

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Porovnání malé mechanizace využívané při kompostování

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.

Autor: Jan Tůma

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan TŮMA**
Osobní číslo: **Z09087**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Porovnání malé mechanizace využívané při kompostování.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled malé mechanizace používané při kompostování a na základě analýzy vybrat vhodné kritéria pro porovnání jednotlivých typů strojů.

Metodický postup:

- problematika biologicky rozložitelných odpadů,
- vypracovat přehled malé mechanizace používané při kompostování,
- analyzovat exploatační ukazatele u jednotlivých strojů,
- na základě analýzy vybrat vhodné exploatační, ekonomické a environmentální ukazatele pro výběr strojů,
- provést posouzení vybrané malé mechanizace používané při kompostování.

Rozsah grafických prací: obrázky, fotografie dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná


Seznam odborné literatury:

Směrnice Rady 1999/31/ES, z 26. dubna 1999;
JELÍNEK, A. a kol.: Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel. Ing. František Savov, Praha, 2001, 236 s.;
ALTMANN, V.: Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Biom.cz;
SULZBERGER, R. Kompost, půda, hnojení : zdravá zahradní půda, výživa rostlin, hnojení. 1. vyd. Dobřejovice: Rebo, 2007. 96 s. Zahrada plus. ISBN 978-80-7234-654-7;
PLÍVA, P. a kol. Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Praha: Profi Press, 2009. 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8;
Firemní literatura;
ZEMÁNEK, P., VEVERKA, V.: Speciální mechanizace : malá mechanizace v zahradnictví. 1. vyd. Brno: MZLU, 2001. 99 s. ISBN 80-7157-511-9;
ZEMÁNEK, P.: Speciální mechanizace : mechanizační prostředky pro kompostování. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 113 s. ISBN 80-7157-561-5.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Vávra, Ph.D.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**


prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentův 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2011

Abstrakt

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled malé mechanizace používané při kompostování a na základě analýzy vybrat vhodná kritéria pro porovnávání jednotlivých typů strojů. Podle jednotlivých operací při kompostovacím procesu byly vybrány vhodné mechanizační prostředky do kompostovací linky. Práce dále vymezuje malou mechanizaci dle výkonu. Byl proveden průzkum dostupnosti malé mechanizace na současném trhu a na základě analýzy získaných údajů byla navržena kritéria pro porovnání jednotlivých typů strojů. Práci uzavírá jednoduchý příklad návrhu sestavení kompostovací linky na menší kompostárně. Výsledky této práce mohou napomoci při výběru malé mechanizace pro menší kompostárny, např. pro potřeby obcí nebo v primární sféře (zemědělství a lesnictví).

Abstract

The aim is to create a comprehensive overview of mechanization used for composting and select appropriate criteria based on analysis for comparing different types of machines. By course of each operation of composting process were selected suitable means of mechanization for composting line. Thereinafter thesis defines the mechanization by load. In the thesis is realised research availability of small mechanization on the present market and based on analysis of the data was proposed criteria for comparing different types of machines. Final part of thesis includes simple example of project compilation of composting line for small compost-processing plant. The results of this thesis can assist during selection of small mechanization for small compost-processing plants, for example for municipal needs or primary sector (agriculture and forestry).

Prohlášení autora

Student na tomto místě prohlašuje, že se jedná pouze o jeho dílo, předepsanou formulací:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou – diplomovou – disertační práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 12.4.2012

Jan Tůma

Poděkování

Zde bych rád poděkoval panu Ing. Václavu Vávrovi, Ph.D. za připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

Obsah

1. Úvod:	6
2. Problematika biologicky rozložitelných odpadů	8
2.1 Biologicky rozložitelné odpady	8
2.2 Kompostování	8
2.3 Kompostárny	10
2.3.1 Základní typy a rozdělení kompostáren	11
2.3.2 Technologie kompostování	12
2.3.3 Strojní vybavení kompostovací linky	20
2.4 Přehled právních předpisů	25
2.4.1 Evropské předpisy	25
2.4.2 Národní předpisy – oblast odpadů	25
2.4.3 Národní předpisy – ochrana životního prostředí	26
2.4.4 Národní předpisy – hnojiva	26
3. Cíl práce	27
4. Prostředky malé mechanizace používané při kompostování	27
4.1 Přehled malé mechanizace používané při kompostování	28
4.1.1 Energetické prostředky	29
4.1.2 Drtiče a štěpkovače (dezintegrační zařízení)	34
4.1.2.1 Drtiče	35
4.1.2.2 Štěpkovače	36
4.1.3 Překopávače kompostu	41
4.1.3.1 Překopávač kompostu nesený	42
4.1.3.2 Překopávač kompostu přívěsný	42
4.1.3.3 Překopávač kompostu samojízdný	43
4.1.4 Prosévací zařízení	46
4.1.4.1 Vibrační prosévací síta	47
4.1.4.2 Rotační třídiče	47
4.1.4.3 Třídiče s rotačními rošty	48
4.1.4.4 Třídící a drtící lopaty	48
4.2 Výběr vhodných exploatačních, ekonomických a environmentálních ukazatelů pro výběr strojů	51
4.2.1 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup energetických prostředků	51
4.2.2 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup drtičů nebo štěpkovačů	52
4.2.3 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup překopávače	54
4.2.4 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup síťovacího zařízení	54
4.3 Posouzení vybrané malé mechanizace na příkladu menší kompostárny	55
5. Závěr	61
Použitá literatura	62

1. Úvod:

Způsob nakládání s biologicky rozložitelnými odpady se v současné době značně liší od minulých období. Původně se odpady zpracovávaly přirozenými biologickými metodami v místě jejich vzniku a výsledné produkty byly velmi ceněnou a potřebnou surovinou. V současné době přebytek biologických rozložitelných odpadů přerostl do problému, který je nutno řešit vybudováním nových kompostáren. Nadbytečná biomasa vzniká např. v primární sféře v souvislosti s dotacemi na sečení luk nebo extenzivní těžbou dřeva v lesích. V komunální sféře občané v zahradách vzniklou biomasu již téměř nekompostují a biomasa se hromadí v lepším případě ve sběrových dvorech. Situaci by řešilo vybudování velkých kompostáren s individuální roční kapacitou okolo 10 - 20 tisíc tun, které však nepokryjí zpracování veškerého vznikajícího množství zbytkové biomasy. Velmi důležité je potřebnou kapacitu pokrýt menšími kompostárnami s roční individuální kapacitou zpracování okolo 1000 tun, doplněnou domácím a komunitním kompostováním.

V menších kompostárnách je možné zpracovávat zbytkovou biomasu pomocí tzv. rychlokompostování (kontrolované mikrobiální kompostování), které umožňuje kompostovat zbytkovou biomasu a lze využívat mechanizaci, jejíž výkon u energetického prostředku v sestavě s přípojitelným nářadím či výkon pohonné jednotky jednoúčelového stroje se pohybuje v hodnotách celkového výkonu okolo 35kW. Mechanizaci s výkonem kolem 35 kW řadíme do kategorie malé mechanizace.

Technologie řízeného kompostování je známá zejména v zahraničí, kde se využívá v široké míře. V našich podmínkách však naráží tento typ kompostování jako způsob zpracování zbytkové biomasy na některé překážky, které je ještě nutné vyřešit, aby takový postup zpracovávání zbytkové biomasy nabyl většího rozšíření v zemědělské a v komunální sféře.

Nabídka dostupné mechanizace vhodné pro kompostování je velmi roztržštěná a nepřehledná. Problémem je také navrhování vhodné mechanizace projektantem, který nemá v dané oblasti větší zkušenosti.

Pro zajištění správného vedení kompostovacího procesu a konečného zpracování zbytkové biomasy na kvalitní kompost lze využívat menší, ale spolehlivé stroje, které jsou sestaveny do vhodných kompostovacích linek, uplatnitelných zejména na

kompostovacích a recyklačních jednotkách pro zpracovávání zbytkové biomasy nejlépe na vlastním pozemku s kapacitou množství zpracovávaných surovin okolo 1000 m³.

Za výhodné řešení je možné považovat linku, jejímž základním článkem je jeden mobilní energetický prostředek, ke kterému je možné jednoduše připojit univerzální adaptér (drapák a shrnovací lopatu) pro vrstvení a urovnání hromad, drtič či štěpkovač, překopávač kompostu, prosévací zařízení, rozmetadlo vyrobeného kompostu, adaptér pro sbalování a rozbalování krycí fólie a eventuálně další potřebné technické prostředky. Výhodou tohoto řešení je potom možnost jedním pracovníkem a jedním energetickým mobilním prostředkem souhrnně obsloužit jednotlivé technologické operace pro přeměnu zbytkové biomasy na kompost vysoké kvality.

Porovnáním využitelnosti malé mechanizace v kompostovacím procesu se věnuje i tato bakalářská práce. Kapitola 2. se týká všeobecného přehledu biologicky rozložitelných odpadů, kompostáren, technologického procesu kompostování a obecného strojního vybavení kompostáren. V kapitole 4. je zpracován přehled jednotlivých strojů kompostovací linky s výběrem malé mechanizace, srovnáním malé mechanizace dostupné na trhu a výběrem vhodných ukazatelů pro výběr a nákup malé mechanizace.

Obr.1
Kompostování na pásových hromadách



2. Problematika biologicky rozložitelných odpadů

2.1 Biologicky rozložitelné odpady

V oblasti odpadového hospodářství České republiky je jedním z výrazných cílů podpora zřizování zařízení na zpracování biologicky rozložitelných odpadů (značených zkratkou jako 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.

Problematika biologicky rozložitelných odpadů (BRO) se v současné době dostala do popředí zájmu státní správy. A to jako důsledek Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů, která ukládá členským státům EU omezit množství biodegradabilního odpadu ukládaného na skládky. Směrnice EU považuje omezení množství skládkovaného BR za nejdůležitější strategii při snižování emisí metanu a omezování škodlivých průsaků ze skládek.

Mezi biologicky rozložitelné odpady patří zejména odpady zemědělské, zahradnické a lesnické, odpady z papírenského průmyslu, potravinářského průmyslu, ze zpracování dřeva, textilního průmyslu, papírové a dřevěné obaly, čistírenské kaly a také komunální biodpady. Úplný přehled všech biologicky rozložitelných odpadů uvádí Vyhláška MŽP č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady v příloze č. 1.

Biologicky rozložitelné odpady jsou odpady, které podléhají aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu a lze je úspěšně zpracovávat především kompostováním nebo anaerobní digescí v bioplynových stanicích. Tato práce je zaměřena na kompostování a proto se dále bude věnovat pouze zpracování biologicky rozložitelných odpadů na kompostárnách.

2.2 Kompostování

Kompostování je přeměna primární organické hmoty (např. bioodpadů) na humusové látky, kterou zabezpečují převážně mikroorganismy. Jde o analogické procesy jako při přeměně organické hmoty (listí, jehličí) v půdním prostředí, ale v kompostárně je tento proces výrazně intenzifikován přípravou surovin (drcením), optimalizací surovinové skladby, teplotou, vlhkostí a zabezpečením aerace

(provzdušňování). Pokud je vlhkost a teplota optimální, organická hmota se začne rychle rozkládat. Nerozkládá se ovšem sama, rozkládají ji živé organismy, množící se velkou rychlostí. Jsou to houby, aktinomycety, řasy, kvasinky, bakterie, roztoči, červi a mnoho dalších drobných živočichů.

Souběžně s rozkladem se zároveň vytvářejí nové sloučeniny. Organický odpad se přeměňuje na složité látky trvalého humusu. Organická hmota se mění na kyprou zeminu. Kompost je vhodnou náhradou statkových hnojiv, v malých zahradách je často jedinou formou organického hnojení.

Klasickou technologií kompostování je kompostování v tzv. pásových hromadách. Bioodpady jsou po nadrcení formovány obvykle pomocí čelního nakladače do podélné hromady, která je následně provzdušňována pomocí překopávače. Výhodou jsou relativně nízké provozní i investiční náklady, jednoduchost procesu při dodržení základních pravidel kompostování a i přes extenzivní způsob provedení dobrý hygienizační účinek.

V posledním desetiletí je evidentní růst zájmu o kompostování odpadů a to zejména odpadů z údržby veřejné zeleně (tráva, listí, dřevní štěpka). Na základě obnoveného zájmu zemědělců o hnojení průmyslovými komposty se zprovozňují staré kompostárny a rozbíhají nové podnikatelské záměry.

Výroba průmyslových kompostů je usměrněna legislativou odpadů, vodohospodářskou legislativou a legislativou hnojiv. Kompostování je možno realizovat na základě provozního řádu schváleného krajským úřadem. Průmyslová kompostárna musí být vodohospodářsky zabezpečená s nepropustnou výrobní plochou a s jímkou na zachycování splachů a srážkových vod. Vyroběný kompost, pokud je uváděn do oběhu prodejem, musí být registrován a musí splnit kritéria nezávadnosti na obsah rizikových prvků. Limitní hodnoty rizikových prvků v kompostu vyplývající z požadavku legislativy hnojiv patří mezi nejpřísnější v Evropě, což omezuje především kompostování čistírenských kalů a znemožňuje dříve často realizované kompostování rozdrčených tuhých domovních odpadů.

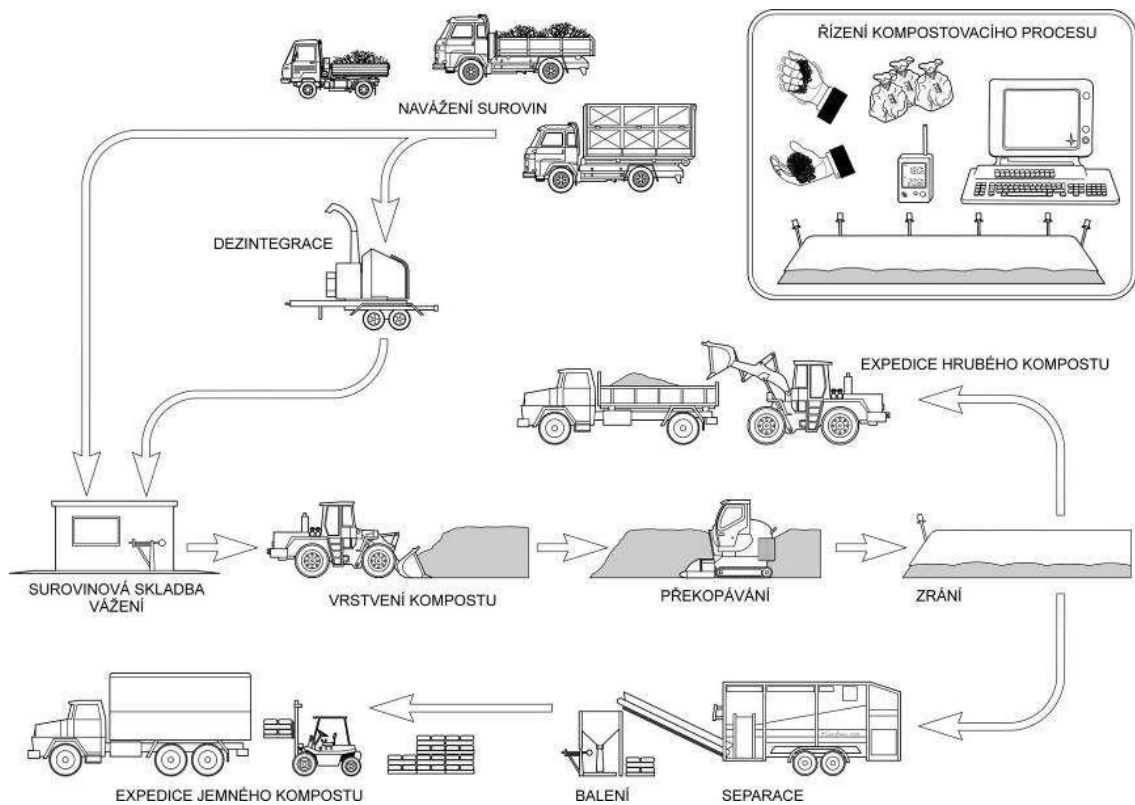
Zdrojem odpadů pro výrobu kompostů jsou veškeré biodegradabilní odpady, které neobsahují nadlimitní koncentrace rizikových prvků a další cizorodé látky. Jde jednak o

odpady z veřejné zeleně, odpady ze zemědělské výroby (rostlinné odpady, zvířecí fekálie), odpady z potravinářského průmyslu, z výroby celulózy a papíru, čistírenské kaly z čistíren odpadních vod s nízkými průmyslovými ekvivalenty a odpady z těžby a zpracování dřeva.

2.3 Kompostárny

Obr. 2

CELKOVÉ SCHÉMA KOMPOSTOVACÍHO PROCESU



2.3.1 Základní typy a rozdělení kompostáren

Dle velikosti	Komunitní kompostárna (nemá definovaný výkon) Malá kompostárna - do 150 t /rok Menší kompostárna - 150 – 1000 t/rok Střední kompostárna - 1000 – 5000 t/rok Velká kompostárna - 5000 a více t/rok
Dle typu zakládek	kompostování na pásových hromadách - trojúhelníkový profil - lichoběžníkový profil kompostování na kompostovacích hromadách
Dle umístění	Kompostárny v terénu (v místě vzniku biodpadů) Kompostárny na zhutněné ploše Kompostárny na vodohospodářsky zajištěné ploše Kompostárny zakryté a uzavřené
Dle charakteru vstupních biodpadů	Kompostárny využívající zezeň, trávu a podobné odpady (rychlokompostovatelné odpady) Kompostárny využívající obvyklou zezeň a dřevní štěpku Kompostárny využívající široké spektrum biodpadů včetně kalů z ČOV Kompostárny zpracovávající i kuchyňské zbytky (vedlejší živočišné produkty)
Dle charakteru výstupních produktů	Kompostárny vyrábějící kompost dle zákona o hnojivech (výrobek)

Kompostárny vyrábějící rekultivační komposty (výrobky) dle zákona o odpadech

Kompostárny, které produkují biologicky stabilizovaný odpad

Speciální kompostárny např. vermikompostárny (fermentace prostřednictvím žížal) a další

2.3.2 Technologie kompostování

Kompostování je řízeným procesem aerobně - biologického zpracování biodegradabilního odpadu, jehož výsledkem je vznik organického hnojiva neboli kompostu. Kompostování je tak ve své podstatě proces biodegradace látek, kdy jsou vytvořeny ideální podmínky pro činnost řady mikroorganismů, podílejících se na procesu rozkladu přírodních materiálů. Procesy probíhající v základce kompostu jsou stejné jako autoregulační a samočisticí procesy vyskytující se v přírodě.

Průběh kompostování závisí zejména na zvolených surovinách a jejich správném poměru. V podstatě existují dvě varianty volených surovin. Zelené suroviny, které jsou bohaté na dusík a dusíkaté látky (jsou to zejména zelené, vlhké a měkké materiály) a hnědé suroviny, bohaté na uhlík, tvořené suchými, tvrdšími, savými materiály.

Při kompostování je nutné dosáhnout optimálních poměrů. Kompost nesmí být příliš vlhký, aby aerobní rozklad neskončil, nezačaly vznikat plyny jako zejména methan a základka nezačala zapáchat. Nejen proto tedy musí kompost obsahovat spoustu vzduchových pórů. Nesmí být také ani příliš suchý, protože v tomto případě by proces ani nezapočal.

Vlhkost závisí především na pórovitosti suroviny. Optimální vlhkost se liší podle druhu kompostu a je od 45 až do 70 %. Sledována by měla být řada dalších parametrů, mezi něž patří například poměr uhlíku k dusíku. Jeho optimální hodnota je 30 – 35 : 1. Vhodnými surovinami pro kompostování jsou suché listí, papír, lepenka, hobliny, piliny, sláma, seno, stonky suchých rostlin, větvičky z prořezávky stromů a keřů, krabice na vejce, obaly, tráva, plevel, močůvka, hnůj, plodiny, syrové ovoce a zelenina, jejich zbytky a čerstvé rostliny, které nejsou napadeny choroboplodnými zárodky.

Naopak nevhodnými surovinami jsou takzvané „neživé“ suroviny, jako například sklo, umělá hmota, kov nebo kámen. Dřevo v příliš rozměrných kusech se může rozkládat velmi dlouhou dobu. Je vhodné ho proto předupravit, čili rozdrtit, aby bylo

vhodně upravené pro kompostovací proces. Není-li toto v našich možnostech, je takové dřevo lépe zpracovat jinou metodou, například využít pro energetické účely spalováním. Rizikovými surovinami, které by se kompostovat neměly, jsou výkaly psů a koček, které mohou obsahovat cizopasně červy a jiné choroby, dětské pleny, popel z uhlí, škodlivý plevel, napadené rostliny, maso, ryby a vařené jídlo.

Aerobní kompostování je v podstatě opakem – anaerobního kompostování. Rozkladné procesy probíhají za přístupu vzdušného kyslíku. Jeho přítomnost má velice pozitivní vliv na stimulaci mikroorganismů, které se podílí na přeměně složitějších (organických) látek na jednodušší (anorganické), které následně podléhají degradaci a v konečné fázi na vzniku humusu. Aerobní metoda kompostování je procesem o poznání rychlejším a na jeho výstupu vzniká kvalitní kompost. Provzdušňování, čili zajišťování přísunu vzdušného kyslíku, je nejčastěji prováděno překopáváním zakládky.

Suroviny vhodné pro kompostování musí projít vstupní úpravou, jde však v podstatě o to, aby byl materiál, který bude následně ukládán do zakládky, dostatečně rozdrčen a homogenizován.

Rozkladné procesy probíhají vždy podle daných zákonitostí v několika fázích.

Fáze rozkladu (mineralizace)

V první fázi kompostovacího procesu dochází k degradaci (mineralizaci) polysacharidů, bílkovin a tuků za působení hub, bakterií a především termofilních mikroorganismů. Jejich činností zde dochází k rozkladu organických látek a jejich přeměně na látky anorganické.

Projevem mineralizace je vznik a uvolňování tepla v prostředí zakládky zrajícího kompostu. Růst teplot je zpočátku velice rychlý, poté naopak rychle klesá. Teplota se pohybuje zhruba okolo 50 – 65 °C, přičemž při těchto podmínkách dochází k hubení patogenů, škodlivých organismů a také k hygienizaci kompostu. Kompostovaný materiál je tak biologicky stabilizován, není však ještě zcela zbaven fytotoxicity a nemůžeme ho prozatím považovat za pravý humus. Spolu s růstem teplot dochází k rychlému úbytku objemu materiálu.

Hlavním typem probíhajících reakcí je hydrolýza. V zakládce se tak výrazně zvyšuje kyselost v důsledku hromadění organických kyselin. Délka této fáze je zpravidla 2 - 3 týdny, u kompostu s velkým podílem dřevní štěpky může trvat až 2 - 3

měsíce. Konečnými produkty této fáze jsou po ukončení rozkladných procesů voda, dusičnany (NO_3^-) a oxid uhličitý (CO_2), který vzniká respirací mikroorganismů.

Fáze přeměny

Ve druhé fázi kompostovacího procesu už má kompost přibližně o 30 % menší hmotnost a znatelně se snižuje teplota na hodnoty mírně nad 40 °C. Začíná se měnit barva kompostu na hnědou, dochází k rozpadu jednotlivých surovin v zakládce a kompost začíná vonět po lesní půdě. V této fázi již lze hovořit o vzniku kvalitního humusu. Hmota již nevykazuje známky fytotoxicity.

Na konci této fáze dochází ke zmenšení hmotnosti o dalších 10 %, tedy o celkových 40 % oproti hmotnosti původní. Teplota nadále klesá, původně se vyskytující mikroorganismy jsou nahrazeny jinými.

Fáze syntézy (zralosti)

V poslední fázi kompostovacího procesu již vzniká kvalitní humus. Teploty kompostu se vyrovnávají s teplotami okolí, dochází k nepatrnému poklesu hmotnosti, přičemž celkový pokles dosahuje až hodnot nad 50 % původní hmotnosti. V kompostu se nyní vyskytují žížaly, stonožky, drobný hmyz a živočichové. Délka kompostovacího procesu záleží na optimalizaci zakládky a na celkovém řízeném průběhu. V optimálních podmínkách se jedná o týdny (při kompostování v uzavřených prostorách i několik dní), podle vyhlášky MŽP č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady nemá být kratší než 60 dní.

Kompostovací podmínky

pH

Půdní reakce neboli pH je u kompostu důležitá především pro aktivitu mikroorganismů. Optimální podmínky nastávají, když se hodnota pH pohybuje v rozmezí 6 – 8, přičemž pokles pod hodnotu 6 způsobuje podle druhu mikroorganismů a bakterií pokles jejich aktivity nebo dokonce úhyn. Koncentrace vodíkových iontů (pH) je nejvíce ovlivňována surovinovou skladbou kompostu.

Na hodnotu pH má však značný vliv také provzdušňování kompostu. Pokud je kompost provzdušňován málo, půdní reakce klesá v důsledku vzniku kyselin, které produkují vyskytující se anaerobní bakterie. Těmto bakteriím totiž vyhovuje prostředí s

nedostatkem kyslíku. Pokud je v zakládce zajištěn optimální přístup vzdušného kyslíku, hodnoty půdní reakce se zvyšují, prostředí se stává více alkalickým. Kromě aerace je hodnota pH závislá také na množství obsažené vody a struktuře materiálu, používaného pro založení zakládky. Tento materiál by měl obsahovat snadno degradovatelné organické látky a dostatek volných pórů umožňujících jak přístup vzduchu, tak také zadržování vody. Tyto skutečnosti stanovují podmínky pro mikroorganismy.

Teplota

Minimální teplota, kterou je potřeba v zakládce dodržet, je závislá na použité surovinové skladbě a případném výskytu patogenů, škůdců nebo chorob. Pokud se v surovinách objevují patogenní organismy, které by mohly vykazovat případné nebezpečí pro kvalitu finálního kompostu, je potřeba zajistit teploty vyšší než 55 - 60 °C po dobu nejméně 21 dnů. V ostatních případech by se měla optimální teplota pohybovat cca kolem 50 – 55 °C.

Po promísení kompostu zpravidla dochází k prudkému nárůstu teplot. Pokud nedochází k tomuto vývoji, jsou zřejmě některé podmínky pro mikroorganismy nepříznivé a proces neprobíhá správně. Naopak k prudkému poklesu teplot dochází, obsahuje-li kompost příliš vysoký podíl vody, který zabraňuje vzduchu dostat se do volných pórů, nebo také například při nedostatku dusíku. Všechny tyto nedostatky by se měly vrátit do původního stavu po překopání a dodání vzdušného kyslíku.

Zralost kompostu se projevuje stálým poklesem teploty po dobu minimálně dvou měsíců. Klesne-li teplota kompostu na teplotu okolního prostředí, není kompost ještě zcela vyzrálý a jeho aplikace na půdu je nevhodná. Maximální teplota, která by při kompostovacím procesu neměla být překročena, je zhruba okolo 65 – 68 °C. Takovou zakládku je vhodné ochladit zálivkou. Dochází zde totiž ke snížení aktivity mikroorganismů, tedy ke zpomalení degradace, případně k jejich úhynu. Měření teploty v kompostu může být prováděno několika metodami. První z nich je zapichování tyčového teploměru, který může mít analogový nebo digitální výstup. Během procesu by mělo docházet ke sledování průběhu teplot každý den do sedmého dne od založení zakládky (některé zdroje uvádí den desátý), dále pak přibližně jedenkrát za čtyři dny.

Teplota kompostu je nejčastěji měřena pomocí krechtového teploměru. Vhodné je teplotu měřit ve středu výšky zakládky, minimální hloubka zavedení teploměru je 1m od povrchu hromady. Intervaly měření by měly být pravidelné pro získání jasné

představy o správnosti procesu a konkrétní fázi zrání. Naměřené kontrolní hodnoty jsou tak důležitým ukazatelem průběhu kompostování.

Vlhkost

Vlhkost je vysoce důležitou vlastností, kterou si kvalitní kompost musí udržet jak na začátku, tak po celou dobu průběhu kompostovacího procesu. Stejně jako teplota je vlhkost důležitým faktorem, který ovlivňuje aktivitu mikroorganismů. Vodu a kyslík totiž potřebují ke svému životu a bez těchto složek, resp. při nedodržení jejich optimálních hodnot nedochází k požadované degradaci.

Vlhkost přímo souvisí s pórovitostí a pohybuje se v širokém rozmezí dle materiálu použitého do zakládky od 45 až do 70 %. Na začátku průběhu procesu by se měly hodnoty vlhkosti pohybovat znatelně výš než hodnoty vyzrálého kompostu. Suroviny je však třeba volit raději s nižším stupněm vlhkosti, neboť je snazší upravit míru vlhkosti směrem nahoru, než snižovat obsah vody v převlhčeném kompostu. Hodnoty vlhkosti nad 70 % mohou způsobovat nástup nežádoucích anaerobních procesů. Monitorování tohoto kritéria je důležité pro udržení podmínek aerobního kompostování. Při nedostatečném přístupu kyslíku z důvodu nadměrné vlhkosti se děje aerobní začínají měnit v anaerobní.

Poměr C:N

Optimální poměr uhlíku a dusíku ve finálním produktu by se měl pohybovat mezi hodnotami 25 – 35 : 1. Stejně jako ostatní zmiňované faktory, i poměr C : N má značný vliv na činnost mikroorganismů, ale také na dobu zrání kompostu a v neposlední řadě na kvalitu výsledného produktu. K zajištění této hodnoty je potřeba zvolit suroviny, které mají tento poměr vyšší.

Například abychom dosáhli u zralého kompostu poměru C : N v rozmezí 25 - 30 : 1 (vysoká stabilita a agronomická účinnost), je třeba optimalizovat C : N v čerstvém kompostu v rozmezí 30 – 35 : 1. S touto zkušeností je nutné počítat především proto, protože v průběhu procesu dochází k úniku části uhlíku přeměněného na formu CO₂ a celkové množství vázaného uhlíku klesá.

Zvolíme-li suroviny s příliš vysokým poměrem C a N, prodlužujeme tím dobu zrání kompostu a k dodatečnému rozkladu může docházet dokonce ještě po aplikaci kompostu na půdu. Důsledkem tohoto jevu je úbytek dusíku v půdě a v souvislosti s tím i nedostatek volného dusíku přístupného rostlinám. Naopak, je-li poměr příliš nízký,

obsah dusíku je vyšší než obsah uhlíku. Doba zrání se stejně jako v předchozím případě prodlužuje. Proto je třeba zvolit vhodné suroviny a vytvořit tak optimální podmínky.

Tabulka č. 1 Příklady obsahu C a N v různých organických hmotách

Látka	Vlhkost	Org. hmota (% suš.)	Dusík (% suš.)
Chlévská mrva	72-82	78-85	1,8-2,4
Listí	16-40	88-94	0,9-1,5
Výlisky ovoce	65-88	78-92	0,1-0,6
Piliny	45-70	97-99	0,0-0,2

Obsah kyslíku

Přítomnost a vysoká koncentrace kyslíku v základce kompostu je důležitá zejména pro mikroorganismy, neboť jejich činnosti nejsou závislé jenom na živinách, vlhkosti a vhodné půdní reakci, ale především na obsahu kyslíku. Přítomnost vzdušného kyslíku je totiž základem pro aerobní proces degradace látek.

Mikroorganismy při svých činnostech (rozkladu látek) čerpají ze svého okolí kyslík a přeměňují jej na oxid uhličitý. V základce tedy musí docházet k dokonalé výměně plynů, kterou zabezpečujeme překopáváním pomocí překopávače nebo vháněním čerstvého a odčerpáváním znečištěného vzduchu. Vhodný způsob dodávání kyslíku a zajištění výměny plynů je závislý na druhu použité kompostovací technologie.

Obsah vzdušného kyslíku by se měl pohybovat nad hodnotou 6 % objemu pórů. Kromě kyslíku se v pórech usazuje voda, která je však schopna se při dosažení vysokých teplot odpařovat a tvořit volná místa v pórech pro obsazení vzduchem. Obsah kyslíku je tak přímo závislý na pórovitosti a vlhkosti. Nejen z důvodu dodání potřebného množství kyslíku a odstranění vody z pórů je pro odstranění vlhkosti a zajištění odpovídající struktury vhodné použít překopávací techniku a zajistit tak v základce optimální podmínky.

První známkou nedostatku kyslíku v základce je zpravidla linoucí se zápach. Pokud je v základce kyslíku dostatek, degradační procesy probíhají požadovaným způsobem a látky, které jsou produktem činnosti organismů nezapáchají. Kompost s nedostatkem kyslíku lze tedy rozeznat podle kyselého až hnilobného zápachu. Je-li v pórech nedostatek vzduchu, ať už z důvodu malé pórovitosti nebo vysokého objemu vody, aerobní proces se začíná měnit v proces anaerobní. V tomto případě nastupují děje, při

nichž dochází ke vzniku plynů jako je například metan nebo sirovodík (silně zapáchající plyn). Tato skutečnost má negativní vliv na další průběh procesu kompostování a výslednou kvalitu finálního produktu. Proto je nutné obsah kyslíku po celou dobu průběhu kompostovacího procesu monitorovat a to nejlépe současně s měřením teploty v základce.

Pórovitost

Pórovitost udává v pravém slova smyslu procentuální část celkového objemu kompostu, kterou tvoří póry. Tyto póry pak mohou být naplněny vzduchem nebo vodou. Při nedostatku vody je činnost mikroorganismů omezena nebo dokonce zastavena, při její přemíře začíná docházet k hnití a tím se snižuje kvalita kompostu. Ideálním stavem je tedy taková pórovitost, kdy je 70 % pórů v kompostu zaplněno vodou, ve zbylých pórech se pak vyskytuje vzduch.

Pórovitost stoupá v závislosti na celkovém množství obsažených organických látek, které se v průběhu kompostovacího procesu snižují. Pórovitost přímo ovlivňuje velikost částic. Čím větší je styčná plocha jednotlivých částic, tím rychlejší a kvalitnější je pak vzájemné působení částic s mikroorganismy.

Důležitá je homogenita a zrnitost, na kterých je pórovitost závislá. Zjištění homogenity je důležité pro zajištění co nejlepšího promísení všech složek základky. Spolu se zrnitostí tento parametr můžeme upravovat pomocí překopávače nebo již v počátku kompostovacího procesu vhodnou volbou surovinové základky, dostatečným nadrcením nebo promícháním. Udržet optimální stupeň pórovitosti pak pomáhá přidavek dřevní štěpky nebo jiné dřevní hmoty.

Kapitola byla volně zpracována s využitím následujících dokumentů – [1],[2],[3] a [4]

Kvalitativní vlastnosti vystupujících kompostů

Agrochemické hodnocení

Agrochemické hodnocení je zjišťováno z důvodu stanovení kvality kompostu pomocí několika parametrů. Tyto parametry, neboli znaky jakosti, stejně jako ostatní parametry a limity, stanovuje vyhláška Min. zemědělství č. 474/2000 Sb. a také vyhláška č. 341/2008 Sb. Znakem jakosti je například procentuální vlhkost, celkový dusík, celkový fosfor, půdní reakce nebo poměr C : N.

Tabulka č. 2 – Znaky jakosti kompostu

Znaky jakosti	Jednotky	Hodnota znaku jakosti
Vlhkost	% hm.	Od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku, min. 40 až 65
Spalitelné látky v sušině vzorku	% hm.	min. 25
Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek	% hm.	min. 0,6
Poměr C:N*		min. 20 (max. 30)
pH	-	6,0 – 8,5
Nerozložitelné příměsi	% hm.	max. 2,0

Limitní koncentrace vybraných rizikových látek a prvků pro rekultivační kompost dle vyhl. č. 341/2008 jsou uvedeny v tabulce č.3, Výstupy označené jako Třída I-III jsou výrobky podle vyhl. č. 341/2008, nelze je však použít na zemědělskou a lesní půdu. Rekultivační komposty se používají k údržbě zeleně a parků, k rekultivaci, k terénním úpravám v průmyslových zónách apod.

Tabulka č. 3 – Limitní koncentrace vybraných rizikových látek a prvků pro rekultivační kompost dle vyhl. č. 341/2008

Sledovaný ukazatel	Jednotka	Výstupy (skupina 2)			Stabilizovaný biologicky rozložitelný odpad (skupina 3)
		Třída I	Třída II	Třída III	
As	mg/kg sušiny	10	20	30	40
Cd	mg/kg sušiny	2	3	4	5
Cr celkový	mg/kg sušiny	100	250	300	600
Cu	mg/kg sušiny	170	400	500	600
Hg	mg/kg sušiny	1	1,5	2	5
Ni	mg/kg sušiny	65	100	120	150
Pb	mg/kg sušiny	200	300	400	500
Zn	mg/kg sušiny	500	1200	1500	1800
PCB	mg/kg sušiny	0,02	0,2	-	dle způsobu využití
PAU	mg/kg sušiny	3	6	-	dle způsobu využití
Nerozložitelné příměsi >2 mm	% hm.	max. 2% hm.	max. 2% hm.	-	-
AT ₄	mg O ₂ / g sušiny	-	-	-	< 10

V následující tabulce jsou uvedena kritéria pro kontrolu účinnosti hygienizace prováděné na základě sledování indikátorových mikroorganismů dle vyhl. 341/2008 Sb.

Tabulka č. 4 – Kritéria pro kontrolu účinnosti hygienizace, prováděné na základě sledování indikátorových mikroorganismů dle vyhl. 341/2008 (platí pro komposty třídy I a II skupiny 2 dle vyhlášky 341/2008 Sb.)

Indikátorový mikroorganismus	Výstup	Jednotky	Počet zkoušených vzorků při každé kontrole výstupu	Limit (nález/KTJ*)
<i>Salmonella spp.</i>	Rekultivační kompost/rekultivační digestát	nález v 50g	5	negativní
<i>Termotolerantní koliformní bakterie**</i>	Rekultivační kompost/rekultivační digestát	KTJ v 1 gramu	5	2 <10 ³ 3 <50
<i>Enterokoky**</i>	Rekultivační kompost/rekultivační digestát	KTJ v 1 gramu	5	2 <10 ³ 3 <50

Poslední tabulka (č.5) uvádí limitující obsahy rizikových prvků v hnojivech (kompostech) dle zákona o hnojivech:

Tabulka č. 5 požadavky na složení hnojiva podle vyhlášky Min. zemědělství č. 474/2000 Sb.,

A. Substráty	kadmium	olovo	rtuť	arsen	chrom	měď	molybden	nikl	zinek
mg/kg sušiny	2	100	1,0	20	100	100	3	20	300
B. Organická a statková hnojiva									
mg/kg sušiny	2	100	1,0	20	100	150	20	50	600

2.3.3 Strojní vybavení kompostovací linky

Technologie kompostování na zpevněných, nezakrytých, vodohospodářsky zabezpečených (popř. polních nezabezpečených) plochách, na kterých jsou kompostované suroviny zakládány do pásových hromad, umožňuje zajistit kvalitní zpracování zbytkové biomasy. Technologie kompostování v pásových hromadách je ideální výchozí technologií řízeného kompostování, která umožňuje vysoký stupeň mechanizace běžně dostupnými technickými prostředky. Z důvodu udržování průběhu kompostovacího procesu v optimálních podmínkách je nutné celý proces plně mechanizovat, monitorovat a řídit.

Znakem dalšího vývoje v problematice kompostování je jednoduchá kompostovací jednotka. Mechanizaci všech operací na těchto kompostovacích jednotkách zajišťují jednoduché stroje poháněné jedním mobilním energetickým prostředkem, které jsou sestaveny do kompostovací linky obsluhované jedním pracovníkem a jsou pro zpracovatele zbytkové biomasy snadno dostupné. Vhodná roční kapacita takovéto kompostovací jednotky je kolem 1000 t vyrobeného kompostu za rok.

Vzhledem k nové legislativě v oblasti biologicky rozložitelných odpadů lze očekávat, že zpracovávání zbytkové biomasy pomocí metody kompostování v pásových hromadách na volné ploše nabude v budoucnosti mnohem většího rozšíření a to jak v zemědělské, tak i v komunální sféře.

Z hlediska optimálního sestavení kompostovací linky, která bude využívána na malých a středních kompostovacích jednotkách, je základním článkem mobilní energetický prostředek, ke kterému je možné připojit tyto technické prostředky:

- **univerzální čelní lopatu, popř. zemědělský drapák**
(pro vrstvení a urovnání pásových hromad zpracovávaných surovin, popř. kompostu),
- **drtič, popř. štěpkovač**
(pro jemnou dezintegraci kompostovaných surovin, zakládaných do pásových hromad),
- **překopávač kompostu**
(pro překopávání pásových hromad kompostu zejména z důvodu zajištění dostatečného provzdušňování kompostovacího procesu),
- **prosévací zařízení,**
- **adaptér pro svinování a rozbalování plachty na přikrývání pásové hromady,**
- **zařízení pro aplikaci kapalin, popř. dávkování biotechnologických přípravků,** eventuálně další potřebné technické prostředky

Originalita řešení spočívá v možnosti provést jednotlivé technologické operace pro přeměnu zbytkové biomasy na kompost vysoké kvality jedním pracovníkem za pomoci jednoho mobilního energetického prostředku.

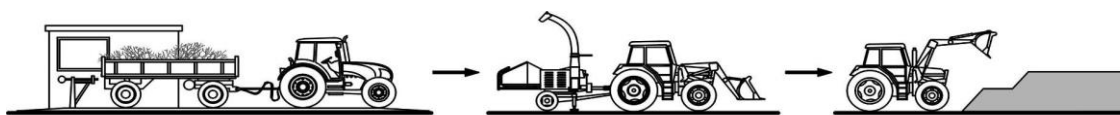
MOŽNOSTI PROVEDENÍ KOMPOSTOVACÍ LINKY:

VARIANTA I - kompostovací linka s kolovým traktorem (obr.2)

Využívá pro zajištění jednotlivých operací řadu technických prostředků, které je možno připojit k jednomu mobilnímu energetickému prostředku, v zemědělství nejčastěji kolovému traktoru, případně k univerzálnímu čelnímu nakladači, nebo speciálnímu nosiči nářadí. Po připojení mobilního energetického prostředku s příslušným technickým prostředkem zajišťuje souprava jednotlivé technologické operace procesu kompostování.

Obr. 2

Kompostovací linka s jedním mobilním energetickým prostředkem



Dovoz a příjem surovin - vytváření pásových hromad

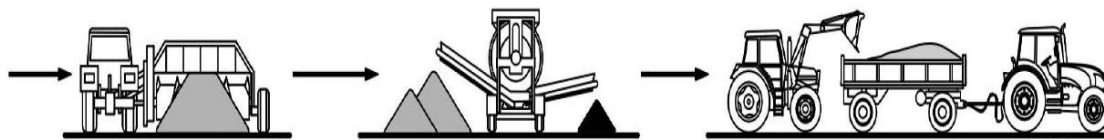
- kolový traktor
- traktorový sklápěcí přívěs
- mostová váha

Jemná dezintegrace

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

Zakládání kompostu

- 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

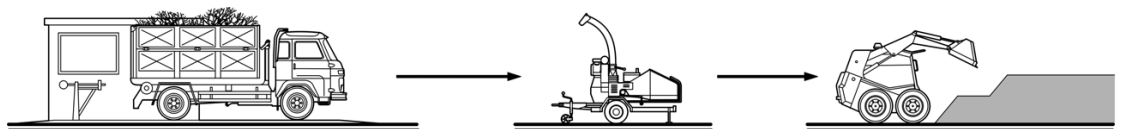
- kolový traktor s čelní lopatou
- traktorový sklápěcí přívěs

VARIANTA II - kompostovací linka složená z jednoúčelových strojů (obr.3)

Pro 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.

Obr. 3

Kompostovací linka sestavená z jednoúčelových strojů



Dovoz a příjem surovin kompostu

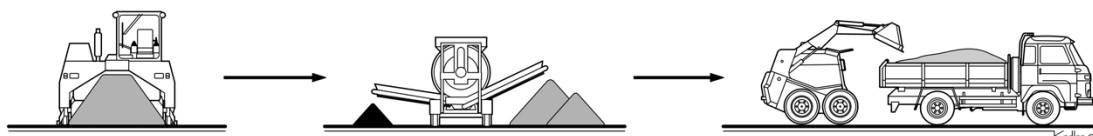
- nákladní komunální vozidlo
- mostová váha

Jemná dezintegrace

- drtič s vlastním pohonem pracovního ústrojí

Zakládání vytváření pásových hromad

- univerzální čelní nakladač



Překopávání kompostu

- překopávač kompostu samojízdný

Prosévání kompostu

- rotační síto válcové s vlastním pohonem

Nakládání a odvoz hotového kompostu

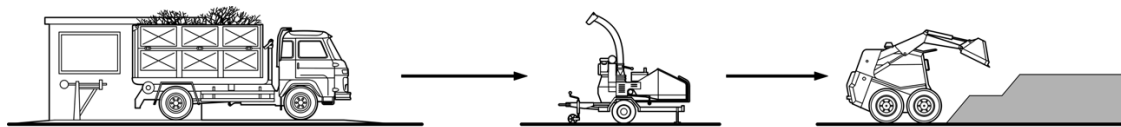
- univerzální čelní nakladač

VARIANTA III - kompostovací linka kombinovaná (obr.4)

Vznikla 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. Tato varianta částečně snižuje investiční náklady VARIANTY II a současně zvyšuje výkonnost celé linky oproti výkonnosti linky ve VARIANTĚ I.

Obr. 4

Kombinovaná kompostovací linka



Dovoz a příjem surovin

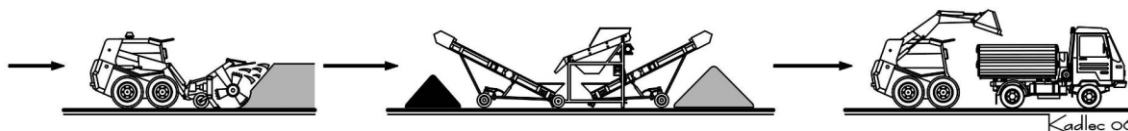
Jemná dezintegrace

**Zakládání kompostu –
vytváření pásových hromad**

- nákladní komunální vozidlo
- mostová váha

- drtič s vlastním pohonem pracovního ústrojí
(štěpkovač poháněný vývodovým hřídelem)

- univerzální
čelní nakladač



Překopávání kompostu

Prosévání kompostu

**Nakládání a odvoz hotového
kompostu**

- univerzální čelní nakladač
- připojitelný překopávač kompostu nesený vpředu

- vibrační síto s vlastním pohonem
- pásový dopravník

- univerzální čelní nakladač
- nákladní komunální vozidlo

Kapitole byla volně zpracována s využitím následujících dokumentů – [5] a [6]

PŘÍKLADY STROJNÍCH SOUPRAV PRO KOMPOSTOVACÍ LINKY

**Obr. 5: Souprava pro překopávání kompostu
(nakladač a připojitelný překopávač kompostu)**



**Obr. 6: Souprava pro dezintegraci dřevní biomasy
(nakladač a připojitelný štěpkovač)**



2.4 Přehled právních předpisů

2.4.1 Evropské předpisy

- Rámcová směrnice o odpadech 2008/98/ES
- Směrnice Rady 1996/61/ES o integrované prevenci a omezování znečištění (IPPC)
- Směrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů
- Rozhodnutí Rady 2003/33/EC, kterým se stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládkách podle článku 16 směrnice 1999/31/ES a její přílohy II
- Nařízení komise (ES) č. 777/2008 ze dne 4.8.2008, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) 1774/2002 o nakládání s vedlejšími živočišnými produkty

2.4.2 Národní předpisy – oblast odpadů

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů, poslední úpravy č. 9/2009 Sb.

- Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství ČR
- Vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady ve znění pozdějších předpisů (poslední aktualizace č. 478/2008 Sb.)
- Vyhláška MŽP č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady
- Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., Katalog odpadů ve znění pozdějších předpisů (č. 374/2008)
- Vyhláška MŽP č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady

2.4.3 Národní předpisy – ochrana životního prostředí

- Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů (č. 483/2008 Sb.)
- Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci ve znění č. 521/2002 Sb.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách ve znění č. 181/2008 Sb.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích ve znění č. 180/2008 Sb.
- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí ve znění č. 216/2007 Sb.
- Zákon č. 460/2004 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu

2.4.4 Národní předpisy – hnojiva

- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd
- Nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech ve znění č. 108/2008 Sb.
- Vyhláška č. 271/2009, o stanovení požadavků na hnojiva
- Norma ČSN 465735 – průmyslové komposty, norma je pouze doporučená

3. Cíl práce

Cílem práce je vytvořit ucelený přehled malé mechanizace používané při kompostování a na základě analýzy vybrat vhodná kritéria pro porovnání jednotlivých typů strojů.

4. Prostředky malé mechanizace používané při kompostování

Při zpracovávání zbytkové biomasy technologií kompostování je nutné pro splnění optimálních podmínek kompostovacího procesu a následné konečné úpravy hotového produktu včetně jeho distribuce mechanizačně zajistit provedení řady operací. Pro kompostárny o kapacitě okolo 1000t/rok je velmi výhodné používat energetické a technické prostředky označované jako malá mechanizace. Termín malá mechanizace je velmi široce používaný a zahrnuje obecně malé a menší energetické a technické prostředky používané při práci v zahradách, sadech, zahradnictví apod. [7] a zahrnuje výkony již od několika kW. V článku [8] je uváděn výkon malé mechanizace používané pro kompostování okolo 35 kW, se kterým lze plně souhlasit. Při výběru malé mechanizace pro kompostování jsem v této práci vycházel z výkonu strojů v rozmezí 25 – 50 kW. Jako určující výkon v kompostovací lince je přípojný výkon drtičů a překopávačů. Potřebný výkon pro připojení začíná na hranici kolem 25 kW, průměrný potřebný přípojný výkon výkonných překopávačů a drtičů se pohybuje mezi 35 – 40 kW. Energetický prostředek tedy musí disponovat tímto minimálním výkonem, takže horní hranice výkonu malé mechanizace je omezena přibližně výkonem 50 kW. U síťovacího zařízení, které je většinou poháněno elektromotorem, je možné v kompostovací lince použít zařízení i s výkonem pod 25 kW.

Do základního vybavení každé kompostovací linky by měly patřit technické prostředky malé mechanizace, které lze rozdělit do následujících skupin strojů:

- **energetický prostředek,**
- **drtič nebo štěpkovač,**
- **překopávač kompostu,**

- **prosévací zařízení,**
- **ostatní zařízení** – tato skupina zahrnuje např. adaptér pro svinování a rozbalování plachty na přikrývání pásové hromady, zařízení pro aplikaci kapalin, popř. dávkování biotechnologických přípravků a eventuálně další potřebné technické prostředky. Jedná se zejména o jednoúčelové aplikace, které nemají široké použití a z tohoto důvodu nebudou již obsaženy v přehledu malé mechanizace v další kapitole.

Pro zajištění jednotlivých operací jsou uplatňovány technické prostředky malé mechanizace, které jsou vhodně poskládány do kompostovací linky:

- s jedním energetickým zdrojem a řadou připojitelného nářadí,
- složené z jednoúčelových strojů s vlastním pohonem,
- složené kombinací předcházejících dvou variant.

4.1 Přehled malé mechanizace používané při kompostování

V následujících přehledech a popisech jednotlivých energetických a technických prostředků jsou u výčtu popisovány typy a druhy jednotlivých zařízení. Pro celkový přehled jsou zde uvedeny i typy, které svým výkonem do malé mechanizace nepatří, jsou zde ale uvedeny pro komplexnost přehledu. U každé skupiny technických prostředků jsou v závěru uvedeny tabulky s přehledem technických a ekonomických ukazatelů parametrů malé mechanizace dostupné na současném trhu, včetně vyobrazení technických prostředků. Výčet uvedených typů v tabulkách není samozřejmě úplný, získat seznam všech dostupných strojů na trhu nebylo v rámci této bakalářské práce zvládnutelné. Jednání s prodejci strojního vybavení není úplně jednoduché, a to platí zejména o získání údajů o cenách jednotlivých strojů. Uvedené seznamy ale poměrně dobře zahrnují přehled na současném trhu.

4.1.1 Energetické prostředky

V případě, že je kompostovací linka sestavena z jednoho energetického prostředku a sady přípojitelného nářadí, jsou jako energetické zdroje nejčastěji používány kolový traktor, nosič nářadí nebo nakladač (určený pro manipulaci s naváženými surovinami).

Jestliže je použit traktor nebo nosič nářadí, je nutné, aby k němu bylo možné připojit čelní nakladač a aby byl vybaven superredukční převodovkou, umožňující volbu plazivých jezdových rychlostí. Pokud tento reduktor traktor nemá, je možné u některých typů traktorů (např. ZETOR) přídatnou redukční převodovku nechat dodatečně namontovat. Ke kolovému traktoru jsou připojována různá pracovní zařízení, která zajišťují jednotlivé technologické operace procesu kompostování v pásových hromadách na volné ploše.

V případě použití nakladače jako energetického zdroje je nutné posoudit, zda je možné k němu mechanicky připojit další zařízení a zda nakladač disponuje dostatečným výkonem. Výhodou nakladače je, že bývá vybaven hydraulickým pohonem jezdů, a tím řeší otázku nízké jezdové rychlosti pro pohon překopávače.

Tabulka č. 6

Přehled malé mechanizace na současném trhu – energetické prostředky Technické a ekonomické parametry

Výrobce		ZETOR TRAKTOR a.s.		Energetický prostředek č. 1 –traktor	
Dodavatel pro ČR		Agrozet České Budějovice a.s. www.agrozet.com			
Typ		Proxima			
Rozměry stroje (mm)		šířka	1910		
		délka	3837		
		výška	2748		
Hmotnost (kg)		4151			
Motor		typ	zetur 7205		
		objem (cm ³)	4156		
		výkon (kw)	48		
		počet válců	4		
Cena v Kč (bez DPH)		731 280			
Poznámka		možnost 2WD + čelní nakladač			

Výrobce	Crona		Energetický prostředek č. 2 – traktor 
Dodavatel pro ČR	Cronimo s.r.o. Ludgeřovice www.malotraktorysilesia.cz		
Typ	604		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1650	
	délka	3540	
	výška	2450	
Hmotnost (kg)	2900		
Motor	typ	řadový vznětový	
	objem(cm ³)	4051	
	výkon (kw)	44,4	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	389 000		
Poznámka	možnost čelního nakladače		

Výrobce	Crona		Energetický prostředek č. 3 - traktor 
Dodavatel pro ČR	Cronimo s.r.o. Ludgeřovice www.malotraktorysilesia.cz		
Typ	504		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1650	
	délka	3540	
	výška	2450	
Hmotnost (kg) (kg)	2800		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	4020	
	výkon (kw)	36,8	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	324 167		
Poznámka	možnost čelního nakladače		

Výrobce	John Deere USA		Energetický prostředek č. 4 - traktor 
Dodavatel pro ČR	STROM PRAHA a. s Praha 9- Vinoř www.johndeere.cz		
Typ	5065E		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1790	
	délka	-	
	výška	1810	
Hmotnost (kg)	2800		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	2900	
	výkon (kw)	48	
	počet válců	3	
Cena v Kč (bez DPH)	-		
Poznámka	možnost čelního nakladače		

Výrobce	John Deere USA		Energetický prostředek č. 5 traktor
Dodavatel pro ČR	STROM PRAHA a. s. Praha 9- Vinoř www.johndeere.cz		
Typ	4320		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1916	
	délka	-	
	výška	2468	
Hmotnost (kg)	4000		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	2400	
	výkon (kw)	35,5	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	770 000		
Poznámka	možnost čelního nakladače		




Výrobce	STEYR Rakousko		Energetický prostředek č. 6 - traktor
Dodavatel pro ČR	AGRI CS a.s. Tišice www.agrics.cz		
Typ	4065		
Rozměry stroje (mm)	šířka	2300	
	délka	3440	
	výška	2439	
Hmotnost (kg)	2850		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	2400	
	výkon (kw)	48	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	1 083 174		
Poznámka	možnost čelního nakladače		




Výrobce	KIOTI		Energetický prostředek č. 7 traktor
Dodavatel pro ČR	ZTS Jindřichův Hradec s.r.o. www.zts-jih.cz		
Typ	DK551		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1968	
	délka	3663	
	výška	2716	
Hmotnost (kg)	5670		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	2197	
	výkon (kw)	54	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	590 033		
Poznámka	možnost čelního nakladače		




Výrobce	Pavel Šálek Agroservis		Energetický prostředek č. 8 traktor 
Dodavatel pro ČR	Pavel Šálek, Prostějov. s.r.o. www.agroservisps.cz		
Typ	Vega - komfort		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1130	
	délka	2970	
	výška	2020	
Hmotnost (kg)	1150		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	1649	
	výkon (kw)	26	
	počet válců	3	
Cena v Kč (bez DPH)	414 000		
Poznámka			

Výrobce	Brabson - USA		Energetický prostředek č. 9 - traktor 
Dodavatel pro ČR	IMPORTER s.r.o. Petrovice www.jhk-agro.cz		
Typ	5220R		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1620	
	délka	3316	
	výška	2489	
Hmotnost (kg)	1790		
Motor	typ	Vznětový	
	objem (cm ³)	2286	
	výkon (kw)	40,5	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	411 000		
Poznámka	možnost čelního nakladače		

Výrobce	TYM – USA		Energetický prostředek č. 10 -traktor 
Dodavatel pro ČR	Profigrass s.r.o. Brno www.profigrass.cz		
Typ	T433ST		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1591	
	délka	3590	
	výška	2590	
Hmotnost (kg)	2090		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	2120	
	výkon (kw)	31,4	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	469 000		
Poznámka	možnost čelního nakladače		

Výrobce	Kubota - Velká Británie		Energetický prostředek č. 11 - traktor 
Dodavatel pro ČR	Bonas spol s.r.o. Milevsko www.bonas.cz		
Typ	L 5240 HTSC		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1470	
	délka	3460	
	výška	2375	
Hmotnost (kg)	1920		
Motor	typ	vznětový	
	objem (cm ³)	2120	
	výkon (kw)	31,4	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	-		
Poznámka	možnost čelního nakladače		

Výrobce	Ing. Vojtěch Novotný		Energetický prostředek č. 12 - nakladač 
Dodavatel pro ČR	ZTS Jindřichův Hradec s.r.o. www.zts-jh.cz		
Typ	B 861		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1730	
	délka	3445	
	výška	2025	
Hmotnost (kg)	3350		
Motor	typ	zetur 7203	
	objem (cm ³)	3922	
	výkon (kw)	45	
	počet válců	4	
Objem lopaty (m³)	0,5		
Cena v Kč (bez DPH)	670 000		
Poznámka	možnost motorů jiných značek		

Výrobce	JCB – USA		Energetický prostředek č. 13 - nakladač 
Dodavatel pro ČR	ZTS Jindřichův Hradec s.r.o. www.zts-jh.cz		
Typ	403 AGRI		
Rozměry stroje (mm)	Šířka	1050	
	délka	3959	
	výška	2499	
Hmotnost (kg)	1990		
Motor	Typ	DEUTZ	
	objem (cm ³)	1,72	
	výkon (kw)	27	
	počet válců	3	
Objem lopaty (m³)	0,33		
Cena v Kč (bez DPH)	700 000		
Poznámka	nastavitelný sloupek řízení		

Výrobce	Avant Tecno OY - Finsko		Energetický prostředek č. 14 - nakladač 
Dodavatel pro ČR	Avistech s.r.o Velešín http://www.avistech.cz		
Typ	Avant 700		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1350	
	délka	2850	
	výška	2055	
Hmotnost (kg)	1700		
Motor	typ	Kubota V2403	
	objem (cm ³)	3922	
	výkon (kw)	36,5	
	počet válců	3	
Objem lopaty (m³)	0,5		
Cena v Kč (bez DPH)	849 900		
Poznámka	široká možnost příslušenství		

4.1.2 Drtiče a štěpkovače (dezintegrační zařízení)

Pro zpracování dřevní hmoty nebo vstupních surovin s větší hrubostí je nutno, aby kompostárna byla vybavena vhodným drtičem nebo štěpkovačem pro úpravu velikosti vstupní suroviny. Z velké části se jedná o drcení nebo štěpkování biomasy o vlhkosti okolo 50 %. V těchto strojích se výrazně zmenšuje objem surovin (musí rozdrtit organické zbytky na malé částice o objemu 5 až 50 mm³) a vytváří se zhomogenizovaná hmota, vhodná jako vstupní surovina do zakládky kompostu.

Obecně z hlediska kompostování platí:

- čím menší jsou částice, tím je větší oxidační plocha a biodegradabilní proces probíhá účinněji
- čím surovina lépe degraduje, tím větší mohou být její částice v zakládce
- čím menší částice jsou požadovány, tím větší jsou ekonomické náklady na jejich rozdrčení

Dle technologie jemné dezintegrace dřevní biomasy rozlišujeme drtiče a štěpkovače.

4.1.2.1 Drtiče

Drtiče slouží v kompostovacích linkách k drcení větví, zelené hmoty, kůry a dalších podobných biopadů. Na materiál určený k drcení se působí buď pracovním ostřím, úderem nebo tlakem, čímž dochází ve velké míře k jeho lámání, štípání, případně rozmělnění na menší částice.

Rozdělení drtičů lze provést podle uvedených hledisek [5]:

- podle energetického zdroje
 - připojitelné k energetickému prostředku
 - přívěsné s vlastním motorem pro pracovní ústrojí
 - samojízdné s vlastním pohonem
- podle způsobu pohonu
 - elektromotorem
 - spalovacím motorem
 - od vývodové hřídele traktoru
- podle příkonu motoru
 - malé - drtiče s motorem 1 -3 kW pro domácí použití
 - střední – drtiče s motorem 3 – 50 kW pro profesionální práci údržby zeleně (25 - 50 kW vhodné jako malá mechanizace pro kompostování)
 - velké – drtiče s motorem nad 50 kW pro specializované firmy zabývající se zpracováním biopadů
- podle druhu pracovního ústrojí
 - kladivové
 - síťové
 - cepové
 - bubnové
 - talířové
 - nožové
 - spirálové ostří

- kombinované
- s frézovacím válcem
- se šnekovým řezacím mechanismem
- podle způsobu přepravy
 - přenosné
 - převozné
 - samojízdné

4.1.2.2 Štěpkovače

Štěpkovače jsou stroje určené k beztržskému dělení dřeva napříč nebo podél jeho vláken. Slouží pro zpracování dřevních zbytků větších rozměrů a vytváří štěpky požadované velikosti. Nejvhodnější z hlediska kvality štěpek je dřevo čerstvé a větších průměrů, z hlediska druhu dřeva měkké, rovné, bez suků, které pochází z kmene stromů. Vlastní výkon a kvalitu štěpkovačů ovlivňuje mechanické znečištění povrchu dřeva pískem, hlinou, kamením.

Při štěpkování odpadního dřeva určeného ke kompostování dochází však většinou ke zpracování nekvalitního a nesourodého dřeva. Z tohoto důvodu se energetické nároky na zpracování dřeva zvyšují.

Rozdělení štěpkovačů lze provést podle uvedených hledisek [5] :

- podle energetického zdroje
 - připojitelné k energetickému prostředku
 - přívěsné s vlastním motorem pro pracovní ústrojí
 - samojízdné s vlastním pohonem
- podle druhu pracovního ústrojí
 - štěpkovače s diskovým (kotoučovým) pracovním ústrojím
 - štěpkovače s bubnovým pracovním ústrojím
 - štěpkovače se spirálovým pracovním ústrojím

- podle příkonu motoru
 - malé - výkon motoru 25 – 50 kW (vhodné jako malá mechanizaci pro kompostování)
 - střední - výkon motoru 50 – 100 kW
 - velké - výkon motoru 100 – 450 kW
- podle způsobu přepravy
 - přenosný
 - jednonápravový nebo dvounápravový přívěs
 - samojízdný
- podle druhu podávacího ústrojí
 - s nuceným podáváním materiálu
 - se samopodávacím efektem
 - s gravitačním podáváním materiálu


Pro drtiče a štěpkovače platí, že jsou nezbytné pro úpravu bioodpadu a to zejména pro úpravu odpadního dřeva. O tom, který stroj a z které skupiny vybrat, je nutné velmi odpovědně rozhodovat, protože každá skupina má své klady a zápory.


Drtiče slouží k rozměňování materiálů a to tím způsobem, že je drtí a trhají na částice různých rozměrů a mají poměrně velký povrch, což je pro kompostovací proces nejlepší předpoklad. Výstupní produkt ze štěpkovače – štěpka má relativně malou aktivní plochu a to z hlediska kompostování většinou znamená značné prodloužení vlastního kompostovacího procesu. Další nevýhodou štěpkování je, že je vhodné pouze pro neznečištěné dřevo bez příměsí, a to proto, že pracovní ústrojí má pevné nože a může docházet k poškození.


Mezi přednosti štěpkovače můžeme zejména uvést schopnost produkovat štěpku téměř rovnoměrné velikosti. Z tohoto důvodu je štěpkování velmi široce používané při zpracování odpadního dřeva pro energetické využití, pro využití v kompostárnách je jeho význam menší.


Tabulka č. 7

Přehled malé mechanizace na současném trhu – dezintegrační zařízení
Technické a ekonomické parametry

Výrobce		Husmann - Německo		
Dodavatel pro ČR		MOUDER s.r.o. www.mouder.cz		
Typ		HFG I		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	-		
	délka	3 500		
	výška	1 800		
Hmotnost (kg)		1 200		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		30		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)		80		
Pracovní ústrojí		podávací válece, 24 drticích kladiv		
Výstup		pásový dopravní		
Pohon		hřídel traktoru		
Příkon (kW)		od 30		
Cena v Kč (bez DPH)		-		
Poznámka		možnost drcení dřeva i s malou příměsí kovů a zeminy		

Výrobce		Pezolato, Itálie		
Dodavatel pro ČR		SOME, s.r.o., Jindřichův hradec www.somejh.cz		
Typ		S 7000 G	S 7000 E	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 100		
	délka	3 000		
	výška	2 500		
Hmotnost (kg)		1 600	2 700	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		20		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)		30		
Pracovní ústrojí		podávací válec, 6 kladiv		
Výstup		skládací pásový dopravní		
Pohon		hřídel traktoru	el.motor	
Příkon (kW)		37	35	
Cena v Kč (bez DPH)		465 000	436 000	
Poznámka		Samočinné podávání		

Výrobce		CERNIN, s.r.o., Czech republic		Dezintegrační zařízení č.3 – drtič 
Dodavatel pro ČR		www.cernin.cz		
Typ		C9	C13	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 400	2 400	
	délka	5 500	5 720	
	výška	2 490	3 040	
Hmotnost (kg)		3 800	4 890	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		18	26	
Maximální průměr drceného materiálu (mm)		do 60		
Pracovní ústrojí		1 vertikální šnek s noži a protinožci		
Výstup		pásový dopravník		
Pohon		hřídel traktoru		
Příkon (kW)		39	47	
Cena v Kč (bez DPH)		+/- 670 000		
Poznámka				

Výrobce		CARAVAGGI, Itálie		Dezintegrační zařízení č.4 – drtič a štěpkovač 
Dodavatel pro ČR		Oslavan, a.s. www.oslavan.cz		
Typ		BIO 600		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	1 600		
	délka	5 500		
	výška	2 000		
Hmotnost (kg)		1 600		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		-		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)		120 drtič 180 štěpkovač		
Pracovní ústrojí		dva štěpkovací nože s protioštim		
Výstup		pásový dopravník		
Pohon		hřídel traktoru	vlastní pohon	
Příkon (kW)		35-50	39 44	
Cena v Kč (bez DPH)		-		
Poznámka		hřebíky a menší kameny neničí stroj ,		

Výrobce		LASKI, s.r.o., Smržice		Dezintegrační zařízení č.5 - štěpkovač
Dodavatel pro ČR		www.laski.cz		
Typ		LS 200 T		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	1 225		
	délka	2 560		
	výška	2 770		
Hmotnost (kg)		1 000		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		15		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)		200		
Pracovní ústrojí		2 nože		
Výstup		otočný komín		
Pohon		hřídel traktoru		
Příkon (kW)		od 30		
Cena v Kč (bez DPH)		239 000		
Poznámka		možnost drcení dřeva i s malou příměsí kovů a zeminy		



Výrobce		Vermeer		Dezintegrační zařízení č.6 - štěpkovač
Dodavatel pro ČR		Transtechnik CS s.r.o. Praha 10 www.transtechnikcs.cz		
Typ		BC 150	BC 200 XL	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	1 420	1 420	
	délka	3 850	3 950	
	výška	2 340	2 390	
Hmotnost (kg)		1 352	1 480	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		30		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)		200		
Pracovní ústrojí		podávací válce, 2x horizontální		
Výstup		otočný komín		
Pohon		vlastní motor (nafta)		
Příkon (kW)		26,5	27,5	
Cena v Kč (bez DPH)		488 700	627 000	
Poznámka		Samočinné podávání		



Výrobce	Vilém Bytroň		Dezintegrační zařízení č.7 - štěpkovač 
Dodavatel pro ČR	www.bystron.cz		
Typ	Barakuda		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 050	
	délka	1 080	
	výška	2 000	
Hmotnost (kg)	700		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)	4		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)	120		
Pracovní ústrojí	-		
Výstup	Komínek		
Pohon	hřídel traktoru		
Příkon (kW)	od 30		
Cena v Kč (bez DPH)	130 000		
Poznámka	Samočinné podávání		

4.1.3 Překopávače kompostu

Překopávání kompostu je nejdůležitější pracovní operací v celém technologickém postupu rychlokompostování. Jeho účelem je provzdušnit kompost, a tím dosáhnout řízení mikrobiální činnosti. Z hlediska dosahované výkonnosti, celkového využití pracovního času, kvality práce, ale i prostorových nároků na kompostovací stanoviště, jsou nejvýhodnější překopávače pracující kontinuálně.

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

- kvalitní promísení a provzdušnění surovin v celé výšce překopávaného profilu,
- nízká pracovní rychlost a možnost její regulace v rozsahu 0 - 1000 m.h⁻¹,
- případně částečné rozmělnění navezených surovin,
- formování překopávaných surovin do hromady rozměrově určeného profilu,
- dobrá manévrovatelnost a pojezdové vlastnosti pro pohyb po pracovní ploše.

Rozdělení překopávačů kompostu lze provést podle uvedených kritérií:

- podle energetického zdroje
 - přípojitelné - nesené
 - přívěsné
 - samonosné
- podle výkonnosti
 - malé do $200 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ (do $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
 - střední $200 - 400 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ ($300 - 600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
 - velké nad $400 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ (nad $600 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
- podle pracovního ústrojí
 - rotorové - přesun hmoty dozadu
 - přesun hmoty do strany
 - dopravníkové

4.1.3.1 Překopávač kompostu nesený

Nesený překopávač zpracovává hmotu rotorem tak, že ji promíchává a sune do strany, kde vytváří novou hromadu. Umožňuje tak zpracovávat materiál z více řad či z jedné široké řady do jedné řady bez požadavku na místo pro průjezd soupravy.

Nesený překopávač kompostu je možné pro jeho málo stabilní pracovní polohu využívat jen pro lehké materiály a vyžaduje energetický prostředek s plazivou rychlostí do $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Překopávače nesené vzadu a vyžadující jízdu energetického prostředku při překopávání pozpátku, se někdy označují jako tlačené. Pokud je k nosnému rámu připevněno podpěrné kolo, jsou potom takovéto stroje zařazovány do skupiny **překopávačů návěsných**.

4.1.3.2 Překopávač kompostu přívěsný

Přívěsný překopávač bývá zpravidla tažen za energetickým prostředkem a pracovní ústrojí (rotor) překopává kompost na hromadě, podle které energetický prostředek jede plazivou rychlostí do $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Přívěsný překopávač má dobrou stabilitu při překopávání. Je vhodný pro středně těžké překopávané suroviny a vyžaduje energetický prostředek s plazivou rychlostí do $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Většina přívěsných překopávačů je

vybavena nádrží, umístěnou na podvozku, která slouží jednak jako zátěž pro zlepšení pojezdových vlastností, jako protizávaží při sklápění mostu a jako zásobník pro zvlhčovací tekutinu či startovací roztok.

4.1.3.3 Překopávač kompostu samojízdný


Jde o energetický prostředek mobilní, u kterého lze využívat různé druhy pohonu a tím i dosahovat různých výkonů. Samojízdný překopávač kompostu je složen z pojezdového ústrojí a překopávacího ústrojí. Pro pohon těchto ústrojí slouží jeden agregát, nebo je pro každé ústrojí agregát samostatný.


Překopávač pro pojezd využívá kola s pneumatikami anebo pásy, a to jak gumovými, tak i ocelovými. Překopávací ústrojí se skládá z tunelu, v jehož spodní části je umístěn pracovní rotor s pravolevou šnekovicí vybavenou pracovními orgány. Rotor bývá výškově nastavitelný. Většina zařízení je vybavena i různými příhrnovacími štíty. Všechny samojízdné překopávače spadající do kategorie malé mechanizace bývají snadno převozitelné a mají velmi snadnou a pohodlnou obsluhu.


Jejich využití bývá spíše pro lehké a středně těžké suroviny a tomu odpovídá i pojezdová rychlost, která se pohybuje v rozmezí 0 až 3 km.h⁻¹.


Tabulka č. 8


Přehled malé mechanizace na současném trhu – překopávače kompostu Technické a ekonomické parametry

Výrobce		Pezzolato, Itálie		
Dodavatel pro ČR		SOME, s.r.o., Jindřichův hradec www.somejh.cz		
Typ		PRT 2500		
Pracovní prostor (mm)	šířka	2 500		
	výška	1 400		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	4 100		
	délka	1 970		
	výška	3 600		
Hmotnost (kg)		2500		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		700		
Způsob připojení		Tažený		
Požadovaný příkon (kW)		37,5		
Cena v Kč (bez DPH)		489 900		
Poznámka		poháněn vývodovým hřídelem traktoru s výstupními otáčkami 540 min ⁻¹		


Výrobce		Gujer		Překopávač kompostu č.2 - přípojný 
Dodavatel pro ČR		Avistech s.r.o. Velešín http://www.avistech.cz/		
Typ		TG 201	TG 231	
Pracovní prostor (mm)	šířka	2 200	2 500	
	výška	1 200	1 250	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 590	3 500	
	délka	1 030	1 750	
	výška	-	-	
Hmotnost (kg)		400	1 950	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		600	650	
Způsob připojení		tlačený	tažený	
Požadovaný příkon (kW)		18-35	20-45	
Cena v Kč (bez DPH)		331 000	410 000	
Poznámka				

Výrobce		Ostratický s.r.o.		Překopávač kompostu č.3- přípojný 
Dodavatel pro ČR		Týnec u Břeclavi, www.ostraticky.cz		
Typ		NPK 150	NPK 200	
Pracovní prostor (mm)	šířka	1 500	2 000	
	výška	1 000	1 200	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	1 800		
	délka	1 500		
	výška	800		
Hmotnost (kg)		495	600	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		375	400	
Způsob připojení		nesený	nesený zadní/přední	
Požadovaný příkon (kW)		od 20	od 40	
Cena v Kč (bez DPH)		126 000	152 900	
Poznámka				

Výrobce		Compost Sytems GmbH, Rakousko www.compost-systems.com		Překopávač kompostu č.4 - přípojný 
Dodavatel pro ČR		AGROINTEG, s.r.o., Brno www.agrointeg.cz		
Typ		ST 200	ST 250	
Pracovní prostor (mm)	šířka	2 200	2 000	
	výška	1 000	1 000	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	3 300	2 200	
	délka	1 650	4 300	
	výška	3 000	3 500	
Hmotnost (kg)		600*	2 000	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		300	800	
Způsob připojení		Tažený		
Požadovaný příkon (kW)		30	40	
Cena v Kč (bez DPH)		-	-	
Poznámka				

Výrobce		Morawetz Composting Systems Rakousko www.morawetz.net		Překopávač kompostu č.5 - přípojný 
Dodavatel pro ČR		Ing.Dalibor Vostal Brno www.vostal.cz		
Typ		AK III		
Pracovní prostor (mm)	šířka	3 000		
	výška	1 700		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 200		
	délka	3 850		
	výška	3 970		
Hmotnost (kg)		-		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		1 000		
Způsob připojení		Tažený		
Požadovaný příkon (kW)		30		
Cena v Kč (bez DPH)		-		
Poznámka				

Výrobce		Pezzolato, Itálie		Překopávač kompostu č.6- samohodný 
Dodavatel pro ČR		SOME, s.r.o., Jindřichův hradec www.somejh.cz		
Typ		PRS 2500		
Pracovní prostor (mm)	šířka	2 500		
	výška	1 400		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	3 600		
	délka	2 240		
	výška	2 400		
Hmotnost (kg)		2 000		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		-		
Motor	druh výkon(kW)	vznětový 37		
Cena v Kč (bez DPH)		1 190 000		
Poznámka		pásový podvozek		

Výrobce		Morawetz Composting Systems Rakousko www.morawetz.net		Překopávač kompostu č.7- samohodný 
Dodavatel pro ČR		Ing.Dalibor Vostal Brno www.vostal.cz		
Typ		14.28		
Pracovní prostor (mm)	šířka	2 800		
	výška	1 200		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 930		
	délka	1 150		
	výška	1 610		
Hmotnost (kg)		-		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		400		
Motor	druh výkon(kW)	vznětový - Cummins 25		
Cena v Kč (bez DPH)		-		
Poznámka				

4.1.4 Prosévací zařízení

Pro úpravu kompostu při vyšším podílu nerozložitelných částic je vhodné vybavit kompostovací linku prosévacím zařízením s odpovídajícím výkonem, které umožní třídit hotový kompost na dvě a více frakcí určených k expedici nebo dalšímu zpracování v kompostovacím procesu.

Z konstrukčního hlediska dělíme prosévací zařízení na:

- vibrační prosévací síta (zařízení s rovinným sítem)
- rotační třídíče (zařízení s válcovým sítem)
- rotační rošty (tzv. aktivní rošty)
- třídící a drtící lopaty

4.1.4.1 Vibrační prosévací síta

Tato síta pracují na principu šikmo uložených rovinných sít. Jejich výhodou je v konstrukční jednoduchosti, v malé energetické náročnosti a ve vysoké životnosti. Vibrační síta jsou většinou stacionární, protože potřebují pevné ukotvení rámu stroje, avšak existují i vibrační síta mobilní.

Výkonnost: $5 - 15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (závisí na charakteru prosévané suroviny a na požadované velikosti částic).

4.1.4.2 Rotační třídíče

Rotační třídíče pracují na principu mírně šikmo uložených válcových sít, umístěných na otočných rolnách. Průchod materiálu je plynulý. Materiál je do určité výšky unášen po obvodu síta a potom vlivem vlastní gravitace padá a proces se opakuje. U rovně uložených sít je pro pohyb materiálu uvnitř uložena šroubovice.

Z konstrukčního hlediska lze rotační třídíče rozdělit na:

- mobilní
 - s elektromotorem (5 - 15 kW)
 - se spalovacím motorem (20 - 60 kW)
- stacionární

Malá prosévací síta jsou poháněna přes převodovku elektromotorem, mobilní třídíče mají vlastní spalovací motor a stacionární jsou poháněny pomocí poháněcích kladek s převodovkou s elektromotorem.

4.1.4.3 Třídíče s rotačními rošty


Tyto rošty jsou tvořeny soustavou hřídelí, na kterých jsou v pravidelných roztečích nasazeny ocelové nebo pryžové elementy kotoučovitého, hvězdicového či jiného tvaru. Při otáčení hřídelí vždy stejným směrem dochází k pohybu materiálu po pracovních plochách elementů a jeho třídění propadem mezi elementy, řazenými za sebou podle roztečí elementů od nejmenší po největší. Hlavní výhodou rotačních roštů je v jejich vysoké výkonnosti, která je dána dobrou průchodností materiálu přes samočistící elementy.

4.1.4.4 Třídící a drtící lopaty

Speciálními prosévacími zařízeními jsou lopaty, které si už nacházejí uplatnění u domácích firem, zabývajících se kompostováním. Lze jimi vybavit čelní nakladač i traktor a s jejich pomocí lze promíchávat, drtit a prosévat zpracovávané suroviny. Může se jednat o bioodpady, ale stejně tak je lze používat u zemin a stavebních odpadů. Jejich funkce je tak poměrně univerzální.

Tabulka č. 9

Přehled malé mechanizace na současném trhu – prosévací zařízení Technické a ekonomické parametry


Výrobce		Pezzolato, Itálie		Prosévací zařízení č. 1
Dodavatel pro ČR		SOME, s.r.o., Jindřichův hradec www.somejh.cz		
Typ		L 3000 E		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 200		
	délka	8 800		
	výška	2 900		
Hmotnost (kg)		5 500		
Výkonnost stroje (m ³ .h ⁻¹)		20 – 40		
Zrnitost		dle volby síta		
Vstup		Dopravníkem		
Výstup		dva dopravníky		
Pohon		hřídel traktoru	el. motor	
Příkon (kW)		44,5	15	
Cena v Kč (bez DPH)				
Poznámka				

Výrobce		Willibald - Německo		Prosévací zařízení č.2
Dodavatel pro ČR		DORAGRI s.r.o. www.foragri.cz		
Typ		Kompi-separator		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 500		
	délka	4 900		
	výška	3 175		
Hmotnost (kg)		6 300		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		dle mat. 50 - 150		
Zrnitost		dle volby síta		
Vstup		horní násypka		
Výstup		dopravníky		
Pohon		vlastní motor (nafta)		
Příkon (kW)		38		
Cena v Kč (bez DPH)				
Poznámka		třídí na 3 základní frakce		





Výrobce		Terra Select		Prosévací zařízení č.3
Dodavatel pro ČR		Ing.Dalibor Vostal Brno www.vostal.cz		
Typ		T3		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 550		
	délka	10 100		
	výška			
Hmotnost (kg)		7 000		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		-		
Zrnitost		dle volby síta		
Vstup		horní násypka		
Výstup		dva dopravníky		
Pohon		vlastní motor (nafta)		
Příkon (kW)		25		
Cena v Kč (bez DPH)		-		
Poznámka		-		



Výrobce		NOVER, s.r.o. Český Brod, ČR www.nover.cz		Prosévací zařízení č.4 
Dodavatel pro ČR				
Typ		Prosévačka substrátu		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 020		
	délka	3 300		
	výška	1 650		
Hmotnost (kg)		890		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		15-30 (dle velikosti sít)		
Velikost ok sít (mm)		20 x 20		
Vstup		horní násypka		
Výstup		pásový dopravník		
Pohon		Elektrický		
Příkon (kW)		3		
Cena v Kč (bez DPH)		180 000		
Poznámka		možnost upevnění na kontejner		

Výrobce		BEYER GmbH, Německo		Prosévací zařízení č.5 
Dodavatel pro ČR		Ing.Dalibor Vostal Brno www.vostal.cz		
Typ		RS 1 500 vybrační		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 100		
	délka	4 800		
	výška	2 350		
Hmotnost (kg)		1 800		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		10		
Velikost ok sít (mm)		10, 15, 20, 25, 30, 40 atd.		
Vstup		horní násypka		
Výstup		2x pásový dopravník		
Pohon		diesel	el.motor	
Příkon (kW)				
Cena v Kč (bez DPH)		773 000		
Poznámka				

Výrobce		Ideachip, Finsko	Prosévací zařízení č.6 
Dodavatel pro ČR		STAVES s.r.o., Praha www.staves.cz	
Typ		ALLU SML 12-17	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	867	
	délka	1 890	
	výška	924	
Hmotnost (kg)		525	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		-	
Objem (m³)		0,6	
Vstup		nabrání lopatou	
Výstup		Samospád	
Dopor.hmotnost nosiče (t)		2 -5	
Požadovaný příkon (kW)		20	
Cena v Kč (bez DPH)			
Poznámka		nosič - traktor, čelní nakladač	

Výrobce		NEUENHAUSER GmbH, Německo	Prosévací zařízení č.7 
Dodavatel pro ČR		CODET, s.r.o., Brno www.codet.cz	
Typ		Twister	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	-	
	délka	-	
	výška	-	
Hmotnost (kg)		-	
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		dle požadované frakce	
Objem (m³)		-	
Vstup		nabrání lopatou	
Výstup		samospád	
Dopor.hmotnost nosiče (t)		-	
Požadovaný příkon (kW)		-	
Cena v Kč (bez DPH)		-	
Poznámka		nosič - traktor, bagr	

4.2 Výběr vhodných exploatačních, ekonomických a environmentálních ukazatelů pro výběr strojů

4.2.1 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup energetických prostředků

Energetický prostředek je základním a nejdůležitějším článkem kompostovací linky a jeho výběr a nákup by měl proběhnout podle přísných hledisek (hodnotících ukazatelů). Při použití malé mechanizace předpokládáme kompostovací linku s jedním

univerzálním energetickým prostředkem, ke kterému můžeme připojit drtící (případně štěpkovací) zařízení a nesený překopávač. Kompostovací linku doplňuje sítovací zařízení s vlastním pohonem.

Mezi základní kritéria je nutné zahrnout

- **univerzálnost energetického prostředku** - prostředek bude využíván jako dopravní prostředek (dovoz biodpadů, odvoz kompostu), jako nakládací zařízení (s čelní lopatou), ve spojení s drtičem biodpadů příprava materiálů k zakládce a při formování pásových hromad, ve spojení s překopávačem homogenizace a provzdušňování zakládek kompostu (nutný vývodový hřídel).
- **výkonnost** – k energetickému prostředku budou připojovány další zařízení, které mají určité výkonnostní požadavky a pro zajištění bezproblémového chodu kompostovací linky je nutné, aby měl energetický prostředek dostatečný výkon a to i s určitou rezervou
- **cena** – ekonomický ukazatel, nesmí být jediným kritériem, ale většinou se stává limitujícím faktorem při výběru a nákupu energetického prostředku
- **provozní náklady** – mezi náklady zahrnujeme spotřebu pohonných hmot, nutné servisní prohlídky a opravy a další
- **ovladatelnost a manipulovatelnost prostředku** – dobré jízdní vlastnosti na malém prostoru, nutnost uzávěrky diferenciálu, musí být vybaven superredukční převodovkou, umožňující volbu plazivých pojezdových rychlostí. Pokud tento reduktor prostředek nemá, je nutné (pokud to prostředek umožňuje) přidavnou redukční převodovku nechat dodatečně namontovat
- **dostupnost servisních služeb** – energetický prostředek je dobré zakoupit u již déle působícího prodejce se zavedenou a dostupnou servisní sítí
- **spolehlivost a kompaktnost konstrukce** - typ kvalitního energetického prostředku s již vyzkoušenými vlastnostmi a referencemi

Jako další doplňující kritéria lze uvést: **design, snadnost ovládání**

4.2.2 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup drtičů nebo štěpkovačů

Základní kritérium pro výběr dezintegračního zařízení (název zahrnující drtiče a štěpkovače) je **další použití výsledného produktu po dezintegraci biomasy**. Drtící zařízení produkuje různě veliké rozdrcené částice s poměrně velkým povrchem, což je

velmi výhodný předpoklad pro urychlení kompostovacího procesu. Štěpky s malým aktivním povrchem velmi prodlužují kompostovací proces a zakládky s podílem štěpky zbytečně blokuji kompostovací plochu.

Z výše uvedených důvodů je podle mého názoru výhodnější vybrat do kompostovací linky spolehlivý drtič s větším výkonem a to za předpokladu, že výsledný nadrcený produkt bude výhradně vstupovat jako materiál do kompostovacího procesu (v případě štěpkovače je možné část výstupu – štěpky využít k energetickému využití).

Další hlavní kritéria:

- **kvalita výstupního produktu** - kvalita výstupního nadrceného materiálu je při kompostování velmi zásadní otázka. Při kvalitním jemném nadrcení je velmi usnadněn následný kompostovací proces, zejména z časového důvodu (urychlení doby kompostování) a také vzhledem ke kvalitě získaného kompostu. Pokud je vstupní biomasa vstupující do kompostovacího procesu jemně nadrcena, potom i výstupní kompost má velmi dobrou zrnitost a nemusí být před dalším použitím prosítován
- **výkonnost** – kvalitní nadrcený produkt se získá pouze na výkonném drtiči, většina menších drtičů je vhodných pro zahrádkářské účely, kde čas a výsledný produkt není určujícím faktorem
- **cena** – ekonomický ukazatel, platí stejně jako u ostatních článků kompostovací linky, nesmí být jediným kritériem, ale většinou se stává limitujícím faktorem při výběru a nákupu
- **technické provedení drtiče** – drtič by měl být poměrně robustní, spolehlivý v provozu a to i z hlediska bezpečnosti práce, provedení by mělo být spolehlivé proti ucpávání, činné pracovní (drtící) části by měly být odolné a v případě poruchy jednoduše vyměnitelné
- **provozní náklady** – spotřeba energie, náročnost údržby
- **odolnost drtiče zpracovávat různé druhy biomasy a to i při různých hodnotách vlhkosti** - všeobecně definovaná odolnost proti různorodým vstupům

Jako další doplňující kritéria lze uvést: **design, snadnost ovládní**

4.2.3 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup překopávače

Překopávač jako zařízení je druhé nejvýznamnější zařízení v kompostovací lince a to po energetickém prostředku. Na jeho kvalitě a výkonu je závislá kvalita výstupního materiálu - kompostu.

Mezi základní kritéria je nutné zahrnout

- **výběr typu překopávače podle připojení** – připojitelný nebo samohodný
- **výkonnost a šíře záběru** – malý výkon překopávače nesmí být limitující pro celkový výkon kompostárny, dále záleží na dispozičním řešení kompostárny a z toho vyplývající průřezová šíře profilu kompostovacího pásu. Některé překopávače lze pořizovat o různých šířkách záběru
- **výběr typu překopávače dle tvaru pásových hromad** - překopávače kompostu v pásových hromadách mají různé profily, např. trojúhelníkový, lichoběžníkový nebo i půlkruhový. Záleží také na způsobu přemístění překopávaného kompostu, zda-li zůstává na místě nebo je přemístěn vedle původní linie (rotorové překopávače)
- **cena** – ekonomický ukazatel, platí stejně jako u ostatních předcházejících článků kompostovací linky, nesmí být jediným kritériem, ale většinou se stává limitujícím faktorem při výběru a nákupu
- **spolehlivost a odolnost** – velmi důležitý ukazatel pro bezproblémový chod kompostárny
- **snadná připojitelnou a ovladatelnost na malém prostoru**

Jako další doplňující kritéria s malým významem lze uvést: **design, požadavky na malý prostor uskladnění, nebo připojitelnost dalších zařízení** – např. adaptér pro svinování a rozbalování plachty na přikrývání pásové hromady, zařízení pro aplikaci kapalin, popř. dávkování biotechnologických přípravků

4.2.4 Hodnotící ukazatele pro výběr a nákup síťovacího zařízení

Sítování výsledného produktu komponovacího procesu je velmi důležité u velkých kompostovacích zařízení, kde je kompost dle zákona o hnojivech uváděn na trh. U menších kompostáren význam prosévání kompostu klesá, protože výstupní kompost většinou není uváděn na trh (je používán na údržbu zeleně v obci, případně jako

rekultivační kompost mimo zemědělskou půdu). Sítovací zařízení převážně menšího výkonu jsou velmi náchylná na ucpávání a zalepování, v důsledku přirozené vlhkosti kompostu.

Mezi základní kritéria je nutné zahrnout

- **výběr sítovacího zařízení dle kvality výstupního kompostu** - prostředek bude využíván podle kritérií na výstup z kompostárny, u kompostáren s výstupem komerčního kompostu je velmi důležité, aby byl kompost jemnozrný, bez příměsí – zde se bez sítovacího zařízení neobejdeme, u rekultivačních kompostů např. pro údržbu parků a zeleně není kvalita zrnitosti tak důležitá, tyto kompostárny se mohou bez sítovacího zařízení obejít
- **typ pohonu** – elektromotor, dieselový motor
- **výkonnost** – uváděné výkony jsou za ideálního stavu sítování suchého kompostoru, záleží jakým způsobem je příslušné zařízení náchylné k zacpávání a k zalepení síta a jakým způsobem se obnovuje plný výkon síta
- **pořizovací cena** – ekonomický ukazatel, platí stejně jako u ostatních článků kompostovací linky, nesmí být jediným kritériem, ale většinou se stává limitujícím faktorem při výběru a nákupu
- **spolehlivost a provozní náklady na údržbu** – mezi náklady zahrnujeme spotřebu energie, zejména el. proudu a náklady na opravy zařízení

Jako další doplňující kritéria s malým významem lze uvést: **design, požadavky na malý prostor uskladnění**

4.3 Posouzení vybrané malé mechanizace na příkladu menší kompostárny

Pro názorný výběr malé mechanizace jsem vybral příklad menší obecní kompostárny s předpokládaným příjmem bioodpadů do 1000 t za rok.

Charakter vstupních odpadů: listí, tráva, vyřezané keře do průměru cca 30 mm, odpad zeleniny, ovoce. Odpady pocházejí z údržby zeleně v obci a bioodpadů odevzdaného občany ve sběrovém dvoře.

Předpokládaný maximální vstupní hmotnost bioodpadů – 1000 t/rok – požadavek na min. výkon drtiče.

Přibližné množství vyrobeného kompostu – 500t/rok – požadavek na minimální výkon síťovacího zařízení.

Charakter výstupního kompostu – rekultivační kompost dle zákona o odpadech s využitím na obecní zeleň a parky.

Za předpokladu maximálního využití doby kompostování – 40 týdnů z 52 možných týdnů, je možné při optimální době jedné zakládky – 10 týdnů (Vyhláška MŽP č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady připouští minimální dobu 60 dnů) uskutečnit 4 cykly kompostování. 1 cyklus tedy zahrnuje 250 t vstupního materiálu při objemové hmotnosti cca 250kg/m³. Maximální objemové množství při plném okamžitém využití kompostárny v založených zakládkách může tedy činit 1000 m³. Předpokládané množství překopávek – 3 až 4 překopávky (častější překopávky sice provzdušňují materiál, ale zároveň ho ochlazují, z tohoto důvodu je nutné volit optimální počet překopávek individuálně). Tím jsou dány minimální požadavky na výkon překopávače.

Při využití v předcházející kapitole uvedených navržených hodnotících kritérií s přihlédnutím k požadovaným zpracovávaným objemům navrhuji jako jednu z možných toto osazení kompostovací linky vybranou malou mechanizací:

Výběr strojů začínám výběrem překopávače. Kompostovací linka na kompostárně bude sestavena z energetického prostředku a přípojitelých zařízení. Z toho důvodu vybírám pro naši kompostárnu přípojitelný překopávač. Z uvedených překopávačů na trhu je z hlediska potřebného výkonu pro naši kompostárnu, podle šíře záběru a také podle velmi dobrých referencí vybrán překopávač Pezzolato S 7000 G. Podobné překopávače jsou dražší a lacinější typy mají mnohem užší záběr. Požadovaný přípojný výkon je 37,5 kW.

Výběr dezintegračního zařízení. Podle závěrů v přehledu výběru ukazatelů volím jednoznačně skupinu drtičů vzhledem k požadovanému rychlokompostování. Z přehledu drtičů vylučuji drtiče o vyšší ceně a volím kompromis drtič Pezzolato S 7000 G, který má výkon potřebný pro naši kompostárnu, kde nepředpokládám drcení dřeva s větším průměrem než je 30 mm. Má dostatečný výkon pro celkový příjem biodpadů na kompostárnu, reference na firmu Pezzolato jsou velmi dobré, je zajištěn i dobrý servis. Požadovaný přípojný výkon je 37 kW.


Výběr energetického prostředku jsem podřídil hledisku většího výkonu (požadavek na minimální výkon přípojných zařízení je i s rezervou cca 40 kW), zavedené znače s dobrým a dostupným servisem, univerzálnosti použití, včetně toho, že obec (případně jejich technické služby) mohou využívat energetický prostředek i mimo kompostárnu, čímž by se zvýšilo efektivní využití traktoru. Zároveň je pěkný i design. Na lacinější značky v přehledu (např. Crona) jsem nedostal žádné reference. Zavedené traktory jako značka John Deere jsou mnohem dražší. Nakladače mají většinou menší výkon, pokud jsou výkonem srovnatelné, mají i vyšší cenu.


U výběru síta převážil ukazatel ceny síta s poměrně dobrým výkonem a s doporučením jeho koupě. Sítovací zařízení je v kompostovací lince pouze doplňující. Pohon sítovacího zařízení zajišťuje elektromotor.


Tabulka č. 10

Přehled vybrané malé mechanizace pro kompostárnu o kapacitě 1000t/rok včetně technických a ekonomických parametrů

Vybrané články kompostovací linky :

Výrobce	ZETOR TRAKTOR a.s.		Energetický prostředek č. 1 –traktor 
Dodavatel pro ČR	Agrozet České Budějovice a.s. www.agrozet.com		
Typ	Proxima		
Rozměry stroje (mm)	šířka	1910	
	délka	3837	
	výška	2748	
Hmotnost (kg)	4151		
Motor	typ	zetor 7205	
	objem (cm ³)	4156	
	výkon (kw)	48	
	počet válců	4	
Cena v Kč (bez DPH)	731 280		
Poznámka	možnost 2WD + čelní nakladač		

Výrobce	Pezzolato, Itálie		Dezintegrační zařízení č.2 – drtič 
Dodavatel pro ČR	SOME, s.r.o., Jindřichův hradec www.somejh.cz		
Typ	S 7000 G		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 100	
	délka	3 000	
	výška	2 500	
Hmotnost (kg)	1 600		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)	20		
Maximální průměr drceného materiálu (mm)	30		
Pracovní ústrojí	podávací válec, 6kladiv		
Výstup	skládací pásový dopravní		
Pohon	hřídel traktoru		
Příkon (kW)	37		
Cena v Kč (bez DPH)	465 000		
Poznámka	Samočinné podávání		

Výrobce	Pezzolato, Itálie		Překopávač kompostu č.1 – přípojný 
Dodavatel pro ČR	SOME, s.r.o., Jindřichův hradec www.somejh.cz		
Typ	PRT 2500		
Pracovní prostor (mm)	šířka	2 500	
	výška	1 400	
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	4 100	
	délka	1 970	
	výška	3 600	
Hmotnost (kg)	2500		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)	700		
Způsob připojení	tažený		
Požadovaný příkon (kW)	37,5		
Cena v Kč (bez DPH)	489 900		
Poznámka	poháněn vývodovým hřídelem traktoru s výstupními otáčkami 540 min ⁻¹		

Výrobce		NOVER, s.r.o. Český Brod, ČR www.nover.cz		Prosévací zařízení č.4 
Dodavatel pro ČR		NOVER, s.r.o. Český Brod, ČR www.nover.cz		
Typ		Prosévačka substrátu		
Rozměry stroje - přepravní poloha (mm)	šířka	2 020		
	délka	3 300		
	výška	1 650		
Hmotnost (kg)		890		
Výkonnost stroje (m³.h⁻¹)		15-30 (dle velikosti sít)		
Velikost ok sít (mm)		20 x 20		
Vstup		horní násypka		
Výstup		pásový dopravník		
Pohon		elektrický		
Příkon (kW)		3		
Cena v Kč (bez DPH)		180 000		
Poznámka		možnost upevnění na kontejner		

Pro celkový přehled návrhu malé mechanizace pro malou kompostárnu, uvádím i přehled vypočítaných odpisů vybraných strojů malé mechanizace:

Odpisové plány navrhovaných technických prostředků (malé mechanizace):

TRAKTOR

Pořizovací cena 731 280 Kč		Doba odpisování: 5 let		Odpisová skupina: 2	
Rok	Rovnoměrné odpisování		Zrychlené odpisování		
	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	
1	80441	650839	146256	585024	
2	162710	488129	234010	351014	
3	162710	325419	175507	175507	
4	162710	162709	117005	58502	
5	162710	0	58502	0	

DRTIČ

Pořizovací cena 465 000 Kč		Doba odpisování: 5 let		Odpisová skupina: 2	
Rok	Rovnoměrné odpisování		Zrychlené odpisování		
	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	
1	51150	413850	93000	638280	
2	103463	310388	255312	382968	
3	103463	206925	191484	191484	
4	103463	103463	127656	63828	
5	103463	0	63828	0	

PŘEKOPÁVAČ

Pořizovací cena 489 900Kč		Doba odpisování: 5 let		Odpisová skupina: 2	
Rok	Rovnoměrné odpisování		Zrychlené odpisování		
	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	
1	53889	436011	97980	391920	
2	109003	327008	156768	235152	
3	109003	218006	117576	117576	
4	109003	109003	78384	39192	
5	109003	0	39192	0	

SÍTOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Pořizovací cena 180 000Kč		Doba odpisování: 5 let		Odpisová skupina: 2	
Rok	Rovnoměrné odpisování		Zrychlené odpisování		
	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	Roční odpis v Kč	Zůstatková cena v Kč	
1	19800	160200	36000	144000	
2	40050	120150	57600	86400	
3	40050	80100	43200	43200	
4	40050	40050	28800	14400	
5	40050	0	14400	0	

Uváděný stručný příklad výběru malé mechanizace pro menší kompostárnu není příkladem ideálním, k mnoha jednotlivým zařízením chyběla data, zejména ceny a poznatky z praxe o skutečné kvalitě produktů. Tento zjednodušený příklad měl pouze názorně ukázat obecný postup návrhu od kapacitních údajů kompostárny a

zpracovávaných bioodpadů až po návrh jednotlivých strojů (malé mechanizace) za použití navrhovaných hodnotících kritérií a praktických zkušeností. Částečné zkušenosti z praxe, které jsem získal za období vypracovávání bakalářské práce, nemohou dosahovat úrovně odborníka, který se v této oblasti pohybuje delší období.

5. Závěr

Využití malé mechanizace v kompostovacích procesech má nesporně nezastupitelný význam. Při současném trendu snižování objemu bioodpadů zejména v komunálním odpadu je potřebné intenzivní zřizování zejména malých a menších kompostáren v primární sféře (zemědělství a lesnictví) a zejména v komunální sféře, kde použití malé mechanizace je velmi přínosné.

Nabídka malé mechanizace od výrobců a dovozců je poměrně široká, je však velmi obtížné získat ucelený přehled, a to zejména o jejich užitných a kvalitativních vlastnostech ověřených v praxi. To je velmi důležité při navrhování výstavby a vybavení malých a středních kompostáren, kdy návrhy na vybavení určují projektanti, kteří často nemají patřičné praktické zkušenosti.

Jako nejsložitější úkol v této bakalářské práci se nakonec ukázal sběr dat o dostupné malé mechanizaci na trhu. Mnoho prodejců strojního vybavení poskytlo pouze základní údaje. Údaje o ceně a případné další podrobnosti odmítali prodejci sdělit, pokud zjistili, že nejsem vážným zájemcem o koupi. Základní a ekonomické parametry získané od výrobců a prodejců malé mechanizace by pro plně objektivní přehled bylo potřebné doplnit o dostatečně ověřené informace uživatelů malé mechanizace z praxe. Získání těchto informací bylo již ale mimo rozsah zadání této bakalářské práce. Prezentovaný základní přehled o dostupnosti malé mechanizace na trhu a jeho způsoby výběru do kompostovacích linek pomocí sestavených hodnotících hledisek ale poskytuje základní informace, jak se orientovat v této problematice.

Předložené výsledky mohou být praktickým příspěvkem k této problematice, která v poslední době získává na významnosti jak v primární, tak zejména v komunální sféře. Význam si uvědomují výrobci i prodejci malé mechanizace a nabídka na trhu se zvyšuje. O to více bude důležité získat ucelený přehled o nabízené malé mechanizaci a pomocí hodnotících ukazatelů optimálně vybrat a nakoupit jednotlivé zařízení do kompostovací linky.

Použitá literatura

- [1] Bc. Petra Drábková: *Analýza moderních technologií ekologického kompostování*, Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, 2010
- [2] PLÍVA P. a kol., *Kompostování v pásových hromadách*, Profi Press, s.r.o., 2009
- [3] PLÍVA, P. a kol.: *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. [Foundation, course and control of composting proces]. Praha: VÚZT 2006, č. 1, 65 s., ISBN: 80-86884-11-2.
- [4] VÁŇA, J.: *Kompostování bioodpadu*. In: Váňa J., Balík J., Tlustoš P.: *Pevné odpady (učebnice)*, ZU Praha 6, 2004
- [5] PLÍVA, P., ALTMANN, V., JELÍNEK, A., KOLLÁROVÁ, M., STOLAŘOVÁ, M.: *Technika prokompostování v pásových hromadách*. [Techniques for composting in belt heaps]., Praha : VÚZT, 2005, č. 1, 72 s. ISBN: 80-86884-02-3.
- [6] PLÍVA P. a kol., *Strojní vybavení kompostovacích linek*, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., 2008, ISBN 978-80-86884-33-2
- [7] JELÍNEK, A. a kol.: *Malá mechanizace*. AGROSPOJ, Zemědělská knihnice Agrospoje – semafor na křižovatce Vašich cest a plánů, Praha 2000.
- [8] PLÍVA, Petr: *Malá mechanizace pro kompostování*, Biom.cz [online]. 2002-11-04 [cit. 2012-03-04]. ISSN: 1801-2655