

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 / Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh souboru mechanizačních prostředků pro kompostování na volné
ploše

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor: Tomáš Říha

České Budějovice 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš ŘÍHA**
Osobní číslo: **Z10062**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Návrh souboru mechanizačních prostředků pro kompostování na volné ploše.**
Zadávající 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 :

Biologicky rozložitelné odpady získávané většinou z obcí a venkovských sídel mají převážně rostlinný původ, a proto je jejich nejvhodnějším zpracováním technologie kompostováním. Volba způsobu kompostování je ovlivněna finančními nároky na zpracování a také prodejní cenou vyrobeného kompostu.

V práci proveďte literární rešerši k tématu technologie kompostování na volné ploše a jejich charakteristika, navrhnete soubor mechanizačních prostředků použitých pro jednotlivé technologie, porovnejte náklady spojené s provozem mechanizačních prostředků u uvedených technologií.

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

Altman, V., Vaculík, P., Mimra, M. (2010): Technika pro zpracování komunálního odpadu. ČZU Praha, 120s.;
Groda, B. (1995): Technika zpracování odpadů. MZLU, Brno. 260 s.;
Kuraš, M. (1993): Technologie zpracování odpadů. VŠCHT, Praha. 279 s.;
Plíva, P. a kol. (2009): Kompostování v pásových hromadách na volné ploše. Profi Press, Praha. 133 s.;
Voštová, V., Altman, V., Jeřábek, K. (2009): Logistika odpadového hospodářství. ČVUT Praha. 349 s.;
Epstein, E. (1997): The science of composting. CRC;
Hargreaves, J. C., Adl, M. S. (2008): A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Ecosystems;
Zemánek, P. (2001): Speciální mechanizace - mechanizační prostředky pro kompostování. MZLU, Brno. 114 s.;
Časopis Odpady;
Časopis Komunální technika.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: 14. ledna 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



Ing. Karel Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

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



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 2. března 2012

Prohlášení autora

Prohlašuji, že svoji bakalářskou jsem vypracoval 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 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 dne: 25. 11. 2013

.....

Podpis studenta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Marii Šístkové, CSc. Dále si mé poděkování zaslouží pan Ing. Miroslav Herout, vedoucí provozu v kompostárně Jarošovice, především za poskytnuté informace.

Abstrakt

Cílem práce je návrh souboru mechanizačních prostředků pro kompostování na volné ploše. V první části je popsán postup výroby kompostu. V další části práce byly vybrány dvě kompostovací linky. U těchto kompostovacích linek byly navrženy a popsány jednotlivé mechanizační prostředky, které se v těchto linkách používají. V Poslední části práce jsou uvedeny náklady spojené s pořízením a s provozem mechanizačních prostředků a následně jsou tyto náklady porovnány u obou vybraných kompostovacích linek.

Klíčová slova

Technologie kompostování, kompostovací linky, mechanizační prostředky, náklady.

Annotation

The aim of this bachelor's work is to suggest a set of means of mechanization for composting at an open surface. The first part describes a method of compost production. There were two composting lines chosen. Particular means of mechanization used in these lines were further suggested and described. The final part of the work presents costs connected with purchase and operating of the means of mechanization. The costs are subsequently compared at the both chosen composting lines.

Key words

Composting technology, composting lines, means of mechanization, costs.

Obsah

1	Úvod.....	9
I.	Teoretická část	10
2	Technologie kompostování	10
2.1	Druhy kompostáren	12
2.1.1	Kompostování v plošných hromadách.....	13
2.1.2	Kompostování v pásových hromadách	13
2.1.3	Zahradnické komposty	15
2.2	Strojní linky pro kompostování.....	16
2.2.1	Kompostovací linka s jedním energetickým prostředkem.....	17
2.2.2	Kompostovací linka s jednoúčelovými stroji.....	17
2.2.3	Kombinovaná kompostovací linka.....	17
2.2.4	Linky pro výrobu hrubého kompostu.....	17
2.2.5	Linky pro výrobu jemného kompostu	18
3	Založení, průběh a hodnocení kompostu	19
3.1	Založení kompostovacího procesu	20
3.1.1	Poměr uhlíku a dusíku.....	20
3.1.2	Vlhkost	21
3.2	Průběh kompostovacího procesu.....	21
3.2.1	Měření teploty kompostu	22
3.2.2	Měření vlhkosti	23
3.2.3	Měření obsahu kyslíku	23
3.3	Hodnocení kompostu.....	23
3.3.1	Zralost a stabilita kompostu	23
3.3.2	Mikrobiologické hodnocení	24
3.3.3	Chemické a fyzikální hodnocení.....	24
4	Stroje na kompostování.....	25
4.1	Drtiče	25
4.2	Štěpkovače.....	26
4.3	Drtiče – míchače.....	28
4.4	Překopávače.....	29
4.4.1	Překopávače kompostu návěsné.....	30
4.4.2	Překopávače kompostu samojízdné	30
4.5	Energetické prostředky	30
5	Zařízení na kompostování	32
5.1	Prosévací a separační zařízení.....	32

5.1.1	Prosévací zařízení.....	32
5.1.2	Separáční zařízení	34
5.2	Ostatní zařízení.....	34
5.2.1	Zařízení pro evidenci surovin.....	34
5.2.2	Zdroj elektrického proudu.....	35
5.2.3	Zařízení na vlhčení kompostu	35
5.2.4	Zařízení pro manipulaci s kompostovací plachtou.....	35
6	Cíl práce	36
II.	Praktická část	37
7	Návrh mechanizačních prostředků u jednotlivých kompostovacích linek.....	37
7.1	Návrh minimální výkonnosti mechanizačních prostředků	37
7.1.1	Určení minimální výkonnosti u linky s jedním energetickým prostředkem.....	37
7.1.2	Určení minimální výkonnosti u linky s jednoúčelovými stroji.....	38
7.2	Návrh mechanizačních prostředků u linek s jedním energetickým prostředkem.....	39
7.2.1	Traktor T5 – Tier 4A.....	41
7.2.2	Čelní nakladač 740 TL	42
7.2.3	Překopávač CMC – ST 300	44
7.2.4	Štěpkovač Jensen A 141.....	45
7.2.5	Bubnový třídič Ultra Screen TS 1000.....	47
7.2.6	Přívěs PRS-2/W8	48
7.3	Návrh mechanizačních prostředků u linek s jednoúčelovými stroji.....	49
7.3.1	Manipulátor Merlo Turbofarmer P34.7 Plus.....	50
7.3.2	Překopávač SCV 320	52
7.3.3	Drtič AK 430 profi	53
7.3.4	Bubnový třídič SM 518.....	55
7.3.5	Nákladní automobil Iveco EuroCargo 120E25	57
8	Náklady na provoz mechanizačních prostředků	59
8.1	Porovnání nákladů u kompostovacích linek.....	59
8.1.1	Pořizovací náklady	61
8.1.2	Provozní náklady.....	62
8.1.3	Srovnání nákladů u kompostovacích linek	62
9	Závěr	64

1 Úvod

Biologicky rozložitelné odpady se nejčastěji získávají z menších obcí a venkovských sídel. Tyto biologicky rozložitelné odpady mají převážně rostlinný původ, a proto z hlediska jejich dalšího využití je nejvhodnějším zpracováním technologie kompostování.

Výroba kompostu byla dříve chápána jako možnost přetvářet biologicky rozložitelný odpad na kvalitní hnojivo, ale současný světový trend, částečně i v naší republice, posuzuje kompostování nejen z hlediska přeměny na hnojivo, ale i z pohledu přeměny biologicky rozložitelných odpadů na dále využitelné a pro životní prostředí přijatelné suroviny. Na základě těchto skutečností byl zpracován Realizační program pro biologicky rozložitelné odpady, jehož součástí bylo i řešení problematiky kompostování. Jedná se o využití nejnovějších poznatků, které umožňují optimální sestavení kompostovacích linek u jednotlivých kompostovacích technologií. [4]

Česká republika v současné době produkuje velké množství biologicky rozložitelných odpadů a biologicky rozložitelných komunálních odpadů, které jsou buď skladovány, nebo nevhodně spalovány. Směrnice EU č.1 1999/31 však stanovuje, že množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu ukládaného na sklady se do roku 2020 musí snížit na 35% hmotnosti biologicky rozložitelného komunálního odpadu vyprodukovaného v roce 1995. [4]

I. Teoretická část

2 Technologie kompostování

Kompostování je dlouhodobý proces, ke kterému dochází za aerobních podmínek a při těchto podmínkách začíná docházet k rozkladu organických látek v kompostovacích surovinách. Kompostování je tedy především převádění nestabilních organických surovin na produkt výrazně stabilní, kterým se myslí kompost. Tento proces zapříčiní pokles objemu a hmotnosti, snížení obsahu vody a potlačení nežádoucích mikroorganismů v původních surovinách. [4]

Průběh kompostování závisí především na zvoleném druhu surovin a jeho správném poměru. Rozeznáváme především dvě varianty surovin. Jednou z možně zvolených surovin pro kompostování jsou suroviny zelené, které jsou bohaté na dusík a dusíkaté látky. Do této varianty zelených surovin se zařazují zejména zelené, měkké a vlhké materiály. Druhou variantou pro založení kompostu jsou hnědé suroviny, které jsou bohaté především na uhlík a tvoří je suché, tvrdší materiály. [5]

Pro optimální průběh rozkládaných reakcí při kompostovacím procesu je potřeba zajistit několik předpokladů:

- volba vhodné technologie kompostování
- kontrola fyzikálních, chemických a mikroorganických vlastností kompostovacích surovin
- volba vhodného skladování surovin a jejich úprava před založením kompostu
- vhodná volba receptury zakládky
- kompostovat příslušně dlouhou dobu
- monitorovat neustále průběh kompostovacího procesu
- správně rozhodnout o zralosti kompostu
- zvolit k používání vhodné stroje a zařízení [4]

Při kompostování se musí brát v potaz vlhkost daných surovin, která nesmí být příliš vysoká, hlavně proto, aby aerobní rozklad neskončil a nezačaly vznikat plyny, jako je například methan, přičemž by zakládka mohla nepříjemně zapáchat. Proto kompost musí obsahovat vzduchové póry. [5]

Vlhkost závisí především na pórovitosti surovin. Optimální vlhkost by měla být v rozmezí 40 až 70 %, ale liší se zejména rozdílnými druhy surovin, které jsou uvedeny v tabulce 1. [5]

Tabulka 1: Obsah vlhkosti u vybraných surovin [1]

Surovina	Vlhkost [%]
Stařina z luk	10 – 30
Listí	15 – 40
Vytříděný bioodpad	37 – 64
Dřevní odpad	40 – 70
Kuchyňský odpad	65 - 80

Mezi nejvhodnější suroviny pro kompostování patří suché listí, piliny, hobliny, tráva, sláma, seno, dále ještě stonky suchých rostlin, větvičky stromů a keřů, plevel, močůvka, hnůj, syrové ovoce a zelenina a jejich zbytky, ale také čerstvé rostliny, které nejsou napadeny choroboplodnými zárodky. [5]

Anaerobním způsobem kompostování se rozumí kompostování bez přístupu kyslíku a produktem metabolismu bakterií je methan. V současné době se do anaerobního procesu příliš neinvestuje. Využívání tohoto způsobu kompostování je především při likvidaci čistírenských kalů.[2]

Aerobní kompostování je v podstatě opakem anaerobního, protože rozkladací procesy v kompostu probíhají za přítomnosti kyslíku. Tento proces kompostování je rychlejší a jeho výsledkem je kvalitnější kompost. Přítomnost kyslíku má velmi pozitivní vliv na stimulaci mikroorganismů, které dopomáhají k přeměně složitějších (organických) látek na látky jednodušší (anorganické) a přispívají ke vzniku humusu. Složení mikroorganismů není stálé, a proto závisí na složení kompostu, ale i na stupni mumifikace kompostovaného materiálu. Na mumifikačním procesu se

především podílejí heterotrofní mikroorganismy, to jsou zejména mikroorganismy, které využívají pro svůj vývoj zdroj uhlíku a kyslíku. [2],[5]

2.1 Druhy kompostáren

Existuje celá řada různých typů kompostáren. Kompostování je ekonomicky náročná záležitost a proto se kompostárny rozdělují podle několika hledisek, ať už podle rozlohy celé kompostárny nebo přijatých surovin, ze kterých se následně vyrábí kompost a z mnoha dalších hledisek. Mezi kompostárny se můžou zařadit také malé kompostárny vytvořené v malých obcích, či vesnicích. Tyto kompostárny lze nazývat zahradníma kompostoma.

Základní rozdělení kompostáren podle velikosti:

- komunitní (nemá definovaný výkon)
- malá (do 150 t/rok)
- menší (150 – 1 000 t/rok)
- střední (1 000 – 5 000 t/rok)
- velká (nad 5 000 t/rok) [5]

Rozdělení kompostáren dle technologického hlediska:

- kompostování na volné ploše
 - v plošných hromadách
 - v pásových hromadách
- kompostování v uzavřených, polozavřených zařízeních
 - v bioreaktorech
 - v boxech nebo žlabech
- kompostování ve vacích
- vermikompostování (zpracovávání žížalami) [4]

2.1.1 Kompostování v plošných hromadách

Kompostování na volné ploše v plošných hromadách se řadí do nejstarší kompostovací technologie. Dříve se uplatňovala zejména proto, že nebyla ještě k dispozici vhodná mechanizace k zakládání pásových hromad. Jejich výhodou bylo, že se hromady zakládaly na souvratích. Kompost se zakládal do výšky 0,5 m, ve kterém byla obsažena chlévská mrva, sláma a další odpady a pravidelně byl zavlažován močůvkou. Tento kompost nebyl přepracováván překopávači, jak se to provádí nyní, ale převrstvení se provádělo pomocí pluhu, který horní vrstvu kompostu zapravoval dolů.

V dnešní době se kompostování v plošných hromadách využívá zejména na velkých kompostárnách u městských aglomerací, kde je ve velkém množství zpracováván biologický odpad a to především BRKO (biologicky rozložitelný komunální odpad). Při kompostování v plošných hromadách jsou tyto hromady vytvářeny do výšky až 5 m, přičemž pomocí speciálních překopávačů kompostu jsou překopávány. Překopávače, používané v plošných hromadách mají pracovní ústrojí, které vykonává svoji činnost z boku hromady a kompost je následně přehazován a vrstven na nové, vedlejší stanoviště. [1]

2.1.2 Kompostování v pásových hromadách

U tohoto druhu kompostování jde o technologii, při které se kompostovaný materiál zakládá do pásových hromad o různém průřezu. Tyto průřezy se rozdělují na trojúhelníkové a lichoběžníkové. Délka kompostovacích hromad je stanovena podle velikosti plochy, na kterých jsou hromady umístěny a tyto plochy musí být zabezpečeny a splňovat určité požadavky. Musí umožnit bezstarostný pohyb mechanizačních prostředků při navážení a překopávání kompostovacího materiálu, dále musí zamezit znečištění povrchových a podzemních vod. [4],[7]

Podle kvality zabezpečení kompostovací plochy a množství kompostovaných surovin se rozeznávají dva typy kompostáren. Jedním z nich je kompostování na kompostovišti, které musí mít zpevněnou pracovní plochu a roční produkci kompostu 50 až 500 tun. Oproti tomu druhý typ kompostáren, kterým jsou průmyslové kompostárny, musí mít roční produkci alespoň 500 tun a k tomu je zapotřebí mít vodohospodářsky zabezpečenou plochu. [4]

Při zhotovování kompostovací hromady o trojúhelníkovém průřezu je stanovena minimální šířka pásové hromady, která dosahuje hodnoty 2 m, ale z technologického hlediska je lepší zakládat hromady o šířce od 2,5 m do 4 m. Výška kompostovací hromady trojúhelníkového profilu je dána především charakterem použitého materiálu a pohybuje se v rozmezí 1,1 až 2,2 m. Oproti tomu kompostovací hromady lichoběžníkového průřezu mívají podstatně větší šířku zakládky a to bezmála o 2 m. Šířka kompostovací pásové hromady lichoběžníkového průřezu je tedy 3 až 6 m. Výška hromady lichoběžníkového profilu dosahuje téměř stejné hodnoty jako výška trojúhelníkového profilu. [7]

Technologie kompostování na volné ploše v pásových hromadách je ideální výchozí technologií pro provozování řízeného kompostování, kterému se jinak říká kontrolované mikrobiální kompostování neboli rychlokompostování. Při této technologii se zejména používají menší, ale přesto vysoce výkonné stroje, které se uplatňují v sestavených kompostovacích linkách. [1]

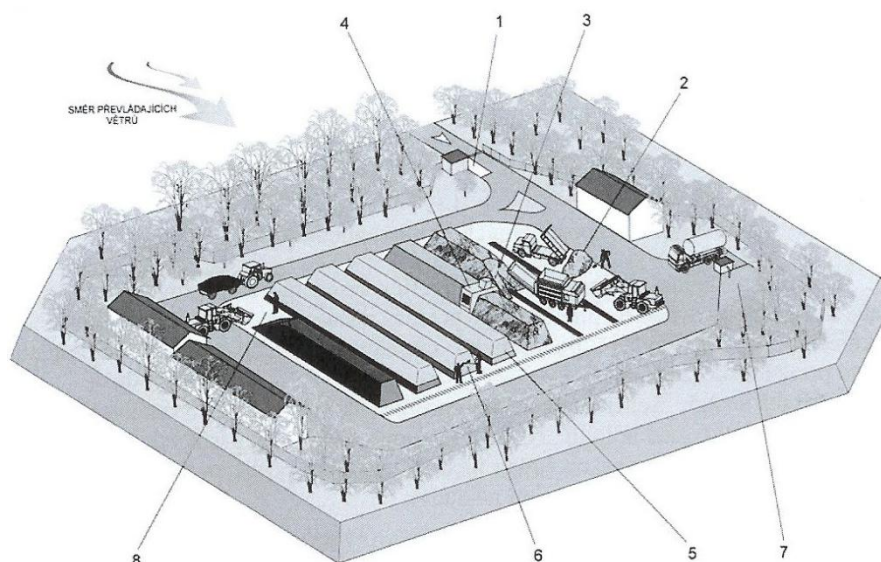
Některé kompostárny se potýkají se zvyšujícím se množstvím organických odpadů vhodných ke kompostování a omezením velikostí zpevněné a vodohospodářsky zabezpečené plochy, což vede ke snaze zvyšovat efektivnost výroby kompostu. [1]

K urychlení výroby kompostu lze docílit:

- optimalizací surovinové skladby
- sledováním procesních podmínek (teplota, vlhkost, stupeň provzdušnění)
- nasazením vhodné mechanizace k rozhodujícím operacím v technologickém procesu
- zakrytím kompostovacích hromad pomocí fólií nebo jiných kompostovacích textilií [4]

Při splnění těchto procesů se hovoří o řízeném kompostování, u kterého je každý z kompostovacích procesů předem načasován a má své vlastní upotřebení.

Na obrázku 1 lze vidět schematické znázornění kompostárny zabývající se kompostováním v pásových hromadách na volné ploše, která využívá pro zpracovávání biologicky rozložitelné suroviny. [4]



Obrázek 1: Kompostování v pásových hromadách na volné ploše [1]

1 – evidence surovin – mostová váha; 2 – příjem surovin; 3 – zakládání do pásových hromad; 4 – překopávání kompostu; 5 – zrání kompostu v přikryté hromadě; 6 – monitorování kompostovacího procesu; 7 – jímka zapuštěná v terénu; 8 – expedice hotového kompostu

2.1.3 Zahradnické komposty

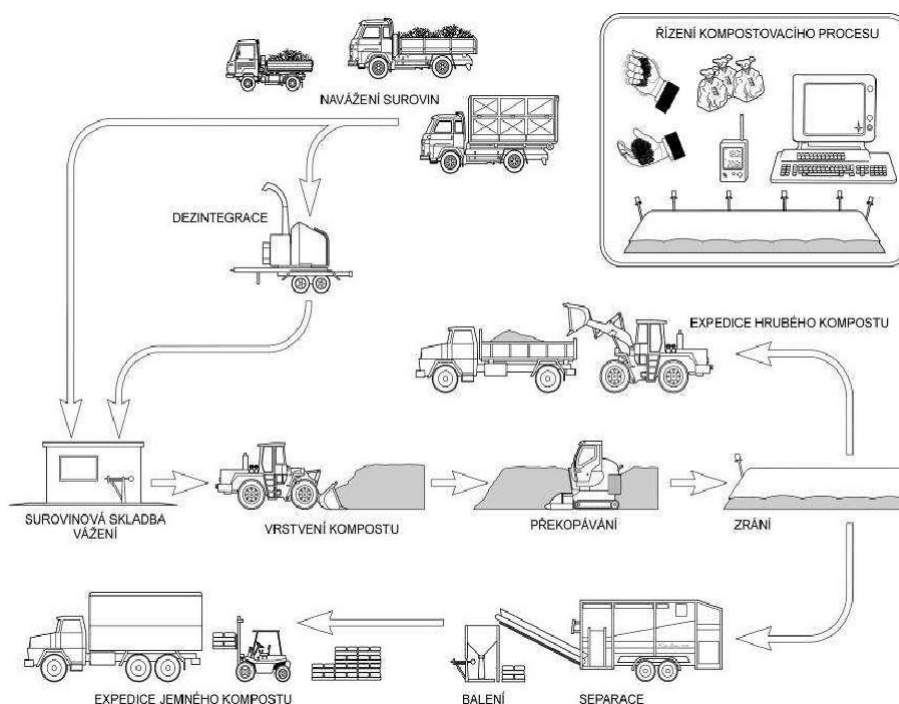
Tyto komposty se řadí mezi komunitní kompostárny. Svoji plochou nejsou příliš velké, ale zato se jich v našich obcích, případně menších městech vyskytuje hned několik.

Zahradnické komposty využívají jako kompostovací materiál suroviny přijaté přímo z vlastních zahrádek. Zdrojem organických odpadů jsou především zbytky po zelinářských, ovocnářských, vinohradnických a květinářských produktech (nať, slupky, semínka a další podobné produkty). Další částí představující odpady jsou suroviny vznikající při údržbě produkčních sadů (větvě, kmeny, pařezy), či vinic (réví). Samozřejmě to jsou také odpady vyprodukované z údržby okrasných porostů – travnatých ploch (posečená tráva, mech) a okrasných dřevin (listí, větve).

Zahradnictví produkuje poměrně široký sortiment biodegradabilních odpadů, které obsahují rostlinné živiny a jsou recyklovatelné jako organické hnojivo a to buď přímou aplikací nebo po zpracování na kompost. [3]

2.2 Strojní linky pro kompostování

Kompostovací proces se nejčastěji realizuje v pásových hromadách a to s ohledem na varianty využití mechanizačních prostředků a minimum investičních nákladů. Pásové hromady trojúhelníkového nebo lichoběžníkového profilu umožňují jednoduché vrstvení materiálu, snadnou aplikaci kejdy do žlabu v koruně hromady, kontinuální překopávání, ale také snadnou nakládku při vyskladnění hotového kompostu. Ke splnění těchto úkonů je zapotřebí výkonných mechanizačních prostředků, které jsou sestavovány do strojních linek. [7]



Obrázek 2: Schéma kompostovací linky [5]

Při sestavování optimální kompostovací linky, kterou lze vidět na obrázku 2, je základním pracovním článkem mobilní energetický prostředek o minimálním výkonu 35 kW, který lze využít k více činnostem a to pomocí k němu připojených technických prostředků. Těmito technickými prostředky se rozumí například univerzální čelní lopata nebo drapak, drtič, či štěpkovač, překopávač kompostu a prosévací zařízení, ale i adaptér pro svinování a rozvinování plachty potřebné k přikrytí kompostovací hromady a v neposlední řadě lze mobilní energetický prostředek připojit k zařízení pro aplikaci kapalin. [4]

Rozdělení kompostovacích linek podle používání a agregace jednotlivých strojů:

- linky s jedním energetickým zdrojem s řadou připojitelných nářadí
- linky složené z jednoúčelových strojů s vlastním pohonem
- linky kombinačně sestavené (sloučení předchozích dvou metod) [4]

2.2.1 Kompostovací linka s jedním energetickým prostředkem

U této kompostovací linky se zhotovují jednotlivé operace díky jednomu mobilnímu energetickému prostředku (například kolový traktor), ke kterému lze připojit řadu technických prostředků. [4]

2.2.2 Kompostovací linka s jednoúčelovými stroji

Ke správným činnostem jednotlivých technologických operací se používají jednoúčelové stroje, především samojízdné překopávače kompostu. U těchto kompostovacích linek jsou ke každé operaci připraveny na míru zkonstruované stroje o výkonnosti vyšší než u linek s jedním energetickým prostředkem. I přes vyšší výkony jednotlivých strojů je tato linka ekonomicky méně přípustná. [4]

2.2.3 Kombinovaná kompostovací linka

Kombinovaná kompostovací linka vznikla spojením předchozích dvou metod. U kombinované linky je mobilní energetický prostředek využíván převážně jen k některým pracovním operacím (překopávání kompostu nebo manipulace se surovinami). Ostatní pracovní operace vykonávají jednoúčelové stroje. Tato kompostovací linka si převzala od předchozích dvou variant jejich výhody a tím se zvýšila výkonnost linky a snížili se investiční náklady oproti kompostovací lince s jednoúčelovými stroji. [4]

2.2.4 Linky pro výrobu hrubého kompostu

Tento typ linky je z ekonomického hlediska velmi výhodný, protože má velký odbyt. Zhotovený kompost se prodává ve velkém množství a z kompostárny se odváží jako volně ložený na dopravním prostředku. [7]

Varianta sestavení linky:

- nákladní automobil s přívěsem – navážení tuhých surovin na příslušné místo a rozvoz zhotoveného kompostu
- traktor s přívěsy – dopravování materiálu na kratší vzdálenosti, ale také operativní příprava materiálu
- fekální vůz (cisterna) – navážení tekutých a kašovitých komponentů
- mostní váhy – vážení při expedování hrubého kompostu nebo vážení jednotlivých surovin při zakládání kompostu
- drtič a štěpkovač – drcení či štěpkování materiálu kvůli dobré homogenizaci zakládky
- nakladač kompostu – vrstvení, přemísťování, nakládání kompostu a úprava kompostovacích hromad
- překopávač kompostu – průběžné přepracovávání a provzdušňování během zrání kompostu [7]

2.2.5 Linky pro výrobu jemného kompostu

U těchto linek je zhotovovaný materiál proséván a obohacován mikroprvky. Tento jemně drcený kompost je pytlován a prodáván v malém množství po 3 až maximálně 50 kg. [7]

Varianta sestavení linky:

- drtič s mísičem – úprava jemného kompostu s možností zamíchání obohacujících mikroprvků pro maloobchod
- dávkovač – dávkování mikroprvků a jiných složek do kompostu
- prosévací zařízení – prosévání hrubého kompostu
- pytlovací váhy – dávkování kompostu do pytlů o stanovených hmotnostech
- mostní váhy – vážení při expandování kompostu, ale také vážení jednotlivých surovin při zakládání kompostu [7]

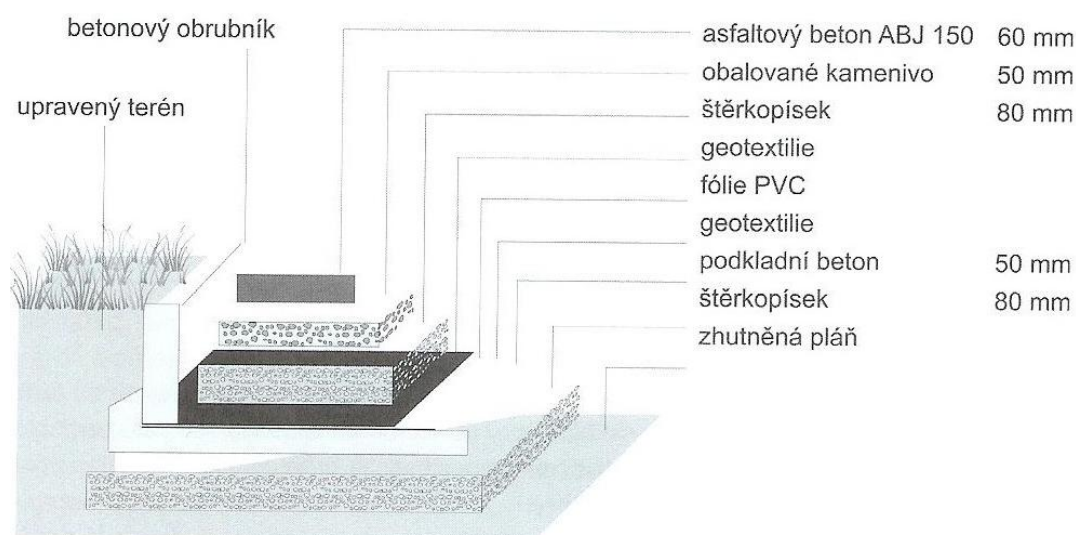
3 Založení, průběh a hodnocení kompostu

Před samotným založením kompostu je důležité mít dobře zabezpečenou a zpevněnou kompostovací plochu.

Význam zabezpečení kompostovací plochy:

- zajištění volného přístupu pracovní techniky ke kompostovacím hromadám
- zamezení styku zpracovávaných surovin s okolní půdou a podzemní vodou [4]

Kompostárna musí být teda opatřena nepropustným povrchem, který se skládá z několika různých druhů materiálu. Tyto vrstvy materiálu lze vidět na obrázku 3.



Obrázek 3: Schéma složení zabezpečené plochy při kompostování [4]

Zajistit pracovní plochu, tak aby splňovala příslušné předpisy je velmi finančně náročné a proto se mohou ke kompostování používat stavby, které už jsou proti vniknutí zpracovávaných surovin do půdy dostatečně zajištěny. Mezi tyto stavby patří například silážní sklady, sklady hnojiv, areály uhelných skladů, hnojiště a zemědělská složiště a další podobné stavby. [4]

Nedostatky kompostovací plochy, kterým je třeba se vyhnout:

- rozmoklý povrch kompostárny – omezené poježdění pracovními prostředky

- spád menší než 2 % – při nedodržení daného spádu vznikají kaluže u kompostu, což přispívá ke vzniku anaerobních hnilobných procesů
- vícenásobné přejezdy – vzniká zhutnění půdy, což vede k tvorbě hniloby
- obtížné čištění kompostovací plochy – následkem velkého znečištění plochy vzniká nebezpečí zvýšení obsahu nežádoucích příměsí v kompostu [4]

3.1 Založení kompostovacího procesu

Správné založení kompostu je zajištěno pomocí vytvoření optimální surovinové skladby základky kompostu, kterou ovlivňuje mnoho faktorů a to především poměr uhlíku a dusíku a počáteční vlhkost. [1]

Dále je potřeba zajistit dostatečné rozdrcení vstupních surovin. Rozdrcením dochází k dezintegraci surovin, což znamená, že dochází ke zvětšení oxidační a styčné plochy pro mikroorganismy a to umožňuje zrychlení biodegradabilního procesu. Z technického hlediska je velmi výhodné dosáhnout co nejlepší zrnitosti a homogenity kompostovaných surovin. Velikost rozdrcených a rozmělněných částic pomocí drtičů a štěpkovačů by neměla přesáhnout 50 mm. [6]

Získávání vhodné zrnitosti a tím tedy i snadnější homogenizace je důležité především tam, kde jsou suroviny špatně rozložitelné (rozkládají se pomaleji). Suroviny ve formě malých částic jsou nejpříjemnějším materiálem, protože se účastní přímo kompostovacího procesu, oproti tomu suroviny ve formě velmi jemných částic (prach) vytvářejí kompaktní strukturu s nedostatkem vzduchu, což brání v růstu mikroorganismů. Tyto suroviny je nejlépe rovnoměrně rozházet po celé základce nebo přeložit drcenou slámou, která upraví konzistenci směsi. [4]

3.1.1 Poměr uhlíku a dusíku

Poměr uhlíku a dusíku (C : N) by se měl pohybovat u čerstvě založeného kompostu kolem hodnot 20 : 1 až 40 : 1. Tento poměr závisí na rychlosti rozkladu surovinové skladby kompostu. Suroviny s užším poměrem (10 : 1) uhlíku a dusíku jsou velmi rychle rozložitelné, oproti tomu kompostovací hmoty se širokým poměrem (50 : 1) se rozkládají výrazně pomaleji. Poměr C : N lze také vysvětlit, jako poměr různých organických a anorganických látek. [4],[7]

Anorganické látky neposkytují živnou půdu pro mikroorganismy, a proto jsou nazývány balastní složkou. Při velkém množství anorganických látek probíhá humifikace organického podílu pomaleji. Proto je nutné, aby organické látky obsahovali dostatek cukrů a bílkovin. Při splnění této podmínky dojde k urychlení kompostovacího procesu a také se nabourají těžko degradované organické látky a tím se jejich rozklad výrazně urychlí. [7]

3.1.2 Vlhkost

Kromě poměru uhlíku a dusíku, je také vlhkost nedílnou vlastností, která ovlivňuje kompostovací proces. Nedostatek vlhkosti způsobuje vývoj nevhodné mikroflóry, ve které převažuje plíseň a aktinomycet, dále může dojít k nežádoucím chemickým reakcím nebo se neuskuteční některé důležité hydrolytické reakce. Při nadbytečné vlhkosti vzniká v základce nedostatek kyslíku, což vede k vývoji anaerobní mikroflóry, nerozvine se činnost termofilních mikroorganismů a může dojít k procesu kvašení. Nejlépe je tedy udržovat vlhkost základky v rozmezí 50 až 75 %. Optimální vlhkost vznikne při zaplnění 60 – 70 % pórovitosti čerstvého kompostu vodou. [7]

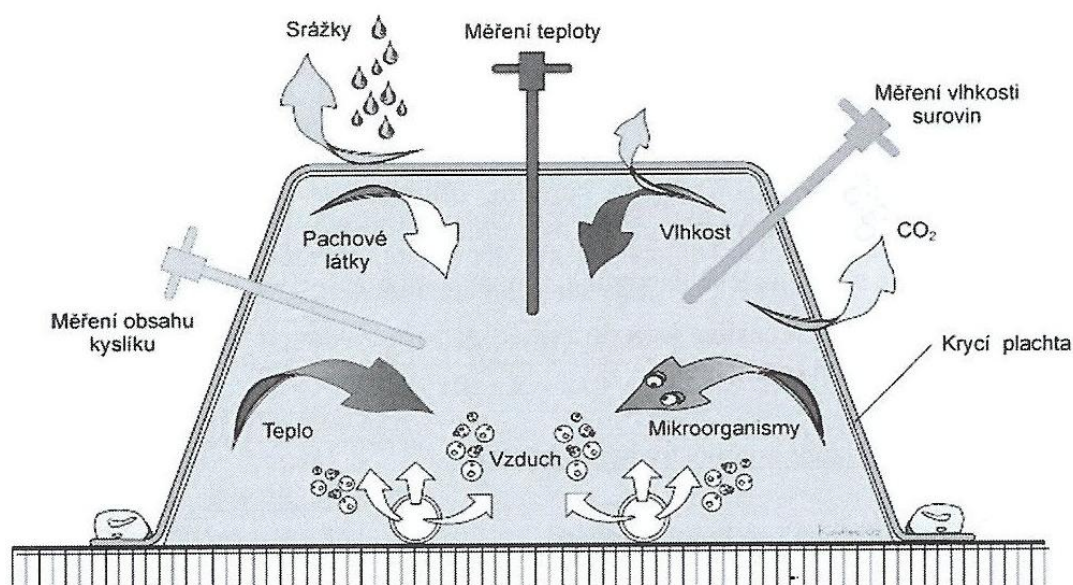
3.2 Průběh kompostovacího procesu

K zajištění optimálního průběhu kompostovacího procesu, tím se myslí optimální doba kompostování, je důležité sledovat vlastnosti zpracovávaných surovin. Mezi nejsledovanější vlastnosti při procesu kompostování patří vlastnosti fyzikálně – chemické, chemické a mikrobiologické. Pokud dojde k rozdílu mezi naměřenými hodnotami a hodnotami optimálními musí se do kompostovacího procesu učinit časný zásah. [4]

Sledované hodnoty při procesu kompostování lze vidět znázorněné na obrázku 4 a také je ukazuje následující rozdělení:

- měření teploty kompostu
- hodnocení vlhkosti kompostu
- měření obsahu kyslíku v kompostu

- stanovení stability a zralosti kompostu
- mikrobiologické hodnocení kompostu
- chemické hodnocení kompostu [6]



Obrázek 4: Sledované a měřené hodnoty při kompostování [1]

V průběhu kompostování se nejvyšší nároky kladou na zjišťování teploty, vlhkosti a obsahu kyslíku. [1]

3.2.1 Měření teploty kompostu

Měření a zapisování teplotních hodnot přispívá ke správnému průběhu kompostovacího procesu. Podle teploty lze snadno zjistit zralost kompostu.

Po založení kompostu a prvním přejetí překopávače by teplota hromady měla stoupat a to do hodnoty maximálně 70 °C. Této hodnoty se dosáhne jeden týden po zakládce a po následující týdny teplota v kompostovací hromadě pozvolna klesá. Přibližně řečeno ve 12 týdnu po založení kompostu dosahuje teplota hodnoty okolo 20 °C.

K měření teploty kompostovací hromady slouží zejména kontaktní elektronické zapichovací teploměry s digitálním nebo analogovým ukazatelem. Teploměry jsou vybaveny tyčovou zapichovací sondou o různé délce. Důležité je vpichovat sondu kolmo k povrchu hromady a tuto sondu vést až do středu hromady, aby bylo zajištěno měření teploty v celém průřezu hromady.

Měření se provádí od založení kompostu až do 7 dne každodenně, poté až do ukončení procesu je teplota měřena jedenkrát za tři maximálně čtyři dny. [4]

3.2.2 Měření vlhkosti

K měření vlhkosti existuje několik metod. Jednou z nich je měření vlhkosti pomocí přenosného vlhkoměru, který měří vlhkost surovin nepřímo a to určováním vodivosti a kapacity. Z těchto hodnot je pak určen obsah vlhkosti v surovinách.

Další metodou je gravimetrická metoda stanovení vlhkosti, která je měřena přímo. Vlhkost je stanovena z rozdílu počáteční hmotnosti vlhkého vzorku a konečné hmotnosti suchého vzorku. Tato metoda disponuje vysokou přesností a velkým měřicím rozsahem.

První měření vlhkosti se provádí po první překopávce. V období mezi 1 a 8 dnem po založení kompostu je měření prováděno nejčastěji. Následují intervaly měření vlhkosti po třech týdnech a samozřejmě se také změří vlhkost po ukončení kompostovacího procesu. [4]

3.2.3 Měření obsahu kyslíku

Provzdušňování kompostu a vytváření aerobních podmínek je hlavní zásadou kompostování. V kompostovací hromadě je zapotřebí mít stále čerstvý vzduch, proto musí být umožněna výměna plynů mezi kompostem a okolím.

K určení obsahu kyslíku se používají nejčastěji dvě metody, mezi které patří sorpční metoda a metoda elektrochemická. [4]

3.3 Hodnocení kompostu

Kvalitu a hygienickou nezávadnost hotového kompostu lze hodnotit na základě stanovení biologické stability, mikrobiologických a chemických vlastností. [4]

3.3.1 Zralost a stabilita kompostu

Stabilita je jednou ze základních charakteristik kompostu. Rozeznáváme stabilitu dočasnou, která je zapříčiněná nedostatkem vody v surovině a trvalou stabilitu, která

je způsobena tím, že biologicky snadno rozložitelné látky jsou přemísťovány do formy složitých komplexů humusových látek.

Nezralý kompost se dá charakterizovat jako čerstvá surovina s docela zachovanou původní strukturou, případným zápachem a kompost může být teplý a tím pádem z hromady může stoupat vodní pára.

Oproti tomu zralý kompost je stabilizovaný, neměl by zapáchat, jsou jen těžko rozpoznatelné původní založené suroviny. Kvalitní zralý kompost má na svém povrchu takovou teplotu, jaká je v jeho okolí, akorát v jádře může být o něco vyšší teplota. [4]

3.3.2 Mikrobiologické hodnocení

Na procesu kompostování se podílí tři skupiny mikroorganismů, kterými jsou bakterie, aktinomyceity a plísňe.

Zdrojem patogenních organismů, které se v kompostech mohou nacházet, jsou například podestýlky, exkrementy zvířat, kejda, čistírenské kalů a hnůj.

Hygienická nezávadnost kompostu se hodnotí stanovením indikátorových organismů, kterými jsou termotolerantní koliformní bakterie a skupina bakterií enterokoky a salmonely. [4]

3.3.3 Chemické a fyzikální hodnocení

Při laboratorních rozborech kompostu se stanovují tyto znaky jakosti:

- vlhkost
- celkový obsah spalitelných látek a dusíku
- poměr C : N
- pH ve vodní suspenzi
- stanovení nerozložitelných příměsí
- hodnocení homogenity celku [4]

4 Stroje na kompostování

Stroje jsou nedílnou součástí každé firmy, která se zabývá kompostováním. Jejich činnost usnadňuje a zrychluje průběh celého cyklu kompostování. Samozřejmě, že všechna střediska zabývající se kompostováním, nejsou stejně vybavena. Stroje jsou totiž finančně nákladná mechanická zařízení a tím pádem si je nemohou v plném rozsahu dovolit všechny, hlavně malé podniky.

Základní požadavky na stroje pro drcení a štěpkování materiálu:

- rozdrtit materiál na částice o objemu 5 – 50 mm³
- zpracovat materiál suchý, polosuchý i vlhký
- snadná výměna činných částí pracovního ústrojí
- konstrukční řešení musí zamezit častému ucpávání
- konstrukce musí splňovat podmínky bezpečnosti práce [7]

4.1 Drtiče

Většina surovin ukládaných do kompostovacích zakládek vyžaduje pro snadnou a kvalitní homogenizaci rozmělnění či rozdrčení vstupních surovin. Z velké části se jedná o drcení, ale také o štěpkování (bude podrobně popsáno později) biomasy, která má vlhkost okolo hodnoty 50%. [4]

Drtiče jsou určeny pro drcení tenkých větví, zelené hmoty, kůry a dalších měkkých odpadů. Na materiál působí drtič buď svým pracovním ostřím, úderem nebo pomalým tlakem, přičemž dochází ve větší míře k jeho lámání, štípání nebo dokonce rozmělnění na menší částice. [7]

Rozdělení drtičů dle následujících hledisek:

- Podle druhu pracovního ústrojí
 - talířové – s 1, 2 nebo více noži
 - nožové – se 2 – 4 zahnutými noži
 - kladívkové, bubnové, síťové, spirálové ostří

- kombinované
 - s frézovacím válcem, se šnekovým řezacím mechanismem
 - Podle pohonu
 - s elektrickým pohonem
 - se spalovacím motorem
 - od vývodového hřídele traktoru
 - Podle výkonu motoru
 - I. kategorie – s motorem 1 – 3 kW (domácí využití)
 - II. kategorie – s motorem 3 – 10 kW (profesionální pracovníky)
 - III. kategorie – s motorem 40 – 50 kW i více (specializované firmy)
- [5],[7]

Konstrukční řešení drtičů je určováno charakterem zpracovaného materiálu, požadovaným množstvím rozdrčené hmoty a také kvalitou rozmělnění, tím se myslí velikostí jednotlivých částic. [7]

Vzhledem k namáhání činných částí (nožů, kladívek, šneků, frézovacích hlav) musejí být tyto části vyráběny z houževnatých a otěruvzdorných materiálů. [7]

4.2 Štěpkovače

Štěpkovače jsou stroje určené k beztrískovému dělení dřeva napříč nebo podél jeho vláken. Štěpkovače mají schopnost produkovat štěpky o téměř stejné velikosti. Hlavní vliv na rozmělnění materiálu pomocí štěpkovače má typ pracovního ústrojí, dále jeho otáčky, rychlost a způsob podávání materiálu. Kvalita štěpky se určuje pomocí pracovního ústrojí štěpkovačů a vlastnostmi zpracovávaného dřeva (tvrdost, tvar, sukovost). [4],[7]

Pro snazší práci štěpkovače se nejlépe hodí dřevo, které je čerstvé, mokré, z hlediska druhu měkké a rovné. Při využívání dřeva v kompostovacích zařízeních se používá méně kvalitní dřevo, a proto je třeba počítat s vyššími nároky na technické parametry štěpkovačů. [7]

Rozdělení štěpkovačů dle následujících hledisek:

- Podle pracovního ústrojí
 - diskové (kotoučové) – nože jsou uloženy na čelní straně rotujícího kotouče
 - bubnové – nože jsou uloženy po celém obvodu rotujícího válce
 - spirálové (šnekové) – místo nožů je zde spirálové ostří
- Podle provedení
 - traktorové
 - samojízdné s vlastním pohonem
 - přívěsné s vlastním pohonem
- Podle energetického zdroje
 - připojitelné k energetickému prostředku
 - přívěsné s vlastním motorem pro pracovní ústrojí
 - samojízdné s vlastním pohonem
- Podle velikosti
 - malé – připojitelné za traktor (výkon motoru 25 – 50 kW)
 - střední – jedno nebo dvounápravový přívěs (výkon motoru 50 – 100 kW)
 - velké – samojízdné (výkon motoru 100 – 450 kW) [5],[7]

U malých typů nesených na traktoru bývá obvykle zajištěno podávání materiálu do štěpkovače ručně a u velkých typů štěpkovačů je tato činnost zajištěna hydraulickým manipulátorem (hydraulickou rukou s drapákem). Větší typy štěpkovačů jsou vybaveny vkládacím ústrojím tvořeným dvěma rýhovanými válci, z nichž jeden je výškově stavitelný nebo dvěma dopravníky, které mají na spojovacích příčkách ocelové trny. [7]

4.3 Drtiče – míchače

Tyto stroje mají za úkol rozdrtit nadměrné částice na dostatečné malé stejnoměrné částice a promíchat zpracovaný materiál. Při těchto úkonech dochází k výměně vlhkosti mezi mokrým a relativně suchým materiálem, čímž vzniká homogenní směs o přibližně konstantní hustotě. Díky tomuto zařízení lze do zpracovávaného materiálu přimíchávat další komponenty, které jsou nutné pro jeho úpravu.

Rozdělení drtičů – míchačů dle následujících hledisek:

- Podle pohonu
 - se spalovacím motorem
 - s elektrickým motorem
- Podle konstrukce
 - s drticím pásem
 - s drticím šnekem
- Podle provedení
 - stacionární
 - mobilní

Plnění zásobníků o objemu 15 – 20 m³, do kterých je nasypán materiál určený pro drcení a míchání, se provádí pomocí nakladače nebo hydraulické ruky s drapákem. Dostatečně rozdrčený materiál je vyprazdňován bočním nebo zadním vynášecím dopravníkem, který je sklopný a výškově stavitelný.

Stroj s pásovým drtičem je opatřen rychloobíhajícím pásem, který je opatřen ocelovými hroty. Díky těmto hrotům je materiál neustále drcen, míchán a provzdušňován. U šnekového drtiče je k drcení určeno několik válcových šneků. Tyto válcové šneky mají po obvodu lopatkové nože uspořádané ve šroubovici tak, aby mohli do sebe vzájemně zapadávat nože sousedních válců. [7]

4.4 Překopávače

Překopávače jsou stroje, které slouží k překopávání kompostu, což je důležitá pracovní operace v celém technologickém postupu kompostování. Hlavní cílem překopávače je provzdušnit kompost, a tím dosáhnout optimálního průběhu mikrobiální činnosti.

Nejvýhodnější k vykonání dané práce je použít překopávač pracující kontinuálně, nýbrž oproti stroji s přerušovaným pracovním cyklem (nakladače) vykonává svoji práci kvalitněji při lepším využití celkového pracovního času, a také dosahuje lepší výkonnosti.

Hlavní požadavky na konstrukční řešení překopávačů:

- kvalitní promísení a provzdušnění surovin v celé kompostovací hromadě
- formování překopávaných surovin do hromady přesně stanoveného profilu
- částečné rozmělnění surovin
- nízká pracovní rychlost a možnost její regulace
- dobré pojezdové vlastnosti a manévrovatelnost po pracovní ploše

Rozdělení překopávačů kompostu:

- Podle pracovního ústrojí
 - Rotorové, šnekové, dopravníkové
- Podle energetického zdroje
 - přípojné (návěsné, tažené)
 - samojízdné (elektromotor, zážehový či vznětový motor)
- Podle výkonnosti
 - malé (do $800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
 - střední ($800 - 1\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
 - velké (nad $1\,200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)

Při volbě vhodného překopávače se musí dbát na jeho provozní požadavky na velikost manipulační plochy. Tuto plochu ovlivňují požadavky na plochu pro pojezd mezi jednotlivými hromadami, pro otáčení na konci každé hromady, pro nutné technologické přejezdy a při podélném překopávání potřebujeme prostor pro je posun ve směru podélné osy. [4]

4.4.1 Překopávače kompostu návěsné

Návěsný (nesený) překopávač pomocí rotoru promíchává kompostovací hromadu a sune jí do strany, kde vytváří novou hromadu. Nesené překopávače umožňují přepracovávání z více či jedné větší řady do jedné nové řady bez požadavku na místo pro průjezd soupravy.

Rozeznáváme dva nesené překopávače a to buď překopávač nesený vzadu, který umožňuje jízdu při překopávání dopředu, ale i dozadu a druhým neseným překopávačem je překopávač nesený vpředu. [5]

4.4.2 Překopávače kompostu samojízdné

Jde o energetický mobilní prostředek, který je využíván především pro větší objem kompostovacích základek. U samojízdného překopávače lze využívat různých druhů pohonů a tím dosahovat různých výkonů. Tyto stroje jsou dle zákazníka vybaveny různým příslušenstvím (kabina, navíjecí buben pro závlahu, pokladač zakrývající fólie). Tento překopávač je složen z pojezdového a překopávajícího ústrojí. Pro pohon těchto dvou ústrojí slouží jeden společný agregát nebo má každé ústrojí svůj vlastní agregát. [5],[7]

Samojízdný překopávač využívá k pojezdu kola s pneumatikami nebo gumové či ocelové pásy. Překopávající ústrojí je složeno z tunelu, v jehož spodní části je umístěn rotor se šnekovicí, která je vybavena pracovními orgány. Většina zařízení je vybavena i různými přihrnovacími štíty, popřípadě i šneky. [4],[5]

4.5 Energetické prostředky

Energetické prostředky se používají v případě, že některé operace v kompostovacích linkách jsou zajišťovány stroji bez vlastního energetického stroje. Nejčastěji se jako energetický prostředek používá kolový traktor, nosič nářadí anebo čelní nakladač.

Při použití kolového traktoru nebo nosiče nářadí musí být možnost k těmto prostředkům připojit čelní lopatu, která slouží k manipulaci se zpracovávanými surovinami. Oba tyto typy energetických prostředků musí dosahovat pracovní pojezdové rychlosti v rozmezí 0,1 až 1 km.h⁻¹, to znamená, že prostředek musí být vybavený převodovkou, která umožňuje volbu velmi nízkých pojezdových rychlostí.

Při použití čelního nakladače je třeba uvážit, zda je možné k němu mechanicky připojit další pracovní zařízení a zjistit, jestli tento energetický prostředek disponuje dostatečným výkonem. Výhodou nakladače je, že bývá vybaven hydraulickým pohonem pojezdu, což umožňuje čelnímu nakladači dosahovat nízkých pojezdových rychlostí, které jsou nutné při provozu na kompostovacích linkách.

Výrobci energetických prostředků se snaží nabízet co nejvíce univerzální prostředky s nízkými provozními náklady a vysokou spolehlivostí. Tím vyhovují uživatelům, kteří vyžadují pokrokovost technické úrovně, výkonnost, spolehlivost, hospodárnost provozu a přitom jsou schopni respektovat ekologické, hygienické a bezpečnostní předpisy a normy Evropské unie. [4]

5 Zařízení na kompostování

5.1 Prosévací a separační zařízení

Prosévací zařízení slouží k úpravě kompostu při vyšším podílu nerozložených a nerozložitelných částic. Nejlépe je kompostárnu vybavit vhodným prosévacím zařízením s dostatečným výkonem, které umožňuje třídít hotový kompost na dvě a více frakcí určených k expedici nebo dalšímu zpracování v kompostovacím procesu. Prosévací zařízení se volí zejména podle toho, jaký chceme finální produkt.

Separační zařízení se používají především při kompostování bioodpadu z odděleného sběru BRKO (biologicky rozložitelného komunálního odpadu). Důvodem je množství plastových a jiných příměsí, které se musí oddělit po prosetí kompostu prosévacím zařízením. [4]

5.1.1 Prosévací zařízení

Rozdělení prosévacího zařízení z konstrukčního hlediska:

- vibrační třídíče (s rovinným sítem)
- rotační třídíče (s válcovým sítem)
- rotační rošty
- třídící a drtící lopaty [5]

5.1.1.1 Vibrační třídíče

Činnost zařízení spočívá v přerušovaném posunu surovin ve směru spádnice po šikmo uloženém rovinném sítu. Na rámu stroje je uchycen pomocí pružin vibrační rám, na kterém jsou uchycena prosévací síta. Hrubý kompost je od násypky přiváděn k horní části síta a vlivem vibrací je snadno proséván. Pohon síta je řešen buď mechanicky pomocí klikového hřídele, nebo na principu rotujících nevyvážených těles, popřípadě je zajištěn elektricky.

Výhodou vibračního třídíče je především konstrukční jednoduchost, vysoká životnost a malá energetická náročnost. [4],[7]

5.1.1.2 Rotační třídiče

Činnost zařízení spočívá v plynulém posunu materiálu vnitřním povrchem rotujícího válcového síta, které má mírně šikmou horizontální osu otáčení a je uloženo na otočných rolnách. Při vodorovně uložených sítích se materiál pohybuje pomocí šroubovice uložené uvnitř třídiče. Materiál je do určité výšky unášen po obvodu síta a následně vlivem gravitace padá a proces se opakuje. [4]

Rozdělení rotačního třídiče z konstrukčního hlediska:

- mobilní
 - s elektromotorem 5 až 15 kW
 - se spalovacím motorem 20 až 60 kW
- stacionární
 - elektromotor s převodovkou [4]

Pohon válcového síta u malých prosévacích zařízení je odvozen od elektromotoru přes převodovku. U mobilních třídičů slouží spalovací motor k pohonu bubnu, u stacionárního je buben poháněn pomocí kladek převodovkou s elektromotorem. Průměr bubnu bývá u menších zařízení 600 – 800 mm, u větších, výkonnějších rotačních třídičů se jedná o průměr v rozmezí 1 400 – 1 800 mm, přičemž délka bubnu bývá 2,5 až 3 násobkem průměru bubnu. [7]

Hlavní výhodou rotačního třídiče s válcovým sítem je jeho vysoká výkonnost, která je dána dobrou průchodností surovin přes samočisticí element. [4]

5.1.1.3 Rotační rošty

Pracovní plochu těchto prosévacích zařízení tvoří rotační rošty. Ty jsou tvořeny soustavou hřídelů, na kterých jsou umístěny v pravidelných roztečích ocelové nebo pryžové elementy kotoučového, hvězdicovitého v případě nutnosti i jiného tvaru. K pohybu materiálu po pracovních plochách dochází díky otáčení hřídelů stejným směrem. Následné třídění surovin nastává propadem mezi elementy řazenými za sebou, podle roztečí elementů, od nejmenšího po největší. Hlavní výhodou těchto rotačních roštů je jejich vysoká výkonnost, která je dána zejména dobrou průchodností materiálu přes samočisticí elementy. [4],[7]

5.1.1.4 Třídící a drtící lopaty

Lopaty jsou speciálním prosévacím zařízením, která se vyskytují u malých a domácích firem zabývajících se kompostováním. Lze jimi vybavit čelní nakladač anebo traktor a s jejich pomocí lze promíchávat, drtit a prosévat zpracovávané suroviny. [5]

5.1.2 Separační zařízení

Separace je proces, při kterém dochází k oddělování různého druhu látek na základě jejich rozdílných mechanicko-fyzikálních vlastností. Existuje celá řada metod, které se užívají pro separaci. [7]

Rozdělení separačních zařízení:

- odstředivé odlučovače
- třídíče využívající geometrického tvaru
- vzduchové třídíče [4]

5.2 Ostatní zařízení

Ke správnému chodu kompostovací linky je zapotřebí celá řada dalších strojů a zařízení, které jsou běžně používaná při jiných zemědělských činnostech anebo se jedná o speciální zařízení, používané pouze v kompostovacím procesu.

Zejména u malých kompostáren je výhodné spojit technické zázemí, skladovací prostory, sociální zařízení pro obsluhu a podobné prostory s dalším pracovištěm podobného zaměření, které těmito zařízeními a prostory disponuje a zcela je nevyužívá. [4]

5.2.1 Zařízení pro evidenci surovin

Pro zajištění pravidelného příjmu surovin ke zpracování a k distribuci kompostu je nutná, nejlépe v prostoru kompostárny malá kancelář pro vedení evidence pohybu a kvality surovin, popřípadě hotového kompostu a technické zařízení pro určení přijímaného či odváženého množství. K těmto účelům se používají mostní váhy o různé nosnosti nebo přenosné nájezdové váhy. Tato zařízení určují hmotnostní množství zpracovávaných surovin. [4]

5.2.2 Zdroj elektrického proudu

K provozování kompostárny je nezbytně nutné mít zaručený přívod elektrického proudu. Elektrický proud totiž slouží k pohonu různých druhů technologických zařízení, dále také zajišťuje osvětlení a provoz na administrativním pracovišti a samozřejmě osvětluje celý objekt kompostárny. [4]

5.2.3 Zařízení na vlhčení kompostu

Nejjednodušší, ale z hlediska dávkování velmi pracná a nepřesná úprava vlhkosti kompostované základky je pomocí ručního postřiku hromad hadicí. Vhodnějším řešením je napojení hadice přímo na pohybující se překopávač, který je vybaven rozvodem k jednotlivým tryskám, které zprostředkovávají postřik hromady během překopávání hromady. U tohoto způsobu vlhčení kompostu je ale nutné mít zařízení pro odvinování a navinování hadice, což snižuje manévrovatelnost překopávače.

Nejvýhodnější tedy je mít zařízení pro zvlhčování kompostu v hromadách přímo namontované na překopávači kompostu. Tím pádem se jedná o sestavu složenou z nádrže, která je umístěna na překopávači a z aplikačního systému, jímž je možné dávkovat vodu obohacenou některými přípravky nebo kejdu, či další podobné tekutiny a přípravky vhodné k vlhčení kompostu. Aplikační systém se skládá zejména z čerpadla, rozvodů a trysek. [4]

5.2.4 Zařízení pro manipulaci s kompostovací plachtou

U menších kompostáren je manipule s plachtou zajišťována ručně, což je však značně náročné. U větších kompostáren je manipule s plachtou zajištěna mechanicky. V současné době jsou překopávače hromad vybaveny automatickým navíječem plachet. Pokládání plachty na pásovou hromadu kompostu je prováděno pomocí přidavných adaptérů, které jsou umístěny přímo na překopávači kompostu. Tato operace je vykonávána zcela automaticky. Zařízení na pokládání plachet tvoří především buben, z něhož je krycí plachta odvíjena, ale slouží i pro následné zpětné navíjení.

Lze také použít zařízení, která jsou svojí funkcí vhodná pouze pro manipulaci s plachtami. [4]

6 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zejména navrhnout mechanizační prostředky pro kompostování na volné ploše. Navržené mechanizační prostředky uspořádat do kompostovací linky. Mezi další cíle bakalářské práce patří určení nákladů, které jsou spojené s provozem daných mechanizačních prostředků a porovnání těchto nákladů u jednotlivých technologií.

II. Praktická část

7 Návrh mechanizačních prostředků u jednotlivých kompostovacích linek

Mezi nejvíce využívané mechanizační prostředky při procesu kompostování patří především různé typy energetických prostředků, překopávače, drtiče či štěpkovače a další potřebné prostředky pro rychlou a kvalitní výrobu kompostu.

V následujících kapitolách bakalářské práce budou navrženy kompostovací linky, jejichž roční výroba kompostu dosahuje 5 000 tun, což odpovídá 6 500 m³. Tato kapacita 5 000 t/rok navrhované kompostárny spadá do středních kompostáren rozdělených dle jejich velikosti.

Na zhotovení kvalitního kompostu v obou navrhovaných kompostovacích linkách je zapotřebí různorodý materiál, jako je tráva, senáž, siláž, piliny, kůra. Pro vyrobení požadovaného množství 6 500 m³ kompostu za rok, je zapotřebí mít k dispozici již zmíněné různorodé materiály (1/3 objemu tvoří dřevěný odpad a kůra), jejichž objem má hodnotu minimálně 9 750 m³. Shromážděné a zpracované suroviny jsou zakládány do pásových hromad s trojúhelníkovým profilem o šířce 2,5 m a výšce 1,3 m na volné ploše.

7.1 Návrh minimální výkonnosti mechanizačních prostředků

Na zjištění minimální výkonnosti jednotlivých pracovních strojů je třeba vědět, že ke zpracování 9 750 m³ surovin za rok jsou stroje využívány podobu 252 pracovních dnů.

7.1.1 Určení minimální výkonnosti u linky s jedním energetickým prostředkem

Pracovní vytíženost jednotlivých mechanizačních prostředků využívaných v kompostovací lince s jedním energetickým prostředkem se při standardní 8 hodinové pracovní době pohybuje okolo 7 hodin. Berou se v potaz především nucené přestávky energetického prostředku, který je neustále v pohybu. Především proto,

aby nedocházelo ke zbytečnému přetěžování stroje. Pro zjištění minimální výkonnosti strojů se musí vzít v potaz, že polovina pracovních dní (126 dnů) je předurčena k dovážení surovin z blízkého okolí pomocí energetického prostředku s přívěsem o objemu korby minimálně 10 m³. K přesnějšímu určení minimální výkonnosti jednotlivých mechanizačních prostředků se musí 126 denní pracovní doba rozdělit na 4 části po 32 pracovních dnech určených pro každý mechanizační prostředek. První část tvoří štěpkovač, druhá část patří překopávači. Do třetí části je zařazen třídíč a do poslední části patří navážení materiálu do zakládky a nakládání hotového kompostu, to vše pomocí kolového traktoru s čelním nakladačem.

Štěpkovač slouží ke zpracování kůry a dřevěného odpadu, což odpovídá přibližně 1/3 surovin, potřebných do zakládky kompostovací hromady. Za jeden den štěpkovač musí přepracovat 102 m³ kůry, z toho vyplývá hodinová výkonnost 14,6 m³.

Pro kvalitní provzdušnění je nutné kompostovací hromady během celého procesu pětkrát překopat pomocí překopávače. Objem zakládky se během rozkladu surovin zmenšuje, a proto je při výpočtu minimální výkonnosti počítáno s objemem okolo 39 000 m³, což je celková překopávaná hmota. Z tohoto údaje vyplývá, že překopávač by měl mít minimální výkonnost 174 m³.h⁻¹.

Nejen k roztřídění zralého kompostu, ale i k roztřídění vkládaných surovin do zakládky, jako jsou například siláž, senáž a piliny, slouží třídíč. Roční objem, který je nutno třídíčem přepracovat dosahuje hodnoty okolo 10 000 m³. Při každodenním zpracovávání materiálu o objemu 312 m³ musí být minimální výkonnost třídíče 44,5 m³.h⁻¹.

7.1.2 Určení minimální výkonnosti u linky s jednoúčelovými stroji

K pracovní vytiženosti jednotlivých mechanizačních prostředků využívaných v kompostovací lince s jednoúčelovými stroji lze říci, že teoreticky je možné, aby při standardní 8 hodinové pracovní době byly tyto stroje v provozu celých 8 hodin. V praxi je ovšem vytiženost jednotlivých pracovních strojů okolo 4 až 5 hodin za den. Musí se totiž brát v potaz nucené přestávky, aby nedocházelo ke zbytečnému přetěžování motorů a jiných pracovních částí umístěných v jednotlivých strojích.

Pro rozmělnění více než poloviny používaného materiálu (6 000 m³), mezi který patří kůra, senáž a siláž, je navrhován drtič. Za jeden z 252 pracovních dnů by měl drtič

přepřeracovat suroviny o objemu přibližně 24 m³. Z toho vyplývá, že minimální hodinová výkonost pracovního stroje je 6 m³.

Při překopávání kompostu je potřeba provzdušnit kompostovací hromady o stejném objemu jako v předchozí lince s jedním energetickým prostředkem. Tím pádem se jedná o hodnotu 39 000 m³. Výpočtem se zjistilo, že překopávač pracující 4 hodiny denně musí mít minimální výkonost 39 m³.h⁻¹.

V lince s jednoúčelovými stroji navrhovaný třídíč má zařazeno v pracovní činnosti jak rozřídění hotového kompostu, tak i třídění pilin, siláže, senáže, kůry, popřípadě i trávy. To jsou suroviny určené do zakládky kompostovací hromady a tím pádem nesmí mít příliš velké rozměrové parametry kvůli snadnějšímu rozkladu. 16 250 m³ je objemová hodnota, která musí projít pracovním ústrojím třídíče. Z tohoto údaje je vypočtena minimální výkonost dosahující 16 m³.h⁻¹.

Navrhovaný manipulátor s lopatou, sloužící k zakládání kompostovacích hromad (9 750 m³), k plnění násypky u třídíče (16 250 m³) a drtiče (6 000 m³), ale také k nakládání vyrobeného kompostu na nákladní automobil (6 500 m³), musí mít k dispozici minimální hodinový pracovní výkon pohybující se okolo 38 m³. Zmíněný hodinový výkon byl vypočten z 38 500 m³ objemu surovin, které musí manipulátor pomocí lopaty dopravit na dané místo.

7.2 Návrh mechanizačních prostředků u linek s jedním energetickým prostředkem

Kompostovací linky, které využívají jeden energetický prostředek, jsou ekonomicky méně nákladné, než ostatní způsoby kompostovacích linek. Tímto prostředkem se především myslí a v největší míře se používá takzvaný kolový traktor, který dosahuje různých výkoností. Dále jsou k těmto činnostem dobře přizpůsobeny některé druhy manipulátorů.

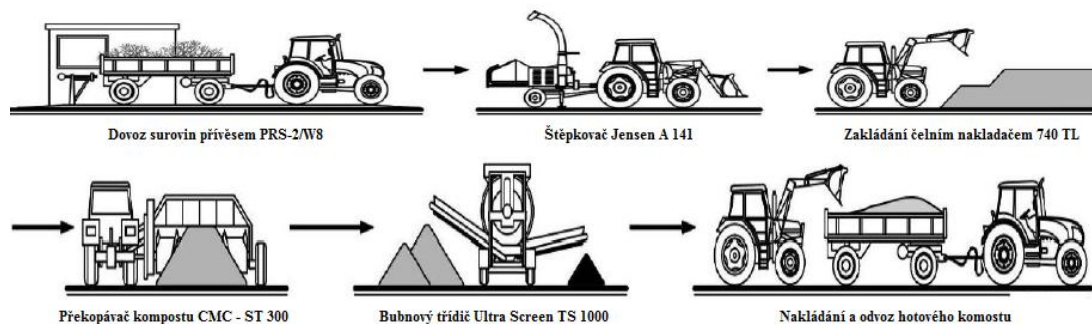
Kolový traktor či teleskopický manipulátor je pracovní stroj, za který se dají připojit pomocí zadního závěsu a předního či zadního vývodového hřídele nejrůznější potřebné stroje, které slouží k vykonávání kompostovacích operací. Dále se také dají na přední nebo zadní část kolového traktoru připojit různá zařízení, která usnadňují práci na kompostovacím stanovišti.

Mezi nejhlavnější přípojná zařízení používaná v přední části energetického prostředku patří čelní lopata. Pomocí čelní lopaty lze suroviny určené ke kompostování přemístit na dané místo a založit s nimi kompostovací hromadu. S lopatou umístěnou na traktoru nebo teleskopickém manipulátoru lze také nakládat hotový kompost na příslušné přívěsy, které jsou opět pomocí některého z energetických prostředků odvezeny.

K zadní část energetického prostředku jsou připojovány různé typy strojů a přívěsů. Přívěsem se rozumí valník, používaný jak už bylo řečeno k odvozu hotového kompostu, ale také je využíván k přivážení potřebných surovin, které jsou nutné k založení kompostu.

Kolový traktor či manipulátor nejen že dokáže vykonávat určité operace pomocí k němu připojených zařízení a dopravit příslušný stroj na stanovené místo, ale hlavně pohání k sobě připojené stroje a to pomocí náhonových hřídelů. Potřebný výkon určený k pohonu daného stroje je získáván od motoru a následně od vývodového hřídele umístěného v zadní části energetického prostředku.

Mezi nejdůležitější přípojně stroje jsou řazeny překopávače, drtiče a štěpkovače, ale lze sem zařadit i prosévací zařízení, která mají sice svůj vlastní pohon, ale jsou na stanovené místo dopravena pomocí kolového traktoru nebo jiného energetického prostředku. Tyto stroje jsou zobrazeny na obrázku 5, kde je opravdu vidět, že veškeré činnosti provádí energetický prostředek, konkrétně kolový traktor řady T5, tedy kromě už zmiňovaného prosévání, které má svůj vlastní pohon.



Obrázek 5: Schéma kompostovací linky s jedním energetickým prostředkem

7.2.1 Traktor T5 – Tier 4A

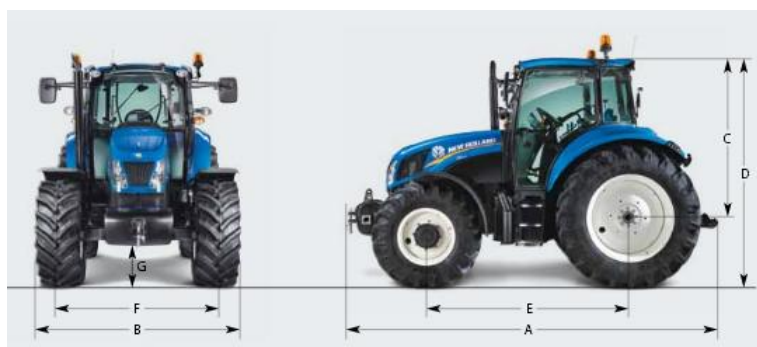
Jak už bylo řečeno v předchozích kapitolách, nejvíce využívanými energetickými prostředky v oblasti kompostování jsou kolové traktory, ke kterým je možno připevnit nejrůznější zařízení, či připojit přívěsy a stroje používané při kompostování.

Traktor T5 – Tier 4A se ideálně hodí pro navrhované středně velké kompostovací středisko. Vhodný je především díky svým konstrukčním rozměrům a dostatečně velkému výkonu spalovacího motoru, pomocí kterého bez problému pohání ostatní pracovní stroje. Samozřejmě lze k traktoru připevnit čelní nakladač (lopata s výložníkem).



Obrázek 6: Traktor T5 – Tier 4A [11]

Navržený traktor T5 – Tier 4A pohání 4 válcový spalovací motor o objemu 3,4 litrů, který disponuje maximálním výkonem 84 kW. Jmenovité otáčky uvedeného spalovacího motoru mají hodnotu 2 300 ot/min. Kolový traktor řady T5 je konstruován na kapacitu nádrže 140 litrů. Minimální hmotnost kolového traktoru dosahuje bez závaží a přepravní hmotnosti 4 250 kg. [11]



Obrázek 7: Rozměry traktoru T5 - Tier 4A [11]

Pro lepší přehlednost jsou na obrázku 7 vyobrazeny kóty jednotlivých rozměrů traktoru řady T5 a v následné tabulce 2 jsou tyto rozměry vyčísleny.

Tabulka 2: Rozměrové parametry traktoru T5 - Tier 4A [11]

Značka rozměru	Název	Rozměr [mm]
A	Celková délka traktoru	4 161
B	Šířka traktoru	1 913
C	Výška od středu zadní nápravy k vrcholu kabiny	1897
D	Celková výška traktoru	2 657
E	Rozvor kol	2 350
F	Rozchod kol (min./max.)	1432/2150
G	Světlá výška	495

Traktor T5 – Tier 4A dokáže bez problému zajišťovat přepravu a pohánět jednotlivé stroje a přípojná zařízení a to vše díky vývodovému hřídeli a zadnímu, ale i přednímu třibodovému závěsu.

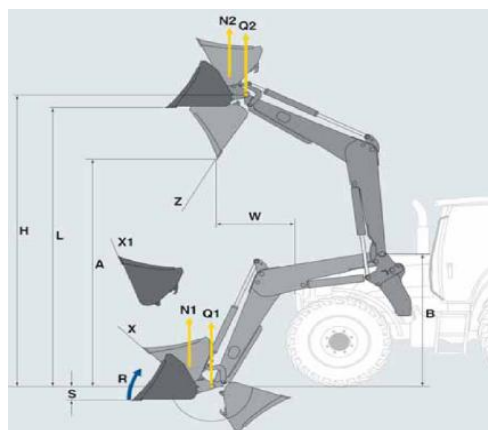
Mezi zvláštnost tohoto typu kolového traktoru patří ovládání PTO. Pod tímto názvem se skrývají ovládací prvky zadního třibodového závěsu o zvedací kapacitě až 5 420 kg a vývodového hřídele, které jsou umístěné na zadním blatníku. [11]

Kabina traktoru Tier 4A je patřičně přizpůsobena řidiči. Jednotlivé ovládací prvky, jako je řadicí páka, joystick pro ovládání hydrauliky, spouštění klimatizace a další prvky, jsou umístěny tak, aby na ně mohl pracovník bezproblémově dosáhnout. Pohodlí operátora kolového traktoru je zajištěno pneumaticky odpruženou sedačkou, snadno ovladatelnou klimatizací, dále také příslušným rádiovým systémem. Celá kabina je opatřena skleněnou výplní, která přispívá k lepšímu výhledu okolo celého stroje. Hlavně při práci s čelním nakladačem má operátor perfektní a bezpečný výhled a to i díky prosklenému střešnímu oknu.

7.2.2 Čelní nakladač 740 TL

Nejvíce používaným zařízením umístěným na traktoru je čelní nakladač, který se skládá hlavně z výložníku a snadno přípojné pracovní části, což je detailně

vyobrazena na obrázku 8. Nejčastěji používaným pracovním prvkem v oblasti kompostování je lopata. Lopata je k rámu traktoru přichycena výložníkem, který tuto lopatu nese. Ovladatelnost lopaty je zapříčiněná několika písty a hydraulickými hadicemi, které jsou ovládány příslušnými ovládacími prvky umístěnými v kabině kolového traktoru.



Obrázek 8: Schéma čelního nakladače 740 TL [11]

S touto lopatou může operátor energetického prostředku manipulovat s příslušnými materiály v dostatečné míře a to díky 1,3 m³ jejího objemu. Čelní nakladač je konstrukčně navržen pro kolové traktory o výkonnosti od 50 do 80 kW, což odpovídá navrženému kolovému traktoru T5 – Tier 4A. Hmotnost uvedeného čelního nakladače bez příslušenství a přípojných prvků se rovná 475 kg. Ostatní rozměry a technické parametry jsou vyčísleny v tabulce 3. [11]

Tabulka 3: Technické parametry čelního nakladače 740 TL [11]

Značka rozměru	Název	Rozměr	Jednotka
Q1	Maximální nosnost ve spodním čepu	2 539	kg
Q2	Maximální nosnost v horním čepu	1 896	kg
H	Maximální výška v čepu	3 740	mm
B	Výška nakladače	1 780	mm
S	Hloubka kopání	210	mm
X	Standardní úhel zaklopení	46	°
Z	Úhel vyklopení nakladače	59	°

Mezi další pracovní prvky, které lze připojit na výložník čelního nakladače u kolového traktoru jsou řazené vidle s drapákem, které se používají převážně k přemísťování hnoje. Dále může být použit drapák, kterým lze především snadněji manipulovat s menšími kusy dřeva, které musí být zpracovány pomocí štěpkovačů. V neposlední řadě jsou používány samotné vidle k manipulaci nejrůznějších druhů balíků, například k balíkům válcovým či hranolovitým.

7.2.3 Překopávač CMC – ST 300

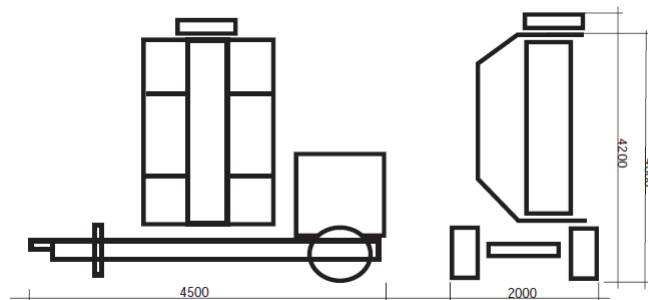
Navrhovaný překopávač nedisponuje žádným vlastním pohonným zdrojem, a proto potřebuje ke své pracovní činnosti energetický prostředek s v zadní části umístěným vývodovým hřídel pro přenos točivého momentu.



Obrázek 9: Rotorový překopávač CMC – ST 300 [8]

Tento typ překopávače je konstruován tak, že přepracovává celou kompostovací hromadu najednou a to pomocí kolového traktoru, kterým je rotorový překopávač tažen a to tak, že traktor řady T5 jede kolem jedné strany kompostovací hromady nebo mezi dvěma hromadami. Z přední strany překopávače je materiál pomocí rotoru odebírán a následně je hned ze zadní části stroje vhazován na plochu, kde vytváří novou provzdušněnou kompostovací hromadu.

Hmotnost překopávače CMC – ST 300 s přídavným závažím se pohybuje kolem 5 000 kg. Za to transportní hmotnost stroje je pouhých 2 000 kg, čemuž přispívají i transportní rozměry rotorového překopávače zobrazené na níže uvedeném obrázku 10. [8]



Obrázek 10: Schéma transportních rozměrů překopávače CMC [8]

Stroj dokáže překopávat kompostovací hromady o maximální šířce 3 400 mm a maximální výšce zakládky 1 600 mm a to vše při délce rotoru 3 000 mm uloženém ve vnitřní části pracovního stroje. [8]

Překopávač označením CMC – ST 300 dosahuje výkonosti $1\,000\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, k čemuž potřebuje energetický prostředek o minimálním výkonu motoru 45 kW. Tomuto údaji v dostatečné míře vyhovuje výše navržený kolový traktor T5 – Tier 4A. Při samotném pracovním procesu lze s překopávačem překopávat kompostovací hromady pojezdovou rychlostí kolového traktoru, která se pohybuje v rozmezí od 200 do 750 m/h. Pojezdovou rychlost je potřeba přizpůsobit materiálu a velikosti surovin uložených v kompostovací hromadě. [8]

Mezi příslušenství, které může tento stroj obsahovat lze zařadit tyto části:

- zavlažovací rám pro aplikaci kejdy a jiných potřebných látek
- zařízení na navíjení krycí fólie
- osvětlení

7.2.4 Štěpkovač Jensen A 141

Štěpkovač je pracovní stroj používaný v kompostovacím středisku jako takzvaná jemná dezintegrace. Má za úkol rozmělnit a rozdrtit přivezený materiál.

Obrázek 11 ukazuje štěpkovač firmy Jensen, konkrétně typ A 141, který je v kompostovací lince připojen tříbodovým závěsem k navrženému traktoru T5 – Tier 4A a pomocí na traktoru v zadní části umístěném vývodovém hřídeli uveden do pracovní činnosti.

Robustní konstrukce štěpkovače A 141 má rozměry 2 600 x 1 700 x 2 900 mm (délka x šířka x výška) i proto je celková hmotnost stroje 1 700 kg. Pro lepší vkládání materiálu je k dispozici sklopný podávací stůl o rozměrech 1 470 x 928 mm (šířka x výška) a dva hydraulicky poháněné synchronizované posuvné válce. Co se týče vnitřní a nejdůležitější části štěpkovače, tak ta je tvořena kotoučem s dvěma noži, které dokážou z vkládaného materiálu vytvořit požadovanou štěpku o velikosti 5 až 20 mm. Aby se vkládaný materiál dostal k nožovému kotouči o hmotnosti 270 kg, musí nejprve projít vstupním otvorem, který se tyčí rozměry 410 x 260 mm. [15]



Obrázek 11: Štěpkovač Jensen A 141 [15]

Hlavní důvod proč štěpkovač Jensen A 141 je navržen do provozu kompostovací linky s jedním energetickým prostředkem je ten, že dosahuje pracovní výkonnosti okolo $33 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a potřebuje k dosažení této hodnoty energetický prostředek o motorové výkonnosti minimálně 56 kW, přičemž musí vyvinout 1 000 ot/min na svém vývodovém hřídeli. [15]

Odvod rozdrcené suroviny, tedy štěpky, na pracovníkem určené místo je zapříčiněna vyhazovacím komínem otočným o 360° .

K příslušenství, kterým lze štěpkovač A 141 vybavit patří:

- nožový kotouč se 3 noži
- velký horní posuvný válec
- tažné zařízení, tažné oko, koule [15]

7.2.5 Bubnový třídič Ultra Screen TS 1000

Prosévací zařízení zobrazené na obrázku 12 je nedílnou součástí kompostovací linky. Jeho pozice v navrhované lince je až na samotném konci celého procesu kompostování.



Obrázek 12: Bubnový třídič Ultra Screen TS 1000 [12]

Pracovní stroj TS 1000 o vnějších rozměrech 5 260 x 2 490 x 2 580 mm (délka, šířka, výška) je poháněn elektromotorem o výkonu 7 kW, což přispívá hodinové výkonnosti 30 m³. Bubnový třídič je konstruován ve stacionárním provedení, ale lze k němu přiložit kolový podvozek pro snadnější a bezpečnější přesun z jednoho místa na druhé. Podvozek je konstruován pro tažení kolovým traktorem do maximální rychlosti 40 km/h. [12]

Navržený třídič o výkonnosti 30 m³ sice neodpovídá minimální požadované výkonnosti 44,5 m³, která je uvedena v kapitole 7.1.1. Ale díky tomu, že byl navržen překopávač kompostu o podstatně vyšší výkonnosti, než je minimální přípustná hodnota, uvedená v již zmíněné kapitole, je zde vyčíslená hodinová výkonnost dostačující.

Jak už z uvedeného názvu vyplývá, pracovním článkem je buben o průměru 1 000 mm a aktivní prosévací délce 1 500 mm. Otáčející se buben disponuje prosévacím sítem s oky 20 x 20 mm, skrz které propadne čistý separovaný kompost putující dále na vynášecí dopravní, kde už je dále připravován k expedici. Nepropanuvší části kompostu vypadnou z rotujícího bubnu přímo na zemský povrch a jsou znovu použity do zakládky nové kompostovací hromady. Aby mohlo dojít k samotné separaci, tak se tříděný materiál musí dostat k rotujícímu bubnu. Proto je stroj navrhnout s násypkou 2 000 x 1 200 mm (délka, šířka), do které je připravený

kompost vpravován pomocí již navrženého kolového traktoru řady T5 s čelním nakladačem. [12]

7.2.6 Přívěs PRS-2/W8

Přívěs je nemotorový dopravní prostředek, v navrhované kompostovací lince s jedním energetickým prostředkem tažen kolovým traktorem řady T5.



Obrázek 13: Přívěs PRS-2/W8 [17]

Přívěs o provozní hmotnosti 3 100 kg je zkonstruován na převoz materiálu o maximální hmotnosti 8 000 kg. Proto jsou bočnice i podlaha korby vyrobeny z otěruvzdorného materiálu o tloušťce podlahy 4 mm a síle bočnic 3 mm. Dále je vybaven dělitelnými bočnicemi, přičemž každá z nich má výšku 500 mm. Při maximální výšce bočnic dosahuje objem korby 11 m³ a to vše díky rozměrům vyobrazených v tabulce 4. [17]

Tabulka 4: Rozměrové parametry traktorového přívěsu [17]

Název	Rozměr [mm]
Celková délka přívěsu	6 680
Vnější šířka	2 550
Celková výška s bočnicemi	2 230
Výška korby od země	1 230
Délka ložné plochy	4 530
Šířka ložné plochy	2 420

Traktorový přívěs PRS-2/W8 je technicky zkonstruován na dvou nápravách a může být tažen po silniční komunikaci maximální rychlostí 40 km/h. [17]

Pro snadnější a rychlejší vyklápění převáženého materiálu je k dispozici hydraulický systém pro sklápění na tři strany. V zadní části daného přívěsu je umístěno malé výsypané okno a také závěs pro připojení dalšího přívěsu či jiného zařízení.

Tímto by byla navrhovaná kompostovací linka s jedním energetickým prostředkem kompletní. Lze říci, že nejhlavnějším článkem je zde kolový traktor T5 – Tier 4A, který nejprve pomocí přívěsu PRS-2/W8 doručí do kompostovacího střediska potřebné suroviny určené k založení kompostovací hromady. Následuje rozmělnění některého z materiálu pomocí štěpkovače Jensen A 141. Poté již přichází na řadu zakládání hromady díky čelnímu nakladači umístěném na kolovém traktoru řady T5. Dalším pracovním strojem v navržené lince je tažený překopávač CMC – ST 300, po němž následuje bubnový třídič Ultra Screen TS 1000, který vytřídí kvalitní kompost od nerozložených částí. Celou kompostovací linku uzavírá traktorový přívěs, který i celou navrženou linku otevřel.

7.3 Návrh mechanizačních prostředků u linek s jednoúčelovými stroji

Kompostovací linky, které využívají ke svému provozu jednoúčelové stroje, jsou výrazně ekonomicky náročnější než už zmiňované kompostovací linky s jedním energetickým prostředkem.

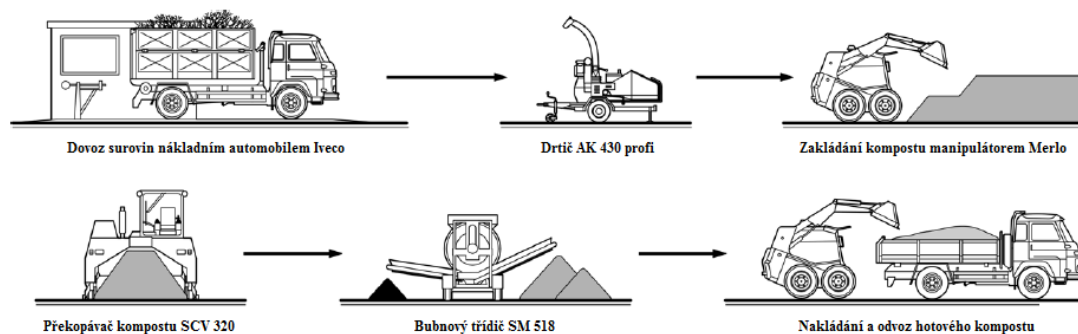
Hlavní výhodou oproti prostředkům používaných u linek s jedním energetickým prostředkem je, že mechanizační prostředky v této navrhované lince disponují minimálně stejnými, ale zejména vyššími výkonnostmi.

Největší rozdíl oproti předešlé kompostovací lince, kde jednotlivé stroje potřebovali dodávat energii potřebnou ke svému provozu od různých energetických prostředků je v tom, že jednoúčelové stroje mají svůj vlastní pohon. K pohonu se především používají diesellové, benzínové nebo elektrické motory, které jsou bezpečně chráněny od nečistot okolního prostředí a jsou uloženy v základní konstrukci stroje.

Jednoúčelové stroje jsou sice poháněny vlastním zdrojem, ale některé z nich se nedokážou na pracovní stanoviště sami dopravit. K těmto činnostem se nejčastěji využívají některé dopravní prostředky, které jsou k dispozici na kompostovacím pracovišti, zde je to konkrétně teleskopický manipulátor Merlo. Tyto dvě části

(pracovní stroj a dopravní prostředek) se spojí pomocí přípojného zařízení a zajistí tak bezproblémový a bezpečný přesun stroje.

Na obrázku 14 lze vidět kompostovací linku, na které jsou používány k pracovním operacím na kompostárnách jednoúčelové stroje s vlastním pohonem.



Obrázek 14: Schéma kompostovací linky s jednoúčelovými stroji

7.3.1 Manipulátor Merlo Turbofarmer P34.7 Plus

Teleskopický manipulátor zařazen do navrhované linky kompostovacího střediska má svou specializaci v nakládání jakéhokoliv druhu materiálu. Je rovněž přizpůsoben k přemísťování daných surovin z jednoho místa na druhé. Kromě zmíněných surovin přemísťuje i některé další pracovní stroje používané v kompostovací lince s jednoúčelovými stroji. Pojezd manipulátoru firmy Merlo po pracovní ploše zjednodušuje konstrukčně navržený kolový podvozek.

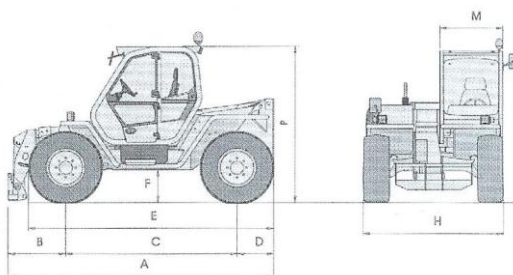


Obrázek 15: Teleskopický manipulátor

Pomocí motoru o výkonu 75 kW umístěném v konstrukci stroje, který dosahuje 2 500 ot/min se může teleskopický manipulátor o vlastní celkové hmotnosti 6 600 kg pohybovat rychlostí až 40 km/h a to pomocí dvěma navrženým rychlostním stupňům.

Při zařazení 1 rychlostního stupně je maximální dosažitelná rychlost 11 km/h, ale pokud operátor zařadí 2 rychlostí stupeň, dokáže manipulátor vyprodukovat již zmíněnou rychlost 40 km/h.

Operátor sedící v kabině má dostatečný komfort pro snadné a bezpečné vykonávání své pracovní činnosti. V dostatečné blízkosti operátora jsou umístěny nejrůznější ovládací prvky, jako je například ovládací joystick teleskopického výložníku, či nastavování klimatizace v kabině.



Obrázek 16: Schéma manipulátoru P34.7 Plus

Jednotlivé rozměry teleskopického manipulátoru viditelné na obrázku 16 jsou následně číselně vyobrazeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Rozměrové parametry teleskopického manipulátoru

Značka rozměru	Název	Rozměr [mm]
A	Délka manipulátoru s výložníkem	4 180
B	Délka od středu přední nápravy po přední část výložníku	905
C	Rozvor kol	2 700
D	Délka od středu zadní nápravy po zadní část manipulátoru	570
E	Délka manipulátoru bez výložníku	3 865
F	Světlá výška	565
H	Šířka manipulátoru	2 230
M	Šířka kabiny	995
P	Výška manipulátoru	2 475

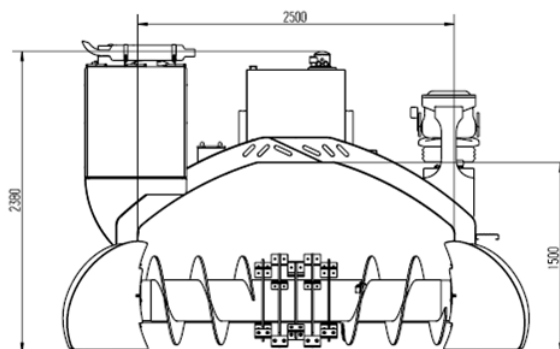
Co se týče rozměrů výsuvného výložníku, tak jeho maximální výška zdvihu dosahuje 7 000 mm, při maximálním zatížení 3 400 kg. Ve vodorovné poloze lze výložník vysunout směrem vpřed do vzdálenosti 3 600 mm. V této pozici ovšem je maximální přípustná zátěž 1 350 kg.

Navržený teleskopický manipulátor P34.7 Plus disponuje hlavní přípojnou částí, kterou v oblasti kompostování je samozřejmě lopata. S touto zmíněnou lopatou o objemu 1,45 m³ dokáže manipulátor pracovat s pracovní výkonností pohybující se okolo 100 m³.h⁻¹. Mezi další přípojně pracovní prvky, které usnadní práci při pracovních činnostech v navrženém kompostovacím středisku, patří zejména vidle, vidle s drapákem, případně manipulační zařízení pro balíky. Tato příslušenství se umísťují na samotný vrchol výložníku a ovládají se již zmíněným joystickem přes přípojně hydraulické hadice.

7.3.2 Překopávač SCV 320

Navrhovaný překopávač spadající do kompostovací linky s jednoúčelovými stroji má hned několik výhod oproti překopávačům taženým některým z energetických prostředků.

Hlavní výhodou překopávače typu SCV 320 je, že je poháněn vlastním dieslovým motorem o výkonu 60 kW a pomocí pásového podvozku se samovolně pohybuje po komponovacím středisku. Další výhodou spočívá v tom, že samojízdný překopávač se pohybuje pouze v ose kompostovací hromady. To zapříčiňuje, že se kompostovací hromady mohou zakládat blíže k sobě, protože není nutné, aby v mezerách mezi hromadami jezdil například kolový traktor táhnoucí za sebou překopávač.



Obrázek 17: Schéma samojízdného překopávače SCV 320

Co se týče samotné konstrukce stroje, kterou lze vidět na obrázku 17, tak ta je zkonstruována pro maximální pracovní záběr 3 000 mm, přičemž optimální šířka zakládky by měla dosahovat 2 500 mm, čemuž odpovídá i pracovní rotor o stejném rozměru. Maximální výška zakládky, kterou dokáže navrhovaný překopávač zpracovat, má hodnotu 1 300 mm. Těmito zmíněnými rozměry překopávače o celkové hmotnosti 4 400 kg a pracovní pojezdové rychlosti, která se pohybuje od 0 do 2,9 km/h, dosahuje výkonnost překopávače SCV 320 hodnoty až 900 m³.h⁻¹.

Jak již bylo zmíněno, samojízdný překopávač se pohybuje po pracovní ploše pomocí pásového podvozku, který je ovládán příslušným operátorem. Tento operátor má svůj vyhrazený prostor k ovládní stroje na levém okraji konstrukce překopávače. Z tohoto vyvýšeného místa má operátor dostatečný přehled o dění okolo celého jím ovládaného překopávače typu SCV 320. Pro snadnější nalézání a vylézání na operátorovo příslušné místo je k tomu konstrukčně přizpůsoben žebřík.

V horní části konstrukce stroje je zabudováno příslušné zařízení pro zvlhčení kompostované hromady.

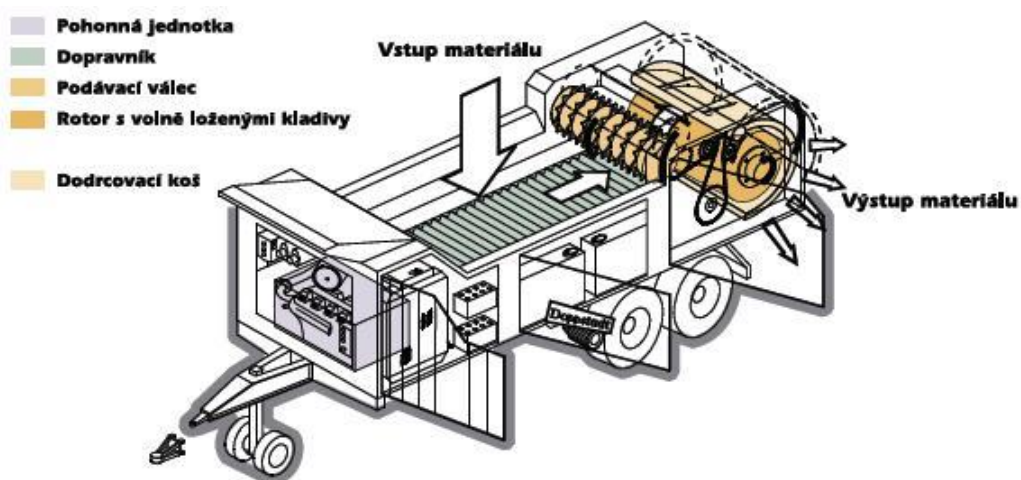
7.3.3 Drtič AK 430 profi



Obrázek 18: Drtič AK 430 z kompostárny Jarošovice

V navrhované lince s jednoúčelovými stroji je drtič AK 430 dopravován na své pracovní místo pomocí teleskopického manipulátoru. Pro tento účel má drtič ve své přední části umístěnou tažnou část pro připojení k manipulátoru. Manipulátor Merlo kromě přemísťování z jednoho místa na druhé samozřejmě také pomocí na výložníku umístěné lopaty vkládá do drtiče materiál připravený k rozmělnění. Tento druh drtiče je vhodný pro zpracování bioodpadů, starého dřeva, zahradních a parkových odpadů a dalších jiných podobných surovin.

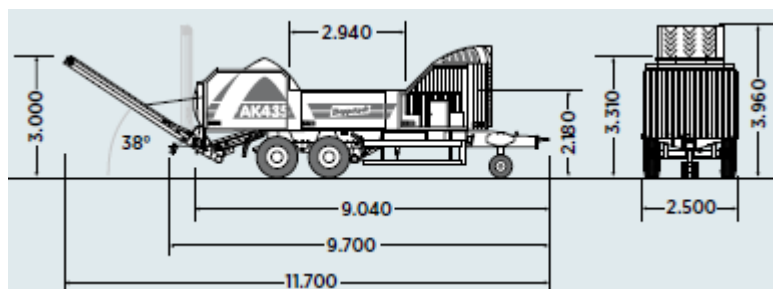
Drtiče řady AK patří mezi rychloběžné drtiče, které mají ve své konstrukci zabudovány rychle se otáčející rotor, na kterém jsou volně uložena kladiva. Velikost výstupního materiálu lze zvolit použitím některého z různých druhů dodrcovacích košů s odlišnými velikostmi otvorů. Velikost výstupního materiálu je velmi rozmanitá a to díky daným otvorům, které jsou k dispozici ve velikostech od 30 do 400 mm.



Obrázek 19: Schéma drtiče řady AK [14]

Pro snadnější a rychlejší rozdrčení procházejícího materiálu je v pracovním ústrojí k dispozici 36 kladiv o hmotnosti jednoho kladiva 14,5 kg. Rotor o průměru 1 120 mm a šířce 1750 mm s volně uloženými kladivky má k dispozici pracovní otáčky o hodnotě $1\,050\text{ min}^{-1}$, což přispívá k pracovní výkonnosti stroje pohybující se od 50 do $100\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. [14]

Co se týče rozměrů drtiče, tak ty jsou vyobrazeny na následujícím obrázku 20.



Obrázek 20: Rozměry drtiče AK 430 [10]

Maximální hmotnost celého stroje je 19 000 kg. K pohonu je určen diesellový motor o výkonu 315 kW. K provozování po delší dobu je u drtiče navržena palivová nádrž na 450 litrů.

Materiál, který projde rotorem s kladívky a skrz dodrcovací koš je následně vynášen, v zadní části umístěném, vynášecím pásovým dopravníkem o délce 4 000 mm a šířce 1 800 mm. Pohybová rychlost tohoto vynášecího dopravníku je maximálně 2,28 m/s. Rozdrcený materiál spadá na zemský povrch, kde se kupí a následně je pomocí teleskopického manipulátoru s lopatou odebírán pro zakládání kompostovací hromady.

Tyto stroje jsou snadno ovladatelné a to pomocí ovládacího pultu, umístěném přímo na drtiči, ale především díky tomu, že obsluha má k dispozici dálkové ovládání drtícího stroje.

7.3.4 Bubnový třídič SM 518



Obrázek 21: Třídič a hotový kompost ze střediska Jarošovice

Třídič je určen pro rozřídění různého druhu materiálu. V kompostárnách se nejčastěji jako tříděný materiál používá hotový kompost, bioodpad, rozdrcené kusy dřeva. Zejména u hotového kompostu se klade velký důraz na správné třídění, to kvůli jeho potřebné kvalitě.

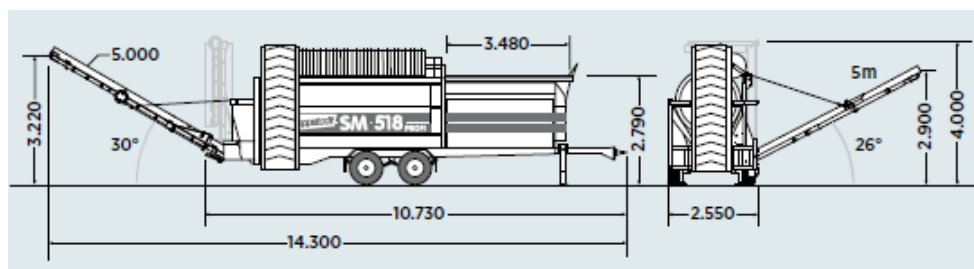
Navrhovaný třídič kompostu o celkové hmotnosti 15 000 kg je pracovní stroj konstruován jako mobilní na kolovém podvozku a vpředu uloženou tažnou částí. Je poháněn vlastním motorem o hodnotě 47 kW. Motor je vyhotoven na dodávání nafty z nádrže o objemu 300 litrů. Tyto zmíněné parametry přispívají k výkonnosti bubnového třídiče, která se pohybuje v rozmezí od 100 do 200 m³.h⁻¹. [10],[16]

Hlavním pracovním ústrojím je prosévací síto uložené na rotujícím bubnu, který se pomocí otáček motoru pohybuje maximálně 22 ot.min^{-1} . Zmiňované síto u třídiče řady SM zaujímá plochu $22,5 \text{ m}^2$. Otvory v sítěch o velikostech od 5 mm do 100 mm, konstruovány ve čtvercovém nebo kruhovém tvaru, si může provozovatel stroje kdykoliv vyměnit právě podle toho, jakou zrovna potřebuje vyhotovit konečnou jemnost kompostu. [14]

Vkládání surovin do bubnového třídiče řady SM určené k roztržení na jednotlivé výsledné frakce je zorganizováno v navrhované kompostovací lince tak, že tuto činnost vykonává energetický prostředek, konkrétně již výše navržený teleskopický manipulátor.

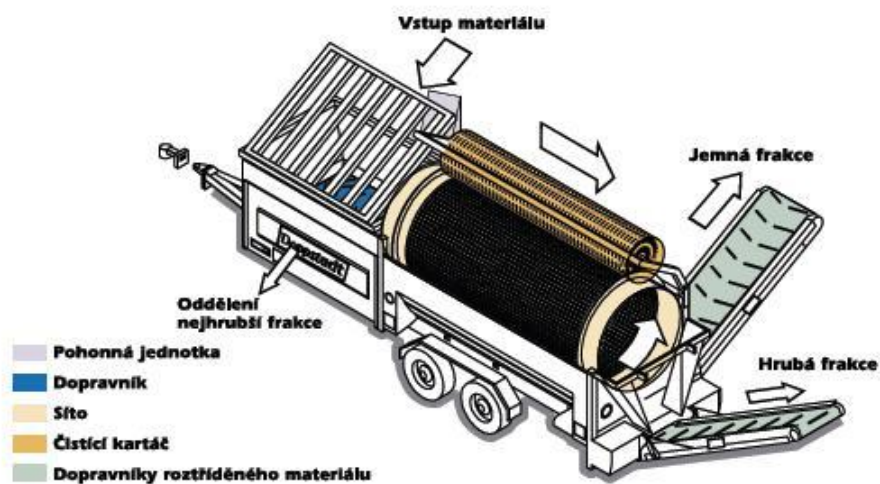
Po nasypání materiálu do přední části třídícího stroje putují různě veliké části materiálu dopravníkem do rotujícího bubnu se sítí, kde zrovna zvolené velikosti prosévacích ok na sítěch zapříčiní rozdělení surovin na dvě části. Propadnuvší část spadá na vynášecí dopravník jemné frakce o délce 5 m a šířce 0,8 m. Části materiálu, které neprojdou skrz oka síta, se dostanou na dopravník hrubé frakce o stejných rozměrech, jako má dopravník na jemnou frakci. Rychlosti obou vynášecích dopravníků se pohybuje od 1,3 do 2,7 m/s. [10]

Veškeré rozměry bubnového třídiče SM 518 včetně úhlů naklonění vynášecích dopravníků jsou uvedeny na obrázku 22.



Obrázek 22: Rozměry třídiče SM 518 [10]

Na následujícím obrázku 23 je názorně ukázáno, jak se tříděný materiál posouvá celým separačním zařízením.

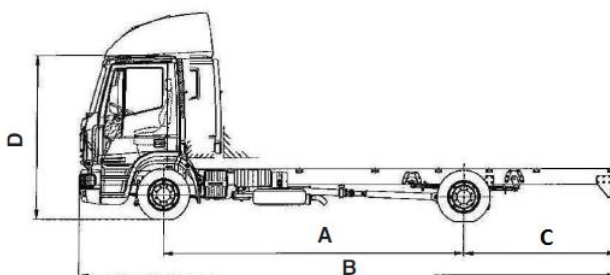


Obrázek 23: Schéma Bubnového třídíče řady SM pro třídění kompostu [14]

Díky tomu, že bubnový třídíč SM 518 je konstruován na kolovém podvozku a je možnost jej připojit k tažnému vozidlu, lze stroj umístit na předem vybrané místo, kde bude jeho činnost nejefektivnější. Konstrukce podvozku také umožňuje přejezdění přes silniční komunikace a to maximální rychlostí 80 km/h.

7.3.5 Nákladní automobil Iveco EuroCargo 120E25

Přepravní automobil Iveco se vznětovým 6 válcovým motorem o výkonu 185 kW dokáže převážet různorodé materiály o celkové maximální hmotnosti 7 685 kg včetně nástavby. Přitom pohotovostní hmotnost nákladního automobilu je 4 305 kg. Co se týče zdvihového objemu navrženého vozidla, tak ten má hodnotu 5 880 cm³. [13]



Obrázek 24: Schéma nákladního automobilu Iveco [13]

Základní rozměry nákladního vozidla EuroCargo 120E25 viditelné na obrázku 24 jsou následně číselně vyobrazeny v tabulce 6. K rozměrům neuvedených v následující tabulce patří celková šířka vozidla o hodnotě 2 295 mm. Je potřeba ještě

zmínit rozchod předních a zadních kol. Nejprve přední kola mají rozchod 1 930 mm a rozchod zadních kol dosahuje 1 745 mm. [13]

Tabulka 6: Rozměrové parametry nákladního automobilu [13]

Značka rozměru	Název	Rozměr [mm]
A	Rozvor kol	3 690
B	Celková délka nákladního automobilu	6 730
C	Zadní převis	1 740
D	Celková výška nákladního automobilu	2 665

Při provozování kompostovací linky s jednoúčelovými stroji je k dispozici pro dovoz a odvoz materiálu nákladní vozidlo. Pro přepravu kusového materiálu například hotového kompostu zabaleného v pytlích je k dispozici valníkovaný kontejner o rozměrech 3 800 x 2 200 x 920 mm (délka x šířka x výška). V navrhované lince lze také na nákladní automobil upevnit velkoobjemový kontejner pro přepravu komunálního odpadu, jehož objem ložné plochy dosahuje 10 m³. [9]



Obrázek 25: Valníkovaný a velkoobjemový kontejner [9]

Tímto je kompletně navržena kompostovací linka s jednoúčelovými stroji, kde každý stroj zastává jedinou pro sebe specifickou pracovní činnost.

V první části naváží nákladní automobil Iveco 120E25 potřebný materiál do kompostovacího střediska, kde je popřípadě pomocí drtiče AK 430 rozmělněn pro optimální zakládání kompostovací hromady. Kvůli provzdušňování a vlhčení zakládky byl navržen samojízdný překopávač SCV 320. Po dozrání kompostu je vhodný materiál nechat projít bubnovým třídícím SM 518, který kompost roztrídí podle požadované kvality na několik frakcí. Hotový kompost je k dispozici přímo v kompostovacím středisku anebo je možno jej rozvážet přímo k zákazníkovi pomocí nákladního vozidla.

8 Náklady na provoz mechanizačních prostředků

Při výběru mechanizačních prostředků pro technologii kompostování na volné ploše je potřeba brát v potaz finanční možnosti. Pracovní stroje a jiné potřebné prostředky pro kompostování musí být dostatečně využívány, aby se jejich náklady na pořízení co nejdříve vrátili zpět.

V následujících kapitolách jsou srovnávány různé druhy nákladů jednotlivých mechanizačních prostředků u dvou již navržených kompostovacích linek. Vyobrazené cenové náklady mechanizačních prostředků s přibližně stejnou pracovní výkonností, jen na výjimky odlišnou, jsou uváděny bez DPH.

8.1 Porovnání nákladů u kompostovacích linek

Základním a nejvíce využívaným mechanizačním prostředkem u kompostovacích linek s jedním energetickým prostředkem je kolový traktor. Před zakoupením kolového traktoru do této linky se musí vzít v úvahu náklady na přídatná zařízení, jako je například čelní nakladač.

V tabulce 7 lze vidět porovnání cen kolového traktoru s čelním nakladačem, který je používán v kompostovací lince s jedním energetickým prostředkem a teleskopického manipulátoru navrženého do jednoúčelové kompostovací linky. Z tabulky lze vyčíst, že si jsou jednotlivé náklady zmíněných strojů velmi podobné.

Tabulka 7: Náklady na stroje určené k manipulaci s materiálem

Název	Pořizovací cena [Kč]	Náklady na 1 hodinu provozu [Kč.h ⁻¹]
Kolový traktor T5 s čelním nakladačem	1 535 300	850
Teleskopický manipulátor Merlo P34.7 Plus	2 353 500	800

Co se týče nákladů vynaložených k dovážení potřebných surovin ke kompostování a odvážení již hotového kompostu, tak jsou větší u jednoúčelové linky.

Pokud bychom brali ohled na to, že u linky s jedním energetickým prostředkem je porovnáván samotný přívěs bez prostředku k jeho přemístění a tím pádem bychom přičetli k nákladům samotného přívěsu i náklady energetického prostředku,

konkrétně kolového traktoru T5, byly by porovnávané náklady téměř na stejné hodnotě.

Tabulka 8: Náklady na přepravu surovin

Název	Požizovací cena [Kč]	Náklady na 1 hodinu provozu [Kč.h ⁻¹]
Přívěs PRS-2/W8	299 500	55
Nákladní automobil Iveco s kontejnerem	1 242 880	680

V níže uvedené tabulce 9 jsou vyčísleny náklady na překopávače navržené v jednotlivých kompostovacích linkách. Lze vidět, že pořizovací cena se u obou kompostovacích linek výrazně liší. To je dáno tím, že překopávač CMC není samojízdný a potřebuje ke svému pracovnímu cyklu i kolový traktor T5.

Tabulka 9: Náklady na překopávače

Název	Požizovací cena [Kč]	Náklady na 1 hodinu provozu [Kč.h ⁻¹]
Tažený překopávač CMC – ST 300	600 000	560
Samojízdný překopávač SCV 320	2 196 040	900

Hodinové náklady překopávačů u jednoúčelových linek vypadají na první pohled výrazně vyšší, ale k hodinovým nákladům u linek s jedním energetickým prostředkem se přičítají provozní náklady za kolový traktor, který táhne samotný překopávač.

V tabulce 10 jsou uvedeny pořizovací a provozní náklady štěpkovače zařazeného do linky s jedním energetickým prostředkem a drtiče používaného v kompostovací lince s jednoúčelovými stroji. Takto markantní rozdíl cen je důvodem vyššího pracovního výkonů u drtiče, ale zejména výrazně většími rozměrovými parametry celého drtiče značky Doppstadt.

Tabulka 10: Náklady strojů pro rozmělnění materiálu

Název	Požizovací cena [Kč]	Náklady na 1 hodinu provozu [Kč.h ⁻¹]
Štěpkovač Jensen A 141	593 060	490
Drtič Doppstadt AK 430 profi	7 453 650	3 800

Mezi poslední mechanizační prostředky, které jsou zde porovnávány, patří bubnové třídící stroje.

Tabulka 11: Náklady jednotlivých bubnových třídíčů

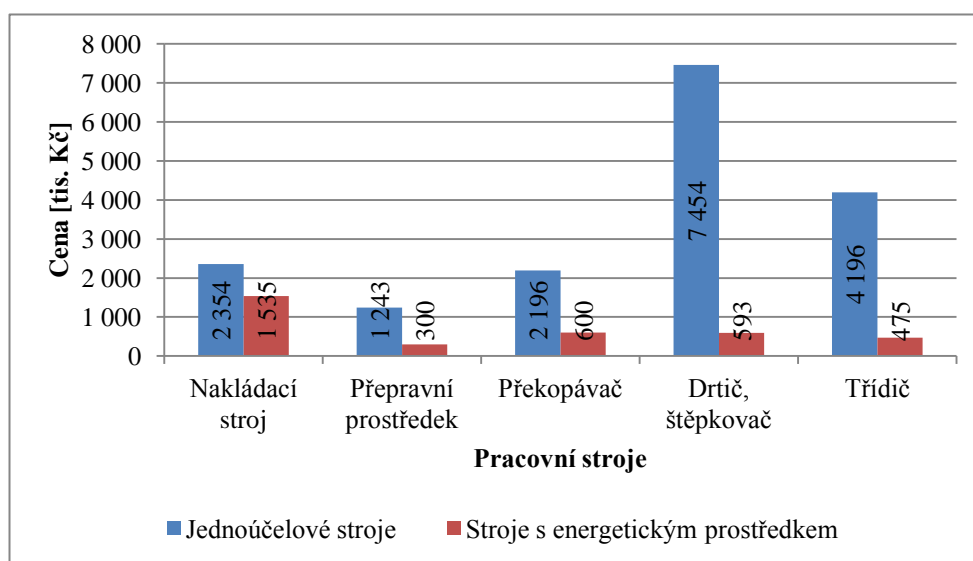
Název	Požizovací cena [Kč]	Náklady na 1 hodinu provozu [Kč.h ⁻¹]
Bubnový třídíč Ultra Screen	475 000	380
Bubnový třídíč SM 518	4 196 050	1 700

Velký cenový rozdíl ukazující se v tabulce 11 je dán opět především výrazně většími rozměry celé konstrukce bubnového třídíče SM 518 navrženého do linky s jednoúčelovými stroji.

Provozovatel kompostárny by si měl také z finančního hlediska promyslet, jestli si jednotlivé stroje potřebné k vytvoření kvalitního kompostu zakoupí, anebo si některé z mechanizačních prostředků jenom pronajme na určité období. Popřípadě si může některé z činností zapadající do kompostovací linky nechat uskutečnit od k tomu příslušné firmy. Jedním takovým řádným příkladem by mohl být přívoz a odvoz materiálu, které mohou provádět nejrůznější firmy.

8.1.1 Pořizovací náklady

Požizovací náklady na potřebné stroje a zařízení jsou pro majitele kompostárny největší finanční zátěží, kterou musí vynaložit.

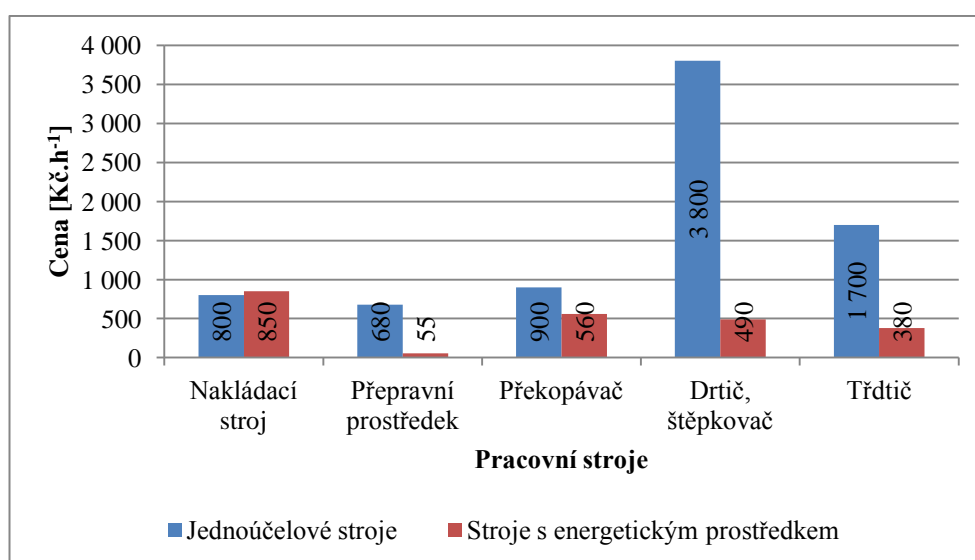


Graf 1: Pořizovací náklady jednotlivých strojů

Na grafu 1 jsou porovnány pořizovací ceny jednotlivých strojů u kompostovacích linek s jednoúčelovými stroji a s jedním energetickým prostředkem. Vyobrazené pořizovací náklady jsou uváděny bez DPH.

8.1.2 Provozní náklady

V grafu 2 jsou znázorněny náklady na jednu hodinu provozu u jednotlivých strojů používaných ve dvou již zmiňovaných kompostovacích linkách. Jsou zde vidět velké rozdíly stejně jako v předchozím grafu 1. Je to zapříčiněno tím, že u jednotlivých nákladů v kompostovací lince s jedním energetickým prostředkem nejsou přičteny náklady na energetický prostředek, konkrétně na kolový traktor řady T5, bez kterého by pracovní stroje ve zmíněné lince nemohli vykonávat svoji činnost.



Graf 2: Provozní náklady jednotlivých strojů

8.1.3 Srovnání nákladů u kompostovacích linek

Tabulka 12: Pořizovací a provozní náklady v jednotlivých linkách

Název	Pořizovací cena [Kč]	Náklady na 1 hodinu provozu [Kč.h ⁻¹]
Linka s jednoúčelovými stroji	17 442 120	7 880
Linka s jedním energetickým prostředkem	3 502 860	2 335

Výše uvedená tabulka 12 znázorňuje pořizovací a provozní náklady u dvou navržených kompostovacích linek. Rozdíl v pořizovací ceně činí necelých 14 miliónů. U provozních nákladů je rozdíl okolo 5 500 Kč.

9 Závěr

Mechanizační prostředky jsou nedílnou součástí každé kompostárny. Jejich funkčnost přispívá ke kvalitní a rychlé výrobě samotného kompostu.

Jednotlivé stroje a zařízení využívané k provozování kompostárny se liší svými pracovními výkony, rozměrovými velikostmi a tím pádem i svojí pořizovací, ale i provozní cenou. Tyto údaje přispívají k rozhodování při výstavbě nového kompostovacího střediska a tím i k určení dané kompostovací linky, která se bude používat v nově vytvořené kompostárně.

V bakalářské práci jsou navrženy mechanizační prostředky pro dvě různé kompostovací linky. Jednou z nich je kompostovací linka s jedním energetickým prostředkem. A druhou kompostovací linkou je linka s jednoúčelovými stroji. Obě linky jsou navrhovány pro střední velikost kompostovacího střediska s roční výrobou kompostu 5 000 tun.

Z výše přiložených nákladových tabulek a grafů lze vyčíst, že náklady spojené s pořízením daného stroje, ale hlavně provozní náklady jsou vyšší u strojů používaných v kompostovací lince jako jednoúčelové stroje. Tyto stroje lze samozřejmě pořídit i za ceny podobné, či dokonce nižší, než jsou ceny strojů u kompostovacích linek s jedním energetickým prostředkem. Ale to záleží především na kvalitě a pracovních výkonech jednotlivých strojů potřebných ke kompostování. K nejvíce nákladným strojům, jak z hlediska provozních, ale i pořizovacích nákladů, patří drtič AK 430 profi využívaný v kompostovací lince, jako jednoúčelový stroj.

Informace uvedené v bakalářské práci ukazují na to, že každá z obou zmiňovaných kompostovacích linek má své výhody i nevýhody. Proto by bylo pro vlastníka provozujícího kompostárnu, nejlépe středně velikou kompostárnu, nejvýhodnější správně spojit obě zmiňované kompostovací linky v jednu společnou a tím získat jejich výhody a utlumit nevýhody spojené s provozem příslušné kompostárny.

Spojením dvou navržených kompostovacích linek by vznikla takzvaná kombinovaná kompostovací linka, která by mohla obsahovat tyto dále zmíněné pracovní stroje a zařízení. Pro svážení a odvážení surovin by byl k dispozici nákladní automobil. Pro jemnou dezintegraci by byl navržen štěpkovač poháněný teleskopickým manipulátorem, který by zajišťoval ještě nakládání a překládání materiálu, ale také

překopávání kompostovacích hromad. Na třídění kompostu by bylo využito bubnového třídiče s elektromotorem. Takto vzniklá kombinovaná linka by měla pořizovací náklady na stroje okolo 5,5 miliónu korun. Co se týče provozních nákladů, ty by dosahovaly hodnoty blížíící se 3 000 Kč.

Zdroje

- [1] ALTMANN, Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA. *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010, 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.
- [2] GRODA, Bořivoj. *Technika zpracování odpadů*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995, 213 s. ISBN 80-715-7164-4.
- [3] GRODA, Bořivoj. *Technika zpracování odpadů II*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997, 168 s. ISBN 80-715-7264-0.
- [4] PLÍVA, Petr. *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2009, 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8.
- [5] TŮMA, Jan. *Porovnání malé mechanizace využívané při kompostování*. České Budějovice, 2012. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Václav Vávra, Ph.D.
- [6] VOŠTOVÁ, Věra. *Logistika odpadového hospodářství*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2009, 349 s. ISBN 978-80-01-04426-1.
- [7] ZEMÁNEK, Pavel. *Speciální mechanizace: mechanizační prostředky pro kompostování*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 113 s. ISBN 80-715-7561-5.
- [8] <http://www.agrointeg.cz/>
- [9] <http://www.brasco.cz/>
- [10] <http://www.doppstadt.com/>
- [11] <http://www.eagrotec.cz/>
- [12] <http://www.energgreen.eu/>
- [13] <http://www.iveco-profiautocz.cz/>
- [14] <http://www.somejh.cz/>
- [15] <http://www.stepkovace-jensen.cz/>

[16] <http://www.vuzt.cz/>

[17] <http://www.wielton-agro.cz/>