

# THE PROCESSING OF BIOLOGICALLY DECOMPOSABLE WASTES IN „SBM“ TECHNOLOGY ARRANGEMENT

**Junga P., Mareček J.**

Department of Agriculture, Food and Environmental Engineering, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemedelska 1, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: petr.junga@mendelu.cz

---

## ABSTRACT

Biologically decomposable materials are significant in general waste production. We can use this kind of renewable material and eliminate negative types of treatment with this material. One of possibility for processing of biologically decomposable wastes there is mechanically biological treatment (MBT). There is experimental project for development of new technological arrangement that make use of mechanical and hydrothermal treatment principles. Experimental development of this technological arrangement for stabilisation of biologically decomposable materials is fit for small and medium agglomeration and as a part of existing technologically links for this material. There are any operational problems which we will have to solve, but these problems are integral part of experimental development of any new arrangement. The results of experimental measurement are proving, that selected way of development is correct and this technological arrangement will be able to successful practically utilization.

**Key words:** Mechanical-Biological Treatment, Technological Arrangement, Stabilisation, Biological Decomposable waste.

## ÚVOD

Mezi biologicky rozložitelné materiály (BRM) patří celá škála materiálů biotického původu. Řadíme sem jednak biologicky rozložitelné materiály s charakteristikami odpadu (ze zemědělství i komunálních služeb), ale i biologické materiály pěstované účelově pro získání biomasy. Biologicky rozložitelné odpady (BRO) tvoří významný podíl z celkové produkce odpadů. Mimo produkce zemědělských biologických odpadů mají velký význam rovněž biologické odpady z komunální sféry. Kvantitativní zastoupení této složky v komunálním odpadu KO závisí na řadě faktorů (region; typ osídlení; systém svozu, atd.) a pohybuje se mezi 30 až 40 %. Zpřísňující se legislativní požadavky mají vést k racionálnějšímu nakládání s tímto druhem odpadu a ke snížení jeho podílu v rámci komunálního odpadu (KO). Česká republika patří mezi země, kde je převážná část komunálního odpadu ukládána na skládky (82,57 % v roce 2007) [1]. Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) je, díky svým vlastnostem nežádoucí složkou, kterou je třeba z komunálního odpadu vytřídit a vhodným způsobem zpracovat. Směrnice Rady 99/31/EC, o skládkování odpadů ukládá členským státům závazky k redukci množství BRO ukládaného na skládky. V POH ČR jsou stanoveny cílové hodnoty a časové termíny pro splnění těchto požadavků, z nichž vyplývá snížení podílu BRKO ukládaného na skládky na 75 % hmotnostních do roku 2010, na 50 % hmotnostních do roku 2013 a 35 % hmotnostních do roku 2020, oproti stavu v roce 1995 [2].

Biologicky rozložitelné odpady mají vlastnosti, které jsou důvodem pro snahu o jejich redukci v rámci komunálního odpadu. Jedná se o biologický, silně reaktivní materiál, který podléhá rozkladu spojeným s fyzikálními a chemickými změnami, které mají negativní vliv na vnitřní prostředí tělesa skládky i na jednotlivé složky životního prostředí. Při rozkladných procesech dochází k výrazným objemovým změnám tohoto materiálu a následně k mechanickým poruchám terénu případně poruchám těsnicí vrstvy. Rozkladné procesy výrazně zvyšují pH tělesa skládky, čímž způsobují zvýšení rozpustnosti rizikových prvků (těžkých kovů) a dalších nebezpečných látek. V současné době nabývá rovněž na důležitosti i produkce tzv. skleníkových plynů (např. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), které velmi pravděpodobně ovlivňují stav klimatu [3].

Nezanedbatelným faktorem je to, že biologicky rozložitelné odpady je možno zpracovat a pokud splňují legislativní požadavky, tak je následně využít jako organické hnojivo v zemědělství (jako průmyslový kompost případně digestát z bioplynových stanic). Vzhledem k vývoji v oblasti energetiky je také znatelný slídicí trend pro energetické využití těchto materiálů, a to jednak produkcí obnovitelného paliva nebo kombinovaná produkce tepla a elektrické energie využitím bioplynu z anaerobních transformací. Pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů máme k dispozici několik základních technik, a to kompostování, anaerobní fermentaci a mechanicko-biologickou úpravu (MBÚ).

Praktická aplikace ukazuje, že zejména z legislativního hlediska je proces schvalování i samotného provozování kompostáren v České republice komplikovaný. Navíc o produkovaný kompost není ve většině regionů mezi odběrateli dostatečný zájem. Důvodem mimo jiné bývá problematická kvalita kompostu a také jeho vysoká cena. Provozovatel často není schopen, vzhledem ke heterogenosti dodávaného kompostovaného substrátu nebo používané technologii kompostování zaručit standardní kvalitu produktu. Investiční náročnost i ekonomika provozu kompostárny se negativně odráží v nekonkurenceschopné ceně produktu a doba ekonomické návratnosti investice je neúměrně dlouhá

(pokud je návratnost vůbec možná). U nejméně využívaných standardních kompostovacích technologií vznikají často problémy související zejména s dodržováním ustanovení zákona o ochraně ovzduší a dalších zákonů z oblasti životního prostředí, čímž je značně komplikován provoz těchto zařízení. Moderní technologie intenzivního kompostování jsou investičně i provozně velmi náročné, tudíž je jejich dostupnost omezena. Celkově jsou kompostárny vhodné zejména pro městské aglomerace, pro které není investiční a provozní náročnost kompostárny limitujícím faktorem. U menších a středních sídel není budování kompostáren ekonomicky ani provozně racionálním řešením a v dlouhodobém časovém horizontu může vést ke značným problémům.

Výhodnější, ale rovněž limitovanou možností je využití procesů anaerobní fermentace. V této oblasti nastal v ČR v posledních letech značný rozvoj. V rámci České republiky je provozováno více než 40 bioplynových stanic a další jsou ve fázi projektové přípravy či realizace. V současnosti se využívají zejména metody s využitím tekutých substrátů, ale je zde i snaha o aplikaci tuhých substrátů (probíhá experimentální ověřování zpracování tuhých substrátů). Co však komplikuje a limituje ještě větší rozvoj sítě bioplynových stanic je opět jejich komplikované povolování, provozování a zejména nedostatečná kapacita elektrické přenosové sítě, nedovolující připojení nových stanic k rozvodné soustavě. Samostatnou kapitolou je technologicky správné provozování bioplynových stanic, jehož dodržování je podmínkou bezproblémového provozu, s vyloučením negativního postoje veřejnosti (obtěžování zápachem), bez postihování sankcemi za znečišťování jednotlivých složek životního prostředí apod.

Další možností zpracování biologicky rozložitelných materiálů jsou metody mechanicko-biologické úpravy odpadů (MBÚ). Jedná se široké spektrum používaných technologií, které jsou přímo podporované POH ČR. Komplexní technologie MBÚ dosud nejsou v České republice rozšířené. Neexistuje zde žádné komplexní zařízení tohoto typu, ale je realizována řada zařízení využívajících dílčích stupňů procesu MBÚ. Investiční náročností je komplexní zařízení MBÚ srovnatelné s vybudováním zařízení pro termické zpracování, a tudíž vhodné pro větší aglomerace regionálního charakteru. Ze strany malých a středních obcí vyvstala společenská poptávka po vývoji technologického zařízení pro zpracování biologicky rozložitelných materiálů. Zařízení má být ekonomicky i provozně racionální, a to jak z hlediska povolenáčního řízení, investiční náročnosti i samotného provozování zařízení (splnění legislativních požadavků: nakládání s BRO, dodržování emisních limitů apod.). Zařízení je koncipováno tak, aby ho bylo možné umístit v rámci existujících objektů pro nakládání s odpady (tj. sběrné dvory odpadů, zemědělské areály apod.). V rámci spolupráce akademických subjektů (MZLU v Brně a VŠB v Ostravě) a soukromého výrobního subjektu (Strojíren Olšovec spol. s r.o.), bylo vyvinuto experimentální technologické zařízení pro zpracování biologicky rozložitelných materiálů „SBM“. Experimentální technologické zařízení „SBM“ využívá principu hydrotermické stabilizace biologicky rozložitelných materiálů. Zařízení je schopno zpracovat široké spektrum biologických materiálů, pocházejících jak ze zemědělské činnosti, tak z oblasti komunálních služeb (BRKO a odpad z péče o veřejnou zeleň). Výstupem ze zařízení „SBM“ je stabilizovaný, upravený odpad, vhodný k dalšímu využití (jedná se o substrát s vlastnostmi kompostu, substrát pro anaerobní fermentaci nebo substrát pro výrobu obnovitelných paliv), případně substrát pro odstranění [4].

## MATERIÁL A METODIKA

V rámci experimentálního ověřování zařízení „SBM“ je analyzován vliv jednotlivých druhů biologicky rozložitelných materiálů a jejich mechanické úpravy na proces stabilizace. Při experimentálních měřeních jsou sledovány a testovány jednotlivé části technologického zařízení „SBM“ při zpracování různých substrátů. K přípravě vzorků je využíváno stacionárního drtícího a míchacího zařízení, předřazeného vlastnímu zařízení „SBM“ (alternativně samostatného řetězového drtiče), které materiál podrtí a homogenizuje. Zkušební materiál byl po nadrcení a homogenizaci dávkován přímo do zařízení „SBM“ (do násypky na vstupu do 1. šnekového lisu).

K analýze zkušebních vzorků jsou využity následující přístroje:

- laboratorní digitální analytická váha (MB 45 od firmy Ohaus s chybou měření 0,005 %), k měření vlhkosti a sušiny,
- dotykový teploměr (Gulton TastoTherm D700) pro měření teploty materiálu na vstupu a výstupu ze zařízení a teploty okolí,
- průmyslová decimální váha pro měření hmotnosti zkušebních vzorků na vstupu a výstupu ze zařízení.

Materiál pro míchání zkušebních vzorků se v rámci tohoto experimentálního ověřování přivážel ve velkoobjemových pytlích. Při přejímce zkušebního materiálu byla provedena vizuální kontrola obsahu a odběr vzorků pro analýzy vlastností vstupního materiálu, které prováděla akreditovaná laboratoř. Rovněž byly odebírány vzorky výstupního materiálu po zpracování. Sledovaly se tyto parametry: pH, poměr C:N, nerozložitelné příměsi, spalitelné látky, dusík dle Kjeldahla, sušina, vlhkost, dusičnany, dusitany, celkový dusík, hořčík, draslík, vápník a fosfor celkový.

V rámci ověřování experimentálního zařízení „SBM“ jsou zkušební vzorky vytvářeny z různých biologicky rozložitelných materiálů a jejich směsí (kombinace různých materiálů). Pro experimenty hodnocené v rámci tohoto článku byly použity tyto materiály: koňský hnůj, odpad z ořezu stromů, řepné řízky, kukuřičná siláž, sláma, lihovarské výpalky, dřevěné piliny, dřevní štěpka, travní fytomasa, odpad ze zeleniny.

Před zahájením procesu stabilizace byly odebírány zkušební vzorky (o hmotnosti 1 až 2 g), pro stanovení okamžité vlhkosti a sušiny. Na základě parametrů vlhkosti a struktury byl zkušební materiál přímo podroben procesu stabilizace nebo byl smíchán s dalšími substráty pro dosažení optimálních hodnot vlhkosti a sušiny. Vstupní experimentální materiál byl nadrcen a homogenizován (dle požadavků Nařízení ES č. 1774/2002). Následně byl materiál dopraven do zásobníku a odtud dále do technologického zařízení „SBM“, kde proběhl proces stabilizace. U zařízení „SBM“ je možno nastavit parametry procesu (pracovní režimy) stabilizace (dle charakteru zpracovávaného materiálu). Po nastavení příslušného pracovního režimu je materiál dávkován do šnekového lisu č. 1, kde je předehříván a odvodňován (v této sekci vzniká odpadní voda tzv. Prolis 1). Poté materiál postupuje do šnekového lisu č. 2 (vlastní reaktor), kde je zahříván při teplotě 240 až 300 °C a postupuje dále do šnekového lisu č. 3 (v této sekci vzniká odpadní voda Prolis 2). U materiálu je zde redukována vlhkost na požadovanou hodnotu, tak aby bylo možno materiál dále upravit (lisovat) do briket [5].

## VÝSLEDKY A DISKUZE

### Experiment s koňským hnojem

Při experimentálním ověřování stabilizace koňského hnoje byly zvoleny dva pracovní režimy, a to bez dodání tepelné energie (bez ohřevu substrátu) a s dodáním tepelné energie. Bylo zjištěno, že zařízení „SBM“ je schopno substrát částečně odvodnit i bez dodání tepelné energie. Zpracovávaný materiál se totiž vzájemným třením mezi částicemi a šnekovým lisem ohřívá a uvolňuje volnou vodu při průchodu substrátu zařízením. Další volná voda je uvolňována již v procesu drčení a míchání, protože dochází k rozrušení buněčných stěn rostlinných materiálů. Výsledky experimentu s koňským hnojem bez ohřevu substrátu dokumentuje Tab. 1.

Při stabilizaci koňského hnoje s ohřevem substrátu došlo při průchodu materiálu zařízením k vyšší redukci vlhkosti. Výsledky experimentu s koňským hnojem bez ohřevu substrátu dokumentuje Tab. 2. a prokazují, že koňský hnůj je výborným materiálem pro stabilizaci v zařízení „SBM“. Důvodem je zejména jeho složení, kdy velký podíl slámy (nebo dřevěných pilin) používaných jako stelivo, zaručuje optimální vstupní parametry substrátu (bez nutnosti míchání s jinými materiály).

Tab. 1 Experiment s koňským hnojem 1

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	77,01	45,45	30
2	81,70	68,00	27

Tab. 2 Experiment s koňským hnojem 2

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	77,01	49,46	81
2	77,01	48,09	68
3	76,37	39,31	86
4	72,89	48,10	78
5	72,89	37,79	80
6	77,11	37,97	65
7	77,11	48,54	60
8	77,17	54,31	80
9	77,17	53,81	90
10	77,17	50,38	78

### Experiment s odpadem z ořezu stromů

Odpad z ořezu byl dezintegrován v řetězovém drtiči, tak aby bylo dosaženo požadované struktury materiálu. Experimentálnímu ověřování byl podroben stabilizaci v zařízení „SBM“ jednak bez příměsi jiného materiálu a jednak ve směsi s řepnými řízkky. Při stabilizaci substrátu bez příměsi nedošlo k významným změnám sledovaných parametrů. Došlo k dalšímu rozmělnění a určité redukci vlhkosti. Vzhledem k nižšímu obsahu vlhkosti v tomto materiálu je vhodné jeho smísení s jiným materiálem o vyšší vlhkosti. Zjištěné výsledky znázorňuje Tab. 3.

Tab. 3 Experiment s odpadem z ořezu stromů

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	52,26	44,23	88
2	54,64	46,85	85
3	51,68	43,03	87

### Experiment s řepnými řízkky

Řepné řízkky jsou materiálem s vysokým obsahem vlhkosti. Experimentálně byla ověřena jejich stabilizace v zařízení „SBM“ bez příměsi a vzhledem ke zjištěným výsledkům také ve směsi s odpadem z ořezu stromů. Při stabilizaci směsi bez příměsi bylo zjištěno, že materiál prošel procesem stabilizace téměř beze změn. Řepné řízkky se jeví jako materiál vhodný do směsi s materiálem s nižším obsahem vlhkosti. Naměřené výsledné hodnoty dokumentuje Tab. 4.

Tab. 4 Experiment s řepnými řízkky

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	86,89	79,17	70
2	86,83	79,06	74

### Experiment s odpadem z ořezu stromů ve směsi s řepnými řízkky

Další experiment řešil ověření stabilizace směsi odpadu z ořezu stromů a řepných řízků. Tato směs dvou materiálů s výrazně rozdílným obsahem vlhkosti částečně redukovala výslednou vlhkost zpracovávaného substrátu. Naměřené hodnoty stabilizovaného substrátu prokázaly, že řepné řízkky nejsou vhodným materiálem pro zpracování v zařízení „SBM“ ani ve směsi s odpadem z ořezu stromů. Výsledky prokazují, že řepné řízkky je lépe zpracovat v jiném technologickém zařízení, např. v bioplynové stanici. Naměřené výsledné hodnoty dokumentuje Tab. 5.

Tab. 5 Experiment s odpadem z ořezu stromů ve směsi s řepnými řízký

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	72,26	61,98	70
2	71,15	59,87	71
3	72,58	62,08	73

#### Experiment s kukuřičnou siláží

Kukuřičná siláž je materiálem s vysokým obsahem vlhkosti. Při experimentu byla ověřována stabilizace materiálu bez příměsí a bez ohřevu substrátu. V dalším experimentu byla kukuřičná siláž míchána s dřevní štěpkou (v poměru 10 : 5). Výsledky prokázaly, že kukuřičná siláž bez příměsí je pro stabilizaci v zařízení „SBM“ nevhodným materiálem a je vhodné ji zpracovávat např. anaerobní fermentací, ale kukuřičná siláž ve směsi s dřevní štěpkou je však optimální kombinací materiálů. Naměřené výsledné hodnoty dokumentuje Tab. 6 a 7.

Tab. 6 Experiment s kukuřičnou siláží 1

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	75,33	58,98	28
2	73,95	56,78	30

Tab. 7 Experiment s kukuřičnou siláží 2

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	74,23	41,20	78
2	74,23	47,14	99
3	73,58	42,30	84

#### Experiment se slámou

Sláma materiálem s nízkým obsahem vlhkosti, proto není bez příměsí vhodná pro stabilizaci. Při experimentálním ověřování navíc došlo (i přes předchozí dezintegraci materiálu v řezačce) k ucpaní zařízení s nutností jeho rozebrání a vyčištění. Výsledky prokazují, že sláma lze v zařízení „SBM“ použít pouze ve směsi j materiálem o vyšší vlhkosti. Naměřené hodnoty dokumentuje Tab. 8.

Tab. 8 Experiment se slámou

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	44,41	37,62	-
2	38,33	36,79	-
3	38,33	34,33	-

#### Experiment se směsí lihovarských výpalků a slámou

Lihovarské výpalky jsou materiálem s vyšším obsahem vlhkosti a tudíž jsou bez příměsi vhodné k jinému zpracování, např. v bioplynových stanicích. Při experimentálním ověřování byla testována směs lihovarských výpalků se slámou (zkoušený substrát se skládal celkem ze 122,5 kg výpalků a 16,5 kg slámy). Do zařízení SBM byly dávkovány zkušební vzorky směsi 2,5 kg slámy a 16,5 kg lihovarských výpalků. Výsledky prokázaly, že směs slámy a lihovarských výpalků je vhodným materiálem pro stabilizaci v zařízení SBM. Naměřené hodnoty dokumentuje Tab. 9.

Tab. 9 Experiment se směsí lihovarských výpalků a slámou

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	75,08	53,93	102
2	75,08	39,95	103
3	75,08	41,82	108
4	75,71	43,56	107

#### Experiment se směsí lihovarských výpalků a dřevěných pilin

Samotné dřevěné piliny jsou pro stabilizaci nevhodným materiálem. experimentálně bylo ověřována směs dřevěných pilin a lihovarských výpalků (zkoušený substrát se skládal celkem ze 49 kg výpalků a 23 kg dřevěných pilin). Výsledky prokázaly, že směs lihovarských výpalků a dřevěných pilin je vhodným materiálem. Naměřené hodnoty dokumentuje Tab. 10.

Tab. 10 Experiment se směsí lihovarských výpalků a dřevěných pilin

Číslo měření	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1	69,00	37,58	78
2	72,90	30,99	13 (po odstátí 30 min.)



## Experiment s travní fytomasou

Travní fytomasa je významným odpadem, vznikajícím při údržbě veřejné zeleně a její zpracování činí obcím nemalé problémy. Experimentálně proto byla ověřována možnost její stabilizace v zařízení „SBM“. Bylo provedeno testování jednak travní fytomasy bez dezintegrace na drtícím a míchacím zařízení, ve stavu v jakém se materiál nachází po posečení travní sekačkou. V rámci druhého testu byl materiál navíc upraven v drtiči – míchači. Výsledky prokázaly, že vzhledem k vysokému obsahu vlhkosti bude vhodné trávu mísit s jiným materiálem, protože parametry výstupu ze zařízení nebyly optimální. Naměřené hodnoty dokumentuje Tab. 11.

Tab. 11 Experiment s travní fytomasou

Číslo měření a specifikace	Vstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Výstupní relativní vlhkost materiálu [%]	Teplota výstupního materiálu [°C]
1 (čerstvě nasekaná)	75,79	71,63	-
2 (odležená cca 90 min.)	66,26	53,38	-
3 (čerstvě nasekaná)	78,37	61,10	-

Materiál, který projde procesem stabilizace v zařízení „SBM“ lze dále využít různým způsobem - záleží na složení substrátu a výsledných parametrech, tak aby byly splněny legislativní požadavky. Zpracovaný substrát je vhodný jako organické hnojivo (kompost), předkompostovaný substrát pro zakládku kompostu nebo jako obnovitelné palivo ve formě briket. Odpadní vody, vznikající v průběhu technologického procesu ( Prolis 1, Prolis 2 a kondenzát) lze použít jako hnojnou zálivku nebo pro zavlažování kompostovacích zakládek.

Nadále probíhá experimentální ověřování zařízení, kdy se testují nové materiály, s ohledem na parametry výstupu vhodného ke kompostování nebo produkci obnovitelných paliv (včetně zkoušek těchto paliv na VŠB Ostrava).

## ZÁVĚR

Zařízení „SBM“ je zařízením experimentálním. Z důvodu nadále probíhajícího vývoje a zkvalitňování celého technologického zařízení lze očekávat zvýšení jeho efektivity. I přes komplikace a problémy při experimentech (technické provozní problémy související s úpravami částí strojního zařízení; problémy s testovanými materiály apod.) bylo dosaženo pozitivních výsledků a prokázalo se, že dané zařízení má šanci plnit funkce, které jsou od něj očekávány. Zařízení „SBM“ lze rovněž zapojit jako stupeň předpravy na lince pro zpracování biologicky rozložitelných materiálů. Zařízení může být součástí technologické linky pro zpracování např. kuchyňského odpadu, odpadní biomasy v zemědělských podnicích, ve sběrných dvorech pro zpracování biologicky rozložitelného komunálního odpadu apod. Ve fázi vývoje je osazení zařízení „SBM“ dalšími přídatnými součástmi, např. separátory pro oddělení kamenů a kovů, prosévací zařízení atd. (přídavná zařízení budou specifická pro dané spektrum zpracovávaných materiálů). Experimentální zařízení „SBM“ ve většině případů splňuje

požadavky pro použití výstupního produktu jako průmyslového kompostu a rovněž jako obnovitelného paliva ve formě briket. V rámci experimentálního vývoje je zvolen správný směr k dosažení optimálních parametrů tohoto zařízení.

## **LITERATURA**

Internet: <http://www.csu.cz/>. Databáze Českého statistického úřadu.

Nařízení vlády č. 197/2003 Sb. o Plánu odpadového hospodářství České republiky.

FILIP, J. BOŽEK, F. KOTOVICOVÁ, J. Komunální odpad a skládkování. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 128s. ISBN 80-7157-712-X.

Internet: <http://www.mbu.cz/>. Informační portál o mechanicko-biologické úpravě.

BUTTA, M. Vliv mechanické dezintegrace biologicky rozložitelného materiálu na průběh stabilizace. Diplomová práce, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009.