

**BIOLOGICKY
ROZLOŽITELNÉ ODPADY
A
KOMPOSTOVÁNÍ**

**Pavel ZEMÁNEK
a kolektiv**

doc. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D., MENDELU, ZF Lednice – vedoucí kolektivu

doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D., MENDELU, ZF Lednice

Ing. Mária Kollárová, Ph.D., VÚZT, v.v.i., Praha

Mgr. Karolina Marešová, VÚZT, v.v.i., Praha

Ing. Petr Plíva, CSc., VÚZT, v.v.i., Praha



1. vydání

ISBN 978-80-86884-52-3

© doc. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D. a kol.

© VÚZT, v.v.i.

Praha 2010

ÚVOD.....	3
1. BILANCE BRKO A BRO V ČESKÉ REPUBLICE	4
2. CHARAKTERISTIKA DRUHŮ BRO A JEJICH BILANCE	9
2.1. ODPADY ZE ZEMĚDĚLSKÉ ČINNOSTI.....	9
2.2. ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU.....	11
2.3. KALY Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD.....	12
2.4. ZAHRADNICKÉ ODPADY	12
2.5. PRODUKCE ZAHRADNÍCH BRO V KOMUNÁLNÍ SFÉRE	17
2.6. OSTATNÍ DRUHY BRO.....	20
2.7. BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ KOMUNÁLNÍ ODPAD ZE SEPAROVANÝCH SBĚRŮ (BRKO)	22
2.8. BILANCE BRO	22
3. VÝPOČTY POMĚRU C:N A VLNKOSTI KOMPOSTOVÉ ZAKLÁDKY	25
4. OPTIMALIZACE SUROVINOVÉ SKLADBY KOMPOSTOVÉ ZAKLÁDKY	29
5. SYSTÉMY SBĚRU A SVOZU BIOODPADU.....	35
5.1. SYSTÉMY SBĚRU	35
5.2. NÁVRH ZPŮSOBU A ORGANIZACE SBĚRU.....	39
5.3. SBĚRNÉ NÁDOBY	39
5.4. SVOZOVÉ PROSTŘEDKY	40
6. OPTIMALIZACE SVOZU BRO, HARMONOGRAM, NÁKLADY NA SVOZ	44
6.1. OPTIMALIZACE SVOZU.....	44
6.2. HARMONOGRAM SVOZU	50
6.3. STANOVENÍ NÁKLADŮ NA SVOZ.....	53
7. UMÍSTĚNÍ KOMPOSTÁRNY, VÝPOČET VELIKOSTI PLOCHY PRO KOMPOSTOVÁNÍ, KAPACITA JÍMKY	56
7.1. UMÍSTĚNÍ KOMPOSTÁRNY.....	56
7.2. VÝPOČET VELIKOSTI PLOCHY POTŘEBNÉ PRO KOMPOSTOVÁNÍ.....	59
7.3. VÝPOČET KAPACITY KOMPOSTÁRNY NA DANÉ PLOŠE.....	62
7.4. VÝPOČET KAPACITY JÍMKY	62
8. STROJE A ZAŘÍZENÍ V KOMPOSTOVACÍCH LINKÁCH.....	65
8.1. KOMPOSTOVACÍ LINKY	65
8.2. ENERGETICKÉ PROSTŘEDKY	70
8.3. DRTIČE, ŠTĚPKOVAČE.....	70
8.4. PŘEKOPÁVAČE KOMPOSTU	71
8.5. PROSÉVACÍ A SEPARAČNÍ ZAŘÍZENÍ	74
8.6. EXPEDICE HOTOVÉHO KOMPOSTU.....	76
8.7. NÁVRH STROJŮ DO STROJNÍCH LINEK KOMPOSTÁREN	77
9. EKONOMIKA PROVOZU KOMPOSTÁRNY	86
10. POSTUP PŘI NÁVRHU KOMPOSTÁRNY	91
11. PRODUKCE BRO A KOMPOSTU VE STÁTECH EU	94
12. SEZNAMY A ADRESY INSTITUCÍ ZABÝVAJÍCÍ SE PROBLEMATIKOU BRO.....	99
13. POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA.....	110

ÚVOD

V oblasti odpadového hospodářství ČR je jedním z cílů podpora zřizování zařízení na zpracování biologicky rozložitelných komunálních odpadů (BRO) za účelem snížení jejich množství ukládaného na skládky. BRO obecně zahrnuje odpady z výrobní sféry včetně biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO). S tímto cílem úzce souvisí snaha o zřizování nových kompostáren na obecní i regionální úrovni. Příprava záměrů kompostáren ve formě studií a následných projektů představuje náročnou inženýrskou činnost, která vyžaduje sběr a vyhodnocování celé řady údajů o zájmovém území a jejich zpracování s využitím různých metodických postupů.

Publikace „Biologicky rozložitelný odpad a kompostování“ je zaměřena na problematiku technického a organizačního zajištění přípravy zařízení na zpracování BRO kompostováním. Představuje ucelený soubor údajů, podkladů, výpočtů a metod, umožňujících zpracování základních návrhů kompostovacích provozů na všech úrovních.

Jednotlivé kapitoly se zabývají problematikou související s etapami vypracování těchto návrhů. Jsou zaměřeny na charakteristiku jednotlivých druhů BRO z hlediska jejich výskytu a kompostovatelnosti, na optimalizaci složení kompostových zakládek, na řešení vhodného umístění provozu kompostárny a na stanovení jejích hlavních parametrů. Uvádějí také problematiku sběru a svozu BRO a zajištění kompostárny potřebnou technikou, stejně jako ekonomické hodnocení jejího provozu. Kniha je doplněna rámcovým přehledem o situaci z oblasti produkce a využívání BRO v ČR i EU a o databázi organizací a institucí zabývajících se v ČR problematikou BRO a jejich zpracováním.

Kapitoly mají obecný charakter, i když vycházejí zejména ze zkušeností s technologií kompostování v pásových hromadách.

Publikace nemůže v žádném případě obsáhnout problematiku kompostování v celé šíři a proto je v závěru uvedena použitá a doporučená literatura, která může zájemcům pomoci v dalším studiu.

Kniha je určena všem, kteří se zabývají přípravou kompostovacích provozů; projektantům, pracovníkům státní správy i výrobní sféry činným v oblasti odpadového hospodářství, ale i studentům a pedagogům. Množství údajů zpracovaných v tabulkách i metody řešení naznačených problémů mohou významně usnadnit jejich orientaci v této problematice.

1. BILANCE BRKO A BRO V ČESKÉ REPUBLICE

Problematika biologicky rozložitelných odpadů (BRO) se v současné době dostala výrazně do popředí zájmu státní správy. To především díky Směrnici Rady 1999/31/ES, o skládkách odpadů, která ukládá členským státům EU omezit množství biodegradabilního odpadu ukládaného na skládky a pro biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) stanovuje pro dané časové intervaly procentuální snížení množství skládkovaného BRKO. Důvody pro tato omezení jsou zcela jasné – „skládková“ Směrnice EU považuje omezení množství skládkovaného BRKO za klíčovou strategii při snižování emisí metanu a omezování škodlivých průsaků ze skládek.

Mezi biologicky rozložitelné odpady (dále jen BRO) patří zejména odpady zemědělské, zahradnické a lesnické, odpady z potravinářského průmyslu, papírensko - celulózarského průmyslu, ze zpracování dřeva, z kožedělného a textilního průmyslu, papírové a dřevěné obaly, čistírenské a vodárenské kaly a rovněž komunální bioodpady. Souhrnná produkce těchto odpadů pochází podle nejaktuálnějších údajů z roku 2008. V tab.1 je uvedena souhrnná produkce těchto odpadů v roce 2008 rozdělená podle skupin katalogu odpadů a množství BRO v jednotlivých skupinách. Údaje o produkci odpadů, uvedené v tab. 1 byly získány ze dvou na sobě nezávislých zdrojů. Prvním z nich byl Informační systém odpadového hospodářství (ISOH) a druhým zdrojem informací o produkci odpadů byl v tomto případě Český statistický úřad (ČSÚ). Procentuální zastoupení BRO u jednotlivých druhů odpadů dle katalogu odpadů je převzato (a částečně upraveno) z Realizačního programu pro biologicky rozložitelné odpady (CZ Biom, 2004).

Tab. 1: Produkce biologicky rozložitelných odpadů (rok 2008)

Produkce vybraných skupin odpadů dle katalogu odpadů (kód odpadu – název)	% BRO	množství (t) dle ISOH		množství (t) dle ČSÚ	
		celkem	BRO	celkem	BRO
02 Odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin	90	934 000	840 600	578 614	520 753
03 Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek, nábytku, celulózy, papíru a lepenky	80	279 000	223 200	504 172	403 338
04 Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu	38	68 000	25 840	63 372	24 081
15 Odpadní obaly, absorpční činidla, čisticí tkaniny, filtrační materiály a ochranné oděvy jinak neurčené	27	1 034 000	279 180	656 540	177 266
17 Stavební a demoliční odpady	0,3	17 116 000	51 348	9 747 425	29 242
19 Odpady ze zařízení na zpracování (využívání a odstraňování) odpadu, z čistíren odpadních vod pro čištění těchto vod mimo místo jejich vzniku a z výroby vody pro spotřebu lidí a vody pro průmyslové účely	26	2 094 000	544 440	2 544 734	661 631
20 Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru úřadů a z průmyslu, včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů	40	4 402 000	1 760 800	3 175 934	1 270 374
Úhrnné množství odpadů v přehledu		25 927 000	3 725 408	17 270 791	3 086 685

Biologicky rozložitelné odpady jsou odpady, které podléhají aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu. Při zpracování bioodpadu se nabízí hned několik možností jeho více či méně efektivního využití. Volba technologie zpracování závisí na mnoha faktorech; především na druhu odpadu. V současné době jsou ovšem neopominutelným faktorem také finanční možnosti původců odpadu. Biologicky rozložitelné odpady lze úspěšně zpracovávat především kompostováním či anaerobní digestí. V následující tab. 2 uvádíme počty a kapacity kompostáren a v tab. 3 počty a výkony bioplynových stanic (BPS) v České republice. Údaje jsou řazeny dle jednotlivých krajů. V případě kompostáren se jedná o databázi vytvořenou sdružením ZERA v roce 2008 a v případě bioplynových stanic jde o údaje z mapy bioplynových stanic spravované sdružením Biom CZ (2009).

Tab. 2: Počet kompostáren v ČR podle krajů (2008)

Kraj	Počet kompostáren v provozu	Počet připravovaných kompostáren (fáze výstavby/fáze projektu)	Množství zpracovávaných BRO [t.rok ⁻¹]
Jihočeský	17	5	196 540
Jihomoravský	12	7	72 430
Karlovarský	6	0	38 000
Královéhradecký	6	1	44 240
Liberecký	4	1	1 957
Moravskoslezský	20	1	89 098
Olomoucký	7	1	5 397
Pardubický	6	2	37 035
Plzeňský	11	0	21 269
Středočeský + Praha	31	0	130 441
Vysočina	14	3	33 978
Ústecký	15	0	137 800
Zlínský	11	0	20 786
Celkem celá ČR	160	21	828 971

Tab. 3: Počet bioplynových stanic v ČR podle krajů (2009)

BPS KOMUNÁLNÍ – celkový počet 9		Olomoucký	
Kraj/Obec	Výkon [kW]		
Plzeňský		Třeština	999
Svojšín	1052	Bohuňovice	500
Středočeský		Domašov u Štamberka	250
Pakyřice	850	Lešany	426
Trhový Štěpánov	315	Tištín	526
Kněžice	330	Jihomoravský	
Královéhradecký		Šebetov	130
Úpice	150	Švábenice	526
Pardubický		Suchohrdly u Miroslavi	495
Vysoké Mýto	320	Mikulčice	500
Jihomoravský		Pánov	250
Velký Karlov	2000	Mutěnice	526
Zlínský		Čejč	1072
Nový Dvůr	537	Zlínský	
Otrokovice	780	Nivnice	536
		Spytihněv	320

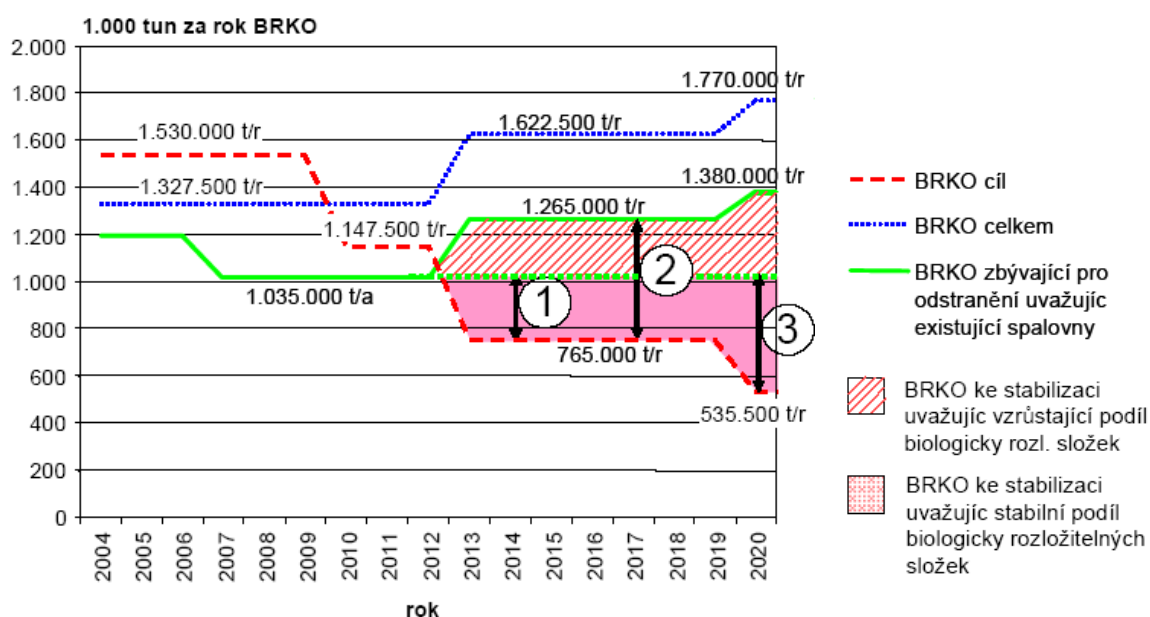
BPS ZEMĚDĚLSKÉ – celkový počet 66		Moravskoslezský	
Kraj/Obec	Výkon [kW]		
Plzeňský		Klokočov	986
Částkov	1074	Pustějov	526
Velká Černá Hat'	536	Velké Albrechtice II	860
Žihle	1500	Horní Tošanovice	750
Kralovice	537	Stonava	537
Vejprnice	536	Vysočina	
Bukovec	537	Plevnice	300
Všeruby u Kdyně	716	Dolní Město	700
Hostouň	696	Habry – Miřátky	716
Poběžovice	537	Olešná u Havlíčkova Brodu	246
Středočeský + Praha		Lípa	500
Krásná Hora nad Vltavou	526	Ždírec u Jihlavy	536
Libeň	526	Kouty	500
Drahobudice	526	Budišov	750
Valovice	1063	Křižanov	526
Zavodiv	50	Lesonice	785
Kněževes	740	Dešov	526
Ústecký		BPS VE VÝSTAVBĚ – celkový počet 16	
Julčín	945	Kraj/Obec	Výkon [kW]
Karlovarský		Ústecký	
Otročin	360	Lesná	-
Žlutice	750	Jihočeský	
Jihočeský		Žabovřesky	999
Chroboly u Prachatic	500	Lednice u Českých Budějovic	246
Věžovate Pláně	250	Třeboň	1000
Markvartice u Velešína	171	Pleše	537
Chotýčany	526	Zeleč	-
Obora	500	Středočeský	
Kardašova Řečice	998	Dublovice	834
Deštná	536	Královéhradecký	
Královéhradecký		Slatiny u Jičína	537
Prosečné	250	Pardubický	
Jaroměř	1432	Svitavy	-
Lukavice u Rychnova nad Kněžnou	537	Jevíčko	999
Pardubický		Vysočina	
Nové Lhotce	526	Žďár nad Sázavou	-
Ostřetín	844	Nové Město na Moravě	500
Sedlec u Vraclavi	750	Radešínská Svratka	888
Vidlatá Seč	1200	Olomoucký	
Litomyšl	1000	Temenice	728
Dolní Dobrouč	500	Jihomoravský	
Letohrad	66	Vyškov	-
Moravská Třebová	980	Zlínský	
		Zahnašovice	888

Biologicky rozložitelné odpady jsou rovněž významnou kvantitativní složkou komunálního odpadu. Podle analýz tvoří BRKO v celé Evropě 30–40 % komunálního odpadu, což není zrovna zanedbatelný podíl. Pro členské státy EU není jednotná strategie pro nakládání s těmito odpady dosud vypracována. Jejich sběr, zpracování a odstraňování je díky

jejich některým vlastnostem, jako jsou fermentabilita a vyšší obsah vody znesnadňující energetické využití, stále dosti problematický.

V souladu se Směrnicí Rady 1999/31/ES, o skládkách odpadů byla Evropskou komisí v období vstupu ČR do EU odsouhlasena počáteční hodnota produkce BRKO v naší republice pro rok 1995 na 1 530 000 tun. Požadované snížení množství sládkovaného BRKO v následujícím období je vypočítáno právě na základě této hodnoty. Národní cíle stanovené pro jednotlivá období jsou následovné: 1.147.500 t.rok⁻¹ v letech 2010 – 2012; 765 000 t.rok⁻¹ v letech 2013 – 2019 a od roku 2020 pouze 535 000 t.rok⁻¹.

Obr. 1 ukazuje situaci BRKO v České Republice, znázorňuje vytyčené cíle v souladu se skládkovou směrnicí, očekávaný vývoj a nezbytnou redukci dle „středního scénáře“ procesu plánování národního odpadového hospodářství. Střední scénář počítá se stabilním celkovým množstvím biologicky rozložitelného zbytkového komunálního odpadu a také s tím, že veškerý nárůst produkce odpadů bude kompenzován rostoucím odděleným sběrem.

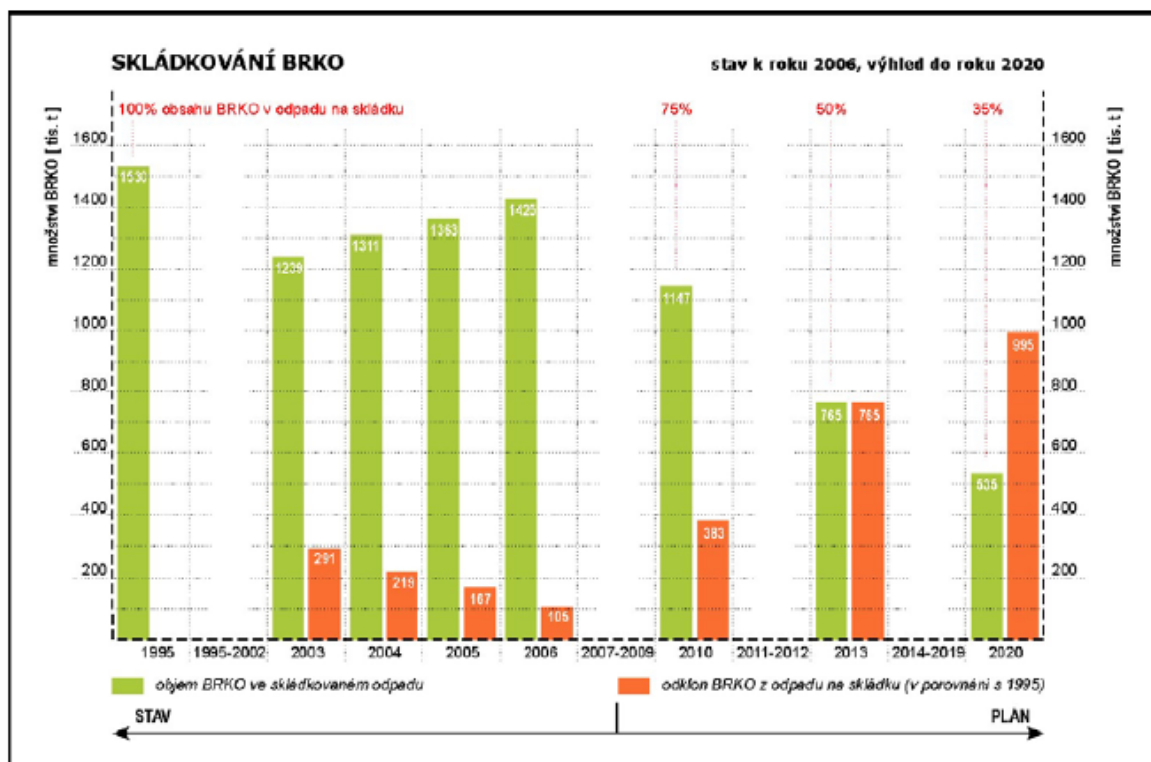


Obr. 1: Biologicky rozložitelný komunální odpad v České Republice: cíle, očekávaný vývoj a nezbytná redukce (MŽP, 2005)

Čárkovaná červená linie na obr. 1 začínající na 1.530.000 t.rok⁻¹ zobrazuje národní cíle stanovené pro BRKO ukládaný na skládky. Tečkovaná modrá linie začínající na 1.327.500 t.rok⁻¹ zobrazuje očekávané celkové množství BRKO podle výpočtu navrženého Ministerstvem životního prostředí (dle *Metodiky výpočtu postupného snižování množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky*), které očekává nárůst podílu biologicky rozložitelných složek komunálního odpadu ze současné hladiny 45 % na 60 % od roku 2020 (tato čísla je možno používat, pouze pokud nejsou k dispozici žádné výsledky analýz odpadů, pokud takové údaje k dispozici jsou, je nutno z nich při výpočtu vycházet).

Plná zelená linie zobrazuje množství BRKO zbývajícího pro odstranění, se započtením kapacity tří současných spaloven KO.

Na obr. 1 je možné také pozorovat protnutí sestupných cílů (čárkovaná červená linie) a budoucího množství sládkovaných biologicky rozložitelných částí KO (plná zelená linie) v roce 2013. To znamená, že od tohoto roku by podle tohoto scénáře nebyl bez investic do dalších kapacit pro úpravu BRKO plněn cíl (MŽP, 2005).



Obr. 2: Množství komunálního BRKO ukládaného na skládky (Chudárek a Hřebíček, 2009)

Z obr. 2 vyplývá, že pro splnění cíle pro rok 2010 je nutné z odpadového proudu BRKO na skládku odklonit 278 000 t odpadů v porovnání s rokem 2006, tj. zhruba 27 kg BRKO na obyvatele.

2. CHARAKTERISTIKA DRUHŮ BRO A JEJICH BILANCE

Údaje o produkci BRO v různých oblastech jejich vzniku patří k nejdůležitějším informacím potřebným pro řešení jejich dalšího využití. Sledují se nejen fyzikální a chemické vlastnosti (objemová hmotnost, poměr C:N, vlhkost, zrnitost apod.), ale také jednotková množství vztahená na plochu, počet zvířat, obyvatele apod. Někdy se hodnotí i jejich sezónnost.

Stanovením produkce BRO v různých odvětvích se zabývá řada autorů, např. Altmann a kol. (2007) hodnotil produkci BRKO ve venkovských i městských sídlech, Burg (2008) sledoval produkci odpadního dřeva ve vinicích a sadech, Altmann a kol. (2007), Zemánek a Burg (2008b) sledovali produkci travní hmoty u trvalých travních porostů, Benešová a kol. (2009) se zabývala sledováním množství a složení TKO v závislosti na typu zástavby. V oblasti údržby komunální zeleně uvádějí množství i kvalitativní parametry odpadů z údržby zeleně Burg a kol. (2008), Souček a Burg (2009).

Jelínek a kol. (2001), Filip a kol. (2002) a další sledovali produkci odpadů v zemědělské výrobě, Kopec (1998), Petříková (2006) hodnotili využitelný podíl a množství odpadu u jednotlivých zelenin. Tyto a další práce umožnily kvantifikovat množství a složení nejdůležitějších BRO a v řadě případů ověřily možnosti jejich kompostování.

2.1. ODPADY ZE ZEMĚDĚLSKÉ ČINNOSTI

Odpady z rostlinné výroby

Mezi odpady z rostlinné výroby patří sláma, bramborová nat', řepný chrást, silážní šťávy, znehodnocená krmiva (zelená píce, seno, siláže, senáže), nadzemní hmota plodin na semeno po chemickém ošetření – desikaci (jeteloviny, luskoviny, olejniny – řepka) aj. Ve většině případů jsou významným zdrojem organických látek a minerálních živin. Mezi nejčastější způsoby jejich využití patří zkrmování hospodářskými zvířaty, silážování, přímé hnojení zemědělských plodin ve formě zaorání a kompostování. Pro kompostování bude vždy důležitá jejich úprava, tj. drcení nebo řezání s cílem dosažení potřebné homogenity základky.

Odpady živočišného původu

K nejdůležitějším biologicky rozložitelným odpadům (BRO) ze živočišné výroby patří chlévská mrva (chlévkový hnůj), močůvka, kejda a hnojuvka. V místě jejich vzniku se však o odpad nejedná. Jejich význam spočívá v tom, že obsahují cenné organické látky (celulózu, hemicelulózu, lignin, sacharidy, aminokyseliny, bílkoviny, auxiny, apod.), minerální živiny (N, P, K, Ca, Mg a mikroelementy), mikroorganismy a růstové látky. Jsou tak zdrojem látek pro tvorbu půdního humusu a zvyšování zásoby živin v půdě a tím se významně podílí na tvorbě půdní úrodnosti. Při správném ošetřování, skladování a dodržení všech aplikačních zásad je lze současně označovat jako stájová hnojiva. Jejich použití v kompostové základce vždy znamená obohacení mikrobiální činnosti, v řadě případů se bez nich s ohledem na požadavek optimálního poměru C:N neobejdeme.

Chlévská mrva (chlévkový hnůj)

Jedná se o čerstvou směs podestýlky a tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat, která se po správné fermentaci (zrání) stává chlévkovým hnojem – cenným hnojivem. Průměrná roční produkce mrvy se vyjadřuje v tunách na dobytčí jednotku (1 dobytčí jednotka – DJ - odpovídá 500 kg živé hmotnosti) a dosahuje u skotu 12,8 t.DJ⁻¹ (hnoje 8,5 t.DJ⁻¹), u prasat 9,2 t.DJ⁻¹ (hnoje 6,6 t.DJ⁻¹), u drůbeže 18,7 t.DJ⁻¹ a u ovcí 12,8 t.DJ⁻¹.

Z agrochemického i ekonomického hlediska je nejefektivnějším způsobem využití chlévkového hnoje přímá aplikace do půdy. Veškeré další způsoby využití (kompostování, výroba bioplynu aj.) jsou podstatně pracnější a nákladnější.

Močůvka

Močůvka je zkvašená moč hospodářských zvířat ředěná vodou (napájecí, splachovací, dešťovou). Obsahuje malé množství organických látek, ale relativně vyšší množství dusíku a draslíku a je proto považována, při dodržování všech aplikačních zásad, za hodnotné dusíkato-draselné hnojivo.

Dusíkatá složka je tvořena hlavně močovinou (83 %). Pro močůvku je typický vyšší obsah některých organických kyselin – hippurové a močové. Vedle živin obsahuje také různé stimulační růstové látky, např. charakteru rostlinných hormonů, především auxinů.

Vyprodukované množství močůvky závisí: na druhu hospodářských zvířat, na kvalitě a množství steliva, na způsobu a době ustájení, na způsobu krmení, druhu krmiva a napájení. Roční produkce močůvky u skotu se pohybuje v rozmezí 5,2–8,7 t.DJ⁻¹ (v průměru 5,7 t.DJ⁻¹), u prasat v rozmezí 7,3 – 12,3 t.DJ⁻¹ (v průměru 9,5 t.DJ⁻¹).

Přímé použití moče ke hnojení není vhodné, neboť obsahuje organické kyseliny, které mohou působit nepříznivě na rostliny. Shromažďuje se proto v jímkách nebo nádržích, kde dochází během kvašení k rozkladu organických kyselin. Močůvku lze s výhodou používat k provlhcování kompostů, popř. i polních hnojišť v mimovegetačním období.

Hnojůvka

Hnojůvka je tekutina, která vytéká na hnojišti z uloženého hnoje v důsledku jeho snížené retenční kapacity pro vodu po mineralizaci části organické hmoty. Hlavní rozdíl mezi hnojůvkou a močůvkou spočívá v tom, že močůvka obsahuje jen malé množství mikrobů (původní moč je u zdravých zvířat sterilní), zatímco hnojůvka je na mikroby bohatá (je jimi kontaminována z hnoje, v němž se dále množí).

Hnojůvka obsahuje 0,10–0,15 % N, 0,01 % P a 0,45–0,60 % K (do 1,5 % sušiny a do 1 % organických látek).

Množství hnojůvky závisí na způsobu uskladnění a ošetřování mrvy resp. hnoje a pohybuje se od 8 do 20 % uskladněného množství hnoje. Hnojůvka se shromažďuje v jímkách obdobně jako močůvka a také využití je stejné jako u močůvky.

Kejda

Kejda je částečně zkvašená směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat ředěná vodou. Produkována je v bezstelivových provozech při ustájení na roštích. Tuhé a tekuté výkaly propadají roštem do sběrných kanálů nebo jsou zvířaty přes rošty prošlapávány a vodou jsou potom splachovány do jímek. Podle původu se rozlišuje kejda skotu, prasat a drůbeže.

Složení kejdy závisí na druhu hospodářských zvířat, krmení, napájení a způsobu manipulace a skladování. Dusík (v celkovém obsahu 0,5–1,0 %) je z 50–60 % obsažen ve formě amoniakální, z 10 % ve formě nitrátové a ze 30–40 % ve formě organické. Fosfor, draslík a hořčík jsou vázány převážně v labilních organických sloučeninách a jsou pro rostliny snadno přijatelné. Kromě hlavních živin obsahuje kejda i mikroelementy, hlavně Zn, Cu, B, Mo, Mn, Co a růstové látky. Kejda má vysokou biologickou aktivitu, probíhají v ní intenzivní přeměny uhlíkatých a dusíkatých látek. Poměr C:N se pohybuje v rozmezí 5–10:1.

Množství a kvalita vyprodukované kejdy závisí na druhu zvířat, jejich stání, užitkovém zaměření, způsobu krmení a napájení, způsobu odklizení, skladování a zejména na množství použité technologické vody. Při překročení doporučeného objemu vody (10–20 l na DJ a den) vznikají problémy s kvalitou kejdy, která má pak nízký obsah sušiny. Ten by u kejdy skotu neměl klesnout pod 7,0–7,5 %, u kejdy prasat pod 6,0–6,5 % a u kejdy drůbeže pod 12,0 %.

Ke kompostování lze kejdu využívat společně s dalšími vhodnými substráty a odpady jako jeden z komponentů surovinové skladby. Kejda je zdrojem živin a energie

pro mikroorganismy v kompostové základce, i pro vyrobený kompost, tj. pro rostliny a půdní mikroorganismy. Kejdu lze kompostovat buď klasickým způsobem v pásových základkách s překopáváním nebo kontinuálně v bioreaktorech, které zabezpečují výrobu hygienicky nezávadných kvalitních kompostů. Podmínkou je uplatnění takového složení kompostové základky, které umožní svou nasákavostí vázat její značný obsah vody. Proto se kejda nejčastěji aplikuje do základek s vyšším obsahem nasákavých materiálů (tuhé komunální odpady, drcená kůra, dřevní štěpka, piliny, zemina, rašelina, zbytky slámy, apod.).

Technicky se do pásových základek kejda (příp. jiné tekuté frakce) aplikuje z automobilových nebo traktorových cisteren do žlabu vytvořeného v koruně pásové hromady. Potřebné množství je většinou potřeba aplikovat postupně – vícekrát.

2.2. ODPADY Z POTRAVINÁŘSKÉHO PRŮMYSLU

Využívání druhotných surovin a odpadů z potravinářského průmyslu má svá specifika daná atypičností provozů, proměnlivostí surovin, sezónností výroby, širokým spektrem výrobků a jejich častou obměnou. Dalším specifickým znakem tohoto odvětví je zpracování většinou nákladně produkováných surovin, často rychle se kazících (maso, mléko, zelenina, tuky aj.). Potravinářský průmysl produkuje v převážné míře kapalné odpady, obsahující téměř vždy organické látky, které jsou většinou netoxické a dobře biologicky rozložitelné.

Část potravinářských výrobků se stává odpadem zejména z důvodu nesplnění hygienických požadavků. Jedná se zejména o rostlinné a živočišné polotovary nebo produkty s vysokým obsahem těžkých kovů, reziduí pesticidů, PCB, mykotoxinů, choroboplodných zárodků, parazitů apod.

Odpady z potravinářského průmyslu se nejčastěji využívají ke krmení nebo hnojení. Jejich využití jako zdroje energie je nákladné, a proto méně časté. Naprosto nežádoucí je zneškodňování některých odpadů (např. z lihovarů, droždářen nebo tukového průmyslu) vypouštěním do kanalizace. Představuje to velké zatížení čistíren odpadních vod zvýšeným obsahem organických látek, sloučenin N a P s následnou eutrofizací vodních toků.

Využití druhotných surovin a odpadů z potravinářského průmyslu pro kompostování je výhodné zejména z důvodů snížení znečištění povrchových vod, zefektivnění výrobních procesů vytvořením bezodpadových cyklů ale také z důvodu vysoké biologické hodnoty většiny potravinářských odpadů. Nutnou podmínkou při kompostování většiny těchto odpadů je dodržení podmínek hygienizace, tj. dosažení požadovaného teplotního průběhu při kompostovacím procesu. Odpady z mlékárenského a masného průmyslu podléhají při kompostování režimu dodržení dalších podmínek.

BRO z potravinářského průmyslu podle původu:

Odpady z mlynářského průmyslu – zadní mouky, otruby, zemitý prach,

Odpady ze sladovnického průmyslu – zadina, splávky odpadní máčecí vody,

Odpady z pivovarského průmyslu – pivovarské mláto, pivovarské kvasnice, hořké kaly, odpadní vody,

Odpady ze škrobářského průmyslu – zdrtky (odpadní drť 3–4 % všech zpracovávaných brambor), plavící a prací vody,

Odpady z lihovarnického průmyslu – výpalky, lihovarnická šáma (vápenato-hořečnaté kaly) odpadní vody,

Odpady z cukrovarnického průmyslu – vyslazené řízky, melasa, řepné kořínky a úlomky, saturační kaly (26 % CaO), zemité kaly (ideální složka kompostů), odpadní vody,

Odpady z tukového a olejářského průmyslu – pokrutiny, pokrutinové šroty, slupky, olejnatá drť, olejnaté kaly,

Odpady z konzervářského průmyslu – listeny a košťály, zeleninová nat', výlisky, semena, slupky, odpadní vody,

Odpady z vinařského průmyslu - kvasničné kaly kašovité, pastové,
Odpady z mlékárenského průmyslu – syrovátka, mlékárenské kaly,
Odpady z masného průmyslu – krev, kosti, rohovina, odpady z jatek, tukové odpady.

2.3. KALY Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Kompostování s využitím čistírenských kalů a následná aplikace vyrobených kompostů v zemědělství připadá v úvahu zejména ke hnojení nebo rekultivaci půd.

Přímé použití kalů z čistíren odpadních vod ke hnojení je možné pouze při dodržení následujících podmínek:

- nesmějí v nich být překročeny maximální povolené koncentrace rizikových prvků,
- použitou dávkou kalů nesmějí být překročeny mezní obsahy rizikových prvků v půdě,
- nesmí být překročena dávka sušiny kalů $5,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ jedenkrát za 3 roky (nutno vést přesnou evidenci o aplikaci),
- nesmějí být používány k zelenině, ovocným kulturám a na pozemcích s půdní reakcí nižší než $\text{pH/KCl} = 6,0$
- nesmějí být používány v ochranných pásmech vodních zdrojů.

Kompostování kalů závisí ve značné míře na používaných kompostovacích technologiích. Společným problémem při kompostování je jejich tekutá konzistence, která znamená u technologií pásových hromad ztíženou aplikaci a klade nároky na složení základky z nasákavých materiálů. Poměr C:N je ovlivněn charakterem kalů a běžně u čistírenských kalů dosahuje hodnot (6–16):1.

Ke kompostování jsou vhodné zejména ty kaly, které jsou stabilizované, mají vysoký podíl organických látek a minerálních složek. Tyto kaly není účelné zneškodňovat nebo využívat samostatně. Zpracování kalů kompostováním předpokládá mít k dispozici poznatky o jejich skladbě a kvalitě z hlediska fyzikálního, chemického a biologického. Pro použití vyrobených kompostů k přímému hnojení jsou potom určující agrochemická kritéria a požadavky na výživu.

2.4. ZAHRADNICKÉ ODPADY

Odpady ze zeleniny

Při pěstování zeleniny, zejména při jejím finálním zpracování (třídění, čištění, balení) vzniká značné množství biologických odpadů, stejně jako při jejím dalším zpracování (sušení, mražení, konzervace).

U kořenové zeleniny jsou to veškeré nadzemní části, případně poškozené (nestandardní) kořeny, zbytky po čištění a další odpady.

U plodové zeleniny je to nať i s kořeny, listy, plevelné rostliny.

U košťálové zeleniny jsou to listeny, košťály, kořeny a další nezpracovatelný podíl.

Tyto odpady zůstávají po sklizni většinou na povrchu pozemku, kde se běžně zaorávají. Jejich kompostování má smysl tam, kde se na posklizňové nebo na zpracovatelské lince finalizují a kde se odděluje dále nepoužitelný podíl. Odpady ze zeleniny jsou tvořeny velmi různorodými materiály s poměrem C:N = (30–40):1. Jsou většinou velmi strukturní, často není nutno je ani drtit, protože jsou snadno rozmělněny již při prvním (homogenizačním) překopávání. V základce kompostu je třeba dodržovat vlhkost, hlavně při vyšším podílu dužnatých listů.

Pro stanovení vznikajícího množství BRO u zelenin je důležitý využitelný podíl u jednotlivých druhů. Běžně dosahované výnosy a využitelný podíl u nejznámějších zelenin je uveden v tab. 4a, tab. 4b.

Tab. 4a.: Výnosy a využitelný podíl u nejznámějších druhů zelenin

Zelenina		Zelí	Květák	Kapusta růžičková	Brokolice	Salát	Pekingské zelí	Špenát	Okurky	Paprika
Výnos	[t.ha ⁻¹]	40	15	16	14	14	40	14	15	20
Obsah vody	[%]	92	91	88	89	95	95	91	95	92
Sušina	[%]	8	9	12	11	5	5	9	5	8
Využitelný podíl	[%]	90	45	70	60	74	52	80	80	83

Tab. 4b.: Výnosy a využitelný podíl u nejznámějších druhů zelenin

Zelenina		Rajčata	Mrkev	Celer	Petržel	Cibule	Česnek	Pór	Hrách	Fazole
Výnos	[t.ha ⁻¹]	34	20	20	11	15	5	25	4	8
Obsah vody	[%]	93	88	89	87	90	69	87	78	89
Sušina	[%]	7	12	11	13	10	31	13	22	11
Využitelný podíl	[%]	100	70	60	70	69	79	57	37	83

Listí

Listí je tradiční odpad použitelný jako materiál ke kompostování. Ideální příprava pro kompostovací zakládku představuje smíchání podrceného listí z více druhů dřevin.

Listí z některých druhů dřevin se hůře rozkládá, k nim patří například listy ořešáku, dubu, jírovce, topolu, břízy a akátu.

Vlhkost směsi listí se pohybuje v rozmezí 15–40 %, poměr C:N (31–48) : 1, což signalizuje potřebu přidávání komponentů, které tento poměr zužují (kejda, hnůj, kuchyňský odpad atd.).

Před založením zakládky je třeba promíchat listí s půdou, hnojem nebo kompostem v poměru 2 : 1. Ke sběru listí se využívají stroje opatřené nasávacím zařízením, umožňující snížení objemu sbíraného listí a tím snížení počtu jízd. Redukce objemu je až 5 : 1. Navíc nedochází k úletu listí. V některých případech se používá systém plnění listí do vaků, které navíc mohou být z biodegradabilního materiálu, čímž se práce ztlačí usnadní.

Při kompostování větších objemů listí je doporučena šířka řad 2,50 m v základně a výška 1,60 m. Pro dosažení a udržení teploty a vlhkosti v hromadách by neměla být šířka ani výška menší než 1,8 m.

BRO z ovocných sadů

V ČR zaujímají sady a vinice, označované termínem trvalé porosty, pěstitelské plochy o celkové výměře 40 000 hektarů. Podíl ploch připadající na sady činí 22 000 ha a u vinic 18 000 ha. Protože každoročně při výchovných zásazích v těchto porostech vzniká značné množství odpadního dřeva, nabízí se zde možnost jeho využití. Jeho nespornou výhodou je to, že jako zdroj využitelné energie je celkem rovnoměrně rozmístěn po celém území ČR.

Množství odpadního dřeva z ovocných výsadby je ovlivněno celou řadou aspektů. Jedná se především o ovocný druh, odrůdu, podnož, pěstitelský tvar a spon výsadby. Vedle výchovného řezu má význam zejména každoroční udržovací řez, při kterém se odstraňují poškozené, suché či zahušťující větve. Cílem tohoto řezu je zajištění vysokých a vyrovnaných výnosů ovoce.

Množství vznikajícího dřeva se může u jednotlivých výsadby výrazně lišit. Důvodem je rozsah zásahu, který může spočívat v běžném konturovém řezu nebo odstranění menších zahušťujících větví, ale také v hlubším řezu spojeném s odstraněním hlavních kosterních větví. Z 1 ha ovocných sadů tak lze získat 0,6–8,0 t odpadního dřeva běžně o tloušťce 10–100 mm. Množství dřeva vznikajícího při řezu jednoho hektaru sadů uvádějí tab. 5 a tab. 6.

Tab. 5: Produkce odpadního dřeva z ovocných sadů

Ovocný druh	Pěstitelský tvar a stáří	Spon, počet [ks.ha ⁻¹]	Produkce odpadního dřeva		Průměr [t.ha ⁻¹]
			[kg.ks ⁻¹]	[t.ha ⁻¹]	
Jabloně	štíhlé vřeteno, 10 let	4,0 x 2,0 1250	2,20–2,50	2,7–3,15	2,92
Meruňky	čtvrtekmen, 4 roky	6,0 x 2,0 840	2,50–3,50	2,10–2,94	2,52
Broskvoně	čtvrtekmen, 8 let	5,0 x 4,0 500	2,60–2,80 včetně letního řezu	1,3–1,4	1,35

Tab. 6: Potenciální produkce dřeva z ovocných výsadeb

Ovocný druh (odrůda)	Pěstitelský tvar	Výnos odpadního dřeva na jeden strom [kg]	Vypočítaná produkce dřeva [t.ha ⁻¹]	Průměr [t.ha ⁻¹]
Jabloň (Golden Delicus)	Štíhlé větveno	0,80	2,64	2,11
Jabloň (Idared)	Štíhlé větveno	0,92	3,04	
Broskvoň (Redhaven)	Dutá koruna	3,10	1,86	
Broskvoň (Sunhaven)	Štíhlé větveno	2,06	1,23	
Meruňka (Velkopavlovická)	Volná koruna	2,62	1,50	
Meruňka (Leskora)	Volná koruna	4,14	2,36	

Pozn.: Jabloně – podnož M9, stáří porostu 7 let, spon 3,0 x 1,0 m; broskvoně – podnož B-VA-1, stáří 8 let, spon 5,5 x 3,0 m; meruňky – podnož M-VA-1, stáří porostu 9 let, spon 5,0 x 3,5 m

Samostatnou skupinu pracovních operací spojenou se získáním značného množství odpadního dřeva představuje likvidace sadu. Jedná se o relativně nákladné a náročné operace, které se zpravidla realizují ve dvou až třech fázích: likvidace koruny (větví), kmene a kořenů (tab. 7).

Tab. 7: Potenciální produkce dřeva z likvidace ovocných výsadeb

Ovocný druh [ks.ha ⁻¹]	Pěstitelský tvar	Výnos odpadního dřeva na jeden strom [kg]	Vypočítaná produkce dřeva [t.ha ⁻¹]	Průměr [t.ha ⁻¹]
Jabloň (3300 ks.ha ⁻¹)	Štíhlé větveno	48	158,4	86,2
Broskvoň (600 ks.ha ⁻¹)	Dutá koruna	69	41,4	
Meruňka (570 ks.ha⁻¹)	Volná koruna	103	58,7	

Protože dřevní štěpka z réví či z odpadního dřeva ovocných výsadeb tvoří spolu se slámou, pilinami, hoblinami apod. výborný nasávací komponent pro kejdu skotu i prasečí kejdu, lze dosáhnout vhodným mísením příznivého poměru C:N a úspěšně uskutečnit kompostovací proces.

Pro zajištění kompostovacího procesu je nutné vycházet z těchto skutečností:

- je třeba řešit dopravu dřevní štěpky na kompostovací stanoviště, vychází se z použité technologie (převozní štěpkovače, štěpkovače se zásobníkem), dopravní prostředky musí mít velký ložný objem (malá objemová hmotnost štěpky),
- kompostovat na vodohospodářsky zabezpečené kompostovací ploše se zachytnou jímkou (vysoký podíl kejdy aplikované v několika dávkách znamená riziko průsaků),
- úvodní fáze rozkladu dřevní štěpky trvá 1–2 měsíce a celý cyklus 6–8 měsíců.

Průměrné množství odpadního dřeva činí u jabloní 2,50 t.ha⁻¹, u meruněk 2,20 t.ha⁻¹, u broskvoní včetně letního řezu 2,80 t.ha⁻¹.

Objemová hmotnost štěpky závisí na vlhkosti, při 15–20 % vlhkosti (u energetické štěpky je to vlhkost pro optimální spalování) se pohybuje od 200 do 350 kg.m⁻³. Poměr C:N je velmi široký a činí (100–120) : 1. Tento materiál tedy bude vždy patřit k obtížně kompostovatelným.

BRO z vinic

Ve vinohradnických oblastech je významným zdrojem BRO réví - odpadní dřevo po řezu vinic. Velké množství réví je k dispozici zejména v zimním a jarním období. Množství odpadního dřeva - réví po řezu vinic závisí na odrůdě, stáří a hlavně na typu vedení (počtu keřů na 1 ha). Odpadní réví představuje pruty o tloušťce 10–20 mm a vlhkosti v rozmezí

30–45 %.

Průměrné množství vznikajícího réví je 0,45–0,70 kg na keř, což při počtu keřů 3000 – 4500 ks.ha⁻¹ představuje 1,80–2,80 t.ha⁻¹. Dosavadní běžné pálení vyhrnutého réví je v rozporu se Zákonem o ochraně ovzduší. Část réví je dnes drcena přímo v meziřadí a vrací se do půdy.

Množstvím réví vznikajícího při řezu jednoho hektaru vinic podle jednotlivých odrůd uvádí tab. 8.

Tab. 8: Produkce odpadního dřeva po řezu vinic

Způsob vedení	Stáří	Počet [ks.ha ⁻¹]	Odrůda	Produkce odp. dřeva		Průměr
				[kg.keř ⁻¹]	[t.ha ⁻¹]	
střední	15	4500	TR, RV	0,45–0,50	2,0–3,2	2,80
			SV, SVG, PM	0,60–0,70	2,7–3,2	
vysoké	13	3300	RV, CH, RŠ	0,70–0,80	2,3–2,6	3,00
			SVG, SV	0,90–1,2	3,0–4,0	

Pozn.: Vlhkost réví se pohybuje v rozmezí 40–49 %; TR – Tramín červený, RV – Ryzlink vlašský, SV – Svatovavřínecké, SVG – Sauvignon, PM – Portugal modrý, CH – Chardonnay, RŠ – Rulandské šedé

Výlisky z hroznů – matoliny

Dalším druhem BRO z vinic jsou výlisky z hroznů – matoliny. Jejich podíl z celkového zpracovaného množství hroznů činí 18–20 % (v závislosti na odrůdě, stupni zralosti, použitém lisovacím zařízení, počtu lisovacích cyklů aj.). Při výnosu hroznů 7,0 – 10,0 t.ha⁻¹ to představuje množství 1,40–2,0 t.ha⁻¹, objemová hmotnost je 150–180 kg.m⁻³, poměr C:N v čerstvé hmotě je (45–48) : 1. Obsah třapin (stopek) dosahuje 3–4 % z celkového objemu lisovaného produktu.

Přímá aplikace na povrch pozemku a následné zaorání matolin se nedoporučuje. Důvodem je dlouhá doba rozkladu, klíčení jader a vzhledem k nepříznivému poměru C:N, nevýrazný efekt při zlepšování půdních vlastností.

Matoliny jsou charakteristické vysokým obsahem jader, které tvoří cca 25 % jejich celkového objemu. Jádra obsahují řadu kyselin a silic, které omezují činnost mikroorganismů, způsobujících jejich rozklad. Pro dosažení požadovaného poměru C:N jsou přidávány komponenty ve formě slámy, znehodnoceného sena, prasečí kejdy apod., samotné matoliny mají zrnitou strukturu a jsou dobrým nasávacím materiálem pro kejdu či jiné tekuté odpady.

Výlisky z jablek

Na rozdíl od strukturního a zrnitého materiálu matolin, představují výlisky z jablek materiál, jehož kompostování je velmi obtížné bez velkého přídatku nasávací složky a na dusík bohatší frakce.

Výlisky z jablek tvoří nestrukturní materiál o vlhkosti 65–85 % s poměrem C:N (30–40) : 1.

Ideálním přídatkem je řezaná sláma, drcené réví apod. I při takto upravené základce mohou nastat problémy s urovnáním profilu hromady a se zásobením vzduchem, hlavně v dolních vrstvách základky. Proto bývá v praxi podíl jablečných výlisků v základkách nízký (asi do 10 %).

2.5. PRODUKCE ZAHRADNÍCH BRO V KOMUNÁLNÍ SFÉŘE

Významným zdrojem BRO je komunální sféra, kde vzniká množství kompostovatelných odpadů z údržby stromů, keřů, travnatých ploch, zahrádek a květinových záhonů. Zpracovat bilanci těchto BRO vyžaduje velmi individuální přístup.

BRO z údržby stromů

Dřevní hmota vznikající v komunální sféře představuje svými vlastnostmi a objemem produkce velmi různorodý materiál. Do této kategorie lze zařadit dřevní hmotu vznikající při údržbě soukromých a především veřejných prostranství, např. zahrad, parků, alejí, stromořadí apod.

Údržbové zásahy lze s ohledem na charakter cílového porostu rozdělit na údržbu opadavých dřevin a údržbu stále zelených a jehličnatých dřevin.

U stromů je nutná pravidelná kontrola a opakování potřebného řezu. U zdravého stromu se v průběhu stárnutí potřeba řezu snižuje. Většinou se u stromů provádí řez v těchto cyklech:

1. mladé stromy do 10 roků - řez po 2–3 letech
2. stromy od 10–30 roků - řez po 4–6 letech
3. stromy od 30–50 roků - řez po 5–8 letech
4. stromy nad 50 let - řez po 4–10 letech

Odpadní dřevní hmota pocházející z komunální sféry je tvořena zpravidla mladými výhony či větvemi různé tloušťky, včetně kosterních větví, kmenů a pařezů ošetřovaných či likvidovaných dřevin. Výsledný charakter takto získané dřevní hmoty přímo souvisí s termínem provedení zásahu (období vegetace, vegetačního klidu – souvisí zejména s obsahem vody), stářím dřevin (velikost odstraňovaných částí – průměr a délka větví atd.) a jejich druhovými vlastnostmi (objemová hmotnost, tvrdost dřeva). Průměrné hodnoty produkce odpadního dřeva při údržbě a kácení jsou v tab. 9.

Tab. 9: Produkce dřevní hmoty při údržbě a kácení u vybraných dřevin

Druh dřeviny	Orientační stáří dřeviny [roky]	Charakter odstraňované části	Příčný průměr [mm]	Hmotnost získané dřevní hmoty [kg.ks ⁻¹]
Lípa srdčitá	40	údržba kosterní větve včetně obrostu	60–80	50–60
Lípa srdčitá	40	kácení	150–250	550
Javor jasanolistý	33	údržba kosterní větve včetně obrostu	50–60	35–40
Javor jasanolistý	33	celý strom	kmen 300 + kosterní větve 120–180	250+400
Javor klen	20	údržba kosterní větve včetně obrostu	60–70	40–45
Javor klen	20	celý strom	150–180	220
Trnovník akát	36	prořezání	60–70	55–60
Trnovník akát	36	celý strom	kmen 120 + obrost 60–80	180+80
Topol černý	50	prořezání	80–100	100–120
Topol černý	50	vrchol	350	320

Potenciál hmoty při údržbě porostů v komunální sféře je ve srovnání s hodnotami stanovenými při údržbě porostů v ovocných výsadbách nižší. Skutečná produkce je závislá na druhové skladbě, stáří dřevin a četnosti zásahů. Vegetační prvky tvořené stromy mohou mít různý charakter, který určuje nároky na údržbu a množství produkce odpadního dřeva:

Skupina stromů

Hodnota produkce BRO je daná množstvím stromů na jeden hektar a srovnatelné produkce na jeden strom. Údaj $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ vychází z běžných hodnot plochy připadající na jeden strom (např. silniční stromořadí).

Skupina stromů s podrostem

Uvažujeme-li s produkcí odpadního dřeva včetně podrostu, je možné vyčíslit předpokládané množství hodnotou $3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Strom jednotlivý

Při předpokládané ploše 20 m^2 na 1 strom připadá na 1 hektar cca 500 stromů. Údržbová operace se zde předpokládá v intervalu 4–5 let. Při produkci cca 40–50 kg dřeva na 1 strom (např. tab. 9) lze uvažovat s průměrnou hodnotou produkce odpadního dřeva 10–12 kg na 1 strom za rok.

Porosty dřevin

Hodnota vychází ze srovnatelné hodnoty uváděné pro údržbu keřů, která činí $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Nálety dřevin

Údaje o produkci pěstovaných rychle rostoucích dřevin (topol, vrba) udávají výnos (roční přírůstky) v hodnotách $10\text{--}12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Hodnota produkce pro souvislé nálety dřevin může být odvozena z těchto skutečností při předpokladu roční produkce ve výši 25 % tohoto výnosu tj. $2,5\text{--}3,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

BRO z údržby keřů

Údržbové zásahy u keřových výsadeb vykazují lokální specifika. Významným kritériem při rozsahu údržby je objem výsadby, u pásových živých plotů ošetřená plocha. Nejčastější vyjádření množství BRO je v $\text{kg} \cdot \text{ks}^{-1}$ u skupinových nebo soliterních keřů, nebo v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ u tvarovaných živých plotů a pokryvných křovin. Odpadní dřevo má z větší části charakter tenkých výhonů, které lze dobře štěpkovat. Tvary keřové výsadby určují množství odpadního dřeva. Hodnoty produkce BRO při údržbových operacích v keřových výsadbách uvádí tab. 10.

Živý plot tvarovaný

Při známé výšce plotu lze produkci stanovit s využitím tab. 10.

Skupiny keřů v kombinaci se živým plotem

Vyčíslením poměru keřů a tvarovaného živého plotu lze odvodit z hodnot uvedených v tab. 10 produkci dřeva z živého plotu a z údržby keřů.

Jednotlivé (soliterní) keře nebo skupinová výsadba keřů

Údaj o produkci by měl respektovat velikost keřů (výška, objem, půdorys) a hustotu čištěného podrostu. Je možné orientačně vycházet z údajů o produkci odpadního dřeva při letním řezu pásových výsadeb v ovocnictví, která činí $0,5\text{--}1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Pokryvné křoviny

Specifikována je zpravidla plocha keřů nebo skupin, lze použít průměrnou hodnotu $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tab. 10: Hodnoty produkce odpadního dřeva při údržbě keřů

Charakter porostu	Produkce	Střední hodnota produkce [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Pozn.
Živý plot tvarovaný	$0,2\text{--}0,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$	1,5	
Skupiny + živý plot	$14,0\text{--}18,0 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$	1,6	50 keřů na 1 ha (živý plot/skupiny 1:1)
Skupinová výsadba	$8,0\text{--}12,0 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$	1,0	100 keřů na 1 ha
Solitérní keře	$25,0\text{--}35,0 \text{ kg} \cdot \text{ks}^{-1}$	3,0	100 keřů na 1 ha
Pokryvné křoviny	$0,05\text{--}0,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$	1,0	

BRO ze zemědělsky nevyužívaných ploch (přírodě blízkých společenstev)

Z obecně známých příčin postupně v krajině narůstá velikost neobhospodařovaných ploch. Tyto plochy jsou sice většinou vykazovány jako orná půda nebo jako travní porosty, ale nemají zabezpečenu základní údržbu. V rámci možností jsou udržovány pomocí standardních strojů, velmi často jsou tyto plochy součástí komunálních ploch, nebo alespoň podléhají komunální údržbě.

Nejnižší údaje o produkci biomasy udávají $0,5\text{--}2,0 \text{ t}$ hmoty z 1 ha . Objemová hmotnost u suché hmoty (sušina 60–80 %) sbírané sběracím vozem se pohybuje od $50\text{--}80 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, u zavadlé hmoty je to $80\text{--}120 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Objem takto nevyužívané biomasy byl jen v r. 1994 odhadován na 48 000 t.

Složení tohoto materiálu může být značně různorodé, převažuje ale stébelná travní hmota, ať už suchá nebo zavadlá, často s podílem silnějších plevelných rostlin. Poměr C:N je 35:1 u čerstvé stébelné hmoty, u směsi s vyšším podílem stařiny je poměr C:N kolem 45 :1.

Kompostování tohoto materiálu má několik specifík:

- stébelný materiál se rychle rozpadá a je značně sléhavý, hotový kompost má jen asi 10 % objemu původní hmoty, vyžaduje tedy časté spojování zakládek,
- homogenizace - např. řezání travní biomasy je operace energeticky náročná a nemusí být vyvážena hodnotou výsledného kompostu,
- spolehlivé nastartování kompostovacího procesu musí být zabezpečeno dostatečnou vlhkostí, tj. sběrem čerstvého nebo mírně zavadlého materiálu a přidavkem zeminy nebo hnoje. Homogenizace předem neupraveného materiálu je problémem,
- kompostovací cyklus může probíhat v závislosti na počtu překopávek cca 12–30 týdnů, nezřídka 6–12 měsíců. První překopávání je možné uskutečnit až dojde k dobré lámavosti stébel.

BRO z údržby travníkových ploch

Celkové množství tohoto vcelku problematického materiálu roste souběžně se zvyšujícími se plochami intenzívně ošetřovaných travníků. Podle stupně intenzity se travní porosty sečou 3–20x za sezónu a stále roste počet žacích strojů vybavených sběracím košem. Čerstvá posečená tráva se tak stává nežádoucím odpadem.

Struktura výsledné hmoty po seči je tvořena ústřížky trávy o délce 15–20 mm. Vyšší obsah vody je způsoben jejím uvolněním z pletiv při přestřižení stébla. Vlhkost se tak pohybuje v hodnotách 50–70 %. I z těchto důvodů nelze tuto hmotu zkrmovat. Poměr C:N = 30 : 1 je příznivý.

Objem takto vzniklé hmoty závisí na stavu porostu, udává se přibližně hodnotou:

- 12–14 m³ hmoty z 1 ha ošetřované **nestandardní trávnickové plochy** za rok. Při objemové hmotnosti 150 kg.m⁻³ to představuje množství 2,0 t.ha⁻¹.
- 30 m³ hmoty z 1 ha ošetřované **luční trávnickové plochy** za rok. Při objemové hmotnosti 170 kg.m⁻³ to představuje množství 5,0 t.ha⁻¹.
- 35 m³ hmoty z 1 ha ošetřované **trávnickové parkové plochy** za rok. Při objemové hmotnosti 200 kg.m⁻³ to představuje množství 7,0 t.ha⁻¹.

Kompostování bez přidavku zeminy, minimálního množství substrátu, drcené slámy, štěrky apod. je problematické, neboť vrstva se rychle slehává a bez přístupu vzduchu je náchylná k anaerobním procesům a k plísni. Zakládky s vyšším podílem této hmoty je nutno podstatně častěji překopávat.

BRO z ostatních okrasných ploch

Ve venkovských sídlech a na okrajích městské zástavby vznikají BRO při údržbě dalších okrasných ploch, které zahrnují předzahrádky a zahrádky, záhony květin, občasnou údržbu vyžadují ruderalní plochy. Množství vznikajícího BRO má lokální charakter.

Předzahrádky a zahrádky

Množství biomasy odpovídá množství udávanému pro nestandardní trávnickové plochy (vegetační pokryv, zdřevnatělé rostliny odstraňované po ukončení vegetace) a představuje produkci cca 2,0 t.ha⁻¹.

Záhony květin

Obdobně mohou platit stejné hodnoty jako u předzahrádek a zahrádek. Při předpokladu běžně uváděného množství 200 kg na 0,1 ha to představuje produkci 2,0 t.ha⁻¹.

Ruderalní plochy

Údaje lze přibližně odvodit z hodnot přírůstků rychle rostoucích dřevin, které představují 10–12 t.ha⁻¹ za rok. S ohledem na různorodý charakter ruderalních porostů lze za reálnou považovat hodnot 5,0 t.ha⁻¹ (50 % produkce).

2.6. OSTATNÍ DRUHY BRO

Listí lesních dřevin

Listí dřevin vzniká jako odpad jednak při těžbě a zpracování dřeva, jednak po opadu na podzim na lesních komunikacích, v alejích, v okrasných lesoparcích, na hřbitovech apod. Vyznačuje se vysokým obsahem organických látek a celou řadou živin, důležitých pro růst a vývoj rostlin. Obsahuje 15–20 % vlhkosti, 80 % organických látek, 1,0 % N, 0,2–0,3 % P₂O₅, 0,25–0,43 % K₂O a 1,7–2,1 % CaO. Poměr C:N je (30–40) : 1. Pro asimilační orgány lesních dřevin je dále typický obsah látek jako jsou pryskyřice, vosky, třísloviny a barviva. Jejich obsahová úroveň, která je závislá hlavně na druhu dřeviny, určuje i rozložitelnost listí. Z tohoto pohledu lze rozlišit listí:

- rychle rozložitelné: akát, olše, jasan, habr, jilm, jírovec, lípa,
- středně rozložitelné: břiza, javor, dub,
- pomalu rozložitelné: topol, buk.

Listí lesních dřevin je vhodným materiálem pro kompostování. Jeho rozklad je možné urychlit rozdrcením nebo rozsekáním, čímž se současně zabrání vzniku vlhkých shluků v kompostech, které brání přístupu vzduchu i vody a omezují lokálně činnost mikroorganismů.

Jehličí

Jehličí má v základních ukazatelích podobné složení jako listí lesních dřevin. Obsahuje 14–12 % vlhkosti, 82–85 % organických látek, 0,8–0,9 % N, 0,1–0,2 % P_2O_5 , 0,1–0,2 % K_2O a 0,5–1,5 % CaO. Rovněž pro jehličí je typický obsah pryskyřic, vosků, tříslovin, barviv a terpenů, které brzdí jeho rozklad a některé z nich jsou i toxické (terpeny).

Rychlost rozkladu závisí na druhu jehličí – nejrychleji se rozkládá jehličí borové, následuje jehličí smrkové a nejpomaleji se rozkládá jehličí jedlové. Praktický význam pro výrobu kompostů má především jehličí smrkové a borové. Rozklad jehličí je možné urychlit před vlastním kompostováním smícháním s mletým vápencem (asi 10 kg na 1 m³) a zvlhčením vodou. Takto se jehličí ponechá na hromadách asi jeden měsíc – přitom nabobtná, změkne a při vlastním kompostování je snadněji přístupné rozkladné činnosti mikroorganismů.

Drcený klest - lesní štěpka

Lesní štěpka představuje hmotu, získanou štěpkováním dřeva po vyvětrání tj. větví včetně asimilačních orgánů, malých stromů z probírek, vrcholů resp. korun stromů, kořenů, kůry, apod. Dřevní štěpky mohou tvořit až 40 % podíl z celkové dřevní biomasy. Tento odpad je zpravidla velmi nehomogenní a má proto také velmi rozdílné složení. Jeho kompostování vykazuje stejná specifika jako štěpka z ostatních dřevin.

Kůra

Stromová kůra je produkována v množství asi 12,5 % z celkového objemu vytěženého dřeva. Obsahuje 60–40 % vlhkosti, 38–58 % organických látek, asi 0,1 % N. Poměr C:N se pohybuje v rozmezí (80–120) : 1. Kompostování je vhodný způsob využití kůry.

Vzhledem k tomu, že přirozený mikrobiální rozklad kůry je velmi pomalý, doporučuje se kůru před vlastním kompostováním předfermentovat a to tak, že se drcená kůra (na částice max. 15 mm) na hromadách prolévá kejdou nebo močůvkou, jež jsou významným zdrojem dusíku a mikroorganismů pro rozkladnou činnost. Kůra je připravena ke kompostování, klesne-li poměr C:N pod 50:1, čehož se dosáhne za 3–6 měsíců. Mikrobiálně rozložená kůra je svým složením i vzhledem podobná rašelině, kterou může nahradit v různých rašelinových substrátech.

Kůru lze dále využít k nastýlání půdy (např. v zahradnictví), kde snižuje zaplevelení, výpar vody a kontaminaci plodů ornici. K nastýlání ji lze použít také na záhonech okrasných rostlin a dřevin – v parcích, okrasných zahradách, apod. Kůru lze používat také jako hydroponický substrát pro oporu kořenů rostlin.

Piliny a hobliny

Piliny a hobliny mají v porovnání s kůrou širší poměr C:N, dosahující hodnot až (100–150):1. Je to způsobeno velmi nízkým obsahem dusíku, který nedosahuje ani 0,1 %. Rovněž celkový obsah popelovin není vysoký, pohybuje se mezi 0,15–0,40 %. Nejvíce je z popelovin zastoupen draslík a vápník, obsah ostatních živin je zanedbatelný. Piliny však obsahují poměrně značné množství pryskyřic a vosků (1,5–3,0 %), které inhibují mikrobiální pochody a tím i rozklad organických látek, hlavně celulózy.

Z hlediska chemického složení (poměr C:N) nejsou sice piliny a hobliny pro kompostování nejvhodnějším materiálem, ale jsou cenné jako nasávací materiál. Velmi dobře poutají v kompostech roztoky živin a umožňují používat do kompostů vyšší podíly odpadů a surovin tekutého charakteru (např. neodvodněných kalů, kejdy, močůvky, fekálií, apod.). Při použití většího množství pilin resp. hoblin k výrobě kompostů je vhodné je předfermentovat podobným způsobem jako kůru, případně přidávat průmyslová dusíkatá hnojiva na úpravu poměru C:N.

Pro dobrou sorpční schopnost se piliny používají rovněž jako nasávací materiál pod kompostové zakládky nebo na pokrývání kompostů pro zamezení rozplavování srážkami.

2.7. BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ KOMUNÁLNÍ ODPAD ZE SEPAROVANÝCH SBĚRŮ (BRKO)

Problematika stanovení podílu BRO v komunálním odpadu je v posledních letech předmětem intenzivního sledování. Ukazuje se, že množství separovaného BRKO vztaženého na 1 obyvatele zásadním způsobem závisí na typu obytné zástavby, zároveň se snižují rozdíly mezi vesnickými a městskými podmínkami. Nejnížší údaje uvádí u velkých zástaveb 30-60 kg na osobu za rok, u malých zástaveb 20-40 kg na osobu za rok. Tato čísla lze dnes považovat za překonaná, což potvrzují i údaje o podílu BRO vznikajících při spotřebě čerstvé zeleniny. Její průměrná spotřeba se v posledních 6-8 letech pohybuje mírně nad 80 kg na osobu za rok. Při předpokladu 25 % nevyužitelného podílu to představuje asi 20 kg odpadů jen z čerstvé zeleniny na osobu za rok. Současná úroveň produkce BRKO se pohybuje u velkých zástaveb (města) v hodnotách 60-120 kg na osobu za rok, u malých zástaveb (vesnice) v hodnotách 40-80 kg na osobu za rok.

Při bilancování těchto odpadů je proto třeba vycházet z konkrétních podmínek v daném území.

2.8. BILANCE BRO

Prvním krokem při návrhu kompostárny je zpracování bilance, tj. zjištění druhu a množství BRO, které jsou v řešeném území k dispozici.

Podklady pro tato zjištění a vyčíslení množství BRO získáváme z několika zdrojů. Nejvýznamnějším zdrojem jsou normativní údaje o produkci BRO uváděné v této kapitole výše, dále údaje soustřeďované na městských úřadech (referát ŽP, plán OH, evidence produkce TKO, BRKO, apod.). Posloužit mohou dále údaje z evidence vznikajících odpadů a údaje o zemědělské produkci u jednotlivých subjektů. Výsledná bilance může být výrazně ovlivněna existencí zpracovatelských a průmyslových subjektů v daném území, od kterých je možné BRO na kompostárnu odebírat na základě smluvních vztahů.

Bilance se s výhodou zpracovává do tabulky, je vhodné kromě druhu a množství BRO doplnit také údaje o charakteru BRO (C:N, objemová hmotnost), o místě zdroje, o potřebné úpravě (drcení, štěpkování, separace apod.).

Pro snadnější orientaci je možné využít tab. 11, kde jsou uvedeny vybrané průměrné hodnoty normativních množství produkce některých BRO a tab. 12 s uvedením jejich vlastností.

Tab. 11: Hodnoty průměrné produkce u vybraných druhů BRO

Materiál	Jednotka	Průměrná produkce	Pozn.
Tráva z údržby TTP	t.ha ⁻¹	3,0–6,0	stébelnatý charakter
Tráva z údržby parků	t.ha ⁻¹	2,0–4,0	vlhká travní drť
Tráva z údržby příkopů	t.km ⁻¹	1,0–2,0	zavadlá až suchá, stébelnatý charakter
Seno	t.ha ⁻¹	6,0–8,0	ze 2 sečí
Sláma	t.ha ⁻¹	7,0–9,0	podle výnosu
Štěpka z údržby zeleně podél komunikací	t.km ⁻¹	0,5–1,5	
Odpadní dřevo z ovocných výsadeb	t.ha ⁻¹	2,0–3,0	podle druhu
Odpadní dřevo – réví z vinic	t.ha ⁻¹	1,5–2,5	podle počtu keřů na 1 ha (0,4–0,7 kg na keř)
Odpadní dřevo – údržba zeleně	t.ha ⁻¹	0,5–5,0	
Zelinářské odpady	t.ha ⁻¹	1,0–5,0	podle druhu a způsobu zpracování
Matolina	t.ha ⁻¹	1,0–1,8	podle výnosu (cca 18–20 %)
Hnůj skotu	t.ks ⁻¹ .rok ⁻¹	6,0–10,0	
Hnůj prasat	t.ks ⁻¹ .rok ⁻¹	1,5–3,0	
Kejda skotu	t.ks ⁻¹ .rok ⁻¹	10,0–20,0	55 l za den na 1 kus
Kejda prasat	t.ks ⁻¹ .rok ⁻¹	3,0–6,0	10 l za den na 1 kus
BRKO – malá sídla	kg.obyvateľ ⁻¹ .rok ⁻¹	40,0–80,0	
BRKO – velká sídla	kg.obyvateľ⁻¹.rok⁻¹	60,0–120,0	

Tab. 12: Vlastnosti vybraných druhů odpadů

Druh BRO	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Vlhkost [%]	Spalitelné látky [% sušiny]	N [% sušiny]	C:N	Nevhodné vlastnosti z hlediska kompostování
Odpad rostlinného a živočišného původu						
Odpad potravin	300-800	30-90	75-95	0,5-1,7	22-80	
Chmelové mláto	500-800	70-80	78-90	1,0-1,5	26-40	
Výlisky – matoliny	400-500	65-87	78-92	0,5-1,4	28-48	
Kal z výroby rostl. a živočišných tuků	500-800	15-35	45-65	0,5-0,6	40-80	tuky, mastné kyseliny, (Ni)
Odpad z porážky a zpracování zvířat	500-800	70-85	75-96	5,0-9,0	6-11	riziko infekčnosti
Drůbeží trus	400-550	80-92	65-76	5,0-7,5	4-6	
Prasečí kejda	1000	91-97	72-78	4,0-8,5	4-6	(Cu)
Hovězí kejda	1000	85-97	65-82	3,5-4,5	7-9	
Hnůj (chl. mrva)	800-900	76-82	72-85	1,6-2,3	13-17	
Odpadní klišovka	800-900	60-78	80-90	6,0-9,0	6-9	riziko infekčnosti, (Cr)
Kal z koželužen	800-900	60-90	30-60	1,0-5,0	15-30	riziko infekčnosti, (Cr)
Sláma	200-500	13-16	94-96	0,4-0,6	60-110	
Části rostlin	250-500	15-70	92-95	0,4-1,5	20-75	riziko zaplevelení
Travní hmota z údržby trávníků	150-400	50-70	88-92	0,8-1,2	35-50	
Travní hmota z neobhospod. ploch	100-200	10-35	90-95	0,8-1,5	35-45	
Listí	200-300	15-40	90-95	0,9-1,5	32-48	
Zelinářský odpad – nat', listy	200-400	30-60	85-95	1,5-2,5	35-50	
Kůra	200-250	40-70	94-98	0,1-0,4	95-115	třísloviny, (Cd), (Pb), (Hg), (Mn)
Odřezky, třísky	250-350	40-70	98-99	0,0-0,4	100-120	nutnost mechanické úpravy
Piliny	200-300	40-70	98-99	0,0-0,2	100-120	nízká pórovitost
Dřevní štěpky	250-350	30-35	96-98	0,0-0,2	100-120	

3. VÝPOČTY POMĚRU C:N A VLHKOSTI KOMPOSTOVÉ ZAKLÁDKY

Jedním ze základních předpokladů správného průběhu kompostování je optimální surovinová skladba základky. Ovlivňuje ji celá řada faktorů, z nichž největší význam má správný poměr uhlík : dusík (tzv. poměr C:N) a počáteční vlhkost (Váňa, 1997)

Hodnota C:N u čerstvě založeného kompostu by se měla pohybovat v rozmezí (25-40):1, za optimální hodnotu je považován poměr C:N=(30–35):1. Spolu s hodnotou poměru C:N je třeba zaručit u základky počáteční vlhkost 50–60 % (Löbl, 1992, Vallini a Maneti, 1990)

Příklady výpočtů hodnot poměru C:N a vlhkosti zpracovávaných BRO zpracoval také Plíva a kol. (2006).

Uvedené příklady výpočtů základních charakteristik odpadů nebo jejich směsí slouží pro potřeby optimalizace surovinové skladby.

Stanovení poměru C:N

V případě, že známe procentický obsah uhlíku a dusíku u daného materiálu, stanovíme poměr podle tohoto obsahu.

PŘÍKLAD 1

Je třeba zjistit poměr C:N u slámy obilovin s 0,7 % dusíku (N) v sušině a 56 % uhlíku (C) v sušině.

$$C : N = \frac{\%C}{\%N} = \frac{56}{0,7} = 80$$

Výsledný poměr C:N má hodnotu 80:1.

V případě, že není znám přesný obsah uhlíku u dané suroviny, je možné jej vypočítat podle obsahu organických látek:

$$\% C = 0,51 \cdot (\% OL) + 0,48$$

Výpočet se v praxi zjednodušuje tak, že se procento uhlíku stanoví jako polovina obsahu organických látek.

Velmi často se stává, že obsah dusíku určité suroviny je uveden jako procenta v sušině. Pro zjištění skutečného obsahu dusíku (% N_v) v nevysušené surovině používáme vztah:

$$\%N_v = \frac{\%N_s \cdot (100 - \%VL)}{100}$$

kde

% N_s je obsahu dusíku v sušině,

% VL je vlhkost v procentech.

PŘÍKLAD 2

Z laboratorních výsledků je známo, že prasečí kejda obsahuje 3,2 % N v sušině a současně byla její vlhkost 85 %. Stanovte skutečný obsah dusíku s přihlédnutím k vlhkosti suroviny.

$$\%N_V = \%N_S \cdot (100 - \%VL) / 100$$

$$\%N_V = 3,2 \cdot (100 - 85) / 100$$

$$\%N_V = 3,2 \cdot 0,15 = 0,48$$

Obsah dusíku v kejdě s vlhkostí 85 % je 0,48 %.

Výpočet poměru C:N u směsi

Při výpočtu je třeba zohlednit procentické zastoupení uhlíku a dusíku u každé suroviny a zároveň jejich vlhkost:

$$C : N = \frac{\sum_{i=1}^n \%C_i M_i (100 - \%VL_i)}{\sum_{i=1}^n \%N_i M_i (100 - \%VL_i)}$$

kde

C_i a N_i jsou procentické obsahy uhlíku a dusíku v i -té surovině [%],

M_i je množství i -té suroviny [kg,t]

$\%VL_i$ je vlhkost i -té suroviny [%]

PŘÍKLAD 3

Je nutné určit celkový poměr C:N směsi, která se skládá z následujících surovin:

- 750 kg obilné slámy o vlhkosti 12 %, obsah uhlíku a dusíku v sušině 56 % a 0,7 %,
- 150 kg prasečí kejdy o vlhkosti 80 %, obsahu uhlíku a dusíku v sušině 43,4 % a 3,1 %,
- 210 kg zeleninového odpadu o vlhkosti 85 %, obsah uhlíku a dusíku v sušině 49 % a 2 %.

Výsledný poměr C:N lze vypočítat dosazením výše uvedených hodnot do vztahu:

$$C : N = \frac{[56 \cdot 750 \cdot (1 - 0,12)] + [43,4 \cdot 150 \cdot (1 - 0,8)] + [49 \cdot 210 \cdot (1 - 0,85)]}{[0,7 \cdot 750 \cdot (1 - 0,12)] + [3,1 \cdot 150 \cdot (1 - 0,8)] + [2 \cdot 210 \cdot (1 - 0,85)]} = \frac{36805,5 + 1302 + 1543,5}{462 + 93 + 63} =$$
$$= \frac{39805,5}{618} = 64,4$$

Celkový poměr směsi je C:N = 64,4:1.

Vypočtený poměr C:N=64:1 je vysoký, takže založení kompostu z této směsi by vedlo k prodloužení doby jeho zrání a v případě předčasné aplikace do půdy k odčerpání půdního dusíku. Řešením je optimalizovat surovinovou skladbu na požadovanou hodnotu C:N=(30–35):1 přidáním suroviny bohatší na dusík. Nejčastěji se využívá hnůj nebo kejda. Lze to provést s využitím vzorce uvedeného v řešeném příkladu:

PŘÍKLAD 4

Vypočtete množství kejdy pro úpravu směsi kompostové zakládky z předchozího příkladu na výsledný poměr C:N=35:1.

Do výpočtového vzorce je místo hmotnosti kejdy zavedena neznámá K a poměr C:N je zadán požadovanou hodnotou (zde C:N=35:1).

Výpočet:

$$\begin{aligned}C : N = 35 &= \frac{[56 \cdot 750 \cdot (1 - 0,12)] + [43,4 \cdot K \cdot (1 - 0,8)] + [49 \cdot 210 \cdot (1 - 0,85)]}{[0,7 \cdot 750 \cdot (1 - 0,12)] + [3,1 \cdot K \cdot (1 - 0,8)] + [2 \cdot 210 \cdot (1 - 0,85)]} \\35 &= \frac{38503,5 + 8,68K}{525 + 062K} \\18375 + 21,7K &= 38503,5 + 8,68K \\13,02K &= 20128,5 \\K &= 1546\end{aligned}$$

Pro úpravu směsi je třeba přidat do zakládky 1546 kg kejdy.

Výpočet vlhkosti

Pokud není známa vlhkost suroviny (VL_i), která má být do zakládky použita, je možné ji zjistit laboratorně z rozdílu hmotností čerstvého (m_c) a vysušeného vzorku (m_s):

$$VL_i = \frac{(m_c - m_s)}{m_c} \cdot 100 [\%]$$

PŘÍKLAD 5

Stanovte vlhkost obilné slámy, když navážka vzorku čerstvé suroviny byla 10 g a hmotnost vysušeného vzorku dosáhla 8,3 g.

Dosazením do vztahu lze vypočítat vlhkost slámy:

$$V_n = \frac{(10 - 8,3)}{10} \cdot 100 = \frac{1,7}{10} \cdot 100 = 0,17 \cdot 100 = 17\%$$

Vlhkost obilné slámy je 17 %.

Pro výpočet vlhkosti čerstvě založeného kompostu je třeba znát množství jednotlivých surovin (M_i) a jejich vlhkosti (V_i). Z nich se potom výsledná vlhkost (V_c) vypočte podle vztahu:

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^n M_i V_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot 100 [\%]$$

kde:

M_i je množství i-té suroviny [kg,t]

V_i je příslušná vlhkost i-té suroviny [%]

PŘÍKLAD 6

Určete celkovou vlhkost čerstvě založeného kompostu s danou surovinovou skladbou:

- 750 kg obilné slámy o vlhkosti 12 %, obsah uhlíku a dusíku v sušině 56 % a 0,7 %,
- 150 kg prasečí kejdy o vlhkosti 80 %, obsah uhlíku a dusíku v sušině 43,4 % a 3,1 %,
- 210 kg zeleninového odpadu o vlhkosti 85 %, obsah uhlíku a dusíku v sušině 49 % a 2 %.

Z uvedených parametrů každé suroviny je nutné vybrat ty, které jsou potřebné pro výpočet vlhkosti a dosadit je do vztahu:

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^n M_i V L_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot 100 \text{ [\%]}$$

$$V_c = \frac{(750 \cdot 0,12) + (150 \cdot 0,8) + (210 \cdot 0,85)}{750 + 150 + 210} \cdot 100 = \frac{388,5}{1110} \cdot 100 = 35\%$$

Celková vlhkost čerstvě založeného kompostu je 35 %.

Vypočtená vlhkost je poměrně nízká, řešením je přidání materiálu s velkou vlhkostí (např. kejda), její skutečné množství vypočteme podle příkladu 7.

Do výpočtového vzorce je místo hmotnosti kejdy zavedena neznámá K a vlhkost V_c je zadána požadovanou hodnotou (zde $V_c = 50 \%$).

PŘÍKLAD 7

$$V_c = 50 = \frac{(750 \cdot 0,12) + (K \cdot 0,8) + (210 \cdot 0,85)}{750 + K + 210} \cdot 100$$

$$50 = \frac{268 + 0,8K}{960 + K} \cdot 100$$

$$48000 + 50K = 26800 + 80K$$

$$21200 = 30K$$

$$K = 707$$

Pro dosažení 50 % vlhkosti zakládky je třeba do zakládky aplikovat místo původně navržených 150 kg větší množství, tj. 707 kg kejdy.

Tyto dílčí výpočty jsou využity při navrhování surovinové skladby kompostové zakládky popsané v kapitole 5. Látkové složení a některé další parametry vybraných druhů BRO pro řešení uvedené problematiky jsou v tab. 12.

4. OPTIMALIZACE SUROVINOVÉ SKLADBY KOMPOSTOVÉ ZAKLÁDKY

Surovinová skladba označuje soubor vstupních surovin (jednotlivých odpadů nebo hmot), které jsou využívány pro výrobu kompostu. Zastoupení jednotlivých surovin může zásadním způsobem ovlivnit vlastnosti výsledného kompostu i délku kompostovacího cyklu.

Zastoupení surovin je nutné optimalizovat tak, aby výsledný kompost svým účinkem dlouhodobě zvyšoval úrodnost půdy. Hmotnostní poměry konkrétních surovin, které navážíme do kompostové zakládky označujeme termínem receptura zakládky. Výpočtové metody k optimalizaci surovinové skladby kompostu uvádějí např. Forchtsam (1971), Plíva a kol. (2006) a další.

Výpočet receptury zakládky vychází z požadavku optimálního poměru C:N. Rychlost rozkladu organických zbytků je dána poměrem C:N, který ovlivňuje činnost mikroorganismů, u finálního kompostu dosahuje poměr C:N hodnot (25–30):1. Hmoty s poměrem C:N užším než 10:1 se rozkládají velmi rychle, hmoty se širokým poměrem C:N nad 50:1 se rozkládají pomaleji (Váňa, 1997, Banout, 2005, Plíva a kol., 2009).

Při sestavování surovinové skladby optimalizujeme poměr C:N na (30–35):1, zároveň je třeba počítat s tím, že ve finálním kompostu je poměr C:N nižší než v zakládce (únik CO₂ - ztráta C až 30 %, NH₃ - ztráta N až 20 %).

Současným požadavkem optimalizace je udržet vlhkost v rozmezí 45-70 % po celou dobu kompostování. Z technického hlediska je výhodnější udržovat vlhkost při dolní hranici s ohledem na překopávání, absorpci srážkové vody, apod.

Sledováním hmotnostních ztrát a objemových redukcí zakládky se zabývali např. Zemánek a Burg (2004) nebo Livora (2010).

Banout (2005) zpracoval komplexní postup při optimalizaci kompostové zakládky, který se stal základem programu KOMPOSTER.

PŘÍKLAD 8

Výpočtem zhodnoťte vhodnost surovinové skladby kompostové zakládky složené ze 4 druhů BRO: kukuřičná sláma – 200 t, odpadní dřevo – 200 t, tráva – 50 t, drůbeží trus – 250 t. Stanovte produkci hotového kompostu při započítání ztrát 30 % v průběhu procesu a výsledný poměr C:N u hotového kompostu. Postup je znázorněn v jednotlivých krocích uvedených v tab. 13.

Výběr vstupních surovin a stanovení jejich předpokládané hmotnosti.

Při sestavování surovinové skladby vycházíme ze surovin, které jsou v rámci dané oblasti k dispozici, případně tyto suroviny zajišťujeme s ohledem na ověřenou recepturu. Názvy jednotlivých surovin se wpisují do řádků v prvním sloupci tabulky (viz. tab.13). Údaje vyjadřující předpokládanou hmotnost těchto surovin do druhého sloupce tabulky.

Stanovení parametrů jednotlivých surovin

Z hlediska kompostování mají největší význam údaje o vlhkosti, obsahu organických látek, dusíku (N), a fosforu (P₂O₅) v sušině. Pro stanovení parametrů vstupních surovin je možné využívat údaje z laboratorních rozborů nebo hodnoty z tabulek (např. tab. 12).

Laboratorní rozborů jsou náročné na čas a na laboratorní vybavení. tabulkové hodnoty však bývají pro jednotlivé suroviny uváděny zpravidla rozpětím hodnot – intervalem a pro potřeby výpočtu je nutné volit hodnotu z intervalu.

Tab. 13: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Kukuřičná sláma	200	17	95	0,6	0,5				
Odpadní dřevo	100	50	96	0,2	0				
Tráva	50	60	90	1	0,6				
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3				
Zakládka C:N									
Korekce									
Zakládka po korekci C:N									
Ztráty									
Vyzrálý kompost C:N									

Propočet složení kompostové zakládky

Zahrnuje výpočet hmotnostních podílů vody, organických látek, dusíku a fosforu, které jsou vyjádřeny samostatně z celkové hmotnosti každé suroviny. Následuje výpočet celkové hmotnosti všech surovin v zakládce, který provedeme součtem hodnot ve druhém sloupci.

Obdobným způsobem provedeme součet celkových hmotnostních podílů připadajících na vodu, organické látky, dusík a fosfor (sloupce 7 – 10). Ze získaných hodnot výpočtem následně stanovíme orientační procentické zastoupení jednotlivých parametrů v zakládce (sloupce 3 – 6). Např. pro sloupec 3: procentické zastoupení vlhkosti je $329 : 600 \times 100 \% = 55$, pro sloupec 4 a další: $600 - 329 = 271$ (tuny sušiny), z nich organické látky: $249 : 271 \times 100 \% = 92$.

Tab. 13: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Kukuřičná sláma	200	17	95	0,6	0,5	34	158	1	0,8
Odpadní dřevo	100	50	96	0,2	0	50	48	0,1	0
Tráva	50	60	90	1	0,6	30	18	0,2	0,1
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3	215	25	2,3	1,5
Zakládka C:N	600	55	92	1,3	0,9	329	249	3,6	2,4
Korekce									
Zakládka po korekci C:N									
Ztráty									
Vyzrálý kompost C:N									

Stanovení poměru C:N

V kompostářské praxi vycházíme z předpokladu, že obsah uhlíku (C) odpovídá cca 1/2 celkového množství organických látek. Hodnotu odpovídající celkové hmotnosti organických látek proto podělíme 2. Získanou hodnotu následně dělíme hodnotou odpovídající celkové hmotnosti dusíku (N) v základce. Získaný poměr C:N by se měl pohybovat kolem 35:1. Při nevyhovujícím poměru tzn., že hodnota je vyšší jak 35:1 je nutné provádět korekci (úpravu ve složení) základky.

Korekce poměru C:N se provádí:

- snížením hmotnosti suroviny s nejnižším obsahem dusíku,
- přidavkem nové suroviny bohaté na dusík.

Po této úpravě je nutné ověřit správnost korekce novým propočtem složení základky a poměru C:N.

Tab. 13: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 3)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Kukuřičná sláma	200	17	95	0,6	0,5	34	158	1	0,8
Odpadní dřevo	100	50	96	0,2	0	50	48	0,1	0
Tráva	50	60	90	1,0	0,6	30	18	0,2	0,1
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3	215	25	2,3	1,5
Zakládka C:N	600	55	92	1,3	0,9	329	249	3,6	2,4
	249 : 2 = 125 125 : 3,6 = 34,7 : 1 poměr je vyhovující								
Korekce									
Zakládka po korekci C:N									
Ztráty									
Vyzrálý kompost C:N									

Odhad ztrát v průběhu zrání kompostu

U kompostů z biodegradabilních odpadů dosahují hmotnostní ztráty v průběhu zrání základky 30 – 50 % celkové hmotnosti základky. Nižší hodnoty ztrát lze očekávat u základek s vyšším podílem zeminy, smetků, bahna apod., naproti tomu u základek s převahou travní hmoty, listů, odpadů ze zeleniny, BRKO apod. je třeba uvažovat s vyššími hodnotami. Z tohoto množství připadají 3/4 na ztráty vody a 1/4 na ztrátu organických látek. Ztráty dusíku, příp. fosforu jsou zanedbatelné.

Výpočet předpokládaného množství a kvality vyzrálého kompostu

Výpočet spočívá v odečtení hmotností připadající na ztráty, (zde odhadovány na 30 %), ve sloupci 2, sloupci 7 a 8. Následuje nový propočet složení základky a poměru C:N, způsobem stejným jako v předchozích částech výpočtu.

Tab. 13: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 4)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Kukuřičná sláma	200	17	95	0,6	0,5	34	158	1	0,8
Odpadní dřevo	100	50	96	0,2	0	50	48	0,1	0
Tráva	50	60	90	1,0	0,6	30	18	0,2	0,1
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3	215	25	2,3	1,5
Zakládka C:N	600	55	92	1,3	0,9	329	249	3,6	2,4
	249: 2 = 125 125 : 3,6 = 34,7 : 1 poměr je vyhovující								
Korekce									
Zakládka po korekci C:N									
Ztráty (30%)	180	-	-	-	-	135 ^(3/4)	45 ^(1/4)	-	-
Vyzrálý kompost C:N	420	46	90	1,6	1,1	194	204	3,6	2,4
	204:2 = 102 102 : 3,6 = 28 : 1								

PŘÍKLAD 9

Stanovte C:N pro surovinovou skladbu kompostové zakládky složené ze 4 druhů BRO: obilná sláma – 200 t, odpadní dřevo – 150 t, tráva – 50 t, drůbeží trus – 250 t a proveďte korekci vstupního poměru C:N maximálně na 35:1. Vypočítejte vyrobené množství kompostu za předpokladu 45 % ztráty a kontrolujte poměr C:N u hotového kompostu.

Způsob výpočtu je stejný jako u předcházejícího příkladu. Sestává nejprve z doplnění údajů o vstupních surovinách tj. o množství jednotlivých surovin a o stanovení jejich parametrů (vlhkosti, obsahu organických látek, dusíku (N), a fosforu (P₂O₅) v sušině):

Tab. 14: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Obilná sláma	200	17	95	0,6	0,5				
Odpadní dřevo	150	50	96	0,2	0				
Tráva	50	60	90	1,0	0,6				
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3				
Zakládka C:N									
Zakládka po korekci C:N									
Ztráty									
Vyzrálý kompost C:N									

Propočet složení kompostové zakládky

Zahrnuje výpočet hmotnostních podílů vody, organických látek, dusíku a fosforu, které jsou vyjádřeny samostatně z celkové hmotnosti každé suroviny. Následuje výpočet celkové hmotnosti všech surovin v zakládce, který provedeme součtem hodnot ve druhém sloupci.

Obdobným způsobem provedeme součet celkových hmotnostních podílů připadajících na vodu, organické látky, dusík a fosfor (sloupce 7 – 10). Ze získaných hodnot výpočtem následně stanovíme orientační procentické zastoupení jednotlivých parametrů v zakládce (sloupce 3 – 6). Např. pro sloupec 3: procentické zastoupení vlhkosti je $354 : 650 \times 100 \% = 55$, pro sloupec 4 a další: $650 - 354 = 296$ (tuny sušiny), z nich organické látky: $273 : 296 \times 100 \% = 92$.

Tab. 14: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 2)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Obilná sláma	200	17	95	0,6	0,5	34	158	1	0,8
Odpadní dřevo	150	50	96	0,2	0	75	72	0,2	0
Tráva	50	60	90	1,0	0,6	30	18	0,2	0,1
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3	215	25	2,3	1,5
Zakládka C:N	650	55	92	1,3	0,8	354	273	3,7	2,4
Zakládka po korekci C:N									
Ztráty									
Vyzrálý kompost C:N									

Stanovení poměru C:N

Stanovení poměru C:N u vstupních surovin provedeme postupem popsáním v příkladu 9. Získaný poměr C:N je však s ohledem na složení kompostové zakládky v tomto případě nevyhovující tzn., že hodnota je 37:1 tedy vyšší jak 35:1 a je proto nutné provádět korekci (úpravu ve složení) zakládky. Hodnota poměru bude snížena z 37 na 35:1, tzn., že množství dusíku obsažené v zakládce navýšíme dle výpočtu $3,7 \times 1,06 = 3,9$ a následně provedeme výpočet rozdílu mezi upraveným a stávajícím množstvím N tj. $3,9 - 3,7 = 0,2$ t čistého N. Toto množství N je nutné do zakládky přidat např. prostřednictvím nové suroviny bohaté na dusík – síran amonný s obsahem dusíku 20 %. Po této úpravě je nutné ověřit správnost korekce novým propočtem složení zakládky a poměru C:N.

Tab. 14: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 3) – *přídavek 20 % síranu amonného* $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Obilná sláma	200	17	95	0,6	0,5	34	158	1	0,8
Odpadní dřevo	150	50	96	0,2	0	75	72	0,2	0
Tráva	50	60	90	1,0	0,6	30	18	0,2	0,1
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3	215	25	2,3	1,5
Zakládka C:N	650	55	92	1,3	0,8	354	273	3,7	2,4
	273 : 2 = 137 137 : 3,7 = 37 : 1 poměr je nevyhovující 37 : 35 = 1,06 3,7 x 1,06 = 3,9 3,9 - 3,7 = 0,2 t čistého N								
Korekce (20 % SA)	1	0	0	20	0	0	0	0,2	0
Zakládka po korekci C:N	651	54	92	1,3	0,8	354	273	3,9	2,4
	273 : 2 = 137 137 : 3,9 = 35 : 1 poměr po korekci je vyhovující								
Ztráty									
Vyzrálý kompost C:N									

Z výpočtu vyplývá, že nyní je poměr C:N zakládky vyhovující.

Odhad ztrát v průběhu zrání kompostu

Jak již bylo uvedeno, pohybují se u kompostů z biodegradabilních odpadů hmotnostní ztráty v průběhu zrání zakládky na úrovni kolem 30 – 50 % celkové hmotnosti. Z tohoto množství připadají 3/4 na ztráty vody a 1/4 ztrátu na organických látek; ztráty dusíku příp. fosforu jsou zanedbatelné.

Výpočet předpokládaného množství a kvality vyzrálého kompostu

Výpočet provedeme odečtením hmotností ztrát (zde 45 %) ve sloupci 2, sloupci 7 a 8. Nový propočet složení zakládky a poměru C:N je proveden obdobně jako v předchozím případě.

Tab. 14: Optimalizace surovinové skladby kompostu (krok 4)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Surovina	Hmotn. [t]	Vlhkost [%]	Org. látky [% suš.]	Dusík [% suš.]	P ₂ O ₅ [% suš.]	Voda [t]	Org. látky [t]	Dusík [t]	P ₂ O ₅ [t]
Obilná sláma	200	17	95	0,6	0,5	34	158	1	0,8
Odpadní dřevo	150	50	96	0,2	0	75	72	0,2	0
Tráva	50	60	90	1,0	0,6	30	18	0,2	0,1
Drůbeží trus	250	86	70	6,5	4,3	215	25	2,3	1,5
Zakládka C:N	650	55	92	1,3	0,8	354	273	3,7	2,4
	273 : 2 = 137 137 : 3,7 = 37 : 1 poměr je nevyhovující 37 : 35 = 1,06 3,7 . 1,06 = 3,9 3,9 - 3,7 = 0,2 t čistého N								
Korekce (20 % SA)	1	0	0	20	0	0	0	0,2	0
Zakládka po korekci C:N	651	54	92	1,3	0,8	354	273	3,9	2,4
	273 : 2 = 137 137 : 3,9 = 35 : 1 poměr po korekci je vyhovující								
Ztráty (45 %)	293	-	-	-	-	220^(3/4)	73^(1/4)	-	-
Vyzrálý kompost C:N	358	37	89	1,7	1,1	134	200	3,9	2,4
	200:2 = 100 100 : 3,9 = 25 : 1								

5. SYSTÉMY SBĚRU A SVOZU BIOODPADU

Řešení problematiky sběru a svozu odpadů spočívá v návrhu typu sběrných nádob, jejich objemů, počtů a rozmístění v řešeném území. Volba svozových prostředků pak logicky vyplývá z navrhovaných typů a počtů sběrných nádob, svozových tras, vzdáleností a z objemu svážených odpadů. S rozvojem separovaného sběru, sběrných dvorů a komunitních kompostáren se stává tato problematika stále aktuálnější. Zásady a podmínky při volbě způsobu sběru popisují např. Kotoulová a Váňa (2001), Filip a kol. (2002) nebo Jelínek a kol. (2001). Technickými prostředky ke svozu komunálního bioodpadu se zabýval také Pospíšil (2009).

5.1. SYSTÉMY SBĚRU

BRO lze získávat buď vytríděním ze směsného komunálního odpadu (BRKO), nebo využitím odděleného sběru. Třídění BRO ze směsného komunálního odpadu představuje kromě ekonomické náročnosti také riziko jeho znečištění (např. ropnými produkty, rezidui chemických látek, popř. těžkých kovů).

V současnosti je nejlepších výsledků dosahováno při použití **systému odděleného sběru** a svozu bioodpadu.

Systém odděleného sběru lze provádět:

- prostřednictvím sběrných dvorů,
- využitím velkoobjemových kontejnerů na stálých sběrných místech,
- využitím normalizovaných sběrných nádob o objemech 120 a 240 l,
- využitím speciálních sběrných nádob na bioodpad (např. COMPOSTAINER),
- využitím pytlového způsobu sběru.

Nádoby na sběr jsou využívány v **donáškovém** (dovozném) nebo **odvozovém** (svozovém) systému sběru. Donáškový způsob je charakterizován větší vzdáleností sběrného místa od místa vzniku odpadu, běžně se uvádí více jak 50 m. Donáškový způsob se uplatňuje např. při sběru odpadu ze zeleně do sběrných dvorů, kde je ukládán do výhradně určených velkoobjemových kontejnerů. Odtud je svážen na kompostárnu. Kvalita BRO je v tomto systému snadno kontrolovatelná.

Odvozový způsob sběru se naopak vyznačuje uplatněním krátkých vzdáleností, nepřevyšujících 50 m. Při využití sběrných nádob menších objemů (120 l a 240 l) je charakteristické jejich rozmístění v blízkosti vchodů do obytných objektů. Při tomto řešení se dosahuje nejvyšší účinnosti sběru bioodpadu, je však ekonomicky nákladnější než sběr donáškový.

Donáškový způsob sběru

Ke sběru odpadů ze zeleně v rozptýlené příměstské zástavbě nebo na jiných územích měst, kde docházková vzdálenost do sběrných dvorů je příliš vysoká, mohou být zřizována stálá sběrná místa, vybavená kontejnery nebo nádobami. Jejich součástí by mělo být značení a oplocení. Jinou variantu, která zabrání vytváření černých skládek, představuje přistavení kontejnerů na krátkou dobu nezbytnou k jejich naplnění. Optimálním, v praxi ověřeným, řešením je mobilní sběr odpadů ze zeleně v předem vyhlášených termínech na určených stanovištích. Současně je potvrzeno, že zavedením stálých sběrných míst eliminuje znečišťování či tvorbu černých skládek.

Tento způsob je také nejvhodnější pro profesionálně prováděnou údržbu zeleně, kdy je produkováno velké množství odpadu z prořezávek, ale současně s podílem odpadků, hlíny, kamení, apod. Firmy provádějící údržbu zeleně musí proto stejně jako občané provádět oddělený sběr. Provozovatelé kompostáren po dohodě vymezí místo na odpady vhodné pro kompostování s ohledem na vybavení kompostárny (např. s ohledem na potřebu drtit nebo

štěpkovat materiál). Příjem odpadů pro kompostování je nutné kontrolovat a sledovat především přítomnost kovových příměsí (plechovky, víčka, zbytky drátů apod.), skla, plastů, kamenů a papíru. Drobné nekompostovatelné příměsi je při malém obsahu možné akceptovat s ohledem na možnost separace hrubého kompostu. Pokud je odpad předáván v plastových pytlech, je vhodné je vyprázdnit, neboť mohou obsahovat nežádoucí příměsi.

Odvozový způsob sběru

Odvozový způsob sběru se uplatňuje při sběru bioodpadu z domácností, kdy je v závislosti na druhu zástavby společně sbírán kuchyňský bioodpad i odpady ze zeleně. Tento způsob sběru do sběrných nádob o objemu 120 a 240 litrů přistavených v blízkosti vchodů do obytných budov představuje zároveň službu pro občany. Dosahuje se zde nejvyšší účinnosti sběru, ale současně je tento způsob nákladnější než donáškový sběr.

Sběr bioodpadu z domácností má řadu specifíků, která jsou určena zejména typem zástavby (venkovská, městská), složením populace, stupněm občanské vybavenosti, infrastrukturou a přístupností pro techniku. Zkušenosti z městských center ukazují, že kontaminace sbíraných BRO je většinou nepřijatelná.

Cyklus sběru BRO z domácností by měl být v souladu s cyklem sběru směsného komunálního odpadu. V letních měsících by ale s ohledem na hygienická hlediska neměl překročit jeden týden (7 dní) zatímco v zimním období může být prodloužen i na 2 týdny (14 dnů), především v závislosti na objemu sběrných nádob. Odvozovým způsobem sběru BRO je organizován i sběr specifických odpadů ze živností a ze zařízení veřejného stravování.

Zpracování návrhu celého systému sběru a svozu BRO se provádí v těchto postupných krocích:

- volba sběrného systému,
- určení sběrných míst,
- stanovení typu a počtu sběrných nádob,
- volba svozového vozidla a stanovení intervalu svozu,
- návrh svozových tras a jejich optimalizace,
- zpracování harmonogramu svozu pro jednotlivá vozidla.

Jejich provázanost znázorňuje obr. 3.

Při zpracování návrhu systému sběru BRO z domácností je nutné dále přihlížet k těmto problémům:

- zápach v okolí nádob a při nakládce,
- namáhavost při ruční manipulaci s nádobami,
- přítomnost vody v nádobě.

Některé z těchto problémů je možné eliminovat již při výběru typu nádoby. Existují typy nádob vybavené větracími otvory, nebo roštem v dolní části umožňujícím shromáždění výluhů.

Rozhodující pro zavedení odděleného sběru jsou druhy BRO, způsob jejich zpracování, zdroje jejich výskytu, finanční možnosti obcí, osvěta mezi občany a v neposlední řadě potřeby a cíle obce nebo města.

Způsob sběru je určen druhem sbíraného bioodpadu nejen z technického ale i z organizačního hlediska. Odpady ze zeleně se shromažďují převážně donáškovým (dovozným) způsobem na určená místa – sběrné dvory nebo kompostárny, příp. velkoobjemové kontejnery. Naproti tomu bioodpad z domácností je získáván odvozovým způsobem (oddělený sběr) do maloobjemových nádob.

Hlavní zásady sběru BRO z domácností:

- pro využití na kompostárně je vhodný pouze BRO získaný odděleně,
- pro zavedení tříděného sběru je třeba poskytnout dostatečnou dobu,
- za optimální je považováno zavedení 1 nebo 2 týdenního intervalu svozu.

BRO z domácností se s výhodou sbírá svozovými automobily se systémem rotačního i lineárního stlačování.

Při rotačním stlačování dochází k větší homogenizaci odpadu, dřevní hmota je částečně narušena a sbíraný materiál je lépe připraven do kompostové zakládky.

Systém lineárního stlačování dosahuje větší redukce objemu, ale způsobuje problémy s eventuálním odvodem tekuté složky.

Pro sběr BRO z domácností jsou převážně využívány sběrné nádoby o objemu 120 a 240 litrů, v zástavbách rodinných domků i nádoby menších objemů (80 litrů). Hmotnosti naplněných nádob mohou dosahovat až 160 kg, běžně je to však 80 – 100 kg na jednu nádobu.

Separovaný sběr bioodpadu se organizačně velmi dobře osvědčuje také prostřednictvím sběrných pytlů. Ty jsou po naplnění uloženy u okrajů chodníků a formou služby sbírány do svozového automobilu. Je třeba ale zohlednit skutečnost, že vyprazdňování takto sbíraného odpadu z pytlů na místě zpracování znamená vyšší pracnost, v letních měsících přibývají navíc problémy se zápachem. V případě, že kompostárna disponuje výkonným drtičem je možné při sběru BRO do pytlů drtit plné pytle s odpadem.

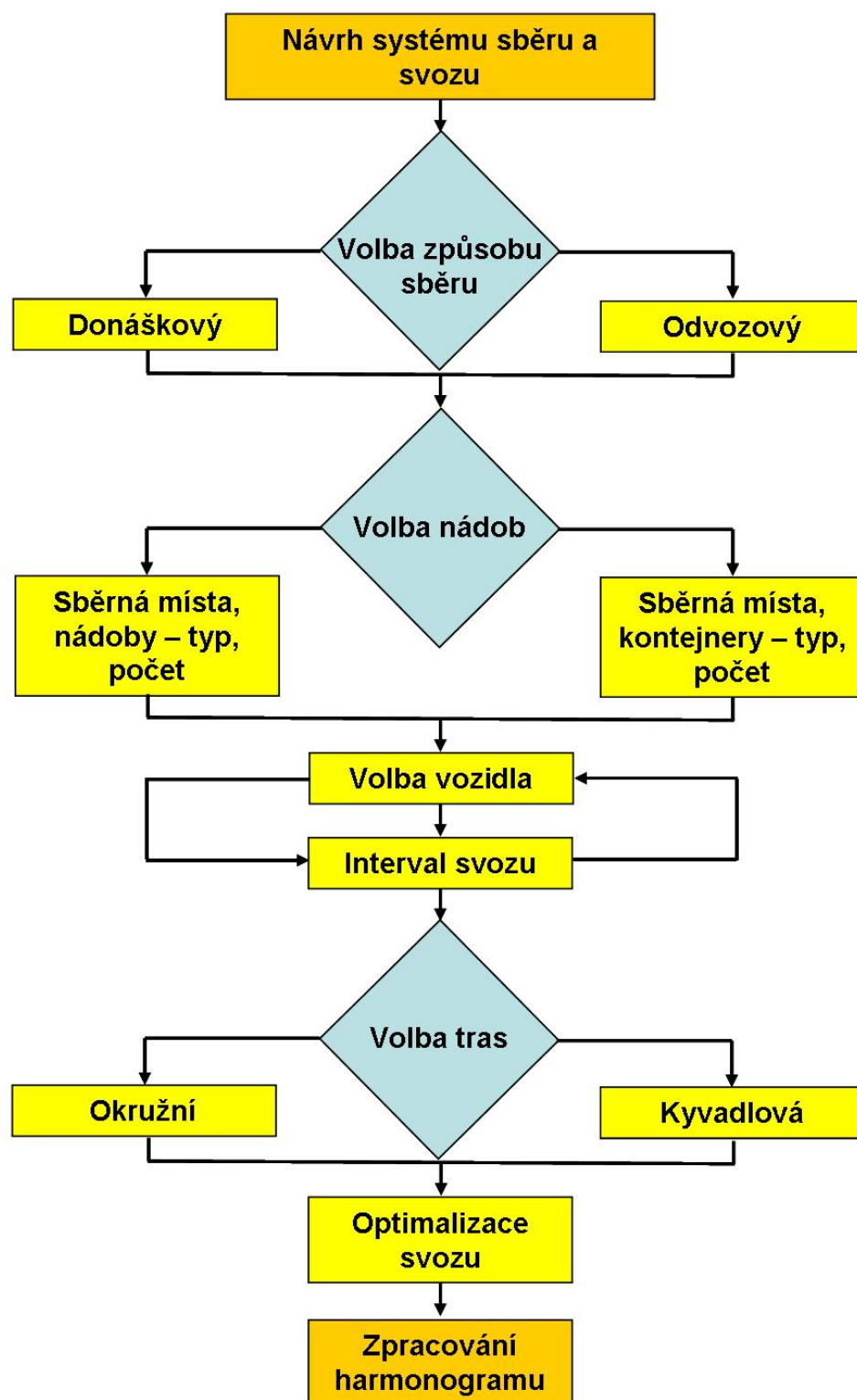
Kvalita sběru

Kvalitou sbíraných odpadů rozumíme především čistotu tj. podíl nežádoucích příměsí. Úroveň separovaného sběru i čistota BRO bude vždy závislá především na stupni komunikace s původci těchto odpadů. Je proto důležitá zejména osvěta v období zavádění sběru a současně důsledná kontrola kvality obsahu sběrných nádob. Při znalosti původu závadných sběrů je možné zpětně působit na původce (finanční sankce, vyřazení ze sběrné trasy apod.).

Praktické zkušenosti dokazují, že u maloobjemových nádob je na počátku zavedení sběru dobrá kvalita, která se postupně zhoršuje, u velkoobjemových kontejnerů je trend opačný. Nejvyšší kvality sbíraného BRO lze dosáhnout na sběrných dvorech pod dohledem obsluhy.

Většímu znečištění odpadů lze předcházet také tak, že nádoby se krátkodobě rozmísťují v určitých termínech pouze na žádost občanů a při jejich svozu je navíc prováděna kontrola obsahu.

Zavedení a provozování systému separovaného sběru komunálního BRO je v pravomoci každé obce. Nakládání s těmito BRO se stává nedílnou součástí odpadového hospodářství obce, konkrétní způsoby sběru a svozu vycházejí z ověřených postupů s přihlédnutím k možnostem a místním zvyklostem v obci.



Obr. 3: Schéma postupu při návrhu systému sběru a svozu BRO

5.2. NÁVRH ZPŮSOBU A ORGANIZACE SBĚRU

Způsob sběru BRO a jeho organizace zásadně ovlivňují kvalitu a množství získané odpadní biomasy. Separovaný sběr bioodpadu je celosvětovým trendem a jeho zavedení vyžaduje:

- znalost míst, druhů a množství BRO vznikajících v daném území (obec, město),
- zvážení podmínek sběru (sociální struktura, druh zástavby),
- zajištění široké účasti a silné motivace občanů (propagační akce),
- řešení technického zajištění sběrných nádob a jejich svozu,
- řešení vazby kompostárny na sběrný dvůr.

Z technického hlediska lze separovaný sběr BRO (BRKO) provádět prostřednictvím sběrných dvorů (s vazbou na kompostárnu), velkoobjemovými kontejnery, sběrnými nádobami na odpad, sběrnými nádobami na sběr, popř. pytlovým způsobem sběru. Organizačně se využívá donáškového způsobu, který je vhodnější pro malá venkovská sídla, nebo svozového způsobu.

Systém sběru a svozu BRO vychází z návrhu účelného rozmístění hospodárného počtu **sběrných nádob** v daném území a z organizačně-technického zajištění pravidelného odvozu jejich obsahu pomocí efektivně využívaných **svozových zařízení a svozových prostředků**.

5.3. SBĚRNÉ NÁDOBY

Sběrné nádoby na směsný komunální nebo separovaný odpad jsou nejčastěji kovové nebo plastové, popř. sklolaminátové a vyrábějí se v různých objemech, tvarech, barvách či ve speciálních úpravách např. určených pro bioodpad, vícedruhový sběr, objemný odpad, nebezpečný odpad apod.

Popelnicové nádoby a kontejnery

Domovní odpad se obvykle shromažďuje do přesypných nádob, a to v zástavbě městského typu do kovových nebo plastových popelnicových nádob o objemu 120 l nebo 240 l (obr. 4). V sídlištní zástavbě nachází uplatnění přesypné nádoby – kontejnery o objemu 1,1 až 3,2 m³. Pro pohodlnost uživatelů mají některé nádoby nášlapný pedál k otevírání víka, moderní konstrukce jsou opatřeny větracími otvory a ventilem na vypouštění shromážděných kapalin.

Klecové (pletivové) kontejnery

Klecové kontejnery jsou určeny ke sběru odpadu z údržby zeleně v parcích a zahradách. Jsou provedeny v krychlových nebo hranolových tvarech s pevným, perforovaným dnem, stěny jsou tvořeny drátěným pletivem napnutým v rámu. Objemy kontejneru bývají do 1,0 m³, pro usnadnění manipulace jsou opatřeny bantamovými koly na ostruhových držácích.

Depontkontejnery

Depontkontejnery (obr. 6) mají objem 1,6, 3,2 a 5,0 m³ a slouží k ukládání především obalového odpadu, např. bílého, hnědého nebo zeleného skla, sběrového papíru, plastu a textilu. Jsou konstruovány z odolných plastů nebo sklolaminátu, konstrukčně jsou řešeny se dvěma záchytnými oky v horní části a se spodním vyprazdňováním. Ke sběru BRO se u nás využívají spíše výjimečně.

Velkoobjemové kontejnery

Představují racionální řešení přepravy, jsou vyráběny ze silnostěnných plechů v žebrovaném rámu jako otevřené vany nebo uzavřené boxy. Uzavřené boxy mívají 2–4 vika pro sběr různých materiálů. Objem kontejnerů se pohybuje od 8–12 m³. S výhodou se využívají pro sběr BRO na sběrných dvorech a na kompostárnách. Jejich uplatnění je ale také v případech nepravidelného dočasného umístění na předem oznámeném místě. Jsou přepravovány automobilovými nosiči kontejnerů s hydraulickým nakládacím zařízením, nebo zařízením s lanovým navijákem. Vyprazdňují se zpravidla sklápěním.

Velkoobjemové kontejnery s vyprazdňovacím zařízením

U zpracovaných systémů sběru TKO i BRO je využíváno velkoobjemových kontejnerů doplněných zařízením pro vyprazdňování sběrných nádob. Uplatnění nacházejí na frekventovaných lokalitách (centra měst, sanační zóny) nebo při intenzivních lokálních zásazích (údržba parků, sběrné dny apod.). Objem kontejnerů se pohybuje od 8 – 12 m³, pohon vyprazdňovacích zařízení je hydraulický.

Kompostejnery

Kompostejnery (obr. 5) jsou přednostně využívány ke sběru organické části komunálního odpadu (BRKO) nebo při separovaném sběru. Velikostně odpovídají standardním sběrným nádobám o objemu 120 – 240 l a jsou vyráběny z odolných plastů. Oproti klasickým nádobám mají otvory zajišťující přístup vzduchu což zabrání anaerobním procesům spojených se zápachem a umožní odpar vody. V dolní části jsou vybaveny roštem, který separuje tekutou složku a přispívá tak k hygienizaci vytříděných odpadů.

Sběrné pytle, vaky a tašky

Tyto prostředky jsou využívány ke sběru tříděného BRKO s ohledem na charakter odpadu. Materiálově využívají papír, plast nebo textilie a bývají provedeny v objemu 16 – 240 l. V ČR je pytlový sběr rozšířen ve zdravotnictví, na úřadech, v obchodech apod.

Papírové pytle bývají dodávány ve vícevrstevném provedení. Jejich nespornou předností je propustnost pro vzduch. Odpad, který je v nich soustředěn proto poměrně rychle vysychá a nezapáchá. Současně odpadá kondenzace vody, dochází k omezení výskytu bakterií a hmyzu. Nevýhodou je menší trvanlivost a malá odolnost vůči povětrnostním vlivům.

Při jejich využití ke sběru BRO určených pro kompostování, lze ponechat tyto obaly jako součást kompostové zakládky, přitom je vhodné je podle možností spolu s obsahem podrtit. Moderní výroba těchto obalů směřuje k uplatnění tzv. biodegradovatelných materiálů, vyráběných na bázi kukuřičných nebo bramborových škrobů, které se v kompostové zakládce přibližně za 90 dnů rozloží.

5.4. SVOZOVÉ PROSTŘEDKY

K přepravě BRO i BRKO se využívají různá dopravní zařízení - svozové prostředky, jejichž společným znakem je uzavřená korba s přídatným zařízením pro vyprazdňování sběrných nádob. Jiná řešení představují otevřené korby vybavené hydraulickým zařízením („hydraulická ruka“) pro nakládání a přesypání sběrných nádob.

Moderní svozové prostředky mají zásobník odpadu vybaven lisovacím zařízením, které výrazně zvyšuje využití nosnosti vozidla a redukce objemu je asi 1:5. Materiál je po vyprázdnění ze sběrné nádoby v pracovní části korby lisován pomocí rotačního (šnekového) nebo lineárního (pístového) ústrojí.

Při rotačním lisování se využívá podélně uloženého šneku, který se po zaplnění pracovní komory pootočí. Stlačený materiál je postupně posouván a hutněn. Po naplnění je vyprazdňován při zpětném chodu šneku. Při využití tohoto systému pro svoz BRO dochází

k dobré homogenizaci odpadu, dřevní hmota je částečně narušena (lámána, štípána) a materiál je tak částečně upraven do kompostové zakládky.

Lineární lisování využívá přímočarý nebo obloukový pohyb lisovacího čela (častý tvar kruhového segmentu), které tlačí na materiál v pracovní komoře a posouvá ho vždy o délku jednoho zdvihu. Redukce objemu je o něco vyšší než u rotačního lisování.

Svozové prostředky se dělí na:

- **traktorové soupravy se standardními přívěsy,**
- **traktorové soupravy s klecovými přívěsy,**
- **nákladní automobily se speciálními nástavbami,**
- nástavby na komunální odpad se zadním podávacím zařízením,
- nástavby na komunální odpad s bočním podávacím zařízením,
- nástavby na komunální odpad s čelním podávacím zařízením,
- **nákladní automobily s hydraulickými manipulátory,**
- **prostředky k přepravě kapalných a pastových odpadů,**
- **automobilové nosiče kontejnerů,**
- **speciální přepravní automobily.**

Traktorové soupravy

V našich podmínkách představují standardní svozové prostředky využívané zejména ve venkovských zástavbách. Nakládka separovaného BRO v pytlicích je prováděna ručně. Nosnosti přívěsů jsou 3–9 t, objemy ložného prostoru 5–15 m³. Přívěsy jsou agregovány s traktory o výkonu 30–40 kW, jejichž pracovní rychlost je 2,5–3,5 km.h⁻¹ a dopravní rychlost 20–25 km.h⁻¹.

Nákladní automobily se speciálními nástavbami

Jedná se o automobily s upraveným podvozkem vybavené nástavbami. Nástavba je tvořena zásobníkem na sbíraný materiál (obr. 8, obr. 9), lisovacím zařízením a vyklápěčem nádob.

Vyklápěč je přizpůsoben normalizovaným nádobám, objem zásobníku je 5–8 m³ u menších vozidel, 10–15 m³ u velkých automobilů, stupeň redukce objemu je asi 5:1. Objem zásobníku ovlivňuje pokryvnou délku svozové trasy. Tyto automobily jsou konstrukčně vybaveny podávacím zařízením (obr. 7, obr. 11), zpravidla umístěným vzadu, případně bočně. Existují také systémy s čelním podávacím zařízením, kdy sběrná nádoba je do pracovní komory dopravena nad kabinou řidiče.

Nákladní automobily s hydraulickými manipulátory

Racionální řešení představují hydraulické manipulátory (obr. 10) k podávání a vyprazdňování sběrných nádob přistavených při okraji komunikace. Základní výhodou je obsluha jedním pracovníkem (řidičem), který ovládá činnost manipulátoru z kabiny. Předpokládá se použití jednotných typů sběrných nádob a jejich dobrá přístupnost.

Automobilové nosiče kontejnerů

Tyto prostředky slouží k nakládání, přepravě a vyklápění různých typů velkoobjemových kontejnerů nebo kontejnerových nástaveb, podobně jako v oblasti stavebnictví.

Nakládací zařízení kontejnerů se rozlišují podle způsobu manipulace s kontejnerem. Pro snadný posun kontejneru se používají navalovací nebo nákluzné prvky. Z tohoto hlediska rozdělujeme manipulační systémy kontejnerů na:

- hydraulický výklopný,
- hákový,
- ramenný,
- lanový.

V lanovém a hákovém systému se používají natahovací kontejnery tzv. abroly, které mívají objem 5–25 m³. Ramenný systém využívá vanové kontejnery, které jsou určeny ke sběru a svozu komunálního, průmyslového i biologického odpadu. Jejich objem je běžně 7–10 m³. Vanové kontejnery jsou buď otevřené nebo mají dvě horní, odpružená, uzavíratelná víka.

Speciální přepravní automobily

Jedná se o soupravy tahače s návěsem nebo přívěsem, kde celková hmotnost dosahuje 30–35 t a ložný objem se pohybuje od 120–150 m³. Využívají se k dálkové přepravě odpadů ve standardizovaných kontejnerech a znamenají další významné zvýšení efektivity dopravy.

Prostředky a zařízení k přepravě kapalných a pastových odpadů

Kapalné odpady se převážejí v nádržích umístěných na nákladních automobilech nebo v traktorových cisternách uložených na přívěsech. Tyto prostředky jsou vybaveny sacím zařízením s vakuovým čerpadlem pro plnění, pneumaticky ovládaným ventilem a zařízením k vyprazdňování. Objemy cisteren se pohybují v rozmezí 5–10 m³.

Polotekuté odpady a kaly se ukládají a přepravují v otevřených nebo uzavřených vanách, které jsou umístěné na mobilním podvozku vybaveném vyklápěcím zařízením. Jsou využívány také k odvozu polotekutých odpadů (např. vlhký popel, zbytky z kanalizační sítě) nebo tekutých odpadů (např. kaly z domácností).



Obr. 4: Plastová popelnicová nádoba



Obr. 5: Kompostejner

1 – víko; 2 – větrací otvory; 3 – vnitřní svislá žebra
4 – rošt ve dnu; 5 – boční větrací otvory



Obr. 6: Depontkontejnery



Obr. 7: Nástavba nákladního automobilu se zadním a bočním podávacím zařízením



Obr. 8: Nástavba nákladního automobilu pro sběr BRO



Obr. 9: Nástavba nákladního automobilu pro sběr BRO v klecových kontejnerech



Obr. 10: Svozový nákladní automobil s hydraulickým manipulátorem



Obr. 11: Nástavba svozového automobilu se zadním podávacím zařízením

6. OPTIMALIZACE SVOZU BRO, HARMONOGRAM, NÁKLADY NA SVOZ

Optimalizace dopravy BRO na kompostárny umístěné v daném území spočívá ve výběru druhů a množství BRO podle zadaného složení kompostové zakládky tak, aby svoz na jednotlivé kompostárny směřoval k minimalizaci nákladů. Předpokládá se, že kapacity kompostáren jsou menší než jsou potenciální zdroje odpadů v území a kompostárna si může vybírat druh odpadu, místo jeho odběru a množství. S výhodou se zde využívá metod řešení distribučních úloh (Zemánek a Burg, 2008a) nebo metod optimalizace svozových tras (Altmann a kol., 2010). V současné době je zpracovávána řada studií na regionální nebo celostátní úrovni, z nichž některé pracují s využitím geoinformačních technologií (Fryč, 2010).

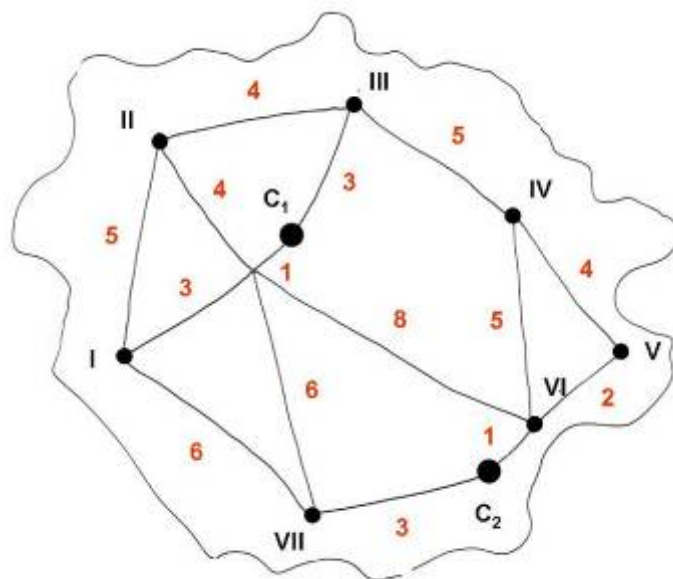
6.1. OPTIMALIZACE SVOZU

Řešení optimalizace svozu začíná výběrem potřebných odpadů podle receptury tak, aby byla naplněna kapacita kompostárny a zároveň splněna podmínka minimalizace nákladů na dopravu. Druhá část řešení se zabývá návrhem svozových vozidel a stanovením potřeby času.

PŘÍKLAD 10

V řešeném území zadaném mapou (obr. 4) je rozmístěno celkem VII míst s produkcí 3 druhů odpadů M_1 (štěpka) - $\rho_1 = 450 \text{ kg.m}^{-3}$, M_2 (travní hmota) - $\rho_2 = 200 \text{ kg.m}^{-3}$, M_3 (BRKO) - $\rho_3 = 600 \text{ kg.m}^{-3}$, které se mohou svážet na 2 kompostárny.

Vzdálenosti, objemy produkce odpadů M_1 , M_2 , M_3 a zpracovatelské kapacity kompostáren C_1 , C_2 v území jsou zadány mapou (obr. 12) a tabulkou (tab. 15). Z tabulky je zřejmé, že kapacita kompostáren je menší než množství zdrojů BRO v území. (V reálných podmínkách může ale nastat i případ opačný, tzn. že kapacita kompostáren je větší než zdroje z území).



Obr. 12: Transformovaná (schématická) mapa řešeného území (vzdálenosti v km)

Tab. 15: Týdenní množství odpadů podle druhů a míst

	M₁ [t]	M₂ [t]	M₃ [t]	Celkem
I	20	15	20	55
II	25	25	20	70
III	35	20	50	105
IV	15	25	65	105
V	25	60	35	120
VI	40	40	80	160
VII	35	40	35	110
Celkem	200	225	305	730
Kapacita C ₁ [t.r ⁻¹]	80	110	160	350
Kapacita C₂ [t.r⁻¹]	40	70	120	230

Postup řešení je členěn do těchto kroků:

Krok 1: Řešení svozu na 2 kompostárny provedeme s využitím tab. 16, do které nejprve vyplníme podle obr. 12 svozové vzdálenosti a potřeby kompostáren.

Tab. 16: Krok 1 - svozové vzdálenosti [km] a celkové kapacity kompostáren C₁, C₂ [t.r⁻¹]

	C₁			C₂				
	M₁	M₂	M₃	M₁	M₂	M₃	Celkem	Nevyužito
I	4	4	4	9	9	9		
II	5	5	5	13	13	13		
III	3	3	3	11	11	11		
IV	8	8	8	6	6	6		
V	11	11	11	3	3	3		
VI	9	9	9	1	1	1		
VII	7	7	7	3	3	3		
Celkem								
Kapacita kompostárny	80	110	160	40	70	120	580	
	350			230				

Krok 2: Návrh svozu jednotlivých materiálů se provede tak, že přiřazujeme maximální dopravovaná množství jednotlivých materiálů k nejmenším vzdálenostem až po naplnění kapacity kompostáren (tab. 16: Krok 2).

Tab. 16: Krok 2 - množství svážených odpadů [t] podle druhů a míst na kompostárny C₁, C₂

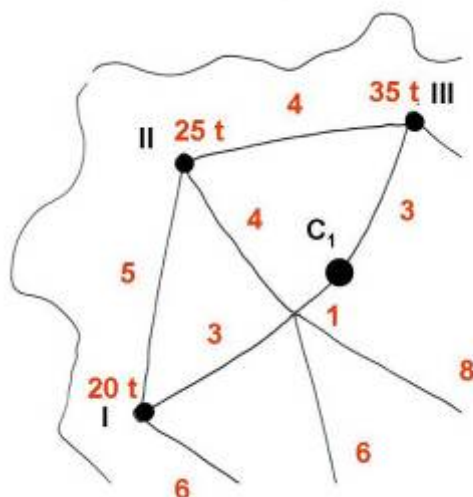
	C ₁			C ₂				
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₁	M ₂	M ₃	Celkem	Nevyužito
I	20	15	20				55	0
	4	4	4	9	9	9		
II	25	25	20				70	0
	5	5	5	13	13	13		
III	35	20	50				105	0
	3	3	3	11	11	11		
IV		10	65				75	30
	8	8	8	6	6	6		
V			5		30	5	40	80
	11	11	11	3	3	3		
VI				40	40	80	160	0
	9	9	9	1	1	1		
VII		40				35	75	35
	7	7	7	3	3	3		
Celkem	80	110	160	40	70	120	580	150
Kapacita kompostárny	80	110	160	40	70	120	580	
	350			230				

Výběr dopravních prostředků

Krok 3: Výběr dopravních prostředků a propočítání potřeby času potřebného na svoz jednotlivých materiálů. Údaje o dopravních prostředcích a objemových hmotnostech jsou uvedeny v tab. 17 a tab. 18. Pro materiály M₁ a M₃ byl zvolen nákladní automobil s objemem korby 6 m³ a pro materiál M₂ traktorová souprava s objemovou nástavbou o ložném objemu 16 m³.

Návrh svozových tras předpokládá kyvadlovou dopravu, doprava se uskuteční pomocí zvolených prostředků (je znám objem korby, objemové hmotnosti jednotlivých materiálů, přepravní rychlost). Doba nakládky a vykládky vychází z konkrétního případu, v řešeném příkladu je třeba ji zvolit.

Svozový režim se zpracuje pro každý materiál a každé centrum odděleně, znamená to, že v daném případě se provádí 6 dílčích výpočtů. Pomůckou je příslušné dílčí schéma svozu (obr. 13).

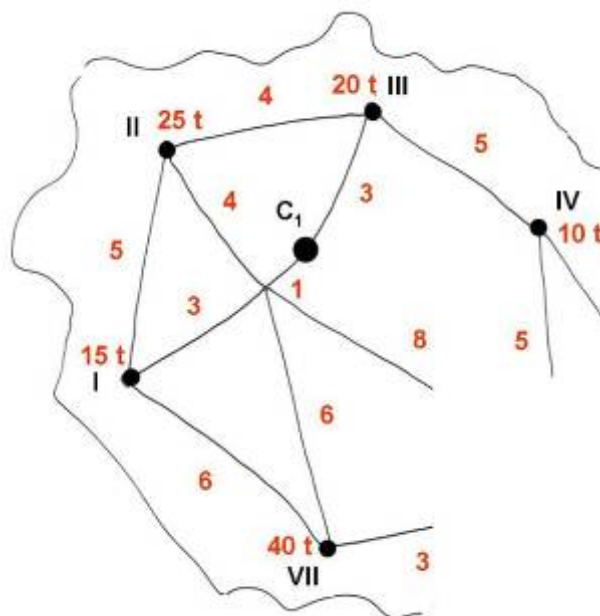


Obr. 13: Dílčí schéma svozu materiálu M_1 na kompostárnu C_1

Výpočet potřeby času pro dopravu

Krok 4: Propočet dopravy materiálu M_1 na C_1 , kyvadlová doprava

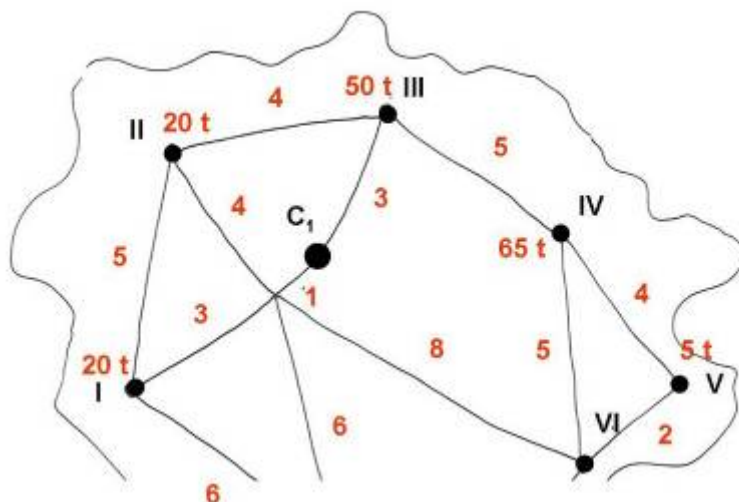
- ze schématu (obr. 13) je zřejmé, že na C_1 se M_1 vozí z míst I, II, III v objemech 20, 25 a 35 tun,
- použitý (navržený) nákladní automobil má objem korby 6 m^3 , dopravní rychlost je 30 km.h^{-1} , objemová hmotnost materiálu M_1 je $\rho_v = 450 \text{ kg.m}^{-3}$, potřebná doba nakládky je 9 min, doba vykládky 5 min.,
- z těchto údajů vypočítáme nejprve množství odvezené při 1 jízdě: $6 \times 0,450 \text{ t} = 2,7 \text{ t}$ materiálu M_1 ,
- jízda z místa I na C_1 (4 km) bude trvat 8 min + nakládka 9 min + vykládka 5 min + jízda zpět 8 min = 30 min,
- pro dopravu M_1 z místa I na kompostárnu C_1 bude potřeba $20 : 2,7 = 7,4$ jízd, zaokrouhleně 8 jízd, spotřeba času bude $8 \times 30 \text{ min} = \mathbf{240 \text{ min}}$,
- jízda z místa II na C_1 (5 km) bude trvat 10 min + nakládka 9 min + vykládka 5 min + jízda zpět 10 min = 34 min,
- pro M_1 z místa II na kompostárnu C_1 (5 km) bude potřeba $25 : 2,7 = 9,25$ jízd, zaokrouhleně 9 jízd, spotřeba času $9 \times 34 \text{ min} = \mathbf{306 \text{ min}}$,
- jízda z místa III na C_1 (3 km) bude trvat 6 min + nakládka 9 min + vykládka 5 min + jízda zpět 6 min = 26 min,
- pro M_1 z místa III na kompostárnu C_1 (3 km) bude potřeba $35 : 2,7 = 12,9$ jízd, zaokrouhleně 13 jízd, spotřeba času $13 \times 26 \text{ min} = \mathbf{338 \text{ min}}$,
- celková spotřeba času pro dopravu materiálu M_1 na kompostárnu C_1 vybraným typem nákladního automobilu je $\mathbf{240 + 306 + 338 = 884 \text{ min}}$ (tj. 14 hodin 44 minut).



Obr. 14: Dílčí schéma svozu materiálu M_2 na kompostárnu C_1

Krok 5: Propočet dopravy materiálu M_2 na C_1 , kyvadlová doprava

- ze schématu (obr. 14) je zřejmé, že na C_1 se M_2 vozí z míst I, II, III, IV, VII v objemech 15, 25, 20, 10 a 40 tun,
- použitý dopravní prostředek – traktorová souprava má jiný objem korby (16 m^3) a jinou přepravní rychlost (25 km.h^{-1}) objemová hmotnost materiálu M_2 je $\rho_v = 200 \text{ kg.m}^{-3}$,
- doba nakládky je 15 min, doba vykládky je 10 min.,
- z těchto údajů vypočítáme nejprve množství odvezené při 1 jízdě: $16 \times 0,200 \text{ t} = 3,2 \text{ t}$ materiálu M_2 ,
- jízda z místa I na C_1 (4 km) bude trvat 10 min + nakládka 15 min + vykládka 10 min + jízda zpět 10 min = 45 min,
- pro dopravu M_2 z místa I na kompostárnu C_1 bude potřeba $15 : 3,2 = 4,7$ jízd, zaokrouhleně 5 jízd, spotřeba času bude $5 \times 45 \text{ min} = \mathbf{225 \text{ min}}$,
- jízda z místa II na C_1 (5 km) bude trvat 12 min + nakládka 15 min + vykládka 10 min + jízda zpět 12 min = 49 min,
- pro M_2 z místa II na kompostárnu C_1 (5 km) bude potřeba $25 : 3,2 = 7,8$ jízd, zaokrouhleně 8 jízd, spotřeba času $8 \times 49 \text{ min} = \mathbf{392 \text{ min}}$,
- jízda z místa III na C_1 (3 km) bude trvat 7 min + nakládka 15 min + vykládka 10 min + jízda zpět 7 min = 39 min,
- pro M_2 z místa III na kompostárnu C_1 (3 km) bude potřeba $20 : 3,2 = 6,25$ jízd, zaokrouhleně 7 jízd, spotřeba času $7 \times 39 \text{ min} = \mathbf{273 \text{ min}}$,
- jízda z místa IV na C_1 (8 km) bude trvat 19 min + nakládka 15 min + vykládka 10 min + jízda zpět 19 min = 63 min,
- pro M_2 z místa IV na kompostárnu C_1 (8 km) bude potřeba $10 : 3,2 = 3,12$ jízd, zaokrouhleně 4 jízd, spotřeba času $4 \times 63 \text{ min} = \mathbf{252 \text{ min}}$,
- jízda z místa VII na C_1 (7 km) bude trvat 17 min + nakládka 15 min + vykládka 10 min + jízda zpět 17 min = 59 min,
- pro M_2 z místa VII na kompostárnu C_1 (7 km) bude potřeba $40 : 3,2 = 12,5$ jízd, zaokrouhleně 13 jízd, spotřeba času $13 \times 59 \text{ min} = \mathbf{767 \text{ min}}$,
- celková spotřeba času pro dopravu materiálu M_2 na kompostárnu C_1 vybraným typem nákladního automobilu je $225 + 392 + 273 + 252 + 767 = \mathbf{2158 \text{ min}}$ (tj. 36 hodin).



Obr. 15: Dílčí schéma svozu materiálu M_3 na kompostárnu C_1

Krok 6: Propočet dopravy materiálu M_3 na C_1 , kyvadlová doprava

- ze schématu (obr. 15) je zřejmé, že na C_1 se M_3 vozí z míst I, II, III, IV a V. Materiál M_3 je dopravován v objemech 20, 20, 50, 65 a 5 tun,
- použitý (navržený) nákladní automobil má objem korby 6 m^3 , dopravní rychlost 30 km.h^{-1} , objemová hmotnost materiálu M_3 je $\rho_V = 600 \text{ kg.m}^{-3}$,
- potřebná doba nakládky je 8 min, doba vykládky 4 min.,
- z těchto údajů vypočítáme nejprve množství odvezené při 1 jízdě: $6 \times 0,600 \text{ t} = 3,6 \text{ t}$ materiálu M_3 ,
- jízda z místa I na C_1 (4 km) bude trvat 8 min + nakládka 8 min + vykládka 4 min + jízda zpět 8 min = 28 min,
- pro dopravu M_3 z místa I na kompostárnu C_1 bude potřeba $20 : 3,6 = 5,6$ jízd, zaokrouhleně 6 jízd, spotřeba času bude $6 \times 28 \text{ min} = \mathbf{168 \text{ min}}$,
- jízda z místa II na C_1 (5 km) bude trvat 10 min + nakládka 8 min + vykládka 4 min + jízda zpět 10 min = 32 min,
- pro M_3 z místa II na kompostárnu C_1 (5 km) bude potřeba $20 : 3,6 = 5,6$ jízd, zaokrouhleně 6 jízd, spotřeba času $6 \times 32 \text{ min} = \mathbf{192 \text{ min}}$,
- jízda z místa III na C_1 (3 km) bude trvat 6 min + nakládka 8 min + vykládka 4 min + jízda zpět 6 min = 24 min,
- pro M_3 z místa III na kompostárnu C_1 (3 km) bude potřeba $50 : 3,6 = 13,8$ jízd, zaokrouhleně 14 jízd, spotřeba času $14 \times 24 \text{ min} = \mathbf{336 \text{ min}}$,
- jízda z místa IV na C_1 (8 km) bude trvat 16 min + nakládka 8 min + vykládka 4 min + jízda zpět 16 min = 44 min,
- pro M_3 z místa IV na kompostárnu C_1 (8 km) bude potřeba $65 : 3,6 = 18,05$ jízd, zaokrouhleně 18 jízd, spotřeba času $18 \times 44 \text{ min} = \mathbf{792 \text{ min}}$,

- jízda z místa V na C₁ (11 km) bude trvat 22 min + nakládka 8 min + vykládka 4 min + jízda zpět 22 min = 56 min,
- pro M₃ z místa V na kompostárnu C₁ (11 km) bude potřeba $5 : 3,6 = 1,4$ jízd, zaokrouhleně 2 jízdy, spotřeba času $2 \times 56 \text{ min} = \mathbf{112 \text{ min}}$,
- celková spotřeba času pro dopravu materiálu M₃ na kompostárnu C₁ vybraným typem nákladního automobilu je $\mathbf{168 + 192 + 336 + 772 + 112 = 1580 \text{ min}}$ (tj. 26 hodin).

Obdobně propočteme dopravu na kompostárnu C₂ (M₁ na C₂, M₂ na C₂, M₃ na C₂), volbu použitých dopravních prostředků přizpůsobíme různým ρ_V , zvážíme také dosahované dopravní rychlosti a doby nakládky (ty nemusí být ani při stejných automobilech nebo traktorech stejné, protože jsou ovlivněny charakterem materiálu a místem nakládky). Tímto způsobem obdržíme celkem 6 dílčích výpočtů pro svoz jednotlivých materiálů na obě kompostárny (C₁, C₂).

6.2. HARMONOGRAM SVOZU

Z výsledků sestavíme harmonogram svozu pro jednotlivé dny v týdnu, ze kterého bude zřejmá potřeba dopravních prostředků a jejich vytíženost v jednotlivých dnech v týdnu, současně může přehledně ukazovat aktuální pozici vozidla v daném čase. Svozové trasy musí zajistit svoz daného materiálu v zadaném intervalu, např. v období jednoho týdne (po–pá).

Proto je v některých případech potřeba propočítat a navrhnout větší počet dopravních prostředků. Harmonogram je vhodné zpracovat graficky, zpracovaný harmonogram týdenního svozu 3 druhů BRO na kompostárnu C₁ znázorňuje obr. 16.

Při řešení svozu na 1 kompostárnu se úloha zjednodušuje. Pro malá množství svážených materiálů lze navrhovat svoz pomocí okružních jízd a opět pro ně zpracovat harmonogram.

Čas		7:00- 8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00		
PO	1										
		z místa I na C1 – 240 min				z místa II na C1 – 306 min					
	2										
		z místa I na C1 – 225 min			z místa II na C1 – 392 min						
ÚT	1										
			z místa III na C1 – 338 min						z místa I na C1 –		
	2										
		z místa II na C1 – 392 min			z místa III na C1 – 585 min						
ST	1										
		168 min	z místa II na C1 – 192 min			z místa III na C1 – 336 min					
	2										
		z místa III na C1 – 585 min				z místa IV na C1 – 189 min					
ČT	1										
				z místa IV na C1 – 772 min							
	2										
		z místa VII na C1 – 767 min									
PÁ	1										
		z místa IV na C1 – 772 min							z místa V		
	2										
		z místa VII na C1 – 767 min									
SO	1										
		112 min									
	2										

Legenda:

materiál M1
 materiál M2
 materiál M3

Obr. 16: Příklad zpracování harmonogramu svozu 3 druhů BRO pro vozidla 1 a 2 na kompostárnu

Tab. 17: Konstrukční provedení a technické parametry vybraných dopravních prostředků

Nosnost [t]	Konstrukční provedení	Požadavky na agregaci	Objem ložného prostoru [m ³]	Dopravní rychlost [km.h ⁻¹]
do 0,5	přívěsný vozík	osobní automobil	2,0	50
0,6 – 1,5	jednonápravový návěs	malotraktor, traktor – 20 kW	3,0	15
1,2 – 1,8	jednonápravový návěs	traktor – 40 kW	1,5 – 6,0	25
1,5 – 2,5	jednonápravový návěs, nástavba	traktor – 50 kW	3,0 – 8,0	25
1,6 – 3,0	lehký nápravový přívěs	traktor – 25 kW	8,0	20
3,1 – 5,0	traktorový přívěs, nástavba	traktor – 40 kW	10,0	25
5,1 – 9,0	traktorový přívěs, nástavba	traktor – 50 kW	15,0	25
3,0	valník	nákladní automobil	4,0	45
4,5	sklápěcí	nákladní automobil	6,0	45
6,0	sklápěcí	nákladní automobil	9,0	45
7,0	nástavba	nákladní automobil	10,0	45
10	sklápěcí, nástavba	nákladní automobil	16,0	45
4,0	sběrací vůz	traktor – 40 kW	10,0	25
6,0	sběrací vůz	traktor – 50 kW	16,0	25
3,0	kontejnery	nákladní automobil	5,0	45
5,0	cisterna – návěs	traktor – 40 kW	5,0	25
10,0	cisterna	nákladní automobil	10,0	35

Tab. 18: Objemové hmotnosti vybraných materiálů

Druh materiálu	Objemová hmotnost ρ_v [kg.m ⁻³]
Sláma obilovin	200–500
Kukuřičná sláma	450
Seno	150–300
Travní hmota z údržby trávníků, parků	150–400
Travní hmota z údržby TTP, příkopů	100–200
Listí	200–300
Zelinářské odpady	200–400
Odpad z mrkve	250
Hrachovina	220
Štěpka z údržby zeleně podél komunikací	250–350
Odpadní dřevo z ovocných výsadeb	300
Odpadní dřevo – réví z vinic	250
Odpadní dřevo – údržba zeleně (nedrcené)	100–150
Piliny	300–350
Matolina	400–500
Hnůj skotu	900
Hnůj prasat	700–800
Kejda skotu	1000
Kejda prasat	1000
Drůbeží trus	400–550
Močůvka	1000
Kanalizační kaly	1200–1400
BRKO – malá sídla	500–700
BRKO – velká sídla	400–600
Zemina	1200–1400

6.3. STANOVENÍ NÁKLADŮ NA SVOZ

Pro stanovení nákladů na svoz je třeba znát ložné objemy svozových vozidel, objemové hmotnosti svážených materiálů a sazby vozidel za 1 km jízdy, příp. za 1 t přepravovaného materiálu. Pro větší množství svozových míst a pro větší počet materiálů se s výhodou využívá průměrných vzdáleností stanovených jako vážený průměr pro každý druh materiálu.

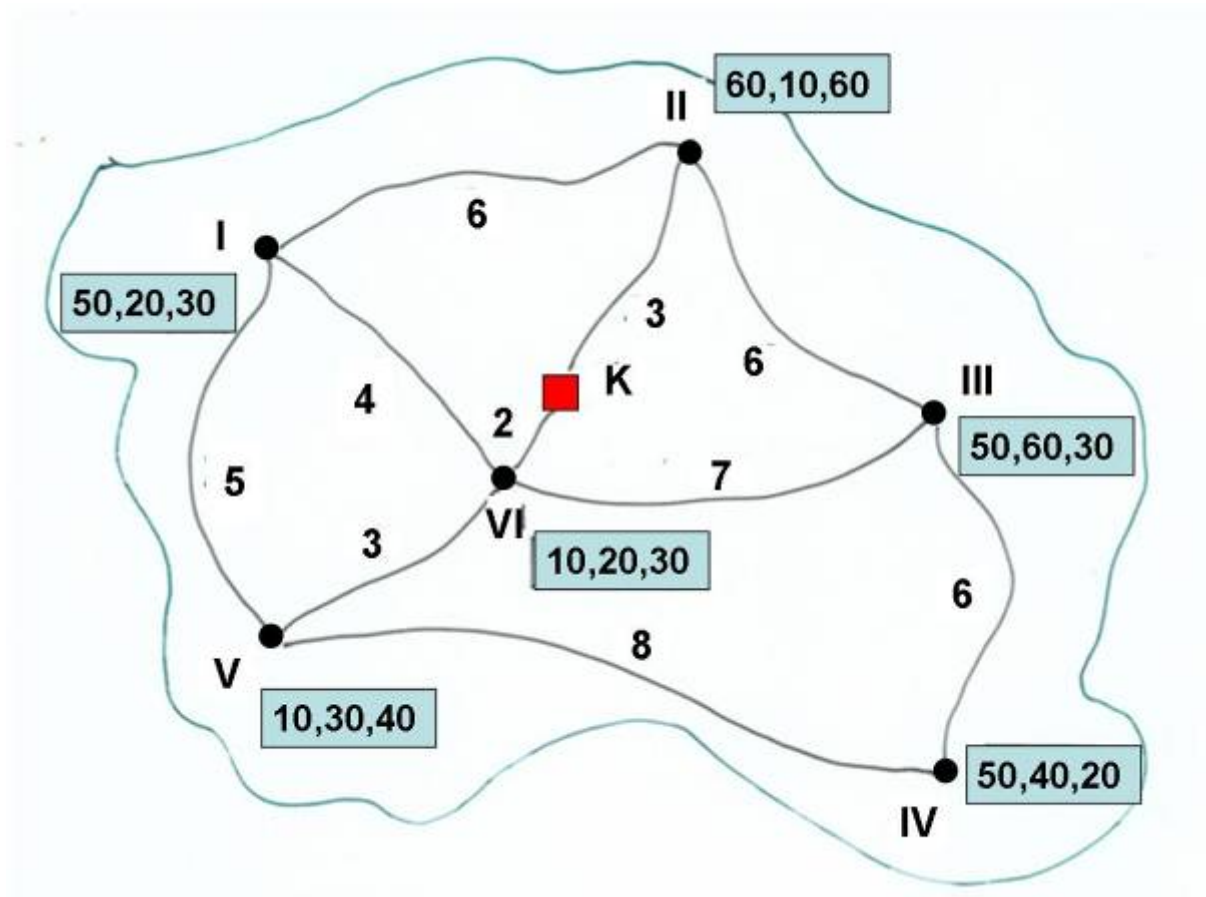
PŘÍKLAD 11

Je třeba stanovit předpokládané náklady na svoz materiálů na kompostárnu v zadaném území (obr. 17) Svoz na kompostárnu (K) bude zajištěn ze 6 míst (I – VI), ve kterých jsou k dispozici tři materiály (M_1, M_2, M_3) Množství materiálů a dopravní vzdálenosti jsou na obr. 9.

M_1 = štěpka, $\rho_1 = 0,350 \text{ t.m}^3$, ložný objem $V_1 = 12 \text{ m}^3$.
Sazba 12 Kč.km^{-1} .

M_2 = travní hmota, $\rho_2 = 0,180 \text{ t.m}^3$, ložný objem $V_1 = 15 \text{ m}^3$.
Sazba 13 Kč.km^{-1} .

M_3 = BRKO, $\rho_3 = 0,600 \text{ t.m}^3$, ložný objem $V_1 = 10 \text{ m}^3$.
Sazba 14 Kč.km^{-1} .



Obr. 17: Množství materiálů a dopravní vzdálenosti pro svoz na kompostárnu

a) Průměrné dopravní vzdálenosti pro dovoz jednotlivých materiálů

Průměrná vzdálenost (L_i pro materiál M_i) se stanoví jako vážený průměr.

$$L_1 = \frac{50 \cdot 6 + 60 \cdot 3 + 50 \cdot 9 + 50 \cdot 13 + 10 \cdot 5 + 10 \cdot 2}{50 + 60 + 50 + 50 + 10 + 10} = \frac{1650}{230} = 7,2 \text{ km}$$

$$L_2 = \frac{20 \cdot 6 + 10 \cdot 3 + 60 \cdot 9 + 40 \cdot 13 + 30 \cdot 5 + 20 \cdot 2}{20 + 10 + 60 + 40 + 30 + 20} = \frac{1400}{180} = 7,8 \text{ km}$$

$$L_3 = \frac{30 \cdot 6 + 60 \cdot 3 + 30 \cdot 9 + 20 \cdot 13 + 40 \cdot 5 + 30 \cdot 2}{30 + 60 + 30 + 20 + 40 + 30} = \frac{1150}{210} = 5,5 \text{ km}$$

b) Stanovení hmotnosti jednotlivých materiálů při jedné jízdě

Vychází z objemové hmotnosti a používaného ložného objemu, obecně platí, že pro nižší ρ se používá prostředek s vyšším ložným objemem V.

M_1 : štěpka, $\rho_1 = 0,350 \text{ t.m}^{-3}$, ložný objem $V_1 = 12 \text{ m}^3$.

$$m_1 = V_1 \cdot \rho_1 = 12 \cdot 0,35 = 4,2 \text{ t}$$

M_2 : travní hmota, $\rho_2 = 0,180 \text{ t.m}^{-3}$, ložný objem $V_2 = 15 \text{ m}^3$.

$$m_2 = V_2 \cdot \rho_2 = 15 \cdot 0,18 = 2,7 \text{ t}$$

M_3 : BRKO, $\rho_3 = 0,600 \text{ t.m}^{-3}$, ložný objem $V_3 = 10 \text{ m}^3$.
 $m_3 = V_3 \cdot \rho_3 = 10 \cdot 0,60 = 6,0 \text{ t}$

c) Nutný počet jízd pro jednotlivé materiály

M_1 :

$$nj_1 = \frac{\sum M_1}{m_1} = \frac{230}{4,2} = 55 \text{ jízd}$$

M_2 :

$$nj_2 = \frac{\sum M_2}{m_2} = \frac{180}{2,7} = 67 \text{ jízd}$$

M_3 :

$$nj_3 = \frac{\sum M_3}{m_3} = \frac{210}{6} = 35 \text{ jízd}$$

d) Náklady na svoz

Jsou stanoveny jako součin počtu jízd, průměrné vzdálenosti a sazby na 1 km jízdy dopravního prostředku. Výpočet je přehledně uveden v tab. 19 nebo v tab. 20.

Tab. 19: Náklady na dopravu

	Přepravní vzdál. [km]	Počet jízd [-]	Sazba [Kč.km ⁻¹]	náklady na svoz [Kč]
M_1 dřevní štěpka	7,2 x 2	55	12	9504
M_2 Travní hmota	7,8 x 2	67	13	13587
M_3 BRKO	5,5 x 2	35	14	5390
Náklady na dopravu celkem				28481

Tab. 20: Náklady na dopravu

Druh	Přepravní vzdál. [km]	Sazba [Kč.km ⁻¹]	Náklad na 1 jízdu	Hmotnost nákladu [t]	Přepr. náklady [Kč.t ⁻¹]	Přepr. množství [t]	Náklady celkem [Kč]
M_1 dřevní štěpka	2 x 7,2	12	172,8	4,2	41,1	230	9453
M_2 Travní hmota	2 x 7,8	13	202,8	2,7	75,1	180	13 518
M_3 BRKO	2 x 5,5	14	154	6,0	25,6	210	5 376
Náklady na dopravu celkem							28 347

7. UMÍSTĚNÍ KOMPOSTÁRNY, VÝPOČET VELIKOSTI PLOCHY PRO KOMPOSTOVÁNÍ, KAPACITA JÍMKY

Řešení problému nalezení optimálního umístění centra pro ekonomicky efektivní svoz v daném území, patří do oblasti významných problémů operační analýzy. Snahy o racionální řešení tohoto problému vyúsťují v aplikaci celé řady početních, nebo graficko-početních metod.

S ohledem na skutečnost, že se vždy jedná o transformaci reálného území do zidealizovaných podmínek, jsou jistá zjednodušení při řešení problémů únosná. Z tohoto pohledu např. metoda těžiště, kterou popsal Rollo (1973), nebo metoda aplikace dopravního problému pro kompostárnu (Uhlířová, 2007) pro řešení těchto úloh dostatečně vyhovuje. Metodu výpočtu velikosti kompostovací plochy v závislosti na množství a složení kompostové zakládky uvádí např. Zemánek (2001). Kotoulová a Váňa (2001) uvádějí postup při stanovení potřebného objemu záchytné jímky na kompostárně.

7.1. UMÍSTĚNÍ KOMPOSTÁRNY

Cílem řešení úlohy je hledat umístění kompostárny s ohledem na minimalizaci nákladů na svoz BRO. K řešení lze využít několika metod. Nejjednodušší je metoda „kružítka“, kdy centrum se umístí do pomyslného středu kruhu pokrývajícího území tak, aby místa zdrojů ležela v kruhu. Poloměr kružnice pak určuje maximální dopravní vzdálenost. Jiná metoda může využít logickou úvahu a centrum umístit blízko největšího producenta BRO. Dále popsaná „metoda těžiště“ zohledňuje vzdálenosti i objemy BRO a má optimalizační charakter.

Skutečné umístění kompostárny v reálném území pak podléhá dalším kritériím (cestní síť, ochranná pásma, zástavba, inženýrské sítě, atd.).

Umístění kompostárny s využitím metody těžiště

Modelová situace má řešit umístění centrálního skladu v území tak, aby náklady na svoz byly minimální. Znamená to v podstatě hledat takové umístění centra pro které platí, že součet dílčích součinů přepravovaného množství a dané vzdálenosti je minimální.

Analogické úlohy řeší například umístění montážního centra pro montáž z jednotlivých dílů nebo umístění zpracovatelského provozu v „nasávací“ oblasti. Řešení tohoto problému pomocí matematického modelu předpokládá, že:

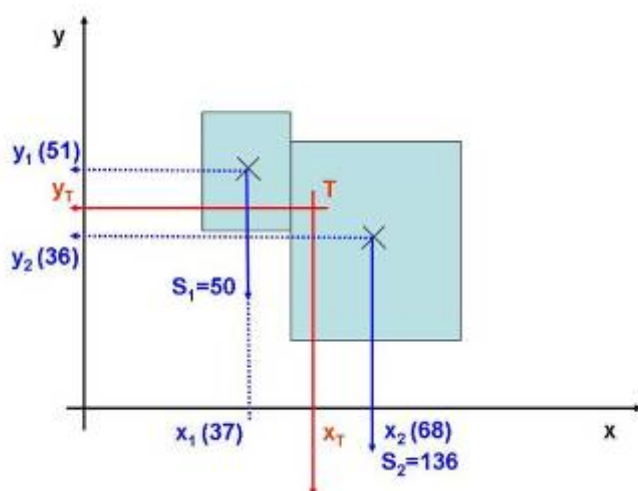
- centrum lze umístit kdekoliv,
- rozmístění producentů se nemění,
- doprava je organizována jako kyvadlová,
- náklady jsou úměrné objemu přepravy a vzdálenosti.

Matematický model se označuje jako „Steiner-Weberův problém“, exaktní řešení vede na diferenciální rovnice a nemá příliš velký praktický význam.

V praxi se řešení podstatně zjednodušuje využitím tzv. metody těžiště (obr. 10), kdy se hledá graficko-početní metodou těžiště složené plochy. Řešení vychází z metody momentové rovnováhy uplatňované v mechanice.

PŘÍKLAD 12

Následující příklad ukazuje postup při určení souřadnic těžiště složené plochy podle obr. 10, který zároveň znázorňuje podstatu graficko-početního řešení.



Obr. 18: Graficko-početní řešení těžiště složené plochy

Při řešení se využívá momentové rovnováhy, kdy velikost plochy představuje sílu a vzdálenost těžiště její rameno. Složená plocha (v tomto případě ze dvou obdélníků) je umístěna v souřadnicovém systému, pro těžiště jednotlivých ploch jsou stanoveny souřadnice $(x_1, y_1; x_2, y_2)$, které jsou pak dosazeny do výpočtu:

Výpočet souřadnic těžiště:

$$S_1 x_1 + S_2 x_2 = (S_1 + S_2) x_T$$

$$x_T = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2}{(S_1 + S_2)} = \frac{50 \cdot 37 + 136 \cdot 68}{186} = 59,6$$

$$S_1 y_1 + S_2 y_2 = (S_1 + S_2) y_T$$

$$y_T = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2}{(S_1 + S_2)} = \frac{50 \cdot 51 + 136 \cdot 36}{186} = 40$$

Vypočítané souřadnice určují vzdálenosti x_T , a y_T , ve kterých jsou vedeny přímky rovnoběžné s osami x a y . Jejich průsečík určuje hledané těžiště.

PŘÍKLAD 13

Při využití metody těžiště hledáme umístění kompostárny (centra) pro území zadané mapou s vepsanými údaji o produkci BRO podle obr. 19.

Producenti budou považováni za „hmotné body“, kde hmotnost bodu představuje objem produkce a centrum (kompostárna) bude ležet v blízkosti těžiště soustavy těchto hmotných bodů.

Řešení se provede graficko-početní metodou tak, že se do mapy řešeného území zakreslí souřadné osy, pomocí kterých jsou definovány souřadnice producentů (x_i, y_i) s produkcí příslušných odpadů Q_i . Souřadné osy se zakreslí zcela libovolně (obr. 11).

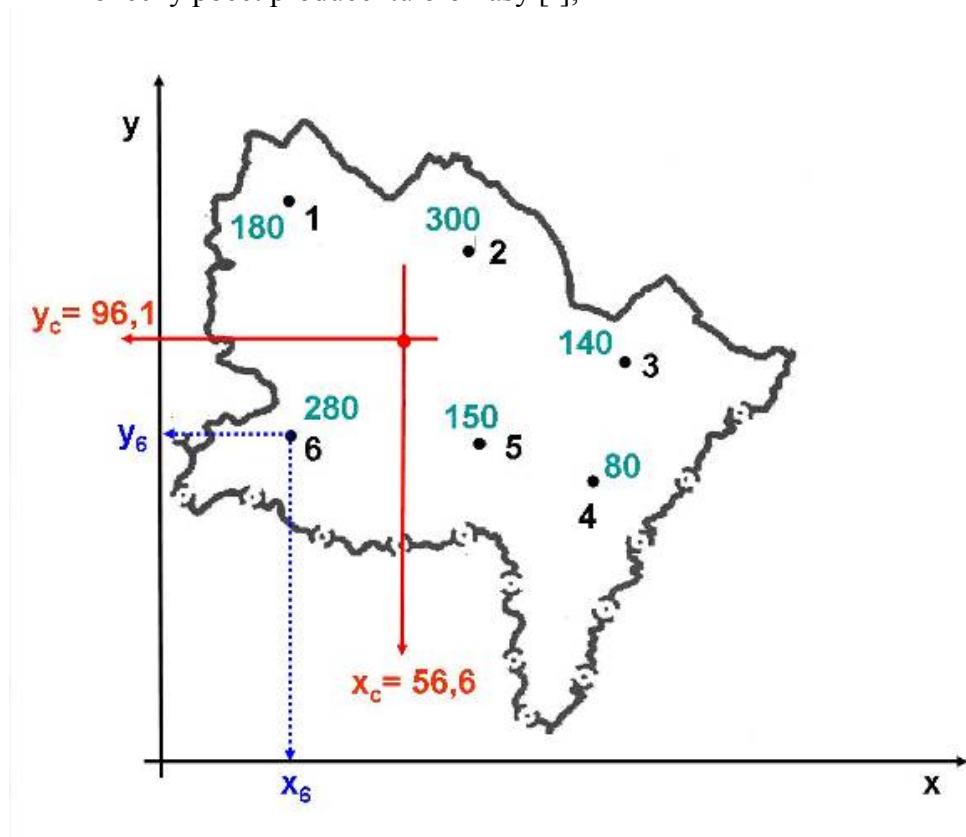
Při určení souřadnic není nutné dodržet měřítko, souřadnice lze odečíst a dosadit v mm. Pro přehlednost se zpracují do tabulky (tab. 21)

Po dosazení x_i , y_i , Q_i do vztahů pro x_c , a pro y_c vypočítáme souřadnice těžiště. Ve vypočítaných vzdálenostech x_c , a y_c , vedeme přímky rovnoběžné s osami x a y , jejich průsečík určuje hledaný bod umístění centra

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

kde:

- x_c , y_c – představují hledané souřadnice centra (kompostárny),
- x_i , y_i – souřadnice popisující umístění i -tého producenta bioodpadů,
- Q_i – množství přepravovaného bioodpadu mezi kompostárnou a jeho i -tým producentem [t],
- n – konečný počet producentů biomasy [-],



Obr. 19: Graficko-početní řešení umístění kompostárny

Tab. 21: Souřadnice producentů BRO pro umístění kompostárny

Producent	Q_i [t]	x_i [mm]	y_i [mm]
1	120	22	226
2	300	63	118
3	140	105	94
4	80	92	65
5	150	67	73
6	280	25	82
Σ	1070	-	-

Dosazením do vztahu pro x_c , a pro y_c vypočítáme souřadnice centra

$$120 \cdot 22 + 300 \cdot 63 + 140 \cdot 105 + 80 \cdot 92 + 150 \cdot 67 + 280 \cdot 25 = 1070 \cdot x_c$$

$$x_c = \frac{60650}{1070} = 56,68$$

$$120 \cdot 226 + 300 \cdot 118 + 140 \cdot 94 + 80 \cdot 65 + 150 \cdot 73 + 280 \cdot 82 = 1070 \cdot y_c$$

$$y_c = \frac{102790}{1070} = 96,07$$

7.2. VÝPOČET VELIKOSTI PLOCHY POTŘEBNÉ PRO KOMPOSTOVÁNÍ

Velikost plochy pro kompostárnu vychází z plochy potřebné pro uložení kompostové zakládky. Základem výpočtu jsou údaje o používané kompostovací technologii a využívaných mechanizačních prostředcích. Překopávač svým pracovním záběrem určuje průřezové rozměry pásové zakládky (trojúhelníkové nebo lichoběžníkové), požadavky na šířku pracovních mezer (větší mezery jsou potřebné pro traktorové stroje, menší pro stroje samojízdné) a požadavky na prostor pro otáčení.

Další údaje jsou zejména objemové hmotnosti jednotlivých BRO, které určují charakter zakládky a potřebu plochy pro meziskládku. Potřebné jsou také technické údaje drtičů nebo nakladačů apod.

Při výpočtech neuvažujeme s redukcí objemu zakládky, ani s celkovou hmotnostní ztrátou, která může dosahovat 30–45 %.

PŘÍKLAD 14

V následujícím příkladu je uveden postup pro stanovení potřebné velikosti kompostovací plochy.

Známe zastoupení jednotlivých materiálů a jejich objemové hmotnosti (tráva - $M_1 = 500 \text{ t}$, $\rho_1 = 0,17 \text{ t.m}^{-3}$; štěpka - $M_2 = 1500 \text{ t}$, $\rho_2 = 0,45 \text{ t.m}^{-3}$, BRKO - $M_3 = 3500 \text{ t}$, $\rho_3 = 0,60 \text{ t.m}^{-3}$, kejda - $M_4 = 1000 \text{ t}$, $\rho_4 = 1,00 \text{ t.m}^{-3}$)

a) stanovíme celkové množství kompostovaného materiálu za rok.

$$M_c = M_1 + M_2 + M_3 + \dots M_i \quad [\text{t}]$$

$$M_c = 500 + 1500 + 3500 + 1000 = 6500 \text{ t}$$

b) stanovíme celkový objem materiálů:

$$V_1 = 2941 \text{ m}^3 \quad V_2 = 3333 \text{ m}^3 \quad V_3 = 5833 \text{ m}^3, \quad V_4 = 1000 \text{ m}^3$$

Celkový objem všech materiálů

$$V_c = 13107 \text{ m}^3$$

c) objemová hmotnost směsi kompostové zakládky (při zanedbání změn vlhkosti) se stanoví ze vztahu:

$$\rho_s = \frac{M_c}{V_c} = \frac{6500}{13107} = 0,495 \quad [\text{t.m}^{-3}]$$

d) používaná kompostovací technologie a využívané mechanizační prostředky (překopávač) určuje průřezové rozměry trojúhelníkové (šířka B, výška H) nebo lichoběžníkové pásové zakládky (šířka B, B_1 ; výška H), z nich lze stanovit plochu průřezu:

pro zvolený lichoběžníkový průřez ($B = 3,0 \text{ m}$, $B_1 = 1,5 \text{ m}$, $H = 1,20 \text{ m}$)

$$S = \frac{(B + B_1)}{2} \cdot H = \frac{(3,0 + 1,5)}{2} \cdot 1,2 = 2,7 \text{ [m}^2\text{]}$$

e) objem kompostu připadající na 1 m² kompostovací plochy je dán poměrem:

$$P = \frac{S \cdot L}{B \cdot L} = \frac{S}{B} = \frac{2,7}{3,0} = 0,9 \text{ [m}^3 \cdot \text{m}^{-2}\text{]}$$

kde je: S - průřezová plocha pásové hromady [m²]
B - šířka hromady - pracovní záběr překopávače [m]
L - délka hromady [m]

f) potřebná velikost kompostovací plochy, za předpokladu provedení 3 kompostovacích cyklů za rok, se potom vypočte ze vztahu:

$$S_k = \frac{M_c}{\rho_s} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{P} = \frac{6500}{0,495} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{0,9} = 4863 \text{ [m}^2\text{]}$$

Vypočítaná hodnota představuje pouze plochu pokrytou hromadami. Známe-li šířku plochy, která je k dispozici, nebo zvolíme-li počet hromad (např. n=12), vypočítáme potřebnou délku hromad, podle obr. 20 a obr. 21.

$$L = \frac{S_k}{B \cdot n} = \frac{4863}{3,0 \cdot 12} = 135 \text{ [m]}$$

Tuto délku hromad je nutné zvětšit o cca 5 m na každou stranu (otáčení techniky).

Celková délka hromad:

$$L_c = 135 + 10 = 145 \text{ [m]}$$

Uvažujeme-li s potřebou uliček mezi hromadami (pro traktorové překopávače B₂ = 2,0 m, pro samojízdné překopávače B₂ = 0,5 m) a minimální šířkou 2,0 m na každý okraj plochy, bude celková šířka plochy:

Pro traktorový překopávač:

$$B_c = n \cdot B + (n - 1) \cdot B_2 + 2 \cdot 2,0 = 12 \cdot 3,0 + 11 \cdot 2,0 + 4,0 = 62 \text{ [m]}$$

Vypočítané rozměry plochy tedy budou:

$$L_c = 145 \text{ m} \quad B_c = 62 \text{ m} \quad S_c = 8990 \text{ m}^2$$

Pro samojízdný překopávač:

$$B_c = n \cdot B + (n - 1) \cdot B_2 + 2 \cdot 2,0 = 12 \cdot 3,0 + 11 \cdot 0,5 + 4,0 = 46 \text{ [m]}$$

Vypočítané rozměry plochy tedy budou:

$$L_c = 145 \text{ m} \quad B_c = 46 \text{ m} \quad S_c = 6\,670 \text{ m}^2$$

Pozn.:

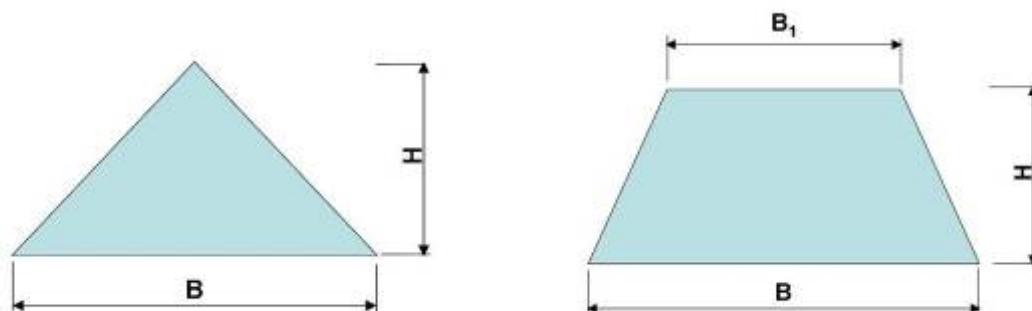
Uvedený výpočet neuvažuje redukci objemu a je proto pouze orientační. Při předpokládané redukci objemu ve výši 30–45 % (hmotnostní ztráta a sesedání hromad), je zřejmé, že na takto vypočítané ploše bude možné kompostovat až o 30–45 % více materiálů, nebo že potřebná plocha kompostárny může být o cca 30–45 % snížena.

Při celoročním kompostování se vztah pro výpočet potřebné kompostovací plochy SK zobecňuje následovně:

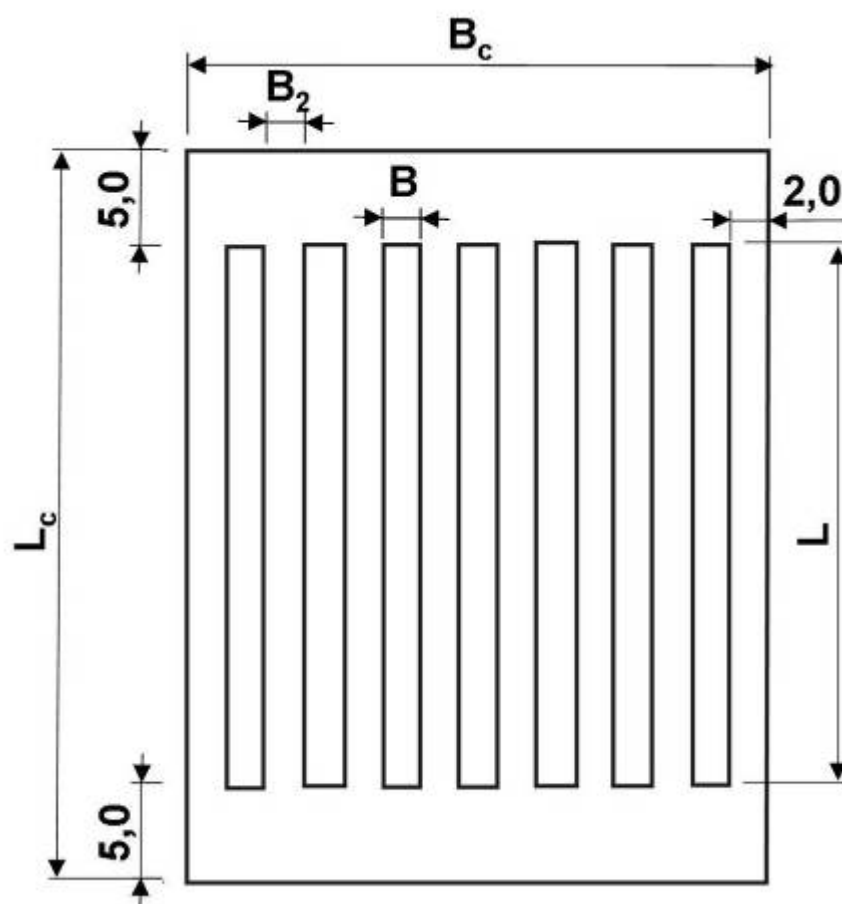
$$S_k = \frac{M_c}{\rho_s} \cdot \frac{T}{52} \cdot \frac{1}{P} \text{ [m}^2\text{]}$$

kde za T se dosazuje délka kompostovacího cyklu v týdnech (běžně 10–12 týdnů), číslo 52 představuje počet týdnů v roce.

Zároveň je nutné si uvědomit, že provoz kompostárny vyžaduje i další manipulační a meziskladové plochy, jejichž potřebu je nutné zohlednit podle konkrétní situace.



Obr. 20: Průřezové rozměry pásových hromad



Obr.21: Délka hromad a rozměry kompostovací plochy

7.3. VÝPOČET KAPACITY KOMPOSTÁRNY NA DANÉ PLOŠE

Úlohu lze i obrátit a stanovit možnou kapacitu kompostárny provozované na ploše o známé velikosti. Výpočet je o něco jednodušší, neboť známe rozměry plochy.

PŘÍKLAD 15

Máme-li stanovit kapacitu kompostárny na ploše o rozměrech : $L_c = 200$ m, $B_c = 60$ m, $S_c = 12\,000$ m² s využitím ostatních údajů shodných jako v předcházejícím příkladu 12, použijeme následující postup, kdy rozvaha o využití plochy musí začínat používanou technologií, tedy určením šířky pásové hromady B , velikostí průřezové plochy S a počtem a šířkou B_2 potřebných pracovních mezer:

a) Ze známé šířky plochy, rozměrů hromad a uliček stanovíme počet hromad:

$$n = \frac{B_c}{B + B_2} = \frac{60}{3 + 2} = 12$$

Volíme $n = 11$ s ohledem na nutné okraje plochy

b) Skutečná délka hromad musí umožnit otáčení techniky

$$L = L_c - 2 \cdot 5,0 = 200 - 10 = 190 \text{ m}$$

c) Celkový objem kompostu na ploše je tedy určen $n = 11$ pásovými hromadami (průřezové rozměry $B = 3,0$ m, $B_1 = 1,5$ m, $H = 1,20$ m) o délce $L = 190$ m

$$V_c = \frac{(B + B_1)}{2} \cdot H \cdot L \cdot n = \frac{(3,0 + 1,5)}{2} \cdot 1,2 \cdot 190 \cdot 11 = 5643 \text{ m}^3$$

d) Kapacita kompostárny při předpokladu 3 kompostovacích cyklů je :

$$M_c = V_c \cdot 3 \cdot \rho_s = 5643 \cdot 3 \cdot 0,495 = 8379 \text{ t.rok}^{-1}$$

Předpokládaná objemová hmotnost kompostové zakládky ρ_s je podložena výpočtem v předešlém příkladu.

Uvedené výpočty představují podklady pro další analýzu. Objemová redukce a sesedání zakládek se budou promítat do jiné hodnoty střední objemové hmotnosti (u hotového kompostu je vyšší), a také do potřeby spojování hromad, které může znamenat dosažení vyšší celkové kapacity kompostárny.

7.4. VÝPOČET KAPACITY JÍMKY

Jímka zřizovaná na kompostárně jako příslušenství kompostování plochy má zachytit odpadní vodu prosakující z kompostu a současně srážkové vody. Dispozičně může být řešena jako:

- **nadzemní** se záchytnou vanou,
- **zapuštěná** do terénu s minimálním vyvýšením okraje jímky 0,4 m nad okolní terén.

Hladina v užitném prostoru zemní jímky nesmí přesahovat výšku nejnižšího místa na výrobní ploše. Do jímky odtékají výluhy z kompostu a dešťové vody z výrobních a manipulačních ploch nezaplňených kompostem.

Objem jímky musí být dimenzován na zachycení 15 minutového přívalového deště a dešťových srážek za 1 - 3 měsíce. Tekutina z jímky se využívá ke zvlhčování kompostu. S ohledem na úsporu investičních nákladů je snaha objem jímky minimalizovat.

Při výpočtu objemu jímky se vychází ze stavu, kdy je výrobní plocha kompostem zaplněna s výjimkou manipulačních ploch. Uskladněný kompost zachytí 75 % srážkové vody,

přičemž dojde až k 40 % odparu. Odpar na manipulační ploše lze uvažovat do 30 %. Údaje o srážkách pro výpočet jímky se zjišťují na nejbližší meteorologické stanici.

Postup výpočtu:

1. Stanovení odtoku ze zaplněných a manipulačních ploch:

$$Q = Q_z + Q_m \text{ [m}^3\text{]}$$

kde

Q_z - odtok do jímky ze zaplněné plochy [m³]

Q_m - odtok do jímky z manipulační plochy [m³]

2. Stanovení odtoku ze zaplněných a manipulačních ploch za 2 měsíce

$$Q_{2m} = 2/12 \cdot Q \text{ [m}^3\text{]}$$

3. Výpočet objemu vody z 15 minutového přívalového deště

$$Q_d = Q_{dz} + Q_{dm} \text{ [m}^3\text{]}$$

kde

Q_{dz} - odtok přívalového deště ze zaplněné plochy [m³]

Q_{dm} - odtok přívalového deště z manipulační plochy [m³]

4. Stanovení potřebné kapacity jímky

$$V = Q_{2m} + Q_d$$

PŘÍKLAD 16

Při výpočtu se využijí údaje o ročním úhrnu srážek (H_r) o velikosti zpevněné manipulační plochy (S_m) a zaplněné plochy (S_z). Z vypočtených hodnot stanovíme potřebný objem jímky (V).

Odvodňovaná plocha areálu $S_m = 4\,480 \text{ m}^2$. Plocha pokrytá kompostem $S_z = 2\,911 \text{ m}^2$. Průměrný roční úhrn srážek v oblasti $H_r = 600 \text{ mm}$. Intenzitu přívalového deště uvažujeme $200 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$. Podíl srážek zachycených kompostem je 75 %, odpar z ploch zaplněných kompostem dosahuje 40 %, odpar z manipulační plochy je 30 %.

1. Výpočet odtoku ze zaplněných a manipulačních ploch:

Odtok do jímky ze **zaplněné** plochy:

$$Q_z = S_z \cdot \frac{H_r}{1\,000} \cdot \frac{100 - H_z}{100} \cdot \frac{100 - H_{Ez}}{100} \text{ [m}^3\text{]}$$

S_z rozloha zpevněných ploch zaplněných kompostem [m²]

H_r průměrný roční úhrn srážek [mm]

H_z podíl srážek zachycených v kompostu [%]

H_{Ez} odpar z ploch zaplněných kompostem [%]

$$Q_z = 2\,911 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,75) \cdot (1 - 0,4) = 262 \text{ m}^3$$

Odtok do jímky z **manipulační** plochy:

$$Q_m = S_m \cdot \frac{H_r}{1\,000} \cdot \frac{100 - H_{Em}}{100} \text{ [m}^3\text{]}$$

S_m rozloha zpevněné manipulační plochy [m²]

H_r průměrný roční úhrn srážek [mm]

H_{Em} odpar z manipulační plochy [%]

$$Q_m = 1\,569 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,3) = 659 \text{ m}^3$$

Celkový předpokládaný odtok do jímky za rok:

$$Q = Q_z + Q_m \quad [\text{m}^3]$$

$$Q = 262 + 659 = 921 \text{ m}^3$$

2. Stanovení odtoku ze zaplněných a manipulačních ploch za 2 měsíce:

$$Q_{2m} = \frac{2}{12} Q \quad [\text{m}^3]$$

$$Q_{2m} = \frac{921}{6} = 153,5 \text{ m}^3$$

3. Výpočet objemu vody z 15 minutového přívalového deště:

Odtok přívalového deště ze **zaplněné** plochy:

$$Q_{dz} = 0,9 \cdot S_z \cdot q_d \cdot \varphi \cdot [(100 - H_z) / 100] \quad [\text{m}^3]$$

koeficient 0,9 znamená převod hodnoty q_d [$\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$], tzn. 15 min = 900 sekund a převod z litrů na m^3

S_z rozloha zpevněných ploch zaplněných kompostem [ha]

q_d specifická intenzita 15 min deště [$\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$]

φ součinitel odtoku z výrobní plochy - pro sklon 1 – 5 % má hodnotu 0,8

H_z podíl srážek zachycených v kompostu [%]

$$Q_{dz} = 0,9 \cdot 0,2911 \cdot 200 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,75) = 10,48 \text{ m}^3$$

Odtok přívalového deště z **manipulační** plochy:

$$Q_{dm} = 0,9 \cdot S_m \cdot q_d \cdot \varphi \quad [\text{m}^3]$$

koeficient 0,9 znamená převod hodnoty q_d [$\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$], tzn. 15 min = 900 sekund a převod z litrů na m^3

S_m rozloha zpevněné manipulační plochy [ha]

q_d specifická intenzita 15 min deště [$\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$]

φ součinitel odtoku z výrobní plochy (pro sklon 1 – 5 % volíme hodnotu 0,8)

$$Q_{dm} = 0,9 \cdot 0,1569 \cdot 200 \cdot 0,8 = 22,59 \text{ m}^3$$

Celkový odtok přívalového deště:

$$Q_d = Q_{dz} + Q_{dm} \quad [\text{m}^3]$$

$$Q_d = 10,48 + 22,59 = 33,07 \text{ m}^3$$

4. Stanovení potřebné kapacity jímky

$$V = Q_{2m} + Q_d \quad [\text{m}^3]$$

$$V = 153,5 + 33,07 = 186,57 \text{ m}^3$$

Pro dešťové vody související s vlastním provozem kompostárny na zpevněné ploše bude v lokalitě použita jímka o kapacitě 188 m^3 se signalizací hladiny pro objem 153,5 m^3 .

8. STROJE A ZAŘÍZENÍ V KOMPOSTOVACÍCH LINKÁCH

Zvyšující se povědomí o důležitosti ochrany životního prostředí vyústilo v sedmdesátých letech 20. stol. zejména v USA a Evropě v tvorbu legislativy, která měla zabránit vzrůstajícímu znečišťování životního prostředí. Následně pak rostoucí ceny za ukládání odpadů na skládky navrátily kompostovací technologie zpět do odpadového hospodářství jako smysluplný systém využívání biologicky rozložitelných odpadů.

S rozvojem kompostovacích technologií úzce souvisí vývoj speciální techniky pro kompostování, zejména traktorových a samojízdných překopávačů kompostu, drtících zařízení všech typů, včetně separačních a prosévacích ústrojí.

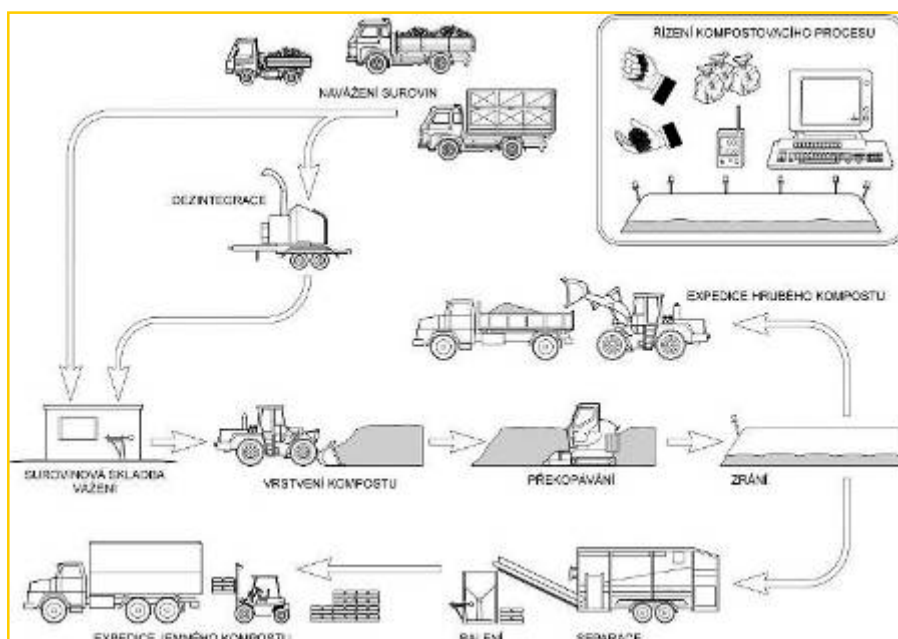
Šťastný (1991) vypracoval ucelenou studii kompostovací techniky používané v USA a v evropských zemích. Runge (2000) se zabýval ekonomickými aspekty nasazení moderní kompostovací techniky. Z dalších např. Jelínek a kol. (2001), Zemánek (2001), Plíva a Jelínek (2006), se zabývali konstrukčními principy strojů na kompostárnách, Plíva a kol. (2009) hodnotil využití techniky pro kompostování v podmínkách ČR.

8.1. KOMPOSTOVACÍ LINKY

Z technologického postupu uplatňovaného na kompostárně se definují následující pracovní operace:

- navážení BRO podle druhů,
- zjištění hmotnosti nebo objemu (vážení, objem ložného prostoru, evidence navezených surovin),
- úprava BRO (drcení, štěpkování),
- předtřídění (separace nežádoucích příměsí, kovových částic, plastů a folií),
- úprava profilu hromad,
- překopávání,
- aplikace tekutých a kašovitých hmot (kejda, kaly, apod.),
- manipulace s geotextilií, folií,
- prosévání (příp. prosévání s drcením),
- nakládání kompostu,
- vlhčení základky,
- finální úpravy kompostu (balení, expedice).

Pro jednotlivé pracovní operace se vybírají příslušné stroje, které je výhodné používat v sestavě strojních linek. Sestava linky se liší použitými typy strojů, jejich agregací, výkonností, nároky na obsluhu a na manipulační prostor. Na obr. 22 je schéma kompostovací linky využívané při kompostování v pásových hromadách na volné ploše.



Obr. 22: Schéma kompostovací linky

Běžně se na kompostárnách setkáváme s těmito sestavami strojních linek:

- linky s jedním energetickým zdrojem pro připojení mechanizačních prostředků (Varianta I),
- linky sestavené z jednoúčelových strojů s vlastním pohonem (Varianta II),
- linky sestavené v kombinaci předcházejících dvou variant (Varianta III).

Schémat linek uvedených variant jsou znázorněny na obr. 23 - obr. 25 a obsahují sled jednotlivých operací na kompostovací jednotce malého a středního typu, druhy a počty potřebných pracovních strojů zařazených do souprav či jednoúčelových. Dále jsou uvedeny počty pracovníků potřebných k obsluze celé kompostovací linky.

Kompostovací linka s kolovým traktorem (Varianta I)

Využívá k zajištění jednotlivých operací řadu technických prostředků, které je možno připojit k jednomu mobilnímu energetickému prostředku, v zemědělství nejčastěji kolovému traktoru. Mezi jiné možnosti patří agregace s univerzálním čelním nakladačem, speciálním nosičem nářadí apod.

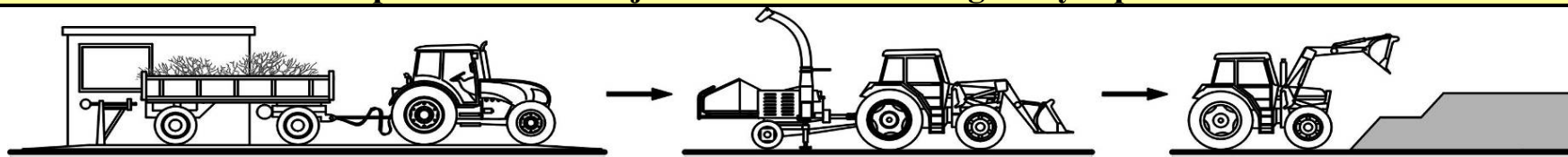
Kompostovací linka složená z jednoúčelových strojů (Varianta II)

K zajištění jednotlivých technologických operací jsou používány jednoúčelové stroje, zejména samojízdný překopávač kompostu. U varianty II jsou pro každou operaci zajištěny stroje „na míru“, výkonnost jednotlivých strojů v dané kategorii je významně vyšší, nežli u varianty I, tedy i výkonnost celé kompostovací linky je vyšší. Avšak naproti těmto výhodám vychází tato varianta investičně nejméně příznivě.

Kompostovací linka kombinovaná (Varianta III)

Vzniká kombinací obou dvou předcházejících variant. Prakticky to znamená, že mobilní energetický prostředek je využíván jen pro některé pracovní operace (např. překopávání kompostu, manipulaci se surovinami) a zbývající část pracovních operací je zajišťována jednoúčelovými stroji. Toto řešení spojuje výhody obou předcházejících variant.

Kompostovací linka s jedním mobilním energetickým prostředkem



Dovoz a příjem surovin

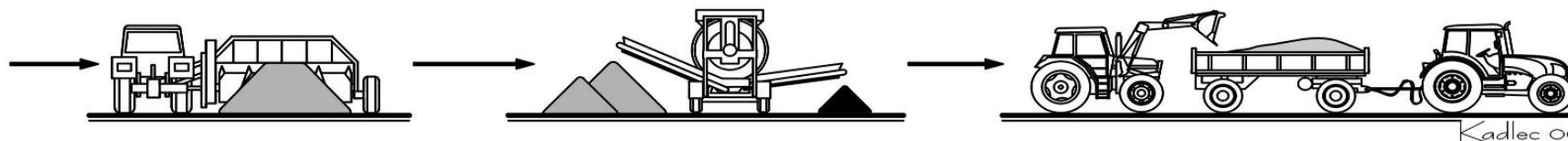
- kolový traktor
- traktorový sklápěcí přívěs
- mostová váha

Jemná dezintegrace

- kolový traktor
- drtič poháněný vývodovým hřídelem
(štěpkovač poháněný vývodovým hřídelem)

Zakládání kompostu – vytváření pásových hromad

- traktor s čelní lopatou



Překopávání kompostu

- kolový traktor
- překopávač kompostu připojitelný tažený

Prosévání kompostu

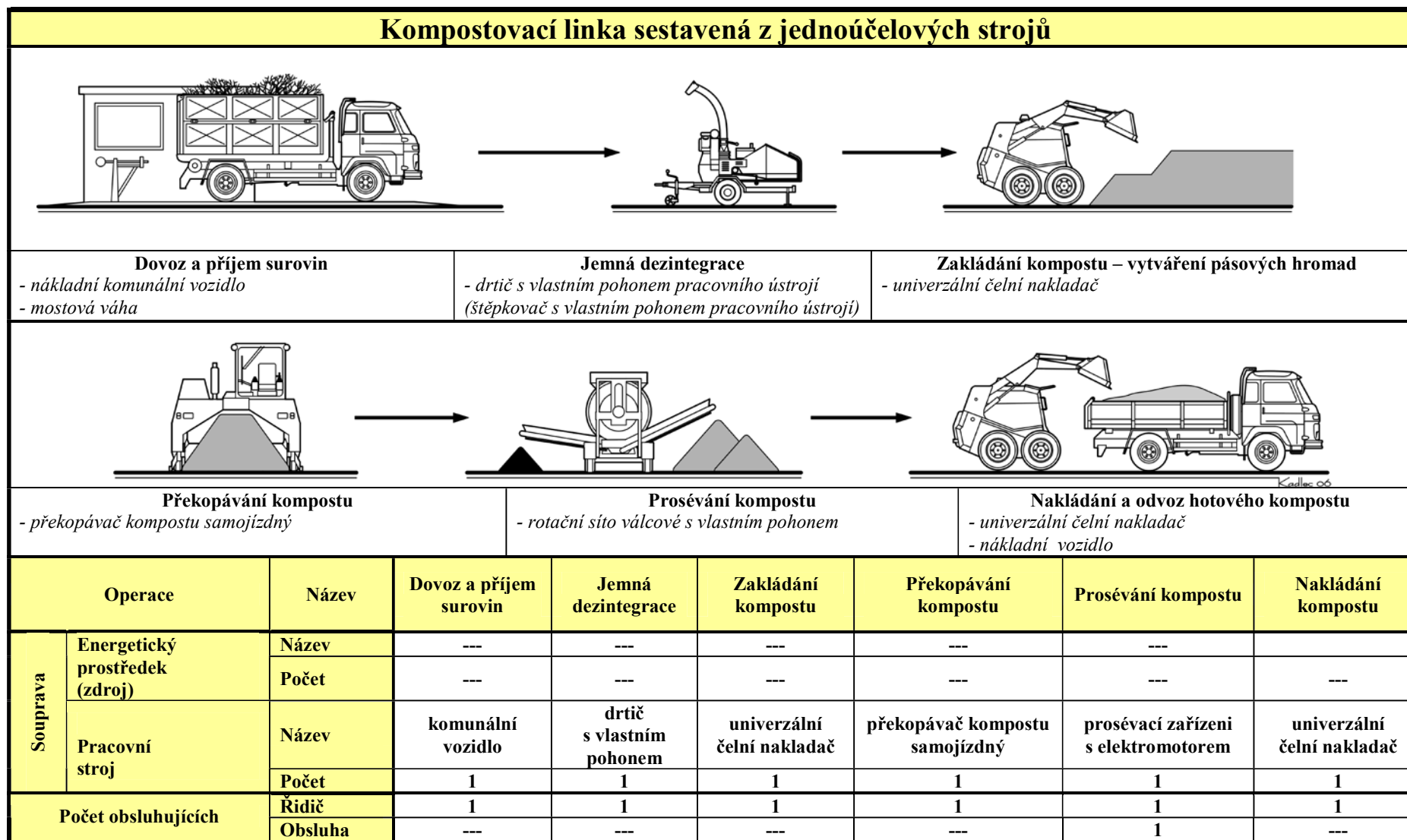
- rotační síto válcové s vlastním pohonem

Nakládání a odvoz hotového kompostu

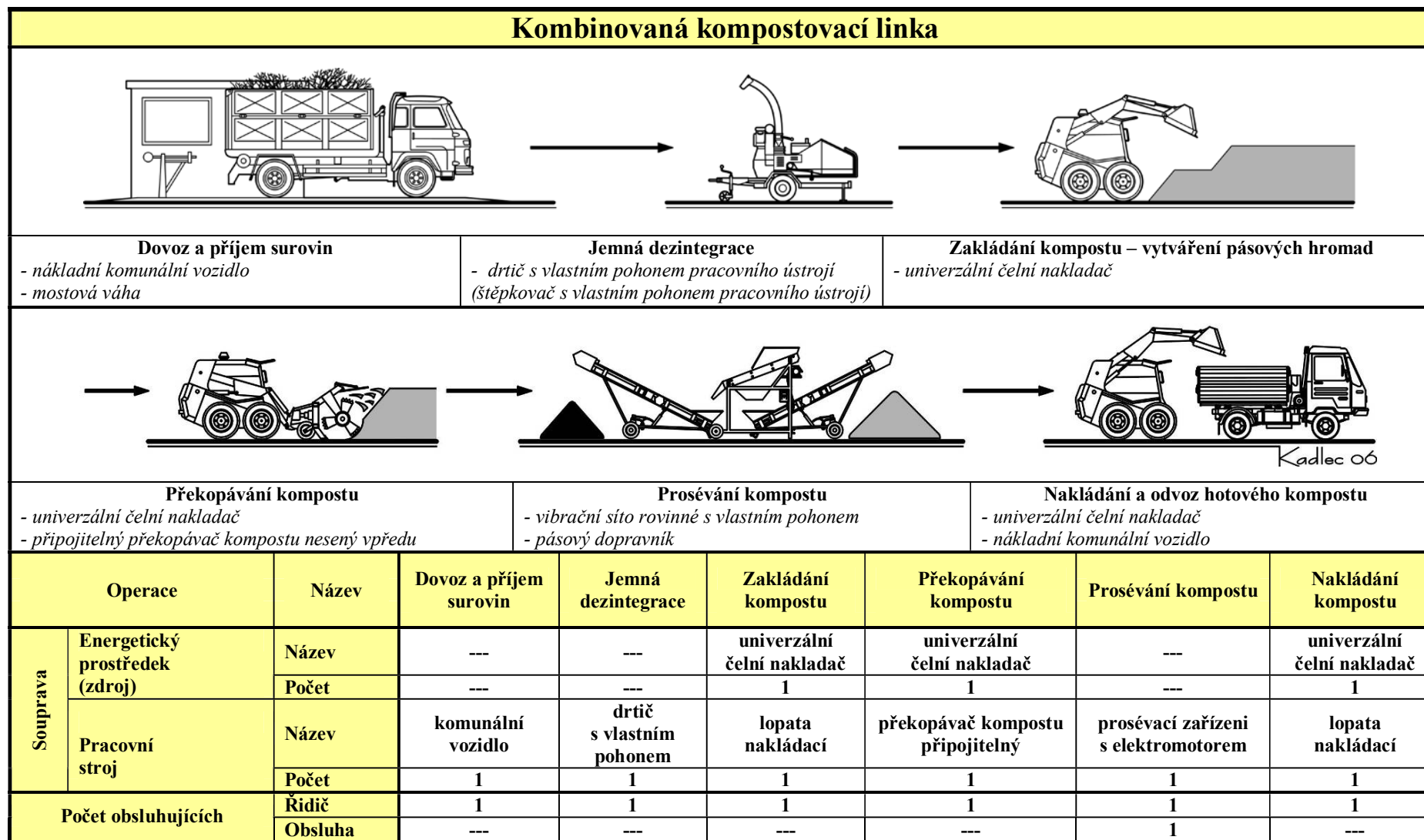
- kolový traktor s čelní lopatou
- traktorový sklápěcí přívěs

Operace		Název	Dovoz a příjem surovin	Jemná dezintegrace	Zakládání kompostu	Překopávání kompostu	Prosévání kompostu	Nakládání kompostu
Souprava	Energetický prostředek (zdroj)	Název	kolový traktor	kolový traktor	kolový traktor	kolový traktor	---	kolový traktor
		Počet	1	1	1	1	---	1
	Pracovní stroj	Název	traktorový sklápěcí přívěs	drtič (štěpkovač)	čelní lopata - adaptér	překopávač kompostu připojitelný	rotační síto válcové s elektromotorem	čelní lopata - adaptér
		Počet	1	1	1	1	1	1
	Počet obsluhujících		Řidič	1	1	1	1	1
Obsluha			---	---	---	---	1	---

Obr. 23: VARIANTA I - kompostovací linka s kolovým traktorem



Obr. 24: VARIANTA II - kompostovací linka složená z jednoúčelových strojů



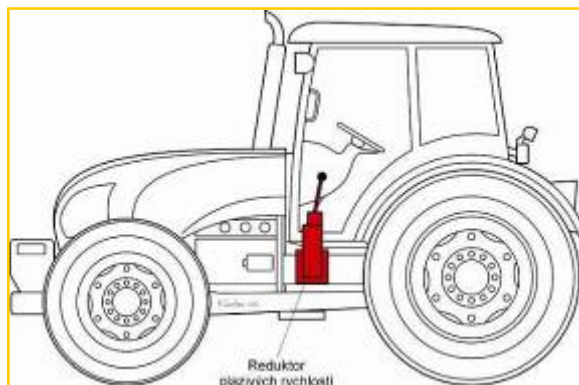
Obr. 25: VARIANTA III - kompostovací linka kombinovaná

8.2. ENERGETICKÉ PROSTŘEDKY

Energetické prostředky jsou v kompostovacích linkách využívány v případě, že některé z operací jsou zajišťovány připojitelnými stroji bez vlastního energetického zdroje.

Nejčastěji bývá jako energetický prostředek využíván kolový traktor nebo čelní nakladač.

V případě použití traktoru je nutné, aby k němu bylo možné připojit čelní lopatu potřebnou pro manipulaci se zpracovávanými surovinami. Oba typy musí mít možnost dosahovat pracovní pojezdové rychlosti v rozmezí $(0,1 \text{ až } 1,0) \text{ km.h}^{-1}$, to znamená, že traktor by měl být vybaven pro dosažení velmi nízké (tzv. plazivé) pojezdové rychlosti.



Obr. 26: Možné umístění redukční převodovky

V případě použití čelního nakladače jako energetického zdroje, je nutné uvážit, zda je možné k němu připojit další pracovní stroje nebo adaptéry a zda čelní nakladač disponuje dostatečným výkonem motoru. Výhodou nakladače je, že bývá vybaven hydraulickým pohonem pojezdu, který umožňuje dosahovat nízkou pojezdovou rychlost, nutnou pro práci překopávače kompostu.

Pro ulehčení výběru traktoru nebo nakladače lze využít následující hodnotící kritéria:

- instalovaný výkon motoru,
- možnost dosažení nízké pojezdové (plazivé) rychlosti (do 1000 m.h^{-1})
- snadná manévrovatelnost, malý poloměr otáčení,
- podvozek s dobrými záběrovými podmínkami, pohon obou náprav
- dostatečný počet vnějších hydraulických okruhů,
- snadnost obsluhy, dobré ergonomické řešení ovládacích prvků a kabiny,
- hydraulický závěs a vývodový hřídel i v přední části.

8.3. DRTIČE, ŠTĚPKOVAČE

Většina surovin ukládaných do kompostovaných zakládek vyžaduje pro snadnou a kvalitní homogenizaci rozmělnění či rozdrčení (jemnou dezintegraci) vstupních surovin. Z velké části se jedná o drcení či štěpkování biomasy, která má vlhkost pohybující se okolo hodnoty 50 %. Sem lze zařadit suroviny jako dřevní odpady, hrubou zelenou hmotu, kůru, réví, listí, ale i organický podíl vytržidlený z komunálního odpadu.

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

- menší částice surovin znamenají větší oxidační a styčnou plochu a biodegradabilní proces probíhá účinněji,

- u surovin lépe degradujících mohou být větší částice v základce,
- menší částice základky znamenají větší ekonomické náklady na jejich rozmělnění.

Drtiče (obr. 31) slouží k rozmělnění surovin. Drtí materiál na částice, které by měly mít vyrovnanou velikost pro dosažení velkého styčného povrchu. U drtičů vybavených roštem (košem) je dosaženo vyrovnanější velikosti částic. Drtící ústrojí využívá zpravidla úderu, tlaku, smyku nebo jejich kombinací. Rozmělnovací účinek drtičů závisí na typu drtícího ústrojí, tvaru a počtu kladiv, cepů, nožů, dále na otáčkách rotoru a nastavení drtícího roštu. Drtiče se používají tam, kde je potřebné zpracovat nesourodý směsný odpad.

Štěpkovače (obr. 32, 33) představují stroje pro beztržkové dělení dřeva a jejich činnost je zajišťována pevně uchycenými noži na rotujících částech (kotouč, buben, šnek). Používají se výhradně pro zpracování dřevních odpadů. Štěpka vyprodukovaná štěpkovači by měla být rozměrově vyrovnaná s velikostí částic odpovídající objemu $5,0 \text{ cm}^3$. Tato velikost se zdá být vhodným kompromisem mezi potřebnou dobou rozkladu a ekonomickými nároky na štěpkování. Kvalitu práce štěpkovačů ovlivňuje typ pracovního ústrojí, pracovní rychlost nožů, rychlost a způsob podávání materiálu a charakter materiálu.

Pro obě kategorie strojů platí, že jsou nezbytné pro úpravu surovin s převažujícím podílem odpadního dřeva a do základního vybavení každé kompostovací linky patří vždy alespoň jeden z nich. Společným požadavkem je výrazné zmenšení objemu surovin, kterého je dosaženo dělením materiálu na malé částice. To umožňuje dosáhnout homogenity kompostové základky a rychlý start kompostovacího procesu. Významným parametrem těchto strojů je dosahovaná výkonnost ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$), která je nejvíce ovlivněna požadavkem na výslednou velikost částic.

Drtiče i štěpkovače se konstruují jako nesené nebo návěsné stroje, většinou poháněné vlastním motorem. Speciální kategorií jsou tzv. drtiče-míchače, které podrcenou hmotu v drtícím prostoru přepravují na kompostárnu. Jejich konstrukce umožňuje dokonalé vrstvení podrceného materiálu do pásových hromad.

Při výběru drtiče nebo štěpkovače pro kompostárnu zohledňujeme zejména:

- charakter materiálu určeného k úpravě
- schopnost rozdrtit suroviny na částice o objemu $(0,5 \text{ až } 5) \text{ cm}^3$,
- požadovaná výkonnost při potřebné velikosti částic
- trvanlivost činných částí pracovního ústrojí a jejich snadná výměna,
- konstrukční řešení, které zamezuje ucpávání,
- splnění podmínek snadné obsluhy, ovládání a bezpečnosti práce (ochranné kryty, hlučnost),
- řešení plynulého mechanického přísunu drceného materiálu.

8.4. PŘEKOPÁVAČE KOMPOSTU

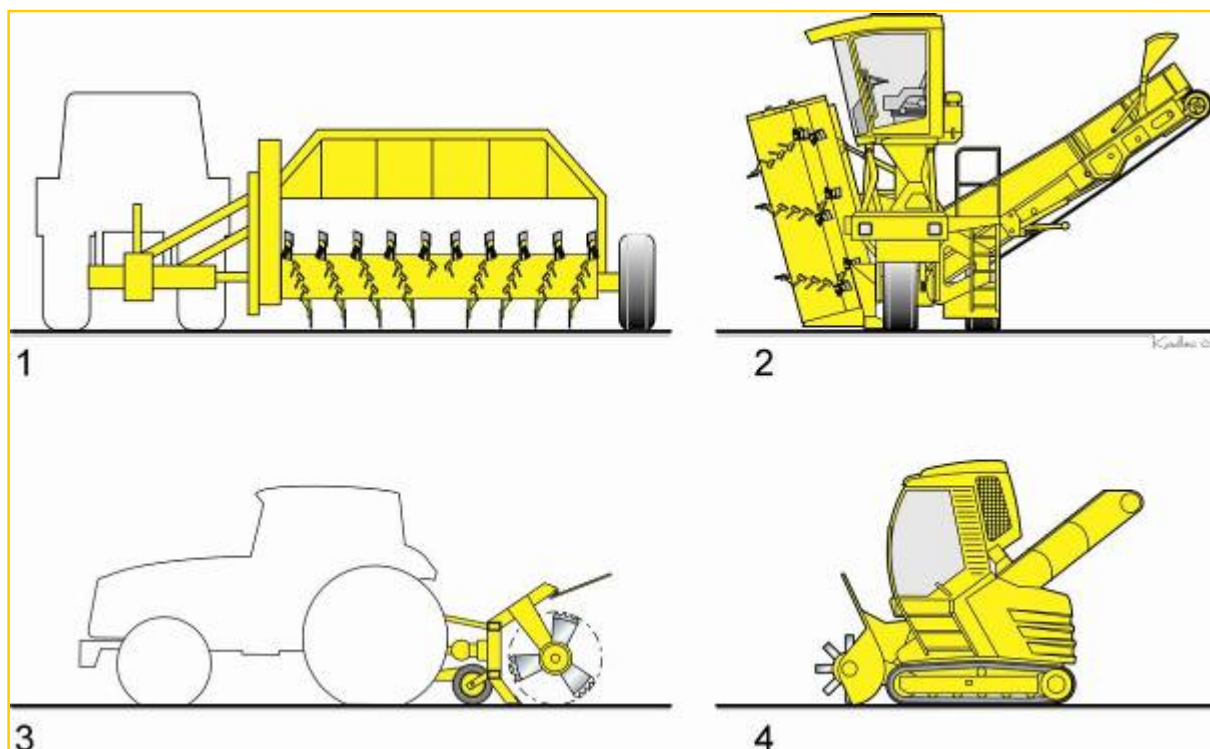
Překopávání kompostu je nejdůležitější pracovní operací v celém technologickém postupu rychlokompostování. Jeho účelem je provzdušnit kompost a tím dosáhnout optimálního průběhu mikrobiální činnosti.

Z hlediska dosahované výkonnosti, celkového využití pracovního času, kvality práce, ale i prostorových nároků na kompostovací plochu, jsou nejvýhodnější překopávače pracující kontinuálně. Stroje s přerušovaným pracovním cyklem (nakladače) lze využívat pouze pro překopávání malých objemů základek.

Rozdělení překopávačů

Překopávače kompostu určené pro kompostování v pásových hromadách lze dělit podle různých hledisek např. podle energetického zdroje, způsobu připojení, pracovního ústrojí, popř. výkonnosti.

Důležitým hlediskem pro práci překopávače kompostu je dosahovaná kvalita nakypření kompostu, která je dána typem pracovního ústrojí. Na obr. 27 jsou znázorněna jednotlivá pracovní ústrojí překopávačů kompostu.



Obr. 27: Pracovní ústrojí překopávačů kompostu
(1 – rotorové, 2 – rotorové boční, 3 – šnekové, 4 – dopravníkové)

Překopávače kompostu mohou být agregovány v těchto variantách:

- překopávač kompostu nesený vpředu,
- překopávač kompostu nesený vzadu,
- překopávač kompostu návěsný (tažený).

Samojízdné překopávače (obr. 36, obr. 37) jsou uloženy na portálovém podvozku. Jejich energetický zdroj zajišťuje pohon pojezdového i překopávacího ústrojí. Portálový podvozek spočívá na pojezdových kolech nebo na pásech.

Překopávací ústrojí bývá nejčastěji rotorové, s horizontálně nebo šikmo uloženým rotorem (bubnem). Většina zařízení je vybavena i různými přihrnovacími štíty, clonami popř. šneky. Z hlediska dosahované překopávací výkonnosti rozlišujeme překopávače malé (do $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), střední ($300\text{--}600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) a velké (nad $600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$).

Volba překopávače kompostu

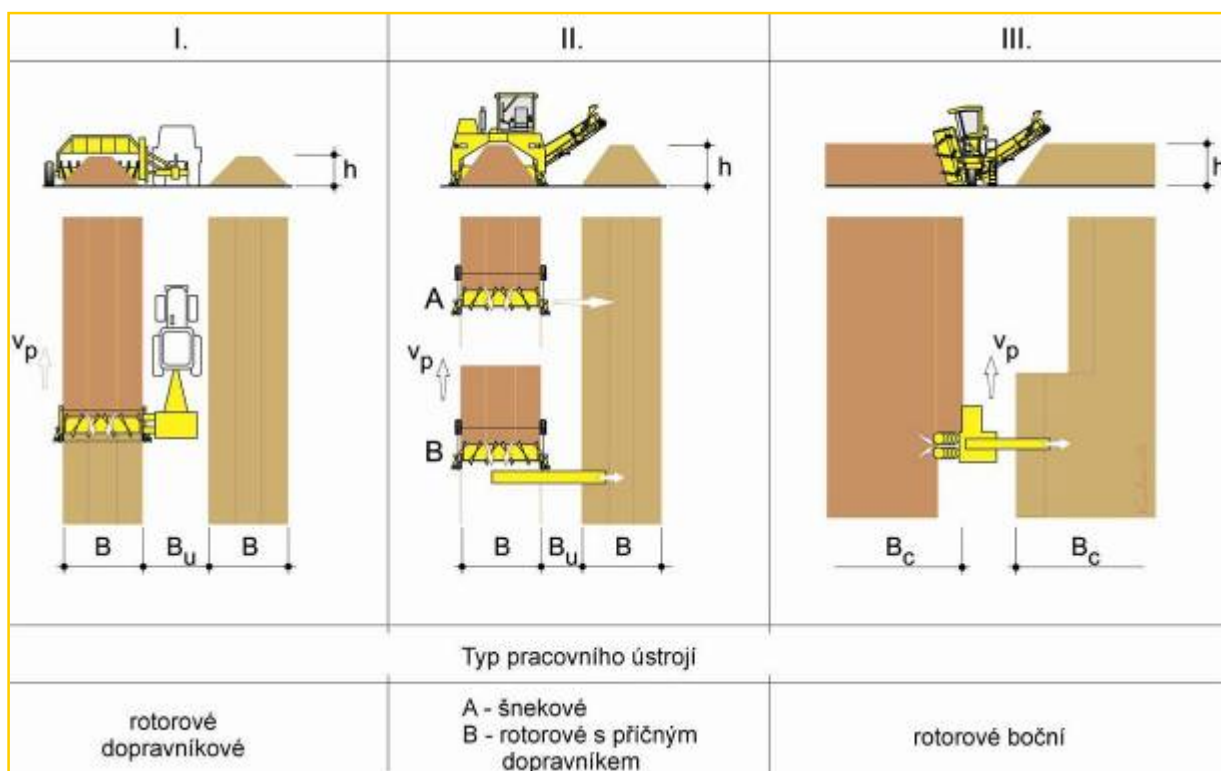
Pro volbu vhodného překopávače kompostu je omezujícím kritériem zejména požadovaná hodinová výkonnost (závisí na objemu zakládek a počtu překopávacích zásahů) a manévrovací vlastnosti (konstrukční parametr). Významnou skutečností je ale zejména organizace pásových hromad na kompostárně, která určuje potřebu překopávání s přesunem hmoty dozadu nebo do stran.

Různé způsoby organizace překopávání jsou znázorněny na obr. 28:

I - překopávání kompostu s přesunem hmoty dozadu je možné rotorovým nebo dopravníkovým pracovním ústrojím. Šířka pracovní mezery (B_u) je pro traktorové stroje dána šířkou traktoru a pro samojízdné stroje závisí na šířce kola nebo pásu.

II – překopávání kompostu s přesunem hmoty do strany (na vedlejší hromadu). V případě použití **šnekového pracovního ústrojí** bývá šířka pracovní mezery B_u zanedbatelná, u jiných pracovních ústrojích je dána šířkou kola nebo pásu.

III - v této variantě je znázorněna organizace překopávání kompostu pomocí překopávače s šikmo uloženým **rotorovým pracovním ústrojím**. Šířka pracovní mezery B_u je dána šířkou použitého stroje. Tato varianta je výhodná maximálním využitím kompostovací plochy. Překopávač kompostu s bočním rotorovým pracovním ústrojím je na obr. 38.



Legenda:

h (m) výška pásové hromady

B (m) šířka základny pásové hromady - pracovní záběr
překopávače kompostu

B_u (m) šířka pracovní mezery

B_c (m) šířka základny plošné hromady

v_p (m.h⁻¹) pojezdová rychlost

Obr. 28: Způsoby organizace překopávání zakládek

Při výběru překopávače kompostu hodnotíme zejména:

- konstrukční vlastnosti (šířka záběru, výška překopávaného profilu, podvozek, instalovaný výkon motoru, pojezdové a manévrovací schopnosti)
- provozní vlastnosti (výkonnost překopávání ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$; $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$), regulace pracovních rychlostí, schopnost formování překopané zakládky, spotřeba pohonných hmot, připojení agregátů pro uplatnění fólie nebo geotextilie a pro vlhčení).

Na obr. 39 je překopávač kompostu doplněný závlahovým bubnem, na obr. 40 je překopávač kompostu s navíjecí cívkou geotextilie.

8.5. PROSÉVACÍ A SEPARAČNÍ ZAŘÍZENÍ

V kompostovacích linkách se uplatňuje separace i prosévání. Při kompostování BRO se předpokládá minimální přítomnost cizorodých materiálů, proto budou v kompostovacích linkách využívána zejména prosévací síta. Pouze tam, kde při kompostování zbytkové biomasy uvažujeme s využitím BRKO, bude nutné podle povahy odpadů řešit také separaci cizorodých materiálů. Dnešní praktické zkušenosti potvrzují, že se jedná převážně o problematiku separace kamenů, skla, papíru a zbytků plastových fólií.

Před drtičem je nejčastěji nutno oddělit některé nežádoucí příměsi z navážených komponentů (kovové části, kameny, fólie atd.) a při finalizaci kompostu je zase zapotřebí zajistit vyrovnanou velikost zrn expedovaného materiálu. Existuje celá řada metod, založených na různých fyzikálních principech, které jsou pro separaci příměsí a pro prosévání využívány.

Separční zařízení na kompostárnách

Odstředivé odlučovače pracují na principu různých balistických drah nestejně hmotných částic, na principu odlišné intenzity odrazu pružných a nepružných částic, či na principu rozdílných valivých a třecích vlastností částic.

Třídíče (překulovače) využívají geometrického tvaru pro třídění tak, že dochází k odvalení částic s kulovitým tvarem a zbytek částic je vynášen dopravníkem.

Vzduchové třídíče - oddělují lehké příměsi ze směsi (fólie, papír) účinkem proudu vzduchu (profukování i odsávání), zbylá těžká frakce odchází do drtiče.

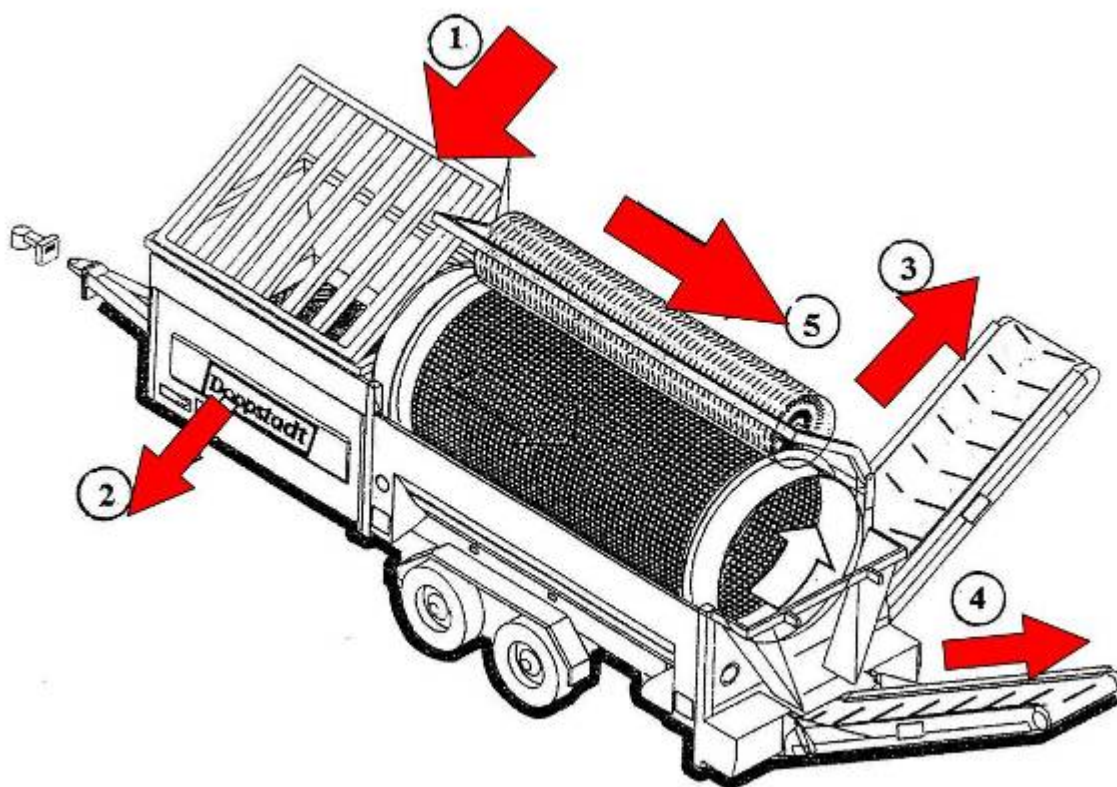
Prosévací zařízení na kompostárnách

Vibrační třídíče s rovinným sítem (obr. 42) - principem činnosti je přerušovaný posun surovin po šikmo uloženém rovinném sítu. Výhodou je konstrukční jednoduchost, vysoká životnost a malá energetická náročnost. Zařízení mají výkonnost $5 - 15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Ta závisí na charakteru prosévané suroviny a na požadované velikosti částic. Většinou bývají provedena jako stacionární, protože potřebují pevné ukotvení rámu stroje. Existují i vibrační síta v mobilním provedení. Energetické nároky na pohon vibračních sít jsou asi $(0,8 \text{ až } 1,0) \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ plochy síta.

Rotační třídíče s válcovým sítem (obr. 29, obr. 43, obr. 44) - principem těchto zařízení je plynulý posun materiálu vnitřním povrchem rotujícího válcového roštu. Materiál je unášen po obvodu síta do určité výšky obvodu, pak se vlivem vlastní gravitace posouvá po pracovním povrchu síta kde dochází k prosévání. Hlavní výhodou válcových sít, je jejich vysoká výkonnost. Ta je dána dobrou průchodností surovin přes rošt, který je zpravidla samočisticí, u sít pro jemnější prosévání bývají vybaveny kartáči na čištění pracovního povrchu. Pro zajištění spolehlivého posunu materiálu vnitřním prostorem síta bývají rošty doplněny vnitřní šroubovicí. Z konstrukčního hlediska lze také rotační třídíče rozdělit na **mobilní a stacionární**.

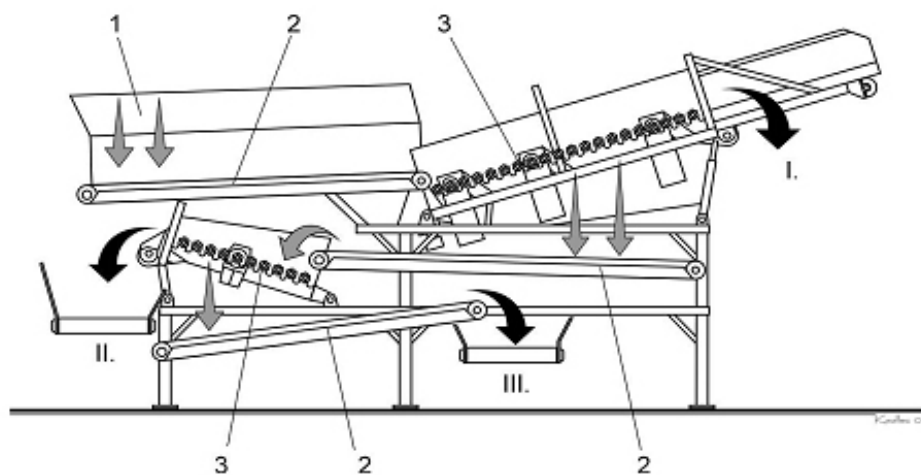
Rotační rošty - představují výkonná prosévací zařízení (někdy nazývané také aktivními rošty), která jsou tvořena soustavou hřídelí, na kterých jsou v pravidelných roztečích umístěny ocelové nebo pryžové elementy kotoučovitého, hvězdicového či jiného tvaru (obr. 30). Při otáčení hřídelí souhlasným směrem dochází k pohybu tříděného materiálu po pracovních plochách elementů, třídění nastává propadem mezerami mezi elementy, od nejmenší po největší. Hlavní výhodou rotačních roštů je jejich vysoká výkonnost, která je dána velmi dobrou průchodností materiálu přes elementy, které jsou samočisticí.

Třídící a drticí lopaty (obr. 41) – jsou speciálním typem prosévacího zařízení, které si prozatím v našich podmínkách hledá uplatnění. Lze je připojit na ramena čelního nakladače, případně je agregovat s výkonným traktorem (na hydraulicky ovládaném rameni). Principem jejich činnosti je hydraulicky poháněný rotační rošt umístěný ve dnu nakládací lopaty, někdy doplněný kladívkovým rotorem. S jejich pomocí lze s výhodou promíchávat a drtit směs kompostové zakládky a po ukončení kompostovacího procesu také třídit hotový kompost.

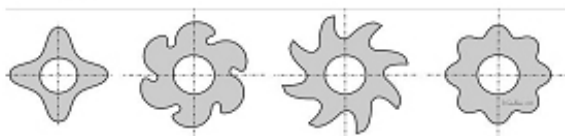


Obr. 29: Rotační třídič

1 – přísun materiálu, 2 – odvod hrubých příměsí, 3 – odvod jemné frakce, 4 – odvod hrubé frakce, 5 – čisticí válcový kartáč



Tvary pracovních elementů rotačních roštů



Obr. 30: Třídíč s rotačními rošty

1 – přísun materiálu, 2 – pásový dopravník, 3 – rotační rošt, I – odvod nejhrubší, II – odvod střední frakce, III – odvod nejjemnější frakce

Kritéria pro výběr prosévacích a separačních zařízení

- charakter materiálů, které je nutno prosévat nebo separovat (velikost částic, objemová hmotnost, vlhkost, lepivost, přilnavost),
- technické parametry prosévacích zařízení (velikost otvorů, povrch prosévací plochy, počet kmitů, obvodová rychlost bubnu),
- místo separace a prosévání (kompostárna, místo vzniku odpadu, práce formou služeb),
- prostorové nároky (rozměry prosévacího zařízení a navazujících dopravníků),
- pořizovací cena (v současnosti je zejména u separačních zařízení velmi vysoká),
- provozní charakteristiky (pořizovací cena, provozní náklady, požadavky na energii, požadavky na údržbu, výkonnost $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$, hlučnost, prašnost).

8.6. EXPEDICE HOTOVÉHO KOMPOSTU

Při prosévání hotového kompostu se používají síta s různými velikostmi ok (např. 6, 12, 20, 40 mm) podle požadavku odběratelů. Pro volbu vhodného typu síta (jemnosti frakce) je rozhodující vedle požadavku zákazníka i stupeň biodegradace kompostu. Se zvyšujícím se stupněm rozkladu roste možnost dosažení jemnější frakce kompostu.

Orientačně je potom možné přiřadit vhodné síto takto:

- čerstvý kompost 0 – 40/50 mm,
- vyzrálý kompost (rostlinný kompost) 0 – 15/20 mm,
- kompost pro výrobu substrátu 0 – 10 mm.

V praxi se na řadě kompostárnách proto hrubý kompost nejprve jednou prosévá tzv. nahrubo. Prosetá část materiálu se potom prodává jako čerstvý kompost a nadsítná frakce se vrací do kompostové zakládky.

Běžnější případ je však prosévání vyzrálého kompostu, který je možno ihned expedovat, či uskladnit pro další zpracování ve formě stabilizovaného hnojiva.

Prosévání kompost je možné expedovat dvojím způsobem:

Volně ložený kompost je nakládán na dopravní prostředek nebo na ložnou plochu rozmetadla bezprostředně po prosévání prostřednictvím dopravníku síta nebo z hromad kompostu čelním nakladačem,

balený (pytlovaný) kompost je plněný, nejčastěji do plastových obalů o objemu 50 – 60 litrů. Balící linky jsou sestaveny z objemových dávkovačů a balících strojů využívajících balení do dvojité folie (hadicové balící automaty – obr. 47), nebo do jiných obalů (vaky – obr. 48, obr. 49), a jsou dále doplněny o paletizátory nebo stohovače.

Způsob finální expedice hotového kompostu z kompostárny a kvality jeho prosetí (jemnost kompostu) významně ovlivňuje jeho realizační cenu. U kompostu, který byl proséván na síť s velikostí ok 6 mm, je cena podstatně vyšší především z důvodů vyšší pracnosti a spotřeby energie než např. u kompostu prosévání na síť o velikosti ok 12 mm.

Prodej kompostu ve formě volně loženého je nejvhodnější pro velkoodběratele, kteří si zpravidla zajistí dopravu ve své režii. Maloodběrateli je volně ložený kompost zatím v našich podmínkách málo využíván. Z hlediska podpory prodeje bude vhodné nabízet zapůjčení nebo prodej pytlů k naložení kompostu, případně zapůjčení přívěsných vozíků s odpovídající konstrukcí korby.

Pro balení kompostu jsou využívána nejrůznější balící zařízení, od plně automatizovaných, až po úplně jednoduché. Pro odběr kompostu pytlovaného vlastními silami zákazníka se používají jednoduché pytlovací stojany.

Výhodou balení kompostu do pytlů je také to, že umožňuje vyznačit na obal všechny potřebné údaje o dodávaném kompostu, které specifikují jeho použití, např. zrnitost, doporučené dávky, výživářské hodnoty, označení výrobce apod.

Balení kompostu do pytlů je pro výrobce sice pracnější, avšak ekonomicky efektivnější, zahraniční zkušenosti ukazují, že ve srovnání s prodejem volně loženého kompostu je balený kompost prodáván za troj- až čtyřnásobnou cenu.

8.7. NÁVRH STROJŮ DO STROJNÍCH LINEK KOMPOSTÁREN

Návrh vychází z obecných zásad tvorby strojních linek, kdy se pro jednotlivé pracovní operace vybírají příslušné stroje. Při výběru se většinou začíná od stroje tvořícího tzv. klíčový článek. Za klíčový článek může být považován nejdůležitější, někdy nejdražší, příp. nejvýkonnější stroj, někdy stroj určený pro nejčastěji prováděnou operaci, nebo rozhodující o výkonnosti celé linky. U tohoto stroje se stanoví jeho výkonnost, (na kompostárně bude vyjádřena v $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$, $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$, $\text{t} \cdot \text{den}^{-1}$) a porovná se s požadovanou výkonností provozu - tzv. nutná denní, příp. týdenní výkonnost. Výběr tohoto klíčového stroje se provede tak, aby vznikla přiměřená výkonnostní rezerva (opravy, údržby, prostoje, rozvoj provozu).

Klíčový stroj může být volen jako jeden s vyšší výkonností, nebo ho lze zálohovat (volbou 2 strojů s menší výkonností s předpokladem funkčnosti alespoň jednoho z nich).

Na kompostárně je za klíčový článek většinou považován překopávač kompostu, neboť tato operace rozhodujícím způsobem ovlivňuje délku procesu i kvalitu vyrobeného kompostu. Při orientačním výpočtu jeho požadované výkonnosti se vychází z počtu překopávacích zásahů v průběhu jednoho cyklu (běžně 10 a více) a z kapacity kompostárny. V některých případech by mohl být klíčovým článkem i jiný stroj, např. drtič.

Volba překopávače musí vycházet z požadované šířky pásové hromady, která je zároveň pracovním záběrem stroje. U traktorových překopávačů by neměla přesáhnout 3,0 m (provozní důvody), u samojízdných se pohybuje od nejmenších záběrů (kolem 2,0 m) až

po 5,0–6,0 m. Významným kritériem může být také požadavek na prostor pro otáčení stroje a prostor pro pracovní mezery. U technologií s využitím zakrývací folie nebo geotextilie je třeba zohlednit nutnost jejího svinutí a opětného rozvinutí. Moderní překopávače jsou vybaveny svinovacím adaptérem.

Po určení klíčového stroje se ostatní stroje vybírají tak, aby umožnily jeho maximální využití. Je-li potřeba a vyžaduje-li to situace, tak se ostatní stroje navrhuji v počtech větších než 1.

Volba strojů pro drcení nebo štěpkování je podřízena především charakteru a množství materiálu. Velikost částice je vždy určitým kompromisem mezi požadavkem její rychlejší degradace v zakládce a náklady na její rozmělnění. Pro tyto operace jsou využívány zejména drtiče a štěpkovače. Při jejich volbě se vychází z konkrétní potřeby kompostárny, kdy známe alespoň přibližně požadované objemy materiálů, které je třeba drtit nebo štěpkovat.

Významným strojem je nakladač, jehož volba se podřizuje nejen potřebě nakládání hotového kompostu, ale vychází z počtu překopávacích zásahů (po každém z nich se upravuje profil hromad) a z potřeby úpravy zakládky při navážení materiálů. Prakticky se vychází z předpokladu, že nakládka kompostu představuje pouze 35–40 % využití nakladače, zbytek tvoří nasazení při ostatních činnostech. Pro malé objemy kompostovaných materiálů lze místo nakladače pro úpravu hromad a nakládku kompostu využívat traktorové lopaty nebo shrnovací radlice, případně řešit tyto operace formou služby.

Při návrhu technického zajištění kompostárny je nutno dále zohlednit skutečnost, že v 5 denním pracovním týdnu nebude denní nasazení vyšší než 6 hodin (vedlejší časy, údržba a organizační prostoje).

Faktorem, který významně ovlivňuje volbu strojů je dosažení ročního provozního nasazení (h.rok^{-1}). Z ekonomického hlediska (odpisy) by roční nasazení strojů nemělo klesnout pod 200–300 h.rok^{-1} , u traktorů pod 500–800 h.rok^{-1} . Roční nasazení stanovíme z ročního objemu práce a z dosahované (předpokládané) výkonnosti navrhovaného stroje. Při nízké hodnotě ročního nasazení je třeba vzít v úvahu vysoké provozní náklady a provést případnou korekci ve výběru strojů (jiná výkonnost), nebo hledat možnosti jak roční využití zvýšit.

Navržené stroje do určité míry také ovlivní potřebu kompostovací plochy zejména s ohledem na požadavky prostoru pro otáčení. Traktorové překopávače vyžadují šířku okrajů kolem 8 m, samojízdné stroje až 10 m.

PŘÍKLAD 17

Následující příklad ukazuje postup při návrhu technického zajištění kompostárny pro kompostování na pásových hromadách. Roční kapacita kompostárny je 27 000 t zpracovaných BRO. Při návrhu jsou známy tyto další údaje:

- 3 kompostovací cykly v roce,
- 6 000 t dřevního odpadu je štěpkováno,
- 8 000 t BRKO je drceno,
- doba trvání jednoho cyklu je 12 týdnů,
- počet překopávek v jednom cyklu 10 – 15,
- objemová hmotnost zakládky 450 kg.m^{-3} ,
- 25 % vyrobeného kompostu bude proséváno,
- hmotnostní ztráty kompostu činí 33 %, tj. 9 000 t, množství vyrobeného kompostu je 18 000 t za rok.

a) výběr překopávače:

V jednom cyklu bude zpracováno:

$$18\,000\text{ t} / 3 = 6\,000\text{ t materiálu}$$

Předpokládaný počet překopávek 12 (průměrně 1x týdně)

Množství k překopávání:

$$6\,000\text{ t} \times 12 = 72\,000\text{ t}$$

Fond pracovního času v jednom cyklu:

$$12 \times 5 \times 6 = 360\text{ h v jednom cyklu}$$

Nutná hodinová výkonnost překopávače:

$$72\,000/360 = 200\text{ t.h}^{-1}\text{ tj. při objemové hmotnosti } 450\text{ kg.m}^{-3}\text{ cca. } 440\text{ m}^3.\text{h}^{-1}.$$

S ohledem na požadavek 30 – 40 % rezervy bude volba překopávače směřovat ke stroji s výkonností 500 – 700 m³.h⁻¹.

Pro tento stroj stanovíme rozsah ročního využití:

18 000 t x 12 překopávek = 216 000 t (480 000 m³) překopané hmoty za rok při předpokládané výkonnosti 600 m³.h⁻¹.

$$480\,000\text{ m}^3 / 600\text{ m}^3.\text{h}^{-1} = 800\text{ h.rok}^{-1}.$$

Toto roční využití je pro překopávač reálné a lze ho akceptovat.

b) výběr štěpkovače:

V jednom cyklu bude zpracováno:

$$6\,000\text{ t}/3 = 2\,000\text{ t dřevního odpadu}$$

Nutná hodinová výkonnost:

$$2000/360 = 5,5\text{ t.h}^{-1}\text{ tj. při objemové hmotnosti dřeva } 400\text{ kg.m}^{-3}\text{ cca. } 13,8\text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Návrh štěpkovače bude vycházet z požadavku jeho výkonnosti 15 – 20 m³.h⁻¹

Roční využití štěpkovače:

$$2\,000\text{ t} \times 3 = 6\,000\text{ t tj. } 15\,000\text{ m}^3.\text{rok}^{-1}\text{ při výkonnosti } 20\text{ m}^3.\text{h}^{-1},$$

$$15\,000\text{ m}^3 / 20 = 750\text{ h.rok}^{-1}.$$

S ohledem na poměrně vysoké roční využití štěpkovače je vhodnější volit štěpkovač s výkonností kolem 30 m³.h⁻¹ a snížit roční nasazení na 500 h.rok⁻¹.

c) výběr drtiče:

V jednom cyklu bude zpracováno:

$$8\,000\text{ t}/3 = 2\,660\text{ t BRKO}$$

Nutná hodinová výkonnost:

$$2\,660 / 360 = 7,4\text{ t.h}^{-1}\text{ tj. při objemové hmotnosti BRKO } 600\text{ kg.m}^{-3}\text{ cca. } 12,3\text{ m}^3.\text{h}^{-1}$$

Návrh drtiče bude směřovat k hledání stroje o výkonnosti 14 – 18 m³.h⁻¹

Roční využití drtiče:

$$8\,000\text{ t/rok tj. } 13\,300\text{ m}^3.\text{rok}^{-1}\text{ při výkonnosti } 18\text{ m}^3.\text{h}^{-1} :$$

$$13\,300\text{ m}^3.\text{rok}^{-1} / 18\text{ m}^3.\text{h}^{-1} = 740\text{ h.rok}^{-1}$$

Také u drtiče je poměrně vysoké roční využití, vhodnější bude volit drtič s vyšší výkonností (25 m³.h⁻¹) a snížit roční nasazení na 540 h.rok⁻¹.

d) výběr prosévací techniky:

V jednom cyklu bude zpracováno:

$$18\,000\text{ t}/3 = 6\,000\text{ t BRKO}$$

Množství k prosévání:

$$6\,000\text{ t} \times 0,25 = 1\,500\text{ t}$$

Nutná hodinová výkonnost:

$$1\,500 / 360 = 4,1\text{ t.h}^{-1}\text{ tj. při objemové hmotnosti } 450\text{ kg.m}^{-3}\text{ cca. } 9,0\text{ m}^3.\text{h}^{-1}.$$

Návrh prosévacího zařízení bude vycházet z požadované výkonnosti 8 – 10 m³.h⁻¹.

e) výběr nakladače:

Při návrhu je využito předpokladu, že nakládka hotového kompostu představuje 20 % pracovního času nakladače.

Objem nakládky v jednom cyklu:

$18\,000\text{ t}/3 = 6\,000\text{ t}$ materiálu (40 %)

Objem ostatního manipulovaného materiálu (60 %): $6\,000\text{ t}/4 \times 6 = 9\,000\text{ t}$.

Celkový objem materiálu pro nakladač:

$9\,000\text{ t} + 6\,000\text{ t} = 15\,000\text{ t}$ tj. při objemové hmotnosti $450\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ cca. $33\,300\text{ m}^3$

Fond pracovního času v jednom cyklu:

$12 \times 5 \times 6 = 360\text{ h}$ v jednom cyklu

Nutná hodinová výkonnost:

$33\,300\text{ m}^3/360\text{ h} = 92\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Při výběru nakladače hledáme stroj s orientační výkonností $80 - 100\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Nakládací výkonnost nakladače se někdy přibližně udává jako 100-násobek objemu jeho lopaty. Dalším vodítkem výběru nakladače by tedy mohl být požadovaný objem lopaty $0,8 - 1,0\text{ m}^3$.

Také pro nakladač stanovíme rozsah ročního využití:

Celkový roční objem materiálu pro nakladač:

$33\,300\text{ m}^3 \times 3 = 100\,000\text{ m}^3$ manipulované hmoty za rok při předpokládané výkonnosti $100\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.

Roční využití nakladače:

$100\,000\text{ m}^3/100\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1} = 1000\text{ h}\cdot\text{rok}^{-1}$

Toto roční využití je poměrně vysoké, ale u nakladačů bývá obvyklé.

Nejdůležitější technické parametry vybraných skupin strojů využívaných na kompostárnách jsou uvedeny v tab. 22 až tab. 26.

Tab. 22: Technické parametry vybraných štěpkovačů

Výrobce / typ	Hmotnost [kg]	Výkon motoru [kW]	Orientační výkonnost [$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$]
PEZLATZOO / PZ 100	320	11	2-3
CARAVAGGI / BIO 250	350	20	4-7
CARAVAGGI / BIO 400	1000	20	5-8
CRAMER / HS 450 D	286	10	6
PEZZOLATO / PZ 140	535	15	6-8
CRAMER / HS 450 BE	240	15	8
CRAMER / HS 650 ZH	360	15-30	10-12
LASKI / LS 120 D	1050	21	12

Tab. 23: Technické parametry vybraných drtičů

Výrobce / typ	Hmotnost [kg]	Agregace/výkon motoru [kW]	Orientační výkonnost [$\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$]	Poznámky
BYSTROŇ / PIRANA	155	20	2	
BYSTROŇ / BARAKUDA	700	30	4	traktorový nesený
SVOLT / DVN 94	672	30	12	přívěs/návěs
PEZZOLATO / S 7000 M	2 700	37	20	přívěs/návěs
TIM / MPS 2100	4 300	75	30	přívěs/návěs
SEKO / 600/180	6 310	60	41	přívěs/návěs
JENZ / HEM 560 Z	9 600	234	100	přívěs/návěs
WILLIBALD / WSC 2000	33 000	308	60-120	pásový podvozek

Tab. 24: Technické parametry vybraných traktorových překopávačů

Výrobce / typ	Pracovní záběr [m]	Agregace [kW]	Orientační výkonnost [m ³ .h ⁻¹]	Poznámka
BROWN BEAR / R 24 C	1,8	40	400	nesený
AGRA / PKS - 2,8	2,8	40	450	nesený
MORAWETZ / FOLD II	2,5	37	500	nesený
PEZZOLATO / PRT 2500	2,5	50	500	návěsný
MORAWETZ / TS IV	3,5	60	700	nesený
NUCLEA / PK 250	2,4	70	700	návěsný
SANDBERGER / ST 250	2,5	26	800	návěsný
MORAWETZ / TAK II	2,5	22	800	návěsný
SANDBERGER / ST 300	3	52	1000	návěsný
MORAWETZ / TAK III	3	30	1000	návěsný

Tab. 25: Technické parametry vybraných samojízdných překopávačů

Výrobce / typ	Pracovní záběr [m]	Výkon motoru [kW]	Orientační výkonnost [m ³ .h ⁻¹]	Poznámka
AEBI / KWM 200 - SF	2	17	250	motor - dieselový
SANDBERGER / SF 250 BABY	2,5	37	450	motor - dieselový
AEBI / KWM 250 - SF	2,5	35	500	motor - dieselový
PEZZOLATO / PRS 3000	3	120	600	motor - dieselový
BACKHUS / 15.30	3	50	800	motor - dieselový
KOMPTECH / TOPTURN 4000	4	180	500 -1500	motor - dieselový
MORAWETZ / PROF V RP	5	315	2500	motor - dieselový

Tab. 26: Technické parametry vybraných nakladačů

Výrobce / typ	Hmotnost [kg]	Šířka [m]	Objem lopaty [m ³]	Výkon motoru [kW]	Orientační výkonnost [m ³ .h ⁻¹]	Podvozek
AVANT / A513	650	0,94	0,12	10	5-8	kolový
BOBCAT / S100	1 800	1,18	0,25	25	8-12	kolový
JCB / ROBOT 160	2 410	1,37	0,29	36	8-13	kolový
SUNWARD / SWL 2815	2 700	1,6	0,4	39	10-16	kolový
CATERPILLAR/ 247B	3 024	1,68	0,4	46	10-17	pásový
DETVA / UNC 060	3 450	1,70	0,375	33	10-18	kolový
BOBCAT / S150	2 568	1,73	0,4	34	12-25	kolový
BOBEK 861	3 180	1,73	0,5	46	12-32	kolový
WAY INDUSTRY / UNC 080	3 100	1,73	0,5	48	12-32	kolový
BOBCAT / S300	3 750	1,88	0,6	58	15-38	kolový



Obr. 31: Rychloběžný drtič



Obr. 32: Převozný štěpkovač



Obr. 33: Traktorový štěpkovač



Obr. 34: Míchání kompostové zakládky pomocí mobilního zařízení



Obr. 35: Traktorový překopávač kompostu rotorový



Obr. 36: Samojízdný překopávač kompostu rotorový



Obr. 37: Samojízdný překopávač kompostu o malém záběru



Obr. 38: Překopávač kompostu s bočním rotorovým pracovním ústrojím



Obr. 39: Překopávač kompostu spojený závlahovým bubnem upravující vlhkost zakládky



Obr. 40: Překopávač kompostu s adaptérem k navíjení kompostování plachty



Obr. 41: Třídící a drticí lopata



Obr. 42: Vibrační třídič s rovinným sítem VSD-01 s vynášecím dopravníkem



Obr. 43: Rotační třídič s válcovým sítem RVS 01



Obr. 44: Válcový třídič pro prosévání kompostu



Obr. 45: Portálová konstrukce aktivního roštu v sestavě s dopravníkem a plnicím zásobníkem



Obr. 46: Pásový drtič hrubého kompostu s možností separace nerozložených částí



Obr. 47: Linka pro balení kompostu do pytlů (hadicový balicí automat)



Obr. 48: Linka pro balení kompostu do velkoobjemových vaků



Obr. 49: Balicí linka pro maloobjemová balení kompostu

9. EKONOMIKA PROVOZU KOMPOSTÁRNY

Ekonomiku provozu kompostárny budou vždy ovlivňovat zejména náklady na svoz a úpravu surovin a náklady na řízení kompostovacího procesu. S náklady na kompostované materiály je třeba počítat hlavně tam, kde se jedná o komodity i jinak využitelné (hnůj, sláma).

Vývoj v oblasti odpadového hospodářství však stále více ukazuje, že vstupní náklady na surovinu mohou v ekonomickém hodnocení dosahovat i „záporných“ hodnot. To v případě, že kompostárna dostává za zpracování dané suroviny zaplacenou (Livora, 2010). Poplatek za 1 t zpracovaného odpadu bude vycházet ze sazby za uložení 1 tuny tohoto odpadu na skládku. Vzhledem k tomu, že i u nás tyto sazby výrazně rostou, může tato položka výrazně ovlivnit celkové náklady na výrobu 1 t kompostu (Uhlířová, 2007, Létalová, 2008).

Do ekonomického hodnocení kompostárny také nelze vždy zahrnout řadu nepřímých úspor, např. zamezení vzniku černých skládek odpadů, úsporu poplatků za skládkování zkompostovaných odpadů, zlepšení životního prostředí, zvýšení výnosů plodin po aplikaci kompostu atd. (Zemánek a Veverka, 2007).

Objektivním kritériem při ekonomickém hodnocení provozu kompostárny jsou náklady na 1 t vyrobeného kompostu a cena 1 t tohoto kompostu na trhu.

Při stanovení nákladů na 1 t kompostu je nutno uvažovat s těmito rozhodujícími nákladovými položkami:

- náklady na pořízení nebo pronájem plochy ke kompostování,
- náklady na svoz surovin,
- náklady na provoz strojů v kompostovací lince,
- náklady na mzdy pracovníků,
- náklady na vstupní suroviny.

Náklady na pořízení plochy se promítají do nákladů na výrobu 1 t kompostu ve formě ročních odpisů, přičemž odpisová sazba zpevněné plochy může dosáhnout 3 – 4 % těchto nákladů (to odpovídá 25-30 letům životnosti zpevněné plochy). Obdobně lze vyčíslit i náklady na používání geotextilie, největší položkou jsou odpisy dané její životností (zpravidla 3 roky).

Náklady na dopravu surovin jsou vždy velmi sledovanou položkou a jejich vyčíslení vychází z přepravních vzdáleností a sazeb za 1 km jízdy. Při jejich stanovení se s výhodou využije střední dopravní vzdálenost přepravované suroviny (metodou váženého průměru), znalosti ložného objemu svozového prostředku a objemové hmotnosti příslušného materiálu. Přepravní náklady v Kč.t⁻¹ jsou pak dány přepravovaným množstvím materiálu při jedné jízdě, vzdáleností a cenou jednoho km přepravy.

Náklady na provoz strojů na kompostárně musí zahrnovat veškeré položky spojené s navážením kompostovaných materiálů, nakládáním, homogenizací, překopáváním, drcením, mícháním a separací. Pořizovací náklady strojů se zde promítají do fixních nákladů, doba odpisu je zpravidla 5 let.

Náklady na mechanizační prostředky využívané v kompostovacích linkách zahrnují dále náklady na opravy a náklady na pohonné hmoty a energii, včetně mzdových nákladů pracovníků. U finalizačních provozů k tomu přistupují náklady na balení, paletizaci, manipulaci a skladování. Vyčíslení těchto nákladových položek vychází ze spotřeby času a z hodinových nákladů na příslušný stroj.

Z praktického hlediska je ale stanovení skutečných hodinových nákladů na stroje vždy poměrně obtížné. Ty jsou často stanoveny pouze hodinovou sazbou odvozenou z kalkulace nebo z více či méně přesných odhadů, z porovnání cen práce obdobných strojů apod.

Je zřejmé, že náklady na mechanizační prostředky vztažené na 1 t kompostu, budou vycházet z výkonnosti příslušného stroje a budou minimální při vysokém využití strojů, tzn. že budou záviset na přiměřené kapacitě kompostárny. Znalost skutečných nákladů na provoz strojů ovlivní i rozhodování při pořizování nových strojů nebo rozhodování o nabídce strojní práce formou služeb.

Náklady na mzdy se stanoví podle spotřeby času na jednotlivé pracovní operace.

Náklady na materiál kalkulujeme v případě, že je ke kompostování nakupován (např. sláma, hnůj apod.).

PŘÍKLAD 18

Postup při stanovení jednotlivých nákladových položek ukazuje následující příklad. Výsledkem kalkulace je vyčíslení nákladů na výrobu 1 tuny kompostu z BRO v reálných podmínkách zadané kompostárny.

Parametry kompostárny:

- velikost nasávacího území – 300 km²,
- střední dopravní vzdálenosti : štěpka, travní hmota 6,5 km, hnůj 8 km, zemina 11 km,
- předpokládané množství zpracovávaných BRO – 5 000 t.rok⁻¹,
- potřebná velikost zpevněné plochy – 10 000 m²,
- varianta kompostovací technologie – pásové zakládky, šířka hromad 2,5 m,
- technické vybavení provozu:
 - nákladní automobil – objem korby 6 m³, sazba 10,0 Kč.km⁻¹,
 - štěpkovač - výkonost 4,0 m³.h⁻¹,
 - mininakladač - nakládací výkonost 30 m³.h⁻¹,
 - traktor 45–50 kW
 - traktorový překopávač kompostu B = 2,5 m , výkonost 100 m³.h⁻¹.

Složení kompostové zakládky je uvedeno v tab. 27.

Tab. 27: Receptura zakládek, množství surovin

Druh suroviny	Podíl v zakládce [%]	Množství [t]	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]
Dřevní štěpka	30	1 500	300
Travní hmota	30	1 500	150
Chlévský hnůj	30	1 500	800
Zemina	10	500	1 500
Celkem	100	5 000	-
Hmotnostní ztráta	30	1 500	-
Produkce hotového kompostu	70	3 500	525

Receptura zakládky uvedená v tab. 27 odpovídá požadavkům optimalizace vstupních parametrů (C:N 37:1). Předpokládaný úbytek 30 % původní hmotnosti je s ohledem na charakter BRO považován za minimální hodnotu. Objemové hmotnosti odpovídají povaze kompostovaných materiálů, střední objemová hmotnost 525 kg.m⁻³ představuje relativně vysokou hodnotu, která je dána tím, že v zakládce je 30 % chlévského hnoje a 10 % zeminy.

V tab. 28 je provedeno stanovení nákladů na zpevněnou plochu a geotextílii na zakrývání pásových hromad. Hodnoty investičních nákladů a odpisů zpevněné plochy, stejně jako ceny geotextílií odpovídají současným podmínkám uživatelské praxe.

Tab. 28: Náklady na kompostárnu – zpevněná plocha a geotextilie

Nákladová položka	Pořizovací cena [Kč]	Doba odepisování [r]	Náklady za uvažované období [Kč.r ⁻¹]
Odpis zpevněné plochy	10 000 000	30	334 000
Odpis geotextilie	60 000	3	20 000
Náklady na plochu a geotextilii celkem			354 000

V tab. 29 jsou vyčísleny náklady na svoz kompostovaných BRO. V nasávací oblasti o rozloze 300 km² uvažujeme se středními dopravními vzdálenostmi pro svoz jednotlivých druhů BRO : dřevní štěpka, travní hmota – 6,5 km, hnůj – 8,0 km, zemina – 11 km.

V reálném území lze vcelku jednoduše tyto vzdálenosti stanovit váženým průměrem. Svozový prostředek – nákladní automobil s objemem korby 6 m³, má sazbu za 1 km jízdy 10 Kč. Přepravené náklady v Kč.t⁻¹ jsou pak dány objemovou hmotností přepravovaných materiálů, přepravovaným množstvím suroviny a sazbou za 1 km jízdy.

Z celkového množství 1500 t dřevní štěpky se bude 1000 t svázet, 500 t bude štěpkováno na kompostárně. Z kompostovaných materiálů se bude nakupovat pouze chlévský hnůj v ceně 120 Kč.t⁻¹, znamená to náklad 180 000 Kč (viz. tab. 32).

Tab. 29: Náklady na svoz

Druh	Přepr. vzdál. [km]	Sazba [Kč.km ⁻¹]	Náklad na 1 jízdu	Hmotnost nákladu [t]	Přepr. náklady [Kč.t ⁻¹]	Přepr. množství [t]	Náklady celkem [Kč]
Dřevní štěpka	2 x 6,5	10	130	1,8	72	1 000	72 000
Travní hmota	2 x 6,5	10	130	0,9	144	1 500	216 000
Chlévský hnůj	2 x 8	10	160	4,8	34	1 500	51 000
Zemina	2 x 11	10	220	9,0	25	500	12 500
Náklady na dopravu celkem							351 500

V tab. 30 jsou vypočteny náklady na provoz strojů na kompostárně.

Sazba za štěpkování vychází ze střední výkonnosti štěpkovače (4,0 m³.h⁻¹ = 1,2 t.h⁻¹) a z nákladů na 1 hodinu provozu štěpkovače tohoto typu (400 Kč.h⁻¹). Pro zpracování 500 t bude tedy potřeba 400 hodin práce štěpkovače.

Provozní náklady na traktorový překopávač (záběr 2,5 m) s traktorem Z 7211 vycházejí z výpočtu nákladů podle metodiky používané pro výpočet nákladů na zemědělské stroje (630 Kč.h⁻¹). Provozní náklady na překopání jsou zde vypočteny pro výkonnost překopávače 100 m³.h⁻¹, střední objemovou hmotnost směsi 525 kg.m⁻³ a pro 5 překopávacích zásahů v jednom kompostovacím cyklu : 5000 t x 5 = 25 000 t / 0,525 t.m⁻³ = 48 000 m³/100 m³.h⁻¹ = 480 h x 630 Kč = 302 400 Kč.

Úprava profilu kompostovacích hromad předpokládá spotřebu času ve výši 25 % času potřebného na překopávání (120 h). Sazba za hodinu práce mininakladače (600 Kč.h⁻¹) vychází ze současných cen prací na trhu.

Nakládání 3 500 t hotového kompostu předpokládá výkonnost mininakladače 30 m³ za hodinu, při objemové hmotnosti hotového kompostu 600 kg.m⁻³ bude spotřeba času na nakládání cca 200 hodin.

Tab. 30: Náklady na provoz strojů na kompostárně

Operace	Množství [t]	Sazba [Kč.h ⁻¹]	Potřeba času [h.]	Provozní náklady [Kč]
Štěpkování CARAVAGGI BIO 200	500	400	400	160 000
Překopání Z 7211 + PKS 2,8	25 000	630	480	302 400
Úprava profilu UNC-060	25 000	600	120	72 000
Nakládání UNC-060	3 500	600	200	120 000
Náklady na provoz strojů celkem				654 400

V tab. 31 jsou vyčísleny pracovní náklady na kompostárně. Uvažovaná sazba mzdových nákladů vychází z předpokladu, že pracovník je kvalifikován pro obsluhu traktoru, nakladače a ostatních mechanizačních prostředků.

Tab. 31: Náklady na obsluhu kompostárny

Operace	Spotřeba pracovního času [h]	Hodinová sazba pracovníků [Kč.h ⁻¹]	Pracovní náklady [Kč]
Štěpkování	400	136	54 400
Překopávání	480		65 280
Práce s nakladačem	320		43 520
Pracovní náklady na kompostárnu celkem			163 200

Tab. 32 shrnuje výsledky ekonomického hodnocení podle jednotlivých položek a tab. 33 vyčísluje náklady na výrobu 1 tuny kompostu.

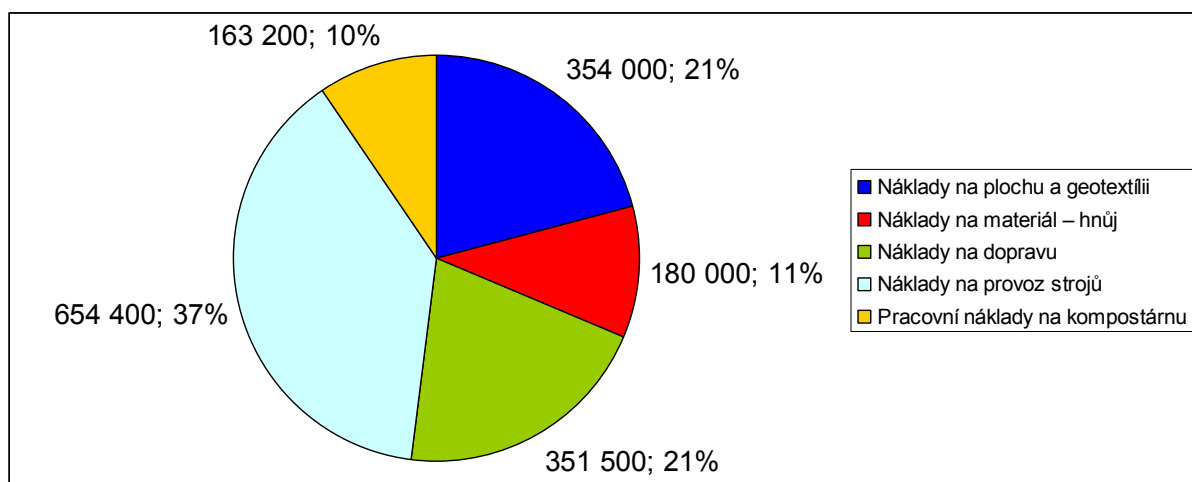
Tab. 32: Celkové náklady na kompostárnu

Náklad	[Kč.r ⁻¹]
Náklady na plochu a geotextílii	354 000
Náklady na materiál – hnůj	180 000
Náklady na dopravu	351 500
Náklady na provoz strojů	654 400
Pracovní náklady na kompostárnu	163 200
Náklady celkem	1 703 200

Tab. 33: Náklady na výrobu jedné tuny kompostu

Celková produkce kompostu [t]	Celkové náklady [Kč]	Náklady [Kč.t ⁻¹]
3 500	1 703 200	487

Z tab. 33 je zřejmá struktura nákladů na kompostárně, která je znázorněna v obr. 50.



Obr. 50: Struktura nákladů na kompostárně

Analýza jednotlivých nákladových položek umožňuje nacházet možnosti úspor nebo zefektivnění celého procesu výroby kompostu. Může ale také např. posloužit pro posouzení efektivní vzdálenosti svozu:

Z výsledků řady autorů zabývajících se ekonomickým hodnocením kompostáren vyplývá, že podíl nákladů na svoz z celkových nákladů na výrobu 1 tuny kompostu by neměl přesáhnout 25 %. Při současné standardní úrovni nákladů na výrobu kompostu ve výši 500 Kč.t⁻¹ to znamená maximální náklad na svoz 1 t BRO ve výši $0,25 \times 500 = 125 \text{ Kč.t}^{-1}$.

Například při využití běžného nákladního automobilu s objemem korby 6 m³ a se sazbou 15,0–20,0 Kč.km⁻¹ lze odvodit efektivní dovozovou vzdálenost takto:

- objemová hmotnost sváženého BRO v průměru 0,5 t.m⁻³,
- hmotnost nákladu $6 \times 0,5 = 3 \text{ t}$ při jedné jízdě,
- maximální náklad na svoz 3 t: $3 \times 125 = 375 \text{ Kč}$,
- efektivní dovozová trasa pro sazbu 15 Kč.km⁻¹ je $375 : 15 = 25,0 \text{ km}$,
- efektivní dovozová trasa pro sazbu 20 Kč.km⁻¹ je $375 : 20 = 18,8 \text{ km}$,
- efektivní dovozová vzdálenost pro sazbu 15 Kč.km⁻¹ je $25 : 2 = 12,5 \text{ km}$,
- efektivní dovozová vzdálenost pro sazbu 20 Kč.km⁻¹ je $18,8 : 2 = 9,9 \text{ km}$.

Stanovení efektivní dovozové vzdálenosti je jedním z příkladů využití výsledků ekonomického hodnocení.

Postup uvedený v kap. 9 naznačuje způsob stanovení jednotlivých nákladových položek při ekonomickém hodnocení výroby kompostu. Výsledná nákladová položka může být dále ovlivněna řadou skutečností, zejména výší poplatků za kompostování daného materiálu.

Náklady na provoz strojů se mohou významně měnit podle ročního objemu zpracovávaných materiálů a mohou se také lišit podle toho, zda stroje budou provozovány ve vlastní režii nebo najímány formou služeb. Znalost nákladů na výrobu 1 tuny kompostu slouží např. ke stanovení jeho prodejní ceny a je důležitým ukazatelem efektivity provozu kompostárny.

10 POSTUP PŘI NÁVRHU KOMPOSTÁRNY

Návrh kompostárny představuje náročnou inženýrskou činnost, která předpokládá sběr a vyhodnocení údajů, jejich využití v technických výpočtech, ve zpracování návrhu, často v několika variantách a ve vyhodnocení těchto variant. Tyto činnosti nelze vždy zcela zobecnit, přesto lze pro rekapitulaci jednotlivé fáze popsat v těchto krocích:

Sběr primárních údajů a jejich vyhodnocení z hlediska využití jednotlivých druhů biomasy pro kompostování

V této etapě návrhu se využívá teoretických propočtů, při kterých jsou známy plochy v území vyčleněné pro zemědělskou činnost, plochy TTP, délky komunikací s porosty pro získání daného druhu odpadní biomasy (travní hmota, dřevní štěpka), zatížení ploch produkcí živočišné výroby (počet DJ). Dalšími informacemi jsou údaje o výnosech plodin, ztrátách při jejich zpracování, množství nezpracovatelného podílu atd.

Významným zdrojem dat je také využití různých metod průzkumu, přičemž průzkum může mít podobu dotazníku, osobního pohovoru nebo jejich kombinace. V neposlední řadě jsou významné také údaje z evidence jednotlivých podniků – původců odpadů, údaje z evidence referátu ŽP, plány odpadového hospodářství a další.

Skupiny bilancovaných odpadů je účelné sloučit podle jejich charakteru (poměr C:N, vlhkost, zrnitost), objemových hmotností nebo konzistence do společných skupin.

Po zpracování bilance odpadů vznikajících v území se údaje o množství a místě zdroje odpadů zanesou do mapy území. Stávají se v této podobě významným podkladem hlavně pro řešení umístění kompostárny a řešení optimalizace svozu.

Posouzení sezónnosti odpadů

Pro návrh kompostárny je významnou skutečností také sezónnost jednotlivých druhů odpadů. V praktickém provozu se projevuje potřebou změny receptury kompostových zakládek. Z tohoto hlediska se vznikající odpady posuzují jako:

- odpady s rovnoměrnou produkcí v roce (kejda, hnůj, piliny, kůra),
- odpady dostupné po většinu roku (sláma, drcené réví, klest, štěpka),
- odpady sezónní (travní hmota z údržby, matoliny, kaly, zelinářské odpady).

Sestavení a optimalizace složení zakládek

Sestavení zakládky vychází především ze znalosti množství a charakteru jednotlivých odpadů. Údaje o jejich vlastnostech jsou zjišťovány laboratorně (rozbory), z tabulek nebo kvalifikovaným odhadem. Tato fáze návrhu zpravidla probíhá v postupných krocích:

- výběr odpadů a hmot, určení objemových hmotností jednotlivých odpadů,
- stanovení vlhkosti (laboratorně nebo odhadem); obsahu uhlíku a dusíku (poměru C:N) u jednotlivých odpadů (z rozborů nebo z tabulek). Hodnoty mohou být uvedeny v sušině nebo v původní hmotě,
- propočet parametrů zakládky (poměr C:N u směsi, výsledná vlhkost),
- výpočet potřebné korekce (C:N, vlhkosti, P_2O_5),
- započítání odhadovaných ztrát v průběhu zrání – ztráty hmotnosti závisí na charakteru kompostovaných materiálů a dosahují běžně 30 %, u kompostů s vyšším podílem BRO až 50 % (z těchto ztrát připadají 3/4 na H_2O ; 1/4 na ztráty organických látek; N zůstává konstantní).

Stanovení velikosti kompostárny

Tato část návrhu se zabývá především stanovením potřebné velikosti plochy k provozu kompostárny se zadanou kapacitou, určuje množství zpracovaných odpadů a množství vyrobeného kompostu.

Velikost plochy kompostárny vychází z plochy potřebné k uložení kompostové zakládky. Základem výpočtu jsou údaje o používané kompostovací technologii a využívaných mechanizačních prostředcích. Překopávač kompostu svým pracovním záběrem určuje zejména průřezové rozměry pásové hromady (trojúhelníkové nebo lichoběžníkové), požadavky na šířku pracovních mezer (větší mezery pro traktorové stroje, menší mezery pro stroje samojízdné) a požadavky na prostor pro otáčení.

Další údaje jsou zejména objemové hmotnosti jednotlivých BRO, které určují charakter zakládky, potřeba plochy na mezisklárku některých materiálů, k provozu drtiče či nakládání hotového kompostu, prostor na sklady a garáže, apod.

Výběr možného stanoviště pro kompostárnu

Kriteria při volbě umístění kompostárny mohou být různá, zpravidla vycházejí z požadavků ekonomických nebo provozních, příp. hygienických.

Ekonomická hlediska směřují k umístění orientovanému:

- do středu území (vymezení efektivní dopravní vzdálenosti, nasávací oblast),
- do blízkosti největších producentů odpadů (krátká dopravní vzdálenost, vyřešená infrastruktura).

Provozní hlediska znamenají podřídit výběr umístění s ohledem na:

- dobrou dopravní obslužnost (členitost tras, překážky, průjezdnost, stav silnic a cest),
- dostatečné prostorové podmínky i s možností event. rozvoje provozu,
- odbytové možnosti finálního produktu (komposty, substráty...).

Hygienická hlediska znamenají pro volbu umístění kompostárny:

- vyloučení míst v pásmu hygienické ochrany,
- zohlednění dostatečné vzdálenosti od obytné zástavby (min. 800 m od okraje zástavby s ohledem na zápach a hluk),
- zohlednění převládajícího směru větrů.

Návrh na umístění se zpracovává variantně, jednotlivé varianty se podrobují vícekritériálnímu hodnocení. Řešení umístění kompostárny je vždy spojeno s problematikou svozu.

Návrh systému svozu

Řešení problematiky sběru a svozu odpadů spočívá v návrhu sběrných nádob, jejich objemů, počtů a jejich rozmístění. Volba svozových prostředků pak logicky vyplývá z navrhovaných typů a počtů sběrných nádob, svozových tras a vzdáleností a z objemu svážených odpadů.

Předpokládá se, že kapacity kompostáren jsou menší než jsou potenciální zdroje odpadů v území. Kompostárna si může vybírat druh odpadu, místo jeho odběru a množství.

Optimalizace dopravy odpadů na kompostárnu umístěnou v daném území spočívá ve výběru druhů a množství BRO podle zadaného složení kompostové zakládky tak, aby svoz na jednotlivé kompostárny směřoval k minimalizaci nákladů. S výhodou se zde využívá metod řešení distribučních úloh nebo metod optimalizace svozových tras.

Pro potřeby návrhu je důležité znát technicko – ekonomické parametry sběrných a svozových prostředků, mezi které patří zejména: objem sběrných nádob, nároky na ložný objem (listí, štěpka), ložný objem korby, nosnost, nakládací výška, povaha materiálu

(stejnorodý, různorodý), objemová hmotnost, dopravní vzdálenost, dosažená přepravní rychlost, měrné náklady (Kč.km^{-1} , $\text{Kč.t}^{-1}.\text{km}^{-1}$, Kč.h^{-1}).

Návrh strojního vybavení kompostárny

Základem návrhu je technologický postup jako sled pracovních operací v průběhu časově vymezeného (kompostovacího) cyklu. V něm jsou stanoveny intervaly pro provádění pracovních operací a z nich je možné stanovit časový potenciál pro nasazování jednotlivých strojů.

Pro jednotlivé pracovní operace se vybírají stroje na základě znalosti jejich požadované denní (hodinové) výkonnosti ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$, t.h^{-1} , $\text{m}^3.\text{den}^{-1}$, t.den^{-1}). Výběr se zpravidla provede tak, aby vznikla přiměřená výkonnostní rezerva (opravy, údržby, prostoje, rozvoj provozu).

U jednotlivých navrhovaných strojů se současně kontroluje jejich roční nasazení (h.rok^{-1}), které naznačí jejich využitelnost a efektivitu.

Ekonomická analýza navrhované kompostárny

Objektivním kritériem při ekonomickém hodnocení provozu kompostárny jsou náklady na 1 t vyrobeného kompostu a cena 1 t tohoto kompostu na trhu.

Při stanovení nákladů na 1 t kompostu je nutno uvažovat s těmito rozhodujícími nákladovými položkami:

- náklady na pořízení nebo pronájem plochy pro kompostování,
- náklady na dopravu surovin,
- náklady na provoz strojů v kompostovací lince,
- náklady na mzdy pracovníků,
- náklady na vstupní suroviny, popř. výnosy z poplatků za kompostování odpadů.

Další údaje potřebné pro toto hodnocení jsou: investiční náklady na jednotku daného typu plochy, investiční náklady na stroje, množství kompostovaných odpadů, množství vyrobeného kompostu, podíl těchto množství podléhajících mechanickým úpravám (drcení, štěpkování), náklady na provoz jednotlivých strojů, výstupní kvalita kompostu, potřebná kvalifikace obsluhy strojů a její mzdové nároky apod.

11. PRODUKCE BRO A KOMPOSTU VE STÁTECH EU

Celkové roční množství biologicky rozložitelného odpadu (dále jen BRO) v EU se odhaduje na 76,5 – 102 mil. tun. Toto množství zahrnuje zahradní odpad a odpad z potravin včetně biologicky rozložitelného komunálního odpadu (dále jen BRKO). 37 mil. tun připadá na BRO z potravinářského průmyslu (Zelená kniha o nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v Evropské unii, 2008).

Přibližně 40 % směsného komunálního odpadu v Evropě je možné zpracovat biologickými postupy – kompostováním nebo anaerobní digestí. Množství odděleně vysbíraného a zpracovaného BRO se liší podle jednotlivých států Evropy.

Zhruba 29,5 % celkového odhadovaného množství BRO je vyříděno u zdroje a zpracováno převážně technologií kompostování. Produkce kompostu v Evropě činí 10,5 milionů tun. Některé členské státy EU produkují určité množství kompostu i z kalů. Množství kompostu vyrobeného z kalů je přibližně 1,4 mil. tun.

Roční množství BRO které lze získat odděleným sběrem se v Evropě odhaduje na 150 kg na obyvatele. Toto množství zahrnuje nejenom kuchyňský odpad a zahradní odpad, ale i další významné složky jako je odpad z veřejné zeleně a odpad z potravinářských provozů.

Současné množství vysbíraného BRKO a zeleného odpadu se odhaduje na 50 kg na obyvatele za rok. Není možné určit přesný podíl, který připadá na BRO a na zelený odpad, protože přesná data nejsou za jednotlivé členské státy známa (Barth a kol., 2008).

V nakládání s pevným BRKO se jednotlivé členské státy EU výrazně liší. Ve zprávě Evropské environmentální agentury se rozlišují tři hlavní přístupy:

- Státy, které na snížení množství odpadů ukládaných na skládky ve větší míře využívají spalování s vysokým stupněm zhodnocení materiálů. V těchto krajinách jsou poměrně dobře rozvinuté i strategie podporujícími biologickou úpravu odpadů: Dánsko, Švédsko, Belgie (Vlámsko), Holandsko, Lucembursko, Francie.
- Státy s vysokou mírou zhodnocení materiálů, avšak s relativně nízkou mírou spalování odpadů: Německo, Rakousko, Španělsko, Itálie. Některé dosahují nejvyšší míry kompostování v EU (Německo, Rakousko), další rychle rozvíjejí kapacity na kompostování a mechanicko-biologickou úpravu odpadů.
- Státy, které z důvodu nedostatečných kapacit využívající skládky odpadů, přičemž snížení množství odpadů ukládaných na skládky je pro ně nadále hlavní výzvou: řada nových členských států.

Kandidátské a potenciálně kandidátské státy EU využívají hlavně skládkování odpadů, v jejich případě bude hlavní výzvou snížení množství BRKO ukládaného na skládky.

V EU BRKO obvykle představuje 30 – 40 % (pohybuje se ale v rozpětí 18 – 60 %) pevného komunálního odpadu. Většina BRKO se upravuje způsoby, které jsou zařazeny ve spodní části hierarchie odpadového hospodářství. Průměrně 41 % pevného komunálního odpadu se ukládá na skládky, přičemž v některých státech (Polsko, Litva) překračuje skládkování 90 %.

Skládkování představuje v hierarchii nakládání s odpadem nejhorší variantu, avšak v důsledku vnitrostátních politik a směrnice o skládkách odpadů, která vyžaduje snížení množství BRKO ukládaného na skládky, se od r. 2000 průměrné množství pevného komunálního odpadu snížilo z 288 na 213 kg/osobu/rok (z 55 na 41 %).

Biologický odpad je obvykle spalován jako součást tuhého komunálního odpadu. V závislosti na energetické účinnosti lze spalování pokládat za využití, nebo za likvidaci odpadu. Vzhledem k tomu, že biologický odpad se vyznačuje poměrně vysokou vlhkostí, je jeho spalování často neefektivní.

Spalování bioodpadů dosahuje ve Švédsku 47 % a v Dánsku 55 %. V obou státech se spalování BRO, který není odděleně sbírán, vykonává prostřednictvím kogenerace elektrické energie a tepla, což vede k vysoké účinnosti a vysokému energetickému zhodnocení.

Mechanicko-biologická úprava se využívá v zemích EU jako předběžná úprava, aby se splnila akceptační kritéria týkající se skládek nebo aby se zvýšila výhřevnost při spalování odpadu. V roce 2005 existovalo přibližně 80 rozsáhlých zařízení s kapacitou více než 8,5 mil. tun, většina z nich se nacházela v Německu, Španělsku a Itálii. Mechanicko-biologické zpracování představuje techniky, které kombinují biologické zpracování s mechanickým zpracováním (tříděním).

Biologické zpracování bioodpadu lze zařadit k recyklaci, pokud se získaný produkt aplikuje do půdy nebo se využívá na výrobu pěstivelských substrátů. Pokud se takové využití nepředpokládá, jedná se spíše o předúpravu odpadu před skládkováním nebo spalováním.

Nejběžnější a nejvíce využívanou metodou biologického zpracování BRO je kompostování. Anaerobní digesce je vhodná pro zpracování biologického odpadu s vyšší vlhkostí.

Pokud jde o biologickou úpravu organického odpadu obecně, celkově bylo ve státech EU zjištěných 6 000 zařízení ze kterých bylo 3 500 určených na kompostování a 2 500 na anaerobní digesci (nejčastěji malá zařízení na farmách). V roce 2006 fungovalo 124 zařízení na úpravu biologického odpadu a/nebo komunálního odpadu anaerobní digesci a MBÚ s celkovou kapacitou 3,9 mil. tun a očekává se jejich nárůst.

V některých členských státech se recyklace podporuje separovaným sběrem (Rakousko, Holandsko, Německo, Švédsko, Vlámsko, Katalánsko, sever Itálie), zatímco jiné členské státy (Česká republika, Dánsko, Francie) se zaměřují na kompostování zeleného odpadu a sběr kuchyňského odpadu s pevným komunálním odpadem. V některých regionech, ve kterých se zavedl separovaný sběr, se tato alternativa považuje za úspěšné nakládání s odpadem (Zelená kniha o nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v Evropské unii. 2008).

Tab. 34: Bilance odpadu ve státech EU v tisících tun (Barth a kol., 2008)

Stát	Celkové množství KO	Potenciální množství			Odděleně sbíraný (bez domácího kompostování)			Odděleně sbíraný bioodpad (% celkového potenciálního množství 8/5)
		BRO	Zelený odpad	Celkem	BRO	Zelený odpad	Celkem	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rakousko	3 419	750	950	1 700	546	950	1 496	88
Belgie	4 847	-	-	2 573	-	-	885	34
Bulharsko	3 593	-	-	1 164	0	0	0	0
Kypr	554	-	-	112	0	0	0	0
Česko	3 979	1 354	180	1 534	10	123	133	9
Německo	37 266	8 000	8 000	16 000	4 084	4 254	8 338	52
Dánsko	3 988	433	750	1 183	38	737	775	66
Estonsko	556	195	130	325	0	0	0	0
Španělsko	25 694	-	-	6 456	-	-	308	5
Finsko	2 451	-	-	785	350	100	450	57
Francie	46 000	-	-	9 378	300	2 400	2 700	29
Řecko	4 854	-	-	1 662	0	2	2	0
Maďarsko	4 446	-	-	1 515	-	-	127	8
Irsko	3 041	-	-	616	52	71	123	20
Itálie	31 687	-	-	8 700	2 050	380	2 430	28
Litva	1 295	-	-	514	0	0	0	0
Lucembursko	321	-	-	68	-	-	52	76
Lotyšsko	715	-	-	346	0	0	0	0
Malta	246	-	-	60	0	0	0	0
Nizozemsko	10 900	-	-	2 446	1 656	1 700	3 356	137
Polsko	9 353	-	-	5 726	-	-	70	1
Portugalsko	4 696	-	-	1 579	24	10	34	2
Rumunsko	8 274	-	-	3 249	0	0	0	0
Švédsko	4 343	-	-	1 352	125	250	375	28
Slovinsko	845	-	-	300	0	0	0	0
Slovensko	1 558	-	-	808	5	68	73	9
Velká Británie	35 075	-	-	9 009	-	-	1 872	21
EU 27	257 947	-	-	80 101	-	-	23 598	29,5

Tab. 35: Množství kompostu produkovaného v členských státech EU v tisících tun (Barth a kol., 2008)

	Rok	Celkové množství	Kompost z BRO	%	Kompost ze zelené hmoty	%	Kompost z kalů	%	Kompost ze smíšeného odpadu	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Rakousko	2005	416 000	218 400	34	380 000	60	32 000	5	4 000	1
Belgie	2005	342 000	103 000	30	239 000	70	0	0	0	0
Bulharsko	-	0	0	-	0	-	0	-	0	-
Kypr	-	0	0	-	0	-	0	-	0	-
ČR	2006	77 600	4 000	5	21 600	28	52 000	67	0	0
Německo	2005	2 966 935	2 089 139	70	848 486	29	29 310	1	0	0
Dánsko	2005	3 500 000	15 200	4	294 800	84	40 000	11	0	0
Estonsko	-	0	0	-	0	-	0	-	0	-
Španělsko	2005	855 000	35 000	4	0	0	180 000	21	640 000	75
Finsko	2005	180 000	150 000	83	-	0	30 000	17		0
Francie	2005	2 490 000	170 000	7	920 000	37	800 000	32	600 000	24
Řecko	2005	8 840	0	0	840	10	0	0	8 000	90
Maďarsko	2005	50 800	20 000	39	30 800	61	0	0	0	0
Irsko	2006	100 500	25 000	25	34 000	34	17 000	17	24 500	24
Itálie	2005	1 200 000	850 000	71	180 000	15	170 000	14	0	0
Litva	-	0	0	-	0	-	0	-	0	-
Lucembursko	2005	20 677	20 677	100	0	0	0	0	0	0
Lotyšsko	-	0	0	-	0	-	0	-	0	-
Malta	-	0	0	-	0	-	0	-	0	
Nizozemsko	2005	1 654 000	719 000	43	935 000	57	0	0	0	0
Polsko	-	0	0	-	0	-	0	-	0	
Portugalsko	2005	29 501	2 086	7	1 730	6	2 500	8	23 185	79
Rumunsko	-	0	0	-	0		0		0	
Švédsko	2005	154 800	38 800	25	100 000	65	0	0	16 000	10
Slovinsko		0	0		0		0		0	
Slovensko	2005	32 938	1 836	6	27 102	82	4 000	12	0	0
Velká Británie	2005/2006	2 036 000	316 000	16	1 660 000	82	15 000	1	45 000	2
EU 27		13 183 991	4 778 139	36	5 673 358	43	1 371 810	10	1 360 685	10

Na základě současné situace v Evropské unii a podle dostupných informací lze vytvořit prognózu o vývoji trhu s kompostem:

- Zemědělství spotřebuje víc jako 50 % vyrobeného kompostu a spotřeba v zemědělství bude mít narůstající tendenci,
- Krajinářství spotřebuje do 20 % vyrobeného kompostu,
- Na výrobu pěsticelských substrátů a směsí se spotřebuje kolem 20 % kompostu,
- Privátní sektor a hobby zahradnictví využije kolem 10 % kompostu.

Vývoj v oblasti odpadového hospodářství dovoluje nastínit obecné trendy v oblasti zpracování BRO kompostováním v těchto hlavních bodech:

- Státy, ve kterých je zavedena separace BRO se potýkají s neustále narůstajícím množstvím zeleného odpadu z domácností i z veřejné zeleně. Velká část těchto odpadů, která se nevyužívá energeticky, se bude i nadále zpracovávat kompostováním.

- Lze očekávat, že kaly budou v budoucnu významnou surovinou pro kompostování. Aplikace na zemědělskou půdu nebo spalování již nebude preferovaným způsobem jejich využívání.
- Kompostování hnoje a separované kejdy se bude využívat jako alternativní způsob nakládání s odpadem v oblastech s vysokým počtem hospodářských zvířat.

12. SEZNAMY A ADRESY INSTITUCÍ ZABÝVAJÍCÍ SE PROBLEMATIKOU BRO

VÝZKUMNÁ A VĚDECKÁ PRACOVISTĚ V ČR

Česká akademie zemědělských věd

Těšnov 17/65, 117 05 Praha 1

Tel.: + 420 222 320 582

Email: cazv@cazv.cz

www.cazv.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Oddělení vědy a výzkumu

Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol

Tel.: + 420 224 384 586

Email: malanova@af.czu.cz

www.af.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Oddělení pro vědu a výzkum

Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol

Tel.: + 420 224 382 128

Email: novotna@fzp.czu.cz

www.fzp.czu.cz

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Oddělení pro vědu a výzkum

Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 – Suchdol

Tel.: + 420 224 383 284

Email: libra@tf.czu.cz

www.tf.czu.cz

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta, odd. pro vědu a výzkum

Studentská 13, 370 05 České Budějovice

Tel.: + 420 387 771 111

Email: kolaro@zf.jcu.cz

www.zf.jcu.cz

Masarykova univerzita v Brně

Přírodovědecká fakulta

Výzkumné centrum pro chemii životního prostředí a ekotoxikologii (RECETOX)

Kamenice 126/3, 625 00 Brno

Tel.: + 420 549 495 338

Email: holoubek@recetox.muni.cz

www.recetox.muni.cz

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta

Zemědělská 1, 613 00 Brno
Tel.: + 420 545 133 001
Email: agro@mendelu.cz
www.af.mendelu.cz

Mendelova univerzita v Brně
Zahradnická fakulta v Lednici

Valtická 337, 691 44 Lednice
Tel.: + 420 519 367 211
Email: info@zf.mendelu.cz
www.zf.mendelu.cz

Ministerstvo zemědělství ČR,
Úsek životního prostředí, výzkumu a vzdělávání

Těšnov 17, 117 05 Praha 1
Tel.: + 420 221 811 111
Email: info@mze.cz
www.mze.cz

Ministerstvo životního prostředí ČR,
Odbor odpadů

Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10
Tel.: + 420 267 121 111
Email: info@mzp.cz
www.mzp.cz

CENIA – česká informační agentura životního prostředí
(Informační systém odpadového hospodářství – databáze ISOH)

Litevská 1174/8, 100 05, Praha 10
Tel.: + 420 267 225 226
Email: info@cenia.cz
www.cenia.cz

Ostravská univerzita v Ostravě

Přírodovědecká fakulta, odd. pro vědu a vnější vztahy

30. dubna 22, 701 03 Ostrava
Tel.: + 420 597 092 105
Email: beata.sklarova@osu.cz
www.prf.osu.cz

Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem

Fakulta životního prostředí

Králova výšina 3132/7, 400 96 Ústí nad Labem
Tel.: + 420 475 284 111
<http://fzp.ujep.cz>

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta, Ústav pro životní prostředí

Benátská 2, 128 01 Praha 2
Tel.: + 420 221 951 901
Email: uzp@natur.cuni.cz
<http://web.natur.cuni.cz/uzp/>

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí

tř. 17. listopadu 1192/12, 771 46 Olomouc

Tel.: + 420 585 634 060

Email: dekanat.prf@upol.cz

www.upol.cz/fakulty/prf

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Náměstí T.G. Masaryka 275, 762 72 Zlín

Tel.: + 420 576 031 111

Email: dekanat@ft.utb.cz

www.tf.utb.cz

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ)

Hroznová 2, 656 06 Brno

Tel.: + 420 543 548 111

Email: podatelna@ukzuz.cz

www.ukzuz.cz

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Fakulta technologie ochrany prostředí, odd. pro vědu a výzkum

Technická 5, 166 28 Praha 6

Tel.: + 420 220 444 254

Email: Josef.Blazek@vscht.cz

www.vscht.cz/homepage/ftop/index

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav

Tel.: + 420 257 027 111

Email: info@vumop.cz

www.vumop.cz

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně

Tel.: + 420 233 022 111

Email: [cropscience@vurv.cz](mailto:cropsscience@vurv.cz)

www.vurv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. – CeHO – Centrum pro hospodaření s odpady

Podbabská 30, 160 00 Praha 6

Tel.: + 420 220 197 270

Email: centrumodpadu@vuv.cz

<http://ceho.vuv.cz>

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně

Tel.: + 420 233 022 111

Email: vuzt@vuzt.cz

www.vuzt.cz

Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.

Havlíčková 2787/121, 767 01 Kroměříž

Tel.: + 420 573 317 111

Email: vukrom@vukrom.cz

www.vukrom.cz

SVAZY, SPOLKY, SKUPINY A PORADNY (NEZISKOVÁ SFÉRA) V ČR

řazeno dle kraje:

Kraj Praha

CZ Biom – České sdružení pro biomasu

U Čtyř domů 1201/3, 140 00 Praha 4

Tel.: + 420 604 856 036

Email: sekretariat@biom.cz

www.biom.cz

Ekodomov, o.s.

V Podbabě 29b, 160 00 Praha 6

Tel.: + 420 234 697 402

Email: info@ekodomov.cz

www.ekodomov.cz

Sdružení TEREZA o. s.

Haštalská 17, 110 00 Praha 1

Tel.: +420 224 816 868

Fax: +420 224 819 161

Email: tereza@terezanet.cz

www.terezanet.cz

Arnika

Chlumova 1, 130 00 Praha 3

telefon a fax: +420 222 781 471

GSM brána: 774 406 825

Email: toxic@arnika.org

www.arnika.org

www.odpady.arnika.org/odpad-je-surovina

Nadace Partnerství

Nad lesem 11, 147 00 Praha-Hodkovičky

tel.: +420 241 771 255

Ekocentrum Říčany

Rýdlova 14, 251 01 Říčany

tel.: +420 604 240 060

fax: +420 323 605 644

www.ekoricany.org/index.php

Email: eko.ricany@post.cz

Zlínský kraj

Ekoporadna Uherský Brod

Větrná 2469, 688 01 Uherský Brod

Tel.: +420 571 891 739

Email: eko@ekoporadnaub.info

www.ekoporadnaub.info

ZO ČSOP Centrum Veronica

Hostětín 86, 687 71 Bojkovice

Tel: +420 572 630 670

Email: hostetin@veronica.cz

www.veronica.cz

www.hostetin.veronica.cz

Kraj Vysočina**ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s.**

V. Nezvala 977, 675 71 Náměšť nad Oslavou

Tel.: + 420 568 620 070

Email: info@zeraagency.eu

www.zeraagency.eu

Arnika

Škrétova 5, 586 01 Jihlava

telefon: +420 775 315 818

Email: jihlava@arnika.org

www.arnika.org

Ústecký kraj**Arnika**

Hudečkova 1, 405 01 Děčín 1

telefon a fax: +420 412 510 650

Email: decin@arnika.org

www.arnika.org

Moravskoslezský kraj**Arnika**

Jiráskovo náměstí, 4 702 00 Moravská Ostrava

telefon: 596 244 314

Email: ostrava@arnika.org

www.arnika.org

Jihomoravský kraj**Hnutí DUHA**

Bratislavská 31, 602 00 Brno

Tel.: +420 545 214 431

Fax: +420 545 214 429

Email: info@hnutiduha.cz

Nadace Partnerství

Údolní 33, 602 00 Brno

Tel.: +420 515 903 111

Email: partnerstvi@nap.cz

www.nadacepartnerstvi.cz

ZO ČSOP Veronica

Panská 9, 602 00 Brno

Tel.: +420 542 422 750

Email: veronica@veronica.cz

www.veronica.cz

Jihočeský kraj

Calla

Fráni Šrámka 35, 370 04 České Budějovice

tel.: +420 387 310 166

fax: +420 387 310 166

Email: romana.panska@calla.cz

www.calla.cz

AgEnDa o.s.

Riegrova 1756/51, 370 01 České Budějovice

Tel.: +420 389 604 343

Fax.: +420 389 604 350

Email: info@os-agenda.cz

www.os-agenda.cz

Olomoucký kraj

Sluňákov – Centrum ekologických aktivit města Olomouce, o.p.s.

Skrbeňská 669/70, 783 35 Horka nad Moravou

tel.: +420 585 154 711

fax: +420 585 388 207

Email: info@slunakov.cz

www.slunakov.cz/index.php

PORADENSKÁ PRACOVISŤE V EVROPĚ

Belgie

Valorization of Biomass (VALBIOM)

Valorisation de la biomasse asbl (VALBIOM)

Croix du Sud 2 bte 11

1348 Louvain La Neuve

Tel.: +32 10 47 34 55

Fax.: +32 10 47 34 55

Email: info@valbiom.be

www.valbiom.be

Reuse and Recycling European Union Social Enterprises

Rue Washington 40, boîte 7

1050 Brussels, Belgium

Tel.: + 32 2 6479995

Fax: + 32 2 647 99 95

Email: info@rreuse.org

www.rreuse.org

Bulharsko

Bulgarian Biomass Association (BGBIOM)

Agri. University
Mendeleev Str., 12
4000 Plovdiv
Tel.: + 359 326 544 96
Fax.: +359 32 654 346
Email: anna@au-plovdiv.bg
www.bgbiom.bg

Chorvatsko

Croatian Forestry Society, Croatian Biomass Association

Trg Mazuranica 11
10 000 Zagreb
Tel.: +385 1480 4220
Fax.: +358 148 28 477
Email: josip.dundovic@hrsume.hr
www.sumari.hr

Dánsko

Danish Biomass Association (DANBIO)

Dansk Biomasse Forening

Merkuvej 7
DK - 6000 Kolding
Tel.: +45 70 26 56 96
Email: svend@brandstrupconsult.dk ; mail@danbio.info
www.danbio.info

Estonsko

The Estonian Biomass Association (EBA)

Eesti Buiokütuste Ühing

C/O Energy Department, Tallinn Tech.Uni
Kopli 116
11712 Tallinn
Tel.: +372 620 39 08
Fax.: +372 620 39 01
Email: ykask@staff.ttu.ee
www.eby.ee

Finsko

The Bioenergy Association of Finland (FINBIO)

Vapaudenkatu 12
40100 Jyväskylä
Tel.: +358 207 639 601
Fax.: +358 207 639 609
Email: info@finbio.fi
www.finbio.fi

Itálie

Conzorcio Italiano Compostatori

Via Cavour 183/A

00184 Roma

Tel.: 064740589; 064875508

Fax.: 064875513

www.compost.it

Italian Biomass Association (ITABIA)

via Acireale, 19

00182 Roma

T +39 06 702 11 18

F +39 06 703 04 833

Email: itabia@mcmlink.it

www.itabia.it

Německo

Die Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BKG)

Von-der-Wettern str. 25

D-51149 Köln- Gremberghoven

Tel.: +49(0)2203/35837-0

Telefax: +49(0)2203/35837-12

Email: info@kompost.de

www.kompost.de

Fachvereinigung Bayerischer Komposthersteller e.V.

Bgm.- Finsterwalder – Ring 10- D- 82515

Wolfratshausen

Tel.: 08171/483990

Fax.: 08171/380138

www.fbk-ev.de

ORBIT e.V.

D- 99403 Weimar

Postbox 2229

Tel.: +49(0)2522- 960341

Fax.: +49(0)2522- 960343

Email: info@orbit-online.net

www.orbit-online.net

European Compost network ECN clo ORBIT e.V.

D- 99403 Weimar

Postbox 2229

Tel.: +49(0)2522- 960341

Fax.: +49(0)2522- 960343

Email: info@compostnetwork.info

www.compostnetwork.info

Polsko

Polish Biomass Association (POLBIOM)
Polskie Towarzystwo Biomasy
C/O Institute for Building, Mech. – IBMER
Rakowiecka, 32
02-532 Warsaw
Tel.: +48 22 498 07 74
Fax.: +48 22 849 17 37
Email: polbiom@poczta.onet.pl
www.polbiom.pl

Rakousko

Austrian Biomass Association (ABA)
Österreichischer Biomasse-Verband
Franz Josefs - Kai, 13
1010 Wien
Tel.: +43 1 533 07 970
Fax.: +43 1 533 07 97 90
Email: kopetz@biomasseverband.at
www.biomasseverband.at

Bio Forschung Austria
Dr. Wilfried Hartl
Institutsleiter-Stellvertreter
Rinnböckstraße 15
1110 Wien
Tel.: + 43 1 795 14 97943
Fax.: + 43 1 795 14 99 97940
Email: office@bioforschung.at
www.bioforschung.at

Řecko

Ecological Recycling Society (OIKOLOGIKI ETAIREIA ANAKYKLOSIS)
Mamai 3
10440 Athens, Greece
Tel.: +30 210 82 24 481, +30 210 82 24 481
Fax: +30 210 82 28 795
Email: dhomatidis@ecorec.gr
www.ecorec.gr

**Vocational Training Centre (KENTRO EPIAGΓEAMATIKΗΣ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗΣ
‘ΙΑΣΩΝ’)**
104 45 Athens, Greece
Tel.: + 30 210 8547970, + 30 210 8547970
Fax: + 30 210 8547969
Email: mitsokapa@primus.com.gr, iason@otenet.gr
www.primus.com.gr

Slovensko

Priatel'ia Zeme SPZ

Alžbetina 53
P.O. BOX H – 39
040 01 Košice
Tel./Fax.: 042155/6771677
Email: spz@priatel'iazeme.sk
www.priatel'iazeme.sk

Slovak Biomass Association (SK-BIOM)

Slovenska asociacia pre biomasu (SK-BIOM)

T. G. Masaryka, 24
960 53 Zvolen
Tel.: +421 45 5206 875
Fax.: +421 45 5206 875
Email: viglasky@vsld.tuzvo.sk
www.skbiom.sk

Slovinsko

Slovenian Biomass Association (SLOBIOM)

Zveza Drustev Za Biomaso Slovenije

Jareninski dol 1
2221 Jarenina
Tel.: +386 2 644 90 58
Fax.: +386 2 644 90 58
Email: info@slobiom-zveza.si
www.slobiom-zveza.si

Švýcarsko

Verband Kompost – und Vergärwerke Schweiz VKS

Oberdorfstrasse 40
Postfach 603
CH-3053 Münchenbuchsee
Tel.: + 41 31 858 22 24
Fax: + 41 31 858 22 21
Email: info@kompostverband.ch
www.kompostverband.ch

Educompost

Weinbergstrasse 46, CH-2540 Grenchen
Tel.: + 41 (0)32 653 29 21, + 41 (0)32 653 29 21
Fax: + 41 (0)32 653 29 22
Email: info@educompost.ch
www.educompost.ch

Velká Británie

Community Composting Network (CCN)

67 Alexandra Road

Sheffield

United Kingdom

S2 3EE

Tel.: + 44 (0) 114 258 0483, + 44 (0) 114 258 0483

Email: info@communitycompost.org

www.communitycompost.org

Association for Organics Recycling

3 Burystead Place

Wellingborough, Northamptonshire

NN8 1AH

Tel.: + 44 (0) 8701 603270, + 44 (0) 8701 603270

Fax: + 44 (0) 8701 603280

Email: enquiries@organics-recycling.org.uk

www.organics-recycling.org.uk

13. POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA

- ALTMANN, V., MIMRA, M., ANDRT, M. Stanovení objemového množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) pro řešení logistiky svozu. [online] [cit. 2010-05-05] Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=610688>>
- ALTMANN, V., MIMRA, M., TOMANOVÁ, D. 2007. Vliv aplikace kompostu na výnos trávy. Sborník z mezinárodní konference Údržba TTP v marginálních podmínkách, Lednice, str.44 – 47. ISBN 978-80-86884-22-6
- BANOUT, J. 2005. Optimalizace surovinové skladby, výrobní plochy a kalkulace provozních nákladů při výrobě kompostu v zakládkách. Sborník z mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi. 19.–20.5.2005 Náměšť nad Oslavou. ISBN 80-903548-0-7, s. 86–90.
- BARTH, J., AMLINGER, F., FAVOINO, E., SIEBERT, S., KEHRES, B., GOTTSCHALL, R., BIEKER, M., LÖBING, A., BIDLINGMAIER, W. 2008. Final Report Compost production and use in the EU, Tender No. J02/35/2006. 180 p.
- BENEŠOVÁ, L., HNAŤUKOVÁ, P., ČERNÍK, B., KOTOULOVÁ, Z. 2009. Municipal Waste – Environmental and Social Problem of the Future. In: 24th International Conference on Solid Waste Technology and Management, March 15- 18. 2009. Philadelphia, PA, USA. Dostupné z WWW: <http://www.komunalniodpad.eu/download/P2_cast1.pdf>
- BURG, P., SOUČEK, J., KROULÍK, M. 2008. Hodnocení parametrů štěpky při štěpkování odpadního réví. Vinařský obzor č. 5, ročník 101/2008. ISSN 1212-7884, s. 211-213
- FILIP, J., BOŽEK, F., HLUŠEK, J., KOMÁR, A., CHRISTIANOVÁ, A. 2002. Odpadové hospodářství. Skriptum. Brno: MZLU. 118 s. ISBN 80-7157-608-5
- FORCHTSAM, V. 1971. Technická příručka pro zemědělce. s. 320 – 323. SZN Praha. 974 s.
- FRYČ, J. 2010. Výzkum aplikací geoinformačních technologií v systémech nakládání s odpady. Disertační práce, Mendelova univerzita v Brně, 105 s.
- CHUDÁREK, T., HŘEBÍČEK, J. Systémy sběru komunálního BRO, předběžné vyhodnocení výsledků separovaného sběru komunálního BRO v lokalitě Tišnov. [online] [cit. 2010-03-15] Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/system-sberu-komunalniho-rko-predbezne-vyhodnoceni-vysledku-separovaneho-sberu-komunalniho-bro-v-lokalite-tisnov>>. ISSN 1801-2655
- JELÍNEK, A., ALTMAN, V., ANDRT, M., ČERNÍK, B., PLÍVA, P., JAKEŠOVÁ, H. 2001. Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělských a venkovských sídel. Agrospoj, SAVOV, F., Praha
- KOPEC, K. 1998. Tabulky nutričních hodnot ovoce a zeleniny. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 72 s. ISBN 80-86153-64-9
- KOTOULOVÁ, Z., VÁŇA, J. 2001. Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem, MŽP a ČEÚ, Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/soubory.shtml>>
- LÉTALOVÁ, M. 2008. Možnosti využití biologicky rozložitelných složek z komunálního odpadu. Diplomová práce, MZLU v Brně, 70 s.
- LIVORA, M. 2010. Linka na zpracování biologického odpadu. Disertační práce, ČZU Praha, 120 s.
- LÖBL, F. 1992. Uplatnění biotechnologických postupů zhodnocení hnojivých odpadů v ekologických podmínkách zemědělské výroby. ÚVTIZ.

- PETŘÍKOVÁ, K. 2006. Zelenina – pěstování, ekonomika, prodej. Profi Press, Praha, 240 s. ISBN 80-86726-20-7
- PLÍVA, P., JELÍNEK, A. 2006. Vliv kvality prosetí a formy expedice kompostu na zlepšení jeho prodejnosti. Odpadové fórum, 2006, č. 4, s. 16-18
- PLÍVA, P., HABART, J., JELÍNEK, A., KOLLÁROVÁ, M., ROY, A., TOMANOVÁ, D. 2006. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Metodická příručka, VÚZT Praha, č. 1, 62 s. ISBN 80-86884-11-2
- PLÍVA, P., ALTMANN, V., HABART, J., JELÍNEK, A., KOLLÁROVÁ, M., MAREŠOVÁ, K., MIMRA, M., VÁŇA, J., VOSTOUPAL, B. 2009. Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Profi Press s.r.o., Praha 2009. 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8
- POSPÍŠIL, J. 2009. Dopravní obslužnost mikroregionu. [CD-ROM]. In Region v rozvoji společnosti, s. 228-236. ISBN 978-80-7375-330-6
- ROLLO, J. 1973. Praktické příklady z operační analýzy. SNTL, Praha
- RUNGE, K. 2000. Moderní kompostovací technologie a jejich zabezpečení technikou firmy Backhus. Referát na semináři BIOODPAD 2000, VÚRV Praha
- SOUČEK, J., BURG, P. 2009. Množství a potenciální možnosti využití hmoty vznikající při údržbě dřevin. Trávníkářská ročenka, roč. V. 1. vyd. Olomouc, Ing. Petr Baštan – vydavatelství, s. 89–92. ISBN 978-80-87091-08-1
- ŠŤASTNÝ, M. 1991. Mechanizace kompostování. Studie VTR, Zemědělská technika, č. 1
- UHLÍŘOVÁ, H. 2007. Hodnocení provozu kompostárny. Diplomová práce, MZLU v Brně, 91 s.
- VALLINI, G., MANETTI, P. 1990. Green composting, Biocycle 31 : 6, s. 33–35
- VÁŇA, J. 1997. Výroba a využití kompostů v zemědělství. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZeČR, 37 s.
- ZEMÁNEK, P. 2001. Speciální mechanizace – mechanizační prostředky pro kompostování. Skriptum MZLU v Brně. 114 s. ISBN 80-7157-561-5
- ZEMÁNEK, P., BURG, P. 2006. Studie umístění kompostárny ve Velkopavlovické vinařské podoblasti. Sborník příspěvků z mezinárodní konference Aktuální problémy využívání zemědělské techniky. JČÚ: České Budějovice, Zemědělská fakulta. 1. vydání, s. 340–346. ISBN 80-7040-861-8
- ZEMÁNEK, P., BURG, P. 2008. Technika pro zpracování zahradnických odpadů – návody do cvičení. Skriptum. Brno: MZLU v Brně. 33 s.
- ZEMÁNEK, P., BURG, P. 2008. Zásady pro zpracování technologických postupů údržby TTP v ÚSES. Uznaná metodika. ZF MZLU v Brně. 20 s. 1. vyd. ISBN 978-80-7375-250-7
- ZEMÁNEK, P., BURG, P. 2004. Proposal on placing of place for composting in micro-region Lednice and Valtice. Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis. roč. LII, č. 5, s. 117–122. ISSN 1211-8516
- ZEMÁNEK, P., BURG, P. 2008. Technika pro zpracování zahradnických odpadů – návody do cvičení. Skriptum. Brno: MZLU v Brně. 33 s.
- ZEMÁNEK, P., VEVERKA, V. 2007. Ekonomika provozu kompostárny. In Komunální technika, roč. 1, č. 9, s. 48-49. ISSN 1802-2391

CZ Biom: Mapa bioplynových stanic, 2009.

Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynove-stanice>>

CZ Biom: Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady. CZ Biom, 2004.

Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/>>

Kommunal Fahrzeuge 2008 – katalog IFAT 2008

MŽP: Metodický pokyn stanovující minimální kritéria pro projekty v oblasti nakládání se zbytkovým komunálním odpadem žádající o podporu z Fondu soudržnosti, 20 s. 2005.

Dostupné z WWW:

<[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodicky_pokyn_odpad/\\$FILE/OFEU-Metodika_odpady-20050330.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodicky_pokyn_odpad/$FILE/OFEU-Metodika_odpady-20050330.pdf)>

Směrnice Rady 1999/31/ES, o skládkách odpadů

Zelená kniha o nakládání s biologicky rozložitelným odpadem v Evropské unii. Brusel 31.12.2008; KOM (2008) 811 v konečném znění.

Dostupné z: WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/cs/index.htm>>

ZERA: Biologicky rozložitelné odpady. Jak naplnit povinnost odděleného sběru bioodpadu v obci. Sborník ze IV. Mezinárodní konference, ZERA – Zemědělská a Ekologická Regionální Agentura, o.s., Náměšť nad Oslavou, 9.-11.9. 2008. 120 s. ISBN 80-903548-0-0

BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÝ ODPAD A KOMPOSTOVÁNÍ

Vedoucí autorského kolektivu:	doc. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D., MENDELU, ZF Lednice
Autoři v abecedním pořadí:	doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D., MENDELU, ZF Lednice Ing. Mária Kollárová, Ph.D., VÚZT, v.v.i., Praha Mgr. Karolína Marešová, VÚZT, v.v.i., Praha Ing. Petr Plíva, CSc., VÚZT, v.v.i., Praha
Lektorovali:	Ing. Jiří Fiala, DrSc Ing. Ivo Celjak, CSc
Grafická úprava:	Ing. Josef Hlinka
Autoři fotografií:	Ing. Petr Plíva, CSc. doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D.
Autoři obrázků:	Vítězslav Kadlec doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D.
Počet výtisků:	200

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně
www.vuzt.cz

Knižní publikace je výstupem řešení výzkumného projektu Mze ČR QH81200 „Optimalizace vodního režimu v krajině a zvýšení retenční schopnosti krajiny uplatněním kompostů z biologicky rozložitelných odpadů na orné půdě i trvalých travních porostech“ a výzkumného záměru Mze 0002703102 „Výzkum efektivního využití technologických systémů pro setrvalé hospodaření a využívání přírodních zdrojů ve specifických podmínkách českého zemědělství“.



1. vydání
ISBN 978-80-86884-52-3

© doc. Ing. Pavel Zemánek, Ph.D. a kol.
© VÚZT, v.v.i.

Praha 2010