

 **PDF Complete**  
Your complimentary use period has ended.  
Thank you for using PDF Complete.  
[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Česká univerzita v Praze

Technická fakulta



diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Vaculík Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Zuzana Tlamsová

Praha 2013

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tlamsová Zuzana

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

**Návrh inovace technologie na zpracování biologicky rozložitelných odpadů ve vybraném podniku**

Anglický název

**The proposal of innovation of the technology for biologically degradable waste processing in the selected company**

## Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Navrhnout inovaci technologie na zpracování biologicky rozložitelných odpadů s technicko-ekonomickým posouzením.

## Metodika

1. Přehled poznatků z literatury, tj. charakteristika problematiky zpracování biologicky rozložitelných odpadů
2. Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu výběrem technologického systému
3. Výběr sledovaných parametrů navrhovaného zařízení
4. Ekonomické posouzení návrhu

## Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování biologicky rozložitelných odpadů
4. Charakteristika výchozích podmínek vybraného podniku
5. Návrh řešení a dosažené výsledky
6. Závěr a diskuze
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Odpadové hospodářství, biologicky rozložitelný odpad, drcení, třídění

### Doporučené zdroje informací

MALATĀK, J. – VACULÍK, P.: Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství, zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, ISBN 978-80-213-1747-5

PASTOREK, Z. – KÁRA, J. – JEVIČ, P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC, Praha 2004, 286 s., ISBN 80-86534-06-5

STRAKA, F. a kolektiv.: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany 2003, 517 s., ISBN 80-7328-029-9

FOTR, J. – SOUČEK, I.: Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. Praha, Grada, 2011, 408 s., ISBN 978-80-247-3293-0

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

### Vedoucí práce

Vaculík Petr, Ing., Ph.D.

### Termín zadání

listopad 2011

### Termín odevzdání

duben 2013

  
**doc. Ing. Miroslav Přikryl, CSc.**

Vedoucí katedry



  
**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

V Praze dne 6.2.2012



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## **Prohlá-ení**

Prohla-uji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatn pod vedením Ing. Petra Vaculíka, Ph.D. a pouffila jsem jen pramen citovaných v p ilofené bibliografii.

V Praze, dne 6.4. 2013

í í í í í í í í í í í í

Podpis autorky



**PDF  
Complete**

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## **Podkování**

Ráda bych podkovala svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Vaculíkovi Ph.D. za vstoupné a odborné vedení práce, doc. Ing. Janu Maláčkovi Ph.D. za pomoc při spalování briket a těfl za množství materiálu k této problematice. Zoologické zahrady na Svatém Kopečku opanu editeli Dr. Ing. Radomíru Habáčkovi a obsluze centrální výtopny za umožnění exkurze do technického zázemí Centrální výtopny a za cenné informace. V neposlední řadě Zoologické zahrady v Praze zastoupené panem Kotkem, který mi dal k dispozici množství informací o zoo a umožnil mi odběr vzorků BRO. Zároveň pak Bc. Jakubu Benešovi, který zajistil veškerou manipulaci materiálu ze zoo.

Diplomová práce se zabývá možností využití biologicky rozložitelného odpadu ze zoologických zahrad. Tímto odpadem jsou myšleny exkrementy a podestýlky chovaných zvířat, které by se po transformaci na brikety mohly stát účinným palivem. Zda je vůbec možné tento materiál tvarovat a následně spálit tak, aby palivo vyhovovalo zákonu č. 201/2013 Sb. o ochraně ovzduší, je zkoumáno v následujících kapitolách,

Celá myšlenka využití tohoto odpadu navazuje na již vzniklou centrální výtopnu na biomasu v Zoo Olomouc, kde se v současné době spaluje dřevní štěpka, jejíž tepelná energie následně vytápí přilehlé pavilony.

Inovativním řešením této technologie je, návrh briketovací linky, která doplní současný technický stav výtopny a bude napojena na stávající kotel.

Diplomová práce byla zaměřena na odpadové hospodářství Zoo Olomouc, vzorky k vlastnímu experimentu však byly dovezeny ze Zoo Praha.

Hlavní význam odpadového hospodářství spoívá v tom, že si díky němu mohou jednotlivé subjekty uvědomit možnosti optimálního nastavení svého provozu z hlediska předcházení vzniku, produkce, využití a odstranění odpadu.

**Klíčová slova:** biologicky rozložitelný odpad, aerobní a anaerobní rozklad, zoologická zahrada, briketování, peletování, spalování.

## Summary

The diploma thesis deals with the possibility of usage of the biologically degradable waste from zoological gardens. This waste, which contains excrements and animal litter, could be an efficient fuel after being transformed into briquettes. In following chapters, it has been examined whether and how much heat is this source of fuel able to produce.

The whole idea of usage of this waste is connected to the central heating plant in Zoo Olomouc which uses biomass as a fuel. At the moment, the heating plant is burning woodchips and energy produced is changed in a cogeneration unit to electricity used for heating close pavilions.

It will supplement the current technical state of this heating plant and will be connected to the current boiler. The diploma thesis contains also the calculation of energy produced and energy costs saved.



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

on waste management in Zoo Olomouc, the samples for  
1 Zoo Prague.

The importance of waste management lies in the fact that individual entities are able to realize the optimal operation settings in terms of prevention, production, use and disposal of this type of waste.

**Key words:** biodegradable waste, aerobic and anaerobic decomposition, zoo, briquetting, pelletization, incineration.

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika.....	2
2.1	Cíl práce.....	2
2.2	Metodika.....	2
3	Charakteristika jednotlivých technologií a technických zařízeních používaných při zpracování biologicky rozložitelných odpadů .....	3
3.1	Definice a vymezení pojmů .....	3
3.2	Charakteristika BRO z chovu zvířat.....	5
3.3	Nakládání s odpadní biomasou ve vybraných zoologických zahradách .....	5
3.4	Kompostování .....	6
3.4.1	Technologie kompostování .....	7
3.4.2	Technika pro kompostování.....	11
3.5	Anaerobní fermentace organických materiálů .....	14
3.5.1	Mokrý fermentace.....	15
3.5.2	Suchá fermentace.....	15
3.6	Hydrotermální karbonizace .....	16
4	Charakteristika výchozích podmínek v zoologické zahradě na Svatém Kopečku v Olomouci .....	18
4.1	Biologicky rozložitelný odpad v Zoo Olomouc.....	18
4.1.1	Popis stavby centrální výtopny na biomasu .....	18
4.1.2	Jednotlivá technická zařízení Centrální výtopny.....	19
5	Návrh řešení a dosažené výsledky .....	22
5.1	Plocha potřebná pro kompostování v zoologické zahradě v Praze a Olomouci 22	
5.2	Tvarování biomasy.....	26
5.2.1	Briketování.....	27



	28
	29
5.3.1 Metodika měření.....	29
5.3.2 Odběr vzorků .....	30
5.3.3 Měření vlhkosti.....	31
5.3.4 Briketování vzorků .....	34
5.3.5 Stanovování objemové hmotnosti briket vzorku šSLONõ .....	36
5.3.6 Spalování.....	36
5.4 Návrh inovace linky (seznámení s problémem, výběrové řízení).....	40
5.5 Výběrové řízení o briketovací lis .....	43
5.6 Teoretický rozbor vybraného zařízení linky o lis BrikStar 200-16 .....	44
5.7 Technicko-ekonomické posouzení návrhu .....	44
6 Závěr.....	50
7 Použitá literatura .....	52
Seznam obrázků .....	57
Seznam tabulek.....	58
8 Přílohy .....	59

Vzhledem k neustálému nárůstu množství biologicky rozložitelného odpadu (BRO), který je pod správou lidské populace, se dostává do popředí problematika jak tento odpad využit. V současné době je možno se setkat s různými více či méně úspěšnými inovacemi co se využít a odstraní odpad týče. Proto není divu, že se množství odborníků začalo v novat právě problematice zpracování BRO k dalšímu využít. Jak samotný název zmíněného odpadu napovídá, jedná se o biodegradabilní odpad, který je schopen anaerobního i aerobního rozkladu. Ne vždy však k tomuto procesu dochází v ideálních podmínkách, což se ekologie týče, proto je nutné s tímto materiálem zacházet stále jako s odpadem. Právě tento případ je patrný v zoologických zahradách, kde se odpadní biomasa na první pohled jeví jako ideální hnojivo, které nebude mít s odbytem problém, ale opak je pravdou. Převážná část zemědělců nemá o tuto komoditu zájem, nebo si nemohou být jisti, což včeho v sobě materiál ukrývá. Zoologické zahrady tak musí vynakládat nemalé finanční prostředky na odstraní tohoto odpadu specializovaným firmám, které tuto komoditu přetvoří na kompost. A právě proto vznikla tato diplomová práce, která si klade za cíl zjistit, zda je možné tuto odpadní biomasu složenou nejen z exkrementů zvířat, podestýlek a zbytků krmení, ale i zelených úprav zoo, vtvůřek, apod. využít přímo v zoologické zahradě jako palivo, čímž se okruh nakládání s tímto odpadním materiálem uzavře v místě jeho vzniku a ušetří se finanční prostředky za odvoz materiálu. Jako řešení se tak nabízí transformace biologicky rozložitelného odpadu na tuhé palivo ve formě briket, které se využije ve spalovacích kotlích, kde teplo z tohoto materiálu zpřímě vytápí areál zahrady. Je však nutné zjistit, zda energie uvolněná z výše zmíněného materiálu není nižší než energetická náročnost celé operace tvarování BRO na brikety. Z tohoto důvodu se diplomová práce zamůže jak na analýzu BRO, tak i na volbu vhodné technologie pro výrobu topných briket.

## 2.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je zjistit, zda je možné, smysluplné a výhodné využívat odpadní biomasu ze zoologických zahrad i jiným způsobem, než-li pouze tradičním kompostováním.

Zkoumanou metodou se tak stává briketování této suroviny a do popředí se dostává možnost jejího energetického využití. Účelem je zjistit, zda tato komodita v sobě ukrývá ekonomicky výhodné množství energie, které je možné optimálně využít v zahradě například na vytápění pavilónu. Tím se celý okruh nakládání s odpadní biomasou uzavře v jednom místě v místě produkce i využití, čímž se omezí výdaje za odstranění této hmoty a též za nákup energií, jejichž cena se neustále navyšuje. Výhodné je to i z ekologického hlediska, neboť nedojde ke vzniku emisí z dopravy.

## 2.2 Metodika

Pro řešení této diplomové práce byla zvolena následující metodika:

1. studia dokumentů, a to jak knižních, tak internetových,
2. charakteristika vybraných biologicky rozložitelných odpadů,
3. popis jednotlivých postupů výroby lisovaných tuhých biopaliv,
4. základní charakteristika vybraných BRO ze Zoo Praha,
5. vlastní měření základních charakteristik vybraných BRO ze Zoo Praha,
6. vyhodnocení jednotlivých měření,
7. návrh inovace technologické linky na využití BRO,
8. celkové zhodnocení a závěr.

## rozdílných technologií a technických zařízeních používaných při zpracování biologicky rozložitelných odpadů

Možnými konvenčními technologiemi jak zpracovávat odpadní biomasu je možnost jejího aerobního i anaerobního zpracování. Dalším možným způsobem by mohlo být její termické zpracování. Účinnost této metody bude zkoumána v následujících kapitolách.

Způsob zpracování BRO ve vlhkostním spektru jsou zobrazeny v příloze 1.

Statistika produkce zemědělských odpadů českého statistického úřadu je zobrazena v následující tabulce.

**Tab. 1** Množství odpadů ze zemědělství, lesnictví a rybářství v letech 2003 - 2011

Rok	Množství odpadu [t]
2011	213 539
2010	194 000
2009	176 000
2008	257 000
2007	275 000
2006	315 000
2005	463 000
2004	1 244 000
2003	1 221 000

Zdroj: <http://www.czso.cz/csu/katalog.nsf/hledat?SearchView&count=20&searchmax=10000&searchorder=1&searchfuzzy=1&query=%28%28odpad%20AND%20ze%20AND%20zem%ECd%ECstv%ED%29%29&database=all&kraje=all&skupiny=all&start=1>

### 3.1 Definice a vymezení pojmů

**Biologicky rozložitelným odpadem (BRO)** se dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, rozumí jakýkoli odpad, který je schopen aerobního nebo anaerobního rozkladu.

vo, které vzniká při výrobě bioplynu v bioplynových  
placích, které musí splňovat kvalitativní požadavky na hnojiva dle vyhlášky  
č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva. Digestát je možno dle oddělit na separát  
oddělenou tuhou část z digestátu a fugát oddělenou kapalnou část z digestátu.  
(Kompostuj.cz)

**Hnojiště** je zpevněná a vodohospodářsky nepropustná plocha určená k výrobě hnoje.  
Skladová kapacita hnojiště je nutná pro desetiměsíční produkci hnoje při hnojení 1x ročně, při  
hnojení 2x ročně stačí pro čestíměsíční produkci. Pro jednu dobytčí jednotku je zapotřebí 6 až  
12 m<sup>3</sup> skladové kapacity hnojiště. Okraj hnojiště musí být vyznačen tak, aby se zamezilo vniknutí  
přívalových vod, okraje obrubník musí být vyvýšeny 40 cm nad terémem. Dno hnojiště musí  
mít sklon 1,5 až 3 % směrem k hnojivkové jámce. Mrva se ukládá na hnojiště tak, aby zrála v  
anaerobních podmínkách (udusan). (Václavík; 1993 online)

**Kompost** je tvořen ze stabilizovaného organického materiálu, který vznikl řízeným  
biologickým aerobním rozkladem. Obohacuje především o organickou hmotu, humus a živiny  
a vykazuje odpovídající kvalitativní znaky. Jedná se o směs organického materiálu.  
(Kompostuj.cz)

**Mrva** je první směs pevných a částečně i tekutých výkalů ustájených zvířat  
s podestýlkou. (Příkryl; 1997)

**Odpadní biomasou**, kterou je možné dále zpracováním následně vyuffit, a ufl jako  
kompost i bioplyn, se rozumí rostlinné zbytky, jak ze zemědělské prvovýroby, tak údržby  
krajiny, lesní hmota a v neposlední řadě živočišné odpady (exkrementy zvířat, podestýlka,  
zbytky krmiv). Velkou výhodou zpracování těchto odpadů kompostováním i fermentací  
je materiálové i materiálově-energetické vyuffití těchto komodit. (Kompostuj.cz)

**Welfare** je stavem naplnění materiálních a nemateriálních podmínek, které jsou  
předpokladem zdraví organismu, kdy je zvíře chováno v souladu s jeho životním prostředím.  
Zabývá se zachováním základních podmínek života a zdraví zvířat a jejich ochranou před  
negativními vlivy, které mohou ohrožovat jejich zdraví, způsobovat jim bolest, utrpení  
a psychickou újmu. (zootechnika.cz)

## z chov zvířat

Tato diplomová práce je zaměřena na zpracování biologicky rozložitelného odpadu ze zoologických zahrad se zaměřením na zahradu v Praze a Olomouci. Olomoucká zoologická zahrada zde slouží jako jakýsi vzor zpracování BRO pro výrobu elektrické energie a tepla využívaného pro ohřev prostor v areálu zoo.

Biologicky rozložitelný odpad z chovů představuje pevné i tekuté výkaly zvířat spolu s podestýlkou, zbytky krmiva, případně jiné biohmoty, která se k chovům dostane z blízkého okolí (zbytky listů, trávy, apod.).

Zastoupení těchto odpadů (výkaly, podestýlka, krmiva) a množství jejich produkce je proměnné v závislosti na typu chovu, ročním období a periodicitě vyklízení ustájení. Zpravidla se však zvířecí exkrementy na množství této odpadní biomasy podílejí z 1/3. (*Studie proveditelnosti*, 1998)

Podestýlkou se rozumí hobliny, například piliny, přenášná sláma a dřevitá vlna, případně hobliny a sláma jsou každá zastoupeny v několika desítkách tun ročně, dřevitá vlna pak jen v několika málo tunách za rok.

Krmivo nejčastěji představuje seno, v období vegetace zelené krmivo a u některých chovů krmná sláma, ta má však z hlediska ceny nejnižší zastoupení.

### 3.3 Nakládání s odpadní biomasou ve vybraných zoologických zahradách

Problém kam s odpadním biologicky rozložitelným odpadem řeší každá zoologická zahrada nehledě na velikost a množství zvířat. Dalo by se předpokládat, že o tuto cennou komoditu bude napříč zeměmi velký zájem, ale opak je pravdou. Materiál se tak stává surovinou, za kterou je nutno platit specializovaným firmám, které komoditu převážně na kompost.

Níže je uvedeno několik zoologických zahrad, které byly ochotné sdílet, co se děje s jejich odpadní biomasou. Na základě emailové komunikace s editorem Zoologická zahrady Chleby panem Fraškem vyplynulo, že zoo využívá část BRO pro svou potřebu, případně část materiálu je však zdarma odvážena do tamějšího zemědělského družstva. Zoologická zahrada Ústí nad Labem dle slov editore Jiřího Hanzlíka za odvoz materiálu platí, stejně jako zoo pražská a olomoucká specializované firmě. Částka, za kterou je materiál necháván odvážet, se nepodařilo zjistit, nebo dle slov pracovnice Zoo Praha se jedná o tajnou informaci, podobně

materiálem nakládají obdobn . Zoologická zahrada Zlín  
c m a zem d lskému druffstvu.

Jak je vid t, fládná zoologická zahrada z tohoto materiálu nemá uflitek. Bu jej dává zdarma, nebo za n j musí dokonce platit. Cestu, jak efektivn zuffitkovat tento materiál p ímo v zoo, se snaží nalézt tato práce.

Z pohledu odpadového hospodá ství a její hierarchie: p edcházení vzniku odpad , minimalizace vzniku odpad , vyuffívání odpad ó materiálů a energeticky, odstra ování odpad ; p ichází v úvahu minimalizace vzniku odpadní BRO a to tím zp sobem, aby nep ebývala zbyte n podestýlka a potrava, av-ak pouze do té míry, aby nebyla naru-ena pohoda zví at, tedy dle zásad welfare. Dá se p edpokládat, fle toto se v sou asné dob jifl provádí. Z stává tak moffnost materiál vyuffít. V první ad materiálů , a to v podob kompostu, p ípadn v bioplynových stanicích, kde se zbytek po od erpání plynu op t vyuffije jako kompost. Energetické vyuffití odpadní biomasy ze zoologických zahrad není nikterak roz-í ené. P ípadná výhodnost spalování zmi ované hmoty je zkoumána v této práci.

Nejhor-í zp sob jak s touto komoditou naloflit je odvézt jej na skládku. Tuto moffnost v-ak na-t stí omezuje Sm rnice Rady 1999/31/ES z 26. dubna 1999 o skládkách odpad , která ukládá lenským stát m nutnost omezit mnoffství biodegradabilního odpadu ukládaného na skládky.

### 3.4 Kompostování

Tento zp sob úpravy odpad je pravd podobn jednou z nejstar-ích recykla ních technologií na sv t . ímský u enec a spisovatel Columella popsál v zem d lské p íru ce, jak mají být odpady míchány, vrstveny do hromad, p ekopávány a nakonec vyuffívány jako organické hnojivo, a to p ed více jak dv ma tisíci lety. (*Zemánek; 2001*)

Kompostování je aerobní zpracování bioodpad , jeho fl cílem je získání stabilizovaného produktu obsahujícího humusové látky. (*Altmann, Vaculík. Mimra; 2010*)

Procesem kompostování dochází k op tovnému materiálovému vyuffití BRO. Tyto odpady p em n né na kvalitní kompost pak mají moffnost stát se nezastupitelným pomocníkem v zem d lství, kde zlep-ují kvalitu p d, a to díky unikátním vlastnostem humusoidních látek, které jsou v kompostu obsafeny.

Pro zem d lství je kompost cen ý zvlá-t pro tyto vlastnosti:

- dodává organické látky a humus pro obnovu p d,
- omezuje ur íté choroby, parazity a semena plevel ,

p d , schopnost zadržovat vodu v oblastech písčiny

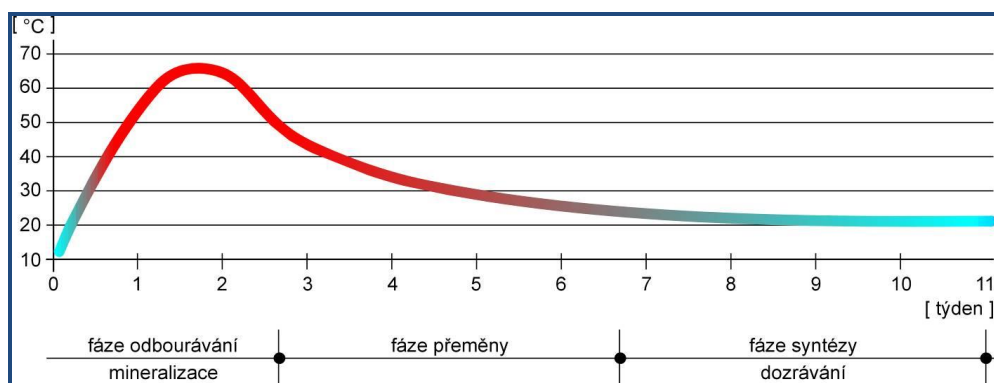
p d a naopak vsakování vody v oblastech písčiny,

- napomáhá snižovat spotřebu prvků a živin,
- obnovuje půdní mikroflóru, která byla zdecimována použitím prvků a živin (kompost jako šetrná látka),
- zvyšuje množství vláhy v půdě,
- živiny jsou uvolňovány postupně. (Malašková, Vaculík; 2008)

### 3.4.1 Technologie kompostování

Kompostování, jakožto biologický proces charakterizovaný aerobním, samozahřevným a termofilním rozkladem BRO, je možné pomyslně rozdělit do třech fází. Jednotlivé fáze jsou patrné z obrázku.

**Obr. 1** Fáze kompostovacího procesu



Zdroj: Vendolský; 2008

#### 1. Fáze mineralizace

Tato doba trvá přibližně 3 týdny a vyznačuje se rychlým nárůstem teploty (afl na 50 ó 70 °C). Díky těmto vysokým teplotám dochází k hygienizaci hmoty ó teplota hubí hnilobné a patogenní bakterie a likviduje těfl klíivost semen. Mimo to dochází k intenzivnímu provzdouování materiálu a k objemové redukci surovin, a to afl o 30 % p vodního množství. (Zemánek; 2001)

Pomocí mikroorganismů jsou v tomto stupni rozkládány snadno rozložitelné sloučeniny ó cukry, bílkoviny, křob.

Co se týče vzhledu a zápachu hmoty, zůstává v-ě jako na začátku.



Vyzna uje se pozvolným poklesem teploty na 40 ó 45 °C v období mezi 4. a 8. týdnem. (Mala ák, Vaculík; 2008)

P vodní vzhled, struktura i pach hmoty se ztrácí. Komodita získává hnědou barvu a v ní po lesní zemině.

Výluh kompostu je hygienicky nezávadný a již koncem této fáze je možné kompost použít jako hnojivo. Během této doby se odbourá dalších 10 % směsi. (Zemánek; 2001)

### 3. Fáze dozrávání kompostu

Pro tuto fázi je typické klesání teploty uvnitř hromad na teplotu okolí. Kompost získává zemitější strukturu a humusové složky získávají na účinnosti, nedochází zde však uhlíku k žádnému úbytku hmotnosti.

K nejzákladnějším kompostovacím technologiím se patří kompostování na volné ploše, kompostování v uzavřeném, resp. polouzavřeném zařízení, kompostování ve vlnách a jako alternativa se nabízí vermikompostování, které však v současné době není v republice moc rozšířené.

#### A. Kompostování na volné ploše

##### *Kompostování v pásových hromadách*

Nejvhodnějším způsobem kompostování odpadní biomasy ze zoo se v současné době ukazuje způsob (s nejnižšími vstupními investičními náklady) kompostování v pásových hromadách na volné ploše kontrolovaným mikrobiálním procesem, kdy každým zásahem do kompostovacího procesu je přesná úprava a má své opodstatnění. Tento způsob řízeného kompostování (označovaného též rychlokompostování) dokáže výrazně urychlit celý proces rozkladu hmoty a to na 6 ó 8 týdnů. To se děje za splnění následujících podmínek:

- optimalizací surovinové skladby (C : N → 30 a 35 : 1; vlhkost 50 ó 70 %) (Mach; 2009),
- sledováním procesních podmínek (teplo, vlhkost, stupeň provzdušnění),
- mechanizací rozhodujících operací v technologickém procesu,
- zakrýváním kompostovaných hromad kompostovací plachtou. (Plíva, Kollárová; online)

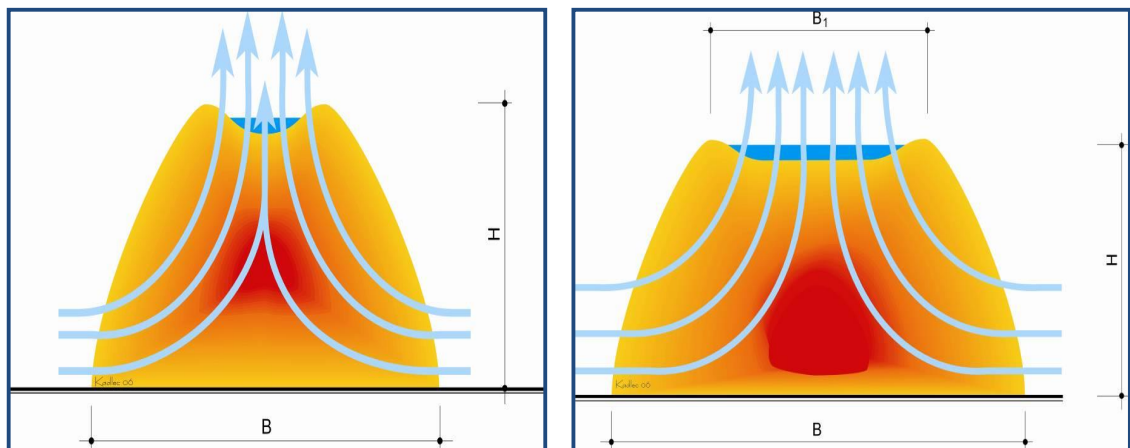
postování na volné ploše v pásových hromadách je běžná  
a když však i 12 m šířky. Na dobu trvání jednotlivých fází

kompostovacího procesu má výrazný vliv surovinová skladba, homogenita surovin v hromadě, kvalita a počet přepokávek i roční období. (Altmann, Vaculík, Mimra; 2010)

Kompostovaný materiál je vrstven do hromad trojúhelníkového a lichoběžníkového průřezu (obr. 2). Délka hromad je omezena délkou stanoviště, které musí splňovat základní požadavky a dovolit otáčení mechanizací pro i navážení i přepokávání a též zamezit ohrožení povrchových a podzemních vod. Tento způsob kompostování dovoluje vysoký stupeň mechanizace.

Hromady kompostu je možné umístit jak na trvalé stanoviště, pak se jedná o vodohospodářsky zabezpečené plochy, i na dočasné stanoviště, tzv. polní kompostárny. (Zemánek; 2001)

**Obr. 2** Průřez pásovou hromadou trojúhelníkového a lichoběžníkového tvaru



Zdroj: Altmann; přednáška 2010

### **Trojúhelníkový profil hromady**

Tento typ hromady má doporučenou šířku 2,0 m, z technického hlediska však bývá běžná šířka 2,5 až 4 m, výška profilu pak závisí na charakteru materiálu, jako je zrnitost, sypný úhel, vlhkost a má následující parametry (tab. 2).

řilu pásových hromad

ří ka pásové hromady B [m]	vý-ka profilu H [m]
2,0	1,1 ó 1,2
2,5	1,3 ó 1,5
3,0	1,5 ó 1,8
4,0	2,2

Zdroj: Zemánek; 2001

Výhodou tohoto profilu je lep-í uplatn ní škomínového efektuõ tj. p irozeného prov trávaní profilu, dochází tak k lep-ímu odvád ní tepla a kompost se nep eh ívá.

Naopak nevýhodou je silná náchylnost zakládky na poran ní de-t m, nebo velký povrch odpovídá pom rn malému absorp nímu povrchu (jádru).

#### ***Lichob řníkový profil pásové hromady***

Tento typ hromad se vyuffívá p i řice hromad od 3,0 m do 6,0 m a doporu ené vý-ce 1,5 ó 2,5 m. (Zemánek; 2001)

Lichob řníkový profil dovoluje lep-í vyuffítí ploch, nebo men-í podíl plochy p ipadá na pracovní uli ky. Oproti trojúhelníkovému profilu zejména p i za átku procesu lépe udržuje teplotu v zakládce a je téfl mén zranitelný de-t m, díky velkému absorp nímu objemu hromady vzhledem k jejímu povrchu. Nevýhodou zmi ovaného profilu je hor-í p irozené v trání hromady a tím vznikající nutnost ast j-ího p ekopávání.

#### ***Kompostování v plo-ných hromadách***

Tento typ kompostování je nejstar-í kompostovací technologií. Kompost byl zakládán z vrstev chlévské mrvy, slámy a dal-ích odpad do vý-ky 0,5 m a zpravidla byl zavlařován mo vkou. P ekopávání bylo uskute ováno hlubokou orbou. Zakládka byla po dobu dvou ařt í let vyuffívána jako tzv. řtu ný honõ k p stování krmných plodin nebo teplomilných zelenin. Po zru-ení řtu ného honuõ byl materiál rozvezen na pozemky. (Mach; 2009)

eném, resp. polouzav eném za ízení

Kompostování probíhá mezi dvěma zdmi, které tvoří dlouhé úzké koryto (kanál). Na dně koryta se nachází perforovaný rošt, čímž je zajištěno přívádění vzduchu k materiálu. Ve skutečnosti jsou kompostovací flaby vyráběny o šířce 20–60 cm a výšce od 1 do 3 m.

Délka kanálu a četnost pékopávek určuje dobu kompostování. Doporučená doba kompostování tohoto typu je 2–4 týdny, pokud je možné, celý materiál bude následně vyřadovat dlouhou dobu pro zrání.

První materiál se za pomoci vlnitého nakladače vrství na zádech kanálu. Tím, jak se pékopáva pohybuje po své dané dráze ve flabu, dochází k promíchávání a přemístění materiálu za stroj. (Malaák, Vaculík; 2008)

### ***Kompostování v bioreaktorech***

Bioreaktory jsou zcela uzavřené aparáty kontejnerového typu ve tvaru boxu nebo válce, které jsou často tepelně izolované. Přívod kyslíku je realizován provzdušňováním vrstvy kompostovaného materiálu.

### **C. Vermikompostování**

Výroba biohumusu je založena na schopnosti řířál druhu *Eisenia foetida* přeměňovat ve svém trávicím traktu organické látky. Dospělý červ spotřebuje denně tolik krmiva, co sám váří a vyrobí z něj 60 % biohumusu a 40 % využije pro vlastní metabolismus. Optimální koncentrace řířál je 50 000 jedinců na m<sup>2</sup> záhonu krmiva. Biohumus získaný s pomocí řířál je považován za nejúrodnější organické hnojivo s obsahem až 17,6 hmotnostních % huminových kyselin v sušíně. (Václavík - biom.cz)

#### **3.4.2 Technika pro kompostování**

Aby byla zajištěna produkce kvalitního kompostu, je nutné vybavit kompostárnu příslušnou technikou. Pro přípravu surovin do základek kompostu se využívají drtiče, k provzdušňování a promíchávání hmoty jsou nutné pékopávačky kompostu, na prosévání hotového materiálu je vhodné využít prosévacích zařízení a na konečné roztřídění nadsítného odpadu z prosévání jsou účinné separátory.

Kompostovací linka může zpravidla fungovat ve dvou typech, a to pro výrobu hrubého nebo jemného kompostu, případně může obě operace kombinovat. Schéma kombinované kompostovací linky je v příloze 2.

no do kompostárny je třeba rozmítnout nebo podřít  
(převážně z okus).

Obecně z hlediska kompostování platí, že s klesající velikostí částic materiálu vzrůstá jejich oxidační a styčná plocha, čímž biodegradabilní proces probíhá účinněji; čím lépe materiál degraduje, tím větší mohou být jeho částice v základce a v neposlední řadě, čím menší částice jsou pofladovány, tím větší jsou ekonomické náklady na jejich rozmítnutí. (Mach; 2009)

K nejdřívejším strojům kompostovací linky se řadí:

### **Drtiče**

Drtiče mají v kompostovacích linkách funkci pro drcení tvrdé, zelené hmoty, křehké a jiných mokkých odpadů. Svou práci vykonávají buď pracovním ostřím, úderem i pomalým tlakem, případně dochází k lámání, třepání nebo rozmítnutí hmoty na menší částice. (Hejátková a kol.; 2003)

Určujícím faktorem výkonnosti a kvality rozmítnutí je pracovní ústrojí, které může být (Zemánek 2001):

- talířové
- nožové
- spirálové ostří
- kladívkové
- kombinované (např. kladívkové a talířové)

Konstrukční řešení drtiče je určováno charakterem zpracovávaného materiálu, pofladovaným množstvím podrcené hmoty a kvalitou rozmítnutí (tzn. velikostí částic). Pro drcení zahradního odpadu, jako je křepel, plevel, zelené části rostlin, tenké větve apod. a tedy materiálu, který je velmi shodný s materiálem ze zoologických zahrad (zde se jedná převážně o seno, slámu a tenké větve), jsou vhodné drtiče s vertikální osou rotace. Takové stroje se vyznačují jednoduchou konstrukcí, nízkou hmotností a relativně nízkým příkonem 1,5 až 2,0 kW. Jsou to stroje stacionární, přenosné i převozná na dvou pojezdových kolech. Takovéto drtiče bývají zpravidla opatřeny nožovým, talířovým pracovním ústrojím, případně ústrojím se spirálovým ostřím. (Zemánek; 2001)

ískovému d lení d eva nap í nebo podél jeho vláken.

V kompostovacích linkách se uplat ují tam, kde je t eba upraviť do zakládky podíl odpadního d eva (v zoo by se nap . jednalo o d evo z udrflování výb h ). (Hejátková a kol.; 2003)

Kvalita t pky je ur ována p edev-ím pracovním ústrojím t pkova a vlastnostmi zpracovávaného d eva (tvrdost, sukovitost, tvar).

Pracovní ústrojí t pkova jsou disková, neboli kotou ová, kde jsou nofle umíst ny na elní stran rotujícího kotou e. Takovéto t pkova e se adí k nejroz-í en j-ím a nejvýkonn j-ím za ízením na tvorbu t pek, umofl ují t pkování d eva afl do pr m ru 500 mm. Dal-ím typem pracovního ústrojí je ústrojí bubnové, kde jsou nofle ulofleny po obvodu rotujícího válce ó velmi ásto vyf laduje vtahovací mechanismus. Pracovní ústrojí t pkova je znázorn no v p íloze 3. Takováto konstrukce je vhodná pro zpracování chaoticky uspo ádaného materiálu, jako je klestí, a to díky mofnosti zv t-ovat pr m r konstrukce. Posledním typem je spirálové (-nekové) ústrojí, u n hofl je t pkovací mechanismus tvo en závitem -roubovice se stoupajícím pr m rem, spirálové ost í povrchu závitu odd luje t pku. (Zemánek; 2001)

## **P ekopáva e kompostu**

P ekopávání kompostu se adí k jedné z nejd lefít j-ích pracovních operací celého technologického postupu ízeného kompostování. Jeho cílem je provzdu-nit kompost a dosáhnout tak ízení mikrobiální innosti. (Plíva, Kollárová; online)

Základními konstruk ními poř ladavky na p ekopáva e kompost vyplývajících z charakteru zpracovávaného materiálu a z objemu produkce kompostu, jsou (Zemánek; 2001):

- š kvalitní promísení a provzdu-n ní materiálu v celé vý-ce p ekopávaného profilu,
- vysoká výkonnost pro urychlení operace a pro mofnost ást j-ího p ekopání,
- nízká pracovní rychlost a mofnost její regulace ve velmi jemném rozsahu  $0 - 1000 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ ,
- naru-ení i slehnutého materiálu, p ípadn jeho áste né rozm ln ní,
- formování p ekopávaného materiálu do zakládky ur ítého profilu,
- dobrá manévrovatelnost a pojezdové vlastnosti pro pohyb po pracovní plo-e.õ

Rozd lení p ekopáva dle pracovního ústrojí je v p íloze 4.

## organických materiálů

Bioplynová stanice je technologické zařízení využívající proces anaerobní digesce ke zpracování biologicky rozložitelného materiálu. Hlavním výstupem ze stanice je bioplyn, který je využíván jako alternativní zdroj energie. (Kubásek; 2012)

Anaerobní fermentace, též nazývaná digesce, je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající za nepřítupu vzduchu. Tento proces probíhá přirozeně v přírodě například v bažinách, na dně jezer nebo například na skládkách komunálního odpadu. Při tomto procesu se snáží kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. (www.bioplyn.cz) Tento proces probíhá jak samovolně v přírodě, tak řízenou metodou v bioplynových stanicích. Celý proces je možné rozdělit do čtyř částí (Kubásek; 2012):

### Hydrolyza

Je prvním stádiem rozkladu organické hmoty, a to makromolekulárních látek, polysacharidů, lipidů a proteinů na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě za pomoci enzymů fermentačních bakterií. (Malašák, Vaculík; 2008)

### Acidogeneze

Rozklad produktů hydrolyzy na jednodušší látky jako kyseliny, alkoholy,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , jejichž fermentací se tvoří konečné produkty.

### Acetogeneze

V tomto stádiu se uskutečňuje oxidace vyšších produktů acidogeneze na  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  a kyselinu octovou.

### Methanogeneze

Tato fáze se vyznačuje rozkladem jednoduchých látek na metan a oxid uhličitý za pomoci methanogenních bakterií.

Schéma anaerobní fermentace je v příloze 5.

Anaerobní digesti je možné uskutečňovat dvěma způsoby – mokrou a suchou cestou. Uyužívání této technologie je dáno vlhkostí, resp. množstvím sušiny v materiálu. Obecně se dá říci, že suchá cesta je využívána pro komodity mající podíl sušiny v rozmezí 30 až 35 %, oproti tomu mokrá technologie pracuje se sušinou substrátu okolo 10 %. (Malašák, Vaculík; 2008)

vá materiál ve formě erpatelné kapaliny s průměrnou sušinou do zhruba 12 %. Tento kontinuální biologický proces je provozovaný ve velkých vzduchotěsných míchaných nádobách, tzv. fermentorech, které mohou být tvaru ležatého, svislého, případně kombinovaného. Do fermentoru je substrát dodáván kontinuálně. (odpady.ihned.cz)

Teplota ve fermentoru je udržována kolem 35 °C při mezofilních podmínkách, případně kolem 55 °C při podmínkách termofilních. Při termofilním rozkladu dochází k hlubšímu rozkladu organické hmoty, vyvíjí produkci bioplynu, zato však je charakterizován nízkou stabilitou procesu.

Aby bylo zabráněno negativním vlivům technologie, jako například zápach digestátu na výstupu, je často vyuffíváno vícestupových systémů se sériově usazenými fermentory a dofermentory (dohnívacími nádržemi). (odpady.ihned.cz)

Schéma výroby bioplynu mokrou fermentací je zobrazené v příloze 6.

### 3.5.2 Suchá fermentace

Metoda suché fermentace byla ve své prapůvodní podobě navržena pro zpracování komunálních bioodpadů.

Suchá fermentace zpracovává substráty o sušině 30 až 35 %. Zpravidla se jedná o aplikaci mezofilního anaerobního procesu, rozsah používaných reakčních teplot se pohybuje v rozmezí 32 až 38 °C. Optimální pH dosahuje 6,5 až 7,5. Tato technologie se může provádět dvěma způsoby: diskontinuálně (vsázkově) a kontinuálně.

**Diskontinuální technologie** sestává z několika reakčních komor (kovový kontejner nebo zděná komora s plynotěsnými vraty) a meziskladu. Zpracováváný materiál je do komor dopravován běžnou manipulační technikou, například traktorem s radlicí. Anaerobní proces je řízen dávkováním procesní tekutiny. Samotný proces se skládá z vyprázdnění a nového naplnění komory, startu reakce trvajícím cca 3 dny, vlastní reakce a produkce bioplynu v délce trvání od 24 do 27 dnů. Princip diskontinuální technologie metodou ENBEA®Bots je znázorněn v příloze 7. Pro potřeby inokulace (očkování) je vyuffíváno buď pravidelné vstřikování tzv. perkolátu (látky obsahující vhodné kultury anaerobních mikroorganismů) nebo přidávkou části fermentačního zbytku z předchozího cyklu do první dávky substrátu. (bioplyn.cz)



zatíženy vysokou investicí a provozními nároky. Jejich komunální a třídní domovní odpad. Reakční objem bývá rozdělen do několika fermentorů, kdy nejčastěji se využívají ležaté fermentory (válcové i komorové) s jedním pomaloběhým míchacím zařízením, které je uloženo napříč celým fermentorem. (*bioplyn.cz*)

### 3.6 Hydrotermální karbonizace

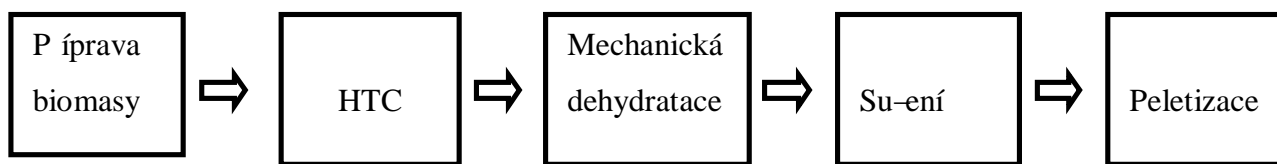
Hydrotermální karbonizace (HTC) odráží přirodní proces tvorby fosilního uhlí. To co přirodně trvalo miliony let je pomocí technologií možné zvládnout za několik hodin. (*biouhli.com*) Výstupem z této technologie však nemusí být jen uhlí, ale v závislosti na době průběhu reakce je možné získat i tekutý předstupeň zemního oleje, směs jednoduchých plynů ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ) i humus, který funguje jako přirodní hnojivo. (*Andrle; 2010*)

Technologie výroby biouhlí byla poprvé popsána již roku 1913, přes veškeré své výhody nebyla až do současnosti, nejen díky nízkým cenám energií, potěba jejího praktického aplikace.

#### Technologie HTC

Schéma postupu technologických operací hydrotermální karbonizace je zobrazeno na obr. 3.

**Obr. 3** Schéma postupu technologie HTC



Zdroj: *biouhli.com*

#### 1 Příprava biomasy

Tato fáze zahrnuje odstranění mechanických nečistot (písku, kamení), nadcení, homogenizaci a namoření biomasy

#### 2 HTC proces

Namořená biomasa je přeerpána do HTC reaktoru, který je pomocí páry natlakován na 25 bar (2,5 MPa) a zahřát na 220° C. Po dodání katalyzátoru, kterým je kyselina citrónová, je

ce a karbonizace biomasy. Výstupem je hmota ka-ovitě

### 3 Mechanická dehydratace

Zchlazená uhelná ka-e je mechanickým slisováním zbavena 50 % vody. Získaným produktem je tzv. uhelný kolá . Odseparovaná voda je zp tn poufita ve výrobním procesu.

### 4 Su-ení

Uhelný kolá je vysu-en odpadním teplem z HTC procesu (nebo , ten je siln exotermní) na vlhkost v rozmezí 5 ó 25 %. Výstupem procesu je prachové biouhlí.

### 5 Peletizace

Prachové uhlí je slisováno do pofadovaných tvar ó pelety, brikety. (*biouhli.com*)

Pro výrobu biouhlí technologií hydrotermální karbonizace je vhodná biomasa s vysokým obsahem celulózy, hemicelulózy, protein a s nízkým obsahem ligninu. Takovým materiálem jsou nap . kaly z istíren odpadních vod, hn j a kejda, odpady z potraviná ství a zpracování ovoce a zeleniny, atd. HTC technologie je e-ení pro sm snou biomasu, biomasu s vysokým podílem vlhkosti a téfl biomasu nízké kvality, která je nepouffitelná pro jiné aplikace.

Výhodami této technologie jsou: vysoká výh evnost paliva (p i pouffití travin i slámy je moflné dosáhnout afl  $25 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , vysoká ú innost ho ení s nízkými emisemi  $\text{NO}_x$ , odstran né problém se spékáním biomasy v kotlích, vysoká teplota tavení popela ó cca  $1400^\circ \text{C}$ , velmi nízký obsah toxických látek, síry a t flkých kov , redukce objemu afl o 75 % a zvý-ená energetická hustota. (*biouhli.com*)

### Svatém Kopečku v Olomouci

Zoologická zahrada v Olomouci slouží v této práci jako vzor a inspirace s nakládáním s BRO. Inovace technologie na znovu využití tohoto materiálu je zakomponována právě do výše zmíněné zoologické zahrady.

Zoologická zahrada v Olomouci byla založena šna zelené louce 3. června 1956 RNDr. Václavem Roubíčkem a již od svého počátku se rozkládá na 42,5 ha. V roce 1958 se uvažovalo o jejímu zrušení z důvodu malé návštěvnosti a přesunu zvířat blíže k centru města. V následujících letech je ufl ale zoo zabývá hnutá a dochází k výstavbě mnoha pavilónů, mezi nimi i jediný vytápěný pavilón opic. V sedmdesátých letech byla expoziční část rozšířena téměř do současné podoby. V té době též došlo k velkému chovatelskému zlomu a do zoo se prvně dostávají exotická zvířata (antilopy losí, zebry Grévyho, aj.) V letech 2004 a 2005 byla uskutečnena zatím historicky největší investiční akce v historii zoo. Byla zbudována centrální výtopna na biomasu s rozvodem tepla. (*zoo-olomouc.cz*)

## 4.1 Biologicky rozložitelný odpad v Zoo Olomouc

V dubnu roku 2005 byla v Zoologické zahradě na Svatém Kopečku zprovozněna centrální výtopna na biomasu. Hlavním úkolem výtopny mělo být především ekologické odstranění biologického odpadu, oproti dřívějšímu způsobu likvidace, kdy byla komodita volně spalována na hromadách bez jakéhokoliv využití a s tvorbou množství nebezpečných oxidů, a výroba tepelné a elektrické energie pro vlastní spotřebu, čímž mohla být nahrazena pomocí elektrická topidla i výroba tepla v plynových kotlích v objektech zoo.

Stavba byla provedena divizí Technologie závodu fizežní stavitelství a finanční náročnost výstavby objektu činila 17 162 998 Kč (viz. příloha 8). (*fiS Brno a.s. má síň akciové společnosti fiS Brno; online*)

### 4.1.1 Popis stavby centrální výtopny na biomasu

Základními výrobními jednotkami stavby je parní kotel spalující dřevní štěpku a parní turbína s generátorem na výrobu elektrické energie. (*fiS Brno a.s. má síň akciové společnosti fiS Brno; online*)

u na dv sm ny –est m síc v roce od íjna do b ezna  
zahrady (n které pavilóny a správní budovy).

Centrální v ýtopna funguje na principu parního kotle. V kotli se na teplosm nných plochách oh eje voda na páru, která putuje bu p es turbínu (p ípadn rovnou) do vým níku (kondenzátoru) pára ó voda, kde p edá svou energii topné vod . Topná voda je erpadly transportována do otopné soustavy, kde jsou umíst ny akumulací nádrfle, které sloufí ke kumulaci teplé vody na dobu t etí sm ny, kdy kotelna neb flí. Pro p ípad poruchy jsou v koteln umíst ny ty i plynové kotle. Blokové schéma v ýtopny je v p íloze 9.

Hlavní parametry za ízení jsou v následující tabulce.

**Tab. 3** Hlavní parametry za ízení

Jmenovitý tepelný výkon (bez akumulátor tepla)	0,322 MW <sub>t</sub>
Maximální tepelný výkon (s akumulátory tepla)	0,481 MW <sub>t</sub>
Jmenovitý elektrický výkon	0,030 MW <sub>e</sub>
Po et instalovaných kotl	1 ks
Jmenovitý parní výkon kotle	500 kg · h <sup>-1</sup>
Jmenovité parametry kotle, tlak páry	1,4 MPa
Teplota páry	cca 220 °C
Ú íinnost kotle	min 85 %
Jmenovitý elektrický výkon parní turbíny	0,030 MW <sub>e</sub>
Teplosm nné médium	teplá voda
Parametry média, teplota	95 °C, max. 110 °C
Tlak	0,25 MPa ó 0,4 MPa
Výkon úpravny p ídavné vody	1 m <sup>3</sup> · h <sup>-1</sup>

Zdroj: Matu ínec; 2005

#### 4.1.2 Jednotlivá technická za ízení Centrální v ýtopny

Tato podkapitola byla zpracována na základ osobní náv-t vy autorky této práce v Zoo Olomouc ( erven 2012) a jejích rozhovor s p íslu-nými zam stnanci pov enými provozem centrální v ýtopny.

##### **Sklad t pky a t pka**

Palivo ó d evní t pka ó je áste n zaji- ována z vlastních zdroj zoologické zahrady, a to vyuffíváním v tví z okusu zví at ustájených v areálu zoo a díky svému vhodnému

okopce, je –t pkováno téfl pokácené d eva, které je  
d vod (stá í, nemoc,...), nebo muselo ustoupit nové  
výstavb pavilón í správních budov. Zbývající pot ebné palivo je nakupováno. Kvalitní  
–t pka z d eva ských závod je nakupována za cenu 350 K · m<sup>-3</sup>, mén kvalitní palivo,  
z pily, pak za 200 K · m<sup>-3</sup>.

D evní hmota p ípravená k poufítí ve spalovacím za ízení, tzn. o velikosti 4 cm, je  
skladována v polouzav ené hale na hromádách, kde v závislosti na po así m fle dovysychat,  
ov–em téfl navlhat. Vlhkost –t pky následn ovliv uje její dopravu do spalovacího za ízení.  
P íli–vlhká afl mokrá –t pka ó obsahující 40 % vlhkosti ó se p í doprav ucpává ve –nekovém  
dopravníku, který komoditu následn p es pásový dopravník dopravuje do spalovacího  
za ízení. Optimální vlhkost –t pky se má pohybovat v rozmezí 15 ó 20 % vlhkosti.

**Obr. 4** Sklad –t pky a pohled na Centrální výtopnu



*Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; erven 2012 (archiv autorky)*

### **Spalovací za ízení**

Jako spalovací za ízení je zde instalován kotel K ó THS 500 SD ó P. Jedná se  
o st edotlaký parovodní kotel, který za hodinu provozu spot ebuje 1 m<sup>3</sup> –t pky. Kotel se kv li  
zaná–ení ístí po 300 hodinách provozu. V dob í–t ní je v provozu zálofní plynová kotelná.

K p íslu–enství kotle pat í vzduchový a spalínový ventilátor. Pro správnou funkci kotle  
bylo zapot ebí vybudovat chemické a tepelné úpravny vody.

Na spalovacím za ízení za sedm let jeho ínnosti jífl musela prob hnout oprava  
vyzdívky kotle a to tak, aby z p vodn dimenzovaných 900 °C odolala i teplotám 1 400 °C.

nou 20 °C pod bod mrazu, bylo na základě rozhovoru  
, že je nutno využívat i záložní plynovou kotelnu (kde se  
nachází 4 kotle Thermona, každý o výkonu 45 kW · h<sup>-1</sup>), aby bylo docíleno požadované  
teploty ve vytápěných prostorách.

**Obr. 5** Spalovací zařízení



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; červen 2012 (archiv autorky)

**Tab. 4** Technické parametry kotle

Počet instalovaných kotlů	1 ks
Jmenovitý parní výkon kotle	500 kg · h <sup>-1</sup>
Jmenovité parametry kotle, tlak páry	1,4 MPa
Teplota páry	cca 220 °C
Účinnost kotle	min 85 %

Zdroj: Matušínek; 2005

### Parní turbína

Americká parní turbína je patrně nejdražším vybavením centrální výtopny. Za svého provozu během roku, kdy běží nepřetržitě, vyrobí turbína 15 tisíc kW. Její nevýhodou je velká hlučnost. Kvůli svému oceánskému původu a unikátnosti v České republice se prodraží i opravy, z tohoto důvodu je parní turbína velmi často mimo provoz.

## 2.1.2 Výsledky

Využívání zvířecího trusu k vytápění (zejména od velbloudů a zebu – asijské a africké plemeno skotu) je, alespoň v zemích Severní Afriky a Indie, známo jako lidstvo samo. V dobách za Alexandra Velikého (356 - 323 př. n. l.) byl v Egyptě po jeho dobytí postaven Amonův chrám, ve kterém se k vytápění využíval velbloudí trus. (I. Asimov, 1978)

Diplomová práce tak tedy nepřichází s palemovou myšlenkou švytápění hnojivem, ale snaží se tuto zkušenost převést do moderního světa a efektivním spotřebováním vlastní odpadní biomasy ušetřit finanční prostředky, které by jinak bylo nutné vydat na odstranění této hmoty a vytápění objektů.

Pro porovnání různých variant využití tohoto odpadu, šlo například o kompostování, je zde uveden výpočet potřebné plochy pro kompostování.

### 5.1 Plocha potřebná pro kompostování v zoologické zahradě v Praze a Olomouci

Výpočet předpokládá zpracování veškerého biologicky rozložitelného odpadu v zahradách, mimo odpadu gastronomického ze stravovacích zařízení nacházejících se v areálu zoologických zahrad.

*Výpočet velikosti plochy potřebné pro kompostování daného množství materiálu (Zemánek; 2001)*

- podle složení kompostové základky v daném kompostovacím cyklu, kdy je známo zastoupení jednotlivých komponent a jejich objemová hmotnost ( $M_1, \rho_1; M_2, \rho_2; \dots M_i, \rho_i$ ), se stanoví celkové množství kompostovaného materiálu za rok.

$$M_c = M_1 + M_2 + \dots + M_i \quad [t] \quad /1/$$

- objemová hmotnost výsledného kompostu (při zanedbání změny vlhkosti) se stanoví ze vztahu:

$$\rho_s = \frac{M_1 \cdot \rho_1 + M_2 \cdot \rho_2 + \dots + M_i \cdot \rho_i}{M_c} [t \cdot m^{-3}] \quad /2/$$

- používaná kompostovací technologie a využívané mechanizace prostředky (překopávač) určuje pro trojúhelníkové nebo lichoběžníkové pásové základky (šířka B, B<sub>1</sub>; výška H), z nich lze stanovit plochu pro výsevu:

$[m^2]$  pro lichoběžníkový průřez

/3/

$$A = \frac{B \cdot H}{2} [m^2] \quad \text{pro trojúhelníkový průřez}$$

/4/

- objem kompostu připadající na 1  $m^2$  kompostovací plochy je dán poměrem:

$$P = \frac{A \cdot L}{B \cdot L} = \frac{A}{B} [m^3 \cdot m^{-2}]$$

/5/

kde: A – průřezová plocha pásové hromady [ $m^2$ ]

B – šířka hromady a pracovní záběr psekopávané [m]

L – délka hromady [m]

- potřebná velikost kompostovací plochy se poté vypočte ze vztahu:

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

/6/

kde: T – doba trvání 1 kompostovacího cyklu v týdnech (od navení surovin do vyskladnění kompostu)

číslo 52 – určuje počet týdnů v roce, nekompostuje-li se celoročně, je třeba počet patičin upravit

Takto vypočtená kompostovací plocha se u technologie bez pracovních mezer zvětšuje pouze o 10 až 15 % s ohledem na otáčení psekopávané a naválcích souprav. Celková potřebná plocha pro provoz kompostárny se stanoví ze vztahu:

$$S_c = k \cdot S \quad [m^2]$$

/7/

kde: k – součinitel vyjadřující zvětšení potřebné plochy ( $k = 1,10$  až  $1,15$ )

## 1. Zoo Praha

První výzva k založení zoo v Praze vyšla od hrabete Sweerts-Sporcka v roce 1881, a to u příležitosti sňatku prince Rudolfa s belgickou princeznou Terezií. Teprve však roku 1926 vzniká Hospodářské, nákupní a stavební družstvo Zoologická zahrada. V následujícím roce je oploceno 8 hektarů budoucí zoo. V roce 1930 daruje majitel cirkusu Rebernigg zoo lvici Terezií, jelikož areál zahrady zatím nedisponuje vhodnou ubikací, říká lvice stejně jako n která dále žije v trojské vile profesora Jandy. Konečně 28. září 1931 bylo zpřístupněno šstavení zoologické zahrady a bránou první pražské zoologické zahrady proli



zoo stal Dr. Z. Veselovský a zahrada se za jeho vedení  
k 2002 dal svou povodní, která zasáhla tém polovinu  
území, impulz ke vzniku nových staveb, a tak o dva roky pozd ji je slavnostn otev eno  
n kolik pavilon (nap . Afrika zblízka, Indonéská dflungle, apod.). Stavební boom pokra uje  
i do sou asnosti (kde nejmlad-í stavbou je nový Sloninec r. 2013).

Z analýzy disponibility vstup provedené pro Studii proveditelnosti výstavby  
energocentra v Zoologické zahrad hl.m. Prahy pro energetické vyuřívání odpad vyplývají  
následující údaje:

**Tab. 5** Mnořství jednotlivých materiál v Zoo Praha

Chlévská mrva (výkaly + podestýlka + zbytky krmení)	$M_1 = 700 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_1 = 0,65 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
Travní hmota a listí	$M_2 = 150 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_2 = 0,25 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
D evní odpad + okusy	$M_3 = 50 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_3 = 0,50 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
D evní t pka	$M_4 = 25 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_4 = 0,30 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
Doba trvání jednoho cyklu	$T = 12 \text{ týdn}$
Rozm ry lichob flníkového pr ezu	$B = 2,50 \text{ m}; B_1 = 1,50 \text{ m}; H = 1,50 \text{ m}$

Výpo et kompostovací plochy byl proveden s vyuřítím vý-e uvedených vztah . 1 ařl 7:

- celkové množství

$$M_c = 700 + 150 + 50 + 25 = 925 \text{ t}$$

- objemová hmotnost výsledného kompostu

$$\rho_s = \frac{0,65 \cdot 700 + 0,25 \cdot 150 + 0,50 \cdot 50 + 0,30 \cdot 25}{925} = 0,57 \text{ t} \cdot \text{m}^3$$

- objem kompostu p ipadající na plochu  $1 \text{ m}^2$

$$P = \frac{3}{2,5} = 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

- plocha pro kompostování

- celková potřebná plocha pro provoz kompostárny

$$S_c = 1,10 \cdot S = 1,10 \cdot 312,08 = 343,29 \text{ m}^2$$

Pro provoz kompostárny zpracovávající veškerý biologicky rozložitelný odpad z chovů zvířat a údržby zeleně v zoo Praha, by bylo třeba vyhradit plochu cca 345 m<sup>2</sup>.

## 2. Zoo Olomouc

Pro zoologickou zahradu v Olomouci, která disponuje 400 tunami BRO za rok, vyplývají následující údaje:

**Tab. 6** Množství jednotlivých materiálů v zoo Olomouc

Chlévská mrva (výkaly + podestýlka + zbytky krmení)	$M_1 = 295 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_1 = 0,65 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
Travní hmota a listí	$M_2 = 84 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_2 = 0,25 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
Dělní odpad + okusy	$M_3 = 14 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_3 = 0,50 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
Dělní odpad	$M_4 = 7 \text{ t} \cdot \text{r}^{-1}$ $\rho_4 = 0,30 \text{ t} \cdot \text{m}^3$
Doba trvání jednoho cyklu	$T = 12 \text{ týdn}$
Rozměry lichoběžníkového proužku	$B = 2,50 \text{ m}$ ; $B_1 = 1,50 \text{ m}$ ; $H = 1,50 \text{ m}$

Výpočet kompostovací plochy byl proveden s využitím výše uvedených vztahů 1 a 7.

- celkové množství

$$M_c = 295 + 84 + 14 + 7 = 400 \text{ t}$$

- objemová hmotnost výsledného kompostu

$$\rho_s = \frac{0,65 \cdot 295 + 0,25 \cdot 84 + 0,50 \cdot 14 + 0,30 \cdot 7}{400} = 0,55 \text{ t} \cdot \text{m}^3$$

- objem kompostu připadající na plochu 1 m<sup>2</sup>

$$P = \frac{3}{32,5} = 1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$$

$$S = \frac{0,57 \cdot 52 \cdot 1,2}{1} = 134,95 \text{ m}^2$$

- celková pot ebná plocha pro provoz kompostárny

$$S_c = 1,10 \cdot S = 1,10 \cdot 134,95 = 148,45 \text{ m}^2$$

Pro provoz kompostárny zpracovávající veškerý biologicky rozložitelný odpad z chovu zvířat a údržby zeleně v Zoo Olomouc, bylo třeba vyhradit plochu cca 150 m<sup>2</sup>.

Plocha potřebná pro kompostování odpadní biomasy ze Zoo Praha je 2,3 krát větší, než plocha potřebná ke kompostování v Zoo Olomouc. Celkem měla Zoo Praha k 31.12.2012 4 804 jedinců zvířat, a to v 696ti druzích rozkládajících se na rozloze 60ti hektarů. Oproti tomu Olomoucká zahrada se pyšní 1 861 jedinci ve 354 druzích na 42,5 hektarech. Zoo Praha má 2,5krát více zvířat a 1,9 krát více druhů než olomoucká zahrada. Co se týče rozlohy, je pražská zoo větší pouze 1,4 krát.

Dá se tedy říci, že zoologické zahrady v Praze a Olomouci jsou na tom s množstvím BRO a plošně potřebné ke kompostování s přihlednutím na velikost a množství zvířat velice podobně (Zoo Olomouc je z velké části zalesněná, došlo-li by tak ke korekci velikosti vzhledem k pražské zahradě, množství posekané trávy by nemělo vliv, nebo pouze zatravněné plochy tam mnoho není).

## 5.2 Tvarování biomasy

Aby bylo možné biomasu efektivně využívat jako palivo, je vhodné ji před samotným spalováním mechanicky upravit do vhodného tvaru. Mechanickou úpravou se tak rozumí briketování nebo peletování.

Důležitými parametry briket nebo pelet jsou kromě tvaru a rozměrů (velikosti) i mechanické vlastnosti těchto biopaliv. Ty zásadně spolu ovlivňují jak způsob manipulace s briketami a peletami, tedy způsob uskladnění a dávkování, tak i ztráty při výše uvedených operacích.

Pro dobrou tvarovatelnost materiálu, je důležité, aby obsah vody v surovině nepřekročil 15 %. Jen za takovýchto podmínek je možné zaručit, že se peleta následně nerozpadne a bude dokonale zhutněná. (Malaček, Vaculík; 2008) Další nutností, kterou je třeba zajistit před samotným tvarováním, je desintegrace materiálu na částice vhodné

su nep ichází surovina v t–inou v optimálním tvaru. Tato  
i em, který je p ed azen p ed tvarovací linku.

Výhodou, pro se materiál tvaruje, je zv t–ení jeho objemové hmotnosti a tím u-et ení  
náklad na p epravu a skladování.

Surovinou pro výrobu pelet, p ípadn briket tradi n bývá ístá, homogenní d evní  
hmota ve form pilin, dále je pak moflné vyufflívat odpady z rostlinné výroby (slámy, zbytky  
po í-t ní obilí), nebo zám rn p stované energetické rostliny (energetický – ovík, k ídlatka).

### 5.2.1 Briketování

Tvarová úprava briketováním vyufflívá mechanických a chemických vlastností  
materiál , které se za pouflití vysokotlakého lisování zhut ují do kompaktních tvar bez  
p ídavku pojiva, a to pouze s vyufflitím prysky ic obsaflených v materiálu.

Omezujícími faktory pro zpracování je vlhkost, která, jak je zmín no vý-e, nesmí  
p esáhnout 15 % a dále pak zrnitost materiálu, která nesmí p esáhnout rozm r 15 mm  
v jednom sm ru. Stupe slisování má vliv na kvalitativní parametry, jako je výh evnost,  
tvarová stálost atd. (*Mala ák, Vaculík; 2008, briklis.cz*)

Briketování probíhá na briketovacích lisech, které se r zní konstrukcí pohonu, lisovací  
komorou i lisovacím nástrojem. P í tlaku 400 MPa a teplot okolo 70 °C dochází k objemové  
redukci cca 12 : 1. (*Mala ák, Vaculík; 2008*)

V praxi se uplat ují dva typy lis , a to hydraulický (viz. p íloha 10) a –nekový.  
Hydraulický lis pracuje na jednoduchém principu a zpracováváný materiál je pouze stla ován.  
Tnekový lis je obohacen o p edeh ívací komoru, ve které se z lisovaného materiálu uvol ují  
p írozená pojiva. Díky tomu dokáffe slisovat bez pouflití lepidel nebo jiných um le  
p ídávaných pojiv i látky, se kterými by si hydraulický lis neporadil. (*brikety.org*)

**Briketa** je um le upravené palivo vzniklé lisováním sypkého materiálu bez pouflití  
pojiv do formy vhodné pro spalování. Skládá se z mnoha materiál , které jsou stla eny  
k sob , a tak se v fládném p ípad nejedná o homogenní t leso. M rná objemová hmotnost  
brikety závisí na:

- tlaku p í lisování,
- struktu e materiálu,
- vlhkosti materiálu,
- druhu lisovaného materiálu. (*Mala ák, Vaculík; 2008*)

na pouflitém lisovacím za ízení. V jakých tvarech se  
no na následujícím obrázku.

**Obr. 6** Tvarová rozmanitost briket



Zdroj: RUF, firemní materiály

### 5.2.2 Peletování

Peletování je stejn jako briketování tvarová úprava materiálu za vyuffití vysokotlakých lisovacích za ízení. Pro výrobu pelet je nutné, aby surovina m la optimální velikost. Ta se pohybuje v rozmezí 2 ó 5 mm v závislosti na konstrukci lisu i na velikosti lisovaných pelet. Vlhkost surového materiálu nesmí p ekro it 15 %. Optimální velikost výsledných pelet je pro domácí vyuffití 6 ó 8 mm. (*Kott ó biom.cz*)

Hlavním strojem k výrob peletek je protla ovací matricový lis. Lis je vyráb n v n kolika konstruk ních provedeních, a to jako talí ový, plochý nebo prstencový. Protla ovací matrice, vyrobená z u-lechtilé oceli, je opat ena soustavou otvor pot ebného pr ezu a nad ní se v t sné vzdálenosti odvalují rolny, které zpracováváný materiál protla ují skrz matrici. Tímto protla ováním vzniká zna né teplo, které zm k uje a uvol uje v surovin obsaflný lignin. Afl záv re ným chlazením peletek po výstupu z peletizátoru je výroba tohoto paliva u konce, nebo jedin zatuhnutím ligninu, získává peleta pot ebnou pevnost a trvanlivost. (*Mala ák, Vaculík; 2008*)

Matricový protla ovací lis je zobrazen v p íloze 11.

...ezu o průměru od 6 do 20 mm a délce 1 až 5 cm, které  
...ál, biomasy bez chemických přísad a pojiv. (Malaák,

Vaculík; 2008)

Lisováním hmoty do formy pelet dochází ke značnému stlačení suroviny. Na výrobu 1 tuny pelet o objemu 1,6 m<sup>3</sup> (volně sypaných) je třeba 7 až 8 m<sup>3</sup> pilin. Hustota samotné pelety přesahuje hodnotu 1 100 kg · m<sup>3</sup>. (Lyka; 2011)

### 5.3 Experimentální část

Cílem vlastního měření bylo zjistit, zda je možné odpadní biomasu ze zoologické zahrady používat jako alternativní palivo.

Bádání bylo započato v červenci 2012, kdy došlo k odběru vzorků a jejich následnému sušení a měření vlhkosti. K samotnému briketování se přistoupilo v listopadu téhož roku. Z domněnky, že množství nabriketovaného vzorku nestačí k další inštalaci, byla v témže měsíci dovezena ještě jedna várka vzorků BRO ze Zoo Praha, která byla tvarována v prosinci a lednu 2013. Stejně jako první se jednalo o exkrementy slona a směs biologicky rozložitelných odpadů (exkrementy bez rozlišení, zbytky potravy, podestýlek, aj.). Měření bylo rozděleno o vzorek košických exkrementů, který ve svém prvopočátku měl sloužit pouze jako ukáзка, o kolik procent vlhkosti bude vzorek v porovnání chudší, než se s prvními exkrementy. Nakonec bylo i s tímto vzorkem uskutečнено briketování a jeho následné spálení. Více o jednotlivých etapách experimentu je na následujících stránkách.

#### 5.3.1 Metodika měření

Měření v této diplomové práci bylo uskutečнено podle následujícího postupu, který zahrnuje výčet nejdůležitějších bodů:

- 1 Odběr vzorků vybraných odpadů v Zoo Praha. Jednalo se o vzorky BRO z chovu želve, a to převážně exkrementů. Vzorky bylo možno rozdělit na exkrementy od slona a směs výkalů ostatních zvířat.
- 2 Stanovení obsahu vlhkosti ve vzorcích v analyzátoru vlhkosti Ohaus MB 25.
- 3 Sušení jednotlivých vzorků BRO.
- 4 Vlastní proces výroby briket na strojích firmy Briklis, a to BrikStar CS 25 a BrikStar 30-12.
- 5 Spalování vzorků briket šSM Šo, šSLONo, šK o v křbových kamnech Carol.

nalyzátořem kou ových plyn Madur GA 60 vznikajících  
ých vzork briket.

## 7 Vyhodnocení měření.

### 5.3.2 Odběr vzork

První odběr vzork byl proveden dne 23. července 2012 v Zoologické zahradě hl. m. sta Prahy. Jediná plocha pro dočasně uskladnění BRO z provozu zahrady, se nachází mimo hlavní návštěvní areál, v těsné blízkosti novostavbě slonince. BRO je skladován na betonovém podkladu na hromádách a jednou rokem je specializovanou firmou za úplaty odvážen k dalšímu zpracování či kompostování. Na hnojišti se nachází veškerý materiál ze zoologické zahrady včetně podestýlek (sláma, dřevitá vlna, hobliny) a zbytků potravy (seno, první píče, ovoce a zelenina). Jak již bylo zmíněno výše (kap. 2.1), exkrementy se na této hmotě podílí pouze 1/3. Pohled na hnojiště v Zoo Praha je v příloze 12.

Vzorky byly odebrány v množství čtyř stavebních pytlů o objemu 120 litrů na kus (viz. příloha 13) a obsahovaly veškeré rozmanitosti materiálu či podestýlku a potravu, směs BRO neurčitěho stáří a různé vlhkosti včetně převezený BRO a těl sloních exkrementy, které v jednom místě tvořily ucelenou hromadu (viz. příloha 14).

Druhý odběr vzork se uskutečnil 10.10. 2012 a odebrány byly těl i stavební pytle, každé o objemu 120 l, z čehož dva obsahovaly směsný materiál a dva sloní trus.

Vzorek šSM S0 obsahuje veškerý směsný BRO ze zoo. Jedná se jak o exkrementy včetně zvířat, těl zbytky podestýlek, potravy (převážně sena a trávy) a okusů.

Zástupci zvířat, jejichž exkrementy tento vzorek tvoří, jsou například **girafa Rotschildova** (*Giraffa camelopardalis rotschildi*), jejíž domovinou je Afrika jižně od Sahary. Tento sudokopytník se flívá listím a v tvém stromě, zídka kdy trávou, ze svého nejraději se v-ak flívá akácií. Díky dlouhému jazyku měřícímu až 50 cm a hustým slinám je schopná otrhávat listy i na trnitých v tvém stromě a ke . Celková výška zvířete se pohybuje od 4,5 do 5,8 m a dosahují hmotnosti 700 až 1 100 kg. Samice, které jsou o něco menší než samci, okusují koruny stromů zdola a spokojí se s 58 kg rostlin, zatímco vyší samci se flívá shora a potěbují až 66 kg potravy. Při jímním potravy stráví tento pefvůkavý býložravec až 12 hodin, kdy nejastěji se pasou při západu nebo východu slunce. (Svět zvířat, [zoopraha.cz](http://zoopraha.cz))

*terus chilensis*) obývá oblast od středního Peru na jih po  
opu sladkých vod a moří. Tento pták se flíví vodními  
bezobratlými a asami. Dosahuje délky 105 m, rozpětí křídel je 135 cm a hmotnost 2,3 kg.  
(zoopraha.cz)

**Surikata** (*Suricata suricatta*) je malá šelma dosahující délky těla 25 až 35 cm  
s hmotností od 0,6 do 1 kg. Jejich domovinou je Jižní Afrika, kde se flíví hmyzem (včelami,  
saranami, kobylky), ptáky, hady, ječírky, hlodavci. (zoopraha.cz)

Vzorek šK 10 je složen z exkrementů od **huculského koně** (*Equus caballus*), který  
patří mezi primitivní malá horská plemena koní. Huculský kůň se vyznačuje vytrvalostí,  
nenáročností, otužilostí a dlouhokostí. Charakterově bývá označován za psychicky  
vyrovnaného, ušlechtilého a pracovitého, vyznačuje se výbornou pamětí. Jeho hmotnost se  
pohybuje mezi 350 až 450 kg. Kůň, ze kterého vzorek pochází, je krmen vojensko-  
obrasotem, mrkví a jablky. Podestýlán je jenou slámou. (Hucul-olšovka.cz)

Vzorek šSLON 10 pochází ze **Slona indického** (*Elephas maximus*), zvířete flijícího  
v tropických lesích s dešnými pralesi Indie, Srí Lanky a jihovýchodní Sumatry. Dorůstá  
délky 3,5 m a váží 2 až 5 tun. flíví se rostlinnou potravou během rána, navečer a v noci. Jeho  
jídelní ek tvoří tráva, bambus, listy, kůra, výhonky, popínavé rostliny, palmy, fíkové listy,  
ovoce, jablečné dřevo nebo mango. (zooliberec.cz)

### 5.3.3 Měření vlhkosti

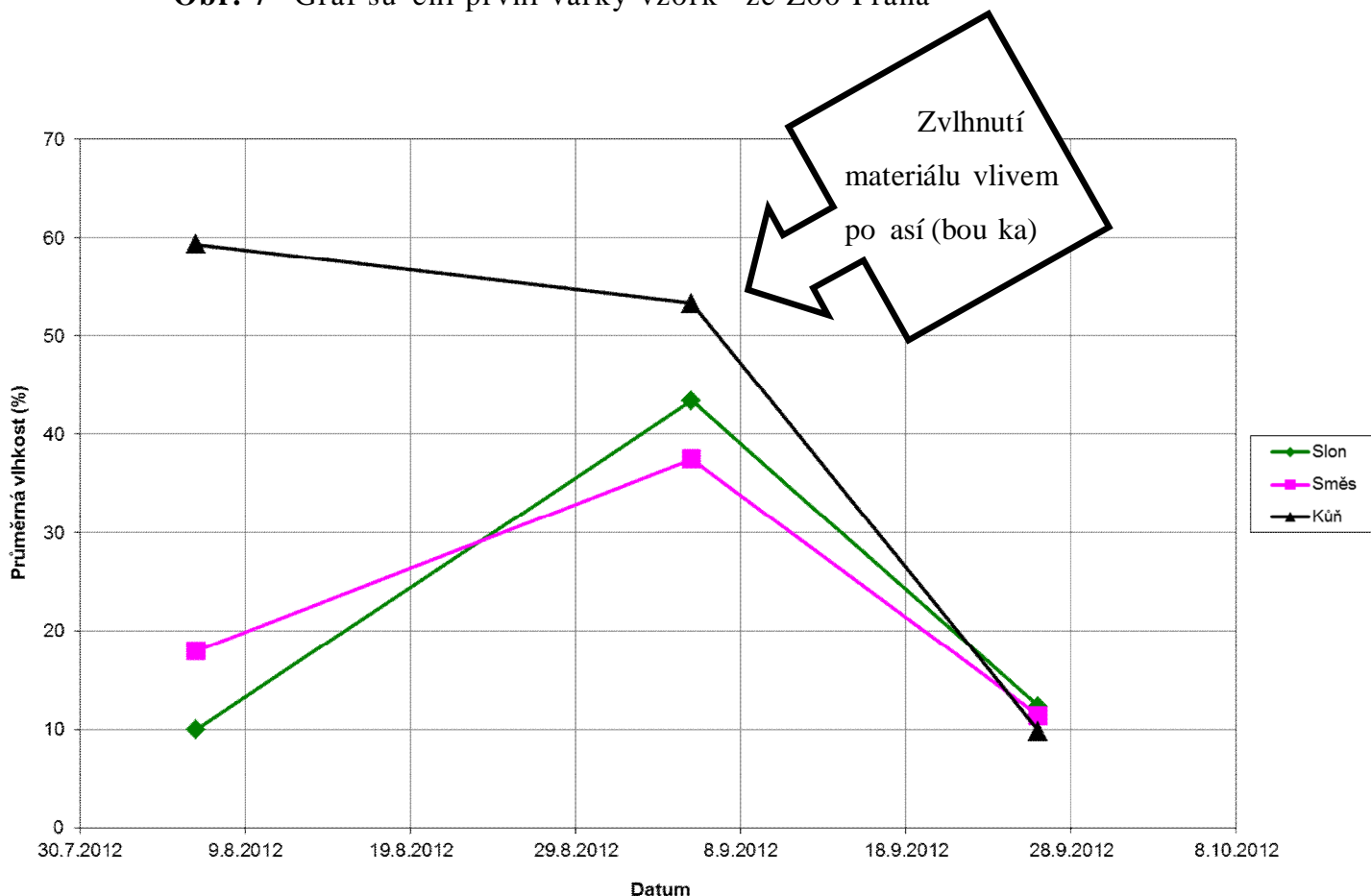
První měření vlhkosti probíhalo třináct dní od odebrání vzorků, tedy od 6. do 8. srpna  
2012. Cílem měření bylo zjistit, zda po dvou týdnech, kdy byly vzorky ponechány  
v podobných podmínkách jako v zoo, pouze v tenčí vrstvě nebo tedy na hromadě na betonovém  
základu (viz. příloha 15) a stejně tak ponechány přímo na zemi nebo po asi 10 by bylo možné  
hmotu briketovat bez použití sušárny k dosažení materiálu na optimální vlhkost do 15 %.  
Poté, co se kvůli letní bouři koncem srpna zvýšil obsah vlhkosti ve vzorcích, byl materiál  
10. září odvezen na dosažení do kolní demonstrační haly KTZS TF (viz. příloha 16), kde  
setrval až do doby briketování. Demonstrační, plechová hala poskytla na konci letního období  
vzorkům ideální podmínky pro sušení.



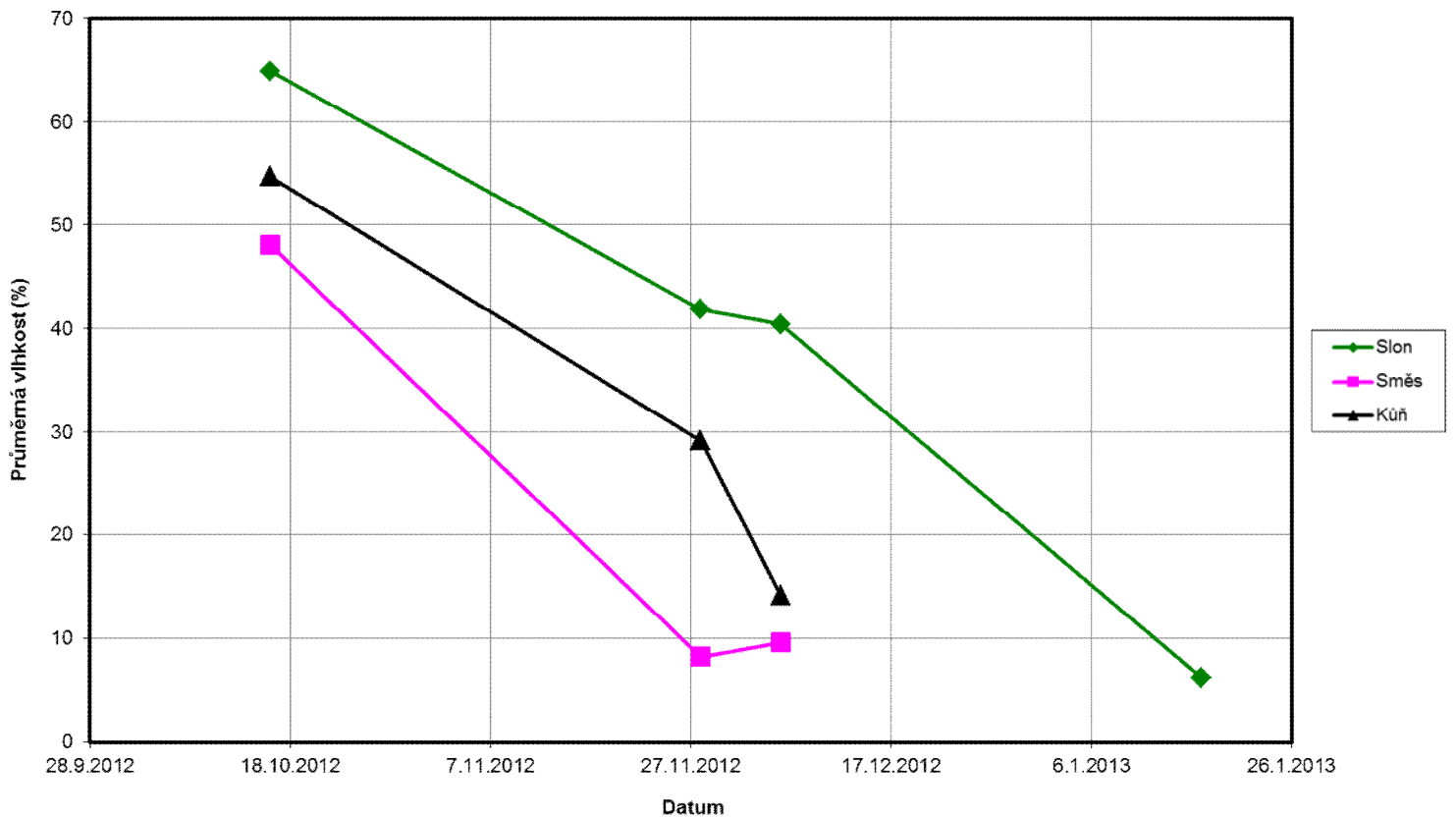
vlhkosti se vysuší první exkrementy za třináct dní po  
vání, bylo měření doplněno o první koškový trus (odbor  
byl proveden cca 18 hodin před měřením) a o exkrementy od téhož koně, který vyžrával 14  
dní. Měření vlhkosti druhé várky materiálu se uskutečnilo 6 dní od navezení vzorku do  
zmiňované demonstrační haly KTZS TF. V tomto ročním období však vzorky v místě dobře  
neschly, a tak bylo nutné zajistit pro vzorek šSLONě lepší dosušení. Na jakou dobu vzorek  
setrval pod infrazářivem BIOS KE 500, avšak ani to nezajistilo optimální vlhkosní podmínky  
vzorku pro briketování. Dne 6.12.2012 byl proto vzorek šSLONě přemístěn do kolních  
vytápěných prostorů dílen a rozprostřen na tenkou vrstvu.

Úbytky vlhkosti ve vzorcích první i druhé várky jsou patrné z následujících obrázků  
grafů. Podrobné tabulky s naměřenými vlhkostmi a daty měření jsou v příloze 17.

**Obr. 7** Graf sušení první várky vzorků ze Zoo Praha



Průměrné vlhkosti vzorků ze Zoo Praha



Měně vzorky lze spatřit na následujícím obrázku.

**Obr. 9** Měně vlhkosti vzorku šZOO SM Šõ



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; září 2012 (archiv autorky)

Měně vlhkosti vzorků probíhalo na vlhkoměru **OHAUS MB 25**. Postup měně na vlhkoměru je popsán v následujících bodech:

k .

vzork v optimálních konstantních podmínkách (p i

- teplot 20 °C).
- Umíst ní analyzátoru na rovnou pracovní plochu do míst s konstantní teplotou a nem nným proud ním vzduchu.
  - Zapnutí vlhkom ru.
  - Nastavení analyzátoru na požadovanou teplotu su-ení 105 °C.
  - Nastavení doby su-ení na hodnotu AUTO (zkou-ka je ukon ena, jakmile p ístroj rozpozná konec úbytku hmotnosti vzorku).
  - P íprava zkou-eného vzorku.
  - Nosi vzorkovací misky s prázdnou vzorkovací miskou umístit na drflák misky.
  - Stisknutí tlačítka Tára pro vynulování hmotnosti vzorkovací misky.
  - Odstraní vzorkovací misky z drfláku a vložení na misku zkou-ený vzorek o minimální hmotnosti 0,5 g.
  - Rovnom rné rozprost ení vzorku po dn vzorkovací misky.
  - Umíst ní vzorkovací misky se vzorkem na drflák misky. Displej zobrazuje hmotnost vzorku.
  - Zav ení krytu analyzátoru.
  - Spu-t ní procesu zkou-ky tlačítkem Start.
  - Po zvukovém signálu oznamujícím ukon ení zkou-ky ode íst na p ístroji blikající kone ný výsledek (vlhkost).
  - Ode tení asu trvání zkou-ky na p ístroji.
  - Stisknutí tlačítka Tára pro zji-t ní hmotnosti vzorku po su-ení.
  - Otev ení krytu vzorkova e a odstraní vysu-eného vzorku. (*Analyzátor vlhkosti MB23/MB25; Návod k obsluze; online*)

### 5.3.4 Briketování vzork

Vzorky byly briketovány na dvou lisech zna ky BRIKLIS. Lis . 1 byl typ BrikStar CS 25, lis . 2 byl typ BrikStar 30-12. Technické parametry za ízení jsou patrné v následující tabulce.

ích stroj

	p íkon stroje [kW]	stroje ± 10 % [kg · hod <sup>-1</sup> ]	Hmotnost stroje [kg]	Objem zásobníku [m <sup>3</sup> ]	Rozm ry za ízení		
					Délka [mm]	řka [mm]	Vý-ka [mm]
BrikStar CS 25	4,4	25	720	1	1640	1320	1300
BrikStar30-12	4,4	30	780				

Zdroj: Technická p íru ka k Briklisu BrikStar

Vzorek z každé várky byl briketován na lisu . 1 i 2.

### Lis . 1 ó BrikStar CS 25

Briketovací lis je ur en pro malé a st ední truhlá ské provozy. Násypka je vybavena vyhrnovací frézou se samostatným pohonem a –nekovým dopravníkem ve dn násypky. Lis a násypka se vzorkem šSLONö a šK " je zobrazena v p íloze 18. U obou lis (BrikStar CS 25 i BrikStar 30-12) platí, fle pokud je briketováno malé množství materiálu, v tomto p ípad cca kolem deseti kilogram , není vhodn zapínat vyhrnovací frézu, nebo materiál pouze rozmete po lisu. Výhodn j-í je tak ru ní dávkování materiálu do –neku lisu pomocí nap . lopatky.

Brikety, které stroj vyrábí, jsou oválného tvaru o pr m ru 6,5 cm a délce od 3 do 7 cm. Následující tabulka ukazuje, s jakými parametry stroj pracuje. Hodnoty jsou totořné i pro lis BrikStar 30-12.

**Tab. 8** Technické a provozní podmínky stroje BrikStar CS 25 a BrikStar 30-12

Povolená vlhkost vstupního materiálu	8 ó 15 hm%
M rná hmotnost lisované brikety	900 ó 1 100 kg · m <sup>-3</sup>
Maximální provozní tlak	180 bar (18 MPa)
Maximální provozní teplota	60 °C
Pracovní prost edí stroje	+ 5 afl + 35 °C

Zdroj: <http://www.dobrestroje.cz/dobrestroje/eshop/21-1-BRIKETOVACI-LISY/0/5/817-BRIKETOVACI-LIS-BRIK-STAR-CS-25-AUTOMAT-DOPRAVA-ZDARMA>

### Lis . 2 ó BrikStar 30-12

Briketovací lis BrikStar 30-12 je nejprodáván j-ím lisem firmy Briklis. Lis je vhodný pro malé a st ední provozy s jednosm nným i dvousm nným provozem.

Druhá polovina hmotnosti vzork byla briketována na lisu BrikStar 30-12 s vodící dráhou. Pro lis bez vodící dráhy platí stejné technické a provozní podmínky, jako pro lis . 1. Tyto podmínky jsou uvedeny v tabulce 8.

Výstup v podob briket z tohoto lisu je znázorn n na obrázcích v p íloze 20.

### 5.3.5 Stanovování objemové hmotnosti briket vzorku šSLONě

Objemová hmotnost vzorku byla stanovována na laboratorní váze typu KERN PEJ 2200-2M. Postup m ení na laboratorní váze je v následujících bodech:

1. Se-telování váhy do vodováhy pomocí oto ných noflí ek.
2. Umíst ní nádoby na vzorky na váhu a tla ítkem tara vynulovat na váze její hmotnost.
3. Odebrání reprezentativního vzorku do nádoby.
4. Zváflení vzoreku a váhu následn vynulovat.
5. Postup opakovat dle pot eby.

Objemová hmotnost byla stanovována pro oba typy briket na vzorku 20 kus a téfl na vzorku voln lofleném. Výsledky byly porovnány s deklarovanými hodnotami objemové hmotnosti briket firmou Briklis. Objemová hmotnost briket z prvního lisu je pr m rn  $1103,69 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , z druhého lisu afl  $1173,02 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , cofl je v souladu s deklarovanými hodnotami lis BrikStar CS 25 BrikStar 30-12. Výpo et objemové hmotnosti je v p íloze 21. V porovnání s voln lofleným materiálem, který má objemovou hmotnost  $145,78 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , pokud se materiál tvaruje v briketovacím lisu BrikStar CS 25, jeho objemová hmotnost se zvý-í 7,57 krát oproti sypnému stavu. Druhý lis, BriStar 30-12 dokáfle hmotu stla it na objemovou hmotnost 8,05 krát v t-í nefl má v sypném stavu.

### 5.3.6 Spalování

K porovnání tepeln emisních charakteristik bylo uskute nno m ení v krbových kamnech na tuhá paliva společ nosti J. V. Rousek - typ Carol (viz. obr. 10). P edepsaným

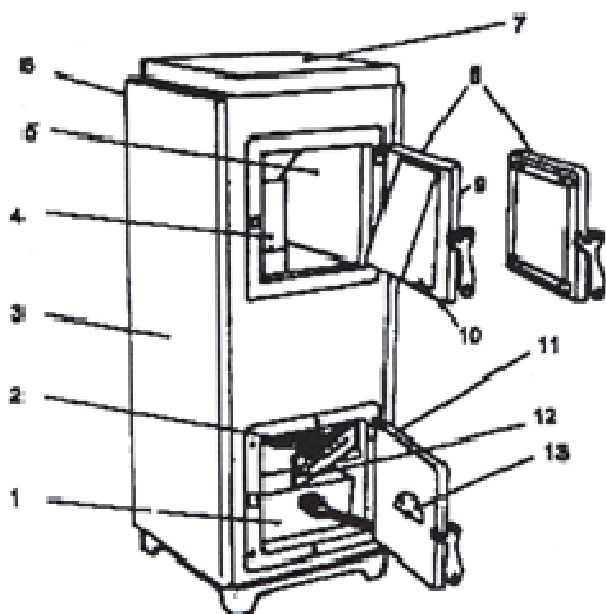
helné brikety. Tepeln ó technické parametry kamen jsou

**Tab. 9** Tepeln ó technické parametry kamen J. V. Rousek

Parametr	Jednotka	Hodnota
Jmenovitý výkon	[kW]	5
Pr m rná teplota spalin	[°C]	286
Hmotnostní tok spalin	[g·s <sup>-1</sup> ]	3,85
Ú innost	[%]	70 ó 80
Max. délka polen	[m]	0,3
Pr m r kou ovodu	[mm]	80
Hmotnost	[kg]	86
Rozm ry kamen: ší ka x hloubka x vý-ka	[mm]	355 x 360 x 920
Ú innost p i jmenovitém výkonu	[%]	88
Spot eba paliva	[kg·h <sup>-1</sup> ]	0,8 ó 1,5

Zdroj: erný, Mala ák; 2013

**Obr. 10** Kamna na tuhá paliva společ nosti J. V. Rousek (typ Carol)



1. Popelník
2. Otočný rošt s rámem
3. Boční stěna
4. Zadní šamot
5. Boční šamot
6. Odkouření (hrdlo)
7. Litinová plotna
8. Topná dvířka (bez skla nebo s oknem)
9. Vzdušník sekundárního vzduchu (jen u dvířek bez okna)
10. Přívod sekundárního vzduchu (jen u dvířek bez okna)
11. Popelníková dvířka
12. Roštová dvířka
13. Vzdušník primárního vzduchu

Zdroj: erný, D.; Mala ák, J.; Záv re ná zpráva o e-ení interního grantu TF ZU za rok 2013 ó Stanovení tepeln -emisních vlastností malých spalovacích za ízení p i spalování organických odpad ; Praha Suchdol 2013

... emise koncentrací bylo uskutečneno na měřicím zařízení kouřových plynů Madur GA-60. Přístroj Madur GA-60 (obr.11) je víceúčelový analyzátor kouřových plynů. Jeho princip je založen na využití elektrochemických převodníků. Přístroj GA-60 má standardně čtyři převodníky s možností zabudovat šestý převodník. Standardní vybavení představuje převodníky na analýzu těchto složek spalin: kyslík ( $O_2$ ), oxid uhelnatý (CO), oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý ( $NO_2$ ), oxid siřičitý ( $SO_2$ ) a chlorovodík (Cl).

**Obr. 11** Analyzátor vlhkosti Madur GA-60 a napojení analyzátoru do komína



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; leden 2013 (archiv autorky)

... měření jsou měřeny hodnoty teploty okolí, teploty spalin a chemické složení plynů v rozsahu  $O_2$ , CO,  $SO_2$ , NO,  $NO_2$ . Signál převodníků je úměrný objemové koncentraci měřené složky v ppm (parts per million, tedy částic na jeden milion).

Převodník pro stanovení kyslíku vykazuje na jednotlivých komponentách měřených plynů jen zanedbatelnou závislost. Podobně se chovají převodníky pro stanovení CO a NO, které mají zabudovány vnitřní filtry absorbující rušivé složky. Další převodníky reagují na koncentrace ostatních složek.

Přístroj GA-60 přijímá signály ze všech převodníků a s využitím charakteristik převodníků, nastavených kalibračními plyny, pak přiblíženě vypočítává koncentrace jednotlivých složek. (Černý, Maláček; 2013)

ym zoo briket byl následující: kamna byla roztopena zováno briketami. Mezi jednotlivými typy briket byla kamna vy i-t na od p edchozího paliva.

Po spálení zoo briket byly hodnoty CO porovnány s platnou legislativou. Pr m rné hodnoty CO v jednotlivých vzorcích briket jsou zapsány v tab. 10. Dal-í nam ené hodnoty jsou zapsány v p íloze 22. Emisní limity malých zdroj dle platné legislativy R jsou uvedeny v tab. 11. Graf nam ených hodnot CO ve vzorcích je na obr. 12.

**Tab. 10** Emisní limity malých zdroj dle platné legislativy

Dávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný výkon [kW]	Mezní hodnoty emisí CO [mg · m <sup>3</sup> <sub>N</sub> *]		
			t ída 1	t ída 2	t ída 3
Ru ní	Biologické	0 ó 50	25 000	8 000	5 000

\* Vztahuje se k suchým spalinám, teplot 273,15 K, tlaku 101,325 kPa a k referen nímu obsahu kyslíku 13 % pro sálavé spalovací zdroje.

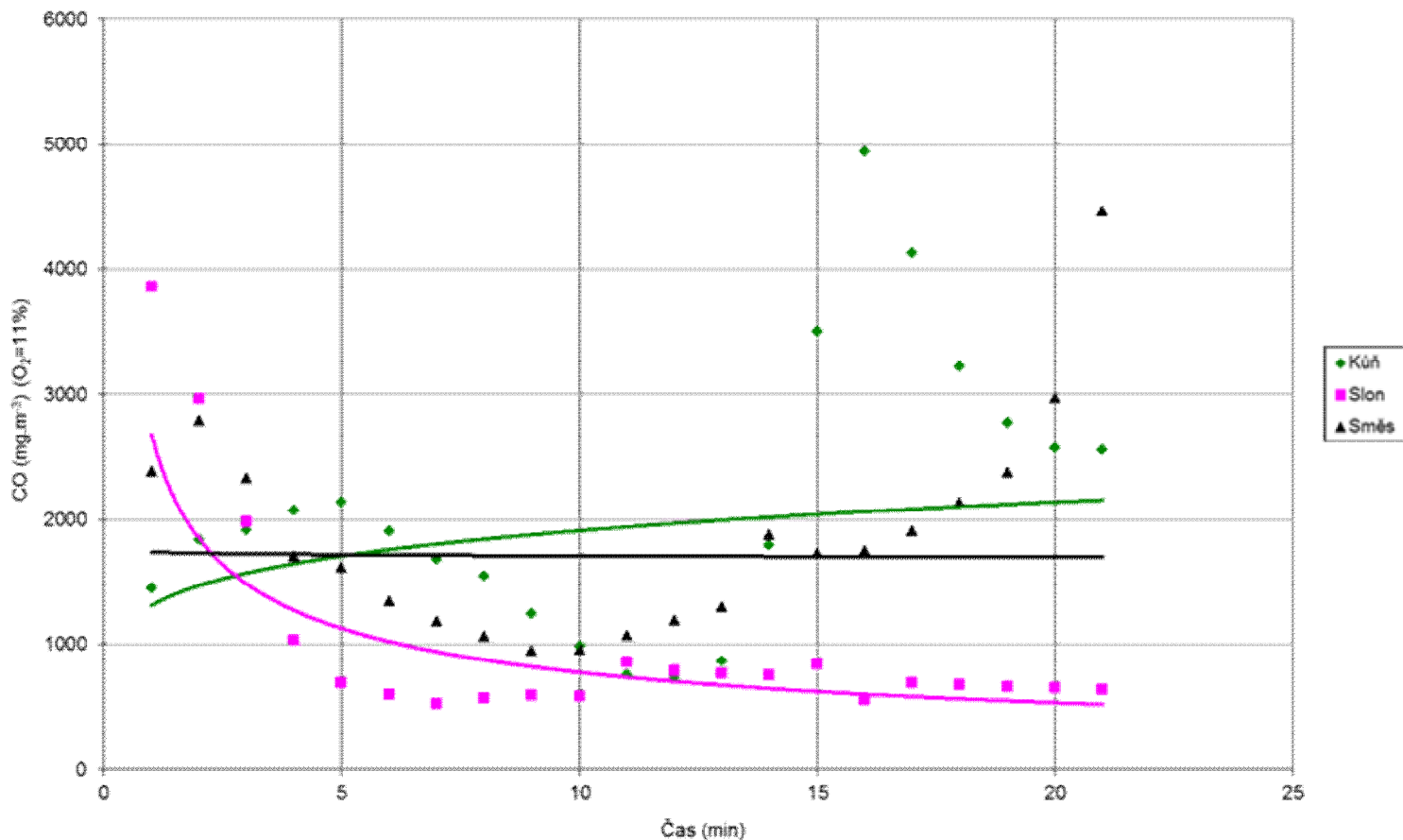
Zdroj: erný. Mala ák; 2013

**Tab. 11** Porovnání nam ených hodnot CO ve vzorcích briket s platnou legislativou.

Jmenovitý tepelný výkon [kW]	Typ vzork briket	Mezní hodnoty emisí CO [mg · m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]
5	šSLONö	1012,84
	šK ö	2123,92
	šSM Sö	1859,89



hodnot ve vzorcích briket šSLONö, šSM Sö,



Z výše uvedeného vyplývá, že všechny vzorky zoo briquet splují s emisními limity CO a z hlediska emisí je tak palivo vhodné k užívatí. Zoo brikety budou vyhovovat po stránce emisí i v roce 2014, kdy zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ruší pro zařízení o jmenovitém tepelném výkonu do 65 kW v etn. , první a druhou třídu emisních limitů.

Porovnání měřených vzorků mezi sebou je patný na obrázcích grafů v příloze 23.

## 5.4 Návrh inovace linky (seznámení s problémem, výb. nové úpravy)

Linka na výrobu briquet bude napojena na stávající centrální vytápění v Zoo Olomouc. Pro potřeby linky bude využita stávající hala, která se nachází v těsné blízkosti centrálního vytápění, kde se bude materiál sušit a tvarovat. Hnojivo se nachází nedaleko vytápění a navrhované linky, tudíž není třeba jej přemísťovat. Dovoz materiálu z hnojiva do separátoru bude prováděn pomocí elního nakladače, pro který je plánována spotřeba pohonných hmot 15 l denně ve dvousměrném provozu. Vyseparovaný materiál padá do násypky sušárny. Ze

ového dopravníku do zásobníku lisu a po tvarování jsou  
eny do stávajícího skladu –t pky, odkud jsou ufl stávající  
technologií pásového a následn –nekového dopravníku dopraveny do kotle k energetickému  
vyuffití.

Briketování bude provád no ve dvousm nném provozu (stejn jako provoz centrální  
výtopny). Linka bude afl na navození materiálu bezobsluflná, pro distribuci materiálu do  
t ídi e a pro kontrolu linky bude p íjat jeden pracovník, v p ípad krátkodobé pot eby dal-í  
pracovní síly zastanou tuto innost topí í.

### Bubnová su-árna

Bubnová su-árna je dimenzovaná na usu-ení 400 tisíc kilogram materiálu. Su-árna  
bude v provozu ve dvousm nném provozu.

V lince je osazena bubnová su-árna pilin Briklis BUS 200 (viz. p íloha 24). Technické  
parametry jsou zapsány v následující tabulce.

**Tab. 12** Technické parametry su-árny BUS 200

Celková spot eba suroviny 45 % vlhké	355 kg · h <sup>-1</sup>
Mnofství odpa ené vody	120 kg · h <sup>-1</sup>
Mnofství výstupního materiálu s 12 %	200 kg · h <sup>-1</sup>
Elektrický p íkon bez drti e	21 kW
Rozm ry	7 x 1,7 x 2,3m
Spot eba paliva	35 kg · h <sup>-1</sup>
Hmotnost bubnu	2 100 kg

*Zdroj: Briklis, firemní materiály*

Linka na su-ení materiálu se skládá z následujících komponent:

- pásový dopravník,
- bubnová su-árna,
  - buben su-árny,
  - násypka a výsypka su-árny,
  - kotel,
  - cyklon,
  - ventilátor,
  - propojovací potrubí,

d s regulací su-árny,

Bubnová su-árna pilin je vytáp ná spaliny z kotle na automatizované spalování d ev něho odpadu. Tento odpad je z vlastní produkce zoologické zahrady. Su-ící buben je ocelový sva ovaný jednoplá- ový izolovaný válec, který je z elní strany napojen na násypku su-árny a p ívod horkých spalin a ze zadní strany je uzav en výsypkou materiálu s vyná-ecími -neky. Dávkování pilin do su-árny je regulováno ídicím systémem tak, aby výstupní teplota páry ze su-árny se udržovala na konstantní hodnot . ídicí systém rovn fl reguluje p íkládání paliva do kotle. Spaliny se míchají se studeným vzduchem na teplotu 300 a 500° C a jsou do su-árny nasávány ventilátorem. Ventilátor je umíst n za su-árnou a cyklonem pro odlu ování prachu. Suché piliny jsou vyhrnovány ze su-árny -nekovým dopravníkem, který plní funkci turniketu. Dále jsou dopravovány -nekovým dopravníkem k dal-ímu zpracování. Su-árna pracuje kontinuáln .

Obsluha su-árny spo ívá v dohledu nad správným chodem jednotlivých za ízení, nastavování pořadovaných teplot regulátor vstupní a výstupní teploty, dopl ování materiálu na skládku suroviny, sledování hladiny materiálu v násypkách su-árny, kotle i briketovacího lisu. N které ínnosti mohou být automatizovány, p esto je nezbytný stálý dohled. Dal-í povinností obsluhy je drobná údržba spo ívající v í-t ní dopravních tras od zachycených p edm t , mazání p edepsaných míst vazelínou, í-t ní kotle od popela a písku ze spáleného d eva.

Bubnová su-árna vyjde na 665 tis. K , kotel na 259 tis. K . (*Briklis.cz*)

### **Bubnový separátor**

Z d vodu malého vyufflití t ídi e, bude v lince osazen jífl poufflitý bubnový t ídi Zemmler Multi screen MS 1600 (viz. p íloh 25). Cena poufflitého stroje je 550 tis K . Kapacita stroje je 5 ó 30 m<sup>3</sup> · h, v závislosti na materiálu. T ídi d lí hmotu na dv frakce. Materiály, které t ídi zvládne separovat, jsou: písek, piliny, kameny, -t rk, kompost, zemina, uhlí, stavební odpad a to v rozmezí 2 a 80 mm.

Pohon stroje je 30ti kW elektromotorem. Pln ní materiálu do násypky je pomocí elního naklada e.

í sou ástí linky. Pofladovaná výkonnost stroje je 180 kg ·

h<sup>1</sup>. Jeho výb r je popsán v následující kapitole.

## 5.5 Výb rové ízení ó briketovací lis

Do briketovací linky bylo t eba vybrat briketovací lis. Vybíráno bylo mezi t emi kandidáty, a to lisy: Oscar plus, BrikStar 200 a RUF 200. Porovnávané parametry jsou v následující tabulce.

**Tab. 13** Porovnávané parametry jednotlivých lis

Typ lisu	Výkon [kg · h <sup>-1</sup> ]	Instalovaný elektrický p íkon [kW]	Objem násypky [m <sup>3</sup> ]	Povolená vlhkost materiálu [hm %]	Hmotnost za ízení [kg]	Cena za ízení [tis. K ]	Zem p vodu
<b>Oscar Plus</b>	afl 220	15	1,05	max. 15	1 800	690	N mecko
<b>BrikStar 200-16</b>	afl 220	16	2	8 ó 15	1 450	750	R
<b>RUF 200</b>	afl 200	15	1,5	optimáln 12 max. 15	1 620	1 367	N mecko

*Zdroj: RUF brikettiersystem; Eurotooling.cz; Briklis.cz*

### Oscar Plus

Briketovací lis n mecké firmy POR Ecomec zpracovává seno, slámu, piliny a bio odpad (viz. p íloha 26). Lis s kruhovou násypkou o objemu 1,05 m<sup>3</sup> a pr m ru 1 200 mm, má hydraulickou lisovací komoru. Brikety jsou válcového tvaru o pr m ru 70 mm, délka brikety je mofná v rozmezí 80 - 300 mm. Rozm ry za ízení jsou: ší ka x hloubka x vý-ka: 1 500 x 2 500 x 1 730 mm. (*eurotooling.cz*)

### RUF 200

Briketovací lis je konstruovaný na nep etrflitý provoz a pracuje pln automaticky. Lisovat lze brikety v rozmanité -kále tvar , velikostí a tím pádem i o r zné hmotnosti od 2,5 do 4,2 kg. Stejn jako Briklis má RUF 200 hydraulickou lisovací komoru a automatickou

...j pracuje nejlépe p i optimální vlhkosti materiálu 12 %  
...e do maximální velikosti 30 x 30 mm. Na matrici lisu je  
mofné nechat vyrazit logo nebo iniciály firmy. Schéma lisu je znázorn no v p íloze 27.

## 5.6 Teoretický rozbor vybraného za ízení linky ó lis BrikStar 200-16

Briketovací lis zpracovávající odpad z truhlá ské výroby, papír, drcenou slámu a dal-í agroodpad, pracuje s maximální vlhkostí materiálu 15 %, velikostí 15 mm v jednom sm ru a se sypnou hmotností minimáln 70 kg·m<sup>-3</sup>. Briketovací lis má -nekové podávání, hydraulickou lisovací komoru a je vybaven automatickou regulací kvality briket. ídicí po íta zaji-uje bezobsluflný provoz lisu a optimální vyuffití výkonu lisu p i zm nách vlastností materiálu.

Brikety jsou válcového tvaru s pr m rem 55 mm a délkou od 50 do 80 mm. Lis má hranatou násypku o objemu 2 m<sup>3</sup>. Briketovací lis je zobrazen v p íloze 28. (*Briklis.cz*)

N které dal-í technické parametry lisu jsou v následující tabulce.

**Tab. 14** Technické parametry lisu

M rná hmotnost brikety	800 ó 1 100 kg · m <sup>3</sup>
Lisovací tlak	90 ó 110 bar (9 000 ó 11 000 kPa)
Maximální provozní tlak	160 bar (16 000 kPa)
Hlu nost za ízení	78 dB
Rozm ry d x -x v	2 260 x 2 250 x 1 360

*Zdroj: Briklis.cz*

Stroj je mofné dovybavit mnofstvím p ídavných p íslu-enství, jako nap .: tlumi vibrací, ídlo hladiny rota ní, atd.

Tento lis se jeví jako nejvhodn j-í na základ dobrých zku-eností, nebo materiál (exkrementy ze zoo) byl ozkou-en na men-ím lisu této zna ky a to s uspokojivými výsledky. Dal-ím d vodem ke koupi bylo sníflení ceny lisu o 10 % z d vo du nákupu su-árny stejně zna ky.

## 5.7 Technicko-ekonomické posouzení návrhu

Tato kapitola zji-uje, jaké mnofství briket a za jakou ástku je mofné vyrobit na navrhovaném za ízení.

pro n ve dvou sm n n m provozu, a to z d vod u u-árny. Vlastní zdroj materiálu se spot ebuje za 70 dn .

Ve zbývajících 180ti dnech bude linka briketovat piliny (sytký materiál obsahující jemné ástice d evní hmoty o vlhkosti 10 ó 48 %, který vzniká jako vedlej-í produkt p i mechanickém d lení d eva eznými pilovými nástroji) z okolních provoz , které budou áste n ur eny k prodeji. Briketování zoo exkrement bude rozlofeno do pr b hu celého roku, aby nedocházelo k jeho degradaci a aby téfl nebylo t eba velkého skladu této komodity.

Blokové schéma linky je v p íloze 29.

Kotel bubnové su-árny spaluje t pku vlastní produkce, která je v sou asné dob vyuffívána na vytáp ní areálu. Tím, fle spálením materiálu o men-í výh evnosti ( $13 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) bude vyroben materiál o vy-í výh evnosti ( $16 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), bude moflné v topném období vytáp t v t-í plochu areálu neff dosud.

Ceny jednotlivých za ízení jsou shrnuty v následující tabulce:

**Tab. 15** Cenový rozpis za ízení

Druh	Cena [tis. K ]
Bubnový separátor	550
Bubnová su-árna	665
Kotel	259
Dopravník s vlnovcem 5 m	34
Briketovací lis BrikStar 200	750 sleva* 10 % => 675
Celkem	2 183

\* Sleva byla poskytnuta na základ koup je-t dal-ích za ízení (su-árna, kotel) od jedné firmy ó Briklis.

Zdroj: Briklis ó firemní materiály, Vosting.cz

Popis jednotlivých ukazatel z tabulky 16, 18:

- Po izovací cena linky: cena strojního vybavení linky v etn slufleb souvisejících s jejím dodáním (doprava, montáfl, apod.).
- Výkonnost: produkce hotových briket v kg za hodinu
- Denní nasazení: linka bude provozována ve dvou sm n n m provozu, tedy 16 hodin denn .
- Ro ní nasazení: linka bude v provozu 250 dn v roce

konnost linky za rok = hodinová výkonnost · denní  
ních dn

- Obsluha: linku bude obsluhovat jeden pracovník, v případě potřeby je možné využít i obsluhu centrální vytápění
- Oprava a údržba: roční náklady na opravu a údržbu vztažené procentuálně k pořizovací ceně linky
- Průměrný elektrický výkon: průměrné množství elektrické energie spotřebované za jednu hodinu provozu
- Průměrná výhřevnost briquet: množství tepla uvolněného při dokonalém spálení kilogramu briquet při ochlazení spalin na 0 °C.
- Měsíční mzdové náklady: superhrubá mzda jako celková finanční částka vydaná zaměstnavatelem na jednoho pracovníka měsíčně.
- Jednotková cena elektrické energie: cena účtovaná dodavatelem průměrnému odběrateli za jednu kilowatthodinu
- Celkové mzdové náklady: částka odpovídající ročním mzdovým nákladům
- Roční náklady na energii = roční nasazení linky v hodinách · průměrná hodinová spotřeba · cena za jednu kilowatthodinu.
- Roční odpisy: částka odpovídající ročním rovnoměrným účetním odpisům ze druhé odpisové skupiny (5 let)
- Náklady na ostatní energie: částka odpovídající nákladům na pohonné hmoty sloužící k provozu elního smykového nakladače, který dopravuje materiál ze skladu BRO do násypky sušárny, dále pak náklady na osvětlení.
- Energie na tunu briquet: vložená elektrická energie navýšená o ostatní energie potřebné k výrobě jedné tuny briquet.
- Údržba a servis: částka odpovídající procentuálnímu vyjádření nákladů na údržbu a servis z pořizovací ceny linky.
- Spotřeba surovin: množství zpracované suroviny závislé na roční výkonnosti linky
- Jednotkové náklady na surovinu: náklady potřebné na získání pilin k briketování
- Celkové náklady na surovinu: náklady na piliny · roční odběr
- Fixní náklady: součet ročních odpisů, mezd, oprav a servisu
- Variabilní náklad: náklady závislé na produkci. Součet nákladů za energii a nákladů na pořízení surovin.

## A Technicko-ekonomické posouzení linky s vlastním bubnovým separátorem

Tab. 16 Technicko ó ekonomické posouzení linky

Parametr	Jednotka	Briketovací linka
Po izovací cena linky	K	2 183 000
Výkonnost	t · h <sup>-1</sup>	0,18
Po et sm n za den	-	2
Denní nasazení	h · den <sup>-1</sup>	16
Ro ní nasazení	den · rok <sup>-1</sup>	250
Ro ní výkonnost	t · rok <sup>-1</sup>	720
Obsluha	osob · sm na <sup>-1</sup>	1
Oprava a údržba	% z po izovací ceny	5
Oprava a údržba linky	K · rok <sup>-1</sup>	109 150
Pr m rný el. p íkon	kW	68,5
Pr m rná výh evnost zoo briket (Q <sub>i</sub> )	MJ · kg <sup>-1</sup>	16
M sí ní mzdové náklady	K · osob · m s <sup>-1</sup>	25 000
Jednotková cena el. energie	K · kWh <sup>-1</sup>	3,5
Ro ní mzdové náklady (N <sub>mzdy</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	600 000
Ro ní náklady na el. energii (N <sub>eng</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	959 000
Ostatní náklady na energii	K · rok <sup>-1</sup>	112 500 + 6 000
Energie na tunu briket (N <sub>eng ó t</sub> )	K · t <sup>-1</sup>	1 496,5
Ro ní odpisy linky (N <sub>odpis</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	436 600
Spot eba suroviny (piliny)	t · rok <sup>-1</sup>	1 008
Jednotkové náklady na surovinu (piliny, hoblíny)*	K · t <sup>-1</sup>	921,6
Celkové náklady na surovinu (N <sub>sur</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	928 972,8
Fixní náklady (N <sub>f</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	1 145 750
Variabilní náklady (N <sub>v</sub> )	K · t <sup>-1</sup>	2 622,2
Celkové náklady (N <sub>c</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	3 033 722,8
Výrobní náklady na tunu briket (N <sub>t</sub> )	K · t <sup>-1</sup>	6 835,7
Cena tepla z briket (P <sub>GJ</sub> )	K · GJ <sup>-1</sup>	427,2

\* cena za 1pr m (prostorový rovnáný metr) je 9 eur, kurz 1 euro je 25,6 K

Výrobní cena brikety je velmi drahá. Briketování v takovémto rozsahu se nevyplatí. Tvarování by bylo možné pouze v případě, že by materiál byl optimálně vlhký přímo pro briketování a nebylo nutné kupovat sušárnu. Co se týče briketování BRO je zde je-t velký výdaj za t ídi ku. Možným způsobem, jak vyuffít zakoupený bubnový separátor je jeho poskytnutí za úplatu dalším osobám, nebo stroj bude v lince na zpracování zoo briket pracovat pouze 70 dn v roce. Další možností je, t ídi ku nekupovat, ale pro pot eby



mout nap . od kompostárny. T íd ní této komodity by se  
síce.

## B Výpo et výrobní ceny tuny briket v p ípad pronájmu bubnového separátoru od kompostárny.

**Tab. 17** Ceny pronájmu bubnového t ídi e

Pronájem separátoru	500 K · motoh <sup>-1</sup>
Doba provozu separátoru p í innosti 25 t · h <sup>-1</sup>	25 h
Cena pronájmu stroje na tunu	31,25 K · t <sup>-1</sup>
Celková ástka za pronájem za ízení	12 500 K

**Tab. 18** Technicko-ekonomické posouzení linky p í pronájmu bubnového t ídi e

Parametr	Jednotka	Briketovací linka
Po ízovací cena linky	K	1 633 000
Výkonnost	t · h <sup>-1</sup>	0,18
Po et sm n za den	-	2
Denní nasazení	h · den <sup>-1</sup>	16
Ro ní nasazení	den · rok <sup>-1</sup>	250
Ro ní výkonnost	t · rok <sup>-1</sup>	720
Obsluha	osob · sm na <sup>-1</sup>	1
Oprava a údržba	% z po ízovací ceny	5
Oprava a údržba linky	K · rok <sup>-1</sup>	81 650
Pr m rný el. p íkon	kW	38,5
Pr m rná výh evnost zoo briket (Q <sub>i</sub> )	MJ · kg <sup>-1</sup>	16
M sí ní mzdové náklady	K · osob · m s <sup>-1</sup>	25 000
Jednotková cena el. energie	K · KWh <sup>-1</sup>	3,5
Ro ní mzdové náklady (N <sub>mzdy</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	600 000
Ro ní náklady na el. energii (N <sub>eng</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	539 000
Ostatní náklady na energie	K · rok <sup>-1</sup>	112 500 + 6 000
Energie na tunu briket (N <sub>eng ó t</sub> )	K · t <sup>-1</sup>	913,2
Ro ní odpisy linky (N <sub>odpis</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	326 600
Spot eba suroviny (piliny)	t · rok	1 008
Jednotkové náklady na surovinu (piliny, hoblíny)*	K · t <sup>-1</sup>	921,6
Celkové náklady na surovinu (N <sub>sur</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	928 972,8
Fixní náklady (N <sub>f</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	1 008 250
Variabilní náklady (N <sub>v</sub> )	K · t <sup>-1</sup>	1 866,1
Celkové náklady (N <sub>c</sub> )	K · rok <sup>-1</sup>	2 351 842
Výrobní náklady na tunu briket (N <sub>t</sub> )	K · t <sup>-1</sup>	3 266,5
Cena tepla z briket (P <sub>GJ</sub> )	K · GJ <sup>-1</sup>	204,2

\* cena za 1pr m (prostorový rovnáný metr) je 9 eur, kurz 1 euro je 25,6 K

brikety prodat. Prodejní cena briket je stanovena na 4 000

Zisk z tuny briket je pak prodejní cena briket snížená o výrobní náklady na tunu briket, tedy  $733,5 \text{ K} \cdot \text{t}^{-1}$ , což je za rok 528 120 K .

Níže jsou poplány základní ekonomické parametry ó metoda výnosnosti investice (rentabilita) a bod zvratu.

**Výnosnost (rentabilita)** je metoda ukazující výnosnost, kterou investice bude p iná-et:

$$ROI = \frac{Z}{IN} = \frac{733,5 \cdot 720}{1633000} = 0,323 \sim 32,3 \%$$

/8/

Kde: Z í zisk

IN í náklady na investici (po izovací cena linky)

Z výpo tu vyplývá, že celková investice do za ízení linky se vrátí za 36 m síc .

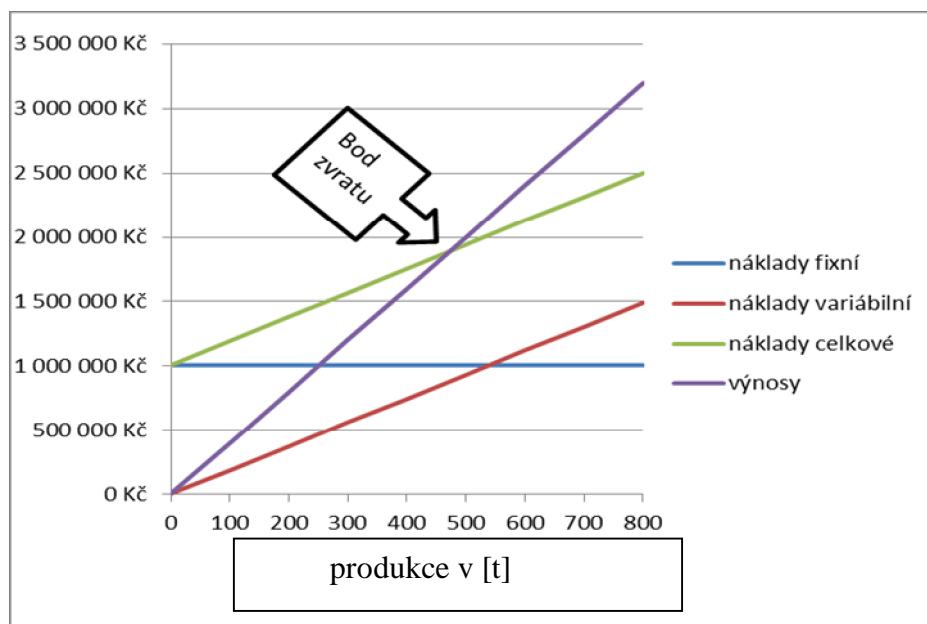
**Bod zvratu** vyjad uje vztah mezi obratem, náklady a ziskem a to formou tzv. kritického bodu, který vyjad uje okamfik, kdy obrat kryje celkové náklady podniku (viz. obr.13). /9/

$$BZ = \frac{FN}{\text{příspěvek na úhradu}} = \frac{FN}{\text{prodejní cena} - VN} = \frac{1008250}{4000 - 1866,1} = 472,49 \text{ tun}$$

Kde: FN í fixní náklady

VN í variabilní náklady

Obr. 13 Graf bodu zvratu



Odpadní biologicky rozložitelný materiál nejen ze zoo je cenná komodita jak pro své vlastnosti jako je například dobrá výševnost, malý obsah emisí CO, NO<sub>x</sub> apod. při spalování, tak pro množství flivin, které jsou v něm obsaženy. Je proto nutné vybrat správný způsob využití tohoto materiálu a to jak z pohledu ekologického, tak ekonomického.

Hlavním problémem výše uváděných vzorků (jedná se hlavně o vzorek šSM S5) je množství kamínků, které obsahují. Toto množství je proměnné v závislosti na typu ustájení zvířat a podkladu ve výběhu, peřlivosti obsluhy při sběru exkrementů, roční době apod. Aby bylo zabráněno poškození lisu, je nutno tento materiál prosít v bubnovém separátoru, kde dochází k odstranění kamínků. Z tohoto pohledu je technologie kompostování výhodnější, neboť pro samotné zrání kompostu nemají kameny žádný vliv. Na druhou stranu křídlení dochází i v kompostárnách, neboť kvalitní kompost bez dalších příměsí (v tomto případě kamenů) je lépe prodejný.

Dalším problémem, který komplikuje a prodražuje celý proces výroby tuhého paliva ve formě briket, je velká vlhkost materiálu (průměrně 50 hm%) a tím pádem nutnost jeho dosušení. V letních měsících je mofně materiál pedsušit pouze za pomoci teplého počasí, je však nutné materiál ochraovat před mofným deštěm, aby nedošlo ke zpětnému navlhnutí materiálu, tak, jako to postihlo první várku BRO, která byla promáčená letní bouřkou. Následně je však třeba potěba aktivního dosušení pomocí bubnové sušárny. V případě kompostování by bylo o tuto operaci méně a nebylo by tedy nutné koupit sušárnu, což by se do ekonomiky celého procesu velmi výrazně kladně promítlo, neboť nákup sušárny a její následný provoz je velmi nákladná záležitost. Je nutné však podotknout, že pro kompostárnu je nutné zakoupení jiných, drahých strojů, jako je například kompostu a nelze tak tedy říci, že kompostování je finančně méně náročné.

Pro tvarování biomasy je nutné dodržet stanovenou hranici vlhkosti v rozmezí 8 až 15 %, jinak dochází k rozpadání briket, při velké vlhkosti (okolo 25 až 30 %) dochází k zanesení lisu, který není z takového materiálu briketu schopen vyrobit.

Přistoupí-li se na výrobu briket z odpadní biomasy ze zoo, pak z ekonomického hlediska vyplynulo jasné rozhodnutí: bubnový separátor si pronajímat, tím pádem se brikety stanou konkurenceschopné. Výroba jedné tuny briket v tomto případě vyjde na 3 266,5 Kč. Při předpokládané prodejní ceně 4 000 Kč za tunu jsou pokryty náklady na vyrobení 472,5 tun briket. V opačném případě, při koupi separátoru se výrobní cena jedné tuny briket vyplývá na 6 835,7 Kč, což je více než prodejní cena.

materiálu je zvýšení jeho objemové hmotnosti, a to v  
objemové hmotnosti  $145,78 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  afl n kolikanásobn  
krát. Lis BriStar CS 25 dokáfle tuto hmotu stla it je-t 7,57 krát víc, druhý zkou-ený stroj,  
BriStar 30-12 pak 8,05 krát více.

Co se tý e spalování, jsou brikety z hlediska emisí výborným palivem, které navíc ho í  
jasným a stabilním plamenem. Toto palivo tak lze k vytáp ní doporu it.

### Knifní zdroje:

- ALTMANN, V., VACULÍK, P., MIMRA, M.; *Technika pro zpracování komunálního odpadu*; ZU v Praze 2010; ISBN 978-80-213-2022-2
- ASIMOV, I.; *Slova v dy: Co se za nimi skrývá*; Panorama 1978 v Praze; Edice Pyramida ó Encyklopedie
- BERVIDOVÁ, L.; VAN UROVÁ, P.; *Cvi ení z ekonomiky podniku*; eská zem d lská univerzita v Praze ó Provozn ekonomická fakulta; Praha 2009; ISBN 978-80-213-1192-3
- BRIKLIS; *Firemní materiály*
- ERNÝ, D.; MALA ÁK, J.; *Záv re ná zpráva o e-ení interního grantu TF ZU za rok 2013 ó Stanovení tepeln -emisních vlastností malých spalovacích za ízení p i spalování organických odpad* ; Praha Suchdol 2013
- HALL, D. O., OVEREND, R. P., *Biomass regenerable energy*, John Wiley & Sons ltd. Great Britain 1987, ISBN 0-47-1-90919-X
- HEJÁTKOVÁ, K. a kol.; *Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním kompostováním ó Realiza ní pom cka pro zpracování podnikové normy*; Výzkumný ústav zem d lské techniky; 2003; ISBN 80-238-9749-7
- JANÍ EK, F., DARULA, I.; a kol.: *Obnovite né zdroje energie 1, Technologíe pre udržfate nú budúcnos* , Vydavateľství LiV Elektra, Bratislava 2007, ISBN 978-80-969777-0-3
- KOU A, J.; *Bioplynové stanice s mokrým procesem*; Vydavateľství KAI; Praha 2008; ISBN 978-80-87093-33-7
- LY KA, Z.; *D evní peleta ó peleta mýt zbavená*; Vydavateľství Ling; Krnov 2011; ISBN 978-80-904914-0-3
- MALA ÁK, J., VACULÍK, P.; *Technologická za ízení staveb odpadového hospodá ství, Zpracování biologicky rozložitelných odpad* ; ZU v Praze 2008; ISBN 978-80-213-1747-5
- MARTINGER, K., BERANOVSKÝ, J.; *Energie z biomasy*; Vydavateľství Era; Brno 2008; ISBN 978-80-7366-115-1
- PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVI , P.; *Biomasa ó obnovitelný zdroj energie*; FCC Public 2004; ISBN 80-86534-06-5

- P IKRYL, M., DOLEFIAL, O., HÁJEK, J. a kol.; *Technologická zařízení staveb flivo i-né výroby*; Vydavatelství Tempo P es II; Praha 1997; ISBN 80-86454-43-6
- RUF; *Firemní materiály*
- *Studie proveditelnosti výstavby energocentra v Zoologické zahrad Hl. m. Prahy pro energetické využívání odpad*
- *Tchnická p íru ka k Briklisu BrikStar*; firemní materiály
- ZEMÁNEK, P.; *Speciální mechanizace: mechaniza ní prost edky pro kompostování*; Mendelova zem d lská a lesnická univerzita v Brn 2001; ISBN 80-7157-561-5

#### Internetové zdroje:

- AKAHL; [online]; [cit. 28.4. 2013]; dostupné z:[http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse\\_pelletierung/pelletpressen/](http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse_pelletierung/pelletpressen/)
- Analyzátor vlhkosti MB23/MB25; *Návod k obsluze* [online]; [cit. 25.8. 2012]; dostupné z: [www.vahy-mb.cz/sys/file.php?id=1068](http://www.vahy-mb.cz/sys/file.php?id=1068)
- ANDRLE, M.; *Super objev: Uhlí z rostlin za jediné odpoledne!*; časopis 21. Století [online]; [cit. 15.12. 2012], dostupné z: <http://21stoleti.cz/blog/2010/06/19/super-objev-uhli-z-rostlin-za-jedine-odpoledne/>
- BIOUHLÍ; *Energie budoucnosti ó popis technologie HTC* [online]; [cit. 15.12. 2012]; dostupné z: <http://www.biouhli.com/technologie/htc-process/popis-technologie/>
- BIOPROFIT; *Anaerobní technologie* [online]; Poslední aktualizace 1.2. 2010 [cit. 15.2. 2013]; dostupné z: [http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)
- BIOPROFIT; *Zpracování bioodpadu metodou suché anaerobní fermentace* [online]; Poslední aktualizace 27.11. 2012 [cit. 15.2. 2013]; dostupné z: [http://www.chp-goes-green.info/sites/default/files/6-Dvoracek\\_Zpracov%C3%A1n%C3%AD-bioodpadu-metodou-such%C3%A9-anaerobn%C3%AD-fermentace.pdf](http://www.chp-goes-green.info/sites/default/files/6-Dvoracek_Zpracov%C3%A1n%C3%AD-bioodpadu-metodou-such%C3%A9-anaerobn%C3%AD-fermentace.pdf)

[online]; [cit. 21.4. 2012]; dostupné

[cilisy.cz/detail.php?id=50](http://cilisy.cz/detail.php?id=50)

- BRIKETY; [online]; [cit. 16.2. 2013]; dostupné z: [brikety.org/vyroba-briket/](http://brikety.org/vyroba-briket/) [ ]
- BRIKLIS; [www.briklis.cz/vse-o-briketovani/spalitelny-odpad/](http://www.briklis.cz/vse-o-briketovani/spalitelny-odpad/)
- DOBRESTROJE; [online]; [cit. 21.2. 2013]; dostupné z: <http://www.dobrestroje.cz/dobrestroje/eshop/21-1-BRIKETOVACI-LISY/0/5/817-BRIKETOVACI-LIS-BRIK-STAR-CS-25-AUTOMAT-DOPRAVA-ZDARMA>
- SÚ; *Produkce, vyufití a odstran ní odpad v roce 2011 ó 2003* [online]; [cit. 4.3.2013]; dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/katalog.nsf/hledat?SearchView&count=20&searchmax=10000&searchorder=1&searchfuzzy=1&query=%28%28Produkce,%20vyu%20%BEit%C3%AD%20a%20odstran%C4%9Bn%C3%AD%20odpad%C5%AF%20v%20roce%202010%29%29&database=all&kraje=all&skupiny=all&start=1>
- EUROTOLING; [online]; [cit. 23.3. 2013]; dostupné z: [eurotooling.cz](http://eurotooling.cz)
- FORMATOVACI-PILA; [online]; [cit. 24.3. 2013]; dostupné z: <http://formatovaci-pila.cz/drevoobrabeci-stroje/briketovaci-lisy/briketovaci-lisbrikstar-25-az-400.html>
- HUCUL; [online]; [cit. 24.2. 2013]; dostupné z: <http://www.hucul-olsovka.cz/hucul.php>
- KÁRA, J., PASTOREK, Z., JELÍNEK, A.; *Kompostování zbytkové biomasy* [online]; Publikováno 2002 [cit. 4.10. 2012]; dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>
- KOMPOSTUJ.CZ; *Slovní ek pojm* [online]; [cit. 17.3. 2013]; dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/vime-jak/literatura-tematicke-clanky-slovnicek-pojmu/slovnicek-pojmu/>
- KOTT, J.; *Výroba pelet z biomasy ó technické a ekonomické aspekty* [online]; Poslední aktualizace 20. 2. 2013; dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-pelet-z-biomasy-technicke-a-ekonomicke-aspekty>
- KUBÁSEK, M.; *Co je to bioplynová stanice?* [online]; Poslední aktualizace 2012 [cit. 16.10. 2012]; dostupné z: [http://www.enviweb.cz/page/co\\_je\\_to\\_bioplynka](http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka); ISSN 1803-6686

zemědělské a lesnické univerzity v Brně 2009 [cit. 4.10. 2012]; dostupné

z: <http://studijni-materialy.pavelmach.cz/download/04.pdf>

- MASCUS; [online]; [cit. 27.3. 2013]; dostupné z: <http://www.mascus.cz/stavebni-stroje/tridice/zemmler-ms-1600/9y535u65.html>;
- MATUŠEČEK, M.; *fiS Brno; M sí ník akciové společnosti fiS Brno* [online]; červen/ červenec 2005 [cit. 10.7. 2012]; ročník XI; str. 9 a 10, dostupné z: [http://www.ohlzs.cz/fileadmin/user\\_upload/informace/firemni\\_noviny/2005\\_cerven\\_cervenec.pdf](http://www.ohlzs.cz/fileadmin/user_upload/informace/firemni_noviny/2005_cerven_cervenec.pdf)
- PLÍVA, P.; *Kompostování na volné ploše v pásových hromadách* [online]; V ÚZT Praha 2008; [cit. 6.4.2013]; dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/10\\_Pliva.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/10_Pliva.pdf)
- PLÍVA, P., KOLLÁROVÁ, M.; *Technika pro kompostování zemědělských odpadů* [online]; VÚZT Praha [cit. 2.10. 2012]; dostupné z: <http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/clanky/zivotniprostredi/0511kompost.pdf?menuid=153>
- SVĚTIL, ZVÍŘAT [online]; [cit. 24.2. 2012]; dostupné z: <http://odagamy.blog.cz/1009/zirafa>
- VÁCHA, J.; *Ekologické aspekty výroby kompostů* [online]; [cit. 11.2. 2012]; dostupné z: <http://stary.biom.cz/mag/20.html>
- VÁCHA, J.; *Skripta z předmětu ekologie a ekotechnika o zemědělských odpadech 1993* [online]; [cit. 3.4.2013]; dostupné z: <http://stary.biom.cz/clen/jv/pr4.html>; poslední aktualizace 18. 5 2005
- VENDOLSKÝ, Z.; *Typový projekt komunitní kompostárny* [online]; Poslední aktualizace 2008 [cit. 4.10. 2012]; dostupné z: <http://www.kr-zlinsky.cz/typovy-projekt-komunitni-kompostarny-cl-683.html>
- VOSTING; *Prodej použitých strojů* [online]; [cit. 28.3. 2013]; dostupné z: <http://www.vosting.cz/prodej-pouzitych-stroju>
- ZOO LIBEREC; [online]; [cit. 24.2. 2013]; dostupné z: <http://www.zooliberec.cz/cz/katalog/savci/slon-indicky/111>



line]; [cit. 25.8. 2012]; dostupné z: <http://zoo-34/historie-50-leta>

- ZOO PRAHA; [online]; [cit. 24.2. 2013]; dostupné z: <http://www.zoopraha.cz/cs>
- ZOOTECHNOKA; *Welfare obecn* ; [online]; Poslední aktualizace 16.2.2009 [cit. 4.3. 2013]; dostupné z: <http://www.zootechnika.cz/clanky/zaklady-chovatelstvi/obecna-zootechnika/welfare/welfare-obecne-.html>

### **Zákony a vyhláky:**

- Vyhláka . 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva
- Smrnice Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů
- Zákon . 185/2001 Sb. o odpadech
- Zákon . 201/2013 Sb. o ochraně ovzduší

## Seznam obrázk

<b>Obr. 1</b>	Fáze kompostovacího procesu .....	7
<b>Obr. 2</b>	Průřez pásovou hromadou trojúhelníkového a lichoběžníkového tvaru .....	9
<b>Obr. 3</b>	Schéma postupu technologie HTC.....	16
<b>Obr. 4</b>	Skladovací plochy a pohled na Centrální výtopnu .....	20
<b>Obr. 5</b>	Spalovací zařízení .....	21
<b>Obr. 6</b>	Tvarová rozmanitost briquet.....	28
<b>Obr. 7</b>	Graf sušení první várky vzorků ze Zoo Praha .....	32
<b>Obr. 8</b>	Graf sušení druhé várky vzorků ze Zoo Praha.....	33
<b>Obr. 9</b>	Měření vlhkosti vzorku šZOO SM Šõ.....	33
<b>Obr. 10</b>	Kamna na tuhá paliva společnosti J. V. Rousek (typ Carol) .....	37
<b>Obr. 11</b>	Analyzátor vlhkosti Madur GA-60 a napojení analyzátoru do komína .....	38
<b>Obr. 12</b>	Graf naměřených hodnot ve vzorcích briquet šSLONõ, šSM Šõ, šKõ.....	40
<b>Obr. 13</b>	Graf bodu zvratu .....	49

<b>Tab. 1</b>	Množství odpadů ze zemědělství, lesnictví a rybářství v letech 2003 - 2011 ....	3
<b>Tab. 2</b>	Parametry trojúhelníkového profilu pásových hromad .....	10
<b>Tab. 3</b>	Hlavní parametry zařízení .....	19
<b>Tab. 4</b>	Technické parametry kotle .....	21
<b>Tab. 5</b>	Množství jednotlivých materiálů v Zoo Praha.....	24
<b>Tab. 6</b>	Množství jednotlivých materiálů v zoo Olomouc.....	25
<b>Tab. 7</b>	Technické parametry briketovacích strojů .....	35
<b>Tab. 8</b>	Technické a provozní podmínky stroje BrikStar CS 25 a BrikStar 30-12 .....	35
<b>Tab. 9</b>	Technické parametry kamen J. V. Rousek .....	37
<b>Tab. 10</b>	Emisní limity malých zdrojů dle platné legislativy.....	39
<b>Tab. 11</b>	Porovnání naměřených hodnot CO ve vzorcích briket s platnou legislativou..	39
<b>Tab. 12</b>	Technické parametry sušárny BUS 200 .....	41
<b>Tab. 13</b>	Porovnávané parametry jednotlivých lis .....	43
<b>Tab. 14</b>	Technické parametry lisu.....	44
<b>Tab. 15</b>	Cenový rozpis zařízení .....	45
<b>Tab. 16</b>	Technicko-ekonomické posouzení linky .....	47
<b>Tab. 17</b>	Ceny pronájmu bubnového tlučiče .....	48
<b>Tab. 18</b>	Technicko-ekonomické posouzení linky při pronájmu bubnového tlučiče .....	48

## Seznam p íloh

- P íloha 1 Zp soby zpracování BRO ve vlhkostním spektru
- P íloha 2 Schéma kombinované kompostovací linky
- P íloha 3 Pracovní ústrojí –t pkova
- P íloha 4 Rozd lení p ekopáva dle pracovního ústrojí
- P íloha 5 Schéma anaerobní fermentace
- P íloha 6 Schéma mokré fermentace
- P íloha 7 Princip suché fermentace ó diskontinuální metoda
- P íloha 8 Finan ní rozpis stavby centrální výtopny v Zoo Olomouc
- P íloha 9 Blokové schéma centrální výtopny
- P íloha 10 Hydraulický briketovací lis
- P íloha 11 Matricový protla ovací granula ní lis
- P íloha 12 Pohled na hnoji-t v Zoo Praha
- P íloha 13 Odb r vzork
- P íloha 14 Sm s materiálu na hnoji-ti v Zoo Praha
- P íloha 15 Su-ení vzork za obdobných podmínek jako v zoo
- P íloha 16 Su-ení vzork v demonstra ní hale KTZS TF
- P íloha 17 M ení vlhkosti vzork
- P íloha 18 Briketování vzork na lise BrikStar CS 25
- P íloha 19 Brikety z lisu BrikStarCS 25
- P íloha 20 Brikety z lisu BrikStar 30-12
- P íloha 21 Objemová hmotnost vzorku šSLONö
- P íloha 22 Nam ené hodnoty p i spalování jednotlivých vzork briket
- P íloha 23 Grafy koncentrací emisí v jednotlivých vzorcích
- P íloha 24 Bubnová su-árna BUS 200



*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

eparátor Zemmler Multi MS 1600

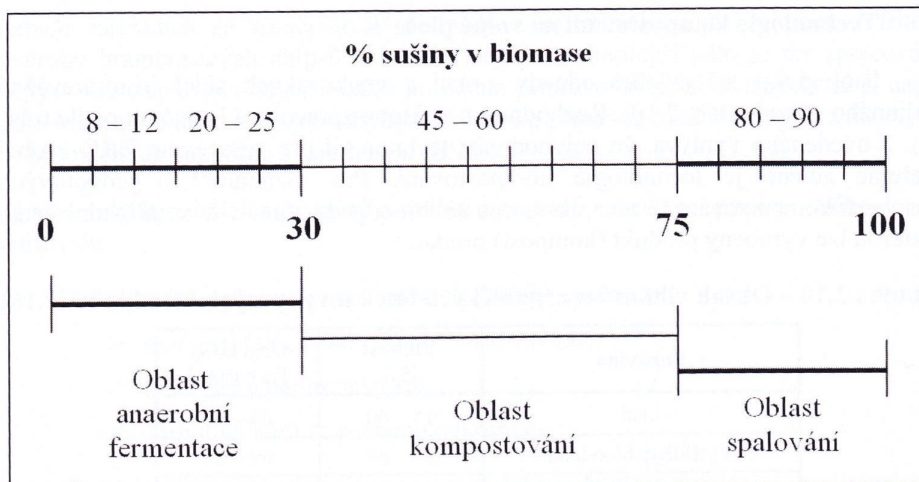
Příloha 29 Briketovací lis BrikStar Plus

Příloha 27 Schéma lisu RUF

Příloha 28 Lis BrikStar 200-16

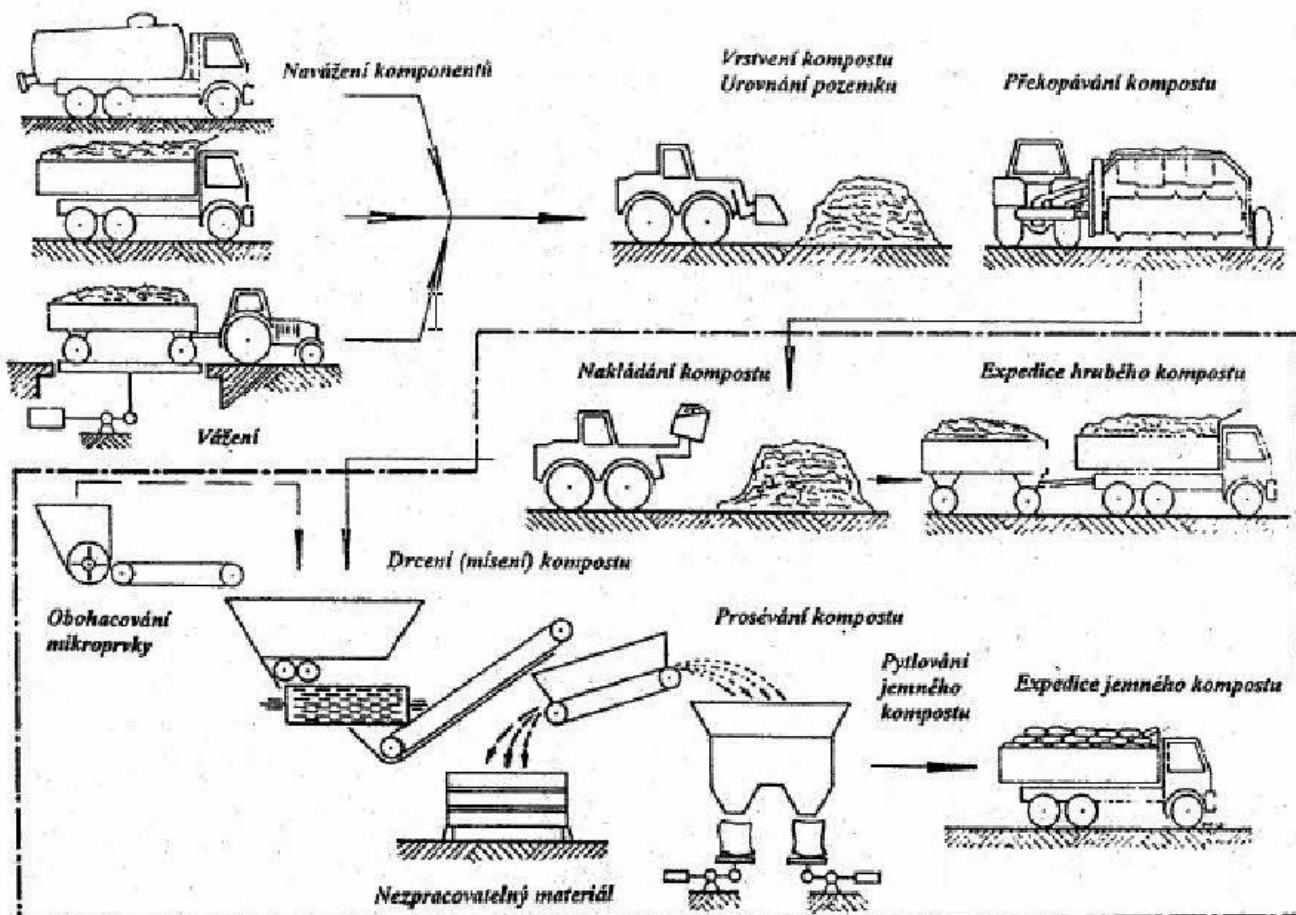
Příloha 29 Blokové schéma linky na tvarování biomasy

## Pracování BRO ve vlhkostním spektru



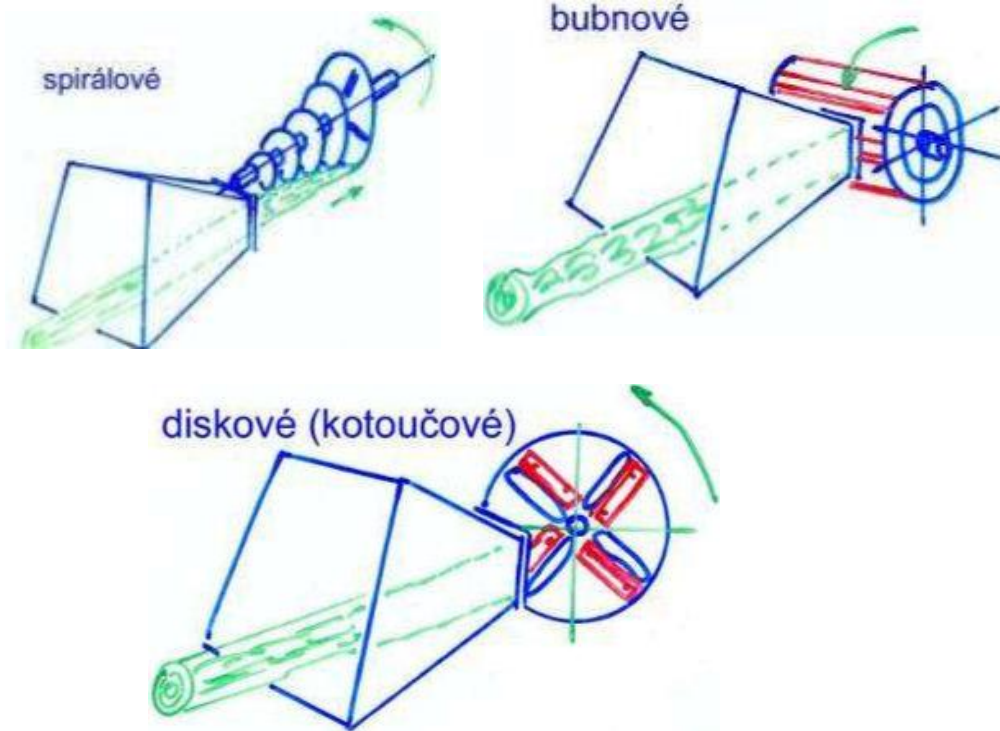
Zdroj: Altmann., Vaculík, Mimra; 2010; str. 46

## Příloha 2 Schéma kombinované kompostovací linky



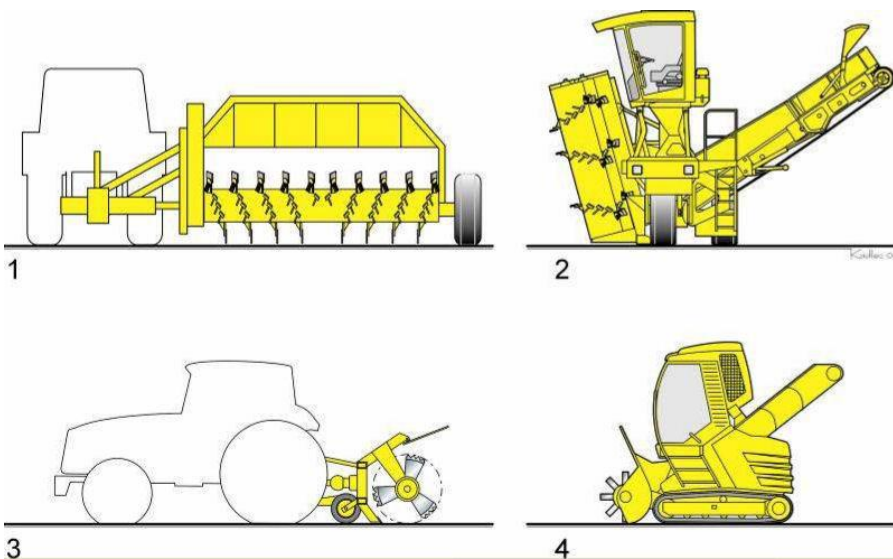
Zdroj: PASTOREK Z., KÁRA J., JEVI P.; Biomasa ó obnovitelný zdroj energie; FCC Public 2004; ISBN 80-86534-06-5

## strojí – tkova



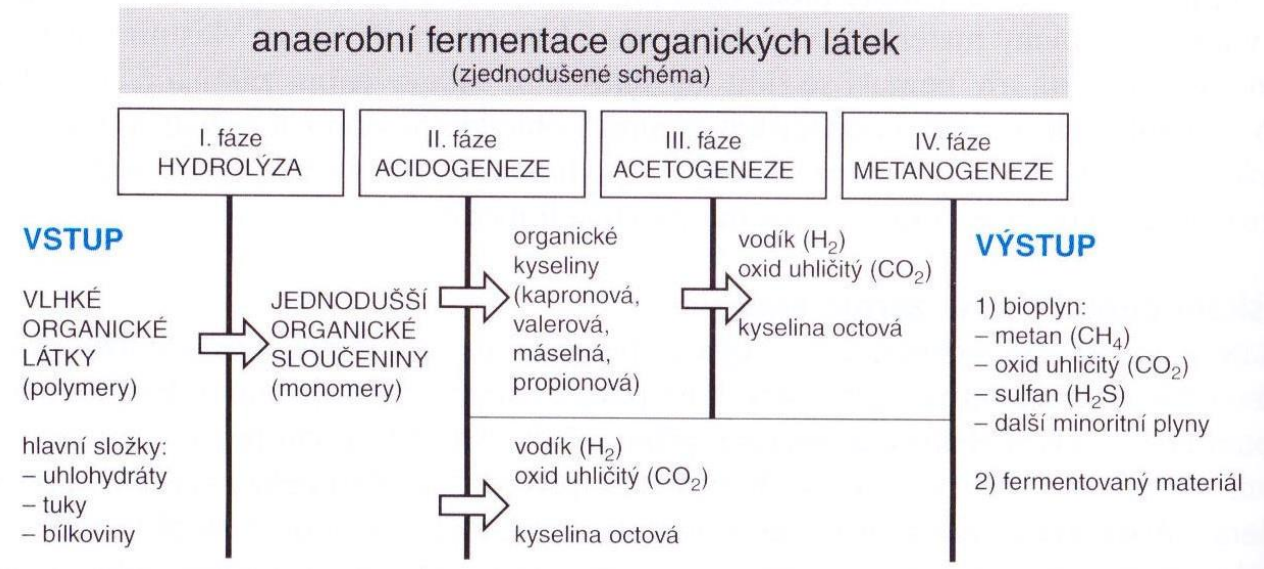
Zdroj: PLÍVA, P.; Kompostování na volné ploše v pásových hromadách [online]. V ZT Praha 2008; [cit. 6.4. 2013]. dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/10\\_Pliva.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/10_Pliva.pdf)

## Příloha 4 Rozdělení p ekopáva dle pracovního ústrojí



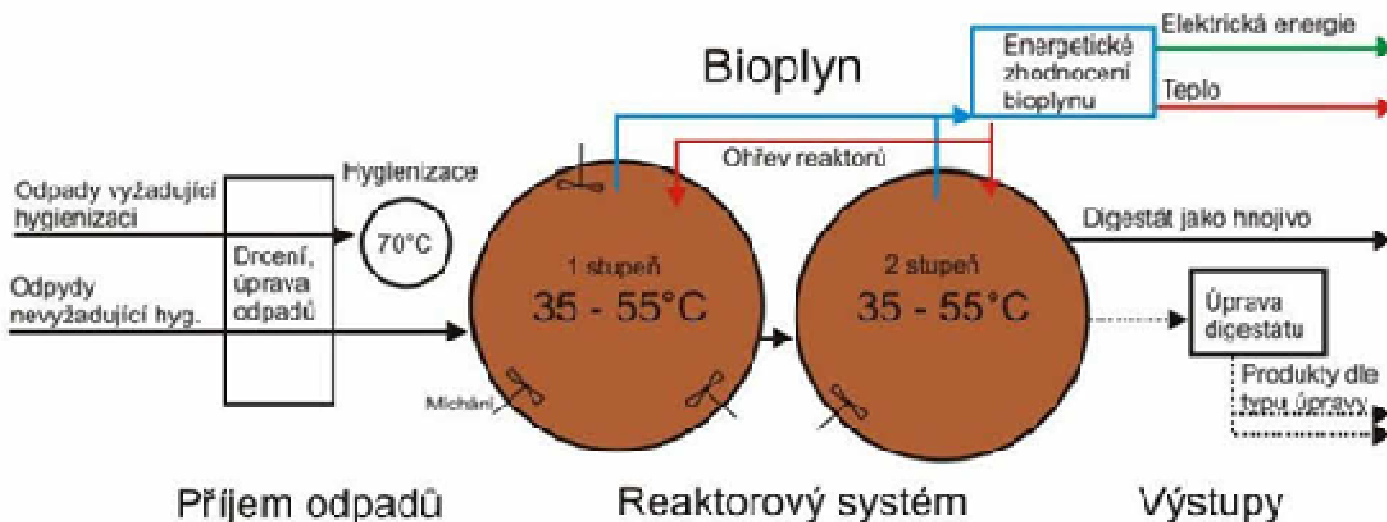
Zdroj: PLÍVA, P.; Kompostování na volné ploše v pásových hromadách [online]. V ZT Praha 2008; [cit. 6.4. 2013]. dostupné z: [http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/10\\_Pliva.pdf](http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/10_Pliva.pdf)

## P íloha 5 Schéma anaerobní fermentace



Zdroj: PASTOREK Z., KÁRA J., JEVI P.; *Biomasa ó obnovitelný zdroj energie*; FCC Public 2004; ISBN 80-86534-06-5; str.138

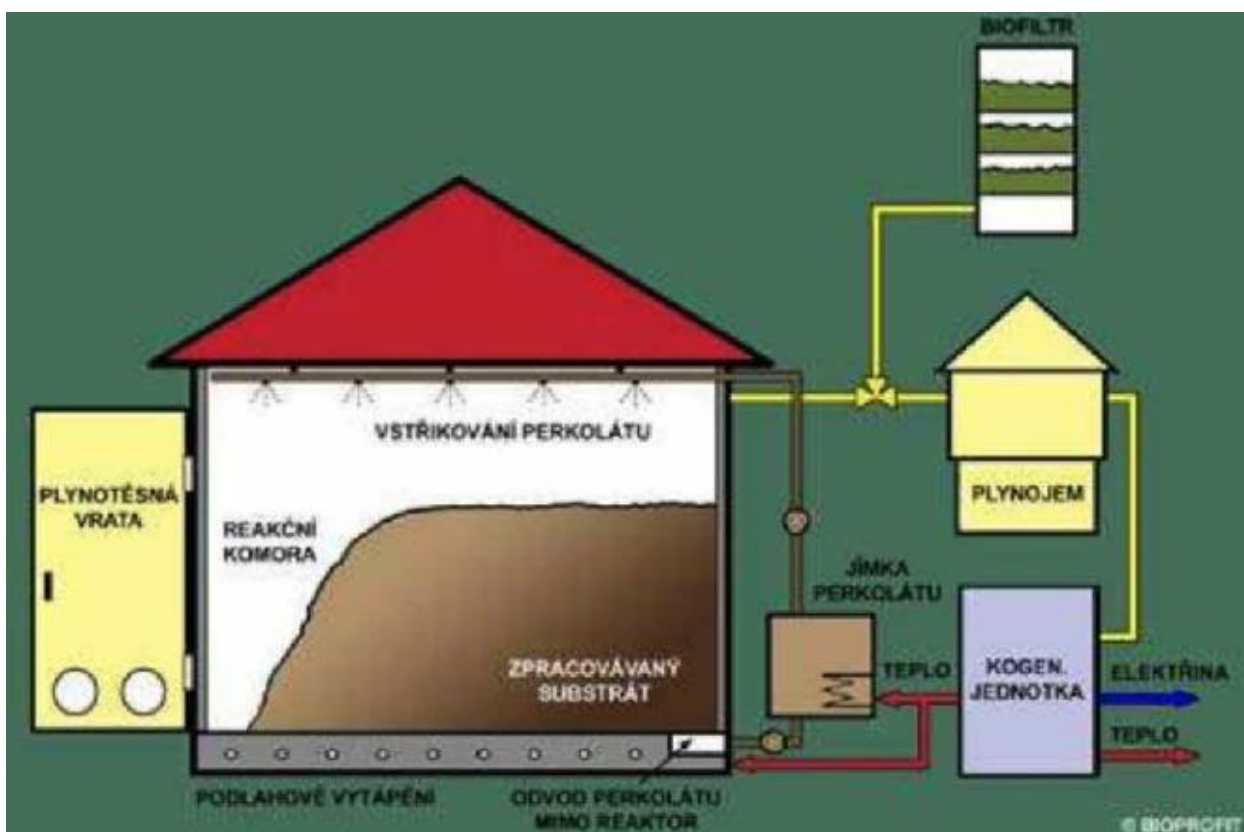
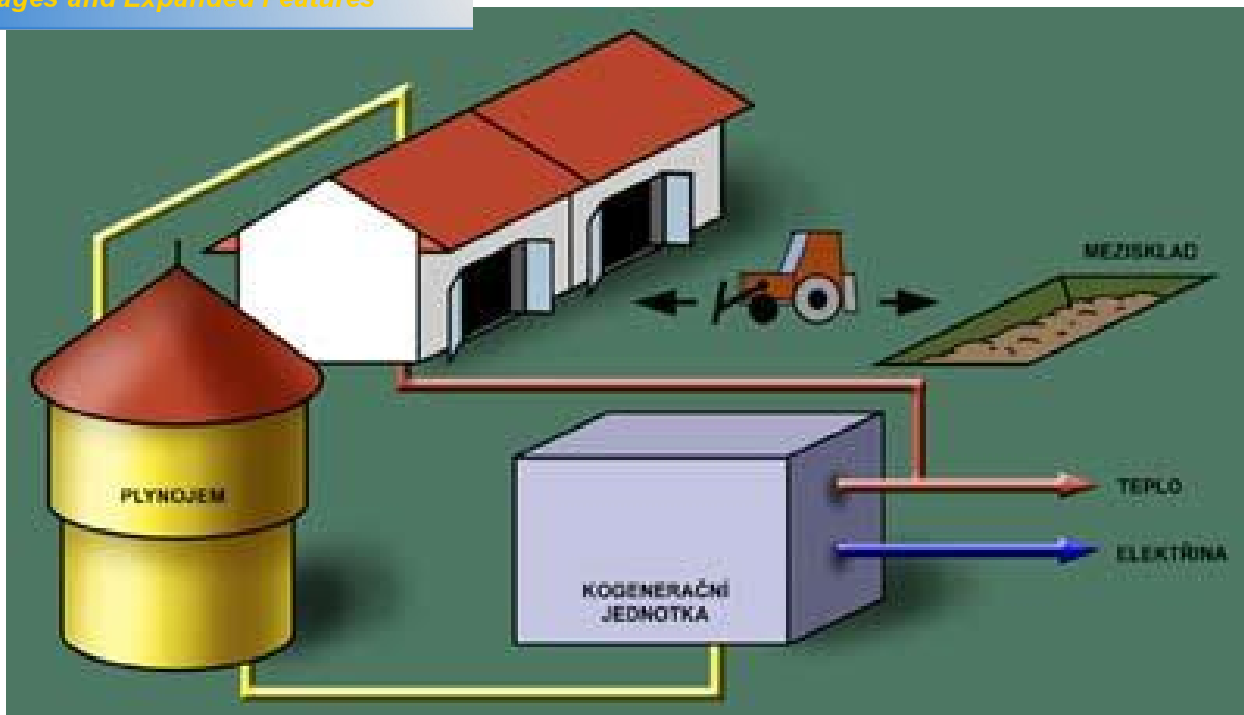
## P íloha 6 Schéma mokré fermentace



Zdroj: [http://www.chp-goes-green.info/sites/default/files/6-Dvoracek\\_Zpracov%C3%A1n%C3%AD-bioodpadu-metodou-such%C3%A9-anaerobn%C3%AD-fermentace.pdf](http://www.chp-goes-green.info/sites/default/files/6-Dvoracek_Zpracov%C3%A1n%C3%AD-bioodpadu-metodou-such%C3%A9-anaerobn%C3%AD-fermentace.pdf) (cit. 15.2. 2013)



## hé fermentace ó diskontinuální metoda



Zdroj: [http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm)

## rozpis stavby centrální výtopny v Zoo

OLOMOUC

### CENTRÁLNÍ VÝTOPNA NA BIOMASU V ZOO OLOMOUC

ZAHÁJENÍ PRACÍ NA STAVBĚ VÝTOPNY: 1.3. 2004  
ZAHÁJENÍ ZKUŠEBNÍHO PROVOZU: 14.3. 2005

**FINANČNÍ ZAJIŠTĚNÍ STAVBY:**  
**PODPORA STÁTNÍHO FONDU ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR:**

- investiční dotace	4 824 440,- Kč
- půjčka s úrokem 0,0%	4 824 440,- Kč
- podpora SFŽP celkem	9 648 880,- Kč
<b>PODPORA OD MĚSTA LUZERN</b>	<b>2 211 615,- Kč</b>
<b>PODPORA OD MĚSTA OLOMOUC</b>	<b>4 740 000,- Kč</b>
<b>FINANCOVÁNÍ Z PROSTŘEDKŮ ZOO</b>	<b>562 503,- Kč</b>

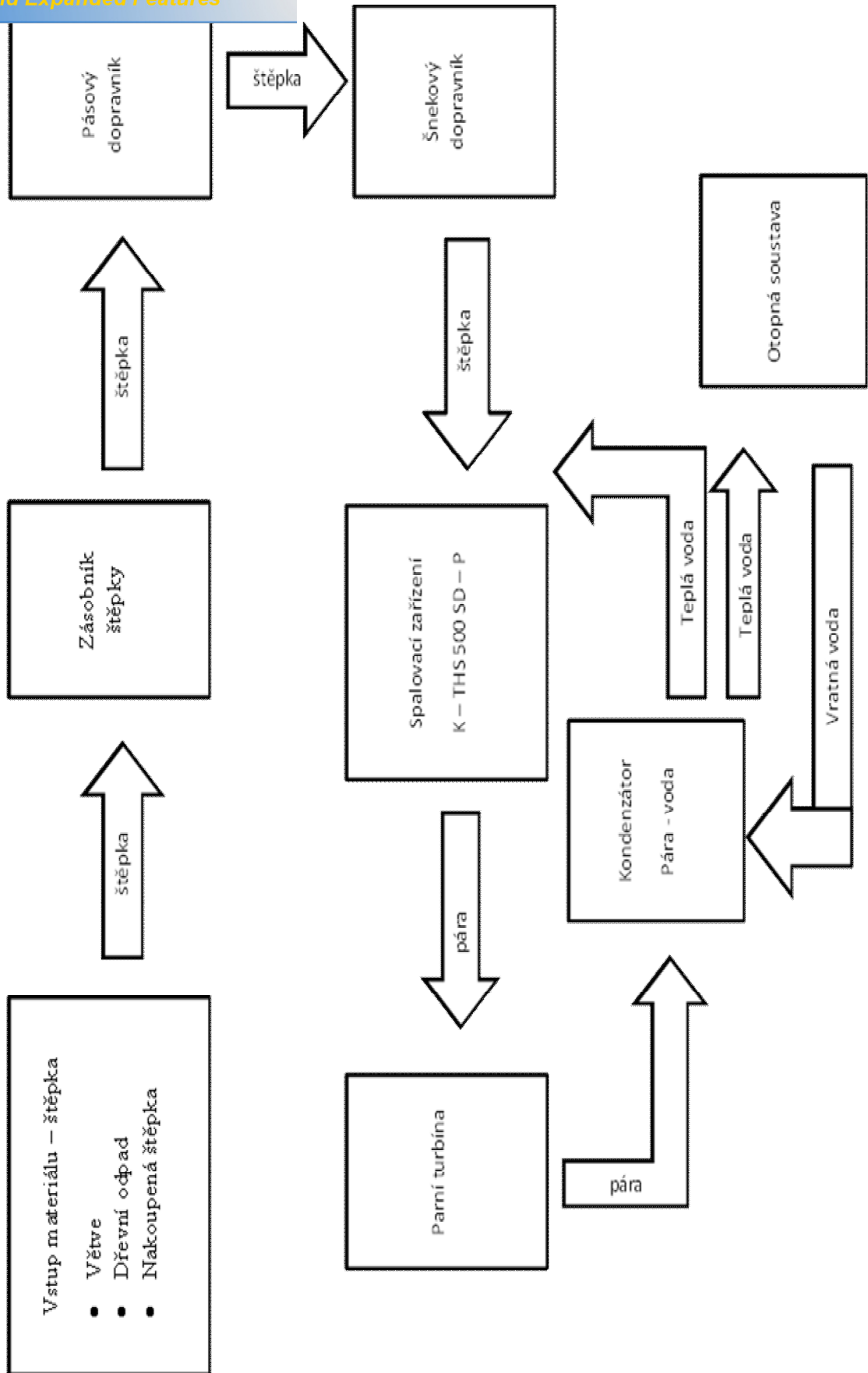
**CELKOVÁ CENA S DPH 17 162 998,- Kč**



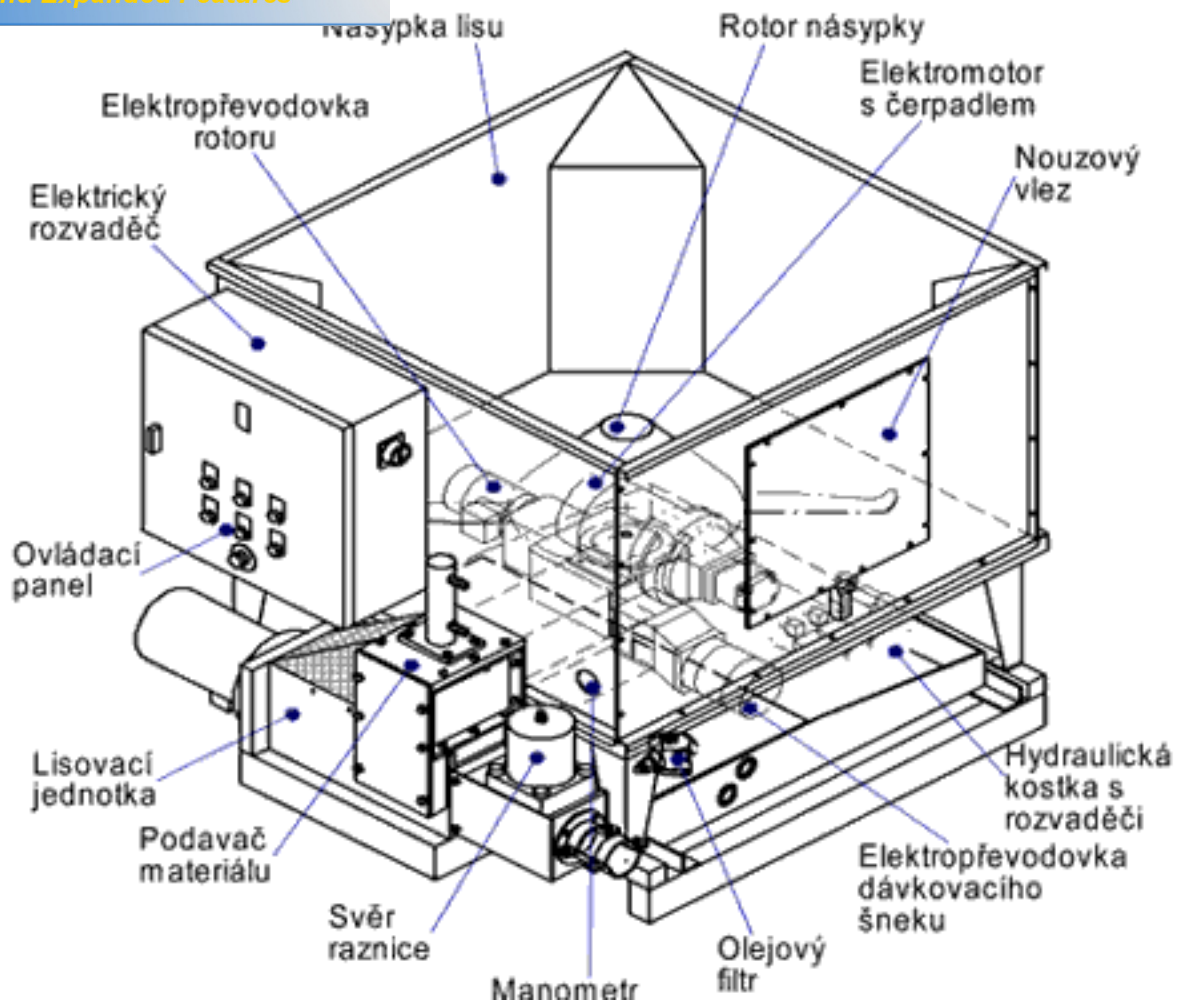
  **ŽS BRNO**  **OHL**   **Luzern**  **Stadt Luzern**

Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; erven 2012 (archiv autorky)

## Schéma centrální výtopny



## Hydraulický briketovací lis



Zdroj: <http://formatovaci-pila.cz/drevoobrabeci-stroje/briketovaci-lisy/briketovaci-lisbrikstar-25-az-400.html>

## protlačovací lis



Zdroj: [http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse\\_pelletierung/pelletpressen/](http://www.akahl.de/akahl/de/produkte/biomasse_pelletierung/pelletpressen/)

## Příloha 12 Pohled na hnojiště v Zoo Praha



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; říjen 2012 (archiv autorky)



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; íjen 2012 (archiv autorky)

**P íloha 14 Sm s materiálu na hnoji-ti v Zoo Praha (vlevo ó sm sná komodita, vpravo ó sloní trus)**



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; íjen 2012 (archiv autorky)

...k za obdobných podmínek jako v zoo



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; ervenec, srpen 2012 (archiv autorky)

## Příloha 16 Sušení vzorků v demonstrační hale KTZS TF



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; září 2012 (archiv autorky)

## kosti vzork

První měření 6.8.2012

Označení vzorku	Vzorek č.	Hmotnost před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	0,515	8,74	0,465	4:22	10,00
	2	1,145	10,48	1,085	6:53	
	3	3,430	10,77	3,175	9:40	
ZOO SMĚS	1	14,925	15,70	12,580	28:52:00	17,97
	2	10,590	19,35	8,540	39:37:00	
	3	12,490	18,85	10,265	35:07:00	
K Ň: ČERSTVÝ TRUS	1	9,355	76,15	2,235	72:23:00	76,07
	2	10,430	75,55	2,660	70:42:00	
	3	15,440	76,50	3,625	100:05:00	
K ŮŇ	1	11,215	63,25	4,120	70:58:00	59,37
	2	11,460	59,20	4,685	71:23:00	
	3	10,650	55,65	4,725	66:33:00	

Druhé měření 5.9.2012

Označení vzorku	Vzorek č.	Hmotnost před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	7,455	41,54	4,450	40:48:00	43,37
	2	7,900	45,09	4,500	44:36:00	
	3	8,080	43,47	4,459	39:00:00	
ZOO SMĚS	1	11,520	38,60	7,110	55:48:00	37,52
	2	12,740	37,75	8,000	63:54:00	
	3	15,010	36,20	9,755	60:42:00	
K Ň	1	10,850	52,75	5,320	88:34:00	53,30
	2	12,060	53,55	5,595	98:40:00	
	3	11,280	53,60	5,240	79:29:00	



Označení vzorku	Vzorek č.	Hmotnost před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	5,435	13,71	4,720	19:32:00	12,37
	2	6,085	12,20	5,260	21:13:00	
	3	5,415	11,20	4,795	13:19:00	
ZOO SMĚS	1	11,905	11,45	10,540	24:19:00	11,45
	2	10,460	12,70	9,115	23:42:00	
	3	11,925	10,20	10,695	25:13:00	
K Ů Ň	1	10,520	10,00	9,470	38:42:00	9,87
	2	11,260	10,20	10,105	30:24:00	
	3	9,190	9,40	8,245	23:30:00	

Tabulky, z nichž vychází graf na obr.7.

SLON			
datum měření	6.8.2012	5.9.2012	26.9.2012
průměrná vlhkost vzorku (%)	10,00	43,37	12,37

ZOO SMĚS			
datum měření	6.8.2012	5.9.2012	26.9.2012
průměrná vlhkost vzorku (%)	17,97	37,52	11,45

K Ů Ň				
datum měření	23.7.2012	6.8.2012	5.9.2012	26.9.2012
průměrná vlhkost vzorku (%)	76,07	59,37	53,30	9,87

## 2. Druhá várka vzork

První měření 16.10.2012

Označení vzorku	Vzorek č.	Hmotnost před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	18,960	68,10	6,325	-	64,95
	2	15,750	64,50	5,585	120:00:00	
	3	16,120	62,25	6,095	120:00:00	
ZOO SMĚS	1	20,925	47,25	11,035	110:00:00	48,13
	2	13,165	46,70	7,150	53:35:00	
	3	17,055	50,45	8,470	60:42:00	
K Ů Ň	1	13,760	53,50	6,410	84:15:00	54,75
	2	15,125	53,25	7,055	78:13:00	
	3	16,060	57,50	6,825	115:00:00	

vzorku	č.	před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	11,1	41,85	6,895	63:13:00	41,85
ZOO SMĚS	1	18,23	8,25	16,945	40:38:00	8,25
KŮŇ	1	11,03	29,15	7,953	-	29,15

Třetí měření 6.12.2012

Označení vzorku	Vzorek č.	Hmotnost před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	11,515	40,4	6,79	-	40,4
ZOO SMĚS	1	5,645	9,61	5,175	14:03:00	9,61
KŮŇ	1	4,545	14,21	3,96	15:20	14,21

čtvrté měření 17.1.2013

Označení vzorku	Vzorek č.	Hmotnost před sušením [g]	Vlhkost [%]	Hmotnost po sušení [g]	Čas [min]	Průměrná vlhkost vzorku [%]
SLON	1	3,865	9,72	3,495		6,24
	2	5,005	5,6	4,72		
	3	3,995	7,17	3,69		

Tabulky, z nichž vychází graf na obr. 8.

SLON				
datum měření	16.10.2012	28.11.2012	6.12.2012	17.1.2013
průměrná vlhkost vzorku (%)	64,95	41,85	40,40	6,24

ZOO SMĚS			
datum měření	16.10.2012	28.11.2012	6.12.2012
průměrná vlhkost vzorku (%)	48,13	8,25	9,61

KŮŇ			
datum měření	16.10.2012	28.11.2012	6.12.2012
průměrná vlhkost vzorku (%)	54,75	29,15	14,21

## Í vzork na lise BrikStar CS 25

1000 nasypka se vzorkem šSLONõ, vpravo –nek se vzorkem šK õ



Zdroj: brikkis.cz; TLAMSOVÁ, Zuzana; íjen 2012 (archiv autorky)

## P íloha 19 Brikety z lisu BrikStarCS 25

Vzorek šSLONö



Vzorek šSM Sö





*Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; íjen 2012 (archiv autorky)*

## **P íloha 20    Brikety z lisu BrikStar 30-12**

Vzorek šSLONö





Vzorek šK 6



Zdroj: TLAMSOVÁ, Zuzana; *ijen* 2012 (archiv autorky)

## Hmotnosť vzorku šSLONõ

Pr m rná hmotnosť vzorku šSLONõ typkého materiálu na objem 0,5 l

íslo vzorku šSLONõ	Hmotnosť [g] na objem 0,5 l
1	91,30
2	103,38
3	96,05
4	76,49
5	59,44
6	56,17
7	91,19
8	69,95
9	88,84
10	62,40
11	62,46
12	62,60
13	63,78
14	50,82
15	66,41
16	64,92

Pr m rná hmotnosť vzorku šSLONõ na 0,5 l je 72,89 g.

Pr m rná hmotnosť vzorku šSLONõ na 1 l je 145,78 g.

## zorku šSLONõ z briketovacího lisu BrikStar CS 25

íslo brikety	Vý-ka brikety [cm]	Váha brikety [g]	Objem brikety [cm <sup>3</sup> ]	Objemová brikety [kg · m <sup>3</sup> ]	hmotnost
1	7,00	271,71	232,28	1169,74	
2	4,80	180,72	159,28	1134,61	
3	5,80	213,77	192,46	1110,71	
4	4,70	167,89	155,96	1076,49	
5	7,30	256,03	242,24	1056,94	
6	4,80	171,97	159,28	1079,68	
7	4,30	155,81	142,69	1091,97	
8	6,00	216,38	199,10	1086,80	
9	3,40	115,56	112,82	1024,26	
10	3,50	118,07	116,14	1016,61	
11	5,70	165,21	189,14	873,46	
12	3,80	138,08	126,10	1095,04	
13	6,10	231,42	202,42	1143,28	
14	4,60	165,68	152,64	1085,41	
15	7,40	290,92	245,55	1184,75	
16	4,60	172,10	152,64	1127,47	
17	4,70	170,34	155,96	1092,20	
18	5,30	192,35	175,87	1093,70	
19	3,30	137,65	109,50	1257,03	
20	5,20	219,76	172,55	1273,59	
<b>pr m r</b>	5,12	187,57	169,73	1103,69	

Pr m r brikety je 6,5 cm



## zorku šSLONõ z briketovacího lisu BrikStar 30-12

íslo brikety	Rozm r brikety [cm]	Váha brikety [g]	Objem brikety [cm <sup>3</sup> ]	Objemová hmotnost brikety [kg · m <sup>3</sup> ]
1	5,00	113,76	98,17	1158,75
2	5,10	125,00	100,14	1248,27
3	4,80	109,61	94,25	1163,00
4	6,60	156,98	129,59	1211,35
5	4,90	104,11	96,21	1082,10
6	6,20	150,57	121,74	1236,85
7	4,10	90,16	80,50	1119,95
8	5,60	138,96	109,96	1263,78
9	5,50	131,11	107,99	1214,07
10	5,70	132,91	111,92	1187,55
11	5,90	136,93	115,85	1182,00
12	6,00	147,47	117,81	1251,76
13	4,70	108,28	92,28	1173,33
14	6,60	125,26	129,59	966,58
15	5,10	115,93	100,14	1157,70
16	5,40	114,44	106,03	1079,33
17	5,20	127,44	102,10	1248,17
18	5,20	127,21	102,10	1245,91
19	6,50	149,37	127,63	1170,36
20	6,00	129,55	117,81	1099,65
<b>pr m r</b>	5,51	126,75	108,09	1173,02

Pr m r brikety je 5 cm.

## hodnoty p i spalování jednotlivých vzork

DIRKEL

Parametr	Jednotka	K				V	Min.	Max.
		pr m r	s <sup>2</sup>	s				
T <sub>ok</sub>	°C	31,38	0,85	0,92	0,03	33,00	30,00	
T <sub>pl</sub>	°C	525,81	682,86	26,13	0,05	549,00	436,00	
O <sub>2</sub>	%	13,82	1,66	1,29	0,09	16,46	11,09	
n		3,02	0,32	0,56	0,19	4,63	2,12	
CO <sub>2</sub>	%	5,24	0,90	0,95	0,18	7,25	3,30	
CO	ppm	1560,71	793362,71	890,71	0,57	3858,00	391,00	
CO	mg · m <sup>-3</sup>	1951,59	1240514,85	1113,78	0,57	4824,22	488,92	
CO (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	2123,92	1232054,10	1109,98	0,52	4947,92	733,60	
NO	ppm	22,76	35,29	5,94	0,26	36,00	12,00	
NO	mg · m <sup>-3</sup>	30,48	63,29	7,96	0,26	48,21	16,07	
NO (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	35,07	167,45	12,94	0,37	68,43	22,63	
NO <sub>2</sub>	ppm	375,62	813,65	28,52	0,08	448,00	324,00	
NO <sub>2</sub>	mg · m <sup>-3</sup>	771,18	3429,71	58,56	0,08	919,79	665,20	
NO <sub>2</sub> (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	886,78	36251,52	190,40	0,21	1443,50	649,70	
NO <sub>x</sub>	ppm	375,62	813,65	28,52	0,08	448,00	324,00	
NO <sub>x</sub>	mg · m <sup>-3</sup>	771,18	3429,71	58,56	0,08	919,79	665,20	
NO <sub>x</sub> (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	886,78	36251,52	190,40	0,21	1443,50	649,70	
ETA	%	48,23	45,36	6,74	0,14	62,90	36,00	

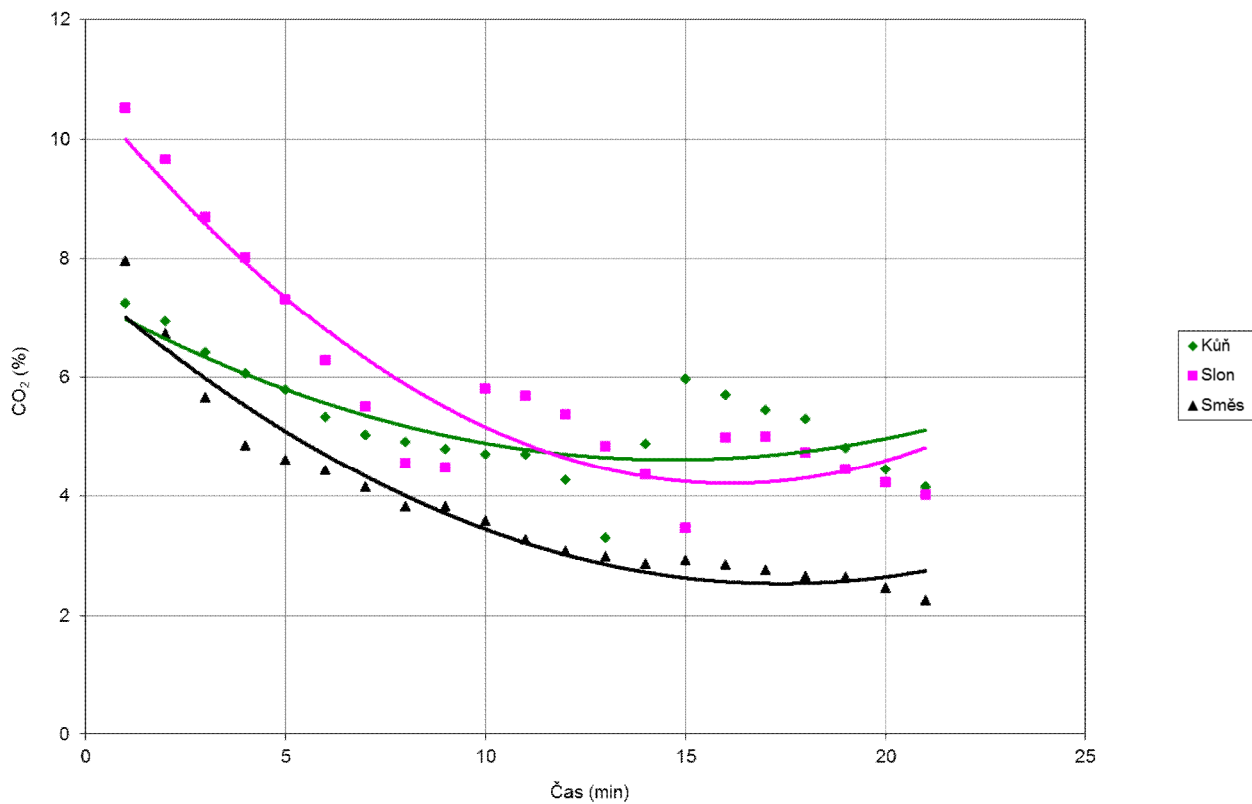
Sm s							
Parametr	Jednotka	Pr m r	s <sup>2</sup>	s	V	Max.	Min.
T <sub>ok</sub>	°C	34,62	0,55	0,74	0,02	36,00	34,00
T <sub>pl</sub>	°C	485,00	3193,30	56,51	0,12	577,00	398,00
O <sub>2</sub>	%	15,75	4,03	2,01	0,13	17,89	10,14
n	-	4,45	1,74	1,32	0,30	6,75	1,93
CO <sub>2</sub>	%	3,82	2,18	1,48	0,39	7,95	2,25
CO	ppm	976,29	389198,71	623,86	0,64	2586,00	470,00
CO	mg · m <sup>-3</sup>	1220,79	608557,44	780,10	0,64	3233,65	587,71
CO (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	1859,89	712666,14	844,20	0,45	4464,62	947,00
NO	ppm	22,71	22,21	4,71	0,21	31,00	12,00
NO	mg · m <sup>-3</sup>	30,42	39,84	6,31	0,21	41,51	16,07
NO (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	52,02	389,34	19,73	0,38	82,61	17,76
NO <sub>2</sub>	ppm	393,24	1240,49	35,22	0,09	455,00	348,00
NO <sub>2</sub>	mg · m <sup>-3</sup>	807,36	5228,95	72,31	0,09	934,16	714,48
NO <sub>2</sub> (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	1391,63	228720,34	478,25	0,34	1911,83	526,32
NO <sub>x</sub>	ppm	415,95	1537,65	39,21	0,09	486,00	366,00
NO <sub>x</sub>	mg · m <sup>-3</sup>	853,99	6481,53	80,51	0,09	997,81	751,44
NO <sub>x</sub> (O <sub>2</sub> =13%)	mg · m <sup>-3</sup>	1471,38	254841,07	504,82	0,34	2010,85	553,54
ETA	%	33,48	140,86	11,87	0,35	62,60	17,00

			Slon				
			s <sup>2</sup>	s	V	Max.	Min.
T <sub>ok</sub>	°C	26,76	1,79	1,34	0,05	29,00	25,00
T <sub>pl</sub>	°C	453,05	1200,95	34,65	0,08	527,00	400,00
O <sub>2</sub>	%	13,06	6,94	2,63	0,20	16,24	6,64
n z O <sub>2</sub>		2,88	0,60	0,78	0,27	4,41	1,46
CO <sub>2</sub>	%	5,80	3,75	1,94	0,33	10,52	3,46
CO	ppm	987,14	1802012,23	1342,39	1,36	5537,00	349,00
CO	mg.m-3	1234,37	2817655,64	1678,59	1,36	6923,72	436,41
CO (O <sub>2</sub> =13%)	mg.m-3	1012,84	748782,56	865,32	0,85	3857,23	521,41
NO	ppm	49,14	397,93	19,95	0,41	86,00	27,00
NO	mg.m-3	65,81	713,60	26,71	0,41	115,17	36,16
NO (O <sub>2</sub> =13%)	mg.m-3	65,10	86,91	9,32	0,14	81,07	53,33
NO <sub>2</sub>	ppm	465,67	3579,13	59,83	0,13	572,00	379,00
NO <sub>2</sub>	mg.m-3	956,06	15086,85	122,83	0,13	1174,37	778,13
NO <sub>2</sub> (O <sub>2</sub> =13%)	mg.m-3	1017,04	31735,58	178,14	0,18	1307,77	571,89
NO <sub>x</sub>	ppm	514,81	6199,66	78,74	0,15	655,00	406,00
NO <sub>x</sub>	mg.m-3	1056,96	26132,97	161,66	0,15	1344,78	833,56
NO <sub>x</sub> (O <sub>2</sub> =13%)	mg.m-3	1116,84	30968,05	175,98	0,16	1400,94	670,26
ETA	%	57,83	60,55	7,78	0,13	73,00	43,60

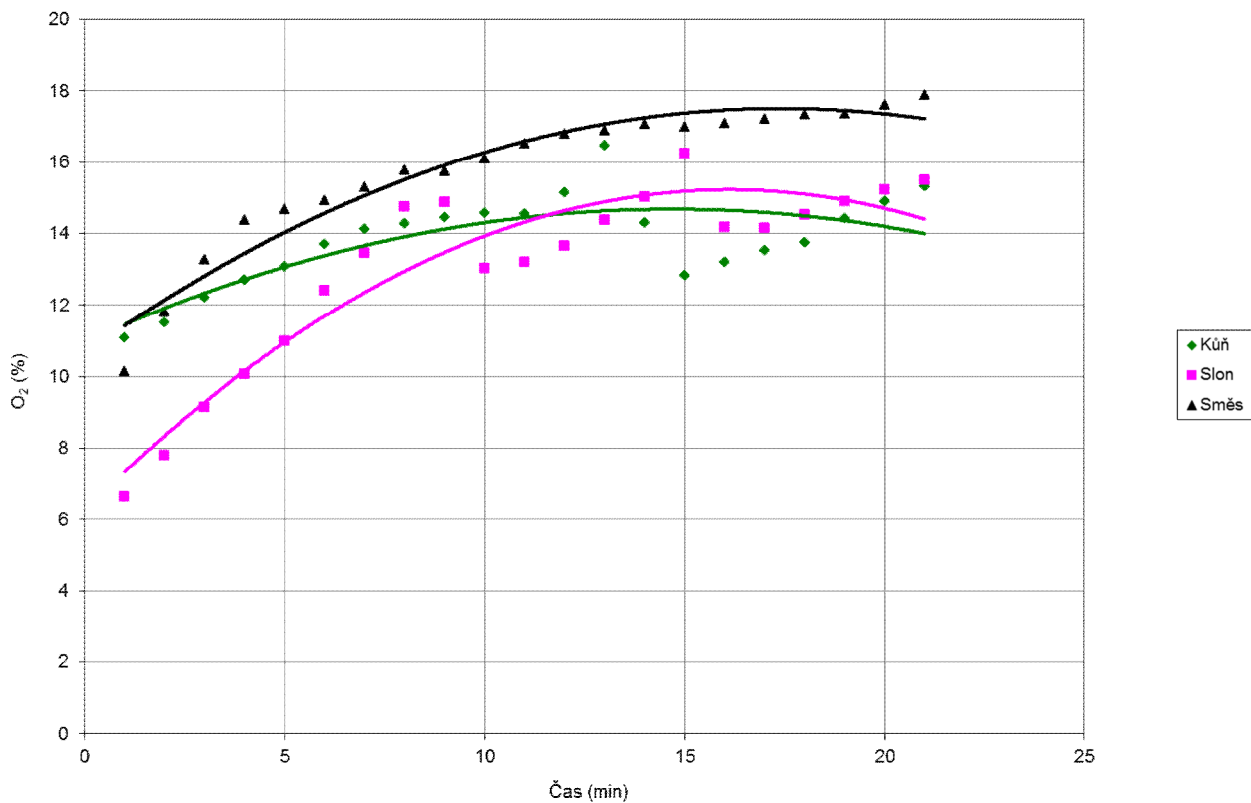
Kde:

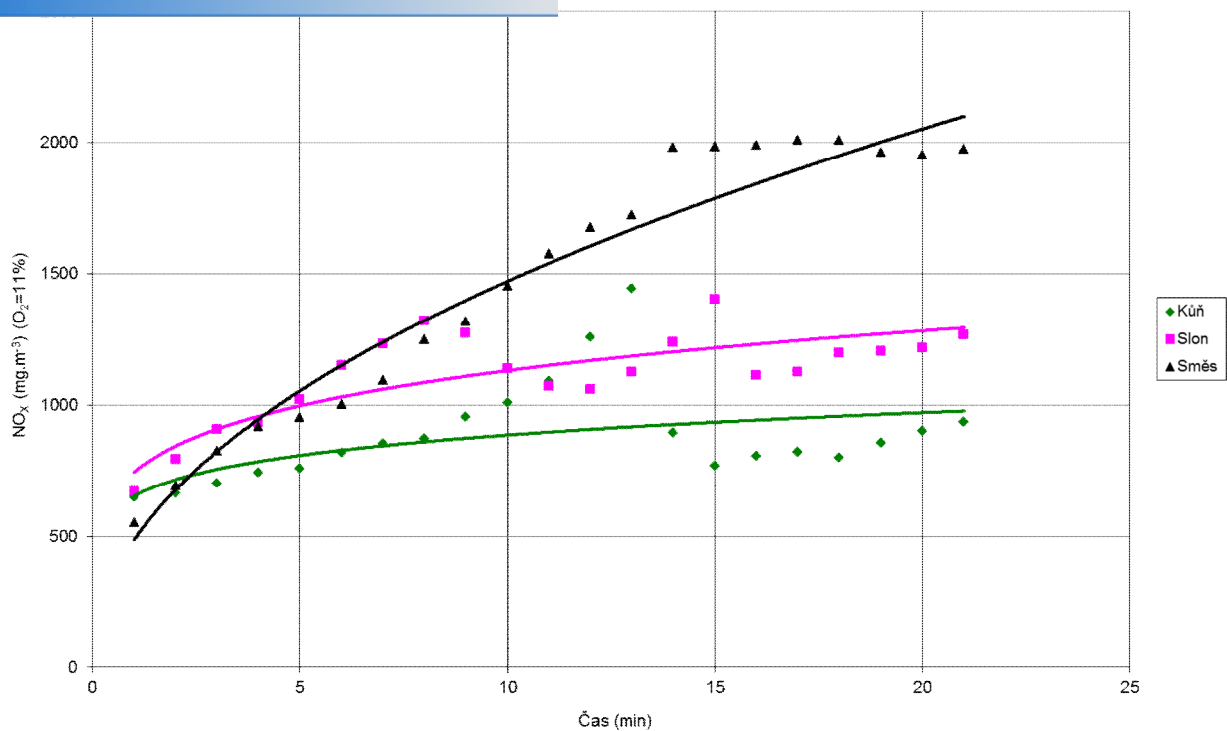
- T<sub>ok</sub>    í    teplota okolí
- T<sub>pl</sub>    í    teplota plynu
- s<sup>2</sup>    í    rozptyl
- s        í    sm rodatná odchylka
- V        í    varia ní koeficient

## koncentrací emisí v jednotlivých vzorcích



**Graf emisí O<sub>2</sub>**



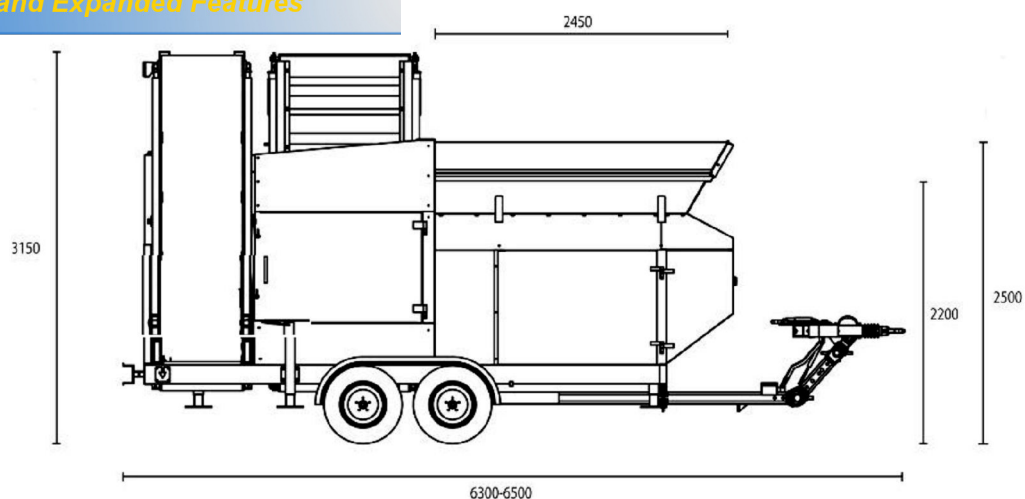


## P íloha 24 Bubnová su-árna BUS 200



Zdroj: [http://www.briketovaci-lis/susarny-pilin/#product-tabs=obecne\\_informace](http://www.briketovaci-lis/susarny-pilin/#product-tabs=obecne_informace)

## bnový separátor Zemmler Multi MS 1600

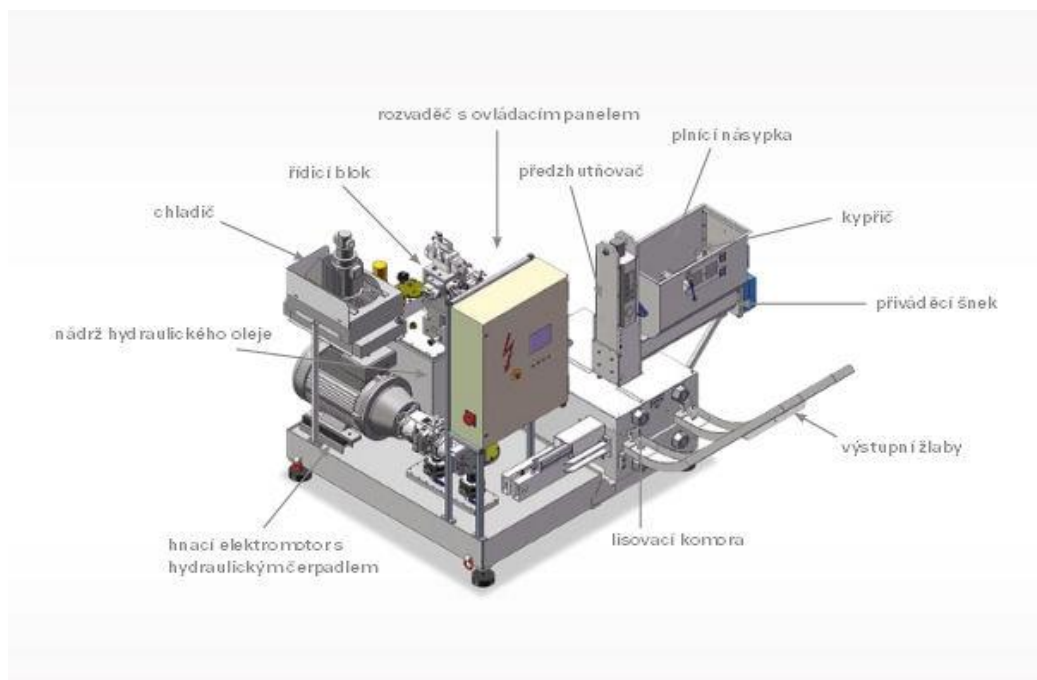


Zdroj: <http://www.mascus.cz/stavebni-stroje/tridice/zemmler-ms-1600/9y535u65.html>

## P íloha 26 Briketovací lis Oscar Plus

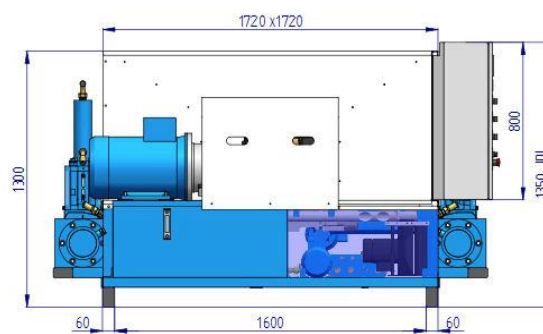
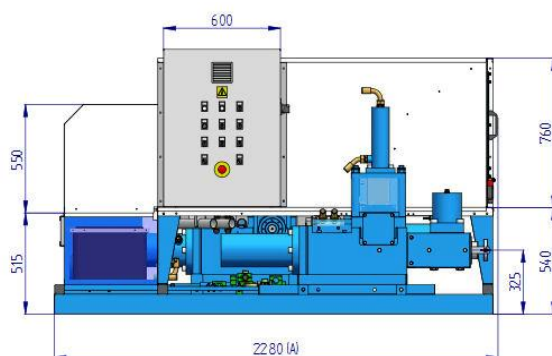


Zdroj: <http://www.briketovacilisy.cz/detail.php?id=50>

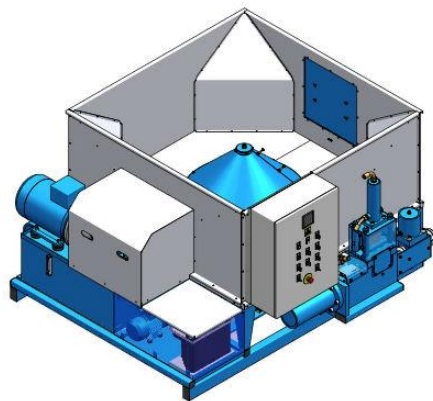
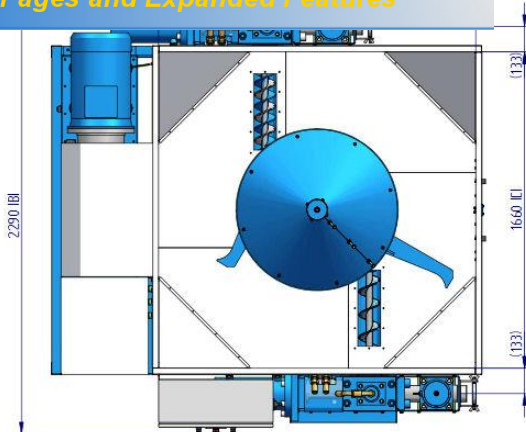


Zdroj: RUF; firemní materiály 2013

## Příloha 28 Lis BrikStar 200-16







BrikStar 200-16

Zdroj: Briklis.cz; firemní materiály 2013

## P íloha 29 Blokové schéma linky na tvarování biomasy

