

## **Pilotní ověření účinnosti kompostu vyrobeného z bioodpadu v zemědělské praxi**

### **Udržitelnost kompostování BRO v zemědělské praxi Aplikace výzkumu v praxi**

#### **„Management využití kompostu vyrobeného z bioodpadu na zemědělských plochách - slabě a silně ohrožených erozí“**

*Metodika provozního ověření, závěrečné hodnocení dle  
smlouvy o dílo č. 666-2017-17253*

#### **Cíl ověření**

Vzhledem k výzvám, před kterými současná společnost stojí – nedostatek kvalitní půdy, postupné vyčerpání přírodních zdrojů a nutnost jejich obnovy, nabízí kompostování jedinečnou možnost environmentálního a přírodě blízkého způsobu recyklace živin. Proto MZe podpořilo, na základě smlouvy o dílo č. 666-2017-17253, projekt, jehož cílem je pilotní ověření zpracování biologicky rozložitelného odpadu (bioodpadu) kompostováním a využití výsledného produktu pro zvýšení kvality půdy zasažené erozí. Cílem tohoto pilotního projektu bylo zhodnotit efektivnost kompostu jako možné náhrady minerálních hnojiv a posouzení případného návrhu úpravy legislativních podmínek pro zemědělce, který by ukládal podmínky aplikace kompostu na zemědělskou půdu. Obsahem projektu je zpracování analýzy účinnosti kompostu v zemědělské praxi a na základě získaných dat zhodnotit, zda je kompost vhodnou náhradou minerálních hnojiv, a zda by jeho aplikace na zemědělskou půdu měla být jako povinnost pro zemědělce právně ukotvena v zemědělské legislativě<sup>1</sup>. Výsledky analýzy budou využity k řešení problematiky protierozní ochrany půdy, ke zvýšení povědomí zemědělské veřejnosti a možnosti pro zlepšení využití organických hnojiv, především kompostů, namísto hnojiv minerálních.

Předkládaný dokument sumarizuje výsledky pilotního provozního ověřování, které budou využity k řešení problematiky protierozní ochrany půdy, zvýšení povědomí zemědělské veřejnosti a jako podklad pro další analýzu možností, jak zlepšit využití organických hnojiv, především kompostů a substituovat jimi hnojiva minerální a také jako podklad pro další výzkum v této oblasti.

---

<sup>1</sup> Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, Vyhláška č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného původu)

## Obsah

1.	O kompostu – úvod .....	5
1.1.	Základní pojmy .....	5
1.2.	Legislativní vymezení.....	5
1.3.	Faktory kvality kompostu .....	6
1.4.	Technologie kompostáren.....	8
1.4.1.	Technologie kompostování na volné ploše .....	8
1.4.2.	Kompostování otevřené boxy na volné ploše .....	10
1.4.3.	Kompostování v zavřeném zařízení.....	10
1.4.4.	Kompostování ve vacích .....	11
1.4.5.	Biofiltr .....	11
1.4.6.	Vermikompostování .....	12
1.5.	Výstavba kompostáren s využitím podpory fondů EU .....	13
1.6.	Situace a kapacita kompostáren v ČR.....	16
2.	Vstupní informace testovaných zemědělských podniků .....	17
2.1.	Charakteritika vybraných parametrů .....	17
2.2.	Základní agrotechnika .....	19
2.3.	Technologický management kompostárny .....	21
3.	Hodnocení kvality půdy .....	25
3.1.	Fyzikální stav půdy – objemová hmotnost redukována .....	25
3.1.1.	Hodnocení parametru fyzikálního stavu půdy v roce 2016.....	27
3.1.2.	Hodnocení parametru fyzikálního stavu půdy v roce 2017.....	27
3.2.	Chemické vlastnosti půd.....	28
3.3.	Obsah organické hmoty v půdě.....	32
3.3.1.	Změny $C_{ox}$ v půdě .....	32
3.4.	Zdroje živin .....	34
4.	Hodnocení kvality kompostu.....	36
5.	Hodnocení kvality rostlinné produkce.....	41
6.	Bilance živin a organické hmoty v podniku .....	45
7.	Ekonomika využití kompostu.....	47
7.1.	Investiční náklady výroby kompostu .....	47
7.2.	Provozní náklady výroby kompostu .....	47
7.3.	Cena kompostu za 1 kg NPK .....	48

7.4.	Cena kompostu v osevním postupu - aplikace .....	50
8.	Závěr a doporučení .....	52
8.1.	Hodnocení procesu kompostování na různých technologiích, které se v cca 90% využívají v ČR, dle vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s BRO .....	53
8.2.	Hodnocení kvality výsledného kompostu dle stávající legislativy .....	53
8.3.	Hodnocení kvality půd .....	54
8.3.1.	Fyzikální vlastnosti – objemová hmotnost redukována .....	54
8.3.2.	Chemické vlastnosti .....	56
8.3.3.	Stav organické hmoty v půdě .....	57
8.3.4.	Zdroje živin .....	57
8.4.	Bilance živin v podniku – podíl hnojiv organického původu v systémech zemědělské praxe .....	58
8.5.	Benefity kompostu pro DZES 5 a 6 .....	59
9.	Přílohy .....	68

**Seznam tabulek:**

Tabulka 1	Kvalitativní znaky kompostu .....	6
Tabulka 2	Limitní koncentrace vybraných rizikových látek a prvků (vyhl. č. 341/2008 Sb.) .....	6
Tabulka 3	Kapacity zpracování BRKO v ČR .....	13
Tabulka 4	Kompostárny s využitím kompostu na ZPF .....	14
Tabulka 5	Erozně ohrožené půdy v ČR .....	15
Tabulka 6	Lokality testované v roce 2015 – 2017 .....	18
Tabulka 7	Půdně klimatické podmínky testovaných lokalit .....	18
Tabulka 8	Charakteristika půd ve vybraných pilotních lokalitách - výchozí hodnota .....	19
Tabulka 9	Četnost dávek kompostu v osevním postupu vybraných lokalit .....	20
Tabulka 10	Základní agrotechnika – technologie a technologické vybavení .....	20
Tabulka 11	Osevní postupy a zařazení kompostu do osevního postupu .....	21
Tabulka 12	Typ techniky pro zapravení kompostu .....	21
Tabulka 13	Technologické vybavení kompostáren .....	22
Tabulka 14	Kapacita kompostárny a druhová skladba vstupních surovin .....	22
Tabulka 15	Procesní management kompostárny .....	23
Tabulka 16	Fyzikální vlastnosti půd .....	25
Tabulka 17	Chemické vlastnosti půd .....	28
Tabulka 18	Stav organické hmoty v půdě testovaných lokalit .....	33
Tabulka 19	Zdroje živin .....	34
Tabulka 20	Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu .....	35
Tabulka 21	Surovinová skladba .....	36
Tabulka 22	Kvalita vstupních surovin do kompostárny .....	37
Tabulka 23	Kvalita kompostu .....	38
Tabulka 24	Osevní postup - produkce rostlin .....	42

Tabulka 25 Produkce nahodilého výběru - 5 rostlin.....	42
Tabulka 26 Bilance živin a produkce rostlin .....	43
Tabulka 27 Bilance živin a organické hmoty.....	45
Tabulka 28 Náklady na výrobu kompostu .....	47
Tabulka 29 Obsah živin v kompostu .....	48
Tabulka 30 Obsah a cena živin v kompostu.....	49
Tabulka 31 Model procesní nákladovosti výroby kompostu.....	49
Tabulka 32 Cena kompostu pokusných lokalit .....	50
Tabulka 33 Cena aplikace kompostu .....	51
Tabulka 34 Model hnojení pšenice ozimé (potravinářské) bez kompostu.....	51
Tabulka 35 Model hnojení pšenice ozimé (potravinářské) s kompostem.....	51
Tabulka 36 Dostupnost živin pro rostliny .....	57

### Seznam grafů:

Graf 1 Kompostárny s využitím kompostu na ZPF.....	15
Graf 2 Předpoklad produkce BRKO a kapacita kompostáren v jednotlivých krajích ČR .....	16
Graf 3 Průběh hygienizačních teplot .....	24
Graf 4 Obsah prvků v půdě – jednotlivé lokality -hnojená a nehnojená varianta v letech 2015 -2016	31
Graf 5 Průměrný obsah prvků v půdě – všechny lokality - hnojená a nehnojená varianta v letech 2015 -2016.....	31
Graf 6 Obsah organických látek v kompostu – rozptyl 65 % .....	39
Graf 7 Poměr v rozmezí C : N 8 – 17 : 1 .....	39
Graf 8 Obsah dusíku v rozmezí 1,09 – 4,9 % .....	40
Graf 9 Porovnání kvality vstupních surovin a kompostu.....	40
Graf 10 Porovnání kvality vstupních surovin a kompostu (+ kaly) .....	40
Graf 11 Obsah prvků v půdě .....	56

### Seznam obrázků:

Obrázek 1 Kompostárna na volné ploše s traktorovým překopávačem kompostu (zdroj ZERA) .....	8
Obrázek 2 Kompostárna na volné ploše s mostovým překopávačem (zdroj ZERA).....	9
Obrázek 3 Kompostárna na volné ploše s boční frézou (zdroj ZERA).....	9
Obrázek 4 Kompostárna na volné ploše se spodním provětráváním (zdroj ZERA).....	10
Obrázek 5 Kompostování v boxech (zdroj Hantsch).....	10
Obrázek 6 Uzavřená technologie (zdroj ZERA) .....	11
Obrázek 7 Kompostování ve vacích (zdroj ZERA) .....	11
Obrázek 8 Vermikompostování na volné ploše (zdroj VÚZT v. v. i) .....	12
Obrázek 9 Vermikompostování v boxech (zdroj VÚZT v. v. i) .....	12
Obrázek 10 Odběr Kopeckého váleček.....	27
Obrázek 11 Kompost z rostlinných zbytků (Zdroj: Ing. Jaroslav Záhora CSc., MENDELU Brno).....	41
Obrázek 12 Aplikace kompostu rozmetadlem organických hnojiv – zdroj ZERA .....	52
Obrázek 13 Ukázka biologického testu – lokalita P 6- živá půda .....	55

## 1. O kompostu – úvod

### 1.1. Základní pojmy

**Kompostování** je snadno dostupná, relativně nenáročná a vysoce efektivní metoda, jak využít odpady, suroviny nebo vedlejší produkty a tak vrátit přirozenou cestou do půdy potřebné živiny a organickou hmotu.

**Kompostárna** je technologické zařízení, které musí splnit technologické kroky pro řízení kompostovacího procesu:

- **přípravit vstupní suroviny**, provést mechanickou úpravu, homogenizaci a optimalizaci surovinové skladby
- **vytvořit aerobní podmínky** a zajistit dostatek kyslíku v 1. fázi kompostovacího procesu
- **zajistit monitoring procesu**, měření teplot, vlhkosti a obsahu kyslíku
- **zajistit podmínky pro případnou hygienizaci** vstupních surovin (vytvořit odpovídající teplotní režim, struktura materiálu) a naplnit podmínky vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, a nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, o vedlejších produktech živočišného původu
- **zabezpečit úpravu a skladování** finálního výrobku – kompostu dle jeho dalšího využití

**Kompost** je organické hnojivo, které svými specifickými vlastnostmi doplňuje nabídku organických hnojiv pro zemědělskou praxi. Ta, dle svých konkrétních půdně klimatických podmínek, bude zdrojů organické hmoty využívat. Kompost je hnojivo s univerzálním použitím, bez nebezpečí významných ztrát dusíku, jako je tomu například u stájových hnojiv. Kompost představuje malou konkurenci v potřebě vody mezi rostlinami a edafonem, pomáhá ke stabilitě půdy a organické hmoty v půdě. Kompost tak představuje ideální environmentálně příznivý způsob hnojení, pokud proces kompostování probíhá optimálním způsobem. Proto, aby měl kompost výše uvedené vlastnosti, je nezbytné optimalizovat procesy na kompostárnách.

### 1.2. Legislativní vymezení

Na zařízení kompostárny se pohlíží z pohledu legislativy jako na technologické vybavení, které zpracovává buď

- a) vlastní suroviny nebo vedlejší produkty v zemědělském podniku: v tomto případě se řídí podmínkami správné zemědělské praxe a musí splnit podmínky ochrany životního prostředí, (zejména podmínky upravené ve stavebním zákoně)
- b) odpady: v tomto případě se řídí legislativou zákona o odpadech č. 185/2001 Sb.

Legislativa vymezuje možnosti nakládání s kompostem podle obsahu rizikových prvků, a to konkrétně v následujících dvou předpisech:

- a) zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pro využití kompostu na zemědělské půdě

- b) vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, pro využití kompostu mimo zemědělskou půdu

### 1.3. Faktory kvality kompostu

Provoz kompostování upravují legislativní předpisy – zákon o odpadech, které se liší kapacitou, druhovou skladbou a způsobem zpracování na tři hlavní kategorie:

- 1) zařízení dle § 14 zákona o odpadech (centrální kompostárna, BPS)
- 2) malé zařízení dle § 33b zákona o odpadech (do 150 t/rok)
- 3) komunitní kompostárna dle § 10b zákona o odpadech

Současná legislativa upravuje především podmínky:

- technologické požadavky na jednotlivé způsoby biologického zpracování bioodpadů a technické požadavky na vybavení a provoz zařízení na biologické zpracování bioodpadu – vyhláška č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s bioodpady
- monitoring kvality kompostu, a to konkrétně v zákoně č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Legislativně jsou určeny hlavní parametry, které musí produkt splňovat (viz. tab. 1)

Tabulka 1 Kvalitativní znaky kompostu – vyhl. 341/2008 Sb., tab. 5.2.

Znaky jakosti	Jednotky	Hodnota
Vlhkost	% hm.	40-65
Obsah spalitelných látek	% hm.	min. 25
Obsah celkového dusíku	% hm.	min. 0,6
C:N		min. 20 , max. 30
pH		6,0-8,5
Nerозložitelné příměsi	% hm.	max. 2

Tabulka 2 Limitní koncentrace vybraných rizikových látek a prvků (vyhl. č. 341/2008 Sb.)

Sledovaný ukazatel	Jednotka	Skupina 1. (Zákon o hnojivech č. 156/1998 Sb.)*	Skupina 2. (Výstupy ze zařízení)			Skupina 3. (Stabilizovaný biologicky rozložitelný odpad)
			Třída I.	Třída II.	Třída III.	
As	mg/kg sušiny	20	10	20	30	40
Cd	mg/kg sušiny	2	2	3	4	5
Cr	mg/kg sušiny	100	100	250	300	600
Cu	mg/kg sušiny	150	170	400	500	600
Hg	mg/kg sušiny	1	1	1	2	5

Ni	mg/kg sušiny	50	65	100	120	150
Pb	mg/kg sušiny	100	200	300	400	500
Zn	mg/kg sušiny	600	600	1 200	1 500	1 800
Mo	mg/kg sušiny	20	-	-	-	-
PCB	mg/kg sušiny	-	0,02	0,20	-	dle způsobu využití
PAU	mg/kg sušiny	-	3	6	-	dle způsobu využití
Nerozložitelné příměsi >2 mm	max. % hmoty	3	2	2	-	-
AT <sub>4</sub>	mg O <sub>2</sub> /g sušiny	-	-	-	-	<10

\*Parametry stanovené ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva

Důležitý parametr, kterým se současná legislativa nezabývá, je parametr zralosti kompostu. Test zralosti kompostu posuzuje jeho kvalitu z pohledu dodržení procesních podmínek kompostování. Jedná se o stanovení forem dusíku NH<sub>4</sub>-N, N<sub>ox</sub>-N (celkových obsahů a vzájemných poměrů), N<sub>org</sub>, DOC. Posuzováním zralosti kompostu by bylo možné nejen minimalizovat ztráty živin v průběhu kompostovacího procesu, ale také eliminovat negativní dopady na životní prostředí. **Zralost kompostu** může ovlivnit vliv kompostu na stabilitu půdních agregátů (jedna z podmínek dobrého fyzikálního stavu půdy). Zralé komposty mají větší pozitivní vliv než nezralé komposty. Těžké bahnitě a jílovité půdy jsou hnojením kompostem v důsledku zlepšení stability půdních agregátů nejvíce pozitivně ovlivněny.

Výzkumy i praxe potvrzují unikátní možnosti využití kompostu především na plochách, které jsou ohroženy erozí nebo leží v pásmech ochrany vod. V systému ekologického zemědělství představuje kompost základní faktor udržitelnosti jako základní zdroj živin.

Výslednou kvalitu kompostu ovlivňuje kvalita vstupních surovin, technologie kompostárny, ale zejména dodržování procesních podmínek. V průběhu vlastního kompostovacího procesu je tedy nutné věnovat pozornost kvalitě bioodpadu (resp. přítomnost rostlinných nebo živočišných zbytků), množství zpracovaných bioodpadů (tun/rok) a v neposlední řadě využití výsledného produktu (kompostu) a jeho kvalitě.

Vlastní technologický proces kompostování závisí na těchto faktorech:

- vstupní surovinová skladba – optimalizace C : N, vlhkost, strukturnost (rostlinné zbytky, zbytky živočišného původu, digestát, kaly, popel, biouhel, ...)
- vedení procesu kompostování - dodržení hygienizačních teplot (snížení mikrobiální nebezpečnosti, snížení klíčivosti semen plevelných rostlin)

## 1.4. Technologie kompostáren

Technologické principy kompostování lze rozdělit podle toho, jakými nástroji technického a technologického vybavení disponují:

- tvorba zakládek
- zajištění aerobního prostředí pro první fázi kompostovacího procesu
- regulace emisí
- způsob monitoringu procesu

Převažující technologie kompostování jsou krátce charakterizovány v následujících částech této kapitoly.

### 1.4.1. Technologie kompostování na volné ploše

**Technologie kompostování na volné ploše** je jednoduchý a nejstarší způsob výroby kompostu. Základním principem je zajištění podmínek pro aerobní rozklad aktivním nebo pasivním provětráváním na volném prostranství. V případě kapacity zpracovávaných surovin nad 150 tun/rok a velikosti jedné zakládky větší než 10 t je nutné technologii pro intenzivní fázi procesu (I. etapa nebo fáze nebo horká fáze procesu kompostování) vybavit vodohospodářsky zabezpečenou plochou a záchytnou jímkou pro sběr dešťových srážek a případných výluhů z kompostovaných surovin. Zakládky první – horké fáze kompostovacího procesu mohou být zakryty speciální textilí nebo střechem, přičemž zakládky mohou být tvořeny buď jednorázově, nebo kontinuálně. V případě kompostování na volné ploše existuje několik způsobů pro zajištění aerobních podmínek, tyto techniky jsou krátce charakterizovány níže. Základním principem zajištění aerobního prostředí - **překopávky** je založení zakládek na volném prostranství ve tvaru trojúhelníkového či lichoběžníkového profilu. Jejich tvar i velikost je dána především kapacitou kompostárny a pak použitou technikou provětrávání. Zakládky trojúhelníkového profilu jsou většinou určeny pro menší kapacity kompostáren s mostovým typem překopávače. Zakládky lichoběžníkového profilu jsou používány pro větší kapacity s překopávačem typu frézy.



Obrázek 1 Kompostárna na volné ploše s traktorovým překopávačem kompostu (zdroj ZERA)





Obrázek 2 Kompostárna na volné ploše s mostovým překopávačem (zdroj ZERA)



Obrázek 3 Kompostárna na volné ploše s boční frézou (zdroj ZERA)

**Technologie se spodním provzdušňováním využívá** pro vytvoření aerobního prostředí systém provzdušňovacích kanálů v podlaze kompostovací plochy a vzduch je vháněn pomocí elektrických ventilátorů. Technologie může být doplněna i překopávačem kompostu.



Obrázek 4 Kompostárna na volné ploše se spodním provětráváním (zdroj ZERA)

#### 1.4.2. Kompostování otevřené boxy na volné ploše

Polouzavřené zařízení je vybaveno bočními stěnami, popřípadě je zakryto speciální textilií nebo zastřešeno. Výhodou tohoto druhu zpracování je větší kapacitní využití ploch, což umožňuje zpracovat více materiálu na stejné ploše oproti kompostování s překopávkou na volné ploše. Provzdušňování zde probíhá aktivním nebo pasivním způsobem.



Obrázek 5 Kompostování v boxech (zdroj Hantsch)

#### 1.4.3. Kompostování v zavřeném zařízení

Kompostovací boxy mohou mít kovovou nebo betonovou konstrukci. Do boxů se vhání vzduch a případně může probíhat míchání materiálu pomocí určitých mechanismů. Zařízení může být vybaveno odtahem vzduchu a jeho čištění pomocí biofiltru.



Obrázek 6 Uzavřená technologie (zdroj ZERA)

#### 1.4.4. Kompostování ve vacích

Uzavřená technologie kompostování v PE-vacích, do kterých se vzduch přivádí perforovanými PE-trubkami zavedenými do vaku pomocí ventilátorů. Do vaku se odpad dávkuje speciálním plnicím zařízením. Vaky i aerační trubky jsou na jedno použití. Kompostárnu ve vacích lze zřídit na ploše bez vodohospodářského zabezpečení a záchytné jímky. Plochy pro přípravu a míchání materiálu v plnicím zařízení musí být vodohospodářsky zabezpečené.



Obrázek 7 Kompostování ve vacích (zdroj ZERA)

#### 1.4.5. Biofiltr

Biofiltr slouží k odstranění škodlivých a zápašných látek z odpadního vzduchu. Jeho funkce spočívá na principu velkého měrného povrchu, který dokáže při průchodu vzduchu zachytit molekuly zápašných látek. Biofiltr může být buď horizontální, nebo vertikální. Dále může být podle náplně dělen na fyzikálně-chemický, chemický a biologický. Jako náplň biofiltru pro čištění vzduchu z kompostáren se může využívat např. dřevní kůra nebo aktivní uhlí, náplň musí být v určitých časových intervalech vyměněna za novou.

#### 1.4.6. Vermikompostování

**Vermikompostování** je velice přirozený proces zpracování a využití biologicky rozložitelných surovin. Přeměna probíhá pomocí živých organismů - žížal, a to ve spolupráci s dalšími organismy - mikroorganismy jejich trávicího traktu. Pro žížaly je nutné zajistit specifické podmínky – tedy zejména vlhkost, teplotu, druh potravy, kyslík. Žížaly velmi negativně vnímají jednak větší výkyvy uvedených podmínek prostředí a dále obsah těžkých kovů a dalších škodlivých látek v bioodpadu. Vermikompostování v praxi probíhá na volné ploše v terénu nebo v halách, žížaly mohou být chovány i v boxových systémech.



Obrázek 8 Vermikompostování na volné ploše (zdroj VÚZT v. v. i)



Obrázek 9 Vermikompostování v boxech (zdroj VÚZT v. v. i)

## 1.5. Výstavba kompostáren s využitím podpory fondů EU

Současná kapacita a počty zařízení – kompostáren schválených dle zákona o odpadech je v České republice celkem 794 (277 malá zařízení dle § 33 b, 517 kompostáren dle §14) s celkovou kapacitou 2 282 818 tun zpracovaného bioodpadu za rok (viz. tab. 3).

Tabulka 3 Kapacity zpracování BRKO v ČR

Kraj	Malé zařízení dle §33 b zákona o odpadech		Kompostárna dle §14 zákona o odpadech		BPS (§14 zákona o odpadech)		Kapacity zpracování BRKO celkem (t/rok)
	Počet zařízení (ks) *	Kapacita (t/rok)	Počet zařízení (ks)*	Kapacita (t/rok)	Počet zařízení (ks)*	Kapacita (t/rok)	
Jihočeský	35	5 250	59	146 900	1	20 000	172 150
Jihomoravský	15	2 250	31	238 600	2	9 783	250 633
Karlovarský	12	1 800	10	40 000	0	0	41 800
Kraj Vysočina	114	17 100	64	141 648	1	20 000	178 748
Královéhradecký	19	2 850	35	126 875	3	12 840	142 565
Liberecký	0	0	7	85 830	0	0	85 830
Moravskoslezský	2	300	42	302 403	4	55 100	357 803
Olomoucký	5	750	48	129 250	2	60 000	190 000
Pardubický	4	600	39	130 000	0	0	130 600
Plzeňský	28	4 200	35	145 000	0	0	149 200
Praha	0	0	2	20 000	0	0	20 000
Středočeský	36	5 400	89	315 000	1	10 000	330 400
Ústecký	6	900	35	325 672	4	80 240	406 812
Zlínský	1	150	21	94 090	0	0	94 240
<b>Celkem ČR</b>	<b>277</b>	<b>41 550</b>	<b>517</b>	<b>2 241 268</b>	<b>18</b>	<b>267 963</b>	<b>2 550 781</b>

Zdroj: \* ISOH MŽP – žádosti o IČZ – stav k 21.6.2017

V rámci dotací OPŽP v aktuálně probíhajícím programovém období 2014 – 2020 je možné získat podporu pro zařízení zpracovávající bioodpad. Na podporu výstavby a inovace provozu kompostáren je možné získat podporu až do výše 85 % uznatelných nákladů v rámci prioritní osy 3 – Odpady, Specifický cíl 3.2 Zvýšit podíl materiálového a energetického využití odpadů. Novinkou, ve srovnání s minulým programovacím obdobím, je podpora využití kompostu na zemědělské půdě. Aby projekt dosáhl dostatečného bodového ohodnocení, je nutné využít min. 50% produkce kompostu na ZPF. V tabulce 4 je uvedeno množství kompostárny, jejichž kompost je využíván na ZPF.

Z dotačních titulů OPŽP bylo v letech 2007 – 2016 podpořeno 952 projektů v oblasti zpracování BRO s celkovou výší schválené podpory 3 060 203 188,- Kč.

Tabulka 4 Kompostárny s využitím kompostu na ZPF

Kraj	Kompostárny celkem - zdroj ISOH MŽP, KÚ		Z toho kompostárny s využitím kompostu na ZPF - zdroj VÚZT v.v.i.		Další potenciál zpracovatelských kapacit pro využití v zemědělství (t/rok)	Kompostárny s využitím kompostu na ZPF (%)
	Počet zařízení	Kapacita (t/rok)	Počet zařízení	Kapacita (t/rok)		
Jihočeský	94	152 150	17	70 890	81 260	47
Jihomoravský	46	240 850	14	61 690	179 160	26
Karlovarský	22	41 800	2	20 000	21 800	48
Kraj Vysočina	178	158 748	14	34 673	124 075	22
Královéhradecký	54	129 725	10	57 100	72 625	44
Liberecký	7	85 830	6	24 850	60 980	29
Moravskoslezský	44	302 703	15	81 388	221 315	27
Olomoucký	53	130 000	15	33 081	96 919	25
Pardubický	43	130 600	9	38 700	91 900	30
Plzeňský	63	149 200	6	7 263	141 937	5
Praha	2	20 000	1	300	19 700	2
Středočeský	125	320 400	25	268 924	51 476	84
Ústecký	41	326 572	7	174 900	151 672	54
Zlínský	22	94 240	12	48 250	45 990	51
<b>Celkem ČR</b>	<b>794</b>	<b>2 282 818</b>	<b>153</b>	<b>922 009</b>	<b>1 360 809</b>	<b>40</b>

Zdroj: VÚZT v.v.i



Graf 1 Kompostárny s využitím kompostu na ZPF

(VÚMOP, 2016):

„Současné nastavení standardu DZES 5 má dva zásadní problémy – nedostatečnou plochu, na které je nutné v jeho rámci dodržovat půdochranné opatření a nedostatečnou účinnost opatření, kterými lze jeho požadavky plnit.

DZES 5 (minimální úroveň obhospodařování půdy k omezení eroze) pokrývá plochu cca 11 % orné půdy, a to i přesto že dle odborných analýz je erozně ohrožených více než 50 % plochy orné půdy. Jinak řečeno, místo doporučené maximální velikosti přípustné ztráty půdy erozí, která je na mělkých půdách maximálně 1 tuna z hektaru za rok a na středně hlubokých a hlubokých půdách 4 tuny z hektaru za rok, se v rámci tohoto standardu toleruje eroze až 40 tun z hektaru za rok. (To znamená až tři Tatry 815 plně naložené půdou z ha za rok).

V rámci připravovaného re-designu byl poradou vedení PV č. 38/2016 (14. 11. 2016) schválen následující harmonogram postupného navyšování chráněné plochy.“

Tabulka 5 uvádí informace o erozně ohrožených půdách v ČR.

Tabulka 5 Erozně ohrožené půdy v ČR

Rok zavedení	EO na orné půdě (%)	Gp (t/ha/rok)	Podíl (%)			Výměra (ha)		
			SEO	MEO	NEO	SEO	MEO	NEO
01.01.2018	25	17-17-4	2,6	22,2	75,2	64 737	555 243	1 869 900
01.01.2022	35	12-12-3	5,1	29,9	65,0	126 894	744 474	1 618 422
01.01.2026	45	9-9-2	8,7	36,3	55,0	216 620	903 826	1 369 434
01.01.2030	60	5-5-1	20,5	39,4	40,0	511 425	983 503	995 952

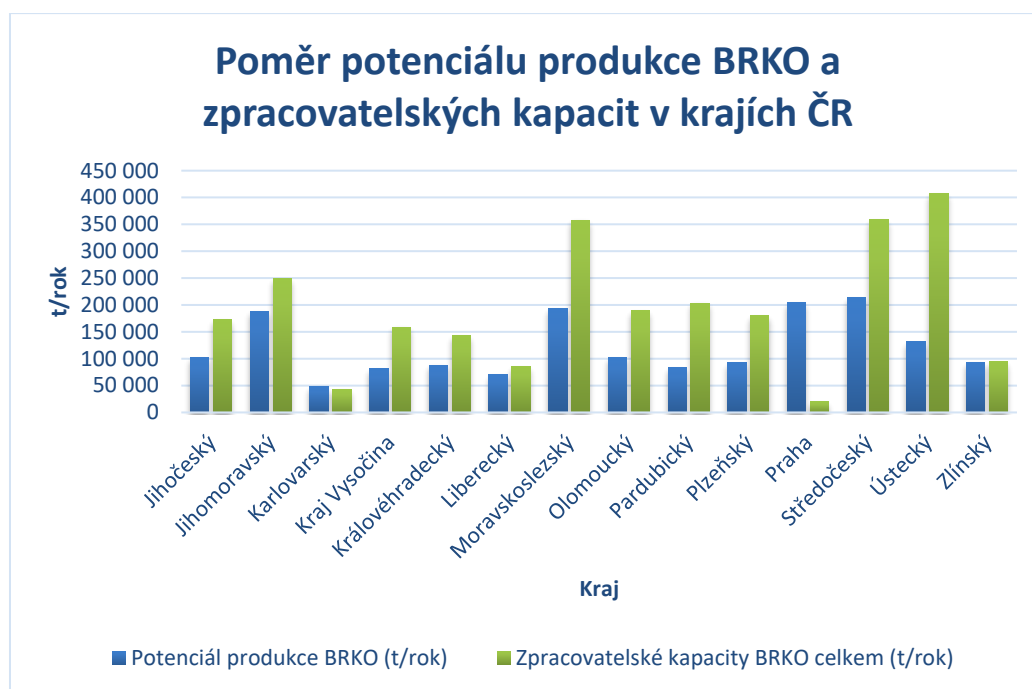
Zdroj: Monitoring eroze zemědělské půdy, Závěrečná zpráva za rok 2016 (VÚMOP v.v.i)

Současná kapacita kompostáren v ČR je 2 282 818 tun zpracovaného materiálu (odpadu) za rok, s předpokladem roční produkce cca 900 000 – 1 500 000 tun kompostu. Při variantě průměrné

dávky kompostu 20 – 30 tun na ha a rok (dávka, která zajišťuje stabilitu potřebného obsahu humusu v půdě) stačí tato produkce na cca 30 000 – 75 000 ha. V současné době by stačilo toto množství na pokrytí ploch SEO (za předpokladu 64 737 ha SEO v roce 2018). Dalším zvyšováním ochrany půdy by se případná potřeba kompostu zvyšovala.

### 1.6. Situace a kapacita kompostáren v ČR

Předpokládaná celková produkce biologicky rozložitelného bioodpadu v ČR dosahuje hodnoty cca 1 900 000 t/rok (přepočítáno cca 150 – 180 kg/osobu a rok). V tomto množství je převaha rostlinných zbytků z domácností, údržby zahrad občanů a veřejných ploch obcí a měst. Celková potřeba kapacit kompostáren je již zcela pokryta, problémem zůstává nekoncepční pokrytí kapacit kompostáren v rámci jednotlivých regionů. V grafu 2 je zobrazena předpokládaná produkce BRKO v jednotlivých krajích ČR.



Graf 2 Předpoklad produkce BRKO a kapacita kompostáren v jednotlivých krajích ČR

Srovnáním kapacit kompostáren v jednotlivých krajích a odhadované produkce biologického odpadu (graf 2) lze dojít k následujícím závěrům:

- současné rozdělení kompostáren neodpovídá potřebám jednotlivých regionů, kompostárny jsou ve své většině podporovány mimo sektor zemědělství (prostředky OPŽP)
- většina kompostáren pracuje pouze se vstupním materiálem z rostlinných zbytků z údržby zeleně zahrad a veřejných ploch – předpoklad produkce kvalitního kompostu



- v praxi se vyskytují problémy s kvalitou obsluhy, vybaveností kompostárny, což se bohužel negativně promítá do kvality kompostu
- většina provozovatelů kompostáren jsou mimo zemědělskou praxi (obce, technické služby obcí a měst, podnikatelé)

### *Dílčí závěr*

Výzkumy i praxe potvrzují, že kompost představuje unikátní možnosti především na plochách, které jsou ohroženy erozí nebo leží v pásmech ochrany vod nebo v systémech ekologického zemědělství. Současná legislativa upravující podmínky kompostování bohužel zcela opomíjí parametr zralosti kompostu, čímž by bylo možné zlepšit proces kompostování jak ekonomicky (tedy minimalizovat ztráty živin v průběhu kompostovacího procesu), ale také z environmentálního pohledu (snížit negativní dopady na životní prostředí). Závazné a jasně definované podmínky provozu by totiž významně pomohly vyřešit přetrvávající problémy praxe s kvalitou obsluhy a vybaveností kompostáren, které se bohužel negativně promítají do kvality kompostu. Dalším problémem je nevyváženost kapacit kompostáren v jednotlivých regionech a potřeb z hlediska produkce biologického odpadu. Většina kompostáren pracuje pouze se vstupním materiálem z rostlinných zbytků z údržby zeleně zahrad a veřejných ploch. Dostatečné kapacity kompostáren v ČR dávají předpoklad zpracování dalších zdrojů organické hmoty a tak vytvořit fundament pro další externí zdroje pro zemědělství.

Možnosti řešení těchto problémů:

- zapojení zemědělských podnikatelů do provozování kompostáren, i když byly zřízeny a financovány obcemi
- vytvoření postupů dobré praxe, které umožní zajistit stabilitu a požadovanou kvalitu kompostu, zlepšit ekonomicky a environmentálně proces kompostování, což přispěje k zjednodušení celého provozu a tyto postupy promítnout do legislativy (např. formou certifikace kompostáren – standardizace kvality kompostu)
- propojení jednotlivých technologií – kompostárny, BPS a čistírny odpadních vod, což umožní využít dosud nevyužitou kapacitu a rozšířit možnost zpracování dalších druhů odpadů nebo surovin (kaly ČOV, komplexní BRKO z domácností, ostatní BRO, digestát, aj.).
- podpora inovací do technologií kompostáren pro vybudování zázemí pro zpracování ostatních zdrojů organické hmoty a živin využitelnou v zemědělské praxi.

## 2. Vstupní informace testovaných zemědělských podniků

### 2.1. Charakteristika vybraných parametrů

Pro pilotní projekt byly vybrány zemědělské podniky, které se jednotlivě liší výrobní strukturou a které mají odlišné klimatické a půdní podmínky. Podniky byly vybrány tak, aby výběr obsahoval širokou škálu výrobních podmínek. Testy na lokalitách vycházely z dosavadní praxe zemědělských podniků - nebyla stanovena jednotná metodika jako dávkování kompostu, osevnické postupy a základní agrotechnika.

V prvním testovacím roce 2015 bylo vytipováno a vybráno 10 zemědělských podniků, které souhlasily s metodikou testů a předáním potřebných informací o hospodaření a využití kompostu na zemědělské půdě. Základními kritérii pro výběr podniku byla míra erozní ohroženosti a degradace půdy, lokální dostupnost registrovaného kompostu dle zákona o hnojivech a technologie základní agrotechniky zemědělského podniku. U těchto 10 podniků bylo v roce 2015 odebráno celkem 20 vzorků půdy, tj. u každého zvoleného pozemku 1 vzorek půdy před aplikací kompostu a 1 vzorek půdy po aplikaci kompostu, vzorky byly dále analyzovány dle metodiky (Metodika odběru vzorků půd: Metodický pokyn č. 5/SZV č.j. ÚKZUZ 000371/2014).

Pro rok 2016 byl počet podniků zredukován na 6 a byl zvýšen počet odběrů vzorků. Podniky, u kterých bylo ukončeno testování: Li02 (SAP Mimoň spol. s r. o., ZD Sever Lukavec), SC03 (Talpa s. r. o., E. Konvalinová), PL04 (Ing. Jaroslav Hruška), MS11 (Ing. Karel Kotula), Pa07 (Jan Vašíček). Do projektu byla nově zařazena lokalita P 2 (kraj Vysočina) z důvodu dlouhodobého využívání kompostu, lokality silně erozně ohrožené a dlouhodobého sledování ekonomiky výroby kompostu. Testování tedy probíhalo na šesti vybraných lokalitách ČR, uvedených v tabulce č. 6.

Tabulka 6 Lokality testované v roce 2015 – 2017

Lokalita	Společnost	Kraj
P 1	Zemědělský podnik Regent Plus Žlutice, spol. s r.o.	Karlovarský
P 2	Pokusné plochy řešitele ( ZERA, z.s.)	Vysočina
P 3	Zemědělský podnik BIODOM CZ, s.r.o.	Jihočeský
P 4	Zemědělský podnik Eurofarms, s.r.o.	Vysočina
P 5	Zemědělský podnik Orlická zemědělská, a.s.	Královehradecký
P 6	Zemědělský podnik RK Náklo, s.r.o.	Jihomoravský

Lokality byly vybrány vzhledem k tomu, že zastupují půdní podmínky s různým stupněm erozního ohrožení - mírně erozně ohrožené (MEO) a silně erozně ohrožené (SEO), s různou úrovní zásobenosti půd živinami (P, K, Ca, Mg), kyselostí a půdním typem. Hodnocení půdy podle agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZP) provádí ÚKZUZ v režimu cca 6-ti let. Charakteristiku klimatických podmínek vybraných lokalit a strukturu zemědělského půdního fondu shrnuje následující tabulka (tab. 7).

Tabulka 7 Půdně klimatické podmínky testovaných lokalit

Lokalita	Klimatické podmínky		Struktura zemědělského podniku (ha v roce 2016)		
	prům. tepl. (°C/rok)	prům. srážky (mm/rok)	ZPF	orná	TTP
P 1	7,0	600	1 332	573	759
P 2	7,2	594	3	3	0
P 3	6,9	600	270	270	0
P 4	6,2	640	6 322	6227	95
P 5	7,5	700	686	486	200

P 6	9,4	622	716	714	2
-----	-----	-----	-----	-----	---

Vybrané lokality jsou také charakterizovány podle BPEJ, druhu půdy (lehká, střední, těžká), typu půdy, chemického složení půdy a její zásobenosti živinami a erozní ohroženosti, jak ukazuje tabulka 8.

Tabulka 8 Charakteristika půd ve vybraných pilotních lokalitách - výchozí hodnota

Lokalita	Číslo lokality LPIS	Výměra (ha)	Stupeň erozního ohrožení	Půdní druh	Půdní typ	BPEJ	AZP - zásobenost půd živinami			pH	
							Rok	P	K		Ca
P 1	0003-0 (830-1030)	5,7	MEO	střední	luzizem	5.32.16 5.37.16	2009	285	352	955	5,1
								VV	V	N	
P 2	501	2,5	SEO	lehká	kambizem	x	2010	193	334	1704	5,0
								VV	V	VH	
P 3	3403/4	14,75	SEO	střední	kambizem	7.29.01 7.29.04 7.37.15	2012	69	158	x	5,0
								VH	VH	VH	
P 4	6801/3	68,01/ 9,7	MEO	střední	kambizem modální	7.22.14	2014	52	525	711	6,2
								VH	VV	N	
P 5	3102/3	7,06	MEO	lehká	kambizem luzizemní	5.21.12 5.22.12	x	x	x	x	x
								x	x	x	
P 6	0301/12	52,66 / 0,2	MEO	střední	kambizem	x	2015	106	184	809	6,1
								D	D	N	

Vysvětlivky k tabulce 8:

AZP – kritéria hodnocení výsledků – obsah živin v půdě:

- VV - velmi vysoký, V – vysoký, D – dobrý, VH – vyhovující, N - nízký

Výměra lokalit je u P 4 a P 6 dělena – pouze menší část lokality je testována (lokality jsou podle LPIS pod jedním číslem). Lokality P 1, P 2 a P 3 jsou zemědělské podniky vedeny v ekologickém režimu. Lokality P 4, P 5 a P 6 jsou v systémech konvenčního zemědělství. Převažujícím charakterem půd je velmi vysoká až dobrá zásobenost půd živinami a zrnitost – půdní druh - střední a lehká. Hodnota pH půd je kyselá až slabě kyselá. Doporučené udržovací vápnění je 0,6 – 0,7 t v CaO na hektar (max. dávka 1,5 – 2,0 t/ha). Lokalita P 5 neměla AZP k dispozici.

## 2.2. Základní agrotechnika

Vybrané lokality zařadily kompost do osevního postupu pro tyto plodiny: obiloviny – špalda, olejninu – řepka ozimá, mák, okopaniny – kukuřice na zrno. Na lokalitě P 1, P 2, P 3, P 6 je kompost běžnou součástí osevního postupu, u ostatních lokalit - P 4 a P 5 byl kompost aplikován poprvé. Dávky kompostu byly zvoleny podle potřeby živin v osevním postupu. Dávky kompostu a četnost aplikace na vybraných lokalitách shrnuje tabulka č. 9.

Tabulka 9 Četnost dávek kompostu v osevním postupu vybraných lokalit

Lokalita	Průměrná dávka kompostu		Četnost aplikace testu, rok aplikace
	ve hmotě (t/ha)	v sušině (t/ha)	
P 2	80 / 30	32 / 8	v roce 2012, 1 x za rok v OP bez jetelovin 2017
P 1	40,6 / 37,2	10 / 9	2015, 2016
P 3, P 4, P 5	15 - 25	6 / 8	2015, 2016
P 6	18	7	2015, 2016

Tabulka 10 Základní agrotechnika – technologie a technologické vybavení

Lokalita	Plodina	Zapravení kompostu po jeho aplikaci		Základní agrotechnika příprava půdy před setím		Základní agrotechnika setí	
		termín	technika zapravení	podmítka hloubka (cm)	orba hloubka (cm)	v jedné operaci	klasická technologie
P 1	LOS (2016)	před setím	pluhem	10	18	ano	x
	LOS (2017)	před setím	pluhem	10	18	ano	x
P 2	Špalda (2016)	po sklizni předplodiny	podmítka pluhem	10	20	ano	x
	Oves (2017)	před setím	radličkový kypřič	10	18	ano	x
P 3	Špalda (2016)	po sklizni předplodiny	podmítka radličkový kypřič	15	20	ano	x
	Kmín (2017)	x	x	15	18	ano	x
P 4	Mák (2016)	po sklizni předplodiny	x	10	do 15 cm	ano	x
	ječmen jarní (2017)	x	x	10	do 15 cm	ano	x
P 5	kukuřice na zrno (2016)	před setím	x	x	do 24	x	ano
	Proso (2017)	x	x	10	do 24	x	ano
P 6	řepka ozimá (2016)	vždy po sklizni hlavní plodiny na podzim	podmítka radličkový podmítač	10	orba ne	ano	x
	Triticale (2017)	vždy po sklizni hlavní plodiny na podzim			orba 1 x za 2 roky	ano	x

Z tabulky 10 vyplývá, že kompost byl zapraven do půdy u všech testovaných lokalit vždy při předseťové přípravě hlavní plodiny osevního sledu plodin, a to do hloubky max. 20 cm. U podniku P 4 a P 6 je snížena četnost zařazení střední i zimní orby v systému základní agrotechniky.

Tabulka 11 Osevni postupy a zařazení kompostu do osevního postupu

Lokalita	Plodina					Applikace kompostu					
	2013	2014	2015	2016	2017	t/ha ve hmotě	t/ha v sušině	datum aplikace	t/ha ve hmotě	t/ha v sušině	datum aplikace
P 1	x	ječmen ozimý	LOS oves/peluška	LOS oves/peluška	LOS oves/peluška	40,6	25	10.04.2015	37,2	15,0	04.11.2016
P 2	jetelotráva	jetelotráva	jetelotráva	špalda	oves	80,0	52	01.09.2008	30,0	19,5	20.03.2017
P 3	kmín s podsevem jetele červeného	jetel červený na semeno	ozimý mák	špalda	kmín	25,0	16	15.09.2015	x	x	x
P 4	ječmen jarní	řepka ozimá	hrách	mák	ječmen jarní	15,0	8	27.10.2015	x	x	x
P 5	ječmen ozimý	řepka ozimá	pšenice ozimá	kukuřice na zrno	proso	25,0	18	20.04.2016	x	x	x
P 6	kukuřice na zrno	kukuřice na zrno	tritikale, oves	ozimá řepka	tritikale	18,0	8	02.09.2015	x	x	x

Tabulka č. 11 uvádí sledy plodin testovaných lokalit. Lokalita P 3 - kmín byl v roce 2017 zaorán. Důvodem bylo mimořádné sucho v dané lokalitě.

Důležitým opatřením základní agrotechniky pro zajištění optimálních podmínek využití kompostu je typ techniky pro zapravení kompostu a jeho rozprostření v profilu ornice - tabulka 12. Testované lokality P 1 a P 2 provedly zapravení pluhem, ostatní radličkovým kypřičem.

Tabulka 12 Typ techniky pro zapravení kompostu

Technika	Hloubka zapravení (cm)	Podíl částic kompostu v profilu hloubky zapravení (%)
Rotační kypřič	0 – 20	91,5
Radličkový kypřič	0 – 20	89,0
Radličkový pluh	0 – 20	48,0
Seťová orba	20 – 30	15,5

Zdroj: Výzkumný projekt Ministerstva zemědělství ČR č. QH81200 s názvem: „Optimalizace vodního režimu v krajině a zvýšení retenční schopnosti krajiny uplatněním kompostů z biologicky rozložitelných odpadů na orné půdě i trvalých travních porost

### 2.3. Technologický management kompostárny

Kompostárny byly do projektu vybrány s ohledem na jejich technologické vybavení a monitoring procesu tak, aby byly testovány převládající technologie uplatněné v ČR. Všechny kompostárny jsou zařízeními, které byly uvedeny do provozu se souhlasem příslušných Krajských úřadů dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, § 14. U kompostáren jsme sledovali zastoupení jednotlivých druhů zpracovávaných odpadů nebo vedlejších zemědělských produktů, dodržování technologického postupu pro zajištění hygienizačních teplot.

Technologické vybavení testovaných kompostáren je shrnuto v tabulce 13.

Tabulka 13 Technologické vybavení kompostáren

Lokalita	Kompostárna	Technologie
P 1	Zemědělský podnik Regent Plus Žlutice, s.r.o.	technologie na volné ploše s nuceným provětráváním, zastřešena, monitoring teplot, vzduch, příprava surovinové skladby míchací vůz
P 2	Kompostárna CMC Náměšť a.s.	technologie na volné ploše s nuceným provětráváním, nezastřešena, monitoring procesu - kyslík, teplota, příprava surovinové skladby drtič a nakladač
P 3	Zemědělský podnik BIOKOM CZ, s.r.o.	technologie na volné ploše s nuceným provětráváním, nezastřešena, monitoring procesu teplota, příprava surovinové skladby drtič a míchací vůz
P 4	Služby města Jihlavy s.r.o.	technologie na volné ploše, zakládka o výšce 2,5 – 3m, samojízdný překopávač kompostu, monitoring procesu teplota, příprava surovinové skladby nakladač
P 5	ODEKO, s.r.o.	technologie na volné ploše, výška zakládky 3 m, provětrávání nakladačem, monitoring procesu teplota, příprava surovinové skladby drtič a míchací vůz
P 6	ZERA a.s.	technologie boxová, s nuceným provětráváním, monitoring procesu teplota, příprava surovinové skladby drtič a míchací vůz

Technologie vybraných kompostáren patří k zatím nejlepším dostupným technikám. Charakteristika vstupních surovin kompostárny na jednotlivých testovaných lokalitách je shrnuta v tabulce 14.

Tabulka 14 Kapacita kompostárny a druhová skladba vstupních surovin

Lokalita	Typ zařízení	Kapacita zpracovaného vstupu (t/rok)	Provoz	Množství vstupních surovin/původci ( % )
----------	--------------	--------------------------------------	--------	--

	zák. o odpadech § 14	projekt.	skutečná	sezónní	celoroční	zem. prvovýroba	BRO živnostníci	digestát separát	popel biomasy	BRKO obce	ČOV
P 1	x	15 000	15 000		x	10		60 - 70	do 3	20 - 30	
P 2	x	3 000	2 500		x					100	
P 3	x	3 000	2 100		x	30				50	20
P 4	x	5 000	3 200	x			4			96	
P 5	x	3 000	1 000		x					100	
P 6	x	25 000	20 000		x	64	6			10	20

O kvalitě procesu kompostování, a tím o kvalitě výsledného kompostu, rozhoduje kvalita přípravy surovinové skladby a zajištění aerobního prostředí. Správnost kompostovacího procesu je monitorována měřením obsahu kyslíku, vlhkosti a teplot. Praxe v ČR ukazuje, že 99 % kompostáren monitoruje proces kompostování měřením teplot (vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). V pilotním ověření jsou pouze 2 kompostárny (P 1, P 2), které využívají k řízení procesu potřebu kyslíku pro optimální činnost mikroorganismů.

Kompostárna pro řízení procesu musí splnit kritéria teplot v režimu buď nad 55°C po dobu 21 dnů nebo nad 65°C po dobu 5 dnů. Počet dnů, kdy teplota musí klesnout pod 40°C je doba dozrávání kompostu (vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady). Výsledky monitoringu procesu vybraných kompostáren shrnuje tabulka 16 a graf 3.

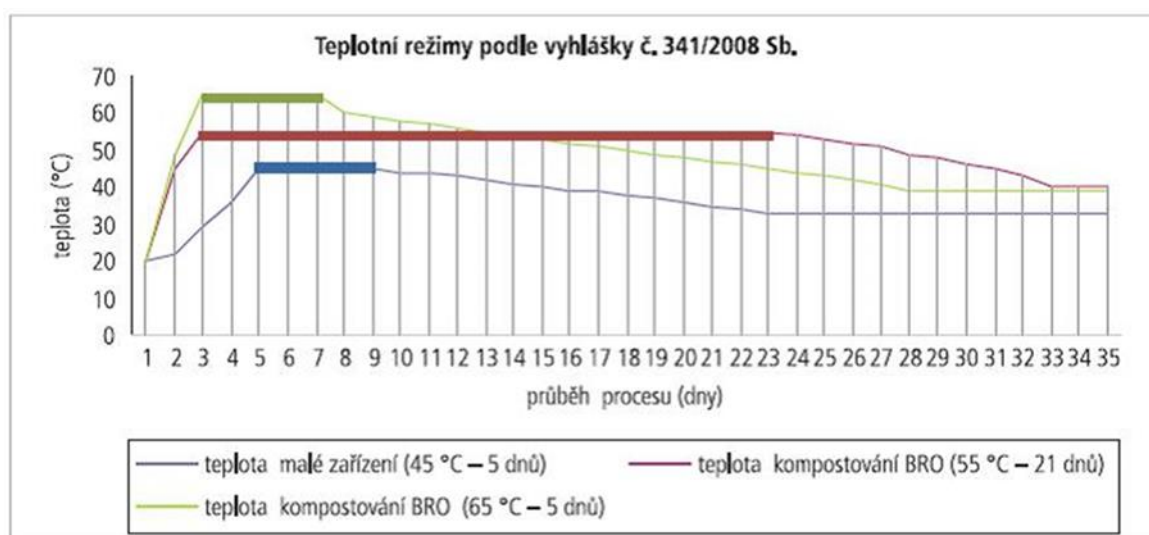
Tabulka 15 Teplotní režimy dle vyhl. 341/2008 Sb., tab. č. 2.1

Technologie	Vstupy	Teplota, doba
Malé zařízení	Odpady ze zahrad a zeleně	≥45°C, 5 dní
Kompostování	Odpady ze zahrad a zeleně, zbytková biomasa ze zemědělství	≥45°C, 10 dní
Kompostování	BRO (př. č. 1, seznam A)	≥55°C, 21 dní ≥65°C, 5 dní
Kompostování v uzavřených prostorech	BRO (př. č. 1, seznam A)	≥65°C, 5 dní

Tabulka 16 Procesní management kompostárny

Lokalita	Surovinová skladba (C:N)	Monitoring procesu				
		režim teplot dle vyhl. č. 341/2008 Sb.	teplot	vlhkost	kyslík	počet dnů v režimu teplot

P 1	x	55°C - 21 dnů	ano	ano	ano	5	60
	x	55°C - 21 dnů				6	
P 2	14	65°C - 5 dnů	ano	ano	ano	10	90
	12	65°C - 5 dnů				8	
P 3	13	65°C - 5 dnů	ano	ano	ne	8	80
	x	x				x	
P 4	13	55°C - 21 dnů	ano	ano	ne	26	90
	x	55°C - 21 dnů				22	
P 5	13	55°C - 21 dnů	ano	ano	ne	15	60
	18	55°C - 21 dnů				16	
P 6	10	65°C - 5 dnů	ano	ano	ne	7	90 -120
	11	65°C - 5 dnů				5	



Graf 3 Průběh hygienizačních teplot

Z výsledků tabulky 15 můžeme shrnout, že pouze kompostárny P 2, P 3, P 4 a P 6 splnily teplotní kritéria a vytvořily tak podmínky správného procesu. Proces se neopravoval – neprodužoval, čímž zároveň došlo k optimalizaci provozních nákladů. Na kompostárně P 3 a P 6 byly kompostovány čistírenské kaly, ze kterých byl produktem kompost, který plnil podmínky vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a byl registrován dle zákona o hnojivech. Je tedy zřejmé, že na kompostárnách je možné tento odpad kvalitně zpracovávat, s podmínkou dodržení správných postupů hygienizace.

#### Dílčí závěr

V průběhu testovacího období 2015 – 2017 došlo k aplikaci kompostu v dávce 15 – 40,6 t/ha v ročním vyjádření u všech lokalit (v sušině 6 – 32 t/ha). Přičemž aplikace probíhala v intervalech u lokality P 1 každý rok, u lokality P 2, P 3, P 4, P 5, P 6 byla dávka aplikována 1 x v průběhu 2 let testu. Konkrétní dávka a četnost aplikace kompostu v osevním postupu byly stanoveny dle potřeby živin ve struktuře osevního postupu, dále dle podmínek lokalizace pozemku, systém základní agrotechniky,



druhu a typu půdy. Rovnoměrnost zapravení kompostu v profilu do hloubky 20 cm je odvislá především od velikosti dávky kompostu a volby technologie náradí základního zpracování půdy. Při vyšších dávkách kompostu je vhodnější využít technologii radličkových pluhů, při nižších dávkách a každoroční aplikaci pak radličkový nebo diskový podmičák.

Lokalita P 6 je jeden z mála zemědělských podniků, který využívá kompost systémově v rámci své základní agrotechniky a půdních podmínek a kompost je pro tuto lokalitu základní podmínkou stability produkce a úspory živin. Ostatní lokality využili kompost jako test pro jeho další využití.

Kompost je efektivním řešením při systémovém zařazení do bilance živin a organické hmoty v podniku.

### 3. Hodnocení kvality půdy

Kvalita půdy byla posuzována sledováním následujících parametrů:

- druh půdy, organická hmota, celkový obsah živin N, P, K, Ca, Mg, pH, fyzikální vlastnosti (objemová hmotnost redukována)

#### 3.1. Fyzikální stav půdy – objemová hmotnost redukována

Pro stanovení fyzikální kvality byl zvolen parametr objemová hmotnost redukována. Půda byla odebrána za pomoci Kopeckého válečku, výsledné vyhodnocení přehledně zobrazuje tabulka 16.

Tabulka 17 Fyzikální vlastnosti půd

Lokalita	Rok	Druh půdy	Aplikace kompostu	č.vz.	č. válečku	Objemová hmotnost red. (g.cm <sup>-3</sup> ) OHR	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah		Max.kapilár. Kapacita MKK	Min.vzduš. Kapacita MVK
								vody	vzduchu		
								%obj.			
P1	2017	lehká	ne	x	16	1,21	54,6	10,1	44,5	43,7	10,8
				x	49	1,42	46,7	1,4	45,3	38,5	8,2
			průměr	x	x	1,09	59,3	13,0	46,4	48,1	11,2
	2017		ano	x	40	1,28	52,2	7,4	44,8	42,3	9,8
				x	41	0,89	66,5	18,6	47,9	53,9	12,6
			průměr	x	x	1,09	59,3	13,0	46,4	48,1	11,2
P2	2016	střední	ne	1	17	1,17	53,1	29,8	23,3	34,8	18,3
				2	19	1,22	51,2	41,9	9,3	42	9,7
				x	44	1,19	55,5	7,6	47,9	35,8	19,6
	x			45	1,15	56,8	7,7	49,2	32,7	24,1	
	průměr			x	x	1,17	56,2	7,6	46,5	34,3	21,9
	ano			3	9	1,41	43,4	23,7	19,7	28,7	14,7
			4	14	1,47	41,3	27,7	13,7	31,5	9,8	
			x	42	1,15	56,9	9,7	47,3	32,1	24,8	
			x	47	1,02	61,8	13,3	48,6	31,9	29,9	

			průměr	x	x	1,32	50,6	5,7	44,9	41,1	9,5
P3	2016	střední	ne	5	7	1,16	53,5	29,1	24,4	35,7	17,8
				6	8	1,33	46,9	4,5	42,4	35,4	11,5
	x			14	1,16	56,4	12,3	44,2	42,3	14,2	
	x			27	1,23	54,1	8,7	45,3	40,2	13,9	
	2017		průměr	x	x	1,19	55,3	10,5	44,8	41,2	14,0
			ano	7	5	1,25	50,0	5,3	44,7	35,1	14,9
	8			6	1,37	45,4	9,9	35,5	32,0	13,4	
	x			9	1,29	51,6	9,0	42,6	39,4	12,2	
	x			39	1,22	54,3	11,6	42,6	40,9	13,4	
	2017		průměr	x	x	1,26	52,9	10,3	42,6	40,0	12,8
P4	2016	střední	ne	9	10	1,30	47,9	23,9	24,0	40,2	7,7
				10	11	1,24	50,4	18,4	31,9	37,7	12,7
	x			51	0,97	63,8	11,2	52,6	41,9	21,9	
	x			52	0,94	64,9	12,8	52,1	39,4	25,5	
	2017		průměr	x	x	0,95	64,3	12,0	52,3	40,7	23,7
			ano	11	12	1,09	56,3	21,3	35,0	38,9	17,4
	12			13	1,23	50,9	20,6	30,3	35,8	15,1	
	x			20	0,96	64,0	11,9	52,1	35,0	29,0	
	x			21	1,09	59,0	14,3	44,8	38,6	20,4	
	2017		průměr	x	x	1,03	61,5	13,1	48,4	36,8	24,7
P5	2016	lehká	ne	13	24	1,25	49,9	15,8	34,0	32,0	17,9
				14	27	1,40	43,9	17,6	26,3	30,2	13,7
	x			3	1,69	36,8	17,8	19,0	30,8	6,0	
	x			1	1,65	38,3	26,0	12,2	32,0	6,3	
	2017		průměr	x	x	1,67	37,5	21,9	15,6	31,4	6,2
			ano	15	25	1,46	41,6	18,7	22,8	30,0	11,6
	16			39	1,37	45,4	18,7	26,6	34,0	11,3	
	x			11	1,42	46,9	20,8	26,1	30,5	16,4	
	x			2	1,54	42,5	19,9	22,6	30,1	12,4	
	2017		průměr	x	x	1,48	44,7	20,3	24,3	30,3	14,4
P6	2016	střední	ne	17	1	1,39	44,6	7,8	36,8	30,4	14,2
				18	2	1,49	40,4	12,0	28,3	33,6	6,8
	x			26	1,58	40,7	8,3	32,5	34,8	5,9	
	x			50	1,81	32,2	9,5	22,7	28,5	3,7	
	2017		průměr	x	x	1,70	36,5	8,9	27,6	31,7	4,8
			ano	19	3	1,50	39,9	10,7	29,1	35,1	4,8
	20			4	1,47	41,4	12,7	28,7	35,4	6,0	
	x			18	1,60	40,1	12,8	27,3	34,7	5,4	
	x			38	1,55	42,1	11,9	30,2	34,7	7,4	
	2017		průměr	x	x	1,57	41,1	12,4	28,8	34,7	6,4



Obrázek 10 Odběr Kopeckého váleček

### 3.1.1. Hodnocení parametru fyzikálního stavu půdy v roce 2016

Objemová hmotnost suché půdy (objemová hmotnost redukováná – Ohr) byla v roce 2016 překročena u vzorku č. 18 – 20, kde pro středně těžké půdy je kritická hranice  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ . Půdy jsou hodnoceny jako zhutnělé. U ostatních vzorků je na dobré úrovni, nebyly překročeny hodnoty kritické hranice, což je u lehkých půd  $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , tomu odpovídá dobrá pórovitost.

Maximální kapilární kapacita (MKK) stanovuje hodnotu maximálního nasycení půdních kapilárních pórů. U lehkých půd by neměla přesáhnout 38 %, u středně těžkých 35 % jinak je půda porušená a voda na takovém pozemku špatně vsakuje. Neodpovídající MKK byla zjištěna v roce 2016 u vzorku 2, 9, 11 mají vysokou MKK, což může způsobit zavodnění půd a u vzorku 3, 13-15, 17, 18 byla zjištěna nižší MKK, což značí menší infiltrační schopnost půd.

Minimální vzdušná kapacita (MVK) je rozdíl mezi pórovitostí a maximální kapilární kapacitou. Udává podíl nekapilárních pórů v půdě, které voda po navlážení může brzy opustit, v našem případě byla stanovena jako rozdíl mezi plnou vodní kapacitou (nasákivostí) a maximální kapilární kapacitou. Je-li u písčitých půd vyšší než 25 %, pak jsou to půdy vysychavé, u ostatních půd je hranice 10 %. Je-li minimální vzdušná kapacita menší než 10 %, je půda v kritickém stavu a vyžaduje agromeliorační zásah.

### 3.1.2. Hodnocení parametru fyzikálního stavu půdy v roce 2017

U vzorku č. 2, 4, 9, 18-20 byly hodnoty MVK nižší jak 10 %, což je považováno za kritickou hodnotu a půda má špatnou provzdušněnost. Je třeba půdu prokypřit a dodat více organické hmoty. U variant P 1 – P 4 OHr velmi nízké, jedná se u půdy vysoce pórovité a provzdušněné. Výjimka je jen var. P 1 bez kompostu, kde je vyšší OHr a tedy nižší pórovitost a nízká MVK. U var. P 1, P 3 s kompostem i bez kompostu a P 4 bez kompostu jsou hodnoty MKK vysoké, což znamená, že je půda porušená a voda špatně vsakuje.

U varianty P 6 jsou hodnoty OHr vysoké, a to jak s kompostem, tak bez kompostu, půda je silně zhutnělá. Hodnoty překračují vysoko limitní hranici  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ . Tomu odpovídá i nízká pórovitost a MVK. Hodnoty MKK jsou nízké, pak jde o půdy s malou retenční vodní kapacitou.

U varianty P 5 hodnoty OHr vysoké u var. P2 hodnoty OHr velmi vysoké, překračují vysoko limitní hranici  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ . Tomu odpovídají i nízké hodnoty pórovitosti, které jsou nižší u var. P 2. MVK

u var. P 1 jsou dobré, jsou nad 10 %, takže jde o hodnoty průměrné. U var. P 2 jsou hodnoty MVK velmi nízké, takže se může brzdit odbourávání humusu. Hodnoty MKK jsou u obou těchto variant nízké, takže s malou vododržností.

#### Dílčí vyhodnocení

U půd testovaných lokalit nedošlo k zásadním změnám v průběhu odběru vzorků půdy (za rok 2015 se odebíraly vzorky po sklizni 2016, za rok 2016 po sklizni 2017). Lokality P 1 – P 4 jsou půdy porušené s nízkou vsakovací schopností pro vodu, s malou vododržností. Meziroční hodnocení vykazuje mírné zlepšení. Naproti tomu lokality P 5 a P 6 mají charakter utužené půdy, je třeba půdy kypřit a dodat organickou hmotu, meziroční rozdíly u těchto lokalit nevykazují změny. Tyto výsledky dokreslují nutnost systémového dodávání organické hmoty v delším časovém období.

### 3.2. Chemické vlastnosti půd

Tabulka 18 Chemické vlastnosti půd

Lokalita	za období	druh půdy	aplikace kompostu	P mg/kg	obsah	K mg/kg	obsah	Ca mg/kg	obsah	Mg mg/kg	obsah	pH / CaCl <sub>2</sub>	kat
P 1 - AZP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
P 1	2017	lehká	ne	113,0	V	166,0	D	466,0	N	58,0	N	4,6	sil.k.
				95,0	N	149,0	D	381,0	N	53,0	N	4,7	sil.k.
	2017		ano	151,0	VYH	226,0	V	592,0	N	89,0	VYH	4,9	sil.k.
				217,0	D	387,0	VV	644,0	N	92,0	VYH	4,7	sil.k.
P 2 - AZP	2010	střední	x	193,0	VV	334,0	VYH	1 704,0	N	x x	x x	5,1	sl.k.
P 2	2016	střední	ne	132,0	V	89,0	N	725,0	N	74,0	N	4,7	sil.k.
	2016			89,0	D	80,0	N	759,0	N	70,0	N	4,8	sil.k.
	2017			242,0	D	512,0	VV	2 073,0	D	202,0	D	6,3	sl.k.
	2017			238,0	D	482,0	VV	1 358,0	VYH	143,0	VYH	5,3	k.
	2016		ano	109,0	D	205,0	D	1 890,0	D	142,0	VYH	5,9	sl.k.
	2016			100,0	D	194,0	D	1 672,0	VYH	129,0	VYH	6,1	sl.k.
	2017			155,0	VYH	316,0	V	1 134,0	VYH	129,0	VYH	4,7	sil.k.
	2017			198,0	D	358,0	VV	1 035,0	N	122,0	VYH	4,6	sil.k.
P 3 - AZP	2012		x	69,0	VV	158,0	VYH	x x	x x	x x	5,0	sl.k.	
P 3	2015	střední	ne	110,0	D	162,0	VYH	1 850,0	D	111,0	VYH	5,9	sl.k.
	2016			70,0	VYH	153,0	VYH	1 421,0	VYH	110,0	VYH	5,7	sl.k.
	2016			72,0	VYH	143,0	VYH	1 476,0	VYH	112,0	VYH	5,5	k.
	2017			168,0	VYH	259,0	D	1 972,0	VYH	104,0	N	6,6	n.
	2017			109,0	VYH	161,0	D	1 764,0	VYH	115,0	VYH	6,0	sl.k.
	2015		ano	156,0	VYH	251,0	D	1 880,0	D	127,0	VYH	6,0	sl.k.
	2016			72,0	VYH	177,0	D	1 156,0	VYH	108,0	VYH	5,7	sl.k.
	2016			161,0	V	185,0	D	1 414,0	VYH	112,0	VYH	5,5	sl.k.
	2017			165,0	VYH	175,0	D	1 419,0	VYH	122,0	VYH	5,4	k.
	2017			157,0	VYH	144,0	VYH	1 298,0	VYH	110,0	VYH	5,2	k.

P 4 - AZP	2014		x	52,0	VH	525,0	VV	711,0	N	x	x	6,2	sl.k.	
P 4	2015	střední	ne	113,0	D	179,0	D	1 980,0	D	87,0	N	6,2	sl.k.	
	2016			66,0	V	168,0	VYH	1 335,0	VYH	94,0	N	5,3	k.	
	2016			66,0	V	251,0	D	1 372,0	VYH	91,0	N	5,6	sl.k.	
	2017			73,0	N	126,0	VYH	1 694,0	VYH	70,0	N	6,9	n.	
	2017			79,0	N	132,0	VYH	2 101,0	D	106,0	VYH	6,8	n.	
	2015		ano	157,0	VYH	304,0	D	2 400,0	VV	128,0	VYH	6,5	sl.k.	
	2016			95,0	D	286,0	D	1 455,0	VYH	95,0	N	5,6	sl.k.	
	2016			93,0	D	244,0	D	1 395,0	VYH	88,0	N	5,3	k.	
	2017			100,0	N	126,0	VYH	1 694,0	VYH	70,0	N	6,9	n.	
	2017			96,0	N	217,0	D	1 851,0	VYH	78,0	N	6,8	n.	
P 5 - AZP				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
P 5	2015	lehká	ne	30,4	N	136,0	VYH	5 310,0	VV	127,0	VYH	7,4	alkal	
	2016			218,0	VV	123,0	VYH	1 475,0	VYH	130,0	VYH	6,7	neutr	
	2016			187,0	VV	147,0	VYH	1 499,0	VYH	127,0	VYH	6,6	neutr	
	2017			218,0	D	138,0	D	2 103,0	D	94,0	VYH	7,0	neutr	
	2017			212,0	D	114,0	VYH	2 200,0	D	105,0	VYH	7,0	neutr	
	2015		ano	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	2016			140,0	V	148,0	VYH	2 091,0	D	90,0	N	7,0	neutr	
	2016			124,0	V	139,0	VYH	2 047,0	D	107,0	VYH	6,9	neutr	
	2017			215,0	D	113,0	VYH	2 124,0	D	85,0	VYH	7,0	neutr	
	2017			236,0	D	157,0	D	2 124,0	D	82,0	VYH	7,0	neutr	
P 6 - AZP	2015		x	106,0	D	184,0	D	809,0	N	x	x	6,1	sl.k.	
P 6	2015	střední	ne	149,0	V	169,0	D	3 270,0	VV	99,0	N	7,5	alkal	
	2016			143,0	V	236,0	D	953,0	N	89,0	N	6,0	sl.k.	
	2016			117,0	V	182,0	D	729,0	N	89,0	N	5,5	k.	
	2017			198,0	D	132,0	VYH	4 090,0	V	146,0	VYH	7,5	alkal.	
	2017			173,0	D	148,0	VYH	4 289,0	V	177,0	D	7,6	alkal.	
	2015		ano	160,0	V	243,0	D	1 390,0	D	63,5	N	6,9	neutr	
	2016			100,0	D	186,0	D	701,0	N	95,0	N	5,5	k.	
	2016			180,0	V	257,0	D	2 774,0	D	95,0	N	7,6	alkal	
	2017			123,0	VYH	223,0	D	703,0	N	99,0	N	5,4	k.	
	2017			107,0	VYH	157,0	VYH	550,0	N	77,0	N	5,0	sil.k.	

Vysvětlivky k tabulce: AZP – kritéria hodnocení výsledků – obsah živin v půdě:

- VV - velmi vysoký, V – vysoký, D – dobrý, VH – vyhovující, N - nízký

Změny zásobení půd základními živinami P, K, Ca, Mg mezi variantami byly hodnoceny v rámci meziročních analýz půdy<sup>2</sup>:

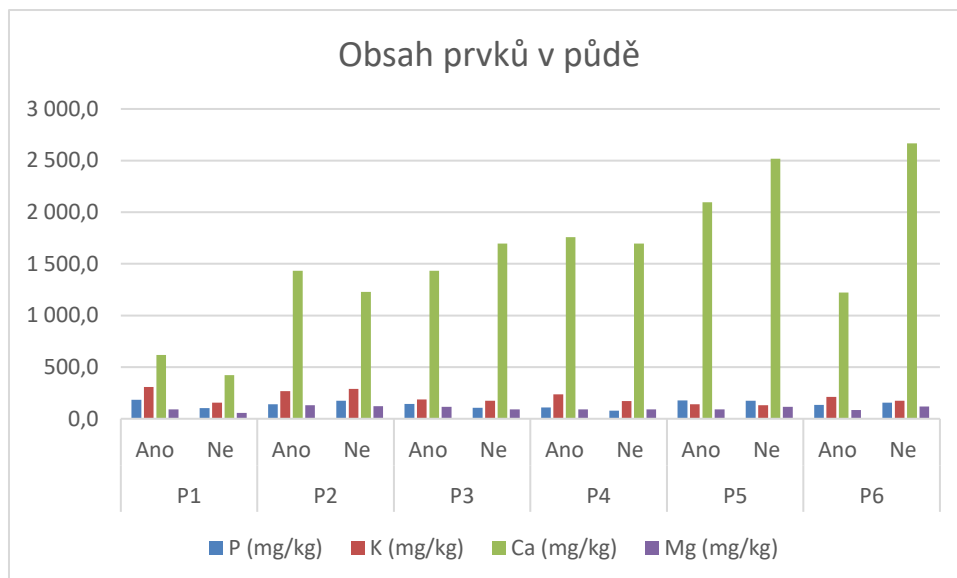
<sup>2</sup> Agrochemické zkoušení zemědělských půd (AZPP) vymezují zákony č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském), ve znění pozdějších předpisů; zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných

Porovnání hnojených a nehnojených ploch kompostem na jednotlivých lokalitách:

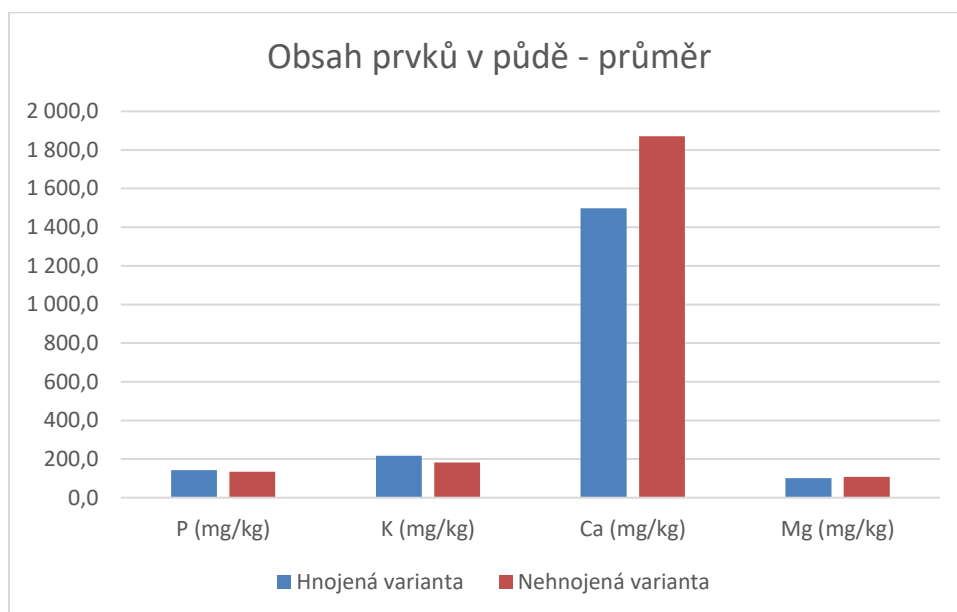
- P 1 došlo k navýšení zásoby živin P, K, Mg (lokalita s každoročním hnojením kompostem 40,6 t /2016, 37,2 t / 2017 – ekologické zemědělství
- P 2 došlo k významnému navýšení u Ca, Mg a mírně u K (jednorázová dávka kompostu na více let, 30 t/ha v roce 2017 – ekologické zemědělství
- P 3 mírné snížení u P a zvýšení u K, ostatní prvky nenaznaly změny, dávka kompostu 25 t / ha v roce 2015 – ekologické zemědělství
- P 4 nebyly zjištěny žádné rozdíly ve sledovaných prvcích – podnik v systému konvenčního zemědělství, aplikace kompostu byla provedena v dávkách 15 t / ha v roce 2015
- P 5 zásobení půd živinami P, K, Mg nebyly zaznamenány změny, mírně byl navýšen obsah Ca, aplikace kompostu byla provedena v roce 2016 v dávce 25 t / ha.
- P 6 došlo ke zvýšení obsahu P (kompost s podílem čistírenských kalů), ostatní prvky nezaznamenaly žádný významný rozdíl mezi hnojenou a nehnojenou variantou, aplikace kompostu byla provedena v roce 2016 v dávce 18 t/ha.

---

rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů; a podzákoné právní předpisy vydané k provedení těchto zákonů



Graf 4 Obsah prvků v půdě – jednotlivé lokality -hnojená a nehnojená varianta v letech 2015 -2016



Graf 5 Průměrný obsah prvků v půdě – všechny lokality - hnojená a nehnojená varianta v letech 2015 -2016

#### Dílčí závěr

U celkového obsahu draslíku, fosforu a vápníku v půdě byly zjištěny hodnoty vyrovnané až zvýšené u všech lokalit mimo P 5, kde byla aplikace provedena až v jarním období 2016. Z výsledku pilotního projektu tedy **vyplývá, že fosfor, draslík a vápník přítomné v kompostu se v půdě projevuje již v roce aplikace. Výsledky zároveň potvrzují, že kompostem lze nahradit minerální hnojiva.**

### 3.3. Obsah organické hmoty v půdě

Výsledky hodnocení vlivu kompostu na stav organických látek (OL) v půdě, potažmo obsahu uhlíku ( $C_{ox}$ ) a celkového poměru C: N jsou uvedeny v tabulce 18.

Organická hmota hraje klíčovou roli pro kvalitu půdy a má velký potenciál pro ukládání uhlíku v půdě. Kompost lze považovat za směs stabilizovaných organických látek, které prošly řízenými biologickými přeměnami, zabezpečovanými převážně aerobními mikroorganismy. Hnojení kompostem je způsob, jak zvýšit obsah organické hmoty v půdě.

#### 3.3.1. Změny $C_{ox}$ v půdě

Jednotlivé dávky kompostu a druh půdy v průběhu 3 sledovaných let měly vliv na změny  $C_{ox}$  v půdě:

##### 3.3.1.1. Výsledky za roky 2015 - 2016

- 8 t/ha a rok (P 4, P 6) měl za následek pozitivní nárůst cca 2,5 – 9 %  $C_{ox}$  ha/rok – měřeno v druhém roce po aplikaci kompostu
- 16 t/ha a rok (P 3) se humus navyšoval v množství cca 6 %  $C_{ox}$  ha/rok- měřeno v druhém roce po aplikaci kompostu
- 25 t/ha (P 5) se humus nezměnil 2 - 2,09%  $C_{ox}$  ha/rok – měřeno v prvním roce aplikace kompostu

##### 3.3.1.2. Výsledky za období 2015 – 2017

- P 1 došlo k navýšení u OL o 3,9 % a u  $C_{ox}$  o 12 % - režim ekologického zemědělství, kde nejsou používaná žádná průmyslová hnojiva, kompost byl aplikován 2x za 3 roky testů v dávce 43 a 37 t/ha
- P 2 došlo ke snížení jak o obsahu OL o 12,5 % ta u  $C_{ox}$  o 6,5 %, - režim ekologického zemědělství, dávka 80 t/ha byla nízká na ha a dobu OP, dávka 30 t/ha v roce 2017 se v těchto testech ještě neprojevila
- P 3 došlo k navýšení OL o 5,1 % a  $C_{ox}$  o 7,3 % - režim ekologického podniku, kompost byl aplikován 1 x za 3 roky testů v dávce 25 tun na ha v roce 2015
- P 4 došlo k navýšení OL o 4,1 % a  $C_{ox}$  o 3,7 % - režim konvenčního zemědělství, aplikace kompostu byla provedena v roce 2016 v dávce 15 tun na ha
- P 5 došlo k navýšení OL o 8,2 %  $C_{ox}$  se neměnil - režim konvenčního zemědělství, kompost byl aplikován v roce 2016 v dávce 25 tun na ha
- P 6 došlo k navýšení OL o 32 % a  $C_{ox}$  o 7,5 % - režim konvenčního zemědělství, kompost byl aplikován v roce 2015 v dávce 18 tun na ha



Celkový obsah dusíku v půdě se v průběhu experimentu mírně zvýšil na všech plochách mimo P 2. Zvýšení obsahu  $N_{\text{celk.}}$  byl doprovázen současným zvýšením obsahu humusu v půdě. Což znamená, že velká část  $N_{\text{celk.}}$  aplikovaného přes kompost je vázána na organickou hmotu.

**Bilance dusíku byla u hodnocených půd mezi variantami hnojených pouze kompostem mírně vyšší oproti variantě hnojených kompostem a průmyslovými hnojivy.**

Tabulka 19 Stav organické hmoty v půdě testovaných lokalit

Lokalita	Termín odběru půd	Termín aplikace	Aplikace kompostu t/ha	Aplikace kompostu	Druh půdy	OL % v suš	N_NIR_P	C: N	Cox NIR %	
P 1	2017			ne	lehká	4,2	0,15	14	2,10	
						3,6	0,13	14	1,78	
				2015		41	4,2	0,15	14	2,10
				2016		37	4,5	0,15	15	2,24
P 2	2017			ne	střední	5,7	0,22	13	2,86	
						4,7	0,21	11	2,37	
	2017			2012		80	4,5	0,13	17	2,27
				2017		30	4,6	0,15	15	2,29
P 3	2015			ne	Střední	5,3	0,12	21	2,51	
	2016					4,2	0,12	17	2,10	
	2017					4,5	0,15	15	2,23	
						5,0	0,18	14	2,52	
	2015	2015	25	ano		4,7	0,17	14	2,34	
	2015					5,0	0,13	<b>20</b>	2,62	
	2016					4,6	<b>0,15</b>	<b>15</b>	2,28	
	2017					5,3	<b>0,15</b>	<b>18</b>	2,67	
						5,1	0,18	14	2,54	
4,9	0,16	15	2,45							
P 4	2015			ne	Střední	4,8	0,11	20	2,19	
	2016					4,9	0,19	13	2,44	
	2017					5,2	0,19	14	2,61	
						5,0	0,16	16	2,51	
	2015	2015	15	ano		4,7	0,18	13	2,34	
	2015					5,1	0,11	<b>20</b>	2,23	
	2016					5,1	<b>0,21</b>	<b>12</b>	2,56	
	2017					5,2	<b>0,19</b>	<b>14</b>	2,62	
						5,2	0,19	14	2,61	
5,0	0,17	15	2,52							
P 5	2015			ne	Lehká	4,0	0,13	18	2,34	
	2016					5,1	0,16	16	2,53	
	2017					3,8	0,14	14	1,90	
						3,0	0,14	11	1,52	

						3,4	0,13	13	1,70
	2016	2016	25	ano		5,0	<b>0,15</b>	<b>16</b>	2,48
	2017					4,7	<b>0,16</b>	<b>15</b>	2,37
						3,6	0,14	13	1,79
						3,4	0,14	12	1,72
P 6	2015			ne		8,7	0,21	18	3,85
	2016					2,3	0,09	13	1,16
						2,3	0,08	14	1,15
	2017					1,8	0,09	10	0,88
	2015	2015	18	ano	Střední	1,9	0,09	10	0,93
	2016					11,0	0,24	<b>17</b>	4,07
						2,5	<b>0,07</b>	<b>18</b>	1,23
	2017					2,6	<b>0,09</b>	<b>14</b>	1,28
						1,9	0,09	10	0,97
					2,0	0,09	11	0,98	

### 3.4. Zdroje živin

Tabulka č. 19 ukazuje zdroje živin, které byly na lokalitách aplikovány

- Ekologické podniky počítaly se 100% obsahem N, P, K, Ca - lokality P 1, P 2, P 3
- Konvenční podniky počítaly bilanci s % zastoupením N, P, K, Ca obsaženém v kompostu
  - P 4 – kompostem je v roce aplikace dusík je dodáván 45 %, fosfor 63 %, draslík 90%, vápník a hořčík ze 100 %, v dalších letech jsou dodávány pouze živiny N a P
  - P 6 – kompostem je v roce aplikace dodáno dusíku z 80 %, ostatní živiny ze 100 %.

V souhrnu lze konstatovat, že přísun dusíku z kompostu je dostatečný pro požadavky ekologického zemědělství. Pro konvenční zemědělství, je to základní přísun, který může být doplněn o menší množství minerálních hnojiv pro dosažení vysoké úrovně výnosu.

Tabulka 20 Zdroje živin

Lokalita	Rok	Dávka kompostu v původní hmotě t/ha	Živiny průmyslová hnojiva (kg/ha)					Živiny kompost (kg/ha)					Živiny kompost a průmyslová hnojiva (kg/ha)				
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
P 1	2015	41	0	0	0	0	615	221	1033	955	197	615	221	1033	955	197	
	2016	37	0	0	0	0	362	141	448	603	122	362	141	448	603	122	
	2017	0					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P 2	2008	80	0	0	0	0	656	544	1120	992	720	656	544	1120	992	720	

	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2017	30						285	66	300	330	75	285	66	300	330	75
P 3	2015	25	0	0	0	0		203	68	258	293	123	203	68	258	293	123
	2016	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2017	0						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 4	2015	15	188	21	0	0	0	155	35	207	170	47	343	56	226	170	47
	2016	0	80	46	97	0	0	0	0	0	0	0	80	46	97	0	0
	2017	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	0	0
P 5	2015	0	140	26	0	0	0	0	0	0	0	0	140	26	0	0	0
	2016	25	11	47	0	0	0	250	173	350	383	97,5	261	220	397	383	97,5
	2017	0	79	24	24	0	0	0	0	0	0	0	79	24	24	0	0
P 6	2015	18	119	45	38	0	0	0	0	0	0	0	119	45	38	0	0
	2016	0	122	0	0	0	0	468	108	259	254	68	590	108	259	254	68
	2017	0	129	0	26	0	0	0	0	0	0	0	129	0	26	0	0

Tabulka 21 Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu

Lokalita	Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu					
	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	celkem NPK
	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
P 1	17,5	5,4	25,3	23,4	4,8	48,2
	10,0	3,8	12,2	15,0	3,3	26,0
P 2	9,0	x	x	x	x	x
	8,0	7,0	14,0	12,4	9,0	29,0
P 3	8,0	2,7	10,3	11,7	3,5	21,0
	9,0	9,3	7,6	13,0	5,0	25,9
	7,0	3,9	8,0	12,0	4,7	18,9
P 4	10,0	2,4	14,0	11,4	3,0	26,4
	6,0	2,0	6,0	5,0	1,3	14,0
P 5	7,0	2,0	5,7	12,0	2,0	14,7
	13,0	7,0	14,0	14,0	4,5	34,0
	10,0	5,7	11,0	15,5	4,0	26,7
P 6	27,0	6,0	14,6	14,0	4,0	47,6
	13,0	11,0	8,7	x	x	32,7
	8,0	7,3	0,9	18,8	2,3	16,2
	8,0	5,7	5,8	17,5	2,1	19,5

## 4. Hodnocení kvality kompostu

Jak vstupní suroviny, tak kvalita kompostu byla hodnocena dle parametrů zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (mimo rizikových prvků – tab. č. 20).

Byly sledovány tyto parametry:

- kompost - vlhkost, spalitelné látky, celkový obsah živin N, P, K, Ca, Mg, C : N, pH , před aplikací do půdy
- vstupní suroviny - vlhkost, spalitelné látky, celkový obsah živin N, P, K, Ca, Mg, C: N, pH; před zahájením kompostovacího procesu

Důležité pro kvalitu kompostu je kvalita vstupních surovin a vlastní proces technologie kompostárny. Základním kritériem pro správný průběh kompostovacího procesu je vstupní surovina s parametry poměru C : N – optimum 30 - 35 : 1, vlhkosti 50 – 65 %.

Na lokalitách P 3 a P 6 byly kompostovány i čistírenské kaly, a to v poměru 20 % (P 3) a 45 % (P 6). Lokalita P 1 kompostovala mimo rostlinných zbytků i separovaný digestát a popel z biomasy. Podíl jednotlivých druhů surovin (odpadu) v surovinové skladbě je dán jejich kvalitou (C : N, sušina, struktura). Průměrné zastoupení jednotlivých surovin/odpadů v surovinové skladbě kompostáren ukazuje následující tabulka č. 20.

Tabulka 22 Surovinová skladba

Lokalita	Surovinová skladba
P 1	10 % organické zbytky vlastní (zemědělství), 60 -70 % separovaný digestát, 20 - 30 % BRKO, do 3 % popel z biomasy (spalovna)
P 2	100 % BRKO
P 3	30 % organické zbytky vlastní (zemědělství), 50 % BRKO, 20 % čistírenské kaly
P 4	96 % BRKO, 4 % BRO živnostníci
P 5	100 % BRKO
P 6	64 % organické zbytky vlastní (zemědělství), 10 % BRKO, 20 % ČOV, 6 % BRO živnostníci

Tabulka 23 Kvalita vstupních surovin do kompostárny

Lokalita	za období	vlhkost (%)	Spalitelné látky %	C : N	Obsah celkového					pH
					N % suš.	P 205 g/kg	K 20 g/kg	Ca0 g/kg	Mg0 g/kg	
P 1	2016	57,9	32,1	35	0,2	10,8	31,3	15,0	16,0	11,4
	2016	86,6	88,9	25	1,8	8,8	9,2	14,0	5,5	8,7
	2017	65,5	60,5	12	2,5	26,1	44,6	38,1	11,9	8,9
	2017	59,8	42,5	11	2,0	24,7	45,0	60,8	12,6	9,2
P 2	2016	39,9	53,5	14	1,9	8,0	31,6	9,1	24,0	8,7
	2016	40,7	49,0	12	2,0	9,7	26,2	8,2	22,1	8,8
	2017	34,3	33,0	12	1,4	6,6	22,4	7,9	10,0	8,5
	2017	35,1	37,0	16	1,7	12,5	34,8	6,9	9,6	8,0
P 3	2016	56,6	51,4	13	2,0	9,2	28,5	7,6	17,2	8,7
	2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	2017	61,8	57,9	15	1,9	8,9	23,5	16,7	7,7	9,0
	2017	64,1	55,2	15	1,8	8,7	22,1	15,9	7,6	9,0
P 4	2016	26,2	37,1	13	1,4	6,6	16,9	8,9	22,7	8,3
	2016	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	2017	39,8	65,4	13	2,6	10,1	45,2	25,5	5,4	8,9
	2017	38,9	65,6	16	2,1	7,7	3,8	24,4	34,2	8,9
P 5	2015	48,5	40,6	13	1,6	6,5	14,2	5,8	18,9	8,5
	2016	44,5	46,9	18	1,3	5,3	13,0	4,8	15,9	8,6
	2017	27,0	32,6	10	1,6	5,4	17,4	27,9	4,4	8,1
	2017	35,8	22,3	10	1,1	8,2	12,0	16,1	6,1	8,3
P 6	2016	50,6	68,4	14	2,4	18,2	16,4	x	x	8,5
	2016	56,2	84,6	10	4,2	23,8	26,0	9,2	20,5	5,3
	2016	56,7	85,3	11	4,1	24,0	25,8	9,1	24,1	5,4
	2017	46,9	65,5	11	2,9	16,2	20,2	44,1	8,0	8,9
	2017	50,2	67,1	13	2,7	15,5	19,3	43,0	7,5	8,8

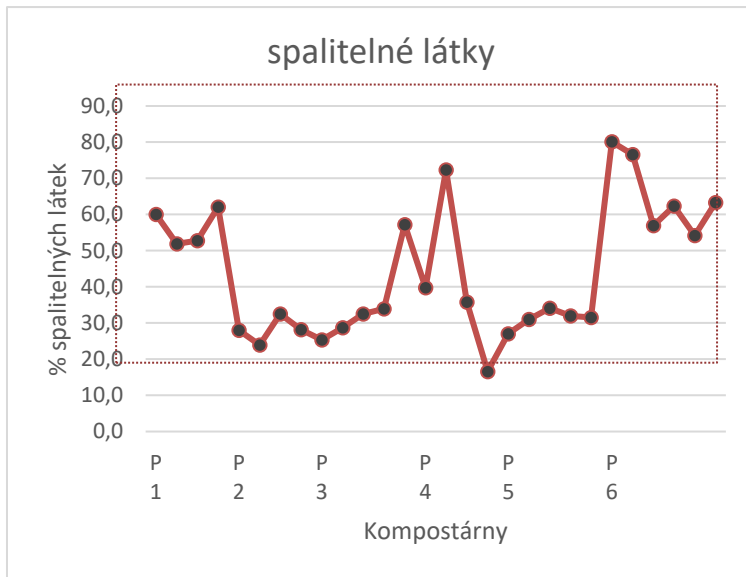
Testy vstupních surovin (správný předpoklad C: N – optimum 30 - 35 : 1, vlhkosti 50 – 65 %):

- vlhkost směsi byla dodržena pouze u lokalit P 1, P 3, P 6. Ostatní byly vlhčí, což pro správný proces může být problém (nutnost zvlhčovat v průběhu procesu – zvýšení provozních nákladů)
- C: N nevyhovoval mimo 2 případů nikde, toto je příčinou i kvality ve výstupu (kompostu), bližší ověření vlivu na kvalitu procesu bude možné ověřit až testem kvality (toto nebylo předmětem testů)
- mimořádný obsah fosforu byl na lokalitě P 6 (kompostování čistírenských kalů)
- za povšimnutí stojí i nižší pH na lokalitě P 6 s tím, že i výsledný kompost má nižší pH

Tabulka 24 Kvalita kompostu

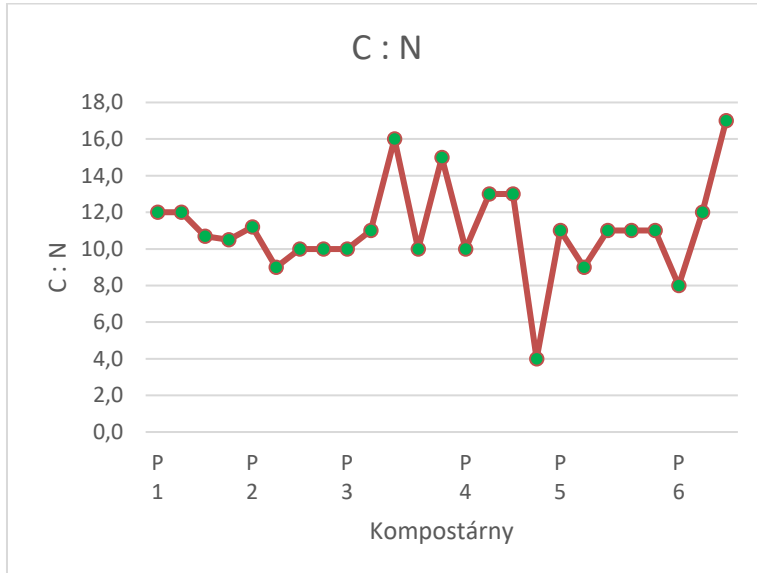
Lokalita	za období	RP + další surovina	vlhkost	Spalitelné látky v sušině	C : N	Obsah celkového prvku v sušině					Fytotoxicita	pH
						N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		
						%	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg		
P 1	2015	x	30,2	60,0	12,0	2,5	7,7	36,1	33,4	6,9	x	8,4
	2016	popel	54,5	51,9	12,0	2,2	8,3	26,6	32,2	7,3	x	9,1
	2017	x	53,4	52,8	10,7	2,5	21,6	45,1	56,4	14,7	x	9,1
	2017	popel	65,9	62,1	10,5	3,0	30,9	33,5	42,0	15,5	x	8,3
P 2	2015	x	28,8	28,0	11,2	1,3	x	x	x	x	x	8,2
	2016	x	39,5	23,9	9,0	1,4	11,3	23,5	20,6	14,8	100,0	8,3
	2017	x	37,1	32,5	10,0	1,6	3,5	16,9	16,4	3,8	x	8,8
	2017	x	31,6	28,2	10,0	1,4	3,1	13,9	16,5	4,1	x	8,6
P 3	2015	x	37,7	25,3	10,0	1,3	4,3	16,4	18,5	5,5	x	10,0
	2016	kaly	34,0	28,7	11,0	1,4	13,9	11,4	19,5	7,4	100,0	6,9
	2016	x	34,7	32,5	16,0	1,0	5,9	12,2	17,0	7,2	100,0	7,9
	2017	kaly	34,2	33,9	10,0	1,6	6,1	15,3	10,0	6,0	x	8,5
	2017	x	55,9	57,2	15,0	1,9	8,3	11,7	7,1	4,6	x	8,4
P 4	2015	x	45,6	39,8	10,0	1,9	4,3	25,3	20,7	5,6	x	8,5
	2016	x	77,3	72,3	13,0	2,7	9,1	26,2	20,9	5,7	100,0	8,2
	2017	x	24,8	35,8	13,0	1,4	2,5	12,1	16,7	3,3	x	8,6
	2017	x	35,9	16,6	4,0	1,9	4,1	20,6	18,1	3,3	x	9,0
P 5	2015	x	39,0	27,0	11,0	1,2	3,5	9,4	19,8	3,2	x	8,3
	2016	x	23,9	31,0	9,0	1,7	9,0	18,4	18,4	5,7	100,0	9,0
	2016	x	32,8	34,1	11,0	1,6	8,4	16,2	22,7	5,8	100,0	8,1
	2017	x	42,9	32,0	11,0	1,4	3,2	9,6	16,7	3,9	x	8,5
	2017	x	21,3	31,5	11,0	1,4	3,2	10,8	16,5	3,5	x	8,3
P 6	2015	kaly	45,9	80,1	8,0	4,9	11,1	26,6	26,0	6,9	x	5,5
	2016	kaly	59,7	76,6	12,0	3,1	27,0	14,8	40,8	4,9	x	5,7
	2016	kaly	54,1	56,9	17,0	1,7	13,2	12,9	41,7	4,9	100,0	7,4
	2016	kaly	57,5	62,3	17,0	1,8	13,2	13,4	40,8	4,9	100,0	7,1
	2017	kaly	51,0	54,2	14,0	2,0	7,9	13,4	38,6	4,1	x	7,5
	2017	kaly	55,8	63,3	15,0	2,1	8,3	14,8	24,5	4,5	x	7,3

Výslednou kvalitu kompostu na testovaných lokalitách přehledně shrnuje tabulka č. 22. Grafy uvedených parametrů (které uvádíme níže) ukazují na velkou rozdílnost vedení procesu kompostáren. Stávající kritéria, podle kterých je výsledný kompost hodnocen nedokážou prokázat rozdílnost jeho kvality, která je ovlivněna procesem kompostování. Bude na dalším testování najít rozdíly, které ovlivní nejen kvalitu ale i ekonomiku kompostování a tím i cenu kompostu.



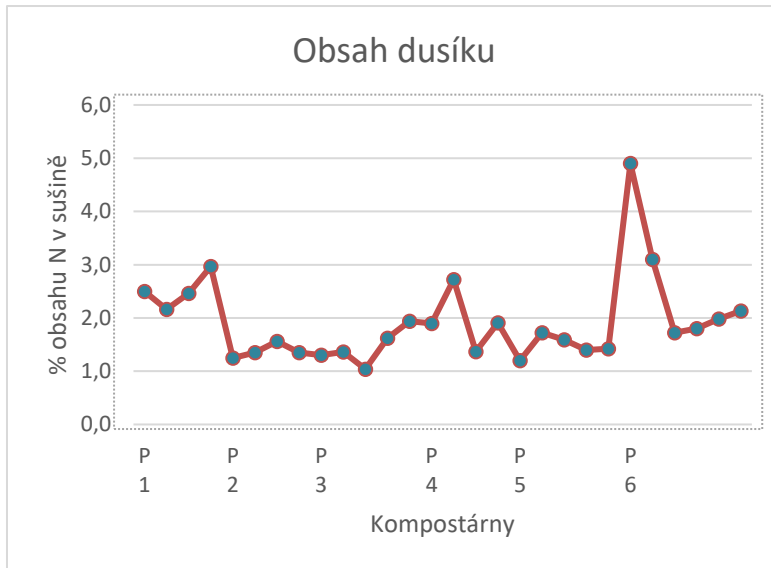
Graf 6 Obsah organických látek v kompostu – rozptyl 65 %

Komentář: Obsah spalitelných látek se pohybovaly dle normy více než 25 %. Pokud klesly pod toto procento, projevilo se to v úzkém poměru C: N.



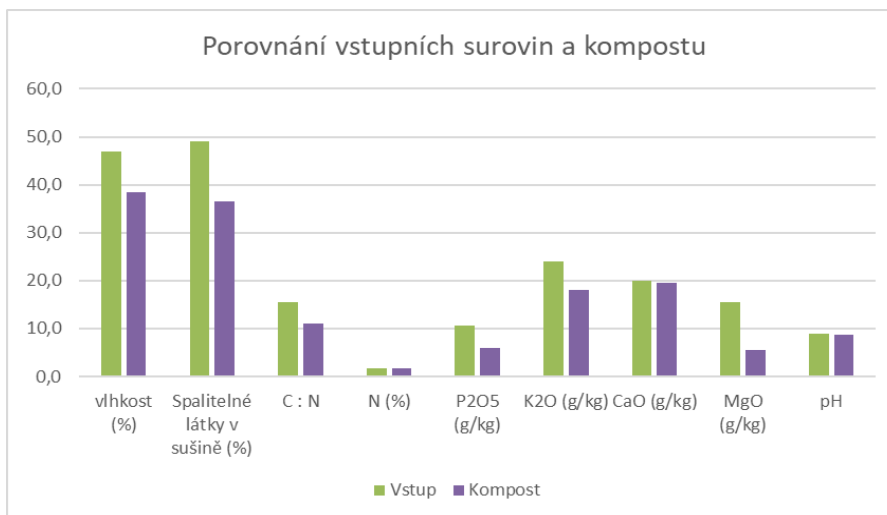
Graf 7 Poměr v rozmezí C: N 8 – 17 : 1

Komentář: C: N je u všech lokalit velmi úzké, je to v současné době běžný jev, který bude předmětem dalších výzkumů. Z pohledu potřeb půdy je tento poměr optimální.

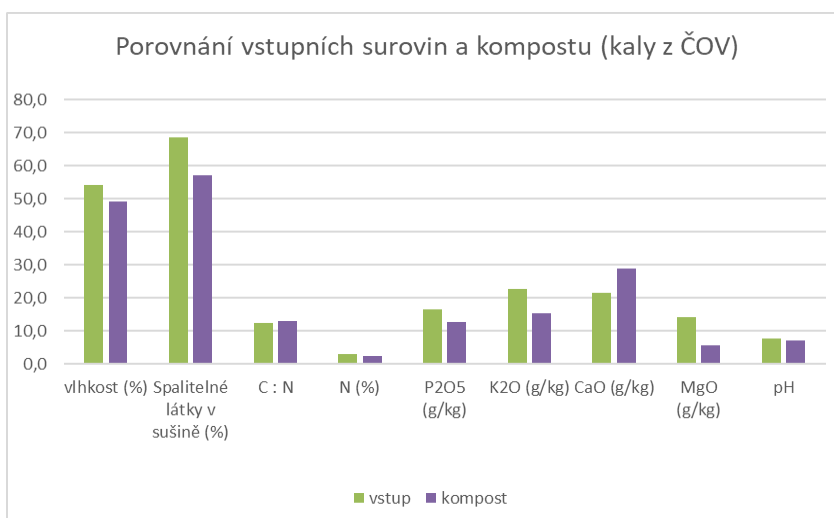


Graf 8 Obsah dusíku v rozmezí 1,09 – 4,9 %

Komentář: Ve všech případech byl obsah dusíku nad požadovanou normu 0,6 %



Graf 9 Porovnání kvality vstupních surovin a kompostu



Graf 10 Porovnání kvality vstupních surovin a kompostu (+ kaly)

Komentář: graf popisuje, jak se mění vlastnosti surovin v průběhu procesu kompostování.



### Dílčí závěr

Kompost, kde byl zpracován čistírenský kal, vykazuje vyšší obsah fosforu (červeně označené hodnoty). Potvrzuje to předpoklad zajištění dalších zdrojů živin do bilance živin zemědělského podniku. Parametr fytotoxicity ukazuje, že kompost je plně zralý (tedy technologie kompostování z pohledu fixace živin – dusíku, proběhla správně). Tento test je zatím dostupnou metodou pro praxi k prověření správnosti procesu kompostování. Za zmínku stojí poměr C: N, který se ve skutečném provozu liší od legislativy o odpadech a předpisů ČSN 465735 potažmo zákona o hnojivech. Legislativní podmínka hovoří o poměru 30 – 35 : 1, zatímco sledované kompostárny dosahují poměru 8 – 17 : 1. V této souvislosti je třeba zmínit, že zákonné předpisy reflektují dobu, ve které byly tyto předpisy vytvořeny (v případě ČSN rok 1991). Proto by bylo vhodné uvedené předpisy aktualizovat se zohledněním nových technologií a postupů. **Testovaná kvalita kompostů, které byly vyrobeny z biologicky rozložitelných odpadů a dalších surovin, splnila parametry zákona o hnojivech a je možné je použít na zemědělskou půdu.**

## 5. Hodnocení kvality rostlinné produkce

V průběhu pilotního projektu byly sledovány tyto parametry:

- produkce rostlin – hlavní produkt byla sledována produkce t/ha (obsah organické hmoty, celkový obsah N, P, K, Ca, Mg, B, Na)
- produkce rostlin – vedlejší produkt byla sledována produkce t/ha (skutečně sklizený, obsah organické hmoty, celkový obsah N, P, K, Ca, Mg, B, Na)
- dále byl posuzován vedlejší efekt zdravotního stavu rostlin

Kompost je považován za směs stabilizovaných organických látek rostlinného a živočišného původu, které prošly řízenými biologickými přeměnami. Má hnojivý účinek. Studie opakovaně ukazují, že kompost napomáhá úrodnosti půdy o něco více než jiná organická hnojiva - zvyšuje obsah humusu a spoluvytváří půdu.



Obrázek 11 Kompost z rostlinných zbytků (Zdroj: Ing. Jaroslav Záhora CSc., MENDELU Brno)

Tabulka 25 Osevní postup - produkce rostlin

Lokalita	Osevní postup				Sklizená produkce ve hmotě (t/ha)					
	2014	2015	2016	2017	2015		2016		2017	
					s kompostem	bez kompostu	s kompostem	bez kompostu	s kompostem	bez kompostu
P 1	ječmen ozimý	LOS oves/peluška	LOS oves/peluška	LOS oves/peluška	19,30	19,50	54,40	31,70	33,40	23,00
P 2	jetelotráva	jetelotráva	špalda	oves	28,80	x	2,90	2,90	3,20	3,00
P 3	jetel červený na semeno	ozimý mák	špalda	kmín	x	0,46	3,10	2,95	bez produkce - zaoráno	bez produkce - zaoráno
P 4	řepka ozimá	hrách	mák	ječmen jarní	x	7,69	1,50	1,50	5,80	5,66
P 5	řepka ozimá	pšenice ozimá	kukuřice ba zrno	proso	x	7,01	9,50	x	4,83	x
P 6	kukuřice na zrno	triticale, oves	ozimá řepka	triticale	5,60	x	4,20	2,50	5,20	4,20

Výnosy na pokusných lokalitách hnojených kompostem byly ve sledovaném období vyšší nebo stejné, ve srovnání s plochou bez kompostu, což je ukázáno v tabulce 24. Z výsledků je patrné, že živinový efekt kompostu je využit rostlinami hned v prvním roce. Jistá změna byla zaznamenána u lokality P 4, kdy byl kompost aplikován v jarním období 2016, a produkce máku nezaznamenala hnojivý efekt kompostu. Teprve následná plodina - ječmenem jarní, který nebyl hnojen dusíkem průmyslových hnojiv, vykázal vyšší výnos než plocha hnojená pouze dusíkem. Kompost působí pozitivně a postupně, ale krátkodobě. Je nutné kompost zařadit jako systém základní agrotechniky zemědělského podniku.

Jedním z testů bylo sledování produkčního efektu kompostu na nahodilém výběru 5 rostlin (původních „metrovek“) pro stanovení potenciálu produkce pěstovaných rostlin. Mimo máku, kde byl kompost aplikován k této plodině, všechny vykazují navýšení produkce a to jak v hlavním produktu, tak ve slámě.

Tabulka 26 Produkce nahodilého výběru - 5 rostlin

Lokalita	osevní postup			hlavní / vedlejší produkt	produkce g/5 rostlin			
	2015	2016	2017		2016		2017	
					s kompostem	bez kompostu	s kompostem	bez kompostu
P 1	LOS oves/peluška	LOS oves/peluška	LOS oves/peluška	zrno	25,20	18,20	18,00	13,00
				sláma	44,40	29,80	31,70	21,30
				celkem	69,60	48,00	49,70	34,30
P 2	jetelotráva	špalda	oves	zrno	15,60	15,00	26,30	12,00
				sláma	37,20	38,00	14,60	7,20
				celkem	43,20	43,00	40,90	19,20
P 3	ozimý mák	špalda	kmín	zrno	17,50	25,10	bez produkce - zaoráno	bez produkce - zaoráno
				sláma	44,00	76,50		

				celkem	61,50	101,60		
P 4	hrách	mák	ječmen jarní	zrno	7,40	7,50	15,30	15,10
				sláma	33,20	41,10	8,80	13,00
				celkem	40,60	48,60	24,10	28,10
P 5	pšenice ozimá	kukuřice ba zrna	proso	zrno	781,40	663,70	12,20	10,20
				sláma	740,00	537,00	96,00	37,80
				celkem	1 521,40	1 200,70	108,20	48,00
P 6	tritikale, oves	ozimá řepka	tritikale	zrno	6,00	4,80	19,30	15,40
				sláma	37,20	22,30	49,80	38,20
				celkem	43,20	27,10	69,10	53,60

Modře označená políčka je termín aplikace kompostu.

Tabulka 27 Bilance živin a produkce rostlin

Lokalita			Varianta hnojeno kompostem			Varianta nehnojeno kompostem		
P 1			Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)
2016	LOS	celkem	117,0	6 365,0	54,4	103,0	3 265,0	31,7
2017	LOS	celkem	109,5	3 656,0	33,4	91,0	2 090,0	23,0
Lokalita			Varianta hnojeno kompostem			Varianta nehnojeno kompostem		
P 2			Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)
2016	špalda	zrno	28,0			29,0		
		sláma	19,0			17,0		
		celkem	47,0	136,3	2,9	46,0	133,4	2,9
2017	oves	zrno	31,8	101,8	3,2	33,0		
		sláma	51,0			47,0		
		celkem	83,0	265,6	3,2	80,0	240,0	3,0
Lokalita			Varianta hnojeno kompostem			Varianta nehnojeno kompostem		
P 3			Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)
2016	špalda	zrno	25,3			27,2		
		sláma	21,2			14,2		
		celkem	46,3	143,5	3,1	41,9	125,7	3,0
2017	kmín zaorán	zrno						
		sláma						
		celkem						
Lokalita			Varianta hnojeno kompostem			Varianta nehnojeno kompostem		
P 4								

			Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)
2016	mák	zrno	x	x		40,8		
		sláma	55,2			77,6		
		celkem	55,2	82,8	1,5	118,4	177,5	1,5
2017	ječmen jarní	zrno	30,0	0,0		34,0		
		sláma	29,0			24,0		
		celkem	59,0	342,2	5,8	58,0	330,6	5,7
Lokalita		Varianta hnojeno kompostem			Varianta nehnojeno kompostem			
P 5		Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	
2016	kukuřice na zrno	zrno	9,1			11,6		
		sláma	18,6			22,0		
		celkem	27,6	262,2	9,5	33,5	x	x
2017	proso	zrno	24,0			24,0		
		sláma	31,0			28,0		
		celkem	55,0	265,7	4,83	52,0	x	x
Lokalita		Varianta hnojeno kompostem			Varianta nehnojeno kompostem			
P 6		Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	Celkem živin kg/t produkce	Celkem přijatých živin kg/ha	Produkce (t/ha)	
2016	řepka ozimá	zrno	30,0			31,5		
		sláma	29,7			41,9		
		celkem	59,7	250,7	4,2	73,4	183,5	2,5
2017	triticale	zrno	39,0			39,0		
		sláma	32,0			30,0		
		celkem	71,0	369,2	5,2	69,0	289,8	4,2

Kompost, využívaný v projektu, byl vyroben v převážné většině ze surovin rostlinného původu, které obsahují optimální proporce živin a tyto proporce si zachovávají i v kompostu (grafy 9 a 10) Živiny v kompostu jsou v optimálním poměru a jsou přístupné pro rostliny. Rostliny, které jsou jednostranně hnojeny (bez kompostu) dusíkem nemají potřebné živiny v optimálním poměru a jejich příjem je omezen (tabulka 26).

Zdravotní stav rostlin hnojených a nehnojených nevykazoval významné rozdíly. Porosty v ekologickém systému (P 2, P 3) byly zdravé, mimo lokalitu P 1, kde, pravděpodobně díky 3-leté monokultuře luskovinoobilné směsky, byly rostliny – kořeny luskovin s menším výskytem rhizobií (důsledek přebytku dusíku). Tato situace se u některých EZ podniků vyskytuje – důsledek snahy řešit dostatek živin oseváním postupem s velkým zastoupením luskovin nebo jetelovin.

## 6. Bilance živin a organické hmoty v podniku

Tři lokality P 1, P 2 a P 3 byly testovány ve variantách nehnojeno a hnojeno kompostem. Tři lokality P 4, P 5 a P 6 byly testovány ve variantách hnojeno pouze průmyslovými hnojivy a hnojeno průmyslovými hnojivy a kompostem. U lokality P 4 a P 5 byla varianta hnojeno kompostem, jako plus k celkové dávce hnojiv, u lokality P 6 kompost nahradil část potřeby živin pro řepku ozimou. Zápočet účinnosti kompostu - dusíku, podniky započítávají cca 30 % využitelného dusíku na ha a rok (tab. 19). Pro podporu využití kvalitního kompostu – jako komplexního organického hnojiva – je nutné, aby zemědělské podniky pro strategii ochrany půdy, zadržetí vody v krajině a snížení ztrát živin (zvýšení přijatelnosti živin) do spodních a povrchových vod vedly **bilanci organické hmoty a živin**. Bilance vede nejen k environmentálnímu postoji zemědělce, ale především k výrazné úspoře neobnovitelných živin a podpoře recyklace.

Tabulka 28 Bilance živin a organické hmoty

Lokalita	Rok	Dávka kompostu t/ha	Produkce rostlin		Bilance živin a OL lokalita hnojená kompostem (kg/ha)			
			plodina	t/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	OL
P 1	2015	41	LOS	19,3	142,0	158,0	132,0	6,6
	2016	37	LOS	38,2	20,0	118,0	-2,0	5,8
	2017	0	LOS	18,4	-76,0	-24,0	-110,0	-3,1
	celkem	78	x	x	86,0	252,0	20,0	x
P 4	2015	15	pšenice ozimá	7,7	27,0	-37,0	-35,0	3,2
	2016	0	mák	1,5	169,0	133,0	235,0	9,4
	2017	0	ječmen jarní	5,7	-96,0	-21,0	-31,0	2,8
	Celkem	15	x	x	100,0	75,0	169,0	x

Pro demonstraci výsledků testovaných lokalit, byly vybrány 2 lokality P 1 a P 4. Prezentují v rámci testovaných lokalit systémy základní agrotechniky – ekologické a konvenční zemědělství (osevní postupy, dávky a četnost kompostu na ha, druh půdy P 1 – lehká půda, P 4 středně těžká půda). Pro výpočet nebo stanovení bilance živin a organické hmoty byl použit program VÚRV v. v. i.. Model však nepočítá s průběžným hodnocením bilance živin a organické hmoty v rámci osevního postupu nebo osevu plodin, což je pro postupné uvolňování živin z kompostu zásadní. Pro test byl jak pro bilanci organické hmoty, tak pro bilanci živin proveden výpočet pro uvedenou úroveň výživy a produkce rostlin. Dusík z kompostu byl započítán v prvním roce, ale jeho efekt se projevil v dalších letech, kdy na lokalitě P 4 nebylo k ječmenu jarnímu hnojeno dusíkem, přesto bylo dosaženo většího výnosu 5,8 t/ha proti ploše bez kompostu 5,66 t/ha (rozdíl plus 2,5%). Přitom v obou případech je bilance plusová. Z tabulky 19 vyplývá, že aplikace kompostu vytvořila v jednotlivých testovaných lokalitách podíl N, P, K, Ca, se kterými jednotlivé podniky počítaly (tab. 26).

Množství a kvalita půdní organické hmoty patří k důležitým indikátorům kvality a zdraví půdy. Obsah humusu v půdě se hodnotí podle celkového obsahu organického uhlíku. Kvalita humusových látek (HL) se posuzuje podle frakčního složení a podle poměru huminových a fulvokyselin (HK/FK). Frakcionace humusových látek zahrnuje stanovení jejich celkového obsahu a stanovení obsahu huminových kyselin. Obsah fulvokyselin se dopočítává (Kononová, Bělčíková, 1963). Poměr HK/FK má u kvalitních půd hodnoty větší než 1. Dále lze kvalitu HL hodnotit podle jejich optických vlastností (např. UV-VIS spektra). Kvalita humusu zatím nebyla předmětem sledování.

Význam organického hnojení spočívá také v jeho kvalitě, množství a způsobu zapravení do půdy, což zásadně ovlivňuje fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy a tím živinný stav pro potřebu rostlin. Brown a Cotton (2011) zjistili, že po zapravení kompostu došlo ve srovnání s kontrolou k trojnásobnému nárůstu obsahu půdního organického uhlíku a ke zdvojnásobení mikrobiální aktivity v půdě.

Návrhem pro změnu DZES 6 by byla bilance<sup>3</sup> základním předpokladem pro zajištění kvality půdy – snížení eroze, zvýšení využití živin z externích zdrojů pro zemědělskou praxi, snížení spotřeby především dusíkatých průmyslových hnojiv a tím by byl podpořen rozvoj půdního edafonu a snížení ztrát živin.

#### *Dílčí závěr*

**Kompost plně pokrývá přísun živin a splňuje podmínky kladené na ekologické zemědělství, v systému konvenčního zemědělství pak kompost významně pozitivně ovlivňuje bilanci živin.** V kombinaci s průmyslovými hnojivy se navíc jeho účinnost zvyšuje. Kompost má významné ekonomické a environmentální dopady na kvalitu půdy, podporuje stabilitu produkce v různých intenzitách srážek, kdy udržuje živiny v půdě. Ukázkovým příkladem je právě lokalita P 6. Kompost tedy představuje velmi efektivní způsob obohacování půdy a zvýšení kvality půdy.

---

<sup>3</sup> České metodiky počítají bilanci organické hmoty v půdě v organických látkách (OL), slovenská metodika (SK) v uhlíku (C). V organických látkách tvoří uhlík cca polovinu jejich obsahu (pro porovnání výsledků obou metodik tedy stačí množství C vynásobit dvěma). Německá metodika (D) stanoví potřebu pro náhradu rozložené části humusu (= humifikovaná část organické hmoty v půdě) a dodávku uvádí v uhlíku účinném pro reprodukci humusu (C<sub>h</sub>). Tento uhlík tvoří jen část z celkového C, podle druhu a kvality statkových a organických hnojiv: 10-15 % (chrást, zelené hnojení), 20-25 % (sláma), 25-30 % (kejda, digestát, drůbeží trus), 35-40 % (hnůj, separát kejdy či digestátu), 45-50 % (kompost). Většina uhlíku dodaného do půdy posklizňovými zbytky, kořeny a organickým hnojením se tedy "prodýchá" při rozkladu organické hmoty a až do formy humusu se nedostane.

## 7. Ekonomika využití kompostu

Přesné údaje nákladovosti provozu jsou vázané na konkrétní podmínky provozovatelů kompostáren a zemědělských podniků, tyto údaje patří k citlivým údajům jednotlivých provozovatelů. Pro účely studie byly k dispozici údaje pro modelování praktických příkladů testovaných kompostáren a základní agrotechniky.

### 7.1. Investiční náklady výroby kompostu

Investiční náklady na pořízení kompostárny jsou závislé na druhu technologie a na celkové projektované kapacitě. V pilotním projektu byly testovány technologie nuceného provzdušňování, technologie s překopávačem kompostu a s jednoduchou manipulací - nakladačem. Zařízení kompostáren jsou u lokalit P 1, P 2, P 3, P 4 a P 5 vystavěny s finanční podporou OPŽP (2007 – 2013), lokalita P 6 je v provozu cca 20 let. Kapacita se pohybovala od 3 000 – 25 000 tun zpracovaného bioodpadu za rok.

### 7.2. Provozní náklady výroby kompostu

Provozní náklady kompostárny tvoří náklady osobní, za energie a dalšími náklady (např. opravy a údržba, analýzy kvality kompostu, ...). V kalkulaci nákladů na produkci kompostu je nutné rozlišovat mezi náklady na zpracování vstupní hmoty, která je vztažena na kvalitu surovin a mezi náklady vztaženými na výsledný objem vzniklého kompostu. Poměr objemu mezi výsledným kompostem a objemem vstupní hmoty se pohybuje mezi 50 % - 70 %.

Provozní náklady kompostárny jsou ovlivněny:

- kvalitou vstupních zdrojů - odpadů (kvalita třídění komunálních bioodpadů, přítomnost mikrobiální nebezpečnosti, semena plevelů)
- naplněností kapacity kompostárny v návaznosti na logistiku návozu bioodpadů – harmonizace návozu odpadů / surovin pro zajištění nastavené metodiky procesu kompostování
- technologické vybavení (investiční náklady) pro zajištění kvality výstupu
- dodržování optimálních podmínek kompostování zejména kvalita managementu kompostárny – časové ztráty špatným procesem a tím i vyšší provozní náklady
- cenou za bioodpad – někteří zemědělci odebírají bioodpad od obce za 0,- Kč (environmentální služba obci – výroba vlastního hnojiva).
- produkce kompostu je cca 50 – 70% z původních vstupních surovin

Tabulka 29 Náklady na výrobu kompostu

Projektovaná kapacita (t/rok)	Investice (mil. Kč bez DPH)	Provozní náklady - tj. náklady na zpracování vstupních surovin	Náklady na výrobu kompostu (Kč/t bez DPH)
3 000 - 15 000	10 - 50	200 - 400	380 - 800
3 000	4 - 5	250 - 350	320 - 700

3 000 - 5 000	10 - 22	650 - 1000	850 - 2000
---------------	---------	------------	------------

### 7.3. Cena kompostu za 1 kg NPK

Nákladová cena na výrobu kompostu je určována optimalizací procesního vedení kompostárny a zajištěním kvality biologického procesu.

Pro modelování ekonomického přínosu kompostu byly použity stávající tržní ceny živin v průmyslových hnojivech a náklady na výrobu živin z kompostu, které byly získány v praxi testovaných lokalit. Výše údajů o investičních a provozních nákladech kompostárny vycházejí z testovaných lokalit, na jejich řešení se zpracovatel studie podílel, odpovídají tedy skutečnosti.

Tabulka 30 Obsah živin v kompostu

Lokalita	Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu					Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu					
	N celk.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N celk.	P	K	Ca	MgO	celkem živin
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t
P 1	15,0	5,4	25,2	23,3	4,8	17,5	2,4	21,0	16,5	2,9	60,2
	9,8	3,8	12,1	14,7	3,3	9,8	1,6	10,1	10,5	2,0	34,0
	11,5	10,1	21,0	26,3	6,8	11,5	4,4	17,5	15,0	4,1	52,5
	10,1	10,5	11,4	14,3	5,3	10,1	4,6	9,5	8,2	3,2	35,6
P 2	8,9	x	x	x	x	8,9	x	x	x	x	8,9
	8,2	6,8	14,2	12,5	9,0	8,2	3,0	11,8	10,2	5,4	38,5
	9,8	2,2	10,6	10,3	2,4	9,8	1,0	8,8	7,6	1,4	28,6
	9,2	2,1	9,5	11,3	2,8	9,2	0,9	7,9	6,8	1,7	26,6
P 3	8,1	2,7	10,2	11,5	3,4	8,1	1,2	8,5	7,3	2,0	27,1
	9,0	9,2	7,5	12,9	4,9	9,0	4,0	6,3	5,4	3,0	27,6
	6,8	3,8	8,0	11,1	4,7	6,8	1,7	6,7	5,7	2,8	23,6
	10,7	4,0	10,1	6,6	4,0	10,7	1,8	8,4	7,2	2,4	30,4
	8,6	3,6	5,2	3,1	2,0	8,6	1,6	4,3	2,2	1,2	17,9
P 4	10,3	2,3	13,8	11,3	3,1	10,3	1,0	11,5	9,8	1,9	34,6
	6,2	2,1	5,9	4,7	1,3	6,2	0,9	4,3	4,2	0,8	16,5
	10,3	1,9	9,1	12,6	2,5	10,3	0,8	7,6	6,5	1,5	26,7
	12,2	2,6	13,2	11,6	2,1	12,2	1,2	11,0	9,4	1,3	35,1
P 5	7,3	2,1	5,7	12,1	2,0	7,3	0,9	4,8	4,1	1,2	18,3
	13,1	6,9	14,0	14,0	4,3	13,1	3,0	11,7	10,0	2,6	40,3
	10,7	5,6	10,9	15,3	3,9	10,7	2,5	10,0	7,8	2,3	33,2
	8,0	1,8	5,5	9,5	2,2	8,0	0,8	4,6	3,9	1,3	18,6
	11,2	2,5	8,5	13,0	2,7	11,2	1,1	7,1	6,1	1,6	27,0
P 6	26,5	6,0	14,4	14,1	3,8	26,5	2,6	12,0	10,3	2,3	53,7
	12,5	10,9	6,0	16,4	2,0	12,5	4,7	5,0	4,3	1,2	27,7



	7,9	6,1	5,9	19,2	2,3	7,9	2,6	4,9	4,2	1,4	21,1
	7,7	5,6	5,7	17,3	2,1	7,7	2,4	4,8	4,1	1,3	20,3
	9,7	3,9	6,6	18,9	2,0	9,7	1,7	5,5	4,7	1,2	22,8
	9,4	3,6	6,5	17,5	2,0	9,4	1,6	5,4	4,7	1,2	22,3

Tabulka hodnotí obsahy živin v testovaných kompostech (oranžová barva – min. a max. obsah živin) pro zpřesnění výpočtu ceny živin v kompostu. Pro větší spektrum živinné kvality kompostu byly využity i testy ÚKZUZ, které jsou prováděny pro registraci kompostu dle zákona o hnojivech. Jenom komposty, které splní tyto parametry lze použít na zemědělskou půdu.

Tabulka 31 Obsah a cena živin v kompostu

Ukazatel	Jednotka	Hodnoty ve zkoušených kompostech			Cena živin (Kč/kg)	Cena živin v 1 t kompostu v sušině Kč/t		
		Min.	Max.	Průměr		Min.	Max.	Průměr
vlhkost	%	21	67	56	x	x	x	x
spalitelné látky	% v sušině	16	54	35	x	x	x	x
celkový N	g/kg v sušině	2	57	18	22	50	1 251	395
CaO	g/kg v sušině	x	x	x	2	x	x	x
K <sub>2</sub> O	g/kg v sušině	2	46	19	17	34	772	319
MgO	g/kg v sušině	1	27	9	21	21	564	188
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	g/kg v sušině	4	55	14	20	81	111	282
Celkem živin v uvedeném rozsahu		<b>10</b>	<b>185</b>	<b>60</b>		<b>185</b>	<b>2 697</b>	<b>1 184</b>
<b>Cena kompostu jako hnojiva - analýzy testů ÚKZUZ</b>								
vlhkost	%	21	77	43	x	x	x	x
spalitelné látky	% v sušině	17	80	44	x	x	x	x
celkový N	g/kg v sušině	10	49	19	22	219	1 075	417
CaO	g/kg v sušině	7	42	24	2	14	81	46
K <sub>2</sub> O	g/kg v sušině	10	45	18	17	168	755	302
MgO	g/kg v sušině	3	15	6	21	63	376	125
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	g/kg v sušině	3	27	9	20	60	544	181
Celkem živin v uvedeném rozsahu		<b>32</b>	<b>178</b>	<b>76</b>	x	x	x	x
<b>Cena kompostu jako hnojiva - analýzy testů ZERA</b>						<b>524</b>	<b>2 831</b>	<b>1 072</b>

Zdroj: Průměrné ceny živin září/říjen 2017 VÚRV

**Obsahy živin kompostu se pohybují v rozsahu dle kvalit kompostu:**

**10 – 185 kg/t v sušině kompostu**

**(analýzy ÚKZUZ 2015)**

**32 – 178 kg/t v sušině kompostu**

**(dle analýz pilotního ověření)**

**Ceny živin kompostu v uvedeném rozsahu jsou od 185 do 2 831 Kč v tuně sušiny kompostu.**

Tabulka 32 Model procesní nákladovosti výroby kompostu na kompostárně

	Náklady Kč/ t bez DPH	
--	-----------------------	--

Ceny na vstupu Kč/t bez DPH	za kompostování vstupních surovin	na výrobu kompostu (produkce 50 - 70 %)	Cena živin v sušině kompostu Kč/t bez DPH
0	200 - 1000	430 - 2000	185 - 2 831
290 - 350		840 - 2700	

Při modelování nákladů na proces kompostování byly použity ceny na vstupu za 1 tunu bioodpadu v hodnotě 0,- Kč nebo jako zjištěný průměr praxe 290 - 350,- Kč / t. Tyto ceny můžeme považovat za nákup externích zdrojů (bioodpadu) nebo jako vnitropodnikovou cenu při zpracování vlastních bioodpadů. Nákladová cena procesu kompostování je cena praxe testovaných kompostáren od 200 – 1000 Kč / t zpracovaného odpadu. Při těchto kalkulacích a předpokladu produkce kompostu v rozsahu 50 – 70 % z množství původní hmoty, je nákladová cena za výrobu kompostu v rozsahu 430 – 2 700 Kč. Dá se konstatovat, že kvalitní kompost může pokrýt náklady s jeho výrobou. Cena kompostu na trhu se v ČR pohybuje převážně v rozmezí 250 – 380,- Kč/tunu bez DPH – tedy silně pod jeho skutečnou hodnotu.

Tabulka 33 Cena kompostu pokusných lokalit

Lokalita	Cena (Kč/t bez DPH)	Poznámka
P 1, P 3, P 6	200 - 600	Lokality provozují vlastní kompostárnu, cena je tedy vnitropodniková
P 2	290	nákupní cena
P 4	340	nákupní cena
P 5	300	nákupní cena

Ceny kompostu u testovaných podniků a náklady v testovaných lokalitách jsou uvedeny v tabulce 32. U lokalit P 1, P 3, P 6 se jedná o vnitropodnikovou cenu zemědělského podniku, který sám provozuje i kompostárnu. Lokality P 2, P 4, a P 5 kompost pro účely testování kvality nakoupily od profesionálně vedených kompostáren. Kompostárny v současné době prodávají kompost hluboko pod cenou živin obsažených v kompostu.

#### 7.4. Cena kompostu v osevním postupu - aplikace

Pozitivním aspektem je forma, poměr a přístupnost živin v kompostu. Toto však zde není finančně oceněno. Více než 90% z celkového množství dusíku v kompostu je vázáno v organických látkách. Jedna až dvě třetiny celkového množství N je pak ve formě huminových kyselin. To způsobuje, že velká část N v kompostu, který je aplikován do půdy, není okamžitě přístupný rostlinám, ale je postupně uvolňován mineralizací a po té přijatý rostlinami. Tohoto efektu lze využít při aplikaci kompostu do zásoby – v jedné aplikaci na 2 – 3 roky.

Další hledisko v kalkulaci nákladů na zajištění potřebných živin pro plánovanou produkci a respektováním půdně - klimatických podmínek je aplikace – technika a logistika manipulace s organickým hnojivem a průmyslovými hnojivy.

Nákladové parametry aplikace kompostu vychází z údajů, které má zpracovatel k dispozici, a jsou přehledně uvedeny v tabulce 33.

Tabulka 34 Cena aplikace kompostu

Dávka kompostu (t/ha)	Četnost aplikace	Cena aplikace (Kč/t kompostu bez DPH)	Cena aplikace (Kč/ha/rok bez DPH)
20 - 30	každoroční cyklus	50 -60	1 000 - 1 800
45 a 80	2 a 4 letý cyklus	50 -60	562 - 2 400

Při aplikaci kompostu v dávce 30 t na ha v průměrné kvalitě (N 10 kg/t, CaO 13 kg / t, K<sub>2</sub>O 10 kg / t, Mg 3 kg / t, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5 kg/t) – testovaných kompostů, se do půdy dostane celkem 300 kg dusíku, 390 kg vápníku, 300 kg draslíku, 90 kg hořčíku a 150 kg fosforu v jedné operaci s tím, že živiny mohou být k dispozici po další 3 roky. Tím budou ušetřeny aplikace v dalších letech. Tabulky 34 a 35 charakterizují možné modely při řešení systémů základní agrotechniky z pohledu nákladovosti aplikace hnojiv a zajištění zdrojů živin.

Tabulka 35 Model hnojení pšenice ozimé (potravinářské) bez kompostu

Počet aplikací/ ha	Živina podle odběru živin na výnos 6 t/ha (kg/ha)	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
1	úprava pH (dolomit)				55	35
1	před setím			85		
1	před setím	30	55			
1	regenerační přihnojení	40				
1	produkční hnojení	35				
1	kvalitativní hnojení může být rozděleno na 2x (není započteno)	30				
1	konec sloupkování	12				
Celkem	7	147	55	85	55	35

Tabulka 36 Model hnojení pšenice ozimé (potravinářské) s kompostem

Počet aplikací/ ha	Živina podle odběru živin na výnos 6 t/ha (kg/ha)	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
1	kompost 30 t/ha	30 - 70	150	187	252	90
1	produkční hnojení	40				
1	kvalitativní hnojení	35				
1	konec sloupkování	12				
Celkem	4	117 - 157	150	187	252	90



Obrázek 12 Aplikace kompostu rozmetadlem organických hnojiv – zdroj ZERA

#### Dílčí závěr

Existují však ještě další důvody, proč kompost více využívat v zemědělství. V současné době se v ČR ročně aplikuje ve stájových hnojivech odhadem pouze 0,6 až 0,7 t organických látek na 1 ha orné půdy. To znamená o 1–1,5 tuny na ha méně oproti potřebě. Tato energie půdě samozřejmě chybí. Šancí pro zvýšení obsahu organické hmoty v půdě je kompostování. Zvyšování obsahu organické hmoty v půdě znamená i větší schopnost vázat, resp. uskladňovat v půdě emise uhlíku, produkovat kyslík rostlinami a odolnost půdy na choroby a škůdce a tím snížit používání pesticidů

Z výše uvedených kalkulací můžeme shrnout, že pro strategie zajištění živin pro produkci plodin nebude rozhodující cena aplikace, ale vlastní zdroje živin a stabilita rostlinné produkce.

**Kalkulace zdrojů živin kompostu u testovaných podniků konvenčního zemědělství snižuje náklady na živiny průmyslových hnojiv v rozmezí u dusíku 17 – 40 %, u fosforu 31 – 100 %, u draslíku 48 – 100 %, u vápníku 100 %, u hořčíku 100 %.**

## 8. Závěr a doporučení

Hlavní myšlenkou pilotního ověření využití kompostu v zemědělské praxi je vyhodnotit účinnost kompostu vyrobeného z externích zdrojů organické hmoty – bioodpadu, udržitelnost kompostování v zemědělské praxi a aplikace výzkumu v praxi. Cílem je podpořit management využití kompostu vyrobeného z bioodpadu na zemědělských plochách - slabě a silně ohrožených erozí, plochách ochrany vod a plochách s biologickou ochranou půd – ekologické zemědělství.

K řešení cílů pilotního ověření bylo využito následujících metod, postupů a výsledků aplikace výzkumu do praxe.

### 8.1. Hodnocení procesu kompostování na různých technologiích, které se v cca 90% využívají v ČR, dle vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s BRO

Základní požadavky na jednotlivé způsoby biologického zpracování bioodpadů a technické požadavky na vybavení a provoz zařízení biologického zpracování bioodpadů upravuje vyhláška č. 341/2008, o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady.

Cílem pilotního ověření bylo definovat správný efektivní management kompostárny s cílem produkovat uplatnitelný kompost. Technologické vybavení kompostáren testovaných provozů splňovalo podmínky dané uvedenou vyhláškou. Na sledovaných lokalitách tak byly vytvořeny podmínky pro udržitelný provoz kompostárny a možnost zpracování odpadů (vedlejší produkty, resp. suroviny), které vyžadují hygienizaci (tedy snížení potenciální mikrobiální nebezpečnosti a snížení klíčivosti semen plevelů).

Jak je uvedeno, Česká republika disponuje dostatečnou kapacitou pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů a to především komunálních, pro které tyto technologie prioritně vznikly. Je zde i předpoklad pro zlepšení vybavení kompostáren a případnou inovaci pro zpracování dalších zdrojů (čistírenské kaly, popel, biouhel, digestát,...). Jsou tak vytvořeny kapacitní a technologické předpoklady pro produkci kvalitního hnojiva, které může zajistit obnovu kvality půdy, především půd erozně ohrožených.

#### *Dílčí závěr:*

ČR má vytvořen kapacitní a technologický základ zařízení pro zpracování bioodpadu, který je nutné odklonit ze skládek odpadů. Vznikl tak potenciál produkce organických hnojiv, které zemědělská praxe potřebuje především pro půdy silně degradované a do oblastí půd erozně ohrožených.

#### *Doporučení:*

Komunikace v regionu pro zajištění logistiky nakládání s kompostem a případně i provozování kompostáren v režii zemědělce. Důležitým praktickým opatřením využití kompostu je doplnění technologie aplikační technikou - rozmetadlem organických hnojiv, například jako komplexní služba kompostárny pro zemědělce.

### 8.2. Hodnocení kvality výsledného kompostu dle stávající legislativy

Výsledná kvalita kompostu se lišila proti parametrům zákona o hnojivech v položce C: N, kde norma požaduje 30: 1. Je to v současné době stav u všech registrovaných kompostů dle zákona o hnojivech (dle informací ÚKZUZ). Tento poměr C: N by měla mít surovinová skladba vstupních surovin 30: 1, nicméně dle našich testů dosahovaly hodnot v rozpětí 8 - 17: 1 a to jak v kvalitě vstupních surovin, tak i kompostu. V této souvislosti je třeba zmínit, že zákonné předpisy reflektují dobu, ve které byly tyto předpisy vytvořeny (v případě ČSN rok 1991).

### *Dílčí závěr*

Mimo poměru C: N komposty produkované v ČR včetně testovaných v rámci projektu splňují kvalitu vhodnou pro aplikaci na zemědělskou půdu dle zákona o hnojivech. Úzký poměr C: N může být způsoben chybějící uhlíkovou složkou.

### *Doporučení:*

Bylo by tedy vhodné stávající právní úpravu (ČSN 465735 Průmyslové komposty, o kterou se opírá stávající legislativa) aktualizovat se zohledněním nových technologií a postupů. Jak technologie zajišťuje produkci stabilního hnojiva (C: N).

Pro naplnění podmínek kvality kompostu pro obnovu půdní úrodnosti, snížení rizik eroze a ochrany vod je zde vhodné testovat kvalitu kompostu – standardizovat kvalitu kompostu z pohledu jeho stability:

- Kvalitní regenerace půdy
- Zlepšení procesního a ekonomického managementu kompostárny

## 8.3. Hodnocení kvality půd

### 8.3.1. Fyzikální vlastnosti – objemová hmotnost redukovaná

Zvýšením obsahu organické půdní hmoty **aplikací kompostu** je základní předpoklad pro výrazné ovlivnění struktury půdy – ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy, jako jsou například stabilita půdních agregátů, **objemová hmotnost, pórovitost, využitelná vodní kapacita a infiltrace**.

Testy půdy byly hodnoceny parametrem objemové hmotnosti redukované, který indikuje pórovitost půdy a může být ovlivněna mj. zpracováním půdy. V našich testech bylo u lokality P 6 zjištěno zhutnění půdy, u ostatních lokalit byla zjištěna dobrá pórovitost (druh lehké a střední půdy), ale nebyl zásadní rozdíl na lokalitách mezi pozemky hnojenými a nehnojenými kompostem. Stejně tak u hodnocení maximální kapilární kapacity a minimální vzdušné kapacity, nebyly zjištěny rozdíly ve hnojených a nehnojených pozemcích kompostem. Pro změnu fyzikálního stavu půdy je nutné systémové dodávání organické hmoty – kompostu do půdy.

**Fyzikální vlastnosti půdy - kompost zlepšuje chemické a fyzikální charakteristiky půdy, zejména vodní a vzdušný režim půd, obnovuje se průsak srážek do hlubších půdních horizontů:**

Zvýšením obsahu organické půdní hmoty dojde k výraznému ovlivnění struktury půdy – dojde ke zlepšení fyzikálních vlastností půdy, jako jsou například stabilita půdních agregátů, objemová hmotnost, pórovitost, využitelná vodní kapacita a infiltrace. Zvýšená stabilita půdních agregátů chrání zeminu před zhutňováním a erozí. Snížená objemová hmotnost a zvýšené pórovitost zlepšuje provzdušnění půdy a její odvodňování. Zvýšená využitelná vodní kapacita může ochránit rostliny před suchem. Tyto vlivy postupně zlepšují úrodnost půdy. Dále zlepšují kvalitu půdy, jako jsou například zpracovatelnost půdy, odolnost proti erozi, vododržnost a funkce půdy, které jsou podstatné pro tvorbu výnosu.

### Dílčí závěr

Průkazné změny kvality půdy nastanou, při systémovém zařazení kvalitního kompostu do osevních postupů včetně uplatnění dalších půdoochranných opatření (především využití meziplodin u kompostu s uším poměrem C: N) v časovém období minimálně 4 – 5 let. Dalším důsledkem s přísunem organických látek a energie v kompostu se postupně rozrušuje ztuhlá vrstva podorničí z předcházejícího hospodaření, omezuje se deformace kořenové soustavy, kořeny prorůstají do hloubky a plodiny jsou schopny v suchých periodách hospodařit i s hlouběji zasáknutou srážkovou vodou.

### Doporučení:

Využití kompostu dle kvality půdy – druh půdy, je nutné hodnotit z pohledu krátkodobého nebo dlouhodobého účinku.

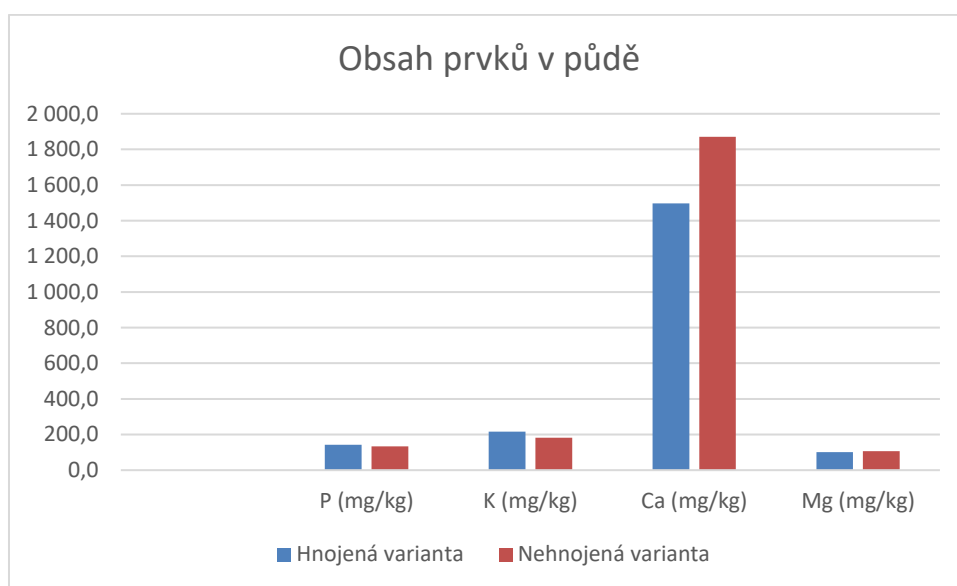
- Lehké půdy (písčité) - pro pozitivní vliv kompostu v režimu krátkodobého účinku je nutné aplikovat kompost s uším poměrem C: N (10 – 16 : 1) a vždy v souvislosti se zařazením zeleného hnojení, *například: aplikace kompostu v dávce cca 8t/ha v sušině / rok a směska zeleného hnojení (vikev, oves, bob, ředkev olejná)*
- Střední až těžké půdy - pro dlouhodobé zlepšení využívat kompost se širokým poměrem C: N (30 – 35 : 1) - dostatek uhlíku v kompostu, pro rychlý a pozitivní vliv využít komposty s uším poměrem C: N. Aplikace je vhodná 1 x v roce nebo ve 2 – 3 letém intervalu, výše dávky kompostu bude dána dle potřeb živin v osevním postupu nebo řazení plodin a technologie základní agrotechniky.
- Bod, který rozhoduje o aplikaci kompostu je kvalita půdy – její biologie, kterou lze posoudit podle jednoduchého biologického testu. Test zjistí, zda je půda z pohledu biologické aktivity: „mrtvá“ nebo „živá“. *Test lze provést jednoduchým následujícím postupem: rýčem otevřít půdní profil, ve kterém když najdeme nerozložené posklizňové zbytky z předcházejících více let (mrtvá půda) nebo z kratšího období (líná půda), pokud zbytky chybí je půda živá. Pro biologicky aktivní půdu je vhodné aplikovat kompost s širším poměrem C: N (30 – 35 : 1), na méně biologicky aktivní půdy aplikovat kompost s uším poměrem C: N (10 – 16 : 1) a vždy s meziplodinou, aby nedošlo ke ztrátám živin.*



Obrázek 13 Ukázka biologického testu – lokalita P 6- živá půda

### 8.3.2. Chemické vlastnosti

Testy prokázaly, že kompost je komplexní organické hnojivo vzniklé cíleným aerobním rozkladem pomocí živých organismů. Kompost má proporce živin, které jsou pro půdu i rostliny pozitivní. Podporuje rovnoměrný příjem živin rostlinami, ostatní jsou půdními mikroorganismy ukládány do organických forem a tak vytváří zásobu živin. Tato zásoba je nutná obnovovat a doplňovat – dlouhodobý efekt kompostu. Byly ověřeny varianty dávkování kompostu buď jednorázovou dávkou na 2 – 3 roky nebo průběžným hnojením každý rok v dávce 6 - 8 tun kompostu v sušině na ha a rok. Takto byly vytvořeny trvalé podmínky pro obnovu humusu v půdě. Dále bylo ověřeno, že potenciál kompostu je i pro různé zemědělské systémy, kdy ekologické zemědělství organickými hnojivy hradí 100 % všech živin, pro konvenční zemědělství je nutné doplnit dusík dle potřeb plánované nebo intenzity produkce.



Graf 11 Obsah prvků v půdě

#### Dílčí závěr

Důležitým zjištěním je, že kombinací aplikace kompostu a snížení odpovídající dávky dusíkatých hnojiv není ovlivněna produkce – naopak se zvyšuje.

#### Doporučení:

Kdy a v jakém množství kompost aplikovat je vhodné řešit dle:

- bilance organické hmoty a živin v rámci osevního postupu,
- půdně klimatických podmínek – druh a typ půdy  
<http://eagri.cz/public/web/mze/farmer/LPIS>
- zásobenost půd přístupnými živinami (AZZP - agrochemické zkoušení zemědělských půd ÚKZUZ)  
<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/publikace/agroch-zkouseni-zemedelskych-pud/>
- erozní ohroženosti a dalších omezení půdního bloku  
<http://eagri.cz/public/web/mze/farmer/LPIS>
- systému hospodaření – ekologická, integrovaná nebo konvenční technologie



### 8.3.3. Stav organické hmoty v půdě

Kompost můžeme považovat za směs stabilizovaných organických látek, které prošly řízenými biologickými přeměnami, zabezpečovanými převážně aerobními mikroorganismy. Velkou výhodou procesu kompostování je fáze hygienizace. Hynutí patogenních organismů je důsledkem nejen hygienizačních teplot přesahujících nakrátko více než 65°C, ale také vlivem přítomnosti biologicky aktivních látek, mikrobiálních metabolitů, např. antibiotik vznikajících ve zrajícím kompostu mikrobiálními aktivitami. Tímto způsobem jsou vytvořeny podmínky pro zdravý vývoj půdy.

#### *Dílčí závěr*

Účinnost kompostu má pozitivní vliv na půdu díky jeho kvalitě a liší se tak od ostatních organických hnojiv používaných v zemědělské praxi stabilní formou dusíku (C: N). Zásadním způsobem ovlivňuje biologickou aktivitu půdy a tím vytváří podmínky pro zadržení vody v půdě a stabilitu pěstované produkce za různých klimatických vlivů.

#### *Doporučení:*

V rámci bilance organické hmoty a živin strukturovat sled plodin (případně osevni postup) pro maximální využití a snížení ztrát živin pro plánovanou produkci. Cílem by měla být struktura plodin pro průběžné využití živin dodaných kompostem s případným doplněním ze živin ze zdrojů průmyslových hnojiv dle nároků pěstovaných rostlin.

### 8.3.4. Zdroje živin

Kalkulace zdrojů živin kompostu u testovaných podniků konvenčního zemědělství snižuje náklady na živiny průmyslových hnojiv v rozmezí u dusíku 17 – 40 %, u fosforu 31 – 100 %, u draslíku 48 – 100 %, u vápníku 100 %, u hořčíku 100 %.

Příklad přístupu živin nebo využitelnosti kompostu v prvním roce aplikace sumarizuje tabulka 36.

Tabulka 37 Dostupnost živin pro rostliny

Prvek	Přístupnost (%)		Poznámka	Zdroj
	od	do		
Dusík	-14	+15	mineralizace dusíku v kompostu je ovlivněna zpracováním půdy a kultivací plodin, interakcemi mezi rostlinou a půdou, na požadavcích rostliny na dusík a na dynamice příjmu dusíku	Brandt and Wildhagen, 1999; von Fragstein and Schmidt, 1999; Gagnon et al., 1997; Hartl and Erhart, 2005; Nevens and Reheul, 2003
Fosfor	- 20	+40	okamžitě přístupný pro plodiny	Vogtmann et al., 1993a

Draslík	+58	okamžitá dostupnost draslíku pro plodiny může přesáhnout 58% z celkového množství draslíku přítomného v kompostu, zbytek draslíku pak lehce zmineralizuje	Vogtmann et al., 1993a
---------	-----	---	------------------------

Zdroj: BFA Vídeň

#### 8.4. Bilance živin v podniku – podíl hnojiv organického původu v systémech zemědělské praxe

Jakmile se v průběhu několika let po aplikaci kompostu stane fosfor a draslík v kompostu téměř kompletně dostupný pro rostliny, lze celkový obsah draslíku a fosforu v kompostu započítat do bilance živin. Množství oxidu vápenatého, který je dodáván do půdy prostřednictvím menších dávek kompostu, je dostatečný pro náhradu za standardní vápnění půdy.

##### *Dílčí závěr*

Pro podporu využití kvalitního kompostu – jako komplexního organického hnojiva – je nutné, aby zemědělské podniky pro strategii ochrany půdy, zadržetí vody v krajině a snížení ztrát živin (zvýšení přijatelnosti živin) do spodních a povrchových vod vedly **bilanci organické hmoty a živin**. Bilance vede nejen k environmentálnímu postoji zemědělce, ale především k výrazné úspoře neobnovitelných živin a podpoře recyklace živin.

##### *Doporučení*

Na základě výsledků pilotního projektu předkladatelé vytvořili tato doporučení:

1. Z výsledků pilotního projektu jednoznačně vyplývají pozitivní environmentální přínosy zpracování odpadu technologií kompostování, pozitivní vliv kompostu na kvalitu půdy a kvalitu – stabilitu pěstovaných plodin. Proto by podle názoru zpracovatele bylo vhodné využití kompostu dotačně podpořit.
2. Dopracovat stávající pomůcky („kalkulačky“) pro bilanci organické hmoty a živin o podmínky postupného využití živin z kompostu. Zpracovatelé doporučují podpořit systém DZES 6 o podmínku bilance organické hmoty a živin.
3. Podpořit využití kompostu jako půdochranné technologie pro plochy:
  - v pásmech ochrany vod
  - erozně ohrožené
  - biologické technologie ochrany půdy
  - ekologického zemědělství

## 8.5. Efekt kompostu na testovaných zemědělských podnicích

### 8.5.1. P1 - Regent Plus Žlutice, spol. s r.o. / Kraj Karlovarský

#### System hospodaření

- ekologické zemědělství, celková výměra ZPF 1 332 ha,
- testovaná lokalita - díl bloku 0003-0830-1030 – 5,7 ha , MEO

#### Půdně klimatické podmínky

- průměrná roční teplota 7°C, průměrný úhrn srážek 600 mm,
- půdní druh – lehká, půdní typ – luvizem
- AZZP 2009 – zásobenost živin v půdě – P /velmi vysoká, K / vysoká, Ca / nízká, pH 5,1 /

#### Technologie kompostárny / kvalita kompostu

- kompostárna – technologie na volné ploše – aerobní podmínky jsou zajištěny v kombinaci traktorového překopávače včetně větracích roštů, kapacita zpracovaného BRO 15 000 t/rok, kompostárna zajišťuje podmínky hygienizace surovin / kompostu (monitoring teploty)
- kompostárnu ve vlastnictví i provozu zemědělského podniku
- suroviny (průměrný stav) - 10 % organické zbytky vlastní (zemědělství), 60 - 70 % separovaný digestát, 20 - 30 % BRKO, do 3 % popel z biomasy (spalovny)
- obsah živin v mixu vstupních surovin - průměr testu (kg/tunu v sušině)  
C : N 11 – 35 N 2 – 25 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8,8 – 26,1 K<sub>2</sub>O 9,2 - 45 CaO 14 – 60,8 MgO 5,5 - 16  
pH 8,7 – 11,4
- obsah živin v kompostu (kg/tunu v sušině )  
C : N 10,5 – 12 N 22 - 25 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7,7 – 30,9 K<sub>2</sub>O 26.6 – 45,1 CaO 32,2 – 56,4 MgO 7,3 – 15,5 pH 8,3 – 9,1

#### Zdroje živin (kg/ha v sušině) osevního postupu v dávce kompostu v roce 2016 a 2017:

v roce 2016	25 tun / ha / rok	N 120	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 244,	K <sub>2</sub> O 1137	CaO 216	MgO 166
v roce 2017	15 tun / ha / rok	N 284	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 370	K <sub>2</sub> O 599	CaO 751	MgO 224

#### Kvalita půdy

- fyzikální vlastnosti (hydrofyzikální) – u lokality P 1 jsou půdy porušené s nízkou vsakovací schopností pro vodu, s malou vododržností, meziroční hodnocení s uvedenými dávkami kompostu vykazuje mírné zlepšení
- chemické vlastnosti - u lokality P 1 došlo k navýšení zásoby živin P, K, Mg (lokalita s každoročním hnojením kompostem v dávce 40,6 t /2016, 37,2 t / 2017
- obsah organických látek (OL) – u lokality P 1 došlo k navýšení u OL o 3,9 % a u C<sub>ox</sub> o 12 % - režim ekologického zemědělství, kde nejsou používána žádná průmyslová hnojiva, kompost byl aplikován 2x za 3 roky testů v dávce 43 a 37 t/ha v původní hmotě

#### Kvalita rostlinné produkce

- produkce rostlin (t/ha)  
při struktuře osevního postupu v roce 2015 – 2017 luskovinoobilná směska došlo k navýšení produkce proti nehnojené variantě kompostem od -1% (po první aplikaci v roce 2015) do 68% v roce 2017

- zvýšený obsah živin v rostlinách (přístupnost živin v půdě pro rostliny) v roce 2016 o 13,6% a v roce 2017 o 20% (v celé rostlině).

### Závěr – vyhodnocení testů lokality P1

*V ekologickém systému, kdy je zdroj živin z kompostu variantou zdroje živin až 100% se u tohoto podniku projevil jeho efekt včetně synergie struktury osevniho postupu a kompostu. Ekonomický efekt kompostu je ve stabilitě a produkci rostlin, včetně zpřístupnění živin pro rostliny - zvýšený obsah v rostlinách.*

#### 8.5.2. P2 - ZERA , Kraj Vysočina

#### System hospodaření

- ekologické zemědělství, celková výměra ZPF 2,5 ha
- testovaná lokalita – půdní blok 501 – 2,5 ha, SEO

#### Půdně klimatické podmínky

- průměrná roční teplota 7,2°C, průměrný úhrn srážek 594 mm,
- půdní druh – středně těžká, půdní typ – kambizem
- AZZP 2010 – zásobenost živin v půdě – P /velmi vysoká, K / vysoká, Ca / vhodná, pH 5,0

#### Technologie kompostárny / kvalita kompostu

- kompostárna – technologie na volné ploše - aerobní podmínky jsou zajištěny technologií větracích roštů, kapacita zpracovaného BRO 2 500 t/rok, kompostárna zajišťuje podmínky hygienizace surovin / kompostu (monitoring kyslíku a teploty)
- kompostárna není v provozu testovaného podniku
- suroviny 100 % BRKO
- obsah živin v mixu vstupních surovin - průměr testu (kg/tunu v sušině)  
C : N 12 - 16 N 14 - 20 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6,6 – 12,5 K<sub>2</sub>O 22,4 – 31,6 CaO 6,9 – 9,1 MgO 9,6 – 22,1 pH 8,0 - 8,8
- obsah živin v kompostu (kg/tunu v sušině )  
C : N 9 – 11,2 N 13 - 16 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3,1 – 11,3 K<sub>2</sub>O 13,9 – 23,5 CaO 16,4 – 20,6 MgO 3,8 – 4,1 pH 8,2 – 8,8

#### Zdroje živin (kg/ha v sušině) osevniho postupu v dávce kompostu v roce 2008 a 2017:

v roce 2008 48 tun / ha / rok N 65 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 560, K<sub>2</sub>O 1120 CaO 992 MgO 720  
v roce 2017 19 tun / ha / rok N 285 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 66 K<sub>2</sub>O 300 CaO 330 MgO 75

#### Kvalita půdy

- fyzikální vlastnosti (hydrofyzikální) u lokality P 2 jsou půdy s nižší vsakovací schopností pro vodu a malou vododržností, meziroční hodnocení s uvedenými dávkami kompostu vykazuje mírné zlepšení
- chemické vlastnosti – u lokality P 2 došlo k významnému navýšení u Ca, Mg a mírně u K (jednorázová dávka kompostu na více let, 19 t/ha v sušině v roce 2017).
- obsah organických látek (OL) – u lokality P 2 došlo ke snížení jak o obsahu OL o 12,5 % ta u C<sub>ox</sub> o 6,5 %, dávka 80 t/ha byla nízká na ha a dobu a strukturu OP, dávka 19 t/ha v sušině v roce 2017 se v těchto testech ještě neprojevila

## Kvalita rostlinné produkce

- produkce rostlin (t/ha) v roce 2016 u plodiny špalda o 0%, v roce 2017 u plodiny oves o 6,7% (dávka kompostu u ploch hnojených kompostem proti nehnojeným plochám
- zvýšený obsah živin v rostlinách (přístupnost živin v půdě pro rostliny) v roce 2016 o 2,2% a v roce 2017 o 3,8% (v celé rostlině).

## Závěr – vyhodnocení testů lokality P2

*Tato testovaná lokalita v rámci osevního postupu řeší zdroje živin v rámci struktury plodin a zdrojů organické hmoty (zelené hnojení, zaorávka slámy). Kompost je pro tuto lokalitu nosným zdrojem živin. Pro udržení kvality půdy (fyzikálního stavu půdy) je důležitým faktorem systémové využití kompostu. Pozitivní vliv je zvýšení přijatelnosti živin pro rostliny v půdě, včetně dodání mikroprvků (v rostlinách byl zvýšen obsah B po dávce 30t/ha kompostu o 9,7 % proti nehnojené variantě.*

### 8.5.3. P3 – BLOKOM CZ, s.r.o, Kraj Jihočeský

#### System hospodaření

- ekologický podnik, celková výměra ZPF 270 ha
- testovaná lokality – půdní blok 3403/4 – 14,75 ha, SEO

#### Půdně klimatické podmínky

- průměrná roční teplota 6,9°C, průměrný úhrn srážek 600 mm,
- půdní druh – středně těžká, půdní typ – kambizem
- AZZP 2012 – zásobenost živin v půdě – P /vhodná, K / vhodná, Ca / vhodná, pH 5,0

#### Technologie kompostárny / kvalita kompostu

- kompostárna na volné ploše, aerobní podmínky jsou zajištěny technologií větracích mobilních trubek, kapacita zpracovaného BRO je 3 000 t/rok, kompostárna zajišťuje podmínky hygienizace surovin / kompostu (monitoring teploty)
- kompostárna je v provozu zemědělského podniku
- suroviny (průměrný stav) - 30 % organické zbytky vlastní (zemědělství), 50 % BRKO, 20 % čistírenské kaly, kompost s obsahem čistírenských kalů jsou využívány mimo plochy ekologického zemědělství
- obsah živin v mixu vstupních surovin - průměr testu (kg/tunu v sušině)  
C : N 13 – 15 N 14 - 20 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6,6 – 9,2 K<sub>2</sub>O 16,9 – 28,5 CaO 7,6 – 16,7 MgO 7,6 – 22,7 pH 8,3 - 9,0
- obsah živin v kompostu (kg/tunu v sušině )  
C : N 10 – 16 N 10 - 19 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5,9 – 13,9 K<sub>2</sub>O 11,4 – 16,4 CaO 7,1 – 19,5 MgO 4,6 – 7,4 pH 6,9 – 10

#### Zdroje živin (kg/ha v sušině) osevního postupu v dávce kompostu v roce 2015:

v roce 2015 16 tun / ha / rok N 75 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 68, K<sub>2</sub>O 258 CaO 293 MgO 123

#### Kvalita půdy

- fyzikální vlastnosti (hydrofyzikální) u lokality P 3 jsou půdy s nižší vsakovací schopností pro vodu a malou vododržností, meziroční hodnocení s uvedenými dávkami kompostu vykazuje mírné zlepšení, pro uvedený druh půdy je nutné systémové využití kompostu pro úpravu hydrofyzikálních vlastností

- chemické vlastnosti – u lokality P 3 došlo k mírnému snížení u P a zvýšení u K, ostatní prvky nenaznaly změny, dávka kompostu 16 t / ha v sušině v roce 2015
- obsah organických látek (OL) – u P 3 došlo k navýšení OL o 5,1 % a C<sub>ox</sub> o 7,3 %, kompost byl aplikován 1 x za 3 roky testů v dávce 16 tun v sušině na ha v roce 2015 v původní hmotě

#### Kvalita rostlinné produkce

- produkce rostlin (t/ha) v roce 2016 u plodiny špalda o plus 5% u ploch hnojených kompostem proti nehnojeným plochám
- zvýšený obsah živin v rostlinách (přístupnost živin v půdě pro rostliny) v roce 2016 u rostlin špaldy o 10,5% (v celé rostlině).

#### Závěr – vyhodnocení testů lokality P3

Z výsledků testů této lokality vyplývá, že pro bilanci živin je kompost v systému ekologického zemědělství vhodným organickým hnojivem a pro půdy s erozní ohrožeností rychlým opatřením změn fyzikálních vlastností za podmínky systémového využití v dávkách min 8tun kompostu na ha a rok (změny u lokality nastaly po aplikaci 16 t na ha a rok (v sušině) v rámci 3 letých testů.

#### 8.5.4 P4 – EUROFARMS, s.r.o., Kraj Vysočina

##### Systém hospodaření

- konvenční podnik, celková výměra ZPF 6 322 ha
- testovaná lokality – půdní blok 6801/3 – 9,7 ha, MEO

##### Půdně klimatické podmínky

- průměrná roční teplota 6,2°C, průměrný úhrn srážek 640 mm,
- půdní druh – středně těžká, půdní typ – kambizem
- AZZP 2014 – zásobenost živin v půdě – P /vhodná, K / velmi vysoká, Ca / nízká, pH 6,2

##### Technologie kompostárny / kvalita kompostu

- kompostárna na volné ploše, aerobní podmínky jsou zajištěny technologií traktorového překopávače kompostu, kapacita zpracovaného BRO je 5 000 t/rok, kompostárna zajišťuje podmínky hygienizace surovin / kompostu (monitoring teploty)
- kompostárna je v provozu technických služeb města Jihlavy
- suroviny 96 % BRKO, 4 % BRO živnostníci
- obsah živin v mixu vstupních surovin - průměr testu (kg/tunu v sušině)
- C : N 13 – 16 N 14 - 26 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 6,6 – 10,1 K<sub>2</sub>O 3,8 – 45,2 CaO 8,9 – 25,5 MgO 5,4 – 34,2 pH 8,3 – 8,9
- obsah živin v kompostu (kg/tunu v sušině )
- C : N 4 - 13 N 14 - 27 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 2,5 – 9,1 K<sub>2</sub>O 12,1 – 26,2 CaO 16,7 – 20,9 MgO 3,3 – 5,7 pH 8,2 - 9,0

##### Zdroje živin(% - kg/ha v sušině) osevního postupu v dávce kompostu v roce 2015:

v roce 2015	8 t / ha / rok	N 45%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 63%	K <sub>2</sub> O 100%	CaO 100%	MgO 100%
	prům. hnojiva	N 55%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 37%,	K <sub>2</sub> O 0	CaO 0	MgO 0
v roce 2017	prům.hnojiva	N 0	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100%	K <sub>2</sub> O 0	CaO 0	MgO 0

### Kvalita půdy

- fyzikální vlastnosti (hydrofyzikální) u lokality P 4 jsou půdy s nižší vsakovací schopností pro vodu a menší vododržností, meziroční hodnocení s uvedenými dávkami kompostu vykazuje mírné zlepšení, pro uvedený druh půdy je nutné systémové využití kompostu pro úpravu hydrofyzikálních vlastností
- chemické vlastnosti – P 4 nebyly zjištěny žádné rozdíly ve sledovaných prvcích – aplikace kompostu byla provedena v dávkách 8 t / ha v sušině v roce 2015
- obsah organických látek (OL) – P 4 došlo k navýšení OL o 4,1 % a C<sub>ox</sub> o 3,7 % - režim konvenčního zemědělství, aplikace kompostu byla provedena v roce 2016 v dávce 8 tun v sušině na ha v původní hmotě

### Kvalita rostlinné produkce

- produkce rostlin (t/ha) v roce 2016 u plodiny mák 0 % u ploch hnojených kompostem proti nehnojeným plochám, v roce 2017 u plodiny ječmen jarní zvýšení výnosu o 2,5%
- zvýšený obsah živin v rostlinách (přístupnost živin v půdě pro rostliny) v roce 2017 o ječmene jarního o 1,7% (v celé rostlině).

### Závěr – vyhodnocení testů lokalita P4

- *Na této lokalitě byl ověřeno průběžné čerpání dusíku, kdy v bilanci živin v druhém roce po aplikaci kompostu a bez dávky promyslových živin (dusíku) byla potřeba živin řešena kompostem – produkce byla u ječmene jarního o 1,7 % vyšší než u plochy nehnojené kompostem s dávkou 80 kg N/ha. Kompost v bilanci živin pro potřebu a produkci pěstovaných rostlin řešil významný podíl.*

## 8.5.5 P5 – Orlická zemědělská, a.s., Kraj Královehradecký

### Systém hospodaření

- konvenční podnik, celková výměra ZPF 686 ha
- testovaná lokality – půdní blok 3102/3 – 7,06 ha, MEO

### Půdně klimatické podmínky

- průměrná roční teplota 7,5°C, průměrný úhrn srážek 700 mm,
- půdní druh – lehká, půdní typ – kambizem

### Technologie kompostárny, kvalita kompostu

- kompostárna na volné ploše s manipulátorem, kapacita 3 000 tun zpracovaného BRO, monitoring teploty,
- kompostárna je v provozu technických služeb města Týniště nad Orlicí
- suroviny 100 % BRKO
- kvalita kompostu
- obsah živin v mixu vstupních surovin - průměr testu (kg/tunu v sušině)  
C : N 10 – 18 N 11 - 16 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 5,3 – 8,2 K<sub>2</sub>O 12 – 17,4 CaO 4,8 – 27,9 MgO 4,4 – 18,9 pH 8,1 - 8,6
- obsah živin v kompostu (kg/tunu v sušině )  
C : N 9 – 11 N 12 - 17 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3,2 – 9 K<sub>2</sub>O 9,4 – 18,4 CaO 16,5 – 22,7 MgO 3,2 – 5,8 pH 8,3 – 9

## Zdroje živin( % - kg/ha v sušině) osevního postupu v dávce kompostu v roce 2016

v roce 2016	14 t/ ha / rok	N 95%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 79%	K <sub>2</sub> O 88%	CaO 100%	MgO 100%
prům. hnojiva		N 5%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 21%	K <sub>2</sub> O 12%	CaO 0	MgO 0

### Kvalita půdy

- fyzikální vlastnosti (hydrofyzikální) - lokality P 5 má charakter utužené půdy, je třeba půdy kypřit a dodat organickou hmotu, meziroční rozdíly u těchto lokalit nevykazují změny
- chemické vlastnosti - P 5 zásobením půd živinami P, K, Mg nebyly zaznamenány změny, mírně byl navýšen obsah Ca, aplikace kompostu byla provedena v roce 2016 v dávce 18 t / ha v sušině
- obsah organických látek (OL) - P 5 došlo k navýšení OL o 8,2 % C<sub>ox</sub> se neměnil - režim konvenčního zemědělství, kompost byl aplikován v roce 2016 v dávce 18 tun v sušině na ha v původní hmotě

### Kvalita rostlinné produkce

- zvýšený obsah živin v rostlinách (přístupnost živin v půdě pro rostliny) v roce 2016 kukuřice na zrno byl příjem živin o 17,6% nižší, v roce 2017 u plodiny proso byl příjem zvýšen o 5,8% (v celé rostlině).

### Závěr – vyhodnocení testů

*U této lokality byla ověřena účinnost kompostu, který byl aplikovaný na jaře před setím kukuřice, ale jeho účinnost v bilanci rostlin byla až v následujícím roce. Praxí je ověřena vhodnost aplikace na podzim po sklizni hlavní plodiny u lehkých půd v kombinaci se zeleným hnojením. Dalším efektem kompostu je dodání mikroprvků do půdy – byl změřen vyšší příjem B rostlinami o 2,3% proti nehnojené variantě.*

8.5.6 P6 – RK Náklo, s.r.o. , Kraj Jihomoravský

### System hospodaření

- konvenční podnik, celková výměra ZPF 716 ha
- testovaná lokality – půdní blok 0301/12 0,2 ha, MEO

### Půdně klimatické podmínky

- průměrná roční teplota 9,4°C, průměrný úhrn srážek 622 mm,
- půdní druh – středně těžká, půdní typ – kambizem
- AZPP 2015 – zásobenost živin v půdě – P /dobá, K / dobrá, Ca / nízká, pH 6,1

### Technologie kompostárny / kvalita kompostu

- kompostárna na volné ploše, aerobní podmínky jsou zajištěny větracích roštů, kapacita zpracovaného BRO je 25 000 t/rok, kompostárna zajišťuje podmínky hygienizace surovin / kompostu (monitoring teploty)
- kompostárna je v provozu zemědělského podniku
- suroviny 64 % organické zbytky vlastní (zemědělství), 10 % BRKO, 20 % ČOV, 6 % BRO živnostníci
- obsah živin v mixu vstupních surovin - průměr testu (kg/tunu v sušině)



C : N 11 – 14 N 24 - 41 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16,2 – 24 K<sub>2</sub>O 19,3 – 26 CaO 9,1 – 44,1 MgO  
7,5 – 24 pH 5,3 - 8,9

- obsah živin v kompostu (kg/tunu v sušině )

C : N 8 – 17 N 17 - 49 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7,9 – 27 K<sub>2</sub>O 12,9 – 26,2 CaO 26 – 41,7 MgO 4,1  
– 6,9 pH 5,5 – 7,

Zdroje živin(% - kg/ha v sušině) osevního postupu v dávce kompostu v roce

v roce 2015 8 t/ ha / rok N 80% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 100%, K<sub>2</sub>O 100% CaO 100% MgO 100%

Kvalita půdy

- fyzikální vlastnosti (hydrofyzikální) - lokality P 6 má charakter utužené půdy, je třeba půdy kypřit a dodat organickou hmotu, meziroční rozdíly u těchto lokalit nevykazují změny
- chemické vlastnosti – u lokality P 6 došlo ke zvýšení obsahu P (kompost s podílem čistírenských kalů), ostatní prvky nezaznamenaly žádný významný rozdíl mezi hnojenou a nehnojenou variantou, aplikace kompostu byla provedena v roce 2016 v dávce 8 t/ha v sušině
- obsah organických látek (OL) - u lokality P 6 došlo k navýšení OL o 32 % a C<sub>ox</sub> o 7,5 % - režim konvenčního zemědělství, kompost byl aplikován v roce 2015 v dávce 8 tun na ha v sušině

Kvalita rostlinné produkce

- produkce rostlin (t/ha) v roce 2016 u plodiny řepka ozimá 30 % u ploch hnojených kompostem proti nehnojeným plochám, v roce 2017 u plodiny triticales zvýšení výnosu o 24%
- zvýšený obsah živin v rostlinách (přístupnost živin v půdě pro rostliny) v roce 2016 u plodiny řepky ozimé byl příjem snížen o 187% a v roce 2017 byl příjem rostli u plodiny triticales zvýšen o 3% (v celé rostlině).

**Závěr – vyhodnocení testů**

*Na této lokalitě jsme ověřili, že systémové využití kompostu v bilanci živin je nosným zdrojem živin a organické hmoty a zajišťuje trvale stabilitu rostlinné produkce. Dalším efektem je zvýšení obsahu fosforu v kompostu díky využití čistírenských kalů.*

## 8.6. Benefity kompostu pro DZES 5 a 6

Využívání kompostu z biologického odpadu o vysoké a kontrolované kvalitě:

**Pravidelná aplikace kvalitního kompostu zajistí rovnoměrnou produkci plodin během teplotních a srážkových extrémů – toto je základní a prioritní efekt kompostu.**

**Bilance humusu - pravidelná aplikace kvalitního kompostu zvyšuje biologickou aktivitu půdy, ať už přímo, nebo stimulací růstu rostlin:**

Nejdůležitější výhodou využívání kompostu je zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. Pravidelné hnojení kompostem vede ke zřetelnému zvýšení obsahu humusu v půdě a dávka kolem 6-8 t ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> v sušině je obvykle postačující pro udržení hladiny humusu v půdě – dlouhodobý efekt kompostu.

Pravidelné hnojení kompostem zvyšuje množství organismů a mikrobiální biomasu v půdě a stimuluje aktivitu enzymů, čímž dochází ke zvýšení mineralizace organické hmoty a zlepšené odolnosti proti škůdcům a chorobám. Oživení půdy umožňuje biologické odbourávání (rozklad) použitých pesticidů.

**Bilance živin - látky, obsažené v kompostu, byly původně rostlinami, obsahují proto všechny klíčové prvky v žádoucím vzájemném poměru:**

V průběhu několika let po aplikaci kompostu se stane fosfor a draslík v kompostu téměř kompletně dostupný pro rostliny, a celkový obsah draslíku a fosforu v kompostu lze započítat do bilance živin. Množství oxidu vápenatého, který je dodáván do půdy prostřednictvím menších dávek kompostu, je dostatečné pro náhradu za standardní vápnění půdy. Hnojivá hodnota dusíku v kompostu je však nižší. Uvolňování dusíku v následujících letech závisí na charakteristikách mineralizace, které jsou specifické dle půdy a kultivace, a bude zhruba stejné jako rozklad organické složky zeminy. Aplikací kompostu dodáváme živiny rovnoměrně, ve formě déletrvající nabídky. V případě, že o nabídku živin z kompostu nemají rostliny v daném okamžiku zájem, mohou být aplikované živiny dočasně navázány do buněk půdních mikroorganismů.

**Další efekty kompostu:**

**Ochrana vod:**

Mineralizace dusíku z kompostu probíhá relativně pomalu a prakticky nejsou známy žádné zprávy o nekontrolovatelném vyluhování dusíku. Z tohoto důvodu nepředstavuje hnojení kompostem žádné riziko eutrofikace podzemní vody.

**Bezpečnostní kritéria – hygienická, nechtěné vlastnosti (nečistoty, semena plevelů - klíčivost):**

Koncentrace perzistentních organických znečišťujících látek (PAH, PCB, PCDD/F) v kompostech o vysoké kvalitě je obvykle podobná jako v běžných půdách. Rovněž celková hygiena, zdravotní stav

roślin a plevele nepředstavují problém, pokud jsou využívány kvalitní komposty vyrobené za dodržení správné technologie.

### Dodržováním ověřených osevních postupů a meziplodin:

Přínos pozitivních efektů kompostu z biologického odpadu je časově rozpoznatelný a závislý nejen na faktorech, které určují mineralizace živin z půdy a kompostu, ale i na faktorech ovlivňujících výnos, jako jsou například požadavky na živiny a vhodnost osevního postupu. Plodiny s delšími periodami růstu mohou lépe využít kompost.

### Kompost a DZES

Dávku kompostu navrhuji doporučit pro DZES dle bilance živin a organické hmoty osevního sledu (nebo osevního postupu) zemědělského podniku (Je důležité dodržet poměr C: N v půdě 10 : 1). V případě návrhu konkrétní dávky pak podle kvality půdy. Pro trvale degradovanou půdu bez biologické aktivity (vysoká koncentrace živin průmyslových hnojiv, pesticidů) je nutné navrhnout pro rychlý a pozitivní vliv kompostu každoroční aplikaci kompostu s úzkým poměrem, zařazení meziplodin a snížení dávek dusíku průmyslových živin. *Například byly nalezeny posklizňové zbytky slámy v půdě včetně vysoké dávky dusíku, a přesto nebyly zbytky slámy rozloženy – biologicky neaktivní půda.*

Tabulka 38 Model potřeby živin a aplikace hnojiv - srovnání kompost a průmyslová hnojiva

Živina podle odběru živin na výnos 6t/ha (Potravinářská pšenice)	Počet aplikací		N	P205	K2O	CaO	MgO
	průmyslová hnojiva	kompost					
úprava pH (dolomit)	1					55	35
před setím	1				85		
před setím	1		30	55			
regenerační přihnojení	1	1	40				
produkční hnojení	1	1	35				
kvalitativní hnojení může být rozděleno na 2x (není započteno)	1	1	30				
konec sloupkování	1	1	12				
Celkem potřeba živin kg/ha			147	55	85	55	35
Celkem dodáno kompostem			70	150	187	252	90
Suma pojezdu	7	4					
Cena živin v kompostu Kč/ha		10413	1540	3300	3179	504	1890
Cena živin průmyslová hnojiva Kč/ha	6624		3234	1100	1445	110	735

Tabulka modeluje potřebu rostlin pro plánovanou produkci ve variantě dodávky živin průmyslovými hnojivy a varianta kombinace kompostu s průmyslovými hnojivy. Protože kompost je stabilní organické hnojivo s postupným uvolňováním živin měla by být kalkulace ceny dle bilance živin.

## Cena živin

- dodána kompostem je 10 413,- Kč s tím, že je dusíku zahrnuta jako dílčí podíl v prvním roce po aplikaci.
- dodaná průmyslovými hnojivy je 6 624,- Kč

## Živiny v kompostu:

- potřeba dusíku je využita cca z 30% (1 100,- Kč) v prvním roce, bude nutné dodat cca 100 kg dusíku /ha, tzn. 2 200,- Kč – cena za dusík bude celkem cca 3 300,- Kč
- fosfor je přístupný již v prvním roce po aplikaci kompostu ze 40 %. Pro potřeby plodin v půdě je fosfor plně dodán do půdy v zásobě na další 2 roky
- draslík je přístupný již v prvním roce po aplikaci kompostu z 58 %, v půdě je v dostatečné zásobě na další 2 roky
- živiny jako fosfor, draslík, vápník a hořčík jsou pro rostliny v dostatečné zásobě na další 2 roky (dle konkrétních potřeb rostlin)

V uvedeném modelu kompost dodá do půdy živiny, které byly oceněny v cenách průmyslových hnojiv (Zdroj: Průměrné ceny živin září/říjen 2017 VÚRV) o 3 382 Kč více. Další benefit kompostu je úspora nebo četnost aplikace živin v rámci bilance živin.

## 9. Přílohy

### Příloha č. 1

#### Metodika provozního ověření

**Rešerše - stávajících výsledků výzkumu**, který se zabývá využitím kompostu na zemědělské půdě v rámci ČR a několika dalších vybraných států EU.

### Příloha č. 2

Fotodokumentace

