

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH
ZDROJŮ

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití digestátu jako zdroje makroprvků
pro pěstování bazalky

Autor práce: Bc. Petr Okenfuss

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Kulháněk PhD.**

2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma: Využití digestátu jako zdroje makroprvků pro pěstování bazalky jsem vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu literatury.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Velice děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Kulhánkovi PhD. za odborné vedení při zpracování a vyhodnocení pokusu a za četné rady a hlavně trpělivost při tvoření této práce. Dále děkuji celé katedře Agroenvironmentální chemie a výživy rostlin za možnost provedení celého pokusu ve sklenicích a laboratořích této katedry, jako za využití jejich laboratorních přístrojů k analýze prvků a dalších charakteristik k pokusu potřebných.

Souhrn

Digestát je odpadní produkt z bioplynových stanic, který lze separovat na fugát, což je tekutá složka digestátu a na jeho pevnou složku separát. Pevná i kapalná separovaná složka digestátu se dá použít jako hnojivo nebo jako příměs do substrátů. Cílem práce bylo srovnání směsi rašeliny s různými obsahy neseparovaného digestátu a různými dávkami dolomitického vápence s běžně používanými pěstebními substráty pro pěstování bazalky (*ocimum basilicum L.*). V pokusu byly porovnávány směsi rašeliny s digestátem a dolomitickým vápencem s běžně prodejným pěstebním substrátem B. Byly zkoušeny směsi rašeliny s 5 % resp. 10 % objemově neseparovaného digestátu a přidavkem $3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ respektive $6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ dolomitického vápence. V takto smíchaných substrátech byly pěstovány rostliny bazalky pravé (*Ocimum basilicum L.*). Ve vzorcích substrátů byly před založením pokusu a po sklizni rostlin bazalky analyzovány obsahy přístupných makroprvků a další základní charakteristiky (pH, elektrická vodivost, obsah sušiny, objemová hmotnost) V nadzemní hmotě bazalky byly analyzovány kromě výnosových charakteristik i celkový obsah makroprvků. Ve směsích rašeliny a digestátu byl analyzován vyšší obsah amonného dusíku, fosforu a draslíku než u pěstebního substrátu B. Oproti tomu měl běžně prodejný substrát vyšší obsah nitrátového dusíku. Ze základních charakteristik substrátů (pH, obsah sušiny, objemová hmotnost, elektrická vodivost) vyplývá, že digestát a vápenec zvyšují hodnotu pH. Dále byly porovnány výnosy jednotlivých směsí s běžně prodejným pěstebním substrátem. Pěstební substrát B měl v průměru dvakrát vyšší výnos než nejlepší směs (rašelina s 10 % obj. neseparovaného digestátu a $6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ dolomitického vápence). V nadzemních částech rostlin bazalky byl vyšší obsah dusíku a fosforu zjištěn u rostlin pěstovaných ve směsích rašeliny s digestátem a naopak u rostlin pěstovaných v pěstebním substrátu B byl vyšší obsah vápníku a hořčíku.

Klíčová slova: rašelina, digestát, pěstební substráty, makroprvky, bazalka

Summary

Digestate is a waste product of biogas plants, which can be separated on fugate, which is the liquid part of the digestate and the solid component separate. Solid and liquid components to be separated digestate can be used as fertilizer or as an additive to substrates. The aim of the study was to compare a mixture of peat with different contents of non-separated digestate and different doses of dolomitic limestone with commonly used growing substrates for growing basil (*Ocimum basilicum L.*). In the experiment were compared with a mixture of peat and dolomitic limestone digestate with commercially salable growing medium B were tested with the mixture of peat 5 % and 10 % vol. non-separated digestate respectively and combination 3 g·dm⁻³ and 6 g·dm⁻³ dolomitic limestone. In such mixed substrates were grown basil plants (*Ocimum basilicum L.*). In the formulas of the substrates prior to establishment of the experiment and after harvesting the basil plants were analyzed the contents of bioavailable macroelements and other basic characteristics (pH, electrical conductivity, density). At above groundmass of basil yield characteristics a the total kontent of macroelements were analyzed. In mixtures of peat and digestate was analyzed higher content of ammonium nitrogen, phosphorus and potassium compared to the growing substrate B. In contrast, commercially salable substrate had a higher content of nitrate nitrogen. The basic characteristics of substrates (pH, solids content, density, electrical conductivity) shows that the digestate and limestone are raising the substrate pH value. Above ground biomass yields at the tested treatments were compared with yields in salable growing substrate. Growing medium B was on average twice a higher yield than the best mix (peat with 10 % vol. non-separated digestate and 6 g·dm⁻³ dolomitic limestone). In the above-ground parts of basil plants was higher nitrogen content and phosphorus found in plants grown in peat mixtures digestate while for plants grown in the growth substrate B had higher content of calcium and magnesium.

Keywords: peat, digestate, growing substates, macroelements, basil

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Cíl práce.....	9
3. Hypotéza	10
4. Literární rešerše:	11
4.1. Bioplynové stanice	11
4.1.1. Rozdělení bioplynových stanic	12
4.1.2. Legislativa bioplynových stanic	13
4.2. Bioplyn.....	15
4.2.1. Biochemické procesy výroby bioplynu	15
4.2.2. Zdroje a vlastnosti materiálů vhodných pro výrobu Bioplynu	17
4.2.3. Využití Bioplynu.....	18
4.3. Digestát	19
4.3.1. Vlastnosti a využití digestátu.....	20
4.3.2. Legislativa použití digestátu v zemědělství	23
4.4. Pěstební substrát – Rašelina	25
4.5. Bazalka pravá – <i>Ocimum Basilicum L.</i>	26
4.6. Hnojení digestátem.....	28
5. Metodika a materiál	31
6. Výsledky	34
6.1. Vstupní charakteristiky substrátů	34
6.1.1. Základní charakteristiky	34
6.1.2. Obsahy makroprvků v substrátu	34
6.2. Rozbory substrátů po sklizni	36
6.2.1. Základní posklizňové charakteristiky	36
6.2.2. Obsahy prvků v substrátech po sklizni	39
6.2.3. Porovnání obsahu prvků před sázením a po sklizni.....	42
6.3. Rozbory rostlin.....	46
6.3.1. Posklizňové charakteristiky	46
6.3.2. Obsah prvků v nadzemní hmotě	48
7. Diskuze	50
8. Závěr	53
9. Seznam Literatury	54
9.1. Literatura	54
9.2. Právní předpis.....	57

1. Úvod

Pohled na bioplynové stanice není vždy kladný. Ale proč? Podpora bioplynových stanic z hlediska využití odpadů přece dává smysl. Její provoz se řídí mnoha zákony, nařízeními a vyhláškami. Například zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., který vydává stanoviska k povolení umístění staveb (a jejich změnám).

Od 1. 1. 2015 vstoupila v platnost novela zákona o odpadech č. 229/2014 Sb., která upravuje povinnosti obce, jenž musí zajistit místa pro ukládání veškerého komunálního odpadu produkovaného fyzickými nepodnikajícími osobami na katastrálním území obce. Obec je povinna zajistit místa pro sběr nebezpečných odpadů, papíru, plastů, skla, kovů a biologicky rozložitelných odpadů. Biologicky rozložitelné odpady by mohly být zpracovány prostřednictvím bioplynové stanice za vzniku energie a odpadních látek – digestátu, který lze dále využít jako možný zdroj živin.

V počtu výroby bioplynu je ČR pátá v Evropě. K datu 1. 1. 2014 bylo evidováno 500 bioplynových stanic, které měly instalovaný výkon 392,35 MW. Za posledních 10 let se množství elektřiny vyrobené v bioplynových stanicích zvýšilo 55x. Solární panely jsou už pozadu v produkci elektřiny za bioplynovými stanicemi. Výroba elektřiny z bioplynových stanic vzrostla meziročně přibližně o 60 % na 2243 GWh (údaje české bioplynové asociace). Německo je zemí, která má největší zkušenosti a v současné době je zde v provozu cca 4000 bioplynových stanic většinou zpracovávající komunální odpad. Bioplyn má širokou škálu energetického využití, zejména se využívá pro výrobu elektřiny spalováním v kogeneračních jednotkách a dále i odpadní teplo z tohoto spalování. Lze ho přidávat jako palivo v automobilové dopravě, dokonce ve Švédsku byl jako první na světě zprovozněn vlak na bioplyn. Zemědělské bioplynové stanice nejsou tak náročné na technologické požadavky, ani na řízení provozu jako komunální bioplynové stanice. Zemědělskými bioplynovými stanicemi jsou kupříkladu bioplynová stanice Kosova Hora (výkon 834 kW), jež byla uvedena do provozu v roce 2011, Bioplynová stanice Úsilov (výkon 637 kW) rok uvedení do provozu 2012, Bioplynová stanice Šebetov (výkon 130 kW) rok uvedení do provozu 1997. Použitý digestát v pokusu byl ze zemědělské bioplynové stanice Krásná Hora nad Vltavou a její rok zprovoznění byl 2008 a instalovaný výkon je 526 KW.

Digestát je odpadní produkt z bioplynových stanic, lze ho dále separovat na fugát, což je tekutá složka digestátu a na jeho pevnou složku separát. Pevná i kapalná separovaná složka diegstátu se dá použít jako hnojivo, jako příměs do substrátů a i k dalšímu využití v průběhu

kompostování. Některé zemědělské provozy jako například zemědělská společnost Klučenice, která provozuje bioplynovou stanici od roku 2011, využívá separát jako podestýlku skotu a fugát používá jako hnojivo. Podle zákona o hnojivech je digestát udáván jako organické hnojivo, které nepodléhá registraci, pokud je vyrobeno z vlastních zemědělských produktů na území obhospodařující daný zemědělský subjekt a jež ji nedodává do oběhu, ale používá ji jen na své zemědělské půdě. Naopak digestát z komunálních odpadů a čistíren odpadních vod musí být registrován a musí být kontrolována jeho jakost, zejména obsah nebezpečných látek jako je obsah kadmia, olova, zinku aj., v akreditovaných laboratořích, což platí i pro komposty vzniklé z digestátů bioplynových stanic u čistíren odpadních vod. Používání digestátu jako hnojiva kontroluje ministerstvo zemědělství, resp. jím pověřený Ústřední kontrolní zkušební ústav zemědělský, který v rámci cílených kontrol odebírá kontrolní vzorky digestátů. Digestát je ve skutečnosti brán jako organominerální hnojivo, protože většina primárních organických látek je zpracována mikroorganismy při anaerobní digesci na metan a oxid uhličitý a může být použitý jako skvělá náhražka minerálním hnojivům. Z výše uvedeného vychází i náš pokus, kdy digestát, tedy poměrně levný odpadní materiál bohatý na rostlinám snadno dostupné minerální látky, je v určitých poměrech míchán s rašelinou a dolomitickým sloužicím ke stabilizaci pH z účelem tvorby substrátu vhodného pro většinu zahradních rostlin.

1. Cíl práce

Cílem práce bylo srovnání směsi rašeliny a různých obsahů neseparovaného digestátu s různými dávkami dolomitického vápence s běžně používanými pěstebními substráty pro pěstování bazalky (*ocimum basilicum L.*), a to z hlediska základních parametrů a obsahu přístupných makroprvků (N, P, K, Ca a Mg) v substrátu a výnosu a celkového obsahu makroprvků v nadzemní hmotě rostlin.

2. Hypotéza

Na základě výsledků předchozích pokusů lze předpokládat, že smícháním vhodného poměru rašeliny, neseparovaného digestátu a mletého dolomitického vápence vznikne pěstební substrát, který je z hlediska základních parametrů (podíl sušiny, objemová hmotnost, pH, elektrická vodivost) a obsahu přístupných makroprvků srovnatelný s běžně užívanými pěstebními substráty pro pěstování rostlin bazalky pravé.

4. Literární rešerše:

4.1. Bioplynové stanice

Bioplynové stanice jsou zařízení pro řízenou anaerobní fermentaci organických látek, která organické látky stabilizuje a přemění na využitelné složky – bioplyn a fermentační zbytky (digestát, fermentát, perkolát). Součástí většiny bioplynových stanic je zařízení na úpravu odpadů, dávkování vsázky, fermentační zařízení (fermentor), zařízení na úpravu a skladování bioplynu, zařízení na energetické využití bioplynu (kogenerační jednotka), zařízení na úpravu a skladování digestátu. Bioplynové stanice zpracovávající vedlejší živočišné produkty musí být vybaveny hygienizačním zařízením, tj. uzavřeným reaktorem, který musí být vybaven zařízením na sledování teploty v čase, záznamovým zařízením a zařízením k zabránění nedostatečného ohřevu. V případě zpracování specifického rizikového kafilerního odpadu je nutné vybavení hydrolyzérem. Bioplynové stanice zpracovávající biosložku vyříděnou ze směsného komunálního odpadu jsou vybaveny zařízením pro odloučení lehké frakce a druhotných surovin. Základní technologickou součástí bioplynové stanice je reaktor – fermentor, kde se rozmnožují mikrobiální kultury. Důležitou podmínkou je udržení stálé teploty v reaktoru, která je udržována pomocí vzniklého tepla z kogenerační jednotky, která spaluje vzniklý bioplyn (Váňa 2010).

Anaerobní digesce hnoje a posklizňových zbytků může být použita pro výrobu bioplynu jako klima – neutrálního zdroje energie a napomáhá recyklovat živiny, které lze využít jako hnojivo. Avšak zejména zemědělci používající organická hnojiva se obávají, že hnojení digestátem může mít negativní vliv na půdní mikroflóru a úrodnost půdy, protože obsahují více minerálního dusíku (N) a méně organického uhlíku (C), než vstupní materiály (kejda skotu, zelené hnojení atd.). Pokud jde o mikrobiální složení společenstva, největší změny v mikrobiální rozmanitosti zaorání jetelotravní směsi a tím až desetkrát vyšší emise skleníkových plynů (CO_2 a N_2O) ve srovnání s kontrolami, kde byla použita surová kejda skotu a dva anaerobně – fermentované materiály (kejda skotu + kukuřičná siláž a kejda skotu + jetelotravní směs). Tyto materiály (digestáty a kejda skotu) vyvolaly pouze mírné a přechodné změny, v mikrobiální aktivity a zlepšily úrodnost půdy. Z toho vyplývá, že výroba bioplynu je přínosem k ochraně životního prostředí (Johansen et al., 2013).

4.1.1. Rozdělení bioplynových stanic

Rozdělení bioplynových stanic podle zpracovávaného substrátu:

- zemědělské (statková hnojiva a zemědělská biomasa) – převážně fermentace „suchou“ cestou
- čistírenské (kaly z čistíren odpadních vod) – fermentace „mokrou“ cestou
- ostatní – zpracovávající bioodpady a vedlejší živočišné produkty podle nařízení EP a Rady (ES) č. 1774/2002, případně zpracovávající biosložku mechanicky vytríděnou ze směsného komunálního odpadu (u těchto látek lze použít kombinovanou fermentaci – tzv. mokrosuchou) (Váňa, 2010).

Rozdělení podle dávkování materiálu do fermentoru:

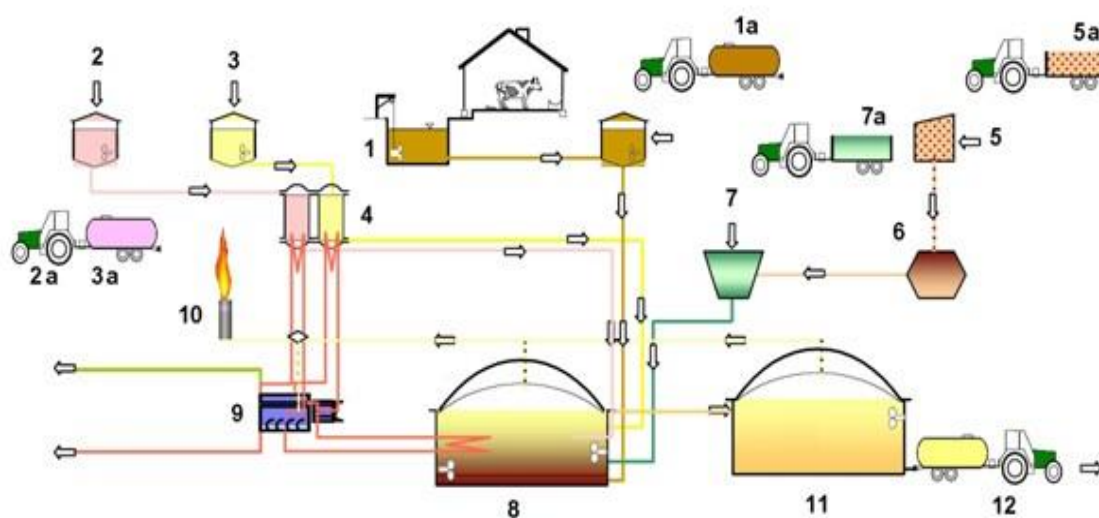
- ❖ Diskontinuální – doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru. Používá se zvláště při suché fermentaci tuhých organických materiálů.
- ❖ Semikontinuální – doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru, je to nejpoužívanější fermentor na zpracování tekutých materiálů.
- ❖ Kontinuální – používá se u fermentorů, které jsou určeny na zpracování tekutých organických odpadů s velmi malým obsahem sušiny (Pastorek a kol., 2004).

Rozdělení podle podílu vlhkosti zpracovávaného materiálu:

- Zpracování tuhých materiálů (suchou cestou – materiál s vysokým podílem sušiny 18 – 30 %, výjimečně až 50%) – Stanice tohoto typu jsou vhodné ke zpracování biologicky rozložitelných odpadů, zejm. k rozkladu komunálního biologicky rozložitelného odpadu. Ty není potřeba před vstupem do reaktoru nijak zpracovávat, vytrídovat nebo zkapalňovat (Karafiát a spol., 2009).
- Zpracování tekutých materiálů (mokrou cestou – s nízkým podílem sušiny 0,5 – 3 % resp. s vyšším podílem sušiny 3 – 14 %) – proces probíhá ve fermentačních nádržích, který je nutno stále míchat a před samotným procesem digesce i upravovat (ředit, popř. zahušťovat). V České republice je tento proces nejčastěji a nejdéle využívanou technologií, která zpracovává obsáhlou škálu

biologicky rozložitelných materiálů (biomasa z rostlinné zemědělské výroby, jateční odpad, kejda, čistírenské kaly aj.) (Obr. 1).

- Kombinované (mokro – suchou cestou) – kombinace procesů mokré a suché fermentace, jejichž reaktory jsou povětšinou napojeny sériově, kdy po „suché“ fermentaci následuje „mokrá“, nebo je suchá biomasa pomalu nastříkována procesní vodou (perkolátem). (Brandejsová a Příbyla, 2009).



Obrázek 1.: Schéma bioplynové stanice (1 – kejda ze stáje, 1a – kejda přivážená z okolních zemědělských podniků, 2 – příjem jatečních odpadů, 3 – příjem kuchyňských odpadů, 4 – tepelná úprava rizikových substrátů 2 a 3, 5 – příjmové místo zrnin, 6 – mechanická úprava zrnin (mačkání, drcení, šrotování), 7 – příjem a úprava zelené biomasy, 8 – fermentor se střešním plynoměrem, 9 – kogenerační jednotka (proud, teplo), 10 – hořák zbytkového plynu, 11 – zásobní jímka na digestát, 12 – odvoz digestátu jako hnojiva)(Mužík a Kára 2009).

4.1.2. Legislativa bioplynových stanic

Výstavby bioplynových stanic upravují v ČR různé zákony:

- Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší – stanovuje základní povinnosti provozovatelů (vlastníků) stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší (spalování biomasy), stanovuje také emisní a imisní limity znečištění ovzduší a jejich striktní dodržování, dále proces vydávání povolení k výstavbě zdrojů znečištění a vyměřuje výši poplatků za znečišťování ovzduší a pokuty za

překročení limitů a stropů znečištění u daného stacionárního zdroje. Tento zákon upravuje i provoz bioplynových stanic.

- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, jenž upravuje pravidla posuzování záměrů a koncepcí s výrazným vlivem na životní prostředí. Bioplynová stanice patří v příloze 1 tohoto zákona do kategorie I. (zařízení k výrobě základních organických chemikálií, zařízení k odstraňování odpadů nad 30 000 tun/rok) i do kategorie II. (zařízení ke spalování paliv s tepelným výkonem od 50 MW do 200 MW, restrukturalizace pozemků v krajině, využívání neobdělávaných pozemků nebo polopřirozených oblastí k intenzivnímu zemědělskému využívání, uvedení zemědělské půdy do klidu na ploše od 10 ha, Vodohospodářské úpravy nebo jiné úpravy ovlivňující odtokové poměry (např. odvodnění, závlahy, protierozní ochrana, terénní úpravy, lesnicko-technické meliorace, atd.) na ploše od 10 do 50 ha).
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řád, který upravuje zejména podmínky a postupy pro výstavbu, dále zkoumá vliv na životní prostředí a rozvoj území, posuzuje hodnotu území a jeho danou změnu po povolení stavby. Vymezuje pojem územní plánovací dokumentace a územní studie, která navrhuje, prověřuje a posuzuje možná řešení vybraných problémů, případně úprav nebo rozvoj některých funkčních systémů v území, například veřejné infrastruktury, územního systému ekologické stability, které by mohly významně ovlivňovat nebo podmiňovat využití a uspořádání území nebo jejich vybraných částí. (obecné požadavky na výstavbu).

Provoz bioplynových stanic upravuje:

- Zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon ve znění pozdějších předpisů, který povoluje podnikání v oblasti energetiky na základě licence, která může být udělena jak fyzickým, tak i právnickým osobám na základě podané žádosti a prokázání zákonem stanovených předpokladů stanovených vyhláškou č.426/2005 Sb., o podrobnostech udělování licencí pro podnikání v energetických odvětvích
- Zákon 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie upravuje v souladu s právem EU způsob podpor v závislosti na druhu technologie a v případě projektů energetického využití biomasy i v závislosti na druhu zpracovávané biomasy. Tento zákon je upravován vyhláškami č. 475/2005 Sb., kterou

se provádějí některá ustanovení zákona o podpoře a využívání obnovitelných zdrojů, Kromě licence a živnostenského listu, na jehož základě je možné podnikat v energetice podle Živnostenského zákona č. 455/1991 Sb. potřebné živnostenské listy pro:

- nakládání s odpady (s výjimkou nebezpečných odpadů) z oboru volných živností
- nakládání s nebezpečnými odpady – živnost vázaná
- nákup a prodej (hnojiv, kompostů)
- Zákon č. 229/2014 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Provozovatel bioplynové stanice zpracovávající biologicky rozložitelné odpady, je povinen provozovat toto zařízení se souhlasem k provozování zařízení podle § 14 odst. 1 tohoto zákona - Zařízení k využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu odpadů lze provozovat pouze na základě rozhodnutí krajského úřadu, kterým je udělen souhlas k provozování tohoto zařízení a s jeho provozním řádem. Jednotlivé fáze provozu mohou být provozovány pouze na základě souhlasu s provozním řádem příslušné fáze provozu. V řízení předcházejícím vydání tohoto rozhodnutí musí krajský úřad posoudit všechna zařízení, která s těmito činnostmi souvisejí.
- Zákon 156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů, který stanoví využití a následující zpracování dalšího výstupu z bioplynové stanice – Digestátu.

4.2. Bioplyn

Bioplyn je směs plynů obsahující 55 – 75 obj. % metanu, 23 – 43 % oxidu uhličitého a cca 2 % vodíku. Další plynné látky obsažené v bioplynu ve stopových koncentracích jsou sirovodík a další sирné a dusíkaté sloučeniny (merkaptany, amidy). Tyto stopové sloučeniny jsou příčinou možného zápachu bioplynu. Výhřevnost bioplynu o obsahu 60 % metanu představuje 25 MJ, což odpovídá cca 6,2 kWh. Plyn obdobných vlastností, získaný odplyněním skládek komunálních odpadů, se nazývá skládkový plyn (Váňa, 2010).

4.2.1. Biochemické procesy výroby bioplynu

Biologický rozklad organických látek je složitý a vícestupňový proces, na jehož konci působením metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká

bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou složek, methanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Průběh tohoto procesu ovlivňuje celá řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, teplota prostředí, pH, anaerobní prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd. Anaerobní mikroorganismy produkující metan (metanogeny) jsou považovány za jedny z nejstarších živých organismů na naší planetě. Právě biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, nazývaný metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace nebo též biochemická konverze organických látek. Jedná se o velmi složitý proces, který se skládá z mnoha dílčích na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně – chemických a biologických procesů (Kára a kol., 2007).

Anaerobní fermentace je rozdělena do čtyř základních fází:

- 1.) Hydrolýza – začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečná vlhkost nad 50 % hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganismy nejsou striktní anaerobové a svými enzymy rozkládají polymery (polysacharidy, proteiny aj.) na monomery (monosacharidy, aminokyseliny).
- 2.) Acidogeneze – v této fázi dochází k definitivnímu spotřebování kyslíku a vytvoření anaerobního prostředí, což zajišťují fakultativní anaerobové, kteří se vyskytují v obou prostředích. Vznik CO_2 , H_2 , a kyseliny octové umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy).
- 3.) Acetogeneze – je někdy označována jako mezifáze, při níž Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny a alkoholy na kyselinu octovou (CH_3COOH), vodík a oxid uhličitý.
- 4.) Metanogeneze – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou na metan (CH_4) a na oxid uhličitý (CO_2). Hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné (Kára a kol., 2007).

4.2.2. Zdroje a vlastnosti materiálů vhodných pro výrobu Bioplynu

Nejvíce materiálů vhodných pro výrobu bioplynu je produkováno v zemědělství. Jedná se zejména o výkaly hospodářských zvířat, vedlejší produkci z rostlinné výroby a cíleně pěstované energetické plodiny. Velké množství zbytkové biomasy je vyprodukováno také v navazujícím potravinářském průmyslu. Významný potenciál pro budoucí energetické využití v sobě zahrnují také biologicky rozložitelné komunální odpady. Vyprodukovanou biomasu lze rozdělit na dvě základní skupiny:

1. Biomasa záměrně pěstovaná k tomuto účelu:
 - energetické plodiny (šťovík, chrastice rákosovitá, tritikale, čirok, křídlatka, traviny apod.)
 - olejniny (z nich nejvýznamnější je řepka olejná pro výrobu surových olejů a metylesterů)
 - cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina, kukuřice na siláž
2. Biomasa odpadní:
 - rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny (kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic)
 - odpady z živočišné výroby (exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady mléčnic, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit)
 - biologicky rozložitelné komunální odpady (odděleně sbíraný papír, kuchyňské odpady, kaly z čistíren odpadních vod, organický podíl směsných komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně, odpady z tržišť apod.)
 - organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob (odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozoven)
 - lesní odpady (dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest) (Mužík a Kára, 2009).

Materiály pro výrobu bioplynu musí mít obsah sušiny v rozmezí 5 – 35 %, obsah organických látek v sušině nad 50 %. Důležitým kritériem je pH, které by mělo být v rozmezí 6,5 – 7,5 a ideální rozmezí poměru C:N (uhlík : dusík) je 20 – 40:1. Všechny tyto vlastnosti je možné ovlivnit vhodnou úpravou materiálu před vstupem do BPS, popř. složením vsázky při společné fermentaci (kofermentaci) různých druhů organických látek. Například přidáním silážní kukuřice k prasečí kejďě (s vysokým obsahem dusíkatých látek a nízkou sušinou) lze optimalizovat poměr uhlíkatých a dusíkatých látek (C:N) i obsah sušiny. Další důležitou vlastností materiálů vhodných pro anaerobní digesci je jejich biologická odbouratelnost a výtěžnost bioplynu. Většina materiálů, které jsou na farmách k dispozici, jsou snadno biologicky rozložitelné substráty. Odbouratelnost organické hmoty těchto substrátů se pohybuje v rozmezí 60-80 %. Pro většinu těchto materiálů postačí doba zdržení ve fermentoru 25 – 30 dní. Po této době produkce bioplynu z těchto substrátů ustává a kumulativní produkce bioplynu se tak přibližuje maximu. Produkce bioplynu po uplynutí 30 dní sice stále pokračuje, ale prodloužení procesu je ekonomicky nevýhodné a na celkovou výtěžnost bioplynu má jen nepatrný vliv (Mužík a Kára, 2009).

4.2.3. Využití Bioplynu

Produkty anaerobní digescce jsou bioplyn a biologicky stabilizovaný substrát (digestát). Bioplyn je vysoce kvalitní obnovitelný zdroj energie, který poskytuje celou řadu možností energetického využití. Výhřevnost bioplynu významně ovlivňuje pouze obsah metanu (CH_4), který závisí především na složení vsázky a technologických parametrech bioplynové stanice. Problémovou složkou bioplynu je naopak sulfan (H_2S), jenž je při spalování bioplynu příčinou tvorby kyseliny sírové (H_2SO_4), která při kondenzaci ze spalin způsobuje korozi. Proto se musí sulfan při vyšší koncentraci z BP odstraňovat. K tomuto účelu se nejčastěji používá chemická adsorpce H_2S do pevné látky (FeO , Fe_2O_3), nebo biologická metoda využívající sírných bakterií, které v aerobním prostředí oxidují sulfan na elementární síru a sírany v závislosti na teplotě a pH (Mužík a Kára, 2009)

Bioplyn je možné využívat podobně jako jiná plynná paliva. Mezi nejčastější způsoby využití bioplynu patří:

- přímé spalování (topení, sušení, chlazení, ohřev užitkové vody apod.)
- výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média (kogenerace)
- výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média a výroba chladu (trigenerace)
- pohon spalovacích motorů nebo turbín pro získání mechanické energie
- využití bioplynu v palivových člancích (Mužík a Kára, 2009)

4.3. Digestát

Digestát je vedlejším produktem zařízení na výrobu bioplynu, které pocházejí z organických odpadů. V závislosti na technologii bioplynu, digestát může být pevná látka nebo kapalný materiál. Digestát obsahuje vysoký podíl minerálního dusíku (N), a to zejména ve formě amonného, který je k dispozici pro rostliny. Kromě toho obsahuje další makro i mikroelementy potřebné pro růst rostlin. Proto digestát může být užitečným zdrojem rostlinných živin, tudíž se zdá být efektivním hnojivem pro zemědělské plodiny (Makádi et al., 2012).

Zda organická hmota digestátu může být označena jako organické hnojivo, musí splňovat základní požadavek: Musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit pro půdní mikroorganismy potřebnou energii. Část této energie z exotermního procesu mineralizace, pak může být převedena do endotermního procesu humifikace. Humusové látky svojí sorpční a hlavně iontovýměnnou kapacitou rozhodujícím způsobem ovlivňují nejen vyluhování živin z půdy, ale i samočisticí funkci půdy při kontaminaci xenobiotickými polutanty, tvorbu organo-minerálních komplexů půdních agregátů a mnoho dalších faktorů, které jsou významné pro potenciální půdní úrodnost. Produkce humusových látek závisí na poměru volné energie, vznikající v aerobních procesech transformace půdní organické hmoty k produkci nízkomolekulárních organických sloučenin, které jsou prekursory humusu a vznikají hlavně v anaerobních procesech transformace (Kolář a kol., 2009).

Organické hnojivo, vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu. Jako typové organické hnojivo je digestát vyrobený výhradně ze statkových hnojiv a objemných krmiv anaerobní fermentací. Digestát může dále projít procesem separace, při které vznikají organická hnojiva fugát a separát. Může vznikat také jako netypový, tj. vstupními surovinami jsou také jiné biologicky rozložitelné odpady, než statková hnojiva a objemná krmiva (Babička, 2006).

Ve srovnání s klasickými statkovými hnojivy má digestát vzhledem k použitým surovinám poměrně vysoký celkový obsah dusíku (0,2 ale až i 1 % ve hmotě), vyšší pH (7 – 8), nižší obsah uhlíku a sušina se pohybuje v rozmezí od 2 – 13 %. Při průměrném obsahu 0,5 % celkového dusíku v hnojivu se dodá při dávce 1 t digestátu 5 kg dusíku na ha. Složení digestátu představuje riziko ztrát dusíku v plynné formě, proto se u digestátu a fugátu doporučuje aplikace hadicovými aplikátory. Kvalitní digestát je hnojivo, které obsahuje hodnotné organické látky a minerální živiny a projevuje pouze malé znaky zápachu, v ideálním případě nezapáchá vůbec. Toho je dosaženo díky vhodné skladbě vstupních surovin, jejich předúpravě a zejména dostatečné době zdržení vstupních surovin ve fermentoru při mezofilních (cca 40 °C) nebo termofilních teplotách (cca 55 °C) (Marada a kol., 2008).

4.3.1. Vlastnosti a využití digestátu

Existuje velká řada materiálů, které mohou být použity jako vstupní surovina do BPS, jako např. hnůj, kejda, rostlinné suroviny, biomasa, kaly, biologicky rozložitelný odpad a vedlejší živočišné produkty. Právě podle druhu vstupních surovin je zapotřebí bioplynové stanice a digestáty důsledně rozlišovat a stanovovat na ně i různé požadavky v rámci povolovacího procesu. Ministerstvo životního prostředí vydalo metodický pokyn k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu, který má za úkol zavázat příslušné orgány státní správy v oblasti životního prostředí k jednotnému postupu při povolování a schvalování BPS a optimalizovat podmínky jejich provozu z hlediska životního prostředí. Způsob nakládání s digestátem se liší v závislosti na konkrétních podmínkách a měl by být důsledně řešen před realizací projektu bioplynové stanice ve „Studii proveditelnosti“. Pokud je využití digestátu částečně nebo zcela závislé na jiných subjektech, je nutné využití digestátu „ošetřit“ smluvním vztahem. Používání digestátu ke hnojení znamená pro zemědělce finanční úsporu z hlediska náhrady minerálních hnojiv a to zejména dusíku. Obsah snadno rozložitelného uhlíku je sice redukován, ale digestát obsahuje žádoucí prekursory

humínových látek. Aplikace digestátu má výrazně pozitivní vliv na úrodnost půdy a je jedním z důvodů, proč budování bioplynových stanic posiluje udržitelnost zemědělství a venkova (Marada a kol., 2008).

Kolář a kol. (2009) uvádí ve své studii, kde laboratorně zjišťoval obsahy minerálního a organického dusíku u kejdy, primárního kalu a jejich směsi před fermentací a po ní, že digestát není hnojivo organické, protože proces anaerobní digesce zanechal v surovině jen stabilní organické látky. Znakem organického hnojiva je schopnost rychlého rozkladu, aby hnojivo mohlo poskytnout energii půdním mikroorganismům. Je to jen slabé hnojivo minerální, protože obsahuje jen málo minerálních živin (dusík a draslík), a to v přebytku vody. Praxe je mystifikována údaji o obsahu dusíku v sušině, a považuje tento údaj za obsah v reálném odpadu. V jeho pevné části (separátu) je organický dusík, rostlinám nepřístupný. Jestliže se separát v půdě hydrolyzuje velmi pomalu, může i tento dusík mineralizovat jen pomalu a v zimě se zpravidla vyplaví. V kapalně části digestátu (fugátu) je sice dusík minerální, rostlinám přístupný a v sušině fugátu ho může být až 10 %. Ale obsah sušiny fugátu je jen 1 – 3 %, tj. obsah dusíku v kapalném fugátu je jen 0,15 – 0,30 %.

Digestáty se obvykle považují za organické hnojivo (zejména díky svému původu), vlivem vysokého podílu rychle využitelného amonného dusíku se však mohou stát výrazně úspornou alternativou k minerálním hnojivům. (Smatanová, 2012)

Smatanová (2012) ve svém pokusu rovněž uvádí, že u použitých hnojiv výměnná půdní reakce pH kolísala v rozmezí 5,3 – 6,0. Okyselující efekt mělo hnojení LAV a digestát I (pH 5,3) v orniční vrstvě do 30 cm. V podorničí se půdní reakce nezměnila u kontroly, výrazné zvýšení bylo zaznamenáno jak u minerálně, tak organicky hnojených kombinací. Obsah přístupného fosforu významněji stoupl po hnojení digestátem II. Odčerpání ostatních živin bylo poměrně rovnoměrné a úměrné výši výnosu. I ve spodní vrstvě půdy 30–60 cm se na zásobě fosforu pozitivně projevilo hnojení digestátem. Zvýšení zásoby prokázalo i hnojení kompostem. Ostatní sledované prvky se během prvního pokusného roku v porovnání s výchozím stavem půdy před založením pokusu nezměnily. Minerální dusík byl podkladem pro výpočet obsahu dusíku, který ve svrchní vrstvě půdy po hnojení LAV a digestátem I dosáhl podobného obsahu. Nejvyšší zásoba dusíku 63 kg N/ha byla po aplikaci kompostu. Ve spodním horizontu 30–60 cm po sklizni brambor bylo zjištěno v půdě po hnojení LAV 5,4 kg N/ha, zatímco po hnojení kompostem 13,7 kilogramů N/ha.

Vyhláška 131/2014 Sb. dále uvádí, že hnojiva typu digestát, digestát - fugát a separovaný digestát, jsou organická hnojiva výhradně z krmiv a statkových hnojiv, a že je to organické hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu. Jen u typu digestát – fugát dále definuje, že je to tekutý podíl, který může vykazovat působení minerálního hnojiva.

Ve své podstatě u určení, jestli je digestát organické nebo minerální hnojivo záleží na vstupních materiálech do bioplynové stanice, proto je důležité jeho rozdělení dle vstupních materiálů.

Marada a kol. (2008) uvádí následující rozdělení:

- 1.) Digestáty z bioplynové stanice, kde vstupními surovinami jsou statková hnojiva a materiály rostlinného charakteru – Tyto digestáty vznikají v bioplynové stanici, která zpracovává statková hnojiva a materiály rostlinného charakteru (např. sláma všech typů obilovin i olejin, bramborová nať, travní biomasa, kukuřičná siláž). Pro tento typ digestátů není možné použít jako vstupní surovinu odpady ani vedlejší živočišné produkty.
- 2.) Digestáty z bioplynové stanice, kde jednou ze vstupních surovin jsou odpady – Pro vznik těchto digestátů mohou být použity jako vstupní suroviny bioodpady, dále statková hnojiva a materiály rostlinného charakteru. Seznam bioodpadů využitelných v zařízení k využívání bioodpadů včetně seznamu bioodpadů využitelných v malém zařízení podle § 33b odst. 1 písm. a) zákona o odpadech a požadavky na kvalitu odpadů vstupujících do technologie jejich materiálového využívání uvádí vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a tento seznam je uveden v příloze č. 1 této příručky. Tyto bioplynové stanice lze provozovat pouze na základě rozhodnutí orgánu kraje, vydaného v přenesené působnosti. Tento orgán kraje uděluje souhlas k provozování těchto bioplynových stanic a schvaluje jejich provozní řád.
- 3.) Digestáty z bioplynové stanice, kde jednou ze vstupních surovin jsou vedlejší živočišné produkty – Pokud tento digestát vzniká v bioplynové stanici, kde se zpracovávají vedlejší živočišné produkty, spadají tyto bioplynové stanice pod působnost Nařízení ES č. 1774/2002 a musí plnit podmínky tohoto ustanovení jako je

např. hygienizace suroviny/odpadů (pasterizace, vysokoteplotní hygienizace). Tyto bioplynové stanice musí být schválené příslušnou Krajskou veterinární správou. Provozovatel bioplynové stanice zpracovávající vedlejší živočišné produkty je povinen určit a kontrolovat kritické body a zaznamenávat výsledky kontrol a vyšetření a uchovávat je nejméně po dobu dvou let. Dále jsou provozovatelé povinni odebrat reprezentativní vzorky ke kontrole každé zpracované šarže na shodu s normami a Nařízením ES č. 1774/2002. Pro každý použitý kritický kontrolní bod musí být stanoveny minimální hodnoty technologických norem. Mezi další povinnosti provozovatelů těchto zařízení patří přijetí systematických opatření proti ptákům, hlodavcům a hmyzu doložený programem hubení škůdců.

Digestát, separát i fugát o sušině vyšší než 2 % jsou vhodnými prostředky pro udržení půdní úrodnosti a pro zabezpečení výživy rostlin. Ke zvýšení hnojivé hodnoty digestátu a omezení emisí, zejména amoniaku, je třeba:

- používat zakryté dohnívací nádrže
- vlévat digestát do skladovacích jímek pod hladinou tekutiny
- nerozrušovat přirozeně plovoucí vrstvy ve skladovacích nádržích
- u otevřených (polních) jímek zamezit přímému účinku větru na hladinu digestátu, např. ochranným prostorem u jímky
- ke kvalitnímu odvodnění s možností recyklace fugátu, lze využít vhodné separátory
- při aplikaci digestátu na půdu jako hnojivo se doporučuje využívání hadicových aplikátorů s dosahem až k zemi, neboť tento způsob aplikace zaručuje lepší a rychlejší vsakování digestátu do půdy a tím výrazně snižuje emise dusíku a případného zápachu do ovzduší. (Marada a kol. 2008)

4.3.2. Legislativa použití digestátu v zemědělství

Hlavním právním zdrojem pro používání neseparovaného digestátu v zemědělství je zákon č. 156/ 1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon novelizuje znění zákonů č. 308/2000 Sb., č. 147/2002 Sb., č.317/2004 Sb., č. 444/2005 Sb., č. 553/2005 Sb., č. 230/2006 Sb., č.9/2009 Sb., č.227/2009 Sb., č. 281/2009 Sb., č. 490/2009 Sb. a č. 279/2013 Sb.

V § 1 odst. 1 se uvádí, že zákon stanoví v souladu s právem Evropských společenství (Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 2003/2003 ze dne 13. října 2003 o hnojivech, v platném znění. Směrnice Rady 86/278/EHS ze dne 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství.

Směrnice Rady 91/692/EHS ze dne 23. prosince 1991, kterou se normalizují a racionalizují zprávy o provádění některých směrnic týkajících se životního prostředí. Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů) podmínky uvádění do oběhu, skladování a používání hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů, podmínky agrochemického zkoušení zemědělských půd, podmínky zjišťování půdních vlastností lesních pozemků a některé podmínky používání upravených kalů, a dále podmínky uvádění do oběhu, skladování a používání sedimentů, jakož i působnost orgánů odborného dozoru nad dodržováním povinností stanovených tímto zákonem včetně oprávnění ukládat sankce.

Dále § 9, který stanovuje používání hnojiv, pomocných látek, upravených kalů a sedimentů. Zemědělští podnikatelé jsou povinni používat hnojiva, pomocné látky, upravené kaly a sedimenty způsobem stanoveným tímto zákonem, zákonem o odpadech a zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu. Hnojivy, pomocnými látkami a upravenými kaly nesmějí být při jejich používání vnášeny do půdy rizikové prvky nebo rizikové látky v množství, které pro hnojiva a pomocné látky stanoví ministerstvo prováděcím právním předpisem (vyhláška 474/2000 sb., o stanovení požadavků na hnojiva, kterou novelizovala s účinností od 1. 8. 2014 vyhláška 131/2014 Sb.).

Vyhláška 131/ 2014 Sb. rozděluje typ hnojiva „digestát“ na 3 samostatné typy organických hnojiv dle hodnoty sušiny:

- 1.) digestát – obsah sušiny 3 – 13 %, hodnota obsahu dusíku 0,3 % v sušině
- 2.) digestát – fugát – obsah sušiny < 3 %, hodnota obsahu dusíku 0,1 % v sušině
- 3.) separovaný digestát – obsah sušiny > 13 %, hodnota obsahu dusíku 0,5 % v sušině.

4.4. Pěstební substrát – Rašelina

Rašelina je organická přírodní hmota, která vzniká rašeliněním – přeměnou zbytků rostlin rodu *Sphagnum* (*subsecundum*, *teres*, *inundatum*, *flumalosum*, *medium*, *acutifolium*, *fascum*). Musí obsahovat více jak 66% z tohoto rostlinného rodu a představuje nejdůležitější typ rašeliny. Rašelinění je nedokonalý rozklad rostlin za nepřístupu vzduchu a za neustálého ovlhčení až zamokření. Jeho růst je centrifugální, takže vytváří charakteristický kopečkový ráz (Pařava a Valtera, 2007).

V substrátech může tvořit až 100% objemu, tzv. čisté rašelinové substráty, nebo jsou doplňovány o některé další komponenty, které mají za následek obohacení nebo upravení jeho vlastností. Musíme brát v úvahu, že každá rašelina nemá stejné vlastnosti, záleží na místě, kde byla těžena. Předností rašeliny z ověřených a dobrých zdrojů bývá její žádoucí obsah solí, bezplevelnost, vyrovnanost a ucelenost partií bez chorob a škůdců (Valtera 2003).

Rašelinu rozdělujeme podle způsobu vzniku na slatinovou a vrchovištní. Pro výrobu substrátů se výhradně hodí vrchovištní rašelina. Ta se vyznačuje svými optimálními chemickými vlastnostmi, kyselou reakcí a nízkým obsahem rozpustných solí. Fyzikální vlastnosti jsou ovlivněny jejím stářím – stupněm rozkladu, způsobem těžby a tříděním. Podle stupně rozloženosti dělíme vrchovištní rašelinu na světlou (bílou), hnědou (přechodnou) a černou (plně rozloženou, obsahující vysoký podíl humusu) (Dubský a kol. 2008).

Substráty můžeme rozdělit i dle použití a to na substráty výsevné, které se využívají k výsevu semen, pro nejmladší stádia rostlin a mají nejjemnější strukturu. Dále do této skupiny patří substráty pro mladé rostliny, které mají nižší zásobu živin a jemnou strukturu, substráty pro hotové rostliny, které mají vyšší zásobu živin a hrubší strukturu a substráty pro speciální kultury, které se využívají ve specifických podmínkách a jsou určeny pro určitý druh rostlin, mohou mít i velmi hrubou strukturu (Valtera, 2003).

Jednou z hlavních fyzikálně – chemických vlastností je pH substrátu. Optimální hodnoty pH jsou pro každý rostlinný druh jiné, ale obecně by hodnota pH měla být slabě kyselá mezi 5,0 (5,8) – 6,5 (6,8). Tak je zajištěno, že všechny potřebné živiny budou dobře přijímány, protože hodnota pH má hlavní roli v dostupnosti živin. Hodnota pH vyšší jak 7,5 způsobuje, že se stopové prvky vážou a nejsou přístupné pro rostlinu a pH po 4,0 způsobuje

toxicitu některých iontů např. měď, zinek nebo hliník. Hodnotu pH ovlivňují složky, které jsme použili do substrátu, na úpravu pH se používá dolomitický vápenec. Další důležitou fyzikálně – chemickou vlastností je vodozdržnost. Množství vody zadržené v substrátu závisí na velikosti částic a na použitých komponentech. Například rašelina, kompostovaná kůra a zkompostované zemědělské odpady zadržují až 90 % vody (Pokluda, 2005).

Černá rašelina je těžena dvěma způsoby. Je-li určena jako surovina pro chemický a farmaceutický průmysl, začíná se těžit v dubnu na odvodněných plochách a pokračuje se do července (srpna). Rašelina na polích prochází mlýnem, lisem a tvaruje se do nekonečných tyčí, které se poté přerézávají a nechávají se vyschnout. Nesmí dojít k přemrznutí rašeliny, jinak dojde k přerušení vláken. Na podzim se odváží a dále používá. Černá rašelina, která se používá jako základ substrátů, se těží od srpna do prosince, nechá se přemrznout a díky tomu dojde k rozbití konzistence, která je velmi pevná a hutná. Tento proces ulehčuje dalšímu zpracování. Rašelina se dále nakládá a zpracovává na jednotlivé frakce (Borovská, 2001).

4.5. Bazalka pravá – *Ocimum Basilicum L.*

Jednoletá rostlina z čeledi Hluchavkovitých (Lamiaceae), pěstovaná především jako kořenící bylina s příjemnou vůní, vysoká 10 – 45 cm. Lodyha čtyřhranná až okrouhlá, většinou lysá, někdy však i ochlupená s krátce řapíkatými listy, které mají vejčitou až kopinatou celokrajnou čepel. V horní části stonku přechází listy v listeny, květy jsou souměrné, oboupohlavné se srostlými obaly, kalich tvořený dvěma pysky, koruna též dvoupyská, barvy červené, žlutavé až bílé a dvoumocnými tyčinkami. Květenstvím je přetrhovaný lichoklas tvořený zhruba šestikvětými lichopřesleny. Plody jsou čtyři malé černohnědé tvrdky. Kvete od června do září. Vyžaduje slunná místa, vlhkou, humózní, kyprou a velmi úrodnou půdu (Slavík, 2000).

Bazalka má optimální podmínky pěstování v lehkých a kyprých půdách, jenž jsou dobře zavlaženy a má vysoký obsah humusu s pH pohybující se v rozmezí 4,3 – 8,4. Bazalce velice vyhovuje slunečné místo v podmínkách dlouhého dne. Pěstování bazalky lze dvěma způsoby jednak přímý výsev osiva, a nebo formou předpěstování. Osivo bazalky si uchovává klíčivost až 4 roky, klíčí v rozmezí 5 – 14 dní od výsevu. Optimální teplota klíčení je

v rozmezí 13 – 25 °C, rostlina je velice citlivá na nižší teploty zejména na mrazy, proto se doporučuje při přímém výsevu vysévat až na začátku května. Hloubka výsevu je 5 – 15 mm (Barátová, 2006).

Bazalka pravá se množí generativně. Přímým výsevem, který je zvláště vhodný pro teplejší oblasti, a z předpěstované sadby. Zakládání porostu z předpěstované sadby je nejčastějším způsobem pěstování. Tento způsob je vhodný pro pěstování ve vyšších polohách, pro malé pěstitele. Díky předpěstování se pěstební doba zkrátí zhruba o dva týdny (Neugebauerová, 2006).

Droga z nadzemní části rostliny bazalky (*Herba basilici*) je jedním z nejčastěji používaných kulinářských a farmakologických surovin, obsahuje značné množství biologických složek se silnými léčivými účinky. Bazalka má nízkou kalorickou hodnotu a vysoké nutriční hodnoty. Obsahuje karoten, vitamíny A, B6, C, dále vápník, draslík, fosfor, hořčík, železo. Rostlina bazalky také obsahuje flavonoidy, glykosidy, saponiny, silice, třísloviny a je významný antioxidant (Dzida, 2010).

Mezi hlavní silice bazalky pravé (*ocimum basilicum* L.) patří zejména estragol, linalool, 1,8- cineol, eugenol, methyl-cinnamát, nerol, nerolidol, linalyl-acetát. Většina z těchto silic má využití ve farmaceutickém, chemickém průmyslu a potravinářském průmyslu (Velíšek, 2002).

Dzida (2010) zjišťovala obsahy nutričních látek v rostlinách bazalky v závislosti přidáním uhličitanu vápenatého do substrátu a uvádí, že u minerálního dusíku, u něhož jsme získali zpětný vztah, navzdory tomu, že nebyl nalezen žádný významný účinek na koncentraci dusičnanového a amonného dusíku ze zkoumaných faktorů v rostlině bazalky. Klesající tendence byla výrazná v obsahu minerálního dusíku, který byl dán vyšší dávkou CaCO_3 . S aplikací dávkou CaCO_3 $6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ substrátu obsah minerálního dusíku byl v rostlině 0,67 % a při dávce $12 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ substrátu byla hodnota menší a to 0,47 %. Obsah dusičnanů v bazalkových listech byl na nízké úrovni, což dokazuje pozitivní kvalitu získané suroviny.

Golcz et al. (2006) uvádí ve svém pokusu na bazalce, kdy zjišťoval obsah dusíku a chloroplastů v sušených listech bazalky různých odrůd při různých dávkách hnojení, že použití dusíkatých hnojiv zvýšilo průměrné množství sušiny bazalky ve zkoumaných odrůdách v porovnání s kontrolou. Významné rozdíly v hmotnosti listů u různých odrůd při

různých dávkách anorganických dusíkatých hnojiv nebyly naopak nalezeny. V odrůdě „Dark opal“ byl při nejnižší dávce dusíku zjištěn na začátku kvetení největší nárůst biomasy listů ve srovnání s kontrolou. Dále bylo zjištěno, že došlo k zvýšení listové hmotnosti v plném květu rostliny ve srovnání s kontrolou, nejvyšší byla naměřena v odrůdách „Dark Opal“ a „Mittelgross“, při nejvyšší dávce dusíku 1,5 + 0,75 g N / rostlinu. Obsah dusíku v listech se zvyšoval proporcionálně na rostoucí dávku minerálního dusíkatého hnojiva (NH₄NO₃).

Příjem nitrátů kořeny u všech rostlin a jejich následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický. V celém procesu využití dusíku se jeví jako limitující redukce nitrátů enzymem nitroreduktasou, která je regulovaná především množstvím přijatého nitrátu. Nitrát je do buněk transportován aktivním transportním systémem a po vstupu do rostliny je nitrát redukován buď ihned v kořenech, nebo až v listech (Zehnálek a kol., 2006).

4.6. Hnojení digestátem

Makádi et al. (2012) uvádí, že digestát je materiál s vysokým obsahem živin a obsahem organické hmoty, jenž umožňují použít digestát a charakterizovat jej jako hnojivo. Na druhou stranu, biomasa, obsahující nerozložitelné molekuly, se vyznačuje vysokým biologickým stupněm stability, který je vhodný pro zlepšení půdních vlastností z důvod vyššího obsahu stabilní organické hmoty a hygienizačního účinku anaerobní digesce. Digestát rovněž snižuje množství vstupů minerálních hnojiv do rostlinné výroby a poskytuje tak jako hnojivo ekonomické a environmentální výhody. Kromě toho, alkalické pH digestátu by mohlo přispět ke snížení acidifikace půd, což je závažný světový problém. Použití digestátu místo minerálních hnojiv by mohlo přispět k udržení úrodnosti půd. Aplikace digestátu v pevné nebo kapalné formě může mít za následek významné zlepšení, kvantitativní i kvality potravin. Mikrobiologická aktivita půdy, která je také důležitou podmínkou úrodnosti půdy, by mohla být zvýšena použitím digestátu.

Pro přípravu pěstebních substrátů jsou vhodné separáty ze zemědělských bioplynových stanic, které zpracovávají statková hnojiva, především kejdu, a rostlinnou biomasu. Obsahují nerozložené frakce organických látek vláknité povahy a svojí strukturou ovlivňují fyzikální vlastnosti substrátů a dále jsou i významným zdrojem přijatelných

živin. U separátů s přirozenou vlhkostí je limitující jejich vysoký obsah amonného dusíku a přijatelného draslíku, použitelné jsou do 10 % obj., pokud se separát vysuší v bioplynové stanici s využitím odpadního tepla, obsah amonného dusíku výrazně poklesne a podíl separátu v substrátu může být vyšší, 20 – 40 % obj. separátu. Sušením se ovlivní i fyzikální vlastnosti, především se zvýší objemová hmotnost a zároveň i vzdušná kapacita. Limitujícím faktorem pro použití sušeného separátu je vysoký obsah přijatelného draslíku, při vyšších dávkách i vyšší vzdušná kapacita. Rašelinové substráty s podílem sušeného separátu kolem 20 % obj. jsou vhodné pro většinu rostlin. Substráty s podílem 40 % obj. separátu jsou vhodné pro rostliny náročné na živiny. Mají vysoký obsah živin, ale obsah přijatelného draslíku zpravidla nepřesahuje limitní hodnotu $500 \text{ mg K} \cdot \text{dm}^{-3}$ substrátu. Substráty s podílem 20 – 40 % obj. sušeného separátu mají dobré fyzikální vlastnosti a byly úspěšně odzkoušeny ve vegetačních pokusech. Pokud výrobce použije při přípravě substrátů sušený separát ve výše uvedených dávkách a částečně jím nahradí rašelinu, výrazně mu klesnou náklady na rašelinu, hnojiva a vápenec (Tlustoš a kol., 2013).

Garfí et. al (2011) se ve své studii zabýval posouzením vlastností digestátu z prasečího hnoje z nízkonákladových trubkových vyhnívacích nádrží. Při opakovaném hnojení tímto digestátem ve venkovských andských společenstvích, zjistil v polních pokusech zvýšení výnosu brambor o 27,5 % oproti kontrole o výnosu $20 - 25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Při použití hnoje činilo zvýšení 15,1 % a při použití hnoje s digestátem 10,3 %. Výtěžek krmné píce ($20 - 21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) se zvýšil o 1,4% s použitím 50% dávky digestátu. Při dávce 100 % a 150 % digestátu byly výnosy zvýšeny podobně o 8.8 % , ve srovnání s kontrolou. Výsledky naznačují, že digestát je vhodná náhrada pro hnojení brambor. Výsledky s pící naznačují, že hnojiva mohou být použity v rozsahu dávek v závislosti na množství produkovaném fermentorem. Při zavedení levných trubkovitých vyhnívacích nádrží by mohl hnůj prasat být použit k naplnění fermentorů, digestát jako hnojení pro plodiny a bioplyn jako palivo pro ohřev. To vše by vedlo ke zlepšení životních podmínek domácností a ochraně životního prostředí.

Alburquerque et al. (2012) realizovali vegetační pokusu, kdy rozdílná hnojiva (digestát, hnůj skotu, minerální hnojiva) používal na pole po dva roky ke hnojení kvěťáku a vodního melounu. Výnos dále rozdělili na prodejné a neprodejné kusy. První rok měl vodní meloun (kontrola celkově $32,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho prodejná produkce $32,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) největší výnos při použití digestátu (celkem $50,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a prodejných $47,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), při použití minerálního hnojiva byl výnos nižší (celkem $44,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, prodejné produkce $42,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a při použití

hnoje skotu nejnižší z použitých organických hnojiv – celkem $39,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (prodejné produkce $37,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Druhý rok byl digestát s celkovým výnosem $42,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (prodejný výnos $41,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) až za minerálními hnojivy (celkový a zároveň prodejný výnos $56,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Hnůj skotu (celkem $32,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho prodejné $31,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) vykazoval výnos srovnatelný s kontrolou ($32,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ celkový výnos a z toho $31,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Po oba dva roky byl výnos neprodejné produkce srovnatelný u všech použitých hnojiv. U kvěťáku (kontrola: první rok – $12,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ z toho jen $2,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ prodejné produkce, druhý rok $12,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho $2,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) byly rozdíly ve výnosu větší, a to mezi minerálními hnojivy (NPK 15-15-15) a zbytkem použitých hnojiv. Výnos první rok u minerálního hnojiva byl $32,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (z toho $25,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ prodejné produkce) a druhý rok ještě vyšší ($39,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, prodejné produkce $37,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). U digestátu byly výnosy $18,90 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ celkem, prodejné produkce jen $4,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a druhý rok celkově $22,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a z toho prodejných $9,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, u hnoje skotu byl výnos první rok $21,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (prodejné produkce $5,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a rok druhý $13,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($2,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Vysoká produkce neprodejných kusů mohla souviset s chladnými podmínkami (děšť, který podporuje vyplavování živin a nízká teplota, která zpomaluje mikrobiologické procesy jako nitrifikaci) a vyšší poptávka dusíku u kvěťáku s delším cyklem. Aplikace digestátu (rychlost a načasování) tedy musí být optimalizována k uspokojení poptávky plodin v celém plodinovém cyklu, s ohledem na výše uvedené faktory. Změny fyzikálně – chemických vlastností půdy, které jsou vyvolané digestátem mají tendenci klesat s časem. Digestát obsahuje značné množství amonného dusíku, který je rychle nitrifikován a tudíž přímo dostupný plodinám v krátkodobém horizontu a zároveň touto reakcí okyseluje půdu. Kromě toho navíc digestát vedl ke zvýšení množství dostupného fosforu v půdě, proto jeho agronomické využití by nemělo být založeno jen na dusíku, ale i na fosforu. Digestát zvýšil rovněž půdní mikrobiální biomasu a zvýšil činnost u dehydrogenáz, alkalických fosfatáz a glukosidáz, ačkoli tento efekt byl vždy méně výrazný než u statkových hnojiv, které poskytly větší množství organického uhlíku do půdy.

5. Metodika a materiál

Metodika navazuje na pokusy z let 2011 a 2012, kde byly používány různé poměry digestátu s rašelinou u různých zahradních rostlin. Nejvhodnější parametry v letech 2011 a 2012 vykazovala zpravidla rašelina s 5 a 10 % digestátu, hodnota pH zde však byla stále nízká. Proto byl v těchto pokusech přidáván v různých poměrech dolomitický vápenec. Hodnoceny byly varianty uvedené v následující tabulce (tabulka 1). Vlastní pokus s Bazalkou pravou (*Ocimum basilicum* L.) ve sklenících ČZU byl založen 19. 4. 2013 a sklizeň 17. 6. 2013. Rostliny byly vždy zasazeny do nádob se substrátem o objemu 1,5 l a to v počtu 4 rostliny bazalky na nádobu. Všechny varianty byly realizovány ve čtyřech opakováních a dle potřeby byly zalévány.

Tabulka 1: Varianty pokusu s neseparovaným digestátem a dolomitickým vápencem

Var.	Substrát
1	pěstební substrát B
2	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 3 g·dm ⁻³ dolomitického vápence
3	rašelina + 5 % ND (namícháno objemově) + 6 g·dm ⁻³ dolomitického vápence
4	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 3 g·dm ⁻³ dolomitického vápence
5	rašelina + 10 % ND (namícháno objemově) + 6 g·dm ⁻³ dolomitického vápence

Jako kontrolní varianta byl použit běžný typ pěstební substrátu - pěstební substrát B od firmy Rašelina Soběslav, Soběslav, ČR (dále jen Pěstební substrát B). Na namíchání pěstebních substrátů s digestátem byla použita rašelina zahradnická třídy I – vrchovištní (AGRO CS a.s. Česká skalice). ND byl dodán z BPS ZD Krásná Hora nad Vltavou, a.s. (Středočeský kraj, okres Příbram). Vstupním substrátem pro výrobu bioplynu je zde kejda skotu, kukuřičná siláž a travní senáž. Pro úpravu hodnoty pH byl použit dolomitický vápenec – 22 % Ca a 10 % Mg (firma Engelhard GmbH, Ammerthal, Německo). Další základní charakteristiky vstupních substrátů jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Průměrný obsah sušiny (v %) a přístupných živin stanovených metodou CAT (v mg·dm⁻³) čerstvé hmoty) a hodnota pH (0,01 mol·dm⁻³ CaCl₂)

Varianta	Sušina	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	P	K	Ca ¹⁾	Mg	pH
ND	5,3	15,2	1600	319	3260	1308	507	7,7
Rašelina	39,6	0,5	4,3	1,2	11,3	1,6	0,4	3,8
Pěst. substr. B	48,7	42	38	20	273	1894	449	5,8

¹⁾ Stanoveno ve vodném výluhu 1/5 w/v

Provedené analýzy

U všech pokusů byly jako základní analýzy provedeny následující:

- stanovení objemové hmotnosti substrátů před sázením i po sklizni
- podíl sušiny substrátů před sázením i po sklizni
- hmotnost čerstvé nadzemní hmoty sklizených rostlin bazalky
- podíl sušiny nadzemní hmoty sklizených rostlin

Stanovení obsahu makroprvků extrakcí CAT

Dostupnost či obsah vybraných půdních živin a prvků se stanovuje dle normy EN 13651. Tato evropská norma popisuje extrakční metodu pro stanovení živin a prvky extrahovatelné s chloridem vápenatým / DTPA (diethylentriaminpentaacetát). Norma není vhodná pro stanovení vápníku. Zkušební vzorek se extrahuje při pokojové teplotě s roztokem 0,01M CaCl₂ a 0,002M DTPA v poměru 1:5 (v/v). Tato norma se používá v několika evropských zemích, aby prověřila dostupnost makroprvků v druhotných surovinách, biologickém odpadu, půdě či pěstebních substrátech. Obsah amonného a nitratového dusíku v substrátech byl měřen fotometricky přístrojem SKALAR SAN⁺⁺ SYSTEM, obsah fosforu rovněž fotometricky přístrojem SKALAR, obsahy K a Mg pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS VARIAN VISTA^{PRO}) a obsah S byl měřen optickým emisním spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).

Stanovení hodnoty pH, vodivosti a obsahu makroprvků v substrátu ve vodném výluhu

Pro stanovení hodnoty pH bylo naváženo v přepočtu 10 cm³ čerstvého substrátu a přidáno 50 cm³ demineralizované vody. Vzorky reagovaly s roztokem po dobu 2 hod. (1 hod. třepání, 1 hod. ustálení). Po ustálení proběhlo měření aktivního pH a vodivosti přístrojem „HANNA Instruments, HI 991 300“. Po změření hodnoty pH a vodivosti v suspenzi byly extrakty zfiltrovány. Získané filtráty byly využity pro další měření. Obsah amonného

a nitrátového dusíku v substrátech byl měřen fotometricky přístrojem SKALAR SAN⁺⁺ SYSTEM, obsah fosforu rovněž fotometricky přístrojem SKALAR, obsahy K, Ca a Mg pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS VARIAN VISTA^{PRO}) a obsah S byl měřen optickým emisním spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).

Obsah dusíku v nadzemní hmotě rostlin

Obsah dusíku byl stanoven po rozkladu koncentrovanou kyselinou sírovou dle Kjeldahla (ČSN 46 1011-18). Pro extrakci bylo naváženo 0,500 g suchého, jemně namletého materiálu. Toto množství bylo mineralizováno 10 cm³ koncentrované kyseliny sírové, za přítomnosti selenového katalyzátoru po dobu 1 hod při teplotě 400° C. Mineralizovaný materiál byl následně měřen přístrojem Gerhardt Vapodest 50s. (Český normalizační institut, 2003)

Obsah ostatních makroprvků v nadzemní hmotě rostlin

Bylo naváženo 0,15 g (\pm 0,005g) namletého materiálu. Ten byl rozložen pomocí mikrovlnného rozkladu (Ethos 1, Advanced Microwave Digestion System) v prostředí koncentrované kyseliny dusičné a peroxidu vodíku. Získaný vzorek byl poté naředěn a analyzován optickým emisním spektrometrem s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) pro změření celkového obsahu fosforu a síry a rovněž pomocí AAS (VARIAN VISTA^{PRO}) pro získání hodnoty celkového obsahu draslíku, vápníku a hořčíku.

Vyhodnocení výsledků

Pro základní popisné charakteristiky byl použit software Excel (2010). K podrobnější statistické analýze (ANOVA) byl využit program Statistica. (StatSoft, 2009)

6. Výsledky

6.1. Vstupní charakteristiky substrátů

Podle Tabulky 1. (viz. Metodika, byly jednotlivé substráty označeny jako varianty 1 – 5. Vzorky variant substrátů byly odebrány při založení pokusu a následně analyzovány. Jako vstupní charakteristiky byly naměřeny procentuální obsah sušiny v substrátu, objemové hmotnosti suchého i vlhkého vzorku, pH, elektrická vodivost a obsahy makroprvků. Obsahy makroprvků byly naměřeny metodou CAT a ve vodném výluhu.

6.1.1. Základní charakteristiky

Naměřené hodnoty jsou umístěny v tab. 3, kde je zřejmé, že směs rašeliny a neseparovaného digestátu má menší objemovou hmotnost, jak u vlhkého vzorku, tak u suchého vzorku, než u pěstebního substrátu B. Hodnoty pH mezi pěstebním substrátem B (var. 1) a směsí rašeliny, neseparovaného digestátu a vápence jsou nepatrně rozdílné. Ve vodném výluhu byly hodnoty u variant 2 a 3 extrémně kyselé a varianty 1,4 a 5 silně kyselé. S přidáním digestátu a vápence se hodnota pH podle předpokladů zvyšovala. U výluhu roztokem chloridu vápenatého jsou varianty 1– 4 kyselé a varianta 5 slabě kyselé. Hodnota elektrické vodivosti (EC), která vyjadřuje míru zasolenosti substrátu, je v případě varianty 1 (pěstební substrát B) výrazně vyšší než u zbylých variant rašeliny s digestátem.

Tabulka 3.: Hodnoty vstupních charakteristik substrátů

Var.	sušina (%)	OHV* (g·dm ⁻³)	OHS* (g·dm ⁻³)	pH H ₂ O	pH 0,01M CaCl ₂	EC v suspenzi (mS/cm)
1	44,1	522	358	4,8	5,2	0,65
2	46,7	409	299	4,3	5,2	0,12
3	45,7	415	303	4,5	5,3	0,11
4	41,8	436	258	4,7	5,5	0,18
5	41,6	458	263	5,0	5,8	0,20

OHV – objemová hmotnost vlhkého vzorku (čerstvého vzorku), OHS – objemová hmotnost suchého vzorku

6.1.2. Obsahy makroprvků v substrátu

V tab. 4 jsou uvedeny údaje naměřené metodou CAT. Byly zjištěny velmi rozdílné obsahy vybraných prvků. Velké rozdíly byly naměřeny u amonného dusíku, mezi pěstebním

substrátem, rašelinou s 5% dávkou digestátu a rašelinou s 10 % digestátu. Je tedy zřejmé, že digestátem bylo přidáno značné množství dusíku v amonné formě. Oproti tomu dusíku v nitrátové formě obsahoval více pěstební substrát. Dle tab. 4 je vidět, že zvýšením dávky digestátu do rašeliny se zvyšuje obsah draslíku, kdy při dávce 5 % digestátu se obsah vyrovnává pěstebnímu substrátu B, ale při 10% dávce digestátu je již dvakrát vyšší než u pěstebního substrátu B. Stejně významný rozdíl byl naměřen i u obsahu fosforu v substrátech, kdy při 10% dávce digestátu je obsah vyšší než při dávce 5 %. Obsah fosforu v pěstebním substrátu je oproti rašelině s digestátem nižší. I přes přidání dolomitického vápence k jednotlivým substrátům s digestátem nedosahuje obsah hořčíku takových hodnot jako v pěstebním substrátu B. Stejně tendence jako u hořčíku byly zaznamenány u síry (S), ovšem kdy byl obsah síry ve směsích rašeliny s digestátem (var 2 – 4) velice nízký. Nevýznamný rozdíl v obsahu S byl naměřen mezi jednotlivými dávkami digestátu do rašeliny.

Tabulka 4.: Obsahy prvků v substrátech metodou CAT

	Obsah prvků (mg·dm⁻³ čerst. hm.)					
Var.	N-NO₃⁻	N-NH₄⁺	K	Mg	P	S
1	41,7	37,7	273	449	19,9	455
2	5,6	181	220	171	37,4	6,20
3	8,6	194	225	184	34,0	5,90
4	5,6	425	532	188	80,7	8,70
5	7,2	473	596	247	92,5	9,80

Obsahy prvků v tab. 5 byly měřeny pomocí vodního výluhu (1:5 v/v). Obsahy jednotlivých prvků měřené i pomocí metodou CAT, ukazují sice rozdílné hodnoty, ale většinou podobnou tendenci jako u tab. 4. Velký rozdíl mezi metodou CAT a vodným výluhem je u obsahů draslíku, amonného a nitrátového dusíku a hořčíku. Uhličitan hořečnatý je však nerozpustný ve vodě. Pomocí měření ve vodním výluhu byl naměřen i obsah vápníku, pro který je metoda CAT nevhodná. Obsah vápníku je i přes přidání dolomitického vápence do rašeliny s digestátem (var. 2 – 5) výrazně nižší než u pěstebního substrátu B (Var. 1), ale je to dáno tím, že uhličitan vápenatý je velice málo rozpustný ve vodě. Do běžných pěstebních substrátů je vápník pravděpodobně přidáván v lépe rozpustné formě.

Tabulka 5.: Obsahy prvků v substrátech měřené ve vodném výluhu

	Obsah prvků ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ čerst. hm.)						
Var.	N-NO₃⁻	N-NH₄⁺	Ca	K	Mg	P	S
1	153	16,4	634	211	175	7,7	361
2	1,8	34,2	2,7	70,9	1,2	53,0	9,9
3	1,9	32,7	2,0	62,8	1,6	37,3	8,3
4	1,4	46,1	1,6	125	1,0	84,2	13,8
5	2,2	47,9	2,9	141	1,7	92,8	15,6

Dále byly porovnávány jednotlivé substráty a vliv digestátu a rašeliny na obsahu makroprvků. Přídavkem digestátu do rašeliny chudé na makroprvky dostává vysoká dávka amonného dusíku a draslíku a v menší míře i fosforu (tab. 6).

Tabulka č. 6.: Srovnání obsahů prvků u použitých substrátů (varianta 1 – 5), neseparovaného digestátu (ND) a rašeliny. Obsahy jsou uvedeny v $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	ND	Rašelina
NO₃⁻	41,7	5,60	8,60	5,60	7,20	15,2	0,50
NH₄⁺	37,7	181	194	425	472	1600	4,30
K	273	220,3	225	532	596	3260	11,3
P	19,9	37,4	34,0	80,7	92,5	319	1,20

6.2. Rozbory substrátů po sklizni

Vzorky variant pěstebního substrátu B a směsí rašeliny s různou dávkou digestátu a dolomitického vápence byly odebrány a naměřeny zvlášť pro každé opakování. Pro měření obsahů makroprvků byly opět použity metoda CAT a měření ve vodném výluhu.

6.2.1. Základní posklizňové charakteristiky

Základní charakteristiky jako obsah sušiny, objemová hmotnost čerstvého (vlhkého) vzorku, pH a elektrická vodivost byly změřeny a zobrazeny v tabulce 7. V tabulce 7 jsou uvedeny obsahy sušiny a dopočtená objemová hmotnost čerstvého vzorku, hodnoty pH a změřená elektrická vodivost. Mezi obsahy sušiny a mezi objemovými hmotnostmi nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Další naměřenou charakteristikou po sklizni bylo pH. Hodnoty pH byly rovněž naměřeny pro každé opakování jednotlivých variant.

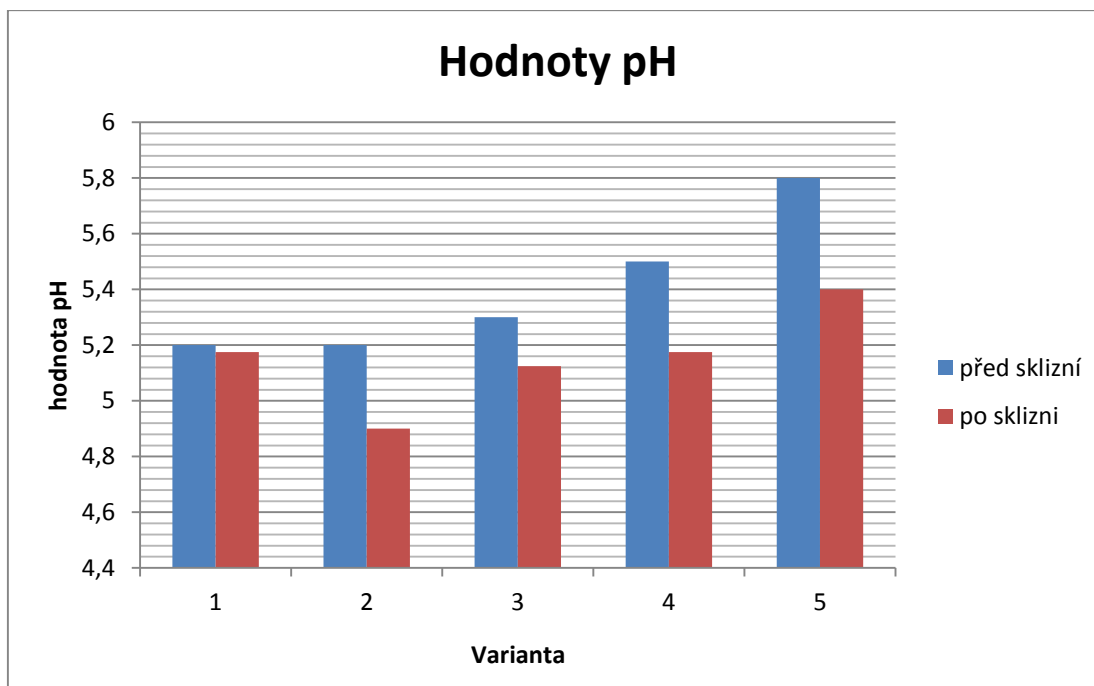
Tabulka. 7.: Základní charakteristiky naměřené po sklizni bazalky a vypočítané průměry porovnané statistickým testem (ns – nesignifikantní rozdíly)

Var. č.	sušina (%)	OHV g·dm ⁻³	pH 0,01M CaCl ₂	pH H ₂ O	EC
1/1	54,6	655	4,8	5,4	0,52
1/2	49,7	719	4,7	5,2	0,30
1/3	49,9	717	4,7	5,1	0,40
1/4	51,6	693	4,6	5,0	0,42
Průměr var. 1	51,5	696	4,7 a*	5,2 a	0,41 a
2/1	36,5	820	3,9	5,1	0,10
2/2	27,2	1098	4	4,8	0,18
2/3	60,8	492	3,8	4,8	0,08
2/4	43,5	688	3,9	4,9	0,11
Průměr var. 2	42,0	775	3,9 b	4,9 b	0,12 b
3/1	63,9	474	4,3	5,2	0,07
3/2	69,6	436	4,4	5,2	0,15
3/3	65,6	462	4,2	5,0	0,10
3/4	68,1	445	4,3	5,1	0,07
Průměr var. 3	66,8	454	4,3 c	5,1 a	0,10 b
4/1	64,7	398	4,1	5,1	0,11
4/2	34,2	753	4,3	5,2	0,22
4/3	54,2	476	4,2	5,2	0,16
4/4	40,9	630	4,2	5,2	0,13
Průměr var. 4	48,5	564	4,2 c	5,2 a	0,16 b
5/1	49,8	528	4,7	5,5	0,13
5/2	47,0	560	4,6	5,3	0,11
5/3	31,7	829	4,9	5,4	0,24
5/4	50,7	519	4,8	5,4	0,23
Průměr var. 5	44,8	609	4,8 a	5,4 c	0,18 b
F – test	3,92	2,67	58,6	9,39	17,43
Hladina význ.	ns	ns	0,01	0,01	0,01

* v případě rozdílného písmenka signifikantní rozdíly

Pro měření hodnot pH ve výluhu 0,01 M roztokem CaCl_2 nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi variantami 1 a 5. Také mezi variantami 3 a 4 nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Z toho vyplývá, že zmíněné varianty bez rozdílu mají podobné hodnoty pH. Naopak varianta 2 je statisticky významně rozdílná od ostatních variant. Stejně tak je průkazný rozdíl mezi variantami 1, 5 a 3, 4. Hodnoty pH u variant 2, 3 a 4 jsou extrémně kyselé a hodnoty pH u variant 1 a 5 jsou silně kyselé. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti 0,01 byly zjištěny i u měření ve vodném výluhu. Nebyl zjištěn významný rozdíl v hodnotě pH u variant 2,3 a 4, významně rozdílné byly hodnoty u variant 1 a 2 – 5 a také u variant 5 a 2 – 4. Hodnoty pH u variant 1, 3, 4, 5 byly hodnoceny jako kyselé a u varianty 2 byly na přelomu silně kyselé až kyselé. Z tabulky dále vyplývá, že přidavek digestátu i dolomitického vápence do substrátu vedl ke zvýšení hodnot pH substrátu.

Při srovnání hodnot pH v tabulce 7 s tabulkou 3, lze pozorovat, že hodnoty $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ pěstebního substrátu B (var. 1) se v průběhu pěstování takřka nezměnily. Naopak u všech substrátů vzniklých smícháním rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence došlo k významnému snížení pH, což je zobrazeno v grafu (obr. 2). Další měřenou charakteristikou, stejně jako při začátku pokusu, byla elektrická vodivost. Statisticky významný rozdíl na hladině významnosti 0,01 byl naměřen mezi pěstebním substrátem B a zbytkem zkoumaných variant, mezi kterými nebyl statisticky průkazný rozdíl. Vlivem pěstování se hodnoty konduktivity významně nezměnily ani u jedné varianty. V obr. 2 lze také pozorovat rozdíly v hodnotách pH pro jednotlivé varianty a jejich stoupavou tendenci při zvyšujících se dávkách digestátu a vápence. Snížení hodnoty pH v substrátech obsahujících digestát pravděpodobně způsobila mineralizace zásaditě působícího amonného dusíku na kyselý působící nitrátový aniont.



Obrázek č. 2.: Hodnoty pH měřené ve vodném výluhu substrátu (hodnoty „po sklizni“ jsou vypočítané průměry z měření pro každé opakování v tabulce 7)

6.2.2. Obsahy prvků v substrátech po sklizni

Naměřené obsahy jednotlivých prvků pomocí metody CAT jsou zobrazeny v tab. 8. U těchto hodnot jednotlivých variant a opakování bylo rovněž použito statistické vyhodnocení. V případě nitrátového dusíku ($N - NO_3^-$) bylo zjištěno, že významný rozdíl nebyl mezi variantami 2 – 4. Naopak byl zjištěn významný rozdíl mezi variantou 1 a 2 – 4. U varianty 5 bylo dosaženo průkazně vyšších výsledků ve srovnání s variantami 2 – 4 a naopak průkazně nižších výsledků ve srovnání s variantou 1. U obsahu draslíku nebyl naměřen statisticky významný rozdíl při hladině významnosti 0,01 mezi variantami 1 a 3 a mezi variantami 4 a 5. Varianta 2 byla dle obsahu draslíku statisticky na rozhraní mezi variantami 1, 3 a 4, 5. Všechny varianty v případě obsahu hořčíku byly bez statistických rozdílů. Průkazný rozdíl v obsahu fosforu byl zaznamenán mezi variantami 3 a 4, a to při hladině významnosti 0,05. Varianty 1, 2 a 5 měly průkazně vyšší obsah fosforu než varianta 3 a průkazně nižší než varianta 4. Mezi jednotlivými variantami rašeliny s digestátem a vápencem nebyl v obsahu síry významný rozdíl, naopak všechny směsi rašelina, digestát a vápenec byly statisticky významně odlišné od varianty 1 – pěstebního substrátu B.

Tabulka 8.: Naměřené obsahy makroprvků v substrátech po sklizni Bazalky pravé (*ocimum basilicum L.*) pomocí metody CAT. Průměry a statistický test (ns – nesignifikantní rozdíl)

	Obsah prvků v substrátech - metoda CAT (mg·dm⁻³ čerstvé hm.)					
Var.	N-NO₃⁻	N-NH₄⁺	K	Mg	P	S
1/1	35,8	6,10	50,7	435	14,2	372
1/2	47,2	7,35	57,4	422	13,0	437
1/3	29,8	7,28	40,9	360	9,20	320
1/4	30,7	7,90	54,7	325	10,2	341
průměr	35,9 a	7,16 a	50,9 ab	386	11,7 ab	368 a
2/1	11,8	82,6	276	552	24,6	25,6
2/2	31,8	87,2	438	837	38,2	38,8
2/3	3,83	47,9	178	400	18,6	15,2
2/4	4,27	153	261	502	20,5	26,4
průměr	12,9 b	92,7 a	288 ab	573	25,5 ab	26,5 b
3/1	2,31	48,2	103	390	7,96	10,0
3/2	3,89	173	102	329	10,3	27,4
3/3	2,12	47,5	71,3	325	9,05	13,0
3/4	1,78	166	77,1	286	6,57	12,2
průměr	2,53 b	108 a	88,4 a	332 a	8,47 a	15,7 b
4/1	3,82	334	329	267	11,9	10,7
4/2	5,11	946	637	454	98,4	43,0
4/3	8,26	414	391	274	52,7	34,6
4/4	6,17	742	421	505	37,8	24,4
průměr	5,84 b	609 b	445 b	375	50,2 b	28,2 b
5/1	34,7	420	306	579	13,5	16,1
5/2	8,96	454	250	490	19,1	22,2
5/3	7,75	578	625	733	52,7	26,5
5/4	21,5	441	280	360	34,0	29,9
průměr	18,2 ab	473 b	365 b	541	29,8 ab	23,7 b
F - test	8,66	15,1	9,78	2,93	3,24	158
Hl. význ.	0,01	0,01	0,01	ns	0,05	0,01

Pomocí měření ve vodném výluhu byly zjištěny obsahy prvků (N, Ca, K, Mg, P, S) v substrátech po sklizni rostlin bazalky, hodnoty obsahu jsou uvedeny v tab. 9.

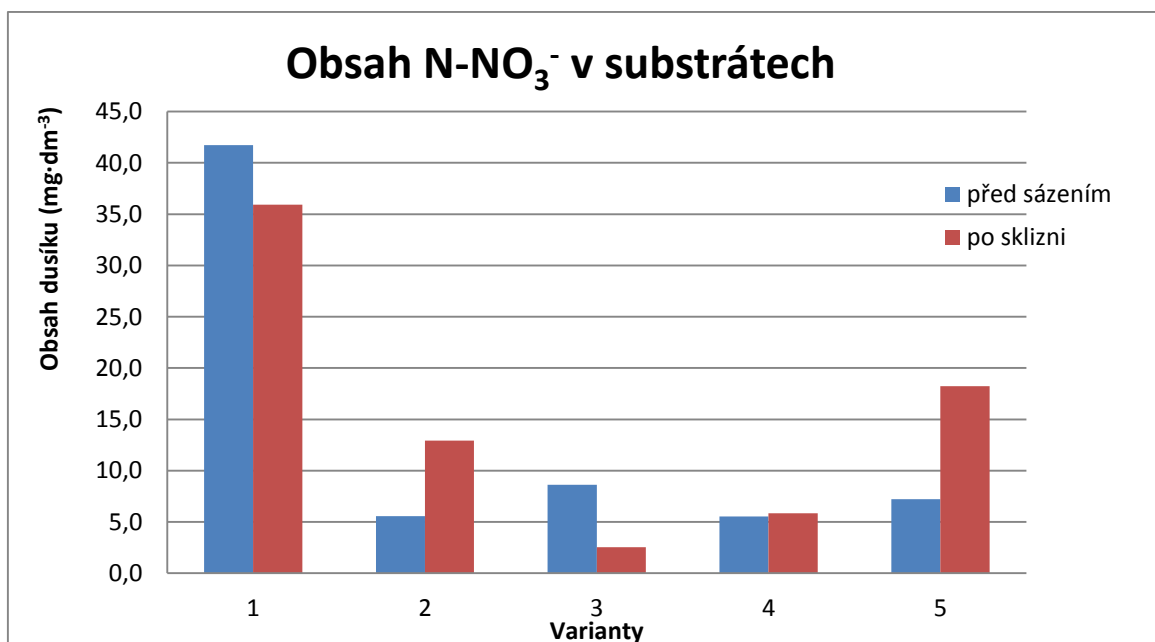
Tabulka 9.: Obsahy prvků v substrátech po sklizni měřené ve vodném výluhu

	Obsah prvků v substrátech - vodný výluh 1:5 v/v (mg·dm⁻³ čerst. Hm.)						
Var.	N-NO₃⁻	N-NH₄⁺	Ca	K	Mg	P	S
1/1	26,7	20,4	693	31,1	116	4,62	476
1/2	35,5	32,0	515	34,8	96,4	5,14	443
1/3	31,3	22,3	443	19,0	62,1	3,54	365
1/2	23,9	16,9	464	35,9	133	4,21	382
průměr	29,4 a	22,9 a	529 a	30,2	102 a	4,38 a	417 a
2/1	2,24	38,7	2,23	77,3	1,11	13,8	12,8
2/2	10,0	62,4	9,47	184	8,39	22,2	15,7
2/3	0,99	16,4	3,26	47,6	2,22	10,9	22,6
2/4	1,72	42,5	4,63	63,5	2,45	10,9	26,1
průměr	3,74 b	40,0 ab	4,90 b	93,1	3,54 b	14,5 a	19,3 b
3/1	1,70	55,4	5,44	33,3	4,04	10,0	11,5
3/2	2,28	87,5	6,54	34,8	5,35	12,0	22,7
3/3	1,63	49,3	5,64	16,6	4,98	9,42	12,4
3/4	0,72	51,6	3,72	17,2	2,74	6,47	7,84
průměr	1,58 b	61,0 ab	5,34 b	25,5	4,28 b	9,47 a	13,6 b
4/1	3,87	70,6	2,03	31,7	1,08	12,8	11,0
4/2	3,95	114,7	5,50	135	3,69	67,9	31,6
4/3	1,78	46,7	3,19	102	1,81	46,3	30,5
4/4	2,09	42,9	5,12	93,9	2,29	43,8	32,0
průměr	2,92 b	68,7 b	3,96 b	90,7	2,22 b	42,7 b	26,3 b
5/1	14,1	35,5	7,49	81,6	4,52	16,1	17,8
5/2	4,05	44,6	9,81	54,5	5,99	20,2	19,5
5/3	6,32	62,0	23,0	170	13,0	42,4	25,0
5/4	12,1	61,4	13,1	97,2	7,03	33,8	26,5
průměr	9,14 b	50,9 ab	13,4 b	101	7,64 b	28,1 ab	22,2 b
F – test	39,1	3,28	84,0	2,30	39,9	6,96	217
Hl. význ.	0,01	0,05	0,01	ns	0,01	0,01	0,01

Významné rozdíly mezi pěstebním substrátem B a všemi variantami směsí rašeliny, digestátu a dolomitického vápence byly zjištěny u obsahů nitrátového dusíku, vápníku, hořčíku a síry. U obsahu těchto prvků byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi variantou 1 a ostatními (2 – 5). U amonného dusíku bylo zjištěno, že varianty 1 a 4 jsou na hladině významnosti 0,05 vzájemně odlišné, a že u variant 2,3 a 5 byl obsah amonného dusíku průkazně vyšší než u varianty 1 a na druhou stranu průkazně nižší než u varianty 4. U obsahu draslíku nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými variantami. Rovněž významný rozdíl nebyl naměřen v obsahu fosforu (P) u variant 1 – 3. Naopak významný rozdíl byl naměřen variantami 1 – 3 a 4. U varianty 5 byl zjištěn průkazně vyšší obsah fosforu než u variant 1 – 3 a průkazně nižší než u varianty 4.

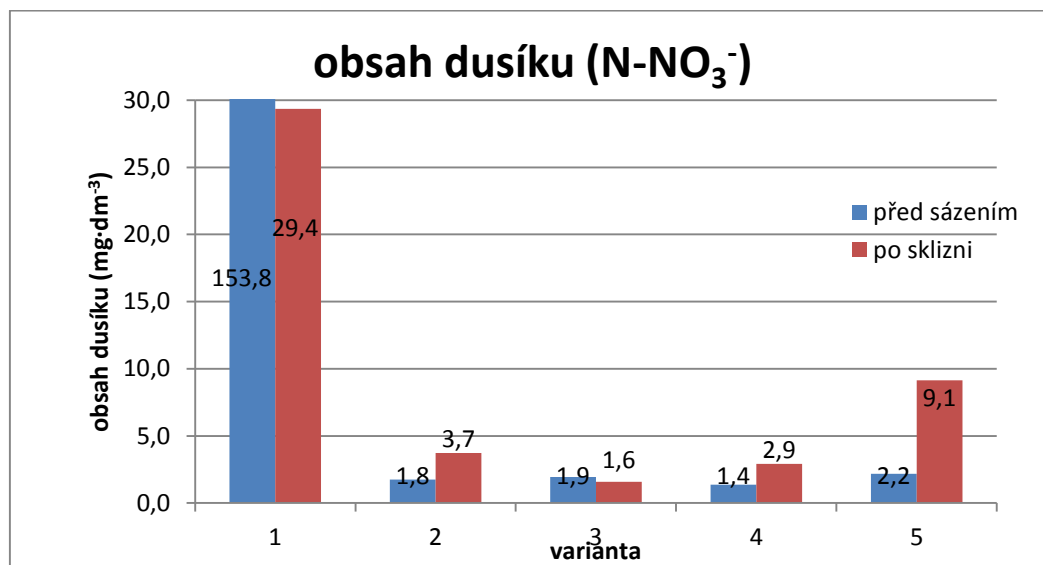
6.2.3. Porovnání obsahu prvků před sázením a po sklizni

Obsahy prvků (N – dusík, P – fosfor, K – draslík, Ca – vápník) po sklizni Bazalky pravé (*Ocimum basilicum* L.) byly porovnány s obsahy prvků před založením pokusu. Hodnoty uvedené jako „po sklizni“ jsou vždy vypočteny jako průměry opakování jednotlivých variant směsí. V obrázku 3., v grafickém znázornění lze pozorovat, že u variant 1 a 3 došlo k výraznému poklesu nitrátového dusíku, naopak u variant 2 a 5 k výraznému zvýšení.



Obrázek č. 3: Znázornění rozdílů v obsahu nitrátového dusíku v substrátech před sázením a po sklizni Bazalky pravé zjišťované metodou CAT, hodnoty uvedené jako „po sklizni“ jsou průměry opakování jednotlivých variant směsí

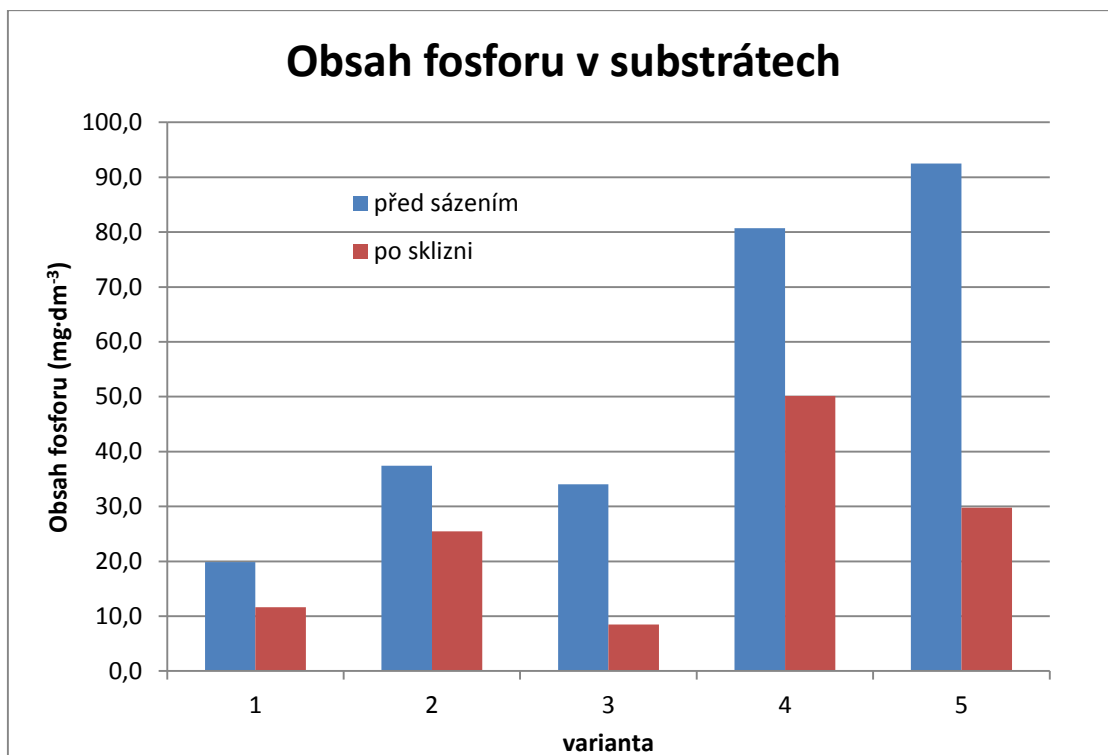
U varianty 4 si lze povšimnout takřka neměnného obsahu nitrátového dusíku. Pokud tento trend porovnáme s tabulkou č. 10, lze pozorovat, že u variant 1 a 3 je největší počet přeživších rostlin a jsou velice rozdílné od varianty 4, byl zde mezi zmíněnými variantami zjištěn průkazný statistický rozdíl. Varianty 2 a 5 měli dle statistiky nižší počet živých rostlin při sklizni než varianta 4 a zároveň nižší počet rostlin než varianty 1 a 3. Podobné výsledky ukázaly hodnoty měřené ve vodním výluhu (obr. 4).



Obrázek č. 4: Grafické znázornění změny obsahu dusíku ve variantách substrátů měřené ve vodním výluhu. Hodnoty obsahů nitrátů před sázením a průměrné obsahy nitrátů po sklizni jsou zobrazeny v grafu.

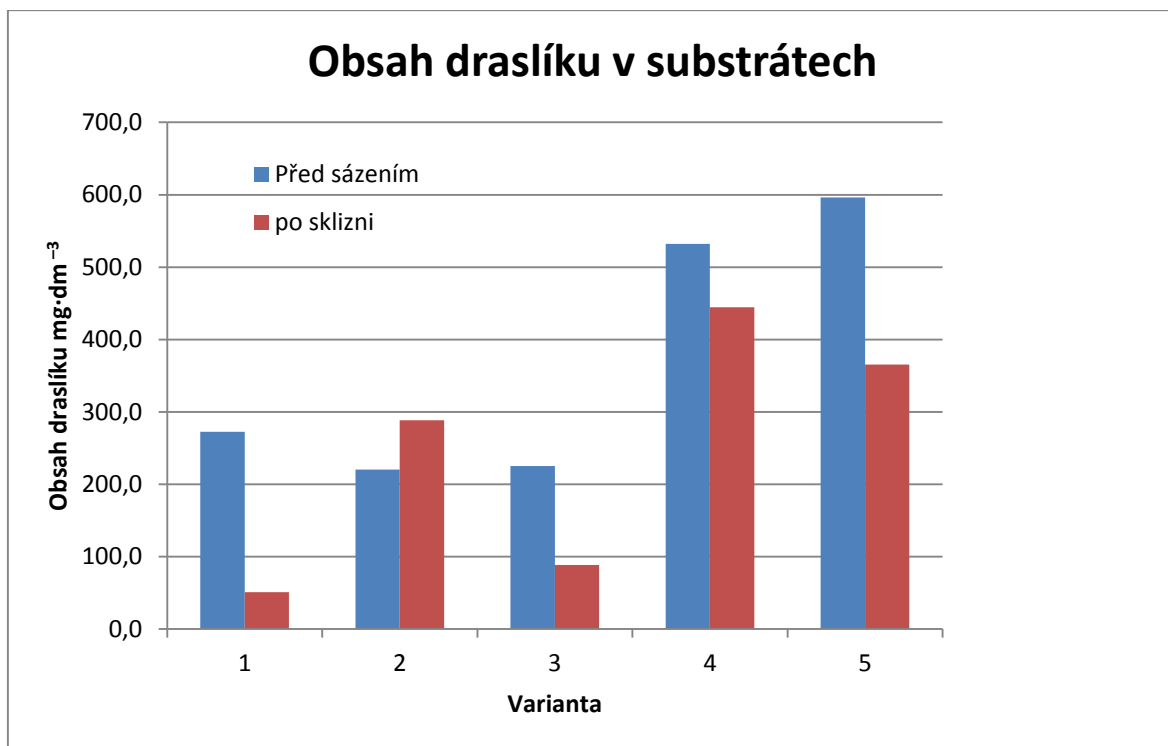
Pozorované trendy nejsou tak znatelné jako v případě měření metodou CAT (obr. 3), ale v případě pěstebního substrátu B (var. 1) došlo k výraznému poklesu obsahu nitrátů. K poklesu, i když ne tak výraznému došlo i ve variantě 3. Naopak ke zvýšení došlo ve variantách 2, 4 a 5.

Obsah fosforu (obr. 5) ve všech variantách pokusu poklesl. Nejvýraznější pokles je vidět u variant 3 a 5, kde obsah fosforu poklesl o 75 %, resp. 68 %. Oproti variantám 1,2 a 4, kde obsah fosforu dosáhl poklesu o 42 %, resp. o 32 %, resp. o 38 %.



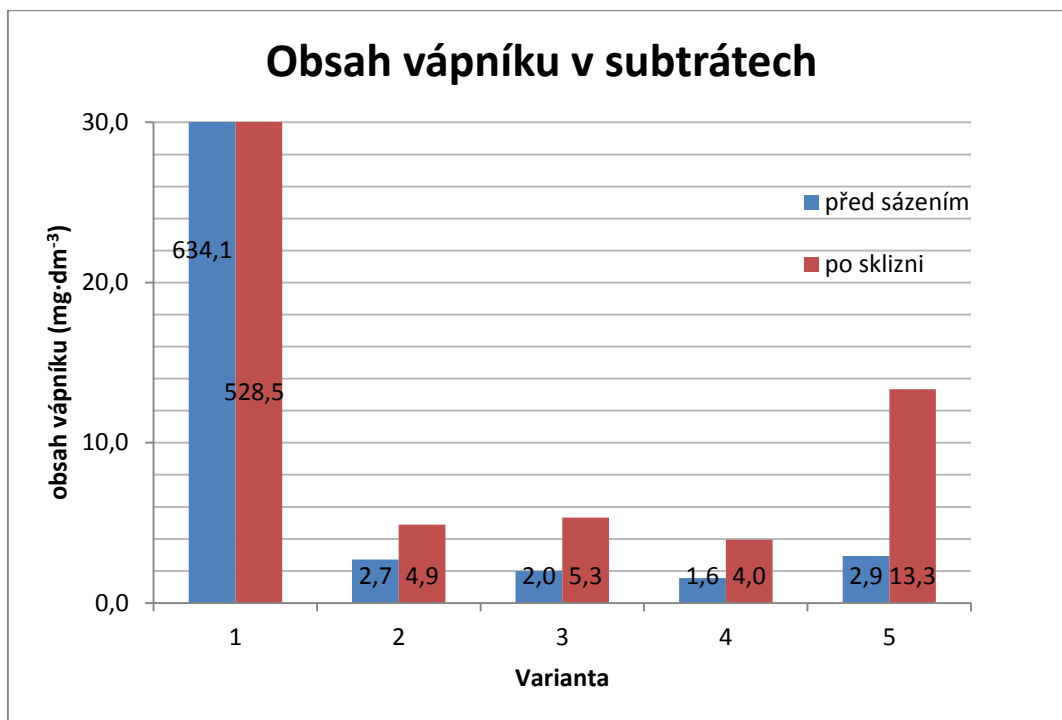
Obrázek č. 5.: Grafické znázornění obsahu fosforu v substrátech metodou CAT před sázením a po sklizni. Hodnoty obsahů „po sklizni“ jsou vypočítané průměry ze všech opakování jednotlivých variant

V obr. 6 jsou graficky znázorněny rozdíly mezi obsahem draslíku před založením pokusu a po sklizni. U variant 1 a 3 je patrný pokles o 81 %, resp. 61 % a u variant 4 a 5, menší pokles o 16 %, resp. 39 %. U varianty 2 byl naměřen nárůst v obsahu draslíku o 31 %. Zejména v druhém opakování u varianty 2 byla naměřena vysoká hodnota obsahu draslíku a to nejen u měření metodou CAT (tab. 8), ale i u měření ve vodném výluhu (tab. 9). Dle statistického vyhodnocení se jedná o odlehlé pozorování, které zkreslilo výsledek varianty. Po vyloučení této hodnoty by se jednalo o nárůst o 8 %.



Obrázek č. 6.: Grafické znázornění obsahu draslíku (K) v substrátech před sázením a po sklizni měřené metodou CAT. Hodnoty obsahu „po sklizni“ jsou průměrné hodnoty obsahů všech opakování jednotlivých variant

V obr. 7 lze pozorovat pokles obsahu vápníku jen u varianty 1, tedy u pěstebního substrátu B a to o 17 %. U všech variant směsí rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence (var. 2 – 5) došlo k nárůstu. U varianty 2 byl nárůst téměř dvojnásobný (o 81 %), u variant 3 a 4 vzrostl obsah vápník téměř na trojnásobek původního obsahu (nárůst o 165%, resp. o 150 %). U varianty 5 narostl obsah vápníku téměř až na pětinašobek (nárůst o 359 %). Nízký obsah vápníku variant 2 – 5 oproti variantě 1 je dán špatnou rozpustností uhličitanu vápenatého (CaCO_3) ve vodě. Avšak zvýšení obsahů Ca po sklizni je dán postupným rozpouštěním uhličitanu vápenatého v testovaných substrátech během pokusu.



Obrázek č. 7.: Grafické znázornění rozdílů obsahu vápníku v substrátech měřené ve vodním výluhu před sázením a po sklizni. Měřené hodnoty obsahů před sázením a průměrné hodnoty obsahů všech opakování jednotlivých variant po sklizni jsou zobrazeny v grafu.

6.3. Rozbory rostlin

Při ukončení pokusu byly spočítány přeživší rostliny u všech opakování jednotlivých variant. Počet přeživších rostlin je uveden v tab. 10. Dále byla u rostlin v jednotlivých opakováních změřena hmotnost nadzemní rostlinné hmoty a vypočítán obsah sušiny (tab. 10). Obsahy jednotlivých makroprvků (N, P, K, Ca, Mg a S) byly naměřeny ze suché nadzemní hmoty (tab. 11).

6.3.1. Posklizňové charakteristiky

Základní posklizňové charakteristiky bazalky jsou uvedeny v tabulce č. 10. U hmotností čerstvé nadzemní hmoty byl na hladině významnosti 0,01 zjištěn statisticky významný rozdíl mezi variantou 1, tedy rostlinami, které byly pěstovány v pěstebním substrátu B a mezi variantami 2 – 5, tedy rostlinami pěstovanými ve směsi rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence.

Tabulka č. 10.: Posklizňové charakteristiky rostlin Bazalky pravé (*ocimum basilicum L.*)

Nadzemní Hmota				
Var. č./č. opak.	čerstvá hm. (g)	sušina (g)	sušina (%)	Počet rostlin
1/1	33,5	4,60	13,7	4
1/2	50,6	10,2	20,2	4
1/3	50,0	8,00	16,0	4
1/4	55,2	8,90	16,1	4
Průměr	47,3 a	7,93 a	16,5	4,00 a
2/1	0,20	0,10	50,0	0
2/2	4,90	0,80	16,3	1
2/3	15,3	1,70	11,1	4
2/4	11,8	1,10	9,3	3
Průměr	8,1 b	0,93 b	21,7	2,00 ab
3/1	17,7	2,90	16,4	3
3/2	8,70	1,40	16,1	4
3/3	20,3	3,40	16,7	4
3/4	19,9	2,80	14,1	4
Průměr	16,7 b	2,63 b	15,8	3,75 a
4/1	0,20	0,10	50,0	0
4/2	15,7	2,20	14,0	1
4/3	14,6	3,00	20,5	2
4/4	5,00	1,20	24,0	1
Průměr	8,88 b	1,63 b	27,1	1,00 b
5/1	4,40	1,50	34,1	1
5/2	14,8	2,30	15,5	1
5/3	34,8	3,50	10,1	3
5/4	39,8	5,50	13,8	3
Průměr	23,5 b	3,2 b	18,4	2,00 ab
F – test	10,3	13,2	0,58	5,86
Hl. význ.	0,01	0,01	ns	0,01

Rovněž byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti 0,01 u hmotností vysušených rostlin, a to mezi variantou 1 a variantami 2 – 5. U procentuálního obsahu sušiny nebyl zjištěn mezi jednotlivými variantami pěstování statisticky průkazný rozdíl. Dalším důležitým kritériem pokusu byl počet přeživších rostlin (tab. 10). Bylo zjištěno, že mezi variantami 1 a 3 není průkazný statistický rozdíl na hladině významnosti 0,01. Naopak u varianty 1 (3) a 4 byl zjištěn významný statistický rozdíl. Varianty 2 a 5 byly na rozhraní těchto extrémů.

6.3.2. Obsah prvků v nadzemní hmotě

Z důvodu nepřežití rostlin nebyly prvky měřeny u opakování 1 variant 2 a 4. Významný statistický rozdíl v procentuálním obsahu dusíku byl zjištěn u variant 1, 2 (3) a 4. Varianty 2 a 3 byly statisticky podobné. Dle tabulky 11 lze pozorovat, že u varianty 4 – 10% obsahu digestátu a 3 g·dm⁻³ dolomitického vápence je obsah dusíku nejvyšší ze všech variant. Obsah dusíku u varianty 5 – rašelina s 10 % neseparovaného digestátu a dávkou 6 g·dm⁻³ dolomitického vápence, byl dle statistiky vyšší než u variant 2 (3) a zároveň statisticky prokazatelně nižší než u varianty 4, tedy jako druhý nejvyšší obsah dusíku. Naopak u rostlin bazalek pěstovaných ve variantě 1 – pěstební substrát B byl obsah dusíku v rostlinách nejnižší. U variant 4 a 5 nebyl v obsahu fosforu zjištěn významný rozdíl. Oproti tomu byl v obsahu fosforu zjištěn průkazný rozdíl u variant 1, 3 a 4 (5). Varianta 2 měl statisticky vyšší obsah fosforu než u varianty 3 a zároveň statisticky nižší než u variant 4 (5). Nejnižší obsah fosforu byl zjištěn u varianty 1 – pěstební substrát B. Naopak nejvyšší obsah fosforu byl naměřen u variant 4 a 5. U obsahu draslíku nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi jednotlivými variantami. Dalším měřeným prvkem byl vápník. V obsahu vápníku v suchých nadzemních částech rostlin bylo zjištěno, že existuje významný statistický rozdíl mezi variantami 1 a 2 – 5. U varianty 1 – pěstební substrát B byl obsah vápníku vyšší než u zbylých variant. U obsahu hořčíku nebyl zjištěn průkazný rozdíl mezi variantami 2 a 3.

Naopak byl průkazný rozdíl zjištěn u variant 1, 2 (3), a 4. Varianta 5 byla dle statistiky na rozhraní variant 2 (3) a 4. Statisticky průkazný rozdíl v obsahu síry byl zjištěn u varianty 2 (směs rašeliny s 5 % neseparovaného digestátu a dávkou dolomitického vápence 3 g·dm⁻³). U této varianty byl obsah síry vyšší než u ostatních variant pokusu.

Tabulka č. 11.: Obsahy jednotlivých prvků (N, P, K, Ca, Mg a S) v nadzemní hmotě rostlin Bazalky pravé (*Ocimum basilicum* L.)

Obsahy prvků v nadzemní hmotě (mg·kg ⁻¹)							
Var.	č./č.	% N	P	K	Ca	Mg	S
1/1		3,45	2307	40263	18897	7815	2887
1/2		3,33	2009	31705	18030	8678	2838
1/3		3,16	1961	26329	17075	7502	2881
1/4		3,11	2079	26286	18161	9261	2952
Průměr		3,26 a	2089 a	31146	18041 a	8314 a	2890 a
2/1							
2/2		4,19	8552	44510	13072	5109	3704
2/3		3,97	6764	42151	15144	6934	4315
2/4		4,21	8639	48605	15527	6815	5735
Průměr		4,12 b	7985 bc	45089	14581 b	6286 b	4585 b
3/1		3,61	5124	32702	15600	6358	3067
3/2		4,29	7437	40163	14175	6150	3743
3/3		3,67	4929	36999	15017	6385	3106
3/4		3,91	6266	41462	14172	5939	3291
Průměr		3,87 b	5939 c	37832	14741 b	6208 b	3302 a
4/1							
4/2		4,64	12838	50644	14549	4969	4346
4/3		4,73	11300	51575	13686	4892	3605
4/4		4,75	9645	43497	11455	3762	3540
Průměr		4,71 c	11261 b	48572	13230 b	4541 c	3830 a
5/1		4,82	12382	46902	12777	4883	3772
5/2		4,45	11266	98241	14987	5445	3670
5/3		4,23	10247	50147	15513	5421	3266
5/4		4,26	7098	38809	14341	5301	2813
Průměr		4,44	10248 b	70668	14405 b	5263	3380 a
F – test		23,64	24,0	2,32	9,85	18,3	5,24
Hl. význ.		0,01	0,01	ns	0,01	0,01	0,01

7. Diskuze

V porovnání přeživších rostlin a výnosů jednotlivých variant si lze všimnout, že díky vysokým obsahům celkového anorganického dusíku mohly zareagovat rostliny v průběhu vegetace stresově, některé rostliny uhynuly a některé měly výrazně nižší výnos než kontrola (pěstební substrát B), což potvrzuje Sarker et al. (2013). Ve srovnání s kontrolním běžně užívaným substrátem byla v těch testovaných zejména vysoká koncentrace amonného dusíku. Zehnálek a kol. (2006) potvrdil, že právě amonný dusík je rostlinou přijímán obtížně vazbou na kyselinu glutamovou za vzniku glutaminu a za ztráty energie v podobě adenosintrifosfátu (ATP), a že je toxický, i když je při nedostatku dusíku v půdě přijímán přednostně. Zlámalová a kol. (2013) ve svém pokusu při hnojení (digestát, močovina, ledek amonný) rostlin kedlubnu uvádí, že od namíchání jednotlivých hnojiv se substrátem a sadbou rostlin do těchto připravených substrátů uběhla doba 5 dní, během které se substráty stabilizovaly. Dále během této doby byly substráty zalévány a byly odstraněny plevely. Dále uvádí, že k digestátu je potřeba dodat také jiné kvalitní zdroje organicky labilních primárních látek, které odcházejí při anaerobní digesci, což potvrzuje i Kolář (2009). Rašelina díky svému nízkému pH si uchovává vysoký podíl humusu, který se však pomalu rozkládá a patří ve vyzrálých rašelinách do stabilních organických látek (Vrba a Huleš, 2006). Přidaný digestát obsahuje rovněž pouze stabilní organické látky, neboť primární organická hmota je spotřebována mikroorganismy při fermentaci, ale má vysoký obsah živin (Kolář, 2009).

Ve výsledcích výnosů bazalky (*ocimum basilicum L.*) se ukázala jako nejlepší směs rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence z našich zkoušených substrátů varianta 3 a 5, tedy varianty, které měly vyšší dávku vápence. Vhodnost úpravy pH použitím vápence potvrzuje ve svém pokusu i Dzida (2010). Zvýšení pohyblivosti dusíku je dáno především dávkou vápence, tedy změnou pH, tím se stává substrát zásaditější, zrychluje se mineralizace amonného iontu. Rychlost nitrifikace je také ovlivňována obsahem kyslíku v půdě (Novák, 2010).

U variant 1 a 3, kde byl největší počet přeživších rostlin i velmi dobré a rovnoměrné prokořenění, došlo k úbytku amonného dusíku. Naopak u varianty 4, kde přežilo nejméně rostlin, zůstal obsah NH_4^+ kationu vyšší a to pravděpodobně z důvodu nižších odběrů rostlinami. U Varianty 5 zůstal obsah amonného dusíku takřka nezměněn. Dále došlo k snížení obsahu nitrátů u variant 1 a 3, kde rostliny odčerpávaly i nitrátový dusík, naopak u variant 2 a 5, kde přežilo rostlin méně, se obsah nitrátového dusíku zvýšil, protože nebyl tolik odčerpáván rostlinami. U varianty 4 se obsah nitrátů takřka nezměnil. K podobným závěrům

došel Novák (2010), který zkoumal vliv vápnění, obsahu kyslíku a hodnot pH na rychlost mineralizace a nitrifikace dusíku v půdě.

Z výsledků rozborů na obsah minerálních prvků vyplývá, že digestát by měl mít zvyšující účinek na výnos plodin. Při vyšší dávce neseparovaného digestátu ve variantě 5 v opakování 3 a 4 byly výnosy tří rostlin srovnatelné s pěstebním substrátem B, z čehož lze usoudit, že přídavek vhodného poměru digestátu může mít pozitivní vliv na výnos. Studie zabývající se přidavkem neseparovaného digestátu nebyly dosud v recenzovaných časopisech publikovány, existuje však řada prací uvádějících pozitivní vliv digestátu na výnos v polních podmínkách. Např. Kováčiková et al. (2014) ve svém pokusu testovala vliv aplikace 2 různých typů digestátu (směsí kejdy a rostlinné fytohmoty v různých poměrech) na travní porost, kde rostliny hnojené digestátem měly větší výnos a lepší kvalitu. Vyšší výnosy rostlin při použití digestátu potvrdil i Alburquerque et al. (2012) na pokusech hnojení rostlin květáku a vodního melounu, kde v prvním roce byl výnos větší u rostlin hnojených digestátem než u rostlin hnojených minerálními hnojivy.

Většina obsahů zkoumaných prvků ukazuje, že směs rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence je srovnatelná s pěstebním substrátem B. Už jen 5% dávka digestátu přidaná do rašeliny chudé na makroprvky, se tato směs v mnoha faktorech vyrovnala pěstebnímu substrátu B. Výrazný rozdíl byl zaznamenán v obsahu nitrátového dusíku, který byl v testovaných substrátech podstatně nižší. Substrát s 5 % digestátu naopak obsahoval vyšší podíl amonného dusíku. Je to z důvodu, že většina dusíku po anaerobní fermentaci přechází do formy amonné, což potvrdil Kolář (2009) ve svém pokusu měření obsahů minerálních a organických látek ve směsích kalu z čistíren odpadních vod a kejdy před a po anaerobní digestaci. Dalším prvkem, který se výrazně liší v obsahu po rozdílných dávkách digestátu, je draslík a v menší míře i obsah fosforu, což potvrzuje Tlustoš a kol. (2013).

Díky těmto vysokým obsahům prvků a nízkému obsahu primární organické hmoty se dá polemizovat o zařazení digestátů mezi organická či minerální hnojiva. Digestáty jsou dle zákona definovány jako organické hnojivo (zák. č. 185/1998), ale vlivem vysokého obsahu rychle uvolnitelného amonného dusíku a dalších prvků se svými vlastnostmi více podobají slabým minerálním hnojivům. Proto se z tohoto hlediska jeví jako vhodný přídavek do pěstebních substrátů a kompostů, což potvrzuje Smatanová (2012).

V rostlinách pěstovaných na směsích rašeliny, digestátu a vápence digestátu byl zjištěn prokazatelně vyšší obsah dusíku a fosforu. Zejména u variant 4 a 5 s vyšším podílem digestátu byl obsah dusíku a fosforu výrazně vyšší než u pěstebního substrátu B. Obsah dusíku a fosforu u variant 2 a 3 byl statisticky menší než u variant 4 a 5, na druhou stranu byl prokazatelně vyšší než u běžně prodejného pěstebního substrátu B. K podobným výsledkům došel i Lošák a kol. (2011) ve svém pokusu na kedlubnu při různých druzích a dávkách hnojiv. K rostlinám kedlubnu přidávali minerální hnojivo ledek amonný, močovinu a digestát a po sklizni analyzovali bulvy kedluben na obsah makroprvků.

Rozdíl obsahu dusíku a fosforu v rostlinách závisel i na dávce vápence. Při vyšší dávce dolomitického vápence se snížil obsah dusíku i fosforu v rostlinách bazalky, což potvrzuje i Dzida (2010).

8. Závěr

V pokusu byly porovnány směsi vzniklé smísením rašeliny s různými poměry neseparovaného digestátu a různými dávkami dolomitického vápence s běžně prodejným pěstebním substrátem B. Byly zkoušeny směsi rašeliny s 5 % respektive 10 % obj. neseparovaného digestátu a přidavkem $3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ respektive $6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ dolomitického vápence. V takto smíchaných vzorkách byly pěstovány rostliny bazalky pravé (*ocimum basilicum L.*). Ve vzorcích substrátů byly před založením pokusu a po sklizni analyzovány obsahy přístupných makroprvků a další základní charakteristiky (pH, vodivost, objemová hmotnost, sušina). V nadzemní hmotě bazalky byly analyzovány kromě výnosových charakteristik i celkový obsah makroprvků v nadzemní hmotě. Při srovnání pěstebního substrátu B se zkoumanými směsmi rašeliny, neseparovaného digestátu a dolomitického vápence bylo zjištěno, že digestát je významným donorem amonného dusíku, draslíku a také fosforu. Při smíchání digestátu s rašelinou vznikne srovnatelný substrát. Směsi měly ovšem méně nitrátového dusíku, který má pro výživu rostlin větší význam než amonný dusík při začátku vegetace. Během vegetační doby pokusu na pěstování bazalky došlo ke snížení pH u zkoumaných variant, za což mohla přeměna zásaditě se chovajícího amonného dusíku na kyselý nitrátový dusík, jehož navýšení v substrátech po vegetační době bylo zjištěno. Výnosy rostlin pěstovaných ve směsi rašeliny s digestátem nedosahovaly výnosů pěstebního substrátu B. Nejlépe hodnocené směsi rašeliny s digestátem a vápencem byly varianty 3 a 5. K těmto směsím byla přidána větší dávka vápence ($6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), která zvýšila hodnotu pH a stabilizovala směs. Varianty 3 a 5 měly výnos v průměru 16,7 respektive 23,5 g čerstvé nadzemní hmoty. Oproti pěstebnímu substrátu B, který měl výnos 47,3 g čerstvé nadzemní hmoty, byly výnosy směsi výrazně nižší a je tedy třeba dalšího výzkumu. Rostliny bazalky pěstované na směsích rašeliny, digestátu a dolomitického vápence vykazovaly větší obsah dusíku a fosforu v nadzemní hmotě než rostliny pěstované na pěstebním substrátu B. Naopak se v rostlinách snižoval obsah vápníku a hořčíku.

9. Seznam Literatury

9.1. Literatura

Alburquerque J. A., de la Fuente, C., Campoy, M., Carrasco, L., Nájera, I., Baixauli, C., Caravaca, F., Roldán, A., Cegarra, J. Bernal, M. P., 2012. Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties, *European Journal of Agronomy* 43 (2012), s. 119-128

Babička, L., 2006. Bioplyn zemědělství a rozvoj venkova na obou stranách česko- rakouské hranice. *Farmář* 2006 (2), s. 8-9

Barátová S., 2006. Hodnotenie vybraných odrôd bazalky pravej (*Ocimum basilicum L.*). Dizertačná práca, SPU v Nitre, 2006, 98 s.

Borovská, M. Pravda o bílé a černé (rašelině). *Zahradnictví*. 2001, č. 4. ISSN 12 13 37 81.

Brandejsová, E., Příbyla, Z., 2009. Bioplynové stanice, Praha: GAS s.r.o., 153 s., ISBN – 978-80-7328-192-2.

Dubský, M, Šrámek, F a Slezák, Z., 2008. Fyzikální vlastnosti rašeliny. *Zahradnictví*. 2008, č. 2. ISSN 1213-7596.

Dzida K. 2010. Nutrients content in sweet basil (*Ocimum basilicum L.*) herb depending on calcium carbonate dose and cultivar. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9 (4), s. 143–151.

Garfí, M., Gelman, P., Comas, J., Carrasco, W., Ferrer, I., 2011. Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities, *Waste Management* 31 (2011), s. 2584 – 2589

Golcz A., Politycka B., Seidler-Łożykowska K., 2006. The effect of nitrogen fertilization and stage of plant development on the mass and quality of sweet basil leaves (*Ocimum basilicum L.*). *Herba Pol.*, 52, 1/2, s. 22–30.

Johansen, A., Carter, M. S., Jensen, E. S., Hauggard-Nielsen, H., Ambus, P., 2013. Effects of digestate from anaerobically digested cattle slurry and plant materials on soil microbial community and emission of CO₂ and N₂O, *Applied Soil Ecology* 63, s. 36 – 44

Kára, J., Pastorek, Z., Příbyl, E., 2007. Výroba a využití bioplynu v zemědělství. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8

Karafiát, Z., Vítěz, T., Pospíšil, L. Bioplynové stanice na „suchou“ fermentaci – šance pro energetické využití biologicky rozložitelných odpadů (BRO). *Biom.cz* [online]. 2009-08-31 [cit. 2015-03-08]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovy-stance-na-suchou-fermentaci-sance-pro-energeticke-vyuziti-biologicky-rozlozitelnych-odpadu-bro>>. ISSN: 1801-2655.

Kolář, L. Agrochemická hodnota organické hmoty odpadů z fermentorů při výrobě bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2009-05-06 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/agrochemicka-hodnota-organicke-hmoty-odpadu-z-fermentoru-pri-vybere-bioplynu>. ISSN: 1801-2655.

Kolář, L., Vaněk, V., Kužel, S., 2009. Využití odpadů z bioplynových stanic. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2

Kováčiková, Z., Vargová, V., Michalec, M., 2014. Vplyv hnojenia digestátu na trvalé trávne porasty pestovateľskej technológie, Pestovateľské technológie a ich význam pre prax (Zborník z 5. Vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, Piešťany 2014), NPPC, Výzkumný ústav rastlinej výroby, ISBN: 978-80-89417-55-1

Lošák, T., Zatloukalová, A., Szotková, M., Hlušek, J., Fryč, J., Vítěz, T., 2011. Comparison of the effectiveness of digestate and mineral fertilisers on yields and quality of kohlrabi (*Brassica oleracea*, L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. sv. LIX, č. 3, s. 117-122. ISSN 1211-8516.

Makádi, M., Tomócsik, A., Orosz, V., 2012. Digestate: A New Nutrient Source - Review, *BioGas*, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-51-0204-5

Marada, P., Večeřová, V., Kamarád, L., Dundálková, P., Mareček, J. Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem. MZLU Brno, eagri.cz [online]. Listopad 2008 [cit. 2015-02-14] dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf

Mužík, O., Kára, J. Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. Biom.cz [online]. 2009-03-04 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>. ISSN: 1801-2655.

Neugebauerová, J., 2006. Pěstování léčivých a kořeninových rostlin. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 122 s. ISBN 80-7157-997-1.

Novák, F., Vliv vápnění na transformace dusíku v půdě horského smrkového lesa na boubíně (Šumava), Silva Gabreta 5 (2000) s. 41-50

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P., 2004. Biomasa obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC, 2004: 180 s.

Pařava, R., Valtera, J., 2007 Rašelina – terminologie a další zajímavosti II., Zahradnictví, 2007, č. 5, příloha s. 62-63, ISSN: 1213-7596

Pokluda, R., 2005. Moderní složky zahradnických substrátů, Zahradnictví, , č. 3, str. 49-50, ISSN: 1212-3781

Sarker, M., Mészáros, P., Maglovski, M., Libantová, J., Moravčíková, J., Matušiková, I., 2013. Vplyv nadbytku dusíka na rastliny pšenice vo vegetatívnom štádiu, Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2013 (Recenzovaný sborník příspěvků), VÚRV, Praha, ISBN: 978-80-7427-131-1

Slavík, B. Květena České Republiky 6. Praha: Academia, 2000. 770 s. ISBN 80-200-0306-1.

Smatanová, M., 2012, Digestát jako organické hnojivo. Zemědělec 18/2012, s. 22- 23

Tlustoš, P., Kaplan, L., Száková, J., Dubský, M., Roubíková, I., Šrámek, F., 2013. Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů: certifikovaná metodika 2013, Vyd. 1., Česká zemědělská univerzita, Certifikovaná metodika, Praha, 20 s., ISBN:978-80-213-2430-5

Valtera, J. 2003. Školkařské substráty. Modernizace výukového procesu u předmětů ovocné, okrasné školkařství a ovocnářství. Lednice na Moravě: 2003. s. 136-142. ISBN:80-7157-715-4

Váňa, J., Bioplynové stanice na využití bioodpadů. Biom.cz [on – line]. 10. 5. 2010 [cit. 2014-01-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynovye-stance-na-vyuziti-bioodpadu>. ISSN: 1801-2655.

Velíšek, J., 2002: Chemie potravin 3. 2. vyd. Tábor: OSSIS, 343 s. ISBN 80-86659-03.

Vrba, V., Huleš, L. Humus - půda - rostlina (2) Humus a půda. Biom.cz [online]. 2006-11-14 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>. ISSN: 1801-2655.

Zehnálek, J., Adam, V., Kizek, R., 2006. Asimilace dusičnanového, amonného a amidického dusíku u zemědělských plodin, chemické Listy 100, (2006) s. 508-514

Zlámalová, T., Lošák, T., Vítězová, M., Hlušek, J., Fryč, J., Vítěz, T., Mareček, J., 2013. Změny vybraných agrochemických vlastností zeminy po sklizních kedluben hnojených digestátem a minerálními hnojivy, Veda mladých 2013 (recenzovaný sborník), SPÚ Nitra, ISBN:978-80-552-1081-0

9.2. Právní předpis

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 ze dne 3. října 2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu

Směrnice Rady 86/278/EHS ze dne 12. června 1986 o ochraně životního prostředí a zejména půdy při používání kalů z čistíren odpadních vod v zemědělství, ve znění směrnice 91/692/EHS a nařízení č. 807/2003.

Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečišťováním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů

Směrnice Rady 91/692/EHS ze dne 23. prosince 1991, kterou se normalizují a racionalizují zprávy o provádění některých směrnic týkajících se životního prostředí

Vyhláška č. 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv

Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady)

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí)

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech)

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší ve znění zákona č. 64/2014 Sb. a zákona č. 87/2014 Sb.

Zákon č. 229/2014 Sb., Zákon, kterým se mění zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání v energetických odvětvích (energetický zákon)

Zákon č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon)