

VÝROBA KOMPOSTŮ S RŮZNOU OBJEMOVOU HMOTNOSTÍ



Amitava ROY, Stanislav LAURIK, Petr PLÍVA

Metodika pro praxi



Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Praha – Ruzyně

Výroba kompostů s různou objemovou hmotností

Autoři: Amitava ROY, Stanislav LAURIK, Petr PLÍVA

Autor obrázků: Vítězslav KADLEC

Autor fotografií: Petr PLÍVA

Metodika vznikla za finanční podpory MZe ČR a je výstupem řešení výzkumného projektu NAZV č. QH82191 „Optimalizace dávkování a zapravení organické hmoty do půdy s cílem omezit povrchový odtok vody při intenzivních dešťových srážkách.“

**Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.,
161 01 Praha 6 – Ruzyně**

Vydáno bez jazykové úpravy

Prosinec 2010

Obsah

I. Cíl metodiky	3
II. Vlastní popis metodiky	4
1. Technologie výroby kompostů s různou objemovou hmotností.....	4
1.1 Optimalizace surovinové skladby	4
1.2 Mechanizace rozhodujících operací v technologickém procesu	4
1.3 Sledování procesních podmínek.....	5
2. Vlastnosti surovin a jejich metody zjišťování	6
2.1 Metoda zjišťování objemové hmotnosti.....	6
2.2 Metoda pro stanovování pórovitosti.....	9
2.3 Hodnocení vlhkosti	12
3. Surovinová skladba základky kompostu.....	14
III. Popis uplatnění metodiky.....	20
IV. Seznam související literatury	20

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout podnikům a dalším subjektům, které se zabývají zpracováváním biologicky rozložitelných odpadů pomocí **technologie kompostování v pásových hromadách na volné ploše** ucelený metodický postup pro přípravu kompostů s různými fyzikálními vlastnostmi – zejména s **různou objemovou hmotností a pórovitostí**.

Vedle skutečnosti, že použitím kompostů se v každém případě významnou měrou zvýší podíl organické hmoty v půdě, je **také přínosem jeho využívání jako vylehčovací hmoty při zlepšování struktury těžkých půd**.

Znalost fyzikálních vlastností **různých typů vyrobených kompostů** usnadní při jejich aplikaci do půdy předem odhadnout jejich **vliv na fyzikální vlastnosti ošetřovaných půd** (kompost s vyšší objemovou hmotností je vhodný pro aplikaci do lehkých půd, kompost s nízkou objemovou hmotností pak do půd těžších).

V metodice jsou uvedeny metody hodnocení vybraných **fyzikálních vlastností surovin** zpracovávaných kompostováním a **hotových kompostů**, které souvisejí s vlivem na fyzikálních vlastností půd po aplikaci kompostu.

Vlastnosti surovin a z nich vyrobených kompostů jsou uspořádány do na sebe navazujících tabulek, s jejichž pomocí lze dopředu **stanovovat vlastnosti vyrobeného kompostu**. Metodika je zpracována tak, že je možné ve formě tabulek dodatečně přidávat další zjištěné fyzikální hodnoty zpracovávaných surovin a následně vyrobeného kompostu, a tak rozšiřovat možnost jejího využívání pro další zpracovatele, zpracovávající další typy druhy odpadů.

Vzhledem k tomu, že kompostováním lze získat stabilizovanou organickou hmotu s humusovými látkami a rostlinnými živinami, **která je dále využitelná jako účinné organické hnojivo** a vzhledem k tomu, že je nezanedbatelné i využití kompostu jako **vylehčovací hmoty při zlepšování struktury těžkých půd**, je možno konstatovat, že předložená metodika pomůže najít správnou cestu **k vylepšování stavu našich pozemků ohrožených degradací, písčité půdy s nedostatkem humusu s potřebou zlepšit vodní režim a sorpční vlastnosti**.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Technologie výroby kompostů s různou objemovou hmotností

Pro výrobu kompostů s různou objemovou hmotností a pórovitostí lze využívat technologie **řízeného kompostování** v pásových hromadách na volné ploše.

O **řízeném kompostování** lze hovořit, pokud je každý zásah do kompostovacího procesu přesně načasován, má své opodstatnění a uskutečňuje se na základě podrobného monitorování jeho průběhu. Řízené kompostování výrazně urychlí celý proces, proto se právem někdy hovoří o **rychlomkompostování**.

Pro optimální průběh kompostovacího procesu, zajištění kvality vyráběného kompostu a zaručení požadovaných vlastností výsledného produktu je nutné zajistit:

- optimalizaci surovinové skladby,
- mechanizaci rozhodujících operací v technologickém procesu,
- sledování procesních podmínek (teplota, vlhkost, stupeň provzdušnění).

1.1 Optimalizace surovinové skladby

Jedním ze základních předpokladů správného průběhu kompostování je **optimální surovinová skladba zakládky**. Optimální surovinovou skladbu ovlivňuje celá řada faktorů, přičemž největší význam má správný **poměr uhlíku a dusíku** (tzv. poměr C:N) a **počáteční vlhkost**. Poměr C:N by se měl u čerstvě založeného kompostu pohybovat v rozmezí (20 až 40):1, v lepším případě (30 až 35):1. Spolu s hodnotou poměru C:N je třeba zaručit počáteční vlhkost zakládky v rozmezí 50 až 60 % (u porézních surovin až 65 %).

Vedle těchto faktorů je nutné brát v potaz i objemovou hmotnost a pórovitost zakládáných surovin z důvodu, aby byl vyroben kompost požadované objemové hmotnosti a zrnitosti.

1.2 Mechanizace rozhodujících operací v technologickém procesu

Dezintegrace kompostovaných surovin (drcení, popř. štěpkování) – z důvodu snadné a kvalitní homogenizace vyžadují vstupní suroviny ukládané do kompostovaných zakládek **rozmělnění či rozdrčení**. Tyto operace mají velký vliv na konečnou hodnotu objemové hmotnosti a pórovitosti vyrobeného kompostu.

Překopávání kompostu je prováděno z důvodu provzdušňování a promíchávání kompostovaných surovin výhradně speciálním strojem – **překopávačem kompostu** – připojitelným, samojízdným.

První překopání kompostu (homogenizační překopávka) je prováděno ihned po založení surovin do jednotlivých pásových hromad, další překopávky jsou prováděny na základě naměřených hodnot teplot surovin uvnitř pásové hromady, které jsou nejčastěji používaným kritériem pro určení četnosti překopávání pásových hromad. Pokud kompostovací proces probíhá v optimálních podmínkách, je během zrání nutné aplikovat minimálně 5 překopávek včetně homogenizační.

Prosévání hotového kompostu je nutné při vyšším podílu nerozložených a nerozložitelných částic. Kompostárnu je vhodné vybavit prosévacími zařízeními s odpovídajícím výkonem, která umožní třídit hotový kompost na dvě (i více) frakcí určených k expedici nebo dalšímu zpracování v kompostovacím procesu. Podle požadavku na finální produkt, včetně požadované hodnoty objemové hmotnosti a pórovitosti, se

používají různé typy prosévacích zařízení (vibrační rovinné síto, rotační bubnové síto, rotační rošty, třídící a drticí lopaty).

1.3 Sledování procesních podmínek

Teplota kompostu je nejjednodušeji identifikovatelným ukazatelem jeho zrání, který koresponduje s intenzitou činnosti mikroorganismů. **Měření a evidence teplot** je proto **základní podmínkou kontroly správného kompostovacího procesu**. Měření teploty je důležité nejen z důvodu sledování průběhu zrání kompostu, ale i pro **určení jeho zralosti** - zvýšená teplota kompostu svědčí o dosud probíhajících procesech zrání, teplota kompostu blížící se hodnotě teploty okolního prostředí svědčí o **ukončení kompostovacího procesu**.

Při kompostování biologicky rozložitelných odpadů musí teplota zpracovávaných surovin, z důvodu správného průběhu kompostovacího procesu a zajištění dostatečné hygienizace, dosáhnout určité hodnoty a tato hodnota musí být udržena po určitý časový interval. Hodnoty požadovaných teplot jsou rozdílné podle právního předpisu, dle kterého je při kompostování postupováno, a podle druhu zpracovávaných surovin. Přesné hodnoty teplot jsou uvedeny v **tab. 1**.

Tab. 1: Hodnoty požadovaných teplot při kompostování

Poř. čís.	Kompostované suroviny	Požadovaná teplota	Interval požadované teploty	Předpis
1	- tuhé komunální odpady, - kanalizační kaly, - farmaceutické kaly, - suroviny s podezřením na obsah patogenních organismů	55 °C	21 dní	ČSN 46 5735
2	- ostatní suroviny, neuvedené v řádku 1	45 °C	5 dní	ČSN 46 5735
3	- vedlejší živočišné produkty (3. kategorie)	≥ 70 °C	min. 1 hodina	Nařízení EP a rady (ES) č. 1774/2002
4	- odpady ze zahrad a zeleně (malá zařízení)	≥ 45 °C	5 dní	Vyhláška č. 341/2008 Sb.
5	- odpady ze zahrad a zeleně - zbytková biomasa ze zemědělství (otevřené kompostárny)	≥ 45 °C	10 dní	Vyhláška č. 341/2008 Sb.
6	- biologicky rozložitelné odpady dle přílohy č. 1 vyhlášky, seznam A (otevřené kompostárny)	≥ 55 °C ≥ 65 °C	21dní 5 dní	Vyhláška č. 341/2008 Sb.
7	- biologicky rozložitelné odpady dle přílohy č. 1 vyhlášky, seznam A (uzavřené kompostárny)	≥ 65 °C	5 dní	Vyhláška č. 341/2008 Sb.

2. Vlastnosti surovin a jejich metody zjišťování

Vedle zjišťování fyzikálních, mikrobiologických a chemických veličin zpracovávaných surovin a hotového kompostu, které předepisuje ČSN 46 5735 „**Průmyslové komposty**“ a které mají významný vliv na zajištění optimálního průběhu kompostovacího procesu, je v některých případech vhodné zjišťovat i **další vlastnosti zpracovávaných surovin, resp. kompostu**. Tyto vlastnosti nemusí sice přímo ovlivňovat průběh kompostovacího procesu, avšak mají význam pro vedení evidence zpracovávaných surovin nebo vyrobeného kompostu, pomáhají při zakládání nových kompostů a lze je využívat při odhadech **změny fyzikálních vlastností půd po aplikaci kompostu do půdy** apod.

Jde o tyto fyzikální vlastnosti:

- objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],
- pórovitost [%],
- zrnitost [mm].

V následujících kapitolách jsou popsány metody zjišťování těchto fyzikálních veličin. Pro úplnost jsou doplněny způsoby zjišťování vlhkosti zpracovávaných surovin, resp. kompostů, která s uvedenými fyzikálními vlastnostmi přímo souvisí.

2.1 Metoda zjišťování objemové hmotnosti

Pro zjišťování objemové hmotnosti surovin vhodných ke kompostování lze využít metodu, kdy je vážen známý objem suroviny a z navážené hodnoty je dopočítán údaj v požadovaném rozměru – $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Pro měření se používá běžná váha a nádoba, u níž je oceňován objem.

V **tab. 2** jsou pro doplnění uvedeny objemové hmotnosti surovin vhodných ke kompostování, které byly zjištěny v laboratoři na kompostárně VÚZT, v.v.i.

Pro stanovení objemové hmotnosti surovin byl zpracován následující postup:

- 1) Z ověřované suroviny (celkové množství cca $1,0 \text{ m}^3$) je odebrán vzorek pro stanovení vlhkosti (**obr.1**).
- 2) Po naplnění měřicí nádoby volným sypáním o definovaném objemu (min. 30 l) je nádoba s ověřovanou surovinou zvážena a od zjištěné hodnoty je odečtena hmotnost měřicí nádoby (**obr.2**).
- 3) Vážení probíhá celkem pro nejméně tři odebrané vzorky z celkového množství ověřované suroviny.
- 4) Zjišťovaná objemová hmotnost se vypočítá podle vzorce:

$$m_v = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n \cdot V} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde: $m_1, m_2 \dots m_n$ – hmotnosti jednotlivých vzorků [kg]
 n – počet zvážení vzorků [–]
 m_v – výsledná objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 V – objem měřicí nádoby [m^3]

5) Zjištěné hodnoty se zaznamenají do protokolu o měření.



Obr. 1: Příprava vzorků pro stanovení objemové hmotnosti



Obr. 2: Vážení odebraného vzorku pro stanovení objemové hmotnosti

Tab. 2: Hodnoty objemové hmotnosti vybraných surovin

Surovina	Objemová hmotnost m_v [kg.m⁻³]	Vlhkost [%]
Chlévská mrva skot	977	78
Chlévská mrva koně	961	70
Chlévská mrva ovce	1073	67
Kejda prasat	961	94
Kejda skotu	993	97
Kejda drůbeže	961	90
Drůbeží trus s podestýlkou	475	54
Králičí trus s podestýlkou	809	66
Sláma obilovin	135	17
Sláma řepky řezaná	56	15
Listí (vlhké)	267	35
Listí (suché)	119	20
Odpad zeleniny	940	85
Stařina z luk	95	20
Piliny (vlhké)	267	65
Piliny (suché)	237	45
Stromová kůra (vlhká)	288	65
Stromová kůra (suchá)	222	45
Popel ze dřeva (vlhký)	609	35
Popel ze dřeva (suchý)	753	10
Rybniční bahno	841	50
Rašelina	423	70
Seno	66	9
Dřevní štěpka	314	48
Odpad z údržby trávníku	326	82
Faremní kompost	410	45

2.2 Metoda pro stanovování pórovitosti

Definice:

Pórovitost surovin, resp. kompostu, je definována jako poměr objemu dutin vzniklých v kompostované hmotě ku celkovému objemu kompostované hmoty.

Pórovitost a také struktura surovin souvisejí s fyzikálními vlastnostmi surovin, jakými jsou například velikost částic, zrnitost surovin, tvar a konzistence. Struktura vypovídá o pevnosti částic, tedy o jejich odolnosti proti zhutnění. Dobrá struktura zabraňuje snižování pórovitosti ve vlhkém prostředí kompostové zakládky.

Pórovitost ovlivňuje proces kompostování tím, že **určuje množství vzduchu uvnitř surovin v hromadě**. Pórovitost a struktura je dána vhodným výběrem surovin pro kompostování, případně mírou nadrcení a kvalitou promíchání jednotlivých založených surovin. Výskyt větších a homogenních částic v hromadě zvyšuje její pórovitost.

Důležitou roli při kompostování hraje právě **velikost částic** založených surovin. **Menší částice** mají větší povrchovou plochu v porovnání s jejich objemem a mohou být vystaveny výraznějšímu působení mikroorganismů, což urychluje proces rozkladu a tedy i kompostování. Menší částice jsou výsledkem lepší homogenity surového materiálu a zlepšují izolační schopnost hromady. Na druhé straně mohou malé částice způsobovat jisté problémy se snížením pórovitosti a tedy s možností dostatečného provzdušnění kompostu. **Nejlepších výsledků bývá obvykle dosahováno při kompostování surovin s průměrnou velikostí částic v rozmezí 20 až 50 mm.** Současně ale musí struktura hromady umožnit výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolím tak, aby v hromadě byl dostatek kyslíku. Výsledná směs surovin, tvořících hromadu, musí být **kyprá, porézní a nepřevlhčená**.

Z technického hlediska je tedy **dosažení vhodné pórovitosti, zrnitosti a homogenity kompostovaných surovin** jedním z nejvýznamnějších požadavků. Nevýhoda je, že desintegrace surovin představuje vysoké energetické a investiční nároky na používaná zařízení, kterými jsou **drtiče a štěpkovače**.

Získání vhodné zrnitosti a tím i snadnější homogenizace je důležité hlavně tam, kde se suroviny, oproti jiným, rozkládají pomaleji. Ze zahradnických odpadů to je zejména stromová kůra, dřevní štěpka, drcené réví apod. Jsou-li tyto suroviny ve formě drobných částic (např. štěpky apod.), jsou přijatelnou složkou, která se přímo účastní kompostovacího procesu, naopak ve formě větších částic (např. části větví) procházejí kompostovacím procesem bez výrazné změny.

Na druhé straně velmi jemné složky (piliny, prach apod.) vytváří kompaktní, těžko provzdušnitelnou strukturu a brání tak spontánnímu růstu mikroorganismů. Tyto suroviny je třeba rozptýlit po celé hromadě, případně proložit, promíchat např. drcenou slámou, která je vhodným přísadkem, upravujícím konzistenci směsi.

Celou problematiku fyzikálních vlastností surovin zakládaných do kompostů lze zobecnit takto:

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

Metodický postup zjišťování pórovitosti surovin

Zjišťování pórovitosti surovin vhodných pro kompostování lze provádět pomocí metody využívající Boyle-Mariettova zákona pro **vztah mezi objemem a tlakem plynu při konstantní teplotě měření**. Tato metoda je zatížená nejmenší chybou.

Měření se provádí pomocí přístroje, který je schematicky znázorněn na **obr. 3**. Zjišťování pórovitosti surovin lze provádět jak v laboratorních podmínkách (**obr. 4**), tak přímo na kompostárnách, např. v měřicím voze (**obr. 5**).

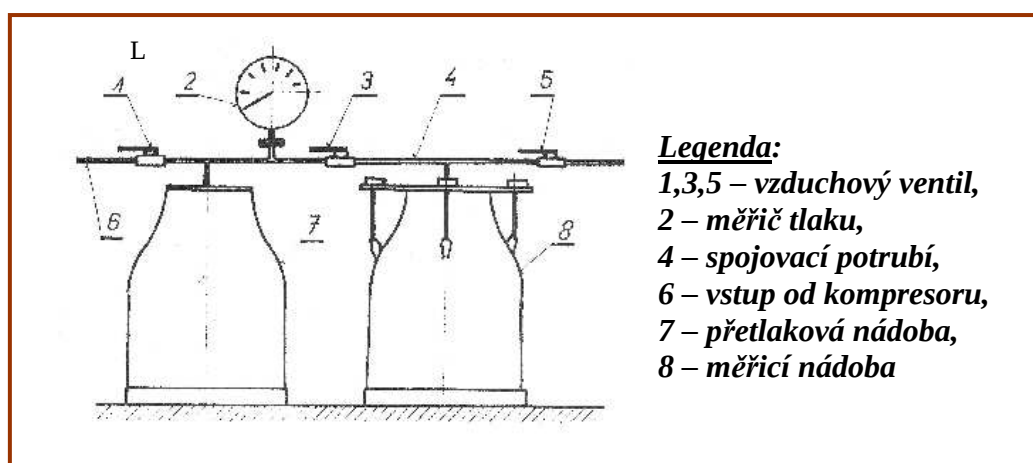
Pro stanovení pórovitosti surovin byl zpracován následující postup:

- 1) Z ověřované suroviny (celkové množství cca 0,5 m³) je odebrán vzorek pro stanovení vlhkosti.
- 2) Po naplnění měřicí nádoby surovinou je natlačována přetlaková nádoba kompresorem.
- 3) Odečte se tlak p_1 v přetlakové nádobě.
- 4) Přepustí se vzduch z přetlakové nádoby do měřicí nádoby.
- 5) Odečte se tlak p_2 v celé soustavě přístroje .
- 6) Zjišťovaná pórovitost se vypočítá z rozdílu tlaků podle vzorce:

$$M = \frac{p_1 - p_2}{p_2} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde: p_1 – tlak v přetlakové nádobě přístroje,
 p_2 – tlak v celé soustavě přístroje po přepuštění
vzduchu do měřicí nádoby.

- 7) Ověřený vzorek je z měřicí nádoby vyjmut a nahrazen dalším vzorkem odebraným z celkového množství ověřované suroviny.
- 8) Měření postupuje ve stejném sledu jako u prvního vzorku.
- 9) Pro jednu ověřovanou surovinu jsou měřeny celkem tři vzorky.
- 10) Zjištěné hodnoty se zaznamenají do protokolu o měření.



Obr. 3: Schéma přístroje pro zjišťování pórovitosti surovin



Obr. 4: Zjišťování pórovitosti surovin v laboratorních podmínkách



Obr. 5: Zjišťování pórovitosti surovin v měřicím voze

2.3 Hodnocení vlhkosti

Při zakládání a během celé doby zrání patří vlhkost mezi parametry, které velkou měrou ovlivňují zdárný průběh kompostovacího procesu. Jako každý živý organismus, tak 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 rozkladnou činnost, při **nadbytečné vlhkosti** dochází rychle k nežádoucím hnilobným procesům a k tzv. „zkysnutí“ kompostu.

Pozn.:

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

Před založením nebo v průběhu kompostovacího cyklu je pro zjišťování vlhkosti jednotlivých surovin či nehotového kompostu nutné volit postup, který odpovídá struktuře zkoumané suroviny.

Metody určování vlhkosti

Gravimetrická metoda stanovení vlhkosti

Gravimetrická metoda se používá jako **standardní metoda** pro určování vlhkosti suroviny v laboratoři a je využívána pro kalibraci jiných vlhkoměrů pracujících na různých fyzikálních principech.

Podstatou této metody je **přímé měření – oddělení vody od pevné fáze**.

Vlhkost je stanovena z rozdílu počáteční hmotnosti vlhkého vzorku a konečné hmotnosti vzorku po jeho úplném vysušení za stanovených podmínek.

Výhodou této metody je **velká přesnost** a **velký měřicí rozsah**, nevýhodou jsou její vazby na laboratorní zařízení. Vazbu na laboratoř je možné odstranit použitím zařízení, které během několika minut provede vysušení vzorku, jeho zvážení před i po vysušení, vypočítá a na displeji přístroje zobrazí zjišťovanou vlhkost suroviny. Nevýhodou těchto zařízení je jejich vysoká pořizovací cena.

Postup zjišťování vlhkosti pro hotový kompost

Odebraný vzorek o hmotnosti cca 1 kg se rozprostře na podložku, větší hrudky se rozdrtí, kvartací se zmenší vzorek na hmotnost cca 500 g. Vzorek se proseje přes síto o velikost ok 5×5 mm. Z tohoto vzorku se odváží do předem zvážené vysoušečky 20 g s přesností ± 0,05 g a při teplotě 105 °C se vysuší do konstantní hmotnosti. Po vychladnutí v exsikátoru se vzorek zváží a zjistí se obsah vlhkosti.

Výpočet: Obsah vlhkosti (x) vyjádřený v % se vypočte z následujícího vzorce:

$$x = 100 - \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m} \quad [\%]$$

kde: **m₁** – hmotnost vzorku po vysušení [g],

m₂ – hmotnost vysoušečky [g],

m – hmotnost vzorku před sušením [g].

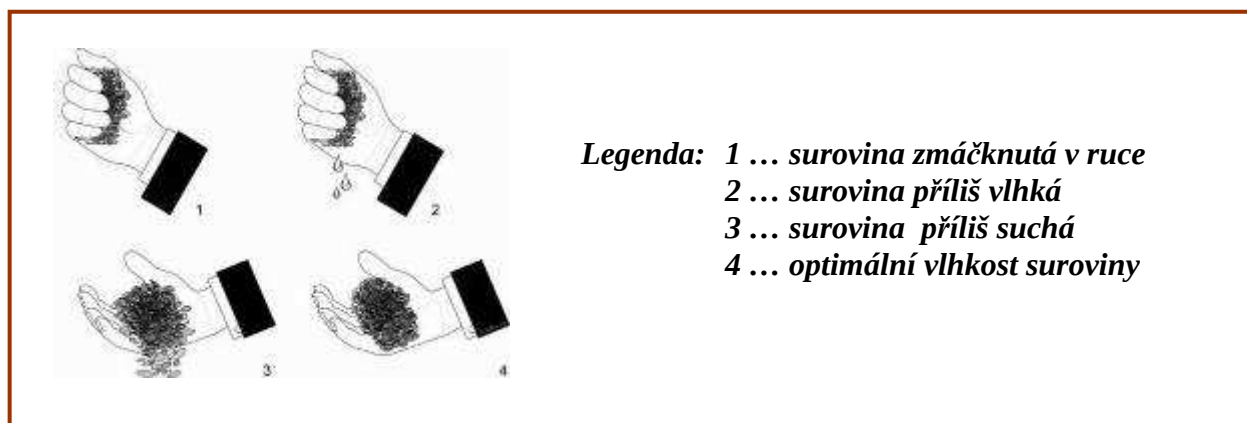
Měření vlhkosti surovin přenosnými vlhkoměry

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) 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.

Orientační zkouška vlhkosti

V případě nutnosti lze určit vlhkost kompostovaných surovin pomocí orientační zkoušky. K jejímu provedení je nutné kompostovanou surovinu **vzít do ruky a pevně zmáčknout (obr. 6)**. Při optimální vlhkosti se **nesmí mezi prsty objevit voda**. Surovina je příliš vlhká již při objevení více než jedné kapky vody. Při otevření pěsti, v případě správné vlhkosti, musí surovina zůstat pohromadě ve formě „knedlíku“. Je-li surovina příliš suchá, při otevření pěsti se opět rozpadne.



Obr. 6: Orientační zkouška vlhkosti

Časové intervaly hodnocení vlhkosti surovin během jedné zakládky

V průběhu kompostování se v každé zakládce provádí několik testů na vyhodnocení vlhkosti surovin. Počet testů je určen dobou zrání kompostu v dané zakládce. Doba zrání je závislá na vstupních surovinách a jejich poměru v zakládce.

Časové intervaly hodnocení vlhkosti surovin lze doporučit takto:

- počáteční hodnocení vlhkosti se provede **ihned po ukončení první (homogenizační) překopávky**,
- během intenzivní aerobní činnosti, (tj. 1. až 8. den – v této době se rozhoduje o úspěchu kompostování) je hodnocení vlhkosti vhodné **provádět podle možností co nejčastěji** (min. 1× za dobu intenzivní aerobní činnosti),
- optimální intervaly dalšího zjišťování vlhkosti v průběhu kompostování jsou **3 týdny**.

Po ukončení kompostovacího procesu je nutno určit **vlhkost hotového kompostu**.

3. Surovinová skladba zakládky kompostu

Sestavení správné surovinové skladby kompostové zakládky rozhoduje o úspěšném průběhu vlastního kompostování a o výsledné kvalitě a fyzikálních a chemických vlastnostech vyzrálého kompostu.

Surovinová skladba se optimalizuje následujícím postupem:

- výběr odpadů, které budou kompostovány a určení jejich předpokládané hmotnosti,
- odhad vlhkosti a obsahu organických látek jednotlivých odpadů, buď na základě tabulkových hodnot nebo využitím chemických rozborů,
- složení kompostové zakládky (propočtem, tabulkově, pomocí software),
- provedení korelací surovinové skladby tak, aby byla u čerstvého kompostu optimální vlhkost (55–65 %) a poměr C:N (30–35):1, vlhkost se koriguje přidáním tekutin, při širokém poměru C:N se přidávají hmoty bohaté na dusík, po navržených korekcích se surovinová skladba znovu propočte,
- odhadnou se ztráty v průběhu kompostování (při vysokém podílu trávy jsou hmotnostní ztráty cca 25 %, z toho přibližně dvě třetiny představuje ztráta vody a jednu třetinu ztráta organických látek),
- výpočet předpokládaného množství a kvality kompostu.

Při optimalizaci surovinové skladby kompostu z hlediska C:N a vlhkosti se vychází ze skutečných chemických rozborů surovin nebo z tabulkových odhadů a skladba zakládky se přizpůsobuje dostupným surovinám a jejich obsahu uhlíku a dusíku tak, aby bylo, pokud možno, dosaženo požadovaného poměru C:N.

Způsoby sestavování skladby kompostové zakládky

V praxi je běžné, že pracovníci na kompostárnách mnohdy surovinovou skladbu odhadují, což vzhledem k výše uvedeným faktům není úplně nejvhodnější.

Pro sestavování surovinových skladeb kompostu existuje v literatuře řada postupů. Přesně lze surovinovou skladbu určit např. pomocí výpočtu uvedeného v „**PLIVA, P. a kol.: „Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu.“**“ anebo může být použit „**diagram možných surovinových skladeb kompostu**“, který je uveden v **tab.3**. V diagramu jsou uvedeny nejčastěji používané suroviny a jejich vhodná procentická zastoupení při sestavování různých kompostovacích zakládek. Barevně označená políčka označují vhodnost složení uvedené surovinové zakládky.

Pro kompostářskou praxi v dnešní době již existuje řada programů pro výpočet surovinové skladby zakládaných kompostů. Programy se od sebe většinou liší v počtu vstupních parametrů, které je nutné zadat.

Jedním z nich je program „Kompost 2.0“, který je volně dostupný na webové stránce <http://www.biom.cz>. Podobný program „Komposter“ nabízí firma ZERA, o.s. Náměšť nad Oslavou (www.zeraagency.eu).

Tab. 3: Diagram možných surovinových skladeb kompostu

		Surovina B									
		Zeleninový odpad	Suché listí	Kuchyňský bioodpad	Prasečí kejda	Čerstvá tráva	Štěpka	Zemina			Drůbeží trus
Surovina A	Zeleninový odpad		50;30;10;10	20;20;30;30	70;0;0;30	80;20;0;0	40;20;10;30	40;10;10;40		Drůbeží trus	Surovina C
	Suché listí	40;30;10;20		10;60;20;10	40;20;10;30	50;10;10;30	10;10;10;70		45;30;10;50	Zemina	
	Kuchyňský bioodpad	50;20;20;10	50;10;10;30		10;40;30;20	15;10;25;50		70;10;0;20	5;45;40;10	Štěpka	
	Prasečí kejda	10;70;10;10	30;40;20;10	20;20;30;30			10;30;50;10	10;10;40;40	20;0;0;80	Čerstvá tráva	
	Čerstvá tráva	70;20;5;5	30;40;30;0	70;0;0;30			20;20;20;40	40;20;10;30	90;0;10;0	Prasečí kejda	
	Štěpka	40;10;0;50	0;30;60;10		30;25;0;45	25;45;30;0		15;10;75;0	10;0;20;70	Kuchyňský bioodpad	
	Zemina	30;50;20;0		0;70;30;0	0;0;40;60	10;25;40;25	0;10;10;80		30;10;20;40	Suché listí	
	Drůbeží trus		10;30;60;0	40;10;10;45	0;5;80;15	10;10;80;0	30;30;30;10	20;10;20;50		Zeleninový odpad	
		Drůbeží trus	Zemina	Štěpka	Čerstvá tráva	Prasečí kejda	Kuchyňský bioodpad	Suché listí	Zeleninový odpad		
		Surovina D									

Vysvětlivky:

Orientace v diagramu: číselné údaje uvádějí procentické zastoupení jednotlivých komponent směsi, a to tak, že první hodnota zleva odpovídá surovině A, druhá surovině B, třetí a čtvrtá surovinám C a D (např. první políčko zleva v prvním řádku, které obsahuje následující hodnoty: 50; 30; 10; 10 - směs se bude skládat z 50 % zeleninového odpadu, 30 % suchého listí, 10 % drůbežního trusu a 10 % zeminy).

Barevné rozlišení:

- optimální směsi s poměrem C : N v rozmezí (30 – 35) : 1 a počáteční vlhkostí 50 – 60 %,
- směsi, které mají optimální poměr C : N, ale lze u nich předpokládat vyšší hodnotu vlhkosti, tj. z počátku budou náročnější na překopávání,
- směsi, které nejsou příliš vhodné, neboť mají nízký poměr C : N. V případě jejich kompostování bude třeba dodat strukturní suroviny (štěpku, piliny).

Sestavování skladby kompostové zakládky ohledem na fyzikální vlastnosti kompostu

V následujících kartách jsou uvedeny vstupní suroviny, u kterých byly laboratorně určeny fyzikální a chemické vlastnosti:

- objemová hmotnost,
- pórovitost,
- vlhkost surovin,
- C : N,
- pH.

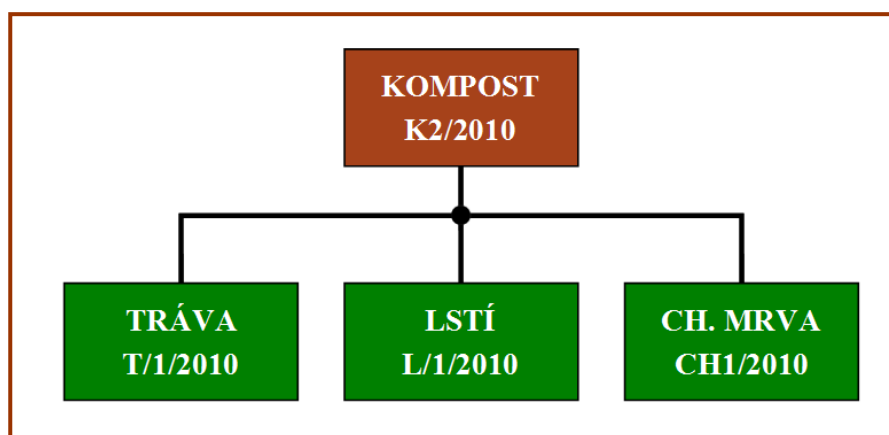
Soubor tabulek dále obsahuje hotové komposty, které byly vyrobeny z uvedených surovin a u kterých byly také laboratorně určeny fyzikální a chemické vlastnosti.

Vzhledem k tomu, že v každé tabulce kompostů je **uvedeno přesné složení surovin** uvedených v tabulkovém souboru, je možné, při opětovném dodržení surovinové skladby vyrobit kompost **téměř stejných fyzikálních vlastností**.

Je však nutné poznamenat, že biologicky rozložitelné odpady spadají do kategorie surovin, u nichž nelze předpokládat, že každý označený typ suroviny bude mít stejné fyzikální a chemické vlastnosti při každém zpracování v různých časových rozpětích. Z tohoto důvodu je nutné předpokládat určitou chybu ve vlastnostech vyrobeného kompostu. Avšak pro účely využívání kompostů pro úpravu fyzikálních vlastností půd, do kterých je kompost aplikován, je to přesnost vyhovující.

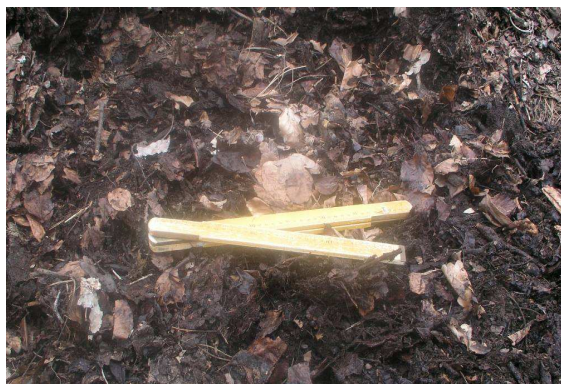
Popis postupu vyhledávání kompostu daných vlastností (viz obr. 7):

- 1) Nalezení kompostu požadovaných fyzikálních a chemických vlastností v kartách označených hnědou barvou.
- 2) Podle údajů uvedených v kolonce „Surovinová skladba“ v kartě Kompost, vyhledání příslušných surovin v kartách označených zelenou barvou
- 3) Sestavení surovinové skladby pro kompost požadovaných fyzikálních vlastností.



Obr. 7: Schematické znázornění vazeb mezi vstupními materiály a kompostem o požadovaných vlastnostech

LISTÍ L/1/2010



Charakteristika	Listí z údržby zeleně. Zahrnuje převážně listí stromů bukovitých.	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	267
Pórovitost	[%]	71,53
Vlhkost	[%]	35
Poměr C:N	[-]	76,5
Hodnota pH	[%]	8,38

TRÁVA – KRÁTKÁ SEČ T/1/2010



Charakteristika	Krátká seč z údržby zeleně, vlhká. Sečená strojně.	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	416
Pórovitost	[%]	50,3
Vlhkost	[%]	80,13
Poměr C:N	[-]	12,6
Hodnota pH	[%]	8,29

SLÁMA OBILOVIN SL/1/2010



Charakteristika	Nedrcená sláma obilovin.	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	135
Pórovitost	[%]	55,7
Vlhkost	[%]	17
Poměr C:N	[-]	105:1
Hodnota pH	[%]	6,9

SENO S/1/2010



Charakteristika	Sušená zelená píče.	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	66
Pórovitost	[%]	48,73
Vlhkost	[%]	9
Poměr C:N	[-]	25:1
Hodnota pH	[%]	8,4

KRÁLÍČÍ TRUS K/1/2010



Charakteristika	Odleželé, tuhé králíčí výkaly.	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	809
Pórovitost	[%]	43,2
Vlhkost	[%]	66
Poměr C:N	[-]	15:1
Hodnota pH	[%]	8,7

CHLÉVSKÁ MRVA KONĚ CH1/2010



Charakteristika	Směsice tuhých koňských výkalů, moči a podestýlky.	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	961
Pórovitost	[%]	65,1
Vlhkost	[%]	70
Poměr C:N	[-]	23:1
Hodnota pH	[%]	7,5

KOMPOST K/1/2010



Surovinová skladba	T/1/2010 (50 %) + L/1/2010 (50 %)	
Původce	Kompostárna VUZT,v.v.i	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	685
Pórovitost	[%]	29,8
Vlhkost	[%]	40,6
Poměr C:N	[-]	10,2:1
Hodnota pH	[%]	8,25
Pozn.	Středně lehký kompost.	

KOMPOST K/2/2010



Surovinová skladba	T/1/2010 (40 %) + L/1/2010(40 %) + CH/1/2010(20 %)	
Původce	Kompostárna VUZT,v.v.i	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	798,1
Pórovitost	[%]	39,7
Vlhkost	[%]	48,6
Poměr C:N	[-]	14,9:1
Hodnota pH	[%]	7,19
Pozn.	Těžký kompost.	

KOMPOST K/3/2010



Surovinová skladba	T/1/2010 (33 %) + L/1/2010 (33 %) + SL/1/2010 (33 %)	
Původce	Kompostárna VUZT,v.v.i	
Objemová hmotnost	[kg.m ⁻³]	510
Pórovitost	[%]	42,3
Vlhkost	[%]	42,78
Poměr C:N	[-]	14:1
Hodnota pH	[%]	6,9
Pozn.	Lehký kompost.	

III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika bude využívána jednak pro další zjišťování fyzikálních vlastností surovin a z nich vyrobených kompostů v experimentálních podmínkách.

K dispozici je **podnikům, které hledají uplatnění pro kompost** vyrobený ze zbytkové biomasy spadající do kategorie rostlinných odpadů a odpadů ze zemědělství technologií řízeného kompostování v pásových hromadách na volné ploše.

Tento vyrobený produkt – **kompost, odpovídající jakostním znakům dle ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“** a mající definované **fyzikální vlastnosti** (objemovou hmotnost, pórovitost) je možno využívat podle jeho typu pro efektivní zlepšení fyzikálních vlastností půdních druhů.

Metodika bude k dispozici v elektronické podobě na webových stránkách zpracovatele (www.vuzt.eu).

IV. SEZNAM SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- [1] ROY, A., PLÍVA, P.: *Teplota kompostu – nejjednodušeji identifikovatelný ukazatel jeho zrání*. In *TECHNOFÓRUM 2010 - Advances in research of agricultural and environmental engineering*. Nitra 2010. SPU Nitra: Scientific Pedagogical Publishing, 2010 s. 205-211. ISBN 978-80-552-0380-5.
- [2] PLÍVA, P.: *Měření optimálního průběhu kompostovacího procesu*. [Where it is possible to compost in belt piles]. *Komunální technika*, 2010, roč. 4, č. 3. s. 22-26. ISSN 1802-2391
- [3] MAREŠOVÁ, K., KOLLÁROVÁ, M.: *Influence of compost covers on the efficiency of biowaste composting process*. [Vliv zakrytí kompostu na průběh kompostovacího procesu]. *Waste Management*, 2010, ročník 30
- [4] PLÍVA, P. a kol.: *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. Praha: Vydavatelství Profi Press, s.r.o., 2009. 1. vydání, 136 s., ISBN 978-80-86726-32-8.
- [5] PLÍVA, P. a kol.: *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. [Foundation, course and control of composting proces]. Praha: VÚZT 1/2006, 65 s., ISBN 80-86884-11-2.
- [6] PLÍVA, P. a kol.: *Technika pro kompostování v pásových hromadách*. VÚZT, v.v.i. Praha, 2005, 72 s., ISBN 80-86884-02-3.
- [7] VÁŇA, J., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P.: *Pevné odpady 2005*. ČZU Praha, Katedra agrochemie a výživy rostlin, 2005, ISBN 80-213-1097- 9.
- [8] JELÍNEK, A. a kol.: *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem*. Realizační pomůcka pro zpracování podnikové normy. Praha, VÚZT 2002, ISBN 80-238-8539-1.
- [9] ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“.