



Agromická  
fakulta

Mendelova  
univerzita  
v Brně



**Plastové odpady jejich úprava, zhodnocení  
a odstranění se zaměřením na biologicky rozložitelné  
plasty**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

Mgr. Ing. Magdalena Daria Vaverková, Ph.D.

*Vypracovala:*

Klára Walachová



### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Plastové odpady jejich úprava, zhodnocení a odstranění se zaměřením na biologicky rozložitelné plasty* vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, paní Mgr. Ing. Magdaleně Vaverkové, Ph.D, za její ochotu pomoci, odborné vedení, čas a cenné rady, které mi poskytla během zpracování bakalářské práce. Také bych ráda poděkovala paní Bc. Ing. Daně Adamcové, Ph.D, která obohatila mou bakalářskou práci o cenné poznatky. V neposlední řadě děkuji svým rodičům, nejbližší rodině a přátelům za jejich důvěru, trpělivost a podporu během studia.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce je zaměřena na vývoj a nakládání s plastovými odpady, resp. s biologicky rozložitelnými plasty.

První část se zaměřuje na obecnou charakteristiku plastů a jejich historii. Dále je v práci stručně popsáno rozdělení polymerů a výčet jejich využití. Je zde také uvedena problematika plastových odpadů.

Druhá část práce řeší charakteristiku biologicky rozložitelných plastů. Jsou zde popsány základní pojmy a rozdělení biologicky rozložitelných plastů. Také je zde uvedeno využití a možné způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými plasty.

V poslední části bakalářské práce je připojen pokus, který ověřuje rozklad plastů. Tyto plasty byly označeny jako kompostovatelné, rozložitelné nebo 100% biologicky rozložitelné.

Bakalářská práce je ukončena zhodnocením o možném vlivu na životní prostředí.

**Klíčová slova:** Polymer; Biologicky rozložitelný plast; Životní prostředí; Rozklad.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is focused on development and dealing with plastic waste respective biodegradable plastics.

The first part is focused on the general characterization of the plastics and their history. The thesis also briefly describes polymers division and list of their uses. There are also described plastics waste issue.

The second part of the bachelor thesis deals with the characterization of the biodegradable plastics. There are described the basic terms and distribution of biodegradable plastics. There are also described their utilization and possible ways of dealing with the biodegradable plastics.

In the last part is connected attempt that described the degradation of plastics. This plastics have been identified as compostable, degradable or 100% biodegradable. The bachelor thesis is closed by evaluation about possible effect on the environment.

**Keywords:** Polymer; Biodegradable plastic; Natural environment; Degradation.

## OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 CÍL PRÁCE .....	8
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	9
3.1 Obecná charakteristika plastových odpadů.....	9
3.1.1 Co je plast?.....	9
3.1.2 Historie plastů .....	9
3.1.3 Legislativa související s plastovými odpady .....	10
3.1.4 Polymery, základní rozdělení a stručný popis .....	12
3.1.5 Problematika plastových odpadů .....	16
3.2 Biologicky rozložitelné plasty .....	18
3.2.1 Co je biologicky rozložitelný plast? .....	18
3.2.2 Charakteristika biologicky rozložitelných polymerů.....	19
3.2.3 Druhy biologicky rozložitelných polymerů.....	20
3.3 Právní předpisy a normy týkající se BRP .....	23
3.4 Využití a nakládání s biologicky rozložitelnými plasty.....	24
3.4.1 Využití BRP a jejich aplikace.....	24
3.4.2 Nakládání s biologicky rozložitelnými plasty .....	25
3.4.3 Materiály .....	25
4 MATERIÁL A METODIKA.....	27
4.1 Pokus- uložení vzorků do domácího kompostéru.....	27
4.2 Popis lokality prováděného pokusu .....	27
4.3 Popis vzorků .....	28
4.4 Zhodnocení pokusu.....	29
5 VÝSLEDKY A DISKUSE.....	31
6 ZÁVĚR .....	33
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	35

8 SEZNAM OBRÁZKŮ.....	39
9 SEZNAM ZKRATEK .....	40
10 PŘÍLOHY .....	41

## 1 ÚVOD

Žijeme ve světě, který je přeplněn plasty. Plasty jsou velmi oblíbeným materiálem a v dnešní době jsou stále více využívány. Díky svým vlastnostem jejich produkce roste a jsou nepostradatelným materiálem po celém světě. V případě, že se plastové odpady dostanou do životního prostředí, mohou ho zatěžovat několik desítek let. Ve většině případů, i v České republice, jsou plastové odpady ukládány na skládky odpadů. Až 80 % plastových odpadů se vyskytuje v oceánech a mořích, kde narušují život mořských živočichů, kteří se do plastů mohou zachytit nebo je pozřít. Konvenční plasty mohou obsahovat řadu chemických přísad, které mohou být karcinogenní [2].

V první řadě je potřeba se věnovat předcházení vzniku plastových odpadů a následně správnému nakládání s nimi. Negativní vliv plastových odpadů, na jednotlivé složky životního prostředí, má škodlivý dopad, jak na zdraví lidí, tak i na zdraví zvířat. Z tohoto důvodu se vyrábí materiály, které jsou ekologicky šetrnější a prospěšnější. Na trhu se objevují materiály, jako je například biologicky rozložitelný plast či kompostovatelný plast. Díky svým vlastnostem jsou tyto materiály schopny nahradit klasické plasty a působením mikroorganismů se rozloží v optimálních podmínkách.

I přes všechny klady, které biologicky rozložitelné plasty nabízí, nemáme k dispozici mnoho informací o těchto materiálech. Jejich hodnota je až mnohonásobně vyšší, než je cena klasických plastů. V současné době je na evropském trhu několik výrobců, kteří se snaží prosadit tyto alternativní materiály a šetřit tak neobnovitelné zdroje.



## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem této bakalářské práce je obecná charakteristika plastových odpadů a odpadů z biologicky rozložitelných plastů. Popis legislativního prostředí související s plastovými odpady, základní rozdělení polymerů a dostupnost na trhu s plastovým sortimentem. Dalším cílem je stručně charakterizovat typy a vlastnosti biologicky rozložitelných plastů. Popsat způsob nakládání a využití tohoto biologického materiálu a popsat jeho možný vliv na životní prostředí. V práci je uveden pokus rozložitelnosti vybraných plastů, které byly uloženy do kompostovací zakládky a následné zhodnocení celého pokusu.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Obecná charakteristika plastových odpadů

#### 3.1.1 Co je plast?

Po 2. světové válce prudce vzrostl rozvoj plastů, jakožto levná náhrada tradičních materiálů a v současné době se s tímto materiálem můžeme setkat na každém kroku [3]. Plasty patří mezi jedny z nejmladších konstrukčních materiálů a díky svým vlastnostem jsou velmi oblíbeným a žádaným materiálem na trhu.

#### **Plasty:**

Polymery, které jsou za běžných podmínek tvrdé, často křehké a díky působení vyšších teplot se stávají tvarovatelnými a plastickými [4].

Podstatou plastů jsou makromolekulární látky. Tyto látky se vyrábí z výrobků z ropy, zemního plynu a z výchozích látek jako je uhlí, vápno, vzduch a voda. Plasty mohou být také vyráběné přeměnou přírodních látek, jako guma z přírodního kaučuku nebo celuloid z bavlny. Díky velké flexibilitě a kombinacím přidaných aditiv, je možné ovlivnit výsledné vlastnosti plastů [1].

#### 3.1.2 Historie plastů

První syntetický plast, polyvinylchlorid (PVC), byl připraven H. V. Regnaultem, který také zavedl termín polymer, již v roce 1835. Ačkoliv PVC byl znám již v r. 1835, jeho průmyslová výroba byla zavedena v Německu až v roce 1925. Prvního obchodního využití plastů v r. 1843 dostala gutaperča, což je pryskyřice vytékající po naříznutí kůry z tropických stromů *Palaquium gutta* (Perčovník pravý), která se mění na tvrdou hmotu. Malajsijský lékař Dr. William Montgomerie, sledoval domorodé lidi, jak z ní vyrábějí rukojeti k nožům a bičům [6].

Americkým průkopníkem plastikářského průmyslu byl John W. Hyatt, který objevil novou hmotu celuloid. Celuloid se používal k výrobě kulečnickových koulí, pravítek, k výrobě ozdobných předmětů a hlavně filmů [5].



Obrázek 1 Panenka z celuloidu [7]



Obrázek 2 Celuloido- stříbrné pero [7]

Další zmínka se objevila v roce 1862, kdy se v Londýně konala průmyslová výstava. Angličan, Alexander Parkes, na této výstavě představil novou hmotu, která byla tvrdá jako rohovina, ale ohebná jako kůže. Dílo stvořené ze směsi chloroformu a ricinového oleje se nazývá parkesin. Velkého rozmachu se plasty dočkaly na začátku 20. století, kdy byly vynalezeny nové druhy plastů (PET a PE). Plasty díky své lehkosti, odolnosti, pružnosti a tvárnosti postupně vytlačily běžně používané přírodní materiály. V dnešní době plasty našly uplatnění v domácnostech a především v průmyslovém odvětví [6].

### 3.1.3 Legislativa související s plastovými odpady

Pro plastové odpady jako takové, není vydán jednotný zákon. Řešenou problematikou se zabývá zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů a zákon č. 477/2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů.

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

*„Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje*

*a) pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi při dodržování ochrany životního prostředí, ochrany lidského zdraví a trvale udržitelného rozvoje a při omezování nepříznivých dopadů využívání přírodních zdrojů a zlepšování účinnosti tohoto využívání,*

*b) práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a*

*c) působnost orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství [8].“*

## **Odpad**

*„Je jakákoliv látka nebo předmět, kterých se držitel zbavuje nebo má v úmyslu se zbavit nebo se od něho požaduje, aby se jich zbavil [9].“*

*„Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit [9].“*

*„(2) Ke zbavování se odpadu dochází vždy, kdy osoba předá movitou věc, k využití nebo k odstranění ve smyslu tohoto zákona nebo předá-li ji osobě oprávněné ke sběru nebo výkupu odpadů podle tohoto zákona bez ohledu na to, zda se jedná o bezúplatný nebo úplatný převod. Ke zbavování se odpadu dochází i tehdy, odstraní-li movitou věc osoba sama.*

*(4) Osoba má povinnost zbavit se movité věci, jestliže ji nepoužívá k původnímu účelu a věc ohrožuje životní prostředí nebo byla vyřazena na základě zvláštního právního předpisu [8].“*

### **❖ Zákon č. 477/ 2001 Sb. o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech)**

*„(1) Účelem tohoto zákona je chránit životní prostředí předcházením vzniku odpadů z obalů, a to zejména snižováním hmotnosti, objemu a škodlivosti obalů a chemických látek (dále jen „látky“) v těchto obalech obsažených v souladu s právem Evropské unie. Tento zákon stanoví práva a povinnosti podnikajících právnických a fyzických osob (dále jen „osoba“) a působnost správních úřadů při nakládání s obaly a uvádění obalů a balených výrobků na trh nebo do oběhu, při zpětném odběru a při využití odpadu z obalů a stanoví poplatky a ochranná opatření, opatření k nápravě a pokuty.*

*(2) Tento zákon se vztahuje na nakládání se všemi obaly, které jsou v České republice uváděny na trh nebo do oběhu, s výjimkou kontejnerů užívaných v silniční, železniční nebo letecké dopravě nebo při námořní nebo vnitrozemské plavbě podle mezinárodních smluv, jimiž je Česká republika vázána a které byly vyhlášeny ve Sbírce mezinárodních smluv nebo ve Sbírce zákonů [10].“*

### 3.1.4 Polymery, základní rozdělení a stručný popis

#### Polymer

Látka s velkými molekulami, které obsahují atomy uhlíku, jež tvoří základní skelet a atomy vodíku, kyslíku, dusíku, chlóru a jiných prvků. V určitém stádiu zpracování se polymery nachází v kapalném stavu, který umožňuje udělit budoucí tvar výrobku, který pak slouží v tuhém stavu. Jejich relativní molekulová hmotnost se pohybuje od tisíců až do milionů, proto synonymem k pojmu polymer je pojem makromolekulární látka. Tudiž makromolekuly jsou základní stavební částice polymerů [5]. Polymery mohou být přírodní nebo syntetické povahy.

Význačný rozvoj a užívání polymerů má za následek zvyšující se množství odpadů z polymerních materiálů. Pokud vznikají již při výrobě, označují se jako technologický odpad, průmyslový odpad a uživatelský odpad. Průmyslový odpad se liší od technického tím, že pochází z více technologických operací a obsahuje jeden či více polymerních materiálů [11].

#### Způsoby využití polymerních odpadů:

- a) Tepelná degradace a spalování,  
pyrolýza- zdroj doplňkového paliva,  
hydrolyza- druhotné suroviny pro plastový průmysl,  
spalování- zdroj tepla,
- b) Recyklace a regenerace pryže a kaučuku- vznikají druhotné suroviny, které mají ale zhoršené technické vlastnosti,
- c) Recyklace odpadních plastů [11].

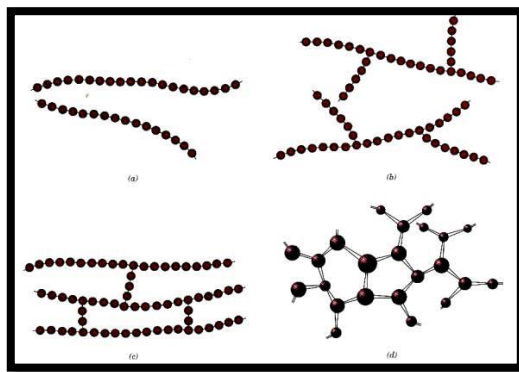
#### Syntetické polymery vznikají třemi základními chemickými reakcemi:

**Polymerace** je řetězová chemická reakce velkého počtu molekul monomeru, což je sloučenina tvořená molekulami, z nichž každá může poskytnout jednu nebo více konstitučních jednotek [12], při níž vznikají dlouhé makromolekuly polymeru, nevytvářejí se vedlejší produkty a chemické složení polymeru je stejné jako složení monomeru [5].

**Polykondenzace** je chemická reakce, kdy z nízkomolekulárních látek vzniká makromolekulární látka a jako vedlejší produkt jiná nízkomolekulární látka, nejčastěji voda [12].

**Polyadice** je chemická reakce, kdy z nízkomolekulárních látek vzniká makromolekulární látka stejného chemického složení, jaké měla výchozí směs.

Vlastnosti polymerů závisejí na jejich fázovém stavu (krystalický, sklovitý), molekulové hmotnosti a chemickém složení. Makromolekulární řetězce mohou být lineární, rozvětvené nebo síťované, jak ukazuje obrázek č. 3 [5].



*Obrázek 3 Znárodnění makromolekul lineárního, rozvětveného, zkříženého a sesíťovaného polymeru [13]*

Polymery jsou chemické látky, které díky svým obrovským molekulám se vyznačují rozmanitou škálou vlastností. Polymery se dělí na elastomery a plasty:

#### **Dělení polymerů:**

- a) Elastomery
  - Kaučuky
- b) Plasty
  - Termoplasty
  - Reaktoplasty

#### **Elastomery**

Elastické polymery, které lze malou silou deformovat bez porušení, přičemž tato deformace je převážně nevratná. Dominantní skupinou jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryže [4]. Látky tvořené především z kaučuku pomocí chemického nebo fyzikálního síťování. Elastomery většinou není možné tepelně tvarovat, ale jsou schopny velkých deformací, aniž by se porušily [5].

## Plasty

Skupina plastů zahrnuje termoplasty a reaktoplasty.

- **Termoplasty** jsou amorfní nebo částečně krystalické polymery s lineárními, případně s rozvětvenými makromolekulami. Charakteristickou vlastností termoplastů je, že se nedají opakovaně tepelně tvarovat. Mezi nejznámější termoplasty patří PE, PP, PVC, PS, PA, o nichž se dozvíme níže v práci [12].
- **Reaktoplasty** jsou polymery s lineárními nebo větvenými makromolekulami, které mohou obsahovat i slabě sesíťované struktury. Účinkem tepla se plasty vytvrzují a tento děj je nevratný, to znamená, že reaktoplasty je možné tepelně tvarovat jen jednou. Mezi nejznámější reaktoplasty patří fenolformaldehydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice [12].

### Základní přírodní polymery:

Přírodní polymery patří mezi první makromolekulární látky, které našly technické uplatnění již v minulosti. Řadíme sem přírodní kaučuk, gutaperče, některé deriváty celulózy a jiné látky [5].

**Přírodní kaučuk**- Kaučuk najdeme v některých rostlinách, ve formě mlékovité šťávy, kterou známe především pod pojmem Latex. Největší zastoupení kaučuku je ve stromě *Hevea brasiliensis*, který je pěstovaný na plantážích [5].

**Celulóza**- Přírodní polymer obsažený především v bavlně a dřevu.

### Základní syntetické polymery:

Syntetické polymery se v přírodě nevyskytují, vznikají činností člověka.

#### TERMOPLASTY

**Polyethylen (PE)** Patří mezi nejznámější užívané plasty, především v domácnostech a průmyslu. PE je nejrozšířenějším materiálem na celém světě. Vyznačuje se výbornými mechanickými vlastnostmi, je chemicky odolný a odolný vůči vysokým teplotám [5].

Slouží jako materiál pro rozvod vody a zemního plynu. Rozlišujeme dva základní typy polyethylenu:

**HDPE:** Typ o vysoké hustotě, je lineární. Vyrábí se z něj potravinářské obaly, víčka od nápojů nebo potrubní systémy.

**LDPE:** Typ o nízké hustotě, je rozvětvený. Nejčastěji ve formě fólií a je známý také pod pojmem mikroten [5].

**Polypropylen (PP)** Pružný plast používaný pro výrobu obalů, textilních umělých vláken a potrubních rozvodů. Mechanicky a chemicky odolný především proti tepelné deformaci a korozi.

**Polyvinylchlorid (PVC)** Nejznámější představitel skupiny vinylových polymerů. Společně s PE a PP jsou nejvíce vyráběným syntetickým plastem. Výhodou jsou levné pořizovací náklady, odolnost vůči neoxidujícím kyselinám a zásadám [5].

Používá se na výrobu instalátérských trubek, v izolacích elektrických vodičů, na výrobu gramofonových desek a potravinářských obalů. Můžeme ho znát pod obchodními názvy jako Novodur, Durofol a Fatraftol [18].

**Polystyren (PS)** Jeden z nejstarších syntetických polymerů, známý již od roku 1839, ale na průmyslovou realizaci si musel počkat celé století. Vyznačuje se tvrdostí, ale i křehkostí, propouští viditelné světlo z 90 %. Jeho teplotní hranice použitelnosti je 75 °C. Vyrábí se z něj kelímky, misky, podnosy, dětské hračky, ozdobné předměty a fólie. Pěnový polystyren je používán především ve stavebnictví, jako tepelná a zvuková izolace [5].

**Polyamidy (PA)** Lineární polymery charakteristické hlavním polymerním řetězcem, v němž se střídají dvě skupiny. Obchodní název je silon, nylon, kevlar nebo triax. Slouží pro výrobu textilního materiálu, plastových konstrukcí, ložisek, kladek a drobného spotřebního zboží [5,12].

**Polyurethany (PUR)** Patří do skupiny polyesteramidů, které jsou z chemického hlediska kombinací polyesterů a polyamidů [5]. Slouží k výrobě lepidel, nátěrových hmot, montážní pěny i k výrobě pneumatik.

**Polyethylentereftalát (PET)** Nejvýznamnější termoplast, který je znám především k výrobě PET lahví na nápoje. Velmi oblíbený materiál, který je dobře recyklovatelný. Nevýhodou je, že časem ztrácí svoji čírost a tím i svou hodnotu, při zahřátí klesá jeho molární hmotnost, tím se materiál rozkládá a není možné z něj opět vyrábět lahve [18].

## REAKTOPLASTY

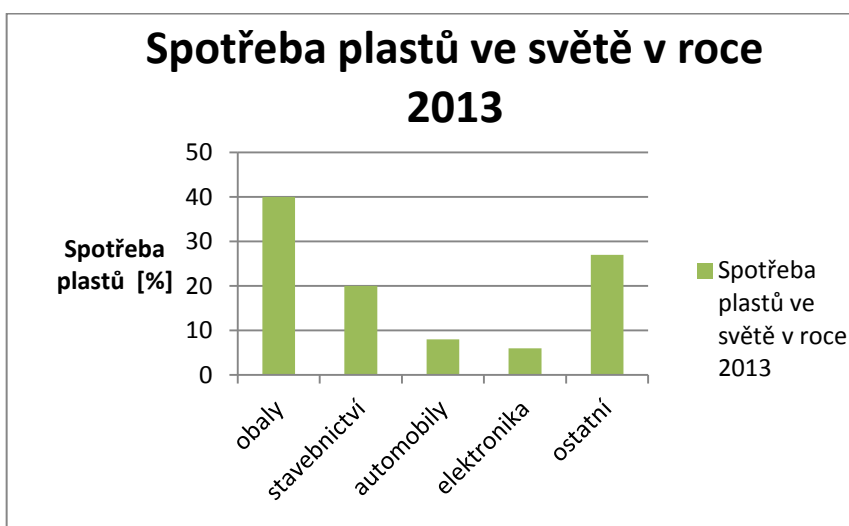
Do této skupiny řadíme fenoplasty, aminoplasty, epoxidové pryskyřice a jiné. Reaktoplasty zahřátím přecházejí do nerozpustného a netavitelného stavu. Za zvýšené teploty jsou plastické nebo tekuté a při vyšším ohřevu nevratně ztuhnou. Slouží k výrobě lisovacích hmot, vrstvených materiálů, lepidel a nátěrových hmot [5].



### 3.1.5 Problematika plastových odpadů

Každý z nás je v běžném životě obklopen plasty. Tento materiál je velmi odolný, lehký, inertní, pružný, odolávající vodě i slunci a dalším okolním vlivům [16]. Každý občan, podle průzkumu, vyprodukuje ročně kolem 30 kg plastového odpadu a z toho 80 % tvoří obalový plast [18].

Plastové odpady jsou při volném skládkování téměř nezničitelné. Látky, které jsou využívány pro výrobu a zpracování plastů jsou často z hygienicko-toxikologického hlediska toxické a mohou tak ohrozit lidské zdraví. Různé plasty ve směsi jsou problémové, případně vůbec nezpracovatelné. Při spalování se produkují exhaláty, které obsahují velké množství chlorovodíku [14].



Obrázek 4 Spotřeba plastů pro obaly, stavebnictví, automobily, elektroniku a ostatní v roce 2013 [15]

Největší podíl ve výrobě plastů zastupuje Čína (20 %), Evropa je druhým největším výrobcem (až 20 %). Dnešní svět je těžko představitelný bez plastů, jež nám usnadňují a zpohodlňují život. Předpokládá se, že výroba plastů ve světě stoupne v r. 2020 na 400 milionů tun a v r. 2050 to bude více než 700 milionů tun [17].

Základní surovinou pro výrobu plastů je ropa. Ropa je typický neobnovitelný zdroj, který musíme chránit. Cílem, v odpadovém hospodářství, je maximální využití nebo opětovné použití plastového výrobku a pak až následná recyklace [16]. Nejvhodnějším využitím plastů je mechanická či surovinová recyklace plastových

odpadů nebo energetické využití. Velký podíl odpadních plastů se vyskytuje v průmyslových odpadech (57 %) a v komunálních odpadech (17 %) [17].

Plasty jsou odolné a uložení na skládku není řešení. Plastové odpady mohou na skládce ležet desítky let. Může se změnit jejich vzhled, kvůli působení okolních vlivů, ale jejich chemická podstata zůstává stejná a nezměněná [16]. Každoročně končí na skládkách téměř 38 % odpadního plastu, což je 10 milionů tun plastů o hodnotě 8 miliard EUR. Česká republika je na úrovni skládkování 50 %, což se má v budoucnosti změnit [17].

Kvůli velkému množství odpadů je uloženo v mořích a oceánech ročně kolem 10 milionů tun především plastového odpadu. Odpadní plasty, kvůli svému složení a odolným vlastnostem, jsou velikou hrozbou pro mořské živočichy a ptáky, jak ukazuje obrázek č. 5.



*Obrázek 5 Plastové odpady  
v žaludku buřňáka ledního [19]*

V roce 2014 vydala Evropská Komise Zelenou knihu- Evropská strategie pro řešení problematiky plastových odpadů v životním prostředí. Tato kniha se zabývá řešením problematiky odpadového hospodářství plastů. Obsahuje množství odborných údajů, statistik, grafů a návrhů na zlepšení situace ve světě [17].

Plastové odpady, je nutno ukládat do žlutých kontejnerů tak, aby nebyly znečištěné a nebylo do nich přimícháno nic, co by mohlo ohrozit jejich recyklaci. Na každém kontejneru je nálepka, která značí, jaké plasty správně patří do nádoby.

## **3.2 Biologicky rozložitelné plasty**

Tato kapitola je věnována biologicky rozložitelným plastům, které také známe pod cizím názvem biodegradabilní plasty (BDP). Tyto plasty jsou vyráběny z přírodních materiálů a šetří tak neobnovitelné zdroje. Jsou alternativou výroby plastových materiálů a šetrnější k životnímu prostředí (ŽP).

### **3.2.1 Co je biologicky rozložitelný plast?**

Biologicky rozložitelné plasty (BRP) jsou přírodní plasty, které jsou vyráběny z přírodních zdrojů. Díky svým vlastnostem je možné tyto plasty zkompostovat a vzniklý substrát použít jako účinné organické hnojivo. Tímto způsobem se snižuje množství skleníkových plynů, energie a především se šetří neobnovitelné zdroje [20]. BRP lze rozložit působením mikroorganismů na vodu, oxid uhličitý a další biolátky.

Často se setkáváme s chybnými termíny, týkající se biologicky rozložitelných materiálů. Proto je nutné se nejdříve seznámit s jednotlivými pojmy:

#### **Degradabilní plast**

Plast, který podléhá rozkladu za příznivých podmínek (teplota, vlhkost, pH). Do této skupiny patří biologicky rozložitelné a kompostovatelné plasty. Tyto plasty podléhají biologickému rozkladu působením mikroorganismů (bakterie, houby, řasy). Řadíme sem také plasty, které nejsou označeny jako BRP nebo kompostovatelné plasty, ale známe je pod označením rozložitelné plasty. Tyto plasty se rozloží působením chemických a fyzikálních vlivů, často na malé fragmenty [21].

#### **Kompostovatelný plast**

Plast, který se v prostředí kompostu, působením mikroorganismů rozloží, obvykle do 90 dnů a vznikne voda (H<sub>2</sub>O), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), anorganické látky a biomasa. Kompostovatelné plasty patří do skupiny biodegradovatelných plastů [22].

#### **Bioplast**

Plast, vyrobený ze směsi fosilních paliv (ropa) a produktů vyrobených z přírodních obnovitelných zdrojů (škrob, PCL) [22]. Bioplasty jsou plasty rostlinného původu (např. kukuřice, brambory, sója, tabák, cukrová třtina) v kombinaci s dalšími přírodními materiály (např. celulóza, lignit). Výroba bioplastů je energeticky nenáročná [23].

## **Biodegradace**

Biologický rozklad polymerů, který vzniká působením živých organismů. Rozklad je ovlivněn především teplotou, světlem, živinami, pH, vlhkostí, přítomností kyslíku a mikroorganismů [24].

## **Kompostování**

*„Biologický proces, při kterém využíváme schopnosti mikroorganismů a bezobratlých živočichů transformovat organické látky tj. rozkládat je, mineralizovat a humifikovat. Při kompostování napodobujeme přeměny organických látek v přírodě; urychlujeme je a regulujeme je tím, že vytváříme pro činnost mikroorganismů a bezobratlých optimální podmínky. Výsledným produktem procesu je kompost. Záměrem kompostování organických odpadů je: zmenšení objemu a hmotnosti organických odpadů a to podporou mineralizace lehce rozložitelných látek, snížení počtů patogenních mikroorganismů, parazitů, škůdců a semen plevelů v kompostovaném materiálu a výroba kvalitního organického hnojiva, tj. kompostu [25].“*

Biologicky rozložitelné polymery dělíme na kompletně biologicky rozložitelné a částečně biologicky rozložitelné polymery. Kompletně rozložitelné plasty jsou vyrobeny z přírodních surovin, jako je škrob. Častěji se však setkáváme s částečně rozložitelnými polymery, které se skládají z kompletně rozložitelného polymeru a syntetického polymeru. Nedojde k úplnému rozložení plastu, ale ke snížení jeho objemu. Oproti kompletně biologicky rozložitelným polymerům mají lepší vlastnosti a nižší pořizovací cenu [26].

### **3.2.2 Charakteristika biologicky rozložitelných polymerů**

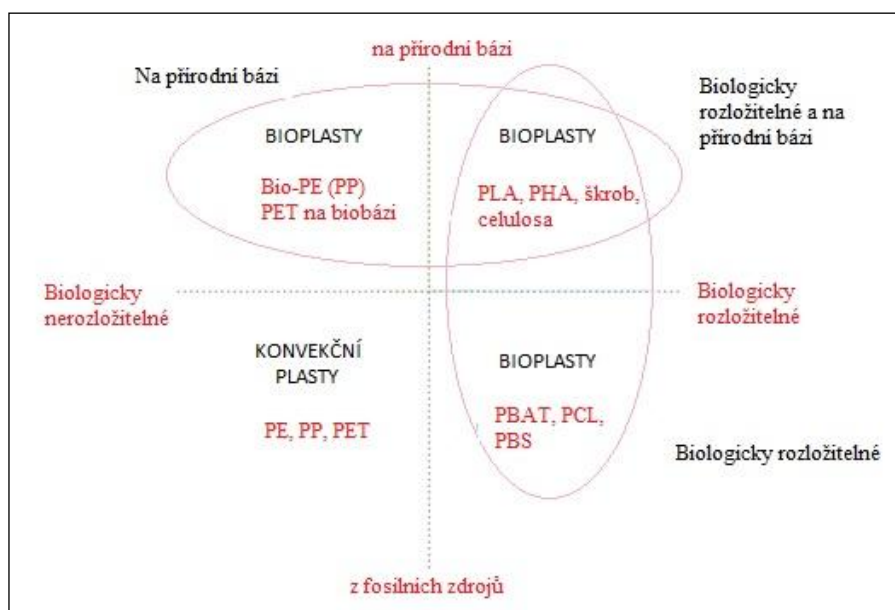
Biologicky rozložitelné plasty, jsou takové polymery, u kterých dochází k biologickému rozkladu přirozeným působením mikroorganismů za stanovených podmínek (teplota, vlhkost, pH). Poprvé se tyto materiály zavedly již v roce 1980, kdy byly vyráběny z polyolefinu (např. PE) smíchaného spolu se škrobem nebo jinými organickými látkami. BRP se mohou rozkládat nejen v kompostech, ale také půdách nebo odpadních vodách v aerobních i anaerobních podmínkách [22]. Spotřeba biologicky rozložitelných plastů každý rok stoupá zhruba o 50 %. Nejznámějšími a nejvíce používanými BRP jsou v dnešní době biologicky rozložitelné obaly (tašky, igelitky, sáčky). I přes environmentální výhody, které tyto plasty nabízejí, se stále nemohou vyrovnat

konkurenci nabízených syntetických plastů a to především kvůli vysoké pořizovací ceně [27].

### 3.2.3 Druhy biologicky rozložitelných polymerů

Podle původu rozdělujeme biologicky rozložitelné plasty do tří skupin:

- Na bázi obnovitelných zdrojů (škrob, celulóza, bílkoviny, sacharidy, lipidy).
- Na bázi petrochemických zdrojů (ropa, zemní plyn).
- Kombinované [21].



Obrázek 6 Rozdělení materiálu [28]

**Biologicky rozložitelné plasty vyráběné z obnovitelných zdrojů:**

#### KYSELINA POLYMLÉČNÁ (PLA)

PLA je polyester, který je vyrobený z obnovitelných zdrojů. Má výborné fyzikální i mechanické vlastnosti a v přírodě je nejvíce vyskytující se kyselinou. PLA kyselina, díky svým vlastnostem, může nahradit termoplasty, s nimiž je srovnatelná [21]. Polymer kyseliny mléčné vzniká polykondenzací. Vyrábí se nejčastěji z rostlin, které produkují škrob. Může být vyrobena anaerobní fermentací (např. z glukózy) nebo působením mikroorganismů (bakterie, houby) ze škrobu, jak již bylo zmíněno [29].

PLA polymer vyniká svojí pevností, elasticitou a tuhostí. Výrobky z PLA je možné kompostovat pouze průmyslově v optimálních podmínkách. Během rozkladu vzniká voda, oxid uhličitý a zbytky biomasy a proces rozkladu trvá zhruba 6 týdnů. Největší využití PLA dosáhla jako obalový materiál, kde nahrazuje běžně používaný PET. Ovšem PET lahve jsou více vyráběny, než lahve z PLA, jelikož PLA lahve jsou méně teplotně stabilní, mohou prasknout a mají horší bariérové vlastnosti [21]. Největší zastoupení PLA je v potravinářském průmyslu, kde slouží jako obalový materiál především pro výrobky s krátkou životností. Vyrábí se z ní kelímky, tácky, lahve, obaly, příbory a jiné [30].

### **POLYHYDROXYALKANOÁTY (PHA)**

PHA jsou alifatické polyestery, které se vyskytují v cytoplazmě buněk a slouží jako mikrobiální zásoba energie a uhlíku [29]. Mnoho bakterií syntetizuje PHA, jako například *Escherichia coli* nebo *Protomonas extorquens*. Polyhydroxyalkanoáty mohou být vyráběny z obnovitelných zdrojů (škrob, celulóza), z fosilních zdrojů (černé uhlí, metan), z vedlejších produktů (melasa) a v buňkách bakterií, proto se také nazývají bakteriálními polyestery [22]. PHA se vyskytuje nejčastěji v obalovém průmyslu, jako potravinové fólie, na balení spotřebičů a elektroniku. Dále se uplatňují při výrobě sluchátek a reproduktorů [22, 31].

### **ŠKROB (TPS- termoplastický škrob)**

Škrob je polysacharid, který je složený z amylázy a amylopektinu. Je zásobní látkou rostlin a konečným produktem fotosyntézy. Vyskytuje se převážně v hlízách, obilovinách a luštěninách [22]. Škrob je dobře odbouratelný materiál a v přírodě se snadno rozkládá. Jde o termoplastický materiál a díky nízkým nákladům na výrobu je velmi oblíbený. Až 80 % plastů je odvozeno od škrobu [29].

Využití TPS v zemědělství, např. mulčovací fólie, které se rozloží v kontaktu s mikroorganismy. Dále se používá na výrobu nákupních tašek, pytlů na odpadky a jiných předmětů (např. kelímky, podnosy, příbory, obaly) [22, 32].

## **CELULÓZA**

Celulóza je základní stavební látkou buněčné stěny vyšších rostlin. Je nejvíce se vyskytující organickou látkou na Zemi. Je nerozpustná ve vodě a nestavitelná a proto se z ní vyrábějí především estery celulózy, aby mohla být dále zpracována. Vyskytuje se převážně v bavlně, jutě, dřevu, cukrové třtině a v obilovinách. Využití celulózy je především v potravinářství, lékařství, zemědělství a jiných odvětvích [22].

## **CHITIN A CHITOSAN**

Základní polysacharidy, které se po celulóze nejvíce vyskytují na Zemi. Chitin se vyskytuje v exoskeletu hmyzu, krabů, krevet a jiných korýšů. Získávají se především při zpracovatelském průmyslu, jako odpad z mořských plodů. Chitin je hydrofobní a nerozpustný ve vodě a rozpouštědlech. Chitosan se osvědčil v biomedicíně (obvazy), při čištění odpadních vod a v potravinářství [22].

## **BÍLKOVINY (Proteiny)**

Bílkoviny patří mezi biopolymery a jsou podstatou všech živých organismů. Rozdělujeme je do dvou skupin podle původu. Bílkoviny rostlinného původu (brambory, sója, hrách) a bílkoviny živočišného původu (kolagen, keratin, kasein). Aby mohly vzniknout BRP je potřeba k bílkovinám přidat některé plastifikátory a změkčovadla [22].

## **BRP z petrochemických zdrojů (ropa, zemní plyn):**

### **POLYKAPROLAKTON (PCL)**

PCL je biologicky rozložitelný a netoxický materiál, lineární polyester. Zhruba při 60 °C dochází k jeho tání a aplikuje se v řízených procesech. Jeho využití najdeme převážně v biomedicíně (např. obvazy, ortopedické odlitky), dále na výrobu pesticidů a hnojiv, biologicky rozložitelných lahví a bio filmu [22].

## **POLYURETANY (PU)**

Polyuretany jsou plasty, vyrobené z petrochemických surovin a olejových složek. Vyskytují se ve formě lepidel, nátěrových hmot a tmelů [29]. Polyuretany jsou používány jako biomateriály v medicíně (šrouby, cévy), které se v lidském těle přirozeně rozloží na látky, které tělo jednoduše vyloučí [22].

## **POLYESTERAMIDY (PEA)**

PEA jsou termoplastické polymery, které mají dobré mechanické vlastnosti a jsou biologicky rozložitelné, pokud se upraví jejich aromatické uhlovodíky. Používají se na výrobu květináčů, tašek, dekorativních předmětů a jiných ozdobných předmětů [22].

### **3.3 Právní předpisy a normy týkající se BRP**

Zákon č. 477/2001 Sb., o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech)

*„Obal nebo obalový prostředek, který je prohlášen za organicky využitelný musí laboratorní zkouškou dle ČSN EN 13432 prokázat, že je biologicky odbouratelný (biodegradabilní), a že splňuje kritéria přílohy A (normativní). Jsou-li však obaly nebo obalové prostředky složené z různých součástí nebo složek, z nichž některé nejsou kompostovatelné, je celý obal nekompostovatelný [33].“*

*„Biologicky rozložitelné obaly musí být takové povahy, aby byly schopné se podrobit fyzikálnímu, chemickému nebo biologickému rozkladu, umožňujícím, aby se převážná část vzniklého kompostu nakonec rozložila na oxid uhličitý, biomasu a vodu [34].“*

#### **Normy vydané pro ČR, týkající se biologicky rozložitelných plastů a plastových obalů:**

Česká technická norma ČSN EN 13432 Obaly - Požadavky na obaly využitelné ke kompostování a biodegradaci - Zkušební schéma a kritéria hodnocení pro konečné přijetí obalu [35].

Česká technická norma ČSN EN ISO 20200 Plasty - Stanovení stupně rozkladu plastů za simulovaných podmínek kompostování v laboratorním měřítku [35].



Česká technická norma ČSN EN 14045 Obaly - Hodnocení rozpadu obalových materiálů pomocí prakticky zaměřených zkoušek při definovaných podmínkách kompostování [35].

### **3.4 Využití a nakládání s biologicky rozložitelnými plasty**

Biologicky rozložitelné plasty se za optimálních podmínek rozloží zcela nebo na menší části. Využití těchto materiálů, které jsou šetrnější k životnímu prostředí, je rozšířené a stále se vyvíjející. V následující části je popsáno možné využití biologicky rozložitelných plastů a nakládání s nimi.

#### **3.4.1 Využití BRP a jejich aplikace**

Biologicky rozložitelné plasty jsou méně dostupné na trhu než syntetické plasty. Jsou sice šetrnější k ŽP, ale jejich nevýhodou je až dvakrát vyšší cena než u obyčejných plastů. I přesto jejich uplatnění nacházíme v mnoha odvětvích.

##### **Potravinářství**

Potravinový průmysl je jedním z nejdůležitějších odvětví, kde biologicky rozložitelné plasty slouží především jako obalový materiál pro ochranu potravin. Díky svým vlastnostem (pružnost, odolnost, propustnost plynů) splňují tyto plasty podmínky, které zachovávají potraviny v bezpečí. Některé obaly mohou být zkompostovány společně s výrobkem, který překročil dobu trvanlivosti [36].

Např.: Potravinové fólie, tácky a podnosy na jídlo, papírové tašky.

##### **Zemědělství**

BRP jsou v zemědělství velice oblíbeným materiálem, jelikož představují lepší a šetrnější ochranu plodin. Např. plastové mulčovací fólie, mohou být zahrabány do půdy, kde se rozloží [37].

Např.: Mulčovací fólie, kompostovací pytle a sáčky, pokrývky plodin, květináče.

## **Lékařství**

V lékařství bylo objevení biologicky rozložitelných materiálů velkým přínosem, neboť se v těle přirozeně vstřebají a nejsou škodlivé a toxické lidskému tělu. Používají se v tkáňovém inženýrství, biomedicíně (aplikace léků) nebo bionanotechnologii [38].

Např.: Vstřebatelné švy, umělé vazy a šlachy, cévní protézy, prsní implantáty, nitrooční čočky.

## **Ostatní využití**

BRP lze energeticky využívat, stejně jako ostatní komerční plasty [39].

Např.: Pleny, čalounění, pouzdra, ochranné kryty, šroubky, oblečení, deky, dekorativní předměty a jiné výrobky.

### **3.4.2 Nakládání s biologicky rozložitelnými plasty**

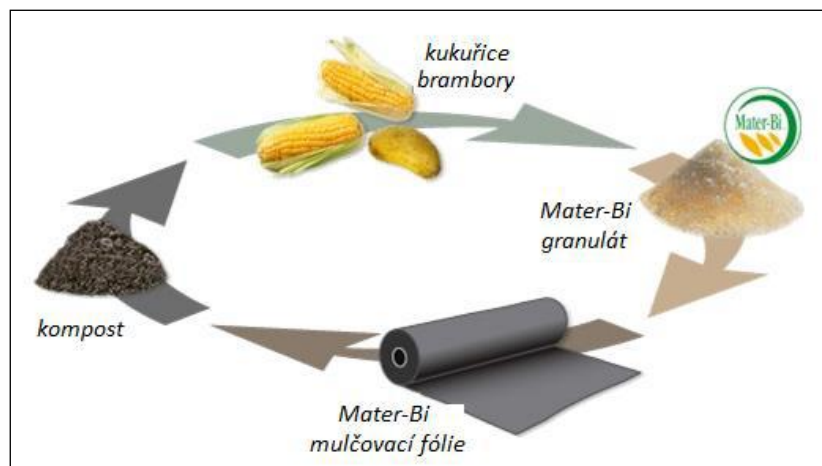
Plasty, které jsou certifikované jako kompostovatelné, bývají v kompostovacích zařízeních vytríděny a nemohou se tak dostat do kompostovacího procesu. Biologicky rozložitelné plasty se totiž od běžných plastů opticky neliší a jsou považovány za nežádoucí příměsi. U certifikovaného výrobku (např. kompostovatelný) dochází k jeho rozkladu v průběhu dvanácti týdnů a déle. Většina BRP, i ostatních plastů, jsou součástí komunálního odpadu, který je později ukládán na skládku, kde se může rozkládat i několik měsíců a podílí se na tvorbě skládkového plynu. Privátní kompostování bioplastů není vhodné, jelikož malé množství kompostu nemůže zajistit optimální podmínky pro rozklad [40].

### **3.4.3 Materiály**

#### **MATER-BI<sup>®</sup>**

Mater-Bi je směsný bioplast, který je vyrobený ze škrobu (až 95 %) a syntetických polymerů, které jsou biologicky rozložitelné. Tyto syntetické polymery jsou vyrobeny z neobnovitelných zdrojů. Výrobcem je italská firma Novamont a je jedním z nejznámějších bioplastů na trhu. Nevýhodou tohoto materiálu je jeho vysoká cena. Cena je až 8krát vyšší v porovnání s klasickými plasty [41].

Použití: Nákupní tašky, příbory, nádobí, pěnová ochrana při přepravě, mulčovací fólie, toaletní a hygienické potřeby, kancelářské potřeby, obaly a jiné [42].



Obrázek 7 Výrobní postup materiálu Mater-Bi  
[43, upraveno podle 51]

### **ECOFLEX<sup>®</sup> a ECOVIO<sup>®</sup>**

Materiály vyrobené z ropy, které jsou certifikované, jako biologicky rozložitelné. Oba plasty vyrábí firma Bast Ludwigshafen [44].

Použití: Nákupní tašky, obalový materiál, fólie.

### **OXO-ROZLOŽITELNÝ PLAST d<sub>2</sub>w**

Materiály vyráběné z polyetyleny (PE) s přidavkem aditiva d<sub>2</sub>w, které vyrábí firma Symphony Environmental. Do tohoto plastu bývají přimíchána aditiva, která způsobí rozložitelnost plastu. Rychlost rozkladu je závislá na množství přidaného aditiva, tím pádem může rozklad trvat od dvou měsíců do šesti let. Oxo-rozložitelné plasty jsou rozloženy prostřednictvím oxidace a během biologického rozkladu je plast mineralizován především na oxid uhličitý a vodu. Použití tohoto materiálu najdeme především v obchodních sítích, jako nákupní tašky [45, 49].

## **4 MATERIÁL A METODIKA**

### **4.1 Pokus- uložení vzorků do domácího kompostéru**

V této části práce je popsán pokus, který byl proveden pro ověření rozkladu vzorků v podmínkách domácího kompostování. Bylo sledováno pět vzorků, které byly označeny jako rozložitelné, 100% biologicky rozložitelné a kompostovatelné, které byly uloženy do vlastnoručně vyrobeného kompostéru na tři měsíce. Hlavním cílem pokusu bylo zjistit možný rozklad vybraných plastových vzorků v neřízených a nekontrolovaných podmínkách.

### **4.2 Popis lokality prováděného pokusu**

Lokalita prováděného pokusu spadá do Olomouckého kraje, konkrétně do městečka Plumlova. Jeho nadmořská výška sahá do 308 m. n. m. Pokus byl proveden v chatové oblasti, která je klidná a nedošlo k žádnému znečištění nebo ohrožení.

Kompostér je umístěný u lesa, cca 2 metry od dřevěného plotu. Přímé slunce na něj svítí jen 3 hodiny denně, jelikož je z části umístěný pod hustými stromy. Domácí kompostér, o rozměrech 80×70×70 cm, byl založen už dříve a rozkladné procesy v něm probíhaly zhruba dva a půl roku. Kompost bývá pravidelně přehazován a překopáván (alespoň dvakrát do měsíce), jedná se o otevřené kompostování. Kompost se skládal převážně z posečené trávy ze zahrady (30 %), zbytků bioodpadu z kuchyně (10 %), hnoje (15 %), dřevní drti (5 %) a rostlinných zbytků (40 %).

Pokus byl založen 1. května 2014 a trval tři měsíce, konkrétně v měsících květen, červen a červenec. Průměrná teplota a srážky během těchto měsíců ukazuje tabulka č. 1. Vzorky nebyly do kompostovací zakládky vloženy celé, ale pouze jejich část, 20 x 20 cm. Pět vzorků bylo rovnoměrně rozmístěno do vyhloubených děr a zahrnuto patnácti centimetrovou vrstvou kompostu.

Tabulka č. 1: Průměrné teploty a srážky během třech měsíců

[50, upraveno podle 51]

Rok 2014	Květen	Červen	Červenec
Teplota [°C]	12,1	15,6	19,2
Srážky [mm]	111	57	85

### 4.3 Popis vzorků

Hodnotilo se pět plastových vzorků (obr. 8), které jsou označeny jako rozložitelné, kompostovatelné či 100% biologicky rozložitelné. Tři z těchto vzorků jsou certifikované (vzorky č. 2, 4, 5) a další dva označeny jako rozložitelné (vzorky č. 1 a 3). Vzorky jsou dostupné na trhu Evropské unie.



Obrázek 8 Plastové vzorky [51]

**Vzorek 1-** Vzorek, který je označený jako 100% rozložitelný. Díky přidaným aditivům, dojde k rozkladu a zůstane jen voda, oxid uhličitý a biomasa [46].

**Vzorek 2-** Vzorek, který je označený jako kompostovatelný do 90 dnů. Suroviny jsou ze zemědělské produkce, jako škrob a polykaprolakton. Materiál je paropropustný, což snižuje hmotnost odpadu a případný zápach. Certifikované značkou OK Compost a jsou vyrobeny v ČR [47].

**Vzorek 3-** Vzorek pocházející z Polska, označený jako 100% rozložitelný.

**Vzorek 4-** Vzorek, který je vyrobený z čistě přírodních rostlinných surovin, jako je pšeničný cukr, kukuřičný cukr, pšeničná celulóza a bramborový škrob. V kompostovací základce se rozloží do 150 dnů [48].

**Vzorek 5-** Vzorek, který je označený jako kompostovatelný, vyrobený ze škrobu.

*Tabulka č. 2: Složení plastových vzorků [38, upraveno podle 51]*

Vzorek	Popis	Typ
1.	epi – 100% odbouratelné	HDPE
2.	OK Compost	Škrob a PCL
3.	Degradovatelný plast – d2w	N/A
4.	Kompostovatelné ( 7P0073)	Přírodní suroviny
5.	Kompostovatelné ( 7P0147)	Škrob

#### 4.4 Zhodnocení pokusu

Po třech měsících byly vzorky vyjmuty a zkontrolovány. Pouze u vzorku 2 a 5 došlo k pozorovatelné změně a částečnému rozkladu. U vzorku 2, který je vyrobený ze škrobu a PCL, došlo k částečnému rozkladu a k oddělení menších fragmentů, jak je vidět na obrázku č. 9.



*Obrázek 9 Rozklad vzorku č. 2 [51]*

U vzorku 5 (vyrobený ze škrobu), byla pozorována pouze změna barvy, jiné změny vzorek nedosáhl (obr. č. 10).



Obrázek 10 Změna barvy vzorku č. 5 [51]

Vzorky 1, 3 a 4, které byly vyjmuty z kompostu, nedosáhly viditelné změny ani částečného rozkladu. Všechny tři vzorky si zachovaly svůj původní vzhled (obr. 11).



Obrázek 11 Vzorky, které se nerozložily [51]

K úplnému rozkladu biologicky rozložitelných plastů jsou zapotřebí optimální podmínky (např. pH, teplota, vlhkost), které jsou možné v řízených kompostárnách.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

V roce 2011 proběhl podobný výzkum v Centrální kompostárně Brno a. s., kde bylo sledováno 8 vzorků. Tyto vzorky byly označeny jako kompostovatelné, 100% biologicky rozložitelné či rozložitelné. Jednotlivé vzorky byly uloženy do kompostovací zakládky na 15 týdnů. Vzorky č. 1, 2, 3, 4 a 5 byly ve výzkumu stejné a další tři navíc. Po třech měsících autoři zjistili, že došlo k úplnému nebo k částečnému rozkladu vzorků [26]. Pouze vzorek z HDPE se nerozložil (vzorek č. 1), stejně jako při domácím kompostování.

Další výzkum proběhl v roce 2012 se stejnými vzorky. Pokus probíhal na hranicích Vysočiny a Jihomoravského kraje (JMK), v obci Borač. Vzorky byly uloženy do domácího kompostéru po dobu tří měsíců (září, říjen, listopad). Po uplynutí 12ti týdnů se rozložil vzorek č. 5, který je dle výrobce vyrobený ze škrobu [38].

Dle autora se zkoumané vzorky nerozložily kvůli prostředí, ve kterém byly uloženy po dobu 12ti týdnů. Domácí kompostéry často nenabízí vhodné podmínky pro rozklad, jako průmyslové kompostárny. Příčinou může být nepříznivá teplota, vlhkost či jiný ovlivňující faktor rozkladu.

*„Nejrychleji rozklad probíhá v průmyslové kompostárně, kde jsou ideální podmínky. Je zde velké množství rozkládající se organické hmoty, dostatek kyslíku i optimální vlhkost. Vlivem aktivního rozkladu vzniká i vyšší teplota, která rozklad jen podporuje. V tomto prostředí je také nejvyšší koncentrace rozkladných organismů, proto je zde celý dekompoziční proces nejefektivnější. V kompostárně je celý substrát také často přehazován, což značně celý rozklad urychluje. Moderní kompostárny disponují nejrůznějšími technologiemi, které rozkladné procesy urychlují. Mohou to být například ventilátory, které zajišťují lepší provzdušnění, nebo různé drtiče, které zmenšují jednotlivé části, čímž jejich rozklad také výrazně urychlí. Doba rozkladu, která se v souvislosti s výrobkem uvádí, se většinou odvíjí od doby rozkladu v průmyslové kompostárně [48].“*

Některé bioplasty se mohou rozložit i v půdě, kde ovšem rozklad trvá déle než v kompostu. Patří k nim například mulčovací fólie, které se používají v zemědělství proti růstu plevelu a na konci vegetačního období se zaorají. Rozkladný proces závisí na druhu a typu půdy, na obsahu humusových složek, na vegetaci a množství srážek. Bioplasty se také mohou rozložit ve venkovním prostředí, kde ale nejsou optimální



podmínky. Sluneční paprsky narušují strukturu výrobků a dochází k rozpadu na menší částičky, které se pak daleko snadněji rozloží [48].

## 6 ZÁVĚR

Plast se pro nás stal každodenním materiálem a člověk by si život bez něj dokázal jen těžko představit. Používáme ho jako obalový materiál na balení potravin, na výrobu kanalizačních součástí a potrubních soustav, v zemědělství, jako mulčovací fólie a na výrobu jiných potřebných předmětů. Plasty mají velmi dobré mechanické vlastnosti a v přírodě jsou odolné proti rozkladu. Biologicky rozložitelné plasty vznikly jako vhodná alternativa, protože jsou šetrnější k životnímu prostředí. K tomu, aby byl rozklad účinný a úplný, je zapotřebí dosáhnout ideálních podmínek pro rozklad, jako například vhodné mikroorganismy, vlhkost, teplota nebo složení kompostu. Biologicky rozložitelné plasty mohou být vyráběny z biomateriálů (škrob, celulóza), z ropy, jako klasické plasty nebo kombinací těchto zdrojů. Výraznou předností tohoto materiálu je menší zátěž pro životní prostředí. Po skončení jejich životnosti nekontaminují prostředí, ale dojde k jejich rozkladu na oxid uhličitý, vodu a biomasu a tím vrací živiny do půdy. Biologicky rozložitelné plasty se stávají součástí běžného života. Výrobní cena těchto přírodních plastů je až čtyřikrát vyšší než u klasických plastů. Tržní cena ropy neustále stoupá, ale výroba klasických plastů není nijak ohrožena. Využití biologicky rozložitelných plastů je vhodné především v potravinářském průmyslu, kde se nejčastěji setkáváme s nádobím, které je vyrobené ze škrobu. Například u rychlého občerstvení by bylo vhodné nahradit nerozložitelné odpady těmi rozložitelnými. Velkého úspěchu se tyto materiály dočkaly v oblasti lékařství. Díky přirozenému rozpadu, se začaly vyrábět například šrouby z kyseliny polylactonové (PLA), rozložitelné chirurgické sponky, stehy, které se samovolně vstřebají nebo umělé vazy a šlachy.

Nakládání s biologicky rozložitelnými plastovými odpady je jedním z problémů v odpadovém hospodářství. Nejhorší variantou je jejich uložení na skládku. Biologicky rozložitelné plasty je možné recyklovat, ale v dnešní době většina končí ve spalovnách odpadu, jako jiné odpady. Nejvhodnějším řešením je biologický rozklad. Biologicky rozložitelné plasty mohou být označeny jako kompostovatelné, 100% biologicky rozložitelné či rozložitelné. Jak již bylo zmíněno, je potřeba dosáhnout optimálních podmínek, aby byl rozklad úplný, což nabízí především průmyslové kompostárny. Díky tomuto způsobu lze plasty zkompostovat a vyrobit účinné hnojivo, které pak můžeme vrátit zpět do přírodního koloběhu.

Na základě provedeného pokusu můžu konstatovat, že podmínky domácího kompostování nemusí být vhodné pro úplný rozklad biologicky rozložitelných plastů.

Malé kompostéry nedisponují vhodným prostředím pro úplný rozklad. Z pěti vzorků se částečně rozložil pouze jeden vzorek, ostatní zůstaly v celku. Vzorky byly označeny jako rozložitelné, 100% biologicky rozložitelné či kompostovatelné.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PECINA P., *Materiály a technologie- plasty*. Databáze online [cit. 2015-01-21]. Dostupné na: [http://www.ped.muni.cz/wtech/03\\_studium/mat\\_a\\_tech-plasty.pdf](http://www.ped.muni.cz/wtech/03_studium/mat_a_tech-plasty.pdf)
- [2] EUROPA, Životní prostředí: *Co s plastovým odpadem? Nová zelená kniha zahajuje celoevropskou diskusi*. Databáze online [cit. 2015-01-22]. Brusel, 2013. Dostupné na: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-13-201\\_cs.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-201_cs.htm)
- [3] PAVLŮ M., MAREK P., 2009: *Materiály v technice- plasty*, Databáze online [cit. 2015-01-21]. Dostupné na: [http://www.gykas.cz/projekt/nove/pracovni\\_sesity/Technologie\\_plastu.pdf](http://www.gykas.cz/projekt/nove/pracovni_sesity/Technologie_plastu.pdf)
- [4] ŠVORČÍK V., *Polymery „stručně“*. Databáze online [cit. 2015-01-28]. Dostupné na: <http://old.vscht.cz/ipl/osobni/svorcik/Polymery.pdf>
- [5] DUCHÁČEK V., 2006: *Polymery- výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vyd., Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, Praha. ISBN 80- 7080- 617- 6
- [6] NUTSCH W., *Příručka pro truhláře*. 2006, ISBN 80-86706-14-1
- [7] *Celuloid*. Databáze online. Dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Celuloid>
- [8] PARLAMENT ČESKÉ REPUBLIKY, 2001: *Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a o změně některých dalších zákonů*, Sbirka zákonů
- [9] HŘEBÍČEK J. a kol., 2009: *Integrovaný systém nakládání s odpady na regionální úrovni*, 1. vyd., Brno: Vydalo nakladatelství Littera, str. 9, ISBN 978-80-85763-54-6
- [10] PARLAMENT ČESKÉ REPUBLIKY, 2001: *Zákon č. 477/2001 Sb. o obalech a o změně některých dalších zákonů (zákon o obalech)*, Sbirka zákonů
- [11] KURAŠ M., 2008: *Odpadové hospodářství*, 1. vyd., Chrudim. Vydal: Vodní zdroje Ekomonitor s. r.o., str. 35-36, ISBN 978-80-86832-34-0
- [12] PROKOPOVÁ I., 2007: *Makromolekulární chemie*. 2. vyd., Praha, Vysoká škola chemicko- technologická v Praze. ISBN 978- 80- 7080- 662- 3
- [13] *Fyzikální základy vědy o materiálu*. Masarykova univerzita, Brno. Databáze online. Dostupné na: <http://www.ped.muni.cz/wphy/fyzvla/fmkomplet3.htm>
- [14] JANOŠKO I., 2011: *Odpadní plasty - odstraňování a recyklace*. Komunální technika, Nitra: Profi Press s.r.o.
- [15] VÖRÖS F., 2014: Aktuální údaje o plastech a využití plastových odpadů. Databáze online [cit. 2015-02-15]. Dostupné na: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/11996-aktualni-udaje-o-plastech-a-vyuziti-plastovych-odpadu>

- [16] ŠŤASTNÁ J., 2007: *Kam s nimi- Vše o třídění a recyklaci odpadu*, 1. vyd., Praha: Vydala Česká televize: Edice ČT, str. 11-15, ISBN 80-85005-72-7
- [17] VÖRÖS F., 2014: *Aktuální údaje o plastech a využití plastových odpadů*, Databáze online [cit. 2015-01-27]. Dostupné na: <http://inodpady.cz/vyuziti-plastovych-odpadu/>
- [18] TRÍDĚNÍ ODPADU. CZ, *Plasty- Po době kamenné, bronzové a železné tu je doba plastová*. Databáze online [ cit. 2015-01-27]. Dostupné na: <http://www.trideniodpadu.cz/#!plasty/c1svh>
- [19] ČeskýRozhled, 2013: Databáze online. Dostupné na: <http://www.ceskyrozhled.cz/2013/04/tisice-tun-plastu-v-morich-zabiji-ptaky-i-ryby-uz-cela-desetileti.html>
- [20] ŠAFÁŘOVÁ B., 2005: *Ekologické igelitky. Ekodomov*. Databáze online [cit. 2015-02-09]. Dostupné na: <http://www.ekodomov.cz/detail-zpravy/ekologicke-igelitky>
- [21] SLAVÍKOVÁ, HALKA, 2008: *Biodegradabilní plasty a jejich využití*. Výzkum pro hospodaření s odpady v rámci ochrany životního prostředí a udržitelného rozvoje: Prevence a minimalizace vzniku odpadů a jejich hodnocení. Praha, 2008. ISBN 978-80-02-02011-0.
- [22] RUDNIK E., 2008: *Compostable Polymer Materials*. AE Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2008. 209 s. ISBN 978-0-08-045371-2.
- [23] ODPADY-ONLINE, Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na: <http://odpady-online.cz/perspektivy-biodegradabilnich-plastu/>
- [24] SLEJŠKA A., *Testování biodegradability (1997)*. Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na: [http://stary.biom.cz/clen/as/biodegr\\_test.html](http://stary.biom.cz/clen/as/biodegr_test.html)
- [25] TESAŘOVÁ M., *Biologické zpracování odpadů*. Mendelova univerzita v Brně, Brno, 2010. ISBN 978-80-7375-420-4.
- [26] ADAMCOVÁ D., VAVERKOVÁ M., TOMAN F.: *Repeated research of biodegradability of plastics bags in real composting conditions*
- [27] BUSINESS MEDIA CZ, s.r.o., 2010: *Jak využít plasty po skončení jejich životnosti*. Business media: Technický týdeník č. 17, ISSN 0040-1064.
- [28] PHILP J. C., *Bioplastics science from a policy vantage point*, Databáze online. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871678412008783>
- [29] CRANK M., PATEL M., WOLF O., et. al. *Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe*. Španělsko: European Communities, 2005, 256 s. ISBN: 92-79-01230-4

- [30] OBRUČA S., 2007: Bioplasty - materiál budoucnosti II. Databáze online [cit. 2015-03-22]. Dostupné na: <http://www.inovace.cz/novinky/680-bioplasty-materialbudoucnosti-ii>
- [31] OBRUČA S.: *Polyhydroxyalkanoáty- „plasty“ vyráběné bakteriemi*. Databáze online [cit. 2015-03-28] Dostupné na: <http://www.chempoint.cz/obruca-1>
- [32] CHANDRA, R, RUSTGI R. *Biodegradable polymers*. Progress in Polymer Science, 1998, roč. 23, č. 7, s. 1273-1335. DOI: 10.1016/S0079-6700(97)00039-7. Dostupné na: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079670097000397>. ISSN 00796700.
- [33] Předpis č. 477/2001 Sb. zákon o obalech a o změně některých zákonů (zákon o obalech). Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-477#cast1>
- [34] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 94/62/ES o obalech a obalových odpadech
- [35] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Databáze online [cit. 2015-03-31]. Dostupné na: <http://www.unmz.cz/urad/unmz>
- [36] PETERSEN K. a kol., 1999: *Potential of biobased materials for food packaging*. Trends in Food Science and Technology
- [37] FuturEnergia: *Biologicky rozložitelné plasty: jsou pro životní prostředí lepší?* Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na: [http://www.futurenergia.org/ww/cz/pub/futurenergia/chats/bio\\_plastics.htm](http://www.futurenergia.org/ww/cz/pub/futurenergia/chats/bio_plastics.htm)
- [38] ZLOCH J., *Biodegradabilní plasty a plastové odpady, jejich úprava, zhodnocení, odstranění*. Bakalářská práce. Brno: MENDELU Brno, 2013. 67 s.
- [39] VÖRÖS F., 2013: *Bioplasty - nový problém pro odpadáře/V. Odpady*, měsíčníkem, vydavatelství Economia a. s.
- [40] NEHASILOVÁ D., 2012: *Jsou bioplasty opravdu alternativou?* Databáze online [cit. 2015-03-30], ÚZEI: Agronavigátor. Dostupné na: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=146&ch=1&typ=1&val=118744>
- [41] VONDRÁŠKOVÁ Š., *Plasty vyráběné z rostlin, nikoli z ropy*. Databáze online [cit. 2015-04-01]ÚZEI, Agronavigator.cz. BioCycle, vol. 47, 2006, č. 5, s. 43 - 45. Dostupný na: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=53167&ids=138>
- [42] *Prodotti in Mater-Bi™*. Databáze online. Sdružení: Abitare La Terra. Dostupný na: <http://www.abitarelaterra.com/16/index.php/matbio>
- [43] Mater-Bi Mulchfolien. Databáze online. Dostupné na: <http://www.papierschnur.com/mulchpapier2.htm>

- [44] OBRUČA S., *Bioplasty! Ano či ne?* Inovace.cz, Databáze online [cit. 2015-04-01]. Dostupné na: <http://www.inovace.cz/novinky/551-bioplasty-ano-ci-ne>
- [45] BIOM.CZ. Databáze online [cit. 2015-04-01]. Dostupné na: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/oxo-rozlozitelny-plast-d2w>
- [46] IDNES.CZ, *Igelitky zadarmo končí- Globus je jako poslední přestane nabízet.* Databáze online [cit. 2015- 02- 11]. Dostupné na: [http://ekonomika.idnes.cz/globus-prestane-nabizet-igelitky-zdarma-ff0/ekoakcie.aspx?c=A131103\\_105134\\_ekoakcie\\_cen](http://ekonomika.idnes.cz/globus-prestane-nabizet-igelitky-zdarma-ff0/ekoakcie.aspx?c=A131103_105134_ekoakcie_cen)
- [47] EKONÁKUP. Databáze online. [cit. 2015-03-30]. Dostupné na: <http://www.ekonakup.cz/kompostovatelne-sacky-tasky-pytle-a-nadobi/kompostovatelne-sacky-mater-bi-stelo-7-30-ks>
- [48] BROCKÝ M., *Rozklad bioplastu*, Databáze online [ cit. 2015- 02- 11]. Dostupné na: <http://www.bioplaneta.cz/clanky-rozklad-bioplastu.html>
- [49] CHOI E., PARK J., 1996: *Study on biodegradability of PCL/SAN blend using composting method, Polymer degradation and stability* (1996)
- [50] Databáze online [cit. 2015-04-11]. Dostupné na: [http://www.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi&last=false)
- [51] Walachová Klára
- [52] <http://www.google.com>
- [53] OBRUČA S., 2007: *Bioplasty- materiály budoucnosti.* Databáze online. Dostupné na: <http://www.inovace.cz/novinky/681-bioplasty--materialy-budoucnosti-i>
- [54] <http://www.mapy.cz>

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Panenka z celuloidu.....	10
Obrázek 2: Celuloido- stříbrné pero .....	10
Obrázek 3: Znázornění makromolekul lineárního, rozvětveného, zkříženého a sesíťovaného polymeru .....	13
Obrázek 4: Spotřeba plastů pro obaly, stavebnictví, automobily, elektroniku a ostatní v roce 2013.....	16
Obrázek 5: Plastové odpady v žaludku buňáka ledního .....	17
Obrázek 6: Rozdělení materiálu .....	20
Obrázek 7: Výrobní postup materiálu Mater-Bi .....	26
Obrázek 8: Plastové vzorky .....	28
Obrázek 9: Rozklad vzorku č. 2.....	29
Obrázek 10: Změna barvy vzorku č. 5.....	30
Obrázek 11: Vzorky, které se nerozložily .....	30



## 9 SEZNAM ZKRATEK

ŽP - životní prostředí  
PE - polyethylen  
LDPE - polyethylen o nízké hustotě  
HDPE - polyethylen o vysoké hustotě  
PP - polypropylen  
PVC - polyvinylchlorid  
PS - polystyren  
PET - polyethylentereftalát  
PUR – polyuretan  
PA - polyamid  
CO<sub>2</sub> - oxid uhličitý (Carbon dioxide)  
H<sub>2</sub>O- voda (oxidan)  
BDP - biodegradabilní plast  
BRP- biologicky rozložitelný plast  
PLA - kyselina polymléčná  
PHA – polyhydroxyalkanoáty  
PBS - polybutylen sukcinát  
TPS - termoplastický škrob  
PCL – polykaprolakton  
PEA – polyesteramid  
PU- polyuretany  
Bio-PE - bio-polyethylen  
ČSN - Česká technická norma  
JMK - Jihomoravský kraj

## 10 PŘÍLOHY

### SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Označení kontejnerů na plasty

Příloha 2: Označení a certifikace biologicky rozložitelných materiálů

Příloha 3: Životní cyklus biomateriálu

Příloha 4: Výrobci zabývající se výrobou bioplastů a jejich produktů

Příloha 5: Lokalita prováděného pokusu, se značením kompostéru

Příloha 6: Domácí kompostér

Příloha 7: Zkoumané vzorky

Příloha 8: Příprava a zakládání vzorků do kompostovací zakládky

Příloha 9: Již odkryté a vytažené vzorky

### Příloha 1

Označení kontejnerů na plasty [52, upraveno podle 51]



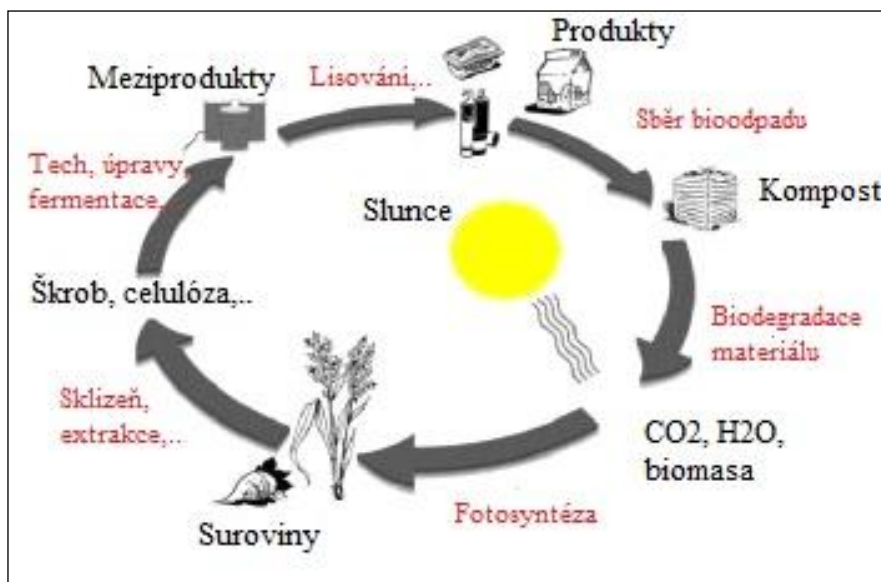
## Příloha 2

Označení a certifikace biologicky rozložitelných materiálů [52]



## Příloha 3

Životní cyklus biomateriálu [53, upraveno podle 51]



## Příloha 4

Výrobci zabývající se výrobou bioplastů a jejich produktů [53, upraveno podle 51]

Výrobce	Produkt	Materiál
Novamont	Mater Bi	Škrob
Plantic Technologies Ltd.	PlanticTM	Škrob
Rodenburg	Solanyl	Škrob
Natureworks LLC	Natureworks	Polymer mléčné kyseliny
Protect Gamble	Nodax	Polyhydroxyalkanoát
Metabolix	Biopol	Polyhydroxyalkanoát

## Příloha 5

Lokalita prováděného pokusu, se zaznačením kompostéru [54, upraveno podle 51]





## Příloha 6

Domácí kompostér [51]



## Příloha 7

Zkoumané vzorky [51]





## Příloha 8

Příprava a zakládání vzorků do kompostovací zakládky [51]



## Příloha 9

Již odkryté a vytažené vzorky (vzorky 1, 2, 3, 4, 5) [51]

