

Recyklace textilních autopotahů a jejich druhotné využití v automobilovém průmyslu

Diplomová práce

Studijní program:

Autor práce:

Vedoucí práce:

N0723A270003 Průmyslové inženýrství

Bc. Anita Bělová

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů





Zadání diplomové práce

Recyklace textilních autopotahů a jejich druhotné využití v automobilovém průmyslu

Jméno a příjmení: **Bc. Anita Bělová**
Osobní číslo: T20000367
Studijní program: N0723A270003 Průmyslové inženýrství
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

- 1) Provedte rešerši k tématu zpracování druhotných surovin. Zaměřte se na materiál, který je používán na autopotahy.
- 2) Vypracujte teoretickou část. Na základě teoretických poznatků navrhnete druhotný produkt.
- 3) V experimentální části navrhnete a vyrobte druhotný produkt.
- 4) Diskutujte možnost uplatnění druhotného produktu.
- 5) Provedte zhodnocení výsledků a vypracujte závěr.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

50 – 60 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

FUNG, W. a M. HARDCASTLE. Textiles in Automotive Engineering. 1. vydání. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd and Technomic Publishing Company, 2001. ISBN 978-18-557-3897-3.

RIEGL, D. a J. KADLEC. Textilní druhotné suroviny: získávání, opracování a zpracování textilních odpadů. 1. vydání. Praha: SNTL, 1985.

AKOVALI, G. Handbook of Composite Fabrication. 1. vydání. Smithers Rapra Technology, 2001. ISBN 1-85957-263-4.

BUNSELL, A. R. Fibre reinforcements for composite materials (Vol.2) . 1. vydání. Elsevier Science Publishers B. V., 1988. ISBN 0-444-42801-1.

HORROCKS, A. R. a S. C. ANAND. Handbook of technical textiles. 1. vydání. Woodhead Publishing Ltd and CRS Press LLC, 2000. ISBN 1 85573 385 4.

HAWLEY, J. M. Textile recycling: a system perspective. 1. vydání. Elsevier Science & Technology, 2006. ISBN 9781855739529.

AMARAL, M. C. do. Industrial textile recycling and reuse in Brazil: case study and considerations concerning the circular economy. Gestao & Producao, 2018. ISSN 1806-9649.

MUTHU, S. S. Textile and Clothing Sustainability. Textile Science and Clothing Technology. 1. vydání. Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2017. ISBN 978-981-10-2474-0.

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.
Katedra netkaných textilií a nanovlákných materiálů

Datum zadání práce:

22. března 2020

Předpokládaný termín odevzdání: 7. ledna 2022

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

6. ledna 2022

Bc. Anita Bělová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala docentu Jiřímu Chvojkovi za jeho vedení mé diplomové práce, ochotu, vstřícnost, podporu a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat profesorovi Luboši Hesovi a inženýrovi Luboši Běhálkovi, za jejich pomoc a vstřícnost. Poté bych ráda poděkovala svým kolegům z GreenRetail, inženýrovi Františku Pelechovi a doktorce Gabriele Tiché za jejich cenné rady. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za jejich podporu během celého průběhu studia.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá problematikou textilních odpadů vzniklých při ukončení živostnosti vozidel. Rešeršní a teoretická část práce seznamuje s problematikou nakládání textilních odpadů a poukazuje na zákony a směrnice věnující se tomuto tématu. Druhá část diplomové práce ukazuje způsob recyklace daných textilních odpadů a navrhuje možné využití recyklovaného odpadu jako nový druhotný výrobek. V závěru práce jsou vyhodnoceny mechanické a tepelně-izolační vlastnosti navrhnutého druhotného výrobku.

Klíčová slova: recyklace, autopotahy, druhotná výroba, tepelná vodivost, bikomponentní vlákna

ANNOTATION

The diploma thesis deals with the issue of textile waste generated at the end of the service life of vehicles. The research and theoretical part of the work introduces the issue of textile waste management and points to the laws and directives dealing with this topic. The second part of the thesis shows the method of recycling the textile waste and suggests the possible use of recycled waste as a new secondary product. At the end of the work, the mechanical and thermal insulation properties of the proposed secondary product are evaluated.

Key words: recycling, car seat covers, secondary production, thermal conductivity, bicomponent fibers

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 ÚVOD.....	11
1 ŘEŠERŠNÍ ČÁST.....	12
1.1 DĚLENÍ A LEGISLATIVA ODPADŮ	12
1.1.1 <i>Zákon o odpadech</i>	13
1.2 CIRKULÁRNÍ EKONOMIKA V TEXTILNÍM PRŮMYSLU	14
1.3 TEXTILNÍ ODPADY	16
1.3.1 <i>Automobilový průmysl</i>	18
1.3.2 <i>Oděvnictví</i>	19
1.3.3 <i>Plastové odpady</i>	20
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	22
2.1 RECYKLACE A NAKLÁDÁNÍ S ODPADY	22
2.1.1 <i>Způsoby nakládání s odpady</i>	24
2.1.2 <i>Způsoby recyklace odpadů</i>	25
2.1.3 <i>Textilní recyklace odpadů</i>	27
2.2 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ U AUTOSEDAČEK	29
2.2.1 <i>Čalounické materiály</i>	30
2.2.2 <i>Možnosti recyklace autopotahů</i>	31
2.3 ZKUŠEBNÍ METODY	37
2.3.1 <i>Stanovení tloušťky</i>	37
2.3.2 <i>Stanovení objemové hmotnosti</i>	39
2.3.3 <i>Stanovení zaplnění a pórovitosti</i>	39
2.3.4 <i>Měření tepelně izolačních vlastností</i>	40
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	43

3.1	NÁVRH RECYKLACE AUTOPOTAHŮ A VÝROBY DRUHOTNÉHO PRODUKTU	44
3.1.1	<i>Recyklace a analýza autopotahů</i>	44
3.1.2	<i>Pojivý materiál</i>	48
3.1.3	<i>Postup výroby druhotného výrobku</i>	50
3.1.4	<i>Výsledky</i>	54
3.2	DISKUZE	63
4	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM TABULEK	73
	SEZNAM GRAFŮ	73
	SEZNAM PŘÍLOH	74
	PŘÍLOHY	75

Seznam symbolů a zkratk

%	procenta
§	paragraf
a.s.	akciová společnost
bico	bicomponent
°C	stupeň Celsia
cm	centimetr
coPET	polyesterový polymer
č.	číslo
ČSN	česká technická norma
dTex	jednotka pro jemnost přize
ELV	vozidlo s ukončenou životností
ES	Evropské společenství
g	gram
g/m ²	gram na metr čtvereční
Hz	hertz
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
K	Kelvin
kg	kilogram
kg/h	kilogram za hodinu
kHz	kilohertz
m	metr
mm	milimetr

Pa	Pascal
PET	polyethylentereftalát
PVC	polyvinylchlorid
Sb.	sbírka
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
tzn.	to znamená
USA	Spojené státy americké
VA	Voltampér
WSP	World Strategic Partners

1 Úvod

Jedno z průmyslových prostředí, které má značný dopad na životní prostředí je automobilový průmysl. Prodej automobilů se zvyšuje každým rokem a ohleduplnost automobilek k životnímu prostředí se pomalu stává jedním z prodejních faktorů při výběru nového vozu. Všechny automobilky světa se snaží recyklovat části aut, vyrábět díly šetrné k životnímu prostředí a šetřit neobnovitelné zdroje.

Autopotah je důležitou součástí automobilu, na kterou jsou kladeny vysoké materiální nároky. Vylepšování potahů je jeden z nekonečných cyklů, kde se výrobce snaží o vysokou pevnost, propustnost, odolnost vůči mechanickému poškození, omak a v neposlední řadě životnost. Automobil má průměrnou životnost 12–15 let a je cílem, aby i potah zůstal po celou dobu životnosti automobilu neporušen. [14] Tím se z něho stává velmi odolná textilie, která se je vhodným kandidátem pro recyklaci.

Velké množství autopotahů z automobilů s ukončenou životností končí na skládkách nebo putují do spaloven pro energetické využití. Pouze jeden zpracovatel textilních odpadů zapsaný v Seznamu zpracovatelů textilních odpadů, vedeného u Ministerstva životního prostředí České republiky, zpracovává odpad pomocí čištění a třídění. Všechny ostatní firmy vedené v seznamu používají odpad pro výrobu tuhých alternativních paliv nebo pro energetické využití. [9] Podle nové legislativy, která přijde v platnosti začátkem roku 2030, již nebude povolené skládkovat textilní odpady, které mohou mít druhotné využití.

Cílem diplomové práce je recyklace textilních autopotahů, které pocházejí z vozů s ukončenou životností a jsou dnes buď energeticky využívány, nebo končí na skládkách, a ze získaného recyklátu následně vytvořit nový druhotný produkt. Tento nově vyrobený druhotný produkt je v experimentální části navržen na základě materiálového složení drtě. Poté je vzorek testován, měřen a vyhodnocen dle svých vlastností tak, aby bylo určeno jeho vhodné využití na trhu.

1 ŘEŠERŠNÍ ČÁST

Po ukončení životnosti vozidel skončí téměř všechen textil z vozidel, včetně autopotahů, na skládkách a následně ve spalovnách pro energetické využití. Podle znění nového zákona o odpadech se s rokem 2030 bude muset tato situace změnit a nebude již povoleno textilní odpad skladovat na skládkách. Tento problém, který je zatím vládou posouván, je třeba začít řešit a věnovat se více této málo probádané, ale výrazné problematice. Aktuálně se naskýtá za efektivní mechanická recyklace textilu, která je využita i v této práci. [10][17]

Neustále vyvíjený nátlak na ochranu životního prostředí, recyklaci, ochranu primárních surovin, trend cirkulární ekonomiky a další vlivy tlačí firmy k většímu využívání sekundárních zdrojů. A kvůli blížícímu se konci skládkování textilu hledají firmy nové, snadné a efektivní způsoby recyklace autopotahů i s jejich následným využitím.

1.1 Dělení a legislativa odpadů

Druhy odpadů se dají dělit do pěti skupin: [10][17]

1. **Komunální odpad** – legislativa praví, že se jedná o všechen odpad vzniklý během činnosti fyzických osob (domácností) na obecním území.
2. **Zbytkový komunální odpad** – jedná se o zbylý odpad z komunálního odpadu po vytrídění využitelných, objemových a nebezpečných složek odpadu.
3. **Tuhý komunální odpad** – jedná se o komunální odpad, který během běžných atmosférických podmínek zachovává svůj tvar.
4. **Domovní odpad** – vzniká v domácnostech během úklidu obytných objektů neboli se jedná o běžný odpad z každodenní spotřeby domácností.
5. **Biologicky rozložitelný odpad** – veškerý odpad, který zvládá anaerobního nebo aerobního rozkladu.

Dále lze odpady rozdělovat z několika různých hledisek, například podle skupenství hmoty (pevné a kapalné), podle původu (odpady z těžby, průmyslové, zemědělské a komunální odpady). Z hlediska legislativy se odpady dělí dle Katalogu odpadů do 20 skupin odpadů. Jako primární rozdělení odpadů existuje dělení podle složení na nebezpečný odpad, ostatní odpad a odpady, které nejsou uvedeny v seznamu nebezpečného odpadu a kategorie „nebezpečný odpad“ jim byla přiřazena. [10][17]

1.1.1 Zákon o odpadech

Podle zákona o odpadech, Zákon č. 541/2020 Sb. § 4, odstavec 1, je odpad definován takto: „Opad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit.“ Osoby se svých movitých věcí zbavují převážně, pokud daná věc již nesplňuje svůj původní účel. Ovšem podle zákona mají osoby povinnost se movitých věcí zbavit: [1]

- a) Pokud již produkt/věc není používána, popřípadě již není možné ji používat k původnímu účelu a současně může mít negativní vliv na životní prostředí.
- b) Pokud daná věc byla stažena nebo vyřazena na základě právního předpisu.
- c) Pokud daný odpad vznikl již při výrobě hlavního produktu a nebyl zamýšlen jako vedlejší produkt. [1]

Slovo „zbavit“ je v definici myšleno jako předání dané látky či předmětu k odstranění nebo využití. Dále se jedná o bezúplatné nebo úplatné předání oprávněné osobě ke sběru nebo výkupu či o odstranění movité věci osobou samotnou. U úmyslu zbavení je předpoklad, že zanikl původní věcný smysl, nebo že není vlastníkem prokázán opak. Pokud dojde k pochybení, rozhoduje se na žádost vlastníka nebo z moci úředního krajského soudu. Zda věc není používána k původnímu účelu a ohrožuje životní prostředí či byla vyřazena na základě zvláštního právního předpisu, jedná se o povinnost zbavení. Veškeré odpady jsou řazeny do kategorie odpadů, která je stanovena podle Ministerstva životního prostředí, které stanoví vyhlášku Katalog odpadů s postupem zařazování odpadů dle Katalogu odpadů. [1]

Každý občan je povinen během své činnosti předcházet vzniku odpadu, omezovat nebezpečné vlastnosti a množství odpadu. Během výroby nových výrobků jsou právnické i fyzické osoby zodpovědné za výrobu povinny zabezpečit vývoj i výrobu, tak aby omezili vznik odpadů z těchto výrobků. Zároveň jsou povinni dosáhnout co nejvyšší míry využití vzniklých odpadů v souladu s hierarchií odpadového hospodářství. Každý občan má právo kompostovat biologicky rozložitelné materiály, aby předešel vzniku odpadu. Kompost je využit v rámci své činnosti, nebo se předává v souladu se zákonem o hnojivech. Během kompostování nesmí dojít k ohrožení životního prostředí nebo zdraví lidí. [1]

Věc se nemusí stát odpadem, když se po použití bude dále běžně používat ke konkrétním účelům, když pro nic existuje poptávka nebo trh a když splňuje technické požadavky pro dané účely. V tomto případě se věc nestává odpadem, ale tzv. vedlejším produktem, pokud vznikla při výrobě a jejímž cílem nebyla výroba nebo zisk této věci, a využití této věci je dále zajištěno. Podmínkou využití je soulad s předpisy, s životním prostředím, s lidským zdravím a s dalšími kritérii. [3]

1.1.1.1 Směrnice o odpadech

Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropského společenství č. 98/2008 ze dne 19. 11. 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic má za úkol ochranu lidského zdraví a životního prostředí před negativním vlivem odpadů, za pomoci předcházení vzniku odpadů a efektivního nakládání s odpady. Směrnice obsahuje základní hierarchii s nakládáním odpadů pro členské státy, specifikuje požadavky předcházení vzniku odpadů, využití, recyklace nebo odstranění odpadů. Jsou zde stanoveny například i konkrétní cíle, jako je „zvýšení do roku 2020 nejméně na 50 % hmotnosti celkovou úroveň přípravy k opětovnému použití a recyklace alespoň u odpadů z materiálů, jako jsou papír, kov, plast a sklo, které pocházejí z domácností a případně odpady jiného původu, pokud jsou tyto toky odpadů podobné odpadům z domácností“. [11][17]

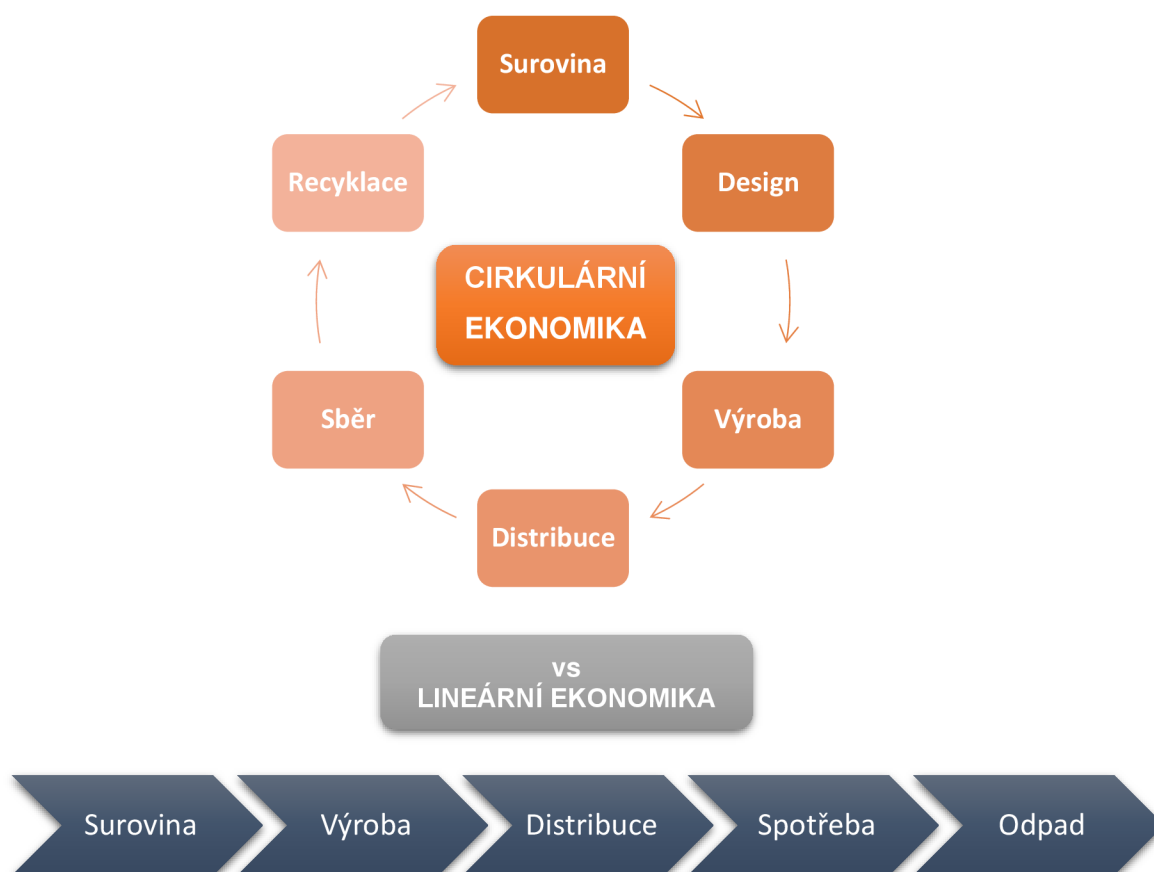
S pomocí směrnice o odpadech vzniká v České republice plán odpadového hospodářství, který přijímá stanovená unijní opatření a nařízení, a implementuje je tak, aby byly dané cíle v České republice splněny. [11][17]

1.2 Cirkulární ekonomika v textilním průmyslu

Textilní průmysl je výrazně neefektivní z pohledu nakládání s přírodními zdroji, tento proces se vyznačuje materiálovými toky, které se v rámci technických a biologických cyklů dají označit za uzavřené v méně než 1 % případů ze všech materiálových toků, které do segmentu vstupují. V rámci modelu lineární ekonomiky lze sledovat její současnou produkci a spotřebu, či neustálý růst, díky kterému mění přírodní zdroje v základní materiály a produkty k prodeji skrze řadu kroků. Tímto způsobem je zvýšená přidaná hodnota a nese zodpovědnost za konečnou fázi životního cyklu produktu. Celý tento proces lineární ekonomiky je poháněn syndromem „větší – lepší – rychlejší – bezpečnější“. [5]

V rámci cirkulární ekonomiky textilního průmyslu je nejdůležitější zisk, který je generován pomocí rychlého a velkoobjemového prodeje s atraktivním zbožím s krátkou životností. S nástupem lineární ekonomiky v textilním průmyslu došlo k následku drastického nárůstu spotřeby oblečení v Evropské unii, během let 1996 až do roku 2012 se objem nákupů oděvů zvýšil o 40 %. Rozdíl mezi cirkulární a lineární ekonomikou je ukázán pomocí schématu v obrázku 1. Individuální spotřeba textilu je zodpovědná za 4 až 6 % celkové uhlíkové stopy v Evropské unii. Omezení materiálových toků v textilním průmyslu zde skýtá velký potenciál pro omezení produkce emisí skleníkových plynů a dalších dopadů na životní prostředí. [5]

Ellen McArthur Foundation představila vizi pro novou textilní ekonomiku, kde se lze zbavit výše zmíněných negativních vlivů na životní prostředí. Snahou této vize je ponechat textilní výrobky stále v ekonomickém cyklu, aby se z nich nikdy nestal odpad. Zároveň vize doplňuje současné snahy o zvýšení udržitelnosti textilního průmyslu s pomocí minimalizování negativních dopadů. Je zde obzvláště kladen důraz na inovace pro přechod k jinému systému, a díky tomu představuje příležitost přinést výrazně lepší hospodářské, společenské a environmentální výsledky. [5]



Obrázek 1 Porovnání schématu cirkulární a lineární ekonomiky [3]

O cirkulární ekonomice se musí začít zamýšlet již od samého počátku výroby produktu, konkrétně již u zdrojů pro výrobu textilních látek. Zde můžeme dělit základní principy materiálů, které se dělí na dvě skupiny dle původu výroby: [5]

- a) výroba z primárních surovin
- b) výroba z druhotných surovin

Pod názvem primární suroviny, je míněn přírodní materiál, který musí pocházet z udržitelných praktik. Příkladem primární suroviny může být regenerativní zemědělství, které je založeno na zlepšení stavu ekosystémů a staví na uzavření cyklů organických látek. [5]

Syntetické materiály pocházejí z obnovitelných zdrojů nebo by měly být syntetizované v rámci bio ekonomiky, která dává přednost výrobě syntetických látek z biomas místo fosilních paliv. Využívání druhotných surovin má vyšší přednost oproti primárním surovinám. V modelu cirkulární ekonomiky pro textilní průmysl Evropská agentura pro životní prostředí uvádí, že dalšími prioritami v rámci zdrojové politiky by měla být dohledatelnost původu materiálu a bezpečnost. Dále je uvedeno v modelu, že všechny nebezpečné látky by měly být odstraněny z výroby oblečení již v prvotní fázi designu. [5]

Fashion průmysl je jednou z oblastí, kde by mohl být uplatněn princip cirkulární ekonomiky. Klíčový pilíř v aktuálním ekosystému je ekodesign, který je zaměřen na snížení dopadu produktů na životní prostředí prostřednictvím lepšího designu. Ekodesign je od roku 2009 součástí evropské legislativy pro vybrané výrobky, jedním okruhem těchto produktů jsou například domácí spotřebiče, které mají za cíl zlepšit energetickou efektivnost (Směrnice 2009/125/ES). [5]

1.3 Textilní odpady

Textilní odpady a následné nakládání s textílem v České republice je stále oblast, které nebylo doposud věnováno dostatečné pozornosti. Znaměřší oblasti materiálů, jako jsou například plastové obaly či papír jsou probírané mnohem více do hloubky. Důvodem je věnování většího zájmu těmto materiálům od vládních orgánů a neziskových organizací, tak oblast textilu stále zůstává na pozadí zájmu společnosti. [5][15]

V současné době je stále velký problém dohledat chybějící data o tocích textilu, tento problém řeší Ministerstvo průmyslu a obchodu pomocí aktualizace Politiky druhotných surovin České republiky ve sledovaných letech 2019–2022. Zároveň zmiňuje, že textil jako komodita by měla být součástí Politiky druhotných surovin. Ovšem v současné době neexistuje zastřešující organizace, která by mohla dodat základní informace o roku textilních surovin v této oblasti – včetně požadavků na jejich podporu a cílů rozvoje. Kvůli těmto důvodům bylo rozhodnuto, že komodita textilu bude sledována v letech 2019–2022 a bude iniciován vznik orgánu, který by zastřešoval textilní komoditu. V roce 2022 při aktualizaci Politiky druhotných surovin České republiky by měla být textilní komodita konečně začleněna do strategického dokumentu. [5][15]

Textilní recyklační průmysl ve světě je jedním z nejstarších a nejrozšířenějších recyklačních odvětví na světě; přesto málokdo rozumí průmyslu, jeho nesčetným hráčům nebo regenerovaným textilním výrobkům obecně. V celém světě jsou použité textilní a oděvní výrobky zachraňovány jako regenerovaný textil a využívány k novým účelům. Tento „skrytý“ průmysl se skládá z více než 500 podniků, které jsou schopné každoročně odklonit více než 1 250 000 tun textilního odpadu po skončení spotřeby. Kromě toho je průmysl recyklace textilu schopen zpracovat 93 % odpadu bez produkce jakéhokoli nového nebezpečného odpadu nebo škodlivých vedlejších produktů. Rada pro recyklaci textilu naznačila, že prakticky všechny textilní výrobky po použití lze získat zpět na řadu již zavedených trhů. I přesto průmysl recyklace textilu pokračuje v hledání nových životaschopných produktů s přidanou hodnotou vyrobených z použitých textilních vláken. [6][15]

Recyklační textilní materiál lze klasifikovat jako odpad před spotřebitelem nebo po spotřebiteli; recyklace textilu odstraňuje tento odpad z proudu odpadu a recykluje jej zpět na trh (průmyslový i konečný spotřebitel). Odpad před spotřebitelem se skládá z vedlejších produktů z textilního, vláknového a bavlněného průmyslu, které jsou znovu vyráběny pro automobilový, letecký, domácí průmysl, nábytek, matrace, hrubé příze, bytové zařízení, papír, oděv a další průmyslová odvětví. Odpad po spotřebiteli je definován jako jakýkoli druh oděvu nebo domácích předmětů vyrobených z vyrobených textilií, které vlastník již nepotřebuje a rozhodne se je vyřadit. Tyto články jsou vyřazeny buď proto, že jsou opotřebované, poškozené, přerostlé nebo vyšly z módy. Někdy jsou dávány charitativním organizacím nebo předávány přátelům a rodině, ale navíc jsou ukládány do koše a končí na obecních skládkách. [6][15]

1.3.1 Automobilový průmysl

Aktuálně podle Seznamu zpracovatelů jednotlivých druhů odpadů (komodit) vzniklých při zpracování autovraků, uvedeného na stránkách Ministerstva životního prostředí v oddělení o vozidlech s ukončenou životností, lze nalézt seznam všech sběrných míst, kde končí textil z autovraků. Všechny firmy věnující se sběru textilu z autovraků jsou uvedeny v následující tabulce, lze vidět i konečné nakládání s daným textilem. Vyznačený řádek v následující tabulce značí firmu OSSY, která se jako jediná zabývá čištěním a tříděním textilního odpadu z autovraků namísto energetického využití nebo výroby tuhých alternativních paliv. [9][16]

Tabulka 1 Seznam zpracovatelů (SZ) textilních odpadů (komodit) vzniklých při zpracování autovraků [9]

Seznam zpracovatelů textilních odpadů				
Název společnosti	Webová adresa	Kraj	Způsob využití	Datum zapsání do SZ
OZO Ostrava s.r.o.	www.ozoostrava.cz	Moravskoslezský kraj	Výroba tuhých alternativních paliv	před 9/2017
Pražské služby a.s.	www.psas.cz	Hlavní město Praha	Energetické využití	Před 9/2017
SAKO Brno, a.s.	www.sako.cz	Jihomoravský kraj	Energetické využití	Před 9/2017
TOMA odpady s.r.o.	www.tomaodpady.cz	Zlínský kraj	Výroba tuhých alternativních paliv	Před 9/2017
FCC České republiky, s.r.o.	www.fcc-group.eu	Středočeský a Jihomoravský kraj	Výroba tuhých alternativních paliv	Před 9/2017
TERMIZO, a.s.	www.termizo.mvv.cz	Liberecký kraj	Energetické využití	Před 9/2017
OSSY s.r.o.	www.ossy.cz	Jihočeský kraj	Čištění, třídění	Před 9/2017
GLOBAL RECYCLING a.s.	www.globalrecycling.cz	Olomoucký kraj	Výroba tuhých alternativních paliv	Před 9/2017
CELIO a.s.	www.celio.cz	Ústecký kraj	Výroba tuhých alternativních paliv	Před 9/2017
Odpady CB s.r.o.	-	Jihočeský kraj	Třídění, energetické využití	21. 1. 2019
RUMPOLD s.r.o.	www.rumpold.cz	Plzeňský kraj	Výroba tuhého alternativního paliva	24. 6. 2019
Recycling – kovové odpady a.s.	www.kovove-odpady.cz	Pardubický kraj	Výroba tuhého alternativního paliva	22. 7. 2021

Z dané tabulky vyplývá, že většina textilního odpadu vytríděného z autovraků končí ve spalovnách. Ve spalovnách končí za účelem energetického využití. Druhou nejčastější možností nakládání s daným odpadem je výroba tuhého alternativního paliva. [9]

1.3.2 Oděvnictví

Oděvním textilním odpadem se stává produkt, který se již nadále nedá používat z důvodu jeho špatného stavu. Pro tyto případy existují sběry použitého oblečení, které se dále předávají na třídící linky, kde je oblečení tříděno dle své aktuální kvality a možnosti zpracování. [5]

Sběr oblečení je v aktuální době umožněn několika způsoby:

- kontejnery na sběr textilního odpadu
- podomní sběr textilního odpadu
- charitativní obchody
- vybrané obchodní sítě

Pyramidový model na následujícím obrázku představuje třídící kategorie recyklace textilu podle objemu. Kategorie třídění zahrnují druhy, které jsou vyváženy do rozvojových zemí, přeměněny na nové produkty z *otevřené recyklace* nebo přepracování, rozřezány na utírající a leštící hadry, ukládány na skládky nebo na spalování energie a „těženy“ jako značkové oblečení. Objem je z větší části nepřímo úměrný hodnotě. Například exportované oblečení z druhé ruky je největší objemovou kategorií. [6]



Obrázek 2 Pyramidový model pro kategorie recyklace textilu – podle množství [6]

Otevřenou recyklací je myšlen proces mechanického nebo chemického „otevření“ tkaniny tak, aby se vrátila do vláknité formy. Mechanicky to zahrnuje řezání, drcení, mykání a zpracování látky. Chemicky zahrnuje enzymatické, tepelné, glykolytické nebo metanolytické metody. Jakmile jsou spotřební textilie „otevřeny“, mohou být dále zpracovány na nové výrobky pro obnovenou spotřebu. [6]

Pojmem *značkové oblečení* jsou míněny některé značky a styly, například: Uniformy Levi's, Tommy Hilfiger a Harley Davidson nebo Boy Scout a bowlingová trička z 50. let. Za *značkové* je oblečení považováno na základě prémiových cen, které na určité trhy přinášejí. [6]

Největší objem zboží je tříděn pro trhy s použitým oblečením, primárně pro export do rozvojových zemí nebo pomoc při katastrofách. Západní oděv je vysoce ceněnou komoditou a možná slouží jako jediný zdroj cenově dostupného oblečení v mnoha rozvojových zemích, kde jsou úrovně příjmů tak nízké, že hlavním problémem je jídlo a čistá voda. Je zde ovšem i druhý názor, který tvrdí, že vývoz oblečení do těchto národů ohrožuje tradiční oděv mnoha domorodých kultur, a zároveň může ohrozit rodící se textilní a oděvní průmysl těchto zemí. I když se jistě jedná o problém, který je třeba vzít v úvahu, pro nositelné je klimaticky vhodné a dostupné oblečení cennou komoditou i pro většinu populace v méně privilegovaných oblastech světa. [6]

Ne všechno oblečení je exportováno do rozvojových zemí světa. V současné době v Evropě i v České republice jsou velmi populární obchody s prodejem použitého oblečení, hlavně s prodejem takzvaných diamantů. Příklad tomu může být český secondhand s názvem „1981“, který se úspěšně věnuje udržitelné módě od roku 2014. [8]

1.3.3 Plastové odpady

Plastové odpady jsou syntetické nebo polysyntetické polymerní materiály, které se vyznačují tvrdostí, pružností a tepelnou odolností. Většina plastů je tvarovatelná, jejich hlavní výhodou je dobrá energetická zpracovatelnost a malá technologická náročnost, což je vyhovující pro masovou výrobu. Dle Českého statistického úřadu ze statistiky z roku 2018 bylo v České republice vyprodukováno až 28 milionů tun odpadu, z toho 3,7 milionů tun byl odpad komunální a celých 25 % daného komunálního odpadu tvořily plasty. Po papíru se jedná o druhou nejvytříděnější komoditu v České republice. [13]

Většina plastového odpadu se vyváží do asijských zemí z důvodů nižších nákladů na nakládání a recyklaci, než je aktuálně v Evropě. Dalším důvodem vyvážení odpadů jsou evropské restrikce pro recyklaci odpadů. Až donedávna končilo v Číně až 76 % plastového odpadu z Evropy (přibližně 7,3 milionů tun). Vývoz do Číny by měl být změněn, kde je velkou pravděpodobností, že změna nastane pouze v relokaci konečného místa – místo Číny odpady skončí v jiném asijském státě. Změna vývozu může na druhou stranu vést i k druhé méně pravděpodobné variantě neboli k zefektivnění evropské recyklační infrastruktury. [13]

Aby byla recyklace efektivní, je nutné plasty co nejlépe vytrídít. Dnešní třídící linky pro plastový odpad jsou automatické nebo (častěji) manuální s lidskou pomocí. Aby byl recyklován na konci třídění co nejvíce kvalitní, je nutné, aby daný plast byl při vstupu co nejčistší. Z běžného komunálního odpadu plastu, který se sbírá do žlutých popelnic, je možné recyklovat přibližně pouze 30 %. Plastové odpady se nejprve drtí a následně je tato drť použita pro výrobu nového produktu. [13]

Recyklace plastu není nikterak složitá, ovšem není ani nijak ekologicky příznivá. Jedná se o proces, který je velmi podobný prvotní výrobě plastu, při kterém vzniká odpad z nezpracovaného materiálu, ze spotřeby energie, odpadní vody a s negativními následky dopravy. [13]

Plasty se dají recyklovat takzvaným **zvlákňováním**. Zde se jedná o technologii, která má využití v textilním průmyslu. Textilní polyesterové výrobky vyrobeny z plastového odpadu již nelze dále recyklovat, tudíž až skončí jejich životnost, musí být likvidovány jako nerecyklovatelný odpad. Pro tuto výrobu se využívá roztříděný, nasekaný, čistý a vysušený PET materiál. Materiál se roztaví a zvlákni pomocí zvlákňovacího procesu, čímž vzniká textilní vlákno. [13]

Další metodou recyklace plastu je **Bottle-To-Bottle recyklace**. Zde se jedná o metodu s využitím PET lahví a výroby lahve nové. Do procesu může vstoupit pouze velice čistý PET materiál, který je pečlivě vytríděn, rozdrcen, umyt a vysušen. Následně je plast roztaven při teplotě 280 °C, poté jsou z taveniny odstraněny nečistoty a je chlazená. Tímto procesem vznikne regranulát. Z regranulátu se opět vytváří (vyfoukává) nová PET láhev. [13]

Třetí možností recyklace plastu je **chemická recyklace**, která je považována za budoucnost recyklačního průmyslu. Momentální velkou nevýhodou tohoto typu recyklace je vysoká energetická náročnost. [13]

2 TEORETICKÁ ČÁST

Rešeršní část diplomové práce se zabývá politickým vývojem skládkování textilního odpadu a následného nakládání s tímto odpadem. Porovnává textilní odpad způsobený automobilovým průmyslem oproti textilnímu odpadu vzniklého oděvním průmyslem a v neposlední řadě zahrnuje krátký vhled do problematiky plastových odpadů.

Teoretická část navazuje na rešeršní s bližším pohledem na recyklaci a nakládání s textilním odpadem. V této části práce jsou popsány možnosti recyklace textilních odpadů a v na konci kapitoly jsou rozebrány textilní materiály používané při výrobě potahů do automobilů.

2.1 Recyklace a nakládání s odpady

Každý občan má povinnosti nakládat s odpady pouze podle způsobů stanovených zákonem o nakládání s odpady, Zákon č. 541/2020 Sb., Sb. § 13, odstavec 1. mezi obecné povinnosti při nakládání s odpady se řadí: [1]

- a) Nakládání pouze způsobem stanoveným zákonem o odpadech a jinými právními předpisy vydanými ochranou životního prostředí a zdraví lidí. Během nakládání nesmí být překročen limit znečištění stanoven právními předpisy na ochranu životního prostředí a zdraví lidí.
- b) Nakládat s odpady se smí pouze v zařízeních určených k nakládání s odpady s danou kategorií a druhem odpadu. Výjimku tvoří přeprava odpadu, shromažďování odpadu, nakládání se vzorky odpadu a obchodování s odpadem.
- c) Hromadit odpady odděleně.
- d) Odpady se musí nakládat takovým způsobem, aby nemohlo dojít k odcizení odpadu, úniku nebo znehodnocení odpadu.
- e) Odpad, který není zpracován v souladu se zákonem o odpadech s výjimkami, musí předat v nezbytném množství k rozborům, analýzám a zkouškám pro vědecké účely, vývoje a výzkumy. Díky tomuto výzkumu bude odpad zařazen do kategorie odpadu pro budoucí nakládání s tímto odpadem. [1]

Každý druh odpadů má specifické vlastnosti a specifická rizika ohrožení životního prostředí, které musí být zohledněno při nakládání s odpady. U všech vzniklých odpadů musí být v první řadě omezen negativní dopad na životní prostředí a na lidské zdraví. Nakládáním s odpady se podle zákona o odpadech definuje jako: „*obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů*“. [3]

Katalog odpadů, podle vyhlášky č. 8/2021 Sb. o katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů), řadí odpad podle šestimístního čísla dle druhu odpadu, první dvojčíslí značí skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů a třetí dvojčíslí druh odpadu. Řazení odpadu do katalogu odpadů má následující logiku: [3]

1. hledání odpovídající skupiny
2. hledání odpovídající podskupiny
3. přiřazení názvu druhu odpadu s příslušným katalogovým číslem

V každém případě se volí co nejurčitější označení odpadu. [12]

Významem slova recyklace je znovu využití neboli znovuuvedení do cyklu. V originálním znění znamená recyklace vrácení do procesu, ve kterém odpad vznikl – tedy s původním účelem a ve stejném systému. V dnešní době je význam recyklace rozšířenější, odpad lze rozšířit o další suroviny i umístit do jiného systému, než ve kterém vznikl. Tento systém lze považovat za strategii, která svým opakujícím se využíváním odpadů šetří přírodní zdroje a zároveň omezuje zatěžování životního prostředí škodlivinami spojenými s výrobou nového produktu. Pokud by nastal případ absolutního nedostatku, umožňuje recyklace zajištění zásob, čímž snižuje náklady při vzrůstajících cenách surovin a snižuje ekologickou zátěž prostředí odpady. [2][4]

Díky recyklaci je snaha o omezení vzniku odpadů s pomocí maloodpadových technologických postupů, ve kterých stejný výrobní proces nebo proces přímo navazující zužitkuje skoro všechny vzniklé odpady. Tato technologie je často považována za bezodpadovou technologii, zde ovšem dochází ke komplexnímu využití surovin a energie v cyklu: surovinový zdroj – výroba – spotřeba – druhotná suroviny. Tento cyklus nemá vliv na životní prostředí a není v konfliktu s jeho normální funkcí. [2][4]

Pro plné využití těchto technologií je zapotřebí udělat i zásadní změny v hospodářském systému. Z tohoto důvodu většinou zůstávají pouze na úrovni teoretických úvah nebo jsou uplatněny v nových projektech, při vytváření nových výrobních postupů. Toto konečné řešení je optimální a mělo by k němu směřovat úsilí konstruktérů, ekologů a ekonomů, ovšem je to také řešení technicky, ekonomicky i časově náročné. V současné době je trend veden spíše k druhé alternativě, čímž je uplatňování zásad recyklace ve smyslu opětovného zpracování a dalšího využití již existujících odpadů. [2][4]

2.1.1 Způsoby nakládání s odpady

Podle zákona o odpadech, Zákon o odpadech č. 541/2020 Sb. § 30 - § 58, se způsoby nakládání s odpady dělí následovně: [1][17]

A. Soustředování, skladování a sběr odpadu

Každý člověk má právo na soustředování odpadu, pokud splňuje technické podmínky se zajištěním ochrany životního prostředí a zdraví lidí stanovených vyhláškou ministerstva. Nebezpečné odpady musí být soustředovány odděleně, ostatní odpady nemusí být soustředovány oddělena na základě povolení příslušných státních orgánů nebo na základě povolení provozu zařízení. [1][17]

Skladování odpadu určeného k odstranění může být skladován nejvýše 1 rok. V opačném případě, pokud je odpad určen k dalšímu využití, může být skladován delší dobu než 1 rok. [1][17]

Sběr odpadu, pro usnadnění přepravy odpadu není vyžadováno třídění odpadu. Odpad smí být uložen v zařízení ke sběru odpadu nejvýše 9 měsíců. [1][17]

B. Úprava odpadu

Příklady úpravy odpadu: výroba paliv z odpadů, zpětné získávání nebo regenerace rozpouštědel, recyklace papíru, recyklace plastu, opětovné použití organických materiálů, kompostování, zpracování vozidel s ukončenou životností a tak dále. [1][17]

C. Využití odpadu

Odpad je zde určen ke konečnému využití, odpad může být přetvořen na součást povrchu terénu, zpracován do nového výrobku či stavby nebo je využit jako energie. Odpad, který je určen ke zpracování jako součást povrchu terénu, musí vyhovovat tomuto účelu a je omezen pouze na množství odpadu nezbytně nutné pro dosažení tohoto účelu. [1][17]

D. Energetické využití odpadu

Pro tento účel může být použit pouze odpad, který nepotřebuje ke spalování podpůrné palivo a vzniklé teplo se použije pro vlastní potřebu či potřebu dalších osob. Dalším způsobem využití může být použití odpadu jako paliva (přídavného paliva) pro výrobu energie v zařízeních určených pro danou výrobu. Tímto směrem nakládání s odpady se nejčastěji nakládá s textilem získaným z vozů s ukončenou životností. [1][17]

E. Odstranění odpadu

Při splnění stanovených podmínek právních předpisů může být odpad odstraněn pomocí uložení do podzemních prostorů. Oddělený soustředěvaný komunální odpad, který je vhodný pro recyklaci nebo opětovné použití (zejména: papír, sklo, plasty, textil, kov a biologický odpad), nesmí být zařazen k odstranění. Jedním z druhů odstranění odpadu může být i skládkování. [1][17]

Všechny předešlé způsoby nakládání odpadů mohou být uskutečněny pouze v zařízeních určených k danému nakládání a musí splňovat technické podmínky stanovené vyhláškou ministerstva. [1][17]

2.1.2 Způsoby recyklace odpadů

Během výroby dochází ke vzniku technologického odpadu, například: vadné výrobky, textilní odřezky z oděvní výroby, zbytky vtokových systémů při vstřikování a podobně. Na tento druh odpadu se nejčastěji vztahuje recyklace technologického odpadu, která tkví v jeho rozdrčení, roztrhání či natrhání, díky kterému může následovat případná regranulace. Jak regranulát, tak drť se standardně používá zpět ve výrobě. [2]

Linka na mechanické zpracování plastového odpadu – polypropylen, polyvinylchlorid (PVC) a další, do plastové drtě, tato surovina má význam pro další plastikářské výrobky, kde je použita. Linka může mít různě velikosti sít (od 8 mm do 25 mm), což určuje výslednou velikost drtě. Na následujícím obrázku je zobrazena plastová drť. [2]



Obrázek 3 Plastová drť [2]

Regranulát je výstupem tepelného zpracování plastů a takéž je tato surovina použita pro výrobu dalších plastikářských výrobků. Hlavní výhodou této metody je možnost volby velikosti a typu granulí a možnost barvení materiálu na požadovaný odstín. [2]



Obrázek 4 Ukázka velikostí plastových granulátů [2]

Textilní výrobky mohou být zpracovány několika způsoby. Textilní odpady z autopotahů bývají rozdrnceny na nožovém mlýnu, například na velikost 20-40 mm. Velikost výsledné drtě se odvíjí od velikosti sít použitých během recyklace textilu. Ostatní textilní materiály bývají většinou zpracované pomocí trhacího stroje, který vyrábí textilní trhaninu pro další zpracování. [2]



Obrázek 5 Rozdrncený odpad z autopotahů [2]



Obrázek 6 Textilní trhanina [2]

Odpady se dají recyklovat čtyřmi možnými způsoby: [2][4]

1. mechanická recyklace
2. chemická recyklace
3. surovinové recyklace
4. energetická recyklace

2.1.3 Textilní recyklace odpadů

Recyklace je proces, ve kterém je výrobek nebo jeho součásti použity k vytvoření něčeho nového, představuje technickou formu opětovného použití, ale konkrétně se týká vyřazených položek, minimalizace používání panenských surovin a množství likvidace odpadu na skládkách nebo zasilání ke spalování. Opakované použití je však obecný termín, který kombinuje materiály nebo položky, které mají opakovaně použitelné vlastnosti, bez ohledu na to, zda by produkt měl stejnou funkci nebo ne. Recyklace a procesy opětovného použití přispívají ke správě a zachování surovin, které by jinak byly vyřazeny, což snižuje potřebu nového využívání přírodních zdrojů, které by byly potřebné k výrobě nového zboží a produktů. [14]

Ve většině případů se u textilu nejedná o recyklaci, ale o formu re-use nebo downcycling. Díky tomu, že je textil vyráběn z několika druhů kombinací různých materiálů, je velmi obtížné textil recyklovat. Ve světovém měřítku se recykluje přibližně 1 % textilu z cca 100 miliard vyrobených kusů oblečení. Této skutečnosti nepomáhá ani evropská legislativa, která řešení recyklace textilu odsunula na rok 2025. V dnešní době se nejčastěji používá textil skrze downcycling pro sběrový textil s konečnou výrobou hadrů, izolací nebo výplní v čalounictví. [18]

2.1.3.1 *Mechanická recyklace textilního materiálu*

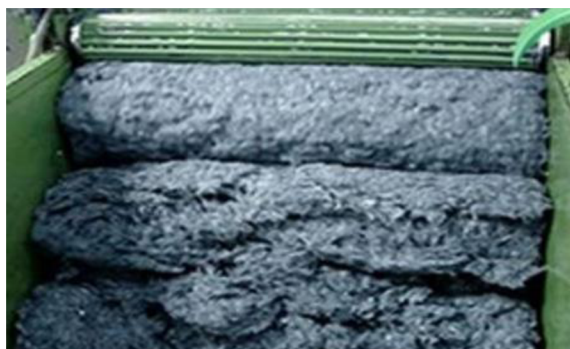
Nejběžnějším procesem recyklace textilu je mechanická recyklace řezáním a drcením zbytků tkanin podle kapacity stroje a konečného produktu. Následující obrázek zobrazuje začátek procesu řezání a drcení se strojem nabitým kousky džínů. Stroj, který proces provádí, může být složen z 2, 4, 6 nebo 8 rolí válců – čím více válců, tím vyšší kvalita recyklovaného vlákna. Válečky mají různý průměr s četnými jehlami na povrchu, jak je znázorněno na obrázku, které jsou zodpovědné za trhání a drcení hadrů. Otáčejí se ve vysoké rychlosti a daný počet jehel se zvyšuje s každým válcem, aby se textilní materiály úplně rozdrtily. [7]



Obrázek 7 Zahájení drtiče džínů [6]



Obrázek 8 Drtič určený k recyklaci zbytků spřádaných, tkaných, pletených a netkaných textilií [6]

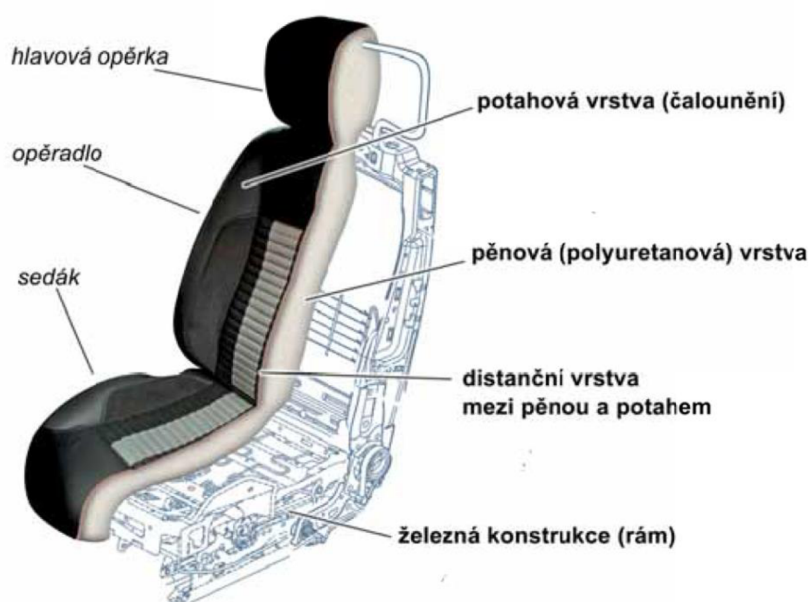


Obrázek 9 Vlákno z roztrhaných džínů [6]

Podle složení textilních zbytků se recyklovaná vlákna mohou znovu použít v průmyslu s přikrývkami, vycpávkami, geotextiliemi a plnivy, nebo se mohou vrátit k procesu předení textilu. [7]

2.2 Materiály používané u autosedaček

Autosedačka je jedním z hlavních prvků komfortu vozidla, u kterého je nejdůležitějším faktorem bezpečí pasažéra, přičemž důležitý je především tvar opěradel. U sedícího pasažéra by opěradlo mělo přesně kopírovat záda. Klínovitě projmutá hlavová opěrka je umístěna ve vrchní části autosedačky a je jejím úkolem udržet hlavu pasažéra ve správné poloze i při prudší akceleraci vozu. Téměř všechny autosedačky jsou totožné svou základní konstrukcí a liší se hlavně druhem použitého vrchního materiálu, způsobem ušití jednotlivých částí autosedačky a způsobem uchycení materiálu. [23]



Obrázek 10 Schéma průřezu autosedačky [23]

Při výrobě autosedačky se jako první zhotovuje pěna, která se připevňuje k železné konstrukci autosedačky, na zhotovenou pěnu se následně napíná potah. Pomocí speciálních úchytů se ke konstrukci přidělávají pěnové opěrky. Předposledním úkolem při výrobě autosedaček je potažení bederní části a přežehlení celého povrchu. Jako poslední úkol je montáž doplňků – zámky, loketní opěrky, sklápěcí mechanismy a podobně. Po dokončení tohoto procesu se spojí zadní a přední sedák. [23]

Kovová konstrukce je první vyrobená část autosedačky, která je pevně ukotvena v interiéru vozidla. Může být vyrobena v různých formátech a tvarech. Má v sobě ukryto velké množství otvorů pro uchycení potahů a regulátor sklonu opěrné části sedadla pro zajištění většího komfortu pasažéra. Nadstandardní výbavou kovové konstrukce mohou být boční airbagy či vyhřívaná spirála pro vyhřívání sedaček. [23]

Pěnová vrstva tvoří tvar autosedačky a je zpravidla tvořena polyuretanovou pěnou, která je obsažena v přední části sedáku a v opěradle. Pěna může být vyrobena ve formě vloček, tvarových plátů nebo kvádrů. Důležité vlastnosti pěny jsou materiálové složení, tuhost a tvar, který závisí na typu zvoleného rámu sedadla, ten musí pěna přesně kopírovat. Tvrdost pěny mají sedadla převážně jednotnou ve všech částech sedadla. Tvrdost se může lišit u předních a zadních sedadel ve vozidle konkrétně v sedáku, ovšem musí být dostatečná pro zajištění pohodlí a pevné opory těla pasažérů. Po celé ploše pěnové vrstvy se nachází otvory pro uchycení potahu a na boční straně se nachází otvory pro průchod airbagů. [23]

Potahová vrstva neboli čalounění, je vnější vrstva autosedaček, která je tvořena textilním materiálem nebo přírodní či syntetickou usní. Této části se věnuje následující kapitola 2.2.1 Čalounické materiály. [23]

2.2.1 Čalounické materiály

Do čalounění jsou zahrnuty svrchní díly základních konstrukčních částí sedadel, loketní opěrky, stropní panely, dveřní výplně, sluneční clony a další částí automobilu. Laminace zajišťující komfort je opatřena u plošných textilií, které jsou nositeli estetických vlastností potahového materiálu. Pěnová vrstva bývá potažena řídkou podkladovou tkaninou (folií, podšívkou), na kterou je potažena svrchní textilní část čalounění. Podkladová tkanina slouží pro zajištění pevnosti konstrukce a pro zamezení oděru či jinému poškození materiálu. [23]

Vnější vrstva čalounění je ve velké části případů hustá tkanina vyrobena v keprové či plátňové vazbě, zhotovena na pneumatickém tryskovém stavu. Častým materiálem pro dané tkaniny je polyester, pro své vhodné vlastnosti jako je vysoká pevnost, tažnost, snadná manipulace a podobně. Hlavními vlastnosti příze vhodné pro čalounění se vyznačuje váha a vysoký objem, zde jsou vhodné jádrové efektní příze. Střed příze tvoří vnitřní hedvábná nit (jádro) opředená objemnou vnější přízí (efekt). Jádro příze zajišťuje pevnost a vnější příze určuje vzhled čalounění. Při testech opotřebení se značnou odolností vyznačují tkané čalounění (wearingtests). [23]

Pro čalounění bývá používán například: vinyl, kůže, usně, polyester, polyamid 6, polyamid 6.6, polypropylen a alcantara. [23]

2.2.2 Možnosti recyklace autopotahů

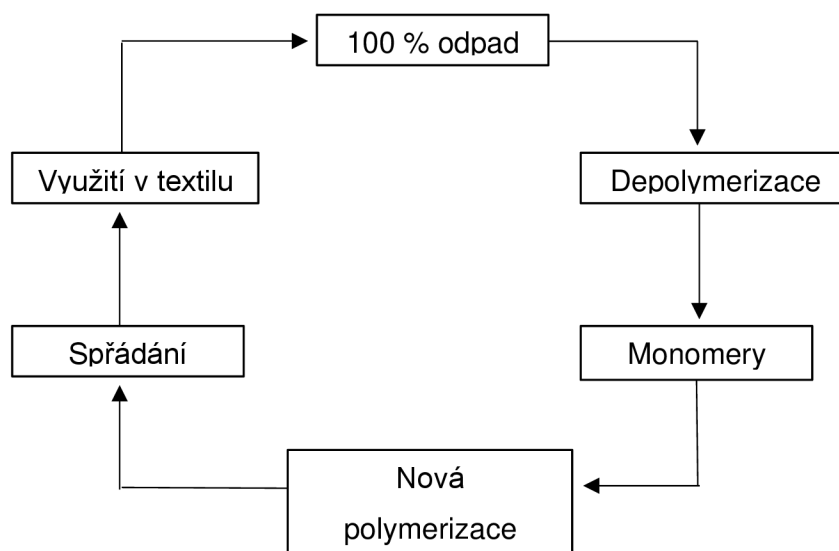
V Evropské unii se na takzvaná „vozidla s ukončenou životností“ (ELV) vztahují přísná pravidla stanovená směrnicí o elektrických vozidlech (2000/53/ES). Tato směrnice stanoví povinné recyklační cíle pro těžká vozidla a postupem času zakázala používání určitých látek v automobilech. [19]

Typické auto obsahuje asi 15 kg polyuretanů, z toho asi 8,5 kg polyuretanové pěny v autosedačkách. Ty lze recyklovat řadou různých metod. Volba metody je ponechána na recyklátorovi, který bere v úvahu technické a ekonomické podmínky, jako jsou místní podmínky, tržní kapacity pro recykláty a technická/ekonomická proveditelnost. [19]

Recyklace autopotahů se nejčastěji dělí na:

- energetická recyklace (více informací v kapitole Skládkování a energetická recyklace)
- mechanická recyklace (více informací v kapitole Mechanická recyklace)
- chemická recyklace

Pro chemickou recyklaci jsou nejčastěji použita syntetická vlákna nebo smíšená vlákna (kombinace přírodních a syntetických). Principem recyklace je rozložení původního vlákna na molekulární úroveň a poté surovinu polymerizovat, dochází k chemickému oddělení od původní textilie. Pokud jsou recyklována čistě celulózová vlákna je degradace docílena enzymatickou nebo kyselou hydrolyzou. Níže je znázorněn proces chemické recyklace. [9]



Obrázek 11 Chemická recyklace textilu ze syntetického materiálu [16]

Chemická recyklace je ekonomicky náročnější než mechanická recyklace, jelikož vyžaduje větší množství energie, ovšem využití konečného výrobku je mnohem rozmanitější. Chemická recyklace je považována za budoucnost recyklace textilu, momentálně je kvůli nákladnému provozu využívána v omezené míře. [9]

2.2.2.1 Skládkování a energetická recyklace

Jak již bylo v práci zmíněno výše, skládkování a energetické využití textilního odpadu je aktuálně nejčastější způsob skladování a recyklace odpadů autopotahů. [1]

Skládkování odpadů je doprovázeno několika podmínkami, které je nutno splnit: [14]

- pozemek pro skládkování musí být umístěn s přesně definovanými hydrogeologickými, hydrologickými a geotechnickými podmínkami
- skládka musí být těsněna s ohledem na druh přijímaného odpadu
- podle druhu přijímaného odpadu je navrženo a určeno odplynění skládky

Skládky jsou dále kategorizovány do tří skupin: [14]

- skupina S – interní odpad, označovaná také jako S-OI
- skupina S – ostatní odpad, označovaná také jako S-OO, zde existují tři podskupiny (S-OO1, S-OO2 a S-OO3)
- skupina S – nebezpečný odpad, označovaný jako S-NO [14]

Terénově rozlišujeme několik druhů skládek – podúrovňové (skládka v terénních prohlubních do úrovně terénu), nadúrovňové (zakládají se na úrovni terénu) a kombinované (skládka začíná v prohlubni a pokračuje nad úroveň terénu). Další možností skládkování může být podzemní skládka, kde se využívá přírodní nebo uměle vytvořené dutiny pod povrchem země. Podle stavebního hlediska se rozlišují skládky dle zajištění těsnění na netěsněné skládky a těsněné skládky přírodním materiálem (jíl nebo bentonit) nebo syntetickým materiálem (folie z PVC nebo polyetyleny), případně těsnění v kombinaci obou materiálů. [20]

Jednou z hlavních nevýhod skládkování je možné ohrožení životního prostředí. Zbavování tuhého komunálního odpadu pomocí skládkování je relativně nejméně náročný způsob odstranění odpadu. Ovšem tento způsob přináší ne jeden problém, mezi ty nejzávažnější problémy patří například: [20]

- vznik skládkového plynu v tělese skládky
- výtok průsakové vody z tělesa skládky
- prašnost, zápach, úlety materiálů
- stabilita skládky, sedání skládky
- koncentrace výskytu hlodavců a ptactva
- hlučnost během provozu skládky [20]

Při skládkování oděvů dochází během jeho rozkladu k úniku metanu, skleníkového plynu, které přispívají ke globálnímu oteplování. Chemikálie a barviva, které oděvy obsahují se poté mohou dostat do povrchových vod a do půdy. [21]

Aktuálně podle Ministerstva životního prostředí je konec skládkování využitelných odpadů posunut z původního roku 2024 na rok 2030. Takto bylo rozhodnuto v novém zákonu o odpadech platným od 1. ledna 2021.

Energetická recyklace je určena pro odpad, který nelze využít jiným způsobem. Základem energetické recyklace je spalování ve speciálních topeništích určených k tomuto procesu. Výstupem procesu energetické recyklace je tepelná energie určená převážně k vytápění obcí, měst či firem. Topeniště musí být správně navržena, aby při spalování odpadu nedocházelo k únikům například dioxinů při spalování plastů. Nejvíce nebezpečné bývá spalování PVC, polyamidů, polyuretanů a pryží, zde dochází po spálení neutralizování spalin do pevné formy. [7]

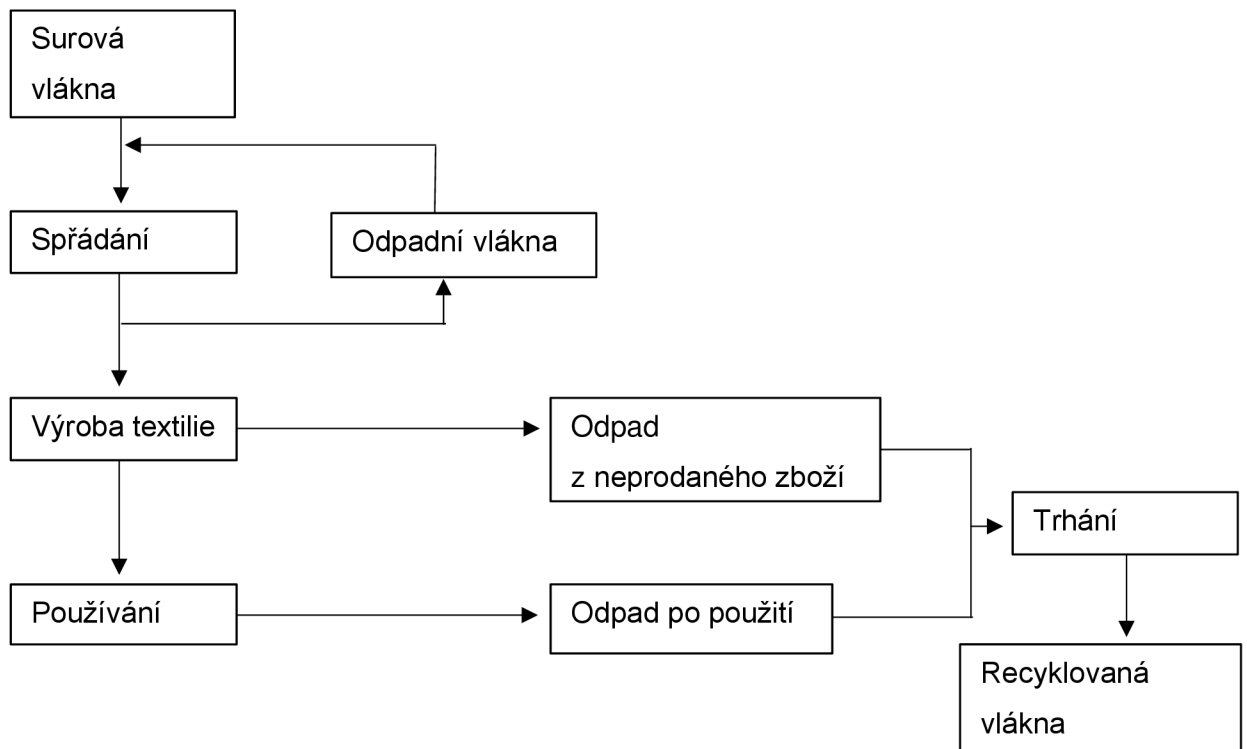
V dnešní době až 90 % textilu končí na skládkách nebo pro energetické využití. Pro porovnání v Číně každý rok skončí na skládce přibližně 20 milionů tun oblečení, v USA 10 milionů tun, ve Velké Británii 1 milion tun a v České republice přibližně 200 000 tun (cirka 6 % komunálního odpadu). [21]

2.2.2.2 Mechanická recyklace

Mechanická recyklace neboli materiálová recyklace (též fyzikální) zahrnuje postupy, které se zakládají degradace recyklovaného textilu (drcení, řezání, trhání, mykání, ...) se vznikem drtě. U případů kontaminovaných odpadů je nutné do procesu zahrnout i mytí, popřípadě plavení drtě. Po vytvoření drtě následuje sušení a regranulace (pokud je nutná). Regranuláty a drtě jsou využívány dle svého složení a znečištění pro výroby dalších méně náročných výrobků. Jednou z možností je využití drtě s přidaným panenským plastem s účelem výroby nového kvalitnějšího výrobku, jako jsou například vlákna, výlisky nebo pásy. [7] [9]

Materiálová recyklace je velmi vhodná pro termoplasty, vzhledem k zahrnutí procesů od mletí textilních odpadů a následné tepelně mechanického zpracování pro výrobu výrobků nových. Dále proces může obsahovat kompatibilizační postupy, které u taveniny slouží jako vícesložkový materiál u směsí odpadních plastů. Tímto způsobem je rozuměn postup, který má vliv na zvýšení snášenlivosti mezi nemísitelnými termoplasty ve směsi snížením mezifázového napětí – postup vede ke zlepšení soudržnosti, pevnosti výsledného materiálu. [7]

Tento způsob recyklace textilu nejčastěji slouží k čalounění, náplní do matrací, izolací či pro výrobu zahradnických kapilárních rohoží. Níže je uvedeno schéma etap procesu mechanické recyklace. [9]



Obrázek 12 Schéma etap procesu mechanické recyklace [16]

Techniky mechanické recyklace se dělí do tří skupin:

1. Technika pro výrobu textilií – textilní odpad je nařezán na kvalitní kusy z nichž je vyroben nový produkt (například pantofle nebo peněženky). Způsob je nejčastěji využit charitami a některými firmami.
2. Technika pro výrobu vláken – textilní odpad je rozřezán a prohnán bubnem pro získání vláken, která jsou následně čištěna a promíchána s novými vlákny. Příze vyrobeny tímto způsobem mívají horší fyzikální vlastnosti a mají smíšenou barvu, která se špatně barví, další nevýhodou jsou různé délky vláken.
3. Technika pro výrobu příze – tato technika mechanické recyklace je vázána na vlastnosti vláken. Odpad je nejprve čištěn, poté nařezán a taven, ve výsledné fázi je namotán do příze. Výsledná příze je používána k výrobě netkaných produktů, například pro výrobu izolačních materiálů v automobilovém průmyslu, čalounění, podkladových kobereců, tamponů či jednorázových vložek. Takto vyrobené příze mívají převážně černou nebo šedou barvu. [9]

2.2.2.3 Firma Retex a. s.

Firma RETEX je jednou z mála českých firem, která se zabývá recyklací textilu i z oblasti automobilového průmyslu. Jedná se o akciovou společnost založenou v roce 1950 s významnými zákazníky u dodavatelů komponentů pro automobilový průmysl a velké střední stavební firmy z České republiky. Firma se zabývá výrobou produktů pro automobil, geotextilie, zelené střechy a další. [22]

V rámci automobilů je RETEX výrobcem netkaných textilií, které jsou využity v automobilech následujících značek: ŠKODA Auto, Volkswagen, KIA, SUZUKI a další. Mezi hlavní výrobky firmy RETEX pro automobil patří interiérové dekorativní koberce, pohledové koberce zavazadlové části a interiérové a exteriérové izolace. Pro výrobu těchto netkaných výrobků jsou využita například tato vlákna: polyesterová vlákna, polypropylenová vlákna, recyklovaná přírodní i syntetická vlákna. [22]

Výrobky jsou vyráběny buď technologií vpichování nebo Airlay. Vpichovací linka určena pro zpevňování vlákenné vrstvy pomocí vpichování, firma má k dispozici čtyři linky v rozsahu plošných hmotností 80-1500 g/m². Metoda Airlay neboli aerodynamická tvorba vlákenné vrstvy s účelem termického zpevňování má rozsah plošné hmotnosti 600-6000 g/m² s tloušťkou 5-200 mm. Firma také disponuje čtyřmi recyklačními linkami o maximální kapacitě 1000 kg/h, které mechanicky (trhání a drcením) recyklují secondhandový textil a technické textilie. Tato recyklační linka byla využita pro recyklaci auto potahového materiálu využitého v této práci. Pro zušlechťovací technologie firma využívá následujících technologií: chemická a práškovací linka (latexová úprava, nehořlavá či hydrofobní úprava), velurování a postřih nebo formátování. [22]

2.3 Zkušební metody

Pro měření vlastností vyrobených kompozitu byly zvoleny měření zaměřená na hodnocení zvukové pohltivosti a tepelné izolace. Tyto zkušební metody byly zvoleny na základě výsledků materiálového rozboru drtě, kde bylo zjištěno, že drť obsahuje převážně zbytky molitanu a zbytky tkaniny. Tyto výsledky by mohly podpořit dobré izolační a zvukově-izolační vlastnosti kompozitu. K tomuto rozhodnutí dopomohlo i zvolené bikomponentní vlákno, mezi jejíž hlavní vlastnosti patří vynikající akustické/tepelné izolace. Dále se u vzorků určovala jejich tloušťka a objemová hmotnost.

2.3.1 Stanovení tloušťky

Vzhledem k vyšší tloušťce a velkému rozměru vzorků, nebylo možné vzorky testovat na dostupných tloušťkoměrech na Textilní fakultě. Z tohoto důvodu byla vytvořena alternativa pro měření tloušťky vzorků. Byl sestaven přístroj, který odpovídá standardní zkušební metodě WSP 120.4.R4 pro stanovení stlačení a zotavení netkaných textilií při pokojové teplotě za pomoci závaží a talířů. Díky této metodě lze stanovit stlačení a zotavení pro jakýkoliv typ netkaných textilií s vysokou pružností pomocí závaží a desek. Metoda se využívá pro husté nebo objemné tkaniny s nízkou hustotou ve srovnání s plochými tkaninami podobnými papíru. Vyznačuje se vysokým poměrem tloušťky k hmotnosti na jednotku plochy. Tyto tzn. Highloft tkaniny nemají více než 10 % objemových pevných látek a jsou větší než 3 mm (0,13 palce) na tloušťku. Měřicí metoda se řídí zkušebními metodami ISO: „*ISO 139-2005 Textilie – Standardní prostředí pro kondicionování a testování, ISO 2859-1:1999 Postupy odběru vzorků pro kontrolu podle atributů a ISO 3951-1:2005 Postupy odběru vzorků pro kontrolu podle proměnných.*“ ISO normy jsou citovány ze soupisu testování netkaných textilií – HARMONIZED TEST METHODS NONWOVENS AND RELATED INDUSTRIES 2012. [27]

Principem zkoušky je měření (tloušťky) vzdálenost mezi horním a spodním povrchem materiálu, měření probíhá pod stanoveným tlakem. Tloušťka se obvykle určuje jako vzdálenost mezi základnou a přítlačnou patkou (deskou) používanou k aplikaci specifikovaného tlaku. V průběhu měření je sledována počáteční výška bez závaží, výška se závažím a výška bez závaží po uvolnění stojin. Vztah měření ukazuje schopnost odolávat stlačení a zotavit se po stlačení a další relaxaci. [27]

Pro zkoušku byly použity dvě desky, základní a krycí. Desky byly vyrobeny ze dřeva a každá deska vážila 1,3 kg. Všechny vzorky jsou měřeny při normální laboratorní teplotě. Pro testování je důležité vybrat vzorky bez jakýkoliv deformací, které by mohly zapříčinit abnormalitu od zbytku testovaného materiálu. Při manipulaci se vzorky je důležité dbát na čistotu, aby vzorky nepřišly do kontaktu s nečistotou, jako ne například mýdlo, sůl nebo olej. Všechny vzorky musí být stejné velikosti pro měření. Každý vzorek se testuje 4krát. [27]

Pro testování je stanoven podle standardního testování, uvedeno v normě pro Netkané Textilie na straně 540/12.26, snížený počet měřených testů s měřením podle následujícího pořadí: [27]

- a) Počáteční výška s krycí deskou na vzorcích, bez dodatečné hmotnosti.
- b) Výška s přidanou hmotností.
- c) Výška s přidanou hmotností po 10 minutách.
- d) Výška s odstraněným závažím po 10 minutách.
- e) Výška s odstraněným závažím po 20 minutách.
- f) Výška s přidanou hmotností po 20 minutách.
- g) Výška s přidanou hmotností po 60 minutách.
- h) Výška s odstraněným závažím po 60 minutách.
- i) Výška s odstraněným závažím po 8 hodinách.
- j) Výška s hmotností přidanou po 8 hodinách.
- k) Výška s hmotností přidanou po 24 hodinách.
- l) Výška s odstraněným závažím po 24 hodinách.

Parametry komprese a obnovy se vypočítají pomocí rovnic, které jsou dostupné v normě zkušební metody WSP 120.4.R4 pro Netkané Textilie. [27]

2.3.2 Stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost ρ_v [kgm^{-3}] je vyjádřena pomocí následujícího vzorce: [2]

$$\rho_v = \frac{m}{h \cdot S} = \frac{m}{V} \quad (1)$$

ρ_v ... objemová hmotnost [kgm^{-3}]

m ... hmotnost jednotlivého vzorku [kg]

h ... tloušťka jednotlivého vzorku [m]

S ... plocha jednotlivého vzorku [m^2]

V ... objem vzorku [m^3]

2.3.3 Stanovení zaplnění a pórovitosti

Zaplnění μ [–] je vyjádřeno procentuálním podílem vláken v textilním nebo nevlákněném útvaru. V diplomové práci je použita pro výpočet hmotnostní interpretace zaplnění, která je vyjádřena následujícím vzorcem: [33]

$$\mu = \frac{V}{V_c} = \frac{\frac{V_c \gamma}{\rho}}{V_c} = \frac{\gamma}{\rho_{SM\check{E}S}} \quad (2)$$

γ [kgm^{-3}] představuje objemovou měrnou hmotnost vlákenného útvaru, který se vypočítá podle vzorce:

$$\gamma = \frac{m}{V_c}, \quad (3)$$

kde m [kg] značí hmotnost a V_c [m^3] značí celkový objem vlákenného útvaru. [32]

$\rho_{SM\check{E}S}$ [kgm^{-3}] představuje objemovou hmotnost vlákenné směsi a vypočítá se pomocí vzorce:

$$\rho_{SM\check{E}S} = \frac{1}{100} \sum_1^k \rho_k v_k, \quad (4)$$

kde v_k [%] značí procentový podíl materiálové komponenty a ρ_k [kgm^{-3}] značí hustotu materiálové komponenty, tato hodnota je přejata z tabulek. [32]

Pórovitost P [%] je vyjádřena jako obsah pórů naplněných vzduchem v textilií a má vliv na propustnost a prodyšnost textilie. Výpočet je stanoven z hodnoty zaplnění a je vyjádřen vzorcem takto: [32]

$$P = (1 - \mu) * 100 \quad (5)$$

2.3.4 Měření tepelně izolačních vlastností

Měrnou tepelnou vodivostí lze charakterizovat izolační (tepelné) vlastnosti každého materiálu. V diplomové práci byl zvolen přístroj Alambeta, vyvinut panem Hesem a Doleželem, který se využívá pro měření tepelných vlastností. Na Alambetě byly měřeny hlavně izolační vlastnosti každého vzorku: měrná tepelná vodivost λ a plošný odpor vedení tepla r . Také byl měřen tepelný tok q , který se řadí mezi dynamické vlastnosti textilií. [26][31]

Tepelný tok q [Wm^2] ukazuje množství šíření tepla z hlavice přístroje (ruky) o určité teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času. Tento jev je vyjádřen následujícím vzorcem: [26]

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi * \tau}} \quad (6)$$

Měrná tepelná vodivost λ [$Wm^{-1}K^{-1}$] vyjadřuje množství tepla protékajícího jednotkou délky za jednotku času, vytváří rozdíl teplot 1 K. Teplotní vodivost materiálu klesá s rostoucí teplotou. Pokud má materiál vysokou hodnotu λ je označen jako vodič, v opačném případě se jedná o izolátor. Nejnižší tepelnou vodivost mívají textilie vyrobeny z velmi jemných vláken. Zvýšená měrná tepelná vodivost může být ovlivněna tloušťkou a průměrem vláken. Výsledná naměřená data se musí dělit 10^3 . [26][31]

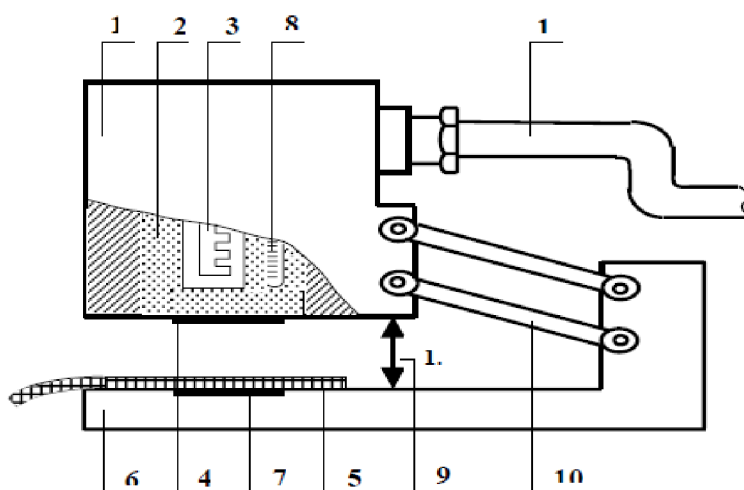
Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1}Km^2$] je určen poměrem měrné tepelné vodivosti a poměrem tloušťky materiálu. Říká, který odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Čím vyšší je tepelný odpor, tím nižší je tepelná vodivost. Pokud má materiál nízkou tepelnou vodivost a vysoký tepelný odpor, jedná se o kvalitní tepelný izolant. Výsledná naměřená data se musí dělit 10^3 . Plošný odpor vedení tepla je vyjádřen následujícím vzorcem: [26][31]

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad (7)$$

2.3.4.1 Popis měřicí metody na přístroji Alambeta

Podstava zkoušky na stroji Alambeta spočívá v průchodu tepelných toků $q_1(t)$ a $q_2(t)$ povrchy vzorku od neustáleného stavu k ustálenému. Přístroj je počítačem řízený poloautomat, který dokáže spočítat statistické parametry měření. Součástí přístroje je autodiagnostický program, který zabraňuje vzniku chybných operací přístroje během měření. t_1 značí teplotu měřicí hlavice a t_2 značí teplotu vzorku, základny přístroje. [26]

Na obrázku 13 je zobrazeno schéma měřicího přístroje, které ukazuje základnu přístroje Alambeta, která tvoří spodní část (6). Tato část je vyhřívána na okolní teplotu a je zde umístěn testovaný vzorek (5). Hlavice (1) je vyhřívána na teplotu přibližně 33 °C, která simuluje teplotu kůže lidského těla. Číslo 4 značí snímač tepelného toku a 7 značí měření tepelného toku mezi jednotlivými povrchy. Součástí hlavice je teploměr (8), termostat (2), topné těleso (3) a tepelná izolace. Důležitým krokem před zahájením samotného měření je nechat nejprve klesnout měřicí hlavici bez vzorku, aby se tloušťka nastavila na nulu. [26]



Obrázek 13 Schéma měřicího přístroje Alambeta [26]

Měřená data jsou zpracována počítačem. Aby bylo možné data statisticky zpracovat je minimální počet měření 3 a maximální počet měření je 20. Během tohoto testování byly vzorky měřeny 10krát. Z naměřených dat se vypočítává aritmetický průměr z jednotlivých měření a variační koeficient (na nejbližší 0,1%), je možné vypočítat i interval spolehlivosti při 95% hladině významnosti a směrodatnou odchylku. [26]

Před začátkem měření se musí měřené vzorky připravit a upravit podle stanové normy ČSN EN 12751, úprava vzorků podle normy může být nahrazena po společné dohodě mezi účastníky měření. Aby byly výsledky co nejpřesnější, musí se vzorky zbavit nečistot, zvlnění a přehybů. Je doporučeno vzorky měřit minimálně 3 cm od okraje materiálu a během každého měření měnit proměřovaná místa, případně vyčkat na vychladnutí (aklimatizaci materiálu na teplotu laboratorního prostředí, stanovenou normou ČSN EN 20139) materiálu před dalším měření. Měření na přístroji probíhá následovně: [31]

- a) prověření a zapsání teploty a vlhkosti laboratoře
- b) zapnutí a vyčkání na zahřátí přístroje pro přesnější měření (20 minut)
- c) jedno spuštění měření bez vloženého vzorku
- d) vložení vzorku a spuštění měření pomocí tlačítka ST
- e) naměřené hodnoty se uloží do statistiky pomocí tlačítka EN (hodnoty se zobrazí pomocí tlačítka RL a EN, pro procházení naměřených dat je určeno tlačítko RL, data se dají smazat tlačítkem EN a ST)
- f) postupně se proměří všechny vzorky a zaznamenají se naměřené hodnoty
- g) vyhodnocení naměřených hodnot

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V teoretické části jsou popsány možnosti recyklace textilních odpadů s důrazem na mechanickou recyklaci, které se bude v práci využívat pro recyklaci autopotahů.

Cílem experimentální části práce je navrhnutí možného postupu a výroba druhotného produktu vyrobeného z recyklované drtě textilních autopotahů. V první části experimentu se práce zabývá navrhnutím a výrobou vhodného druhotného produktu (kompozitu). Druhá část experimentu pojednává o zkoušení vlastností daných kompozit na vybrané zkušební metody pro vyhodnocení vlastností vzorků.

Zkušební metody vyhodnocení vlastností vzorků vyrobených z drtě autopotahů a pojivých bikomponentních vláken jsou inspirovány diplomovou prací Veroniky Prokopové, která ve své práci podobným způsobem řeší výrobu druhotného výrobku z drtě autopotahů. Diplomová práce paní Prokopové se zabývá přesně recyklací odpadů z čalounění automobilů. Paní Prokopová ve své práci vyrábí desky z textilního odpadu vzniklého při výrobě potahů do automobilů. Vyrobené desky poté testuje a vyhodnocuje na:

- stanovení tloušťky
- stanovení objemové hmotnosti
- měření tepelné vodivosti
- měření zvukové pohltivosti
- měření pevnosti v ohybu

Během testování vzorků je vynecháno měření na pevnost v ohybu z důvodů velkých rozměrů vzorků a vysoké tloušťky vzorků a měření zvukové pohltivosti.

Poslední část experimentální části práce obsahuje diskuzi získaných výsledků a porovnání výsledků tepelné vodivosti s výsledky, které uvádí ve své práci paní Prokopová.

3.1 Návrh recyklace autopotahů a výroby druhotného produktu

Cílem diplomové práce je navrhnout postup možného využití autopotahu jako druhotné suroviny. Hlavním smyslem je navrhnout a výroba sekundárního výrobku z autopotahů, které nyní končí na skládkách. Autopotahy v sobě obsahují zbytky polyuretanové pěny přilepené k textilnímu podkladu z polyesteru a polyamidu 6. Někdy obsahují zbytky kovů, plastů i drátů, které jsou k textilu přidělány pro podporu tvaru sedačky. Před začátkem recyklace byly veškeré plasty, kovy a dráty z textilu manuálně odstraněny. Pro výrobu testovacích vzorků bylo recyklováno 30 kg autopotahů. Potahy byly rozvlákněny v recyklační lince na textil ve firmě Retex, kde byly drceny na velikost částí 10 mm.

Konkrétní návrh experimentální části diplomové práce je následující:

- drcení materiálu na jednu určitou velikost
- vytvoření směsi drtě s pojivým materiálem
- vytvoření vzorků druhotného produktu s využitím lisovacího a laminačního stroje
- testování a vyhodnocení vlastností vzorků
- navrhnout vhodného druhotného výrobku z recyklovaných autopotahů

3.1.1 Recyklace a analýza autopotahů

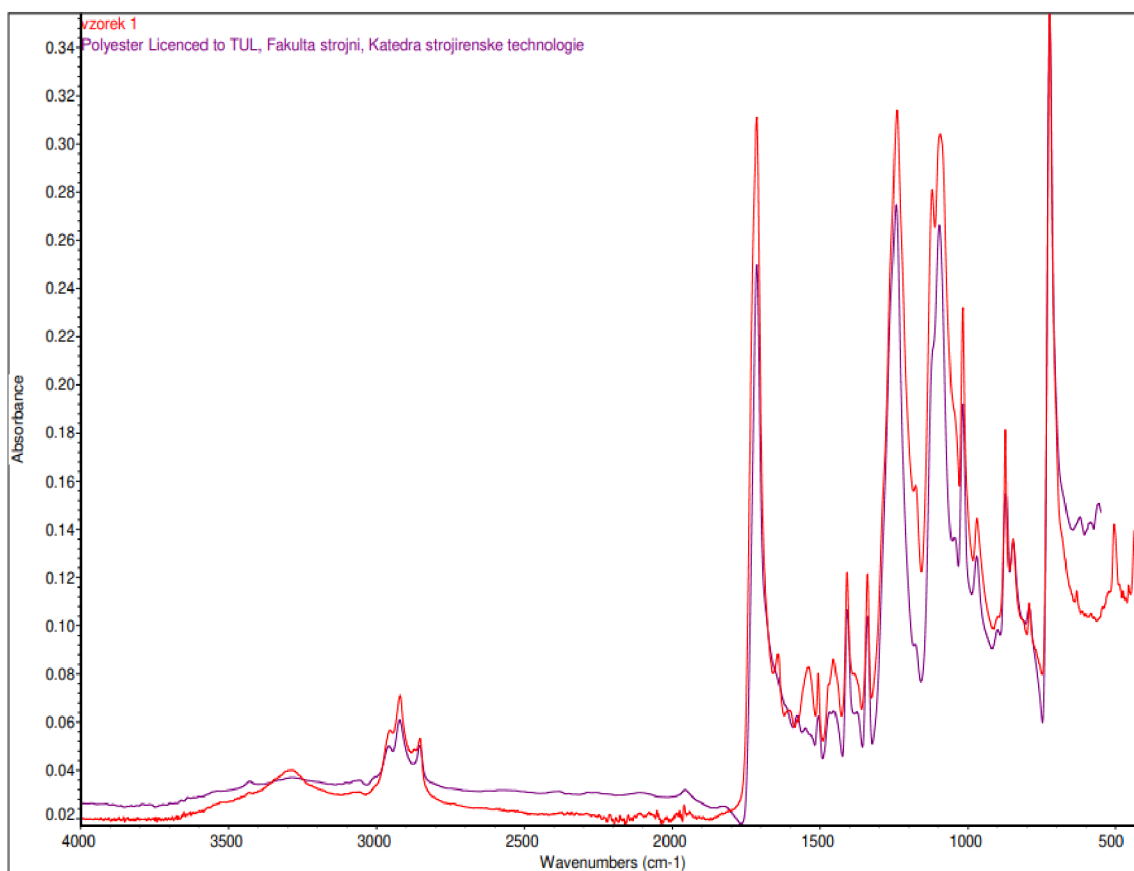
Pro výrobu textilní drtě z autopotahů byla využita recyklační linka textilního materiálu firmy RETEX. Při recyklaci byly použity nožové mlýny. Firma disponuje čtyřmi recyklačními linkami s maximální kapacitou 1000 kg/h. Stroje se dělí podle druhů materiálu, který je schopen nadrtit, podle formy a rozměrů, které požaduje výsledná drť (tento efekt je ovlivněn velikostí sít). [2][22]

Odpad byl firmou nadrcen na nožovém mlýnu na frakci o velikosti přibližně 10 mm.



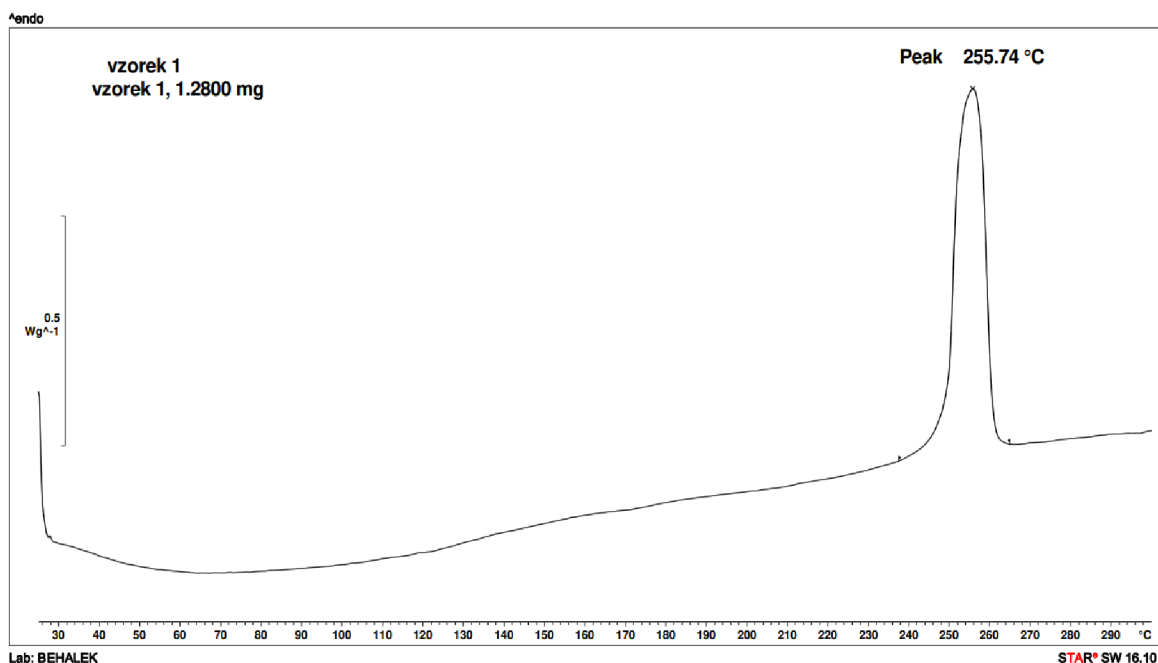
Obrázek 14 Drť z odpadového materiálu (autopotahu)

Z odpadových autopotahů byly vybrány čtyři typické vzorky. Materiály vzorků (označené jako vzorek 1 až vzorek 4) byly analyzovány pomocí infračervené spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR) na zařízení Nicolet iS10. K měření byla použita technika úplného zeslabeného odrazu (ATR technika) na krystalu diamantu a naměřená spektra jednotlivých materiálů (s 8 skeny) byla porovnána s knihovními spektry. Na následujícím obrázku je zobrazeno naměřené spektrum vzorku 1, zbylé vzorky jsou ukázány v příloze 1 až v příloze 3. Z výsledků infračervené spektrometrie lze konstatovat, že drť autopotahů je zastoupena polymery na bázi polyesteru PET (vzorek 1), polyuretanu PUR (vzorek 2 a vzorek 3) a polyamidu 6 PA 6 (vzorek 4). Analyzovaný vzorek polyesteru (vzorek 1) je na základě stanovené teploty tání 255,7 °C lineární polyester na bázi polyethyltereftalátu.



Obrázek 15 Infračervená spektrometrie vzorku 1 (polyesteru)

Teplota tání byla stanovena metodou diferenciální snímací kalorimetrie (DSC) na zařízení DSC1/700 Mettler Toledo. Vybrané vzorky byly zalisovány v hliníkové pánvičce a spolu s referenčním vzorkem (prázdnou hliníkovou pánvičkou s víčkem) byly umístěny na termoelektrický disk v měřicí cele kalorimetru a podrobeny lineárnímu ohřevu v inertní atmosféře dusíku (průtok: 50 ml/min) v teplotním rozsahu od 25 °C do 300 °C s rychlostí ohřevu 10 °C/min. Teplota tání byla stanovena jako pík (v anglickém jazyce: peak) endotermní přeměny dle ČSN EN ISO 11357. Před samotným měřením byla provedena kalibrace DSC kalorimetru měřením teplot a entalpií tání kalibračních standardů na bázi slitiny hliníku a india, které odpovídají teplotnímu rozsahu zařízení. Záznamy DSC křivek studovaných vzorků jsou uvedeny v příloze 4 až v příloze 6, níže na obrázku je pro ukázkou zobrazen vzorek 1. U vzorku 3 nebyla stanovena teplota tání, je možné, že vzorek 3 nemá teplotu tání nebo je tato teplota vyšší než 300 °C.

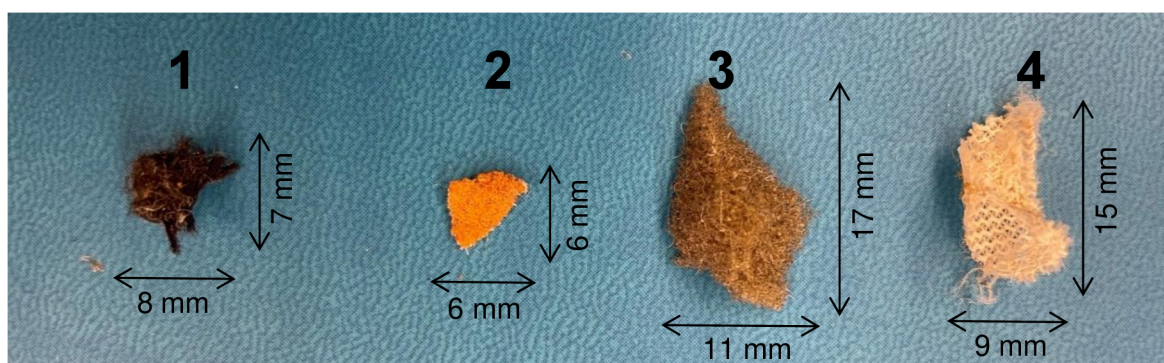


Obrázek 16 Metoda DSC pro vzorek 1 (polyester)

Náhodným výběrem bylo vybráno 5 reprezentativních vzorků drtě o hmotnosti 20 g pro analýzu zastoupení jednotlivých výše stanovených materiálů v drti. Vzorky pro zkoumání materiálového složení drtě byly vybírány z různých částí drtě. U vzorků byla sledována hmotnost jednotlivých materiálů a následně se vyhodnocovalo, který materiál má v drti nejvyšší procentuální zastoupení. V následující tabulce je uvedeno procentuální zastoupení jednotlivých materiálů v recyklované drti z autopotahů a obrázek s ukázkou vzorků 1 až 4.

Tabulka 2 Hmotnostní a materiálové složení drtě

Hmotnostní a materiálové složení drtě					
	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Nečistoty
	PET	PUR	PUR	PA 6	
Průměrná hmotnost	2,8 g	6,4 g	7,2 g	2,5 g	1,1 g
Procentuální zastoupení materiálu v drti	14,0 %	32,0 %	36,0 %	12,5 %	5,5 %



Obrázek 17 Vzorek 1 - polyester, vzorek 2 - polyuretan, vzorek 3 - polyuretan, vzorek 4 - polyamid 6

Vyhodnocení: Směs drtě obsahuje z 68,0 % polyuretanovou pěnu s teplotou tání 219 °C nebo s teplotou tání vyšší než 300 °C. Ze 14,0 % je v drti zastoupen polyester s teplotou tání 256 °C a z 12,5 % je zastoupen polyamid 6 s teplotou tání 224 °C. Z uvedených naměřených dat vyplývá, že teplota tání recyklovaných materiálů je vyšší, než teplota tání bikomponentních vláken což potvrdilo předpoklad. Proto bylo nutné využít bikomponentních pojivých vláken pro vhodné spojení drtě a vytvoření vhodného kompozitního materiálu. Tento materiál může být využit například jako tvarové díly do dopravních prostředků a strojů (obložení dveří a stěn, vnější obložení motoru nebo izolační prvky pro víka zavazadlových prostorů).

3.1.2 Pojivý materiál

Na výběr je několik pojivých materiálů:

- **Práškový pojivý materiál** s rozměrem zrn o velikosti 0,1-0,5 mm, který je vyroben mechanickým drcením ve speciálních mlýnech pod stanovenou teplotou.
- **Bikomponentní vlákna** a vlákna připravená pomocí zvlákňování.
- **Fólie** jsou vyráběny kalandrováním nebo vytlačováním taveniny tryskami. Kvůli nerovnoměrnému rozložení pojiva je omezené využití tohoto pojiva.
- Poslední možností pojivého materiálu jsou **mřížky vyráběné zvlákňováním** se speciálními zvlákňovacími tryskami nebo prořezáním fólie a jejich následným roztahováním do potřebné šířky. [9]

V této diplomové práci se jako pojivo budou používat bikomponentní vlákna, která jsou před použitím upravena v mykacím stroji pro homogennější rozložení pojivých vláken.

3.1.2.1 *Bikomponentní vlákna*

S ohledem na složení směsi drti jsou jako pojivo použita bikomponentní vlákna od firmy Wellman, která mají složení PET/coPET bico. Jemnost vláken je 3,5 dTex a délka vláken je 50 mm. Vlákna jsou vyrobena recyklací PET lahví a jsou dostupná v bílé nebo černé barvě. Mezi hlavní vlastnosti vláken patří například: [28]

- vynikající akustická/tepelná izolace
- flexibilní tvarovatelnost s rychlejšími cykly forem
- rozměrová stabilita zajištěna
- 100% recyklovatelné

Bikomponentní vlákno se využívá převážně na spřádání příze, vpichování netkané textilie, na geotextilii, automobilový interiér, výstavní koberce, netkané textilie do kufru, izolační panely, výplňové příkrývky, polštáře. [29]

Bikomponentní vlákna se využívají pro pojení recyklovaných nebo netkaných textilií. Vlákna se využívají například na výrobu tvarových dílů do dopravních prostředků a strojů, se stejným využitím, jako se dá využít textilní recyklovaná drť (uvedeno ve vyhodnocení v kapitole 3.1.1 Recyklace a analýza autopotahů). Dalším důvodem výběru vláken od firmy Wellman jsou jejich hlavní vlastnosti, zejména rovnoměrná stabilita a dobré izolační vlastnosti. V neposlední řadě bylo přihlédnuto i na výrobu vláken z druhotného produktu (PET lahví) a možnost opětovné recyklace, která navazuje přímo na téma diplomové práce a cirkularitu produktů. Výrobky mohou být využity v průmyslovém měřítku, jako se například tímto směrem výroby zabývá firma Retex. [22]

3.1.2.2 Úprava bikomponentních vláken na mykacím stroji

Pro výrobu co nejvíce stejnoměrných vzorků, byla poživá vlákna upravena na mykacím stroji. Během procesu mykání dochází k postupnému rozvolňování vlákenného materiálu až na jednotlivá vlákna, zároveň se odstraňují krátká vlákna a nečistoty. Při mykání se vlákna urovnávají do podélného směru a dochází k jejich napřimění a promíchání. Na konci celého procesu vzniká jemná stejnoměrná pavučinka. [24]

Rozlišují se dva druhy mykacího stroje: víčkový mykací stroj a válcový mykací stroj. Hlavním rozdílem mezi oběma stroji je jejich hlavní systém uzlu pro mykání. Víčkový mykací stroj využívá pro mykání jako hlavní uzel víčka společně s hlavním bubnem, tento typ stroje je využit hlavně pro bavlnářské vlákenné materiály. Válcový mykací stroj využívá pro mykání válce a hlavní buben a používá se převážně pro vlnářské vlákenné materiály. Pro účely úpravy bikomponentních vláken použitých pro výrobu vzorků byl použit válcový mykací stroj. [24]

Během operace mykání se sleduje hmotnost a stejnoměrnost přidávaných bikomponentních vláken. Surovina se dávkuje na nakládací část stroje a plynule podává surovinu na podávací ústrojí. Odtud je surovina vedena k hlavnímu válcovému ústrojí pro zpracování suroviny. Všechna surovina je rovnoměrně dávkována rozvolňovacímu válci po celé šířce vložky. Potah podávacích a rozvolňovacího válce je opatřen pilkovými povlaky, které drží vložku. Od rozvolňovacího stroje pokračuje vložka k hlavnímu bubnu, který se otáčí od podávacího ústrojí směrem vzhůru. Okolo horní poloviny hlavního bubnu jsou umístěny obrabeče a pracovní válce. [24]

Na výrobu jednoho vzorku bylo použito **50 g pojivých vláken**. Těchto 50 g pojivých vláken bylo před použitím upraveno na válcovém mykacím stroji a poté byly použity pro výrobu vzorků. Každých 50 g pojivých vláken bylo upraveno zvlášť a následně se ihned použily pro následnou výrobu. Na obrázku 18 je zobrazen válcový mykací stroj, na kterém byla pojivá vlákna upravena a na obrázku 21 je zobrazeno upravené pojivé vlákno na připraveném vzorku před lisováním.



Obrázek 18 Válcový mykací stroj v poloprovoze Technické univerzity v Liberci [25]

3.1.3 Postup výroby druhotného výrobku

Pro výrobu všech vzorků bylo použito pouze recyklované drtě z autopotahů a pojivých (bikomponentních) vláken. Pojivá vlákna byla upravena na mykacím stroji pro lepší stejnoměrnost vláken během výroby vzorku, viz. kapitola 3.1.2.2 Úprava bikomponentních vláken na mykacím stroji. Drť z autopotahů byla vyrobena na recyklační lince pro recyklaci textilních materiálu za pomoci firmy Retex, viz. kapitola 3.1.1 Recyklace a analýza autopotahů. Celková výroba vzorků vždy spočívala ve stejném principu:

1. úprava pojivých vláken na mykacím stroji
2. vrstvení drtě a pojivých vláken
3. pojení a výroba vzorku za pomoci etážového lisu nebo laminačního stroje

Výroby vzorků se lišily v druhém a třetím bodě ve způsobu provedení, pro zhodnocení nejpraktičtějšího a efektivního způsobu výroby vzorků. Nejprve se vyrobily vzorky s různým prokládáním a vrstvením drtě a pojivých vláken, detailnější informace k výrobě těchto vzorků jsou uvedeny v tabulce 3. U každého vzorku bylo zachováno množství použité drtě – **50 g**.

Nastavení Etážového lisu:

- teplota horní a spodní desky: 140 °C
- základní pozice: 230 mm
- rychlý závis: 280 mm
- lisování: 289 mm
- pomalý návrat: 280 mm
- síla lisování: 100 kN
- tlakování lisování: 5 kN/s
- doba lisování: 30 s
- velikost plochy lisu: 40x40 cm
- velikost vzorků: 30x30 cm, 25x30 cm, 20x30 cm a 35x30 cm

Laminační lis byl pro výrobu vzorků nastaven na teplotu 140 °C.

Tabulka 3 Detailnější informace k výrobě vzorků

	Označení vzorku	Množství drtě [g]	Množství pojivých vláken [g]	Použitý stroj	Poznámka
1. výroba	1	50	10	Etážový lis a laminovací stroj	Drt' mísená s pojivými vlákny
1. výroba	2	50	15	Etážový lis a laminovací stroj	Drt' mísená s pojivými vlákny
1. výroba	3	50	20	Etážový lis a laminovací stroj	Drt' mísená s pojivými vlákny
2. výroba	1	50	19,8	Etážový lis	Drt' soustředěna do středu
2. výroba	2	50	5,6	Etážový lis	Drt' – Pojivá vlákna - drt'
2. výroba	3	50	9,7	Etážový lis	5 vrstev drtě
2. Výroba	4	50	16,6	Etážový lis	2 vrstvy drtě

Během **první výroby** narůstalo množství použitých pojivých vláken, důvodem tohoto jevu bylo pozorování spojení mezi drtí a pojivými vlákny po lisování a laminaci. Také byly během první výroby použity dva stroje pro samotnou výrobu vzorků, byl použit etážový lis a laminovací stroj. Po ukončení výroby první série vzorků bylo pozorováno propojení drtě a pojivých vláken a pevnost vzorků. Na základě tohoto pozorování byl vyhodnocen etážový lis jako vhodnější stroj pro výrobu ostatních vzorků. Vzorky vyrobeny na lisu byly mnohem pevnější a docházelo k lepšímu propojení mezi drtí a pojivými vlákny.

Během **druhé výroby** se testovalo vhodné vrstvení drtě a pojivých vláken. Bylo vyrobeno několik vzorků s různými způsoby vrstvení. Byly použity následující techniky vrstvení:

- jedna vrstva drtě uzavřena v horní a spodní vrstvě pojivých vláken (drt' soustředěna do středu)
- jedna vrstva pojivých vláken uzavřena v horní a spodní vrstvě drtě (obrácená první varianta)
- pět vrstev drtě prokládaných pojivými vlákny a uzavřených v pojivých vláknech
- dvě vrstvy drtě prokládané pojivými vlákny a uzavřených v pojivých vláknech

Po ukončení výroby vzorků v druhé sérii se vyhodnocovala pevnost vzorků a propojení mezi pojivými vlákny a drtí. Po vyhodnocení druhé série vzorků bylo vyhodnoceno, že je vhodné ponechat drt' uzavřenou ve vrstvě pojivých vláken, aby nedocházelo k opadávání drtě nebo úniku zápachů z drtě. Pokud se při výrobě využívá více vrstev drtě je vzorek výrazně pevnější a zvyšuje se i jeho pevnost v ohybu. Na následujících obrázcích jsou ukázány vzorky vyrobené během první a druhé výroby.



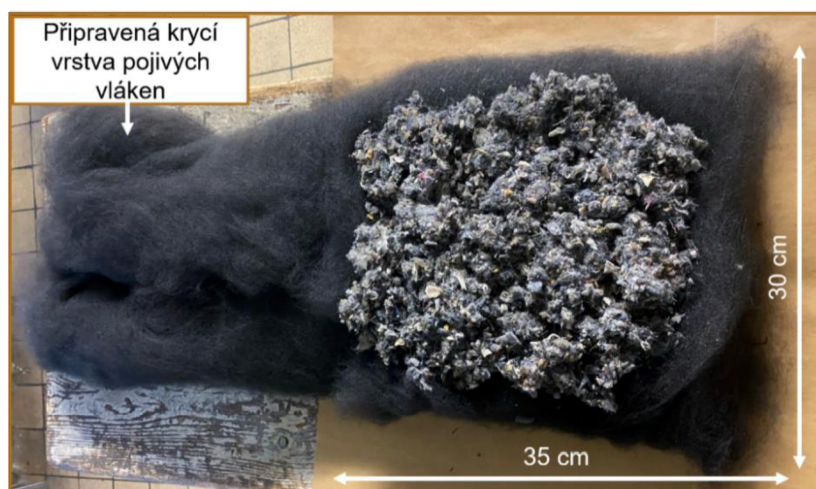
Obrázek 19 Vzorky vyrobeny při první výrobě na Laminačním stroji a Etážovém lisu



Obrázek 20 Ukázka vzorků vyrobených během druhé výroby na Etážovém lisu

Po vyhodnocení první a druhé výroby vzorků bylo rozhodnuto pokračovat se vzorky vyrobenými stejným způsobem jako je vyroben 3. a 4. vzorek během druhé výroby. Vzorky vyrobeny tímto způsobem disponují nejlepší pevností a stabilitou.

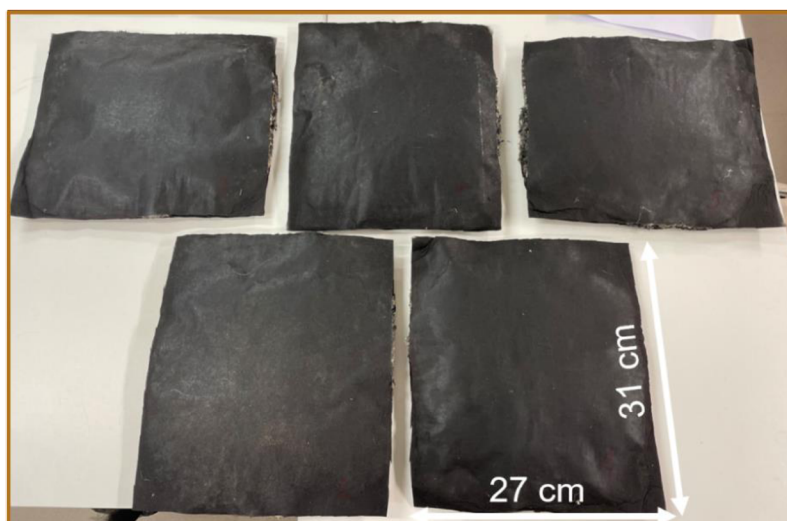
Pro vytvoření výsledných homogenních vzorků bylo přistoupeno k výrobě kompozitu. Byly vytvořeny **tři vrstvy drtě o hmotnosti 70 g**, které byly **prokládány pojivým bikomponentním vláknem**. Každá tato vrstva pojivých vláken má hmotnost přibližně **12,5 g**, každý vzorek obsahuje 4 vrstvy pojivých vláken. Všechny vrstvy byly rovnoměrně mechanicky připraveny. Všechny vzorky byly lisovány na Etážovém lisu, a poté byly vzorky upraveny na společnou velikost v rozměrech **31 x 27 cm**. Během této výroby vzorků bylo vyrobeno **pět vzorků (kompozit)**, na kterých se následně provádělo testování/měření na jejich mechanické vlastnosti, zaplnění, pórovitost, tepelnou odolnost, objemovou hmotnost a stanovení tloušťky. Ukázka těchto vzorků je zobrazena na následujících obrázcích. Na obrázku 21 je vidět pojivé vlákno po úpravě na mykacím stroji a rovnoměrně umístěná drť na vrstvě pojivého vlákna.



Obrázek 21 Ukázka vrstvení vzorků – vrstva pojivých vláken s připravenou vrstvou drtě



Obrázek 22 Ukázka kompozitu vyrobeného na Etážovém lisu před úpravou rozměrů



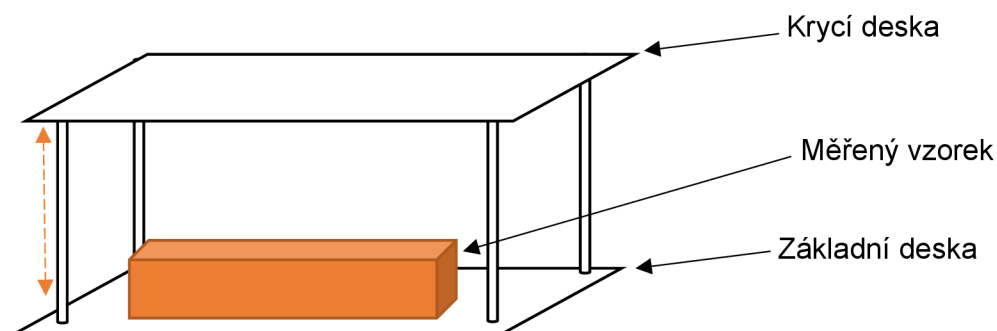
Obrázek 23 Výsledné kompozity vyrobené na Etážovém lisu po úpravě rozměrů

3.1.4 Výsledky

V následujících podkapitolách jsou ukázány získané výsledky z jednotlivých předem stanovených měření z kapitoly 2.3 Zkušební metody. Získané výsledky jsou porovnávány s výsledky Veroniky Prokopové naměřené v její diplomové práci pojednávající o Recyklaci odpadu z čalounění automobilů. Paní Prokopová ve své práci používala odlišný způsob výroby vzorků (desek), místo pojivých vláken byl použit pojivý prášek, kvůli kterému byla použita i jiná metoda výroby desek. Desky vyrobeny paní Prokopovou stejně jako kompozity vyrobeny v rámci této práce jsou cíleny pro výrobu izolačních desek, od tohoto se odvíjí i výběr měřících metod.

3.1.4.1 Stanovení tloušťky

Stanovení tloušťky vzorků bylo prováděno podle zkušební metody popsané v kapitole 2.3.1 Stanovení tloušťky. Vzhledem k objemnosti vzorků, byla zkušební metoda upravena a byl sestaven měřicí přístroj dostatečně velký pro rozměry vzorků, schéma přístroje je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obrázek 24 Schéma vyrobeného tloušťkoměru pro určení tloušťky vzorků

Na obrázku 24 je zobrazeno schéma vyrobeného tloušťkoměru pro určení tloušťky a stlačitelnosti vzorků. Zařízení má základní desku, ke které jsou přidělané čtyři tyče, na které je nasazena krycí deska. Krycí deska je na tyčích nasazena, aby mohla být lehce manipulována směrem nahoru a dolů (jak znázorňuje oranžová šipka ve schématu) pro stlačení vzorku. Vzorek je umístěn uprostřed na základní desce. Po umístění krycí desky na vzorek, bylo umístěno rovnoměrně na krycí desku závaží o dané hmotnosti. Byla měřena vzdálenost mezi základní deskou a krycí deskou podle stlačení vzorku.

Pro měření tloušťky bylo použito závaží o hmotnosti 2 kg a krycí deska o hmotnosti 1,3 kg. Následně se tloušťky kompozitu měřily pomocí stlačování v následujícím pořadí:

1. Počáteční výška s položenou krycí deskou na vzorcích, bez dodatečné hmotnosti.
2. Výška s přidanou hmotností (závažím).
3. Výška s přidanou hmotností po 10 minutách.
4. Výška s odstraněným závažím po 10 minutách.

Měření probíhalo na každém vzorku opakovaně a celkem 4krát a z daných měření se počítal průměr. Výsledná tloušťka vzorků byla stanovena pomocí aritmetického průměru z průměrů jednotlivých měření, který je vyjádřen následujícím vzorcem:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) \quad (8)$$

n ... počet měření

x_i ... jednotlivá měření

V následující tabulce jsou uvedeny výsledné průměry tloušťky vzorků. Detailní výsledky jednotlivých měření jsou zobrazeny v příloze 7 až v příloze 11. K měření tloušťky bylo použito posuvné měřidlo, kterým se stanovilo rozmezí mezi základní a krycí deskou.

Tabulka 4 Průměrné hodnoty tloušťky jednotlivých vzorků

Vzorek	Průměrná hodnota tloušťky [m]
1.	0,029
2.	0,031
3.	0,031
4.	0,031
5.	0,032

3.1.4.2 Stanovení objemové hmotnosti

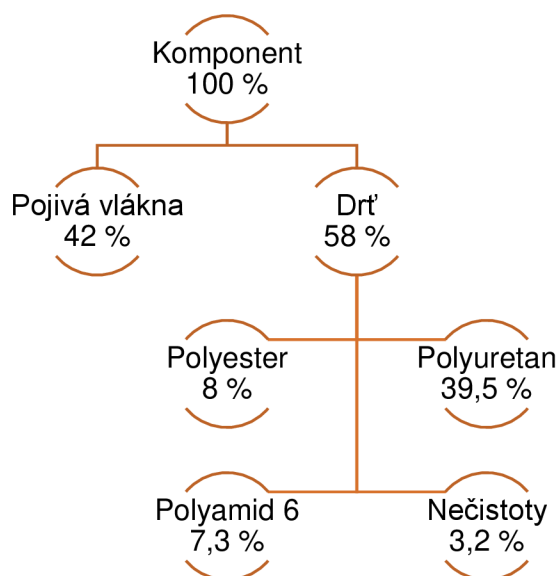
Objemová hmotnost byla stanovena podle vzorce pro výpočet objemové hmotnosti uvedeného v kapitole 2.3.2 Stanovení objemové hmotnosti. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce, kde jsou zobrazeny i průměrné hodnoty objemové hmotnosti pro naměřené hodnoty jednotlivých vzorků:

Tabulka 5 Vypočítané hodnoty objemové hmotnosti

Vzorek	1.	2.	3.	4.	5.	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Hmotnost [kg]	0,247	0,244	0,246	0,238	0,245			
Objem [m ³]	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003			
Objemová hmotnost [kgm ⁻³]	101,223	92,760	94,466	92,527	92,117	94,619	3,398	11,546

3.1.4.3 Stanovení geometrické zaplnění a pórovitosti

Výpočet zaplnění a pórovitosti se opírá o analýzu recyklované drtě, která je uvedena v kapitole 3.1.1 Recyklace a analýza autopotahů. Infračervená analýza drtě a DSC analýza ukázaly, že drť obsahuje převážně polymery polyesteru, polyuretanu a polyamidu 6. Následný rozbor a analýza recyklované drtě ukázaly relativní procentuální zastoupení jednotlivých stanovených materiálů (PES, PUR, PA 6) v drti. Pojivé bikomponentní vlákno je vyrobeno z polyethyltereftalátu (PET). Na základě těchto analýz bylo určeno následující relativní procentuální zastoupení jednotlivých materiálů v jednom vzorku (kompozitu), graficky znázorněno v následujícím obrázku. Každý kompozit obsahuje 120 g použitého materiálu (pojivých vláken a drtě), přesné použití materiálu v kompozitu je uvedeno v popisu výroby vzorků v kapitole 3.1.3 Postup výroby druhotného výrobku.



Obrázek 25 Procentuální rozložení použitého materiálu v komponentu

Předchozí procentuální rozložení použitých materiálů (kompozit) v komponentu značí procentuální podíl materiálových kompozit v_k , u výpočtu objemové hmotnosti vlákenné směsi $\rho_{SMĚS}$. Jako hustotu materiálové komponenty ρ_k jsou použity následující hodnoty převzaty z tabulek. Vzhledem k velké rozmanitosti použité drtě není proveditelné stanovit přesnou hodnotu všech jednotlivých komponentů obsažených v recyklované drti a jsou použity obecné hodnoty. Následující výpočty jsou vypočteny s dostupných analýz a jejich hodnoty mohou být relevantní.

Tabulka 6 Hustota materiálových komponent

Komponent	Hustota materiálové komponenty $\rho_k [kgm^{-3}]$
Polyethylentereftalát	1380
Polyester	1390
Polyuretan	1260
Polyamid 6	1140

Objemová hmotnost vlákenné směsi je vypočtena podle vzorce 1.

$$\rho_{SMĚS} = \frac{1}{100} * ((1380 * 42) + (1390 * 8) + (1260 * 39,5) + (1140 * 7,3)) = 1271 \text{ kgm}^{-3}$$

Zbylých 3,5 % jsou nečistoty a prach, které jsou obsaženy v drti a nejsou do výpočtu zahrnuty.

Objemová měrná hmotnost vlákenného útvaru γ (vzorec 3), geometrické zaplnění μ (vzorec 2) a pórovitost P (vzorec 5) byly vypočítány podle uvedených vzorců a jejich relativní výsledky pro jednotlivé kompozity (vzorky) jsou uvedeny v následující tabulce:

Tabulka 7 Výsledky objemové měrné hmotnosti, zaplnění a pórovitosti pro jednotlivé komponenty

Komponent (vzorek)	$\gamma [kgm^{-3}]$	$\mu [-]$	$P [\%]$
1	123,500	0,097	90
2	81,330	0,064	94
3	82,000	0,064	94
4	79,330	0,062	94
5	81,670	0,064	94

3.1.4.4 Stanovení tepelně izolačních vlastností

Měření měrné tepelné vodivosti probíhalo na přístroji Alambeta, popsaného v kapitole 2.3.4 Měření tepelně izolačních vlastností. Měření probíhalo na všech pěti připravených vzorcích, zobrazeny na obrázku 23. Mezi jednotlivými měřeními byla vždy provedena časová pauza, aby vzorek vychladl (ustálila se jeho teplota na stanovenou teplotu laboratoře) pro další měření. U každého měření se měřila jiná část vzorku, aby byl kompozit proměřen rovnoměrně po celé své ploše. Během měření kompozitu na přístroji Alambeta se měřil a vyhodnocoval tepelný tok, měrná tepelná vodivost a plošný odpor vedení tepla.

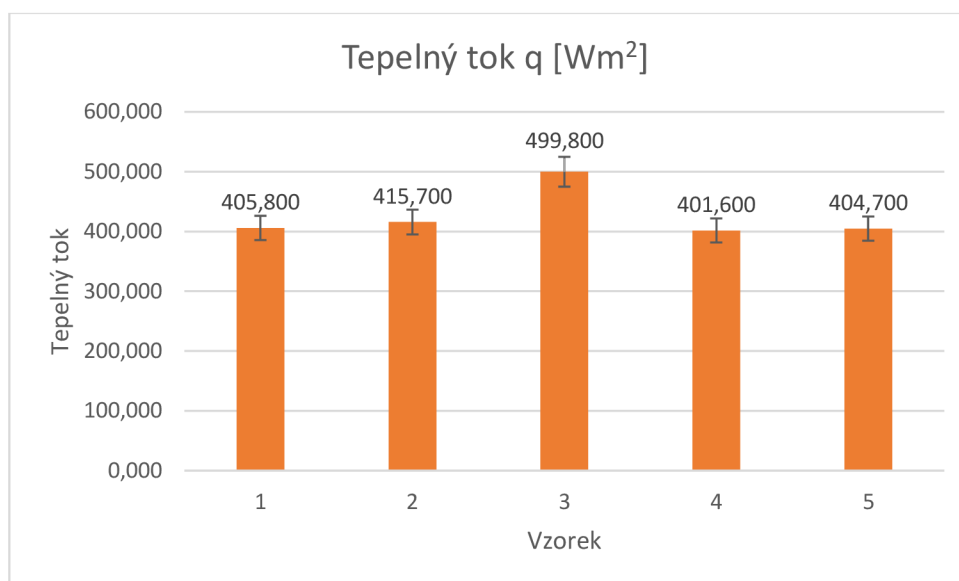
Parametry přístroje: [26]

- rozměry: 200 x 500 x 300 mm
- hmotnost: 15 kg
- příkon: 60 VA
- provozní podmínky:
 - o teplota: 18-23 °C
 - o relativní vlhkost: 10-80 %
- přítlak hlavice: měnitelný v rozsahu 100-1000 Pa, běžný je přítlak 200 Pa
- doba měření: 10-100 sekund
- ovzduší: teplota a vlhkost odpovídá normě ČSN EN 20139 pro klimatizované ovzduší

Testování vzorků: vzorky musí být zbaveny nečistot, přehybů a zvlnění, musí se měnit proměřovaná místa, aby nedocházelo k opětovnému měření zahřátého místa – popřípadě vytvářet časové rozestupy mezi jednotlivým měřením. Připravených pět vzorků bylo 24 hodin před měřením klimatizováno v laboratoři a následně měření probíhalo na 10 různých místech kompozitu. [26]

Následující sloupcové grafy vyhodnocují naměřené hodnoty tepelně izolačních vlastností. Všechny grafy zobrazují na ose x měřené vzorky 1 až 5 a na ose y zobrazují dané naměřené hodnoty z jednotlivých měření (tepelný tok, měrná tepelná vodivost a plošný odpor vedení tepla). Všechny sloupcové grafy obsahují chybové úsečky, které definují rozpětí směrodatných odchylek a povolených chyb. Všechny naměřené hodnoty jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze 12 až v příloze 14, společně s vypočítanou směrodatnou odchylkou, mediánem, variačním koeficientem a 95% Intervalem spolehlivosti.

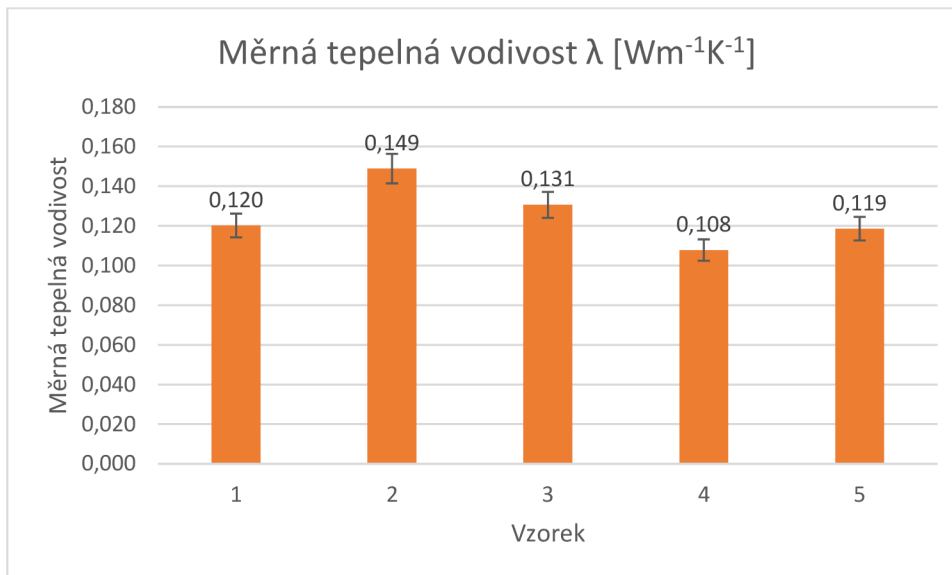
Pomocí **tepelného toku** se určuje šíření tepla z hlavice přístroje o určité teplotě do textilie s počáteční teplotou za jednotku času. Výsledky měření tepelného toku jsou zobrazeny v následujícím grafu. [26]



Graf 1 Výsledné hodnoty tepelného toku

Nejvyšší tepelný tok má vzorek 3 – 499,800 Wm^2 . Vzhledem k rozmanitosti drtě, mohl vzorek číslo 3 obsahovat více polyuretanové pěny než ostatní vzorky, což mohlo zapříčinit vyšší hodnoty v měření. Ostatní vzorky mají tepelný tok v rozmezí od 401,600-415,700 Wm^2 . Kromě odchylky u vzorku 3, který má vyšší výsledné hodnoty měření, byl tepelný tok relativně stabilní u všech vzorků, což ukazuje dobré šíření tepla z hlavice přístroje o určité teplotě do vzorků o počáteční teplotě za danou jednotku času.

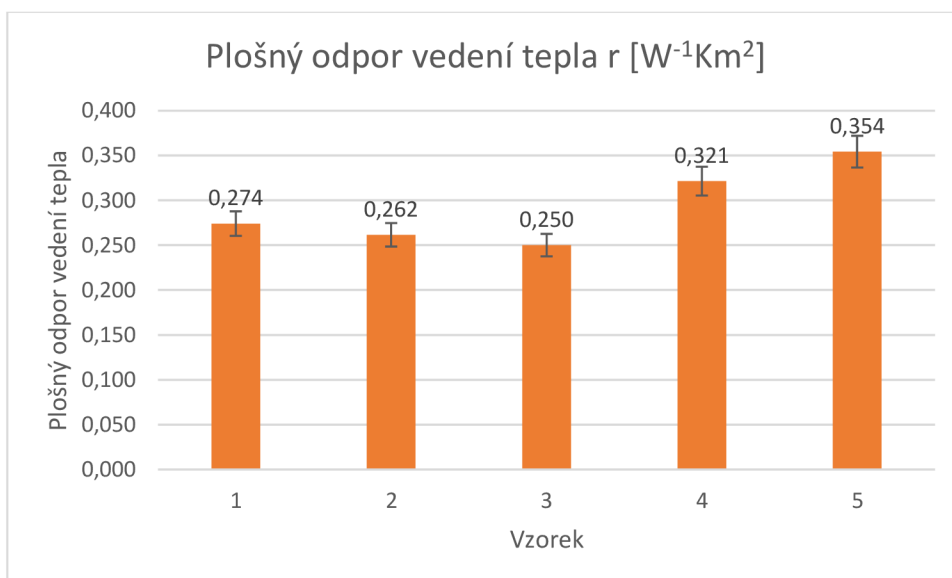
Měrná tepelná vodivost určuje množství tepla protékajícího jednotkou délky za jednotku času a vytváří rozdíl teplot 1 K. Teplotní vodivost klesá s rostoucí teplotou. Pokud má materiál vysokou hodnotu λ je označen jako vodič, v opačném případě se jedná o izolátor. [26] Naměřené hodnoty měrné tepelné vodivosti jsou uvedeny v následujícím grafu.



Graf 2 Výsledné hodnoty měrné tepelné vodivosti

Z hodnot měrné tepelné vodivosti vyplývá, že vzorek číslo 2 má nejvyšší měrnou tepelnou vodivost $0,149 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ a naopak vzorek číslo 4 má nejnižší měrnou tepelnou vodivost $0,108 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Zbylé vzorky 1, 3 a 5 vykazují podobné naměřené hodnoty měrné tepelné vodivosti v rozmezí od $0,108$ - $0,120 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Plošný odpor vedení tepla vyjadřuje odpor kladený materiálem proti průchodu tepla textilií a je určen poměrem měrné tepelné vodivosti a poměrem tloušťky materiálu. Čím vyšší je tepelný odpor, tím nižší je tepelná vodivost. Pokud má materiál nízkou tepelnou vodivost a vysoký tepelný odpor, jedná se o kvalitní tepelný izolant. [26] Naměřené hodnoty plošného odporu vedení tepla jsou uvedeny v následujícím grafu.



Graf 3 Výsledné hodnoty plošného odporu vedení tepla

Vzorky 1 až 3 vykazují plošný odpor vedení tepla v rozsahu od $0,274 \text{ W}^{-1}\text{Km}^2$ do $0,250 \text{ W}^{-1}\text{Km}^2$. U vzorků 4 a 5 jsou pak naměřené hodnoty vyšší $0,321 \text{ W}^{-1}\text{Km}^2$ a $0,354 \text{ W}^{-1}\text{Km}^2$. U vzorků 4 až 5 byla zároveň změřena nižší hodnota tepelné vodivosti ve srovnání se vzorky 1 až 3. Vyšší plošný odpor vzorků 4 a 5 tedy může značit dobré tepelně izolační vlastnosti kompozitu.

3.2 Diskuze

Záměrem diplomové práce je využití autopotahů z vozů s ukončenou životností pro výrobu dalšího možného výrobku nebo produktu v automobilovém průmyslu. V současné době není známé řešení nebo opětovné využití těchto materiálů, proto bylo ve spolupráci s kolegy z GreenRetial (ŠKODA AUTO a.s.) navrženo téma práce se zaměřením na nové udržitelné využití odpadových autopotahů. Diplomová práce se snaží přijít s novým způsobem, jak naložit s tímto druhotným materiálem, aby nekončila jeho životnost jako energetické využití nebo jako výroba tuhých alternativních paliv. Cílem práce tedy byla recyklace odpadových autopotahů vzatých ze skládky a navrhnutí a výroba nového druhotného produktu.

První část experimentální práce se zabývala recyklací, navrhnutím a výrobou nového druhotného výrobku. Během materiálového rozboru drtě z recyklovaného odpadu, bylo vyhodnoceno, že drť obsahuje převážně zbytky polyuretanové pěny a zbytky textilního potahu vyrobeného buď z polymerů polyesteru nebo polyamidu 6. Velké množství polyuretanové pěny v drti a následně ve vyrobeném kompozitu značí vhodné využití vzorků jako tepelného či zvukového izolantu. Pojivá vlákna vybrána pro výrobu kompozitu, také disponují vhodnými izolačními vlastnostmi. Pro ověření těchto vlastností, byly kompozity testovány na přístroji Alambeta, který měří tepelné vlastnosti textilií.

Textilní odpad byl recyklován na recyklační lince pro textil ve firmě Retex a následně pomocí pojivého vlákna byla vytvořena série vzorků (kompozit). Pro výrobu kompozit bylo zvoleno jako pojivo bikomponentní vlákno, nejen kvůli svým dobrým vlastnostem, ale také kvůli své 100% recyklovatelnosti, snadné manipulaci a žádanosti daného pojiva na trhu. Bikomponentní pojivé vlákno je lisováno/pojeno s drtí na Etážovém lisu při 140 °C, materiály obsažené v drti mají teplotu tání vyšší než 200 °C, tudíž nedochází k jejich tavení. Tento jev by mohl být vhodný pro následnou recyklaci kompozitu, čímž by se produkt stal vhodnou recyklovatelnou surovinou, která zůstává v cirkulární ekonomice.

Pokud by bylo žádanější drť lépe spojit s pojivem například pro lepší mechanické vlastnosti, je možné drť mísit s pojivem pomocí metody Airlay. Tento postup nebyl vyzkoušen, jelikož přístroj pro mísení vláken pomocí metody Airlay není dostupný na univerzitě.

Druhá část se zaměřovala na měření a testování vlastností vyrobených vzorků. V následující tabulce jsou shrnuty všechny naměřené vlastnosti výsledných pěti kompozit, které jsou k nalezení v předchozích kapitolách. Hodnoty uvedené pro výpočet zaplnění a pórovitosti jsou relevantní vzhledem k velké materiálové rozmanitosti použité recyklované drtě, dané hodnoty jsou vypočteny na základě výše uvedených analýz recyklovaného materiálu.

Tabulka 8 Shrnutí naměřených a vypočítaných průměrných hodnot

Měření	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5
h [m]	0,029	0,031	0,031	0,031	0,032
m [kg]	0,247	0,244	0,246	0,238	0,245
V_c [m ³]	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003
ρ_v [kgm ⁻³]	101,223	92,760	94,466	92,527	92,117
μ [–]	0,097	0,064	0,064	0,062	0,064
P [%]	90	94	94	94	94
q [Wm ²]	405,800	415,700	499,800	401,600	404,700
λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	0,120	0,149	0,131	0,108	0,119
r [W ⁻¹ Km ²]	0,274	0,262	0,250	0,321	0,354

Tloušťka všech vzorků se ve výsledcích lehce liší, což může mít za příčinu mechanická příprava kompozitu, kde bylo hlavním úkolem správné dodržení hmotnosti a homogenosti všech vrstev. Další vliv na tloušťku kompozitu mohla mít velká různorodost drtě. Podrobné výsledky stanovení tloušťky jsou uvedeny v příloze 1-5, kde je také dopočítána směrodatná odchylka a variační koeficient jednotlivých vzorků. Tyto dvě hodnoty potvrzují lehké kolísání naměřených hodnot, hlavně u kompozitu 1, 3 a 5.

Měrná tepelná vodivost je porovnávána s tepelně izolačními pěnoplastickými materiály a tepelně izolačními vláknitými materiály, hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce. [30]

Tabulka 9 Porovnání měrné tepelné vodivosti s izolačními materiály [30]

Měrná tepelná vodivost λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]					
	1.	2.	3.	4.	5.
Trilaminární kompozit (vzorek)	0,120	0,149	0,131	0,108	0,119
Polystyren pěnový, vypěnovaný	0,051				
Polystyren pěnový, vytlačovaný	0,034				
Formaldehydrát pěnové pryskyřice struktura otevřená	0,037				
PVC pěněné	0,051				
Materiály z minerální plsti	0,056				
Materiály z minerální plsti, lisované	0,095				
Materiály ze skleněné plsti	0,046				

Z předchozí tabulky, kde se porovnávají tepelné vodivosti jednotlivých tepelně izolačních materiálů, lze vyhodnotit, že kompozit má značně vyšší tepelnou vodivost než ostatní izolační materiály. Podle definice měrné tepelné vodivosti a v porovnání s ostatními izolanty se vzorek dá označit spíše jako vodič, jelikož vyšší vodivost materiálu oproti konkurenci značí nižší izolační vlastnosti kompozitu.

Následující tabulka obsahuje porovnání průměrných výsledků tepelné vodivosti kompozit a desek vyrobených v rámci diplomové práce paní Prokopové, dále vzorky uváděny jako „desky“.

Tabulka 10 Porovnání tepelné vodivosti a tepelného odporu s výsledky paní Prokopové [2]

Tepelná vodivost λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]					
Vzorek	1.	2.	3.	4.	5.
Trilaminární kompozit	0,120	0,149	0,131	0,108	0,119
Deska	0,044	0,041	0,041		

Výsledky v porovnání s deskou mají výrazně vyšší tepelnou vodivost, podobně jako u porovnání s tepelně izolačními materiály. Deska se jeví jako vhodný izolant i v porovnání s izolačními materiály v tabulce 7. Deska je vyrobena z drtě a práškového pojiva, což může být důvod lepších tepelných vlastností, než má kompozit. Naopak kompozit se oproti ostatním materiálům uvedených v tabulce 7 a 8 značí lepšími vodivými vlastnostmi.

4 Závěr

Cílem diplomové práce byla recyklace textilního odpadu vzniklého z autopotahů z vozů s ukončenou životností, které jsou v současnosti energeticky využívány nebo končí na skládkách a ze získaného recyklátu následně vytvořit nový druhotný výrobek. Téma práce bylo vymyšleno společně ve spolupráci s kolegy ze společnosti ŠKODA AUTO a.s., konkrétně s kolegy z projektu GreenRetail. Na základě tohoto zadání bylo docíleno recyklace (rozvolnění) odpadního textilního materiálu na takzvanou drť. Recyklace proběhla ve spolupráci s firmou Retex, která se zaměřuje na recyklaci a výrobu textilních výrobků pro automobil.

Na základě materiálové analýzy drtě, kde bylo zjištěno, že drť nejvíce obsahuje zbytků polyuretanové pěny (68 %) a zbytků textilních potahů vyrobených z polyesteru (14 %) a polyamidu 6 (12,5 %). Podíl nečistot v odpadové drti byl 5,5 %. Na základě materiálové analýzy drtě byl navržen produkt, jehož využití by bylo jako tepelný izolantu nebo tvarový díl do dopravních prostředků.

Nový testovaný výrobek, pojmenován jako kompozit, o rozměru 31x27 cm byl vyroben na Etážovém lisu a byl pojen bikomponentními vlákny. U vyrobeného výrobku byly testovány tepelné vlastnosti – měrná tepelná vodivost, měrný tepelný odpor a tepelný tok. Jako další testování se naskýtal i testování zvukové pohltivosti, ale struktura vyrobeného kompozitu však nedovolila připravit testovací vzorek o průměru 100 mm, který je třeba pro měření zvukové pohltivosti. Výsledkem této práce je tedy i doporučení použití pro výrobu druhé série produktu z odpadních autopotahů buď vyšší lisovací tlak než 5 kN/s, nebo drť promísit s pojivým vláknem pomocí metody Airlay, aby došlo k lepšímu propojení komponent.

U vyrobených kompozit byla měřena tepelná vodivost, která byla porovnána s konkurenčními tepelnými izolanty. Výsledkem tohoto porovnání je, že vyrobený kompozit vykazuje vyšší hodnoty tepelné vodivosti než konkurenční izolační materiály. Tato skutečnost značí, že konkurenční materiály mají lepší tepelně izolační vlastnosti než vyrobený kompozit. Za nižšími tepelně-izolačními vlastnostmi stojí materiálově různorodé složený recyklované drtě. Textilní recyklát z autopotahů se tedy jeví vhodnější jako druhotná surovina pro výrobu tvarových dílů do dopravních prostředků.

Seznam použité literatury

- [1] Zákon pro lidi. Zákon č. 541/2020 Sb., zákon o odpadech. [online] © 2021 [vid. 2021-09-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541#cast2>
- [2] PROKOPOVÁ, V. Recyklace odpadu z čalounění automobilů. Liberec, 2006. Diplomová práce. Fakulta textilní Technické univerzity v Liberci. Vedoucí práce: Jakub Wiener.
- [3] KAPOUNOVÁ, K. Odpadové hospodářství v zahraničním obchodě České republiky. Liberec, 2018. Bakalářská práce. Fakulta ekonomická Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: Iva Nedomlelová.
- [4] KANARI, N. a J. L. PINEAU a S. SHALLARI. End-of-Life Vehicle Recycling in European Union. In: Article [online] researchgate.net © 2020 [vid. 2020-04-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/226522156_End-of-life_Vehicle_Recycling_in_the_European_Union
- [5] VASHKEVICH, S. Analýza současného stavu nakládání s textilním odpadem v České republice a identifikace příležitostí uplatnění principů cirkulární ekonomiky v tomto odvětví. Olomouc, 2020. Diplomová práce. Fakulta přírodovědecká Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce: Tomáš Daněk.
- [6] HAWLEY, J. M. Textile recycling: a system perspective. In: www.researchgate.net. [online] © 2021 [vid. 2021-08-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/29867912_Textile_recycling_A_system_perspective
- [7] AMRAL M. C., ZONATTI W. F., SILVA K. L., JUNIOR D. K., NETO J. A., BAUQUE-RAMOS J. Industrial textile recycling and reuse in Brazil: case study and consideration concerning the circular economy. In: <https://www.researchgate.net>. [online] © 2021 [vid. 2021-08-14]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/324544738_Industrial_textile_recycling_and_reuse_in_Brazil_Case_study_and_considerations_concerning_the_circular_economy
- [8] 1981. O nás. [online] © 2021 [vid. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://www.1981.cz/1981/o-nas/>

[9] MIKESKA, M. Recyklace textilního odpadu. Ostrava, 2017. Bakalářská práce. Fakulta hornicko-geologická Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce: Miluše Hlavatá.

[9] Ministerstvo životního prostředí. Seznam zpracovatelů komodit vzniklých při zpracování autovraků. [online] © 2020 [vid. 2021-06-05]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/prehled_zpracovateleu_slozek_autovraky

[10] Wikipedie. Odpad. [online] © 2021 [vid. 2021-07-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Odpad>

[11] Úřední věstník Evropské Unie. Směrnice Evropského parlamentu a rady 2005/64/ES. [online] © 2020 [vid. 2021-06-05]. Dostupné z: http://publications.europa.eu/resource/cellar/dcdf433-7132-4c59-909f-b38e83dec390.0001.03/DOC_1

[12] Zákony pro lidi. Vyhláška č. 8/2021 Sb., Vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů). [online] © 2021 [vid. 2021-06-05]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-8#p3>

[13] JANDUSOVÁ, M. Pravda o recyklaci: Plasty. [online] © 2020 [vid. 2021-07-21]. Dostupné z: <https://www.prumyslovaekologie.cz/info/pravda-o-recyklaci-plasty>

[14] Třídění odpadů CZ. Autovraky. [online] © 2021 [vid. 2021-06-05]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz/jak-se-recykluji-autovraky>

[15] MERKISZ-GURANOWSKA, A. The optimization of vehicles recycling facility location. In: Chapter [online] researchgate.net © 2020 [vid. 2020-04-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/267757988_The_optimization_of_vehicles_recycling_facility_location

[16] Volkswagen. Recyklace vozu s ukončenou životností. [online] © 2021 [vid. 2020-04-10]. Dostupné z: <https://www.volkswagen.cz/servis/recyklace/recyklace-vozu-s-ukoncenou-zivotnosti>

[17] Ministerstvo životního prostředí. Vozidla s ukončenou životností (autovraky). [online] © 2020 [vid. 2021-05-11]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/nova_evidence_odpadu_prirucka_2016/\\$FILE/OODP-strucna_prirucka_evidence_autovraku-20190829.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/nova_evidence_odpadu_prirucka_2016/$FILE/OODP-strucna_prirucka_evidence_autovraku-20190829.pdf)

- [18] InOdpady. Jak skutečně funguje reální recyklace textilního odpadu?. [online] © 2021 [vid. 2021-08-20]. Dostupné z: <https://inodpady.cz/jak-skutecne-funguje-realna-recyklace-textilniho-odpadu/>
- [19] Euro Moulders. End of life. [online] © 2021 [vid. 2021-08-20]. Dostupné z: <https://www.euromoulders.org/sustainability/end-of-life>
- [20] Vysoká škola Chemicko-Technická v Praze. Skripta: Skládání odpadů. [online] © 2001 [vid. 2021-09-08]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/odpady4.htm>
- [21] Energy Globe. Textilní odpad – problém, který nevidíme. [online] © 2021 [vid. 2021-09-10]. Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/textilni-odpad-neviditelny-problem-modniho-prumyslu>
- [22] Retex. Automotiv. [online] © 2021 [vid. 2021-09-10]. Dostupné z: <https://www.retex.cz/automotive/>
- [23] ŠOLTYSOVÁ, V. Textilní a vlákenné materiály používané v automobilovém průmyslu. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Fakulta textilní Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: Ondřej Novák.
- [24] HADINEC, T. Konstrukce zařízení na přípravu pramene. Liberec, 2018. Diplomová práce. Fakulta strojní Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: Josef Skřivánek.
- [25] Laboratoř poloprovozu. Katedra netkaných textilií a nanovlákných materiálů. Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní. [online] © 2021 [vid. 2021-11-28]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/katedry/katedra-netkanych-textilii-a-nanovlakennych-materialu-laboratore/laborator-poloprovozu>
- [26] Interní norma č. 23-304-02/01. Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta. [online] © 2004 [vid. 2021-11-15]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/26451717-Interni-norma-c-01-mereni-tepelnych-vlastnosti-na-pristroji-alambeta.html>
- [27] Harmonized test methods nonwovens and related industries. © 2012 [vid. 2021-11-15]. INDA, Association of the Nonwoven Fabrics Industry, North Carolina, USA.
- [28] Indorama ventures Wellman International LTD. Technical fibres. [online] © 2021 [vid. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.wellmanintl.com/wpcontent/uploads/2018/11/TECHNICAL.pdf>

[29] Layo. Fibers Bicomponent, Expertize in fiber and nonwoven industry. [online] © 2021 [vid. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://www.layo-group.com/en/productshow29.html>

[30] 20 tzbinfo. Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [online] © 2021 [vid. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu#t07>

[31] BEDNÁŘOVÁ, M. Tepelně – komfortní vlastnosti manšestrových tkanin v simulovaných podmínkách jejich nošení. Liberec, 2019. Bakalářská práce. Fakulta textilní Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: Luboš Hes.

[32] BATKOVÁ, H. Hodnocení užitečných vlastností vybraných závěsových tkanin. Liberec, 2014. Bakalářská práce. Fakulta textilní Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: Petr Tumajer.

[33] LEDNICKÝ, M. Vliv konstrukčních parametrů textilie na její pórovitost. Liberec, 2012. Bakalářská práce. Fakulta textilní Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce: Renáta Nemčoková.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Porovnání schématu cirkulární a lineární ekonomiky [3]	15
Obrázek 2 Pyramidový model pro kategorie recyklace textilu – podle množství [6].....	19
Obrázek 3 Plastová drť [2]	26
Obrázek 4 Ukázka velikostí plastových granulátů [2]	26
Obrázek 5 Rozdrcený odpad z autopotahů [2]	26
Obrázek 6 Textilní trhanina [2]	27
Obrázek 7 Zahájení drtiče džínů [6]	28
Obrázek 8 Drtič určený k recyklaci zbytků spřádaných, tkaných, pletených a netkaných textilií [6]	28
Obrázek 9 Vlákno z roztrhaných džínů [6].....	28
Obrázek 10 Schéma průřezu autosedačky [23].....	29
Obrázek 11 Chemická recyklace textilu ze syntetického materiálu [16].....	32
Obrázek 12 Schéma etap procesu mechanické recyklace [16]	35
Obrázek 13 Schéma měřicího přístroje Alambeta [26]	41
Obrázek 14 Drť z odpadového materiálu (autopotahu)	44
Obrázek 15 Infračervená spektrometrie vzorku 1 (polyesteru)	45
Obrázek 16 Metoda DSC pro vzorek 1 (polyester).....	46
Obrázek 17 Vzorek 1 - polyester, vzorek 2 - polyuretan, vzorek 3 - polyuretan, vzorek 4 - polyamid 6	47
Obrázek 18 Válcový mykací stroj v poloprovoze Technické univerzity v Liberci [25]	50
Obrázek 19 Vzorky vyrobeny při první výrobě na Laminačním stroji a Etážovém lisu	52
Obrázek 20 Ukázka vzorků vyrobených během druhé výroby na Etážovém lisu	53
Obrázek 21 Ukázka vrstvení vzorků – vrstva pojivých vláken s připravenou vrstvou drtě	53
Obrázek 22 Ukázka kompozitu vyrobeného na Etážovém lisu před úpravou rozměrů	54
Obrázek 23 Výsledné kompozity vyrobené na Etážovém lisu po úpravě rozměrů.....	54
Obrázek 24 Schéma vyrobeného tloušťkoměru pro určení tloušťky vzorků.....	55
Obrázek 25 Procentuální rozložení použitého materiálu v komponentu	57

Seznam tabulek

Tabulka 1 Seznam zpracovatelů (SZ) textilních odpadů (komodit) vzniklých při zpracování autovraků [9].....	18
Tabulka 2 Hmotnostní a materiálové složení drtě	47
Tabulka 3 Detailnější informace k výrobě vzorků	51
Tabulka 4 Průměrné hodnoty tloušťky jednotlivých vzorků.....	56
Tabulka 5 Vypočítané hodnoty objemové hmotnosti	56
Tabulka 6 Hustota materiálových komponent	58
Tabulka 7 Výsledky objemové měrné hmotnosti, zaplnění a pórovitosti pro jednotlivé komponenty	58
Tabulka 8 Shrnutí naměřených a vypočítaných průměrných hodnot	64
Tabulka 9 Porovnání měrné tepelné vodivosti s izolačními materiály [30].....	65
Tabulka 10 Porovnání tepelné vodivosti a tepelného odporu s výsledky paní Prokopové [2]	65

Seznam grafů

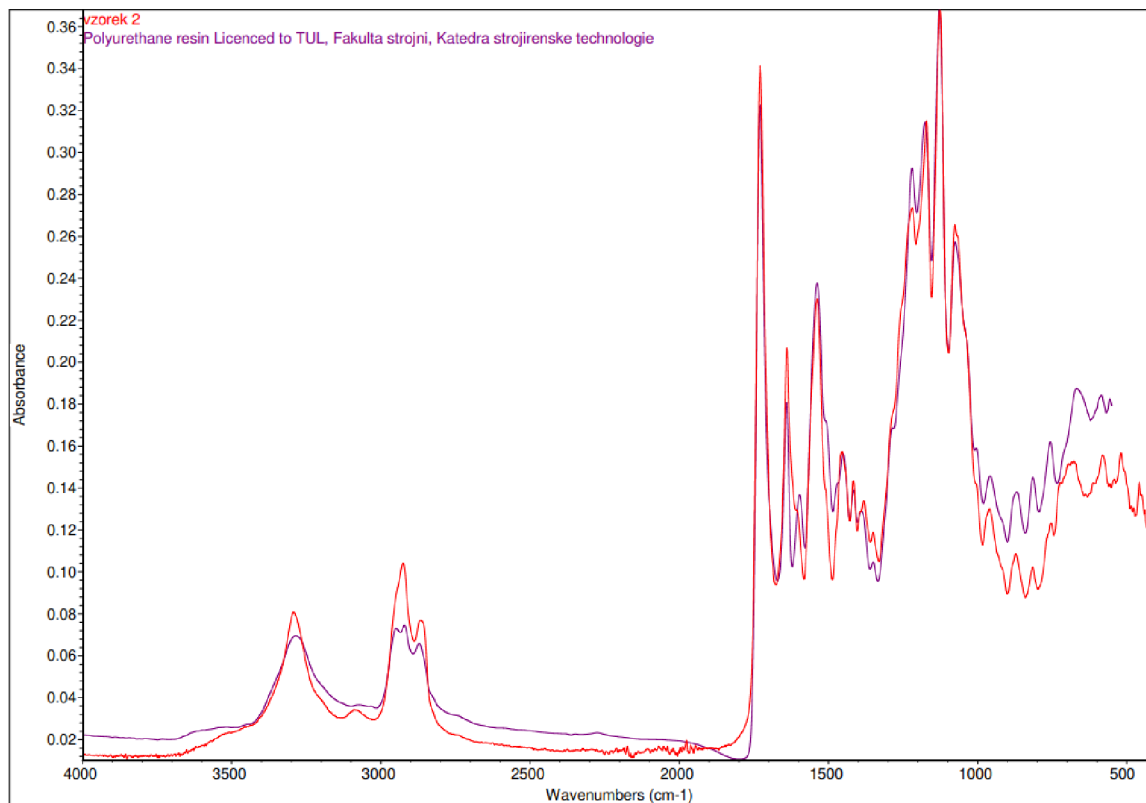
Graf 1 Výsledné hodnoty tepelného toku	60
Graf 2 Výsledné hodnoty měrné tepelné vodivosti	61
Graf 3 Výsledné hodnoty plošného odporu vedení tepla	61

Seznam příloh

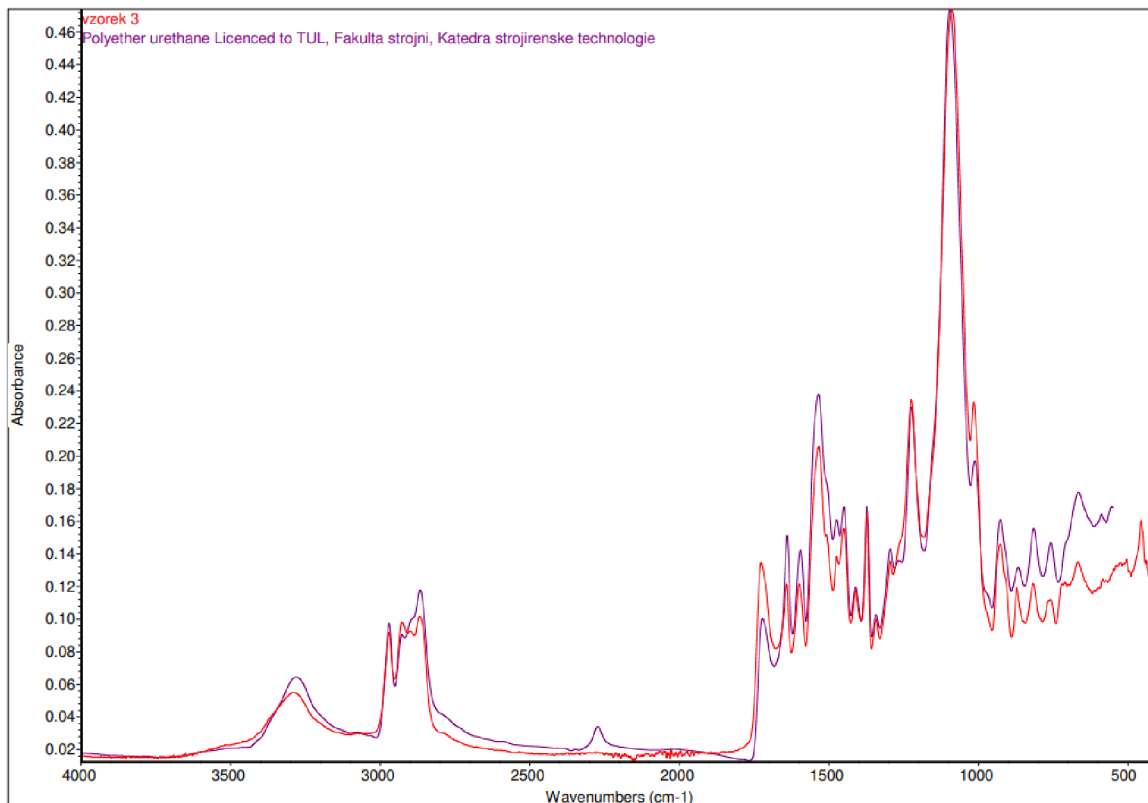
Příloha 1 Infračervená spektrometrie vzorku 2 (polyuretan)	75
Příloha 2 Infračervená spektrometrie vzorku 3 (polyuretan)	76
Příloha 3 Infračervená spektrometrie vzorku 4 (polyamid 6)	76
Příloha 4 Metoda DSC pro vzorek 2 (polyuretan)	77
Příloha 5 Metoda DSC pro vzorek 3 (polyuretan)	77
Příloha 6 Metoda DSC pro vzorek 4 (polyamid 6)	78
Příloha 7 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 1	78
Příloha 8 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 2	79
Příloha 9 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 3	79
Příloha 10 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 4	80
Příloha 11 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 5	80
Příloha 12 Hodnoty tepelného toku naměřené na přístroji Alambeta	81
Příloha 13 Hodnoty měrné tepelné vodivosti naměřené na přístroji Alambeta	81
Příloha 14 Hodnoty plošného odporu vedení tepla naměřené na přístroji Alambeta	82

Přílohy

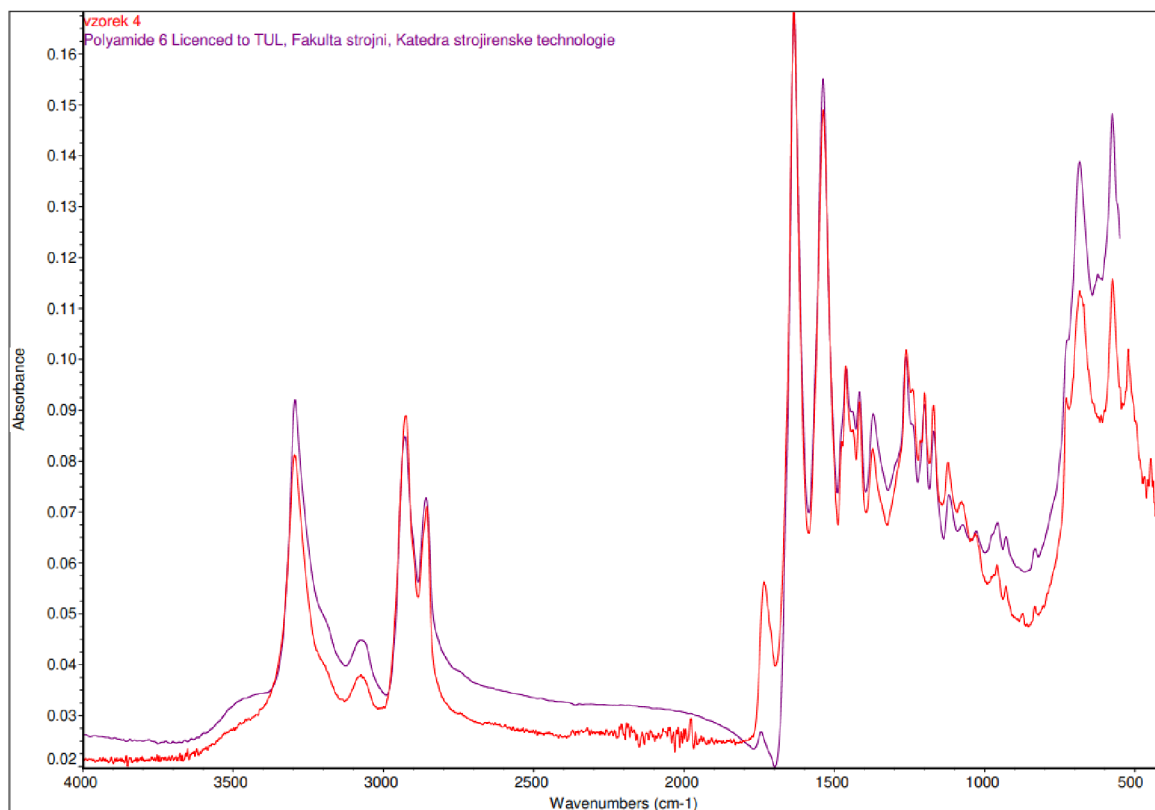
Příloha 1 Infračervená spektrometrie vzorku 2 (polyuretan)



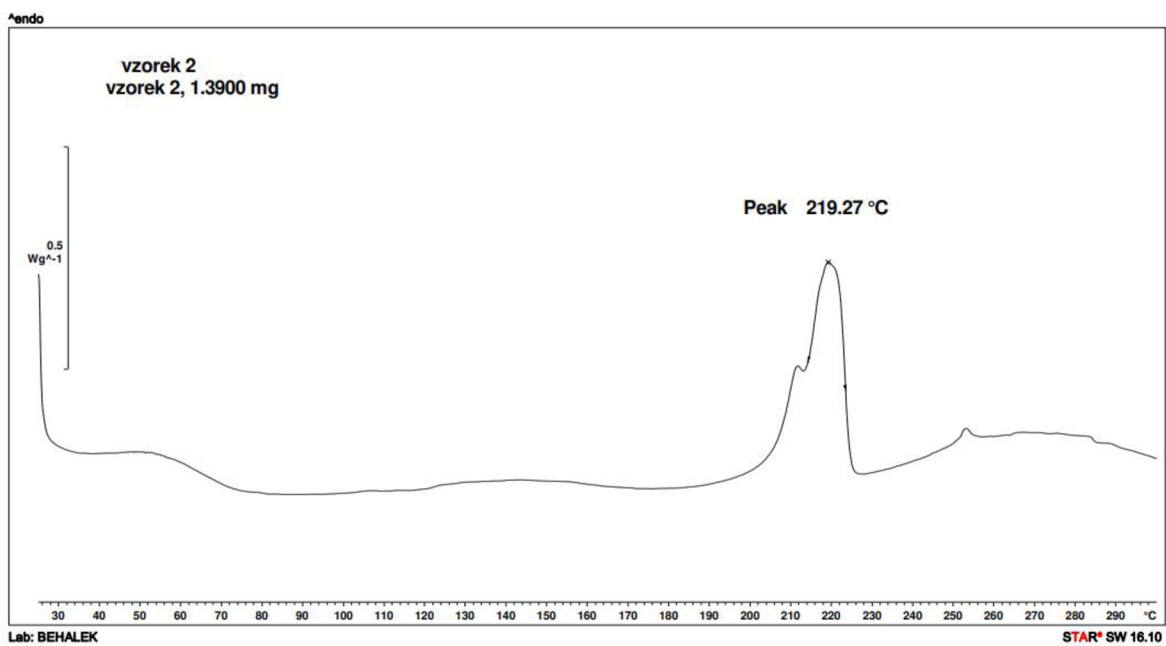
Příloha 2 Infračervená spektrometrie vzorku 3 (polyuretan)



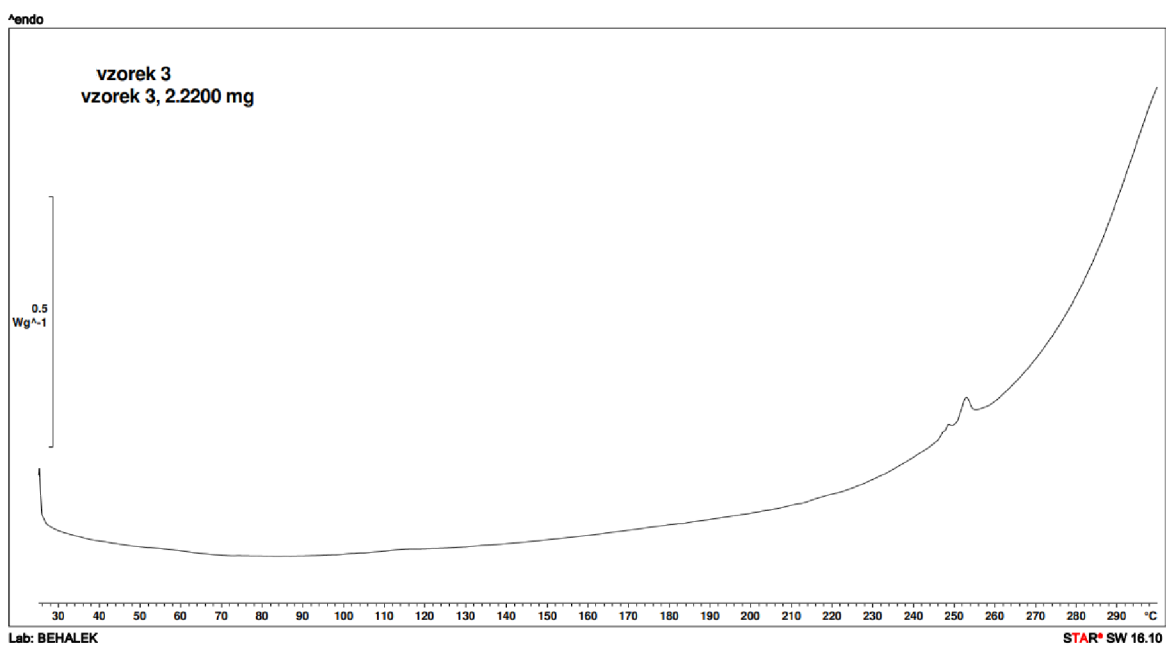
Příloha 3 Infračervená spektrometrie vzorku 4 (polyamid 6)



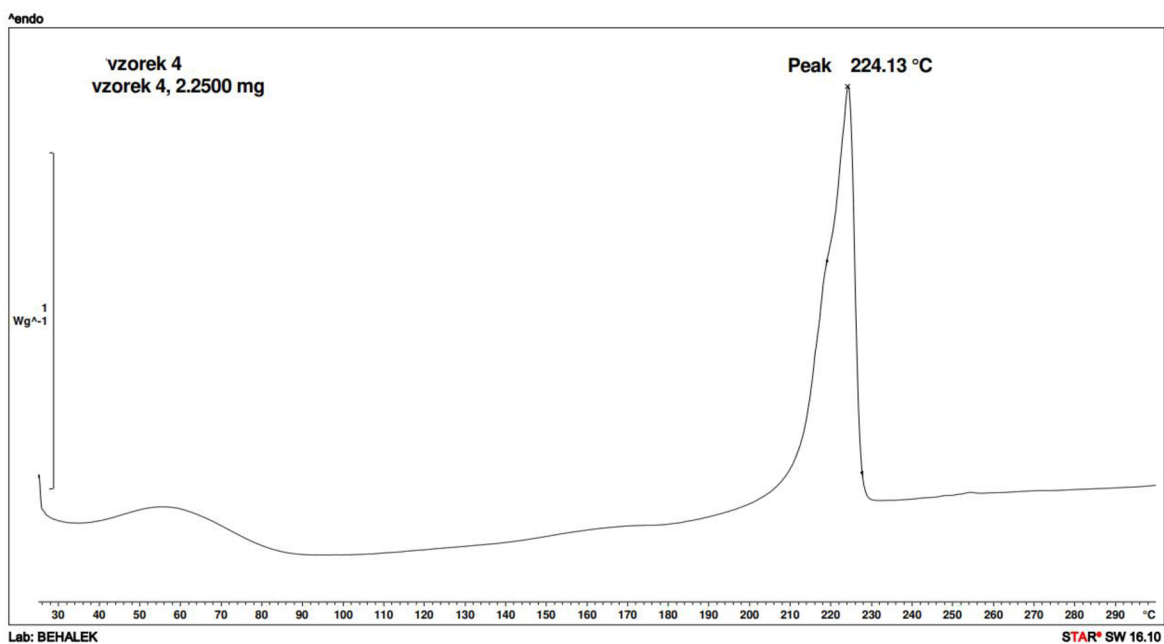
Příloha 4 Metoda DSC pro vzorek 2 (polyuretan)



Příloha 5 Metoda DSC pro vzorek 3 (polyuretan)



Příloha 6 Metoda DSC pro vzorek 4 (polyamid 6)



Příloha 7 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 1

Stanovení tloušťky [m]				
Vzorek č. 1				
Měření	Počáteční výška s krycí deskou na vzorku	Výška s přidanou hmotností	Výška s přidáním závaží po 10 minutách	Výška s odstraněným závaží po 10 minutách
1.	0,030	0,029	0,029	0,030
2.	0,030	0,028	0,027	0,030
3.	0,030	0,030	0,029	0,030
4.	0,030	0,029	0,028	0,030
Průměr	0,030	0,029	0,028	0,030
Průměrná tloušťka vzorku	0,029			
Směrodatná odchylka	0,000	0,001	0,001	0,000
Variační koeficient	0,006	0,029	0,023	0,006

Příloha 8 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 2

Stanovení tloušťky [m]				
Vzorek č. 2				
Měření	Počáteční výška s krycí deskou na vzorku	Výška s přidanou hmotností	Výška s přidaným závažím po 10 minutách	Výška s odstraněným závažím po 10 minutách
1.	0,032	0,031	0,031	0,031
2.	0,032	0,032	0,032	0,032
3.	0,032	0,031	0,031	0,032
4.	0,032	0,031	0,031	0,031
Průměr	0,032	0,031	0,031	0,032
Průměrná tloušťka vzorku	0,031			
Směrodatná odchylka	0,000	0,000	0,000	0,000
Variační koeficient	0,009	0,011	0,011	0,011

Příloha 9 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 3

Stanovení tloušťky [m]				
Vzorek č. 3				
Měření	Počáteční výška s krycí deskou na vzorku	Výška s přidanou hmotností	Výška s přidaným závažím po 10 minutách	Výška s odstraněným závažím po 10 minutách
1.	0,033	0,032	0,031	0,032
2.	0,032	0,030	0,030	0,031
3.	0,033	0,030	0,030	0,032
4.	0,033	0,028	0,028	0,031
Průměr	0,033	0,030	0,030	0,032
Průměrná tloušťka vzorku	0,031			
Směrodatná odchylka	0,000	0,001	0,001	0,001
Variační koeficient	0,015	0,039	0,033	0,021

Příloha 10 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 4

Stanovení tloušťky [m]				
Vzorek č. 4				
Měření	Počáteční výška s krycí deskou na vzorku	Výška s přidanou hmotností	Výška s přidaným závažím po 10 minutách	Výška s odstraněným závažím po 10 minutách
1.	0,034	0,029	0,028	0,031
2.	0,033	0,031	0,030	0,032
3.	0,032	0,031	0,030	0,030
4.	0,032	0,029	0,028	0,032
Průměr	0,033	0,030	0,029	0,031
Průměrná tloušťka vzorku	0,031			
Směrodatná odchylka	0,001	0,001	0,001	0,001
Variační koeficient	0,026	0,034	0,036	0,034

Příloha 11 Naměřené hodnoty pro stanovení tloušťky vzorku č. 5

Stanovení tloušťky [m]				
Vzorek č. 5				
Měření	Počáteční výška s krycí deskou na vzorku	Výška s přidanou hmotností	Výška s přidaným závažím po 10 minutách	Výška s odstraněným závažím po 10 minutách
1.	0,036	0,030	0,028	0,033
2.	0,034	0,030	0,028	0,031
3.	0,031	0,030	0,030	0,031
4.	0,035	0,033	0,033	0,035
Průměr	0,034	0,031	0,030	0,032
Průměrná tloušťka vzorku	0,032			
Směrodatná odchylka	0,002	0,001	0,002	0,002
Variační koeficient	0,053	0,046	0,072	0,047

Příloha 12 Hodnoty tepelného toku naměřené na přístroji Alambeta

Tepelný tok q [Wm^2]					
Měření	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5
1.	453,000	403,000	632,000	490,000	374,000
2.	318,000	421,000	591,000	165,000	280,000
3.	428,000	504,000	449,000	339,000	491,000
4.	408,000	410,000	420,000	434,000	382,000
5.	531,000	355,000	454,000	368,000	504,000
6.	379,000	439,000	460,000	460,000	369,000
7.	417,000	408,000	478,000	359,000	472,000
8.	402,000	402,000	568,000	448,000	501,000
9.	329,000	389,000	513,000	422,000	298,000
10.	393,000	426,000	433,000	531,000	376,000
Průměr	405,800	415,700	499,800	401,600	404,700
Směrodatná odchylka	57,471	36,486	69,417	97,175	78,487
Medián	405,000	409,000	469,000	428,000	379,000
Variační koeficient	3302,960	1331,210	4818,760	9443,040	6160,210
95% Interval spolehlivosti	441,420 370,180	438,314 393,086	542,824 456,776	461,829 341,371	453,346 356,054

Příloha 13 Hodnoty měrné tepelné vodivosti naměřené na přístroji Alambeta

Měrná tepelná vodivost λ [$Wm^{-1}K^{-1}$]					
Měření	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5
1.	0,105	0,109	0,138	0,047	0,055
2.	0,099	0,125	0,119	0,098	0,102
3.	0,139	0,148	0,142	0,120	0,140
4.	0,116	0,126	0,120	0,150	0,119
5.	0,151	0,114	0,144	0,156	0,104
6.	0,126	0,120	0,127	0,099	0,168
7.	0,110	0,311	0,155	0,076	0,110
8.	0,121	0,121	0,121	0,127	0,147
9.	0,100	0,200	0,118	0,111	0,120
10.	0,135	0,115	0,122	0,094	0,121
Průměr	0,120	0,149	0,131	0,108	0,119
Směrodatná odchylka	0,017	0,060	0,012	0,031	0,029
Medián	0,119	0,123	0,125	0,105	0,120
Variační koeficient	0,000	0,004	0,000	0,001	0,001
95% Interval spolehlivosti	0,131 0,110	0,186 0,112	0,138 0,123	0,127 0,088	0,136 0,101

Příloha 14 Hodnoty plošného odporu vedení tepla naměřené na přístroji Alambeta

Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1}Km^2$]					
Měření	Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3	Vzorek 4	Vzorek 5
1.	0,306	0,291	0,245	0,754	0,633
2.	0,316	0,260	0,266	0,331	0,330
3.	0,226	0,222	0,228	0,282	0,250
4.	0,286	0,258	0,276	0,228	0,303
5.	0,213	0,288	0,235	0,213	0,343
6.	0,299	0,270	0,254	0,294	0,350
7.	0,275	0,258	0,251	0,251	0,328
8.	0,300	0,249	0,237	0,312	0,333
9.	0,259	0,259	0,261	0,279	0,298
10.	0,261	0,261	0,248	0,270	0,375
Průměr	0,274	0,262	0,250	0,321	0,354
Směrodatná odchylna	0,033	0,018	0,014	0,148	0,098
Medián	0,281	0,260	0,250	0,281	0,332
Variační koeficient	0,001	0,000	0,000	0,022	0,010
95% Interval spolehlivosti	0,294 0,254	0,273 0,250	0,259 0,241	0,413 0,230	0,415 0,293