

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

**Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití
textilního odpadu**

Bc. Klára Vydrová

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Klára Vydrová

Procesní inženýrství

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití textilního odpadu

Název anglicky

The description and evaluation of the current state of processing and utilization of textile waste

Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování a využití textilního odpadu.

Metodika

Metodika práce

Na základě literárního rozboru oblasti odpadového hospodářství, která se zabývá zpracováním a využitím textilního odpadu, provést popis používaných technologických linek a zařízení a zhodnocení jednotlivých používaných metod.

Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Charakteristika vybraných druhů odpadu
5. Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadu
6. Závěr a diskuze
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

Odpadové hospodářství, textilní odpad, třídění, drcení, recyklace

Doporučené zdroje informací

KURAŠ, M.: Odpady a jejich zpracování. Vydání 1., Ekomonitor, Chrudim 2014, 343 s. ISBN 978-80-86832-80-7

MÜLLER, M.: Zpracovny nekovového odpadu. Česká zemědělská univerzita, Praha 2008, 154 s., ISBN 978-80-213-1840-3

Odpadové fórum – odborný časopis pro vše, co souvisí s odpady. České ekologické manažerské centrum, Praha 1999- . ISSN 1212-7779

Odpady – odborný časopis pro odpadové hospodářství. Technopress, Praha: 1991- . ISSN 1210-4922

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 93/2016 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2021

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití textilního odpadu vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědoma, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědoma že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 11. 5. 2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Petru Vaculíkovi Ph.D. za odborné vedení a rady, které mi byl ochotný poskytnout v průběhu tvorby této bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za jejich podporu. A v neposlední řadě děkuji Ondřeji Burianovi za vše, co pro mne v průběhu psaní této práce a celého studia udělal.

Popis a zhodnocení současného stavu zpracování a využití textilního odpadu

Abstrakt: Tato bakalářská práce pojednává o současném stavu zpracování a využití textilního odpadu. Popisuje nejdůležitější právní předpisy pro oblast odpadového hospodářství, jako je například Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/98 a zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, a definuje důležité pojmy. Dále popisuje vybrané druhy odpadů na základě rozřazení dle Katalogu odpadů a na základě jejich složení. V další části pojednává o metodách a technologiích používaných při zpracování a využití daných odpadů, a to od metod sběru přes metody zpracování až po metody využití. V metodách zpracování pak popisuje jednotlivé způsoby zpracování vybraných odpadů a jejich proces. Tyto způsoby jsou následně porovnány a zároveň jsou vyčteny překážky, které těmto metodám mohou bránit. Na základě tohoto srovnání práce dochází k závěru, že nejlepším způsobem zpracování textilního odpadu je použití kombinace technologií s hlavním zastoupením mechanické recyklace, následně chemické a až poté dalších procesů.

Klíčová slova: Odpadové hospodářství; textilní odpad; recyklace; třídění; mechanická recyklace; chemická recyklace; sběr odpadu

The description and evaluation of the current state of processing and utilization of textile waste

Summary: This bachelor thesis is about current situation in treatment and use of textile waste. It describes the most important legal regulations, such as Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council and Act No. 541/2020 Coll., new waste act, and it gives definition of important terms. It also describes selected types of waste based on the category from Waste Catalogue and on its composition. The following part is about methods and technologies used during treatment and utilization of the waste, starting from methods of collection and methods of treatment, to methods of utilization. In the chapter methods of treatment, it describes individual ways of treatment of the selected waste and their process. Those methods are compared and their barriers are mentioned. The summary of this comparison is that the best technology of textile waste treatment is the use of combination of technologies, with the biggest use of mechanical recycling, followed by chemical recycling and then by other processes.

Keywords: Waste management; textile waste; recycling; sorting; mechanical recycling; chemical recycling; collection of waste

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	4
3	Metodika práce	5
4	Charakteristika vybraných druhů odpadu	6
4.1	Právní předpisy v oblasti nakládání s vybranými druhy odpadů	7
4.1.1	Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/98	7
4.1.2	Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2018/851	8
4.1.3	Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech	8
4.1.4	Katalog odpadů	9
4.1.5	Plán odpadového hospodářství České republiky	10
4.1.6	Zákon o výrobcích s ukončenou životností.....	10
4.1.7	Zákon o ochraně ovzduší	10
4.2	Definice a pojmy	11
4.3	Vybrané druhy odpadů	13
4.3.1	Odpady z textilního průmyslu - 04 02	13
4.3.2	Textilní obaly - 15 01 09	13
4.3.3	Oděvy a textilní materiály z komunálních odpadů – 20 01 10 a 20 01 11.....	13
4.3.4	Textilní odpady podle jeho složení.....	14
5	Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadu.....	15
5.1	Metody sběru	15
5.2	Metody zpracování.....	17
5.2.1	Přípravná fáze	17
5.2.2	Recyklace.....	18
5.2.3	Mechanická recyklace	18
5.2.4	Chemická recyklace	20
5.2.5	Další metody zpracování	22
5.2.6	Porovnání technologií.....	23
5.2.7	Překážky recyklace textilních odpadů	25
5.3	Metody využití.....	26
6	Závěr a diskuze.....	29
7	Seznam literatury	32
8	Přílohy.....	1

Seznam obrázků

Obrázek 1 Nakládání s odpady v roce 2019 [8]	2
Obrázek 2 Produkce odpadů v ČR dle kategorie nebezpečný a ostatní [15]	6
Obrázek 3 Hierarchie odpadového hospodářství [11]	8
Obrázek 4 Kontejner na použitý textil [Vydrová, K. 2021 – archiv autorky].....	15
Obrázek 5 Vytříděný textilní materiál [26]	17
Obrázek 6 Trhací linka firmy La Roche [31] - upraveno.....	19
Obrázek 7 Výroba Circulose® z odpadního textilu [41] - upraveno.....	22
Obrázek 8 Schéma procesu biodegradace [42].....	23
Obrázek 9 Porovnání technologií zpracování textilního odpadu z hlediska vlivu na životní prostředí [36] – přeloženo	24
Obrázek 10 Recyklovaný textil jako izolační materiál [47].....	27
Obrázek 11 Geotextilie z odpadního textilu [49]	27
Obrázek 12 Papír z recyklovaného textilu [51]	28

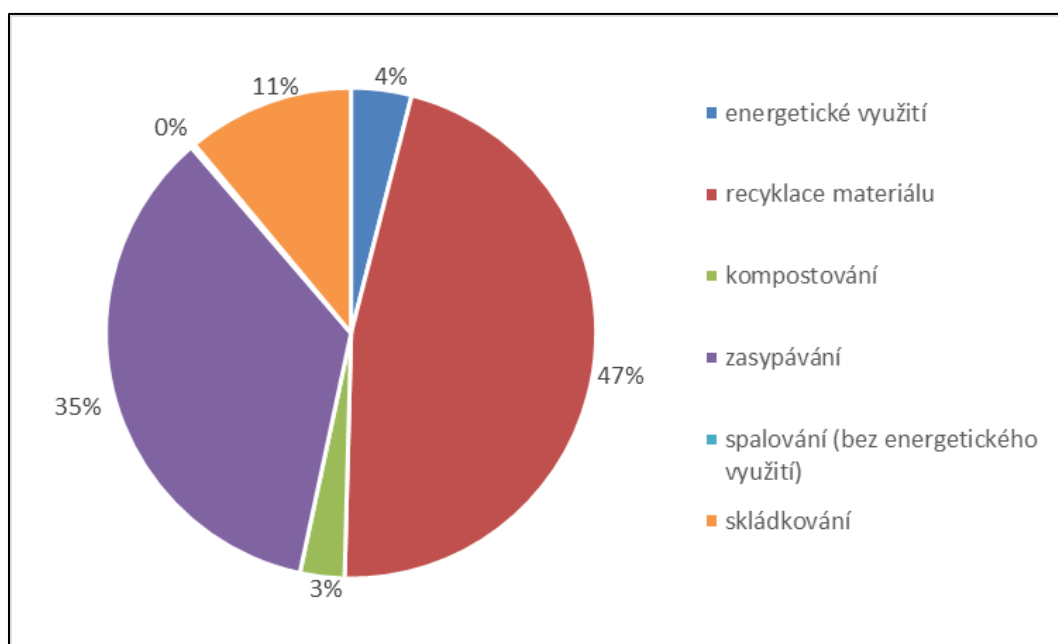
1 Úvod

Ošacení je podle Maslowovy pyramidy potřeb jednou z nezákladnějších potřeb člověka. Nikoho tak nepřekvapí, že s rostoucí populací lidstva, roste také produkce oděvu a textilních výrobků. A s ní roste i oděvní průmysl, který hraje zásadní roli v ekonomice každé země, ať už se jedná o zaměstnávání mnoha lidí, investice, obchod či výnosy. Růstu tohoto průmyslu také velmi dopomáhá přijetí současnou společností standardu tzv. fast fashion. Ten stojí na faktu, že módní průmysl roste tím víc, čím víc lidé nakupují. Z tohoto důvodu je snaha produkovat co nejlevnější oděvy, v co největším množství a jako výrobky téměř jen na jedno použití. Zkracuje se tak doba, po kterou je daný kus oblečení nošen, než je nahrazen nějakým novým a vyhozen do odpadu. Zatímco v roce 1975 byla globální produkce textilu 5,9 kg na osobu a rok, v roce 2018 to bylo 13 kg na osobu a nutno poznamenat, že v České republice dokonce 26 kg. Takovýto životní styl má velké environmentální ale i sociální dopady na dnešní společnost [1; 2; 3; 4; 5].

Módní průmysl v mnohých případech zaměstnává osoby, které pak pracují ve velmi nepříznivých podmínkách a za velmi neúměrnou odměnu. Problémem, který se této práci týká více, jsou ale dopady, které tento průmysl má na životní prostředí [6]. Oděvní průmysl se řadí mezi jeden z nejvíce znečišťujících průmyslů. Využívá obrovské množství neobnovitelných zdrojů a velké množství nebezpečných látek. Například přibližně 20 % průmyslově znečištěné vody pochází z textilního průmyslu kvůli barvení a zpracování textilu [1]. Některé studie uvádí vliv textilního průmyslu v číslech. Podle nich textilní průmysl během jednoho roku vyprodukuje 1200 milionů tun skleníkových plynů, spotřebuje 93 miliard kubíků vody, 8 milionů tun hnojiv a 200 000 tun pesticidů na pěstování bavlny, 42 milionů tun chemikálií a 1 milionů tun barviv [7].

Produkce nového textilu tedy velmi zatěžuje životní prostředí. Kromě ale ekologické zátěže způsobené samotnou výrobou textilu je také významná zátěž způsobená velkou produkcí textilního odpadu. V České republice dosahuje produkce textilního odpadu 15 kg na jednu osobu za rok [4]. Celková produkce odpadu je přitom v České republice srovnatelná s ostatními zeměmi Evropské unie. Při nakládání s odpady se materiál nejvíce recykluje, poté zasypává a následně skládkuje (viz obrázek 1) [8]. Hovoříme-li však o textilních odpadech, je mnohem

obtížnější podobná data nalézt. Některé zdroje uvádějí, že textilní komunální odpad je recyklován pouze ze 3 %, zbytek je skládkován [9].



Obrázek 1 Nakládání s odpady v roce 2019 [8]

Aby bylo dosaženo větší míry vytríděného textilu vyšla v roce 2018 Směrnice pozměňující Směrnici 2008/98 o odpadech. Původní směrnice je základním právním rámcem týkající se problematiky odpadů na území Evropské unie. V roce 2018 pak pozměňující směrnice přidala důležité nařízení, a to že od 1. ledna 2025 je ve všech členských státech Evropské unie povinný oddělený sběr textilního odpadu. Toto následně ustanovuje také zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, který vyšel v platnost 1. ledna 2021. Je-li ale v současnosti recyklováno pouze tak malé množství textilního odpadu, potom je zřejmé, že je potřeba do roku 2025 velmi změnit systém nakládání s tímto druhem odpadu. V České republice v současnosti probíhá v podstatě pouze recyklace mechanická, při níž je odpad trhan a rozvlákňován a velmi tak klesá jeho kvalita. Zároveň i nyní nemá vzniklá trhanina dostatečný odbyt a je tedy zřejmé, že toto není cesta, kterou by se v budoucnu mělo vydávat. Existuje také chemická recyklace. Její princip spočívá primárně v rozpouštění polymerních vláken a jejich regeneraci. Na podobném principu probíhá výroba viskózy či Lyocellu [10; 11; 12; 13].

Je nutné si uvědomit, že na jedné straně stojí obrovská nadprodukce textilu z materiálů, jejichž produkce je velmi zatěžující pro životní prostředí, a na druhé straně vzniká velké

množství textilního odpadu, který není v současné době téměř recyklován. Řešení nabízí princip cirkulární ekonomiky, tedy že odpad v podstatě nevzniká, ale je zdrojem pro další výrobu. U recyklace textilního odpadu je to možné zrovna tak. Odpadní vlákna je možné pomocí různých procesů regenerovat a vytvořit z nich vlákna nová. Tím se zpracuje vznikající textilní odpad a zároveň bude možné šetřit surové přírodní zdroje [1; 14].

Tato bakalářská práce pojednává o problematice textilního odpadu z hlediska právních úprav, jeho složení, možnostech nakládání a dalšího využití.

2 Cíl práce

Předmětem této práce je seznámení se s problematikou týkající se zpracování a využití textilního odpadu. V první řadě bude probrána problematika právních úprav oblasti odpadů a odpadového hospodářství.

Dále se práce zaměří na nakládání s těmito vybranými odpady, a to od sběru, třídění a následnému zpracování. Na závěr budou v této práci zmíněné možnosti využití vybraných odpadů a porovnání jednotlivých technologií zpracování.

3 Metodika práce

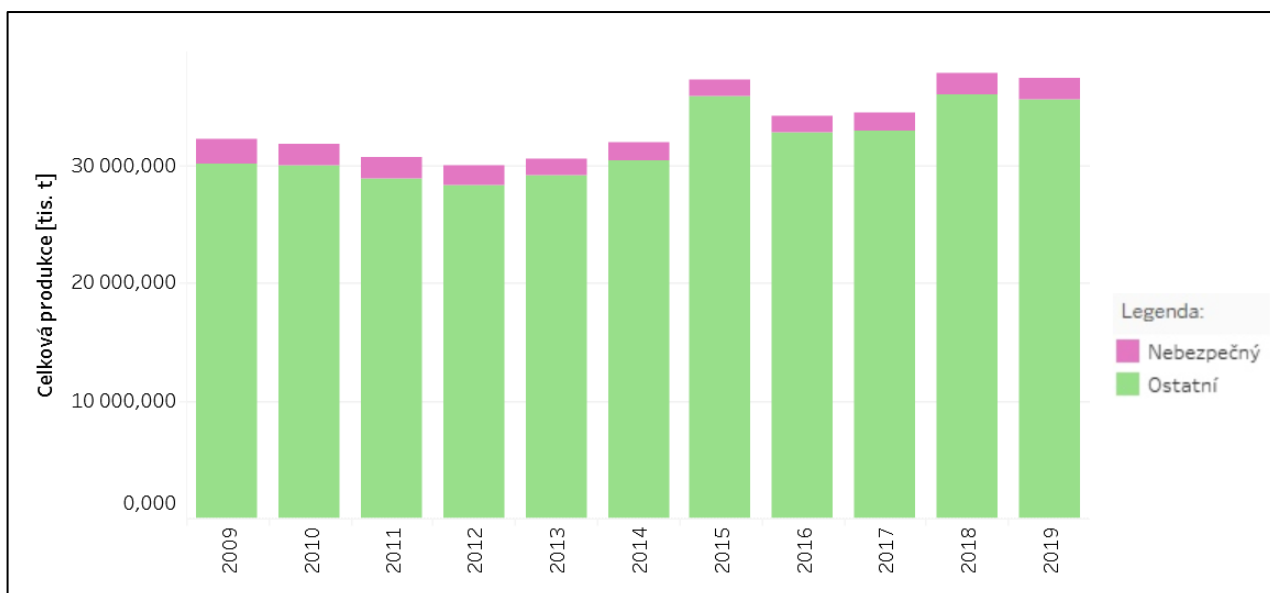
Na základě studia literatury pojednávající o nakládání s vybranými druhy textilních odpadů bude proveden popis:

- obecného úvodu do problematiky v oblasti vybraných textilních odpadů,
- právní úpravy týkající vybraných odpadů a odpadového hospodářství,
- charakteristiky daného druhu odpadu,
- nakládání s tímto materiálem, včetně uvedení zpracovávajících technologií a jejich porovnání.

4 Charakteristika vybraných druhů odpadu

Veškerá činnost člověka je spojena se vznikem odpadů. Problematika vzniku odpadů a nakládáním s ním je tedy čím dál důležitější, a to zejména z environmentálního, ale i ekonomického hlediska. I při sebevětší snaze ve výrobě vznikají vedlejší produkty. Pokud pro ně výrobce nemá další využití, jedná se z pohledu právních předpisů o odpad. Odpady tak vznikají jak při výrobě nových produktů, tak i při jejich spotřebě či případném odstranění [12].

Problematikou vzniku a nakládání s odpady se zabývá odpadové hospodářství. V minulosti bylo odpadové hospodářství vždy spíše lokální problematikou a řešilo se maximálně na úrovni jednotlivých států. V poslední době je ale více než jasné, že vznik odpadů má globální dopady. Z tohoto důvodu se odpadovým hospodářstvím zabývá celá škála různých mezinárodních společenství. Pro Českou republiku jsou tak nejdůležitější právní předpisy dané Evropskou unií. Hlavním dokumentem v oblasti nakládání s odpadem je Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/98 o odpadech. Na ní navazují v právním rámci České republiky dva zákony a to zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech a zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností [12].



Obrázek 2 Produkce odpadů v ČR dle kategorie nebezpečný a ostatní [15]

Jak výše zmiňovaná směrnice, tak zákon o odpadech, představují tzv. hierarchii odpadového hospodářství. Ta řadí jednotlivé způsoby nakládání s odpady podle priority, jaké nakládání by mělo být upřednostňováno. Hlavní prioritu by mělo mít předcházení vzniku odpadů, nelze-li odpadu předejít, pak by měla následovat příprava k opětovnému využití, dále materiálové využití, jiné využití včetně energetického, a není-li žádný z předchozích způsobů možný, až pak přichází v potaz odstranění [10].

V roce 2019 bylo v České republice, dle dat zveřejněných CENIA na Informačním systému statistiky a reportingu v životním prostředí, vyprodukováno 35,6 milionů tun ostatního odpadu a další 1,8 milionu tun nebezpečného. To činí přibližně 3 500 kg odpadu na jednoho obyvatele. Z dat z minulých let je pak patrné, že produkce odpadů stále roste (viz obrázek 2). Produkce komunálního odpadu pak činila 5,9 milionů tun [15].

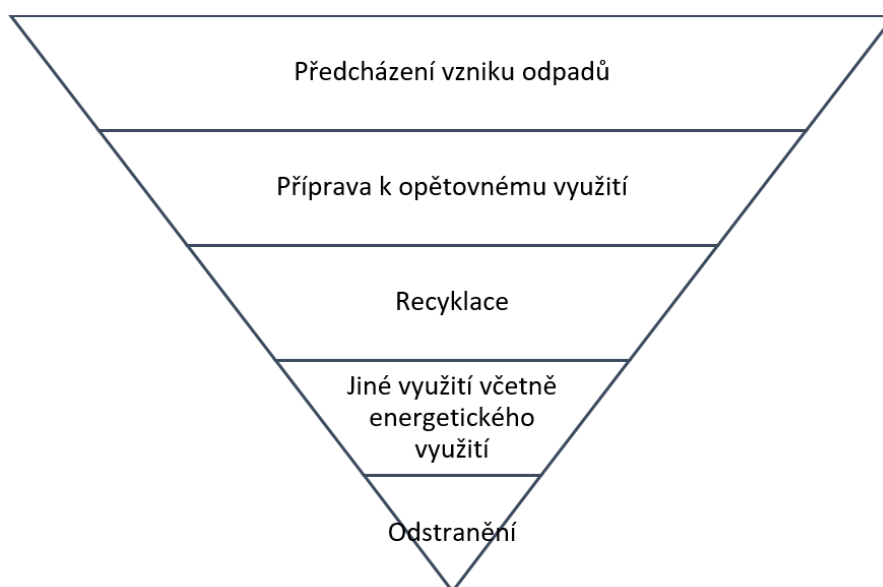
4.1 Právní předpisy v oblasti nakládání s vybranými druhy odpadů

4.1.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2008/98

Hlavním dokumentem právních předpisů Evropské unie, týkajícím se problematiky nakládání s odpady, je směrnice č. 2008/98. Jsou v ní definovány pojmy jako je odpad, vedlejší produkt, nakládání s odpady, jejich využití a odstraňování, recyklace a podobné. Dále také stanovuje podmínky, které je nutné dodržet při nakládání s odpady, a to včetně hierarchie způsobů nakládání. S odpady má být nakládáno se zásadou, že „znečišťovatel platí“. Umožňuje také členským státům zajištění toho, aby se na výrobce výrobků vztahovala rozšířená odpovědnost výrobce. To znamená například zajištění zpětného odběru vysloužilých výrobků, nakládání s nimi a finanční odpovědnost za tyto činnosti. Ukládá také výrobcům povinnost se vzniklými odpady nakládat sami nebo prostřednictvím úředně způsobilého provozovatele. Mimo jiné stanovuje, jakým způsobem má být nakládáno s nebezpečnými odpady, odpadními oleji a biologickým odpadem. Ukládá také členským státům povinnost, aby vyžadovaly od podniků nakládajících s odpady získání povolení k provozování dané činnosti. Dále státy zajistí stanovení plánů pro nakládání s odpady, které musejí obsahovat analýzu současné situace a opatření, která musejí být přijata pro šetrnější nakládání s odpady s ohledem na životní prostředí [10].

4.1.2 Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2018/851

V roce 2018 vyšla směrnice pozměňující směrnici č. 2008/98. Jejím účelem je snaha se při nakládání s odpady více přiblížit principům cirkulární ekonomiky. Obsahuje mimo jiné požadavky na systémy rozšířené odpovědnosti výrobce, posílení pravidel v oblasti předcházení vzniku odpadů a stanovení cílů recyklace komunálních odpadů. Do roku 2025 má být z recyklováno alespoň 55 %, do roku 2030 potom 60 % a v roce 2035 dokonce 65 % hmotnosti komunálních odpadů. Z perspektivy nakládání s textilním odpadem je tato směrnice rovněž důležitým dokumentem, protože stanovuje členským státům povinnost od 1. ledna 2025 zřídit oddělený sběr textilního odpadu [16].



Obrázek 3 Hierarchie odpadového hospodářství [11]

4.1.3 Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

Zákon o odpadech vešel v platnost 1. ledna 2021 a svým obsahem navazuje na výše popsané směrnice. Mimo jiné ukládá povinnosti při nakládání s odpadem, povinnosti pro původce odpadů a provozovatele zařízení na zpracování odpadů. Také stanovuje požadavky na vzorkování a zkoušky odpadů. Dále se zabývá požadavky na jednotlivé způsoby nakládání s odpady, a to od soustředování, skladování a sběr, přes úpravu až k využití, respektive odstranění. V dalších částech je rozebírána evidence a ohlašování v oblasti odpadového hospodářství, poplatky za ukládání na skládky a výkon státní správy. Tento zákon také stanovuje hierarchii odpadového hospodářství (viz obrázek 3). Prioritou by tedy mělo být

předcházení vzniku odpadů, a naopak odstranění odpadů by měla být poslední možná varianta při nakládání s odpady [11].

Zásadní změnou pro oblast nakládání s odpady z perspektivy této práce je uložení povinnosti obcím od 1. ledna 2025 určit místa pro oddělené soustředování textilu. Stanovuje také, že „*odděleně soustředované komunální odpady vhodné k opětovnému použití nebo recyklaci*“, kam patří mimo jiné i právě textilní odpady, „*nesmí být předány ke spalování v zařízení na energetické využití odpadu*“ až na některé výjimky a ani nesmí být předány k odstranění [11].

4.1.4 Katalog odpadů

Vyhláška č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů je stanovena na základě zákona o odpadech. Je v ní uveden Katalog odpadů, ale také postupy při zařazování odpadu do Katalogu odpadů podle druhu a kategorie, školení pro hodnocení nebezpečných vlastností odpadů a další. V Katalogu odpadů je možné nalézt textilní odpad pod těmito čísly [17]:

- 04 Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
 - 04 02 Odpady z textilního průmyslu
 - 04 02 21 Odpady z nezpracovaných textilních vláken
 - 04 02 22 Odpady ze zpracovaných textilních vláken
- 15 Odpadní obaly; absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené
 - 15 01 Obaly
 - 15 01 09 Textilní obaly
- 19 Odpady ze zařízení určeného pro nakládání s odpady, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely
 - 19 12 Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
 - 19 12 08 Textil
- 20 Komunální odpady, včetně složek z odděleného sběru
 - 20 01 Složky z odděleného sběru

- 20 01 10 Oděvy
- 20 01 11 Textilní materiály

4.1.5 Plán odpadového hospodářství České republiky

Plán odpadového hospodářství České republiky je vydáván Ministerstvem životního prostředí. Jeho platnost je stanovena vždy na 10 let, případně je změněn dříve, pokud dojde k zásadní změně podmínek, na jejichž základě je zpracován. Současný plán platí od roku 2015 do roku 2024, ale vzhledem k vydání nového zákona o odpadech lze očekávat jeho přepracování. Plán obsahuje úvodní část, analytickou část, závaznou část a směrnou část. V analytické části je popsán současný stav a vývoj v oblasti odpadového hospodářství České republiky. Závazná část stanovuje cíle v oblasti nakládání s odpady a cíle a opatření pro konkrétní skupiny odpadů. Směrná část pak obsahuje přehled nástrojů pro dosažení cílů uvedených v předchozí části [18].

4.1.6 Zákon o výrobcích s ukončenou životností

Zákon o výrobcích s ukončenou životností je možné nalézt ve Sbírce zákonů pro číslem 542/2020. Vztahuje se na vybrané výrobky, jimiž jsou elektrozařízení, baterie a akumulátory, pneumatiky a vozidla. Stanovuje, že tyto výrobky mají být předány pouze k tomu oprávněné osobě. Ta je musí přijmout bezúplatně. Je založen na tzv. rozšířené odpovědnosti výrobce, kdy výrobce daného výrobku musí zajistit jeho zpětný odběr a následné nakládání. Při koupi takového výrobku jsou zaplaceny i náklady na budoucí nakládání s tímto výrobkem, zejména na jeho sběr, recyklaci či případné odstranění. K tomuto také definuje a vymezuje pojem kolektivní systém [19].

4.1.7 Zákon o ochraně ovzduší

Zákon č. 201/2012 Sb., je dalším důležitým zákonem v oblasti životního prostředí. Definuje, co je to znečištění a znečišťování. Říká, jak se vyhodnocuje jejich úroveň, jak jim má být předcházeno a že má být snižováno jejich stávající množství, k čemuž ustanovuje vhodné nástroje. Takovým nástrojem je například poplatek za znečišťování. Tento poplatek hradí provozovatel stacionárního zdroje za vypouštění daných látek do ovzduší. Stanovuje také přípustnou úroveň znečišťování, která je dána emisními limity a stropy, přípustnou tmavostí a technickými podmínkami provozu. Umožňuje také zavedení nízkoemisních zón. Takovou

zónou může být část území obce, kam nemohou vjíždět automobily nesplňující dané emisní limity [20].

4.2 Definice a pojmy

Níže uvedené definice jsou v této práci uvedeny tak, jak je zmiňuje zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. Označení dalšího textu odpovídá značení z tohoto zákona. Podle tohoto zákona:

- § 4 odstavce 1 je **odpadem** „každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“
- § 3 odstavce 1 je **odpadovým hospodářstvím** „činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadu, na nakládání s odpadem, na následnou péči o místo, kde je odpad trvale uložen, zprostředkování nakládání s odpady a kontrola těchto činností.“
- § 8 odstavce 1 je **vedlejším produktem** „Movitá věc, která vznikla při výrobě, jejímž prvotním cílem není výroba nebo získání této věci, není odpadem, ale je vedlejším produktem, pokud
 - a) vzniká jako nedílná součást výroby,
 - b) je její další využití zajištěno,
 - c) je její další využití možné bez dalšího zpracování způsobem jiným, než je běžná výrobní praxe,
 - d) je její další využití v souladu s jinými právními předpisy nebo přímo použitelnými předpisy Evropské unie a nepovede k nepříznivým dopadům na životní prostředí nebo zdraví lidí a
 - e) jsou splněna kritéria pro jednotlivé materiály pro posouzení splnění podmínek podle písmen a) až d), pokud jsou stanovena prováděcím právním předpisem nebo přímo použitelným předpisem Evropské unie; splnění těchto kritérií je ověřeno vzorkováním a zkoušením nebo jiným způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem nebo přímo použitelným předpisem Evropské unie a je vypracována průvodní dokumentace v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem nebo přímo použitelným předpisem Evropské unie.“
- dle § 5 odstavce 1 je **původcem odpadu**
 - a) „každý, při jehož činnosti vzniká odpad,

- b) *právnícká nebo podnikající fyzická osoba, která provádí úpravu odpadů nebo jiné činnosti, jejichž výsledkem je změna povahy nebo složení odpadu, nebo*
- c) *obec od okamžiku, kdy osoba odloží odpad... na místo obcí k tomuto účelu určenému.“*
- § 11 odstavce 1
 - a) se **přecházením vzniku odpadů** rozumí *„opatření přijatá předtím, než se movitá věc stane odpadem, která omezují nepříznivé dopady vzniklého odpadu na životní prostředí a zdraví lidí, omezují obsah nebezpečných látek v materiálech a výrobcích nebo omezují množství odpadu, a to i prostřednictvím opětovného použití výrobků nebo jejich částí k původnímu účelu nebo prodloužením životnosti výrobků,“*
 - b) **opětovným použitím** jsou *„postupy, kterými jsou výrobky nebo jejich části, které nejsou odpadem, znovu použity ke stejnému účelu, ke kterému byly původně určeny“*
 - c) **nakládáním s odpadem** je *„soustředování odpadu, shromažďování odpadu, skladování odpadu, sběr odpadu, úprava odpadu, využití odpadu, odstranění odpadu, obchodování s odpadem nebo přeprava odpadu,“*
 - f) **sběrem odpadu** se rozumí *„soustředování odpadů právníckou osobou nebo podnikající fyzickou osobou od jiných osob pro účely předání do zařízení ke zpracování odpadu, pokud uložení odpadu v zařízení ke sběru odpadů nepřesáhne dobu 9 měsíců“*
 - g) **zpracováním odpadu** je *„využití odpadu nebo odstranění odpadu zahrnující i úpravu před jeho využitím nebo odstraněním,“*
 - i) **využitím odpadu** je *„činnost, jejímž výsledkem je, že odpad slouží užitečnému účelu tím, že nahradí materiály používané ke konkrétnímu účelu nebo že je k tomuto konkrétnímu účelu ...a přestane být odpadem“*
 - l) **recyklací odpadu** je *„způsob využití odpadu, jímž je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky, ať pro původní nebo pro jiné účely; recyklace odpadu zahrnuje přepracování organických materiálů, ale nezahrnuje energetické využití a přepracování na materiály, které mají být použity jako palivo nebo jako zásypový materiál,“*
 - § 11 odstavce 2 a) je **komunálním odpadem** *„směsný a tříděný odpad z domácností, zejména papír a lepenka, sklo, kovy, plasty, biologický odpad, dřevo, textil, obaly, odpadní elektrická a elektronická zařízení, odpadní baterie a akumulátory, a objemný odpad, zejména matrace a nábytek, a dále směsný odpad a tříděný odpad z jiných zdrojů, pokud je co do povahy a složení podobný odpadu z domácností; komunální odpad nezahrnuje odpad*

z výroby, zemědělství, lesnictví, rybolovu, septiků, kanalizační sítě a čistíren odpadních vod, včetně kalů, vozidla na konci životnosti ani stavební a demoliční odpad.“ [11]

4.3 Vybrané druhy odpadů

Tato kapitola je věnována jednotlivým druhům textilních odpadů, jak jsou rozřazeny dle vyhlášky č. 8/2021 Sb., o Katalogu odpadů.

4.3.1 Odpady z textilního průmyslu - 04 02

V textilním průmyslu (přádelny, tkalcovny a jiné zpracovny textilu) se z přírodních či syntetických vláken vyrábějí příze a tkaniny, případně výrobky z nich. Odpady, které při takovéto výrobě vznikají, jsou vlákna (v Katalogu odpadů číslo 04 02 21 odpady z nezpracovaných textilních vláken a 04 02 22 odpady ze zpracovaných textilních vláken), nitě a plošné textilní útvary [12; 21].

4.3.2 Textilní obaly - 15 01 09

Textilní obaly, mezi něž patří různé obalové tkaniny, nachází své uplatnění často například v potravinářství. Jejich výhodou oproti ostatním obalům je úplná ohebnost a poddajnost, pevnost, prodyšnost a nízká hmotnost. Textilní obaly se vyrábí zejména z juty, bavlny a koudele. Používají se ve formě pytlů a žoků. Pytle se nejčastěji vyrábějí z juty a používají se pro náplně o velikosti 25 až 100 kg. Používají se tam, kde je třeba zajistit zejména prodyšnost a pevnost [22].

4.3.3 Oděvy a textilní materiály z komunálních odpadů – 20 01 10 a 20 01 11

Jak již vyplývá z definice komunálního odpadu podle zákona o odpadech, komunálním odpadem, a tedy i textilním komunálním odpadem je takový odpad, který pochází z domácností nebo z jiných zdrojů, pokud má podobné vlastnosti. V roce 2019 bylo v České republice vyprodukováno 23 498 tun odpadních oděvů a dalších 11 036 textilních materiálů [8]. V současnosti je oddělený sběr textilního odpadu nepovinný, ale od 1. ledna 2025 mají obce povinnost takovýto sběr zajistit. Nyní je možné odpad odevzdávat ve sběrných dvorech případně do samostatných kontejnerů. Této problematice je věnována kapitola 5.1 Metody sběru viz str. 15 [23; 11].

4.3.4 Textilní odpady podle jeho složení

Textilie jsou charakteristické svým naprosto rozmanitým složením. Díky tomu je vhodné rozdělit jednotlivé druhy textilu i na základě tohoto kritéria. Rozeznáváme textil přírodního původu, syntetického původu, z regenerovaných vláken, ale i jejich kombinací. Přírodní vlákna jsou buď živočišná, kam se řadí například vlna či hedvábí, ale také rostlinná, kam patří vlákna z bavlny, lnu, konopí či sisalu. Mezi syntetická vlákna zase patří třeba polyester či polyamid. Specifickou skupinou jsou vlákna regenerovaná. Jsou to původně přírodní polymery, které ale svými vlastnostmi již nevyhovují ve své původní podobě, a tak se regenerují do nových vláken. Patří sem například viskóza. U kombinovaných vláken je nejčastější kombinací polyester a bavlna [1].

Tabulka 1 Klasifikace textilních vláken na základě chemických vazeb [1]

Polymer	Celulóza	Polyestery	Polyamidy	Polyuretany	Polyolefiny	Polyakryláty
Vazba	β-glykosidická	Esterová	Amidová	Uretanová	Alkanová	Akrylonitrilová
Vlákna	Bavlna Len Viskóza Lyocell Acetát	PET PTT PBT PLA	Vlna Hedvábí Nylon Protein	Elastan	PP PE	Akryl Modakryl

Vysvětlivky: PET – polyethyltereftalát, PTT – polytrimethyltereftalát, PBT – polybutyltereftalát, PLA – Polylaktid, PP – polypropylen, PE – polyethylen

Další možností je dělení vláken podle chemických vazeb tvořící polymery (viz tabulka 1). Takové rozdělení má smysl zejména z toho důvodu, že polymery tvořeny podobnými vazbami mají často podobné i fyzikální a chemické vlastnosti, které hrají zásadní roli při dalším nakládání a recyklaci [1].

5 Metody a zařízení používané při zpracování a využití vybraných druhů odpadu

5.1 Metody sběru

Ke sběru komunálního odpadního textilu dochází v České republice ve sběrných dvorech. Po obcích jsou ale také rozmístěny kontejnery (viz obrázek 4), do kterých lze vkládat např. oblečení, obuv, plyšové hračky, ložní prádlo, utěrky, peněženky, kabelky, opasky a podobné, v čistém a suchém stavu a umístěné do igelitových pytlů. Tyto kontejnerové služby jsou zajištěny různými charitativními organizacemi, diecézemi či farnostmi. Mezi ně patří například organizace Potex, Diakonie Broumov, Český červený kříž, Coretex CZ, Textileco, Dimatex či Kloktext. Takové organizace ale pouze v některých případech sbírají textil jako odpad a je tudíž zahrnut do systému sběru komunálního odpadu obce. V jiných případech textil sbírají jako použitý materiál a o odpad se tedy nejedná. Takovýto materiál pak nepodléhá evidenci odpadů a společnosti s ním nakládající nemusí být vedeny jako oprávněné osoby podle zákona o odpadech. V určité míře se tento použitý materiál odpadem nakonec stejně stane při následném nakládání, a to zejména po vytržení kusů vhodných pro opětovné využití [23; 24].



Obrázek 4 Kontejner na použitý textil [Vydrová, K.; 2021 – archiv autorky]

Zajímavým příkladem z praxe v jiných státech Evropské unie je zajištění sběru textilního odpadu formou zpětného odběru. V České republice se zpětný odběr vztahuje na vysloužilé elektrozařízení, baterie, pneumatiky a autovraky a vztahuje se na něj zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností. U textilního odpadu to takto funguje například ve Francii. Tam v lednu 2007 vyšlo v platnost, že výrobce uvádějící na trh tyto produkty, se musí podílet na zjištění nebo zajistit jejich recyklaci a zpracování. Výrobce toho může docílit buď pomocí kolektivních systémů, nebo zajistí individuální systém recyklace a zpracování odpadního textilu. Rozhodnutím o zavedení systému rozšířené odpovědnosti výrobce byla ve Francii snaha o zlepšení sběru a třídění použitého textilu a optimalizaci tohoto procesu vedoucí k jeho udržitelnosti. Vždy si stanoví cíle na určitou dobu, jichž se snaží dosáhnout. Například do prosince 2019 byla snaha, aby 50 % textilu přivedeného na trh bylo odděleno od ostatního odpadu a aby alespoň 95 % hmotnosti sebraného materiálu bylo recyklováno či opětovně využito. Sběr je ve Francii nejčastěji uskutečňován pomocí kontejnerů umístěných na ulici, podomním sběrem nebo je také sbírán ze supermarketů [25; 19].

Mnohé společnosti považují cestu zpětného odběru textilu za udržitelnou cestu odpadového hospodářství i pro Českou republiku. V současnosti je produkce textilního odpadu v České republice 15 kg na osobu a rok. Velké množství použitého textilu je ale i vyváženo mimo země jejich původu, a to do východní Evropy nebo do Afriky. V poslední době ale poptávka po těchto kusech oblečení značně klesla. Vzhledem k tomu, že většina textilů je navržena v podstatě na jedno použití a podle toho jsou voleny i výrobní materiály, není moc možností, jak takovýto textil využít. Nabízelo by se řešení mechanické recyklace (viz kapitola 5.2.3 Mechanická recyklace), zejména díky většímu rozšíření tohoto způsobu a také nižším nákladům na recyklaci, ale v současné době je na tomto trhu velmi malý odbyt vzniklé trhaniny vůči nabízenému zboží. Pro společnosti sbírající a zpracovávající textilní odpad začíná být tedy tento obchod prodělečný. Podle Asociace recyklace použitého textilu (ARETEX) by bylo řešením právě zavedení rozšířené odpovědnosti výrobce. Takový výrobce je totiž poté nucen navrhovat výrobky podle tzn. principu „Design for Recycling“. Při něm musí volit materiály, které jsou vhodné pro opětovné využití. Má-li být v roce 2025 zaveden povinný oddělený sběr textilního odpadu, musí být také zajištěno jeho další zpracování. Pokud se situace na trhu ohledně zpracování textilního odpadu nezmění, bude tento systém dlouhodobě neudržitelný [4].

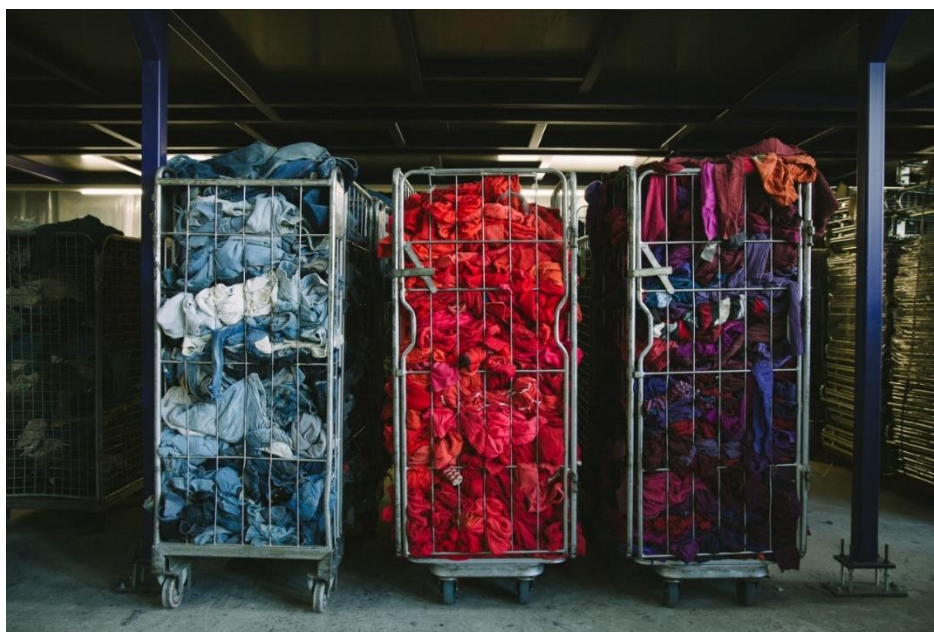
5.2 Metody zpracování

Vzhledem k tomu, že textil se může skládat z nejrůznějších materiálů, i zpracování textilu probíhá různým způsobem. Přesto je však možné zpracování rozdělit do základních fází, a to do přípravné fáze, kde je textil přetříděn a vyčištěn, a do recyklace, kde je materiál vhodně využit.

5.2.1 Přípravná fáze

Třídění

Před započítím samotného zpracování je třeba textilní odpad roztrždit. Primárním účelem třízení je rozdělení textilu na kusy vhodné pro opětovné použití a ostatní a následně rozdělení textilií podle materiálu, případně pevnosti vláken a barvy (viz obrázek 5). Třízení lze rozdělit na manuální a automatické. Většinou je možné se setkat spíše s třízením manuálním, kdy je materiál tříděn ručně prostřednictvím pracovníků. Ti musejí být schopni rozeznat od sebe jednotlivé materiály. Takové třízení může probíhat na pásových dopravnících, z nichž jsou jednotlivé materiály tříženy do zásobníků. Během tohoto procesu je také nutné odstranit veškeré netextilní součásti textilu, jako jsou zipy, knoflíky a jiné, které by v následném zpracování mohly ohrozit technologické zařízení [21].



Obrázek 5 Vytržiděný textilní materiál [26]

V dnešní době je ale možné se setkat i s třízením automatickým. Při něm je využívána blízká infračervená spektroskopie (zkratka NIRS, z anglického „near-infrared spectroscopy“). I před automatické třídění musí být zařazeno třídění ruční, při kterém jsou odděleny kusy vhodné pro opětovné použití a zároveň odstraněny netextilní materiály. Dále už může probíhat třízení automaticky [21].

Čištění

Textilní odpad bývá velmi často znečištěn, a to jednak hrubými nečistotami, ale i různými mastnotami a podobně. Na některých recyklačních linkách mají do procesu proto zařazen proces čištění. To může probíhat mechanicky či praním. Při mechanickém čištění bývá textil proklepáván, a tak dochází k uvolnění a následnému oddělení hrubých nečistot. Mechanické čištění ale nevede k odstranění mastnot, proto následuje praní. Jsou-li na výsledný produkt a jeho estetické vlastnosti kladeny speciální požadavky, je možné do procesu ještě zařadit odbarvování a barvení na požadovanou barvu [27; 24].

5.2.2 Recyklace

Jednotlivé druhy recyklace je možné rozdělit na recyklaci mechanickou, surovinovou a energetickou či podle jiných zdrojů na mechanickou, chemickou a další metody zpracování či případně jejich kombinaci. Mimo tyto kategorie je také potřeba postavit opětovné využití neboli „re-use“, kdy se nemění podstata daného kusu oblečení, ale je ve svém původním stavu darováno nebo prodáno k dalšímu využití [27; 21].

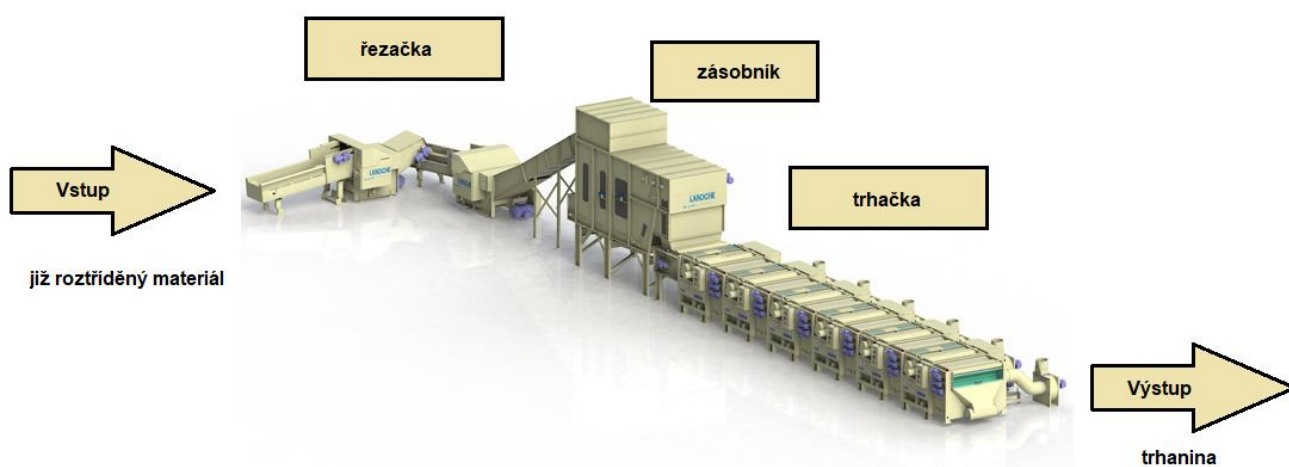
5.2.3 Mechanická recyklace

Mechanická recyklace spočívá v přeměně textilie na vlákna či kusy látky. Je započata sekáním, při kterém jsou látky sekány na menší kusy. Na něj následuje trhání a rozvláknování. To probíhá v trhačce, která je tvořena válci, které mají po svém obvodu hroty. Čím dále materiál trhačkou postupuje, tím se hustota hrotů na jednotlivých válcích zvyšuje a vzniká stále jemnější trhanina. Při mechanické recyklaci tak dochází ke zkracování textilních vláken a klesá tak i jeho kvalita. Navíc je vhodné takto recyklovat pouze jednosložkové textilie, a to většinou přírodního původu. Výsledným produktem je tedy trhanina, která se uplatňuje například v automobilovém průmyslu jako výplňový materiál, ve stavebnictví jako izolace nebo na výrobu geotextilií.

Pokud není materiál vhodný na výrobu trhaniny, je možné jej také použít na výrobu hadrů. K tomu jsou nejvhodnější bavlněná trička díky dostatečné savosti [24; 28; 29].

Arca Chrast

V České republice se mechanickou recyklací textilu zabývá několik společností. Jednou z nich je Arca Chrast, která zpracovává textilní odpady z prvovýroby, druhotnou textilní surovinu či textilní zbytky. Technologickým zařízením je trhací linka od francouzské společnosti La Roche (viz obrázek 6) [29; 30].



Obrázek 6 Trhací linka firmy La Roche [31] - upraveno

Ta je určena k rozvolňování textilních vláken, ke kterému postupně dochází v šesti sekcích linky. Předtím, než materiál vstoupí do samotné linky, musí být roztříděn. To se děje na základě barev, materiálu, provedení a formě zpracování textilu. Během třídění jsou také odstraněny netextilní složky, které by při následujícím zpracování mohly způsobovat problémy. Následně je materiál nařezán na několik centimetrů velké kusy, které jsou umístěné do sila, z něhož padají přímo na trhací linku. Tam je pak materiál postupně rozvolňován na šesti válcích, které mají po svém obvodu různě hustě rozmístěné hřeby. Výchozím produktem je trhanina připomínající vatou. Na závěr je slisována do balíků. Takováto trhanina je pak využívána v automobilovém průmyslu, stavebnictví, zemědělství či textilním průmyslu. Tato recyklační linka natrhá ročně 220 tun textilu [29; 30].

Recover

Recover je technologie vyvinutá španělskou rodinnou společností Hilaturas Ferre využívající textilní vlákna pro výrobu bavlněné příze. Jsou při ní využívány zejména odpadní textilie z textilního průmyslu, ale využívá i použité textilní oděvy. Textilní odpad je nejprve roztržěn na základě jeho kvality a barvy. Následně je nařezán na malé kusy, roztrhán a poté opatrně rozvlákněn bez narušení délky vláken. Získaná vlákna mají délku okolo 10 až 15 mm a splňují standardy vysoké kvality. Na závěr jsou z nich vyráběny příze. Mohou být směšovány s polyesterem nebo s akrylem. Díky dobrému třídění podle barev není nutné vlákno Recover barvit, a přesto je možné vyrobit vlákna v celém barevném spektru [32; 33].

5.2.4 Chemická recyklace

Mechanická recyklace je limitována složením materiálu. Je vyžadováno, aby materiál byl jednosložkový a nejčastěji přírodního původu. V dnešní době ale textil ze syntetických materiálů zastupuje nemalou část textilu uvedeného na trh a další významnou část tvoří textil ze směsi vláken přírodních a syntetických. Nejčastější takovou směsí je kombinace polyesteru a bavlny. V takovém případě je tedy vhodné použít místo mechanické recyklace jiný způsob zpracování, například tedy chemickou recyklaci. Tato metoda recyklace je teprve ve svých počátcích a provádí se v tomto odvětví spousta výzkumů. Nicméně některé společnosti tuto metodu již používají, a tak je již možné pozorovat její výsledky. Vlákna jsou při ní rozložena na molekulární úroveň a následně polymerizována. Dochází k chemickému oddělení od původní textilie. Pokud se jedná čistě o celulóзовý materiál, je degradace dosahováno enzymatickou či kyselou hydrolyzou. Pro chemickou recyklaci je v porovnání s mechanickou potřeba větší množství energie, ale přináší s sebou předvídatelnější kvalitu vláken. Chemickou recyklaci je možné provádět i u syntetických a smíšených vláken. Základními metodami chemické recyklace je rozpouštění a depolymerizace [34; 21; 35].

Depolymerizace

Depolymerizace je využívána u textilií vyrobených z polyesterových vláken. Jednotlivými procesy depolymerizace jsou glykolýza, hydrolyza nebo metanolýza. Při depolymerizaci je štěpena esterová vazba v polyesteru za vzniku různých monomerů a oligomerů. Tyto produkty pak mohou být dále využity při syntéze nových polymerů a uplatněny tak při výrobě nových textilních vláken. Na stejném principu funguje i recyklace odpadních PET lahví [34].

Rozpouštění

Další možností chemické recyklace je rozpouštění. Tato metoda je zejména vhodná u materiálů tvořených směsí bavlny a polyesteru. Bavlněná složka je při ní selektivně rozpuštěna látkami, kterými mohou být buď například iontové kapaliny, nebo N-methylmorfolin N-oxid (NMMO). Poté je umožněna separace polymerní složky a její následné zpracování. Směs NMMO či jiného rozpouštědla s celulózu musí následně projít přes zvláknovací trysku a proces sušení. Při něm jsou vlákna celulózy od rozpouštědla plně oddělena. Rozpouštědlo je možné použít z 98 % opakovaně [35; 36].

Obdobným způsobem je možné rozpouštět složku polyesteru a celulózní složku ponechat. Problémem této metody je ale předchozí degradace polyesteru způsobená praním v převážně alkalickém prostředí. Dochází při něm k narušení esterové vazby a rozpouštění polyesteru tak probíhá obtížně. Tomu je možné předejít, pokud je polyester nejprve rozložen na monomery a následovně repolymerizován [37].

Worn Again Technologies

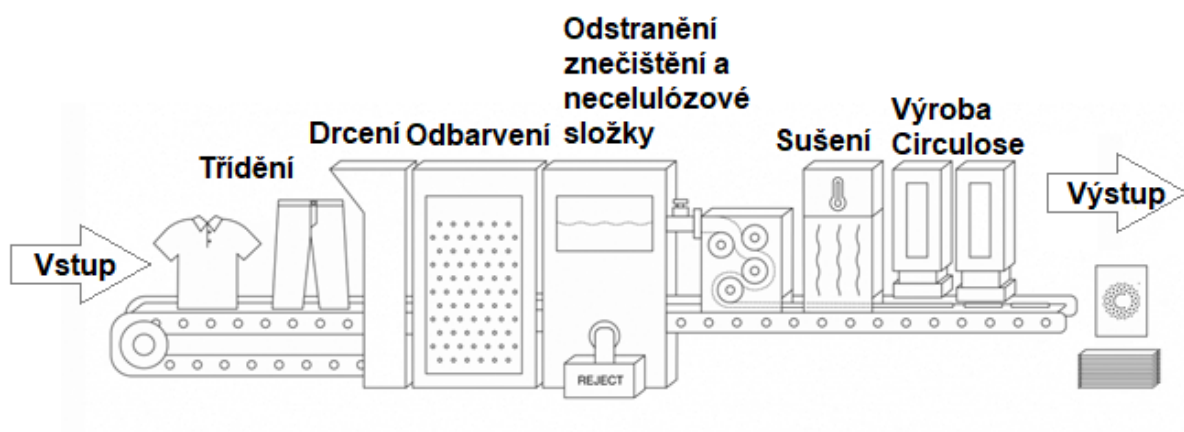
Chemickou recyklaci rozpouštěním provádí například anglická společnost Worn Again Technologies. Prvním krokem jejich technologie je obvyčejné čištění, při němž odstraňují veškeré kontaminující látky a přidává se rozpouštědlo. Poté zbyde pouze směs bavlny a polyesteru nasáknutá rozpouštědlem. Následně se tato směs začne zahřívat a při rostoucí teplotě se polyester pomalu rozpouští, zatímco bavlna zůstává v pevném skupenství. Bavlna a rozpuštěný polyester jsou následně odděleny pomocí filtrace. Polyester se pak využije k výrobě nového polyesterového vlákna. Bavlna je rozpuštěna pomocí iontové kapaliny a je z ní vytvořeno nové celulózní vlákno podobné viskóze či lyocellu [38].

Ioncell

Ioncell je vlákno vyráběné z použitého textilu či novin jako součást výzkumu na Aaltově univerzitě ve Finsku. Ioncell využívá netoxické iontové kapaliny pro rozpouštění celulózy. V rozpuštěném stavu pak může být celulóza transformována pomocí mokrého zvláknování tryskou do silných dlouhých vláken. Iontové kapaliny a použitá voda jsou neustále recirkulovány. Vlákna Ioncell mají podobný charakter jako viskóza. Jsou nasákové, biologicky rozložitelné, mohou být barvena [39; 40; 2].

Renewcell

Švédská společnost Renewcell využívá odpadní textil o vysokém obsahu celulózy (například z bavlny či viskózy). Textil je zde rozdrcen, jsou odstraněny netextilní části, je odbarven a přeměněn do konzistence řídké kaše. Z ní je odstraněno znečištění a necelulózové složky. Kaše je následně vysušena a vytváří se z ní buničina nazývaná Circulose®. Následně je zabalena do balíků a odeslána opět do textilního průmyslu. Circulose® pak může být použita na výrobu viskózy, lyocellu, modalu a podobných regenerovaných vláken [41].



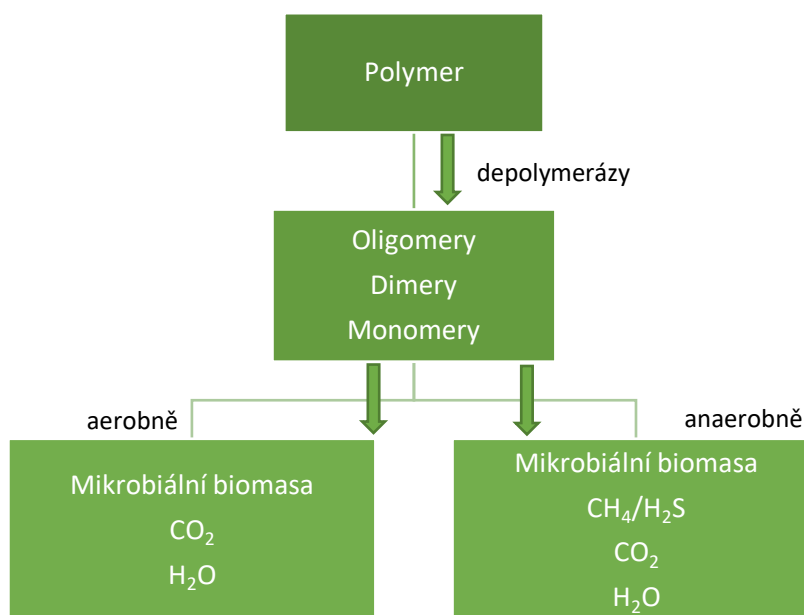
Obrázek 7 Výroba Circulose® z odpadního textilu [41] - upraveno

5.2.5 Další metody zpracování

Biodegradace

Jako biodegradace je označován jev, při němž na přírodní organické látky působí enzymaticky živé organismy a dochází tak k rozkladu polymerních materiálů. Tento proces je přímo závislý na molekulové hmotnosti rozkládaných látek. S vyšší hmotností probíhá biodegradace obtížněji. Před biologickým rozkladem musí být tedy ještě rozklad abiotický, při kterém jsou řetězce polymerních látek zkracovány na oligomery, dimery až monomery. Biodegradace se skládá ze tří dílčích fází. První je biodeteriorace, při které dochází ke změně vlastností materiálu způsobené mnohými faktory, jako je přítomnost vlhkosti, vzduchu, ultrafialového světla, tepla a mechanická degradace. Další fází je biofragmentace, při které se organismy rozmnožují, a díky vylučovaným enzymům a radikálům štěpí polymery na oligomery, dimery a monomery, které následně využijí jako zdroj energie. Třetí, a tedy

poslední, fází je asimilace, kdy se vzniklé plynné metabolity uvolňují do ovzduší a minerální látky zůstávají [42].



Obrázek 8 Schéma procesu biodegradace [42]

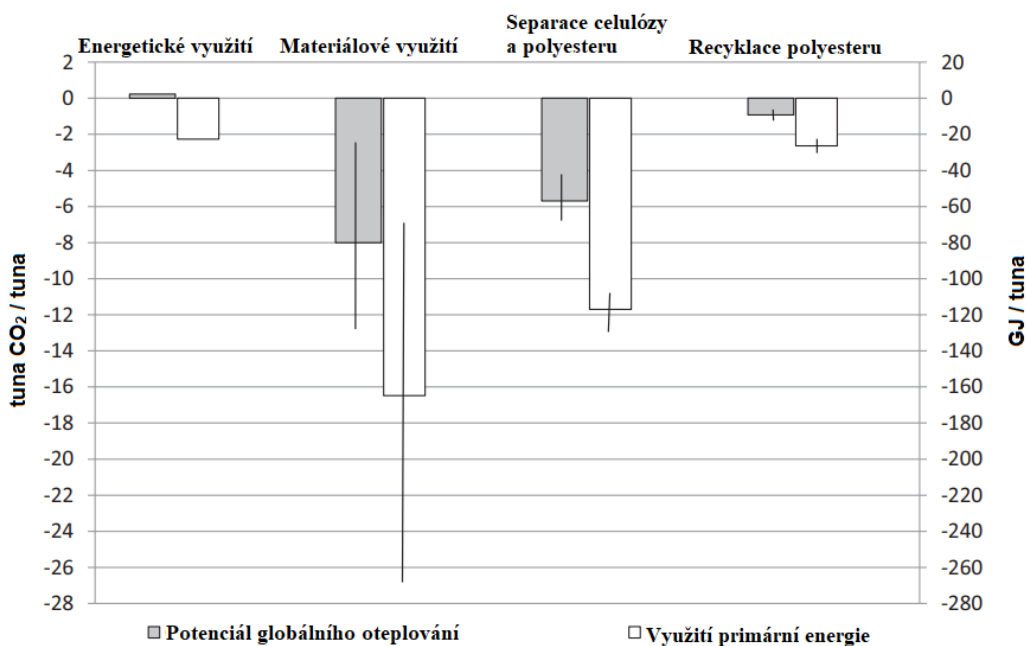
Z výše zmíněného je zřejmé, že přírodní textilní vlákna mohou být kompostována, případně rozkládána anaerobně za vzniku bioplynu. Bioplyn vzniká při anaerobním rozkladu organických látek za působení anaerobních bakterií. Bioplyn je obnovitelným přírodním zdrojem energie. Skládá se z většiny z metanu a oxidu uhličitého. Obdobným způsobem je možné také vyrábět bioetanol. Ten vzniká při aerobním rozkladu organických látek. Nejprve je recyklovaný materiál vystaven uhličitánu vápenatému při různých teplotách, aby došlo ke snížení krystalinity bavlny, a tak k usnadnění enzymatickému zpracování a následné hydrolýze. Po hydrolýze je dále roztok glukózy fermentován kvasinkami na bioetanol. Na materiál používaný při všech těchto technologiích jsou ale kladeny mnohé požadavky, jimž textilní odpadní ne vždy vyhovuje a v praxi se proto tyto technologie příliš nepoužívají [43; 5].

5.2.6 Porovnání technologií

Ve studii provedené Zamanim v roce 2014 byly porovnány jednotlivé technologie zpracování textilního odpadu z pohledu dopadů na životní prostředí v průběhu jejich životního cyklu. Nejprve bylo zhodnoceno energetické využití. Celkový potenciál pro globální oteplování byl stanoven na 0,23 tun CO₂ na tunu textilního odpadu. Touto technologií je uspořeno 23 GJ

na tunu textilního odpadu. Další srovnávanou technologií bylo materiální využití (respektive mechanická recyklace). Při tomto způsobu zpracování jsou nahrazeny primární zdroje již existujícími materiály. Díky tomu je ušetřeno asi 8 tun CO₂ a 164 GJ energie na jednu tunu textilního odpadu. Uvažovalo se, že 50 % materiálů je vhodných pro tento způsob zpracování, zbylých 50 % by bylo v takovémto případě spáleno, respektive energeticky využito. Vzniklé emise by tak byly v podstatě vynahrazeny vzniklou energií [36].

Další hodnocenou technologií byla chemická recyklace rozpouštěním, kdy byla oddělována celulózní vlákna od polyesterových. Hlavním činitelem, co se týče potenciálu globálního oteplování, je zde ušetřená produkce surové celulózy a polyesteru. Celkem je díky této technologii ušetřeno 46,5 GJ energie a 5,5 tuny CO₂ na tunu textilního odpadu. Použití rozpouštědla, jako je NMMO, nemá pro svou nízkou toxicitu na tento výsledek významný vliv. Poslední srovnávanou technologií je recyklace polyesteru. Díky tomuto procesu je na tunu textilního odpadu ušetřeno až 0,9 tun CO₂ a 26 GJ primární energie. Během tohoto způsobu zpracování jsou celulózní a smíšená vlákna odeslána k energetickému zpracování. Potenciál pro globální oteplování je tak značný, ale nutno poznamenat, že zase přináší výhodu vzniku tepelné energie. Pro výrobu dimethyltereftalátu z primárních zdrojů je potřeba asi o 84 % víc energie než při výrobě z recyklovaných materiálů [36].



Obrázek 9 Porovnání technologií zpracování textilního odpadu z hlediska vlivu na životní prostředí [36] – přeloženo

Srovnání jednotlivých technologií z hlediska vlivu na životní prostředí je možné vidět na obrázku 9. Tenké černé čáry představují analýzu citlivosti, která byla provedena pro každou technologii zpracování při změně výtěžnosti materiálu. Například u materiálového využití bylo původně počítáno s výtěžností 50 %, analýza citlivosti pak byla stanovena pro výtěžnost od 15 do 85 %. Z obrázku je však patrné, že i v případě nejmenší výtěžnosti je vliv na životní prostředí lepší, než v případě energetického využití [36].

Aby bylo možné jednotlivé technologie porovnávat, do studie byly zahrnuty převážně údaje související se spotřebou energie. Například nebyl brán v potaz možný toxický vliv použitých chemikálií. Na druhou stranu při pěstování bavlny je potřeba obrovského množství pesticidů, které díky recyklaci textilu mohou být ušetřeny. Co se týče ekologické zátěže, nejlepších výsledků dosáhlo materiálové využití. Je třeba si ale uvědomit, že tento způsob recyklace není možné provádět do nekonečna vzhledem k neustále se zkracující délce vláken. Z tohoto důvodu je důležité, aby byly jednotlivé technologie různě kombinované. Například by bylo možné z textilního odpadu nejprve vytrít nositelné kusy, které by mohly směřovat k opětovnému využití. Ze zbytku by bylo možné vytrít materiály tvořené pouze z jedné složky a ze směsi vláken. Směs celulózy a polyesteru podrobit technologii separace těchto složek pomocí rozpouštění. Polyesterová vlákna recyklovat pomocí depolymerizace a zbylé jednosložkové materiály recyklovat mechanicky. A na závěr materiály, které nejsou vhodné ani pro jeden z předchozích způsobů recyklace textilu, energeticky využít [36].

5.2.7 Překážky recyklace textilních odpadů

Ačkoli důvodů pro recyklaci textilního odpadu je mnoho, stále není recyklace dosahována v takové míře, jak by bylo potřeba. Brání jí totiž hned několik překážek. První takovou je ekonomická proveditelnost. Velké množství textilního odpadu není vhodné pro opakovanou recyklaci, protože při ní dochází často ke snižování kvality materiálu. Z tohoto důvodu není nekonečná recyklace a recirkulace materiálu ekonomicky udržitelná. Navíc je v současnosti menší poptávka po výrobcích z recyklovaných vláken zejména z toho důvodu, že produkty ze surových materiálů jsou levnější. Vyšší cena recyklovaných materiálů je dána požadavky na proces recyklace a dopravu [7].

Další překážku v recyklaci textilního odpadu představuje složení tohoto materiálu. Textilní produkty se skládají z velkého množství nejrůznějších materiálů. Krom toho ještě

obsahují různé kovové a další netextilní součásti. Jedná-li se o materiál tvořený směsí různých materiálů, jeho recyklaci bude vždy obtížnější [7].

Hlavním důvodem pro malou míru recyklace textilu je nedostačující technické vybavení. Používané technologie nejsou často schopny odstranit z materiálu barviva a jiná znečištění. Navíc na pořízení potřebných technologií je často potřeba velká prvotní investice. Další překážkou v recyklaci textilního odpadu je nedostatečná informovanost široké veřejnosti a s tím související její nedostatečné zapojení. Tento bod je naprosto stěžejní, protože pokud by byly zvoleny perfektní technologie a podařilo se recyklovat veškerý materiál, tak když do tohoto systému nebude začleněna veřejnost, tak není možné dosáhnout úspěchu. Je třeba, aby byli lidé dostatečně informováni, kam mají odpadní textil odkládat a v jakém má být stavu. Poslední zmíněnou bariérou recyklace textilu je nedostatečná právní úprava a standardy. Sběr odpadu musí být dostatečně koordinovaný, aby bylo možné dosáhnout požadované efektivity recyklace [7].

5.3 Metody využití

Jak je zřejmé z předchozího textu, výsledný produkt po chemické recyklaci bývá vlákno vhodné pro výrobu nových textilií. Mnohem běžnější mechanická recyklace ale vyrábí kusy látky či trhaninu, kterou je spíše vhodné použít v celé řadě dalších možností využití, kterým se věnuje tato kapitola. Velkým odběratelem trhaniny zejména na území České republiky je automobilový průmysl, který trhaninu využívá pro čalounění nebo třeba jako výplň do dveří. Jako vycpávkový materiál je trhanina používána také při stavbách lodí, v nábytkářském průmyslu nebo dokonce při výrobě hraček [44; 45].

Textil bývá také používán ve stavebnictví jako izolační materiál (viz obrázek 10), odpadní textil tak může posloužit jako dobrý alternativní zdroj pro výrobu zvukové a tepelné izolace. Využívat se takto mohou přírodní vlákna, stejně tak i polypropylenová, polyesterová, polyamidová či polyuretanová. Některé zdroje také uvádí možnost využívat recyklovaný textil v elektrotechnickém průmyslu jako izolaci [46; 44].



Obrázek 10 Recyklovaný textil jako izolační materiál [47]

Vlákna po mechanické recyklaci mají ve srovnání se surovými vlákny krátkou délku a tím pádem i nižší kvalitu. Jejich využití je však i přesto velmi vhodné při výrobě netkaných textilií a přízí, a to zejména pro jejich velmi nízkou cenu. Vlákna musejí být však dostatečně dlouhá, aby bylo možné je navinout. Krátká vlákna a případné prachové částice zhoršují výrobní proces a musejí být proto odstraněny. Netkané textilie se využívají většinou k zakrývání povrchů nebo jako izolace, patří sem i agrotexilie a geotexilie, které se využívají proti půdní erozi nebo například při zakládání nebo naopak uzavírání skládek odpadu [48].



Obrázek 11 Geotexilie z odpadního textilu [49]

Zajímavým způsobem využití odpadního textilu je jeho využití při výrobě papíru. Tímto způsobem vzniká papír o velmi vysoké kvalitě. Starý bavlněný textil tak může tvořit spolu s biomasou a zemědělským odpadem hmotu pro vytvoření ručně vyráběného papíru. Tato vlákna se používají zejména při výrobě čajových sáčků, obálek, papírových tašek či papírů do knih. Tento proces je již využíván od dávných dob, přesto má ale i dnes své stále tradiční využití třeba v Indii. Využití starých textilií v papírenském průmyslu může vést ke snížení odlesňování [50; 5].



Obrázek 12 Papír z recyklovaného textilu [51]

Recyklovaný textilní odpad je možné také využít například pro výrobu pryží, koberců nebo čisticích hadrů a utěrek. Užívají se také při environmentálním užití například při odstraňování Bisfenolu A, při zpracování odpadní vody a při separaci oleje a vody [44; 46; 50].

6 Závěr a diskuze

Tato bakalářská práce pojednává o velmi aktuálním tématu, které představuje velký problém sahající svými dopady do všech končin světa. Jen v České republice je v současné době vyprodukováno 15 kg textilu na osobu každý rok. Z toho je většina skládkována nebo energeticky využita a pouze malá část je recyklována či připravena pro opětovné využití. Zákon o odpadech ale stanovuje hierarchii nakládání s odpady, podle níž je energetické využití a odstranění skládkováním až na úplně posledních pozicích. Současné nakládání s těmito vybranými druhy odpadů tedy této hierarchii vůbec neodpovídá.

Problém představuje již samotný sběr textilních odpadů. Co se týče komunálního textilního odpadu, je možné jej odevzdávat ve sběrných dvorech nebo případně do speciálních kontejnerů umístěných po obcích. U těch je ale situace složitější. Tyto kontejnery jsou většinou provozovány různými dobročinnými organizacemi, které často sbírají textil nikoli jako textilní odpad, ale jako použitý textil. Vysbíraný textil tak nepodléhá evidenci odpadů obce a společnosti s ním nakládající nemají patřičné povolení pro nakládání s odpady dle zákona o odpadech. Z takto vysbíraného textilu jsou vytříděny nositelné kusy, které směřují k opětovnému využití potřebným nebo do bazarů a secondhandů. Většina tohoto textilu se ale pro opětovné využití nehodí, a tak se stejně nakonec stane odpadem.

Při třídění je krom nositelných kusů také třízen zbylý textil, a to podle materiálu, barvy či provedení. Toto třízení se provádí většinou mechanicky, ale existují již i automatizované třídící linky. Při třídění jsou také odstraněny netextilní součásti jako jsou různé zipy či knoflíky. Tyto součásti musí být odstraněny manuálně i v případě automatizovaného třídění. Další částí této předpřípravy před samotnou recyklací může být čištění, praní a v případě potřeby odbarvování a barvení.

Co se týče recyklace, hlavní používanou technologií je v současnosti mechanická recyklace. Jedná se o velmi jednoduchou a levnou technologii, při níž je textil sekán na kusy a následně rozvláknován a buď je trhán až do výsledné trhaniny, nebo je ponechán ve formě kusů látky. Trhaninu je pak možné použít například jako výplňový materiál nebo při výrobě nového oblečení či geotextilií. Problémem mechanické recyklace je snižování kvality vláken

jejich zkracováním. Mechanicky tak není možné textil recyklovat donekonečna. Trhanina nemá navíc tak velký odběr, v jaké míře se v současnosti vyrábí.

Další používanou technologií je recyklace chemická. Při ní jsou polymerní vlákna rozpouštěna nebo depolymerizována a jsou z nich vytvářena vlákna nová. Chemická recyklace je v současnosti zatím spíše otázkou výzkumu, ale již jsou patrné mnohé výsledky a možnosti využití. Při chemické recyklaci rozpouštěním mohou být recyklována i například vlákna tvořená směsí materiálů, jako jsou nejčastěji celulóza a polyester. Celulóza je tak nejprve rozpuštěna vhodným rozpouštědlem a odseparována od polyesteru. Ten je následně depolymerizován a je z něj vytvořeno nové polyesterové vlákno. Celulóza je pak zvláknována a navinuta do příze. Výsledkem je vlákno, které svou kvalitou odpovídá regenerovaným vláknům jako je například viskóza. Jedná se sice o ekonomicky i energeticky náročnější proces, než je mechanická recyklace, umožňuje ale recyklaci provádět opakovaně a s předvídatelnou kvalitou výsledných vláken.

Přírodní textilní materiály mohou také podléhat biodegradaci. Za přítomnosti kyslíku vzniká oxid uhličitý a jedná se tak o kompostování. Biodegradace může probíhat i anaerobně, kdy vzniká bioplyn. Z přírodních materiálů je možné také vyrábět bioethanol. Problém biodegradace textilních materiálů ale spočívá ve vysokých požadavcích na vstupní materiál, a navíc mohou být takto degradovány pouze přírodní materiály, které tvoří pouze část textilních odpadů. Tato technologie se pro recyklaci textilních odpadů proto příliš nepoužívá.

Srovnají-li se jednotlivé technologie recyklace vybraných textilních odpadů z hlediska dopadů na životní prostředí a spotřebu energie, nejlépe rozhodně vyjde mechanická recyklace. Je to levná technologie, při které není spotřebováno velké množství energie a ani životní prostředí tak příliš nezatežuje. Její nevýhoda ale spočívá zejména v klesající kvalitě recyklovaných vláken, protože při ní dochází k jejich zkracování, a také v nemožnosti uplatnit ji pro všechny druhy textilií. Jako nejvýhodnější se tak jeví využití kombinace výše zmíněných způsobů recyklace. Mechanicky recyklovat, co je touto metodou recyklovat možné (a tak aby byl zajištěn neustálý odbyt vzniklého materiálu), a pro zbytek využít jiné technologie, jako je chemická recyklace rozpouštěním a depolymerizací. Až zbylý materiál, který není vhodné využít žádnou z těchto technologií, směřovat k energetickému využití, pokud má dostatečnou výhřevnost, nebo k odstranění skládkováním.

Od 1. ledna 2025 je na území České republiky stejně tak jako v ostatních členských státech Evropské unie povinný oddělený sběr textilního odpadu. Z technologického ani správního hlediska není Česká republika na tuto situaci momentálně připravena. Je nutné zajistit řádný sběr tohoto druhu odpadu, a to tak aby byl všechen evidován. Následně zajistit zpracování, ideálně více technologickými metodami. V současnosti toto technologické vybavení na našem území chybí, do roku 2025 je tak potřeba učinit ještě velký pokrok tímto směrem.

7 Seznam literatury

- [1] HARMSSEN, Paulien a Harriëtte BOS. Textiles for circular fashion: Part 1: Fibre resources and recycling options. Groene grondstoffen. Wageningen: Wageningen Food & Biobased Research, 2020. Dostupné z: doi:10.18174/517183
- [2] ASAADI, Shirin, Michael HUMMEL, Sanna HELLSTEN, Tiina HÄRKÄSALMI, Yibo MA, Anne MICHUD a Herbert SIXTA. Renewable High-Performance Fibers from the Chemical Recycling of Cotton Waste Utilizing an Ionic Liquid. ChemSusChem. 2016, 9(22), 3250-3258. ISSN 18645631. Dostupné z: doi:10.1002/cssc.201600680
- [3] PETERS, Greg M., Gustav SANDIN a Björn SPAK. Environmental Prospects for Mixed Textile Recycling in Sweden. ACS Sustainable Chemistry and Engineering. 2019, 7(13), 11682-11690. ISSN 2168-0485. Dostupné z: doi:10.1021/acssuschemeng.9b01742
- [4] HENDRICHOVSKÝ, Pavel, Tomáš TYKVA, Lenka HARCUBOVÁ a Lukáš KILLAR. Zpětný odběr použitého textilu. Odpadové fórum. 2021, 22(2), 18-19.
- [5] PIRIBAUER, Benjamin a Andreas BARTL. Textile recycling processes, state of the art and current developments: A mini review. Waste Management & Research [online]. 2019, 37(2), 112-119 [cit. 2020-10-23]. ISSN 0734-242X. Dostupné z: doi:10.1177/0734242X18819277
- [6] MUHAMMAD, Ishfaq. German Textile Recycling Benchmarking. Forssa, 2014. Bakalářská práce. University of Applied Sciences.
- [7] LEAL FILHO, Walter, Dawn ELLAMS, Sara HAN, David TYLER, Valérie Julie BOITEN, Arminda PAÇO, Harri MOORA a Abdul-Lateef BALOGUN. A review of the socio-economic advantages of textile recycling. Journal of Cleaner Production. 2019, 218, 10-20. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.210
- [8] Produkce, využití a odstranění odpadů: za období 2019 [online]. Český statistický úřad, 2021 [cit. 2021-04-19]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/123243248/28002020.pdf/2b10e665-7aac-4baf-9ff9-d097203573c1?version=1.5>
- [9] Textil v odpadu. Recyklujeme textil [online]. Praha: Potex, 2021 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: [https://www.recyklujemetextil.cz/proc-recyklovat#prettyPhoto\[gal3\]/4/](https://www.recyklujemetextil.cz/proc-recyklovat#prettyPhoto[gal3]/4/)

- [10] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic. In: . Štrasburk: Generální ředitelství pro životní prostředí, 2008, ročník 2008, číslo 98.
- [11] Zákon č. 541/2020 Sb.: Zákon o odpadech. In: Sbírka zákonů. částka 222.
- [12] KURAŠ, Mečislav. Odpady a jejich zpracování. Vyd. 1. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2014. ISBN 978-80-86832-80-7.
- [13] Old clothes may be "melted down" and recycled. In: New Atlas [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://newatlas.com/melting-down-old-clothes/48749/>
- [14] DAHLBO, Helena, Kristiina AALTO, Hanna ESKELINEN a Hanna SALMENPERÄ. Increasing textile circulation—Consequences and requirements. Sustainable Production and Consumption. Elsevier B.V, 2017, 9, 44-57.
- [15] Produkce odpadů dle kategorie nebezpečný a ostatní, ČR. In: Informační systém statistiky a reportingu v životním prostředí [online]. Praha: CENIA, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/cr/odpady-a-materialove-toky/celkova-produkce-odpadu/>
- [16] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/851: ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2008/98/ES o odpadech. In: Úř. věst. L 150, 14.6.2018, s. 109-140. 2018.
- [17] Vyhláška č. 8/2021 Sb.: Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). In: . Praha: Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zdravotnictví, 2021, ročník 2021, číslo 8.
- [18] Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015 – 2024. In: . Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014.
- [19] Zákon o výrobcích s ukončenou životností. In: Sbírka zákonů. Praha: Parlament ČR, 2020, ročník 2020, číslo 542.
- [20] Zákon o ochraně ovzduší. In: Sbírka zákonů. Praha: Parlament ČR, 2012, číslo 201.
- [21] MIKESKA, Michal. Recyklace textilního odpadu. Ostrava, 2017. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

- [22] SMEJTKOVÁ, Andrea. Balení v potravinářském průmyslu. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2018. ISBN 978-80-213-2864-8.
- [23] GRUSMAN, Petr a Václav KUNCL. Jak se dívat na použité oděvy a textil?. Průmyslový ekologie [online]. 2016, 2016(4), 6-7 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://www.inisoft.cz/poradenstvi-a-skoleni/odborne-clanky/jak-se-divat-na-pouzite-odevy-a-textil>
- [24] PŘIKRYLOVÁ, Pavlína. Vývoj tepelně izolačních materiálů na bázi odpadních textilních vláken. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [25] HOGG, Dominic, Chris SHERRINGTON, Joe PAPINESCHI, Mark HILTON, Alex MASSIE a Peter JONES. Study to Support Preparation of the Commission's Guidance for Extended Producer Responsibility Schemes: Final Report [online]. Directorate-General for Environment of the European Commission, 2020, , 1-283 [cit. 2020-11-05]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/DG%20Env%20EPR%20Guidance%20-%20Final%20Report_FOR%20PUBLICATION.pdf
- [26] Fibersort goes to the market: making recycled textile the new norm. In: Smart fiber sorting [online]. Wormerveer: Fibersorting, 2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://smartfibersorting.com/fibersort-goes-to-the-market-making-recycled-textile-the-new-norm/>
- [27] NEVRLÁ, Kateřina. Kreativní recyklace textilního odpadu - patchwork a quilt. Liberec, 2009. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [28] HAWLEY, J. M. Understanding and improving textile recycling: a systems perspective. Sustainable Textiles. Woodhead Publishing, 2009, , 179-200.
- [29] ARCA Chrast [online]. Nové Hrady [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://www.arca-chrast.cz>
- [30] Kam putuje nepotřebný textil? Využitelný je v autě i na zahradě, přesto v Česku stále většina končí na skládce. In: Český rozhlas: Radiožurnál [online]. Praha, 2020 [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://radiozurnal.rozhlas.cz/kam-putuje-nepotrebny-textil-vyuzitelny-je-v-aute-i-na-zahrade-presto-v-cesku-8280927>

- [31] Ligne d'effilochage pour Filature et Nontissé. LAROCHE [online]. Cours [cit. 2021-02-24]. Dostupné z: <https://www.laroche.fr/fr/domaines-dactivites/recyclage.html>
- [32] ESTEVE-TURRILLAS, F.A. a M. DE LA GUARDIA. Environmental impact of Recover cotton in textile industry. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017, (116), 107-115. ISSN 09213449. Dostupné z: doi:10.1016/j.resconrec.2016.09.034
- [33] Recover [online]. Banyeres de Mariola: Recover Textile Systems, S.L., 2020 [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://www.recovertext.com/>
- [34] BJÖRQUIST, Stina. Separation for regeneration: Chemical recycling of cotton and polyester textiles. Borås, 2017. Diplomová práce. The Swedish School of Textiles.
- [35] DE SILVA, Rasike, Xungai WANG a Nolene BYRNE. Recycling textiles: the use of ionic liquids in the separation of cotton polyester blends. *RSC Advances* [online]. 2014, 4(29094) [cit. 2020-09-23]. Dostupné z: <https://pubs.rsc.org/en/journals/journalissues/ra#!issueid=ra010058&type=current&issnonline=2046-2069>
- [36] ZAMANI, Bahareh, Magdalena SVANSTRÖM, Gregory PETERS a Tomas RYDBERG. A Carbon Footprint of Textile Recycling: A Case Study in Sweden. *Journal of Industrial Ecology*. 2014, 19(4), 676-687.
- [37] PALME, Anna, Anna PETERSON, Hanna DE LA MOTTE, Hans THELIANDER a Harald BRELID. Development of an efficient route for combined recycling of PET and cotton from mixed fabrics. *Textiles and Clothing Sustainability*. 2017, 3(4). Dostupné z: doi:10.1186/s40689-017-0026-9
- [38] HILTON, Simon. He Chemical Recycling of Clothes. Part 3; The Future. AG Chemigroup [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://blog.agchemigroup.eu/the-chemical-recycling-of-clothes-part-3-the-future/>
- [39] Ioncell [online]. Helsinky: Aalto university, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://ioncell.fi/>
- [40] MICHUD, Anne, Marjaana TANTTU, Shirin ASAADI et al. Ioncell-F: ionic liquid-based cellulosic textile fibers as an alternative to viscose and Lyocell. *Textile Research*

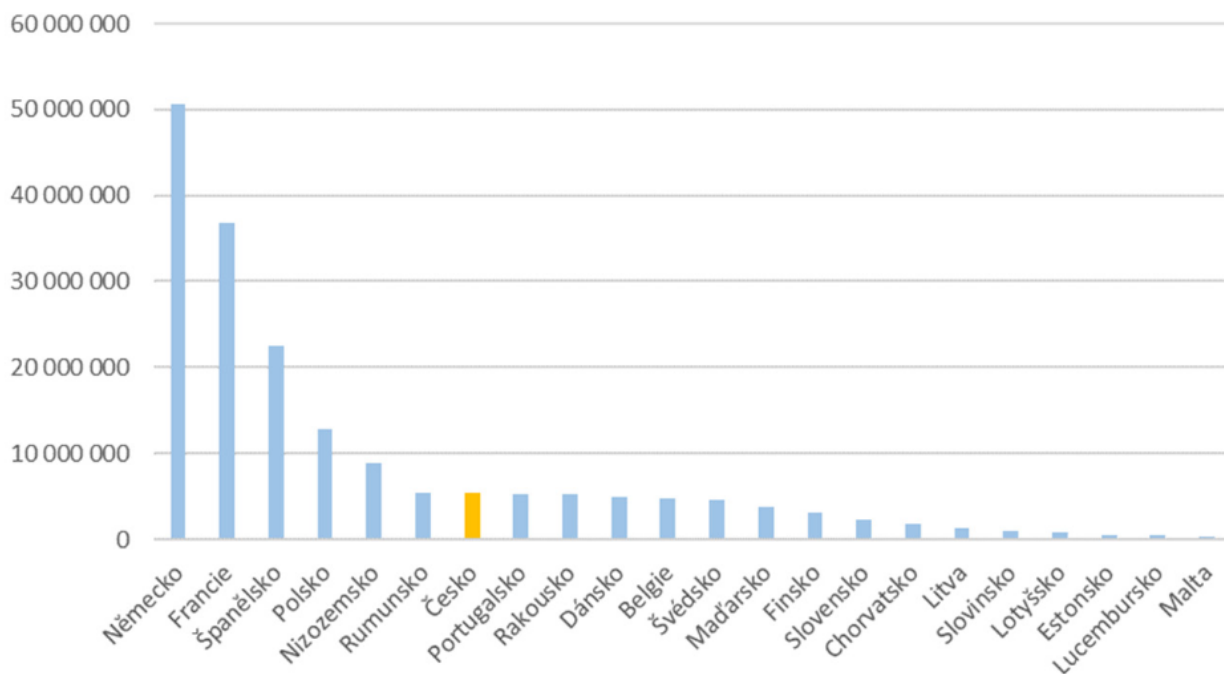
Journal. 2015, 86(5), 543-552. ISSN 0040-5175. Dostupné z:
doi:10.1177/0040517515591774

- [41] Renewcell [online]. Stockholm: Renewcell, 2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z:
<https://www.renewcell.com/en/>
- [42] BOGAROVÁ, Michaela. Kompostovatelnost textilií. Liberec, 2020. Diplomová práce.
Technická univerzita v Liberci.
- [43] KOLTE, Prafull P., Vijay D. CHAUDHARI a Amarjeet M. DABERAO. Recycling of
textile waste. China Textile Science. 2018, (1), 48-51.
- [44] SUCHÁ, Daniela. Zpracování a recyklace odpadního textilu. Ostrava, 2012. Bakalářská
práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [45] SHIRVANIMOGHADDAM, Kamyar, Bahareh MOTAMED, Seeram
RAMAKRISHNA a Mino NAEBE. Death by waste: Fashion and textile circular
economy case. Science of the Total Environment. 2020.
- [46] DANIHELOVÁ, Anna, Miroslav NĚMEC, Tomáš GERGEL', Miloš GEJDOŠ, Janka
GORDANOVÁ a Patrik SČENSNÝ. Usage of Recycled Technical Textiles as Thermal
Insulation and an Acoustic Absorber. Sustainability. 2019, 11(2968). Dostupné z:
doi:10.3390/su11102968
- [47] Vlákenné tepelné a akustické izolace. In: Intro [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z:
<https://www.intro.cz/blog/detail/vlakenne-tepelne-a-akusticke-izolace>
- [48] WANG, Youjiang, J. M. HAWLEY, B. GULICH et al. Recycling in textiles. 1.
Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2006. ISBN 978-1-85573-952-9.
- [49] Recyklovaná geotextilie šedá 150g NETEX polyester JUTA. In: VirtualTrade [online].
Vítkov: VirtualTrade, 2021 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z:
https://www.virtualtrade.cz/13173-recyklovana-geotextilie-seda-150g-netex-polyester-juta.html?gclid=EAIaIQobChMIg8bM_5nS7AIVkKZ3Ch0CvA-wEAQYASABEgKX-_D_BwE
- [50] SHIRVANIMOGHADDAM, Aishwariya. Waste Management Technologies in Textile
Industry. Innovative Energy & Research [online]. 2018, 07(03) [cit. 2020-10-23]. ISSN
25761463. Dostupné z: doi:10.4172/2576-1463.1000211

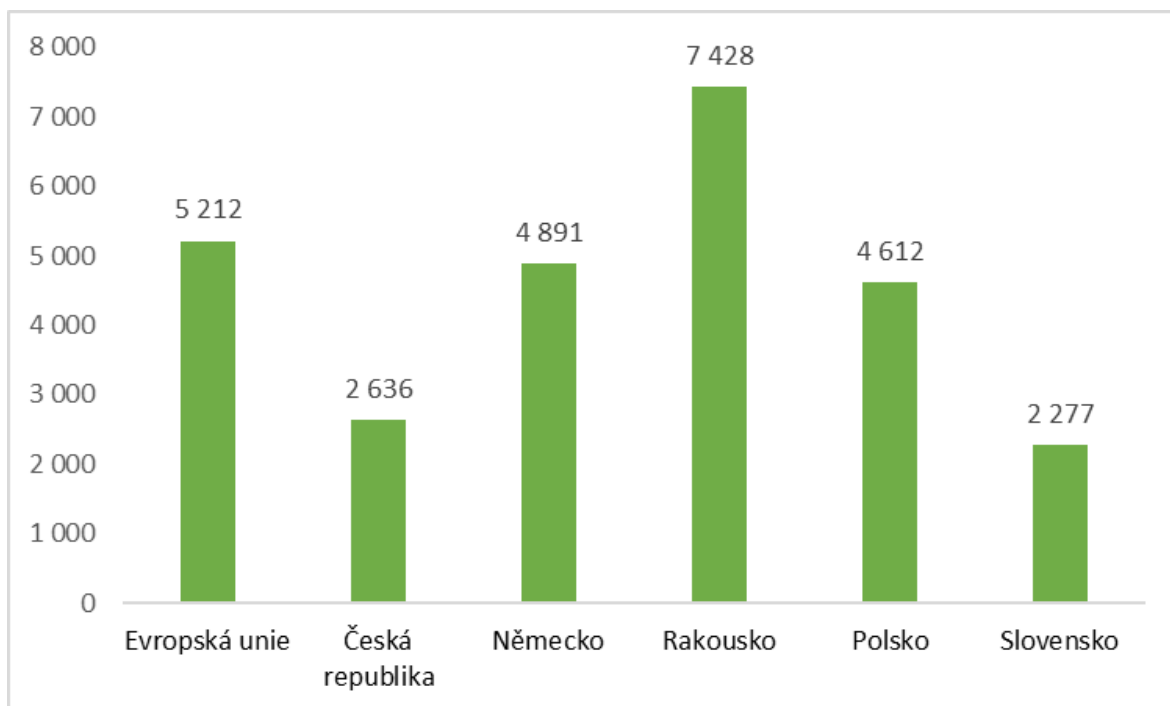
- [51] HANDMADE PAPER - REFASH YOUR PAPER & FABRIC WASTE. In: Refash [online]. [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://refash.in/blogs/diy/make-your-own-handmade-paper-from-fabric-scrap>
- [52] Eurostat [online]. Brusel: Evropská komise, 2018 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/home>
- [53] Jak je to s kontejnery na textil – aneb nahlédnutí pod pokličku firmy POTEX. In: Forewear [online]. Praha: Forewear, 2020 [cit. 2020-10-26]. Dostupné z: <https://www.forewear.cz/kontejnery-na-textil-potex/>
- [54] Why clothes are so hard to recycle. BBC: Future [online]. BBC, 2021 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/future/article/20200710-why-clothes-are-so-hard-to-recycle>
- [55] Bristol Textile Recycling. In: Resource: Sharing knowledge to promote waste as a resource [online]. Bristol: Resource Media Limited, 2000-2021 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: https://resource.co/sites/default/files/CREDIT-Bristol-Textile-Recycling2_0.jpg
- [56] World's first fully automated textile sorting plant in Malmö. Recycling Magazine [online]. Eltville: Detail, 2021 [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.recycling-magazine.com/2021/02/18/worlds-first-fully-automated-textile-sorting-plant-in-malmo/>

8 Přílohy

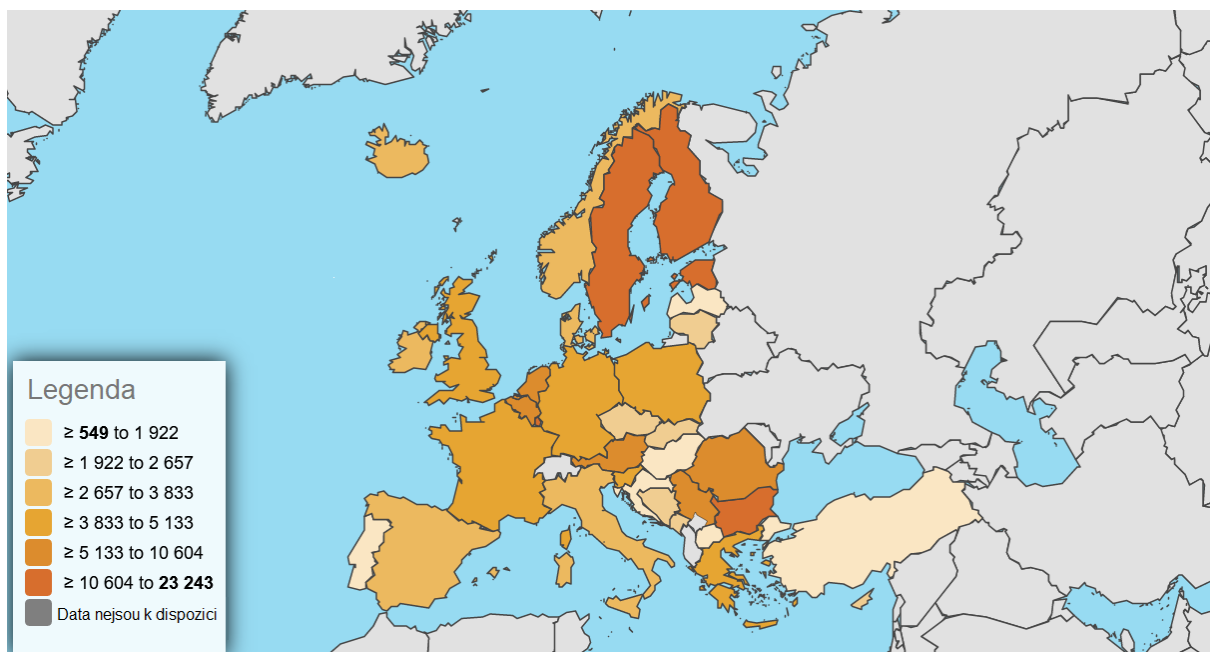
Příloha 1 Srovnání produkce komunálních odpadů mezi zeměmi EU v tunách [8]



Příloha 2 Celková produkce odpadu za rok 2018 ve srovnání s dalšími zeměmi EU v kg/osobu [52]



Příloha 3 Celková produkce odpadu za rok 2018 ve srovnání s dalšími zeměmi EU v kg/osobu [52] - upraveno



Příloha 4 Kontejner na použitý textil [53]



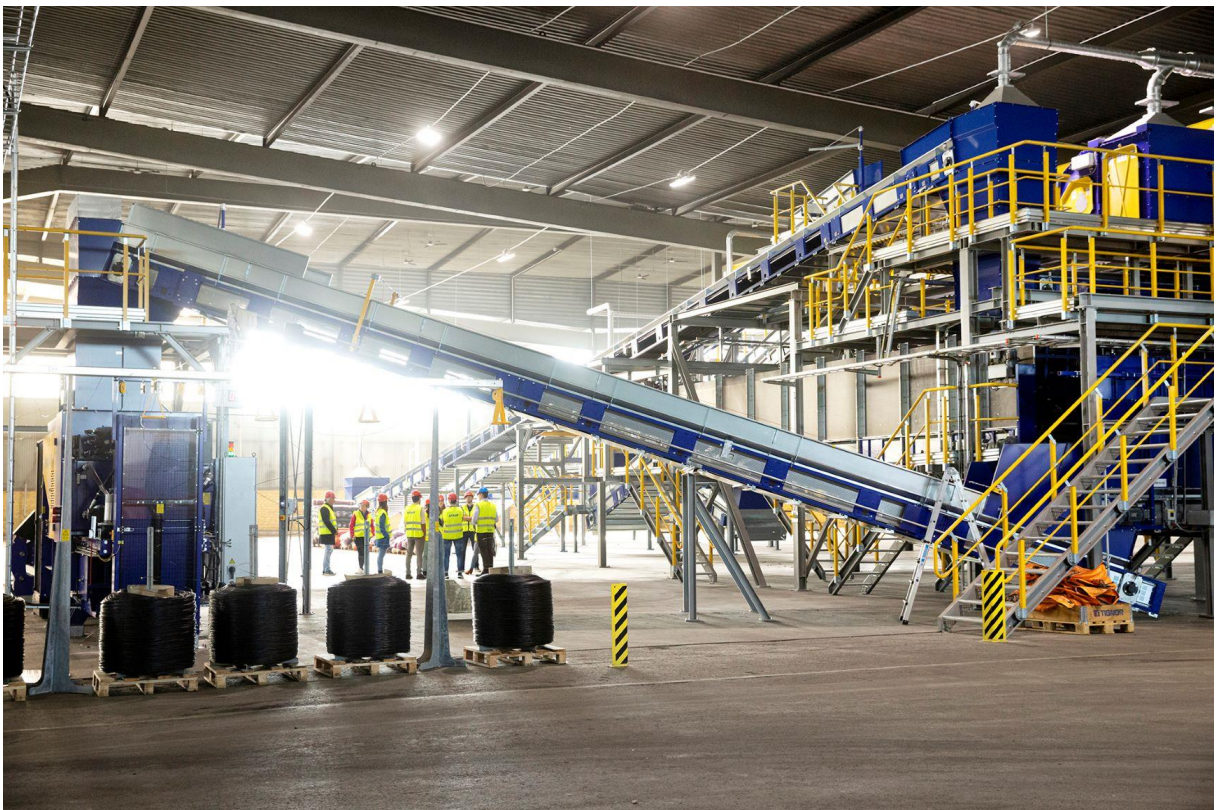
Příloha 5 Manuální třídění textilu [54]



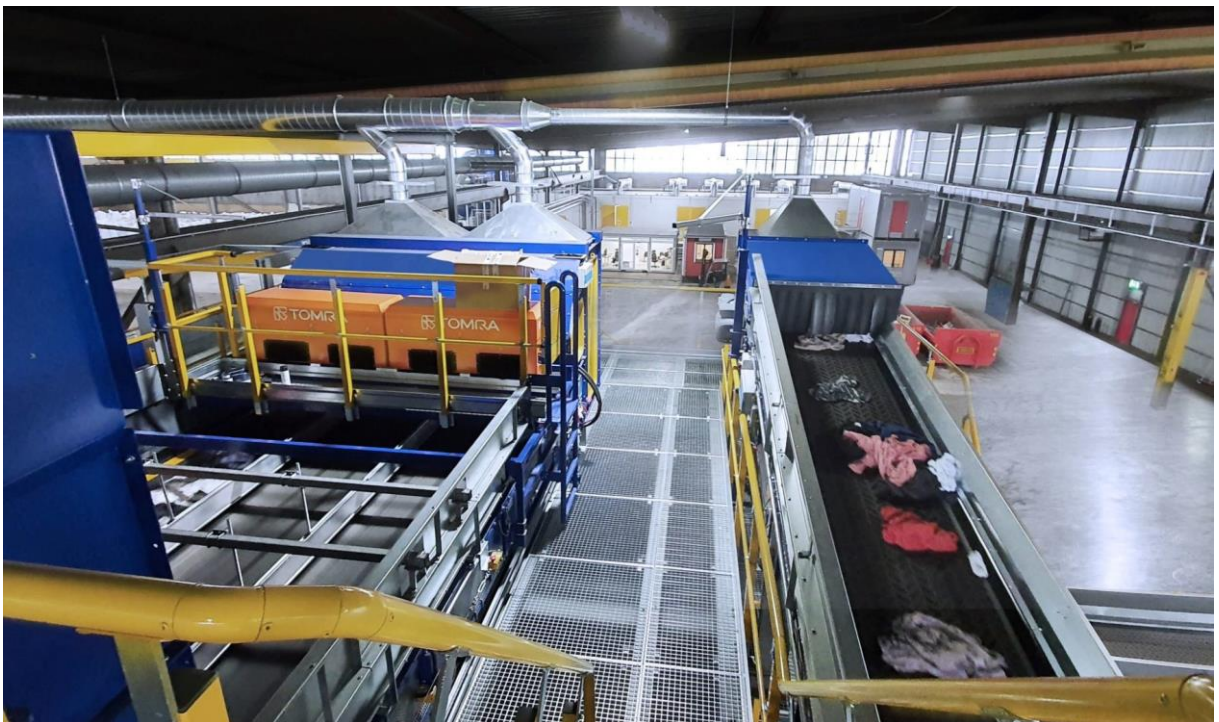
Příloha 6 Manuální třídění textilu v Bristolu [55]



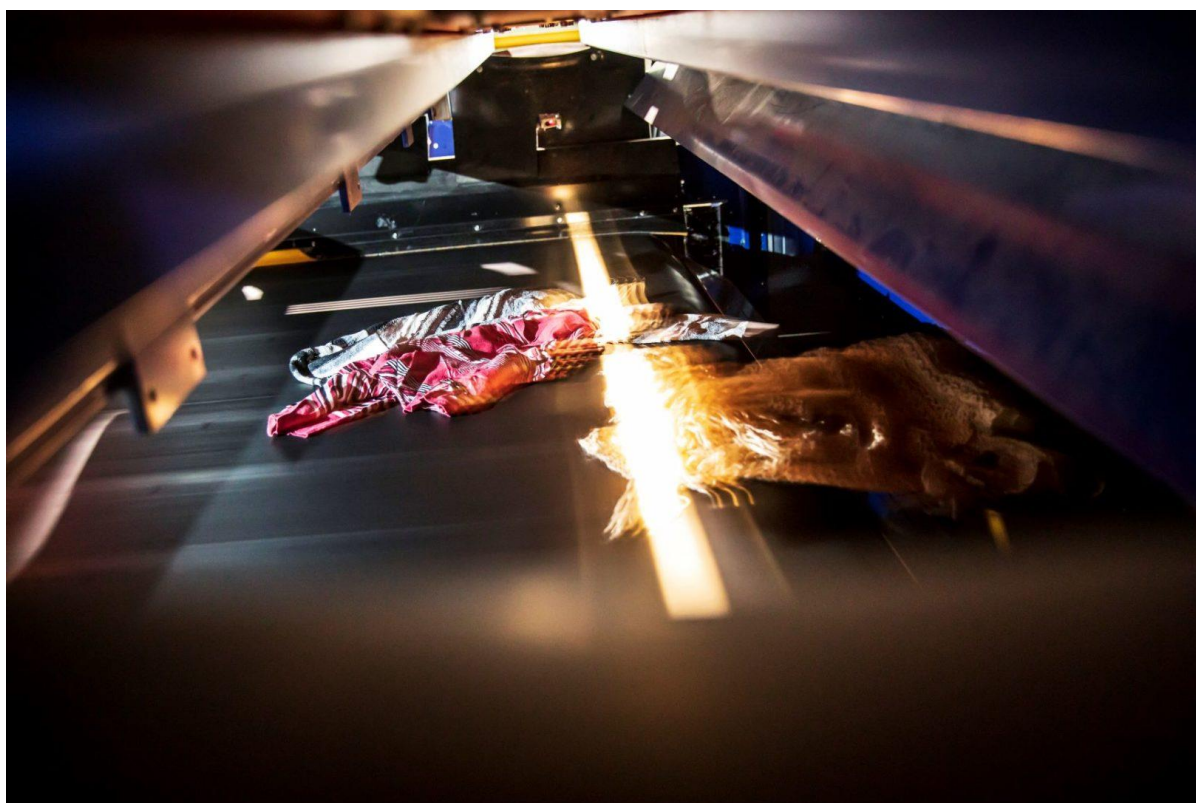
Příloha 7 Plně automatizovaná třídící linka textilu v Malmö [56]



Příloha 8 Plně automatizovaná třídící linka textilu v Malmö [56]



Příloha 9 Automatizované třídění textilu [56]



Příloha 10 Mechanická recyklace [54]



Příloha 11 Trhanina [29]



Příloha 12 Separace bavlny a polyesteru [54]

