

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra: Agroekologie

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Bakalářská práce

Možnosti zemědělského využití kaustifikačních
kalů z papíren ve Větrní

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

AUTOR

Martina Jarešová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení:	Martina Jarešová
Studijní program:	B4131 Zemědělství
Studijní obor:	Agroekologie
Název tématu:	Možnosti zemědělského využití kaustifikačních kalů z papíren ve Větrní

Zásady pro vypracování:

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je studium možnosti zemědělského využití kaustifikačních kalů z papíren ve Větrní. Proved'te literární rešerši na téma: Kaustifikační kaly; Zkoušky toxicity; Využití kaustifikačních kalů; Zemědělské využití kaustifikačních kalů.

Ve vzorcích kalů z papíren Větrní proved'te zkoušky toxicity na hořčici bílou (přerovskou) dle metody Práta v modifikaci Sládečka. Vzorky v pevné stavu nařed'te 12g/100 ml destilované vody v hmotnostním poměru. Ve vzorcích stanovte pH a zjistěte kolik 0,5 M HCl je třeba na titraci na indikátor fenolftalein a na 0,5 N NaOH na metyloranž. Vypočítejte kolik % CaO a CaCO₃ je ve vzorcích. Stanovte obsah sodíku ve zředěných roztocích kalů.

Výsledky statisticky zpracujte a vyhodno'te. Na základě Vámi získaných analytických údajů a dalších chemických analýz kalů navrhněte možnosti zemědělského využití kaustifikačních kalů z papíren ve Větrní.

Práci vypracujte podle materiálu „Obecné zásady pro vypracování diplomové práce“.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah průvodní zprávy: cca 40-60 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Pavlíková D. et. al. (2006): Ekotoxikologie. ČZU Praha, 152 s. ISBN 80-213-1528-8
Říhová Ambrožová J. (2007): Encyklopedie hydrobiologie. <http://vydavatelstvi.vscht.cz>
Sládeček V. (1961): Zkoušky toxicity závlahové vody podle klíčivosti.
Vodní hospodářství, 11, 9-10
Máchová J., Svobodová Z. Vykusová B. (1994): Ekotoxikologické hodnocení výluhů tuhých průmyslových odpadů. Metodiky VÚRV Vodňany, 45, 50
Dickinson John & Co Ltd; Grant J.; Dorr-Oliver Co Ltd; Stewart R.F.; Evans P. (1935): Improvements in and relating to the treatment of paper mill wastes. GB434225 patent
Sheng Liyuan; Hou Manling (1997): Patash-black liquor recovery pulping metod. CN1167853
V práci použít databázové informační zdroje (na <http://www.lib.jcu.cz>, např. Web of Science) včetně patentní literatury (<http://cz.espacenet.com>) a internetu <http://google.com>.

Vedoucí bakalářské práce: Prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.
Konzultant bakalářské práce: Prof. Ing. Ladislav Kolář, Dr.Sc.

Datum zadání bakalářské práce: 18.3. 2008

Termín odevzdání bakalářské práce: 17.4. 2009

Prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

Děkan

Prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

Vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne: 18.3.2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Možnosti zemědělského využití kaustifikačních kalů z papíren ve Větrní“ vypracovala samostatně pod odborným vedením. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

České Budějovice, duben 2009

.....
Martina Jarešová

Poděkování:

Děkuji vedoucímu práce Prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc. za odborné vedení a pomoc při zpracování této práce. Současně děkuji Prof. Ing. Ladislavu Kolářovi, Dr.Sc. za pomoc a poskytnuté materiály. Dále děkuji vedení podniku JIP – Papírny Větrní, a. s. za spolupráci, paní Jiřině Hřebečkové za ochotu a pomoc při laboratorních pokusech, Ing. Jiřímu Peterkovi, Ph.D a celé katedře agroekologie (sekcí agrochemie a pedologie).

OBSAH

1. Úvod	1
2. Literární rešerše	2
2.1. Půda a její vlastnosti	2
2.2. Cizorodé látky a jedy	3
2.3. Toxicita a toxické působení	3
2.3.1. Charakteristika hořčice bílé.....	8
2.4. Znečištění půdy kaly	9
2.5. Proces výroby papíru	10
2.5.1. Složky dřeva.....	10
2.5.2. Výroba buničiny.....	10
2.5.3. Vznik sulfitových výluhů.....	11
2.5.3.1 Sulfitový výluh.....	11
2.5.4. Výroba sulfátové buničiny	12
2.5.4.1. Vznik kaustifikačního kalu	13
2.5.5. Využívání sulfitových výluhů	16
2.5.6. Pevný odpad z výroby sulfátové buničiny	16
2.5.7. Organická hnojiva	17
2.5.8. Kompostování.....	18
2.5.8.1. Technologie využívání organických odpadů k výrobě kompostů	19
2.5.8.2. Organizace výroby kompostů.....	21
2.5.8.3. Rozdělení kompostů	22
2.5.8.4. Výroba kompostu	22
2.5.9. Průmyslové komposty.....	23
2.5.9.1. Technologie výroby registrovaných průmyslových kompostů.....	24
2.5.9.2. Posouzení kvality vyrobeného kompostu	25
2.5.10. Vermikompostování papírenských odpadů.....	25
3. Metodika	26
3.1. Test toxicity	26
3.1.1. Účel testu toxicity	26
3.1.2. Test hořčice bílá Přerovská (postup).....	27

3.2.	Organominerální hnojivo	28
3.3.	Stanovení výměnného pH	30
3.3.1.	Výměnná reakce.....	30
3.4.	Konduktometrické titrace.....	30
3.5.	Stanovení T (= maximální sorpční kapacity) konduktometricky dle Sandhofa	30
3.5.1.	Kapacita kationtová výměnná.....	30
3.5.2.	Princip stanovení maximální sorpční kapacity.....	31
3.6.	Stanovení CaO a CaCO ₃ v kaustifikačním kalu.....	32
4.	Výsledky	34
5.	Diskuse.....	40
6.	Závěr.....	42
7.	Summary	43
8.	Použitá literatura.....	44
9.	Přílohy	47
9.1.	Zkouška toxicity na hořčici bílou dle metody Práta v modifikaci Sládečka	47
9.2.	Fotografie z odběru kaustifikačních kalů	67
9.3.	Fotografie kompostovacích zkoušek.....	70

Anotace

Bakalářská práce se zabývá možnostmi využití kaustifikačních kalů z papíren ve Větrní.

Literární rešerše je sestavena z přehledu o půdě, jejím znečišťování, dále obsahuje procesy, které jsou spojeny s výrobou papíru a způsoby využití odpadů, které při této činnosti vznikají.

Praktická část je zaměřena na sledování vlivu toxicity kaustifikačních kalů na klíčivost hořčice bílé, stanovení maximální sorpční kapacity konduktometricky dle Sandhofa, dále stanovení výměnného pH, CaO a CaCO₃ v kaustifikačním kalu.

Klíčová slova: kaustifikační kal, kompost, toxicita, sorpční kapacita

Annotation

Bachelor's thesis deals with the possibilities of using sludge of caustification from paper mills in Větrní.

Literature research consists of an overview of the soil, its pollution, the processes that are associated with paper production and recovery operations, which in this action arise.

The practical part is focused on monitoring the influence of toxicity of the caustification sludge on germination of white mustard, determining the maximum sorption capacity Conductivity by Sandhof, the determination of exchange pH, calcium oxide and calcium carbonate in sludge of caustification.

Keywords: sludge of caustification, compost, toxicity, sorption capacity

1. Úvod

V současnosti dochází k velkému znehodnocení půd např. vyplavováním živin, ale i vazbou do nepřístupných forem. Čím více vody je schopna půda zasakováním zachytit, tím méně jí odteče a tím se podstatně sníží vodní eroze tj. odnášení jemných a pro úrodnost půdy nejdůležitějších částic, které odnášejí potoky a řeky z území. Současně s těmito látkami se odplavují látky ve vodě rozpustné, draslík a fosfor, které musíme půdě dodávat. Proto je třeba se nad tím zamyslet. Je třeba chránit zemědělskou půdu, aby jí neubývalo a uplatňovat zákon na ochranu půdy. Je tedy nutné dodat do půdy agens, které by vysoké jednorázové dávky živin dokázalo vázat vazbami, které jsou schopné v případě potřeby uvolnit živiny do půdního roztoku. Dále by tento nosič měl zajišťovat stálé pH v půdě a vyrovnávat tak běžné okyselení i fyziologickou kyselost hnojiv, případně pohlcovat vodíkové ionty vzniklé při anaerobním rozkladu organické hmoty. Agens by mělo mít pozitivní vliv na poměr voda – vzduch v půdě a tedy v suchých obdobích zajišťovat alespoň minimum vláhy a naopak umožnit zasakování přebytečné srážkové vody do půdy. Je zřejmé, že takovým agens je humus. Bohužel však půdy v naší republice mají tohoto humusu podstatně méně než půdy v úrodnějších oblastech jiných zemí. Předložená práce je návrhem možnosti využití kaustifikačních kalů v zemědělství. Jako složka kompostu jsou navrženy kaustifikační kaly z papíren ve Větrní. Odpadní kaustifikační kal, který patří mezi kompostovatelné odpady podle katalogu odpadů je zařazen pod kódem 03 03 09. Kaustifikační kal je vlastně pozůstatek z výroby sulfátové buničiny. Jedná se tedy o odpad, který by mohl být druhotně využit jako složka kompostu. Smyslem kompostování je vyrobit humusové látky podobné půdnímu humusu, získat rostlinné živiny v pomalu působících formách uvolňovaných v půdě. Nejdůležitější vlastností půdy je úrodnost, která je závislá na jejích fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech a tyto vlastnosti jsou ovlivňovány množstvím a kvalitou půdní organické hmoty a humusu. Zvýšením množství humusu v půdě tedy zvyšujeme i půdní úrodnost.

2. Literární rešerše

2.1. Půda a její vlastnosti

Podle Tomáška (1995) je půda, jeden ze základních předpokladů lidské civilizace tvoří svrchní část pevného zemského povrchu – pedosféru. Pevný zemský povrch vystavený účinkům ovzduší a vodstva poskytuje zvětraliny, které samy o sobě ještě půdou nejsou, i když jsou nutným předpokladem jejího vzniku. K tvorbě půdy dochází teprve tehdy, přistupuje-li ke zmíněným vlivům ještě činnost organismů (mikroorganismů, vegetace, edafon).

Půda je velmi složitý, dynamický, heterogenní přírodní útvar. Půda je tenká vrstva na zemském povrchu s výraznými fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi, je diferencovaná do genetických horizontů.¹

Ledvina, Horáček, Šindelářová (1999) tvrdí, že definovat stručně a jednoznačně pojem půdy není tak snadné. Půdou je podle nich nejsvrchnější porézní vrstva zemské kůry, která je složená z minerálních částic různé velikosti, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stádiu rozkladných a syntetických přeměn a je prostoupena vodou a vzduchem. Nazývají půdu polydisperzním třífázovým přírodním útvarům, který se působením vnitřních a vnějších činitelů neustále mění a rozvíjí.

Pro člověka je nejdůležitější vlastností půdní úrodnost, kterou Tomášek (1995) definoval jako schopnost zabezpečovat nezbytnými podmínkami (zejména vodou a živinami) existenci a reprodukci rostlin, a v závislosti na nich i živočichů a lidí. Tedy vztaženo na zemědělsky využívané půdy, poskytovat sklizeň pěstovaných rostlin.

Úrodnost půdy definována podle Ledviny, Horáčka, Šindelářové (1999) je schopnost poskytovat úrodu, rostlinou produkci, spočívající na zajištění optimálních podmínek pro růst a vývoj rostlin v době vegetace, což je závislé od hloubky kyprého, fyziologicky účinného profilu, od zásoby přístupných živin, příznivých podmínek vzdušného, vodního a tepelného režimu, biologického života v půdě a dalších faktorů.

Tomášek (1995) dále tvrdí, že půda vzniká působením půdotvorných činitelů, které dělíme do 2 hlavních skupin. Jsou to půdotvorné faktory a podmínky půdotvorného procesu. Faktory působí při vzniku půd přímo, podmínky naopak přes svůj vliv na půdotvorné faktory. Za půdotvorné faktory považujeme substrát (matečnou horninu), podnebí, biologický faktor, podzemní vodu a vliv člověka. K podmínkám půdotvorného procesu řadíme utváření terénu (reliéf) a čas (dobu uplatnění půdotvorných pochodů).

2.2. Cizorodé látky a jedy

Všechny látky jsou jedy, tvrdí Pavlíková (2006), zda je látka jedem, závisí na dávce a podmínkách jejího působení. Má za následek toxický účinek na živé organismy, tj. účinek, který jim nebo jejich potomstvu škodí v krátkodobém nebo dlouhodobém výhledu nebo je ničí.

Merhold (1962) říká, že jed je látka, která poškozuje organismus již v malých dávkách. Hranice mezi malou a velkou dávkou není přesně určena.

Látka, která ruší účinek jedu na organismus, např. vytěsněním jedu z receptoru, enzymu, urychlením jeho rozkladu nebo jeho absorpcí je antidotum (protijed). (Pavlíková 2006)

Pojem xenobiotikum (= cizorodá látka) definovala Pavlíková (2006) jako látku, která je organismu či prostředí cizí, za normálních okolností se v něm nevyskytuje. Není produktem ani meziproduktem fyziologického metabolismu, může být původu antropogenního i přírodního. Cizorodá látka vykazuje nežádoucí vliv na organismus či životní prostředí a od určité dávky se stává jedem.

2.3. Toxicita a toxické působení

Kalač a kol. (1998) tvrdí, že každá chemická látka je za určitých okolností toxická. Např. kationty sodíku Na^+ , které jsou jinak ve fyziologickém množství pro organismus nezbytné, mohou být ve vyšších dávkách pro organismus toxické. To znamená, že pro každou chemickou látku musí existovat, nebo být definovány, expoziční podmínky, např. dávka nebo koncentrace, která je bezpečná. Ekotoxikologie, nebo též environmentální toxikologie, se jako relativně nová oblast zabývá efekty toxických chemických látek na úrovni biocenóz.

Dávka je množství toxické látky, které je organismus vystaven. Odpověď je efekt vyvolaný působením toxické látky na organismus.

Schopnost látky poškozovat živý organismus je podle Pavlíkové (2006) označována toxicitou. Závisí na metabolismu daného organismu, fyzikálně chemických vlastnostech látky, způsobu vstupu látky do organismu, opakování dávky apod.

Nauka o škodlivém působení látek na živý organismus a ekosystémy se nazývá toxikologie. Zabývá se studiem mechanismů těchto účinků (biotransformacemi), analýzami množství škodlivých látek ve složkách životního prostředí i biologickém materiálu, odhadem škodlivého účinku látek. Látka nemá pouze škodlivé nebo požadované vlastnosti.

Jak se vlastnosti látek projeví, závisí podle Pavlíkové (2006) na podmínkách, za kterých působí.

Pavlíková tedy dělí toxikologii na obecnou toxikologii popisující obecné děje, reakce, definice, zákonitosti a souvislosti sloučeniny a živého organismu, a speciální toxikologii zaměřenou na toxické vlastnosti jednotlivých sloučenin a přípravků.

Ekotoxicita je obecně definována jako toxické působení na životní prostředí nebo také toxické působení na živé organismy. V legislativě České republiky je ekotoxicita zahrnuta pod kódem H14 mezi nebezpečné vlastnosti odpadů ve vyhlášce MŽP č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.²

Pavlíková (2006) označuje ekotoxicitu jako vlastnost látek, které mají okamžitě nebo opožděně nepříznivý účinek na životní prostředí tím, že jsou bioakumulovány nebo působí toxicky na biotické systémy.

Vědní obor kombinující poznatky věd studujících ekosystémy (ekologie) a vědy studující interakce chemických látek s organismy (toxikologie) se nazývá ekotoxikologie. Pavlíková (2006) nás seznamuje ve své publikaci s hlavním cílem ekotoxikologie, kterým je poznání interakcí mezi živými organismy a chemickými (toxickými) látkami v prostředí na všech úrovních a využití poznatků pro racionální ochranu živých organismů, jejich populací, společenstev a ekosystémů před chemickým znečištěním. Pro hodnocení stupně znečištění životního prostředí hraje nezastupitelnou úlohu chemická a fyzikální analýza, která umožňuje s vysokou přesností stanovit ve vzorcích i velmi malá množství kontaminujících látek. Na základě zjištění přítomnosti a koncentrace jednotlivých látek v prostředí nelze spolehlivě určit jejich toxický vliv. U směsí látek nebývá výsledný účinek prostým součtem toxických vlivů jednotlivých kontaminantů. Nelze často předem určit, zda budou toxické látky ve směsi vykazovat synergický nebo naopak antagonistický vliv. Proto se stále ve větší míře využívají k hodnocení vlivu těchto látek na biotickou složku životního prostředí biologické metody stanovení toxicity. Způsob provedení testu ekotoxicity je možné uspořádat tak, aby byly získány i informace o možnosti migrace toxických látek apod.

Negativní biologické účinky látek se označují jako toxické (působící negativně na člověka) a ekotoxické (působící negativně na ekosystém na všech úrovních) Toxikologické informace se zpravidla získávají na biologických modelech a nejzákladnějším testem je stanovení akutní toxicity. Na základě charakteru aplikované zkoumané látky lze vyjádřit hodnotou LD₅₀. Tato hodnota vypovídá o tom, jaké množství látky v g nebo mg vztažených na 1 kg živé váhy, bylo spotřebováno k usmrcení 50% pokusných zvířat ze

zkoumaného souboru. Juláková (1988)

Výluh představuje podle Pavlíkové (2006) převedení látek přítomných ve vzorku pevného skupenství do vodného roztoku. Do výluhu lze převést pouze látky rozpustné ve vodě. Výluh je následně po případné úpravě pH a filtraci testován zvoleným testem toxicity na vodním organismu. Výhodou výluhu je poměrně značné přiblížení se pochodům reálně probíhajícím v životním prostředí, a tedy dobrá interpretovatelnost získaných výsledků. Nevýhodou tohoto postupu je možnost použití pouze pro látky rozpustné ve vodě.

Pavlíková (2006) nám ukazuje jak se velmi výhodně dají použít testy toxicity při hodnocení nebezpečných vlastností některých odpadů. Zejména odpady vznikající při průmyslových procesech jsou často kontaminovány směsí organických a anorganických látek. Předpovědět riziko na základě chemické analýzy je často nemožné, neboť v odpadu probíhají dlouhodobé chemické změny, jejichž produkty nejsou dobře známé.

Test toxicity byl vyvinut k testování účinku odpadních vod na závlahy. Při této zkoušce se využívá citlivosti klíčících semen na hořčici bílé (*Sinapis alba*) (viz. Obr.1a-b) v počátečních stádiích vývoje rostliny na jedovaté látky. Test probíhá po dobu 72 hodin (viz obr. 2a–b), při teplotě $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, bez osvětlení. Princip testu spočívá v kultivaci semen za standardních podmínek.(viz obr. 3) v různých koncentracích toxické látky v Petriho miskách na podložce nasycené pracovním roztokem. Počet semen v jedné koncentraci je 10 kusů s požadavkem 10 ml roztoku na Petriho misku. Pro každé ředění se připraví minimálně dvě paralelní stanovení. Do dvou Petriho misek se vloží filtrační papír s připravenými otvory pro umístění semen (dodržení bezpečné vzdálenosti mezi jednotlivými semeny a zajištění tak neomezování jejich klíčení okolními semeny). Před vložením semen se filtrační papír napustí 10 ml testovaného roztoku, stejně se připraví i kontrola. Pomocí pinzety se do každého otvoru filtračního papíru (viz obr. 4) vloží rovnoměrně velká, nezdeformovaná, nepoškozená a odlišně nezbarvená semena tak, aby jejich počet v jedné misce odpovídal 10. Po 72 hodinách se přesně změří délka kořene (viz obr. 6) každé rostliny u jednotlivých koncentrací.

Obr. 1a: Průběh testu akutní toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*).



Obr. 1b: Porovnání délky kořene u klíčících semen hořčice bílé (*Sinapis alba*).



Obr. 2 a-b: Průběh testu akutní toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*), umístěných v Petriho miskách

čas 0 h a 24 h.



čas 48 h a 72 h.



Obr. 3: Umístění Petriho misek s nasazenými semeny v termostatu (bez světla a za laboratorní teploty).



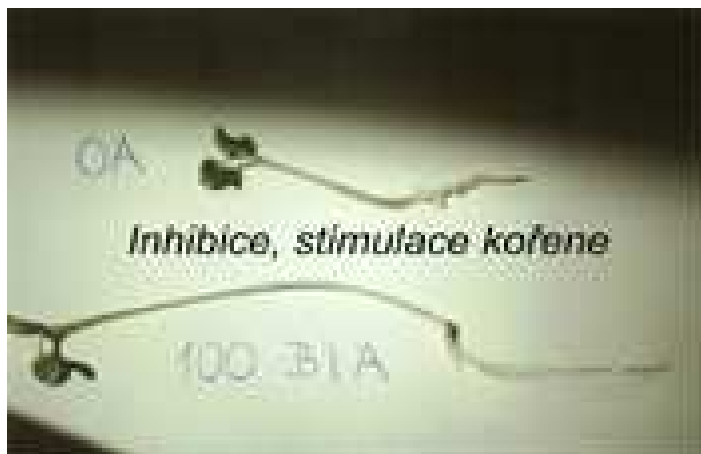
Obr. 4: Pomůcky pro akutní test toxicity na semenech hořčice bílé (*Sinapis alba*), pinzeta, měřicí pravítko, semena, Petriho miska s filtračním papírem, pipeta, podložní sklíčka



Obr. 5: Průběh testu akutní toxicity na semenech hořčice bílé *Sinapis alba*, semeno a porovnání délky kořene v čase 0 h až 72 h.

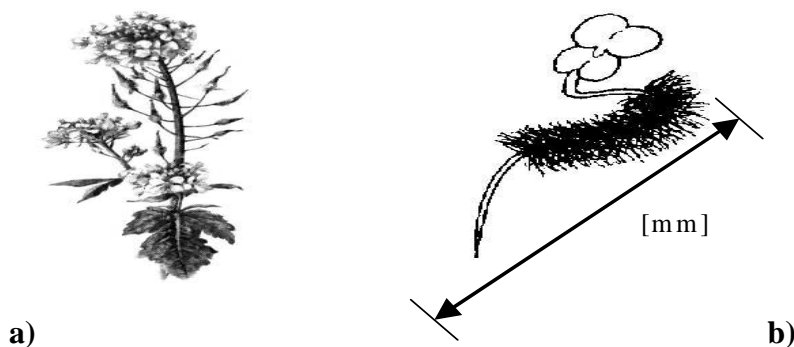


Obr. 6: Porovnání délky kořene hořčice bílé (*Sinapis alba*) mezi kontrolním vzorkem a testovanou látkou, která působila stimulaci růstu kořene (v porovnání s kontrolou).³



2.3.1. Charakteristika hořčice bílé

Hořčice bílá (*Sinapis alba*), patří do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*). Je to jednoletá, časně jarní rostlina – olejnina. V půdě setrvává tenkým vřetenovitým kořenem. Lodyhu má vzpřímenou, roztroušeně chlupatou, až 150 cm vysokou s listy jasně zelené barvy. Květy jsou oboupohlavné čtyřčetné s chlupatými stopkami. Zpočátku jsou sestaveny v klubkaté květenství, později v protáhlé hrozny, kde jednotlivé květy kvetou odspoda. Při jarním výsevu květiny kvetou v květnu až červenci, při letním lze kvetoucí hořčice vidět až do pozdního podzimu. Semeno rostliny je na brukvovité rostliny poměrně velké, je žluté nebo bělavě žluté kulovitěho tvaru. Dosahuje průměru 1,5 - 4 mm, hmotnost tisíce semen se pohybuje od 3 do 6,8 g. Po vyklíčení vyrůstá jednoduchý kořen s hypokotylem. Později je kulovitý a bohatě rozvětvený. Rostlině se nejlépe daří na středně hlinitých nebo hlinitopísčítých půdách, dobře hnojených, s dostatkem vápníku a s neutrální až mírně alkalickou půdní reakcí.



Obr. č. 7 a) Část stonku hořčice bílé (*Sinapis alba*) s květem. b) Vyklíčené semeno s hypokotylem na konci třetího dne pokusu ve standardním živném médiu.⁴

2.4. Znečištění půdy kaly

Hnětovský (1983) tvrdí, že kalem se označují ve vodním hospodářství látky těžší než voda, vyloučené při úpravě vody a zejména při čištění odpadních vod.

CaCO₃, jemnozrnný uhličitan vápenatý, vznikající při kaustifikaci uhličitanu sodného hydroxidem vápenatým, po sedimentaci filtrovaný a promytý horkou vodou se nazývá dle Hnětovského (1983) kalem kaustifikačním. Po zahuštění na pásových filtrech má obsah sušiny 55 až 60%. Používá se k regeneraci vápna.

Korda a kol. (1992) definuje louh v papírenském označení jako technologický roztok s různým použitím.

Rozděluje louhy na:

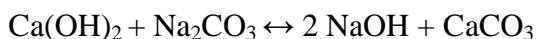
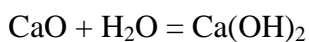
- 1) louh bílý, který vzniká v sulfátové celulózce kaustifikací zeleného louhu
- 2) louh červený, představuje výluh oddělený od buničiny po vaření se sulfitovou varnou kyselinou s hořečnatou bází
- 3) louh zelený, který se používá k výrobě bílého louhu v kaustifikaci

Hnětovský (1983) definuje slabý bílý louh jako roztok vznikající jako meziprodukt v kaustifikaci praním kaustifikačního kalu horkou vodou. Používá se na rozpouštění taveniny.

Taveninou označuje Hnětovský (1983) roztavenou směs sodných solí vytékajících z taveniště regeneračního kotle, která se rozpouští v slabém bílém louhu na zelený louh. Jejimi hlavními složkami jsou Na₂S, Na₂CO₃ a Na₂SO₄.

Kaustifikace se dokončuje v jednoduché ocelové nádrži (= kaustifikátor), za teploty pod 100°C. Poměr obsahu hydroxidu a obsahu aktivních alkálií v alkalických louzích stanoví Hnětovský (1983) pomocí kausticity.

Účelem kaustifikace se dle Hnětovského (1983) rozumí přeměna uhličitanu sodného, který vzniká při spalování černého zahuštěného výluhu, na hydroxid sodný. Děje se tak přímo v zeleném louhu. Tato reakce probíhá ve dvou stupních.



2.5. Proces výroby papíru

2.5.1. Složky dřeva

Chemické složení dřeva:

40 – 60 % celulóza 1,4-poly(-β-D-Glukosa)

20 – 30 % hemicelulosa

15 – 30 % ligniny

3 – 8 % silice (terpentíny), pryskyřice, tuky, vosky, třísloviny, barviva, bílkoviny, nukleové kyseliny, minerální látky⁵

Šedo (1957) definoval celulózu (buničinu) jako chemický polysacharid, z technického hlediska vlákno (dřeva, lnu, atd.) nebo chlupy osemení rostlin (bavlna atd.). Strukturu má vláknitou a částečně krystalickou. Technická celulóza je výrobek vláknité struktury. Hlavní složkou je celulóza získaná z rostlinného materiálu chemickou cestou. Celulóza pro další chemické zpracování se používá na výrobu různých chemických výrobků např. umělých vláken, celofánu, atd.

Ligniny jsou silně rozvětvené aromatické polymery fenolového typu, chemicky vázané na celulosu. Dodávají dřevu tvrdost, pevnost, tvarovou stálost⁵

Šedo (1957) definoval lignin jako hlavní složku dřeva. Jeho funkce je zpevňování rostlin. Chemické složení ligninu není zcela známé.

2.5.2. Výroba buničiny

Cílem výroby je ze zpracované suroviny oddělit chemickým způsobem vlákna - buničinu – od nevláknité části, která přejde do kapalné fáze – výluh, obsahujícího více než 50 % sušiny použitelné suroviny. Buničina se převážně vyrábí ze dřeva, které obsahuje asi 50 % celulózy. Díky intenzivnímu výzkumu se podařilo vyvinout postupy, kterými se získává řada vedlejších produktů, jako terpentín, talový olej, lignosulfany, krmné bílkoviny, octová kyselina, vanilin, aktivní uhlí a ethylalkohol. Dočkal (1988) nazývá výrobní operaci várkou a podle druhu použitých chemikálií se nejvíce používají dva postupy – sulfátový a sulfitový. Sulfátový způsob umožňuje zpracování dřeva s větším obsahem pryskyřic a pro papíry s požadovanou velkou pevností je mnohem vhodnější než sulfitový způsob. V literatuře se tento způsob nazývá také nátronový nebo kraft. Varný roztok tvoří hydroxid sodný, sulfit sodný a také síran sodný nebo uhličitan sodný. Podle způsobu vedení várky se pracuje buď s diskontinuálně, nebo s kontinuálně pracujícími vařáky. Na konci várky se obsah vařáku vypustí do nádrže. V době vzniku se oba výrobní

způsoby výrazně lišily svým vlivem na vodní hospodářství – ze sulfitových várek byl vypotřebovaný varný roztok, známý jako sulfitové výluhy, vypouštěn do toků, u sulfátového způsobu bylo nutnou drahou sodnou zásadou regenerovat, a proto znečištění, které bylo vypouštěno do toků, bylo podstatně menší.

2.5.3. Vznik sulfitových výluhů

2.5.3.1. Sulfitový výluh

Borišek a kol.(1953) popisuje ve své publikaci sulfitový výluh jako tekutý odpad při výrobě buničiny z dřeva tlakovým vařením pomocí roztoku kyselého siřičitanu vápenatého – obsahující na 50 % dřevěné hmoty, která je nenávratně ztracena, vypouštějí-li se výluhy prostě jen do řeky. Sulfitové výluhy představují proto největší odpad v průmyslové výrobě, jehož využití není pro nás dosud vyřešeným problémem. Přitom tyto výluhy obsahují ohromné množství vysoce hodnotných látek, které budou-li zachyceny a využity tak mohou podstatně zvýšit naši surovinovou základnu. Využití odpadních sulfitových výluhů má tudíž dvojí význam národohospodářský a asanační. Jednak umožňuje získávání nových a cenných surovin, (např. zpracováním na líh, krmné bílkoviny, atd.) jednak znamená zneškodnění odpadních vod našich celulózek a papíren. Výroba buničiny záleží v izolaci buničinnového vlákna z rostlinných surovin. Látky provázející čistou celulózu v původní surovině nazýváme souhrnně inkousty. Později pojmenovali někteří autoři hlavní podíl těchto necelulózových látek (bez cukrů a pryskyřice) ligninem.

Šťavíková (1978) označuje sulfitovým výluhem hnědožlutou kapalinu se specifickou hmotností, která vzniká po skončení várky. Obsahuje 8-16 % sušiny z níž je 15-20 % anorganické a 80-85 % organické povahy. Anorganický podíl tvoří kysličník siřičitý, siřičitan a síran vápenatý. Jinak bývá ve výluhu železo a hliník, výjimečně selen, různé soli těžkých kovů ze součástek aparatury, zejména pak měď, arzén a olovo. Jejich množství je sice nepatrné, ale i přesto nežádoucí, hlavně při biochemické syntéze bílkovin. Část vápna je vázána na lignosulfonovou kyselinu. Organický podíl tvoří lignin resp. kyselina lignosulfonová, popřípadě její soli s uhlohydráty.

Složení sulfitových výluhů prezentuje Šťavíková (1978) tak, že sulfitový výluh má sušinu 55 až 60 %, výhřevnost při 55 % dosahuje 7955 kJ/kg, v sušině výluhu je 41,5 % uhlíku, 4,75 % vodíku, 38,73 % kyslíku, 0,13 % dusíku, 4,45 % spalitelné síry a 10,44 % popele.

Popel obsahuje 56,48 % síranu vápenatého, 16,78 % uhličitanu vápenatého, 25,37 % kysličníku vápenatého a 1,37 % siřníku vápenatého. Specifická hmotnost výluhu při 20°C je 1,29g/cm³, obsah popele ve výluhu (600°C) 8,4 %, Ca 2,73 %, Mg 0,040 %, K 0,042 %, Na 0,021 %. V sušině je 4,90 % Ca, 0,072 % Mg, 0,075 % K, 0,039 % Na.

Při výrobě celulózy sulfitovým způsobem vznikají odpadové louhy, které se už víc než 50 let využívají na fermentační výrobu alkoholu. V posledních letech se však v širokém rozsahu využívají i při výrobě krmných kvasnic. Přímé zkrmování sulfitových výluhů je nevhodné tvrdí Zeleňák (1991).

2.5.4. Výroba sulfátové buničiny

Hnětovský (1983) popisuje sulfátový postup ve své publikaci takto:

Dřevěné štěpky se vaří s varným louhem obsahujícím NaOH a Na₂S při teplotě 160 až 180°C. Doba várky je krátká (od několika minut až po 2 až 2,5 hodiny). Hmota z vařáku se vyfoukne do blowtanku a na prací lince se buničina oddělí od výluhu nazývaného černý výluh. Buničina se potom zbaví suků, třídí se a buď se zpracovává přímo, nebo se čerpá do bělírny. Část černého výluhu se dávkuje zpět do vařáku na úpravu hydromodulu, zbytek se zahušťuje na několikačlenných odparkách a potom se spaluje v regeneračním kotli. Spálením se získává vysokotlaková pára a tavenina, která obsahuje použité sodné soli ve formě siřníků a uhličitanů. Tavenina po rozpuštění ve slabém louhu tvoří zelený louh, který se kaustifikuje, tj. přidáním vápna se Na₂CO₃ převede na NaOH a odloučí se kaustifikační kal (v podstatě CaCO₃). Kaustifikovaný roztok (bílý louh) se znovu použije na vaření, kaustifikační kal se odfiltruje a vyžihá se v peci tak, že přejde na CaO, který se znovu používá na kaustifikaci. Celý postup má tedy několik uzavřených okruhů a prakticky všechny použité chemikálie se regenerují. Bílý louh, který se používá při sulfátové várce, obsahuje zpravidla Na₂S a NaOH v poměru 2 :3.

Sulfátový proces činí 80% světové výroby buničiny a je tak nejpoužívanější výrobní metodou mezi všemi chemickými procesy výroby vláknin. Důležitost sulfitového procesu v posledních letech stále klesá. Dnes je touto metodou vyráběno pouze 10% světové produkce. Termín „sulfátová“ je odvozen od síranu sodného, který je přidáván během regeneračního cyklu ke kompenzaci ztrát chemikálií. Během chemického procesu jsou vlákna uvolňována ze struktury dřeva při současném uvolňování ligninu rozpuštěním ve varném louhu při vysoké teplotě. Současně se během várky rozpouští i část hemicelulóz. Aktivní chemikálie, používané při várce jsou (bílý louh) hydroxid sodný (NaOH) a sulfid sodný (Na₂S). Výsledkem použití velkého množství hydroxidu sodného je

vysoká alkalita (pH) na začátku várky a to mezi pH 13 a 14 (alkalický proces rozvlákňování). Ta postupně během várky klesá díky uvolňování organických kyselin z ligninu a sacharidů (glycidů). V dnešní době je sulfátový proces celosvětově nejpoužívanější technologií výroby buničiny díky výborným mechanickým vlastnostem vlákna v porovnání se sulfitovým procesem, jeho použitelnosti na všechny druhy dřeva, i v porovnání s účinností vyvinutých a zavedených regeneračních procesů chemikálií. Chemie spojená se sulfátovým procesem však přináší vlastní problém silně zapáchajících sloučenin.

Sulfátovou celulózu můžeme rozdělit na čtyři základní části:

1. přípravná surovina
2. chemická defibrace s téměř úplně uzavřeným chemickým a energetickým systémem
3. bělárna s otevřeným vodním systémem
4. koncová čistárna odpadních vod

Další dělení: linka vláken, regenerační systém a koncová čistárna odpadních vod.

Pro výrobu 1 tuny chemické buničiny je obvykle třeba 4 – 6,6 m³ dřeva. Množství dřeva se udává jako dřevo pod kůrou.⁶

V diskontinuální sulfátovém procesu dochází k přechodu sodíku do kondenzátů, kouřových plynů z regeneračního kotle, do kaustifikačního kalu atd. Ztráta sodíku zpravidla činí 18 – 25 kg Na₂O na 1 tunu sulfátové buničiny.

Vláknina vyrobená vařením v roztoku NaOH a Na₂S se nazývá sulfátová buničina. Výtěžek je 40 – 50 %. Při kaustifikaci je důležitý přesný postup přidělování oxidu vápenatého do zeleného louhu. I malý přebytek způsobuje zhoršení sedimentace kaustifikačního kalu a snížení čistoty bílého louhu. Korda a kol. (1992)

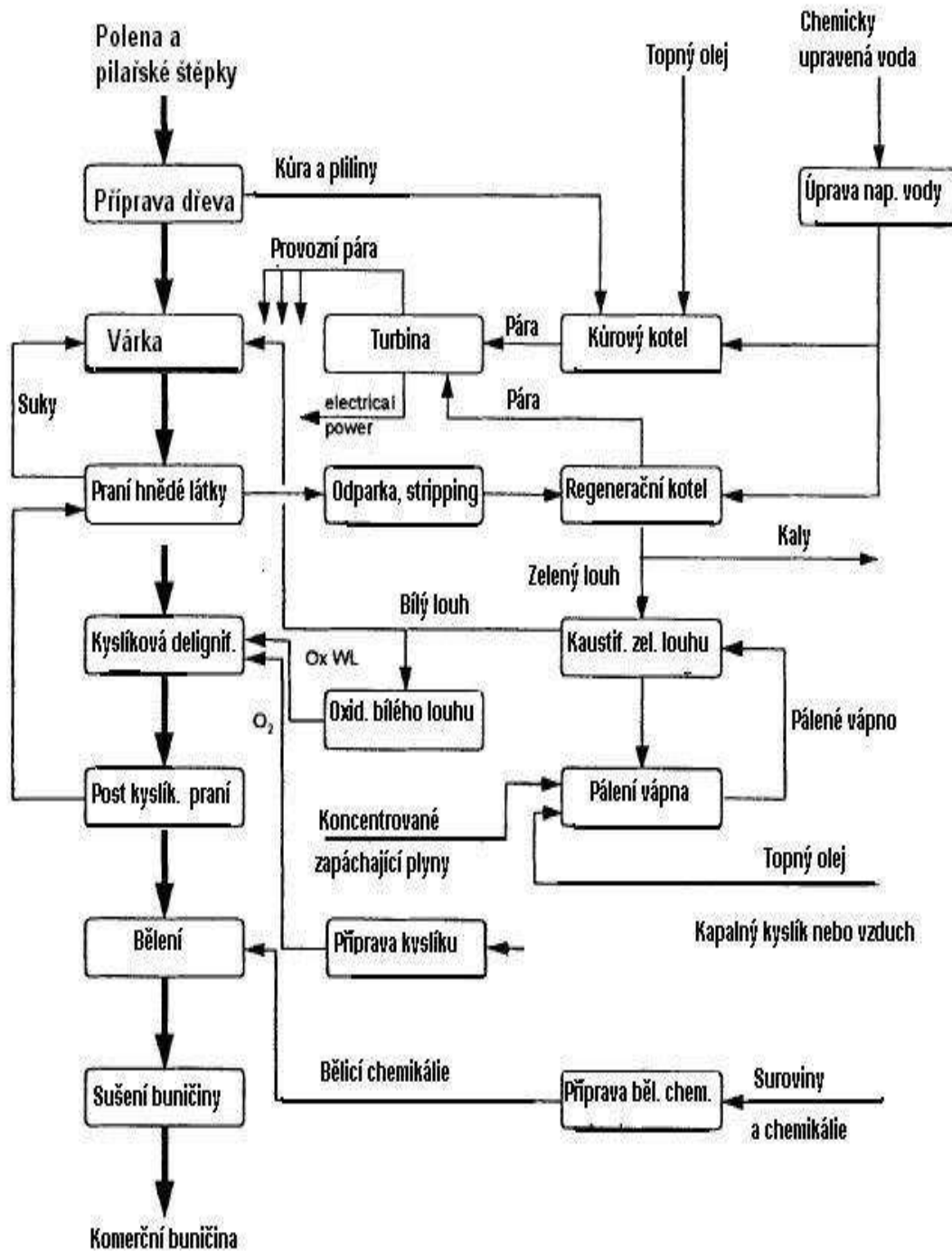
2.5.4.1. Vznik kaustifikačního kalu

Po sulfátové várce je asi 95 % použitých sodných solí soustředěno v zahuštěném černém výluhu, a to ve formě Na₂CO₃ a ve formě sodíku vázaného na organické látky. Spálením organické substance černého výluhu se chemikálie oddělí a jako vedlejší produkt se získá teplo. Jako náhrada za provozní ztráty se k černému výluhu přidává síran sodný ještě před spalováním a spolu s chemikáliemi z černého výluhu tvoří taveninu obsahující Na₂CO₃ a Na₂S a menší množství balastních chemikálií. Tavenina se rozpustí v pracím kaustifikačním louhu na zelený louh, který se kaustifikací s hydroxidem vápenatým přemění na účinný bílý louh obsahující NaOH a Na₂S. Z kaustifikace odpadá uhličitan vápenatý jako kaustifikační kal, který se v regeneraci vápna vypaluje na oxid vápenatý a

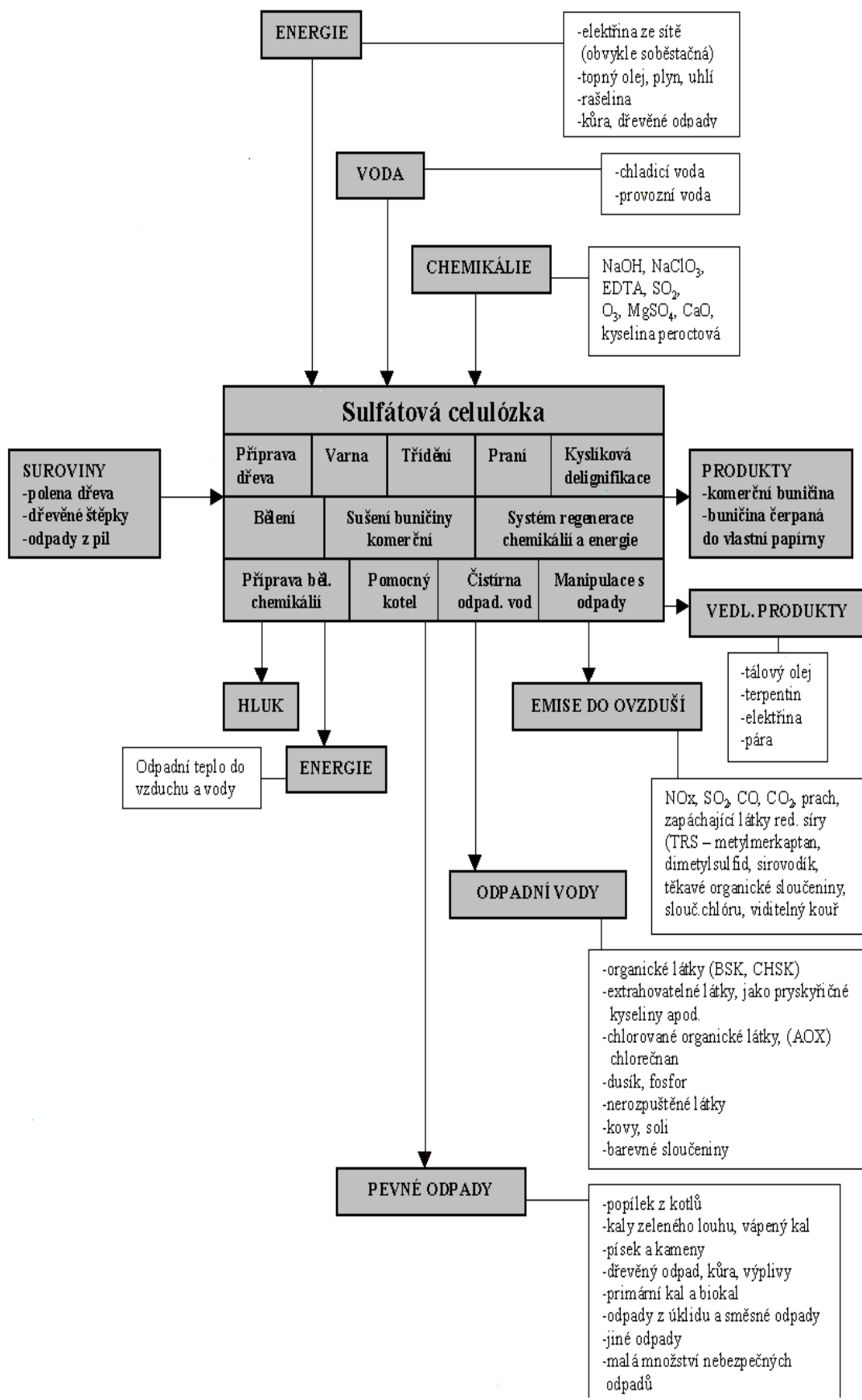
znovu se hasí na hydroxid vápenatý pro kaustifikaci.

Poté dochází k regeneraci vápna vypalováním kaustifikačního kalu, za přídavku přírodního vápence. Korda a kol. (1992)

Obrázek č. 8 znázorňuje přehled procesů sulfátové celulózy.⁶



Obrázek č. 9 uvádí přehled vstupů a výstupů sulfátové celulózky⁶



2.5.5. Využívání sulfitových výluhů

Šťavíková (1978) si myslí, že sulfitový výluh nachází řadu použití, vycházejících z přilnavosti uhlohydrátů a z disperzních a povrchově aktivních vlastností lignosulfanů. Kromě toho jsou vlastnosti jedné složky ovlivňovány vlastnostmi složky druhé a vzniká tak řada jiných vlastností, charakteristických pro sulfitový výluh.

- do kategorie komplexního využití lze zařadit výrobu past na linolea, pojidel pro slévárny, pro stabilizaci půdy, emulzí jako přísad do portlandského cementu a keramických směsí, atd. Relativně největší spotřeba je pro tlumení prašnosti. Další využití surového sulfitového výluhu ve velkém měřítku je pro pojiva při výrobě tvarových krmiv. Koncentrovaný sulfitový výluh a tuhé látky ze sulfitového výluhu (vápník, hořčík, čpavek, sodík) nalezly velmi dobré použití jako pojící prostředek při výrobě krmiv pro dobytek a drůbež. (využití sulfitových výluhů pro krmivářské účely – zlepšují pevnost granulí, omezují odrol).

Zahuštěné sulfitové výluhy se používají ředěné i v původním stavu ke kropení siláží a senáží. Sulfitové výluhy zvláště jejich lignitový podíl mají větší či menší význam jako hnojivo v zemědělství. Hlavním důvodem je skutečnost, že humifikace půdy je založena na postupném rozkladu rostlinných látek. Nejprve se odbourávají z těchto látek uhlohydráty a teprve později lignin, který je hlavní složkou humusu. Humus je pak podstatnou složkou úrodné půdy, a všechny látky podporující vznik humusu jsou vítaným přínosem k zúrodnění půdy. Zahuštěné sulfitové výluhy obsahují amoniak jsou výborným hnojivem díky přítomnosti lignosulfonanů, které příznivě působí na strukturu půdy vytvářením většího množství vodovzdorných agregátů. Dlouholeté pokusy s hnojením půdy sulfitovými výluhy, které se přidávaly každoročně v průběhu 5 let v množství od 4 do 48 t/ha ukázaly, že při dávkách 48 t výluhů byl růst potlačován, zatím co při 24 byl růst velmi dobrý. Vedle hnojivého účinku mají výluhy i ochranný účinek proti větrné erozi. Stmelují částičky hlíny a hrudek a tím ochraňují půdu před odvátím a zlepšují fyzikální stav půdy.

2.5.6. Pevný odpad z výroby sulfátové buničiny

Při výrobě sulfátové buničiny vznikají různé druhy pevného odpadu např. anorganické kaly (kaly ze zeleného louhu a vápenný kal) z chemické regenerace, kůra a zbytky dřeva z přípravy dřeva, kaly z úpravy odpadních vod (anorganické materiály, vláknina a biologické kaly), prach z kotlů a pecí; odpady (převážně písek) z přípravy dřeva; popel a smíšený materiál (např. stavební materiál).

Vápno (CaO) se používá ke kaustifikaci zeleného louhu ($\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) na bílý louh ($\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$). Po kaustifikaci vzniká vápenný kal (CaCO_3). Vápenný kal je obvykle

recyklován ve vápenné peci, kde se spaluje a vzniká nové vápno. Vápno musí být před dodáním do pece vypráno, aby se odstranil zbytkový hydroxid sodný, siřník sodný a další sodné soli a poté se odvodňuje. Zařízení používané pro praní vápenného kalu jsou obvykle sedimentační nádrže nebo tlakové filtry. V minulosti se často používaly dvoustupňové pračky kalu, ale v současnosti začíná převažovat praní kalu jednostupňové v jednotkové sedimentační nádrži s uskladněním nebo praní tlakovým filtrem. Zdokonalené praní vápenného kalu moderními filtry může snížit zbytkové množství bílého louhu v kalu ze 100 mg/dm³ na 0 – 30 mg/dm³. Obsah sušiny ve vápenném kalu se může zvýšit z 50 – 60 % na 70 – 80 %. Účinnější praní snižuje koncentraci siřníku a tak omezuje vznik sirovodíku ve vápenné peci během procesu přepalování⁶

2.5.7. Organická hnojiva

V organických hnojivech tvoří hlavní složku organické látky rostlinného nebo živočišného původu (sacharidy, celulóza, hemicelulóza, lignin, aminokyseliny, bílkoviny aj.). Richter a Kubát (2003) tvrdí, že jsou to látky, které nelze z pohledu udržení a zvyšování půdní úrodnosti nahradit jinými látkami. Vedle těchto látek jsou v nich obsaženy makrobiogenní prvky (dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra) a mikrobiogenní prvky (bór, mangan, molybden, zinek, měď, železo). Jejich hlavní význam spočívá ve vyrovnávání bilance organických látek, ze kterých vzniká humus, a je také doplňována zásoba živin v půdě. Proto již dříve v systému našeho zemědělství byla a nadále zůstávají organická hnojiva jedním z hlavních výrobních prostředků, na kterém je závislá úrodnost našich půd. Organické látky je třeba v půdě pravidelně doplňovat, aby nedošlo ke zhoršení fyzikálně-chemických vlastností půd. Organické látky představují z tuhé fáze půdy 2 až maximálně 5 %. Tyto látky dodané do půdy jsou nenahraditelným článkem koloběhu látek v přírodě i v zemědělství a zajišťují i určitou návratnost živin, které odcházejí z koloběhu exportem zemědělských produktů.

Organická hnojiva vedle toho, že zabezpečují přísun organických látek, plní další funkce:

- jsou zdrojem energie a uhlíku pro půdní mikroorganismy, a tím pozitivně ovlivňují biologickou činnost půdy
- chrání humus před rozkladem (degradací) dodáním primární organické hmoty
- příznivě působí na řadu fyzikálně – chemických vlastností půdy (tvorbu drobtovité struktury, poměr vody a vzduchu, poutání živin, zlepšení ústojčivé schopnosti půdy)
- organická hnojiva jsou univerzální, která obsahují všechny rostlinné živiny
- zlepšují v půdě hospodaření s vodou (zvyšují však dešťové vody, vododržnost půdy,

umožňují gravitační a kapilární pohyb vody, aj.)

- omezují působení vodní a větrné eroze v půdě
- příznivě ovlivňují obsah přístupného fosforu v půdě
- mohou působit na vyvázání (imobilizaci) cizorodých prvků
- zvyšují účinnost čistých živin z minerálních (průmyslových hnojiv)

Při vyrovnané bilanci organických látek v půdě se zvyšuje mikrobiální aktivita půd a produktem je nově vytvořená organická hmota.

2.5.8. Kompostování

Kompostovat průmyslový odpad připadá v úvahu jen v některých odvětvích, kde vznikají odpady vhodné ke kompostování. Skočilasová (1987) doporučuje odpady především ze zemědělství a výroby potravin (organické odpady rostlinného a živočišného původu), z výroby papíru a celulózy (kůry, dřevo) nebo nezávadné kaly z ČOV, popel z kotelen. Před vlastním kompostováním je s výjimkou odpadů ze zemědělství potřebná úprava odpadů.

Při výrobě kompostů je důležité dodržovat některé zákonné normy. Mezi základní normy patří:

A. Zákonem o hnojivech č. 156/1998 Sb. ve znění zákona č. 308/2000 Sb., č. 147/2002 Sb. č. 317/2004 Sb.

- vyhláška MZe č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění vyhlášky č. 401/2004 Sb.
- vyhláška MZe č. 475/2000 Sb., kterou se mění vyhláška MZe č. 273/1998 Sb. o odběrech a chemických odběrech vzorků hnojiv
- vyhláška MZe č. 476/2000 Sb., kterou se mění vyhláška MZe č. 274/1998 Sb. o skladování a způsobu používání hnojiv ve znění vyhlášky MZe č. 473/2002 Sb., resp. vyhlášky č. 399/2004 Sb.
- vyhláška MZe č. 477/2000 Sb., a vyhláška č. 400/2004 Sb., a vyhláška č. 209/2005 Sb., kterými se mění vyhláška MZe č. 275/1998 Sb. o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků

B. Zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb., ve znění zákona č. 106/2005

Na ně navazují prováděcí vyhlášky

- vyhláška MŽP a MZ č. 376/2001 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů
- vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ...,
- vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské

půdě

- vyhláška MŽP č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady,
- vyhláška MŽP č. 384/2001 o nakládání s PCB
- nařízení vlády č.197/2003 Sb. o Plánu odpadového hospodářství ČR⁷

Kompost ve smyslu zákona o hnojivech je považován za hnojivo se všemi právními důsledky, a to i tehdy, když jeho majoritní složkou je statkové hnojivo. Výroba kompostu se zákonem o hnojivech řídí v případě, kdy je kompost vyráběn a uváděn na trh. To znamená, že se v plné míře vztahuje na výrobu a distribuci průmyslového kompostu a v některých případech i faremních a komunitních kompostů, pokud jsou uváděny na trh. Režimem zákona o odpadech se musí řídit všichni výrobci kompostů zvláště přísný režim platí pro zpracování nebezpečných odpadů.⁷

Kuraš (1994) definuje kompostování jako aerobní biologický rozkladný proces, jehož účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji odbourat původní organické substance v odpadu a převést je na stabilní humusové látky, které jsou prospěšné rostlinám. Během tohoto procesu se zhodnocuje organická substance v odpadu pomocí aerobních mikroorganismů za přístupu kyslíku, který slouží jako živina a zdroj energie. Za aerobních podmínek dochází ke značné ztrátě uhlíku. Přitom vznikají bílkovinné mikroorganismy a dále CO₂, voda a v závislosti na pH rovněž amoniak. Při dostatečném přísunu kyslíku se amoniak oxiduje na nitráty.

Kompostování odpadů je ve srovnání se skládkováním, skutečným způsobem jejich zneškodnění. Materiály uložené na skládkách zůstávají v podstatě nezměněny po dlouhou dobu a mohou způsobit kontaminaci vody či ovzduší. Přednost kompostování spočívá v tom, že umožňuje vrátit původní materiály do přirozených potravních cyklů. Při kompostování dochází ke zneškodňování škodlivých látek jejich rozkladem, případně přeměnou na nové materiály. Kompostováním se rovněž značně snižuje množství a objem odpadů (až o 30 %).

2.5.8.1. Technologie využívání organických odpadů k výrobě kompostů

U celulózových kalů lze zaznamenat vysoký obsah hořčíku (cca 0,2 %). Obsah zinku dosahuje hranice nejvyššího přípustného množství pro komposty (cca 304 mg.kg⁻¹). Kompostováním lze nazvat biologický proces, kdy ze směsi různých surovin s odlišnými chemickými i fyzikálními vlastnostmi se při vhodných kompostovacích podmínkách vytváří humus tj. organická hmota ovlivněná humifikačními procesy mimo půdní prostředí. Na rozdíl od podmínek v půdě, kde je proces přeměny humusotvorného materiálu v trvalý

humus dlouhodobý, při kompostování je možné tyto pochody technologicky intenzivně usměrňovat a získat kvalitní humus v krátkém období. Technologie kompostování organických odpadů je postup jejich dalšího využívání ekonomicky sice podstatně náročnější, ale naopak umožňuje zpracovat i odpady jejichž chemické a hygienické vlastnosti neumožňují aplikaci těchto materiálů přímou.

Zpracování odpadů kompostováním, umožňuje homogenizovat celou řadu materiálů s rozdílným obsahem organických látek, chemickými i fyzikálními vlastnostmi, zatížením rizikovými prvky i s hygienicky nevyhovujícími parametry. Organická hmota a humus v těžkých půdách zvyšuje pórovitost a vzdušnost, zlepšuje vodní jímavost a propustnost, snižuje soudržnost a omezuje tvorbu škraloupu. V lehkých půdách humus naopak zvětšuje soudržnost, zmenšuje hrubou pórovitost, snižuje vodopropustnost a vysychavost půdy. Humus spojený s jemnými částicemi půdy v tzv. humusoflový komplex na sebe poutá rostlinné živiny a postupně je uvolňuje pro výživu rostlin. Umožňuje tak lepší využití minerálních hnojiv a chrání živiny proti vyplavování do spodních vod. Zároveň zvyšuje odolnost půdy před okyselením a omezuje vstup cizorodých látek, zejména těžkých kovů z půdy do rostlin. V přímém účinku na rostlinu humus působí jako přirozený stimulator růstu. Vyvrálý kompost z 90 % chlévské mrvy a 10 % orniční zeminy obsahuje 2,5 krát více trvalého humusu než hnůj vyrobený z chlévské mrvy stejné kvality. Kompostováním odpadů je možno získat přístupné živiny, které jsou rostlinami využitelné s minimálními ztrátami. Kompostováním lze efektivně využít zemědělské odpady, biologicky rozložitelné komunální odpady při jejich separovaném sběru či po přetřídění, odpady z údržby zeleně v obcích a údržby krajiny apod. V případě, že nelze pokrýt potřebu organických látek pro půdu statkovými hnojivy, je účelné využít ke kompostování další zdroje odpadních hmot mimo zemědělskou farmu nebo koupit od specializovaného výrobce tzv. průmyslový kompost. Znalost potřeby přísunu organických látek do půdy je k udržení půdní úrodnosti nezbytná. Každoročně je půda obohacovaná kořenovou hmotou a posklizňovými zbytky, jejichž množství je závislé především na plodině. Nejvíce jich poskytují víceleté píce, zejména okopaniny. Spotřeba (mineralizace) organických látek závisí na půdním druhu a na pěstovaných plodinách.⁸

2.5.8.2. Organizace výroby kompostů

Aerobní kompostování má celou řadu technologických variant, od překopávaných kompostovaných zakládek na volné ploše a využívání různých kompostérů při domácím a komunitním kompostování, až k různým systémům intenzivního provzdušňování nebo odsávání od plynů k systému provzdušňovaných biofermentorů, kde celý proces je možno řídit počítačem. Ve všech těchto systémech kompostování je však nutno zabezpečovat optimální podmínky na rozvoj mikroorganismů, a to především:

- úpravou poměru uhlíku a dusíku (C:N) v čerstvém kompostu v rozmezí 30-35:1
- úpravou vlhkosti
- zabezpečením minimální přítomnosti fosforu (cca 0,2 % suš.)
- úpravou pH
- úpravou zrnitosti a homogenity substrátu
- provzdušňováním substrátu
- regulací teploty v průběhu kompostování

O úspěšném průběhu kompostování a o výsledné kvalitě kompostu rozhoduje sestavení správné surovinové skladby čerstvého kompostu, což je výběr odpadů a stanovení jejich hmotnostního poměru. Při sestavení surovinové skladby kombinujeme odpady s vysokým obsahem uhlíku, s odpady s obsahem dusíku, odpady málo strukturní s odpady strukturními, odpady suché s odpady vlhkými tak, aby bylo docíleno optimálních podmínek a jakostních znaků. Surovinová skladba čerstvého kompostu je hmotnostní poměr jednotlivých odpadů nebo hmot, které navážíme do kompostové zakládky. Organická hmota odpadů představuje pestrý sortiment látek, různě odolný mikrobiologickému rozkladu. Rychlost rozkladu různých organických zbytků je možno si vysvětlit různým poměrem uhlíku (C:N). V kompostářské praxi vycházíme ze zjištění, že obsah uhlíku představuje cca polovinu obsahu organické hmoty (spalitelných látek). Kompostované hmoty s poměrem C:N užším než 10:1 se rozkládají velmi rychle a jsou mikrobiologicky dobře využitelné. Naopak hmoty se širokým poměrem C:N nad 50:1 se rozkládají velmi pomalu. Dobrý kompost obsahuje 45 % vody a 20 % i více organických látek, z nichž je asi 40 – 50 % humifikovaných. Obsah živin je velmi variabilní a kolísá podle složení výchozích surovin.⁸

Kalina (1999) stanovil optimální poměr C : N v kompostu 20 až 30 : 1 (tedy 20 až 30 krát více uhlíku než dusíku ve výchozím materiálu). Při nadbytku uniká „nadměrná“ živina ve formě čpavku do vzduchu, dokud není poměr C : N optimální.

2.5.8.3. Rozdělení kompostů

Richter a Kubát rozlišuje komposty:

- 1) Statkové – slouží k recyklaci organické hmoty v rámci zemědělského podniku a základem pro jejich výrobu je odpadní rostlinná biomasa (sláma, znehodnocená krmiva, listí ze stromů), chlévská mrva, kejda, popř. močůvka a zemina.
- 2) Průmyslové – vyráběny velkovýrobní technologií s využitím biodegradabilních komunálních a průmyslových odpadů. Cílem je navrácení organických látek a živin do půdy a současně snížení zátěže životního prostředí jejich skladováním nebo spalováním.
- 3) Speciální – slouží především pro výrobu různých substrátů a využívají se hlavně v zahradnictví. Jedná se především o listovku, rašelinovku a drnovku či pařeništní zeminu a lze sem také zařadit kompost získávaný pomocí kalifornských žížal, tzv. vermikompost.

Suroviny pro výrobu kompostů dělí Richter a Kubát (2003) na:

- a) substráty minerální – zemina, rybníční vápno, zemité kaly
- b) substráty organické – odpadní biomasa ze zemědělství, odpady z dřevozpracujícího, potravinářského či papírenského průmyslu
- c) substráty mikrobiální – chlévská mrva, kejda, močůvka, čistírenské kaly, fekálie, atd.
- d) vápenaté hmoty – mleté vápence, saturační kaly

2.5.8.4. Výroba kompostu

Při výrobě kompostu je klíčovou fází proces fermentace neboli zrání. Organická hmota surovin je nejprve činností enzymů mineralizována za současného uvolňování tepla a poté následuje syntéza stabilních organických látek humusového charakteru. Přeměnu organické hmoty surovin na humusové látky zajišťují převážně mikroorganismy. První fáze přeměny je proces aerobní, a proto musí být zajištěn dostatek vzduchu uvnitř základny. Nejnáročnější záležitostí je optimalizace surovinové skladby kompostu. Hmoty s širokým poměrem C : N se rozkládají pomalu (stromová kůra, piliny, sláma, papírenské odpady) a mísí se s hmotami s poměrem C : N užším (kejda, chlévská mrva).

(Richter, Kubát 2003)

Komposty jsou produktem s vysokým podílem humusových látek. Richter a Kubát (2003) tvrdí, že vyztřálý kompost je velice stabilní organické hnojivo, živiny v něm obsažené jsou do půdy uvolňovány velmi pomalu a nehrozí jejich vyplavování do podzemních vod. Navíc kompost obohacuje půdu o užitečnou mikroflóru a zlepšuje některé mechanicko-fyzikální vlastnosti a fyzikálně-chemické vlastnosti půdy jako je vododržnost, pufrální kapacita, struktura apod.

2.5.9. Průmyslové komposty

ČSN 4657 35 platí pro výrobu, zkoušení, dodávání a užívání kompostů vyráběných průmyslovým způsobem a používaných jako organické hnojivo. Za průmyslový kompost podle této normy se považuje organické hnojivo vyráběné mícháním a biologickým zráním různých látek obsahujících rozložitelné organické látky a rostlinné živiny. Jsou normalizovány všeobecné a technické požadavky, vzorkování, zkoušení a konečně požadavky na dodávání, dopravu a značení. Ve všeobecných požadavcích jsou uvedena nejvyšší přípustná množství sledovaných látek (tj. obsah As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb a Zn v mg.kg-1 vysušeného vzorku), které mohou obsahovat suroviny do těchto kompostů. Norma dále v stanoví znaky jakosti kompostů a současně nejvyšší přípustná množství sledovaných látek v mg.kg-1 vysušeného vzorku pro dvě třídy kompostů. V části normy, která řeší zkoušení jsou analytické metody na stanovení všech sledovaných látek. ČSN 46 5735 byla schválena 12.4.1991 a nabyla účinnosti od 1.6.1991.⁹

Kalina (1999) popisuje tyto 2 třídy kompostů:

- kompost I. třídy je pro půdu zcela nezávadný
- kompost II. třídy nesmí být aplikován na půdy s hodnotou pH nižší než 6,0 a na půdy kde se pěstují plodiny pro přímou konzumaci

2.5.9.1. Technologie výroby registrovaných průmyslových kompostů

Průmyslový kompost dle požadavků ČSN 465735 musí být hnědá, šedohnědá až černá homogenní hmota drobtovité až hrudkovité struktury bez nerozpojitelných částic. Nesmí vykazovat pachy, svědčící o přítomnosti nežádoucích látek. Do kompostů nesmí být použity suroviny, které po skončení fermentačního procesu budou mít charakter cizorodých látek. Jde zejména o rizikové prvky a do kompostu nesmí přijít odpad, který vykazuje jejich obsah vyšší než je uvedeno v tabulce č. 1:

Sledované látky	Nejvyšší přípustné množství sledované látky v mg v 1 kg vysušeného vzorku
Arsen	50
Kadmium	13
Chrom	1000
Měď	1200
Rtuť	10
Molybden	25
Nikl	200
Olovo	500
Zinek	3000

Doba zrání průmyslového kompostu je minimálně 60 dnů po skončené homogenizaci surovin (homogenizační překopávka), obsahuje-li surovinová skladba více než 40 % hmotnosti těžce rozložitelných surovin, je doba zrání minimálně 100 dnů. Během doby zrání je nutno kompost minimálně ještě jednou překopat. Příprava, předfermentace a úprava surovin a doba přípravy kompostové zakládky se do doby zrání nezapočítávají. Interval mezi první a druhou překopávkou musí být větší než 21 dnů.

U kompostů vyráběných z komunálních bioodpadů, čistírenských kalů, farmaceutických kalů nebo dalších odpadů s důvodným podezřením na obsah patogenních organismů, musí kompost v procesu zrání dosáhnout minimální teploty 55°C po dobu 21 dnů a u kompostů vyráběných z ostatních surovin teploty 45°C po dobu 5 dnů. Teplota se měří ve středu výšky zakládky v minimální hloubce 1 m od povrchu zakládky v intervalech umožňujících sledovat průběh zrání. Průmyslový kompost je možné expedovat nejdříve 14 dní po skončení druhé překopávky. V té době nesmí být teplota 50 cm pod povrchem zakládky vyšší než 45°C.¹⁰

2.5.9.2. Posouzení kvality vyrobeného kompostu

Tabulka č. 2 stanoví jakostní znaky kompostu dle ČSN 46 5735 takto:

momentální vlhkost	40-60 %
spalitelné látky v sušině	min. 28 %
celkový dusík N_t v sušině	min. 0,60 %
C : N	max. 30
pH	6,0 - 8,5
nerozložitelné příměsi	max. 2 %

Tyto normou předepsané parametry jsou důležité, ale bohužel neprozrazují nic o tom, zda při kompostování vznikly humusové částice, typické schopností iontové výměny a reakce s jílovitou minerální frakcí, pro kterou kompost vlastně vyrábíme. Kolář a kol. (2000) proto doporučují zkoušky předepsané ČSN 46 5735 doplnit o záznam průběhu vzorku kompostu uvedeného z hlediska iontové výměny do H^+ -cyklu odměrným roztokem hydroxidu barnatého.

2.5.10. Vermikompostování papírenských odpadů

Papírenské odpady se v současné době převážně využívají energeticky, skládkují a kompostují. Možnou variantou poslední zmíněné metody je vermikompostování, tedy přeměna organické hmoty na částečně humifikované organické hnojivo (vermikompost) za přispění dešťovek. Vermikompost je považován za nejkvalitnější organické hnojivo, což je dáno zejména snadnou vstřebatelností humusových látek v něm obsažených rostlinami, které jsou na toto "hnojivo" zvyklé, ale i dalšími jeho vlastnostmi. Pro vermikompostování jsou v našich klimatických podmínkách nejvíce používány dva druhy dešťovek: u nás žijící *Eisenia foetida* (Dešťovka hnojní) a z ní či z její příbuzné *Eisenia andrei* vyšlechtěný kalifornský červený hybrid. Vermikompostování se provádí v řádcích či bioreaktorech, kam se průběžně (např. jednou týdně) přidává vrstvička substrátu.

Pro nasazení vermikompostování v celulózo-papírenském průmyslu je nutné prozkoumat a optimalizovat všechny důležité parametry tohoto procesu při jeho aplikaci na papírenské odpady. U nás se tímto zabývají na odboru agroekologie při Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze - Ruzyni a na Katedře dřeva, papíru a celulózy při Univerzitě Pardubice.¹¹

Kuraš (1994) tvrdí, že pomocí vermikompostu lze ze zpracovaného odpadu izolovat i těžké kovy, ty se však hromadí v těle žížal a vyvolávají problém s jejich dalším využitím.

3. Metodika

3.1. Test toxicity

3.1.1. Účel testu toxicity

Test byl vyvinut k testování neškodnosti odpadních vod, jež by mohly být použity pro závlahy např. zemědělských plodin. Testuje se vliv vody na klíčení semen a růst kořenů hořčice bílé (*Sinapis alba*) v počátečních stadiích vývoje. Test spočívá v kultivaci semen na podložkách nasycených roztoky zkoumané látky ve srovnání se semeny, které rostou na podložce nasycené ředící vodou. V testech toxicity představuje hořčice bílá zástupce kulturních a vyšších rostlin.

Tab. č. 3: Podmínky testu toxicity na *Sinapis alba*

Testovací organizmus:	<i>Sinapis alba</i>
Barva	okrově žlutá
Velikost	střední, 1,5 – 2 mm
Klíčivost	minimálně 90%
Počet semen v jedné Petriho misce	10
Sledovaná odezva:	inhibice nebo stimulace růstu
Podmínky testu:	stálá teplota, temno
Teplota	20°C
Doba expozice	3 dny
Osvětlení	bez přístupu světla
Chemikálie:	výchozí roztok testované látky, zředovací voda dle ISO 7346 (pro naše účely voda z Bagru = rybník nedaleko JČU)
Pomůcky a zařízení:	Petriho misky, skelná tkanina, odměrné baňky, pipety, termostat, milimetrové měřítko

3.1.2. Test hořčice bílá Přerovská (postup)

Do Petriho misky se umístí křížem dvě podložní sklíčka, na ně se položí kroužek skelné tkaniny. Na tkaninu se rovnoměrně umístí 10 semen hořčice bílé Přerovské. Přidá se 10 ml vzorku a miska se přikryje víčkem. Stejným způsobem se provede slepý pokus, ve kterém se na místo vzorku použije 10 ml β -mezosaprobni vody (čistá rybníční voda z Bagru). Miska slepého pokusu se také přikryje víčkem. Pro každou variantu se provede 5 opakování (10 misek je jedna varianta). Misky se umístí na 3 dny do tmy a po třech dnech se zapíše délka hypokotylu a kořínku u jednotlivých semen. Ze zjištěných údajů byl vypočítán index klíčení a kořenových přírůstků, tedy KKP (= průměrná délka kořínku ve vzorku / průměrná délka kořínku v kontrole)

Obrázek č. 10: vyklíčené semeno hořčice bílé (*Sinapis alba*)



3.2. Organominerální hnojivo

Připravíme si:

3,5 kg čerstvé sekané trávy

0,5 kg rozetřeného suchého kaustifikačního kalu

0,5 kg střední hlinitopísčité či jílovitohlinité, resp. hlinité zeminy

100 g močoviny

250 g hnojiva AMOFOS (fosforečnan amonný) nebo chemikálii

100 g hořké soli (MgSO_4 hydrát)

50 g síranu draselného K_2SO_4

250 g jílu z výroby

- 1) Substrát zhomogenizujeme na podložce, abychom měli 5 kg (bez jílu).
- 2) Do kbelíku s 5 litry vody se přidá 1000 g zhomogenizované směsi, promíchá se a nechá usadit. Poté se opatrně slije voda ze směsi a její objem se pečlivě změří. Zemina se pak velkou nálevkou s velkým filtračním papírem zfiltruje a filtrát se objemově změří.
- 3) Zapišete součet objemu slité vody a objemu filtrátu a tato hodnota se odečte od 5 litrů.
je to R_c = retenční vodní kapacita kompostové směs
- 4) Zbyly nám 4 kg zhomogenizované směsi. Do nádoby odměříme hodnotu $\frac{4 \times R_c}{2}$

2

Kal pokus:

Objem zalité vody: 3,90 litrů $R_c = 5 - 4,46 = \underline{0,54}$

Objem filtrátu: 0,56 litrů Do nádoby tedy odměříme $\frac{4 \times 0,54}{2} = \underline{1,08 \text{ litrů vody}}$

Celkem 4,46 litrů 2

Piliny: (kontrola)

Objem zalité vody: 4,0 litrů $R_c = 5 - 4,42 = \underline{0,58}$

Objem filtrátu: 0,42 litrů Do nádoby tedy odměříme $\frac{4 \times 0,58}{2} = \underline{1,16 \text{ litrů vody}}$

Celkem 4,42 litrů 2

- 5) V mixéru (nebo v míchačce) v tomto vypočítaném množství rozmícháme 0,25 kg jílové látky (z výkopu) na jílové mléko. Jíl nepočítáme v sušině, ale v přirozené vlhkosti.

- 6) 4 kg zbylé zhomogenizované směsi rovnoměrně postříkáme jílovým mlékem tak, aby se všechno vsáklo.
- 7) Nyní do 4 odpadkových pytlů objemu 60 litrů navážíme přesně 1 kg vlhké směsi. (protože jsme měli 4 kg vlhké směsi a přidali jsme jíl a vodou musí nám zbýt asi 0,5 až 1 kg směsi).
- 8) Zbytek směsi pečlivě označíme a dáme do igelitového pytlíku a zmrznout do mrazáku.
- 9) Úplně stejně zopakujeme body 1 až 9, ale místo kaustifikačního kalu použijeme stejné množství dřevěných pilin.
- 10) Všechny vzorky s kontaminovaným kalem označíme P (pokus), s pilinami S (slepák). Pytle s 1 kg vlhkých směsí P i S nafoukneme (ne moc, jinak zvýšením teploty prasknou) kompresorem a zavážeme gumičkou. Nenařekujeme ústy bylo by tam mnoho CO₂.
- 11) 1 pytel P a jeden pytel S dáme do termostatu s teplotou 45°C (označíme P 45 a S 45).
1 pytel P a 1 pytel S dáme do termostatu s teplotou 60°C (označíme P 60 a S 60).
2 pytle P a 2 pytle S uložíme při teplotě místnosti (20°C) do temna (do skříně).
Jeden P a jeden S označíme A (Aerobie) 20, druhou dvojici P a S jen 20.
- 12) Každý den dopoledne všechny pytle kromě P 20 a S 20 (pytle P A20 a S A20 ošetříme jako všechny ostatní pytle) vysypeme na podložku do tenké vrstvy (2 – 3 cm), promícháme a znovu dáme do pytle. Pytel také zvážíme a doplníme vodovodní vodou do 1 kg. Pytle mají menší hmotnost, protože se nějaká voda odpařila. Poté pytle zase nafoukneme vzduchem, zavážeme a uložíme na původní místo.
- 13) Po 6 dnech hmotnost v pytlí P 60 a S 60 vyregulujeme a pokračujeme při teplotě 45°C.
- 14) Po 4 týdnech kultivace pokračujeme s doplňováním vypařené vody, ale aeraci neprovádíme už 1 krát denně, ale 1 krát týdně. Další 4 týdny.
- 15) Po 8 týdnech experimentu ze všech pytlů odebereme malé vzorky (asi 50 g) a usušíme je na vzduchu.
- 16) Ve vzorcích se stanoví:
 - a) výměnné pH
 - b) spotřeba ml 0,1M NaOH na titraci suspenze 1g vzorku na fenolftalein do růžova
 - c) stanovení T (= maximální sorpční kapacity) konduktometricky dle Sandhofa

Stejně hodnoty se zjistí jako hodnoty počáteční i ve vzorku směsi, kterou jsme nechali zmrznout.

3.3. Stanovení výměnného pH

3.3.1. Výměnná reakce

Schopnost půdy měnit pH roztoků neutrálních solí (elektrolytů) se nazývá výměnná reakce. Výměnná reakce se objeví na základě výměny iontů H^+ nebo Al^{3+} , poutaných sorpčním komplexem za ionty roztoku neutrální soli, kterou se na půdu působí. Stanovení výměnné reakce se provádí buď změřením pH suspenze, nebo titrací výluh. V půdách s vyšším obsahem humusu se neuvolňují ionty Al a Fe, protože dochází k jejich chelatizaci. Čím více vody se přidá k půdnímu vzorku, tím vyšší je i stanovené pH a to v důsledku snížení koncentrace H^+ .

Postup stanovení výměnného pH:

Smícháme 40 g půdy se 100 ml 1 M KCl, hodinu třepeme a poté změříme pH elektrometricky. Pak titrujeme pomocí 0.1 M HCl nebo 0.1 M NaOH.

3.4. Konduktometrické titrace

Nejprve se vzorek kompostu promyje 0,1 m HCl a tím se vyplaví poutané ionty a výměnná místa se nasatí vodíkem. Poté se vzorek promývá destilovanou vodou tak dlouho dokud vzniká kapkou roztoku $AaNO_3$ bílý zákal. Zjistili jsem tak, že už jsou vymyty i poslední zbytky HCl. Vymytý roztok kompostu v H^+ -cyklu se spláchne do měrné kádinky, do kádinky se vloží míchadélko a nádobka se postaví na elektromagnetickou míchačku. Umístíme vodivostní čidlo konduktometru, zapneme míchání a změříme vodivost suspenze kompostu s vodou. V pravidelných časových intervalech (30 – 60 sekund) přidáváme po 0,1 až 0,2 ml roztoku $Ba(OH)_2$. Vodivost měříme vždy před dalším přídatkem $Ba(OH)_2$.

3.5. Stanovení T (= maximální sorpční kapacity) konduktometricky

dle Sandhofa

3.5.1. Kapacita kationtová výměnná

Schopnost půdy vázat na svém aktivním povrchu kationty ve výměnné formě se nazývá kationtová výměna nebo max. sorpční kapacita. Je závislá na množství koloidního podílu a na vlastnostech jednotlivých druhů koloidů. Převážně obsah jílu a humusu ovlivňuje sorpční kapacitu půdy. Vysoká sorpční kapacita půdy je důležitá pro dostatečný

přísun kationtů ze sorpčního komplexu půdy k rostlinám. Tím tak vznikají podstatně příznivější předpoklady pro průběžné zásobení rostlin živinami.

3.5.2. Princip stanovení maximální sorpční kapacity

Půda převedena do tzv. H^+ cyklu (nahrazením bazických kationtů vodíkem) se titruje $Ba(OH)_2$. Přitom Ba^{2+} nahrazuje vodík v sorpčním komplexu a vzniká málo disociovaná voda, takže vodivost systému se prakticky nemění. Vodivost mírně stoupá před dosažením bodu ekvivalence, poněvadž se na ni již začínají podílet ionty Ba^{2+} slabě poutané v silně nasyceném sorpčním komplexu půdy. Po úplném nasycení (za bodem ekvivalence) se začínají uvolňovat volné ionty titračního roztoku a vodivost prudce a rovnoměrně stoupá.

Postup stanovení sorpční kapacity:

Do vysoké 250 ml kádinky odvážíme (přesně na 0,01 g) 10 g půdy, přidáme cca 100 ml 0,1M HCl a dáme na topnou desku na 30 minut, max. 50°C teplé. Poté obsah kádinky převedeme kvantitativně na filtr. Zemina se promývá na filtru destilovanou vodou tak dlouho, až ve filtrátu není dokazatelný Cl^- (roztok $AgNO_3$). Potom doplníme destilkou na cca 150 ml a za stálého míchání titrujeme faktorizovaným $Ba(OH)_2$. Hydroxid přidáváme po 1 ml po 1 minutě. Vodivost odečteme vždy těsně před dalším přidávkem. Skončíme až bude přírůstek vodivosti třikrát za sebou stálý.

Tabulka č. 4 sorpční kapacita

Hodnota mval/100 g zeminy	Hodnocení
30 +	velmi vysoká
25 – 30	vysoká
18 – 25	vyšší střední
13 – 25	nižší střední
8 – 13	nízká
- 8	velmi nízká

Na vylepšení sorpční výměnné kapacity se používají následující materiály:

- Kompost (T = 30 – 50mval/100g)
- Rašelina (T je kolem 100mval/100g)
- Odleželá kůra (T je 60 – 75 mval/100g)

3.6. Stanovení CaO a CaCO₃ v kaustifikačním kalu

- při teplotě 105°C se vzorek kalu rozmělní a vysuší v sušárně asi 4-6 hodin
- 15 g vysušeného kalu se odváží do 500 ml kádinky a přidá se 50 ml vody (destilované) skleněnou tyčinkou, na které je na konci navlečeno asi 1-1,5 cm těsné hadičky, poté se kal rozmíchá na jemnou kašičku
- přidá se 300 ml vody, rozmíchá a kvantitativně s pomocí nálevky a jemné stříčky se převede celý obsah kádinky do odměrné baňky (500 ml)
- baňka se doplní destilovanou vodou přesně na objem 500 ml a dobře se promíchá
- 1 litr destilované vody se vaří 10 minut ve velké 2 litrové kádince, pak se kádinka překryje velkým hodinovým sklem a voda se nechá úplně vystydnout
- obsah 500 ml odměrky dobře protřepeme a ihned z kádné tekutiny odpipetuje 100 ml do další, jiné 500 ml odměrky
- odměrku doplníme vyvařenou studenou destilovanou vodou do 500 ml
- připravíme si 0,5 M HCl (44 ml HCl do 1 litru) a 0,5 M NaOH (21,4g NaOH do 1 litru) a indikátory: METYLORANŽ (0,1 g do 100 ml vody)

FENOLFTALEIN (0,5 g v 100 ml 60% lihu)

- z druhé odměrky s vyvařenou destilovanou vodou po dobrém protřepání ihned pipetujeme 100 ml do větší kádinky (400 nebo 600 ml)
- přidáme 50 ml 0,5 M HCl, překryjeme hodinovým sklem a mírně zahříváme na vařiči až ustane vývoj CO₂, poté necháme úplně vychladnout

- přidáme 1-2 kapky metyloranže a z byrety se titruje 0,5 M NaOH až se právě změní barva z cibulova do žluta (musíme míchat), zaznamenáme spotřebu louhu->a
- z druhé odměrky s vypařenou destilovanou vodou pipetujeme po důkladném protřepání 100 ml do další větší kádinky
- přidáme 1-2 kapky fenolftaleinu (roztok zčervená), poté z byrety titrujeme 0,5 M HCl až červené zbarvení zmizí (opět mícháme), zaznamenáme spotřebu 0,5 M HCl->b

Výpočet:

$$50 - (a + b) = \text{ml } 0,5 \text{ M HCl na } \text{CaCO}_3$$

$$b = \text{ml } 0,5 \text{ M HCl na CaO}$$

$$\% \text{ Ca CO}_3 = \left(\frac{50 - (a + b)}{2} \right) * 8,33$$

2

$$\% \text{ CaO} = \frac{b}{2} * 4,66$$

2

4. Výsledky

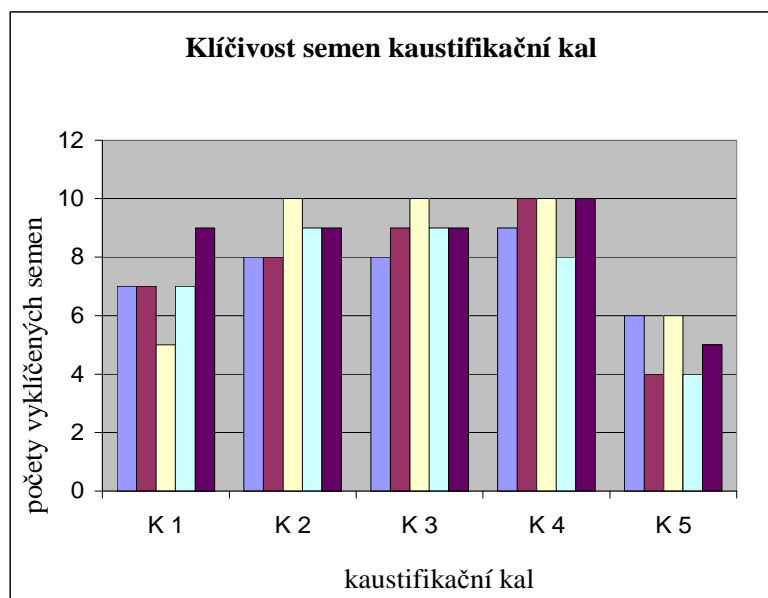
Pro zjištění složení a vlastností kaustifikačních kalů byly provedeny tyto pokusy: test klíčivosti semen hořčice bílé (*Sinapis alba*) a zároveň s ním byl vypočítán i index klíčení a kořenových přírůstků (KKP), výměnné pH, sorpční kapacita, obsah CaCO₃, CaO v kaustifikačních kalech. Na základě těchto výsledků je možné zvažovat použití kaustifikačních kalů jako jedné ze složek kompostu.

Tabulka č. 5: Klíčivost semen kaustifikačních kalů

Kaly	Klíčivost semen při použití kaustifikačních kalů					Průměr
K 1	7	7	5	7	9	7,0*
K 2	8	8	10	9	9	8,8*
K 3	8	9	10	9	9	9,0*
K 4	9	10	10	8	10	9,4*
K 5	6	4	6	4	5	5,0*

* průměrné hodnoty klíčivosti semen při použití kaustifikačních kalů

Graf. č.1



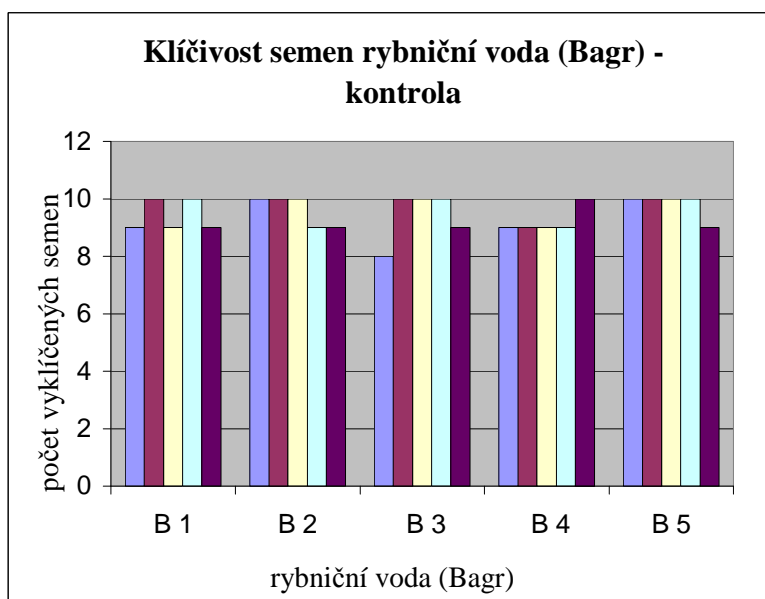
Z grafu vyplývá, že u kaustifikačního kalů jsou velké rozdíly v klíčivosti. Největší úspěšnost v klíčivosti byla u kalu č. 4 a naopak u kalu č. 5 jsme zjistili nejmenší počet vyklíčených semen.

Tabulka č. 6: Klíčivost semen rybníční vody (kontrola)

Rybníční voda (Bagr)	Klíčivost semen při použití rybníční vody					Průměr
B 1	9	10	9	10	9	9,4*
B 2	10	10	10	9	9	9,6*
B 3	8	10	10	10	9	9,4*
B 4	9	9	9	9	10	9,2*
B 5	10	10	10	10	9	9,8*

* průměrné hodnoty klíčivosti semen při použití rybníční vody (Bagr)

Graf č. 2



Graf č. 2 znázorňuje klíčivost semen při použití rybníční vody (Bagr). Je zřejmé, že u rybníční vody dosahuje klíčivost vysokých hodnot a neprojevují se u ní takové rozdíly v klíčení jako při použití kaustifikačních kalů.

Tabulka č. 7:

Vzorek kaly	KKP (= index klíčení a kořenových přírůstků)					Průměr	Vyhodnocení
K 1	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,38	
K 2	0,3	0,4	0,6	0,4	0,4	0,42	
K 3	0,6	0,4	1,3	0,6	0,8	0,70	
K 4	1,1	0,8	1,0	1,1	1,1	1,02	Nejvyšší KKP u kalů
K 5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,34	Nejnižší KKP u kalů

Největší úspěšnost v klíčení byla u kalu č. 4 jak je vidět z grafu č. 1.

V tabulce č. 7 jsme potvrdili pomocí indexu klíčení a kořenových přírůstků, že klíčivost je největší u kalu č. 4.

Tabulka č. 8:

Vzorek Bagr	KKP (= index klíčení a kořenových přírůstků)					Průměr
B 1	1,1	1,0	0,6	1,3	1,1	1,02
B 2	0,9	0,7	1,2	0,9	1,3	1,00
B 3	1,0	1,2	1,0	0,8	1,0	1,00
B 4	1,0	0,9	1,3	1,1	0,7	1,00
B 5	1,3	0,8	1,1	0,9	1,0	1,02

V tabulce č. 8 vidíme klíčivost semen při použití rybníční vody.

Tabulka č. 9: Výměnné pH + titrace do pH 7

vzorek	výměnné pH	spotřeba ml 0.1 M HCl		spotřeba ml 0.1 M NaOH	
		na 40 g půdy	na 1g půdy	na 40 g půdy	na 1g půdy
P 45	7,7	18,5	0,46		
P 60	7,8	20,5	0,51		
PA 20	7,1	2	0,05		
P 20	7,1	2,5	0,06		
S 45	6,1			85	2,13
S 60	6,1			84	2,10
SA 20	6,2			87	2,18
S 20	6,2			67	1,68
P*	6,4			25	0,63
S*	6			92	2,30

**P, S zmrazené počáteční vzorky*

Vzorky P titrujeme HCl, protože mají vysoké pH a chceme ho snížit. Naopak vzorky S titrujeme NaOH, protože mají nízké pH a chceme ho zvýšit.

Tabulka č. 10: Spotřeba HCl a NaOH a při titraci

Vzorek č.	Spotřeba ml HCl při titraci	Spotřeba ml NaOH při titraci
1	0,25	38,3
2	0,25	42,3
3	0,3	38
4	0,25	39,2
5	0,25	37,7

Tabulka č.11: Sorpce podle Sandhofa (1. pokus říjen 2008)

Varianta	s (ml)	T (mval/100 g půdy)	
P 45	14,9	37,6	
S 45	14,6	36,8	
P 60	15,4	38,9	
S 60	14,3	36,2	
PA 20	12,8	32,9	
SA 20	13,0	32,3	
P 20	7,5	28,9	
S 20	11,1	28,1	
P	12,5	31,2	□ 31.4
P´	12,7	31,7	
S	12,7	31,8	□ 31.2
S´	12,2	30,6	

P.....kaly

S.....piliny

T = maximální sorpční kapacita

s = spotřeba roztoku Ba(OH)₂ v bodě ekvivalence

f = faktor Ba(OH)₂ = 1.2625, pro vzorky S a P = 1.25

n = normalita Ba(OH)₂ = 0.2 N

N = navážka půdy v g

$T = \frac{s \cdot n \cdot f \cdot 100}{N}$ (mval 100⁻¹ * g⁻¹ půdy)

N

U vzorku P 45, který byl v termostatu při teplotě 45°C, můžeme pozorovat zvýšení sorpce o 0,8 mval/100 g půdy. Jako kontrolu používáme piliny. Nejvíce se sorpce zvýšila u vzorku P 60 o 2,7 mval/100 g půdy, který byl v termostatu při teplotě 60°C, je tedy zřejmé, že teplota má vliv na zvýšení sorpční kapacity kompostu. Dále u vzorku PA 20 a P 20 byla sorpční kapacity také zvýšená a to o 0,6 a 0,8 mval/100 g půdy.

Tabulka č. 12: Obsah CaCO₃, CaO a sodíku, KKP

Vzorek	KKP	Vlhkost (% hm.)	CaCO ₃ (% hm.)	CaO (% hm.)	Na (mg/l výluhu)
1	0,38	36,4	47,68	0,58	1,2
2	0,42	58,1	31,02	0,58	1,3
3	0,74	35,7	48,73	0,69	1,0
4	1,02	43,9	43,94	0,58	1,4
5	0,34	34,3	50,18	0,58	1,5

V tabulce č. 12 vidíme výsledky stanovení množství uhličitanu vápenatého, oxidu vápenatého a sodíku v kaustifikačním kalu. Dále je zde index klíčení a kořenových přírůstků a vlhkost jednotlivých vzorků kalů.

5. Diskuse

Kaustifikační kaly vzniklé při sulfátové výrobě papíru mají být využity v zemědělství. Jedna z možností využití je použít kaustifikační kaly jako složku kompostu. Pokud je chceme však použít do kompostu je nutné stanovit jejich vlastnosti a udělat tedy rozbor a provést test toxicity a kompostovací zkoušky. Z agrochemického hlediska je významný CaCO_3 , volný CaO , sodík a ekotoxicita. Po odběru vzorků byl proveden test toxicity na hořčici bílou (*Sinapis alba*) u 5 vzorků. Na základě těchto testů byla zjištěna klíčivost semen při použití kaustifikačního kalu v porovnání s kontrolou (voda z rybníka Bagr). Sledujeme projev inhibice nebo stimulace klíčení semen. Test toxicity byl proveden u 5-ti kalů v 5-ti opakováních. Ze zjištěných výsledků vyplývá, že klíčivost semen je velmi různá. Nejmenší klíčivost byla u kalu č. 5 (50 %). U kalu č. 5 se můžeme domnívat, že pochází pravděpodobně z jiné technologie výroby, jak je vidět na mapě odběru kalů tak kal č. 5 se nachází jinde než ostatní kaly. Největší klíčivost byla u kalu č. 4 (94 %). Klíčivost kaustifikačních kalů se porovnávala s klíčivostí semen při použití rybníční vody. Výsledná průměrná klíčivost rybníční vody byla téměř 95 %. Z toho vyplývá, že kaustifikační kaly mají v porovnání s rybníční vodou různé rozpětí klíčivosti. Potvrzuje to i index klíčení a kořenových přírůstků (KKP), který se pohybuje při použití kaustifikačních kalů v rozmezí 0,34 až 1,02 a při použití rybníční vody je hodnota KKP 1,00 až 1,02. Tento široký interval ekotoxicity vylučuje přímé použití kaustifikačních kalů jako vápenaté hnojivo.

Po provedení zkoušek toxicity se připravil substrát organominerální hnojivo, u kterého bylo upraveno pH na hodnotu pH 7, provedli se titrace a zjistila se maximální sorpční kapacita, která je pro půdu velmi důležitá.

Dále se stanovilo výměnné pH, které bylo u vzorků kalů P 45 a P 60 alkalické a u vzorků kalů PA 20 a P 20 neutrální. Vysoká alkalita je pravděpodobně způsobena přidáním velkého množství hydroxidu sodného při procesu rozvláknování. Sodík zvyšuje pH vzorků, z výsledků však vyplývá, že kaustifikační kaly obsahují jen nepatrné množství sodíku. Díky nízkému obsahu sodíku jsou kaustifikační kaly tedy vhodné jako složka kompostu, protože nedochází k peptizaci půdních koloidů a vzniku nekróz kořenového krčku rostlin.

Dlouhodobým skládkováním došlo pravděpodobně k vyplavení sodíku do spodních vrstev, proto jsem zjistili, že hodnoty sodíku v kaustifikačních kálech jsou nízké.

Alkalické vzorky kalů titrujeme pomocí HCl , abychom snížili pH na hodnotu pH 7 (tedy neutrální). Tato hodnota je důležitá, protože při rovnovážném stavu je počet iontů pohybující se oběma směry ekvivalentní, adsorpce kationtů je tedy v rovnováze s jejich

desorpceí.

Podíl CaCO_3 a CaO se stanoví na základě titrací a následného zpracování výsledků pomocí stanovených vzorců. Na základě těchto výsledků bylo prokázáno, že v kaustifikačních kalech je velké množství CaCO_3 , který odpadá při procesu kaustifikace jako kaustifikační kal. Uhličitan vápenatý je velmi důležitý při výrobě kompostu. Má vliv na pufrací schopnost, znemožňuje tedy okyselení kompostované hmoty. Obsah CaO v kaustifikačních kalech je minimální. Podle místa a hloubky odběru značně kolísá i obsah vody u jednotlivých vzorků kaustifikačních kalů.

Velmi důležitou schopností půd je sorpční kapacita. Další analýzou se zjišťovala maximální sorpční kapacitu (T), která se obvykle zvětšuje s vyšším obsahem humusových koloidů v jádru sorpčního komplexu. Vysokou hodnotu T mají organické koloidy, proto je hodnota T spojena s obsahem humusu a se zrnitostí. Maximální sorpční kapacitu zjistíme, když titrujeme vzorky kalů Ba(OH)_2 . Skončíme pokud bude přírůstek vodivosti třikrát za sebou stálý. Cílem je tedy zvýšení maximální sorpční kapacity a tím ochrana živiny ve formě kationů před ztrátami vyplavením. Nejvíce se sorpce zvýšila o 2,7 mval/100 g půdy u vzorku P 60, který byl v termostatu při teplotě 60°C a po 6 dnech se teplota snížila na 45°C je tedy zřejmé, že zvýšení počáteční teploty má vliv na zvýšení sorpční kapacity kompostu.

6. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout možnosti využití kaustifikačních kalů ze závodu JIP – Papírny Větrní, a.s. v zemědělství. Kaustifikační kaly vzniklé při sulfátové výrobě papíru představují odpad, který vznikl z průmyslové výroby a mohl by být druhotně využit. Jedna z možností použití kaustifikačních kalů jako vápenaté hnojivo je však vyloučena z důvodu zjištěného širokého intervalu ekotoxicity. Stopové toxické prvky se mikrobiální cestou neodstraní, ale vazbou na cheláty ztrácejí svou účinnost, a tedy i toxicitu. Humus, případně huminové kyseliny, které jsou nejučinnější frakcí humusu, jsou nejlepším a nejkomplexnějším chelatizačním prostředkem. Proto další z možností druhotného využití je použití kaustifikačních kalů jako složky kompostu. Kompostování je výhodné, protože můžeme zpracovávat i odpady jejichž chemické a hygienické vlastnosti neumožňují aplikaci těchto materiálů přímou, jako je to např. u kaustifikačního kalu.

Po analýze kaustifikačních kalů se zjistil obsah CaCO_3 , CaO , Na a ekotoxicita. Dále se stanovila maximální sorpční kapacita, která je pro půdu velmi důležitá. Představuje schopnost půdy sorpčními silami poutat prvky, které jsou důležité pro půdotvorný proces i výživu rostlin.

Na základě provedených kompostovacích zkoušek bylo zjištěno, že sorpční kapacita organominerálního hnojiva s přídavkem kaustifikačních kalů se s počáteční zvýšenou teplotou mírně zvýšila. Proto jsou kompostovací zkoušky znovu opakovány s cílem zlepšení sorpční kapacity a tím i kvality kompostu.

7. Summary

The aim of my thesis was to propose the agricultural application of caustification sludge from the paper mill JIP - Větrní. Sludges of caustification arising from the sulphate production of paper is waste generated from industrial production and could be secondarily used. One of the using options of caustification sludge as calcium fertilizer, however, excluded because of the observed wide interval ekotoxičnosti. Toxic trace elements are not removed in microbial way, but linked to chelate lose its effectivity and toxicity. Humus or humic acid, which are most effective fractions of humus, is the best and most complex instrument of chelation. Another possibility of secondary use of caustification sludge is a component of compost. Composting is beneficial, because we can process the waste, by them chemical and hygienic properties do not allow direct application of these materials, such as for example in sludge of caustification. After the analysis of caustification sludge was detected content of calcium carbonate and calcium oxide, sodium and ecotoxicity. It was determined the maximum sorption capacity, which is very important for the soil. It represents the ability of land forces attract sorption elements that are important for soil-creating process and plant nutrition. On the basis of the composting tests, was found, that sorption capacity organicmineral fertilizer with the addition sludge of caustification with an initial increased temperature is slightly increasing. Therefore, composting tests are repeated again to improve the sorption capacity and quality of kompost.

8. Použitá literatura

- 1) Borišek, R., Šála J, Svatoň M.: *Sulfátové výluhy a jejich zužitkování*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1953, 362 s.
- 2) Horáček, J., Ledvina, R., Koubalíková, J.: *Geologie a půdoznalství*, JČU v Českých Budějovicích, 1994, 114 s., ISBN 80-7040-106-0
- 3) Hnětovský, V.: *Papírenská příručka*, Praha 1, 1983, 860 s., ISBN 04-625-83
- 4) Jevilevič, A. Z.: *Využití kalů z odpadních vod*, Praha, 1984, 92 s.
- 5) Juláková, J.: *Škodlivé odpady*, Praha, 1988, 56 s.
- 6) Kalina, M.: *Kompostování a péče o půdu*. Vydala Grada Publishing, Praha, 1999, 112 s. ISBN 80-7169-697-8
- 7) Kolář, L., Kužel, S.: *Odpadové hospodářství*, JČU v Českých Budějovicích, 2000, 193 s., ISBN 80-7040-449-3
- 8) Ledvina, R., Horáček, J.: *Agrotechnické požadavky na zemědělské stroje (část půdoznalství)*. České Budějovice, 1997, 144 s.
- 9) Ledvina, R., Horáček, J., Šindelářová, M.: *Geologie a půdoznalství*, JČU v Českých Budějovicích,, 1999, 200 s.
- 10) Pavlíková, D. et al.: *Ekotoxikologie*, ČZU, Praha, 2006, 152 s. ISBN 80-213-1528-8
- 11) Richter, R., Kubát, J.: *Organická hnojiva, jejich výroba a použití*, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, 2003, ISBN 80-7271-133-4, 56 s.
- 12) Smolíková, L.: *Pedologie – I*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1982, ISBN 17-258-88, 129 s.

13) Šedo A.: *Sulfitové varenie buničiny*, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry Bratislava, 1957, 149 s.

14) Šťavíková M.: *Zužitkování sulfítoých výluhů*, SNTL - Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací Praha, 1978, ISBN 06-017-78, 114 s.

15) Tomášek, M.: *Atlas půd České republiky*. Vydavatelství Českého geologického ústavu, Praha, 1995, ISBN 80-7075-198-3, 36 s.

16) Zeleňák, I.: *Druhotné suroviny dreva vo výžive hospodárskych zvierat*, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied v Bratislave, 1991, ISBN 80-224-0363-6, 142 s.

17) Kalač, P., Tříška, J.: *Chemie životního prostředí*, JČU v Českých Budějovicích, 1998, 147s., ISBN 80-7040-325-x

18) Korda, J. a kol.: *Papírenská encyklopedie*, Nakladatelství technické literatury, Praha, 1992, 472 s., ISBN 80-03-00647-3

Internetové zdroje

1 http://www.recetox.muni.cz/sources/prednasky/hofman/pudni_ekotox01.pdf

2 <http://www.enviwiki.cz/wiki/Ekotoxicita>

3 http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-006/ebook.html?p=K023

4 <http://www.vscht.cz/uchop/ekotoxikologie/dokumenty/Sinapis.htm>

5 <http://www.natur.cuni.cz/~vohlidal/Papir.pdf>

6 <http://www.ippc.cz/soubory/papir/papir.html>

7 http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=64&idkapitola=17

8 http://www.kr-ustecky.cz/VismoOnline_ActionScripts/

File.aspx?idorg=450018&id_dokumenty=1643059

9 <http://shop.normy.biz/d.php?k=29039>

10 <http://stary.biom.cz/clen/jv/podpora.html>

11 http://stary.biom.cz/clen/as/ver_pap_noticka.html

9. Přílohy

9.1. Zkouška toxicity na hořčici bílou dle metody Práta

v modifikaci Sládečka

Tabulka č. 1

Pokus hořčice								
22.4.2008								
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř. (mm) kontrola	KKP	
1	Bagr 1							
	1	36	12	48	0,33		32,17	1,49
	2	13	12	25	0,92		32,17	0,78
	3	40	14	54	0,35		32,17	1,68
	4	30	12	42	0,40		32,17	1,31
	5	33	11	44	0,33		32,17	1,37
	6	24	7	31	0,29		32,17	0,96
	7	4	5	9	1,25		32,17	0,28
	8	25	9	34	0,36		32,17	1,06
	9	34	10	44	0,29		32,17	1,37
	10	0	0	0			32,17	
	průměr	24	9	33	0,5	9		1,1
2	Bagr 1							
	1	1	2	3	2,00		32,17	0,09
	2	9	24	33	2,67		32,17	1,03
	3	1	4	5	4,00		32,17	0,16
	4	31	12	43	0,39		32,17	1,34
	5	20	12	32	0,60		32,17	0,99
	6	16	11	27	0,69		32,17	0,84
	7	49	19	68	0,39		32,17	2,11
	8	31	13	44	0,42		32,17	1,37
	9	36	11	47	0,31		32,17	1,46
	10	1	6	7	6,00		32,17	0,22
	průměr	20	11	31	1,7	10		1,0

3	Bagr 1						
	1	34	21	55	0,62		32,17 1,71
	2	5	8	13	1,60		32,17 0,40
	3	1	10	11	10,00		32,17 0,34
	4	4	11	15	2,75		32,17 0,47
	5	0	0	0			32,17 0,00
	6	20	11	31	0,55		32,17 0,96
	7	1	4	5	4,00		32,17 0,16
	8	14	9	23	0,64		32,17 0,71
	9	15	9	24	0,60		32,17 0,75
	10	3	12	15	4,00		32,17 0,47
	průměr	10	10	19	2,8	9	0,6
4	Bagr 1						
	1	3	4	7	1,33		32,17 0,22
	2	24	26	50	1,08		32,17 1,55
	3	39	22	61	0,56		32,17 1,90
	4	19	8	27	0,42		32,17 0,84
	5	51	19	70	0,37		32,17 2,18
	6	34	16	50	0,47		32,17 1,55
	7	34	17	51	0,50		32,17 1,59
	8	20	16	36	0,80		32,17 1,12
	9	20	13	33	0,65		32,17 1,03
	10	17	12	29	0,71		32,17 0,90
	průměr	26	15	41	0,7	10	1,3
5	Bagr 1						
	1	42	17	59	0,40		32,17 1,83
	2	33	12	45	0,36		32,17 1,40
	3	35	11	46	0,31		32,17 1,43
	4	48	17	65	0,35		32,17 2,02
	5	25	16	41	0,64		32,17 1,27
	6	33	14	47	0,42		32,17 1,46
	7	27	13	40	0,48		32,17 1,24
	8	5	12	17	2,40		32,17 0,53
	9	1	2	3	2,00		32,17 0,09
	10	0	0	0			32,17 0,00
	průměr	25	11	36	0,8	9	1,1

Tabulka č. 2

Pokus hořčice								
22.4.2008								
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP	
1	K1							
	1	0	0	0		32,17	0,00	
	2	0	0	0		32,17	0,00	
	3	0	0	0		32,17	0,00	
	4	9	15	24	1,67		32,17	0,75
	5	0	1	1			32,17	0,03
	6	9	7	16	0,78		32,17	0,50
	7	0	0	0			32,17	0,00
	8	6	13	19	2,17		32,17	0,59
	9	11	12	23	1,09		32,17	0,71
	10	6	10	16	1,67		32,17	0,50
	průměr	4	6	10	1,5	6		0,3
2	K1							
	1	0	0	0		32,17	0,00	
	2	0	0	0		32,17	0,00	
	3	0	0	0		32,17	0,00	
	4	2	4	6	2,00		32,17	0,19
	5	0	4	4			32,17	0,12
	6	24	12	36	0,50		32,17	1,12
	7	12	17	29	1,42		32,17	0,90
	8	19	12	31	0,63		32,17	0,96
	9	9	14	23	1,56		32,17	0,71
	10	9	11	20	1,22		32,17	0,62
	průměr	8	7	15	1,2	7		0,5
3	K1							
	1	0	0	0		32,17	0,00	
	2	0	0	0		32,17	0,00	
	3	0	0	0		32,17	0,00	
	4	0	0	0		32,17	0,00	

	5	0	0	0			32,17	0,00
	6	7	19	26	2,71		32,17	0,81
	7	0	4	4			32,17	0,12
	8	0	2	2			32,17	0,06
	9	16	12	28	0,75		32,17	0,87
	10	13	10	23			32,17	0,71
	průměr	4	5	8	1,7	5		
4	K1							
	1	0	0	0			32,17	0,00
	2	0	0	0			32,17	0,00
	3	0	0	0			32,17	0,00
	4	0	4	4			32,17	0,12
	5	1	5	6	5,00		32,17	0,19
	6	16	13	29	0,81		32,17	0,90
	7	6	12	18	2,00		32,17	0,56
	8	5	11	16	2,20		32,17	0,50
	9	3	7	10	2,33		32,17	0,31
	10	11	4	15	0,36		32,17	0,47
	průměr	4	6	10	2,1	7		
5	K1							
	1	0	0	0			32,17	0,00
	2	0	2	2			32,17	0,06
	3	3	7	10	2,33		32,17	0,31
	4	40	12	52	0,30		32,17	1,62
	5	31	11	42	0,35		32,17	1,31
	6	3	6	9	2,00		32,17	0,28
	7	6	5	11	0,83		32,17	0,34
	8	2	6	8	3,00		32,17	0,25
	9	1	6	7			32,17	0,22
	10	7	12	19	1,71		32,17	0,59
	průměr	9	7	16	1,5	9		

Tabulka č. 3

Pokus hořčice							
14.7.2008							
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP
1	Bagr 2						
	1	0	2	2		44,39	0,05
	2	6	5	11	0,83	44,39	0,25
	3	39	21	60	0,54	44,39	1,35
	4	53	20	73	0,38	44,39	1,64
	5	50	19	69	0,38	44,39	1,55
	6	41	20	61	0,49	44,39	1,37
	7	21	11	32	0,52	44,39	0,72
	8	23	10	33	0,43	44,39	0,74
	9	0	3	3		44,39	0,07
	10	40	22	62	0,55	44,39	1,40
	průměr	27	13	41	0,5	10	0,9
2	Bagr 2						
	1	45	24	69	0,53	44,39	1,55
	2	21	10	31	0,48	44,39	0,70
	3	3	10	13	3,33	44,39	0,29
	4	0	3	3		44,39	0,07
	5	12	7	19	0,58	44,39	0,43
	6	29	9	38	0,31	44,39	0,86
	7	9	8	17	0,89	44,39	0,38
	8	13	12	25	0,92	44,39	0,56
	9	51	21	72	0,41	44,39	1,62
	10	2	5	7	2,50	44,39	0,16
	průměr	19	11	29	1,1	10	0,7
3	Bagr 2						
	1	43	22	65	0,51	44,39	1,46
	2	51	13	64	0,25	44,39	1,44
	3	66	24	90	0,36	44,39	2,03
	4	0	2	2		44,39	0,05
5	40	18	58	0,45	44,39	1,31	

	6	48	18	66	0,38		44,39	1,49
	7	51	18	69	0,35		44,39	1,55
	8	29	13	42	0,45		44,39	0,95
	9	31	18	49	0,58		44,39	1,10
	10	23	13	36	0,57		44,39	0,81
	průměr	38	16	54	0,4	10		1,2
4	Bagr 2							
	1	0	2	2			44,39	0,05
	2	0	3	3			44,39	0,07
	3	0	0	0			44,39	0,00
	4	27	12	39	0,44		44,39	0,88
	5	12	13	25	1,08		44,39	0,56
	6	51	29	80	0,57		44,39	1,80
	7	49	16	65	0,33		44,39	1,46
	8	76	43	119	0,57		44,39	2,68
	9	30	27	57	0,90		44,39	1,28
	10	9	6	15	0,67		44,39	0,34
	průměr	25	15	41	0,7	9		0,9
5	Bagr 2							
	1	0	0	0			44,39	0,00
	2	22	16	38	0,73		44,39	0,86
	3	40	21	61	0,53		44,39	1,37
	4	55	22	77	0,40		44,39	1,73
	5	65	23	88	0,35		44,39	1,98
	6	67	32	99	0,48		44,39	2,23
	7	27	24	51	0,89		44,39	1,15
	8	43	24	67	0,56		44,39	1,51
	9	33	24	57	0,73		44,39	1,28
	10	32	9	41	0,28		44,39	0,92
	průměr	38	20	58	0,5	9		1,3

Tabulka č. 4

Pokus hořčice							
14.7.2008							
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč.vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP
1	K2						
	1	0	0	0		44,39	0,00
	2	0	0	0		44,39	0,00
	3	3	5	8	1,67	44,39	0,18
	4	5	6	11	1,20	44,39	0,25
	5	7	6	13	0,86	44,39	0,29
	6	9	7	16	0,78	44,39	0,36
	7	6	9	15	1,50	44,39	0,34
	8	12	10	22	0,83	44,39	0,50
	9	30	12	42	0,40	44,39	0,95
	10	3	11	14	3,67	44,39	0,32
	průměr	8	7	14	1,4	8	
2	K2						
	1	0	0	0		44,39	0,00
	2	0	0	0		44,39	0,00
	3	1	4	5	4,00	44,39	0,11
	4	10	8	18	0,80	44,39	0,41
	5	2	9	11	4,50	44,39	0,25
	6	8	7	15	0,88	44,39	0,34
	7	8	4	12	0,50	44,39	0,27
	8	28	40	68	1,43	44,39	1,53
	9	13	19	32	1,46	44,39	0,72
	10	8	3	11	0,38	44,39	0,25
	průměr	8	9	17	1,7	8	
3	K2						
	1	11	5	16	0,45	44,39	0,36
	2	23	16	39	0,70	44,39	0,88
	3	17	20	37	1,18	44,39	0,83
	4	1	7	8	7,00	44,39	0,18
	5	25	9	34	0,36	44,39	0,77

	6	11	12	23	1,09		44,39	0,52
	7	10	17	27	1,70		44,39	0,61
	8	12	21	33	1,75		44,39	0,74
	9	6	7	13	1,17		44,39	0,29
	10	18	11	29	0,61		44,39	0,65
	průměr	13	13	26	1,6	10		0,6
4	K2							
	1	0	0	0			44,39	0,00
	2	0	5	5			44,39	0,11
	3	0	4	4			44,39	0,09
	4	2	6	8	3,00		44,39	0,18
	5	30	11	41	0,37		44,39	0,92
	6	13	10	23	0,77		44,39	0,52
	7	20	16	36	0,80		44,39	0,81
	8	16	8	24	0,50		44,39	0,54
	9	11	9	20	0,82		44,39	0,45
	10	9	7	16	0,78		44,39	0,36
		průměr	10	8	18	1,0	9	
5	K2							
	1	0	0	0			44,39	0,00
	2	0	3	3			44,39	0,07
	3	2	7	9	3,50		44,39	0,20
	4	15	26	41	1,73		44,39	0,92
	5	7	5	12	0,71		44,39	0,27
	6	9	4	13	0,44		44,39	0,29
	7	40	10	50	0,25		44,39	1,13
	8	7	8	15	1,14		44,39	0,34
	9	9	19	28	2,11		44,39	0,63
	10	5	12	17	2,40		44,39	0,38
		průměr	9	9	19	1,5	9	

Tabulka č. 5

Pokus hořčice								
14.7.2008								
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP	
1	Bagr 3							
	1	26	12	38	0,46		36,19	1,05
	2	32	21	53	0,66		36,19	1,46
	3	0	0	0			36,19	0,00
	4	38	19	57	0,50		36,19	1,58
	5	13	12	25	0,92		36,19	0,69
	6	59	16	75	0,27		36,19	2,07
	7	57	15	72	0,26		36,19	1,99
	8	21	12	33	0,57		36,19	0,91
	9	2	6	8	3,00		36,19	0,22
	10	0	0	0			36,19	0,00
	průměr	25	11	36	0,8	8		1,0
2	Bagr 3							
	1	31	16	47	0,52		36,19	1,30
	2	54	22	76	0,41		36,19	2,10
	3	40	22	62	0,55		36,19	1,71
	4	50	24	74	0,48		36,19	2,04
	5	30	27	57	0,90		36,19	1,58
	6	27	9	36	0,33		36,19	0,99
	7	2	5	7	2,50		36,19	0,19
	8	7	9	16	1,29		36,19	0,44
	9	29	6	35	0,21		36,19	0,97
	10	8	7	15	0,88		36,19	0,41
	průměr	28	15	43	0,8	10		1,2
3	Bagr 3							
	1	49	18	67	0,37		36,19	1,85
	2	8	10	18	1,25		36,19	0,50
	3	60	16	76	0,27		36,19	2,10
	4	36	12	48	0,33		36,19	1,33
	5	2	12	14	6,00		36,19	0,39

	6	30	13	43	0,43		36,19	1,19
	7	32	10	42	0,31		36,19	1,16
	8	15	7	22	0,47		36,19	0,61
	9	12	7	19	0,58		36,19	0,53
	10	3	4	7	1,33		36,19	0,19
	průměr	25	11	36	1,1	10		1,0
4	Bagr 3							
	1	2	7	9	3,50		36,19	0,25
	2	27	13	40	0,48		36,19	1,11
	3	0	2	2			36,19	0,06
	4	0	1	1			36,19	0,03
	5	51	12	63	0,24		36,19	1,74
	6	12	14	26	1,17		36,19	0,72
	7	47	15	62	0,32		36,19	1,71
	8	39	7	46	0,18		36,19	1,27
	9	2	6	8	3,00		36,19	0,22
	10	20	9	29	0,45		36,19	0,80
	průměr	20	9	29	1,2	10		0,8
5	Bagr 3							
	1	0	0	0			36,19	0,00
	2	2	7	9	3,50		36,19	0,25
	3	12	6	18	0,50		36,19	0,50
	4	51	25	76	0,49		36,19	2,10
	5	31	15	46	0,48		36,19	1,27
	6	42	14	56	0,33		36,19	1,55
	7	67	24	91	0,36		36,19	2,51
	8	11	7	18	0,64		36,19	0,50
	9	28	12	40	0,43		36,19	1,11
	10	11	9	20	0,82		36,19	0,55
	průměr	26	12	37	0,8	9		1,0

Tabulka č. 6

Pokus hořčice							
14.7.2008							
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	délka hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP
1	K3						
	1	40	19	59	0,48	36,19	1,63
	2	16	20	36	1,25	36,19	0,99
	3	8	16	24	2,00	36,19	0,66
	4	48	22	70	0,46	36,19	1,93
	5	11	6	17	0,55	36,19	0,47
	6	2	4	6	2,00	36,19	0,17
	7	1	3	4	3,00	36,19	0,11
	8	3	5	8	1,67	36,19	0,22
	9	0	0	0		36,19	0,00
	10	0	0	0		36,19	0,00
	průměr	13	10	22	1,4	8	
2	K3						
	1	0	0	0		36,19	0,00
	2	2	6	8	3,00	36,19	0,22
	3	6	4	10	0,67	36,19	0,28
	4	20	12	32	0,60	36,19	0,88
	5	2	5	7	2,50	36,19	0,19
	6	5	15	20	3,00	36,19	0,55
	7	9	17	26	1,89	36,19	0,72
	8	15	12	27	0,80	36,19	0,75
	9	7	8	15	1,14	36,19	0,41
	10	2	7	9	3,50	36,19	0,25
	průměr	7	9	15	1,9	9	
3	K3						
	1	36	22	58	0,61	36,19	1,60
	2	29	24	53	0,83	36,19	1,46
	3	20	11	31	0,55	36,19	0,86
	4	39	21	60	0,54	36,19	1,66
	5	31	20	51	0,65	36,19	1,41

	6	24	19	43	0,79		36,19	1,19
	7	24	10	34	0,42		36,19	0,94
	8	30	21	51	0,70		36,19	1,41
	9	8	10	18	1,25		36,19	0,50
	10	7	10	17	1,43		36,19	0,47
	průměr	25	17	42	0,8	10		1,1
4	K3							
	1	12	18	30	1,50		36,19	0,83
	2	31	18	49	0,58		36,19	1,35
	3	4	7	11	1,75		36,19	0,30
	4	2	5	7	2,50		36,19	0,19
	5	8	5	13	0,63		36,19	0,36
	6	7	6	13	0,86		36,19	0,36
	7	27	12	39	0,44		36,19	1,08
	8	12	11	23	0,92		36,19	0,64
	9	8	9	17	1,13		36,19	0,47
	10	0	0	0			36,19	0,00
		průměr	11	9	20	1,1	9	
5	K3							
	1	1	4	5	4,00		36,19	0,14
	2	2	5	7	2,50		36,19	0,19
	3	9	8	17	0,89		36,19	0,47
	4	11	7	18	0,64		36,19	0,50
	5	41	23	64	0,56		36,19	1,77
	6	45	22	67	0,49		36,19	1,85
	7	21	13	34	0,62		36,19	0,94
	8	18	31	49	1,72		36,19	1,35
	9	12	11	23	0,92		36,19	0,64
	10	0	0	0			36,19	0,00
		průměr	16	12	28	1,4	9	

Tabulka č. 7

Pokus hořčice							
14.7.2008							
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP
1	Bagr 4						
	1	0	3	3		31,39	0,10
	2	0	0	0		31,39	0,00
	3	29	8	37	0,28	31,39	1,18
	4	64	18	82	0,28	31,39	2,61
	5	19	11	30	0,58	31,39	0,96
	6	43	14	57	0,33	31,39	1,82
	7	48	17	65	0,35	31,39	2,07
	8	17	5	22	0,29	31,39	0,70
	9	4	6	10	1,50	31,39	0,32
	10	3	5	8	1,67	31,39	0,25
	průměr	23	9	31	0,7	9	
2	Bagr 4						
	1	1	3	4	3,00	31,39	0,13
	2	16	9	25	0,56	31,39	0,80
	3	11	6	17	0,55	31,39	0,54
	4	30	10	40	0,33	31,39	1,27
	5	45	20	65	0,44	31,39	2,07
	6	9	6	15	0,67	31,39	0,48
	7	3	5	8	1,67	31,39	0,25
	8	32	8	40	0,25	31,39	1,27
	9	44	17	61	0,39	31,39	1,94
	10	0	0	0		31,39	0,00
	průměr	19	8	28	0,9	9	
3	Bagr 4						
	1	0	0	0		31,39	0,00
	2	28	14	42	0,50	31,39	1,34
	3	4	11	15	2,75	31,39	0,48
	4	43	26	69	0,60	31,39	2,20
	5	55	13	68	0,24	31,39	2,17

	6	33	8	41	0,24		31,39	1,31
	7	24	5	29	0,21		31,39	0,92
	8	32	6	38	0,19		31,39	1,21
	9	72	14	86	0,19		31,39	2,74
	10	11	6	17	0,55		31,39	0,54
	průměr	30	10	41	0,6	9		1,3
4	Bagr 4							
	1	0	0	0			31,39	0,00
	2	11	7	18	0,64		31,39	0,57
	3	19	14	33	0,74		31,39	1,05
	4	32	13	45	0,41		31,39	1,43
	5	25	15	40	0,60		31,39	1,27
	6	37	26	63	0,70		31,39	2,01
	7	13	8	21	0,62		31,39	0,67
	8	21	10	31	0,48		31,39	0,99
	9	39	23	62	0,59		31,39	1,98
	10	34	13	47	0,38		31,39	1,50
	průměr	23	13	36	0,6	9		1,1
5	Bagr 4							
	1	27	19	46	0,70		31,39	1,47
	2	32	14	46	0,44		31,39	1,47
	3	0	2	2			31,39	0,06
	4	0	4	4			31,39	0,13
	5	7	12	19	1,71		31,39	0,61
	6	3	4	7	1,33		31,39	0,22
	7	40	17	57	0,43		31,39	1,82
	8	6	5	11	0,83		31,39	0,35
	9	9	7	16	0,78		31,39	0,51
	10	3	6	9	2,00		31,39	0,29
	průměr	13	9	22	1,0	10		0,7

Tabulka č. 8

Pokus hořčice							
14.7.2008							
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP
1	K4						
	1	14	15	29	1,07	31,39	0,92
	2	17	9	26	0,53	31,39	0,83
	3	16	11	27	0,69	31,39	0,86
	4	39	20	59	0,51	31,39	1,88
	5	22	12	34	0,55	31,39	1,08
	6	15	21	36	1,40	31,39	1,15
	7	38	13	51	0,34	31,39	1,62
	8	30	35	65	1,17	31,39	2,07
	9	6	19	25	3,17	31,39	0,80
	10	0	0	0		31,39	0,00
	průměr	20	16	35	1,0	9	31,39
2	K4						
	1	3	8	11	2,67	31,39	0,35
	2	0	1	1		31,39	0,03
	3	1	4	5	4,00	31,39	0,16
	4	35	12	47	0,34	31,39	1,50
	5	24	23	47	0,96	31,39	1,50
	6	17	15	32	0,88	31,39	1,02
	7	17	9	26	0,53	31,39	0,83
	8	21	8	29	0,38	31,39	0,92
	9	11	14	25	1,27	31,39	0,80
	10	5	12	17	2,40	31,39	0,54
	průměr	13	11	24	1,5	10	31,39
3	K4						
	1	12	7	19	0,58	31,39	0,61
	2	18	12	30	0,67	31,39	0,96
	3	42	25	67	0,60	31,39	2,13
	4	27	17	44	0,63	31,39	1,40
	5	9	4	13	0,44	31,39	0,41

	6	19	26	45	1,37		31,39	1,43
	7	25	16	41	0,64		31,39	1,31
	8	15	24	39	1,60		31,39	1,24
	9	6	7	13	1,17		31,39	0,41
	10	2	8	10	4,00		31,39	0,32
	průměr	18	15	32	1,2	10		1,0
4	K4							
	1	39	27	66	0,69		31,39	2,10
	2	40	30	70	0,75		31,39	2,23
	3	30	44	74	1,47		31,39	2,36
	4	25	12	37	0,48		31,39	1,18
	5	2	5	7	2,50		31,39	0,22
	6	18	27	45	1,50		31,39	1,43
	7	16	8	24	0,50		31,39	0,76
	8	6	12	18	2,00		31,39	0,57
	9	0	0	0			31,39	0,00
	10	0	0	0			31,39	0,00
	průměr	18	17	34	1,2	8		1,1
5	K4							
	1	16	25	41	1,56		31,39	1,31
	2	19	15	34	0,79		31,39	1,08
	3	37	23	60	0,62		31,39	1,91
	4	13	10	23	0,77		31,39	0,73
	5	19	25	44	1,32		31,39	1,40
	6	32	26	58	0,81		31,39	1,85
	7	12	9	21	0,75		31,39	0,67
	8	16	15	31	0,94		31,39	0,99
	9	11	6	17	0,55		31,39	0,54
	10	7	6	13	0,86		31,39	0,41
	průměr	18	16	34	0,9	10		1,1

Tabulka č. 9

Pokus hořčice								
14.7.2008								
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP	
1	Bagr 5							
	1	63	23	86	0,37		42,42	2,03
	2	65	18	83	0,28		42,42	1,96
	3	25	13	38	0,52		42,42	0,90
	4	73	28	101	0,38		42,42	2,38
	5	68	20	88	0,29		42,42	2,07
	6	14	11	25	0,79		42,42	0,59
	7	25	13	38	0,52		42,42	0,90
	8	17	6	23	0,35		42,42	0,54
	9	19	9	28	0,47		42,42	0,66
	10	10	11	21	1,10		42,42	0,50
	průměr	38	15	53	0,5	10		1,3
2	Bagr 5							
	1	0	2	2			42,42	0,05
	2	1	7	8	7,00		42,42	0,19
	3	39	16	55	0,41		42,42	1,30
	4	30	21	51	0,70		42,42	1,20
	5	51	32	83	0,63		42,42	1,96
	6	22	8	30	0,36		42,42	0,71
	7	26	5	31	0,19		42,42	0,73
	8	0	4	4			42,42	0,09
	9	53	22	75	0,42		42,42	1,77
	10	12	9	21	0,75		42,42	0,50
	průměr	23	13	36	1,3	10		0,8
3	Bagr 5							
	1	50	16	66	0,32		42,42	1,56
	2	22	13	35	0,59		42,42	0,83
	3	11	16	27	1,45		42,42	0,64
	4	67	16	83	0,24		42,42	1,96
	5	37	12	49	0,32		42,42	1,16

	6	21	10	31	0,48		42,42	0,73
	7	12	10	22	0,83		42,42	0,52
	8	17	13	30	0,76		42,42	0,71
	9	37	15	52	0,41		42,42	1,23
	10	35	19	54	0,54		42,42	1,27
	průměr	31	14	45	0,6	10		1,1
4	Bagr 5							
	1	30	11	41	0,37		42,42	0,97
	2	23	7	30	0,30		42,42	0,71
	3	18	9	27	0,50		42,42	0,64
	4	29	8	37	0,28		42,42	0,87
	5	63	21	84	0,33		42,42	1,98
	6	57	22	79	0,39		42,42	1,86
	7	0	1	1			42,42	0,02
	8	13	5	18	0,38		42,42	0,42
	9	21	10	31	0,48		42,42	0,73
	10	14	12	26	0,86		42,42	0,61
	průměr	27	11	37	0,4	10		0,9
5	Bagr 5							
	1	33	13	46	0,39		42,42	1,08
	2	0	1	1			42,42	0,02
	3	46	14	60	0,30		42,42	1,41
	4	22	11	33	0,50		42,42	0,78
	5	24	14	38	0,58		42,42	0,90
	6	48	21	69	0,44		42,42	1,63
	7	39	15	54	0,38		42,42	1,27
	8	0	0	0			42,42	0,00
	9	39	12	51	0,31		42,42	1,20
	10	42	16	58	0,38		42,42	1,37
	průměr	29	12	41	0,4	9		1,0

Tabulka č. 10

Pokus hořčice									
14.7.2008									
číslo varianty	délka kořínku (mm)	délka hypokotylu (mm)	součet hyp + koř. (mm)	délka hypokotyl/kořínek	poč. vyklíč. semen (ks)	součet hyp + koř.(mm) kontrola	KKP		
1	K5								
	1	5	10	15	2,00		42,42	0,35	
	2	8	6	14	0,75		42,42	0,33	
	3	4	15	19	3,75		42,42	0,45	
	4	16	12	28	0,75		42,42	0,66	
	5	11	10	21	0,91		42,42	0,50	
	6	5	11	16	2,20		42,42	0,38	
	7	0	0	0			42,42	0,00	
	8	0	0	0			42,42	0,00	
	9	0	0	0			42,42	0,00	
	10	0	0	0			42,42	0,00	
	průměr	5	6	11	1,7	6			0,3
2	K5								
	1	25	22	47	0,88		42,42	1,11	
	2	27	22	49	0,81		42,42	1,16	
	3	9	17	26	1,89		42,42	0,61	
	4	2	5	7	2,50		42,42	0,17	
	5	0	0	0			42,42	0,00	
	6	0	0	0			42,42	0,00	
	7	0	0	0			42,42	0,00	
	8	0	0	0			42,42	0,00	
	9	0	0	0			42,42	0,00	
	10	0	0	0			42,42	0,00	
	průměr	6	7	13	1,5	4			0,3
3	K5								
	1	26	32	58	1,23		42,42	1,37	
	2	12	20	32	1,67		42,42	0,75	
	3	11	10	21	0,91		42,42	0,50	
	4	17	7	24	0,41		42,42	0,57	
	5	2	4	6	2,00		42,42	0,14	

	6	9	23	32	2,56		42,42	0,75
	7	0	0	0			42,42	0,00
	8	0	0	0			42,42	0,00
	9	0	0	0			42,42	0,00
	10	0	0	0			42,42	0,00
	průměr	8	10	17	1,5	6		0,4
4	K5							
	1	30	12	42	0,40		42,42	0,99
	2	21	8	29	0,38		42,42	0,68
	3	13	11	24	0,85		42,42	0,57
	4	15	14	29	0,93		42,42	0,68
	5	0	0	0			42,42	0,00
	6	0	0	0			42,42	0,00
	7	0	0	0			42,42	0,00
	8	0	0	0			42,42	0,00
	9	0	0	0			42,42	0,00
	10	0	0	0			42,42	0,00
		průměr	8	5	12	0,6	4	
5	K5							
	1	26	34	60	1,31		42,42	1,41
	2	40	25	65	0,63		42,42	1,53
	3	27	18	45	0,67		42,42	1,06
	4	0	5	5			42,42	0,12
	5	7	8	15	1,14		42,42	0,35
	6	0	0	0			42,42	0,00
	7	0	0	0			42,42	0,00
	8	0	0	0			42,42	0,00
	9	0	0	0			42,42	0,00
	10	0	0	0			42,42	0,00
		průměr	10	9	19	0,9	5	

9.2. Fotografie z odběru kaustifikačních kalů

Obrázek kal č. 1



Obrázek kal č. 2



Obrázek kal č. 3



Obrázek kal č. 4



Obrázek kal č. 5



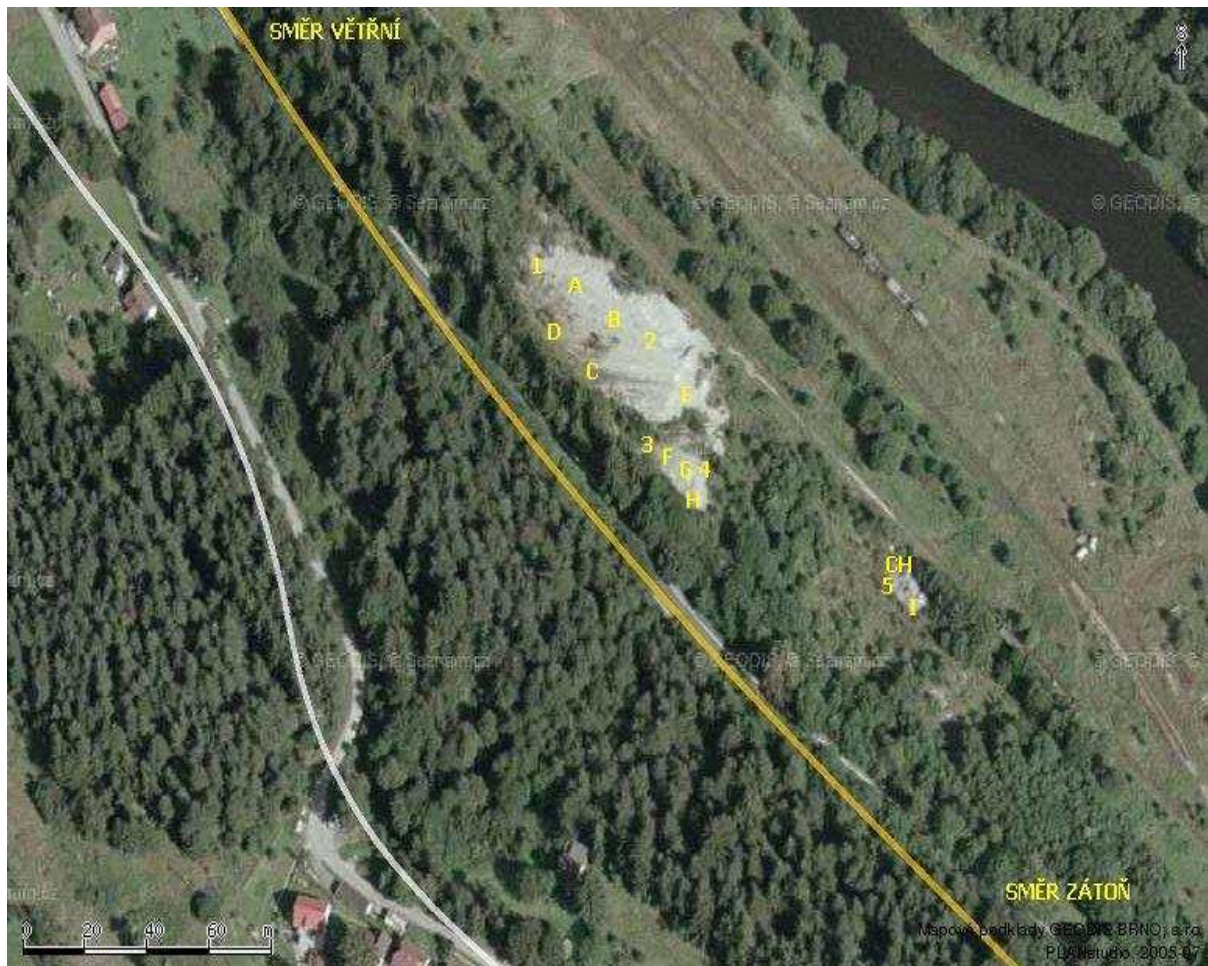
Obrázek č. 6: pohled na kaustifikační kaly



Obrázek č. 7: rybníční voda (Bagr) použitá pro kontrolu klíčivosti a kořenových přírůstků



Obrázek č. 8: mapa kaustifikačních kalů



9.3. Fotografie kompostovacích zkoušek

Fotografie č. 1: Uložení kaustifikačních kalů v sáčcích v termostatu



Fotografie č. 2: kaustifikační kaly a pomůcky ke kompostovacím zkouškám



Fotografie č. 3: Vážení kaustifikačních kalů a doplňování ztráty vody



Fotografie č. 4: Titrace kaustifikačních kalů



Tabulka č. 11: Přehled kompostovatelných odpadů podle řazení v katalogu odpadů

02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 01	Kaly z praní a z čištění
02 01 02	Odpad živočišných tkání
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracováváné mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 01	Kaly z praní a z čištění
02 02 02	Odpad živočišných tkání
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kakaa, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 04	Odpady z výroby cukru
02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
02 04 02	Uhličitán vápenatý nevyhovující jakosti
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 05	Odpady z mlékářského průmyslu
02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kakaa)
02 07 01	Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
02 07 02	Odpad z destilace lihovin
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku
03 01 01	Odpadní kůra a korek

03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04
03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 02	Kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu)
03 03 05	Kaly z odstraňování tiskařské černi při recyklaci papíru
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 03 03 10
04 01	Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
04 01 01	Odpadní klišovka a štípenka
04 01 06	Kaly obsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02	Odpady z textilního průmyslu
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 20	Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 04 02 19
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
10 01	Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení
10 01 03	Popílek ze spalování rašeliny a neošetřeného dřeva
10 13	Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných
10 13 04	Odpady z kalcinace a hašení vápna
10 13 06	Úlet a prach (kromě odpadů uvedených pod čísly 10 13 12 a 10 13 13)
15 01	Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
17 02	Dřevo, sklo, plasty
17 02 01	Dřevo
19 05	Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů
19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06	Odpady z anaerobního zpracování odpadu
19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu

19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
19 06 06	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13
19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění
19 09 02	Kaly z čiření vody
19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06