

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Přeměna biologicky rozložitelného odpadu na bezzátěžové produkty

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

Autor: Pufir Josef

České Budějovice, duben 2012

Místo pro zadávací list

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Chýnově dne 3. 4. 2012

Podpis

Poděkování:

Prostřednictvím své bakalářské práce bych rád poděkoval doc. Ing. Antonínu Jelínkovi, CSc. za odbornou spolupráci při sestavování bakalářské práce, mé manželce a celé rodině za podporu a trpělivost při studiu a dále představitelům Města Chýnov za ochotu a poskytnutí potřebných informací a podkladů.

Abstrakt

Tato práce pojednává o přeměně biologicky rozložitelných odpadů (BRO) na bezzátěžové produkty. V úvodu řeší specifikaci BRO, jeho sběr a určování v katalogu odpadů a poté hlavní způsoby přeměny. Ve druhé části se zabývá hlavním cílem, kterým je návrh kompostárny v Chýnově. Tento projekt spočívá ve sběru informací, výběru vhodného místa, návrhu technologické linky, zvolení vhodných technických prostředků, ale i ve výpočtech plochy kompostárny a její ekonomické zhodnocení. Vzhledem k nutnosti řešení tohoto problému v Chýnově je pravděpodobné, že tento návrh bude základem skutečného projektu.

Klíčová slova

Biologicky rozložitelný odpad, katalog odpadů, kompostování, technologická linka

Abstract

This thesis deals with the conversion of biodegradable waste (BDW) into pollution-free products. The introduction addresses the specification of BRO, collection and identification of waste in the catalog and then the main means of transformation. The second part deals with the main objective of the proposal in Chýnov composting. This project involves collecting information, selecting a suitable location, design, technological lines, select the appropriate technical means, but also in the calculations of the composting area and its economic evaluation. Given the need to address this problem in Chýnov, it is likely that this proposal will be based on an actual project.

Key words

biodegradable waste, waste catalog, composting, technological line

OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	10
2.1. Biologicky rozložitelný odpad (BRO).....	10
2.1.1. Sběr biologického odpadu.....	11
2.1.2. Využitelné druhy komunálního bioodpadu.....	12
2.1.3. Nakládání s BRO	13
2.2. Určování BRO v katalogu odpadů.....	13
2.3. Způsoby přeměny BRO.....	15
2.3.1. Termické způsoby využití bioodpadů.....	15
2.3.2. Biologické způsoby využití bioodpadů.....	19
2.3.3. Ostatní způsoby využití bioodpadů.....	25
3. CÍL PRÁCE – Návrh kompostárny v Chýnově.....	30
4. METODIKA.....	30
4.1. Informace o spádové oblasti.....	30
4.2. Výběr vhodného místa kompostárny.....	30
4.3. Návrh plochy kompostárny	31
4.4. Návrh technologické linky.....	31
4.5. Technické prostředky kompostárny.....	32
4.6. Legislativa.....	33
5. VLASTNÍ PRÁCE A VÝSLEDKY.....	34
5.1. Návrh vhodného místa a technického řešení.....	34
5.2. Výpočet plochy kompostárny.....	36
5.3. Návrh svozu BRO.....	39
5.4. Parametry navrhované kompostárny.....	39
5.5. Ekonomické zhodnocení provozu kompostárny.....	40
6. ZÁVĚR.....	43
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	44

1. ÚVOD

V oblasti hospodaření s odpady je jedním z cílů podpořit vznik zařízení na zpracování biologicky rozložitelných odpadů (BRO) abychom zabránili jejich ukládání na skládky. Proto je logická snaha o vznik kompostovacích zařízení na regionální i obecní úrovni. Tvorba studií a později projektů je spojena s náročnou činností, která zahrnuje sběr a vyhodnocení mnoha údajů, týkajících se daného prostředí a následné zpracování těchto údajů dle různých metodických postupů.

Tato práce je zaměřena na specifikaci BRO, hlavní způsoby jejich přeměny na bezzátěžové produkty a dále na návrh kompostárny v městě Chýnov včetně metodiky a výpočtů.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Biologicky rozložitelný odpad (BRO)

Biologicky rozložitelné odpady jsou odpady, které podléhají aerobnímu, nebo anaerobnímu rozkladu. BRO tvoří hmotnostně významnou skupinu v produkci komunálního odpadu. Jsou to většinou odpady ze zemědělství, lesnictví a potravinářství, dále odpady z průmyslu papírenského a textilního, odpady z kuchyní a stravoven, odpad ze zahrad a parků, část smíšeného komunálního odpadu. [1]

Tab. č. 1: Podíl BRO v jednotlivých druzích odpadu

Kód odpadu	Název odpadu	Podíl BRO (%)
200101	Papír a lepenka	100
200108	Biologicky rozložitelný odpad ze stravoven	100
200110	Oděvy	75
200111	Textilní materiály	75
200138	Dřevo	100
200201	BRO ze zahrad	100
200301	Smíšený KO	48
200302	Odpad z tržišť	75
200307	Objemný odpad	30

Zdroj: Metodika MŽP, Strategie rozvoje nakládání s odpady v obcích a městech ČR, 2008

Zpracování BRO kompostováním pro výrobu bioplynu, energetické či jiné využití se stává nedílnou součástí budování integrovaných systémů nakládání s odpady.

Hlavním důvodem pro zpracování bioodpadů je omezení jejich ukládání na skládky z důvodů zabránění produkce skleníkových plynů a zpomalování nastupující klimatické změny. Bioodpady obsahují nejen organické látky, ale i rostlinné živiny (zejména dusík, fosfor, draslík) a je účelné je uvádět zpět do přírodního koloběhu zpracované jako organické hnojivo (kompost, digestát), nebo různé substráty pro pěstování rostlin (zahradnický, rekultivační, lesnický) nebo pro úpravu terénu. Další možnosti látkového využití rostlinných bioodpadů jsou ve výrobě stavebních a izolačních hmot, kompozitních materiálů nahrazujících dřevo, ale mohou sloužit k výrobě alternativních uhlovodíkových paliv. [2]

2.1.1. Sběr biologicky rozložitelného odpadu

Cílem sběru BRO je jeho odklon od skládkování. Kvalita a způsob použití výsledných produktů po zpracování BRO závisí na kvalitě vstupní suroviny. Doporučuje se kompostovat výhradně BRO získaný odděleným sběrem. Při sběru z průmyslu, zemědělství či lesnictví nejsou s čistotou odpadu výraznější problémy a sběr se provádí na základě konkrétních dohod. [2] Při sběru od občanů je čistota závislá především na použitém systému sběru a kvalitě jeho provozu, proto je důležité se orientovat na rozvoj technologií k využívání směsného komunálního odpadu a objemného odpadu. Důležitými doplňkovými metodami využití bioodpadů rostlinného původu jsou různé formy kompostování, pro využití bioodpadů i živočišného původu se jedná zejména o anaerobní digesci v bioplynových stanicích a případně další technologie. Sběr se provádí donáškovým nebo odvozovým způsobem.

Způsob a organizace sběru podstatně ovlivňují kvalitu a množství získaného materiálu. Zároveň ovlivňují požadavky na technické vybavení pro úpravu sebraného bioodpadu při následném zpracování. [1]

Zavedení odděleného sběru bioodpadu je spojeno s následujícími požadavky:

- co nejširší účast občanů na třídění,
- zvážením místních podmínek sběru (sociální struktura obyvatel a druhy zástavby),
- znalostmi o množství a místech produkce bioodpadu na území obce,
- zkušebním zavedením odděleného sběru,
- prováděním pravidelného hodnocení účinnosti a kvality sběru a jeho optimalizace,
- prováděním analýz kontaminace sebraného bioodpadu,
- zkoumáním cest odbytu kompostu a využití zbytkové frakce,
- analýzou nákladů sběru. [2]

2.1.2. Využitelné druhy komunálního bioodpadu [1]

Zdroje výskytu komunálního bioodpadu představují především:

Kompostovatelný odpad z údržby zeleně

Kvantitativně nejvýznamnějším odpadem z veřejné i soukromé zeleně je tráva, sezóně vyskytujícím odpadem je listí, důležitým doplňkem surovinové skladby kompostů je dřevní štěpka z průřezu dřevin, dalšími využitelnými materiály jsou odpady z květinových záhonů, upravené odpady ze hřbitovů, zvláštní odpad z expanzivních vytrvalých bylin (např. křídlatka sachalinská nebo japonská).

Bioodpad z domácností

Základem odděleně sbíraného bioodpadu z domácností jsou běžné kuchyňské odpady. Za vhodný materiál pro kompostování se považují zbytky zeleniny, ovoce, potravin, kávové sedliny, čaje vaječné skořápky, papírové utěrky, piliny hobliny, popel ze dřeva, peří. Společně s bioodpadem z domácností je sbírán i odpad ze zahrad soukromých vlastníků.

Odpad papíru z domácností

V odpadu z domácností je určitý podíl papíru, který vzhledem k jeho znečištění nelze recyklovat klasickým způsobem. Při průmyslovém kompostování nemá toto znečištění podstatný vliv na kvalitu kompostu, neboť se nejedná o toxické látky. Naopak papír do 10% hmotnosti vstupních surovin působí při kompostování pozitivně.

Specifické bioodpady z obcí

Za specifické lze považovat bioodpady z některých živnostenských provozů. Jedná se zejména o odpady z obchodů s květinami, pekáren a obchodů s potravinami, odpady z restauračních zařízení a hotelů, ale i školních a firemních jídelen z tržišť a tržnic. Bioodpad z veřejného stravování je nutné zpracovat v zařízení, které zajistí jeho hygienizaci (hygienické předpisy pro suroviny ke kompostování).

2.1.3. Nakládání s BRO [2]

Převážná část BRO je předurčena k materiálovému nebo energetickému využití. Tyto odpady obsahují rostlinné živiny a organickou hmotu, kterou je možno stabilizovat a výhodně uvádět do přírodního koloběhu jako organické hnojivo – kompost. Separovaný bioodpad se může také zpracovat metodou anaerobní digesce, jejímiž produkty jsou bioplyn a rovněž organické hnojivo.

V sortimentu BRO jsou i odpady nebezpečné. Jedná se o odpady, které jsou uvedené v „Seznamu nebezpečných odpadů“ prováděcího předpisu (Vyhláška č.381/2001 Sb., Katalog odpadů), nebo je to jakýkoliv odpad, který vykazuje jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze zákona o odpadech. Patří sem veškeré odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce. Jde například o čistírenské kaly s obsahem nebezpečných látek, veterinární bioodpady apod. Velmi často se vyskytuje u BRO jako nebezpečná vlastnost infekčnost. S touto vlastností lze definovat odpady, které obsahují životaschopné mikroorganismy nebo jejich toxiny v koncentracích nebo množstvích, o nichž je známo, nebo spolehlivě předpokládáno, že způsobují onemocnění člověka nebo jiných živých organismů. Mezi nebezpečné infekční bioodpady patří část produkce čistírenských kalů, ale též část produkce zvířecích fekálií a podestýlek. Speciální nakládání vyžadují i vedlejší produkty živočišného původu, mezi které patří jateční odpady, kafilerní odpady, kuchyňské odpady a za určitých okolností i hnůj a kejda.

2.2. Určování BRO v katalogu odpadů

BRO jsou odpady, představující cca 23% veškeré produkce odpadů. Mezi BRO patří jednotlivé druhy odpadů, které se vyskytují ve více skupinách katalogu odpadů. [2] Katalog odpadů rozděluje odpady do 20 skupin odpadů a dále na odpady nebezpečné (NO) a ostatní (OO). BRO se vyskytují napříč celou touto tabulkou a to ve skupinách:

- 020000 – Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin

- 030000 – Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, Papíru a lepenky
- 040000 – Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu
- 100000 – Odpady z tepelných procesů
- 150000 – Odpadní obaly
- 160000 – Odpady v tomto katalogu jinak neurčené
- 170000 – Stavební a demoliční odpady
- 190000 – Odpady ze zařízení na zpracování odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely

Celou tabulku nebudeme uvádět z důvodu její rozsáhlosti, a je obsahem vyhlášky č.381/2001 Sb. v rámci zákona č.185/2001 o odpadech.

Postup pro zařazování odpadů podle Katalogu odpadů

Původce odpadů a oprávněná osoba odpady zařazují pod šestimístná katalogová čísla druhů odpadů uvedená v Katalogu odpadů, v nichž prvé dvojčíslí označuje skupinu odpadů, druhé dvojčíslí podskupinu odpadů a třetí dvojčíslí druh odpadu. Při tomto zařazování postupují následujícím způsobem:

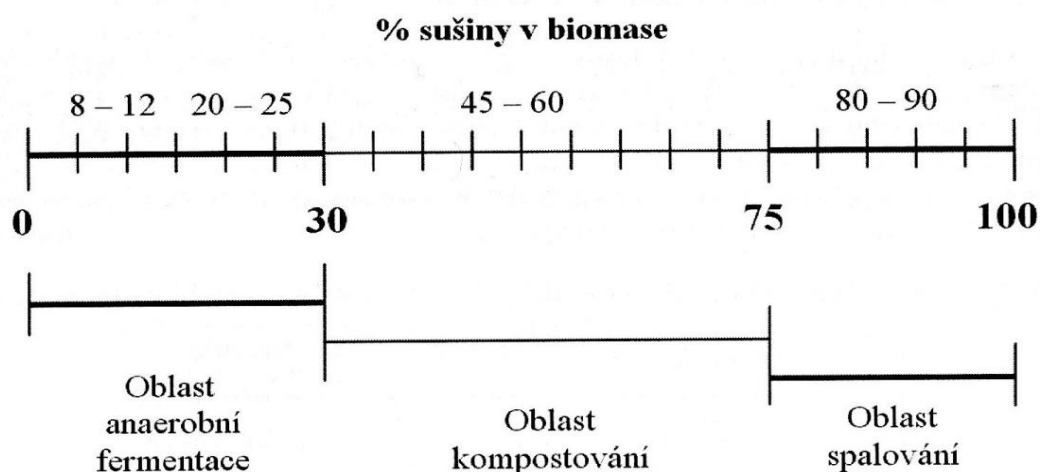
- a) podle odvětví, oboru nebo technologického procesu, v němž odpad vzniká, se nejdříve vyhledá odpovídající skupina, uvnitř skupiny potom podskupina odpadu. V dané podskupině se vyhledá název druhu odpadu s příslušným katalogovým číslem. Uvnitř podskupiny je nutné volit určitější značení odpadu před obecným.
- b) pokud pro určitý odpad nelze v Katalogu odpadů nalézt odpovídající katalogové číslo odpadu ve skupinách 01 až 12 a 17 až 20, hledá se katalogové číslo pro daný odpad ve skupinách 13 až 15 Katalogu odpadů.
- c) pokud nenalezneme žádné vhodné katalogové číslo ani ve skupinách 13, 14, a 15, tak hledáme katalogové číslo pro daný odpad ve skupině 16. [3]

2.3. Způsoby přeměny BRO

V této kapitole se zaměřím na výčet možných technologií pro využití biomasy jako celku, včetně způsobů, které jsou vhodné pro zpracování jednotlivých druhů BRO. Způsob využití biomasy je do značné míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Velmi důležitým parametrem je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. Hodnota 50% sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi procesy (obsah sušiny je menší než 50%) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50%).

Následující graf znázorňuje způsoby zpracování biomasy ve vlhkostním spektru.

Tab. č. 2: Zobrazení způsobu zpracování biomasy ve vlhkostním spektru



Zdroj: Altman V., Vaculík P., Mimra M., Technika pro zpracování komunálního odpadu

2.3.1. Termické způsoby využití bioodpadů

Spalování bioodpadů

K přímému spalování jsou vhodné BRO, jejichž výhřevnost je vyšší než $7\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$. K takzvanému spolužalování s uhlím jsou vhodné zbytky ze zemědělské prvovýroby (sláma obilnin a olejnin) včetně průřezů ze sadů a vinic, lesní odpady, zpracovatelský odpad dřevařského a celulózo-papírenského průmyslu, komunální a zpracovatelské bioodpady. Spalitelné bioodpady spolu s cíleně pěstovanými energetickými rostlinami jsou označovány jako energeticky využitelná biomasa. [2] Dle NV 146/2007 Sb. biomasou pro účely spalování je rozuměn produkt, který je tvořen zcela nebo z části z rostlinného materiálu pocházejícího ze zemědělství nebo

lesnictví a který lze použít jako palivo za účelem získání jeho energetického obsahu. [4]

Hodnota odpadní biomasy jako paliva

Výhřevnost dřeva, slámy a dalších rostlinných paliv kolísá podle druhu dřeva (rostliny) a vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější. Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou snižuje svůj obsah vody na 20% v průběhu jednoho roku. Řepková sláma za stejných podmínek na 13%. Obsah energie v 1kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20% hmotnosti suchého dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3 až 4,5 kWh na 1 kg dřeva. Ve snaze zachovat v dnešní době již poměrně vysokou hodnotu účinnosti zařízení pro spalování odpadů biomasy (u dřevní hmoty více jak 70%, u slámy více než 80%) je nutné spalovat tuto hmotu při její určité vlhkosti. U dřevní hmoty se doporučuje vlhkost pro spalování 20-30% u slámy 15-20%. [2]

Tab. č.3: Vliv vlhkosti paliva na měrnou hodnotu

Druh paliva	Obsah vody (%)	Výhřevnost (MJ.kg⁻¹)	Objemová hmotnost volně ložená (kg.m⁻³)
Polena (měkké dřevo)	0	18,56	355
	10	16,4	375
	20	14,28	400
	30	12,18	425
	40	10,10	450
	50	8,1	530
Dřevní štěpka	10	16,40	170
	20	14,28	190
	30	12,18	210
	40	10,10	225
Sláma obilovin	10	15,50	102(balíky)
Sláma kukuřice	10	14,40	100(balíky)
Lněné stonky	10	16,9	140(balíky)
Sláma řepky	10	16,00	100(balíky)

Zdroj: Altman V., Vaculík P., Mimra M., Technika pro zpracování komunálního odpadu

Příprava odpadní biomasy na vhodné palivo

Proces získávání, úpravy, skladování a spalování biomasy je velmi často obtížnější a zařízení ke spalování je rozměrnější a nákladnější než u fosilních paliv. Přesto ekonomicky vychází spalování odpadní biomasy velmi příznivě, neboť palivem je zpravidla odpad hlavní produkce. Na rozdíl od fosilních paliv, které po vytěžení vyžadují zpravidla jen minimální úpravy před vlastním spalováním, je většinou nutno paliva z biomasy upravit. Podle druhu paliva se provádí úprava řezáním, sekáním, štípáním, lisováním a mletím, ale také dosoušením. Při těchto úpravách je nutné vždy vycházet z konstrukce topeniště, ve kterém bude proces spalování probíhat. [2]

Potencionální vliv na životní prostředí

Energetické využití biomasy je CO₂ neutrální – uvolňuje se pouze CO₂, který rostlina pohltila při svém růstu (nemá tedy vliv na změny klimatu), a má i další klady. Při náhradě uhlí biomasou klesá lokální znečištění vzduchu. Emise ze dřeva jsou nižší než u jiných paliv. Problematické jsou ovšem emise jemných prachových částic, zejména u malých kotlů. U větších zařízení lze spaliny filtrovat. U všech zařízení je pak nutno provádět pravidelnou kontrolu účinnosti a kotel případně seřídit, protože jinak se emise zhoršují. [5]

Technická zařízení pro spalování odpadní biomasy [2]

Kotle a topeniště na pevná biopaliva se rozdělují podle dvou základních hledisek:

- podle způsobu přidávání paliva – dávkové, plynulé
- podle druhu a tvaru paliva popř. kombinace paliv

Dalšími hledisky pro rozdělení jsou:

- tepelný výkon a jeho rozsah
- teplosměnné médium (voda, vzduch)

Podle těchto kritérií rozdělení lze technická zařízení pro spalování biomasy rozdělit do následujících skupin:

- dřevozplynující kotel s výkonem 20-100kW pro rodinné domky a menší budovy
- automatické kotle na spalování dřevní štěpky a pelet s tepelným výkonem 100-600 (1000 kW) pro větší budovy a menší komplexy budov
- automatické kotle na spalování rozpojené slámy s výkonem od 300 do 1800 kW pro vytápění skupiny budov nebo menších obcí.

Zplynování bioodpadů a biomasy

Výsledkem procesu zplynování je vznik hořlavého plynu, který lze využít jako zdroj energie. Tento plyn obsahuje hořlavinu (8-15% CO, 4-8% CH₄ a 8-12% H₂), dále interní plyny (11-18% CO₂, 7-15% H₂O a zbytek N₂). Procentuální zastoupení představuje objemové složení. Výhřevnost tohoto plynu je 4-6MJ.m⁻³.

Problémem zplynování biomasy je vznik cca 5% dehtů a problematické využití tuhého zbytku pro biozplynování. Touto technologií lze zplynit i obtížně spalitelné materiály (např. travní fytoomasu). Při zplynování lze hořlavý plyn využít pro hořáky různých topných systémů jako palivo. [2]

Teoretický výpočet a zkušenosti z méně výkonného experimentálního zařízení při využití technologie zplyňování ukazují, že použití dřevěné biomasy dává možnost větší účinnosti, a to zejména pokud by byla použita jako primární zdroj energie v kogeneračních jednotkách. [6]

Kogeneračně je možno hořlavý plyn využít v plynovém motoru nebo mikroturbíně. Při kogeneračním využití je možné získat z energie hořlavého plynu třetinu elektrické energie a dvě třetiny tepla. Velká možnost využití technologie zplynování je v cementárnách a vápenkách. V ČR se uplatňuje technologie „Biofluid“. [2]

Odpadní biomasa vhodná pro biozplynování

Bioplyn je možné získávat z řas, chaluh, vodního hyacintu, zemědělských plodin, dřevin a z veškerého fytoodpadu. Anaerobní vyhnívání lze považovat za jeden

z nejlepších způsobů nakládání s odpady z ovoce a zeleniny, a to nejen pro získávání metanu, ale i pro produkci stabilizované nepáchnoucí organické hmoty. [2]

Mezi další způsoby termického využití biodpadů patří:

- Pyrolýzní procesy a rychlá pyrolýza s výrobou biooleje
- Spalování kalů v cementárnách
- Výroba vodíku z biodpadů a biomasy termochemickými procesy
- Pyrolýza biomasy s vedlejšími produkty

2.3.2. Biologické způsoby využití biodpadů

Mezi biologické způsoby využití biodpadů patří technologie aerobní, anaerobní a vícestupňové technologie kombinované. Mezi anaerobní technologie patří i postupy kvasné za účelem získání alkoholů. [2]

1) Aerobní technologie pro využití biodpadů

Kompostování

Nejznámějším postupem aerobního zpracování biodpadů je kompostování, které je prováděno s cílem získání stabilizovaného produktu obsahujícího humusové látky. Takový kompost se v půdě pomalu mineralizuje a zabezpečuje půdní úrodnost, zlepšuje půdní hydrolimity a zvyšuje účinnost minerálních hnojiv. [2]

Kompost je částečně se rozkládající organickou hmotu. Je tmavý a snadno se rozpadá a má zemitou vůni. Je vytvořen pomocí biologických procesů, při kterých v půdě žijící organismy rozkládají rostlinné tkáně. Rozklad je kompletní, pokud se kompost přeměnil na tmavě hnědý sypký materiál s názvem humus. Procesy probíhající v kompostu jsou podobné těm, které rozkládají organickou hmotu v půdě. Nicméně, k rozkladu dochází mnohem rychleji v kompostu, protože prostředí může být ideální pro činnost mikrobů. [7]

Kompostováním lze efektivně využít zemědělské odpady, komunální odpady a odpady z obce. Tříděním při jejich vzniku přímo v domácnosti nebo provozovně je možno ušetřit náklady na odvoz a likvidaci těchto odpadů a získat levně značné hnojivé hodnoty. [8]

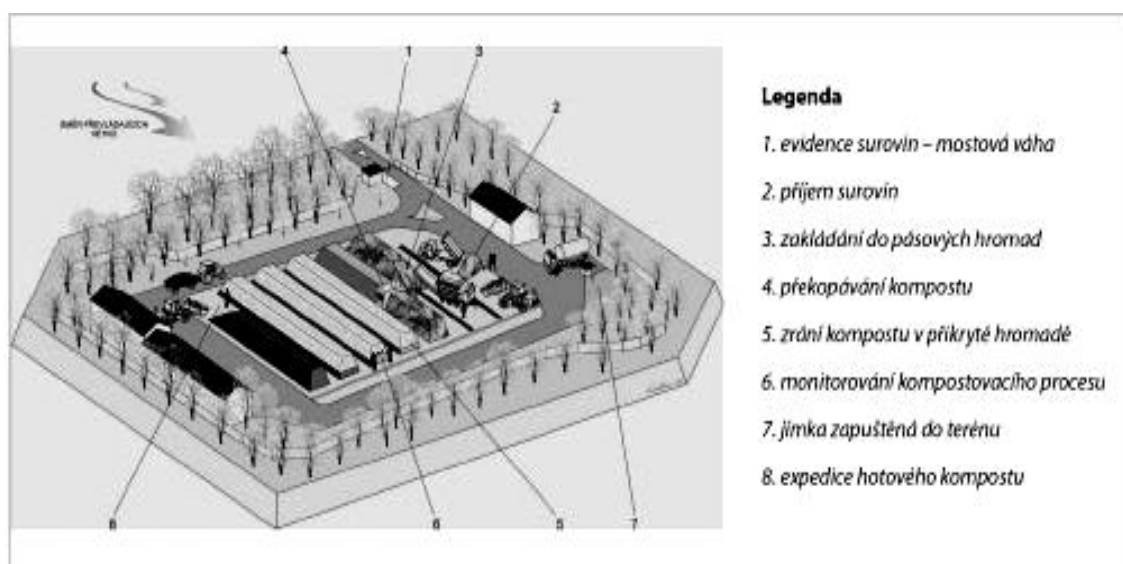
Klasické aerobní kompostování je vhodné zejména pro odpady rostlinného původu a provádí se následujícími způsoby:

- kompostování v pásových hromadách
- kompostování v kompostových zakládkách (dle ČSN 465735)
- intenzivní kompostování v boxech nebo žlabech
- intenzivní kompostování v biofermentorech
- intenzivní kompostování ve vozících (Air-Bag kompostování)
- intenzivní kompostování v aktivně nebo pasivně provzdušněných zakládkách [2]

Kompostování v pásových hromadách

Jde o technologii, při které jsou kompostované suroviny zakládány do pásových hromad, trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu, na zabezpečených plochách se speciálními požadavky. Délka hromad je omezena velikostí těchto disponibilních ploch. Celková velikost a profil pásové hromady spolu úzce souvisí a do značné míry na nich závisí i velikost použité mechanizace, zejména šířky záběru překopávače kompostu. Podle kvality zabezpečení kompostovací plochy (zamezení ohrožení a přímé kontaminace povrchových a podzemních vod) a podle množství kompostovaných surovin, lze porovnat kompostování na kompostovišti nebo na průmyslové kompostárně. Pro provozování kompostoviště se počítá se zpevněnou plochou s roční produkcí kompostu 50 až 500t, zatímco pro provoz průmyslové kompostárny je vyžadována vodohospodářsky zabezpečená plocha s roční produkcí kompostu minimálně 500t. [9]

Obrázek č. 1: Kompostování na volné ploše v pásových hromadách



Zdroj: Altman V., Vaculík P., Mimra M., Technika pro zpracování komunálního odpadu

Vermikompostování neboli výroba biohumusu

Jako vermikompost označujeme kompost, který vzniká při přepracování kompostovaných látek žížalami. Po vysušení má vermikompost vzhled jemné lesní půdy. Třebaže neobsahuje žádné minerální částice, jeho předností je značná vodní kapacita a velký počet mikroorganismů, jež kladně ovlivňují životní funkce rostlin. [10] Technologie vermikompostování se v posledních letech začala rozvíjet po celém světě. Kompost, získaný s pomocí žížal dosahuje vyššího stupně přeměny organické hmoty odpadů než běžné komposty. V našich podmínkách se pro toto kompostování využívá druh *Eisenia Foetida* – kalifornský červený hybrid s vysokou produktivností a plodností. V optimálních podmínkách je možno chov dvojnásobně zreprodukovat za 3 měsíce. Dospělý červ spotřebuje denně tolik krmiva, co sám váží a z něj vyrobí 60% biohumusu a 40% využije pro vlastní metabolismus.

Nejcennější částice vyrobeného vermikompostu obsahuje až 35% humusových látek s významným zastoupením nejúčinnějších huminových kyselin a její agronomická účinnost je podle literárních údajů 60-70x vyšší než u běžných kompostů. Pro vermikompostování je výhodná přítomnost hnoje domácích zvířat, zejména králíků, dále je možno zpracovávat odpady ze zeleně a další odpady (čerstvé rostlinné zbytky, odpady ze zeleniny a ovoce, ale i navlhčený papír nebo kartón). [2]

Výroba tuhých alternativních biopaliv metodou biologického sušení

V zahraničí, zejména v SRN, je technologie biologického sušení součástí některých zařízení pro mechanicko-biologickou úpravu bioodpadů. Bioodpad projde termofilní aerobní fermentací s cílem rychlého poklesu vlhkosti a následný suchý produkt je tříděn a mechanicky upravován na suchý stabilizát, který je spolužalován v uhelných elektrárnách a teplárnách (při teplotě nad 1200°C). Tato technologie umožňuje zpracovávat bioodpady kontaminované cizorodými látkami, které jsou použitelné pro kompostování s využitím na zemědělské půdě. Pro výrobu alternativních biopaliv nesmí být bioodpady nadlimitně kontaminovány rtuť, která se při spalování uvolňuje do plynných emisí. Na některých zařízeních je získaný suchý stabilizát následně poetizován a používán k výrobě bioetanolu, případně biovodíku. V ČR je biologické sušení pro výrobu biopaliv zaměřeno především na odvodněné čistírenské kaly a na bioodpad rostlinného původu. [2]

Termofilní aerobní fermentace

Termofilní aerobní fermentace se liší od procesu klasického kompostování tím, že jde jen o první fázi komponovacího procesu – termofilní hydrolýzu a hygienizaci v průběhu 3 až 6 dnů trvání procesu. Poté je fermentát použit jako organicko – minerální hnojivo. Pro zpracování bioodpadů technologií termofilní aerobní fermentace jsou zvláště vhodné bioodpady z chovů drůbeže, zejména podestýlky.

Výše uvedeným způsobem dochází v podmínkách technologického prostředí k úpravě vstupních biologických surovin směrem k lépe přírodně využitelným látkám a rovněž k vázání, popř. k významné transformaci takových látek a jejich perkursorů, které by mohly zatěžovat prostředí neúnosným zápachem (amoniak, aminy, sulfany, merkaptany apod.).

Technologiemi podobnými aerobní termofilní fermentaci se vyrábějí náhradní nebo tzv. nastavované žampionové substráty při nedostatku koňského hnoje. K tomu je zvláště výhodný drůbeží, případně ovčí trus, vzhledem k vysokému obsahu dusíkatých látek a k přítomnosti dobře využitelných zbytků krmiv. [2]

Princip zpracování

Směs biologicky rozložitelných odpadů a strukturální (nasákavé) biomasy se naskladní do pracovní části fermentoru. Optimální vlhkost zakládky (50 – 60%) a dostupnost vzdušného kyslíku aktivuje metabolický aparát aerobních bakterií. Aerací a překopáváním uvnitř fermentoru dochází k provzdušňování zakládky. Vysoká úroveň metabolické aktivity a současné množení bakterií se navenek projevuje zvyšováním teploty zakládky. Za stejných podmínek probíhá v celém profilu zakládky intenzivní termofilní aerobní fermentace, čímž se urychlují kompostovací procesy. Složité organické látky se rozkládají a přeměňují se v jiné. Díky optimálním podmínkám probíhá ve fermentoru bouřlivá biologická oxidace. Teplota v zakládce se zvyšuje nad 70°C a dochází k postupné denaturaci bílkovin. Vysoké teploty v zakládce po definovanou dobu způsobují inaktivaci přítomných mikroobů a patogenních organismů (viry, bakterie, kvasinky, plísně, prvoci, červi). Tento proces se nazývá aerobní termofilní stabilizace a hygienizace zakládky. Působením vysoké teploty se snižuje množství mikroorganismů a semena plevelů ztrácejí svou klíčivost. Tato fáze trvá minimálně 48 hodin od založení zakládky. Výsledkem je kompost k agrotechnickému využití o vlhkosti 40 - 45%, který lze ihned expedovat nebo nechat dozrát na vhodné ploše. [11]

Úprava ABP aerobní fermentací [2]

Mezi bioodpady patří i vedlejší živočišné produkty, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu (ABP-animal by-products). Nakládání s ABP určuje „Nařízení Evropského Parlamentu a Rady č.1774/2002“. Mezi ABP patří jako materiál 2. Kategorie rizikovosti i zvířecí fekálie včetně slámatého hnoje, obsahu žaludků a střev, dále čistírenské kaly z jatek včetně shrabků z roštů. Mezi ABP 3. Kategorie patří zejména nerizikové jateční odpady, odpady z líhni drůbeže a veškerý kuchyňský odpad s výjimkou kuchyňského odpadu z mezinárodní přepravy, který patří do nejrizikovější 1. Kategorie. Do 1. Kategorie patří též materiály představující riziko přenosné BSE – Bovinní spongiformní encefalopatie).

U nás ABP zpracovávají především bioplynové stanice. Kompostování zatím není povoleno státním zdravotním ústavem.

2) Anaerobní technologie pro využití bioodpadů

Klasické technologie anaerobní digesce prováděné ve vyhřívaných míchaných fermentorech v suspenzích v rozmezí 10-15% sušiny jsou v ČR běžně využívané. Odpadní biomasa se vyskytuje ve formě „suché“ (např. dřevo) a „mokrě“ (např. kejda) a od tohoto faktu se odvíjejí dvě základní technologie zpracování:

- suché procesy (termochemická přeměna)
 - spalování
 - zplynování
- mokré procesy (biochemická přeměna)
 - fermentace (produkce etanolu)
 - anaerobní vyhnívání (produkce bioplynu)

Zůstávají-li organické látky bez přístupu vzduchu (jsou rozkládány bakteriemi) vytváří se bioplyn. Bioplyn se skládá především z metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2) v poměru cca 6:4 a dalších látek, jako jsou oxid siřičitý (SO_2), vodík, kyslík a dusík. Proměnlivou složkou bioplynu je vodní pára (H_2O).

Zmiňované anaerobní podmínky se nacházejí např. na všech skládkách odpadů. Metan je kvalitní palivo. Stačí pouze nechat organický odpad vyhnít v zavřených nádobách a využívat plyn. Vyhnívací nádrže nebo zařízení na získávání bioplynu se nacházejí u všech moderních čistících zařízení. Lze se s nimi setkat i na farmách u jímek na tekuté výkaly, popř. chlévskou mrvu.

Zařízení na získávání bioplynu mají oproti řepkovému oleji nebo etanolu jednu rozhodující přednost. K získávání této energie může být využita odpadní biomasa, která by se musela odstraňovat jiným způsobem. Odpadá přitom také nárok na energii, potřebnou pro pěstování energetických plodin. [2]

Abychom vyhověli požadavkům státní zdravotnické zprávy je nutné digestát pro hnojení kompostovat v pásových hromadách. Při kompostování musíme upravit poměr C:N dle rozboru.

2.3.3. Ostatní způsoby využití bioodpadů

Stavební materiály z bioodpadů a přírodních obnovitelných zdrojů druhotných surovin

Přírodními materiály z obnovitelných zdrojů se rozumí technologicky zušlechťené organické hmoty rostlinného původu. Pokud je použita surovina zároveň vedlejším produktem jiné výroby, kterou lze charakterizovat odpadní druhotnou surovinou, lze zároveň hovořit o racionálním využívání odpadních látek. Průzkumy týkající se využívání stavebních hmot vyrobených z přírodních obnovitelných surovin ukázaly, že přírodní materiály většinou vykazují o něco méně příznivé mechanicko fyzikální vlastnosti. Bylo také prokázáno, že tyto nedostatky mohou být v praxi vyváženy vysokou úrovní ostatních užitečných vlastností.

Nízká tepelná vodivost suchých materiálů (je velmi důležité zamezit zvlhnutí, při němž dochází ke ztrátě požadovaných vlastností) a vláknitý charakter většiny rostlinných látek přispívají, po zabudování materiálu do konstrukce vnějšího pláště stavby, k výraznému zlepšení jeho tepelně-izolačních vlastností. [2]

Přírodní materiály rostlinného původu jsou obecně propustné pro vodní páru a mohou akumulovat jisté množství vlhkosti sorpcí ze vzduchu. Příznivou vlastností rostlinné hmoty a odvozených materiálů je schopnost absorbovat vlhkost do vnitřního pórového systému při zvýšené vlhkosti vzduchu a při snížení vlhkosti vzduchu ji naopak pozvolna uvolňovat za zvyšování vlhkosti vzduchu. Tento mechanismus příznivě ovlivňuje vlastnosti mikroklimatu uvnitř objektu z hlediska vlhkosti vzduchu v interiéru zejména v zimním období, kdy může docházet u některých budov k dlouhodobému snížení vlhkosti vzduchu v interiéru objektu. [12]

Jako surovinu pro výrobu stavebních materiálů lze v podstatě využít druhotné produkty ze zemědělské nebo průmyslové výroby (slámu, dřevní štěpku, kokosová vlákna, korkovou drť, dřevěné hobliny, chemicky upravenou travní fytomasu apod.). Jejich využití ve stavebních materiálech lze proto chápat jako využití odpadů.

Tradičním stavebním materiálem z obnovitelných přírodních zdrojů je dřevo. Kromě tradičního použití řezaného dřeva se na stavební účely využívá dřevní odpad a to jak z těžby, tak i ze zpracování, včetně kůrové a kůrodřevní hmoty. Vyrábějí se zejména desky z dřevitých částic spojených silikátovými pojivy. Při výrobě a zpracování řeziva vzniká z prvotního dřevitého materiálu, ve fázi opracování (řezání, broušení,

hoblování) na konstrukční výrobky, značné množství částic (partikulárních odpadů). Některé typy těchto zhodnocených odpadů lze často s úspěchem použít pro výrobu nových stavebních materiálů. Ze zahraničí jsou známy např. snahy o výrobu tepelně izolačních materiálů z odpadních hoblin nebo lze dřevité částice přidávat jako lehké plnivo betonu.

K obnovitelným přírodním surovinám, potenciálně využitelným ve stavebnictví lze přiřadit i ovčí vlnu, byť se jedná o produkt živočišné výroby. Ovčí vlna je dostupná ve formě vaty k ucpávání konstrukčních dutin nebo ve formě izolačních rohoží. [2]

Využití slámy ve stavebnictví

Sláma je přírodní obnovitelnou surovinou jejíž použití ve stavebnictví zažívá v poslední době určitou renesanci. Sláma je produkt vznikající při pěstování obilí, lze ji většinou získat jako odpadní produkt zemědělství, proto lze její využívání ve stavebnictví chápat jako zužitkování druhotné suroviny. [12]

Tradiční bylo použití slámy v doškových střeších, ke zhotovování nepálených cihel „vepřovic“, navíc přes zimu na půdě uskladněná sláma stavení tepelně izolovala. Pro současnou výstavbu lze využít slaměné balíky. Sláma se v zemědělství lisuje do balíků z důvodu lepší skladovatelnosti a manipulace. Tyto balíky byly v několika případech bez dalších úprav přímo využity na stavbách. Při stavbě rodinných domků se dají využít rozličným způsobem, například jako výplň dřevěného skeletu, dodatečná tepelná izolace zděné stavby nebo k izolaci stropů či střech. Nelze je však použít jako materiál pro zhotovování nosných částí budov. Konstrukční vrstva slámy se musí vždy spolehlivě oddělit od všech zdrojů vlhkosti a souvisle uzavřít další materiálovou vrstvou, např. omítkou nebo obkladem, které mj. eliminují její hořlavost. Použití balíků je vhodné spíše pro malé stavby. [2]

Slaměné panely ve stavebnictví

Hlavní surovinou pro výrobu slaměných panelů je pšeničná sláma. Jádro desky tvoří slisovaná sláma. Povrch panelů je opatřen kartonem z recyklovaného papíru spojeným k slaměnému jádru přírodním lepidlem. Do lisované slámy se přidávají přísady pro zlepšení vlastností panelů a proti hlodavcům. Lisování slámy do kompaktní podoby desky probíhá ve speciálním tvářecím lisu za vysokého tlaku a teploty. Všechny materiály používané k výrobě desek jsou hygienicky nezávadné a

svůj původ mají v obnovitelných přírodních zdrojích. Široká použitelnost slaměných desek ve stavebnictví umožňuje jejich aplikaci k výrobě interiérových příček, stropních pohledů, pro řešení půdních vestaveb, opláštění dřevěných skeletů apod. Obecně je lze často použít místo sádkartonových desek, OSB desek nebo dřevotřískových desek. [2]

Základní vlastnosti u nás dostupných slaměných panelů jsou následující:

- standardní rozměry 2600 x 1200 x 60 mm (délka, šířka, tloušťka)
- průměrné měrné hmotnosti:
 - 24 kg/m² - plošná hmotnost,
 - 398 kg/m³ - objemová hmotnost,
 - 74 kg - hmotnost st. panelu,
- průměrný součinitel tepelné vodivosti: $\lambda = 0,102 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$,
- součinitel prostupu tepla panelu $U = 1,69 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ ($R = 0,59 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$),
- průměrný difúzní odpor $R_d = 4,3.10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ (resp. $r_d = 0,8 \text{ m}$, $\mu = 13$),
- akustický útlum panelu 27dB. [12]

Slaměné panely lze s výhodou použít k opláštění dřevěného nosného skeletu montovaných staveb. V ČR bylo realizováno několik takových staveb RD. Nosnou konstrukci obvodových stěn tvoří dřevěný skelet, který je z obou stran opláštěn slaměnými panely. Prostor mezi panely je vyplněn tepelnou izolací z minerální vlny. Povrch panelů bývá opatřen standardní povrchovou úpravou stěn. [2]

Obrázek č. 2: Panel ze slaměných vláken



Obrázek č. 3: Dům opláštěný slaměnými deskami



Zdroj: www.tzb-info.cz

Zpracování travní fytomasy na biodegradabilní obaly

Lisování travní fytomasy s obsahem cca 19% sušiny se provádí na hydraulickém lisu, přičemž vylisovaná šťáva obsahuje cca 5,5% sušiny a filtrační koláč 33% sušiny. Filtrační koláč obsahuje vedle celulózy a škrobu hodnotná barviva, léčivé látky a další fenolické a polyfenolické látky. Vylisovaná šťáva obsahuje cukry, proteiny, aminokyseliny, organické kyseliny, barviva, enzymy, suroviny pro výrobu léků a minerální látky. Další produkty jsou získávány z vylisované šťávy fermentačně (kyselina mléčná, lyzin aj.). Z vlákniny složené z koláče filtračního lisu se vyrábí biodegradovatelná hmota Prenacel sloužící např. k výrobě biodegradabilních obalů. [2]

Výroba bionafty z odpadních hmot

Bionafta se z pravidla vyrábí esterifikací rostlinných olejů. Při esterifikaci dochází působením jednoduchých alkoholů (etanol, metanol) za přítomnosti vhodného katalyzátoru (hydroxid dusný, sodný) k substituci glycerinu alkoholem a k jeho vazbě se zbytkem mastné kyseliny na estery. Esterifikaci je možné provádět kontinuálně ve velkých zařízeních nebo v malých vsázkových reaktorech 1500 l a méně. V těchto malých zařízeních se zpracovávají i odpady z rostlinných olejů (zejména z fritéz, z výroby bramborových chipsů aj.), a to stejnou technologií jako je při zpracování triglyceridů (řepkový olej). Bionaftu je možno připravovat ze živočišných tuků, např. kafilerních tuků nebo tuků z kuchyňských lapolů, případně tuků získaných z těl zvířat při hromadných nákazách a opatřeních (BSE). [2]

Výroba rekultivačních substrátů a mulčů z odpadů celulózo-papírenského průmyslu

Jedná se o různě připravované směsi tří druhů bioodpadů:

- krátké celulózařské vlákno (primární kal)
- biologický papírenský kal
- stromová kůra ze suchého odkornění

Krátká celulózová vlákna jsou specifickým odpadem celulózo-papírenského průmyslu. Jejich vlastnosti neumožňují další využití při výrobě. Jsou, kromě dusíku, nositelem základních živin a organických látek důležitých pro výživu půdní

mikroflóry a výchozím materiálem pro tvorbu humusu. Mimo jiné jsou vhodná jako mulčovací materiály.

Biologické kaly jsou směsí zbytkových vláken a mikroorganismů vznikajících ve vodném prostředí v aerobních podmínkách. Při čištění odpadních vod se organické znečištění přeměňuje z části na novou buněčnou biomasu. Biologický kal představuje stabilní, pro svůj původ ekologicky přístupný, zdroj organicky vázaných živin.

Kůra ze suchého odkornění je specifickým bioodpadem. Obsahuje asi 30% podíl dřevní hmoty. Pro další využívání se používají tříděné frakce podle specifické spotřeby. Je vhodná buď jako mulčovací materiál nebo jako směsný substrát pro využití organických hmot pro přímé použití nebo kompostování. [2]

Mechanicko-fyzikální postupy zpracování vhodných bioodpadů a dalších hmot na biopalivo

Pevná biopaliva mohou mít podle druhu původu, místa vzniku a doby sklizně desítky různých forem, struktur, obsahu vody a výhřevnosti. Přesto je možno jejich základní kvalifikaci soustředit do několika skupin. [2]

Zajišťování dostatku energetické biomasy spočívá ve využívání všech forem a způsobů jejího shromažďování a uplatňování. Dřevní či lesní odpady, nebo sláma jako vedlejší produkt zemědělství jsou materiály, které je třeba využívat v první řadě, neboť jsou nepochybně méně nákladné, než přímá záměrná produkce biomasy. Pro získání potřebného množství biomasy se ale bez cíleného pěstování vybraných energetických bylin neobejdeme. [13]

K výrobě komprimovaných biopaliv může sloužit celý sortiment vhodných bioodpadů nebo směsí těchto bioodpadů. Jde zejména o dřevní odpad (zejména odpady pilařské a truhlářské), stromovou kůru a další rostlinné tkáně. Složkou komprimovaných biopaliv se může stát masokostní moučka, pokrutiny, upravené papírové kaly, papír z občanského sběru (obaly, znehodnocené bankovky). Do fytopaliv mohou vstupovat jako komponenty rašelina, uhelný prach, ale i nehodnotné obilí, pecky z pálenice apod. V zahraničí se často uplatňují zbytky po chemické extrakci olivových pochutin, pazdeří a veškerá sláma. V SRN se používá pojízdný briketovací stroj, který vyrábí slámové brikety přímo na poli po sklizni, s výkonem cca 5 t.hod⁻¹.

Cílem úpravy a vytváření vhodných směsí z bioodpadů a dalších hmot je zajistit, aby biopalivo mělo optimální hodnotu energie, optimální poměr C:N, minimální emise CO a No_x. [2]

3. CÍL PRÁCE – Návrh kompostárny v Chýnově

Hlavním účelem této práce je přeměna biologicky rozložitelných odpadů, které vznikají na území města, což je obec ze zákona povinna zajistit a zvýšení podílu separovaného odpadu v produkci odpadů z území města.

Hlavním cílem je návrh kompostárny, kde se bude tento BRO zpracovávat, její umístění a technické vybavení.

4. METODIKA

4.1. Informace o spádové oblasti

Město Chýnov se nachází v Jihočeském kraji, asi 10 km východně od města Tábor. První písemná zmínka o Chýnově v Kosmově Kronice české se váže k roku 981. Chýnov byl spolu s Doudleby a Netolicemi pomezním hradem panství knížete Slavníka na ochranu proti Rakousům. Město Chýnov má v současné době pět místních částí, a to Chýnov, Záhostice, Kloužovice, Velmovice a Dobronice u Chýnova. Celkový počet trvale hlášených obyvatel k 31. 3. 2011 je 2357. Podle čísel popisných je v Chýnově 538, v Záhosticích 56, v Kloužovicích 72, ve Velmovicích 30 a v Dobronicích 71 domů. Kromě čísel popisných je v Chýnově a jeho částech několik desítek čísel evidenčních. [14]

4.2. Výběr vhodného místa kompostárny

Při výběru vhodného místa má být zohledněno množství a druhy využitelných bioodpadů, zpracovány receptury zakládek event. kapacitní propočty. Umístění kompostárny má být řešeno s ohledem na problematiku svozu bioodpadu a na jejich nejvýznamnější producenty v regionu.

Při hledání vhodné lokality pro umístění kompostárny se využívá metoda optimálního umístění centrálního skladu. Tato modelová metoda předpokládá následující hypotézy:

- centrum lze umístit kdekoli
- umístění dodavatelů nebo odběratelů a objemy přepravy jsou neměnné
- doprava je kyvadlová
- náklady na dopravu jsou úměrné objemu přepravy a vzdušné vzdálenosti
- cílem je umístění skladu s minimálními náklady na dopravu

Model odpovídající hypotéze se označuje jako „Steinerův-Weberův problém“ a v praxi se zjednodušuje aproximací, při které se hledá těžiště plochy. [15]

4.3. Návrh plochy kompostárny

Stavba kompostárny by měla být ze zpevněné vodohospodářsky zajištěné plochy, která je ohraničena hrázkami a vybavena odpadním kanálkem ústícím do akumulární jímky o objemu cca 18 m³. Na zpevněné ploše bude montovaná garáž pro techniku, buňka pro obsluhu, váha a sklad kompostu.

Celková plocha musí tedy zahrnovat:

- prostor na kompostování
- sklad kompostu a manipulační prostor
- garáž, buňka a manipulační prostor
- akumulární jímka

4.4. Návrh technologické linky

Pro tento projekt je nejvhodnější technologie kompostování v pásových hromadách. Tato technologie kompostování kontrolovaným mikrobiálním procesem (označováno jako CMC – controlled microbial composting) lze charakterizovat příznivými ekonomickými ukazateli, možností smysluplně zpracovávat zbytkovou biomasu z vlastní produkce přímo v místě jejího vzniku, obohacováním pozemků o nedostatečnou organickou hmotu a konečně i skutečností, že pro její realizaci lze využívat techniku malé a střední kategorie.

Pro výběr strojů a zařízení, potřebných pro technické zabezpečení komponovacího procesu v pásových hromadách, je vhodné vztáhnout operace k jednotlivým potřebným technologickým krokům:

- navážení materiálu a zjištění jeho množství
- příprava surovin do zakládek kompostů
- vytrídění nežádoucích příměsí
- provzdušňování a promíchávání kompostu
- prosévání hotového kompostu
- skladování, balení a expedice

Pro provedení uvedených kroků kompostovacího procesu je výhodné použít technické prostředky sestavené do komponovacích linek. Podle používání a agregace jednotlivých strojů lze kompostovací linky rozdělit na:

- linky s jedním energetickým zdrojem s řadou připojitelného nářadí
- linky sestavené z jednoúčelových strojů s vlastním pohonem
- linky sestavené v kombinaci dvou předcházejících variant[16]

4.5. Technické prostředky kompostárny

Stroje a zařízení potřebné pro zabezpečení komponovacího procesu:

Drtiče, štěpkovače

Dřevní biomasa, zakládána do komponovacích hromad, vyžaduje pro snadnější promíchání a homogenizaci kompostovaných surovin rozmělnění či rozdrčení.

Požadovaná velikost částic je dána charakterem suroviny. Obecně platí:

- čím menší jsou částice surovin, tím je větší oxidační a styčná plocha a biodegradabilní proces probíhá účinněji
- čím surovina lépe degraduje, tím větší mohou být její částice v zakládce
- čím menší částice jsou do zakládky požadovány, tím větší jsou ekonomické náklady na jejich rozmělnění

Pro stroje v obou kategoriích platí, že jsou nezbytné pro úpravu bioodpadu s převažujícím podílem odpadního dřeva pro kompostování a vždy do základního vybavení kompostovací linky patří jeden z nich. [15]

Překopávače kompostu

Překopávání kompostu je nejdůležitější pracovní operací v celém technologickém postupu řízeného kompostování. Jeho účelem je provzdušnit kompost a tím dosáhnout řízení mikrobiální činnosti. Požadavky na konstrukční řešení překopávačů vyplývají zejména z charakteru zpracovávaných surovin a z objemu produkce kompostu. Mezi nejdůležitější požadavky patří:

- kvalitní promísení a provzdušnění surovin v celé výšce překopávaného profilu
- nízká pracovní rychlost a možnost její regulace
- případně částečné rozmělnění navezených surovin
- formování překopávaných surovin do hromady rozměrově určeného profilu
- dobrá manévrovatelnou a pojezdové vlastnosti pro pohyb na pracovní ploše [15]

Prosévací zařízení

Prosévací zařízení slouží pro úpravu kompostu při vyšším podílu nerozložitelných částic. Kompostárnu je vhodné vybavit těmito prosévacími zařízeními s odpovídajícím výkonem, které umožní třídít hotový kompost na dvě i více frakcí určených k expedici nebo dalšímu zpracování v komponovacím procesu. [15]

4.6. Legislativa

Práce bude vycházet ze zákonů, předpisů, směrnic a nařízení v oblasti nakládání s odpady, zejména potom Zákon Č. 185/2001 Sb., se zkráceným názvem „Zákon o odpadech“ ve znění dalších souvisejících předpisů, Zákon č. 156/1998 se zkráceným názvem „Zákon o hnojivech“ ve znění zákona č. 308/2000 Sb., zákona č. 147/2002 Sb., a zákona č. 317/2004 Sb., dalších souvisejících předpisů: Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, Zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezování znečištění, Zákon č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí (zákon o EIA), Zákon 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Dále normy CSN 46 5735 Průmyslové komposty, Evropských směrnic 96/350/EC - Směrnice o odpadech, 99/31/EC - Směrnice o skládkování odpadů a dalších souvisejících. Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky

197/2003 Sb. kromě jiného udává maximální množství organické složky v materiálu ukládaném do skládek, s cílem snížit maximální množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky tak, aby podíl této složky činil v roce 2010 nejvíce 75% hmotnostních, v roce 2013 nejvíce 50% hmotnostních a výhledově v roce 2020 nejvíce 35% hmotnostních z celkového množství BRKO vzniklého v roce 1995.

5. VLASTNÍ PRÁCE A VÝSLEDKY

5.1. Návrh vhodného místa a technického řešení

Vhodné místo kompostárny

V případě města Chýnov, s přihlédnutím na zástavbu, síť komunikací i znalost prostředí navrhuji kompostárnu vybudovat v areálu sběrného dvora, který provozuje místní hospodářství města. Pozemek je ve vlastnictví města s vybudovanou příjezdovou komunikací a dostatečnou plochou.

Obrázek č.4: Místo pro vznik kompostárny



Zdroj: Vlastní foto

Volba technického řešení

S ohledem na velikost kompostárny a skutečnost, že město vlastní kolový traktor, bych se přiklonil k variantě linky s jedním energetickým zdrojem.

Výběr drtiče

Suroviny rozmělněné v drtiči mají poměrně velký povrch, což je pro kompostovací proces velká přednost. Vzhledem k této skutečnosti a k variantě linky s jedním energetickým zdrojem doporučuji drtič poháněný vývodovým hřídelem. Například drtič Barakuda o výkonnosti $4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Obrázek č.5: Drtič Barakuda



Zdroj: www.agromepshop.eu

Výběr překopávače

Pro tento projekt bych volil boční bubnový překopávač s malým až středním výkonem, připojitelný ke kolovému traktoru.

Obrázek č.6: Boční bubnový překopávač



Zdroj: www.agrointeg.cz

5.2. Výpočet plochy kompostárny

Sběr a zpracování BRO není ve městě zatím řešen, a proto není ani zvláště evidován. Pro výpočty tudíž použiji odhady pracovníků města a sběrného dvora. Dle odhadů činí roční produkce BRO cca 305t.

Tab.č.4: Roční produkce BRO

DRUHY BRO	Hmotnost (t)	Sušina (%)	Objemová hmotnost (t.m ³)
Tráva	130	35	0,326
Dřevní štěpka	85	40	0,267
Listí	45	30	0,326
Ostatní BRO	45	60	0.314
Celkem (Průměr)	305	41,25	0,308

Zdroj: Altman V., Vaculík P., Mimra M., Technika pro zpracování komunálního odpadu

Pro dokonalejší provzdušňování je výhodnější kompostovacího trojúhelníkového průřezu o šířce 2,5 metru a výšce 1,50 metr.

a) Množství kompostovaných surovin za rok

Podle složení zakládky v komponovacím cyklu, kdy máme dané zastoupení jednotlivých surovin a jejich hmotnost (M_1, M_2, \dots, M_i) je stanoveno celkové množství kompostovaných surovin M_c (t) za rok:

$$M_c = M_1 + M_2 + \dots + M_i \quad (t) \quad (1)$$

$$M_c = 130 + 85 + 45 + 45 \quad (2)$$

$$M_c = \mathbf{305t} \quad (3)$$

b) Objemová hmotnost výsledného kompostu

Objemová hmotnost q_s ($t \cdot m^{-3}$) výsledného kompostu (při zanedbání změn vlhkosti) se stanoví z níže uvedeného vztahu, kde q_1 až q_i jsou objemové hmotnosti jednotlivých surovin.

$$q_s = \frac{M_1 \cdot q_1 + M_2 \cdot q_2 + \dots + M_i \cdot q_i}{M_c} \quad (t \cdot m^{-3}) \quad (4)$$

$$q_s = \frac{130 \times 0,326 + 85 \times 0,267 + 45 \times 0,326 + 45 \times 0,308}{305} \quad (5)$$

$$q_s = \mathbf{0,308t \cdot m^{-3}} \quad (6)$$

c) Plocha průřezu trojúhelníkové pásové hromady

Průřez pásové hromady spočítáme jako obsah trojúhelníku, kde h je výška pásové hromady a B je šířka základny této hromady.

$$A = \frac{B \times h}{2} \quad (7)$$

$$A = \frac{2,5 \times 1,50}{2} \quad (8)$$

$$A = \mathbf{1,875 \text{ m}^2} \quad (9)$$

d) Objem kompostu připadající na 1 m² pásové hromady

Tento objem je dán poměrem obsahu průřezu hromady (A) a šířkou základny hromady (B).

$$P = \frac{A.L}{B.L} = \frac{A}{B} \quad (10)$$

$$P = \frac{1,875}{2,5} \quad (11)$$

$$P = \mathbf{0,75 \text{ m}^3} \quad (12)$$

e) Potřebná velikost kompostovací plochy

Vypočítáme dle níže uvedeného vztahu, kam dosadíme hodnoty z předešlých výpočtů a kde T udává dobu jednoho komponovacího cyklu v týdnech (v tomto případě předpokládáme 10týdnů) a číslo 30 je počet týdnů v roce kdy se skutečně kompostuje.

$$S = \frac{Mc}{qs} \cdot \frac{T}{30} \cdot \frac{1}{P} \quad (13)$$

$$S = \frac{305}{0,308} \cdot \frac{10}{30} \cdot \frac{1}{0,75} \quad (14)$$

$$S = \mathbf{435 \text{ m}^2} \quad (15)$$

Tato hodnota udává pouze vlastní plochu hromad. S ohledem na otáčení techniky musíme počítat se nárůstem plochy asi o 10%.

$$S = \mathbf{478,5 \text{ m}^2} \quad (16)$$

Dále je nutné počítat s potřebou uliček pro traktorové překopávače. Tato plocha je určena pomocí koeficientu k , který koriguje vypočtenou plochu S podle zvoleného způsobu překopávání. V tomto případě počítáme s bubnovým překopávačem taženým traktorem, pro který je koeficient $k = 1,4$

$$S_c = k \times S \quad (17)$$

$$S_c = 1,4 \times 478,5 \quad (18)$$

$$S_c = 670 \text{ m}^2 \quad (19)$$

Na závěr je nutné určit délku a počet hromad, dle dispozic v místě projektu. Vzhledem k pozemku předpokládanému na tuto kompostárnu, určíme počet hromad (n) na 4. Poté dosadíme do vzorce a vypočteme délku L .

$$L = \frac{S}{Bxn} \quad (20)$$

$$L = \frac{435}{2,5x4} \quad (21)$$

$$L = 43,5 \text{ m} \quad (22)$$

5.3. Návrh svozu BRO

Město Chýnov neorganizuje svoz BRO pro občany, pouze zajišťuje odvoz odpadů v rámci údržby veřejných prostor. Občané ukládají BRO ve vlastních kompostech, nebo mají možnost donáškového způsobu do sběrného dvora.

Vzhledem k velikosti města bych navrhl zůstat u tohoto modelu.

5.4. Parametry navrhované kompostárny

Stavba kompostárny by měla být ze zpevněné vodohospodářsky zajištěné plochy, která je ohraničena hrázkami a vybavena odpadním kanálkem ústícím do akumulární jímky o objemu cca 18 m^3 . Na zpevněné ploše bude montovaná garáž pro techniku, buňka pro obsluhu, váha a sklad kompostu.

Celková plocha musí tedy zahrnovat:

- prostor na kompostování - tj. po zaokrouhlení plocha $48 \times 16 \text{ m} = 768 \text{ m}^2$
- sklad kompostu a manipulační prostor – 180 m^2
- garáž, buňka a manipulační prostor – 172 m^2
- akumulární jímka – 18 m^3

Výměra pozemku musí tedy být minimálně 1129 m^2 .

5.5. Ekonomické zhodnocení provozu kompostárny

Obecně ekonomiku provozu ovlivňují zejména náklady na svoz a úpravu surovin a náklady na provoz a řízení kompostovací linky. S náklady na vstupní materiály počítáme v případě, že tyto komodity jsou i jinak využitelné. Odpadové hospodářství směřuje ke skutečnosti, že náklady na surovinu mohou dosahovat záporných hodnot. Tato situace nastává v případě, že kompostárna za zpracování suroviny dostane zapláceno. Do ekonomického hodnocení nelze vždy zahrnout řadu nepřímých úspor (zamezení černých skládek apod.). Objektivním kritériem při ekonomickém hodnocení provozu kompostárny jsou náklady na 1 t vyrobeného kompostu a cena 1 t tohoto kompostu na trhu.

Při stanovení nákladů na 1 t kompostu je nutno uvažovat s těmito rozhodujícími nákladovými položkami:

- náklady na pořízení nebo pronájem plochy ke kompostování
- náklady na svoz surovin
- náklady na provoz strojů v kompostovací lince
- náklady na mzdy pracovníků
- náklady na vstupní suroviny

Předpokládané náklady na výrobu 1 tuny kompostu z BRO v kompostárně Chýnov

Parametry kompostárny:

- předpokládané množství zpracovaných BRO – 305 t.r⁻¹
- potřebná velikost zpevněné plochy – 1129 m²
- varianta kompostovací technologie – pásové zakládky šířka hromad 2,5 m
- technické vybavení provozu:
 - traktor 50kW
 - traktorový překopávač kompostu B = 2,5 m a výkonnosti 100 m³.h⁻¹
 - štěpkovač o výkonnosti 2,0 m³.h⁻¹
 - mininakladač s nakládací výkonností 30 m³.h⁻¹

Náklady na kompostárnu – zpevněná plocha

V tab. č. 5 je provedeno stanovení nákladů na zpevněnou plochu. Hodnoty investičních nákladů a odpisů zpevněné plochy vychází ze současné praxe.

Tab.č.5: Náklady na kompostárnu

Nákladová položka	Pořizovací cena (Kč)	Doba odepisování (r)	Náklady na uvažované období (Kč.r⁻¹)
Odpis zpevněné plochy	900 000	30	30 000

Náklady na svoz surovin

Náklady na svoz surovin nejsou v tomto případě žádné, protože materiál tato kompostárna získává donáškovým způsobem obyvatel a okolních firem, nebo svozem odpadu z údržby zeleně, který je na náklady místního hospodářství obce.

Náklady na provoz strojů v kompostovací lince

V tab. Jsou vypočteny náklady na provoz strojů na kompostárně. Sazba za štěpkování vychází z výkonnosti štěpkovače ($4,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 1,1 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$) a z nákladů na 1 hodinu provozu štěpkovače tohoto typu ($350 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$). Pro zpracování 85 t bude tedy potřeba cca 78 hodin práce štěpkovače.

Provozní náklady na traktorový překopávač o záběru 2,5 m s traktorem Z 7211 vycházejí z metodiky používané pro výpočet nákladů na zemědělské stroje ($630 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$). Provozní náklady na překopání jsou zde vypočteny pro výkonnost překopávače $200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, střední objemovou hmotnost směsi $308 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a pro 15 překopávacích zásahů ve třech kompostovacích cyklech: $305 \text{ t} \times 5 = 1525 \text{ t} / 0,308 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3} = 4951 \text{ m}^3 / 200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 24,8 \text{ h} \times 630 \text{ Kč} = 31185 \text{ Kč}$.

Úprava profilu komponovacích hromad předpokládá spotřebu času ve výši 25% času potřebného na překopání (12,5 h). Sazba za hodinu práce mininakladače ($400 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$) vychází ze současných cen na trhu.

Nakládání 235 t hotového kompostu předpokládá výkonnost mininakladače $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ za hodinu, při objemové hmotnosti hotového kompostu $308 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ bude spotřeba času na nakládání cca 25 hodin.

Tab. č.6: Náklady na provoz strojů v kompostárně

Operace	Množství (t)	Sazba (Kč.h⁻¹)	Potřeba času (h)	Provozní náklady (Kč)
Štěpkování	85	350	78	27 300
Překopávání	308	630	49,5	15 624
Úprava profilu	308	400	12,5	5000
Nakládání	213	400	25	10 000
Náklady na provoz strojů celkem				57 924

Náklady na mzdy pracovníků

Tab. č. 7: Náklady na obsluhu kompostárny.

Operace	Spotřeba pracovního času (h)	Hodinová sazba pracovníků (Kč.h⁻¹)	Pracovní náklady (Kč)
Štěpkování	157	120	18840
Překopávání	49,5		5940
Práce s nakladačem	35,5		4260
Pracovní náklady na kompostárnu celkem			29040

Výsledky ekonomického hodnocení

Tab. č. 8 shrnuje výsledky ekonomického hodnocení podle jednotlivých položek a tab. č. 9 vyčísluje náklady na výrobu 1 tuny kompostu.

Tab. č. 8: Celkové náklady na kompostárny

Náklad	(Kč.r⁻¹)
Náklady na plochu	30 000
Náklady na provoz strojů	57 924
Pracovní náklady na kompostárny	29 040
Náklady celkem	116 964

Tab. č. 9: Náklady na výrobu jedné tuny kompostu

Celková produkce kompostu (t)	Celkové náklady (Kč)	Náklady na 1 t (Kč.t⁻¹)
235	116964	497

6. ZÁVĚR

Cílem této práce byl popis zařízení, na kterém se bude BRO přeměňovat, tudíž návrh kompostárny v městě Chýnov. Při studiu problematiky přeměny BRO obecně, jsem došel k závěru, že kompostárna je z hlediska pořizovacích nákladů nejlepším řešením problému s BRO v této lokalitě.

Množství surovin pro zpracování kompostováním jsem určil na základě rozhovorů se zaměstnanci města a porovnal s dostupnými údaji přibližně stejně velkých obcí a shledal jsem, že tato čísla odpovídají s největší pravděpodobností skutečnosti. Na základě objemu surovin jsem vypočetl velikost plochy potřebné pro tento projekt. S ohledem na dosažené výpočty a dobrou dostupnost jsem zvolil vhodné místo kompostárny. Při volbě typu kompostovací linky jsem zohlednil fakt, že některé technické prostředky již město vlastní a zvolil kompostování v pásových hromadách s jedním energetickým zdrojem.

Vznik kompostárny by mohl vyřešit problém s černými skládkami tohoto typu odpadu. Motivačním prvkem by mohlo být, že za dovezené suroviny pro kompostování by občané města a blízkého okolí dostávali hotový kompost k využití na svých pozemcích.

Návrh kompostárny byl projednán v radě města a v případě získání finančních prostředků bude tento projekt s velkou pravděpodobností realizován.

7. SEZNAM LITERATURY

Tištěné zdroje

- [1] VRBOVÁ Martina a kol., Hospodaření s odpady v obcích. 2009. Vyd. Praha 2009. ISBN 987-80-254-6019-1
- [2] ALTMANN Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA. Technika zpracování komunálního odpadu. 2010. vyd. Praha, 2010. ISBN 978-80-213-2022-2.
- [3] MAREČEK JAN. Legislativa odpadového hospodářství. 2003. Vyd. Brno 2003. ISBN 80-7157-656-5
- [5] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Obnovitelné zdroje energie. 2009. Vyd. Praha 2009. ISBN 978-80-7212-520-3
- [6] JANSONS L. Energija un Pasaule. 2009. Vyd. Latvia 2009. ISSN 1407-5911
- [8] VÁŇA Jaroslav. Výroba a využití kompostů v zemědělství. 1997. Vyd. Praha 1997. ISBN 80-7105-144-6
- [9] PLÍVA Petr a kol. Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. 2009. Vyd. Praha 2009. ISBN 978-80-86726-32-8
- [10] KALINA Miroslav. Kompostování a péče o půdu. 2004. Vyd. Praha 2004. ISBN 80-247-0907-4
- [15] KOLLÁROVÁ M, PLÍVA P. Technika pro kompostování v pásových hromadách. Zemědělská technika a biomasa 2005. Vyd. Praha 2005. ISBN 80-86884-07-4
- [16] PLÍVA P. KOLLÁROVÁ M. Aspekty ovlivňující volbu techniky a technologie kompostování. Sborník mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi. 2005. Vyd. Náměšť nad Oslavou 2005. ISBN 80-903548-0-7

Elektronické zdroje

[4] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, Program rozvoje venkova, Dostupné z: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/seminare/2009-11-03/prezentace/12_Hrdinka.pdf

[7] STARBUCK Ch. Making and using compost. 2010. Dostupné z: <http://extension.missouri.edu/publications/DisplayPub.aspx?P=G6956>

[11] AGROEKO. Aerobni fermentor. Dostupné z: <http://www.agro-eko.cz/cz/produkty/fermentor-ewa/>

[12] TZBINFO. Úspory energií ve stavebnictví. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/3233-slamene-desky-ve-stavebnictvi>

[13] BIOM Odborný časopis. Jak jsme pokročili v pěstování energetických rostlin. Dostupné z: <http://biom.cz/biom/eBIOM-24-2006.pdf>