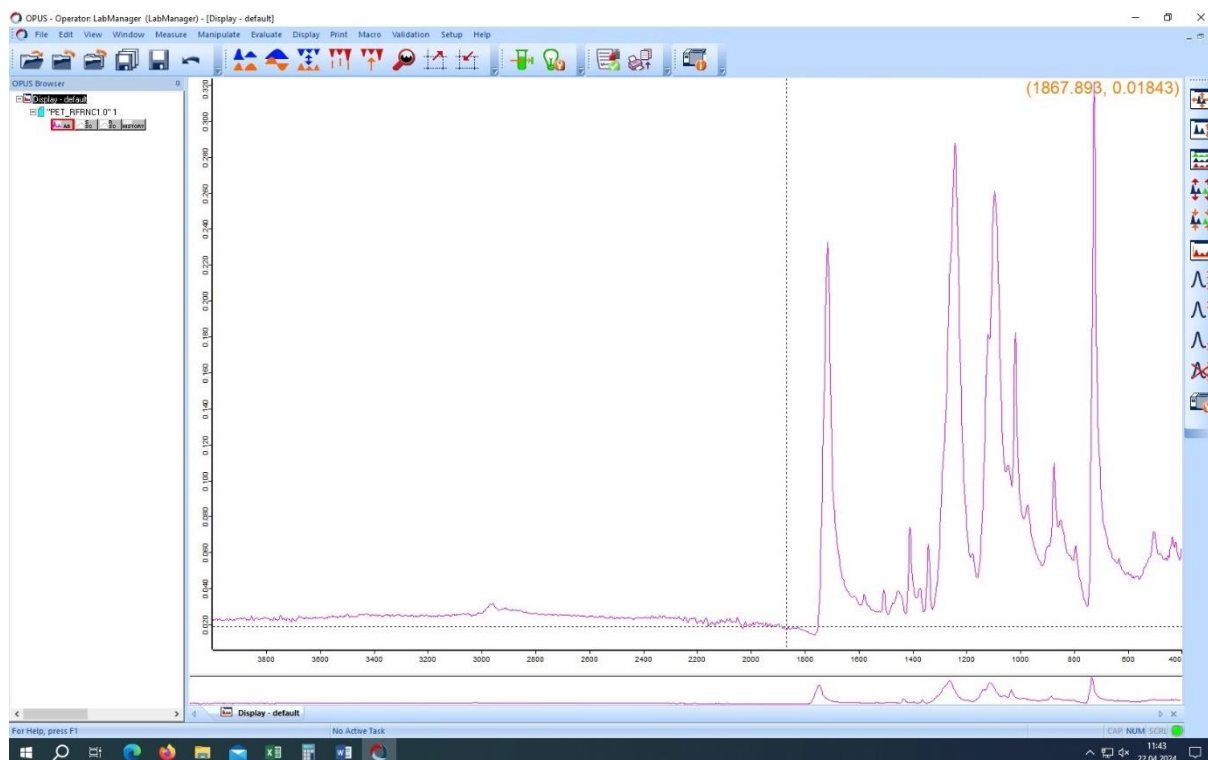
Tabulka 1: Seznam nebezpečných vlastností odpadů (zdroj: [9]).....	14
Tabulka 2: Skupiny katalogu odpadů (zdroj: [9]) .....	15
Tabulka 3: Množství nápojového PET materiálu uvedeného na český trh v roce 2018 a prognóza pro následující roky (uvedeno v jednotce t/rok) (zdroj: [34]) .....	32
Tabulka 4: Množství vysbíraného nápojového PET materiálu pomocí všech způsobů sběru v roce 2018 a prognóza pro následující roky (uvedeno v jednotce t/rok) (zdroj: [34]) .....	32
Tabulka 5: Míra sběru nápojového PET materiálu v systému EKO-KOM za rok 2018 a prognóza pro následující roky (uvedeno v hmotnostních %) (zdroj: [34]) .....	32



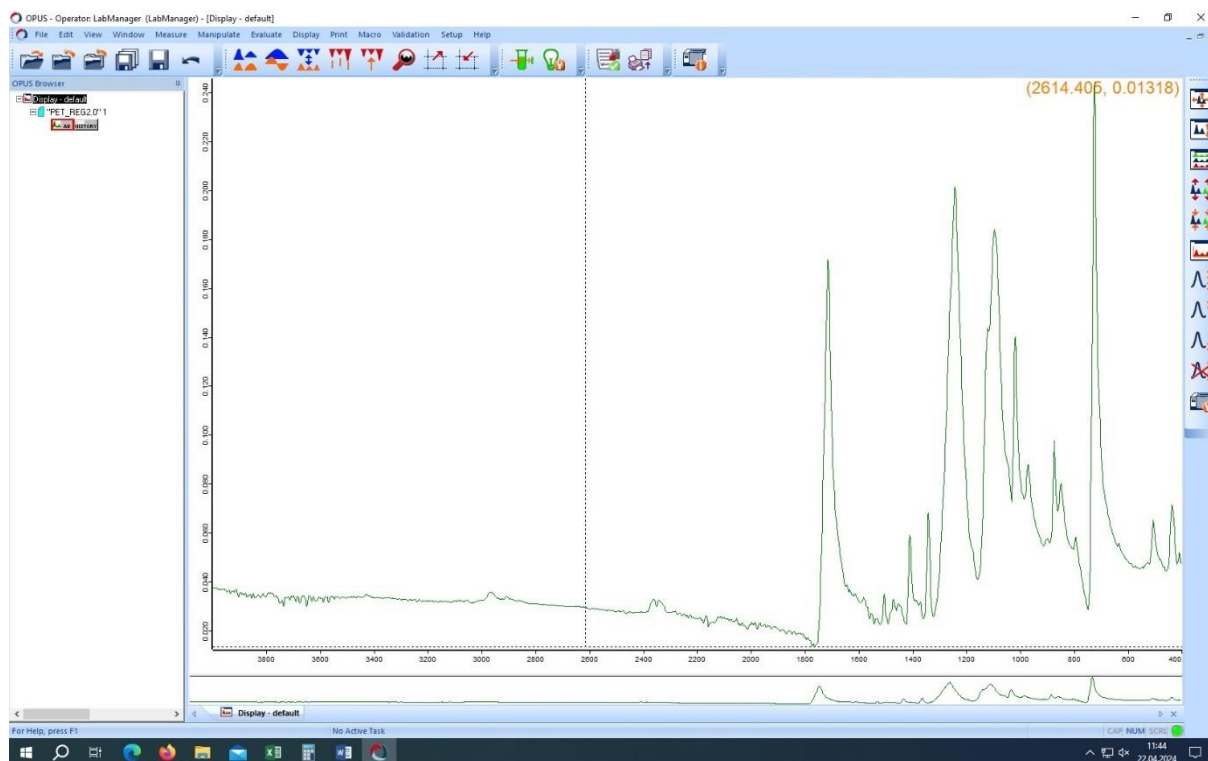
## 10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: IČ spektrum – reference PET .....	58
Příloha 2: IČ spektrum – PET prach z dealdehydizačního sila .....	58
Příloha 3: IČ spektrum – PET prach z dávkovací jednotky .....	59
Příloha 4: IČ spektrum – PET prach ze sušícího a krystalizačního sila .....	59
Příloha 5: IČ spektrum – PET prach z cyklónu.....	60

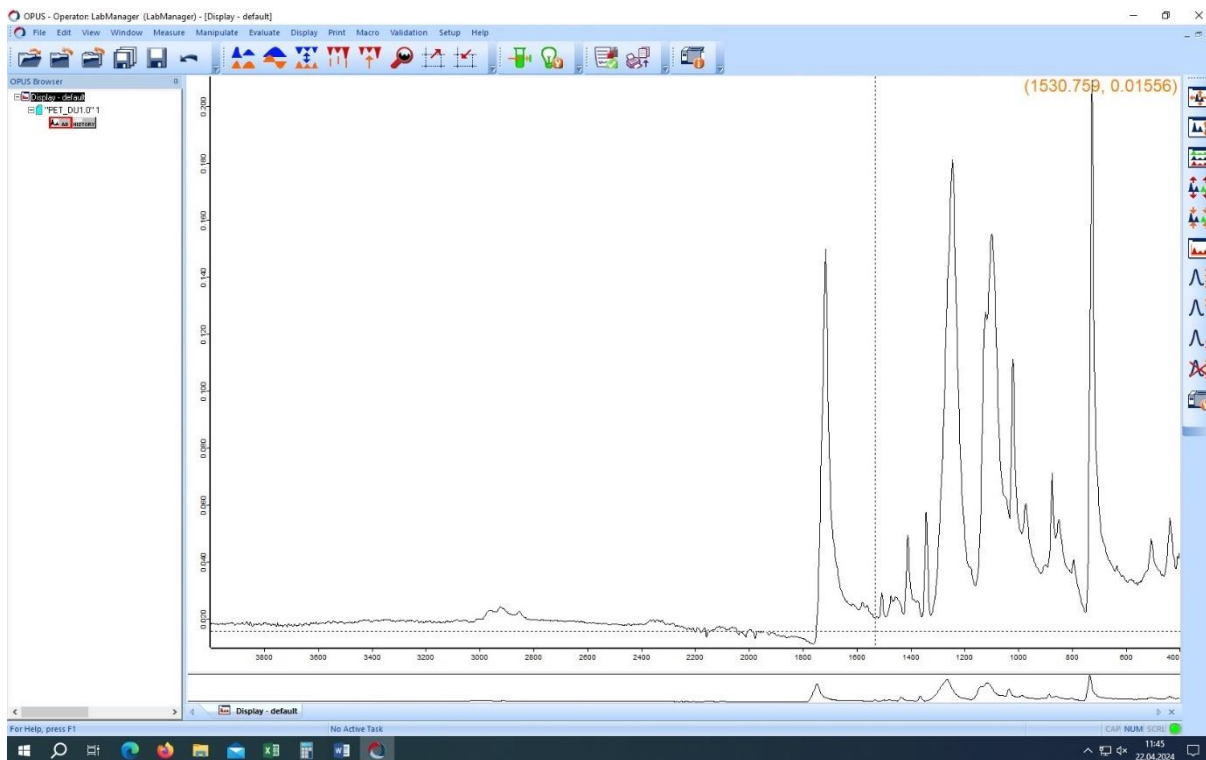
# 11 PŘÍLOHY



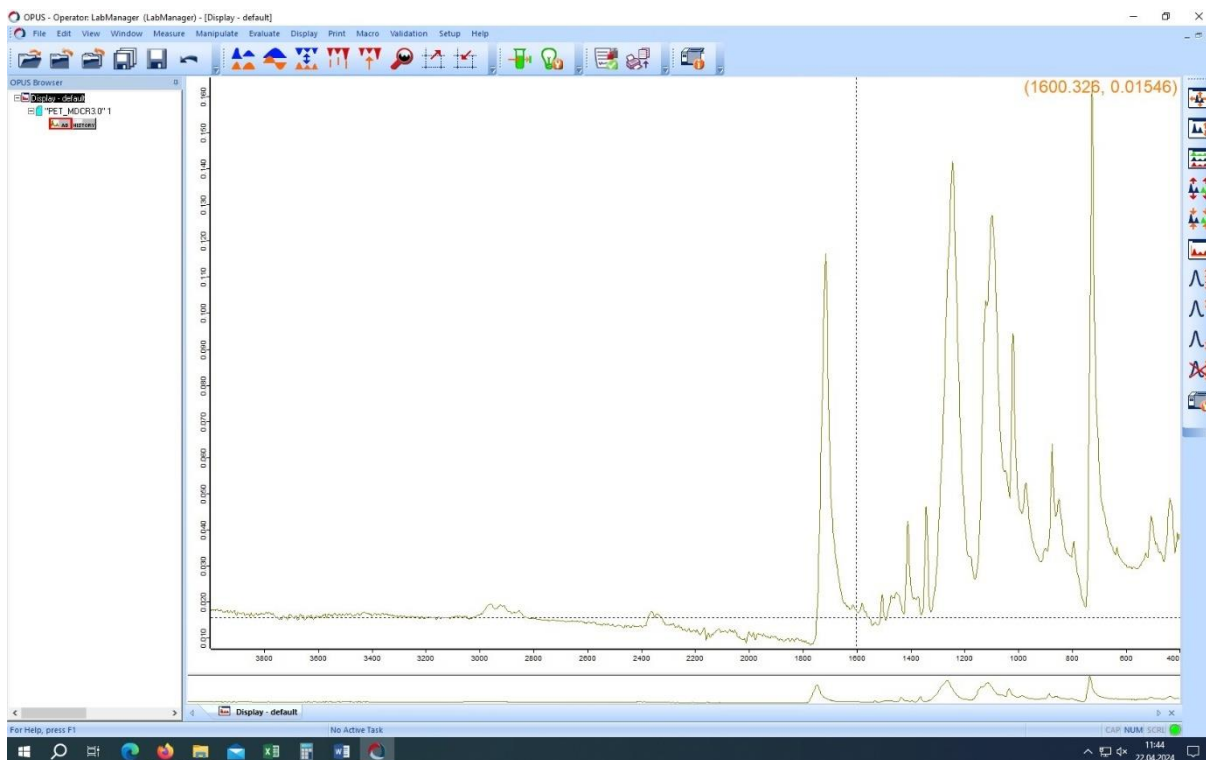
*Příloha 1: IČ spektrum – reference PET*



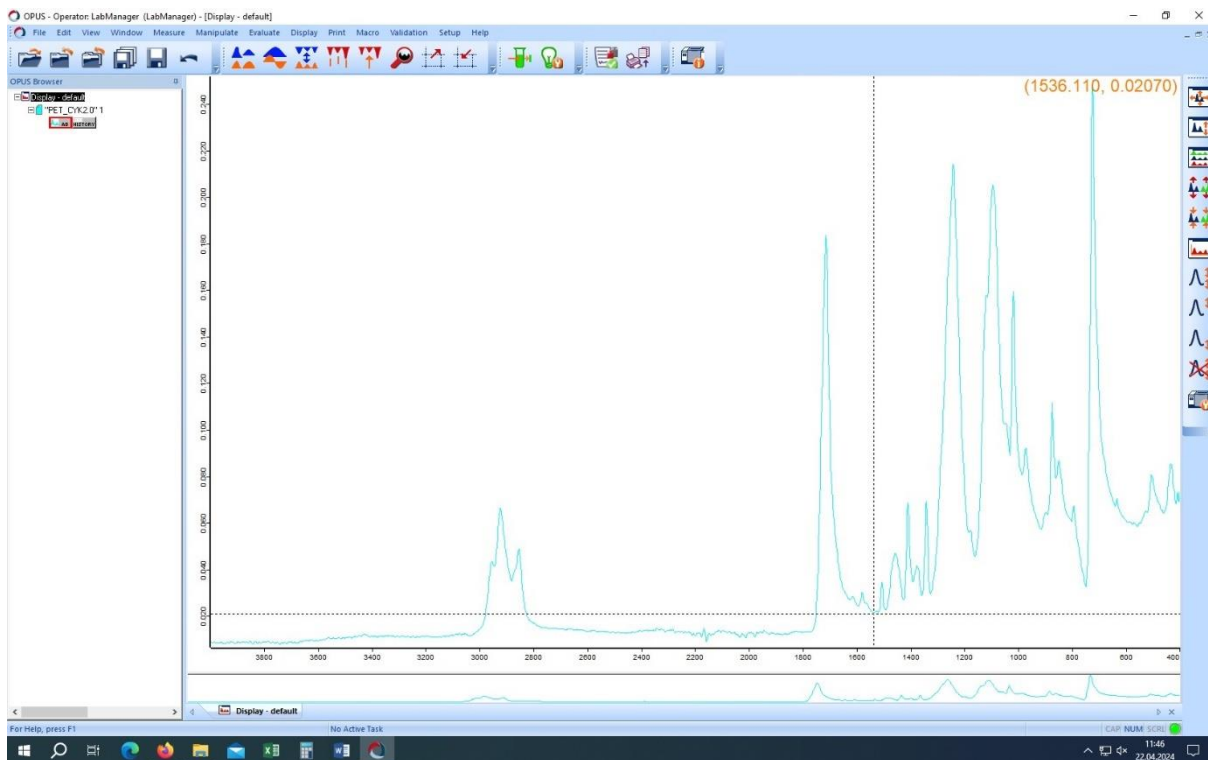
*Příloha 2: IČ spektrum – PET prach z dealdehydizačního sila*



*Príloha 3: IČ spektrum – PET prach z dávkovaci jednotky*



*Príloha 4: IČ spektrum – PET prach ze sušícího a krystalizačního sila*



*Příloha 5: IČ spektrum – PET prach z cyklónu*