

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

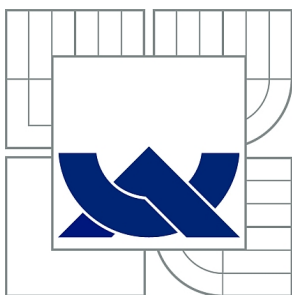
VYUŽITÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉHO ODPADU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

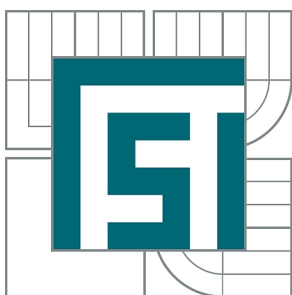
JAN ŠVEC

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL  
ENGINEERING

## VYUŽITÍ BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÉHO ODPADU

UTILIZATION OF BIODEGRADABLE WASTE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JAN ŠVEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ZDENĚK BEŇO

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jan Švec

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Využití biologicky rozložitelného odpadu**

v anglickém jazyce:

### **Utilization of biodegradable waste**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce je věnována popisu využívání biologicky rozložitelných odpadů z hlediska legislativy. Budou podrobně popsány jednotlivé druhy tohoto odpadu a návrh jejich dalšího zpracování.

Cíle bakalářské práce:

Seznámení se s problematikou možného využití jednotlivých druhů biologicky rozložitelných odpadů.

Seznam odborné literatury:

Straka, F. a kol.: Bioplyn. 2. vyd. GAS s.r.o., Praha 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.  
Jiné publikace a internetové zdroje.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Beňo

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 27.10.2009

L.S.

---

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **ANOTACE**

Cílem této práce je shrnutí aktuální situace problematiky využívání biologicky rozložitelných odpadů. Úvodní kapitoly se zabývají popisem druhů biologicky rozložitelného odpadu. V hlavní části jsou popsány způsoby zpracování tohoto odpadu. Pro jednotlivé druhy odpadu jsou uvedeny návrhy jejich nejvhodnějšího zpracování a dalšího využití. Důraz je přitom kladen na legislativu nakládání s těmito odpady i na legislativu pro zpracovávací zařízení.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Biologicky rozložitelný odpad (BRO), biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), legislativa, kompostování, aerobní fermentace, anaerobní fermentace, spalování biomasy, zplynování, pyrolýza, skládkování odpadu.

## **ANNOTATION**

The aim of this paper is to summarize the current situation of the problem using biodegradable waste. The introductory chapters deal with descriptions of different types of biodegradable waste. The main part describes ways of handling this waste. For various types of waste are listed by their most appropriate treatment and further use. Emphasis is placed on legislation dealing with that waste legislation on the processing equipment.

## **KEYWORDS**

Biodegradable waste (BDW), biodegradable municipal waste (BDMW), legislation, composting, aerobic fermentation, anaerobic fermentation, biomass, gasification, pyrolysis, landfill of waste

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŠVEC, J. *Využití biologicky rozložitelného odpadu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Beňo.

## PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Využití biologicky rozložitelného odpadu*“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a zdrojů uvedených v seznamu, jenž je součástí této práce.

Datum:

Podpis

.....  
Jan Švec

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu této bakalářské práce, panu Ing. Zdeňkovi Beňovi, za jeho odbornou pomoc, cenné rady a čas, který práci věnoval.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

|      |   |
|------|---|
| BP   | – Bioplyn   |
| BPS  | – Bioplynová stanice  |
| BRO  | – Biologicky rozložitelný odpad   |
| BRKO | – Biologicky rozložitelný komunální odpad                                 |
| ČOV  | – Čistírna odpadních vod  |
| ČR   | – Česká republika   |
| ČSN  | – Česká státní norma  |
| EC   | – European Commission (Evropská komise)                                   |
| EIA  | – Environmental Impact Assessment (Posuzování vlivů na životní prostředí) |
| ES   | – Evropská směrnice   |
| EU   | – Evropská unie   |
| KO   | – Komunální odpad   |
| MBÚ  | – Mechanicko-biologická úprava odpadů                                     |
| MHD  | – Městská hromadná doprava  |
| MŽP  | – Ministerstvo životního prostředí  |
| PAU  | – Polyaromatické uhlovodíky   |
| TSE  | – Transmisivní spongiformní encefalopatie                                 |

**OBSAH**

|  |    |
|--|----|
| 1 ÚVOD.....                                    | 8  |
| 2 DRUHY BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ.....  | 9  |
| 2.1 Biologicky rozložitelný odpad.....         | 9  |
| 2.2 Odpady ze zeleně.....                      | 10 |
| 2.4 Odpady z ovoce a zeleniny.....             | 10 |
| 2.3 Odpady z dřevin.....                       | 10 |
| 2.5 Odpady z kuchyní a restaurací.....         | 11 |
| 2.6 Odpady z potravinářského průmyslu.....     | 12 |
| 2.7 Nebezpečné odpady biologického původu..... | 12 |
| 2.8 Odpady živočišné.....                      | 13 |
| 2.9 Čistírenské kaly.....                      | 14 |
| 2.10 Materiál z ustájených zvířat.....         | 15 |
| 3 ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ BRO.....                  | 16 |
| 3.1 Kompostování (aerobní fermentace).....     | 16 |
| 3.2 Anaerobní fermentace.....                  | 21 |
| 3.3 Energetické využití přímým spalováním..... | 25 |
| 3.4 Zplynování.....                            | 28 |
| 3.5 Pyrolýza.....                              | 30 |
| 3.6 Skládkování BRO.....                       | 30 |
| 3.7 Mechanicko-biologická úprava.....          | 32 |
| 4 ZÁVĚR.....                                   | 34 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....                   | 35 |
| SEZNAM PŘÍLOH.....                             | 40 |

## 1 ÚVOD

Biologicky rozložitelný odpad (BRO) tvoří asi 40% veškeré produkce odpadu a takřka pro všechny tyto odpady lze nalézt využití. Mezi nejčastější způsoby využití patří kompostování, anaerobní digesce nebo spalování.

BRO je považován za velice významný obnovitelný zdroj energie. Mezi hlavní přínosy využívání BRO lze zařadit především šetrnější přístup k životnímu prostředí, úspory nenahraditelných zdrojů paliv a i částečné řešení problému ukládání odpadu. V České Republice (ČR) nejsou příliš ideální podmínky pro získávání vodní energie, energie ze slunečního záření nebo větrné energie. Energie získaná z BRO je proto u nás obnovitelným zdrojem číslo jedna a tvoří zhruba 70% veškeré obnovitelné energie vyrobené u nás.

S BRO se můžeme setkávat denně v domácnostech v podobě kuchyňského odpadu, v komunálním odpadu (papír, dřevo, textil), na zahradách (tráva, listí). Využívat BRO není až tak složité, především pro zahrádkáře je to samozřejmost. Kompostováním získávají kvalitní humus a při tom se zbavují odpadu ze zahrad.

BRO jsou využívány již od dávné historie. S aplikováním zvířecích exkrementů na půdu za účelem obnovení či zvýšení její úrodnosti se můžeme setkat prakticky od doby, kdy se člověk stal zemědělcem a chovatelem dobytka. Dnešní způsoby využití jsou daleko rozmanitější. S produkcí bioplynu se začalo na přelomu 19. a 20. století z kalů splaškových čistíren. Od té doby se technologie stále zlepšují a stále se objevují nové způsoby zpracování odpadu.

Využívání BRO se řídí podle příslušné legislativy. Legislativa stanovuje podmínky, za kterých je nezbytné s odpadem nakládat, ale také směřuje k aktivnějšímu využívání těchto odpadů. Především jde o omezování ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRKO) na skládky. BRO vznikající samostatně nebo sebrané odděleně se na skládku nesmí ukládat vůbec. Je tedy třeba řešit, jak se vznikajícím odpadem nakládat a hledat nejrůznější způsoby jeho zpracování a využití, což vzhledem k potenciálu BRO není až takový problém, jako spíše příležitost.

## 2 DRUHY BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝCH ODPADŮ

Biologicky rozložitelný odpad je jakýkoli odpad schopný aerobního nebo anaerobního rozkladu. Řadíme sem odpady ze zemědělství, lesnictví, potravinářského průmyslu, papírenského průmyslu, dřevařského průmyslu, exkrementy zvířat apod. Významnou podskupinu tvoří biologicky rozložitelné komunální odpady (BRKO) a kaly z čistíren odpadních vod.

### 2.1 Biologicky rozložitelný odpad

Biologicky rozložitelný komunální odpad vzniká v domácnostech, restauracích, jako odpad z ovocných a zeleninových tržišť, zahrádek, z údržby městské zeleně apod.

Tab. 1 Podle Katalogu odpadů tvoří BRKO především tyto druhy [1]:

| <b>Druhy odpadů podle Katalogu odpadů tvořící BRKO</b> |   |  |
|--|---|--|
| <b>Katalogové číslo</b>                                | <b>Název druhu</b>                                    | <b>Podíl biologicky rozložitelné složky (% hmotnostní)</b> |
| 20 01 01   | Papír a/nebo lepenka                                  | 100  |
| 20 01 07   | Dřevo   | 100  |
| 20 01 08   | Organický, kompostovatelný kuchyňský odpad            | 100  |
| 20 01 10   | Oděv  | 75   |
| 20 01 11   | Textilní materiál                                     | 75   |
| 20 02 01   | Kompostovatelný odpad z údržby zeleně                 | 100  |
| 20 03 01   | Směsný komunální odpad                                | 40   |
| 20 03 02   | Odpad z tržišť  | 75   |
| 20 03 04   | Kal ze septiků a/nebo žump, odpad z chemických toalet | 80   |

Pozn.: Kompletní katalog – Příloha 1[2]

#### **Papír**

Papírové odpady se skládají z mnoha druhů papíru, každý má svůj vlastní způsob zpracování. Proto je nutno papír nejprve dotřídit. Roztříděný papír se lisuje do balíků a odváží ke zpracování do papírny. Slisovaný papír poslouží k výrobě nového papíru a takto je možné ho recyklovat asi pětkrát až sedmkrát. Papír lze také zpracovávat na brikety [3][4].

#### **Textilní odpady**

Textilní odpady se před zpracováním nejdříve třídí. Vytříděné sběrové textilie se mohou v úpravárenských závodech upravovat praním na čisticí hadry, nebo sloužit k výrobě a opravě textilních obalů, pytlů a technické konfekce. Jinou možností je jejich rozvláknění. Rozvlákněním se získává vláknenný materiál zpracovatelný na finální výrobky nebo

polotovary. Většina takto upravených textilních odpadů se dodává zpracovatelům textilií (pro výrobu přízí, netkaných textilií, plsti, lepenky aj.) a část i jiným průmyslovým odvětvím (plastikářský, gumárenský, automobilový aj.) [5].

### **Směsný KO**

Nejvýznamnější podíl BRKO představuje biologicky rozložitelná část směsného komunálního odpadu. Ukládání BRO na skládky však není ideální, na jeho snížení se zaměřuje směrnice o skládkování odpadů 1999/31/EC [6] (tato problematika bude detailněji popsána v kapitole Skládkování BRO, str. 23).

### **Odpad z tržišť**

Biologicky rozložitelné odpady z tržišť, velkoobchodů a obchodů. Jde o odpady z prodávaného zboží, jako jsou ovoce, zelenina, květiny, sazenice, věnce apod. Tyto odpady jsou velmi vhodné pro anaerobní digesce [6].

### **Kompostování a anaerobní digesce BRKO**

Kompostování nebo anaerobní digesce BRKO se liší od běžného postupu. Tam, kde se do odpadu dostane i třeba nepatrná příměs odpadů definovaných v nařízení 1774/2002 (ES), je nutné upravit jak samotný proces, tak i vybavení kompostáren a bioplynových stanic [6] (tato problematika bude detailněji popsána v kapitole Odpady živočišné, str. 12).

## **2.2 Odpady ze zeleně**

Jedná se o odpady z údržby zeleně, jako je tráva, listí, větve obvykle do průměru 15 mm, dále také odpady ze zemědělství, jako jsou například zbytky rostlin apod. Tyto odpady se nejčastěji zpracovávají kompostováním.

## **2.4 Odpady z ovoce a zeleniny**

Jedná se o znehodnocené ovoce nebo zeleninu, nať a jiné odpady vzniklé při jejich zpracování a pěstování. Jsou to odpady produkované obchodními řetězci, zemědělskými a potravinářskými společnostmi, tržišti. Odpady se zpracovávají kompostováním nebo anaerobní digesí.

## **2.3 Odpady z dřevin**

Odpady z údržby dřevin, jako jsou větve, kmeny, pařezy apod. Tyto odpady se k dalšímu využití zpracovávají nejčastěji na štěpku. Štěpka bývá využita k energetickým účelům, tedy k výrobě elektrické energie nebo tepla spalováním. Využívá se také ke kompostování nebo k přípravě zahradnických substrátů. Kromě štěpky se dřeviny dají zpracovávat na brikety nebo peletky sloužící jako topivo.



Obr. 1 Ukázky produktů po zpracování odpadů z dřevin: štěpka, brikety, peletky [7]

## 2.5 Odpady z kuchyní a restaurací

Vznikají v kuchyních, jídelnách, restauracích. Jde o zbytky jídel, prošlé potraviny a podobné odpady.

Kuchyňské odpady je nutné kompostovat v bioreaktorových kompostárnách vybavených automatickým měřením teplot nebo využívat v bioplynových stanicích s hygienizačním stupněm. Toto vyplývá z požadavků nařízení 1774/2002 (ES). Dále se tímto nařízením zakazuje přímé zkrmování kuchyňského odpadu. Kuchyňský odpad je výborným materiálem pro anaerobní digesci, jelikož zabezpečuje vysokou produkci bioplynu (cca 100 m<sup>3</sup>/t kuchyňského odpadu oproti cca 25 m<sup>3</sup>/t kejdy) [6].

Jelikož se v případě zpracování anaerobní digescí jedná o biologický proces a výsledný produkt se vrací zpět do životního prostředí, je velice důležité, aby kuchyňské odpady neobsahovaly žádné nežádoucí předměty či příměsi, jako jsou plasty, kovy, keramika, saponáty a desinfekční prostředky. Mohlo by tak dojít k narušení rozkladných procesů, poškození zpracovatelského zařízení nebo negativnímu ovlivnění životního prostředí [8].

Skládkování kuchyňských zbytků je v rozporu se směrnicí rady 1999/31/ES o skládkování odpadů, která stanovuje zemím EU postupné omezování ukládání biologicky rozložitelných komunálních odpadů na skládky, a vyhláškou MŽP č. 294/2005 Sb. o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, zakazující ukládání kompostovatelných odpadů na skládky. Skládkovat lze pouze BRKO, avšak i to je redukováno směrnicí č. 1999/31/ES [9].

Drcení kuchyňských zbytků v drtičích přímo napojených na kanalizaci bez lapolu je v rozporu se zákonem č. 254/2001 Sb. o vodách a zákonem č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích. Kanalizace jsou zařízení pro odvádění odpadních vod, nikoliv pro rozdrčený odpad. Při vypouštění odpadu do kanalizace dochází k zanášení kanalizace tuky, množení hlodavců ve stokách a způsobuje potíže při mechanických a biologických procesech na čistírnách odpadních vod (ČOV). Při zjištění nepovoleného vypouštění rozdrčených odpadů hrozí původci odpadů vysoká pokuta a úhrada nákladů na čištění kanalizace [10].

## 2.6 Odpady z potravinářského průmyslu

Do této skupiny zařazujeme BRO vznikající jako vedlejší produkty potravinářského průmyslu (mlékárny, cukrovary, pivovary, pekárny, čokoládovny, konzervárny, lihovary, vinařské závody, ...)

V potravinářských podnicích vzniká velké množství odpadů, které lze s menší či větší účinností přepracovat na zemědělsky či jinak využitelné druhotné suroviny, např. krmiva, hnojiva, apod. Možnost využití některých odpadů je velice rozsáhlá, proto se leckdy považují přímo za cenné produkty [11].

Tab. 2 Odvětví potravinářského průmyslu a produkce hlavních využitelných odpadů [11]

| Průmysl                     | Vedlejší produkt  |
|-----------------------------|---|
| Cukrovarnický průmysl       | Melasa, vyslazené řízky, saturační kal  |
| Výroba škrobu a mouky       | Vláknina, lepek, gluten, plevy, sláma, semena plevelů, minerální příměsi                |
| Zpracování masa             | Hovězí lůj, vepřové sádlo, droby, krev, střeva, kosti, kopyta, peří                     |
| Zpracování mléka            | Syrovátka, podmáslí, prací voda z praní máselných zrn                                   |
| Výroba tuků a olejů         | Hydratační kal, mýdlový kal, odpady z předběžných úprav semene                          |
| Zpracování ovoce a zeleniny | Výlisky po lisování ovocné šťávy nebo po konzervování, jádra pecek                      |
| Výroba sladu a piva         | Sladové mláto, pivovarské kvasnice  |
| Výroba vína, lihu a droždí  | Třapiny, hroznové výlisky, semena, kvasničné kaly, výpalky, odstředěná vykvašená zápara |

## 2.7 Nebezpečné odpady biologického původu

Nebezpečné odpady mohou poškozovat lidské zdraví či životní prostředí, a proto jim je potřeba věnovat zvýšenou pozornost. K negativnímu působení nebezpečných odpadů může docházet na místě jejich vzniku, při transportu a v blízkosti místa jejich odstranění [12].

Zařazování odpadů do kategorie nebezpečných odpadů se děje na základě §6 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech. Odpad je považován za nebezpečný, pokud je:

- uveden v seznamu nebezpečných odpadů (vyhláška č. 381/2001 Sb., Katalog odpadů)
- smíšen nebo znečištěn některým z odpadů uvedených v Seznamu nebezpečných odpadů

- smíšen nebo znečištěn některou ze složek uvedenou v Seznamu složek, které činí odpad nebezpečným (příloha č. 5 zákona o odpadech)
- má-li jednu nebo více nebezpečných vlastností (příloha č. 2 zákona o odpadech) [12].

Patří sem veškeré odpady, na jejichž sběr a odstraňování jsou kladeny zvláštní požadavky s ohledem na prevenci infekce, čistírenské kaly s obsahem nebezpečných látek, veterinární a zdravotnické bioodpady, bioodpady z výzkumných laboratoří apod. Velmi často se vyskytuje u BRO jako nebezpečná vlastnost infekčnost. S touto vlastností můžeme definovat odpady, které obsahují životaschopné mikroorganismy, nebo jejich toxiny a další infekční agens s dostatečnou virulencí v koncentracích nebo množstvích, o nichž je známo nebo spolehlivě předpokládáno, že způsobují onemocnění člověka nebo jiných živých organismů [13].

## 2.8 Odpady živočišné

Jedná se o odpady kategorie 3 a některé odpady kategorie 2 dle nařízení ES č. 1774/2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu. Tyto odpady se mohou kompostovat nebo být užity k výrobě bioplynu. Pro tyto účely musí zařízení ke zpracování splňovat požadavky dané nařízením ES č. 1774/2002 [14].

Zařízení na výrobu bioplynu musí být vybaveno pasterizační hygienizační jednotkou, zařízením na monitorování teploty a bezpečnostním systémem, který zabrání nedostatečnému ohřevu a vhodným zařízením pro čištění a dezinfekci nádob [14].

Kompostárna musí mít uzavřený kompostovací reaktor, který není možné vyřadit z výrobní linky, dále zařízení na monitorování a registrování teploty v čase a bezpečnostní systém pro nedostatečný ohřev. Podobně jako bioplynová stanice musí být i kompostárna vybavena zařízením na čištění a dezinfekci dopravních prostředků a nádob [14].

Nařízení 1774/2002 (ES) dělí organické materiály do tří kategorií dle hygienických rizik:

- Mezi materiály **1. kategorie** patří:
  - zvířata jakkoli spojená s infekcí TSE
  - volně žijících zvířat, podezřelých z infekce chorobami přenosnými na člověka nebo zvířata
  - zvířat jiných než hospodářských a volně žijících, včetně, jmenovitě, zvířat v zájmovém chovu, zvířat chovaných v zoologických zahradách a cirkusech
  - pokusných zvířat
  - všechen materiál živočišného původu shromážděný při čištění odpadních vod
  - kuchyňský odpad z dopravních prostředků v mezinárodní přepravě
  - směsi materiálu kategorie 1 s materiálem kategorie 2 nebo kategorie 3 [15].

- Mezi materiály **2. kategorie** patří:
  - hnůj a obsah trávicího traktu
  - všechen materiál živočišného původu sesbíraný při čištění odpadních vod z jatek
  - produkty živočišného původu jiné kategorie než kategorie 1 dovezené ze třetích zemí a které v případě provedení kontrol v souladu s právními předpisy společenství nesplní veterinární požadavky pro jejich dovoz do společenství
  - zvířata a jejich části, jiná než ta, která zahynou jiným způsobem než porážkou pro účely lidské spotřeby [15].
- Mezi materiály **3. kategorie** patří:
  - vedlejší živočišné produkty vznikající při výrobě produktů určených k lidské spotřebě, včetně odtučněných kostí a škvarků
  - zmetkové potraviny živočišného původu nebo zmetkové potraviny obsahující produkty živočišného původu s výjimkou kuchyňského odpadu, které z obchodních důvodů, z důvodů závady při výrobě nebo balení nebo jiné závady nepředstavující nebezpečí pro lidi nebo zvířata již nejsou určeny k lidské spotřebě
  - kuchyňský odpad vyjma odpadů z dopravních prostředků v mezinárodní dopravě [16].

Materiály 1. kategorie musí být zlikvidovány a žádné recyklační technologie nejsou povoleny. Pro některé materiály 2. kategorie přichází v úvahu anaerobní digesce a kompostování, které jsou možné pro všechny materiály 3. kategorie [16].

## 2.9 Čistírenské kaly

Čistírenské kaly jsou produkovány čistírnami odpadních vod (ČOV). Pokud kaly splňují legislativou daná kritéria, využívají se nejčastěji k přímé aplikaci na půdu, jako hnojivo, k rekultivacím skládek a k rekultivacím po důlních činnostech, v lesích na vytěžených plochách apod.

Kaly obsahují množství anorganických a organických látek, rizikových prvků, nebezpečných organických sloučenin a mikroorganismů. Kaly a jejich použitím se zabývá zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, kde kromě definic a povinností jsou zahrnuty i mezní hodnoty koncentrací rizikových prvků obsažené v kalech nebo v půdě, na které se bude kal aplikovat. K aplikaci na zemědělskou půdu mohou být použity pouze kaly nepřesahující tyto limity škodlivých látek (Tab. 3) [18].



### 3 ZPŮSOBY ZPRACOVÁNÍ BRO

#### 3.1 Kompostování (aerobní fermentace)

Kompostování se řadí mezi prověřené technologie, které jsou schopny zpracovat většinu biologicky rozložitelných materiálů (kompletní seznam odpadů – Příloha 2 [23]). Při kompostování je využito samovolného rozkladu biologického odpadu, tzv. biodegradability. Jde o rozklad složitějších látek na látky jednodušší. To je zajištěno převážně aerobními bakteriemi. Kompostování probíhá na speciálních plochách, na které je odpad svážen a vrstven, případně ještě předem drcen na menší části. Plochy jsou izolovány, aby nedocházelo ke kontaminaci podzemní nebo povrchové vody. Odpad je pravidelně provzdušňován a za několik měsíců se stává kompostem neboli humusem. Touto technologií nevznikají žádné odpady, jejichž likvidaci je třeba následně řešit [24][25].



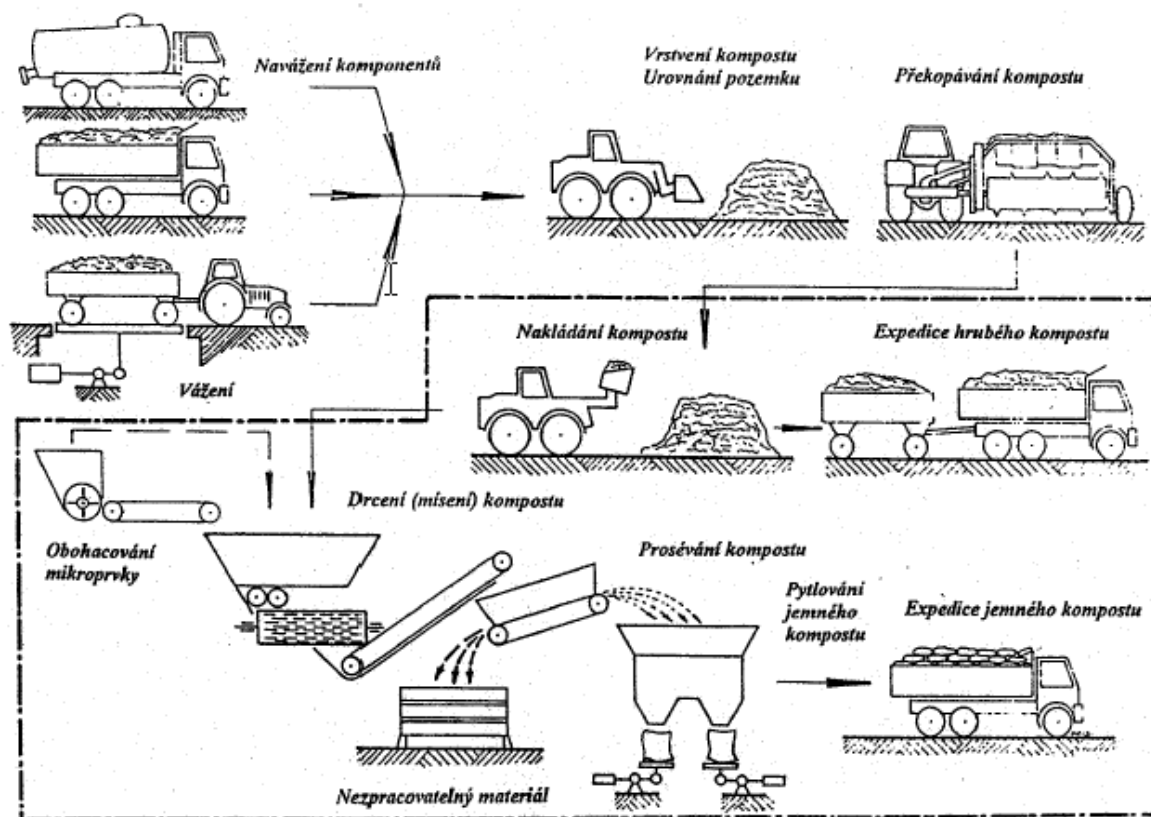
*Obr. 3 Výstupní produkt - kompost [26]*

V úvodní fázi procesu dochází k rozkladu polysacharidů, bílkovin a tuků obsažených v odpadech. To je provázeno uvolňováním tepla a zahříváním zrajícího kompostu na teplotu 50 - 65°C. Při těchto hydrolyzních procesech se výrazně zvyšuje kyselost substrátu hromaděním organických kyselin. Tato fáze trvá zpravidla 2 - 3 týdny, u kompostu s velkým podílem dřevní štěpky až 2 měsíce [27].

V následující fázi přeměny teplota klesá na 40 - 45°C, mění se složení mikroorganismů, vznikají humusové látky a ve zrajícím kompostu nelze již poznat původní odpady. Poslední fází je dozrávání. Kompost získává hnědou barvu, molekulární váha humusových látek se zvyšuje a kyselost substrátu klesá. Kompost dosahuje zralosti a přestává být fyto toxický [27].

Proces kompostování probíhá intenzivně v podmínkách provzdušňování. Provzdušňování se provádí nejčastěji překopáváním kompostu. Se stoupající intenzitou provzdušňování dochází k rychlejšímu uzrání kompostu. Při nedostatečném provzdušňování zrajícího

kompostu nastupují anaerobní procesy (hnití) a kompost tzv. "kysne". Největší potřeba provzdušňování zrajícího kompostu je v hydrolyzní fázi zrání [27].



Obr. 4 Schéma kompostovací linky [28]

Pro vytvoření optimálních podmínek pro rozvoj mikroorganismů je třeba zabezpečit zejména správný poměr uhlíku a dusíku (C:N) vhodnou surovinovou skladbou čerstvého kompostu. Poměr C:N by měl být v čerstvém kompostu v rozmezí 30-35:1 a ve zralém kompostu 25-30:1. Příliš široký poměr C:N prodlužuje zrání kompostu. Při příliš úzkém poměru C:N v čerstvém kompostu převyšuje obsah dusíku metabolickou přeměnu mikroorganismů, vznikají ztráty čpavkového dusíku a klesá produktivita tvorby humusových látek [27].

Vlhkost čerstvého kompostu optimalizujeme na hodnotu, při níž je cca 70% objemu pórovitosti kompostu zaplněno vodou. Nedostatečná vlhkost způsobuje vývoj nevhodné mikroflóry s převahou plísní a aktinomycet. Při nadbytečné vlhkosti dochází rychle k nedostatku kyslíku v kompostu a k vývoji anaerobní mikroflóry [27].

Tab. 4 Poměr C:N v některých surovinách ke kompostování [29]

| Surovina        | C:N<br>(uhlík : dusík) |
|-----------------|------------------------|
| Posekaná tráva  | 20:1                   |
| Odpad z kuchyně | 20:1                   |
| Hněj skotu      | 20:1                   |
| Koňský hnůj     | 25:1                   |
| Listí           | 50:1                   |
| Jehličí         | 70:1                   |
| Sláma           | 100:1                  |
| Dřevo           | 200:1                  |
| Piliny          | 500:1                  |

Surovinová skladba kompostu musí zabezpečovat přítomnost lehce rozložitelných organických látek pro počáteční rozvoj mikroorganismů a zároveň vhodnou mikroflóru. Nejvhodnější je očkování čerstvého kompostu zrajícím kompostem, nebo zeminou.

Kompostování odpadů ze zeleně a dalších bioodpadů se z organizačního hlediska může provádět na následujících úrovních [27]:

- domácí kompostování (v rodinných zahradách),
- komunitní kompostování (na sídlištích, u škol, v zahrádkářských koloniích),
- centrální kompostování (průmyslové kompostování).



Obr. 5 Domácí kompostování [30]



Obr. 6 Průmyslová kompostárna [31]

## Legislativa

- Způsob výroby kompostu na kompostárně je usměrněn platnou ČSN 465735 "Průmyslové komposty".
- Z pohledu vyhlášky 6/1977 Sb. "o ochraně jakosti povrchových a podzemních vod" jsou aerobně stabilizované komposty "závadnou látkou" ohrožující jakost a zdravotní nezávadnost vod. Lze tedy provozovat jen vodohospodářsky zabezpečené kompostárny.
- Uvádění kompostů do oběhu prodejem a aplikace kompostů na zemědělskou půdu spadá pod zákon č. 308/2000 Sb. "o hnojivech". Podle tohoto zákona smějí výrobci a dodavatelé uvádět do oběhu pouze komposty, které jsou registrované podle tohoto zákona. Při podání žádosti je žadatel povinen poskytnout potřebné vzorky, nebo umožnit jejich odběr, uhradit správní poplatek, uhradit náklady na rozbor vzorků a poskytnout další podklady a informace, nezbytné pro registrační řízení.
- Podle ČSN 465735 musí být průmyslový kompost hnědá, šedočerná až černá homogenní hmota, drobtovitá až hrudkovitá struktury bez nerozpojitelných částic. Nesmí vykazovat pachy svědčící o přítomnosti nežádoucích látek.

- Závazný je požadavek ČSN 465735 na nejvyšší přípustné množství sledovaných látek v kompostovatelných odpadech. Požadavky na nejvyšší přípustné množství sledovaných látek v kompostu (Tab. 5) uváděných do oběhu upřesňuje vyhláška č. 474/2000 Sb. "o stanovení požadavků na hnojiva". Z této vyhlášky vyplývá, že registrované komposty musí splňovat požadavky podle třídy I (Tab. 5) [27].

Tab. 5 Nejvyšší přípustná množství sledovaných látek v kompostu a v surovinách pro přípravu kompostu (ČSN 465735) [27]

| Sledované látky | Nejvyšší přípustné množství sledované látky v mg v 1 kg vysušeného vzorku kompostu podle třídy |     |      |
|-----------------|--|-----|------|
|                 | I.   | II. | III. |
| <b>As</b>       | 10   | 20  | 50   |
| <b>Cd</b>       | 2  | 4   | 13   |
| <b>Cr</b>       | 100  | 300 | 1000 |
| <b>Cu</b>       | 100  | 400 | 1200 |
| <b>Hg</b>       | 1,0  | 1,5 | 10   |
| <b>Mo</b>       | 5  | 20  | 25   |
| <b>Ni</b>       | 50   | 70  | 200  |
| <b>Pb</b>       | 100  | 300 | 500  |
| <b>Zn</b>       | 300  | 600 | 3000 |

- Další ustanovení ČSN 465735 jsou závazné pouze při výrobě registrovaného průmyslového kompostu. Jde zejména o požadované jakostní znaky s výjimkou znaku homogenity (Tab. 6).

Tab. 6 Požadavky na jakost kompostu (ČSN 465735) [27]

| Znak jakosti   | Hodnota   |
|--|---|
| Vlhkost v %  | od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku, avšak min. 40,0 a max. 65,0 |
| Spalitelné látky ve vysušeném vzorku v %               | min. 25,0   |
| Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek v % | min. 0,60   |
| Poměr C : N  | max. 30 : 1   |
| Hodnota pH   | od 6,0 do 8,5   |
| Nerозložitelné příměsi v %                             | max. 2,0  |
| Homogenita celku v % relativních                       | ± 30  |

- V případě, že provozovatel kompostárny kompost neprodává a využívá ho při svých dalších činnostech (např. zakládání veřejné zeleně), nemusí kompost registrovat.
- V provozních řádech kompostáren musí být zakotven způsob vedení technologické evidence o každé kompostové zakládce (vyráběné partii kompostu) podle ČSN 465735.



*Obr. 7 Průmyslová kompostárna při právě probíhající překopávání [32]*

## **Využití kompostu**

Kompost velice dobře nahrazuje drahá umělá hnojiva, při jejichž výrobě dochází k zatěžování životního prostředí. Navíc umělá hnojiva nedokážou dodat do půdy tolik potřebnou organickou hmotu - humus. Kompost je nedocenitelný při rekultivacích a zúrodnění půdy a je vhodný ke všem plodinám. Je skvěle využitelný na každém poli, zahradě, parku i v domácnostech jako hnojivo bytových rostlin.

Humus také ovlivňuje hydrofyzikální vlastnosti půdy. Chrání půdu před povrchovým odtokem - voda se lépe a rychleji vsakuje, půda je tak chráněna před erozními účinky. Humus zároveň zlepšuje agrofyzikální vlastnosti půdy. Má tepelně-izolační funkci, protože snižuje teplotu půdy v nejteplejším období roku a omezuje tak neproduktivní výpar. To vše přispívá ke stálosti objemové hmotnosti půdy [33].

Při současném růstu cen surovin nachází využití kompostů stále větší uplatnění nejen v rekultivacích a údržbě městské zeleně, ale také jako hnojiva v zemědělství. Průmyslová hnojiva jsou drahá a nákladná na energii. Cena fosforečných hnojiv například meziročně

stoupla o 40 %. Lze tedy předpokládat, že pro zemědělce může být využití kompostů pro základní hnojení, nebo jako náhražka části minerálních hnojiv, velmi perspektivní [34].

### 3.2 Anaerobní fermentace

Anaerobní zpracování je zpracováním širokého spektra biologicky rozložitelných odpadů rostlinného i živočišného původu. Prostorům provádějící tento druh zpracování se říká bioplynové, či fermentační stanice. Proces probíhá v uzavřených nádobách, ve kterých je udržováno anaerobní prostředí, tedy bez přítomnosti kyslíku.



*Obr. 8 Bioplynová stanice ve Velkém Karlově [35]*

Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Fermentace je obvykle prováděna ve velkých vyhřívaných a míchaných nádržích – reaktorech (fermentorech) a můžeme ji rozdělit do 4 hlavních fází:

- **Hydrolýza:** působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík ( $H_2$ ) a oxid uhličitý ( $CO_2$ ).
- **Acidogeneze:** působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík ( $H_2$ ) a oxid uhličitý ( $CO_2$ ).
- **Acetogeneze:** dochází k rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.
- **Metanogeneze:** závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové,  $H_2$  a  $CO_2$  vzniká metan -  $CH_4$ , tento krok provádějí metanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy [36].

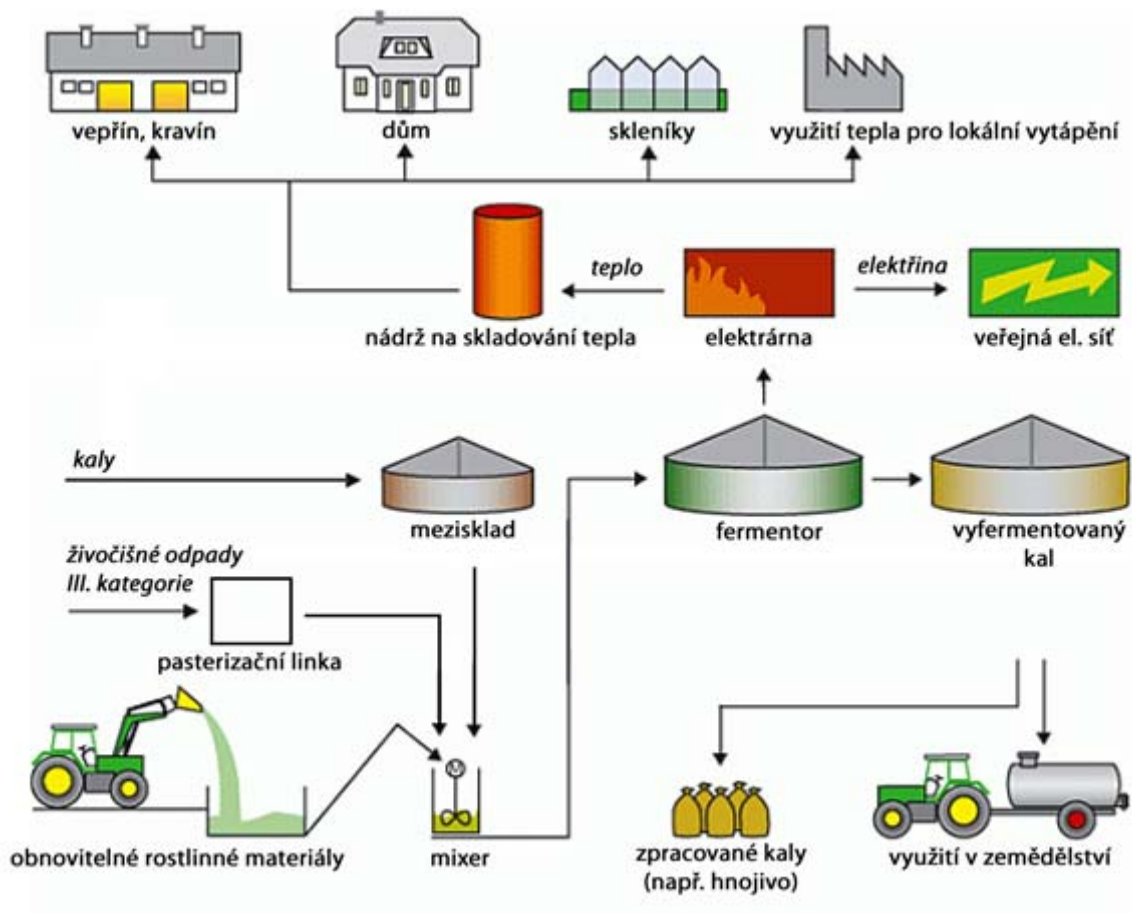


Obr. 9 Porovnání velikosti bioreaktorů s traktorem [35]



Obr. 10 Živočišný odpad v procesu fermentace [37]

Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn (BP). BP je bezbarvý plyn skládající se hlavně z metanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%). BP může ovšem obsahovat i malá množství  $N_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ , etanu a nižších uhlovodíků. Skutečné vlastnosti BP vždy závisí na mnoha faktorech, zejména na fermentovaném materiálu [36].



Obr. 11 Schéma cyklu probíhajícího na bioplynové stanici [38]

## Využití

BP je vysoce kvalitní obnovitelný zdroj energie, který poskytuje celou řadu možností energetického využití [39].

Hlavní způsoby využití BP jsou:

- přímé spalování a ohřev teplotnosného média (např. topení, sušení, chlazení, vaření),
- výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace),
- výroba elektrické energie, tepla a chladu (trigenerace),
- palivo pro pohon mobilních energetických prostředků,
- neenergetické využití BP (chemická výroba sekundárních produktů z BP) [39].

V současnosti nejrozšířenějším způsobem využití BP je kogenerace. Kogenerační jednotky využívají BP na kombinovanou výrobu elektrické energie (cca 35% celkové energie) a tepla s vysokou účinností až 90%. Spalovací motor na BP pohání generátor elektrické energie a zároveň se využívá teplo z chladícího média motoru, popř. tepla ze spalin. Část tepla se využívá k vytápění bioreaktoru. Perspektivním způsobem využití BP je trigenerace. Kogenerační jednotka je zde doplněna absorpčním tepelným konvertorem pro výrobu chladu [39].



*Obr. 12 Trojice kogeneračních jednotek TEDOM [35]*



*Obr. 13 Bioplynová čerpací stanice ve Švedsku [40]*

Pro pohon mobilních energetických prostředků musí být BP odsířen, zbaven mechanických nečistot a energeticky zhodnocen nad úroveň odpovídající 90% CH<sub>4</sub> [39].

Zahraniční zkušenosti ukazují na rostoucí využití BP v dopravě jako alternativního paliva. Klasickým příkladem zavedeného využívání BP v dopravě jsou skandinávské země. Je to dáno cenovou situací na jejich energetickém trhu, tradicí a v některých případech dokonce i daňovou politikou [41].

Rychlejšímu rozvoji aplikací BP v dopravě v ČR bude bránit nejen chybějící síť čerpacích stanic, ale také problematické a cenově náročné obstarávání vhodných automobilů (nákladních, osobních, ale i zemědělských strojů, apod.) a nevyjasněná daňová politika (např. spotřební daň). Poměrně dobré vyhlídky na rozšíření aplikací BP v dopravě jsou ve velkých městech s rozvinutou městskou hromadnou dopravou. Zde lze, za poměrně nízkých investic do čerpací stanice, využívat už dnes BP produkovaný na městské ČOV pro pohon autobusů MHD, vozidel technických služeb, apod. [41].

Ve skandinávských zemích je opět možné vidět časté využití BP buď ve formě dodávky do veřejné plynárenské sítě (po vyčištění na téměř 100% obsah CH<sub>4</sub>) nebo jeho prodej městským nebo průmyslovým teplárnám, apod. Pokud se podíváme na příklad Švédska, tak toto je nejčastější případ energetického využití BP [41].

Tento způsob využití BP by mohl být nejméně stejně výhodný jako využívání bioplynu k výrobě elektřiny. To je především otázkou vývoje cen energií na trhu. Proto, při přípravě nových projektů bioplynových stanic (BPS), je vhodné vzít v úvahu i tuto alternativu využití BP. Také lze doporučit průběžné posuzování výhodnosti využití BP a příbuzných plynů u projektů, kde Zákon 180/2005 Sb. přináší snížení výkupních cen elektřiny oproti klasickým bioplynovým stanicím (např. skládky odpadů, ČOV, důlní plyny, apod.) [41].

Nerозložený zbytek organické hmoty po fermentaci je již z hygienického hlediska nezávadný, tj. již stabilizován a může být použit jako hnojivo. Nejjednodušším způsobem využití substrátu s vysokým hnojivým účinkem je jeho přímá aplikace na zemědělskou půdu. V porovnání s přímou aplikací surového materiálu (např. prasečí kejdy) má anaerobně zfermentovaný substrát řadu výhod [39]:

- substrát je biologicky stabilizovaný a homogenizovaný
- zvýšení využitelnosti živin a snížení jejich vyplavitelnosti
- snížení obsahu patogenů a semen plevelů
- snížení zápachu
- pokles emisí skleníkových plynů.

### Legislativa

- Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů (č.483/2008).
- Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci ve znění 521/2002.
- Zákon č. 100/2001 Sb. (EIA), o posuzování vlivů na životní prostředí.
- Nařízení vlády č. 615/2006 Sb., o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečištění ovzduší.
- Vyhláška č. 356/2002 Sb., kterou je stanoven seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity a způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování

zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování, ve znění 363/2006 Sb.

- Vyhláška č. 362/2006 Sb., o způsobu stanovení koncentrace pachových látek, přípustné míry obtěžování zápachem a způsobu jejího zjišťování.
- Nařízení vlády č. 146/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.
- Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, poslední úpravy č. 9/2009 Sb.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o vedlejších živočišných produktech.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách ve znění č. 181/2008 Sb.
- Zákonem č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).
- Pokud je výstupem z metanizační nádrže na čistírenské BPS upravený kal a je s ním zamýšleno nakládat na zemědělské půdě, je třeba postupovat podle vyhlášky č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.
- Pokud je výstup z BPS přímo aplikován na zemědělskou půdu za účelem hnojení v souladu s příslušnými právními předpisy (zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd ve znění pozdějších předpisů), případně je-li dále zpracováván jako organické hnojivo a následně aplikován na zemědělskou půdu, nejedná se v tomto případě o odpad, ale o hnojivo a je třeba dále postupovat podle příslušných předpisů resortu zemědělství.
- Pokud výstup z BPS není aplikován na zemědělskou půdu za účelem hnojení v souladu s příslušnými právními předpisy resortu zemědělství, případně není-li dále zpracováván jako organické hnojivo a následně aplikován na zemědělskou půdu za účelem hnojení, nejedná se v tomto případě o hnojivo, ale o odpad, případně rekultivační digestát a je třeba dále postupovat podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a změně některých dalších zákonů a jeho prováděcích předpisů [42][43].

### 3. 3 Energetické využití přímým spalováním

Jde o přímé spalování biomasy. Tímto způsobem je BRO využíván k výrobě tepla nebo elektřiny. Jako vstupní materiály slouží [44]:

- Zbytková biomasa z lesnictví, například dřevní odpad vznikající při těžbě dřeva či dřevovýrobě (větvě, pařezy, piliny, štěpky, hobliny, kůra).

- Zbytková biomasa ze zemědělství, tedy nedřevní fytomasa vznikající jako vedlejší produkt zemědělství (obilná a řepková sláma; organické či rostlinné zbytky ze zpracovatelského průmyslu – např. obaly olejnatých semen; organické zbytky – např. chlévská mrva).
- Energetické plodiny I. a II. generace
  - I. generace** - sem řadíme například řepku a palmu olejnou, pšenici, kukuřici (výroba bioetanolu) či žitovec, z něhož se vyrábí pelety
  - II. generace** - topoly, vrby, energetický šťovík či proso.

Tab. 7 Energetický potenciál různých druhů biomasy [43]

| Druh biomasy          | Energie celkem (%) | Teplo (PJ) | Elektřina (GWh) |
|-----------------------|--------------------|------------|-----------------|
| Dřevo a dřevní odpad  | 24                 | 25,2       | 427             |
| Sláma obilnin/olejnin | 11,7               | 11,9       | 224             |
| Energetické rostliny  | 47,1               | 47,7       | 945             |
| Bioplyn               | 16,3               | 15,6       | 535             |

Energetické plodiny se pěstují převážně na zemědělské půdě, která není vhodná pro pěstování rostlin určených pro zpracování na potraviny či krmiva. V českých podmínkách se pěstuje především energetický šťovík následovaný topolem a vrbou. Energetické rostliny lze pěstovat i na půdě poškozené důlní činností či na složištích elektrárenského popílku [44].

Jednotlivé druhy biomasy mají různou výhřevnost, která mj. závisí na obsahu vody v konkrétní surovině. Obsah vody se pohybuje od 10 do 70 %. Čím více je v surovině vody, tím klesá její výhřevnost. Tuto skutečnost ilustruje následující tabulka 8 [44].

Tab. 8 Závislosti obsahu vody na výhřevnosti biomasy [43]

| Druh biomasy   | Obsah vody v % | Výhřevnost MJ/kg |
|----------------|----------------|------------------|
| Polena         | 10             | 16,4             |
| Polena         | 20             | 14,28            |
| Polena         | 30             | 12,18            |
| Dřevní odpad   | 10             | 16,4             |
| Dřevní odpad   | 20             | 14,28            |
| Dřevní štěpka  | 30             | 12,18            |
| Dřevní štěpka  | 40             | 10,1             |
| Sláma obilovin | 10             | 15,5             |
| Sláma kukuřice | 10             | 14,4             |
| Lněné stonky   | 10             | 16,9             |
| Sláma řepky    | 10             | 16               |

Každý druh spalované biomasy klade i nároky na spalovací kotle, ty se od sebe liší, aby co nejvíce vyhovovaly vlastnostem spalovaného materiálu a zvýšila se tak účinnost.

Spalovat biomasu je možné i v domácích podmínkách, nejčastěji za účelem vytápění. Využít lze například dřevěné brikety, rostlinné či dřevěné pelety a štěpku, které jsou ve srovnání s klasickým zemním plynem a uhlím levnější [44].



Obr. 14 Kotel na spalování biomasy [46]



Obr. 15 Domácí automatický kotel na pelety se zásobníkem [47]

V souvislosti s využíváním biomasy na výrobu elektřiny je často kritizována její neefektivnost. Odhaduje se, že pouze 25–35 % získané energie je využito k výrobě elektřiny. Tento problém se řeší kombinovanou výrobou tepla a elektřiny, tedy kogenerací [44].

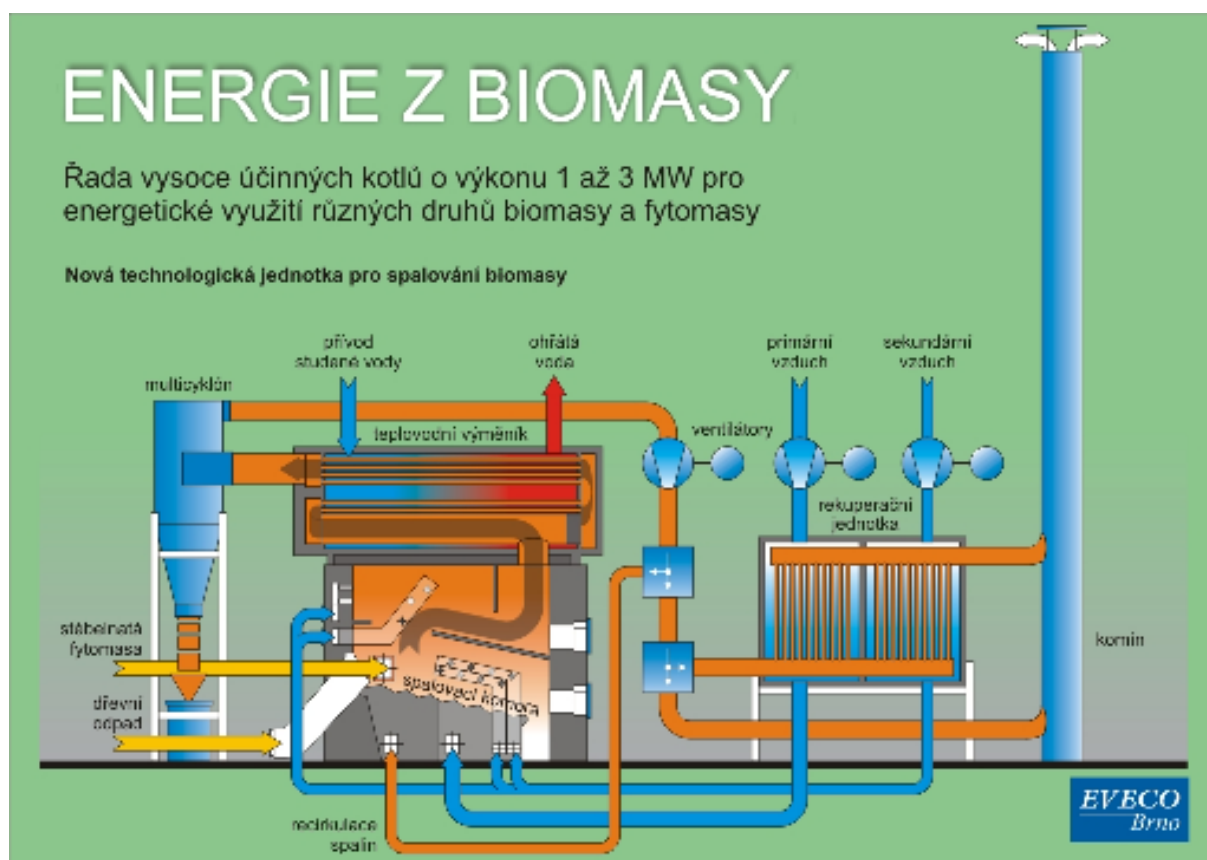
Popel ze spalování rostlinné biomasy lze využít jako hnojivo. V rostlinném popeli zůstávají rostlinné živiny, zejména vápník jako uhličitán vápenatý a draslík jako uhličitán draselný, přítomný je i fosfor a hořčík. Ne ve všech případech je však využití rostlinného popele jako vápenato-draselného hnojiva zcela bez problémů. Při spalování biomasy se v popeli uchovávají nejen rostlinné živiny a užitečné mikroelementy, ale též i rizikové prvky (arzén, kadmium, chrom a olovo), jejichž vstup do půdy se snažíme maximálně omezit z důvodu ochrany potravinového řetězce. V některých popelech se mohou nadlimitně vyskytovat polyaromatické uhlovodíky (PAU), které nám mohou narušit biologický život v půdě. Proto je třeba při zemědělském i lesnickém využívání popelů z biomasy být náležitě opatrní [48].

Nevýhodou spalování biomasy jsou vznikající skleníkové plyny ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ).

## Legislativa

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech.
- Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší.
- Vyhláška č. 362/2006 Sb., o způsobu stanovení koncentrace pachových látek.

- Vyhláška č. 482/2005 Sb. o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky 5/2007 Sb., ve znění vyhlášky 453/2008 Sb.
- Vyhláška č. 502/2005 Sb. o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje.
- Možnost zemědělského využití popele z biomasy nastává, když popel splní parametry, které jsou vyžadovány vyhláškou č. 271/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 474/2000 Sb, o stanovení požadavků na hnojiva, pro minerální vápenatá a hořečnatovápenatá hnojiva a zároveň splní další podmínky vyžadované úplným zněním zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech [48][49][50].



Obr. 16 Schéma energetického spalování biomasy [45]

### 3.4 Zplynování

Je to termochemická přeměna biomasy při vyšších teplotách a za nedostatku kyslíku. Teplota se při reakci v reaktorech pohybuje v oblasti 800°C až 900°C a doba setrvání částic je delší (sekundy až desítky sekund). Produktem je z větší části plyn. Pro zplynění biomasy jsou v současné době používány dva základní způsoby [51]:

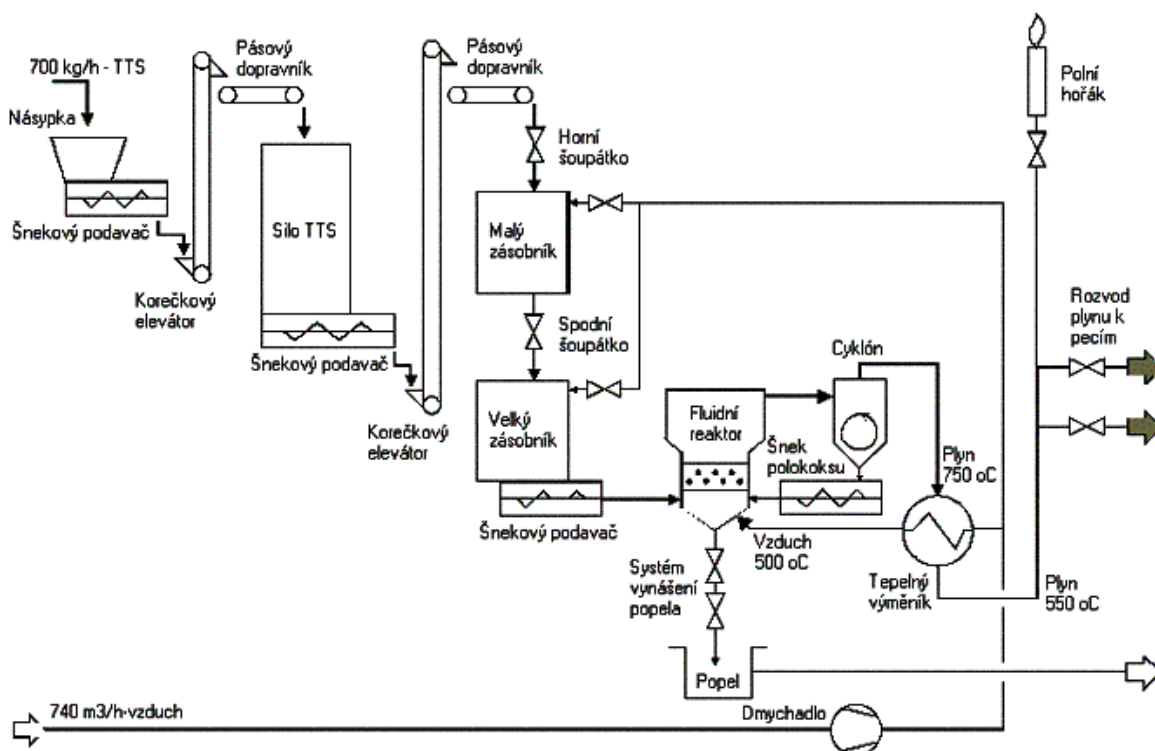
- zplyňování v generátorech s pevným ložem
- zplyňování ve fluidních generátorech.

První z obou metod je jednodušší, méně investičně náročná, avšak je použitelná jen pro malé tepelné výkony. Zplyňování probíhá při nižších teplotách (kolem 500°C) a za atmosférického tlaku ve vrstvě biomasy. Vzduch jako okysličovací médium proudí buď v souproudu (směr dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru) vzhledem k postupnému pohybu zplyňovaného biopaliva. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Nevýhodou tohoto systému je značná tvorba dehtových látek, fenolů apod., jejichž odstranění je pak největším problémem [51].

U druhé metody probíhá zplyňovací proces při teplotách 850 až 950°C. Souběžně zde probíhá vývoj ve dvou základních směrech [51]:

- zplyňování při atmosférickém tlaku
- zplyňování v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,5 MPa.

Výhřevnost vyrobeného plynu se pohybuje v rozmezí 4 až 6 MJ/m<sup>3</sup>, přičemž tento plyn je bez větších úprav použitelný pro spalování v klasických kotlových hořácích a po dodatečném vyčištění i ve spalovacích komorách spalovacích turbín a upravených spalovacích motorů [51].



Obr. 17 Schéma zplyňovacího zařízení [52]

## Legislativa

- Nařízení 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší

- Zákon 76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci)
- Nařízení vlády 615/2006 Sb. o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší
- Vyhláška č. 482/2005 Sb. o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky 5/2007 Sb., ve znění vyhlášky 453/2008 Sb.
- Vyhláška č. 365/2009 Sb. o Pravidlech trhu s plynem [53].

### 3.5 Pyrolýza

Pyrolýza je termický rozklad organických materiálů při absenci oxidačních médií (vzduch, CO<sub>2</sub>, vodní pára apod.). Proces probíhá při teplotách 500-800°C. Produkty pyrolýz jsou většinou plyny, kapaliny a uhlí. Složení těchto produktů závisí na pyrolýzní metodě zpracování a na reakčních parametrech. Rychlá pyrolýza je používána pro produkci plynů a kapalných produktů, poskytující především tepelný užitek. Pomalé pyrolýzy jsou známé jako karbonizace a používají se především na produkci dřevěného uhlí [54].

Pyrolýza je v současnosti velmi atraktivní, protože může využít libovolných biopaliv, která jsou odlišná a mohou být snadno přeměněna na kapalné produkty [54].

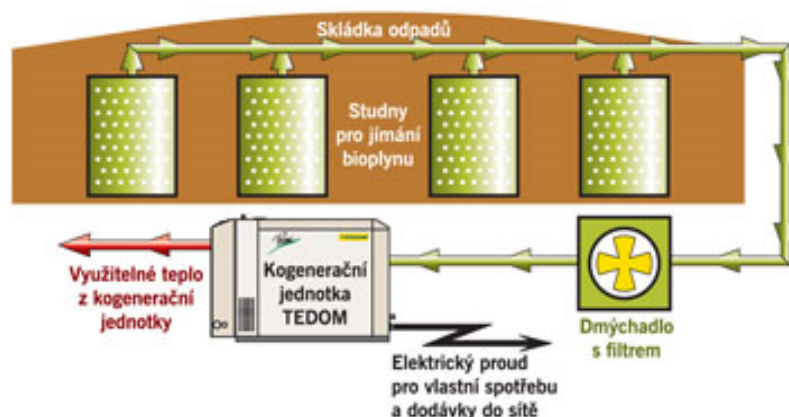
Tekuté palivo, nebo-li bio-olej, získaný procesy pyrolýzy je tmavě hnědá kapalina s hustotou asi 1,2 kg/dm<sup>3</sup> a výhřevností 16-19 kJ/kg. Může být použit, po dalším čištění a úpravě, pro chemickou výrobu a pro mobilní diesellové motory nebo přímo sloužit jako topný olej pro kotle či jako palivo pro výrobu elektřiny ve spalovacích motorech a spalovacích turbínách. Jeho velkou výhodou je skladovatelnost a snadná přeprava [52].

Jedná se o termické zpracování biomasy stejně jako u procesu spalování nebo zplynování. Legislativa pyrolýzy je tedy podobná legislativám těchto způsobů zpracování.

### 3.6 Skládování BRO

Komunální odpady se značným podílem organických látek jsou svázeny na skládky a zhutněny. Organické podíly postupně podléhají rozkladu a anaerobním procesům. V prostředí s malým podílem kyslíku se samovolně množí bakterie produkující bioplyn, který může obsahovat 50 až 70% metanu. Zbytek je tvořen převážně oxidem uhličitým a dusíkem. Ostatní plynné složky, jako vodík, kyslík, sirovodík apod. tvoří jen zlomek procenta. Výhřevnost skládkového plynu je, v závislosti na obsahu metanu, nejčastěji v rozpětí 18 až 24 MJ/m<sup>3</sup>. Skládkový plyn se jímá pomocí řady odběrných sond a sběrným potrubím se svádí nejčastěji do strojovny kogeneračních jednotek se spalovacími motory. Plyn je vhodným palivem motorů, které pro jeho spalování nepotřebují téměř žádnou úpravu. Teplo kogeneračních jednotek se používá pro vytápění komunálních objektů, otop skleníků nebo zemědělských

sušáren, apod. Význam tohoto systému je nejen energetický, ale i ekologický, neboť zabraňuje úniku vytvářeného metanu do ovzduší [52].



Obr. 18 Schéma jímání bioplynu na skládce [55]

## Legislativa

Směrnicí č. 1999/31/ES je uložena povinnost omezení ukládání na skládky BRO z komunálního odpadu a to do roku 2010 na 75% hmotnosti tohoto druhu odpadu vzniklého v roce 1995, do roku 2013 na 50% hmotnosti a nejpozději do roku 2020 na 35% [56].

Důvody pro snižování ukládání biologicky rozložitelných odpadů na skládky jsou zejména následující [57]:

- snížení emisí skleníkových plynů,
- vracení organické hmoty a živin do půdy,
- snížení záboru půdy skládkami,
- zisk energie (v případě využívání BRO anaerobní digescí, spalováním, apod.).

Dále se skládkování upravováno zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, vyhláškou č. 383/2001 o podrobnostech nakládání s odpady a vyhláškou č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady [56].

Přehled platných norem pro skládkování BRO [56]:

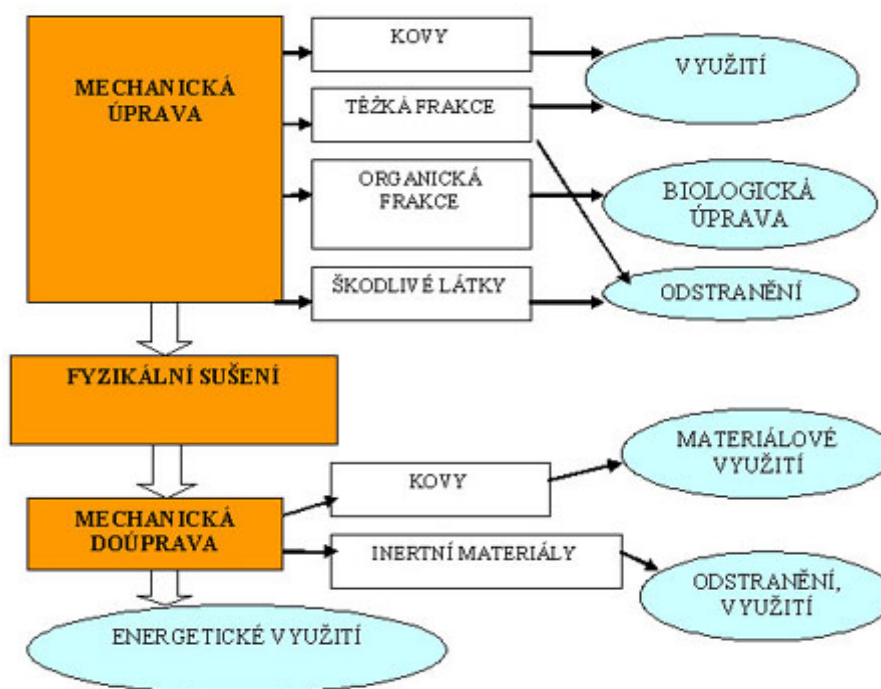
- ČSN 83 8030 Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu
- ČSN 83 8032 Skládkování odpadů – Těsnění skládek
- ČSN 83 8033 Skládkování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami
- ČSN 83 8034 Skládkování odpadů – Odplynění skládek

### 3.7 Mechanicko-biologická úprava

Mechanicko-biologická úprava odpadů (MBÚ) je zpracování zbytkového komunálního odpadu, nebo jakéhokoliv bioodpadu nevhodného pro kompostování nebo pro anaerobní digesci. Účelem MBÚ je stabilizace a redukce objemu odpadu [58].

Při MBÚ jde o mechanické rozdělení odpadu na několik frakcí, které jsou jednotlivě využívány podle jejich vlastností. Toto rozdělení částečně nahrazuje tříděný sběr odpadu. Jednotlivé frakce jsou využitelné energetickým spalováním, anaerobní nebo aerobní fermentací, získávají se magnetické i nemagnetické kovy, sklo, část je určena ke skládkování [58].

V současné době se vyskytuje řada technologicko-technických variant MBÚ. Mechanická část spočívá v magnetické separaci kovů a v třídění odpadu na rotačním nebo vibračním sítu. Nadsítná část je dále rozdělována větrným třidičem na lehkou energeticky využitelnou frakci a na těžkou frakci. Toto třídění může probíhat na automatické lince, která postupně provede odpad přes všechna oddělovací zařízení [58].



Obr. 19 Schéma mechanicko-biologické úpravy odpadu [59]

Stabilizací bioodpadu je podle pracovního dokumentu Evropské komise "Biologické zpracování bioodpadu" snížení dekompozičních vlastností bioodpadu projevující se minimalizací zápachu a poklesem respirační aktivity za dobu 4 dnů pod 10 mg O<sub>2</sub>/g sušiny odpadu. Takto stabilizovaný odpad není již biodegradabilním odpadem ve smyslu Směrnice EU 1999/31/EC "o skládkách odpadu" [58].

Návrh směrnice EU "Biologické zpracování bioodpadu" doporučuje členským státům použití stabilizovaného bioodpadu k přípravě umělých (antropogenních) půd, k rekultivaci skládek, důlních výsypek, k tvorbě protihlukových bariér, při stavbách cest, lyžařských svahů a sportovišť a k dalším účelům nesměřujícím k potravinářské produkci [58].

## 4 ZÁVĚR

V práci je shrnuta aktuální situace týkající se oblasti využívání biologicky rozložitelných odpadů. Úvodní část práce obsahuje popis jednotlivých druhů BRO, je uveden původ jejich vzniku a návrh dalšího zpracování. U odpadů vyžadujících zvláštní zpracování je uvedena příslušná legislativa. Hlavní část práce se zaměřuje na jednotlivé způsoby zpracování bioodpadu. Je zde popsán průběh jednotlivých procesů až po výstupní produkty a pro tyto produkty jsou uvedeny hlavní možnosti jejich využití. Dále je zmíněna legislativa pro zařízení zpracovávající BRO.

Využívání BRO se osvědčilo jako velmi efektivní způsob likvidace takového odpadu, a to navíc se ziskem výstupního produktu, kterým může být tepelná energie, energetický plyn či hnojivý substrát. To je také důvod stále rostoucího počtu zařízení na zpracování bioodpadu, především pak bioplynových stanic. Problémem zůstává velké množství BRKO ukládaného na skládky. Pokud se však mají splnit směrnice dané EU o omezování skládkování BRKO, zpracování tohoto druhu odpadu je nutné nadále rozvíjet.

Využívání BRO, stejně jako dalších odpadů, má pro budoucnost velký význam. Neustálý růst světové populace sebou přináší i vyšší produkci odpadu. Pokud nechceme mít Zemi zamořenou skládkami a neekologickými spalovnami, tento problém je třeba řešit. Využívání odpadu patří z hlediska ochrany přírody k velice šetrným způsobům i z důvodu energetického, jelikož získaná energie je znovu využita.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Wikipedia* [online]. 21.1.2005, 2.3.2010 [cit. 2010-03-28]. Biologicky rozložitelný odpad. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Biologicky\\_rozlo%C5%BEiteln%C3%BD\\_odpad](http://cs.wikipedia.org/wiki/Biologicky_rozlo%C5%BEiteln%C3%BD_odpad)>.
- [2] *Ekonomika.cz* [online]. 2006 [cit. 2010-05-25]. Katalog odpadů. Dostupné z WWW: <[http://www.eurochem.cz/files/eko/katalog\\_odpadu/katalog\\_odpadu20.htm](http://www.eurochem.cz/files/eko/katalog_odpadu/katalog_odpadu20.htm)>.
- [3] *Ekokom.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-09]. Využití odpadů. Dostupné z WWW: <<http://www.ekokom.cz/scripts/detail.php?id=149>>.
- [4] *Odpady.ihned.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-09]. Brikety ze starého papíru pro energetické využití. Dostupné z WWW: <[http://odpady.ihned.cz/2-36734690-E00000\\_d-52](http://odpady.ihned.cz/2-36734690-E00000_d-52)>.
- [5] Textilní odpad. In *Textilní odpad*. Praha : ČZU Praha , 2003 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <[http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf\\_43e-1.pdf](http://etext.czu.cz/img/skripta/64/tf_43e-1.pdf)>.
- [6] SLEJŠKA, Antonín, VÁŇA, Jaroslav: Možnosti využití BRKO prostřednictvím kompostování a anaerobní digesce. *Biom.cz* [online]. 2004-01-26 [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-brko-prostrednictvim-kompostovani-a-anaerobni-digesce>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] *Biomasa s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2010-04-05]. Dřevo. Dostupné z WWW: <<http://www.biomasa-sro.cz/cz/drevo/>>.
- [8] *Avegastro.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-10]. Využití odpadu z kuchyní. Dostupné z WWW: <<http://www.avegastro.cz/vyuziti-odpadu.html>>.
- [9] *Ceho.vuv.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-09]. Jak řešíme biologicky rozložitelné odpady?. Dostupné z WWW: <[http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/Bioodpad/CeHO\\_Bioodpad\\_Resime.html#Bioodpad%20-%20Resime](http://ceho.vuv.cz/CeHO/CeHO/Bioodpad/CeHO_Bioodpad_Resime.html#Bioodpad%20-%20Resime)>.
- [10] *Avegastro.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-10]. Legislativa o zpracování odpadu. Dostupné z WWW: <<http://www.avegastro.cz/legislativa.html>>.
- [11] ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÝCH VÝROB V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ. In *Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí* [online]. Praha : Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <[http://www.phytopsanitary.org/projekty/2005/VVF\\_07\\_2005.pdf](http://www.phytopsanitary.org/projekty/2005/VVF_07_2005.pdf)>.
- [12] *Ministerstvo životního prostředí České republiky* [online]. 2008 [cit. 2010-05-03]. Nebezpečné odpady. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/cz/nebezpecne\\_odpady](http://www.mzp.cz/cz/nebezpecne_odpady)>.
- [13] HŘEBÍČEK, Jiří: Prognóza nakládání s biodegradabilním odpadem v ČR do roku 2020. *Biom.cz* [online]. 2009-05-13 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/prognoza-nakladani-s-biodegradabilnim-odpadem-v-cr-do-roku-2020>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] VÁŇA, Jaroslav: Absence legislativy bioodpadů se začíná projevovat jako závažný nedostatek. *Biom.cz* [online]. 2005-06-23 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czp-pestovani-biomasy-spalovani-biomasy/odborne-clanky/absence>>.

- legislativy-bioodpadu-se-zacina-projevovat-jako-zavazny-nedostatek?apc=/czp-pestovani-biomasy-spalovani-biomasy/odborne-clanky/absence-legislativy-bioodpadu-se-zacina-projevovat-jako-zavazny-nedostatek&nocache=invalidate&sh\_itm=5435080b0eb2baf142b2dd4c669e4b4c&all\_ids=1>. ISSN: 1801-2655.
- [15] Roztřídění VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ ŽIVOČIŠNÉHO PŮVODU. In *NARÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1774/2002* [online]. Brno : Bezpečná krmiva, 2007 [cit. 2010-05-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/zak-1774-2002-kons-01-01-2007.pdf>>.
- [16] SLEJŠKA, Antonín: Dopady nařízení 1774/2002 (ES) na kompostování kuchyňských odpadů. *Biom.cz* [online]. 2004-01-21 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/dopady-narizeni-1774-2002-es-na-kompostovani-kuchynskych-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] DOHÁNYOS, Michal: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. *Biom.cz* [online]. 2006-05-09 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>>. ISSN: 1801-2655.
- [18] *ÚKZÚZ.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-04-19]. Kontrola kalů ČOV. Dostupné z WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Articles/46594-2-Kontrola+kalu+COV.aspx>>.
- [19] KUBÍK, Ladislav: Rizikové prvky v kalech z čistíren odpadních vod (ČOV). *Biom.cz* [online]. 2009-02-09 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rizikove-prvky-v-kalech-z-cistiren-odpadnich-vod-cov>>. ISSN: 1801-2655.
- [20] *Třetíruka.cz* [online]. 04.02.2010 [cit. 2010-04-19]. Otevření cesty energetickému využití čistírenských kalů je nutností. Dostupné z WWW: <<http://www.tretiruka.cz/news/otevreni-cesty-energetickemu-vyuziti-cistirenskych-kalu-je-nutnosti/>>.
- [21] KAJAN, Miroslav: Bioplyn z odpadů živočišné výroby. *Biom.cz* [online]. 2005-08-23 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby>>. ISSN: 1801-2655.
- [22] Vyjasnění komodity „hnůj“. In *Společné sdělení odborů rostlinných komodit* [online]. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2007 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/biologicky\\_rozlozitelne\\_odpady\\_dokument/\\$FILE/oodp-spolecne\\_sdeleni\\_ve\\_veci\\_vyjasneni\\_komodity\\_hnuj.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/biologicky_rozlozitelne_odpady_dokument/$FILE/oodp-spolecne_sdeleni_ve_veci_vyjasneni_komodity_hnuj.pdf)>.
- [23] *Ministerstvo životního prostředí České republiky* [online]. 2008 [cit. 2010-05-25]. Přehled kompostovatelných odpadů podle zařazení v katalogu. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/cz/prehled\\_odpadu](http://www.mzp.cz/cz/prehled_odpadu)>.
- [24] *Avegastro.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-25]. Využití odpadů z kuchyní. Dostupné z WWW: <<http://www.avegastro.cz/vyuziti-odpadu.html>>.
- [25] STANĚK, Karel: Kompostování - řízená biologická aerobní technologie. *Biom.cz* [online]. 2006-05-18 [cit. 2010-04-25]. Dostupné z WWW:

- <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-rizena-biologicka-aerobni-technologie>>. ISSN: 1801-2655.
- [26] *Kompostárna-Hořátev.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-04-25]. Prodej kompostu, zemního substrátu. Dostupné z WWW: <<http://www.kompostarna-horatev.cz/prodej-kompostu>>.
- [27] VÁŇA, Jaroslav: Kompostování odpadů. *Biom.cz* [online]. 2002-01-14 [cit. 2010-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [28] KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.
- [29] *Kompostery.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-04-25]. Kompostování. Dostupné z WWW: <<http://www.kompostery.cz/kategorie/kompostovani.aspx>>.
- [30] *Biošance.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-04-25]. Aktiviti projektu. Dostupné z WWW: <[http://www.biosance.cz/index.php?id=aktivita\\_projektu](http://www.biosance.cz/index.php?id=aktivita_projektu)>.
- [31] *AGROINTEG s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-21]. Technologie kompostování. Dostupné z WWW: <[http://www.agrointeg.cz/pages/biomasa/technologie\\_kompostovani.html](http://www.agrointeg.cz/pages/biomasa/technologie_kompostovani.html)>.
- [32] *Wikipedia.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-04-25]. Kompostování. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompostov%C3%A1n%C3%AD>>.
- [33] ZEMÁNEK, Pavel, BURG, Patrik: Nákladovost aplikace kompostů do půdy. *Biom.cz* [online]. 2009-11-09 [cit. 2010-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladovost-aplikace-kompostu-do-pudy>>. ISSN: 1801-2655.
- [34] *Tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-04-30]. Rostoucí ceny nahrávají většímu využití kompostů. Dostupné z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5346>>.
- [35] *Tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Největší bioplynová stanice ve střední Evropě. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=4638>>.
- [36] *Bioprofit* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Anaerobní technologie. Dostupné z WWW: <[http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)>.
- [37] *Aktualně.centrum.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-05-22]. Otřesné záběry z bioplynové stanice na Znojemsku. Dostupné z WWW: <<http://aktualne.centrum.cz/ekonomika/domaci-ekonomika/fotogalerie/2008/08/18/otresne-zabery-z-bioplynove-stance-na-znojemsku/foto/211363/?cid=614038>>.
- [38] *Tenza.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Bioplynové stanice. Dostupné z WWW: <<http://www.tenza.cz/cz/aktivity/provadeni-staveb/ekologicke-stavby/biostanice/>>.
- [39] MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, Antonín: Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2003-07-14 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

- [40] *Metaefficient.com* [online]. 2010 [cit. 2010-05-22]. Biogas: Producing Ultra-Efficient Fuel From Sewage. Dostupné z WWW: <<http://www.metaefficient.com/buses/biogas-sweden-fuel-buses-trains.html>>.
- [41] *Bioprofit* [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Využití bioplynu. Dostupné z WWW: <[http://www.bioplyn.cz/at\\_bioplyn.htm](http://www.bioplyn.cz/at_bioplyn.htm)>.
- [42] Legislativa a Metodický pokyn MŽP K podmínkám schvalování bioplynových stanic do provozu. In *BIOPLYNOVÉ STANICE*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2006 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.calla.ecn.cz/data/energetika/seminare/bioplyn/AuterskaBPS.pdf>>.
- [43] Podmínky pro výstavbu komunální BPS v ČR. In *Výstavba komunálních bioplynových stanic s využitím BRKO*. Praha : Státní fond životního prostředí ČR, 2009 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.czbiom.cz/data/Upload/PDF/bioplynky.pdf>>.
- [44] *Nazeleno.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. Biomasa v České republice: kolik vyrábíme elektřiny?. Dostupné z WWW: <<http://www.nazeleno.cz/energie/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elekriny.aspx>>.
- [45] *EVECOBrno.cz* [online]. 2008 [cit. 2010-05-21]. Využití energie z biomasy. Dostupné z WWW: <[http://www.evecobrno.cz/uploads/images/Obrazky\\_web/Technologie-CZ.jpg](http://www.evecobrno.cz/uploads/images/Obrazky_web/Technologie-CZ.jpg)>.
- [46] *Časopis stavebnictví .cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-22]. Kněžice: komplexní energetické řešení. Dostupné z WWW: <[http://www.casopisstavebnictvi.cz/knezice-komplexni-energeticke-reseni\\_N2412](http://www.casopisstavebnictvi.cz/knezice-komplexni-energeticke-reseni_N2412)>.
- [47] *Bydlení.idnes.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-22]. Kotle na dřevo umějí víc, než si o nich často myslíme. Dostupné z WWW: <[http://bydleni.idnes.cz/kotle-na-drevo-umeji-vic-nez-si-o-nich-casto-myslime-f8h-/uspory-energii.asp?c=A090818\\_191021\\_uspory-energii\\_rez](http://bydleni.idnes.cz/kotle-na-drevo-umeji-vic-nez-si-o-nich-casto-myslime-f8h-/uspory-energii.asp?c=A090818_191021_uspory-energii_rez)>.
- [48] *Třetí Ruka.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-10]. Využití popele ze spalování biomasy. Dostupné z WWW: <<http://www.tretiruka.cz/news/vyuziti-popele-ze-spalovani-biomasy/>>.
- [49] *MojeEnergie.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-10]. Energetická legislativa ČR. Dostupné z WWW: <<http://www.mojeenergie.cz/cz/energeticka-legislativa-cr>>.
- [50] *Odpady.ihned.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-10]. Hrozí za nezákonné spalování odpadu sankce?. Dostupné z WWW: <[http://odpady.ihned.cz/c4-10078640-37380540-E00000\\_d-hrozi-za-nezakonne-spalovani-odpadu-sankce](http://odpady.ihned.cz/c4-10078640-37380540-E00000_d-hrozi-za-nezakonne-spalovani-odpadu-sankce)>.
- [51] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (2) Technologie. *Biom.cz* [online]. 2002-02-06 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-2-technologie>>. ISSN: 1801-2655.
- [52] DITTRICH, Martin: Popis technologie Biofluid, Ateko a.s.. *Biom.cz* [online]. 2002-05-03 [cit. 2010-05-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/popis-technologie-biofluid-ateko-a-s>>. ISSN: 1801-2655.
- [53] *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-10]. Legislativa týkající se fytoenergetiky a kompostování. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa>>.

- [54] *Odpady.wbs.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Pyrolýza vs. Spalování. Dostupné z WWW: <<http://www.odpady.wbs.cz/Pyrolyza-vs-Spalovani.html>>.
- [55] *TENERGOBrno.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-05-21]. Bioplyn. Dostupné z WWW: <<http://www.tenergobrno.cz/bioplyn.html>>.
- [56] *Ministerstvo životního prostředí České republiky* [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. Oblast biologicky rozložitelných odpadů. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/cz/oblast\\_rozlozitelne\\_odpady](http://www.mzp.cz/cz/oblast_rozlozitelne_odpady)>.
- [57] SLEJŠKA, Antonín: Možnosti snižování množství skládkovaných BRKO. *Biom.cz* [online]. 2004-06-21 [cit. 2010-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-snizovani-mnozstvi-skladkovanych-brko>>. ISSN: 1801-2655.
- [58] VÁŇA, Jaroslav: Mechanicko - biologická úprava odpadů. *Biom.cz* [online]. 2003-04-10 [cit. 2010-05-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mechanicko-biologicka-uprava-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [59] *MBÚ.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-05-03]. Co je MBÚ? . Dostupné z WWW: <<http://www.mbu.cz/cz/Cojembu.php>>.

## **SEZNAM PŘÍLOH**

- 1 Katalog BRKO
- 2 Přehled kompostovatelných odpadů podle zařazení v katalogu odpadů
- 3 Použitá legislativa

**PŘÍLOHA 1****KATALOG BRKO**

Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru

Dle přílohy č.1 vyhlášky MŽP 381/2001 Sb., ve znění vyhlášky č. 503/2004 Sb.

| Kód      | Kategorie | Název   |
|----------|-----------|---|
| 20       | -         | Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru              |
| 20 01    | -         | Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)   |
| 20 01 01 | -         | Papír a lepenka   |
| 20 01 02 | -         | Sklo  |
| 20 01 08 | -         | Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven   |
| 20 01 10 | -         | Oděvy   |
| 20 01 11 | -         | Textilní materiály  |
| 20 01 13 | N         | Rozpouštědla  |
| 20 01 14 | N         | Kyseliny  |
| 20 01 15 | N         | Zásady  |
| 20 01 17 | N         | Fotochemikálie  |
| 20 01 19 | N         | Pesticidy   |
| 20 01 21 | N         | Zářivky a jiný odpad obsahující rtuť  |
| 20 01 23 | N         | Vyřazená zařízení obsahující chlorofluoruhlodíky  |
| 20 01 25 | -         | Jedlý olej a tuk  |
| 20 01 26 | N         | Olej a tuk neuvedený pod číslem 20 01 25  |
| 20 01 27 | N         | Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky  |
| 20 01 28 | -         | Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice neuvedené pod číslem 20 01 27  |
| 20 01 29 | N         | Detergenty obsahující nebezpečné látky  |
| 20 01 30 | -         | Detergenty neuvedené pod číslem 20 01 29  |
| 20 01 31 | N         | Nepoužitelná cytostatika  |
| 20 01 32 | N         | Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31  |
| 20 01 33 | N         | Baterie a akumulátory, zařazené pod čísla 16 06 01, 16 06 02 nebo pod číslem 16 06 03 a netříděné baterie a akumulátory obsahující tyto baterie |

|          |   |   |
|----------|---|---|
| 20 01 34 | - | Baterie a akumulátory neuvedené pod číslem 20 01 33   |
| 20 01 35 | N | Vyřazené elektrické a elektronické zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 20 01 21 a 20 01 23 |
| 20 01 36 | - | Vyřazené elektrické a elektronické zařízení neuvedené pod čísly 20 01 21, 20 01 23 a 20 01 35                   |
| 20 01 37 | N | Dřevo obsahující nebezpečné látky   |
| 20 01 38 | - | Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37   |
| 20 01 39 | - | Plasty  |
| 20 01 40 | - | Kovy  |
| 20 01 41 | - | Odpady z čištění komínů   |
| 20 01 99 | - | Další frakce jinak blíže neurčené   |
| 20 02    | - | Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)  |
| 20 02 01 | - | Biologicky rozložitelný odpad   |
| 20 02 02 | - | Zemina a kameny   |
| 20 02 03 | - | Jiný biologicky nerozložitelný odpad  |
| 20 03    | - | Ostatní komunální odpady  |
| 20 03 01 | - | Směsný komunální odpad  |
| 20 03 02 | - | Odpad z tržišť  |
| 20 03 03 | - | Uliční smetky   |
| 20 03 04 | - | Kal ze septiků a žump   |
| 20 03 06 | - | Odpad z čištění kanalizace  |
| 20 03 07 | - | Objemný odpad   |
| 20 03 99 | - | Komunální odpady jinak blíže neurčené   |

**PŘÍLOHA 2****PŘEHLED KOMPOSTOVATELNÝCH ODPADŮ PODLE ZAŘAZENÍ  
V KATALOGU ODPADŮ**

V souvislosti s naplňováním vyhlášky č. 383/2001, příloha č. 8 odst. 16 uvádí odbor odpadů přehled kompostovatelných odpadů podle řazení v katalogu odpadů. Tyto kompostovatelné odpady je zakázáno ukládat na skládky všech skupin.

Kompostovatelné odpady s výjimkou kompostovatelných odpadů v komunálním odpadu:

|          |  |
|----------|--|
| 02 01    | Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství  |
| 02 01 01 | Kaly z praní a z čištění   |
| 02 01 02 | Odpad živočišných tkání  |
| 02 01 03 | Odpad rostlinných pletiv   |
| 02 01 06 | Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředěvané odděleně a zpracováváné mimo místo vzniku  |
| 02 01 07 | Odpady z lesnictví   |
| 02 02    | Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu  |
| 02 02 01 | Kaly z praní a z čištění   |
| 02 02 02 | Odpad živočišných tkání  |
| 02 02 03 | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování  |
| 02 02 04 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku   |
| 02 03    | Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy |
| 02 03 01 | Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace  |
| 02 03 04 | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování  |
| 02 03 05 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku   |
| 02 04    | Odpady z výroby cukru  |
| 02 04 01 | Zemina z čištění a praní řepy  |
| 02 04 02 | Uhličitan vápenatý nevyhovující jakosti  |
| 02 04 03 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku   |
| 02 05    | Odpady z mlékářského průmyslu  |
| 02 05 01 | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování  |
| 02 05 02 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku   |
| 02 06    | Odpady z pekáren a výroby cukrovinek   |
| 02 06 01 | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování  |
| 02 06 03 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku   |

|          |   |
|----------|---|
| 02 07    | Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kakaá)                              |
| 02 07 01 | Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin  |
| 02 07 02 | Odpad z destilace lihovin   |
| 02 07 04 | Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování   |
| 02 07 05 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku  |
| 03 01    | Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku   |
| 03 01 01 | Odpadní kůra a korek  |
| 03 01 05 | Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04                          |
| 03 03    | Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky  |
| 03 03 01 | Odpadní kůra a dřevo  |
| 03 03 02 | Kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu)   |
| 03 03 05 | Kaly z odstraňování tiskařské černi při recyklaci papíru  |
| 03 03 07 | Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky  |
| 03 03 08 | Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci   |
| 03 03 09 | Odpadní kaustifikační kal   |
| 03 03 10 | Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění |
| 03 03 11 | Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 03 03 10   |
| 04 01    | Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu  |
| 04 01 01 | Odpadní klišovka a štípenka   |
| 04 01 06 | Kaly obsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku                                   |
| 04 01 07 | Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku                                 |
| 04 02    | Odpady z textilního průmyslu  |
| 04 02 10 | Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)   |
| 04 02 20 | Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 04 02 19                            |
| 04 02 21 | Odpady z nezpracovaných textilních vláken   |
| 04 02 22 | Odpady ze zpracovaných textilních vláken  |
| 10 01    | Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení   |
| 10 01 03 | Popílek ze spalování rašeliny a neošetřeného dřeva  |
| 10 13    | Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných                                       |
| 10 13 04 | Odpady z kalcinace a hašení vápna   |
| 10 13 06 | Úlet a prach (kromě odpadů uvedených pod čísly 10 13 12 a 10 13 13)   |

|          |  |
|----------|--|
| 15 01    | Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)                         |
| 15 01 01 | Papírové a lepenkové obaly   |
| 15 01 03 | Dřevěné obaly  |
| 17 02    | Dřevo, sklo, plasty  |
| 17 02 01 | Dřevo  |
| 19 05    | Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů   |
| 19 05 03 | Kompost nevyhovující jakosti   |
| 19 06    | Odpady z anaerobního zpracování odpadu   |
| 19 06 04 | Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu                         |
| 19 06 05 | Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu              |
| 19 06 06 | Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu           |
| 19 08    | Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené  |
| 19 08 05 | Kaly z čištění komunálních odpadních vod   |
| 19 08 12 | Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11   |
| 19 08 14 | Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13 |
| 19 09    | Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely                  |
| 19 09 01 | Pevné odpady z primárního čištění  |
| 19 09 02 | Kaly z čiření vody   |
| 19 12    | Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)   |
| 19 12 01 | Papír a lepenka  |
| 19 12 07 | Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06  |

Kompostovatelné odpady musí svými vlastnostmi odpovídat požadavkům ČSN 46 5735 Průmyslové komposty.

**PŘÍLOHA 3**

## POUŽITÁ LEGISLATIVA

|                |  |
|----------------|--|
| 1774/2002 (ES) | Nařízení o vedlejších živočišných produktech   |
| 1999/31/ES     | Směrnice Rady o skládkách odpadů   |
| 294/2005 Sb.   | Vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady   |
| 254/2001 Sb.   | Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů  |
| 274/2001 Sb.   | O vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů  |
| 185/2001 Sb.   | Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů  |
| 381/2001 Sb.   | Katalog odpadů   |
| 382/2001 Sb.   | Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě  |
| 156/1998 Sb.   | Zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, ve znění zákona č. 308/2000 Sb.   |
| 569/1991 Sb.   | Zákon o pozemkovém fondu České Republiky, ve znění pozdějších předpisů   |
| 6/1977 Sb.     | Vyhláška ministerstva lesního a vodního hospodářství České socialistické republiky o ochraně jakosti povrchových a podzemních vod  |
| 308/2000 Sb.   | Zákon, kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), a zákon č. 569/1991 Sb., o Pozemkovém fondu České republiky, ve znění pozdějších předpisů. |
| 474/2000 Sb.   | Vyhláška o stanovení požadavků na hnojiva  |
| 180/2005 Sb.   | Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)  |
| 86/2002 Sb.    | Zákon o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů   |
| 76/2002 Sb.    | Zákon o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci)  |
| 100/2001 Sb.   | Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)   |
| 615/2006 Sb.   | Nařízení vlády o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší  |

|              |  |
|--------------|--|
| 356/2002 Sb. | Vyhláška, kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.   |
| 363/2006 Sb. | Vyhláška č. 363/2006 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování. |
| 362/2006 Sb. | Vyhláška Ministerstva životního prostředí o způsobu stanovení koncentrace pachových látek, přípustné míry obtěžování zápachem a způsobu jejího zjišťování  |
| 146/2007 Sb. | Nařízení vlády o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší  |
| 9/2009 Sb.   | Zákon, kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony   |
| 183/2006 Sb. | Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)  |
| 482/2005 Sb. | Vyhláška o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy   |
| 502/2005 Sb. | Vyhláška o stanovení způsobu vykazování množství elektřiny při společném spalování biomasy a neobnovitelného zdroje  |
| 271/2009 Sb. | Vyhláška, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů   |
| 353/2002 Sb. | Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší   |
| 365/2009 Sb. | Vyhláška o Pravidlech trhu s plynem  |
| 383/2001     | Vyhláška Ministerstva životního prostředí o podrobnostech nakládání s odpady   |
| 341/2008 Sb. | Vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady)   |
| ČSN 465735   | Průmyslové komposty  |
| ČSN 83 8030  | Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu   |

|             |  |
|-------------|--|
| ČSN 83 8032 | Skládování odpadů – Těsnění skládek                |
| ČSN 83 8033 | Skládování odpadů – Nakládání s průsakovými vodami |
| ČSN 83 8034 | Skládování odpadů – Odplynění skládek              |