

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Zemědělství - Prvovýroba

**Vliv technologie kompostování na kvalitu kompostu**

bakalářská práce

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: 4131R018 Zemědělství - Prvovýroba

Katedra: Agroekosystémů

Vedoucí katedry: Doc. Ing. Per Konvalina, Ph.D.

Bakalářská práce

Vliv technologie kompostování na kvalitu kompostu

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Autor bakalářské práce: Tomáš Plucek, DiS.

České Budějovice, 2018

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra: Agroekosystémů

Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Tomáš Plucek

Studijní program: **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **4131R018 Zemědělství -Prvovýroba**

Název tématu: Vliv technologie kompostování na kvalitu kompostu

### Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je navržení optimální technologie kompostování. Kompostování biologicky rozložitelných organických odpadů umožňuje recyklaci jejich organického podílu do půdy. Úkolem technologie kompostování je dosažení optimální transformace organických frakcí a získání produktu vysoké kvality. Vstupním materiálem budou různé biologicky rozložitelné organické materiály. Vypracujte literární rešerši na téma „Kompostování biomasy: a) Kompostování biologicky rozložitelných organických materiálů a hmot b) Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu c) Kontrola průběhu kompostovacího procesu a kvality výsledného produktu d) Vermikopmostování e) Sorpční a iontovýměnná schopnost půdy (kompostu) f) Strojní vybavení pro kompostování g) Legislativa hodnocení kvality kompostů h) Registrace kompostu. Ve vzorcích kompostů (z 5 kompostáren) stanovte vhodnou metodou kvalitu kompostu (např. T max podle Sandhoffa). Výsledky statisticky vyhodnoťte a diskutujte. Na základě studia literatury a vlastních výsledků navrhněte „Optimální technologii kompostování biologicky rozložitelných organických materiálů a hmot ve vybrané kompostárně z pohledu kvality produktu. Vypracujte bakalářskou práci dle Opatření děkana č. 4 ze dne 14. 3. 2014. Ke zpracování bakalářské práce využijte skripta Technika zpracování bakalářských a diplomových prací (Kareš J. a kol., 2007) a Práce s VTI (Mílota J., Nýdl V., 1996). Použijte publikaci prof. Kalače: Jak vypracovat diplomovou práci v zemědělských oborech, 2009.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 30-50 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Váchalová R. (2012): Aerobní zpracování biomasy. ZF JU v Č. B. Studijní texty, 150 s.;  
Slejška A. a kol. (2009): Vlastnosti a složení zahradních kompostů v České republice. Biom.cz [online]. 2009-10-07 (cit. 2014-02-19);  
Kollárová M. a kol. (2008): Kompostování travní hmoty z údržby trvalých travních porostů. VÚZT Praha, 24 s., ISBN 978-86884-36-2;  
Váňa J.: Kompostování odpadů. In: Váňa J., Balík J., Tlustoš P. (2009): Pevné odpady. ČZU Praha; Plíva P. a kol. (2006): Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. VÚZT Praha, č. 1, 65 s., ISBN: 80-86884-11-2;  
Plíva P. a kol. (2005): Technika pro kompostování v pásových hromadách. VÚZT Praha, č. 1, 72 s., ISBN: 8086884-02-3;  
Plíva P. a kol. (2008): Strojní vybavení kompostovací linky. VÚZT Praha, 16 s., ISBN: 978-80-86884-33-2;  
Jelínek A. a kol.: Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem. Praha 2002, ISBN 80-238-8539-1, 74 s.;  
Zbiral J. (1995, 1996, 1997): Analýza půd I, II, III. Jednotné pracovní postupy. ÚZKUZ Brno; ČSN 465735 Průmyslové komposty; Zethner, G., Götz, B., Amlinger, F.: Qualität von Komposten aus der getrennten Sammlung. Umweltbundesamt (Federal Environment Agency), Wien, 363 s., 2000;

A další doporučená literatura.

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 15. března 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2018

L. S.

Doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

Prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

Vedoucí katedry

Děkan

V Českých Budějovicích dne 15. března 2017

## PROHLÁŠENÍ

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, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 1. 4. 2018

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá tím, jaký vliv technologie kompostování, má za následek kvalitu kompostu. Cílem bylo provést stanovení kationtové výměnné sorpční kapacity metodou podle Sandhoffa a vytvořit návrh optimální technologie kompostování. Je zde možné najít správné parametry pro vytvoření správných podmínek kompostovacího procesu. Vzorky byly odebrány ze tří vybraných provozů, a sice z kompostárny Fertia s.r.o., kompostárna Petrůvky, ESKO – T s.r.o. Třebíč, a z kompostárny – Dubinka AGRO 2000. Nadále jsou v práci popsány vlastnosti kompostu, podmínky správného kompostování a technologie kompostování. K objektivnímu posouzení kvality kompostů, se využilo metody stanovení iontovýměnné kapacity dle Sandhoffa.

Klíčová slova: kompost, kationtová výměnná kapacita, kompostování, kompostovací technologie

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the effect of composting technology on the quality of compost. The goal was to determine the CEC (cation Exchange capacity) according to Sandhoff and to create a proposal for the optimal composting technology. It is possible to find the right parameters for creating the right conditions of the composting process. Samples were taken from 3 (anglicky) selected plants, from the composting plant Fertia s.r.o., from the Petrůvky, ESKOT – T s.r.o. Třebíč composting plant and from composting plant Dubinka AGRO 2000. This thesis also describes the features of the kompost, the nature of the correct composting procedures and composting technology. In order to objectively assess the quality of the composts, the Sandhoff's method of stating the cation exchange capacity was used.

Key words: compost, (CEC) cation exchange capacity, composting, composting technologies

## OBSAH:

1.	ÚVOD	8
2.	TVORBA A VÝZNAM HUMUSU	9
	2.1. Hnití	9
	2.2. Tlení	10
	2.3. Úrodnost půdy	10
	2.4. Organická hmota půdy a její význam	11
3.	KOMPOSTOVACÍ TECHNOLOGIE	11
	3.1. Kompostování v plošných zakládkách	11
	3.2. Kompostování v pásových zakládkách	12
	3.2.1. Trojúhelníkový profil hromady	12
	3.2.2. Lichoběžníkový profil hromady	12
	3.2.3. Kompostárna na trvalém stanovišti	13
	3.2.4. Kompostárna na dočasném stanovišti	14
	3.2.5. Rychlokompostování	14
	3.3. Intenzivní kompostovací technologie	14
	3.3.1. Kompostování v boxech	15
	3.3.2. Kompostování v kompostovacích žlabech	15
	3.3.3. Kompostování v bioreaktorech	15
4.	ZÁKLADY KOMPOSTOVACÍHO PROCESU	17
	4.1. Správná vlhkost	18
	4.2. Vzduch (kyslík)	18
	4.3. Složení výchozího materiálu	19
	4.4. Přídavek půdy	19
	4.5. Promíchání	20
	4.6. Tma a teplo	20
	4.7. Fáze kompostovacího procesu	21
5.	OPTIMALIZACE SUROVINOVÉ SKLADBY KOMPOSTOVACÍ ZÁKLADNY	22
6.	MATERIÁLY KE KOMPOSTOVÁNÍ	24
	6.1. Výchozí materiály ke kompostování	24
	6.2. Přísady ke kompostování	25
7.	KONTROLA PRŮBĚHU A ŽÍZENÍ KOMPOSTOVACÍHO PROCESU	26
	7.1. Doba potřebná pro kompostování	26
	7.2. Měření teploty kompostu	26
	7.3. Hodnocení vlhkosti kompostu	27
	7.4. Měření obsahu kyslíku a dalších plynů v kompostu	27
8.	HODNOCENÍ VYROBENÉHO KOMPOSTU	28
	8.1. Stupň zralosti a stabilita kompostu	29
	8.2. Mikrobiologické hodnocení kompostu	29
	8.3. Chemické a fyzikální hodnocení kompostu	30
	8.4. Test fytotoxicity – řeřichový test	31
9.	VERMIKOMPOSTOVÁNÍ	31
	9.1. Historie vermikompostování a současnost	31
	9.2. Biologie žížal	32
	9.2.1. Vývojová stádia žížal	32
	9.2.2. Druhy žížal	33
	9.3. Hnojení vermikompostem	34
	9.4. Krmivo pro žížaly	34

10.	STROJE PRO KOMPOSTOVÁNÍ	35
	10.1. Stroje pro drcení komponentů	35
	10.1.1. Drtiče	36
	10.1.2. Štěpkovače	36
	10.1.3. Drtiče – míchače	37
	10.2. Překopávače kompostu	37
	10.2.1. Rotorové překopávače	38
	10.2.2. Dopravníkové překopávače	38
	10.3. Prosévací a separační zařízení	39
	10.3.1. Vibrační prosévací síta	39
	10.3.2. Rotační třídiče	40
	10.3.3. Rotační rošty	40
10.	STROJNÍ LINKY PRO KOMPOSTOVÁNÍ	41
	11.1. Linky pro výrobu hrubého kompostu	41
	11.2. Linky pro výrobu jemného kompostu	41
	11.3. Kombinované kompostovací linky	42
11.	KOMPOSTÁRNY, VZORKY KOMPOSTÁREN A JEJICH VYHODNOCENÍ	42
	12.1. Kompostárna Fertia s.r.o.	42
	12.2. Kompostárna Petrůvky, ESKO-T s.r.o. Třebíč	43
	12.3. Kompostárna – Dubinka AGRO 2000	44
	12.4. Stanovení kationové výměnné sorpční kapacity T, dle Sandhofa	45
	12.5. Vyhodnocení vzorků, výsledky a diskuze	46
12.	ZÁVĚR	47
13.	PŘÍLOHY	48
14.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	52



## 1. ÚVOD

Kompostování je pravděpodobně jednou z nejstarších recyklačních technologií na světě. Již před dvěma tisíci lety popsal římský učenec a spisovatel Columella v zemědělské příručce jak mají být zemědělské odpady míchány, vrstveny do hromad, překopány a nakonec využívány jako organické hnojivo. Římané nazývali tento proces „Composta“ (lat. Kompositum – skladba), z čehož vzniklo označení této technologie „kompostování“.

Výhody tohoto přirozeného biologického procesu byly v průběhu staletí využívány zcela živelně a náhodně. Teprve rozvoj vědy a techniky umožnil rozvoj zemědělské výroby, která postupně hledala další zdroje živin do půdy při jejím intenzivním využívání.

Rozvoj kompostovacích technologií by nebyl možný bez pochopení biologických a chemických pochodů a spolu s rozvojem analytických metod, umožnil širokou využitelnost kompostovacích procesů. Materiály, které byly zpočátku považovány za odpad, jsou dnes brány jako potenciální zdroje živin, proto se často označují jako přeměnitelné zbytky. Prudký nárůst kompostování až na úroveň nejrozšířenější recyklační technologie pro organické odpady, začal v USA a v západní Evropě na počátku osmdesátých let, kdy se také začala ve větší míře uplatňovat speciální technika pro kompostování, zejména drtiče, samojízdné překopávače kompostu, bioreaktory apod.

Jednou z hlavních předností kompostování je výroba kvalitního humusu mimo půdní prostředí. Využitím kompostu se zvýší obsah humusu v půdě a značně se urychlí proces obnovy půdní úrodnosti. Na organický podíl z pevné fáze půdy připadá celkem 2 – 5 % objemu. Z hlediska půdní úrodnosti tvoří humus významnou a nezastupitelnou část. Humus a jeho kyseliny jsou důležité pro vytváření struktury a kyprosti půdy, schopnost půdy udržet živiny a vodu. Mikroorganismy v půdě využívají půdní organickou hmotu jako energetický a živinný substrát. Humus napomáhá v půdě tvorbě drobtovité struktury, jejímž důsledkem je její příznivý živinný, vodní, vzdušný a tepelný režim. [21]

## 2. TVORBA A VÝZNAM HUMUSU

Kompostování by mohlo v přírodě řešit i řadu důležitých problémů, z nichž některé bychom mohli zařadit až na úroveň pověstných globálních problémů lidstva. Z hlediska ekologie představuje kompostování:

- přirozenou likvidaci odpadů, která nevyžaduje žádnou další přídatnou energii
- uzavření koloběhu prvků v přírodě
- možnost doplnění nezastupitelného humusu do půdy [7]

Humus je organická hmota v půdě, která vzniká rozkladem rostlinných a živočišných těl nebo jejich zbytků z a působení půdních mikroorganismů. Humus tvoří přirozený potenciální zdroj minerálních živin pro rostliny a je současně živným substrátem pro činnost mikroorganismů. Zásadní význam pro trvalou úrodnost půdy a zlepšování výživy rostlin mají huminové kyseliny a huminy, které v příznivých podmínkách vytvářejí tzv. humusojílový sorpční komplex. Huminové složky také významně ovlivňují tvorbu drobtovité struktury, čili stmelují drobné částičky půdy v drobtů. [5]

V přírodě probíhají nepřetržitě procesy rozkladu a přeměny látek. V tomto koloběhu nevznikají žádné odpady. Ročně podléhá přeměně velké množství odumřelého rostlinného materiálu. Spadané listy, odumřelé větve a jiné rostlinné části jsou zdrojem výživy pro miliony organismů v půdě. Tyto organismy, ke kterým patří bakterie, řasy, houby, svinky, stonožky, hmyz, jeho larvy a další, jsou specializované na rozklad a přeměnu organických zbytků a mění je na humus. Velmi důležité jsou žížaly, které konzumují směs organických zbytků se zeminou a v zaživacím ústrojí je mění na jílovitohumusový komplex. Žížaly takto na 1 ha plochy ročně zpracují 25 tun hmoty.

Humus je základem přirozené úrodnosti půdy. Živiny vázané na humusové částice (organické koloidy) se nevyplavují vodou a jsou dobře přístupné rostlinám v době, kdy je právě potřebují. Živiny obsažené v odumřelých částech rostlin jsou takto činností půdních organismů zachycovány a předávány opět rostlinám. Koloběh se uzavírá. Organické rozložitelné odpady neobsahují žádné látky přirozené nezpracovatelné a životnímu prostředí cizí. Nejlepší a nejvýhodnější cestou hospodaření s těmito odpady je právě kompost.

Nejdůležitější vlastnosti humusu pro půdu a rostlinu jsou následující:

- pomalé uvolňování dusíku a fosforu
- rozpouští živiny pro rostliny z půdních minerálů
- zlepšuje výživu rostlin stopovými prvky
- má vysokou výměnnou kapacitu pro kationty
- zlepšuje strukturu půdy
- tmavá barva půdy zlepšuje záhřevnost půdy
- větší biologická aktivita
- určité složky humusu mají charakter stimulantů růstu
- snižuje toxicitu přírodních jedovatých látek a také pesticidů
- zvyšuje pufovací (tlumící) kapacitu půdy [12]

### 2.1. Hnití

Při tomto procesu se činností určitých druhů bakterií se při anaerobních podmínkách tvoří zapáchající plyny, například sirovodík a čpavek. Dále vznikají jedovaté sloučeniny jako indol, skatol a dokonce mrtvolné jedy putrescin a kadaverin.

Tyto škodlivé látky lákají různý škodlivý hmyz jako drátovce, pochmurnatku mrkvovou, květilku cibulovou a květilku zelnou. Zároveň podporují různé původce chorob (slepičí mor, mor prasat, paratyfus, tuberkulózu, tetanus, epidemickou žloutenku a dětskou obrnu). Kromě toho se poškozují úrodnost půdy a půda se obohacuje „nevhodnými“ mikroorganismy.

Hnití se vyskytuje především v blokově ukládaném hnoji, v kejďe a v močůvce. Dále se nachází v organických odpadech, které byly někde (často v lesích) vyklopeny (např. odpady z košťálovin a listí ořešáku) v anaerobních podmínkách. Všude, kde se v přírodě vyskytují nepříjemné zápachy, je příčinou hnití.

## 2.2. Tlení

Na tlení se podílejí naopak zcela jiné mikroorganismy, totiž bakterie, plísně, kvasinky, a aktinomycety, které vyžadují kyslík. Živiny nejsou přeměněny v zapáchající plyny, nýbrž jsou nejdříve vázány v mikroorganismech a později jsou k dispozici pro tvorbu humusu. Organické látky jsou pak postupně rozkládány až mineralizovány. Uvolněné minerální prvky včetně dusíku jsou snadno přijatelné rostlinami.

Při tlení jsou zneškodňováni původci chorob – nejen vysokými teplotami, nýbrž také tvorbou řady přírodních antibiotik. Již v roce 1955 bylo v Německu prokázáno, že kompostováním bylo usmrceno 18 nejnebezpečnějších původců chorob. Při tlení se tvoří rovněž fermenty a enzymy, které mohou být zčásti dokonce přímo přijímány rostlinami a tak posilují jejich zdraví a odolnost proti chorobám. Tlení vede k cenným humusovým látkám. Podporuje tak úrodnost půdy a zlepšuje zdraví rostlin. Kompostování organických odpadů představuje možnost, aby tlení mohlo probíhat za velmi přesně kontrolovaných podmínek. Tak lze velmi cíleně produkovat humus a zlepšovat úrodnost půdy.

## 2.3. Úrodnost půdy

Pro bohaté sklizně a optimálně rostoucí a kvetoucí rostliny je důležitý nejen druh půdy, ale i její úrodnost. Pod pojmem úrodnost půdy rozumíme schopnost půdy zásobovat rostliny vodou a živinami. Čím je půda úrodnější, tím lépe může rostlinám zabezpečovat tyto ekologické činitele.

Úrodnost půdy příznivě ovlivňuje vysoký obsah humusu, organické hnojení (zelené hnojení, zapravení sklizňových zbytků, komposty atd.), šetrné obdělávání půdy, správný osevní postup a biologická ochrana rostlin.

Humus v půdě vzniká přeměnou organické hmoty dodané organickým hnojením a rozkladem kořenových a posklizňových zbytků. Část humusu, označovaná jako živý humus, se každoročně spotřebovává mineralizačními pochody. Živý humus je zdrojem výživy pro půdní organismy a působí příznivě na zásobování rostlin živinami. Při přeměně půdními organismy a mineralizací uvolňuje živý humus dusík, fosfor, síru a stopové prvky v přijatelné formě pro rostliny. Dále vznikají rostlinné hormony a antibiotika, která mohou přijímat přímo rostliny. Tyto účinné látky zvyšují odolnost rostlin vůči chorobám škůdcům, a přispívají tak ke zdravému růstu a dobré kvalitě rostlin.

Trvalý humus je tmavě zbarvený, spojuje se s půdními minerály a je velmi odolný vůči biologickému rozkladu. Obsahuje velkou zásobu živin, které se pomalu uvolňují pro rostliny.

Proto se vyplavuje podstatně méně živin než z půdy bez trvalého humusu. U lehkých půd zlepšuje strukturu půdy a zvyšuje jejich schopnost poutat vodu a živiny. Těžké půdy se stávají poréznějšími, zlepšuje se jejich provzdušnění a záhřevnost, tvoří se také stabilní struktura půdy. Trvalý humus má mnohostranný charakter účinných látek. Zvyšuje biologickou aktivitu a je životním prostorem pro druhově bohatý svět mikroorganismů, které potlačují v půdě škodlivé organismy. [12]

## 2.4. Organická hmota půdy a její význam

Organická hmota v půdě má velký význam z produkčního i mimoprodukčního hlediska, neboť ovlivňuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy. Nehraje však pouze klíčovou roli v půdní úrodnosti, ale minimalizuje i rizika různých forem degradace půdy a tím kladně ovlivňuje životní prostředí.

Fyzikální vlastnosti: - zvyšuje agregaci půdních částic  
- zlepšuje zásobování rostlin vodou  
- usnadňuje růst jemných kořenů a kořenového vlášení  
- zvyšuje „drénování,, půd  
- umožňuje větší flexibilitu při plánování kultivace

Chemické vlastnosti: - uvolňuje N, P a S při mineralizaci  
- chrání kationty proti ztrátám (vyplavování)  
- vytváří vazby s kovy – mikroživinami  
- působí pufračně  
- redukuje riziko některých kovů pro životní prostředí  
- adsorbuje pesticidy a další organické sloučeniny

Biologické vlastnosti: - půdní fauna, pro niž je organická hmota nezbytná, vytváří kanálky, jež zvyšují infiltraci a usnadňují růst kořenů  
- fauna a mikroorganismy se účastní dekompozice posklizňových zbytků a dalších typů organické hmoty, má nezastupitelný význam v koloběhu prvků  
- ovlivňuje mykorrhizu a rhizobium v ikvovitých rostlin, které mají význam pro výživu rostlin  
- zásobuje faunu a mikroorganismy, jež se účastní v kontrole patogenů  
- např. napadajících kořeny rostlin [1]

Při rozkladu organické hmoty mají mnohostranný význam půdní mikroorganismy. Jsou to bakterie a půdní houby. Tyto mikroorganismy rozkládají složité organické látky na jednoduché minerální látky, jako jsou oxid uhličitý, voda, amoniak atd. Podporují tak mineralizaci a zpřístupňují rostlinám potřebné živiny. [5]

## 3. KOMPOSTOVACÍ TECHNOLOGIE

### 3.1. Kompostování v plošných zakládkách

Plošné komposty jsou nejstarší kompostovací technologií. V minulost se uplatňovaly hlavně proto, že nebyla vhodná mechanizace k zakládání krechtových kompostů. S výhodou byly zakládány na souvracích. Kompost se zakládal z vrstev z chlévské mrvy, slámy, a dalších odpadů do výšky 0,5 m a zpravidla byl zavlažován močůvkou. Tento kompost se překopával

hlubokou orbou a plocha zakládky byla po 2 – 3 roky využívána jako tzv. „tučný hon“, k pěstování krmných plodin nebo teplomilných zelenin. Obdělávání těchto plodin rovněž částečně nahrazovalo překopávku. Po zrušení „tučného honu“ se kompost rozvezl na zbývající část pozemku. [21]

Abychom mohli kompost dobře ošetřovat, udržujeme jeho šířku asi do dvou metrů a výšku kolem jednoho metru. Délka může být libovolná. [5]

### 3.2. Kompostování v pásových zakládkách

Tato technologie představuje klasickou výrobu kompostů, kdy kompostovaný materiál se vrství do pásových hromad trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu. Délka hromad je pak omezena délkou stanoviště, které musí splňovat některé požadavky (např. umožnit otáčení mechanizačních prostředků při navážení a překopávání, zamezit ohrožení povrchových a podzemních vod apod.).

#### 3.2.1. Trojúhelníkový profil hromady

Minimální doporučená šířka je 2,0 m, z technického hlediska bývá šířka 2,5 až 4,0 m, výška profilu je pak dána charakterem materiálu (zrnitost, sypný úhel, vlhkost).

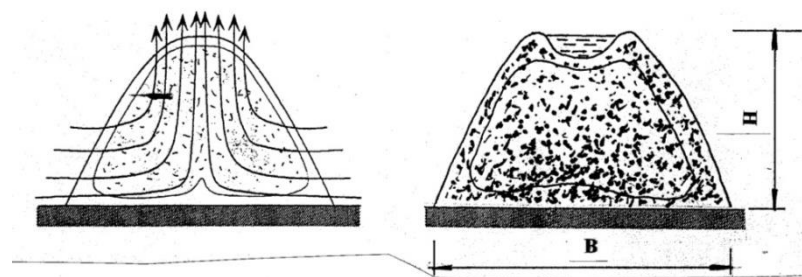
Výhody:

- u trojúhelníkového profilu hromady se lépe uplatní „komínový efekt“ tj. přirozené provětrávání profilu
- dochází k lepšímu odvádění tepla (kompost se nepřehřívá)

Nevýhody:

- ztížená aplikace kejdy do základny, v úzké koruně trojúhelníkového profilu se hůře upraví rýha pro zasakování přidávané kejdy
- zakládka je silně zranitelná deštěm, protože velký povrch odpovídá poměrně malému absorpčnímu povrchu (jádra)
- obecně se doporučuje šířka zakládky od 2,5 m. při výšce nad 3,0 m, hromadu je třeba častěji překopávat.

Obrázek č. 1 Trojúhelníkový profil pásové hromady



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie_kompostovani.html)

#### 3.2.2. Lichoběžníkový profil hromady

Tento profil hromady umožňuje podélné navážení traktorovými přívěsy a úpravu hromady nakladačem, šířka hromady od 3,0 m do 6,0 m, při doporučené výšce 1,5 – 2,5 m.

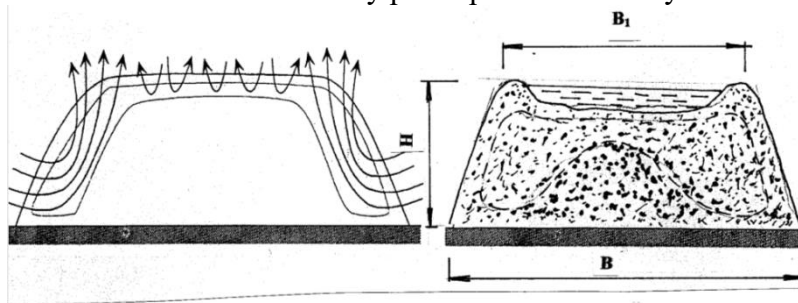
Výhody:

- lepší využití ploch, menší podíl plochy připadá na pracovní uličky
- lepší udržení teploty v základce zejména při začátku procesu
- menší zranitelnost deštěm – tzv. velký absorpční objem hromady vzhledem k jejímu povrchu
- lepší aplikace tekuté slouky

Nevýhody:

- výrazně horší přirozené provětrávání profilu a z toho vyplývající nutnost častějšího překopávání

Obrázek č. 2 Lichoběžníkový profil pásové hromady



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie_kompostovani.html)

Úspěšný průběh celého technologického procesu kompostování v pasových hromadách předpokládá vysoký stupeň mechanizace. Vývoj technologií ukázal již dávno, že použití strojů pracujících s přerušovaným pracovním cyklem (lopatové nebo drapakové nakladače) pro tuto operaci, je neefektivní. Nasazení překopávačů vyžaduje pečlivou úpravu profilu hromady před prvním překopáním. Úprava hromad se zpravidla provádí nakladačem nebo alespoň traktorem s čelní shrnovací lopatou. Dobrá příprava tvaru hromady umožní dosáhnout vysoké výkonnosti překopávání, která u samojízdných překopávačů, při šířce hromady kolem 4,0 m, dosahuje běžně hodnot  $1\ 000 - 2\ 500\ \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Při takových výkonnostech lze potom eliminovat hlavní nevýhodu lichoběžníkových profilů hromad – tj. nutnost častějšího překopávání, protože překopávat lze prakticky denně.

### 3.2.3. Kompostárna na trvalém stanovišti

Kompostárna na trvalém stanovišti musí být řešena tak, aby se zamezilo vzniku přiválových vod na nepropustnou plochu. Povrch musí mít podélný sklon 1,5 – 3 % směrem k jímce. Tyto podmínky splňuje kompostování na tzv. vodohospodářsky zabezpečeném stanovišti s těmito hlavními požadavky, a to okraje obrubníku kompostovací plochy musí být vyvýšeny nad terénem 0,4 m, nepropustná plocha může být provedena jako živičná, železobetonová, monolitická, panelová. Panelová plocha kompostárny a bezprostředně navazujících pojezdových komunikací je nepřípustná v pásech hygienické ochrany vodních zdrojů, protože umožňuje při porušení spár únik škodlivých látek do podloží, vybavenost vhodným kontrolním systémem pro zjištění případného úniku závadných látek. Komposty je možno vyrábět na zpevněných plochách hnojišť, bývalých silážních žlabů nebo silážních boxů. Požadavkům vodohospodářsky zabezpečeného stanoviště ale vyhoví vícevrstevná zpevněná plocha s dokonalou izolací.

### 3.2.4. Kompostárna na dočasném stanovišti

Jednorázově lze kompost vyrobit na dočasné polní kompostárně, např. na okraji pozemku, kde bude kompost použit. Nesmí však jít o meliorovaný pozemek nebo pozemek v pásmu ochrany vodních zdrojů. Při kompostování zbytkové biomasy navíc nemůže docházet na vodohospodářsky neošetřeném stanovišti ke kontaminaci spodních vod, protože v zakládce nejsou obsaženy kontaminující látky.

Hlavní požadavky na dočasné kompostovací stanoviště:

- zajištění přístupu k zakládce po zpevněné cestě i v době nepříznivého počasí
- stanoviště mimo meliorované pozemky a mimo pásma ochrany vodních zdrojů
- urovnání pozemku do spádu 3° se zajištěním volného odtoku dešťové vody
- zabezpečení volného a bezpečného pohybu mechanizačních prostředků

### 3.2.5. Rychlokompostování

U klasického kompostování v pásových hromadách je běžná doba zrání kompostu 3 – 6, někdy i 12 měsíců. O délce trvání jednotlivých fází rozhoduje zejména surovinová skladba, homogenita zakládky, kvalita a počet překopávek a také třeba roční období. Živelný průběh procesu podmiňuje výrazně delší dobu trvání celého procesu od založení až po dozrání.

Urychlení celého procesu lze docílit hlavně:

- optimalizací surovinové skladby
- sledováním procesních podmínek (teplo, vlhkost, stupeň provzdušnění)
- mechanizací rozhodujících operací v technologickém procesu
- zakrýváním kompostovacích hromad geotextilií

Při zvládnutí těchto problémů hovoříme o tzv. řízeném kompostování, kdy každý zásah do komponovacího procesu je přesně načasován a má své opodstatnění. Řízené kompostování výrazně urychlí celý proces, proto hovoříme o rychlokompostování.

Technologie rychlokompostování s výhodou využívá možnosti zpracování odpadů v místě jejich vzniku. Za minimálních stavebních investic spolehlivě řeší zpracování chlěvské mrvy, slámy, kejdy, zelené hmoty, dřevního odpadu (kůra, borka, drť), i s podílem čistírenských kalů a tříděného domovního odpadu. Složení každé zakládky je přepočítáno a kontrolováno. Po celou dobu procesu jsou zakryty textilií pro udržení teploty a vlhkosti. Využívá se výkonných překopávačů, které umožňují překopání přesně podle okamžitého stavu zakládky. Počet překopávek může být 10 – 12. Rozklad tak proběhne za 6 – 8 týdnů (1,5 – 2 měsíce).

## 3.3. Intenzivní kompostovací technologie

Pro všechny tyto zařízení je společné, že intenzifikují především první rozkladnou fázi. Intenzifikace provzdušnění vede k dosažení vyšších teplot a tím ke zkrácení celé fáze. Zařízení jsou investičně nákladná, a proto je nutno je dimenzovat právě jen na zdržnou dobu první fáze kompostování. Intenzivní proces v první fázi nabourá svou razancí organickou hmotu takovým způsobem, že i další fáze kompostování proběhnou rychleji.

Rozeznáváme dva typy zařízení pro intenzivní kompostování:

- polouzavřená kompostovací zařízení – boxy, žlaby
- uzavřená kompostovací zařízení - bioreaktory

### 3.3.1. Kompostování v boxech

Polozavřená kompostovací zařízení – boxy jsou umístěny pod střechou z důvodu ochrany zakládky před převlhčením vlivem deště. Boxy z betonových monolitických desek mívají délku 10 – 12 m, šířku 3 – 4 m a výšku 2,5 – 3,0 m. boční stěna každého boxu (čelo) je otevíratelná. Většinou je zařízení vybaveno jeřábovou dráhou uloženou na stěnách boxů, po které pojíždí jeřábový most s kočkou. Rozpětí jeřábového mostu je 10 – 12 m, na jeřábové dráze je umístěn naskladňovací šnekový dopravník, jehož výpustné otvory jsou hydraulicky ovládány.

Součástí systému je i zavlažovací zařízení, které zabezpečuje potřebnou vlhkost. Provozdušňování materiálu zabezpečují ventilátory, které vhání vzduch přes rošty na dně boxů. Překopávací zařízení je neseno na jeřábové kočce a zasáhne snadno kterékoli místo v každém boxu. Pracovní orgán překopávače je spirála (šroubovice) opatřená výstupky (trny), které zabezpečují průběžnou mechanickou destrukci částic, při přejezdech mezi boxy se buď spirála vytáčí nad jeřábovou kočku, nebo sklápí do vodorovné polohy. Princip šroubovice a směr rotace umožní vynášení částic materiálu z dolních vrstev zakládky až na povrch, tím dochází k intenzivnímu provzdušňování. Vzhledem k tvaru a způsobu práce překopávacího zařízení bývá zařízení označováno jako „systém s vrtnou věží“.

Celý proces je plně automatizovaný, zařízení je vybaveno centrální řídicím a kontrolním systémem. Doba kompostování v 1 boxu trvá (2 – 4) měsíce, po ukončení dozrávání se otevírá čelo boxu a box se kolovým nakladačem vyskladní. Systém je energeticky poměrně náročný, ale představuje pouze 20 % nároků na plochu ve srovnání s kompostováním na hromadách.

### 3.3.2. Kompostování v kompostovacích žlabech

Kompostovací prostory mají tvar podlouhlých žlabů, zaplněných kompostem. Nad těmito žlaby se pohybuje překopávací mechanismus. Několik přijímacích bunkrů umožňuje míchání surovin a optimalizaci zakládky. Zavážecí zařízení není pojízdné a je umístěno na jednom konci žlabu. Zavážení kompostu se provádí jednou až dvakrát denně. Nad žlabem se pohybuje mobilní provzdušňovací a homogenizační zařízení. Tento systém využívá žlaby o šířce 2,8 m a výšce 2,5 – 3,0 m. Při kompostování se naskladněný materiál aktivně provzdušňuje soustavou ventilátorů v podlaze. Překopávací zařízení se pohybuje po ocelových kolejnicích umístěných na stěnách žlabu a skládá se z válcového rotoru o průměru 750 mm opatřeného trny a z šikmého dopravníku, který prokypřený materiál přesune o 3,6 m za překopávací zařízení. Pohon překopávacího zařízení je od hydromotorů, pohon dopravníku od elektromotoru. Maximální pracovní rychlost při překopávání je 1,2 m. min<sup>-1</sup>. Překopává se až 15 krát za 21 denní cyklus, který je kontinuální, neboť materiál je neustále přesunován k vyskladňovacímu konci. Po vyskladnění se nechává kompost 1 – 2 týdny dozrát.

### 3.3.3. Kompostování v bioreaktorech

Bioreaktory se od předchozích polozavřených systémů liší ve dvou základních principech

- jde o zcela uzavřené aparáty kontejnerového typu ve tvaru boxu nebo válce, které jsou často tepelně izolovány
- přívod kyslíku se realizuje provzdušňováním kompostované vrstvy od spodu

Tyto aparáty mohou pracovat, buď v režimu vsádkovém tzn., že se naplní a vsádka se po potřebnou dobu provzdušňuje nebo v režimu kontinuálním, kompostovaný materiál se reaktorem posunuje a denně část materiálu opouští reaktor na výstupním konci a odpovídající část materiálu se musí na vstupním konci navézt. Za intenzivního provzdušňování se první



fáze komponovacího procesu zkrátí až na 5 – 7 dní, podle charakteru kompostovaného materiálu. Průběh teploty závisí na použitých surovinách a mívá charakteristické maximum.

V kontinuálním reaktoru, ve kterém se kompostovaný materiál posunuje, je časový průběh teploty nahrazen stacionárním teplotním polem. Materiál po krátkodobé fermentaci nemá charakter vyzrálého kompostu s vytvořenými humusovými látkami, musí se proto nechat ještě 2 – 4 týdny uzrát. Náklady na výrobu kompostu s použitím bioreaktorů jsou ve srovnání s klasickou metodou kompostování na hromadách asi dvojnásobné.

Bioreaktory můžeme rozdělit na:

- a) rotační biostabilizátory
- b) uzavřené kompostovací boxy
- c) věžové bioreaktory
- d) tunelové bioreaktory

**Rotační biostabilizátory**

Tento reaktor tvoří jakýsi přechod od polozavřených systémů. Kompost se sice rozkládá v uzavřeném prostoru, ale aerace se děje převalováním materiálů v pomalu se otáčejícím obřím bubnu. Do bubnu se zavádí vzduch. Kompost se v bubnu zdrží je po dobu nejnutnější k dosažení stabilizace a hygienizace tj. jeden až několik dnů.

**Uzavřené kompostovací boxy**

Kompostovací boxy jsou kovové nebo plastové hranaté kontejnery. Mohou být mobilní nebo stacionární. Tomu odpovídá i jejich velikost. Menší mobilní mávají objem do 10 m<sup>3</sup>, stacionární do 50 m<sup>3</sup>. Jedná se o vsádkový bioreaktor, do kterého se vhání vzduch. Nevýhodou tohoto typu zařízení je, že materiál uvnitř kontejneru nevykonává žádný pohyb. Vzduch přiváděný dnem může vytvořit zkratové kanálky, kterými potom část vzduchu uniká.

**Věžové bioreaktory**

Skládají se z válcové nádoby o průměru 8 – 10 m a výšce asi 7 m. Na dně válce je vyprazdňovací a provzdušňovací mechanismus, který je tvořen válcovou frézou pohybující se kolem osy věže podobně jako u vybíračů. Tato fréza při vyprazdňování dopravuje materiál k otvoru, kudy vypadává ven, bioreaktor se plní dopravním pásem shora. Zařízení má tedy klasický kontinuální chod. Nevýhodou je poměrně komplikovaný, lehce zranitelný mechanismus. Jeho oprava je značně náročná, protože dolní část věžového bioreaktoru je hůře přístupná a materiál je nutno většinou ručně vyprazdňovat.

**Tunelové bioreaktory**

Tento typ reaktoru je provozován v kontinuálním režimu. Průřez reaktoru je obdélníkový, spodní část je opatřena systémem kanálů pro rozvod vzduchu. Posun materiálu obstarává pohyblivé dno nebo čelní pohyblivý štít. Posunem dna nebo štítu o 1/14 délky reaktoru se vytvoří prostor pro novou zátěž. Tyto reaktory mají řadu výhod. Především provzdušnění je podstatně rovnoměrnější než u předchozího zařízení a rovněž se minimalizuje nebezpečí zkratových kanálků, neboť relativně nízká vrstva, která se denně pohybuje a stlačuje tyto zkratové kanálky narušuje. Další výhodou je, že veškeré mechanické části jsou snadno přístupné. To umožňuje jednoduchou údržbu.

Intenzivní kompostovací technologie prodělávají ve světě rychlý vývoj. Je to patrné zejména tam, kde nastává hlubší povědomí o nutnosti péče o půdu a životní prostředí. Provozovateli kompostáren se vedle zemědělců, zahradníků či profesionálních výrobců organických hnojiv

stávají také obecní a městské úřady či podniky služeb. Při volbě kompostovací technologie převažují vždy ekonomická hlediska. Obecně lze říci, že technicky není problém vyřešit jakoukoliv kompostovací technologii, otázkou je vždy výše investic, která se pak promítá do ceny vyrobeného kompostu. [21]

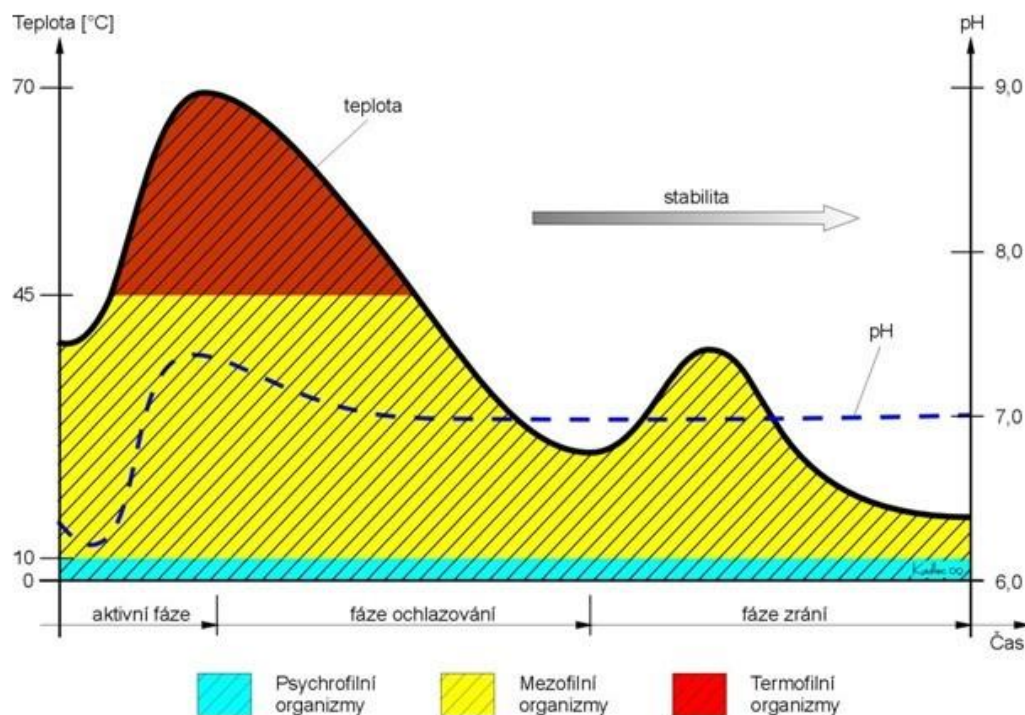
#### 4. ZÁKLADY KOMPOSTOVACÍHO PROCESU

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji rozložit původní organické látky v kompostovaných surovinách a odpadech a převést je na stabilní humusové látky, které jsou základem půdní úrodnosti. Pro kompostování jsou tedy vhodné takové suroviny, které obsahují rozložitelné organické látky a rostlinné živiny. [6]

Výsledkem kompostování je především převedení nestabilních organických surovin na stabilní produkt „kompost“, což doprovází snížení objemu a hmotnosti, pokles obsahu vody a potlačení nežádoucích mikroorganismů v původních surovinách. Zjednodušeně lze celý proces vyjádřit obecnou rovnicí: organický materiál + O<sub>2</sub> = kompost + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + teplo [14]

Podstatu aerobního tlení (tzn. s kyslíkem) lze vysvětlit několika málo slovy. Jedná se o zpracování materiálu nejrůznějšími mikroorganismy (převážně bakteriemi a houbami), které potřebují velmi specifické podmínky pro život. Tyto mikroorganismy jsou v přírodě všude zastoupeny. Nemusíme je tedy kupovat a jimi očkovat. Musíme pouze zabezpečit životní podmínky pro tyto bakterie a houby a kompostování probíhá samo. Nejdůležitější z těchto podmínek jsou vlhkost, vzduch, složení výchozího materiálu, přídavek půdy, promíchání, tma a teplo. [11]

Obrázek č. 3 Průběh teploty při kompostování a přítomnost organismů



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze\\_procesu\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze_procesu_kompostovani.html)

Tabulka č. 1 Rozsahy teplot podle spektra převládajících druhů mikroorganismů

Psychrofilní rozsah	- 4 až 20 °C	Bakterie a plísně
Mezofilní rozsah	15 až 42 °C	Bakterie a aktinomycety
Termofilní rozsah	45 až 75 °C	Bakterie a mezofyly až po tepelně odolné výtrusy hub

Zdroj: [9]

#### 4.1. Správná vlhkost

Jako každý živý organismus potřebují také mikroorganismy zcela určité množství vody v potravě. Při nedostatku vody (sucho) zastavují ihned jejich činnost tak dlouho, než bude opět vlhčeji – například deštěm nebo zavlažením. Je-li však příliš vlhko (což je v praxi často), dochází v důsledku nedostatku vzduchu k nežádoucím hnilobným procesům. Tomu je třeba zabránit, neboť hnití přináší stále problémy, jak již bylo uvedeno. A z toho vyplývá tato velmi důležitá zásada: raději zakládat příliš suchý než příliš vlhký kompost. Správnou vlhkost určíme pomocí orientační zkoušky. K ní vezmeme kompostovaný materiál do ruky a mačkáme jej tak pevně, jak to jde. Při optimální vlhkosti se nesmí mezi prsty objevit voda! Při otevření pěsti musí však materiál zůstat pohromadě ve formě „knedlíků“. Je-li materiál příliš suchý, při otevření pěsti se opět rozpadne. [12]

Pokud kompost vyschne, přerušit se i tlení. Při déle trvajících letních vedrech ho tedy proléváme podle možností dešťovou vodou nebo ještě lépe jichou z kopřiv a nakrátko ho přikryjeme fólií, tkaninou nebo i prkny. Když kompost dosáhne výšky zhruba jednoho metru, rozprostřeme navrchu slámu, posekanou trávu nebo listí, zatížené trochou zeminy, aby tlecí procesy uvnitř probíhaly nerušeně. [10]

Tabulka č. 2 Obsah vlhkosti a organických látek u vybraných bioodpadů

Surovina	Vlhkost [%]	Org. látky [% sušiny]
Listí	15 – 40	88 – 94
Vytříděný bioodpad	37 – 64	69 – 82
Stařina z luk	10 – 30	88 – 95
Dřevní odpad	40 – 70	97 – 99
Kuchyňský odpad	65 – 80	75 – 88

Zdroj: [2]

#### 4.2. Vzduch (kyslík)

Bakterie a houby potřebují obrovské množství kyslíku. Největší potřeba je ve velmi horké počáteční fázi tlení. Podle několika výpočtů je kyslík v 1 m<sup>3</sup> spotřebován během dvou hodin. To znamená, že materiál musí být tak kyprý, aby mohl vzduch neustále přicházet zvnějšku až do středu kompostu. Z tohoto důvodu je také každý kryt nepropustný pro vzduch (např. fólie z plastické hmoty) nepoužitelný. Obsah vzduchu v kompostu nelze prakticky stanovit. Jsou sice přístroje na měření kyslíku. Ty se však v praxi nepoužívají kvůli vysokým pořizovacím nákladům.

### 4.3. Složení výchozího materiálu

V zásadě bychom se měli snažit, abychom do kompostu použili co nejvíce různých materiálů. Čím pestřejší je výchozí směs, tím lepší je konečný produkt! Při složení respektujeme poměr C : N, poměr uhlíku k dusíku. Optimální by byl poměr v rozmezí 20 až 30 : 1 (tedy 20 až 30 krát více uhlíku než dusíku ve výchozím materiálu). Čím lépe se nám tento poměr předem podaří dodržet, tím lépe a rychleji probíhá také tlení, především jsou podstatně menší ztráty. Při nadbytku dusíku uniká „nadměrná“ živina ve formě čpavku do vzduchu (ztráta!), dokud není poměr C : N optimální. To lze poznat nejčastěji intenzivním zápachem čpavku, což se často vyskytuje v kompostech z drůbežního trusu. Obdobné je to i s uhlíkem. Při nadbytku uniká do vzduchu ve formě oxidu uhličitého. Základní pravidlo: čím je starší, tmavší a dřevnatější materiál, tím je v něm obsaženo více uhlíku. Čím je materiál čerstvější, šťavnatější a zelenější, tím obsahuje více dusíku. [12]

Na dusík bohatý (zelený) odpad pomáhá rozkladu, jedná se především o odstřižené větvičky z prořezávání a zastřihávání keřů, stonky, podzimní listí, natrhané noviny. Je třeba jej vyvážit i uhlíkovým (hnědým) odpadem, jsou to úlomky a odstřížky zelených rostlin, části bylin, tráva, staré části rostlin zeleninových druhů, slupky z ovoce a zeleniny, čajové pytlíky, kávová sedlina. [20]

Tabulka č. 3 Hodnoty poměrů C:N u některých materiálů používaných při kompostování

<b>Materiál</b>	<b>C : N</b>	<b>Materiál</b>	<b>C : N</b>
Kůra	120 : 1	Drůbeží trus	10 : 1
Piliny	500 : 1	Močůvka	2 : 1
Odpad ze zahrady	40 : 1	Kejda skotu	10 : 1
Listí	50 : 1	Hněj skotu	25 : 1
Posečená tráva	20 : 1	Sláma (žito, oves)	60 : 1
Seno	35 : 1	Sláma (pšenice, ječmen)	100 : 1
<b>Základní pravidlo:</b> čím je starší, tmavší a dřevnatější materiál, tím je v něm obsaženo více uhlíku, čím je materiál čerstvější, šťavnatější a zelenější, tím obsahuje více dusíku.			

Zdroj: [2]

### 4.4. Přídavek půdy

Přídavek půdy je nezbytně nutný, pokud chceme získat kvalitní konečný produkt. Počínaje starými Číňany před 4000 lety až po současné odborníky na kompostování, prakticky všichni kompostovali a kompostují s přídavkem půdy. Důvody jsou rozdílné a často vycházely z pouhého pozorování, že kompost založený s půdou lépe zetlí. Mnozí byli také názoru, že přídavkem půdy očkujeme nezbytné mikroorganismy do kompostu. Z tohoto důvodu se často doporučovala dobrá zahradní zem.

„Očkování“ není však v principu nutné, protože nezbytné mikroorganismy jsou obsaženy v každém materiálu. Jsou však další důvody, abychom kompostovali s přídavkem půdy.

Každá zemina – především, když obsahuje jíl – může více nebo méně dobře hospodařit s vodou. Může tedy vodu poutat a pomalu ji předávat do okolí. To znamená, že přídavkem půdy dosáhneme lepší životní podmínky pro mikroorganismy, protože je vyrovnanější obsah vody. Již z tohoto důvodu může tlení probíhat podstatně lépe. Během kompostování mají

vznikat pokud možno stabilní částice. Nejstabilnější částice vznikají však jen stmelěním humusu a jílu – tak zvaný humusojílový komplex. Bez přídatku půdy zůstává kompost spíše vláknitý a nestává se tak snadno drobtovitým a zemitým. Stále se zjišťuje, že přidavkem půdy lze dosáhnout výrazného poutání zápachu! Méně zápachu znamená méně problému se sousedy, ale i méně ztrát na živinách!

#### 4.5. Promíchání

Veškerý materiál (i jádro kompostu) má být nepřerušovaně zásobován kyslíkem. Materiál se musí stále homogenizovat – suchý musíme promíchat s vlhkým a jemný s hrubým, abychom všude zabezpečili stejné podmínky pro tlení. Když je kompost správně založen, vytvářejí se po určité době na základě rozdílných podmínek pro tlení různé zóny. Okrajová zóna bývá často příliš suchá, takže zde po určité době nemohou již probíhat procesy přeměny. [12]

Alespoň jednou do roka kompost přehazujeme, dobře se tak provzdušní a promísí. Přehazováním nebo překopáváním urychlujeme zrání kompostu. [5]

Zóna intenzivního tlení reaguje velmi rozdílně podle materiálu a výchozí vlhkost. Procesy přeměny zde probíhají nejintenzivněji a materiál se velmi rychle zahřívá. Může se velmi lehko stát, že tato oblast vlivem vysoké teploty vyschne během deseti dnů, což se projeví bílým povlakem plísní. Lze to velmi snadno poznat hmatem. Při vysoké výchozí vlhkosti probíhá v této zóně tlení jednoznačně nejlépe. Jádro kompostu je nejčastěji ohroženo nedostatkem kyslíku. Zejména při vlhkém výchozím materiálu může dojít snadno v této zóně k hnilobě, které bychom měli co nejdříve zamezit. Hnilobu poznáme vždy podle zápachu a materiál se většinou zbarví do modra až černa. Zabránit bychom tomu měli ihned přimícháním suššího materiálu, použít strukturnější materiál nebo častěji přehazováním.

Tyto tři zóny musíme tak dlouho promíchávat, až jsou částice tak stabilní, že se tyto zóny už nemohou tvořit. Jak často přehazovat? K tomu jsou dvě důležitá pravidla:

- čím častěji kompost přehazujeme, tím je dříve hotový a tím kontrolovaněji probíhá tlení!
- čím je více strukturního materiálu ve výchozí směsi, tím déle můžeme počkat s přehazováním.

Podle řady odborníků však není třeba při správném založení kompost přehazovat, nebo pouze jednou za 6 měsíců. [11]

#### 4.6. Tma a teplo

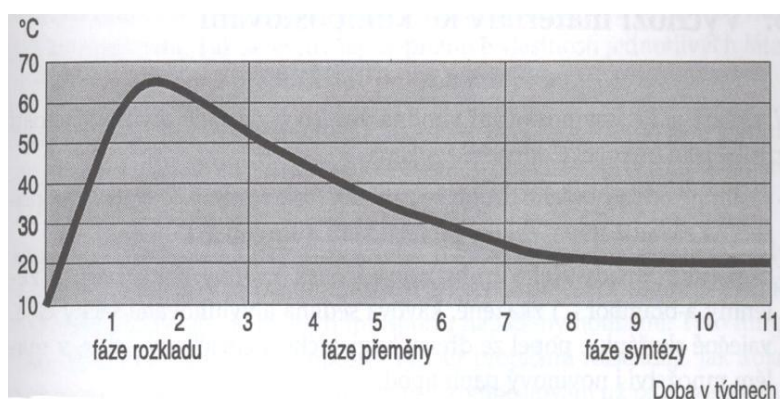
Bakterie a houby, které mají být činné v kompostu, mohou pracovat pouze při absolutní tmě. Z tohoto důvodu je vhodné zakrytí kompostu. Je k tomu vhodný každý materiál, který je propustný pro vzduch, například sláma, seno, listí, rohože z rákosy, jutové pytle nebo staré koberce.

Aby se rozklad dostal vůbec do pohybu, je především nutná určitá počáteční teplota. Nejrychleji to jde, když použitý materiál vykazuje 20 až 25 °C. Když se tlení již rozběhne, nehraje v první fázi tlení vnější teplota téměř žádnou roli. [12]

#### 4.7. Fáze kompostovacího procesu

- a) Fáze rozkladu (mineralizace) – vyznačuje se rychlým nárůstem teploty, v jádru kompostované hmoty dosáhne přes 60 °C, následované relativně rychlým poklesem. Mikroorganismy rozkládají složité organické sloučeniny na jednodušší anorganického charakteru. Probíhají rovněž chemické degradační reakce. Na počátku se odbourávají cukry, škroby a bílkoviny, v pozdější fázi též celulóza a další součásti dřevní hmoty. Konečným produktem těchto rozkladů jsou voda, CO<sub>2</sub> a další látky, při přebytku dusíku ve směsi může vznikat amoniak. Sledujeme zde velkou spotřebu kyslíku a vývin oxidu uhličitého. Mikroorganismy nejsou schopné odbourávat organické kyseliny, proto rychle roste relativní zastoupení těchto kyseliny a dochází k poklesu pH. Zpočátku se rozvíjí mezofilní mikrobi, kteří dosahují vrcholu aktivity při teplotách 20 – 30 °C. Při těchto pochodech se uplatňují především tyčinkové bakterie. Mikromycety rozkládají celulózu. Termofilním houbám se připisuje v komponovacím procesu důležitá úloha při tvorbě humusu. Případný vzestup teploty nad 70 °C je nutno omezit, neboť při této teplotě již vhodné organismy hynou a prodlužuje se doba zrání kompostu.
- Objem směsi relativně rychle klesá. Nejde při tom pouze o sesedání a hutnění materiálu a o odpařování vody, ale přímo o bilanční pokles celkové hmotnosti, vyplývající z produkce CO<sub>2</sub> a dalších plynů. Celková ztráta může dosáhnout až 30 % původního množství. Vzhled se zatím příliš nemění, pach zůstává stejný jako na počátku. Kompost zatím nemá vlastnosti humusu a není schopný aplikace do půdy. Někdy může vykazovat určité známky fytoxicity. Důležité je, že v této fázi dochází k hygienizaci kompostu. Teplota hubí jednak hnilobné a další patogenní bakterie, ale i likviduje klíčivost semen.
- b) Fáze přeměny – vyznačuje se pozvolným poklesem teploty až na 25 °C. termofilní bakterie nahradí jiná skupina mikroorganismů. V této fázi se střídají období rozvoje a útlumu mikrobiální činnosti. Při rozkladu hůře přístupných složek nastupují aktinomycety. Organické látky jsou postupně přeměňovány na humusové složky. Ty se váží na jílovité částice a přechází na stabilní formy odolné mikrobiálnímu rozkladu. V této fázi se může objevit i nenáročný hmyz i jiné organismy. Původ vzhled, struktura a pach hmoty se ztrácí. Kompost dostává hnědou barvu, jednotlivé částice se rozpadají. V této fázi se odbourá cca dalších 10 % směsi. Mizí fytoxicita a výluhy kompostu nejsou hygienicky závadné. Ke konci druhé části již lze kompost použít jako hnojivo.
- c) Fáze syntézy (zralosti) – teplota klesá na hodnotu okolí. Dochází k vytvoření vazeb mezi anorganickými a organickými látkami a ke tvorbě kvalitního a stabilního humusu. V této fázi nepozorujeme téměř žádný úbytek hmotnosti. Kompost už je prakticky vyzrálý, objevují se kokovité bakterie jako představitelé autochtonní mikroflóry, malí živočichové, hmyz, roztoči, žížaly a další organismy. Celkové snížení hmotnosti od začátku kompostování může dosáhnout až 40 %. Pokles objemu je ještě větší, protože dojde ke zhutnění materiálu. Byla-li původní měrná hmotnost zakládaného materiálu 400 – 600 kg.m<sup>-3</sup>, je měrná hmotnost zralého kompostu podle použité technologie okolo 700 kg.m<sup>-3</sup>, u kompostů s vyšším podílem zeminy je to až 800 – 1 100 kg.m<sup>-3</sup>. [21]

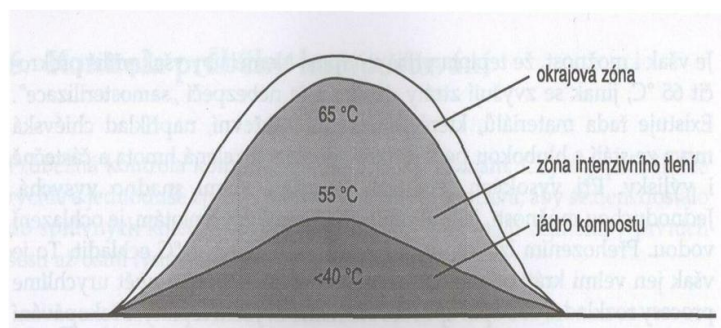
Obrázek č. 4 Správný průběh teploty při kompostování



Zdroj: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/68/5308.jpg](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/68/5308.jpg)

O délce jednotlivých fází rozhoduje technologie, surovinová skladba, podmínky při kompostování, ale i další faktory, jako například roční období. Důležité je, že proběhnutím 1. fáze kompostování – mineralizace, se materiál do určité míry biologicky stabilizuje. Konec této části a stabilizace kompostu je zpravidla způsobena nedostatkem dusíku a vyčerpáním snadno rozložitelných látek. Tuto fázi bychom iniciovali pouze většími zásahy, například dodáním dalšího dusíku nebo obnovením čerstvého povrchu kompostovaných částic. To se děje překopáním kompostu. Po tomto úkonu dojde ke krátkodobému nárůstu teploty. Nárůst, který následuje, obvykle nedosáhne původních vysokých teplot a je podstatně kratší. [21]

Obrázek č. 5 Rozdělení teplot v kompostu



Zdroj: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=1623&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1623&typ=html)

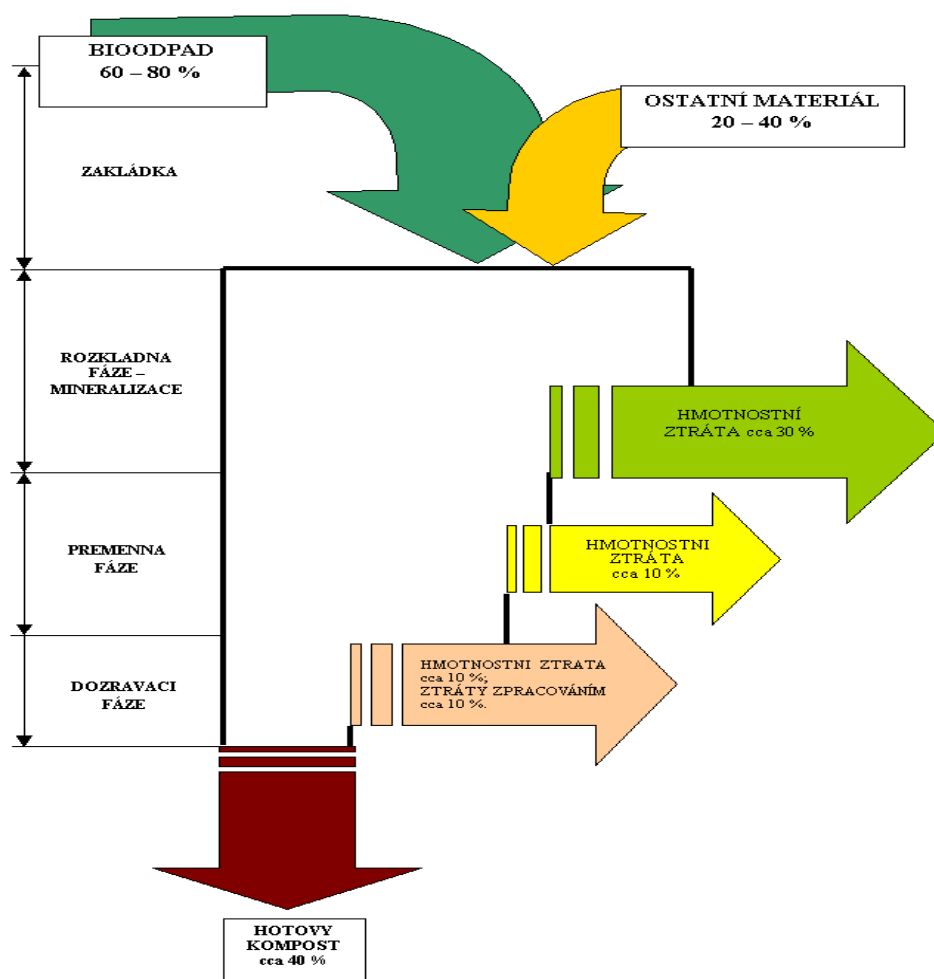
## 5. OPTIMALIZACE SUROVINOVÉ SKLADBY KOMPOSTOVACÍ ZÁKLADNY

Při kompostování by mělo dojít k přeměně amonných iontů na vázanější formy dusíku. Imobilizace dusíku na makromolekuly vznikajících humusových látek je důkazem správně vedeného fermentačního procesu. Surovinová skladba kompostu a technologie jeho výroby by měla být optimalizována tak, aby výsledný produkt obsahoval co nejvíce humusových látek s převahou huminových kyselin a svým účinkem dlouhodobě zvyšoval úrodnost půdy. Výsledný produkt by měl být odolný dalšímu intenzivnímu rozkladu a poměr C:N by měl být u vyzrálého kompostu maximálně 30 : 1. Kompost nesmí obsahovat nadlimitní obsah cizorodých látek a měl by být dokonale zhygienizován.

Surovinovou skladbu kompostu lze optimalizovat těmito kroky:

- výběr odpadů a hmot, které chceme kompostovat a určení jejich předpokládané hmotnosti
- odhad vlhkosti, obsahu organických látek, dusíku a oxidu fosforečného jednotlivých odpadů a hmot buď na základě tabulkových přehledů, nebo s využitím chemických rozborů
- přepočet složení kompostové zakládky (vlhkost, organické látky, dusík, oxid fosforečný, poměr uhlíku k dusíku)
- korekce surovinové skladby k dosažení optimální vlhkosti, C:N snížíme přidávkem hmoty bohaté na dusík, přidáním minerálního N (síran amonný, močovina) nebo ubráním hmoty s nízkým obsahem N, je-li třeba, oxid fosforečný optimalizujeme přidávkem superfosfátu
- propočet opravené surovinové skladby
- odhad ztrát v průběhu zrání kompostu, u kompostů ze zemědělských a zahradnických odpadů jsou hmotností ztráty v průběhu zrání cca 20 % hmotnosti zakládky, z toho tři čtvrtiny představují ztráty vody a jedna čtvrtina ztrátu organických látek, ztráty dusíku jsou zanedbatelné. Výjimku tvoří komposty s vysokým podílem listí, kde jsou ztráty hmotnosti až 50 – 60 %
- výpočet předpokládaného množství a složení kompostu [21]

Obrázek č. 6 Sankeyův diagram poklesu hmotnosti během jednotlivých fází kompostování



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze\\_procesu\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze_procesu_kompostovani.html)



## 6. MATERIÁLY KE KOMPOSTOVÁNÍ

Kompost by měl být temně hnědý, hrudkovitý a vonět příjemně po půdě. Rozklad větších organických zbytků si žádá kyslík, vlhkost a správnou rovnováhu uhlíku a dusíku, což znamená, že je třeba pečlivě plánovat složení a spektrum materiálu. [20]

### 6.1. Výchozí materiály ke kompostování

V zásadě je ke kompostování vhodné vše, co vzniká jako organický odpad. Jsou to zejména:

- rostlinné odpady všeho druhu z domácnosti (květiny, zbytky ovoce, zeleniny a brambor, kávová sedlina, vyluhované sáčky čaje, vaječné skořápky, popel ze dřeva, zmačkaný papír)
- rostlinné odpady všeho druhu ze zahrady (celé rostliny, košťály, listí, posekaná zavadlá tráva, zbytky po řezu keřů a stromů)
- jiné organické odpady (podestýlka a hnůj z chovu drobného zvířectva, výlisky, sláma, hobliny, piliny)
- nemocné rostliny, plevele se semeny, kořenové a výběžkaté plevel bychom měli kompostovat jen tehdy, když dojde k horké fázi (nad 50 °C), protože jinak by se semena plevelů nebo původci chorob dostali do zahrady
- zbytky masa a jídla lze kompostovat jen tehdy, když je chráníme před potkany a hromadíme například v boxech, kde dojde k horké fázi
- hrubé odpady, např. zbytky po řezu keřů a stromů bychom měli před kompostováním rozdrtit na částice o velikosti 5 cm, aby mikroorganismy měly dobrý přístup k materiálu a mohly jej rozkládat.
- Mnohé látky mají velmi jednostranné složení a nelze je samostatně kompostovat, nýbrž jen ve směsi s jinými látkami. Při velkém množství posečené trávy např. musíme přimíchat látky s členitou strukturou, jako hobliny rozdrčené dřevo nebo slámu, aby tam mohl vnikat vzduch.

Zelená hmota se přednostně míchá se slamnatou, čerstvá se starou, vláknitá s mazlavou. Tak se vyrovnají nepříznivé vlastnosti jednotlivých látek a vytvoří se vhodné předpoklady pro kompostování.

Slupky z jižního ovoce – (pomeranče, grepy, banány, citróny atd.) jsou snadno náchylné k plesnivění, a proto by se neměly používat ve větším množství ke kompostování.

Vaječné skořápky – působí vysokým obsahem vápníku proti okyselování kompostu. Těžko se rozkládají, a proto se musí dobře rozdrtit.

Kávová sedlina a vyluhovaný čaj – jsou oblíbenou potravou pro žížaly. Obsahují důležité látky, jakými jsou draslík a hořčík. Ideální potravou pro žížaly jsou také zbytky z cibule a pažitky.

Papír, lepenka a čistý starý papír – patří do separovaného sběru. Znečištěný papír, např. papírové ubrousky nebo balicí papír, je pro kompost velmi žádoucí, neboť vyrovnává obsah vlhkosti např. kuchyňských odpadů a zlepšuje strukturu kompostu. Tyto „zmačkané papíry“ činí téměř 10 % domovního odpadu.

Zbytky vlasů a vousů – obsahují hodně dusíku a lze je dát přímo do kompostu.

Popel ze dřeva – se vyskytuje poměrně v malém množství tam, kde se spaluje dřevo. Avšak i při malém výskytu je žádoucí, aby tento materiál byl řádně využit, neboť je bohatý na rostlinné živiny. Mimo kolísající množství organické hmoty si u popela ze dřeva ceníme hlavně obsahu vápníku (30 – 35 %), draslíku (6 – 10 %), obsahu fosforu (2 – 4 %) a hořčíku (4 – 7 %)

Jehličí a mech – rozkládají se pomalu, a proto bychom je měli z tohoto důvodu promíchat s jinými materiály. Můžeme je tudíž v kompostu ponechat delší období. I když jehličí a mech netlí úplně, lze kompost použít, neboť nezetlelé částice působí příznivě na strukturu půdy a půdní organismy je dále rozkládají.

Nemocné rostliny – v dobře založeném kompostu se usmrtí většina zárodků chorob.

Opadlé listí – všechny druhy lze kompostovat, neboť obsahují cenné minerální látky, a proto by neměly v kompostu chybět. Lehce tlející listy mají ovocné dřeviny, bříza, jasan, javor, jilm lípa, olše a vrba. Těžce tlející listy mají buku, dubu, jírovce, ořešáku, platanu, topolu. Listí však musí být zakryté vrstvou zeminy aspoň 10 cm.

Hnůj – bychom měli kompostovat, pokud není dobře zetlelý. Kompostováním převádíme obsažené látky do přijatelné formy. Totéž platí pro hnůj s podestýlkou z hoblin nebo pilin. Hnůj skotu lze použít kyprý a dobře promíchaný s hrubším materiálem (sláma, rozdrčené zbytky po řezu). Hnůj koní a ovcí má sklon k příliš silnému zahřátí, a proto bychom jej měli kompostovat vždy s dostatkem zeminy (10 %) a rostlinnými odpady. Trus drůbeže obsahuje více živin než hnůj velkých hospodářských zvířat.

Posekaná tráva – je při kompostování problém. Na kompost nedávat samotnou posekanou trávu ve vyšší vrstvě než 2 cm. Silnější vrstva se velmi rychle slehne a slepí a pak se do ní nedostane vzduch.

Piliny – bychom měli používat pouze v tenkých vrstvách a promíchat s materiálem bohatým na dusík. Dále je třeba dbát na dostatečné zavlažování. [12]

Zásadně do kompostu nepatří plevelné rostliny, které již vytvořily semena nebo rostliny nemocné, např. košťáloviny s kořeny napadenými nádorovitostí, plody rajčat nemocné plísní bramborovou atd. Také vytrvalé plevele jako je pýr, bršlice nebo svlačec do kompostu nedáváme. Přidáním mletého vápence usměřujeme rozkladné procesy v kompostu a omezujeme vývoj choroboplodných zárodků. [5]

## 6.2. Přísady ke kompostování

Přísady se přidávají kvůli jejich obsahu živin nebo kvůli jejich fyzikálním vlastnostem (např. zlepšení struktury) ke kompostovanému materiálu. Mohou ovlivnit proces tlení a zlepšují kvalitu kompostu. K nim patří: jílová moučka, horninová moučka, vápenatá hnojiva, rohová, kostní a krevní moučka.

Jílová moučka – lze ji používat jako náhradu zeminy, když právě nemůžeme sehnat žádnou zeminu. Nejdůležitější důvod pro přidavek zeminy je přísun jílu, který je potřebný pro tvorbu stabilních drobtů (jílovitohumusový komplex). Dávka (např. bentonitu) činí 20 kg na 1 m<sup>3</sup> suroviny ke kompostování.

Horninové moučky – mají příznivý vliv na kompostování, a proto je lze používat. Dávky činí 20 až 40 kg na 1 m<sup>3</sup>. Je celá řada různých druhů horninových mouček, důležitá je zejména jejich jemnost mletí a obsah stopových prvků. Většina produktů na trhu splňuje tyto požadavky a lze je používat ke kompostování. Horninovým moučkám se přisuzuje následující působení obohacení kompostu minerálními látkami, podpora mikroorganismů, poutání dusíku.

Vápenatá hnojiva – v různých formách nejsou pro kompostování nezbytná. Široce rozšířenou praxí je přidavek vápníku do kompostu. Tím se má podpořit rychlé tlení, předejít nežádoucím pachům a usmrtit semena plevelů. Pečlivé založení a dobré promíchání organických látek jsou však lepší cestou a činí vápnění zbytečným. Pálené vápno a dusíkaté vápno usmrtí sice semena plevelů, ale i užitečný život v kompostu. Kromě toho nesmí přijít do styku s čerstvým materiálem bohatým na dusík, jako je hnůj nebo posekaná tráva, protože jinak dochází ke značným ztrátám dusíku.

Rohová, kostní a krevní moučka – tyto přísady lze používat v případě potřeby k vyrovnání živin, přičemž kostní moučka obsahuje poměrně hodně fosforu a rohová a krevní moučka poměrně hodně dusíku. V praxi se tyto látky téměř nepoužívají, protože jsou většinou příliš drahé. [12]

Při správné skladbě směsi nejsou zapotřebí žádné „aktivátory“. Tyto materiály bohaté na dusík pomáhají rozkládat dřevnaté materiály a mohou být užitečné jako přídavek do kompostéru, máte-li příliš málo měkkého zeleného materiálu. Nebo můžete přidat tenkou vrstvu chlévské mrvy, kompost z pěstování hub nebo postříkat hnojivem bohatým na dusík každých 15 cm dřevnatého materiálu. Někdy se doporučuje také přidat vápno, ale obvykle není třeba, pokud nekompostujete větší množství drcených jehličnatých větví nebo odpad ovoce, které může být velmi kyselý. [3]

## 7. KONTROLA PRŮBĚHU A ŘÍZENÍ KOMPOSTOVACÍHO PROCESU

### 7.1. Doba potřebná pro kompostování

Čas potřebný pro přeměnu surovin (organických odpadů) na stabilizovaný kompost je závislý na mnoha faktorech. Doba rozkladu organických surovin ovlivňuje především poměr C:N, vlhkost, teplota, obsah kyslíku v základce a charakter kompostovací biomasy. Délka periody kompostování je závislá i na zamýšleném použití výsledného produktu. V některých případech není zcela nutné, aby byl kompost úplně stabilizovaný. Příkladem může být aplikace kompostu v dostatečné době před setím, která zaručí jeho dozrání na poli. Komposty méně zralé jsou totiž dobrým zdrojem rostlinných živin a naopak komposty dokonale vyžralé zvyšují účinek minerálních hnojiv.

Obvykle je možné dosáhnout plného rozkladu organických látek a stability surovin při ideálních kompostovacích podmínkách během několika týdnů, ale doporučuje se prodloužit tuto periodu na dobu delší než dva měsíce. Doba kompostování ovlivňuje samozřejmě i zvolená technologie.

Pro zajištění optimálního průběhu kompostovacího procesu – optimální doby kompostování – je nutné monitorovat určené fyzikálně-chemické, chemické a mikrobiologické vlastnosti zpracovaných surovin, resp. kompostu, aby bylo možné, na základě jejich znalosti, v případě, že dojde k odchýlení od hodnot optimálních, provést vhodný zásah. Znalost těchto hodnot je důležitá i pro stanovení doby ukončení kompostovacího procesu. [14]

### 7.2. Měření teploty kompostu

Teplota základky kompostu je nejsnáze zjistitelným ukazatelem zrání kompostu, který koresponduje s intenzitou činnosti mikroorganismů. Měření a evidence teplot je proto základní podmínkou kontroly správného průběhu kompostovacího procesu.

Jestliže po založení kompostu a první překopávce teplota nestoupá nebo po předchozím vzestupu teploty nastává výrazný pokles, jsou podmínky pro mikroorganismy nepříznivé. Příčina může být především ve špatné surovinové skladbě, nadměrné vlhkosti surovin, v omezeném obsahu kyslíku v kompostu apod. Pokles teploty však nastává i při malé vlhkosti kompostovaných surovin, případně při vyschnutí kompostu.

Pro měření teploty kompostu se používají kontaktní elektronické zapichovací teploměry s digitálním nebo analogovým ukazatelem, v lepším případě s možností datového výstupu. Teploměr je vybaven tyčovou zapichovací sondou různé délky, kterou lze zapíchnout do hromady kompostu alespoň do hloubky 1 m pod povrch hromady. Tím je zajištěno měření teploty v celém průřezu hromady.

V každé metodice pro měření teploty kompostu zapichovacím teploměrem musí být uvedena metoda měření a časové intervaly měření teploty. Metoda měření konstatuje, jakým způsobem a kde bude sonda do kompostu zapíchnuta, časové intervaly určují termíny, kdy bude měření prováděno. Vpich sondou je nutno vést kolmo k povrchu hromady tak, aby mířil do jejího středu podle jejího příčného tvaru (trojúhelníkový nebo lichoběžníkový profil). Měřicí místa na jednotlivých hromadách je nutno označit a toto označení používat po celou dobu kompostování na jedné zakládce. [14]

### 7.3. Hodnocení vlhkosti kompostu

Při zakládání a během celé doby zrání patří vlhkost mezi parametry, které velkou měrou ovlivňují zdárný průběh kompostovacího procesu. Jako každý živý organismus, i mikroorganismy přítomné v kompostu potřebují určité množství vody. Optimální vlhkost je taková, při níž je 70 % pórovitosti kompostu zaplněno vodou. Při nedostatku vlhkosti mikroorganismy zastavují, případně zpomalují svoji činnost, při nadbytečné vlhkosti dochází rychle k nežádoucím hnilobným procesům a k tzv. zkysnutí kompostu.

Pro zakládání kompostu platí tato zásada: „Jestliže si nejsme jisti optimální vlhkostí kompostu, volíme raději nižší vlhkost, která se snadněji koriguje závlahou kompostu. Vyšší vlhkosti kompostu se upravuje mnohem obtížněji“.

Přenosnými vlhkoměry lze provádět měření vlhkosti surovin nepřímo. K jejímu určení se využívá některá z fyzikálních vlastností vody, která je obsažená v surovinách. Měřením těchto vlastností (např. vodivost, kapacita aj.) je pak určen její obsah v daných surovinách. Výhodou těchto metod je okamžitá znalost výsledku, možnost nedestruktivního měření a mobilnost přístroje, naopak mezi nevýhody patří zejména menší přesnost měření a nutnost kalibrace přístroje. [14]

Výpočet obsahu vlhkosti (x) vyjádřený v %

$$x = 100 - \frac{m1 * 100}{m}$$

$m1$  – úbytek na hmotnosti vzorku sušením [g]

$m$  – hmotnosti vzorku před sušením [g]

[2]

### 7.4. Měření obsahu kyslíku a dalších plynů v kompostu

Provzdušňování kompostu a vytváření aerobních podmínek je hlavní zásadou kompostování. Mikroorganismy, přeměňují organickou hmotu při kompostování, mají vysoké nároky na kyslík a produkují oxid uhličitý. Technologie kompostování musí umožnit výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolím tak, aby v kompostu byl dostatek čerstvého vzduchu s kyslíkem (vzdušného kyslíku).

Obsah vzdušného kyslíku ve vzdušných pórech zrajícího kompostu by měl být minimálně šest objemových procent. Nově založený kompost by měl být kyprý, porézní a nepřevlhčený a musí obsahovat dostatek kyslíku pro počáteční nastartování procesu. Způsoby zabezpečení dostatečného množství vzdušného kyslíku v průběhu zrání se liší podle použitých kompostovacích technologií. Při zakrývání pásových hromad, z důvodu zabránění vlivu atmosférických jevů (déšť, sníh, odpařování) je nutno použít pouze speciální prodyšné kompostárenské plachty.

V případě dostatečného množství vzduchu je velká většina plynných produktů oxidována na látky, které téměř nezapáchají. Pokud je, z jakéhokoli důvodu, v kompostu nedostatečný obsah vzdušného kyslíku, plynné produkty metabolismu mikroorganismů nemohou být plně oxidovány a do prostředí se uvolňují látky, které lze velmi dobře identifikovat vzhledem k tomu, že zapáchají. Jedná se zejména o amoniak ( $\text{NH}_3$ ), sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ ), merkaptany a různé kyseliny (máselná, octová, mléčná). Kompost s nedostatkem kyslíku se tedy projevuje kyselým až hnilobným zápachem.

Nejčastěji využívané metody měření obsahu kyslíku, které je možné využít pro přenosné přístroje s přijatelnou pořizovací cenou, jsou:

- Sorpční metoda – přístroj pro svoji funkci využívá speciální sorpční kapalinu (dodávanou přímo výrobcem zařízení), která v závislosti na parciálním tlaku kyslíku ve vzduchu mění svůj objem. Tato velmi jednoduchá aparatura, jež ke svému chodu nepotřebuje elektrický proud, je využitelná právě pro polní podmínky. Měření trvá díky mechanickému odsávání plynu poněkud déle, asi 3 – 5 minut.
- Elektrochemická metoda – přístroj obsahuje odolnou elektrochemickou sondu a elektrické plynové čerpadlo. Napájení elektrickým proudem zajišťuje vestavěný akumulátor. Naměřené hodnoty se zobrazují přímo na digitálním displeji. Přístroj, který nevyžaduje žádnou složitou údržbu, má rozměry 20 x 15 x 8 cm a lze jej pomocí pásku zavěsit na krk, což umožňuje velmi pohodlné měření.

Při procesu zrání kompostu mohou vznikat emise amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), oxidu dusíku ( $\text{NO}_x$ ), oxidu uhelnatého ( $\text{CO}$ ), oxidu uhličitýho ( $\text{CO}_2$ ), metanu ( $\text{CH}_4$ ), vodní páry ( $\text{H}_2\text{O}$ ) a sirovodíku ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Obsah jednotlivých plynných emisí je ovlivněn druhem surovin, které byly ke kompostování použity, vlastní technologií kompostování a dodržěním zásad, jež jsou nevyhnutelné pro správný průběh kompostovacího procesu. Významnou roli v produkci plynných emisí má četnost a kvalita překopávek. Uhlík se běžně z mineralizované organické hmoty uvolňuje do atmosféry v podobě  $\text{CO}_2$  a způsobuje zvyšování skleníkového efektu. I při rozkladu kompostovaných surovin vzniká  $\text{CO}_2$  jako produkt činnosti mikroorganismů. [14]

## 8. HODNOCENÍ VYROBENÉHO KOMPOSTU

Hotový kompost musí být podle ČSN 46 5735 hnědá, šedohnědá až černá homogenní hmota drobtovitá až hrudkovitá struktury bez nerozpojitelných částic. Nesmí vykazovat pachy svědčící o přítomnosti nežádoucích látek. Do kompostů nesmí být použity suroviny, které po skončení fermentačního procesu budou mít charakter cizorodých látek. Specifický přístup vyžadují v tomto směru především komposty na bázi kalů z čistíren odpadních vod.

Dávky kompostu ke hnojení volíme podle nároku pěstovaných plodin od 20 do 100 t.ha<sup>-1</sup> (střední dávka 30 – 40 t.ha<sup>-1</sup>). Kompostem nemůžeme žádnou půdu přehnojit a lze ho aplikovat jak na podzim, tak i na jaře. Přednostně ho použijeme k zahradním plodinám,

vyžadujícím organické hnojení (plodové zeleniny, košťáloviny, celer, rané brambory, ovocné kultury, réva vinná). [15]

Kvalitu a hygienickou nezávadnost vyrobeného kompostu lze posuzovat na základě stanovení biologické stability a hodnocení jeho mikrobiologických a chemických vlastností.

### 8.1. Stupeň zralosti a stabilita kompostu

Jednou ze základních charakteristik kompostů je jeho stabilita. Bohužel, žádná norma neudává, jakou metodou by se měla stabilita měřit ani jakých hodnot by měla dosahovat. Biologicky rozložitelné suroviny mají obvykle velmi nízkou stabilitu. V průběhu biologické úpravy, nejčastěji kompostováním, se postupně zvyšuje, až je surovina tzv. zralá (stabilní). Stabilitu lze rozlišit jako dočasnou anebo trvalou.

Z praxe je ověřeno, že nestabilní organické odpady:

- při nesprávném skladování samovolně zapáchají
- vytvářejí látky jedovaté pro rostliny, na což jsou citlivé zvláště mladé a klíčící rostliny
- rychleji uvolňují živiny
- podporují opětovný rozvoj patogenních mikroorganismů

Stabilní (zralé) komposty naopak:

- živiny uvolňují pozvolna, působí i v dalších letech po aplikaci do půdy
- díky obsahu humusových látek mají výraznější pozitivní vliv na kvalitu půdy a obsah organické hmoty
- jsou schopny sorbovat jiné látky, a tak optimalizovat složení půdního roztoku
- při dlouhodobém skladování bez přístupu vzduchu nezapáchají

### 8.2. Mikrobiologické hodnocení kompostu

Na procesu kompostování se podílí tři hlavní skupiny mikroorganismů: bakterie, aktinomycety a nižší houby (plísňe).

Bakterie, vyskytující se běžně v kompostovaných hromadách, jsou jak mezofilní, tak termofilní. Jsou to zejména čeledi Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Bacillaceae, ale i mnohé další v závislosti na umístění, typu substrátu a podmínkách prostředí. Mucor, Aspergillus a Humicola jsou nejčastějšími zástupci plísňí. Zdrojem patogenních organismů, které se v kompostech mohou vyskytovat, jsou různé typy podestýlky, čistírenské kaly, exkrementy zvířat, kejda, nebo hnůj, jež jsou jednou ze vstupních surovin do kompostu.

Většina patogenních organismů, které se v kompostech vyskytují, je mezofilní a při dodržení technologie kompostování a nárůstu teploty k 60 °C po dostatečně dlouhou dobu dochází k jejich likvidaci s výjimkou organismů vytvářejících spory.

Hygienická nezávadnost kompostů se hodnotí na základě sledování indikátorových organismů. V České republice jsou jako indikátorové organismy stanoveny termotolerantní koliformní bakterie, bakterie rodu Salmonella a enterokoky.

Termotolerantní koliformní bakterie se nacházejí ve střevním traktu obratlovců a ve vlhkém prostředí mimo organismus, vydrží velmi dlouho. Jejich zástupce Escherichia coli se proto používá jako indikátor fekálního znečištění pro vody a některé jiné matrice.

Enterokoky (fekální streptokoky) jsou skupinou bakterií, které vykazují stejné biochemické vlastností a jsou podskupinou čeledi *Enterococcaceae*. Jsou součástí střevní mikroflóry a

jejich přítomnost svědčí o čerstvém fekálním znečištění prostředí, protože na rozdíl od termotolerantních koliformních bakterií vykazují vyšší rezistenci k dezinfekčním prostředkům obsahujícím chlór. Procesem kompostování se redukuje počty termotolerantních bakterií a salmonel lépe než počty enterokoků. Redukce je závislá na kvalitě vstupního odpadu a na účinnosti zpracování.

Salmonely se vyskytují v zažívacím traktu člověka a zvířat. Protože jsou tyto bakterie nenáročné, mohou se také rozmnožovat mimo tělo živočichů, především v potravinách živočišného původu a organických materiálech. Salmonely jsou primárními střevními patogeny člověka a zvířat, domácích i divokých, hlavně hlodavců a ptáků. V půdě odumírají v horkých letních měsících během několika dnů, v chladných měsících však mohou přežívat měsíce až rok. [14]

### 8.3. Chemické a fyzikální hodnocení kompostu

Při laboratorních rozborech kompostu se postupuje podle ČSN 46 5735 Průmyslové komposty a stanovují se tyto znaky jakosti: Vlhkost – podle ČSN 46 5735 Průmyslové komposty se musí hodnota vlhkosti pohybovat v rozmezí od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku, avšak min. 40 a max. 65 %. Celkový obsah spalitelných látek (C) – spalitelné látky tvoří organické sloučeniny, jejichž nedílnou složkou je uhlík. V organických látkách je uhlík obsažen přibližně z 50 %. Podle ČSN 46 5735 Průmyslové komposty musí hodnota spalitelných látek ve vysušeném vzorku kompostu dosahovat minimálně 25 %. Obsah celkového dusíku (N) – mikroorganismy potřebují dusík k syntéze bílkovin. Bakterie mohou obsahovat 7 až 11 % dusíku v sušině a houby od 4 do 6 %. Podle ČSN 46 5735 Průmyslové komposty musí být hodnota celkového dusíku přepočtená na vysušený vzorek minimálně 0,6 %. Aby bylo dosaženo u stabilizovaného kompostu hodnoty C:N v rozmezí (20 – 30) : 1, což zaručuje vysokou stabilitu a agronomickou účinnost, je třeba, aby ve vstupní směsi byl poměr (30 – 35) : 1. Poměr C : N – k optimálnímu využití uhlíku a dusíku mikroorganismy dochází do hodnot C : N = 30 : 1, což je také povolená maximální hodnota ČSN 46 5735 Průmyslové komposty. Hodnota pH – hodnotu pH lze definovat jako záporný dekadický logaritmus vodíkových iontů a v ČSN 46 5735 Průmyslové komposty musí hodnota pH ležet v rozmezí 6,5 až 8,5, tedy blízko neutrální hodnotě (pro neutrální reakci vody je pH = 7). Je-li hodnota pH menší než 7, znamená to, že v roztoku převládá koncentrace vodíkových iontů nad koncentrací hydroxylových iontů a roztok reaguje kyselě. Je-li hodnota pH větší než 7, je poměr skupiny iontů opačný a roztok reaguje zásaditě. [14]

Tabulka č. 4 Limitní hodnoty rizikových prvků v kompostu

Rizikové látky	Limitní hodnota v mg prvku na 1 kg sušiny
Arsen (As)	max. 10
Kadmium (Cd)	max. 2
Chrom (Cr)	max. 100
Měď (Cu)	max. 100
Rtuť (Hg)	max. 1,0
Molybden (Mo)	max. 5
Nikl (Ni)	max. 50
Olovo (Pb)	max. 100
Zinek (Zn)	max. 300

Zdroj: [17]

#### 8.4. Test fytotoxicity – řeřichový test

Řeřichový test, resp. test fytotoxicity, je metoda vyhodnocování intenzity rozkladu organických surovin a zralosti výsledného kompostu, pro použití v kompostářské praxi, kde patří k nejvyužívanějším metodám. Jde o biologickou metodu hodnocení fytotoxicity výluhu vzorku indexem klíčivosti (IK) citlivé rostliny (řeřicha seté).

Popisovaná metoda je založena na výpočtu indexu klíčivosti citlivé rostliny (řeřicha setá) v prostředí vodního výluhu kompostu. Velikost fytotoxicity, která je přímým odrazem obsahu toxických meziproduktů, vznikajících při aerobním rozkladu organických odpadů, umožňují kvalitativní ohodnocení intenzity rozkladu, kdy nepřítomnost fytotoxinů (IK kolem 100 %) je ukazatelem zralého kompostu.

Postup zpracování vzorku (příprava vodního výluhu)

Do vhodné nádoby je třeba navážit 10 g zkoumaného vzorku a poté vlít množství destilované vody (ml), které je určené jako násobek sušiny ve vzorku (5 až 10) x % sušiny. Nádoba se zazátkuje a vloží do horizontální třepačky, kde se po jejím zajištění a spuštění vzorek vylouhuje do destilované vody asi dvě hodiny. Pak je nutné pro dosažení čirého extraktu výluh přefiltrovat v nálevce přes filtrační papír do kádinky.

Metoda vlastního testu

Do Petriho misek o průměru 5 cm se vloží filtrační papír, který pokryje dno misky a ovlhčí se pipetou odměřeným 1 ml výluhu. Na takto upravený filtrační papír se pravidelně rozmístí osm semen řeřichy seté. Pro každý vzorek je potřeba použít alespoň deset kusů Petriho misek s osmi semeny (celkem tedy 80 semen) – deset opakování. Připravené a uzavřené misky se vloží do termostatu, kde semena klíčí 24 hodin za tmy při teplotě 28 °C. Současně s testovanými výluhy se do termostatu vloží také kontrolní vzorek pouze s destilovanou vodou. Po 24 hodinách se změří a posléze rutinně odhadnout délky všech kořínků. Kořínky u kontroly jsou dlouhé 4 až 9 mm.

Index klíčivosti, vyjádřený v procentech kontroly, představuje při hodnotách do 50 % nepoužitelnost kompostu k přímé aplikaci, od 60 do 80 % dává možnost aplikace s určitým rizikem poškození citlivých rostlin, při hodnotách 80 % a vyšších deklaruje zralý kompost.

Je-li index klíčivosti mezi 60 – 80 %, lze říci, že je kompost ve fázi přeměny a má nejlepší hnojivý účinek. Nad 80 % tento účinek klesá a vliv humusu je silnější, tzn., že živiny jsou více vázány. Uvolňování dusíku a fosforu je pomalejší a nedochází k vyplavování živin do podzemních vod. [14]

### 9. VERMIKOMPOSTOVÁNÍ

#### 9.1. Historie vermikompostování a současnost

V Japonsku už začátkem sedmdesátých let začali zpracovávat zemědělské odpady pomocí dešťovek, a tak vyrábět vermikompost. K výrobě tohoto biohumusu chovají žížaly, především druh *Eisenia foetida* (žížala hnojní), známé u nás jako kalifornské žížaly. Tato technologie se rychle rozšířila i v USA a v Evropě. U nás se začala uplatňovat od roku 1985. [11]

Tzv. vermikompostování neboli výroba biohumusu se v současnosti rozvíjí po celém světě. V našich podmínkách se využívá druh *Eisenia foetida* – kalifornský červený hybrid s vysokou produktivitou a plodností. Princip výroby biohumusu je založen na schopnosti žížal přeměňovat ve svém trávicím traktu organické látky. Kalifornský hybrid pohlavně dozrává ve



3 měsících a dva hermafroditní jedinci produkují ročně v průměru 1 500 mladých červů, a to po dobu 16 let. Při dobrých podmínkách je možno chov dvojnásobně reprodukovat za 3 měsíce. Dospělý červ spotřebuje denně tolik krmiva, co sám váží. Z něj vyrobí 60 % biohumusu a 40 % využije pro vlastní metabolismus. Velkovýrobci biohumusu produkují v zahraničí (např. na Ukrajině) až 15 000 t ročně za pomoci 5 miliard žížal. Pro kalifornského hybrida je nutno zabezpečit optimální teplotu prostředí 19 – 22 °C. při teplotě pod 7 °C a nad 33 °C jsou již žížaly netečné a při teplotě pod 0 °C a nad 42 °C hynou. Optimální vlhkost substrátu je 78 – 82 %. Vlhkost nižší než 60 % a vyšší než 90 % působí úhyn žížal. Žížaly požadují neutrální pH, pH nižší než 6 a vyšší než 8 žížaly zabíjí. Žížaly se pohybují ve vrstvách krmiva s dostatkem vzdušného kyslíku. [19]

## 9.2. Biologie žížal

Žížaly patří k nejznámějším bezobratlým živočichům. Existuje přibližně 2500 známých druhů. Odhaduje se, že dalších 2 000 druhů nebylo dosud popsáno. Žížaly jsou rozšířeny na všech kontinentech, přesto většina čeledí obývá subtropické, tropické oblasti či mírné pásy.

Systematické postavení žížalovitých:

- Kmen: Kroužkovci (*Annelida*)
- Třída: Máloštětinatci (*Oligochatea*)
- Řád: Žížaly (*Opisthophora*)
- Čeleď: Žížalovití (*Lumbricidae*)

Tělo žížaly je studené a vlhké. Opasek na přední části těla mají jen dospělí jedinci. Nachází se poblíž hlavové části. Tekutiny a sliz, které žížala vylučuje póry na zádech, slouží jako mazivo pro pohyb přes kamínky a suchá místa. Sliz napomáhá rychlejšímu pohybu.

### 9.2.1. Vývojová stádia žížal

Páření u žížal probíhá přenosem spermatu partnerského jedince do malých schránek v pokožce, která se nazývá spermatéka. V opasku produkují žlázy váček se slizem a ten chrání vajíčka. Postupně je váček posouván k hlavové části a během pohybu nad vyústěním samčích pohlavních otvorů a otvory spermaték dochází k vypuštění vajíček a spermií do slizového vaku. Poté se váček uzavře a vytvoří kokon, který připomíná malý citron. Průměrná doba života žížal je 1 – 2 roky v důsledku různých podmínek prostředí. Během vermikompostování je třeba žížalám dodávat dostatečné množství organické hmoty.

### 9.2.2. Druhy žížal

V ČR lze nalézt okolo 50 druhů žížal. K vermikompostování se využívá zejména žížala hnojní, která se vyskytuje běžně v kompostu a hnoji na zahradách nebo speciálně vyšlechtěné kalifornské žížaly.

Žížala kalifornská (*Eisenia andrei*) – dospělý jedinec dosahuje délky 50 – 90 mm, průměr těla je 2 – 4 mm a počet segmentů 80 – 120. Tělo je cylindrické a za opaskem mírně zploštělé.

Obrázek č. 7 Červená kalifornská žížala (*Eisenia andrei*)



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologie\\_zizal.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologie_zizal.html)

Druh *Eisenia andrei* je jednobarevný, tmavě nebo světlé rudý. Během podráždění z hřbetních pórů vylučuje nepáchnoucí kapalinu. Tento druh je speciálně vyšlechtěný ke zpracování organických odpadů. Bližším výzkumem se zjistilo, že *Eisenia andrei* produkuje větší množství oxidu uhličitého na jednotku hmotnosti než *Eisenia foetida* (žížala hnojní). To poukazuje na intenzivnější životní pochody *Eisenia andrei* a větší spotřebu potravy na jednotku hmotnosti.

Žížala hnojní (*Eisenia foetida*) – tento druh dokáže žít v prostředí, které je silně ovlivněno člověkem. Nejčastěji ho můžeme nalézt na hnojišti, v kompostu nebo rozkládající mokré slámě. V půdě běžně nalézt nejde, vzhledem k jeho vysokým nárokům na množství organických látek. Tělo tohoto druhu žížaly měří 4 – 12 cm. Má červenohnědé zbarvení a jsou u nich viditelné světlejší proužky mezi tělními články. Velice rychle se rozmnožují.

Obrázek č. 8 Žížala hnojní (*Eisenia foetida*)



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologie\\_zizal.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologie_zizal.html)

Tělo žížaly se dokáže chovat jako biofiltr, který biologicky rozloží organický odpad, těžké kovy a pevné látky z odpadních vod absorpcí stěnami těla. Některé výzkumy ukazují, že vermikompostování převádí infikovaný biomedicínský odpad obsahující různé patogeny na neškodný odpad obsahující mikroorganismy běžně se vyskytující v půdě a trávicím traktu žížal. V závislosti na druhu žížal je prokázáno, že dokáží snížit hladiny patogenů jako Salmonella, fekální koliformní bakterie, vajíčka střevních hlístů a lidské viry v různých druzích odpadu. [4]

### 9.3. Hnojení vermikompostem

Po vysušení má vermikompost vzhled jemné lesní půdy. Třebaže neobsahuje žádné minerální částice, jeho předností je značná vodníkapacita a velký počet mikroorganismů, jež kladně ovlivňují životní funkce rostlin. U setých plodin se doporučuje rozhodit 30 až 1 000 g biohumusu na 1 m<sup>2</sup>. Při výsadbě náročnějších rostlin (rajčata, papriky, okurky) se přidává do každé připravené jamky 100 g. Při předpěstování sadby se doporučuje přidat do substrátu 15 – 25 % vermikompostu.

V ovocnářství se dobře osvědčil při výsadbě mladých stromků. Přidáním 3 kg vermikompostu ke kořenům vysazených stromků totiž podpoříme jejich ujmoutí.

Velmi účinný je výluh z vermikompostu. Můžeme ho použít k přihnojování rostlin, zejména květin a zeleniny během vegetace. Roztok získáme rozmícháním 60 g vermikompostu v 1 litru vody a 24 hodinovým vyluhováním. Roztok 10 g vermikompostu v 1 litru vody stačí na hydroponické pěstování rostlin.

### 9.4. Krmivo pro žížaly

Živný substrát mohou tvořit různé druhy dobře vyžralého chlévského hnoje s hodnotou pH 6,5 – 8,0. Substrát však může obsahovat i zahradní odpady, ovocné výlisky, kartonový papír, piliny a další. Když je substrát kyselý, můžeme ho upravit přidáním mletého vápence v množství asi 0,7 kg na 1 m<sup>3</sup>. Ošetřování spočívá v pravidelném zalévání, aby substrát byl nasycený asi na 75 % vodní kapacity, kontrole teploty a v ochraně proti škůdcům, zejména proti krtkům, ptákům, hadům apod. Žádoucí je též občasná kontrola dostatku výživy pro žížaly. V případě jejího nedostatku hrozí vzájemné požíráání žížal (kanibalismus). [12]

Krmivo nesmí obsahovat zvýšené množství čpavku a bílkovin. Obsah 45 % proteinu v krmivu působí úhyn žížal. Žížaly zabíjejí již nízké koncentrace pesticidů, nesnášejí sluneční paprsky a vítr. Jejich přirození nepřátelé jsou ptáci, žáby, stonožky, mravenci, krtci a další hlodavci. Optimální koncentrace žížal je 50 000 jedinců na m<sup>2</sup> záhonu krmiva.

Nejvhodnějším krmivem a zároveň životním prostředím pro žížaly je předkompostovaný substrát z hnoje různých zvířat, slámy, pilin, stromové kůry, kejdy, papíru apod. Aerobní předfermentace by měla trvat v létě 2 – 3 měsíce v zimě 3 – 5 měsíců a neměla by být delší než 8 měsíců. Dokonale zkompostovaný substrát není vhodné krmivo pro nedostatek cukrů, bílkovin a vitaminů. Předfermentovaný substrát musí být upraven na požadovanou teplotu vlhkost, pH, zbaven čpavku apod. vlhčením, nejlépe přímo na připravovaném záhonu krmiva o výšce 30 cm. Před vlhčením se na povrch krmiva rozhazuje mletý vápenc.

Záhony krmiva, v kterých chováme žížaly, je výhodné vytvářet se šířkou 2 – 2,4 m, pro využití mechanizace ponecháme mezi záhony mezeru 0,5 m a mezi dvojicemi záhonů mezeru 2,5 m. pro venkovní chov je vhodná plocha s mírným sklonem 2 – 3° pro odvod přebytečné

vláhy při vlhčení záhonů. Před příchodem mrazů zateplíme záhony vyšší vrstvou krmiva, slámou, listím. V případě, že použijeme tepelně izolační rohože. Je nutno zabezpečit pravidelnou aeraci záhonů.

Přebytečné žížaly lze využít k přímému krmení (ryby, drůbež, prasata), dále k výrobě krmné moučky, ke zpracování ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Biohumus získaný s pomocí žížal je považován za nejúčinnější organické hnojivo. V literatuře se uvádí 60 až 70krát vyšší účinnost ve srovnání s hnojem. Tyto údaje je nutno brát s rezervou a vysokou účinnost vykazují pouze nejjemnější frakce biohumusu. Biohumus je nutno především usušit na 40 – 50 % vlhkost a rafinovat na sítěch.

Nejcennější je frakce do 1 mm, nejčastěji se vyrábí frakce do 3 mm s doporučenou dávkou 3 t na 1 ha jednou za čtyři roky. Nestandardní biohumus s podílem hmot nezpracovaných žížalami má vlastnosti kvalitního kompostu a je nutno ho aplikovat ve vyšších dávkách. [18]

Biohumus se zřejmě nejlépe osvědčuje v tzv. biodynamickém hospodaření na půdě pro získání zdravotně nezávadných produktů, vzhledem k jeho pozitivnímu účinku na nutriční hodnotu produktů, omezování vstupu cizorodých látek do rostlin a potlačování rostlinných chorob. [19]

## 10. STROJE PRO KOMPOSTOVÁNÍ

Pro výběr strojů a zařízení, potřebných pro technické zabezpečení kompostovacího procesu v pásových hromadách, je vhodné vztáhnou operace k jednotlivým potřebným technologickým krokům, zabezpečujících proces kontrolovaného kompostování:

- příprava surovin do zakládek kompostu – drtiče
- provzdušňování a promíchávání kompostu – překopávače kompostu
- prosévání hotového kompostu – prosévací zařízení
- další činnosti související s provozováním kompostování – ostatní zařízení

Uvedené technické prostředky je výhodné využívat sestavené do kompostovacích 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 předcházejících dvou variant [13]

### 10.1. Stroje pro drcení komponentů

Aby složky, určené ke kompostování na sebe mohly působit co nejúčinněji, musí být ještě před zakládáním dobře rozmělněny a smíchány, aby jejich styčný povrch byl co největší. V zahradnictví se jedná především o kompostování stromové kůry, dřevních štěpků, které se oproti ostatním složkám rozkládají podstatně pomaleji. [8]

Požadovaná velikost částic je dána charakterem materiálu. Obecně z hlediska kompostování platí:

- čím menší jsou částice materiálu, tím větší je oxidační a styčná plocha částic a biodegradační proces probíhá účinněji
- čím materiál lépe degraduje, tím větší mohou být jeho částice v zakládce
- čím menší částice jsou do zakládky požadovány, tím větší jsou ekonomické náklady na jejich rozmělnění

Základní požadavky na stroje pro drcení a štěpkování materiálu:

- rozdrtit materiál na částice o objemu 5 – 50 mm<sup>3</sup>
- zpracovat materiál suchý, polosuchý i vlhký
- snadná výměna činných částí pracovního ústrojí
- konstrukční řešení musí být odolné proti otěru drceným materiálem nebo jeho příměsí
- konstrukce musí splňovat podmínky bezpečnosti práce (ochranné kryty, hlučnost)[21]

#### 10.1.1. Drtiče

Drtiče jsou v kompostovacích linkách určeny pro drcení tenčích větví, zelené hmoty, kůry a dalších „měkčích“ odpadů. Na materiál působí buď pracovním ostřím, úderem nebo pomalým tlakem, přičemž dochází ve větší míře k jeho lámání, štípání, případně rozmělnění na menší částice. Určujícím faktorem výkonnosti a kvality rozmělnění je pracovní ústrojí, které může být:

- Talířové – s 1, 2 nebo více noži, přičemž talíř je uložen kolmo nebo šikmo ke směru přiváděného materiálu
- Nožové – se 2 – 4 zahnutými noži v kombinaci s nožovou hvězdicí tzv. systém „mixér“
- Spirálové ostří – provedené v kotouči kolmo nebo šikmo uloženém ke směru přiváděného materiálu, výhodou jsou menší rázy a plynulejší řez u silnějších materiálů
- Kladívkové – určené pro drcení materiálu na malé částice, velikost částic ovlivní použité síť
- Kombinované – např. talířové a kladívkové

Nověji se u drtičů uplatňují mechanismy s pomalu se otáčejícími pracovními orgány, které tvoří drtící ústrojí:

- s frézovacím válcem
- se šnekovým řezacím mechanismem

Rozdělení drtičů:

podle způsobu pohonu:

- drtiče s elektrickým pohonem
- drtiče s pohonem spalovacím motorem
- drtiče s pohonem od vývodového hřídele traktoru

podle způsobu přepravy:

- přenosné
- převozná
  - nesené traktorové
  - na jednonápravovém podvozku
  - na dvounápravovém podvozku

#### 10.1.2. Štěpkovače

Jako štěpkovače označujeme stroje určené k beztržkovému dělení dřeva napříč nebo podél jeho vláken. V kompostovacích linkách nacházejí uplatnění všude tam, kde je potřeba upravit do zakládky podíl odpadového dřeva z ovocných výsadeb, z údržby parků nebo podíl z vytríděného TKO.

Kvalitu štěpky určují hlavně:

- pracovní ústrojí štěpkovače
- vlastnosti zpracovávaného dřeva (tvrdost, sukovitost, tvar)

Pro štěpkování se nejlépe hodí dřevo čerstvé, mokré z hlediska druhu měkké, rovné. Při zpracování odpadního dřeva kompostováním se ale v největší míře zpracovává dřevo nekvalitní, nesourodé, proto je třeba počítat se zvýšenými nároky na technické provedení štěpkovačů při jejich využití v kompostovacích linkách.

U štěpkovačů se využívají tato pracovní ústrojí:

- diskové (kotoučové) pracovní ústrojí, kde nože jsou umístěny na čelní straně rotujícího kotouče
- bubnové pracovní ústrojí, které má nože uloženy po obvodu rotujícího válce, většinou vyžaduje vtahovací mechanismus
- spirálové pracovní ústrojí, u něhož je štěpkovací mechanismus tvořen závitem šroubovice se stoupajícím průměrem, spirálové ostří povrchu závitu odděluje štěpku.

Rozdělení štěpkovačů:

- traktorové
- samojízdné s vlastním motorem
- přívěsné s vlastním motorem

#### 10.1.3. Drtiče – míchače

Pro dosažení maximálních výkonů kompostovacích linek je podmínkou rovnoměrný přísun zpracovávaného materiálu, většinou již hotového kompostu do prosévacího zařízení. Z těchto důvodů se před separační stroje předřazují různé typy drtičů. Tato zařízení se vyrábějí ve stacionárním i mobilním provedení, jsou poháněny spalovacím motorem nebo elektrickým motorem. Jsou vyráběny v širokém velikostním spektru.

Tyto stroje zabezpečují rozbití hrud a nadměrných částic do menších stejnoměrných částic, separaci nerozbitné hmoty a promíchání zpracovaného materiálu, přičemž dochází k výměně vlhkosti mezi mokrým a relativně suchým strukturním materiálem, čímž vzniká homogenní směs o přibližně konstantní hustotě. Pomocí těchto zařízení lze do zpracovávaného materiálu přimíchat i další komponenty nutné pro jeho úpravu. [21]

#### 10.2. Překopávače kompostu

Překopávače kompostu jsou konstruovány na základě určitých požadavků, daných především charakterem zpracovávaného materiálu a objemem produkce kompostu. Z hlediska používaných technologií se nejlépe osvědčuje kompostování v zakládkách tvaru dlouhých pásů o lichoběžníkovém průřezu (šířce 2,0 – 6,0 m, výšce 1,0 – 3,0 m). [8]

Překopávání kompostu je nejdůležitější pracovní operací v celém technologickém postupu kompostování. Jeho účelem je provzdušnit kompostovaný materiál a tím dosáhnout zintenzivnění mikrobiální činnosti. Složky jednotlivých materiálů v kompostovací zakládce musí na sebe co nejúčinněji působit, a proto musí být dokonale rozmělněny a promíchány, aby jejich oxidační povrch byl co největší.

Z hlediska dosahované výkonnosti, celkového využití pracovního času, kvality práce, ale i prostorových nároků na kompostovací stanoviště, jsou nejvýhodnější překopávače pracující kontinuálně. Stroje s přerušovaným pracovním cyklem (nakladače) se používají pouze jako nouzové řešení, zejména při menších objemech kompostovaného materiálu.

Požadavky na konstrukční řešení překopávačů vyplývají zejména z charakteru zpracovávaného materiálu a z objemu produkce kompostu, mezi nejdůležitější patří:

- kvalitní promísení a provzdušnění materiálu v celé výšce překopávaného profilu
- vysoká výkonnost pro urychlení operace a pro možnosti častějšího překopání
- nízká pracovní rychlost a možnost její regulace ve velmi jemném rozsahu
- narušení i slehnutého materiálu, případně jeho částečné rozmělnění
- formování překopávaného materiálu do zakládky rozměrově určeného profilu
- dobrá manévrovatelnost a pojezdové vlastnosti pro pohyb po pracovní ploše

Rozdělení překopávačů

- Traktorové
  - nesené
  - návěsné
  - přívěsné
- Samojízdné
  - se spalovacím motorem
  - s elektromotorem

Podle pracovního ústrojí

- rotorové
  - s přesunem hmoty dozadu
  - s přesunem hmoty do strany
- dopravníkové

#### 10.2.1. Rotorové překopávače

Jsou běžně konstruovány pro překopávání celého profilu zakládek v šířkách od 1,5 – do 6 m. pracovním orgánem je masivní horizontální rotor s ocelovými noži či prsty. Vnější průměr rotoru bývá 0,6 – 1,5 m, délka prstů asi 1/3 průměru. Prsty nebo nože jsou uspořádány do šroubovice, většinou vícechodých (2 – 3 chodé) a jsou uchyceny buď jednotlivě, nebo tvoří spojitou šroubovici.

Šroubovice jsou na rotoru uchyceny symetricky od středu ke krajům levá a pravá. Existují i řešení používající 2 rotory nad sebou pro kvalitnější drcení a homogenizaci. Toto řešení přispívá k lepší průchodnosti soupravy přes překopávaný profil, ale je dražší.

Pracovní rychlost nožů (obvodová rychlost rotoru) závisí z velké míry na charakteru zpracovávaného materiálu a je také v přímé závislosti na pojezdové rychlosti překopávače.

Rotor překopávače se otáčí proti směru jízdy soupravy, dochází k frézování vrstvy materiálu, materiál je jednak šnekem přemísťován od okrajů hromad ke středu a jednak přehazován dozadu. Rotor přitom ale nadzvedává celou horní vrstvu zakládky, která se postupně bortí a je rotorem drcena, promísená a prokypřena.

Součástí strojů jsou přihrnovací desky a směrovací clony, které formují překopávaný profil do požadovaného tvaru, u náročnějších konstrukcí jsou přihrnovací desky doplněny ležatými šneky poháněnými hydromotory, které přivádějí hmotu z boků hromady k překopávacímu rotoru.

U samojízdných překopávačů používají někteří výrobci ve středu rotoru, na cca 1/4 délky, nože opatřené lopatkami, které formují trojúhelníkový tvar profilu.

#### 10.2.2. Dopravníkové překopávače

Jsou konstruovány pro šířky zakládek od 2,0 do 6,0 m. Pracovním orgánem je pásový dopravník, ve kterém jsou zapuštěny ocelové trny. Dopravník je nastaven šikmo ve směru jízdy a překopávaný profil je odebírán a vynášen po horní větvi dopravníku odkud padá a

vytváří novou zakládku. Proud nakypřeného materiálu je usměřován plechovými clonami tak, aby nová zakládka měla požadovaný tvar.

Obdobně jako u rotorových překopávačů existují i v této skupině varianty s příčným dopravníkem, který materiál odvádí na vedlejší souběžnou pásovou hromadu. Dopravníkové překopávače vyžadují dobře rozmělněný materiál a pečlivě upravenou kompostovací zakládku. [21]

### 10.3. Prosévací a separační zařízení

Separace představuje proces, při kterém dochází k oddělování různého druhu látek na základě jejich rozdílných mechanicko-fyzikálních vlastností. Existuje celá řada metod, založených na různých fyzikálních principech, které jsou pro separaci užívány. Oddělování různých velikostních frakcí z homogenní směsi je označováno jako třídění. Hlavní metodou tohoto procesu je prosévání.

V kompostovacích linkách se uplatňují oba pochody. Před drtičem je nutno oddělit některé nežádoucí příměsi z navážených komponentů (kovové části, kameny, fólie atd.) a při finalizaci je zase zapotřebí zajistit vyrovnanou velikost zrn expedovaného kompostu.

Při kompostování zbytkové biomasy se ale předpokládá minimální přítomnost cizorodých materiálů, proto budou v těchto kompostovacích linkách využívána zejména prosévací síta. Pouze tam, kde při kompostování zbytkové biomasy uvažujeme s využitím organického podílu z TKO, bude podle povahy surovinové skladby nutné řešit také separaci cizorodých materiálů. Dnešní praktické zkušenosti potvrzují, že se jedná převážně o problematiku separace kamenů, skla, papíru a zbytků plastových fólií. [21]

Mezi faktory, které ovlivní volbu prosévacího zařízení, patří hlavně:

- specifikace materiálů, které se budou prosévat (velikost částic, objemová hmotnost, vlhkost, lepivost, přilnavost)
- prosévací místo (kompostárna, místo vzniku odpadu, práce formou služeb)
- technické parametry prosévacích zařízení (velikost otvorů, povrch prosévací plochy, počet kmitů, obvodová rychlost bubnu)
- provozní charakteristiky (pořizovací cena, provozní náklady, požadavky na energii, požadavky na údržbu, hlučnost, prašnost)
- prostorové nároky (rozměry prosévacího zařízení a navazujících dopravníků)

Technická a konstrukční řešení prosévacích zařízení

Účelem prosévání je zabezpečit vhodnou skladbu velikostních frakcí, oddělit částice větší než 20 mm a oddělit dlouhou vláknité části ze směsi hrubého kompostu.

Z konstrukčního hlediska dělíme prosévací zařízení na:

- vibrační prosévací síta (zařízení s rovinným sítem)
- rotační třídiče (zařízení s válcovým sítem)
- rotační rošty (tzv. aktivní rošty)

#### 10.3.1. Vibrační prosévací síta

Principem činnosti vibračních sít je přerušovaný posun materiálu po šikmo uloženém rovinném sítu. Na rámu stroje je pomocí obloukových a spirálových pružin uchycen vibrační rám, ve kterém jsou uchycena prosévací síta. K horní části síta je násypkou přiváděn hrubý kompost, vlivem vibrace se snadno rozprostírá a je proséván. Prosévací síta mohou být na vibračním rámu dělena, řazená za sebou od nejmenší frakce po největší. Pohon síta je řešen buď mechanicky klikovým ústrojím, excentrem nebo na principu rotujících nevyvážených těles, případně elektronicky.



Tzv. podsítná frakce je odvedena jedním nebo více dopravníky, umístěnými v dolní části stroje. Výkonnost vibračního prosévacího síta závisí na výchylce síta, frekvenci kmitání a na sklonu síta. Nejintenzivnější prosévání je zaručené při odpoutávání materiálu od povrchu síta. To nastává tehdy, je-li tíhové zrychlení vrstvy materiálů menší než dostředivé zrychlení rotačního pohybu pohonu síta.

Výhodou vibračních prosévacích sít je konstrukční jednoduchost, vysoká životnost a malá energetická náročnost. Výkonnost závisí do jisté míry také na charakteru prosévaného materiálu a na požadované velikosti částic. Běžná zařízení kompostáren mívají výkonnost 5 – 15 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Vibrační prosévací síta bývají většinou provedena jako stacionární, protože vyžadují pevné ukotvení rámu stroje, existují ale i vibrační síta mobilní.

### 10.3.2. Rotační třídiče

Principem činnosti rotačních třídičů je plynulý posun materiálu vnitřním povrchem rotujícího válcového síta, přičemž materiál je do určité výšky třením unášen, potom nastává vlivem gravitace jeho sesun po stěně válce a celý proces se opakuje.

Prosévací válcový buben může být uložen na otočných rolnách vodorovně nebo šikmo pod malým úhlem. U vodorovně uloženého bubnu je pro lepší přesun materiálu uvnitř bubnu umístěna šroubovice.

Z konstrukčního hlediska rozdělujeme rotační třídiče na:

- mobilní
  - s elektromotorem
  - se spalovacím motorem
- stacionární

Pohon válcového síta je odvozen u malých prosévacích zařízení od elektromotoru přes převodovku. Mobilní třídiče mají pro pohon bubnu vlastní spalovací motor. Stacionární třídiče jsou poháněny pomocí poháněcích kladek převodovkou s elektromotorem.

U větších rotačních třídičů bývají válcové bubny dělené pro prosévání více velikostních frakcí. Např. pro propad jemné a střední frakce je válcové síto děleno v délkovém poměru 2 : 1. Přepad odchází středem válcového síta.

Průměr bubnu bývá u menších prosévacích zařízení 600 – 800 mm u výkonných mobilních rotačních třídičů na dvounápravových podvozcích 1400 – 1800 mm, délka bubnu bývá 2,5 až 3 násobkem průměru bubnu. Otáčky bubnu musí být nižší než otáčky kritické, kdy unášení materiálu vlivem odstředivé síly a tření je větší než gravitační složka, která zajišťuje posuv materiálu po stěně válcového síta. U rotačních třídičů s průměry bubnu 1,4 – 1,8 m jsou provozní otáčky 15 – 21 min<sup>-1</sup>.

Moderní stroje jsou vybaveny zásobníkem s posuvným dnem a sklopným roštem. Válcové síto je u nich opatřeno čistícím válcovým kartáčem umístěn v horní části z vnější strany. U velkých kompostáren s výkonností až 5000 m<sup>3</sup> denně se uplatňují prosévací zařízení sestavená ze sady rotačních sít, která jsou navzájem propojena pásovým dopravníkem.

### 10.3.3. Rotační rošty

Pracovní plochu těchto třídičů tvoří rotační (aktivní) rošty. Ty jsou tvořeny soustavou hřídelí, na kterých jsou v pravidelných roztečích nasazeny ocelové nebo pryžové elementy (kotoučové, hvězdice či jiné tvary). Při otáčení hřídelí dochází k pohybu přiváděného materiálu po pracovních plochách souhlasně rotujících elementů. Jednotlivé sekce rotačních roštů jsou řazeny za sebou tak, že se mezery mezi elementy postupně zvětšují a umožňují propad částic příslušné velikosti, které jsou odváděny příčnými dopravníky. Sestava třídiče s rotačními rošty může pak třídit na několik velikostních frakcí. Hlavní výhody rotačních

roštů jsou v jejich vysoké výkonnosti, která je dána dobrou průchodností materiálu přes samočisticí elementy. [21]

## 11. STROJNÍ LINKY PRO KOMPOSTOVÁNÍ

Kompostovací proces se s ohledem na možnosti využití mechanizačních prostředků a na minimum investičních nákladů, nejčastěji provozuje v pásových hromadách trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu. Rozměry profilů závisí i na charakteru kompostovaného materiálu. Pásové hromady potom umožňují snadné vrstvení, úpravu profilu, jednoduchou aplikaci kejdy do žlabu v koruně hromady, kontinuální překopávání a také snadnou nakládku při vyskladnění hotového kompostu. Při tomto procesu je třeba udržet požadovaný tvar profilu zakládky, důkladnou homogenizaci a provzdušnění veškerého materiálu. Splnění těchto požadavků bez použití výkonných mechanizačních prostředků je dnes nemožné.

Celkové řešení návrhu strojní linky pro kompostování ovlivňuje forma prodeje produktu. Ta může být realizována buďto:

- Ve velkém, kdy je produkt vyroben jako hrubý kompost, volně ložený na dopravním prostředku.
- V malém, kdy je jemný drcený kompost proséván popř. obohacován mikroprvky a pytlován po 3, 10, 20 a 50 kg.
- U moderních kompostovacích linek je možné samozřejmě oba dva způsoby kombinovat.

### 11.1. Linky pro výrobu hrubého kompostu

- nákladní automobil s přívěsem – navážení tuhých komponentů a rozvoz hotového kompostu volně loženého nebo pytlovaného
- traktor s přívěsy – doprava na kratší vzdálenosti, operativní přeprava materiálu
- fekální vůz, cisterna – pro návoz tekutých a kašovitých komponentů
- mostní váhy – vážení při expedování hrubého kompostu popř. vážení jednotlivých komponentů při zakládání kompostu
- drtič, štěpkovač – drcení komponentů v zájmu dobré homogenizace zakládky
- nakladač (kompostu) – vrstvení komponentů, přemísťování kompostu, nakládání kompostu, úprava hromad
- překopávač kompostu – průběžné promíchávání a provzdušňování kompostu během procesu „zrání“,

### 11.2. Linky pro výrobu jemného kompostu

Volba strojů pro sestavu této linky je ovlivněna kvalitou hrubého kompostu a požadavkem na výstupní parametry jemného kompostu (obohacení živinami, velikost částic, způsob balení).

- drtič s mísičem – úprava „jemného kompostu“, s možností zamíchání obohacujících mikroprvků pro maloobchod
- dávkovač – dávkování mikroprvků a jiných přímísení do zpracovaného kompostu
- prosévací zařízení – prosévání hrubého kompostu
- pytlovací váhy – dávkování v požadovaných hmotnostech při finalizaci pro drobný prodej
- mostní váhy – vážení při expedování hrubého kompostu popř. vážení jednotlivých komponentů při zakládání kompostu

Strojní vybavení kompostovací linky je závislé na velikosti kompostárny, způsobu kompostování a zpracování výsledného produktu a z toho vyplývajícího způsobu prodeje.

### 11.3. Kombinované kompostovací linky

S výjimkou překopávačů kompostu se v sestavách linek u nás objevují většinou víceúčelové stroje (nakladače, drtiče – štěpkovače, upravená rotační či vibrační síta, automatické váhy apod.)

U moderních kompostovacích linek, které jsou sestaveny z výkonných speciálních strojů, není přísně rozlišena výroba hrubého a jemného kompostu, ale linky jsou sestavovány tak, aby uživatel mohl operativně pokrývat okamžitou poptávku v požadovaném sortimentu (hrubý kompost, jemný kompost, substrát s proměnlivým složením atd.). Takové linky lze označit jako kombinované.

Vstupní materiály jsou zde přiváděny do mobilního míchače buď přímo, nebo přes pomaluběžný drtič. Míchač je vybaven vynášecím, výškově stavitelným dopravníkem, který umožňuje vrstvení pásových hromad v požadovaných parametrech.

Překopávání je zabezpečeno výkonným překopávačem uzpůsobeným i pro plnění míchače či třídiče. Separace zralého kompostu je provedena v bubnovém třidiči, kdy nejjemnější frakce slouží k přípravě substrátů dle požadované receptury a další (hrubé frakce) se expeduje jako hrubý kompost.

Nezpracovaný materiál se vytrídí ve vzduchovém třidiči, lehké příměsi jsou odděleny, a kompostovatelný podíl se vrací do zakládky, kde slouží částečně jako očkovací složka.

Moderní linky se vyznačují tím, že preferují mobilní vysoce výkonné stroje, které umožní i provádění služeb pro menší firmy (zahradnictví, údržba zeleně, třídírny TKO, zpracovatelské podniky apod.) pro něž je kompostování zbytkové biomasy či dalších organických odpadů nedílnou součástí jejich výrobní technologie. [21]

## 12. KOMPOSTÁRNY, VZORKY Z KOMPOSTÁREN A JEJICH VYHODNOCENÍ

### 12.1. Kompostárna Fertia s.r.o.

Sídlo: Vysočina, Třebíč, 675 71 Náměšť nad Oslavou, V. Nezvala 977

Kapacita svozového území: 25 obcí v regionu

Kapacita kompostárny: 950 (tun/rok)

Technologie kompostování: HANTSCH v kombinaci s kompostováním v pásových hromadách na volné ploše

Druh výrobku: kompost

Množství vyrobeného kompostu: 650 (tun/rok)

Sběr BRO z regionu: pomocí velkoobjemových kontejnerů, 240 litrové nádoby

Druh zpracovaných surovin: BRO z kuchyní a stravování

Stroje a zařízení pro kompostárnu

Jemná dezintegrace – drtič JOHLI CHAMP 620 D, energet. zdroj traktor, výkonnost  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Předkompostování (technologie HANTSCH) – velikost provzdušňované plochy  $279 \text{ m}^2$ , ventilátory o příkonu 1,5 kW spouští řídicí jednotka v návaznosti na zpracování dat z průběžného monitoringu teploty a množství  $\text{O}_2$  v zakládce

Překopávání kompostu – překopávač kompostu CMC – ST – 300, energetický zdroj traktor John Deer, pracovní prostor šířka 3,0 m a výška 1,6 m, výkonnost  $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Prosévání kompostu – prosévací třídič bubnový NOVER, velikost oka síta 20 x 20 mm, výkonnost 15 – 25 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>

Kompostovací plocha – vodohospodářsky zajištěná asfaltová plocha, včetně svodů do podzemní jímky, asfaltová plocha – 1 960 m<sup>2</sup>, provzdušňovaná plocha – 279 m<sup>2</sup>, technologie HANTSCH, záchytná jímka – 70 m<sup>2</sup>

Monitorování kompostovacího procesu – zapichovací teploměr s bezdrátovým přenosem dat

Přijímaný odpad do kompostárny:

Katalogové číslo	Název odpadu
02 01 03	odpad rostlinných pletiv
02 03 04	suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku (odpady z výroby a zpracování ovoce, zeleniny, obilovin,...)
02 06 01	suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 02	odpady z destilace lihovin
02 07 04	suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 05	kaly z odpadních vod v místě jejich vzniku (odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů)
02 01 07	odpad z lesnictví
03 01 01	odpadní kůra a korek
19 05 03	kompost nevyhovující jakosti
19 08 05	kaly z čištění komunálních odpadních vod
20 02 01	biologicky rozložitelný odpad (např. odpad ze zahrad a parků)
20 02 02	zemina

## 12.2. Kompostárna Petrůvky, ESKO-T s. r. o. Třebíč

Sídlo: Vysočina, Třebíč, Odpadové centrum Petrůvky, místní část Krochot

Kapacita svozového území: 113 obcí

Kapacita kompostárny: 5 000 (tun/rok)

Technologie kompostování: plošné hromady na volné ploše

Druh výrobku: kompost

Množství vyrobeného kompostu: 2 000 (tun/rok)

Sběr BRO z regionu: 660, 770, 1 100 litrové kontejnery, 240 litrové popelnice

Druh zpracovaných surovin: vytríděný BRKO

Stroje a zařízení pro kompostárnu

Manipulace se surovinami – manipulátor MLT 735 120LSU TURBO, obsah lopaty 2,5 m<sup>3</sup>

Jemná dezintegrace – drtič DOPPSTADT AK 235, drtící buben s 32 kladiv

Překopávání kompostu – překopávač DOPPSTADT DU 265 Panda, výkonnost 300 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>

Prosévání kompostu – bubnový třídič DOPPSTADT SM 414, velikost oka síta 20 x 20 mm

Kompostovací plocha – vodohospodářsky zajištěná plocha se svodem do záchytné jímky, celková plocha 1 680 m<sup>2</sup>, povrch asfaltobeton

Záchytná jímka – skladovací kapacita 100 m<sup>3</sup>, ponorné kalové čerpadlo s řezacím zařízením

Svoz surovin – nákladní automobil MAN TGL 12.180, vyklápěcí zařízení pro svoz kontejnerů o obsahu 14 m<sup>3</sup>

Přijímaný odpad do kompostárny:

Katalogové číslo	Název odpadu
02 01	odpady ze zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství
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 04	odpady z výroby cukru
02 06	odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 07	odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)
03 01	odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku
03 03	odpady z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
04 01	odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
04 02	odpady z textilního průmyslu
15 01	obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
16 03	vadné šarže a nepoužité výrobky
17 02	dřevo, sklo a plasty
17 05	zemina (včetně vytěžených zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina
19 06	odpady z anaerobního zpracování odpadu
19 08	odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 09	odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 12	odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
20 01	složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
20 02	odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 03	ostatní komunální odpady

### 12.3. Kompostárna - Dubinka AGRO 2000

Sídlo: Vysočina, Třebíč, Kompostárna Dubinka, Račerovická 920, 674 01 Třebíč

Kapacita svozového území: 5 obcí

Kapacita kompostárny: 3 000 (tun/rok)

Technologie kompostování: plošné hromady na volné ploše

Druh výrobku: kompost

Množství vyrobeného kompostu: 1 300 (tun/rok)

Sběr BRO z regionu: 1 100 litrové kontejnery

Druh zpracovaných surovin: BRO

Přijímaný odpad do kompostárny:

Katalogové číslo	Název odpadu
02 01 01	kaly z praní a čištění
02 01 03	odpad rostlinných pletiv
02 01 06	zvířecí trus, moč a hnůj (vč. znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované oddělené a zpracováváné mimo místo vzniku
02 01 07	odpady z lesnictví
02 03 01	kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
03 01 05	piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04
03 03 01	odpadní kůra a dřevo
20 01 38	dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 02 01	biologicky rozložitelný odpad

#### 12.4. Stanovení kationové výměnné sorpční kapacity T, dle Sandhofa

Princip: Půda převedena do tzv.  $H^+$  cyklu se titruje  $Ba(OH)_2$ . Přitom  $Ba^{2+}$  nahrazuje vodík v sorpčním půdním komplexu a vzniká málo disociovaná voda, takže vodivost systému se prakticky nemění. Před dosažením bodu ekvivalence (nasycení) vodivost již mírně stoupá, poněvadž se na ni již začínají podílet ionty Ba slabě poutané v silně nasyceném sorpčním komplexu půdy. Po úplném nasycení (za bodem ekvivalence) se začínají uplatňovat volné ionty titračního roztoku a vodivost prudce a rovnoměrně stoupá, úměrně dávkám přidávaného činidla. [16]

Provedení: Vzorky kompostů jsem vysypal na suchý a čistý papír a nechal sušit. Hrubý na vzduchu vyschlý vzorek jsem rozmělnil ve třecí misce po částech tak, aby došlo k oddělení kompostu od nerozložitelných částí. Následně byl proséván sítem o velikosti 2 mm. Prosátá jemnozemi i skelet z nerozložitelných zbytků byly následně zváženy a procentuálně vyjádřeny. K odvážené 5 g (přesně na 0,01 g) jemnozemi jsem ve vysoké 250 ml kádince přidal přibližně 100 cm<sup>3</sup> 0,1 M HCl a postavil na půl hodiny na topnou desku (může se použít i vodní lázeň max. 50 °C teplá). Poté jsem obsah baňky kvantitativně přemístil na filtr. A to tak, abych tam jako první dostal hrubé podíly (filtrační zařízení se skládá z násypky a širokohrdlé Erlenky). Zeminu na filtru promýval destilovanou vodou tak dlouho, až ve filtrátu nebyl dokazatelný Cl<sup>-</sup> (roztok AgNO<sub>3</sub>). Potom jsem jemnozemi spláchnul pomocí stříčky a po protržení filtru zpět do původní kádinky (vys. 250 ml), doplnil destilovanou H<sub>2</sub>O na cca 150 – 200 ml tak, aby po vsunutí konduktometrické elektrody byly všechny tři Pt kroužky ponořeny a za stálého míchání na elektromagnetické míchačce suspenzi titroval faktorizovaným 0,2 N Ba(OH)<sub>2</sub>. Hydroxid barnatý přidával po 1 cm<sup>3</sup> v intervalu 1 minuty, kdy vždy těsně před dalším přídatkem jsem odečetl vodivost roztoku na konduktometru. Každý ze vzorků z 3 různých kompostáren na stanovení kationové výměnné sorpční kapacity jsem stanovil 5x, kvůli přesnějšímu měření. Viz. přiložené fotografie v příloze. [popis vlastními slovy Plucek]

Výpočet: Do grafu se vynášejí na osu x počet ml přidávaného hydroxidu Ba(OH)<sub>2</sub>, na osu y příslušná vodivost suspenze, nejlépe v μS. U získané konduktometrické křivky vedeme jednu tečnu s její vodorovnou (až mírně stoupající) větví a druhou tečnu s prudce stoupající větví, kde jsou alespoň tři po sobě naměřené diference vodivosti konstantní. Průsečík obou tečen

udává spotřebu Ba(OH)<sub>2</sub> v b.e., neboli při dosažení hodnoty maximální sorpční kapacity T vyšetřované půdy. [16]

Hodnota T v mmol. 1000<sup>-1</sup> g půdy se vypočte ze vztahu:

$$T = \frac{s * n * f * 1000}{N}$$

*s* – spotřeba roztoku Ba(OH)<sub>2</sub> odečtené z grafu (cm<sup>3</sup>)

*n* – normalita roztoku Ba(OH)<sub>2</sub>

*f* – faktor Ba(OH)<sub>2</sub>

*N* – navážka půdy (g)

Tabulka č. 5 Výsledné hodnocení kationové výměnné sorpční kapacity

Slovní hodnocení výměnné kapacity	T (mmol. 1000 <sup>-1</sup> g)
Velmi vysoké	> 350 mmol. 1000 <sup>-1</sup> g
Vysoké	260 – 350 mmol. 1000 <sup>-1</sup> g
Střední	170 – 260 mmol. 1000 <sup>-1</sup> g
Nízké	80 – 170 mmol. 1000 <sup>-1</sup> g
Velmi nízké	< 80 mmol. 1000 <sup>-1</sup> g

## 12.5. Vyhodnocení vzorků, výsledky a diskuze

Výsledky laboratorního měření jsou shrnuty v následujících výpočtech, tabulkách a grafech.

### Vzorek č. 1 - Kompostárna Fertia s.r.o.

Procentuální podíl podsítné části 83,3 % a nadsítné části 16,7 %.

Výpočet č. 1 T = 346,14

Výpočet č. 2 T = 369,21

Výpočet č. 3 T = 384,60

Výpočet č. 4 T = 346,14

Výpočet č. 5 T = 361,52

Průměrná spotřeba roztoku Ba(OH)<sub>2</sub> byla 9,4 cm<sup>3</sup> a výměnná kapacita T = **361,52**

### Vzorek č. 2 - Kompostárna Petrůvky, ESKO-T s.r.o. Třebíč

Procentuální podíl podsítné části 88,5 % a nadsítné části 11,5 %.

Výpočet č. 1 T = 284,60

Výpočet č. 2 T = 326,91

Výpočet č. 3 T = 280,75

Výpočet č. 4 T = 292,29

Výpočet č. 5 T = 326,91

Průměrná spotřeba roztoku Ba(OH)<sub>2</sub> byla 7,86 cm<sup>3</sup> a výměnná kapacita T = **302,29**

### Vzorek č. 3 - Kompostárna - Dubinka AGRO 2000

Procentuální podíl podsítné části 64,7 % a nadsítné části 35,3 %.

Výpočet č. 1 T = 249,99

Výpočet č. 2 T = 223,07

Výpočet č. 3 T = 307,68

Výpočet č. 4 T = 230,76

Výpočet č. 5 T = 269,22

Průměrná spotřeba roztoku  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  byla  $6,66 \text{ cm}^3$  a výměnná kapacita T = **256,14**

## 13. ZÁVĚR

Kompostování je biologický proces, který nám slouží pro rozložení organických odpadů a umožňující následné vrácení organického podílu do půdy.

Úkolem technologie kompostování je dosažení optimální transformace organických frakcí a získání produktu o vysoké kvalitě. Vstupním materiálem jsou různé biologicky rozložitelné odpady, pod zkratkou BRO a nebo biologicky rozložitelné komunální odpady, pod zkratkou BRKO.

Po shrnutí všech informací, údajů a vlivů, o různých technologických kompostovacích procesech, jsem dospěl k následujícím výsledkům. Podle výše uvedených vypočtených údajů, je kvalita kompostů velmi rozdílná.

Kvalita kompostu vzorek č. 1

Kompostárna Fertia s.r.o., se ukazuje jako velmi kvalitní, protože kationová výměnná kapacita je zde velmi vysoká. Vzorek měl zároveň druhý nejmenší podíl nadsítné frakce, a to 16,7 %, podíl podsítné frakce byl 83,3 %. Tlouká na vysoký stupeň rozložení, lze to ale i vysvětlit tím že při výrobě využívá prosévací síta s velikostí ok 20 x 20 mm. Při své výrobě kompostárna využívá technologii HANTSCH v kombinaci s kompostováním v pásových hromadách na volné ploše.

Kvalita kompostu vzorek č. 2

Kompostárna Petrůvky, ESKO-T s.r.o. Třebíč, vykazuje vysokou kationovou výměnnou kapacitu. Je to i díky tomu, že odpadem je i BRKO – biologický rozložitelný komunální odpad. Tento vzorek měl ale zároveň nejmenší podíl nadsítné frakce, a to 11,5 % podíl podsítné frakce byl 88,5 %. To lze vysvětlit tím, že při výrobě finálního kompostu používá prosévací síta s velikostí ok 20 x 20 mm.

Kvalita kompostu vzorek č. 3

Kompostárna - Dubinka AGRO 2000, vykazuje střední kationovou výměnnou kapacitu. Podíl nadsítné frakce byl 35,3 % a podíl podsítné frakce 64,7 %. Tento kompost je tudíž nejméně kvalitní z mých 3 vzorků kompostáren, avšak pro hnojení polí a zahrad, je kvalita stále dostačující.

Vzhledem k tomu, že kompost z kompostárny Fertia s.r.o. (vzorek č. 1), vykazoval nejvyšší kvalitu, lze říci, že používaná technologie HANTSCH v kombinaci s kompostováním v pásových hromadách na volné ploše, je pro výrobu kompostu optimální.

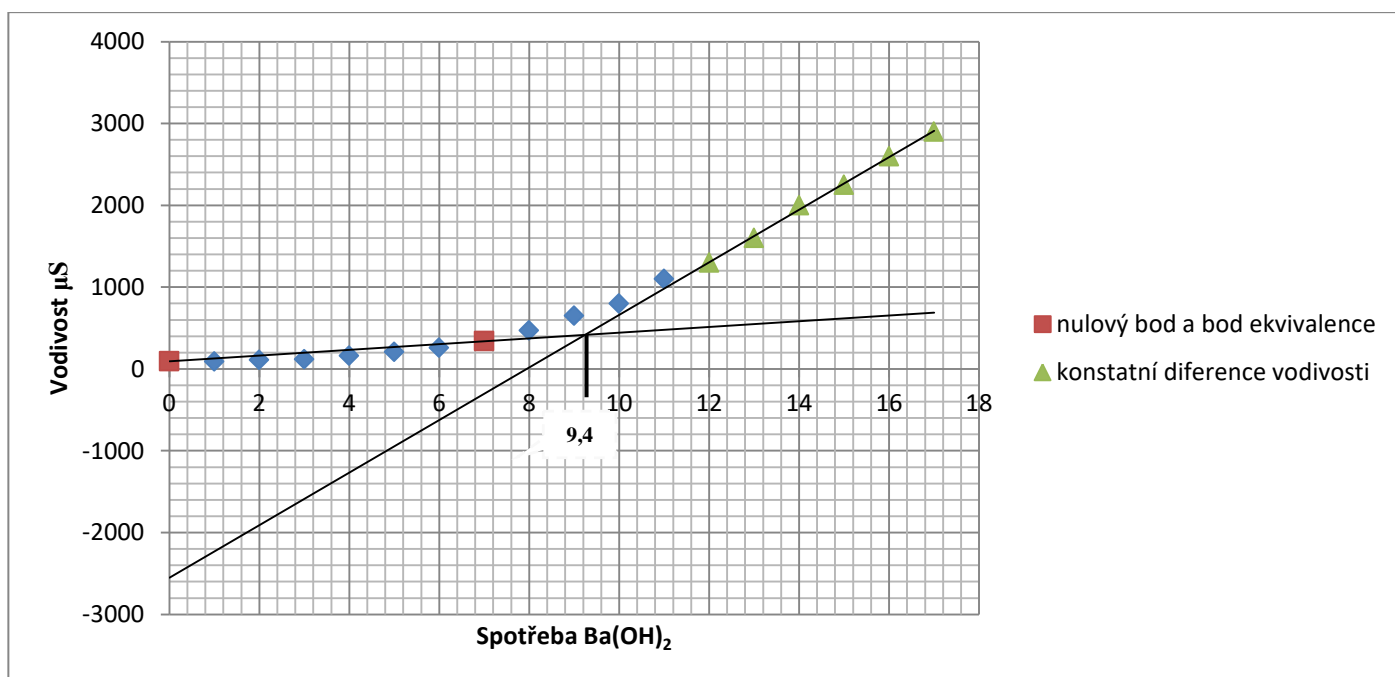


V zadání bakalářské práce, mám v zásadách pro vypracování napsáno z 5 různých kompostáren stanovit vhodnou metodou kvalitu kompostu. Bohužel vzorek č. 4 a vzorek č. 5 jsem nemohl stanovit danou metodou, kvůli rozbitému přístroji na měření. Studenti při cvičení tento přístroj rozbili.

## 14. PŘÍLOHY

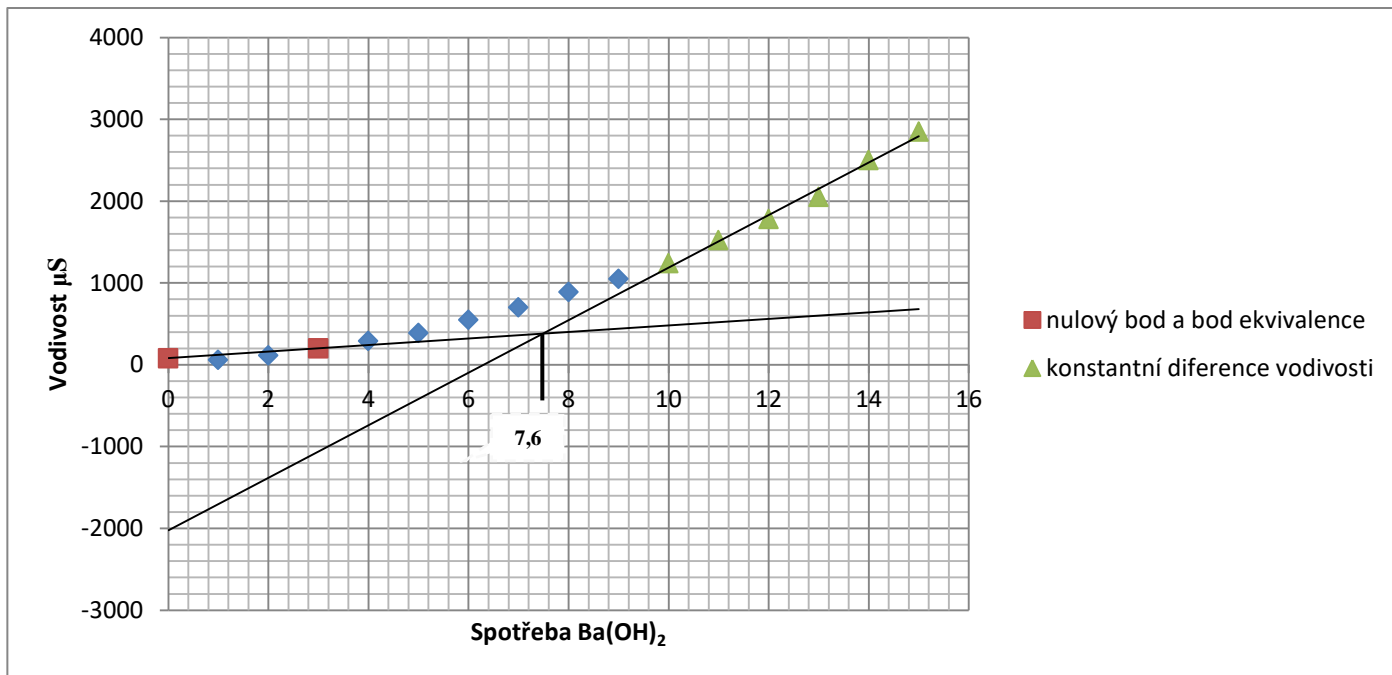
Tabulka č. 6 Vzorek kompostu č. 1

Ba(OH) <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Napětí v $\mu\text{S}$	95	90	110	120	160	210	260	340	470	650	800	1100	1300	1600	2000	2250	2600	2900



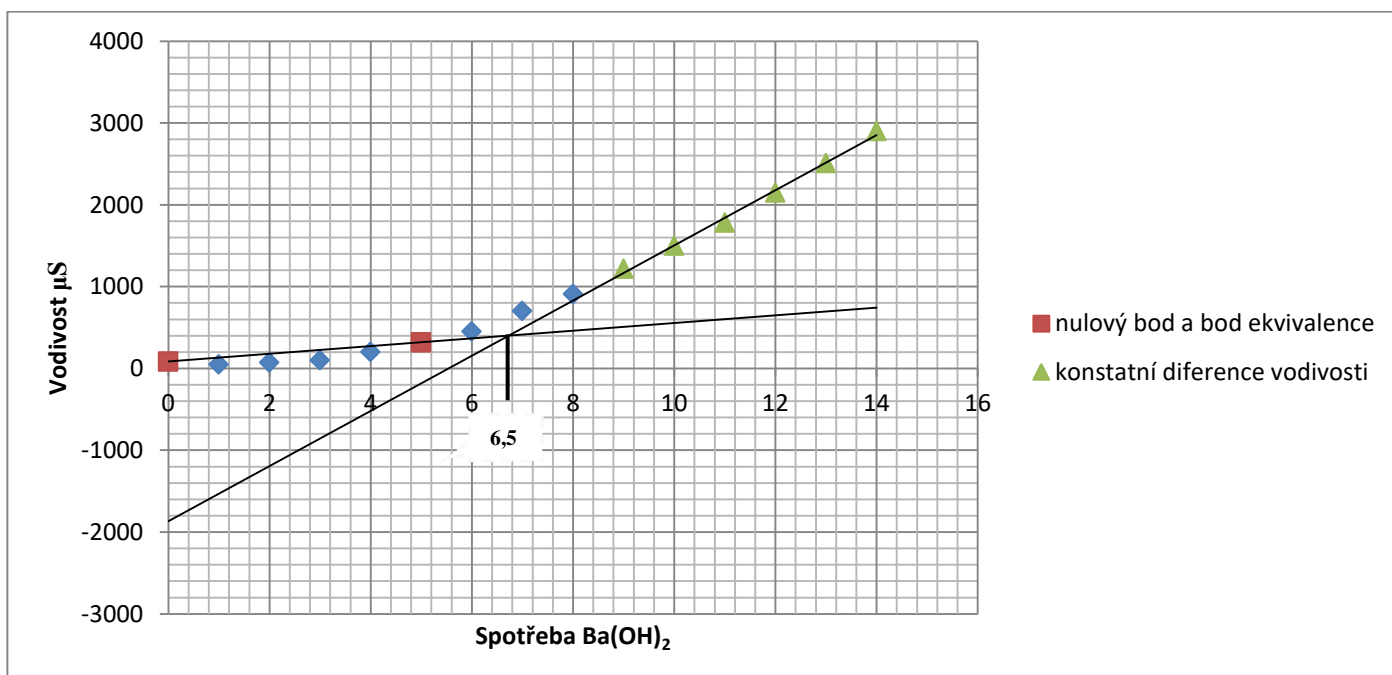
Tabulka č. 7 Vzorek kompostu č. 2

Ba(OH) <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Napětí v $\mu\text{S}$	80	60	115	200	290	390	550	700	890	1050	1240	1525	1780	2050	2500	2850



Tabulka č. 8 Vzorek kompostu č. 3

Ba(OH) <sub>2</sub>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Napětí v µS	84	50	70	100	200	320	450	700	910	1220	1500	1780	2150	2510	2900



Obrázek č. 9 Souprava pro titrování suspenze roztokem  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  a měření vodivosti (Plucek 2017)



Obrázek č. 10 Promývání substrátu destilovanou vodou (Plucek 2017)





Obrázek č. 11 Příbalový leták

Příbalový leták

### Eskompost, organické hnojivo

**Výrobce:** Svazek obcí pro komunální služby, Hrotovická 232 674 01 Třebíč  
**Název zařízení:** OC Petrůvky - Kompostárna  
**Číslo rozhodnutí o registraci:** 4525

**Chemické a fyzikální vlastnosti:**

vlastnost:	hodnota:
vlhkost (%)	od 30,0 do 60,0
spalitelné látky ve vysušeném vzorku (%)	min. 23,0
celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek (%)	min. 0,6
hodnota pH	od 7,0 do 9,0
poměr C:N	max. 30
nerozložitelné příměsi (%)	max. 4,0

**Obsah rizikových prvků**  
Splňuje zákonem stanovené limity v mg/kg sušiny: kadmium 2; olovo 100; rtuť 1,0; arsen 20; chrom 100; molybden 20; nikl 50; měď 150; zinek 600.

Eskompost je organické hnojivo vyráběné homogenizací a kompostováním látek obsahujících rozložitelné organické látky a rostlinné živiny včetně kalů ČOV metodou kompostování na volných hromádách. Dodává se jím do půdy organická hmota, mikroorganismy k oživení biologické činnosti půdy a základní živiny. Hodnota pH kompostu přispívá k úpravě nežádoucí kyselé reakce půd. Eskompost upravuje strukturu lehkých, zvláště písčitých půd, zlepšuje jejich schopnost držet vláhu a omezuje vyplavování živin z nich, zlepšuje biologické, fyzikálně – chemické a mikrobiologické vlastnosti půdy.

**Rozsah a způsob použití:**  
Používá se k základnímu hnojení zemědělských pozemků (orné půdy), dále při údržbě městských a dalších zelených ploch a při výsadbě zeleně a k hnojení rekreačních i sportovních ploch.

**Doporučené dávkování**  
Při hnojení půd se používá dávka 30 až 50 tun na hektar (3 až 5 kg na 1 m<sup>2</sup>) jednou za tři roky. Konkrétní dávky se určí podle osevního plánu, nároků a druhů pěstovaných plodin a zásobení půdy živinami, zjištěnými rozborů. Aplikuje se v agrotechnických lůžkách, zpravidla na podzim a v době vegetačního klidu rozmetadly běžného typu rovnoměrně na hnojenou plochu. Bezprostředně po nanesení je nutné výrobek neprodleně zapravit do půdy.

Pro pěstování rostlin nepoužívejte kompost bez promíchání se zemínou.  
Maximální aplikační dávka je 20 tun sušiny.ha<sup>-1</sup> v průběhu 3 let.

**Bezpečnost a ochrana zdraví při práci:**  
Při práci dodržujte základní hygienická pravidla a používejte ochranné rukavice. Po práci omyjte ruce vodou a mýdlem, ošetřete reparačním křemem.

**První pomoc:**  
Při zasažení očí: rychle a důkladně vypláchnout oči proudem čisté vody.  
Při zasažení pokožky: rychle opláchnout dostatečným množstvím vody a následně omyt vodou a mýdlem. Při náhodném požití vypít bezprostředně 0,5 l vody.  
V těžších případech při požití nebo zasažení očí vždy vyhledat lékařskou pomoc.

**Výrobek se dodává volně ložený.**

**Podmínky skladování:**  
Výrobek musí být skladován na chráněném místě tak, aby nedošlo ke zhoršení jeho vlastností. Výrobek skladujte odděleně od potravin a krmiv. Uchovávejte mimo dosah dětí.

**Doba použitelnosti:** 18 měsíců od data výroby při dodržení podmínek skladování.

**Číslo výrobní šarže:** 01/2016 **Datum výroby:** 12/2016

## 15. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *II. Mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi: Náměšť nad Oslavou*. Náměšť nad Oslavou: ZERA, Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2006. ISBN 8090354815.
- [2] ALTMANN, Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA. *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. ISBN 9788021320222.
- [3] BARTER, Guy. *Naučte se zahradičit: kompletní průvodce pro zahrádkáře*. V Praze: Knižní klub, 2009. ISBN 978-80-242-2332-2.
- [4] ČERVENÁ, Kristýna, Barbora LYČKOVÁ, Lucie KUČEROVÁ, Markéta BOUCHALOVÁ a Taťána BARABÁŠOVÁ. *Biologické metody zpracování odpadu: Multimediální učební texty [online]*. VŠB -TU Ostrava, 2017 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <http://hg10.vsb.cz/546/bmzo/pages/index.html>
- [5] DOLEJŠÍ, Antonín. *Zelenina na zahrádce*. 6., nezm. vyd. Ilustroval Přemysl VANKE. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- [6] FILIP, Jiří. *Odpadové hospodářství*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 8071576085.
- [7] GRODA, Bořivoj. *Technika zpracování odpadů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. ISBN 8071571644.
- [8] GRODA, Bořivoj. *Technika zpracování odpadů II*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997. ISBN 8071572640.
- [9] HEJÁTKOVÁ, Květuše. *Kompostování přebytečné travní biomasy: metodická pomůcka*. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007, 74 s. ISBN 978-80-903548-6-9.
- [10] JANTRA, Helmut. *Začínáme na zahrádce*. Praha: Granit, 1994. ISBN 8085805227.
- [11] KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. Praha: Grada, 1999. Česká zahrada. ISBN 8071696978.
- [12] KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. 2. upr. vyd. Praha: Grada, 2004. Česká zahrada. ISBN 8024709074.
- [13] *Mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi: Náměšť nad Oslavou*. Náměšť nad Oslavou: ZERA, Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2005. ISBN 8090354807.
- [14] PETR PLÍVA A KOLEKTIV. *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. Praha: ProfiPress, 2009. ISBN 9788086726328.

- [15] RICHTER, Rostislav a Jaromír KUBÁT. Organická hnojiva, jejich výroba a použití. 2. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. ISBN 8072711334.
- [16] VÁCHALOVÁ, Radka. Aerobní zpracování biomasy: studijní texty pro obor "Biotechnologie využití a zpracování fytomasy". České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2012. ISBN 9788073943790.
- [17] VÁŇA, Jaroslav a Sergej UŠŤAK. Zřizování a provozování malých kompostáren. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2007. ISBN 9788087011348.
- [18] VÁŇA, Jaroslav. Výroba a využití kompostů v zemědělství. Ilustroval Otakar PROCHÁZKA. Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 1994. Rostlinná výroba. ISBN 80-7105-075-X.
- [19] VÁŇA, Jaroslav. Výroba a využití kompostů v zemědělství. Vyd. 2. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 8071051446.
- [20] WHITTINGHAM, Jo. Zelenina v malé zahradě: [inspirace pro vaši zahradu]. V Praze: Knižní klub, 2008. ISBN 978-80-242-2246-2.
- [21] ZEMÁNEK, Pavel. Speciální mechanizace: mechanizační prostředky pro kompostování. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 8071575615.

Použité internetové stránky:

<http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/index.html>  
[http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologie\\_zizal.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologie_zizal.html)  
[http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie_kompostovani.html)  
[http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze\\_procesu\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze_procesu_kompostovani.html)  
[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/68/5308.jpg](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/68/5308.jpg)  
[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=1623&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1623&typ=html)  
<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/kompostarny/5.jpg>  
<http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/kompostarny/52.jpg>  
[www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2016/058.pdf](http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2016/058.pdf)

Seznam obrázků:

- Obrázek č. 1 Trojúhelníkový profil pásové hromady  
 Obrázek č. 2 Lichoběžníkový profil pásové hromady  
 Obrázek č. 3 Průběh teploty při kompostování a přítomnost organismů  
 Obrázek č. 4 Správný průběh teploty při kompostování  
 Obrázek č. 5 Rozdělení teplot v kompostu  
 Obrázek č. 6 Sankeyův diagram poklesu hmotnosti během jednotlivých fází kompostování  
 Obrázek č. 7 Červená kalifornská žížala (*Eisenia andrei*)  
 Obrázek č. 8 Žížala hnojní (*Eisenia foetida*)  
 Obrázek č. 9 Souprava pro titrování suspenze roztokem Ba(OH)<sub>2</sub> a měření vodivosti  
 Obrázek č. 10 Promývání substrátu destilovanou vodou  
 Obrázek č. 11 Příbalový leták

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1 Rozsahy teplot podle spektra převládajících druhů mikroorganismů

Tabulka č. 2 Obsah vlhkosti a organických látek u vybraných bioodpadů

Tabulka č. 3 Hodnoty poměrů C:N u některých materiálů používaných při kompostování

Tabulka č. 4 Limitní hodnoty rizikových prvků v kompostu

Tabulka č. 5 Výsledné hodnocení kationové výměnné sorpční kapacity

Tabulka č. 6 Vzorek kompostu č. 1

Tabulka č. 7 Vzorek kompostu č. 2

Tabulka č. 8 Vzorek kompostu č. 3