



Návrh využití kompostů v rámci standardu dobrého zemědělského a environmentálního stavu (dále jen DZES 6) za účelem zlepšení a zachování organické složky v půdě

Zpracovatel: ZERA – zemědělská a ekologická regionální agentura, z.s.
Podhradí 1022, 675 71 Náměšť nad Oslavou

Část B

29. září 2017

Obsah

Výstupy B:.....	3
B.1 Kvalita kompostů pro zemědělské využití, složení kompostů (poměr C: N, obsah organické hmoty, obsah živin min P, K, Mg, Ca, popř. další prvky a mikroprvky podle možností), běžná dávka na hektar v zemědělských provozech, frekvence opakované aplikace. Problematika certifikace kompostů pro zemědělskou praxi	3
Potlačení chorob rostlin	3
B.2 Provést šetření o výrobě a použití kompostů v zemědělských podnicích na menším vzorku podniků např. metodou dotazníkového šetření (tvorba dotazníků ve spolupráci s ÚZEI) 12	
B.3 Souhrn informací o největších problémech pro použití kompostů v praxi a návrh změny. Návrh na znění podmínek standardu DZES 6. "	13
B.4 Ekonomika výroby kompostu a aplikace	14

Seznam tabulek

Tabulka 1 Obsah živin v sušině kompostu	4
Tabulka 2 Příklad obsahu celkových živin NPK v kompostu ve sledovaných lokalitách zemědělských podniků.....	6
Tabulka 3 Příklad hnojení kompostem v systémech základní agrotechniky	8
Tabulka 4 Smyv půdy – Velešovice, meziplodina svazanka.....	11
Tabulka 5 Náklady na výrobu kompostu	15
Tabulka 6 Náklady na aplikaci kompostu	15
Tabulka 7 Průměrná cena živin v kompostu při přepočtu cen na průmyslová hnojiva a průměrné kvalitě živin v kompostu	15
Tabulka 8 Model procesní nákladovosti výroby kompostu na kompostárně	16
Tabulka 9 Cena aplikace kompostu	16
Tabulka 10 Model zajištění zdrojů živin - pšenice ozimá, potravinářská - bez využití kompostu	17
Tabulka 11 Model zajištění zdrojů živin - pšenice ozimá, potravinářská - s aplikací kompostu.....	17

Seznam grafů

Graf 1 Obsah živin v kompostech	7
Graf 2 Vodostálost půdních agregátů.....	10

Seznam obrázků

Obrázek 1 Pozemky testů výzkumů.....	10
--------------------------------------	----

Výstupy B:

B. 1 Kvalita kompostů pro zemědělské využití, složení kompostů (poměr C: N, obsah organické hmoty, obsah živin min P, K, Mg, Ca, popř. další prvky a mikroprvky podle možnosti), běžná dávka na hektar v zemědělských provozech, frekvence opakované aplikace. Problematika certifikace kompostů pro zemědělskou praxi

Současná platná evropská legislativa - Směrnice Rady (ES) č. 199/31, o skládkách odpadů, povinně zavazuje všechny členské státy EU razantním způsobem omezit skládkování bioodpadů, potažmo bioodpadů komunálních. Směrnice vyžaduje nutnost zavedení a provozování systémů separace, odděleného sběru a následného zpracování v kompostárnách různých typů nebo v bioplynových stanicích. Prakticky pak lze využít finální produkty, které splňují nutné podmínky ochrany zdraví lidí i zabránění nežádoucí mikrobiální kontaminace dotčených složek životního prostředí.

Vzniká tak situace, která generuje produkci kompostu, jehož kvalita je hodnocena v případě:

- **uvádění do oběhu:**
 - o zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech pro využití kompostu na zemědělské půdě – výstupem je výrobek – kompost
 - o vyhláška č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady pro využití kompostu mimo zemědělskou půdu – výstupem je rekultivační kompost nebo stabilizovaný odpad

Vnos organických látek do půdy představuje jednak zdroj energie a stavebních látek pro půdní organismy a rostliny a jednak důležitou složku organominerálního sorpčního půdního komplexu, který je základním půdním „výměníkem“ umožňujícím dostupnost živin. Pokud se vnos organických látek z nějakého důvodu omezí, je v půdě nedostatek energie, dochází k hladovění půdních organismů, k jejich odumírání, následně ke ztrátě půdní struktury, ke ztuhnutí půdy, ke zvýšení půdní eroze ale také k omezení její retenční a infiltrační schopnosti pro dešťovou vodu. Znovuobnovení úrodnosti půd a znovuobnovení funkce půdy jako zásobníku vody v krajině se bez renesance péče o stav zásob organických látek v půdách neobejde. Kompost lze 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 minimálně 5 dnů teplotu přes 65°C, ale také vlivem přítomnosti biologicky aktivních látek, mikrobiálních metabolitů, např. antibiotik vznikajících ve zrajícím kompostu mikrobiálními aktivitami.

Potlačení chorob rostlin

Existuje mnoho záznamů o tom, jak pomocí kompostu bylo dosaženo potlačení chorob rostlin, které byly způsobeny *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* a *Aphanomyces spp.* a *Sclerotinia sclerotiorum* v růstovém prostředí stejně jako v polních půdách (BRUNS AND SCHÜLER, 2002; ERHART AND BURIAN, 1997; HOITINK AND FAHY, 1986; HOITINK ET AL., 2001; LIEVENS ET AL., 2001; LUMSDEN ET AL., 1983). Dnešní komposty jsou stejně efektivní jako protiplísňové prostředky pro kontrolu kořenové hniloby jako je například *Phytophthora* a *Pythium*. V některých případech dokonce kompost nahradil metyl bromid v produkci okrasných rostlin v USA (HOITINK ET AL., 2001). Mezi významné faktory pro potlačení nákazy rostlin patří kolonizování kompostu příslušnou mikroflórou a úroveň rozkládání organických složek v kompostu (**zralost/stabilita**), které má vliv na biologické řízení pomocí podporování adekvátní aktivity bio-kontrolních prostředků (Hoitink and Boehm, 1999).

Kompost je organické hnojivo, které obsahuje komplex živin, které vznikly většinou z rostlinných materiálů (bioodpadů) a jsou v půdě pro rostliny přítomny v optimálním poměru. Tabulka 1 prezentuje výsledky testů kompostů, které byly zařazeny do registrace dle zákona o hnojivech a splňují kvalitu vhodnou pro použití na zemědělskou půdu.

Tabulka 1 Obsah živin v sušině kompostu

Ukazatel	Jednotka	Hodnoty ve zkoušených kompostech		
		Min.	Max.	Průměr
vlhkost	%	21,2	66,5	56,0
spalitelné látky	% v sušině	16,3	54,1	35,0
celkový N	g/kg v sušině	2,3	57,0	18,2
CaO	g/kg v sušině	x	x	x
K ₂ O	g/kg v sušině	2,4	45,6	18,8
MgO	g/kg v sušině	1,4	26,8	9,1
P ₂ O ₅	g/kg v sušině	3,6	55,1	13,9
Celkem živin		9,6	184,5	60,1
Celkem živin - analýzy testů ÚKZUZ				
vlhkost	%	21,3	77,3	43,0
spalitelné látky	% v sušině	16,6	80,1	44,0
celkový N	g/kg v sušině	10,0	49,0	19,2
CaO	g/kg v sušině	7,1	41,7	24,0
K ₂ O	g/kg v sušině	9,6	45,1	18,1
MgO	g/kg v sušině	3,2	14,8	6,0
P ₂ O ₅	g/kg v sušině	2,5	27,0	9,0
Celkem živin		32,4	177,6	76,3
Celkem živin - analýzy testů ZERA				

zdroj: výsledky analýz registrovaných kompostů - ÚKZUZ (2015), ZERA 2016 - 2017

Obsahy základních živin (N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO) v sušině kompostu se pohybují v rozsahu (tabulka 1):

- **10 – 185 kg/t** (analýzy ÚKZUZ 2015)
- **32 – 178 kg/t** (analýzy pilotního ověření ZERA)

Dostupnost dusíku při hnojení kvalitním kompostem

Kompost obsahuje relativně velké množství (cca. 1-2% v sušině) celkového dusíku. Pouze malá část je obsažena ve formě dusičnanů a amonných iontů, které jsou pro rostliny okamžitě k dispozici. Rozpad organické hmoty kompostu průběžně uvolňuje dusík pro rostliny.

Více než 90 % celkového množství dusíku v kompostu je vázáno v organických látkách a 30 a 62 % celkového množství dusíku v kompostu vyrobeného z biologického odpadu je přítomné v humusových kyselinách. Z tohoto důvodu není velká část dusíku, která je přítomná v kompostu, okamžitě přístupná pro rostliny, ale může být do určitého stupně mineralizována a následně využita rostlinami nebo vázána, denitrifikována a / nebo vyluhována. Mineralizace dusíku v kompostu je ovlivněna stejnými faktory, které ovlivňují mineralizaci organického dusíku v půdě. Mezi faktory, které určují vlastnosti kompostu, patří také obsah uhlíku a dusíku v kompostu, poměr dusíku a uhlíku a biologická rozložitelnost uhlíku v kompostu. Například organický dusík v kompostu, který pochází z rostlinných pletiv, byl mnohem více odolný vůči mineralizaci než organický dusík, který pocházel z živočišných tkání. Mezi faktory, které mají vliv na lokaci, patří struktura půdy, hodnota pH a klima.

Vyplavování dusíku:

Výsledky řady experimentů ukazují, že hnojení kompostem nepředstavuje riziko eutrofikace podzemní vody. Mineralizace dusíku z kompostu probíhá relativně pomalu a prakticky nejsou známy žádné zprávy o náhlých, ekologicky problematických vzestupech koncentrace minerálního dusíku v půdě a nekontrolovatelném vyplavování dusíku

Hodnoty fosforu a draslíku při hnojení kompostem

Z výsledků výzkumů testování využití živin vyplývá, že fosfor a draslík přítomný v kompostu jsou pro rostliny stejně dobře dostupné jako ty v superfosfátu, tripl fosfátu, nebo v minerálním hnojivu (síran draselný), a oba tedy mohou plně zahrnutý do kalkulace hnojiv.

Kompost obohacuje půdu o fosfor pomocí přímého dodání do půdy, neboť 20-40% fosforu je okamžitě přístupné pro plodiny. Organický fosfor v kompostu z rostlinných materiálů je snadno rozložitelný a uvolňuje orthofosforečnan, který je přístupný pro plodiny. Organická hmota však neposkytuje pouze zdroj fosforu z mineralizace, ale rovněž může snížit kapacitu kyselých zemin fixováním fosforu. Doplnky organické zeminy redukuje sorpci fosforu v půdě a zvyšují rovnováhu koncentrace fosforu v půdním roztoku. Po aplikaci kompostu se často objevuje zvýšená koncentrace dostupného fosforu

Většina studií dokazuje, že se fosfor v kompostu stane téměř zcela dostupným pro plodiny v průběhu tří vegetačních období po aplikaci kompostu. Na základě toho lze

dedukovat, že celkový obsah fosforu v kompostu může být považován jako náhrada minerálního hnojení fosforem.

Obsah dostupného draslíku v půdě se zvyšuje při aplikaci kompostu, který je vyrobený z rostlinných zbytků. Okamžitá dostupnost draslíku pro plodiny může přesáhnout 58% z celkového množství draslíku přítomného v kompostu, zbytek draslíku pak lehce zmineralizuje. Draslík obsažený v kompostu z biologického odpadu je téměř stejně dostupný pro plodiny jako minerální draslík dodaný v kieseritu. Z těchto závěrů lze dále vyvodit, že celkový obsah draslíku v kompostu může být zakalkulován do bilance živin.

Stopové prvky a těžké kovy

Kromě organické hmoty a hlavních živin pro rostliny, dodává kompost do půdy také stopové prvky a těžké kovy. Ekologické dopady kovů jsou spíše dány jejich mobilní frakcí než celkovým obsahem v půdě.

Tabulka 2 Příklad obsahu celkových živin NPK v kompostu ve sledovaných lokalitách zemědělských podniků

Lokalita	Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu					Obsah celkového prvku ve hmotě kompostu					
	N celk.	P ₂ O ₅	K ₂ 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

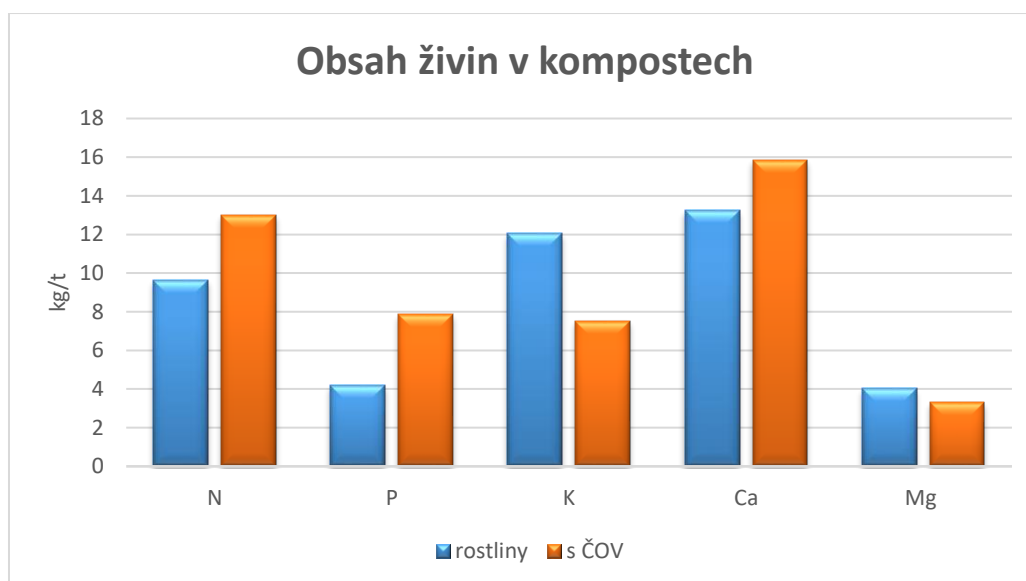
	8,0	1,8	5,5	9,5	2,2	8,0	0,8	4,6	3,9	1,3	18,6
	11,2	2,5	8,5	13,0	2,7	11,2	1,1	7,1	6,1	1,6	27,0
P 6	26,5	6,0	14,4	14,1	3,8	26,5	2,6	12,0	10,3	2,3	53,7
	12,5	10,9	6,0	16,4	2,0	12,5	4,7	5,0	4,3	1,2	27,7
	7,9	6,1	5,9	19,2	2,3	7,9	2,6	4,9	4,2	1,4	21,1
	7,7	5,6	5,7	17,3	2,1	7,7	2,4	4,8	4,1	1,3	20,3
	9,7	3,9	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

Zdroj: vlastní analýzy ZERA, z. s.

Vysvětlivky k tabulce:

- zeleně označené: kompost vyrobený z rostlinných zbytků
- fialově označené: součástí surovinové skladby jsou čistírenské kaly

Tabulka 2 představuje aktuální výsledky hodnocení kvality kompostu, který byl vyroben z různých surovin / bioodpadů. Surovinová skladba významně ovlivňuje kvalitu výsledného kompostu. V případě kompostování čistírenských kalů (podíl kalů v surovinové skladbě od 20 – 60%) – kompost má vyšší obsah především fosforu. Tento efekt se projevuje i zvýšením obsahu fosforu v půdě. Díky procesu kompostování – biologický proces se fosfor stává přístupným rostlinám.



Graf 1 Obsah živin v kompostech

Graf 1 představuje jak může ovlivnit obsah živin v kompostu surovinová skladba – kvalita bioodpadů.

Jaké množství kompostu je výhodné

Účinky celkového množství kompostu v různých dávkách a v různých časových intervalech nevykazují statisticky významný vliv na výnosy pěstovaných plodin. Živiny v kompostu jsou postupně uvolňovány (kvalitní a stabilní kompost) v průběhu roku.

Kompost byl aplikován v množství (vyjádřeno v čerstvé hmotě kompostu):

- 20 t ha⁻¹ ročně,
- nebo 40 t ha⁻¹ jednou za dva roky,
- nebo 60 t ha⁻¹ každý třetí rok,
- nebo 60 t ha⁻¹ ve dvou po sobě jdoucích letech,
- nebo v jediné dávce 70 t ha⁻¹.

Dodání kompostu v množství 20 - 40 t ha⁻¹ v jediné aplikaci ukázalo menší amplitudy v množství dusíku v půdě na podzim, než při variantě množství 60 t ha⁻¹. Nicméně, množství dusíku v půdě (0 - 90 cm) na podzim bylo při těchto variantách v maximu o 49 kg ha⁻¹ vyšší než u neošetřených kontrolních rostlin.

Zdroj: Polní experiment „STIKO“ – BFA Vídeň – založený v roce 1992 doposud) Použitý kompost měl v průměru 38% organické hmoty 1,43% N celk., 0,62% P₂O₅ celk., 1,09% K₂O celk., pH 7,3, elektrická vodivost 1,7 m⁵ cm⁻¹ a poměr C / N 22. Typ půdy na místě pokusu je luvizem pseudoglejová (Molli-gleyic fluvisol) - 15/62/23% písku, bahna a jílu, s pH 7,6. Průměrná roční teplota byla 10,5 °C, průměrný roční úhrn srážek činil 540 mm.

Bilance humusu, dusíku, energetická bilance a emise skleníkových plynů

Tabulka 3 Příklad hnojení kompostem v systémech základní agrotechniky

Číslo lokality	Dávka kompostu (t/ha)	Varianta NPK kompost + průmysl. hnojiva (kg/ha)				z toho NPK kompost (kg/ha)			
		N	P	K	Ca	N	P	K	Ca
1	45	120	244	1137	216	120	244	1137	216
2	80	64	560	1120	992	64	560	1120	992
3	25	75	68	258	293	75	68	258	293
4	15	44	36	210	171	44	36	210	171
5	25	0	0	0	0	95	50	160	300
6	18	192	95	85	0	73	108	263	252

Zdroj: Vlastní analýzy ZERA z.s.

V rámci testovaných zemědělských podniků byla bilance živin NPK v systému ekologického zemědělství (zeleně označené plochy tabulky) 100% hrazena ze zdrojů kompostu, v konvenčně vedených systémech byl dusík hrazen cca z 30 – 40 %, fosfor a draslík ze 100 % v daných osevních postupech. 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.

Organická hmota hraje klíčovou roli pro kvalitu půdy a má velký potenciál pro ukládání uhlíku. Hnojení kompostem je způsob, jak zvýšit obsah organické hmoty v půdě. Z bilance humusu vyplynulo, že kompost v dávce 8 t ha⁻¹/rok měl za následek pozitivní nárůst 115 kg C ha⁻¹/rok. Dávka 14 a 20 t kompostu na ha a rok se humus navyšoval v množství 558 a 1021 kg C ha/rok. S minerálním hnojením v dávkách 29 až 63 kg N ha/rok byly výsledky mírně záporné (-169 až -227 kg C ha/rok), zatímco jasný deficit humusu až -457 kg C ha/rok ukázala nehnojená varianta.

Zdroj: V pokusu „STIKO“ byly počítány po dobu 14 let bilance humusu, dusíku, energetické bilance a emise skleníkových plynů pomocí softwaru REPRO.

Dávka kompostu a eroze – příklad (výzkumný úkol „Agronomická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty“- VÚPT Troubsko s.r.o)

Místo testování: Velešovice, okr. Vyškov – společnost Rakovec, a.s.

Testy bez meziplodiny

- Varianta 1: kontrola - bez kompostu, na jaře setí kukuřice
- Varianta 2: na podzim zapravení kompostu 20 t/ha, na jaře setí kukuřice
- Varianta 3: na podzim zapravení kompostu 40 t/ha, na jaře setí kukuřice

Testy s meziplodinou

- Varianta 4: kontrola - bez kompostu, koncem srpna setí meziplodiny (svazanka vratičolistá), na jaře přímé setí kukuřice
- Varianta 5: na podzim zapravení kompostu 20 t/ha + setí meziplodiny (svazanka vratičolistá), na jaře přímé setí kukuřice
- Varianta 6: na podzim zapravení kompostu 40 t/ha + setí meziplodiny (svazanka vratičolistá), na jaře přímé setí kukuřice

Sledování probíhalo celé období řešení projektu v monokultuře kukuřice na siláž.

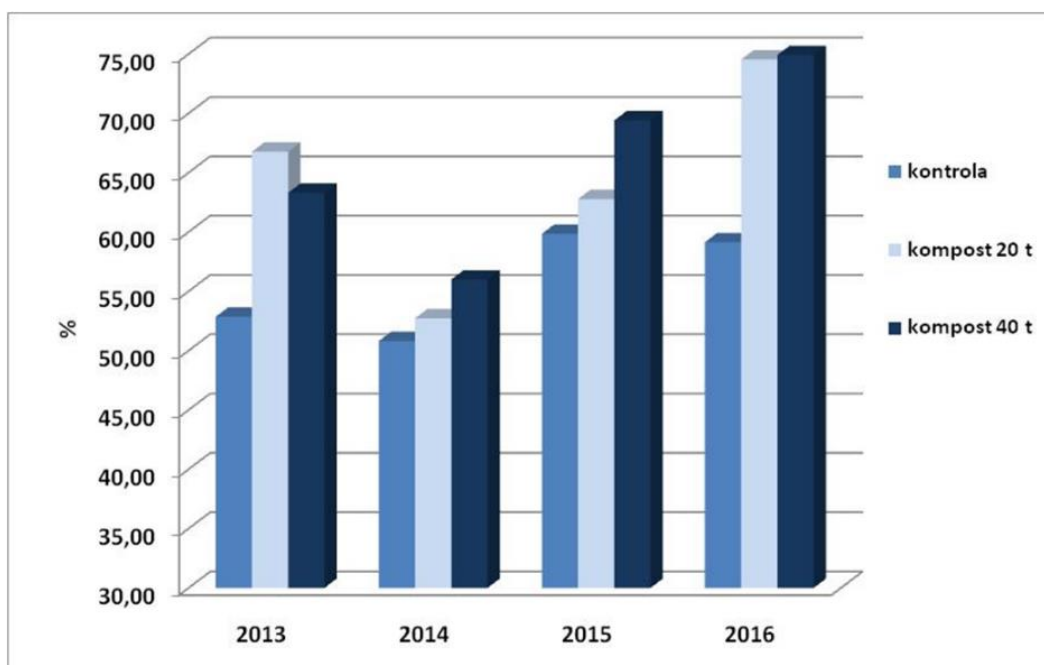
Kompost byl odebrán z Centrální kompostárny Brno a.s., a sice tzv. Zelený kompost, vyrobený ze zeleného odpadu údržby obcí, parků, zahrad a zeleného odpadu ze separovaného sběru.

Základní agrotechnika:

- po sklizni hlavní plodiny podmínka diskovým nářadím
- rozmetání kompostu rozmetadlem RMS 8
- zapravení dané dávky kompostu radličkovým podmítačem do hloubky cca 15 – 18 cm
- současné urovnání smykovým nářadím, zaválení – upravení hrud a zavláčení
- pokud je třeba setí meziplodiny je možno s přídatnou výsevní skříňkou vyset meziplodinu hned za radlicemi jedním pojezdem a zaválení
 - o vše v jedním pojezdem



Obrázek 1 Pozemky testů výzkumů



Graf 2 Vodostálost půdních agregátů

Stabilita půdních agregátů je důležitým parametrem fyzikálního stavu půdy pro zadržetí vody v krajině a odolnosti půdy proti erozi.

Dodání snadno rozložitelného organického materiálu, jako je například zelené hnojivo, vede k rychlému, avšak krátkodobému zvýšení stability půdních agregátů. Na druhou stranu hnojení kompostem způsobuje pomalý, avšak dlouhodobý nárůst stability půdních agregátů, neboť jeho organické látky se skládají hlavně z humusových látek, které vytvářejí relativně stabilní pojidla (HAYNES AND NAIDU, 1998). Proto je optimální kombinace zeleného hnojení a kompostu, protože kombinuje výhody obou druhů hnojiv.

Zralost použitého kompostu může ovlivnit jeho vliv na stabilitu půdních agregátů. Zralé komposty mají větší pozitivní vliv než nezralé komposty (PETERSEN AND STÖPPLER-ZIMMER, 1999). Těžké bahnitě a jílovitě půdy jsou hnojením kompostem v důsledku zlepšení stability půdních agregátů nejvíce pozitivně ovlivněny (TIMMERMANN ET AL., 2003).

Tabulka 4 Smyv půdy – Velešovice, meziplodina svazanka

Varianta	Datum smyvu ve dnech srážek (t/ha)					Suma
	13.06.2013	01.07.2013	30.07.2014	07.08.2014	04.07.2016	
Kontrola	9,05	4,85	0,59	0,38	0,39	15,26
Kompost 20 t	5,40	0,00	0,38	0,11	0,00	5,89
Kompost 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kontrola	0,00	0,00	0,58	0,26	0,17	1,01
Kompost 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Kompost 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zdroj: VÚPT Troubsko s.r.o.

Vysvětlivky k tabulce: fialově označené údaje – varianta s meziplodinou – svazanka vratičolistá

Základní agrotechnika současné praxe

Kompost se v praxi aplikuje na orné půdě většinou před setím hlavní plodiny. Na podzim po sklizni plodiny : aplikace kompostu (rozmetadlem organických hnojiv) – podmítka (radličkovým nebo diskovým podmítačem). Další postup je volen dle osevního postupu nebo sledu rostlin buď následuje výsev meziplodiny nebo příprava půdy pro další plodinu. Vždy s mělkým zapravením nebo při minimálním a mělkém zpracování půdy i s kypřiči secích strojů. Hloubka obdělávání půdy by neměla překročit 18 cm.

Kompost lze využívat i k přihnojení plodin na orné půdě v průběhu vegetace například obiloviny, okopaniny, řepka ozimá... v systémech základní agrotechniky kdy po aplikaci kompostu může následovat mechanické ošetření (vláčení, kypření, ..). Tyto principy nemusí být využívány pouze v ekologickém zemědělství, ale i v systémech integrované a konvenční produkce. Regenerační přihnojení kompostem spolu s mechanickým zapravením kompostu a tím i provzdušněním půdy do hloubky 5 – 10 cm dojde k optimalizaci příjmu především dusíku. Toto brzké jarní ošetření u obilovin nahradí regenerační dávky dusíku po zimním období.

Aplikace kompostu na trvalé travní porosty je vhodná v období kdy se plochy mechanicky ošetřují (vláčení, přísévání, ...), po aplikaci kompostu plochy uvalit.

Kompost využívaný ve speciálních plodinách (zakládání trvalých porostů) jako je například vinná réva je aplikován při zakládání vinice přímo k sazenici nebo v průběhu vegetace opět k hlavě vinné révy. Spojením s ozeleněním meziřadí vinic je velmi intenzivním opatřením, který pozitivně ovlivňuje kvalitu produkce, zadržení vody v půdě a prodlužuje dobu života vinic.

Shrnutí:

- zvýšení $N_{\text{celk.}}$ půdách hnojených kompostem je doprovázeno zvýšením obsahem humusu. Což znamená, že velká část $N_{\text{celk.}}$ aplikovaného přes kompost je vázána na organickou hmotu – významný efekt pro oblasti ochrany vod
- kompost vyrobený z komunálních bioodpadů vykazuje potenciál obnovitelných živin a organické hmoty v kvalitě vhodné pro zemědělství
- důležitým parametrem je kvalita kompostu – stabilita kompostu (kvantitativní stanovení NH_3 a Nox , DOC , C:N), která má pozitivní vliv na kvalitu půdy. Uplatněním potřeby prezentace kvality kompostu jako standardu kvality kompostu (certifikace procesu kompostárny – ověření kvality procesu kompostárny) je důležitý princip důvěry a pro uplatnění kompostu v zemědělské praxi – předpoklad realizovaný v projektu ZERA podpora využití kompostu – půdoochranné technologie s využitím kompostu INTEKO.

B.2 Provést šetření o výrobě a použití kompostů v zemědělských podnicích na menším vzorku podniků např. metodou dotazníkového šetření (tvorba dotazníků ve spolupráci s ÚZEI)

Zemědělská praxe je postavena do situace, kdy je v ČR vybudovaná kapacita kompostáren pro zpracování ve výši cca 2 250 000 tun biologicky rozložitelného odpadu. V přepočtu je potenciál produkce cca 1 500 000 tun kompostu. Jde tedy o kompost vyrobený z externích zdrojů organické hmoty – komunálního bioodpadu, většina kompostáren je provozována v obci nebo mimo zemědělské podnikání, tedy jedná se o mezičlánek, který ovlivňuje jak kvalitu, tak cenu kompostu.

Řada výzkumných prací, ať již v Čechách nebo v zahraničí, prezentuje výsledky, které dokladují mimořádný efekt kompostu, kterým se liší od ostatních zdrojů organických hnojiv využívaných v zemědělství.

Jedním v současné době aktuálním zdrojem informací je projekt „pilotní ověření kompostu vyrobeného z bioodpadu v zemědělské praxi“. Tří leté testy realizované v praxi kompostáren a zemědělských podniků jednoznačně prokazují benefity kompostu. Tyto výstupy budou dále využity jako podpora přenosu informací do zemědělské a kompostářské praxe a jako podpora pro argumenty podpořit zemědělské podnikatele, kteří v rámci základní agrotechniky řeší i environmentální principy.

Proč využívat kompost:

organická hmota zpracovávaná v kontrolovaném systému aerobního procesu kompostárny je pro půdu „hotový komplex“ optimálního poměru přístupných živin - stabilní organické hnojivo, které především:

- **stabilizuje zdravou produkci rostlin**
 - zvětšuje příjem srážkové vody
 - zlepšuje zadržení vody v půdě
- **zlepšuje strukturu půdy** - chrání půdu proti erozi
- **upravuje pH**
- **podporuje život v půdě**
- **dodává optimální poměr všech potřebných prvků včetně stopových**

Shrnutí:

- navrhnout management využití kompostu vyrobeného z bioodpadu na zemědělských plochách – především na:
 - slabě a silně ohrožených erozí
 - ochrany vod
 - s biologickou ochranou půd – ekologické zemědělství.
- doplnění volných kapacit kompostáren kompostování dalších surovin (čistírenské kaly, digestát, vedlejší produkty zemědělské prvovýroby nebo zpracování potravin) a *zvýšení tak zdrojů kvalitních organických hnojiv*
- standard kvality kompostu – jistota kvality, kvalita dle potřeb zemědělce – *certifikace procesu kompostárny*
- provozovatel kompostárny zemědělec – úspěšné využití kompostu v zemědělské praxi – ekonomicky nejefektivnější kompostárny - *možnost převodu provozování kompostáren na zemědělského podnikatele* – komunikace s obcí
- vzdělávání, osvěta – *metodika základní agrotechniky, aplikace výzkumu do praxe*
- legislativní odpady a ochrany ZPF - *rezortní nepropojenost*
- nekoncepční rozmístění kompostáren – různorodá kvalita a množství kompostu – problém s logistikou - možné řešení *deponie, překladiště*
- legislativa dle zákona o odpadech – nejasnosti s procesem kompostování - vazba na nové technologie - *aktualizace vyhl. č. 341/2008 o nakládání s bioodpady spolupráce s MZE a MŽP*
- kompetence kontrolních orgánů ÚKZUZ x ČIŽP – *nejasné podmínky legislativy*

B.3 Souhrn informací o největších problémech pro použití kompostů v praxi a návrh změny. Návrh na znění podmínek standardu DZES 6. "

Jak již bylo uvedeno, velkým rozvojem kompostáren (za podpory MŽP – legislativa, dotace) existují okruhy problémů pro zemědělskou praxi:

- jistota ve stabilitě množství a kvalitě produkce kompostu
- nízká informovanost zemědělců o významu kompostu a o jeho praktickém využití
- nejasná legislativa v oblasti odpadů a správné zemědělské praxe (kompetence)
- technologie a technika kompostáren pro zajištění kvalitní produkce kompostu

Návrh znění standardu DZES 6

Ve spolupráci s ÚZEI.

- Půda má optimální poměr **C : N 10 : 1** – *základní parametr pro bilanci organické hmoty a dodržení správné zemědělské praxe*
- Kompost svou **komplexní kvalitou** naplňuje podmínky kvality půdy – *půdoochranná technologie*
- Kompost přispívá rovnovážně do **bilance živin** osevního postupu, pro ekologické zemědělství 100 % NPK, u konvenčního zemědělství s dodávkou dusíku (produkční synergie v kombinaci kompostu, zeleného hnojení a průmyslových živin) - úspora

- živin z neobnovitelných zdrojů (především fosfor) – *podpora podniků, které si produkuje hnojiva sami – environmentální principy*
- **Snižuje erozi** u erozně ohrožených plodin (širokořádkové) - sám kompost nebo synergie s meziplodinami - *půdoochranná technologie*
- Kompostárna produkuje a přes kvalitní kompost dodává do půdy **půdní organismy** – nutnost zdravého rozvoje půdy - ve spolupráci s kořeny rostlin (mykorhiza) uvolňuje živiny z organických vazeb - environmentální a základní principy stability produkce a zdrojů vody v půdě
- Snížení potřeby **dusíku** z průmyslových hnojiv má za efekt zlepšení množství a kvality půdního edafonu - podpora zdravotního stavu rostlin, ochrana před vyplavením dusíku do spodních vod a dílčí rozklad pesticidů – *důležité hledisko pro bilanci živin v zemědělském podniku*

B.4 Ekonomika výroby kompostu a aplikace

Ekonomika výroby kompostů a aplikace bude vypracována ve spolupráci s objednatelem (ÚZEI), který vytvoří metodiku a poskytne potřebná data pro použití metodiky. Bude se jednat zejména o tyto části:

- zprostředkování kontaktů na odpadové firmy nebo zemědělce a producenty kompostů
- nákladové položky u vybraných technologií výroby kompostu a jejich aplikaci
- konzultace při oceňování přínosů kompostů pro půdu a rostliny např. stabilita produkce, snížení eroze, kvalita půdy apod.

Cena výroby kompostu

Nákladová cena výroby kompostu je determinována:

- cenou vstupní suroviny – externí zdroje surovin (bioodpadů) - převážně komunálních – logisticky a finančně náročný systém, který musí zajistit podmínky návozu kvalitního biologicky rozložitelného materiálu, který bude pro kompostovací proces optimální (kvalita suroviny je ovlivněna přítomností nerozložitelných příměsí – například plastů, dlouhou dobou zdržení ve velkoobjemových kontejnerech, sezónní změny kvality, případně přítomnost vedlejších živočišných produktů...)
- harmonizace systému třídění a svozu z obcí (nebo dalších původců odpadů) je s technologií a provozem kompostárny zásadní – ovlivňuje investice a provozní náklady (komunální bioodpad = odpad vznikající na území obce od občanů a z ploch veřejné zeleně)
- optimálním využitím projektované a skutečné kapacity kompostárny – dostatek vstupních surovin (nekoncepčním zásahem rozdělování dotací MŽP vznikají regiony s přetlakem kapacit kompostáren nebo naopak s nedostatkem)
- optimální vybavenost kompostárny pro zpracování konkrétní skladby surovin a výroby kompostu uplatnitelného na trhu

- dodržováním správného postupu provozu techniky a procesu kompostování pro výroby kvalitního kompostu – stanovená metodika časového a množství návozu odpadů na kompostárnu
- procesní disciplína obsluhy – náklady na vzdělávání

Tabulka 5 Náklady na výrobu kompostu

Projektovaná kapacita (t/rok)	Investice (v mil., Kč bez DPH)	Provozní náklady - tj. náklady na zpracování vstupních surovin (Kč/t bez DPH)	Náklady na výrobu kompostu (Kč/t bez DPH)
3 000 - 15 000	10 - 50	300 - 400	380 - 800
3 000	4 - 5	250 - 350	320 - 700
3 000 - 5 000	10 - 22	650 - 1000	850 - 2000

Zdroj: ZERA, z.s.

Tabulka 6 Náklady na aplikaci 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

Zdroj: ZERA, z.s.

Tabulka 7 Průměrná cena živin v kompostu při přepočtu cen na průmyslová hnojiva a průměrné kvalitě živin v kompostu

Ukazatel	Jednotka	Hodnoty ve zkoušených kompostech			Cena živin (Kč/kg)	Cena živin v 1 t sušiny kompostu Kč/t		
		Min.	Max.	Průměr		Min.	Max.	Průměr
vlhkost	%	21,2	66,5	56,0	x	x	x	x
spalitelné látky	% v sušině	16,3	54,1	35,0	x	x	x	x
celkový N	g/kg v sušině	2,3	57,0	18,2	21,9	50,5	1 250,6	395,0
CaO	g/kg v sušině	x	x	x	1,9	x	x	x
K ₂ O	g/kg v sušině	2,4	45,6	18,8	16,8	33,6	771,9	318,8
MgO	g/kg v sušině	1,4	26,8	9,1	20,9	20,9	564,0	188,0
P ₂ O ₅	g/kg v sušině	3,6	55,1	13,9	20,1	80,6	110,8	282,0
Celkem živin		9,6	184,5	60,1		185,5	2 697,3	1 183,8
Cena kompostu jako hnojiva - analýzy testů ÚKZUZ								
vlhkost	%	21,3	77,3	43,0	x	x	x	x
spalitelné látky	% v sušině	16,6	80,1	44,0	x	x	x	x
celkový N	g/kg v sušině	10,0	49,0	19,2	21,9	219,4	1 075,1	416,9
CaO	g/kg v sušině	7,1	41,7	24,0	1,9	13,5	81,1	46,3
K ₂ O	g/kg v sušině	9,6	45,1	18,1	16,8	167,8	755,1	302,0
MgO	g/kg v sušině	3,2	14,8	6,0	20,9	62,7	376,0	125,3
P ₂ O ₅	g/kg v sušině	2,5	27,0	9,0	20,1	60,4	543,8	181,3
Celkem živin		32,4	177,6	76,3	x	x	x	x
Cena kompostu jako hnojiva - analýzy testů ZERA						523,8	2 831,0	1 071,8

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

- 10 – 185 kg/t (analýzy ÚKZUZ 2015)
- 32 – 178 kg/t (analýzy pilotního ověření)

Ceny živin v sušině kompostu v uvedeném rozsahu je od 185 – 2 831 Kč v tuně kompostu.

Tabulka 8 Model procesní nákladovosti výroby kompostu na kompostárně

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

Zdroj: ZERA, z. s.

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.

Další hledisko provozní nákladovosti jsou 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.

Tabulka 9 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

Zdroj: ZERA, z. s.

Cena za aplikaci kompostu v průměru při dávce kompostu 20 – 30 t/ha každý rok se pohybuje v rozmezí 1250 – 1 500 Kč na ha, při aplikaci v intervalu za 2 – 4 rok je cena cca v rozmezí 562 – 2 400 Kč / ha a rok. Pro porovnání - cena za aplikaci průmyslových hnojiv se pohybuje v intervalu od 200 – 500 Kč na ha a rok (Zdroj ZERA - ceny u sledovaných podniků v roce 2016).

Při aplikaci kompostu v dávce 30 t na ha v průměrné kvalitě obsahu živin (N 10 kg/t, CaO 13 kg / t, K₂O 10 kg / t, Mg 3 kg / t, P₂O₅ 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 budou postupně uvolňovány a budou k dispozici v půdě po další 3 roky.

Tím budou ušetřeny náklady na aplikaci organického hnojiva – kompostu v dalších letech.

Tabulky 10 a 11 charakterizují možné modely při řešení systémů základní agrotechniky z pohledu nákladovosti aplikace hnojiv a zajištění zdrojů živin.

Tabulka 10 Model zajištění zdrojů živin - pšenice ozimá, potravinářská - bez využití kompostu

Počet aplikací na ha	Technika	Živina podle odběru živin na výnos 6t/ha*	N	P2O5	K2O	CaO	MgO
1		úprava pH (dolomit)				55	35
1	TK 70 kW	před setím			85		
1	TK 70 kW	před setím	30	55			
1	TK 90 kW	regenerační přihnojení	40				
1	postřik DAM**	produkční hnojení	35				
1	TK 90 kW	kvalitativní hnojení může být rozděleno i na 2x (není započteno)	30				
1	TK 90 kW	konec sloupkování	12				
celkem 7		celkem	147	55	85	55	35

Zdroj ÚZEI 2017, sestavené na základě VÚ Kroměříž, doporučené vstupy pro pšenici potravinářskou

Vysvětlivky: *dle metodiky VÚ Kroměříž

** je počítáno, jako by bylo taky rozmetáno rozmetadlem TK 90 kW

Tabulka 11 Model zajištění zdrojů živin - pšenice ozimá, potravinářská - s aplikací kompostu

Počet aplikací na ha	Technika	Živina podle odběru živin na výnos 6t/ha*	N*	P2O5	K2O	CaO	MgO
1	TK 150 kW	Kompost 30t/ha	30	150	187	252	90
1	TK 90 kW	regenerační přihnojení	30				
1	TK 90 kW	produkční hnojení	40				
1	TK 90 kW	kvalitativní hnojení	35				
1	TK 90 kW	konec sloupkování	12				
Celkem 5		celkem	147	150	187	252	90

Zdroj ÚZEI 2017, sestavené na základě VÚ Kroměříž, doporučené vstupy pro pšenici potravinářskou

Vysvětlivky: *N je v organické formě, tedy uvolňuje se postupně, tj. přibližně 30 kg/rok

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 živin kompostu snižuje náklady na živiny průmyslových hnojiv v rozmezí u dusíku 17 – 40%, u fosforu 31 – 100%, u draslíku 48 – 100%. v roce 2016 _ 2017 – zdroj ZERA.

Shrnutí – model pro ekonomiku:

Kalkulaci nákladů ceny kompostu ovlivňuje zejména:

- základním hlediskem při kalkulaci nákladovosti využití kompostu nelze uvažovat pouze o jednom efektu – zdroj základních živin, ale o komplexu živin (stopových prvků), které vznikly kompostování rostlinných zbytků a jsou v harmonickém poměru jak pro rostliny i pro půdu, ale i o zdroji organické hmoty, přítomnosti půdního edafonu,
- 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.
- při srovnávání cen zdrojů živin kompostu s dalšími zdroji živin organických hnojiv je důležité vzít v úvahu obsahy živin (kg/t organického hnojiva), například zaorávkou slámy je nutné doplnit uhlík dodaný slámou o dusík, nutnost dodávky dusíku v případě zaorávky slámy proti kompostu, který již má dusík obsažen díky kompostování organické hmoty
- kvalita kompostu je ovlivněna technologií jeho výroby (kvalita vstupních zdrojů, technologická kázeň)
- nákladovost kompostu ovlivňují:
technologické parametry kompostárny jako kapacita a její technologické vybavení (investiční náklady - dotace do investic 40 – 85%)
dodržování optimálních podmínek kompostování zejména kvalita managementu kompostárny – časové ztráty špatným procesem a tím i vyšší provozní náklady
do výpočtu nákladové náročnosti vstupuje cena za externí zdroje organické hmoty (BRKO, čistírenské kaly), někteří zemědělci odebírá bioodpad od obce za 0,- Kč (environmentální služba obci).
produkce kompostu je cca 50 – 70% z původních vstupních surovin
ceny živin na trhu

Další opatření pro rozvoj a zapojení zemědělské praxe:

- logistika systému aerobního zpracování vlastních zemědělských surovin – vedlejších produktů nebo externích zdrojů bioodpadů – kompostováním - využití stávajících zemědělských staveb (stávající podpora operačních programů využívat revitalizací původní stavby – brownfield)
- v rámci procesu a provozu kompostárny zjednodušit stávající roztroušenost kapacit kompostáren o zřízení deponie pro dozrávání kompostu pro zlepšení, které podpoří jak lepší využití kapacity kompostárny tak využití manipulační a aplikační techniky - *bude nutná harmonizace legislativy MŽP a MZE (odpady, správná zemědělská praxe)*

- jak stanovit cenu za organickou hmotu – v přepočtu na zvýšení produkce v důsledku lepšího zadržetí vody v krajině (nebo v půdě), dále na snížení odplavení ornice v důsledku eroze (nová erozní vyhláška MŽP)
- služby zemědělské praxi - cena za komplexní aplikaci kompostu v režii provozovatele kompostárny – je to vysoký benefit pro využití kompostu – služba zemědělci, který nemá aplikační techniku (zemědělci bez živočišné produkce)
- zlepšení ekonomiky kompostárny:
 - provozovaná zemědělcem
 - provozovaná obcí nebo jiným subjektem (technické služby, podnikatel v oblasti odpadového hospodářství)
- **v optimalizaci bilance živin využitím organických zdrojů živin – v tomto případě kompostu, který má již zmíněné mimořádné vlastnosti i v rámci ostatních organických hnojiv, se neuvažuje o ztrátách po aplikaci průmyslových hnojiv, které rostliny nevyužijí v důsledku ročníkového vlivu klimatu, jsou vyplavovány a způsobují další ekologické negativní změny**
- **podpora integrovaným systémům zemědělské praxe kdy je vhodné využít benefitů jak kompostu tak průmyslových hnojiv.**

Benefity kompostu:

- látky, obsažené v kompostu, byly původně rostlinami, obsahují proto všechny klíčové prvky v žádoucím vzájemném poměru,
- aplikací kompostu dodáváme živiny rovnoměrně, ve formě déletrvajících 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,
- pravidelná aplikace kvalitního kompostu zvyšuje biologickou aktivitu půdy, ať už přímo, nebo stimulací růstu rostlin,
- kompost zlepšuje chemické a fyzikální charakteristiky půdy, zejména vodní a vzdušný režim půd,
- obnovuje se průsak srážek do hlubších půdních horizontů,
- pravidelná aplikace kvalitního kompostu zajistí rovnoměrnou produkci plodin během teplotních a srážkových extrémů,
- blahodárný účinek kompostu lze prodloužit dodržováním ověřených osevních postupů,
- oživení půdy umožňuje biologické odbourávání (rozklad) použitých pesticidů,
- s přísunem organických látek a energie v kompostu se postupně rozrušuje zhutnělá 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,
- kompost udržuje koloběh živin

V Náměšti nad Oslavou, 29. září 2017

Zpracoval:

Ing. Květuše Hejátková, Olga Křížová