

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie – Ekologické zemědělství

Katedra: Katedra agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Potenciál energetického využití odpadu pocházejícího ze sklizně
a zpracování minoritních druhů plodin**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Milan Šírek

ČESKÉ BUDĚJOVICE, 2020

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra agroekosystémů

Akademický rok: 2019/2020

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

Jméno a příjmení: **Milan Šírek**
Studijní program: N4101 / Zemědělské inženýrství
Studijní obor: 4106T019 / Agroekologie - Ekologické zemědělství
Název tématu: **Potenciál energetického využití odpadu pocházejícího ze sklizně a zpracování minoritních druhů rostlin**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Zhodnocení energetického potenciálu odpadu pocházejícího ze sklizně a zpracování vybraných minoritních druhů rostlin

1. Úvodní část: Úvod do problematiky pěstování minoritních druhů rostlin
2. Literární přehled: Sestavit literární přehled shrnující aktuální problematiku pěstování vybraných druhů rostlin a možnosti energetického využití odpadu pocházejícího ze sklizně a zpracování
3. Metodická část: Sběr dat a vzorků, zpracování a příprava vzorků pro analýzu, studium doporučené literatury a zpracování rešeršní části práce, analýza vzorků a vyhodnocení výsledků práce dle dostupných metod
4. Výsledková část: Zpracování experimentálních dat, posouzení vhodnosti sledovaných odpadních materiálů pro energetické účely na základě získaných dat, vyhodnocení výsledků práce
5. Diskuzní část: Srovnání výsledků s údaji dostupnými v literatuře
6. Závěrečná část práce: Shrnutí hlavních výsledků práce

Rozsah grafických prací: do 5 stran (tabulky, grafy, fotografická příloha)

Rozsah průvodní zprávy: 40- 50 stran textu včetně příloh

Forma zpracování diplomové práce: tištěná / elektronická

Seznam odborné literatury vázané na téma:

- [1] DEMIRBAŞ, A. (1997). Calculation of higher heating values of biomass fuels. *Fuel*, 76(5), 431-43
- [2] JENKINS, B., BAXTER, L. L., & MILES, T. R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel processing technology*, 54(1), 17-46.
- [3] KONVALINA, P. et al. (2012). Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-87510-24-7.
- [4] KONVALINA, P. et al. (2014). Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. ISBN 978-80-87510-32-2
- [5] MCKENDRY, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource technology*, 83(1), 37-46.
- [6] SLEPETYS, J., KADZIULIENE, Z., SARUNAITE, L., TILVIKIENE, V., & KRYZEVICIENE, A. (2012). Biomass potential of plants grown for bioenergy production. In *Proceedings of the International Scientific Conference «Renewable Energy and Energy Efficiency»* (pp. 66-72).
- [7] ŠTINDL, P. et al. (2006). Chemické složení biomasy a hygienické aspekty využívání přírodních surovinových zdrojů bioenergie. In: *Agroregion 2006 – Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství (Půda – základ konkurenceschopnosti zemědělství)*, České Budějovice, s. 131–135.
- [8] ŠTINDL, P., KOLÁŘ, L., KUŽEL, S. (2006). Spalné teplo biomasy a jeho výpočet z elementárního složení. In: *Agroregion 2006 – Zvyšování konkurenceschopnosti v zemědělství (Půda – základ konkurenceschopnosti zemědělství)*, České Budějovice, s. 136–140.
- [9] WIWART, M., BYTNER, M., GRABAN, Ł., LAJSZNER, W., & SUCHOWILSKA, E. (2017). Spelt (*Triticum spelta*) and Emmer (*T. dicoccon*) Chaff Used as a Renewable Source of Energy. *BioResources*, 12(2), 3744-3750.

Doporučené zdrojové databáze:

- [10] Organic eprints
- [11] SCOPUS
- [12] Scholar.google
- [13] WoS

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaroslav Bernas, Ph.D.
Katedra agroekosystémů

Konzultant diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: 15. 2. 2019

Termín odevzdání diplomové práce: 15. 4. 2020

prof. Ing. Miloslav Šoch, Csc., dr. h. c.
děkan

doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne

Abstrakt

Jedním z již běžně uplatňovaných trendů ekoenergetiky je využívání fytomasy pro výrobu tepelné energie prostřednictvím přímého spalování. Pro tyto účely se nejen v podmínkách České republiky pěstuje řada jednoletých i vytrvalých druhů rostlin, či se zpracovává rostlinný materiál vznikající jako sekundární produkt. Tím může být např. sláma obilovin nebo olejných rostlin či zbytkový materiál po loupání a čištění. Jednou z již tradičních plodin je pohanka setá, při jejímž zpracování (loupání) vzniká velké množství odpadního materiálu, který lze využít k produkci energie. Diplomová práce se zabývá posouzením energetického potenciálu odpadu, který vzniká po zpracování pohanky seté ve srovnání s dalšími minoritními druhy zemědělských plodin (len setý, hrách setý a sója luštinatá). Dle metodického postupu práce byla stanovena elementární analýza vybraných rostlinných materiálů, bylo stanoveno spalné teplo a výhřevnost a celkový energetický potenciál ve vztahu k pěstebním plochám v ČR.

Abstract

One of the commonly applied trends in eco-energy is the use of phytomass for the production of thermal energy through direct combustion. For this purpose, not only in the Czech Republic, many annual and perennial plant species are grown, or plant material produced as a secondary product is processed. This may be, for example, cereal or oil plant straw or residual material after peeling and cleaning. One of the traditional crops is buckwheat, the processing (peeling) of which generates a large amount of waste material that can be used to produce energy. This diploma thesis deals with the assessment of the energy potential of waste produced after processing buckwheat in comparison with other minor types of agricultural crops (flax, peas and soybean). According to the methodical procedure of the work elementary analysis of selected plant materials was determined, the heat of combustion and calorific value and the total energy potential in relation to the cultivated areas in the Czech Republic were determined.

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce a to - v nezkrácené podobě - v úpravě, vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. dubna 2020

.....
Bc. Milan Šírek
autor

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doktoru Jaroslavu Bernasovi za jeho cenné rady a připomínky, vstřícnost, trpělivost a veškerou pomoc při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt	3
Abstract	3
OBSAH	6
ÚVOD	8
1 LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
1.1 MINORITNÍ PLODINY	9
1.1.1 VÝHODY A NEVÝHODY ZAVÁDĚNÍ MINORITNÍCH PLODIN	10
1.2 POHANKA SETÁ (<i>Fagopyrum esculentum Moench.</i>)	10
1.2.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA	10
1.2.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ POHANKY	12
1.2.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ	13
1.2.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ	16
1.3 HRACH SETÝ (<i>Pisum sativum L.</i>)	16
1.3.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA	16
1.3.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ HRACHU	17
1.3.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ	17
1.3.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ	18
1.4 SÓJA LUŠTINATÁ (<i>Glycine max</i>)	19
1.4.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA	19
1.4.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ SÓJI	19
1.4.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ	20
1.4.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ	21
1.5 LEN SETÝ (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	21
1.5.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA	21
1.5.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ LNU	22
1.5.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ	22
1.5.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ	23
1.6 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ FYTOMASY	24
1.6.1 VÝHODY A NEVÝHODY ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	25
1.6.2 SPALOVÁNÍ FYTOMASY	26

2	CÍL PRÁCE	28
2.1	HYPOTÉZY	28
3	METODIKA	29
3.1	PRIMÁRNÍ DATA	29
3.2	LABORATORNÍ PRÁCE	29
3.3	METODY KALKULACE	30
3.4	STANOVENÍ SPALNÉHO TEPLA	30
3.5	STANOVENÍ VÝHŘEVNOSTI.....	31
4	VÝSLEDKY A DISKUSE	32
4.1	VÝSLEDKY ELEMENTÁRNÍ ANALÝZY A STATISTICKÉ HODNOCENÍ	33
4.2	HODNOCENÍ SPALNÉHO TEPLA A VÝHŘEVNOSTI.....	37
4.3	PELETOVÁNÍ (alternativa k tradičním palivům)	40
5	ZÁVĚR	41
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
7	INTERNETOVÉ ZDROJE.....	54
8	SEZNAM TABULEK	55
9	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	55
10	SEZNAM GRAFŮ	55

ÚVOD

V současné době patří využití obnovitelných zdrojů energie k nejčastěji diskutovaným tématům. Je to způsobeno možným vyčerpáním fosilních paliv v horizontu několika desetiletí. Rozvíjí se proto snaha o jejich substituci za alternativní zdroje energie, prostřednictvím strategických cílů stanovenými Evropskou unií. Při srovnání České republiky s ostatními státy má největší potenciál využívání energie pocházející z biomasy. Přispívá k tomu stále se zvyšující technický vývoj slibující nižší náklady a vysokou efektivnost přeměny energie a úsilí o využití přebytků. Využití biomasy k částečné náhradě fosilních paliv nese řadu environmentálních benefitů. Velké množství biomasy vzniká také jako vedlejší produkt při sklizni některých plodin či těžbě dřeva. Tyto zemědělské odpadní materiály lze velmi dobře využít a představují tak alternativu biopaliv první generace, které v sobě mohou skrývat vysoký energetický potenciál. Jako ukázkou postprodukčního odpadu, který je značně produkován při zemědělské činnosti či při zpracování produkce můžeme uvést pohankové a rýžové trupy, obalové materiály luskovin a obilovin. Jednou z možností využití těchto odpadních materiálů je prostřednictvím přímého spalování, tedy pro výrobu tepelné energie.

V této oblasti však aktuálně chybí dostatečné množství informací, které by poskytovaly potřebné údaje o energetických vlastnostech a předpokladech odpadních materiálů. Účelem této práce je porovnat výnosové a energetické aspekty odpadního materiálu, vázaného k pěstování a zpracování pohanky jako nosné plodiny spolu s hrachem, lnem a sójou a na základě zjištěných hodnot stanovit energetickou hodnotu vztaženou k jednotce produkce a plochy.

1 LITERÁRNÍ PŘEHLED

1.1 MINORITNÍ PLODINY

Minoritní obilniny neboli alternativní plodiny lze definovat jako kulturní i nově šlechtěné druhy plodin, které nahrazují, rozšiřují a doplňují jejich stávající sortiment a přispívají k rozšíření spektra rostlinné produkce (MOUDRÝ, 2011). Pojem alternativní potravinářské plodiny může být adekvátní termínu maloobjemové vzhledem k jejich menšímu rozsahu pěstování ve srovnání s nejrozšířenějšími plodinami (pšenice, kukuřice, řepka), uvádí MOUDRÝ a STRAŠIL (1999). To je předurčuje především pro ekologické a integrované systémy pěstování. Lze je směřovat do oblastí s limitovanými vstupy (chráněné krajinné oblasti, pásma ochrany vodních zdrojů) a do oblastí půdně a klimaticky méně příznivých pro běžné tržní plodiny (MOUDRÝ, 2011). Často se používají i pojmy doplňkové, okrajové či speciální plodiny, které také dobře charakterizují jejich využití. Jejich rozšiřování v České republice je spojeno s rozvojem ekologického zemědělství od počátku 90. let minulého století. Nižší výnosy a nízké ceny tradičních plodin v období konverze na ekologický způsob hospodaření nemohly zajistit rentabilitu nově vznikajících ekologických farem. Na základě zkušeností s diverzifikací rostlinné produkce v sousedních západoevropských zemích byly hledány, a zvláště v ekologicky hospodařících podnicích zkoušeny a zaváděny alternativní plodiny. Jednalo se hlavně to dříve rozšířené cereálie a pseudocereálie, jako je pohanka a proso nebo nové plodiny (špalda, nahý oves, amaranthus a další), (MOUDRÝ et al., 2005). Návrat k nim byl podmíněn hledáním cest ke zdravé výživě, přirozenému původu potravin a pestrosti stravy (PETR, CAPOUCHOVÁ, KALINOVÁ, 2008). Hlavním předpokladem podmiňující rozšíření alternativních plodin je vytvoření komplexního produkčního systému, počínaje šlechtěním a výběrem vhodných genotypů až po hledání příležitostí ve formě různých zpracovatelských technologií (MOUDRÝ, 2011).

1.1.1 VÝHODY A NEVÝHODY ZAVÁDĚNÍ MINORITNÍCH PLODIN

Podle MOUDRÝ, STRAŠIL (1996) mezi výhody zavádění minoritních plodin patří rozšíření potravinového spektra (vitamíny, účinné látky, minerální látky apod.), využití univerzální techniky, která stráží konečnou cenu produkce, dále udržení produkční schopnosti půdy, efektivní využití okrajových ploch díky menším nárokům těchto plodin na prostředí a limitovanými vstupy, zvýšení zaměstnanosti, udržení ekonomické a sociální stability venkova. Stejný pohled na věc má i MOUDRÝ (2011) a mezi problémy spojené se zaváděním minoritních plodin zahrnuje nízký stupeň prošlechtění, který se projevuje nízkými výnosy, nevhodnou redistribucí asimilátů (nízký *harvest index*), a velkými ztrátami při sklizni způsobenými nerovnoměrným dozráváním. Další nevýhodou představuje nedostatek informací o nové plodině a jejím pěstování (požadavky na prostředí, agrotechnika apod.), zpracovávání a možnostech odbytu či možnosti využití.

1.2 POHANKA SETÁ (*Fagopyrum esculentum Moench.*)

1.2.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Pohanka je jednoletou dvouděložnou, cizosprašnou a hmyzosubnou rostlinou, patřící do čeledi Rdesnovité (*Polygonaceae*). Z hlediska fotosyntézy patří k rostlinám C₃ s fotorespirací. Vegetační doba pohanky je v rozmezí 80-120 dnů, a to v závislosti na době setí, průběhu počasí, nadmořské výšce a odrůdě (MOUDRÝ et al., 2005). Jde o kulturní plodinu pocházející z Číny, kde se pěstuje přes pět tisíc let (GONDOLA, PAPP, 2010). Ve středoevropských podmínkách se řadí mezi tzv. pseudocelerálie, protože ukazuje podobnosti, tak i rozdíly s obilovinami (SKRABANJA et al., 2004). Vzhledem k tomu, že roste a dozrává rychle, se tato plodina vyskytuje v chladnějších oblastech, jako jsou severní Evropa a severní Asie. Pohanka byla v mnoha zemích plodinou druhořadého významu, přesto však její pěstování přetrvalo po staletí a vyskytuje se v osevních postupech téměř každé země, kde se pěstují obiloviny (CAMPBELL, 1997). Kořenový systém se skládá se z kulovitěho, málo větveného kořene, který proniká jen mělce do půdy. Jen výjimečně prorůstá do hloubky 80-100 cm. Rozvětvení kořenů závisí na půdní úrodnosti, vlhkosti, provzdušnění a utužení.

Pohanka ve srovnání s ostatními obilninami nemá příliš mohutný kořenový systém (až 2,5krát menší než u ječmene), ale jeho fyziologická aktivita je významná při přijímání málo přístupných forem minerálního N, P a K z půdy (MOUDRÝ et al., 2005). Kořeny pohanky vylučují kyselinu octovou, mravenčí, šťavelovou a citrónovou, které ji pomáhají v přijímání těchto živin (ŠMAJSTRLOVÁ, ŠMAJSTRLA, 1991). Tato vlastnost předurčuje pohanku k pěstování se sníženými vstupy nebo pro uplatnění v ekologickém zemědělství (MOUDRÝ et al., 2005). Pohanka se vyznačuje tím, že má jediný, vztyčený a dutý stonek s podélným rýhováním, který vykazuje kolísání barvy od zelené k červené. Rostliny nejčastěji dorůstají do výšky 0,6-1,3 m, což je závislé především na dostatku srážek v jednotlivých letech a na odrůdě (TAHIR, FAROOQ, 1989). Lodyha je dutá, a proto může být snadno narušena silnějším větrem nebo krupobitím a hrozí riziko zlomení (CAMPBELL, 1997). Spodní pravé listy pohanky jsou v dolní části rostliny dlouze řapíkaté, široce srdčité, horní listy jsou přisedlé a šípovitého tvaru, vejčité kopinaté, dlouze zašpičatělé. Na stonku mají střídavé postavení a vytváří tak dobrý rostlinný kryt, který dobře konkuruje plevelným rostlinám. Děložní lístky jsou relativně velké, ledvinovité (HONERMEIER, SIEBENBORN, 1994). Květenství je tvořeno sedmi až devíti květy, které vytváří úžlabní hrozny nebo vrcholové chocholíky. Květ obsahuje osm tyčinek, na jejichž bázi je umístěno osm nektarií. Semeník je svrchní, obsahuje jedno vajíčko. Čnělka je trojdílná s bliznou knoflíkovitého tvaru (CAWOY et al. 2009). Významnou zvláštností pohanky je tvorba dvou typů květů podle délky čnělek: dlouhočnělečné (pin typ) a krátkočnělečné (thrum typ). Tento jev se nazývá různočnělečnost (heterostylie). Jejich poměr výskytu je díky cizosprašnosti v rovnováze. Pohanka vytváří velké množství květů, avšak jen 10-12 % z nich se vyvine ve zralé nažky. Na redukci generativních orgánů se podílí řada faktorů, jako jsou nedostatek vláhy, nedostatečné opylení, heterostylie anebo malá listová plocha na jeden květ (JANOVSKÁ, KALINOVÁ, MICHALOVÁ, 2008). Dle PETR et. al (2008) závisí úspěšné pěstování pohanky na návštěvnosti včel jako hlavních opylovačů, s tímto souhlasí i MOUDRÝ et. al (2005). Kvetení probíhá postupně od nejnižších větví směrem k vrcholu. Jeho délka závisí také na odrůdě a podmínkách pěstování. Pro kvetení je nejvhodnější teplota v rozmezí 18-22 °C a vlhkost 60-73 % (PEXOVÁ, KALINOVÁ, 2011). Plodem jsou hladké trojboké nažky s celokrajnými hranami, připomínající bukvice, které jsou zpravidla hnědé, některé odrůdy však mohou mít semena stříbřitě šedá nebo zbarvena do černa.

Na hranách nažky se v závislosti na odrůdě tvoří větší či menší „křídla“. Tato vlastnost je u kulturních odrůd nežádoucí, neboť zmenšuje hustotu nažek a způsobuje problémy při jejich loupání a čištění. První nažky dozrávají 25-30 dní od počátku kvetení. Oplodí, které těsně obaluje samotná semena, ale nesrůstá s nimi, se odstraňuje při loupání a tvoří 15-30 % zhruba hmotnosti plodu. Hmotnost tisíce nažek (HTN) se pohybuje v rozmezí 15-30 g, ale i více u odrůd tetraploidních (JANOVSKÁ, KALINOVÁ, MICHALOVÁ, 2008; MOUDRÝ et al., 2005).

1.2.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ POHANKY

Nejčastěji nachází pohanka obecná uplatnění v potravinářství díky její vysoké výživové hodnotě. Konzumace pohankových nažek působí příznivě na zdraví, protože je bohatá na základní živiny včetně bílkovin a minerálů. Jako potravina je vhodná pro pacienty trpícími aterosklerózou a chorobami oběhového systému (MOUDRÝ et al., 2019). Je známo, že obsahuje různé antioxidační sloučeniny, jako jsou vitaminy B1, B2, E, a fenolové sloučeniny, jako je rutin, kvercetin a jiné (WATANABE et al. 1997, WATANABE et al. 1998). Významný je i obsah lysinu, metioninu, argininu a kyseliny asparágové (GABROVSKÁ et al., 2003). Přítomný rutin má vynikající antimutagenní a protizánětlivé účinky, zvyšuje pružnost cévních stěn, reguluje srážlivost krve a posiluje imunitní systém organismu (CAMPBELL 1997; KOPÁČOVÁ, 2007). Při pěstování pohanky na zelenou píci lze získat poměrně hodnotné krmivo. Z rozboru zelené hmoty po odkvětu bylo zjištěno, že obsahuje 21,7% sušiny, 3,2 % dusíkatých látek, 2,1 % stravitelných dusíkatých látek, 11,2 % škrobových jednotek a že obsah vlákniny ve 100% sušiny je 20,8 %. Zkrmování zelené hmoty však může způsobit tzv. fagopyrismus, alergickou reakci způsobenou přítomností fagopyrinu, který je fototoxickou složkou pohanky. V ČR se však pohanka nezkrmuje monodieticky, ale vždy ve směsi s ostatními píceňmi a ani intenzita slunečního záření zde není tak velká, proto se zde nevyskytuje. Při zkrmování přicházejí v úvahu i jiné části rostlin, jako např. odpad ze třídění nažek, plevy, případně celé nažky a sláma (JANOVSKÁ, KALINOVÁ, MICHALOVÁ, 2008). Další využití nachází jako meziplodina, která zpřístupňuje fosfor pro následné plodiny (BOGLAIENKO et al., 2014). S úspěchem byla využita jako mulč při pěstování brukvovitých rostlin (KOSTERNA, 2014).

Díky obsahu aleochemikálií, které jsou uvolňovány z živé nebo rozpadající se rostlinného materiálu může účinně redukovat výskyt plevelů (IQBAL et al. 2003). Pohanka je velmi významnou nektarodárnou rostlinou. Jako medonosná rostlina poskytuje pastvu včelám po celé léto. Pohankový med působí antibakteriálně je tmavý se specifickou chutí, která je mírně kořeněná (MOUDRÝ et al., 2005). Důvodem, proč je pohanka pro chovatele včel zajímavá, je to, že produkce medu přichází v pozdním období, kdy jsou jiné zdroje nektarů v nedostatku (CAMPBELL, 1997). Další možnost představuje využití obalového materiálu, pocházejícího ze sklizně nebo zpracování pohanky. Vysoce kvalitní slupky se používají k vyplňování polštářů a matrací. Struktura slupek nechává cirkulovat v polštářích vzduch. Pohankové plevy disponují vysokou elasticitou a pružností. Díky tomu dokáží tyto polštáře podírat hlavu spícího rovnoměrně a přirozeně odvádět svalové napětí a pnutí (KUBULE et al. 2013). Extrakty z loupaných slupek pohanky byly s úsměchem použity i jako alternativní materiál pro výrobu lehkého betonu, panelů a bloků za relativně levnější cenu (VAICKELIONIS, VALANCIENE, 2016).

1.2.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

Pohanka je všeobecně brána jako plodina méně náročná až nenáročná na podmínky prostředí (JANOVSKÁ, 2014). Dle PEXOVÁ, KALINOVÁ (2011) je určena zejména pro pěstování na výše položených extenzivních plochách nebo na lokalitách s omezenými vstupy (hygienická pásma ochrany vod, chráněné oblasti apod.) i do ekologického systému pěstování plodin. Dle HORE, RATHIC (2002) jsou pro pohanku nejvhodnější chladnější a vlhčí polohy podhorských oblastí. Pro pěstování v teplejších a sušších oblastech je méně vhodná, protože je citlivá na nedostatek vláhy (PEXOVÁ, KALINOVÁ, 2011). Oproti tomu MOUDRÝ et al. (2005) uvádí, že je teplomilnou rostlinou a nejvhodnější teplota pro klíčení a vzcházení je 15°C. Minimální teploty pro klíčení jsou 7-8 °C. Nízké teploty (přízemní mrazíky) ji mohou značně poškodit vzhledem ke krátké vegetační době. Nejlépe jí vyhovují půdy středně kyselé a středně těžké, písčité, hlinitopísčité až hlinité, zásobené živinami a dostatkem vláhy (MOUDRÝ et al., 2019). Pseudoobiloviny obecně nejsou náročné na předplodinu. v osevním postupu je lze pěstovat téměř po každé plodině. Vhodnými předplodinami jsou obiloviny, luskoviny, řepka či jednoleté leguminózy.

Pohanka působí v osevním postupu fytosanitárně díky schopnosti potlačovat plevele, zejména pýr. Není vhodné ji však zařazovat po plodinách, kde se vyskytovalo háďátko. Zpracování půdy před setím se neliší od způsobu zpracování k ostatním obilninám, největší důraz kladen na odplevelení. Při pěstování pohanky jako hlavní plodiny se oře na podzim. Lepší je pro pohanku orat hlouběji, tedy ne méně než 22 cm, protože po hluboké orbě se vytvoří mohutnější kořenový systém a je lépe využita vlaha a živiny. Důraz by měl být kladen na vytvoření vhodného seťového lůžka v hloubce 4-5 cm (MOUDRÝ et al. 2007; KONVALINA et al., 2008; JANOVSÁ, 2014). Výsevek by měl být na úrovni dva miliony klíčivých semen na 1 ha (50-60 kg ha⁻¹) při HTS 25 g. Při časném výsevu a na úrodných půdách se seje o něco méně (150 nažek na m²) a v nepříznivých podmínkách a po horších předplodinách více, tj. až 250 nažek na m². Optimální výsev je od posledního týdne dubna do poloviny května, ve vyšších oblastech i déle. Poslední termín setí je 10. - 15. 7 (PEXOVÁ, KALINOVÁ, 2011). Po zasetí je vhodné pozemek uválet kotoučovými válci. Nejvhodnější meziřádková vzdálenost je 150 mm (možné je rozmezí 125-450 mm), uvádí MOUDRÝ et al., 2019. Při setí do širších řádků je však třeba počítat s plečkováním. Pohanka je rostlina hmyzosubná, a proto se na jeden hektar se doporučuje umístit 2-5 včelstev, které zvýší, výnos nažek až o 0,5-0,6 t ha⁻¹ (ŠARAPATKA, URBAN, 2006; KONVALINA et al., 2008).

Vzhledem k tomu, že pohanka nerovnoměrně květe i dozrává je určení termínu sklizně velmi obtížné (HORE, RATHIC, 2002). Termín je nutné volit tak, aby docházelo k co nejmenším ztrátám. Zahájení sklizně je optimální v době, kdy je asi 60-70 % nažek dozrálých, (hnědě zbarvené) = nažky na koncových větvích jsou plně vyvinuté a vybarvené a na středních větvích dozrávají (MOUDRÝ et al., 2019) i tak ztráty výdolem činní 300-600 kg ha⁻¹ (PEXOVÁ, KALINOVÁ, 2011). Pohanku je možné sklízet jednofázově, kdy se celý porost poseče a současně vymlátí běžnou sklízecí mlátičkou s co nejvíce otevřeným mláticím ústrojím a sníženými otáčkami na 500-600 za minutu, u vlhčího porostu až 700 ot. min. Další možností je provádět sklizeň dvoufázově, kdy se nechá posečený porost zavadnout na poli a po několika dnech se sesbírá a vymlátí. Dvoufázová sklizeň není vhodná při vyšší vlhkosti, protože posečená pohanka má tendenci plesnivět. Výnos pohanky dosahuje 1-2 t ha⁻¹ (JANOVSÁ, KALINOVÁ, MICHALOVÁ, 2008). Sláma pohanky je hrubá, nevhodná ke krmení proto se nejčastěji drtí a zaorává.

Okamžitě po sklizni pohanky je třeba předčištění (odstranění hrubých organických nečistot a příměsí) a následné dosoušení. Nejšetrnější způsob je v nízkých vrstvách 15-20 cm s přehazováním nebo na roštích aktivním větráním, či predehřátým vzduchem na skladovací vlhkost 14 % (MOUDRÝ et al., 2005, MOUDRÝ et al., 2019).

Zájem o pohanku v ČR se zvyšoval zejména během posledních deseti let. Pěstuje se jak v konvenčním, tak především v ekologickém zemědělství a ČR je zároveň jedním z nejvýznamnějších producentů „bio“ pohanky v Evropě. Celková plocha pohanky (konvenční i ekologické) v ČR čítala v roce 2018 cca 2300 ha (FAOSTAT.ORG.).

Obalové materiály pohanky mají menší hustotu než voda a umožňují tak snadné odstranění trupů z jádra. Tvrdost trupu však závisí na druhu pohanky, například *F. esculentum* má měkčí trup než jeho relativní druh *F. tataricum* (LI, ZHANG, 2001). V současné době probíhá loupání pohanky dvěma základními způsoby – mechanicky za studena a termicky za tepla. (MOUDRÝ sen et al., 2019). Mechanické loupání je založeno na opakovaném obrušování obalových vrstev (též oplodí) nažky (též kroupy, semena aj.) mezi mlýnskými kameny, nebo rotujícími kotouči s hrubým povrchem. Před loupáním je dobré nažky roztrdit podle velikosti a zpracovávat každou frakci odděleně pro dosažení dobré výtěžnosti. Technologický proces mechanického loupání pohankových nažek je energeticky méně náročný a zachovává původní chuťové vlastnosti pohanky včetně vysoké dietetické hodnoty (ŠMAJSTRLA, 2000). Při termickém loupání se nažky napařují horkou párou a následně se prudce usuší. Oplodí praskne a snadno se pak mechanicky oddělí od endospermu. Výhodou tohoto způsobu zpracování je větší výtěžnost krup, nevýhodou energetická náročnost a některé chuťové změny, protože vysoké teploty při sušení ničí vitaminy, obsažené v pohankovém semenu (MOUDRÝ et al., 2005). Kromě těchto technologií zpracování pohanky existují ještě další, které jsou jejich kombinací. Základním výrobkem vzniklým při zpracování jsou pohankové kroupy celé, případně kroupy lámané, což jsou drcená zrna pohanky vhodná k mletí na mouku a další zpracování (ŠMAJSTRLA, 2000). Po oloupání vznikají kroupy k přípravě kaší a nákyků, krupice a mouka na zavářku do polévek, placky a lívance. Kromě mlynářských výrobků určených pro potravinářské účely vznikají při vyloupávání pohanky i odpady, které lze náležitě využít (MOUDRÝ et al., 2019).

1.2.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ

K zajištění výživy dle JANOVSÁ (2014) postačují pouze malé dávky živin, protože pomocí svého kořenového systému dokáže získat živiny i z forem, které jsou pro ostatní plodiny méně dostupné nebo nedostupné vůbec. Z živin je nejnáročnější na draslík, který zvyšuje výnos i jakost nažek. CAMPBELL, (1997) udává, že pohanka během svého vývoje odčerpá z půdy 29 kg N, 14 kg P a 25 kg K. V konvenčním hospodaření jsou na základě empirických pokusů doporučovány tyto dávky hnojiv 40-45-(65) kg N, 30-50 kg P₂O₅ a 60-70 kg K₂O (JANOVSÁ, KALINOVÁ, MICHALOVÁ, 2008). Při zvyšujících se dávkách dusíkatého hnojení vytváří pohanka málo semen, později dozrává a polehá, uvádí EDWARDSON (1996) a FRYŠ (1991). Z mikroživin je náročnější na bór (borax nebo hnojivo s borem), jeho nedostatek se projevuje skvrnitostí listů, zakrnělým růstem a sklonem k lámavosti (MOUDRÝ et al., 2005).

1.3 HRACH SETÝ (*Pisum sativum* L.)

1.3.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Hrách setý patří nejstarším kulturním plodinám. Jedná se o jednoletou bobovitou rostlinu vysévanou na jaře, má však i ozimé formy. Přestože patří k jednomu z nejvíce rozšířených druhů luskovin, jeho dnešní formy vznikly spontánním křížením a mutacemi, což mělo za následek zejména nejednotnost botanické systematiky. Nejpravděpodobnějším předkem dnešních forem hrachu je *Pisum elatius* a *P. fulvum* (LAHOLA et al., 1990). V porovnání s obilninami disponuje velmi dobře vyvinutou kořenovou soustavou, s příznivým vlivem na půdní strukturu. Mohutnost kořenové soustavy je závislá především na podmínkách prostředí. Charakteristickým znakem je tvorba hlízek na kořenech způsobena hlízkovými bakteriemi, které se vytvářejí přibližně do tří týdnů po vzejití (HOUBA, HOCHMAN, HOSNEDL, 2009). Dle studie CURTY et al., (2014) a PEIX et al., (2014) je symbióza luskovin s bakteriemi fixujícími vzdušný dusík nejen prospěšná pro snížení nákladů na pěstování, zároveň plní důležitou přidanou hodnotu v přírodních ekosystémech a zvyšování jejich biodiverzity. Lodyha bývá lysá, nezřetelně hranatá, poléhavá nebo vystoupavá. Stonek je dělen uzlinami (nody) na články.

Větvení je slabé až střední. Sudozpeřené listy se skládají z jednoho nebo více páru lístku a z koncového úponku, který bývá často rozvětvený. Tvar listů je vejčitý, oválný, celokrajný, pilovitý, nepravidelně zubatý a s tupým, ostrým nebo uťatým zakončením. V úžlabí listového řapíku se nacházejí bylinné palisty, polosrdčitého, srdčitého nebo čárkovitého tvaru. Květenství je zpravidla párové a vyrůstá na různě dlouhé květní stopce z úžlabí listů. Kalich je pěticičný s velkou korunou. Barva pavézy a křídel je bílá. Pyl i blizna dozrávají v poupěti, proto zde převládá samosprašnost. Kvetení postupuje odspodu nahoru. Plodem hrachu jsou mnohosemenné, podlouhlé, šikmo zkrácené, nezaškrcované lusky na vrcholu zužující se v zobánek a u planých forem přirozeně pukající po obou stranách. Semena jsou většinou kulovitá (CHRTKOVÁ, 1995; LAHOLA et al., 1990).

1.3.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ HRACHU

Hrách obsahuje značné množství vitamínů, aminokyselin a minerálních látek, které jsou nezbytné při výživě člověka (PRUGAR et al., 2008). Je pěstován na zelenou hmotu, suchá semena i pro konzervářské účely (MUEHLBAUER, TULLU, 1998). Velmi významné je jeho krmivářské využití pro všechny druhy hospodářských zvířat. Agronomicky významnou předností hrachu je jeho předplodinová hodnota, která je dána fixací vzdušného dusíku a jeho následnou transformací do půdy, příznivými fyto-sanitárními účinky, vysokou meliorační schopností zlepšovat fyzikální stav půdy i způsobilostí vázat další prvky nezbytné ve výživě rostlin (YUKSEL, TURK, 2019).

1.3.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

Současné odrůdy hrachu se vyznačují velkou plasticitou. Na vysoké výnosové schopnosti se podílí jednak genetický předpoklad, ale také podmínky, ve kterých je pěstován. Optimální podmínky pro pěstování hrachu jsou středně těžké, hlinité, hlinitopísčité, nebo písčitohlinité. Vhodné jsou vápnité půdy s neutrálním nebo mírně kyselým pH (KONVALINA et al. 2007). Hrách je plodina přizpůsobená semiaridním povětrnostním podmínkám, a z tohoto důvodu ji mohou příliš negativně ovlivnit příliš vlhké podmínky během klíčení (FERNANDEZ et al., 2012). Dle FALLON et al., (2006), ANDERSON, WHITE (1974) je nedostatek vody spolu s extrémními teplotami vzduchu příčinou rychlejšího vysychání a zrání lusků, a to se ve vysoké

míře podílí na snižujících se výnosech. Hrach setý je náročný na dodržování všech zásad správné agrotechniky. Díky fyto-sanitárním účinkům, bývá zařazen jako přerušovač a předplodina mezi dvě obilniny. Pro zajištění vysokého výnosu je nutný časný výsev. Meziřádková vzdálenost je 100 až 250 mm. Výhodnější z hlediska organizace porostu jsou řádky užší. Bezprostředně před výsevem je třeba půdu prokypřit do hloubky set'ového lůžka, tj. do 8-10 cm. Setí se provádí po zimní orbě, nebo jarním zkyplení co nejdříve na jaře (HÝBL, 2011; WATSON et al., 2017). HOUBA, HOCHMAN, HOSNEDL (2009) uvádějí, že při správně provedené přípravě půdy a optimálním termínu se výsevek pohybuje okolo 0,9 až 1,1 milionu klíčivých semen na hektar. S tím souhlasí i HÝBL (2011), který dále uvádí, že pro obnovení půdní kapilarity a urovnání pozemku je nutné provést válení. Vzhledem k nerovnoměrnému dozrávání hrachu, je často náročné určit optimální dobu sklizně. Optimální doba pro přímou sklizeň pomocí sklízecí mlátičky je vlhkost semen od 14 do 20 %, kdy je poškození semen nejmenší. K usnadnění sklizně hrachu se využívá chemického vysoušení tzv. desikace (LAHOLA et al., 1990).

Pro sklizeň hrachu se používají obilné sklízecí mlátičky, které je nutné vybavit zvedáky polehlých rostlin na žací stůl, jež podstatně regulují ztráty při sklizni. Na kvalitě výmlatu se podílejí i otáčky bubnu, ty je nutné snížit na minimum (300-500 ot.min⁻¹), šířka mezery mezi košem a mlátícím bubnem (25-34 mm na vstupu, 14-18 mm na výstupu) a nastavení vhodného čistícího ústrojí odpovídající velikosti semen (KONVALINA, 2007; HÝBL, 2014). Výnos se pohybuje od 2,5-3 t ha⁻¹. Ihned po sklizni je třeba hrách zbavit hrubých nečistot a dosušit vymláčená zrna na nejvhodnější skladovací vlhkost, protože je zde vysoké riziko zaplísnění. Nejšetrnější technologií dosoušení představuje aktivní provětrávání vrstvy semen za pomoci studeného nebo přehřátého vzduchu na vyšší nepohyblivé vrstvě (roštové sušárny) (HOSNEDL, HOCHMAN, 1994). Dle (HOUBA, HOCHMAN, HOSNEDL, 2009) musí dosoušení probíhat pozvolně, protože rychlost odpařování hrachu je nižší než např. u obilnin.

1.3.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ

Hrách setý má schopnost skvěle poutat živiny ze staré půdní síly (HÝBL, 2014). Na minerálním hnojení dusíkem je hrách díky přítomnosti symbiotických bakterií buď zcela nezávislý, nebo je dodáváno malé množství 20-30 kg ha⁻¹.

Klíčovou roli hraje hnojení fosforem a draslíkem aplikovaným při podzimní orbě v dávce 50 kg a 70 kg. Velmi důležitá je i hodnota půdní reakce, pohybují se mezi 6,2-7,0 pH. Je-li hodnota pH nižší než 6,2 vápníme mletým vápencem (ŠROLLER, 1997; HOUBA, HOCHMAN, HOSNEDL, 2009)

1.4 SÓJA LUŠTINATÁ (*Glycine max*)

1.4.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Dle HOUBA (2011) patří sója k nejstarším kulturním rostlinám a zároveň je čtvrtou nejrozšířenější pěstovanou plodinou současnosti. Z hlediska biologického i agrotechnického patří mezi luštěniny do čeledi bobovitých, v hospodářském členění rostlinné výroby je, však řazena mezi olejniny (PETEROVÁ, 2005). Jde o jednoletou rostlinu s vegetační dobou od 90 až 120 dní. Disponuje křovitým kořenem s bohatým postranním větvením v horních 15 cm půdy a vytváří tak mohutnou síť postranních kořínků, které jsou často delší, než kořen hlavní a pronikají do hloubky až 2 metry (CHATURVEDI et al. 2011). Na hlavních i vedlejších kořenech se vyskytují drobné hlízky, které vznikají působením bakterií *Rhizobium Japonicum*. Lodyha je hrubá, na průřezu okrouhlá, 0,5-0,8 m dlouhá s jemnými trichomy. Listy sóji jsou střídavé, dlouze řapíkaté, trojčetné. Tvarově i velikostí velmi rozmanité. Květy vyrůstají v hroznech z úžlabí listů. Jsou oboupohlavní, souměrné a motýlovité. Sója je rostlina samosprašná. Délka kvetení může trvat až tři týdny. Plodem sóji je podlouhlý chlupatý lusk. Lusky jsou buď rovné, nebo lehce zakřivené a dosahují délky od 2 do 7 cm. Počet semen v lusku je 1-4. Na jedné rostlině se tvoří 20-40 lusků (ŠTRANS, ZELENÝ, MARKYTÁN, 2010).

1.4.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ SÓJI

Sója má mezi ostatními luskovinami výjimečné postavení, které je dáno chemickým složením semen, především vysokým obsahem lipidů přítomností řady biologicky aktivních látek (PRUGAR et al., 2008; ENDRES, 2001). Sója obsahuje dostatečné množství téměř všech aminokyselin (zejména lysinu), s výjimkou těch, které v molekule obsahují síru (cystein a methionin), uvádí SINGH et al. (2010), WOLF (1970).

Dle JOOYANDEH (2011) je sójová bílkovina v lidském trávicím traktu optimálně využita a může sloužit jako náhrada proteinů živočišných. S rostoucí spotřebou masa stoupá význam sóji jako krmiva pro hospodářská zvířata ve formě pokrutin, šrotu a někdy i v zeleném stavu jako seno (LIU, 2004; JOHNSON, WHITE, GALLOWAY, 2015). Kromě jeho použití pro domácí účely, sójový olej nachází rozmanitá využití v průmyslových odvětvích souvisejících s výrobou léčiv, plastu, papíru, inkoustu, barev, laků a pesticidů (PRATAP et al., 2012). AITBELALE et al. (2019) uvádí, že přeměna sójového oleje na bionaftu může snadno vyřešit některé environmentální problémy, a poskytnout tak další možnost průmyslového využití.

1.4.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

Sója je rostlinou krátkodenní, vyžadující vyšší intenzitu slunečního záření. Pro její pěstování je třeba zvolit nižší až střední pozemky, průměrnou roční teplotou přesahující 8 °C. Vzhledem k její náročnosti na vláhu, vyžaduje nejen vyšší relativní vlhkost vzduchu, ale i příznivý a vyrovnaný vodní režim půdy v průběhu celé vegetace (ŠTRANS, ZELENÝ, MARKYTÁN, 2010). Pro pěstování sóji jsou vhodné půdy hluboké, výhřevné, písčitohlinité až hlinité i půdy písčité, dobře zásobené humusem a živinami. Pro činnost hlízkových bakterií je vhodná slabě kyselá až neutrální půdní reakce (pH 6,5-7). Nesnáší půdy kyselé, zamokřené, zastíněné a utužené, pro pomalý počáteční vývoj nesnáší ani půdy s velkou intenzitou plevelů. Základem přípravy půdy je včasná podmítka a orba na podzim spolu s dobře provedenou jarní předset'ovou přípravou. Nejvhodnějšími předplodinami jsou hnojené okopaniny, ale může být řazena i mezi obiloviny (HOUBA, 2011). Výsev se provádí v termínu podle půdní teploty, nejlépe při 7-8 °C, obvykle ve třetí dekádě dubna do hloubky 4-6 cm. V závislosti na HTS, klíčivosti a čistotě osiva se výsevek pohybuje v množství 550 až 700 tis. rostlin na 1 ha (120-140 kg ha⁻¹), uvádí HÝBL (2011).

Sklizeň je snad nejkritičtější krokem v celkové produkci sóji. Načasování je klíčové, jelikož jakékoli zpoždění po sklizni zvyšuje možnost, nástupu nepříznivých klimatických podmínek (dlouhodobý déšť, vysoká vlhkost a teplota). Sója se sklízí přímou kombajnovou sklizní při vlhkosti semen ideálně do 18 %. Jako dobré řešení se jeví sklízet sóju kombajny vybavenými flexibilními lištami, které dokážou kopírovat zakřivení pozemku a tím zachovat konstantní výšku sečení i při nerovném

pozemku. Stejně jako u ostatních luskovin hrozí nebezpečí mechanického poškození semen, proto je důležité dodržovat rychlost sklízecí mlátičky do 4 km h⁻¹ a snížit otáčky bubnu v rozmezí mezi 380 a 500 za minutu. Hrubý výnos bývá 1,5-2 t ha⁻¹. Po sklizni by měla co nejrychleji následovat posklizňová úprava a ošetření vymláčených semen. Po přečištění by mělo následovat vysušení semen na požadovanou skladovací hodnotu 12 %. Semena je výhodné dosušet studeným vzduchem. Dosoušení horkým vzduchem lze provádět s opatrností na teplotu nižší než byla použita u kukuřice (DELOUCHE, 2016; JOHNSON, WHITE, GALLOWAY, 2015).

1.4.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ

Sója má ve srovnání s ostatními luskovinami obdobné, spíše vyšší požadavky na živiny. Na výnos 1 tuny semen se předpokládá odběr kolem 70 kg N, 20 kg P, 30 kg K, 20 kg Ca a 1 kg Mg, uvádějí HOUBA, HOCHMAN, HOSNEDL (2009). Je citlivá i na nedostatek S. Vhodné je dodávání mikroelementů B, Zn, Mo, Mn, Co, které pozitivně působí na nodulaci a zvyšují výšku nasazení prvních lusků od povrchu půdy. Sója dobře využívá i vyšší úroveň hnojení organickými hnojivy v osevním sledu (ŠTRANS, ZELENÝ, MARKYTÁN, 2010).

1.5 LEN SETÝ (*Linum usitatissimum* L.)

1.5.1 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA

Len setý náleží do čeledi lnovitých (*Linaceae*). v této čeledi je dle LAHOLA (1956), ŠTAUD (2008) a ŠPALDON (1986) zahrnuto 22 rodů rozšířených po celém světě. Rod *Linum* zahrnuje více než 200 druhů převážně vytrvalých, méně pak planě rostoucích a jednoletých rostlin. Z hospodářského hlediska je lze len rozdělit na typ přadný či a olejný, existuje však i přechodná forma lnu olejnopřadného, který vznikl křížením přadného a olejného typu. Přadný len má dlouhý, tenký a slabě rozvětvený stonek, tobolky jsou menší obsahující drobná semena. Stonek se ve spodní části nevětví a obsahuje dlouhé a jemné technické vlákno. Len olejný disponuje krátkými, hrubými stonky s četnějším rozvětvením a olistěním, středními až většími květy, tobolkami a vyšším množstvím tuku v semeni. Kořenový systém je olejného lnu silně vyvinutý na rozdíl od lnu přadného.

Plodem je pětipouzdrá tobolka různé velikosti a tvaru. Nejmenší bývá u lnu přadného. Zralá semena bývají lesklá a vejčitá se žlutohnědým zbarvením (GAN et al., 2009; BINDER et al., 1986).

1.5.2 VÝZNAM PĚSTOVÁNÍ LNU

Len setý patří mezi nejdůležitější domácí přadné plodiny. Semeno, pazdeří a přírodní lněné vlákno jsou základními surovinami, které jsou poskytovány pro odvětví zpracovatelského průmyslu. Dle MOUDRÝ a STRAŠIL (1999) vykazují lněná vlákna výborné mechanické vlastnosti a mohou s úspěchem nahradit vlákna azbestová, kovová nebo plastová. Vzhledem k jeho vynikajícímu složení omega 3 mastných kyselin a vysokému obsahu vlákniny nachází uplatnění ve výživě lidí i zvířat (VERMA, PRASAD, GUPTA, 2017). Odpad, který vzniká při zpracování semene na šrot, lze přidávat do krmných směsí ve formě pokrutin nebo extrahovaných šrotů. Ty jsou vhodným krmivem s dietetickými účinky, které příznivě působí na březí a nemocná zvířata (JHALA, HALL, 2010). Lněný olej je používán k výrobě barev a laků, nepromokavých tkanin, utěrek, linoleí a ředidel. Barvy a povlaky obsahující lněný olej disponují vysokou kvalitou i trvanlivostí (CHAUDHARY et al., 2016). DIXIT, REHMAN (2012) uvádí, že lněný olej může být použit jako klíčová surovina pro výrobu bionafty. S vlastnostmi srovnatelné s motorovou naftou a zároveň nižšími emisemi oxidu uhelnatého.

1.5.3 AGROTECHNIKA A OŠETŘOVÁNÍ POROSTŮ

Len setý není z hlediska nároků na prostředí příliš náročná plodina. Vhodné jsou půdy střední až lehčí, hlinito-písčité, hlinité s mírně kyselou až neutrální půdní reakcí. Naopak nevhodné jsou půdy jílovité náchylné na tvorbu půdního škraloupu, vysychavé a šterkovité (BJELKOVÁ, ŠMIROUS, SOUČEK, 2015). FÁBRY (1990) považuje za nejvhodnější oblast pro pěstování lnu setého, okrajovou řepářskou až bramborářskou výrobní oblast s nižšími srážkovými úhrny. Nejvhodnějšími předplodinami jsou jetelotravní směsky, dále ozimé obilniny, nezaplevelené brambory. Len je obvykle zařazen jako doběrná plodina na konec trati po hnojení organickými hnojivy. Ve sledu plodin plní funkci přerušovatele např. dvou po sobě následujících obilovin (STRAŠIL, 2011). Podzimní příprava ke lnu probíhá stejně

jako pro jiné plodiny. Důležité jsou včasné úklid slámy a podmítka do 10 cm. Podzimní orba se provádí tak hluboko, aby se nevyorala spodina. Na jaře je třeba věnovat pozornost dokonalému urovnání pozemku smykáním. Hlavním úkolem je půdu prokypřit nejvhodněji kombinátory a vytvořit tak optimálně připravené set'ové lůžko pro setí (ŠTAUD, VAŠÁK, 1997). Len setý se nejčastěji vysévá brzy na jaře na konci března do hloubky 2-3 cm do co nejužších řádků 10,5-12,5 cm. Norma výsevu je 60-75 kg ha⁻¹ (maximálně 600 rostl. na m²), (STRAŠIL, 2011).

Dle BINDER et al. (1986) je len velmi náročný na správné provedení sklizně a posklizňové úpravy. Pro sklizeň olejného lnu je nejefektivnější využití sklízecí mlátičky umožňující jednorázovou sklizeň nadzemní části rostlin včetně separace a předčištění semen. Ostatní části rostlin zůstávají na povrchu uloženy na řádku nebo jsou drtičem rozmetány po pozemku. Sklizení lnu v plné zralosti je nejvhodnější, neboť hlavním požadavkem je produkce kvalitního semene (BJELKOVÁ, ŠMIROUS, SOUČEK, 2015). Podstatné je správné seřízení mlátičích ústrojí (podobné jako při sklizni řepky), aby nedocházelo k poškození a drcení semene. Průměrný hektarový výnos semene se v podmínkách ČR pohybuje kolem 1,23 t ha⁻¹ (STRAŠIL, 2011). Sklizený materiál obsahuje příměsi různě vlhkých částí stonků a plevelů, proto musí být semena co nejrychleji přemístěna na roštovou sušárnu nebo jiné zařízení s aktivním provzdušňováním pro dosažení vlhkosti 8 %. Vzhledem k riziku zapaření či plesnivění není vhodné ukládat sklizená semena na betonovou podlahu (ŠMIROUS et al. 2010).

1.5.4 VÝŽIVA A HNOJENÍ

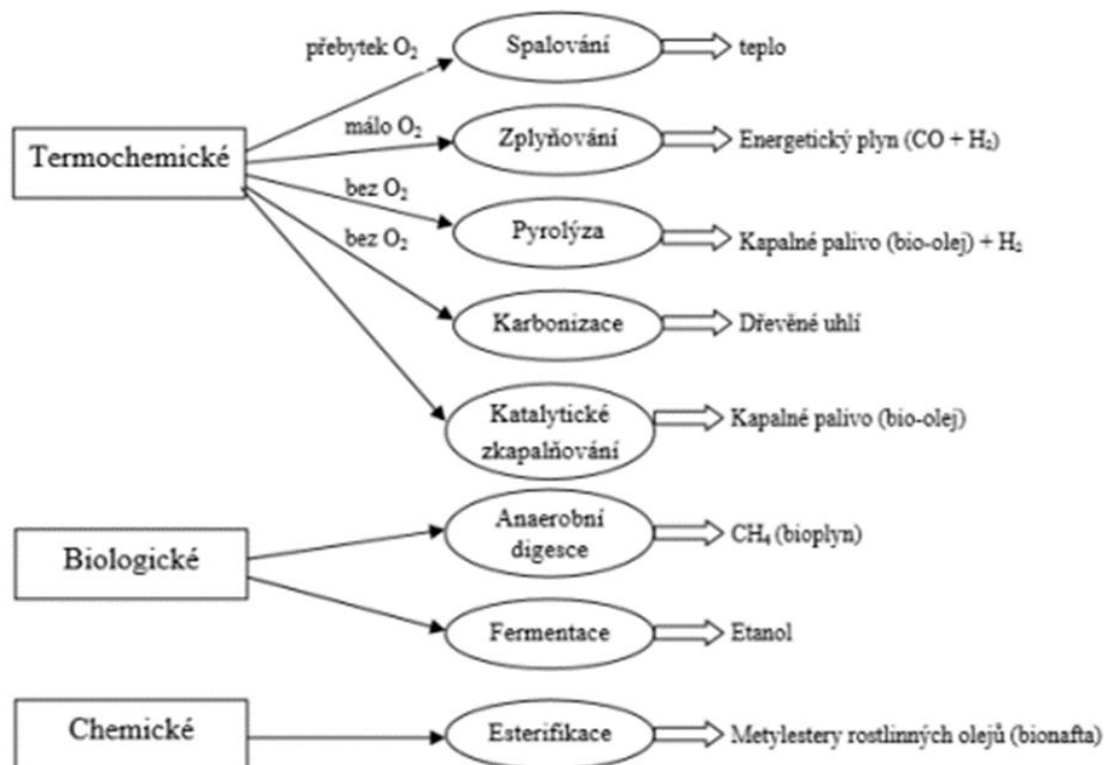
Olejný len je technickou plodinou, s nižšími nároky na intenzitu přímého hnojení. Odběr hlavních živin v pohotovém stavu je závislý na dosažení výnosu hmoty z 1 ha. Len reaguje na zvýšenou dostupnost dusíku jako nejdůležitějšího prvku, ale méně než obilniny nebo řepka (GRANT et al., 1999). LAFOND et al., (2008) uvádí hektarovou spotřebu živin lnu na úrovni 100-120 kg N, 44-50 kg P₂O₅, 35-40 kg CaO, 90-110 kg K₂O, 15-20 kg MgO. ŠTAUD, VAŠÁK, (1997) však uvádějí dávku 80-105 kg N, 43-50 kg P₂O₅, 90-110 kg K₂O, 50-63 kg CaO a 15-20 kg MgO. Oslabené porosty lnu je možné v době vegetace podpořit foliární aplikací listových hnojiv.

ENERGETICKÉ VYUŽITÍ FYTOMASY

JAKUBES, BELLINGOVÁ, ŠVÁB (2006) uvádějí, že pro účely bioenergetiky je biomasa definována jako organická hmota rostlinného nebo živočišného původu se schopností biologického rozkladu, která může být využita pro spalování nebo jiné přeměny s následným energetickým ziskem. Ten je dán fyzikálními, chemickými a biologickými vlastnostmi. Ty jsou rozhodující například pro výběr technologií zpracování a technologií přeměny. Nejdůležitějšími atributy biomasy coby biopaliva jsou vlhkost a s ní spojená výhřevnost, kalorická hodnota a poměr celulózy k ligninu, uvádí MCKENDRY (2002), KHAN et al. (2009). Biomasa obecně obsahuje anorganické látky (popel), jejichž množství se mění podle typu suroviny (ALASWADA et al., 2015). Na složení biomasy se podílí velké množství prvků. Největší podíl má uhlík (50 %), kyslík (43 %) a vodík (6 %) v menší míře pak vápník, draslík, hořčík, síra a stopové množství těžkých kovů (WERKELIN et al., 2005). Využití energie z biomasy a odpadu v podmínkách ČR se dá označit jako příznivé (WEGER, 2003; LEWANDOWSKI et al., 2006), a představuje více než 90% podíl na celkovém využití OZE v ČR, stejně tak v Polsku či Maďarsku (KNÁPEK et al., 2010). Je to způsobeno vysokým potenciálem orné půdy, který není zdaleka využit. JIRÁNEK, WEGER (2000) odhadují, že alespoň 500 000 ha půdy by bylo možné využít k produkci biomasy, a je k dispozici dalších 35 000 ha devastované půdy, částečně kontaminované těžkými kovy. PASTOREK et al., (2004) člení způsoby získávání energie z biomasy do čtyř skupin. První z nich je termochemická přeměna biomasy (suché procesy), kam řadí spalování, zplyňování a pyrolýzu biomasy. Druhá skupina je tvořena biochemickými přeměnami biomasy neboli mokřými procesy, zahrnující alkoholové a metanové kvašení. Metan z anaerobní digesce lze použít přímo jako palivo pro hořáky různých topných systémů, eventuálně v plynovém motoru nebo mikroturbíně pro výrobu elektrické energie kogenerací (ŠUROVSKÝ, 2003). SERAFÍNOVÁ (2009) a KNÁPEK et al. (2010) zahrnují mezi hlavní zdroje biomasy odpadní materiály pocházející ze zemědělství (sláma a biomasa z trvalých travních porostů) a lesnictví. SIMS et al. (2006) uvádí, že nejrozšířenější způsob získávání biomasy je využívání porostů cíleně pěstovaných energetických rostlin, která je poté označována jako fytomasa.

Mezi zemědělskými plodinami jsou typickou biomasou používanou k výrobě energie obiloviny, miscanthus, sléz, řepka, slunečnice, ale také zemědělské zbytky, jako jsou výhonky vinné révy, keřů a ovocných stromů, kukuřičné stonky a jiné obalové materiály rostlin (TOSCANO et al., 2018; XU et al., 2015; CUELLAR, HERZOG, 2015).

Obrázek 1: Základní procesy a technologie přeměny biomasy



Zdroj: JAKUBES, BELLINGOVÁ, ŠVÁB, 2006

1.5.5 VÝHODY A NEVÝHODY ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY

Mezi výhody energetického využívání biomasy STUDENTÍK, SVITAVSKÝ (2016) uvádějí zachování biodiverzity a trvalého pokryvu půdy, čímž zabezpečují ochranu půdy před vodní a větrnou erozí díky své vysoké retenční schopnosti. Dalším důvodem zájmu o využití rostlinné biomasy je snaha o snížení antropogenních emisí oxidu uhličitého v atmosféře (ISLAS et al., 2019; LIND et al., 2016; LEWANDOWSKI et al., 2006). Dle TKEMALADZE, MAKHASHVILI, (2016) při spalování dojde k produkci stejného množství oxidu uhličitého, které rostlina navázala za svůj růst.

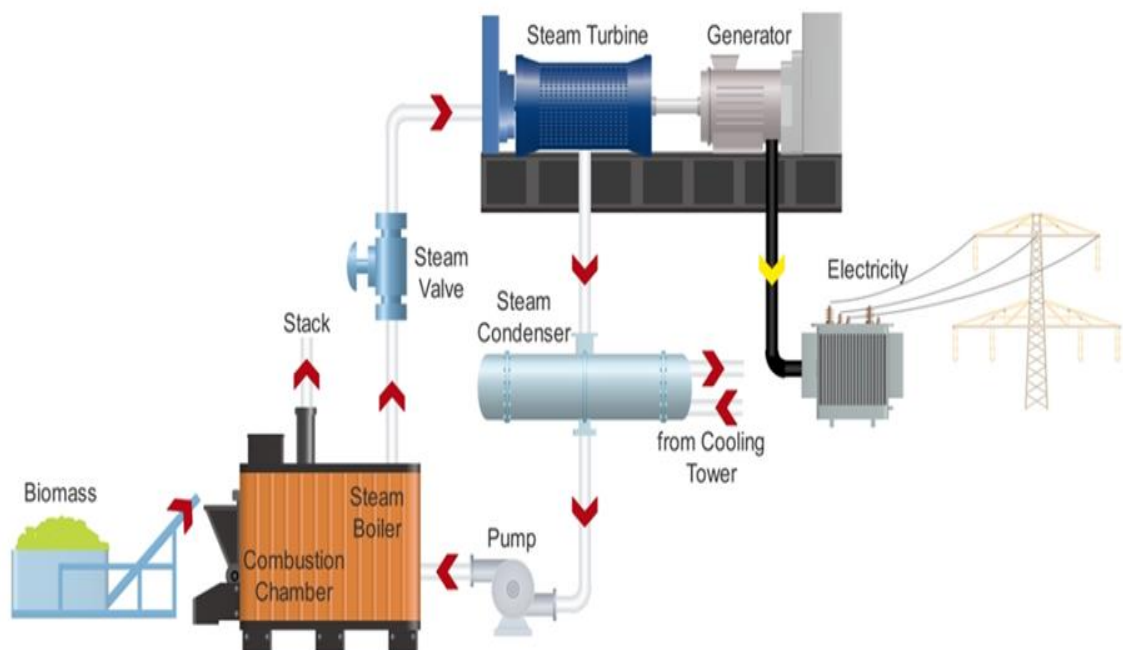
Jinými slovy, rostliny používají CO₂, uvolňovaný do životního prostředí v důsledku degračních procesů ostatních rostlin, pro jejich růst a pro jejich metabolické procesy. Samotné využívání biomasy tak nepřispívá k hromadění CO₂ v atmosféře (MCKENDRY, 2002; KNÁPEK et al., 2010). Biomasa také neobsahuje téměř žádnou síru, má nízký obsah těžkých kovů a popelovin (SOUČKOVÁ, MOUDRÝ, 2006). Avšak vzhledem k tomu, že se ve většině případů jedná o cíleně pěstovanou biomasu, resp. fytomasu, vchází do celého životního cyklu vstupy energií, které tyto předpoklady vyvrací. Bilance CO₂ tedy není po zohlednění těchto faktorů nulová uvádí BERNAS et al., (2019). Odpadní produkty vzniklé při využívání biomasy (popel, digestát), lze dále využít pro hnojení (CENEK et al. 2001). Dle MOUDRÝ, STRAŠIL (1998) je možné pěstovat energetickou biomasu nejen na hospodářsky méně významné půdě, ale i na půdách s vysokou imisní zátěží. Rozvoj nepotravinářského využití tak poskytuje nový prostor pro rozvoj zemědělství a venkova, pro uplatnění pracovních sil a zlepšení efektivity hospodaření zemědělských podniků i zpracovatelských kapacit, uvádí SOUČKOVÁ, MOUDRÝ (2006). Mezi nevýhody využívání biomasy se řadí vyšší náklady, pokud nedochází ke zpracování v místě zdroje. Zvyšující se dopravní vzdálenost, jenž má nepříznivé dopady na ekologický i ekonomický přínos využívání tohoto paliva (MÁŠA, PAVLAS, 2008). V porovnání s fosilními palivy má nižší výhřevnost. Biomasa zpracována do peletek má výhřevnost na úrovni srovnatelné s hnědým uhlím. Dalším handicapem jsou vysoké nároky na skladovací prostory (STUDENTÍK, SVITAVSKÝ, 2016). Podle DAS et al., 2010 a OCHODEK et al., 2006 je třeba zvážit fakt, že větší využívání biomasy vede ke zmenšování ploch vhodných pro potravinářskou zemědělskou výrobu.

1.5.6 SPALOVÁNÍ FYTOMASY

MCKENDRY (2002), TURSI (2019) uvádějí mnoho způsobů získávání energie z fytomasy. PASTOREK et al., (2004) uvádí, že v praxi má, největší využití hlavně její spalování a získávání bioplynu prostřednictvím anaerobní fermentace. Dle JAKUBES, BELLINGOVÁ, ŠVÁB (2006), patří spalování fytomasy mezi nejvíce rozšířenou termochemickou přeměnu. Principem je spalování rostlinného materiálu za přítomnosti vzduchu s následným uvolněním chemické energie, která je přeměněna na mechanickou a elektrickou energii (LEBAKA, 2013; KAUSHIKA et

al., 2016). Proces spalování se provádí uvnitř spalovacích komor při teplotách v rozmezí 800 až 1000 °C (MCKENDRY, 2002). Množství uvolněné energie závisí hlavně na výhřevnosti spalované látky a optimální vlhkosti (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1999; DEMCHENKO, 2015). Dle UŠŤAK (2005) by měla vlhkost v palivech co nejnižší, aby bylo zajištěno ekologické a efektivní spalování. Za vhodnou vlhkost považuje rozmezí 15-20 % (tzv. standardní sušina). Při spalovacím procesu vznikají stejné výchozí látky jako u jiných organických paliv. Jedná se především o CO₂ a H₂O. I přesto že je spalovací proces technologicky stále zdokonalován (KRZYWANSKI et al., 2013), v závislosti na vedení a podmínkách spalovacího procesu a na sloučeninách obsažených v rostlinné hmotě vznikají i další látky, které jsou považovány za znečišťující v první řadě jde o oxid uhelnatý, který je produktem nedokonalého spalování. V případě dodržení dostatečné teploty spalování a množství spalovacího vzduchu je CO oxidován na CO₂ a jeho emise jsou minimální (PASTOREK et al., 2004).

Obrázek 2: Schéma využití biomasy



(Zdroj: TURSI, 2019)

Širší možnosti se otevírají v případě transformace energie fytohmoty do jiné, lépe využitelné formy. Lze toho dosáhnout např. termochemickými procesy, jako jsou pyrolýza, zplyňování (POHOŘELÝ et al., 2012).

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zhodnocení energetického potenciálu odpadu pocházejícího ze sklizně a zpracování vybraných minoritních zemědělských plodin (pohanka, hrách, sója, len). Cílovou rostlinou byla pohanka setá, jejíž energetický potenciál vázaný na odpadní materiál vznikající při jejím loupání v rámci posklizňového zpracování, byl dále porovnáván s rostlinným odpadním materiálem vznikajícím při sklizni dalších minoritních druhů zemědělských plodin. Ty hrají roli při porovnání kvality a kvantity odpadního materiálu vzniklého při sklizni a zpracování.

2.1 HYPOTÉZY

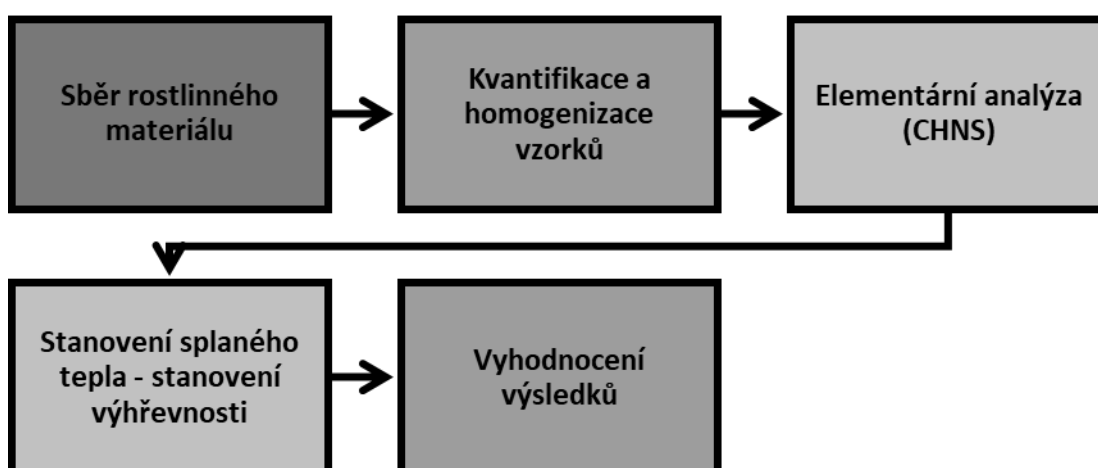
1. Na základě výsledků studií ŽANDECKIS et al. (2014), BYCHKOV et al. (2017), PENA, VILLOT, GERENTE, (2017), (2020), ELSAYED et al. (2017) lze předpokládat, že % obsah uhlíku ve vzorku pohanky nebude nižší než 46 %.
2. Bylo předpokládáno, že podíl odpadního materiálu na celkovém hrubém výnosu bude u všech sledovaných rostlin ≥ 25 %.
3. Na základě výsledků vybraných studií WERTHER et al. (2000), GOUDA et al. (2017), GARCÍA et al. (2012), CARDOEN et al. (2015) ŽANDECKIS et al. (2014), BYCHKOV et al. (2017) lze předpokládat, že hodnoty elementárního složení (CHNS) sledovaných vybraných plodin nebudou vykazovat statisticky významný rozdíl.

3 METODIKA

3.1 PRIMÁRNÍ DATA

Hlavní zájmovou rostlinou diplomové práce byla pohanka setá. Další sledované rostliny (hrách setý, sója luštinatá a len setý) byly hodnoceny pro účely porovnání kvality (spalné teplo a výhřevnost) a kvantity odpadního materiálu vzniklého při sklizni a zpracování. Samotné práci předcházela sběr dat spočívající v zisku rostlinného materiálu pocházejícího ze sklizně a zpracování. Rostlinný materiál pocházel z maloparcelkových polních pokusů ZF JU, založených pro studijní a vědecké účely fakulty. Vzorke rostlinného materiálu byly následně homogenizovány pro účely stanovení elementární analýzy.

Obrázek 3: Metodický postup diplomové práce



3.2 LABORATORNÍ PRÁCE

Pro účely stanovení obsahu prvků CHNS byl využit analyzátor Elementar vario EL Cube firmy Elementar ve spolupráci VŠCHT v Praze, Laboratoř elementární analýzy. Jedná se o značně univerzální analyzátor a lze s ním analyzovat širokou škálu vzorků, včetně vzorků fytomasy. Přesnost metody přístroje Elementar vario EL Cube je výrobcem stanovena pro souběžnou analýzu 5 mg standardu 4-amino-benzen sulfonovou kyselinu v modulu C, H, N a s na <0,1 % abs. pro každý prvek. Výsledky analýzy zahrnují veškerou spalitelnou síru, tj. jak organickou, tak i anorganickou (S²⁻, SO₄²⁻, aj.), tak i veškerý spalitelný uhlík, tj. organicky vázaný tak i anorganicky

vázaný (CO_3^{2-} , apod.). Nalezený obsah vodíku je ovlivněn vlhkostí dodaného vzorku fytohmoty. Navážený vzorek je spálen v proudu kyslíku (O_2), přičemž vzniklé spaliny procházejí přes redukční trubici. Plynné produkty (CO_2 , H_2O , N_2 , SO_2) jsou unášeny nosným plynem (heliem) přes soustavu sorpčně/desorpčních trubic, které slouží k separaci jednotlivých plynů ve směsi. Separované plyny pak prochází přes tepelně vodivostní detektor.

3.3 METODY KALKULACE

Výpočet a porovnání výsledných hodnot spalného tepla (Q_s^r) (angl. *higher heating value* – HHV) byly realizovány na základě aplikace dvou typů vzorců (DEMIRBAS, 1997). Obecně uznávaným a využívaným vzorcem pro stanovení spalného tepla na základě elementárního složení vzorku fytohmoty je Mendělejevův a vzorec dle W. Boie. Pro stanovení hodnot výhřevnosti (Q_u) (angl. *lower heating value* – LHV) byl aplikován vzorec dle (HUBÁČEK, 1962).

3.4 STANOVENÍ SPALNÉHO TEPLA

Mendělejevův vzorec:

$$Q_s^r = [81 \cdot C + 300 \cdot H - 26 \cdot (O - S)] \cdot 4,187 \text{ [kJ.kg}^{-1}\text{]} \text{ (ŠTINDL et al., 2006)}$$

$$Q_s^r = \text{Spalné teplo [kJ.kg}^{-1}\text{]}$$

C = Obsah uhlíku ve vzorku (%)

H = Obsah vodíku ve vzorku (%)

O = Obsah kyslíku ve vzorku (%)

S = Obsah síry ve vzorku (%)

4.186 = koeficient pro přepočítání z kcal.kg^{-1} na kJ.kg^{-1}

Vzorec podle W. Boie:

$$\text{HHV} = 0,3516 \cdot \text{C} + 1,16225 \cdot \text{H} - 0,1109 \cdot \text{O} + 0,0628 \cdot \text{N} + 0,10465 \cdot \text{S} \text{ [MJ.kg}^{-1}\text{]}$$

(HUANG, LO, 2020)

HHV (*higher heating value*) = spalné teplo [MJ kg⁻¹]

C = Obsah uhlíku ve vzorku (%)

H = Obsah vodíku ve vzorku (%)

O = Obsah kyslíku ve vzorku (%)

S = Obsah síry ve vzorku (%)

3.5 STANOVENÍ VÝHŘEVNOSTI

$$Q_u = Q_v - 5,85 \cdot (\text{W} + 8,94 \cdot \text{H}) \text{ [kJ kg}^{-1}\text{]} \text{ (HUBÁČEK et al., 1962)}$$

LHV (*lower heating value*) = výhřevnost [kJ.kg⁻¹]

Q_v = spalné teplo v kcal.kg⁻¹

Q_u = výhřevnost v kcal.kg⁻¹

W = % vody v palivu (průměrné množství vlhkosti ve vzorku fytopaliv bylo stanoveno dle BELOBORODKO et al. 2013, ŽANDECKIS et al. 2014)

H = % vodíku v palivu

4.186 = koeficient pro přepočet z kcal.kg⁻¹ na kJ.kg⁻¹

Vzorec pro stanovení potenciálního zisku energie při spálení odpadu vzniklého po sklizni a zpracování vybraných druhů minoritních plodin (SEDLÁKOVÁ, 2019).

$$Q_r \text{ (EN) GJ} = ((\text{V} \cdot \text{O}) / 100) \cdot Q_u / 1000 \text{ [MJ kg}^{-1}\text{]}$$

Q_r (EN) GJ = výtěžek energie v GJ ha⁻¹

V = hrubý výnos (zrno + obalové materiály) v kg ha⁻¹

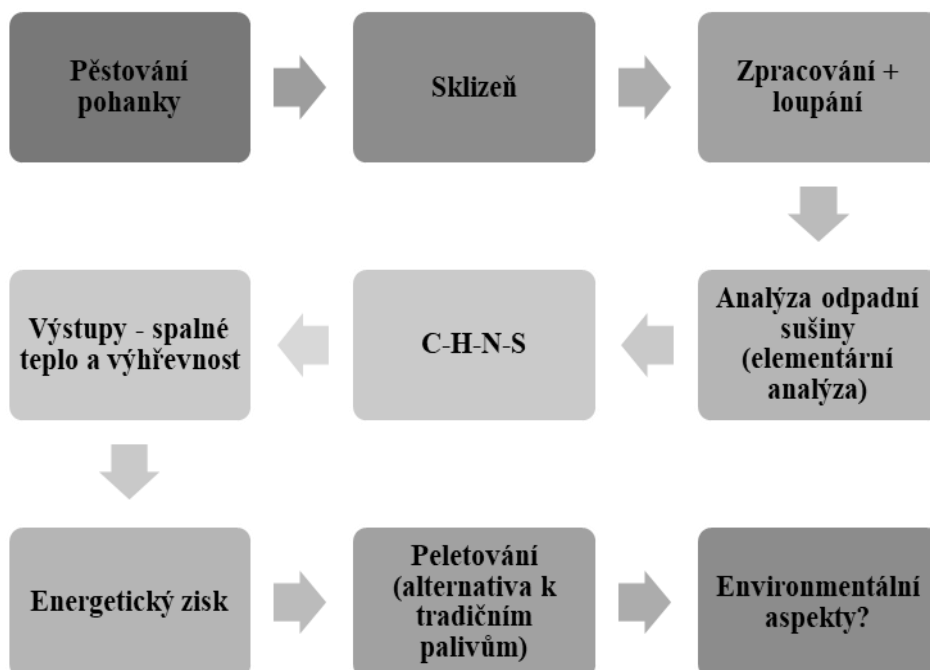
W = % odpadu

Q_u = výhřevnost (MJ kg⁻¹)

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Diplomová práce je založena na řadě technických úkonů vycházejících z metodického popisu. Základním zdrojem podkladů byly polní pokusy vedené Katedrou agroekosystémů, na něž navazovalo mechanické zpracování vzorků fytomasy a její homogenizace, provedení elementární analýzy a stanovení spalného tepla a výhřevnosti s následným vyhodnocením a návrhem pro využití. Sled pracovního postupu je rovněž součástí následujícího schématu.

Obrázek 4: Schéma pracovního postupu



4.1 VÝSLEDKY ELEMENTÁRNÍ ANALÝZY A STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

Na základě provedené elementární analýzy byla získána data, která jsou součástí tabulky 1.

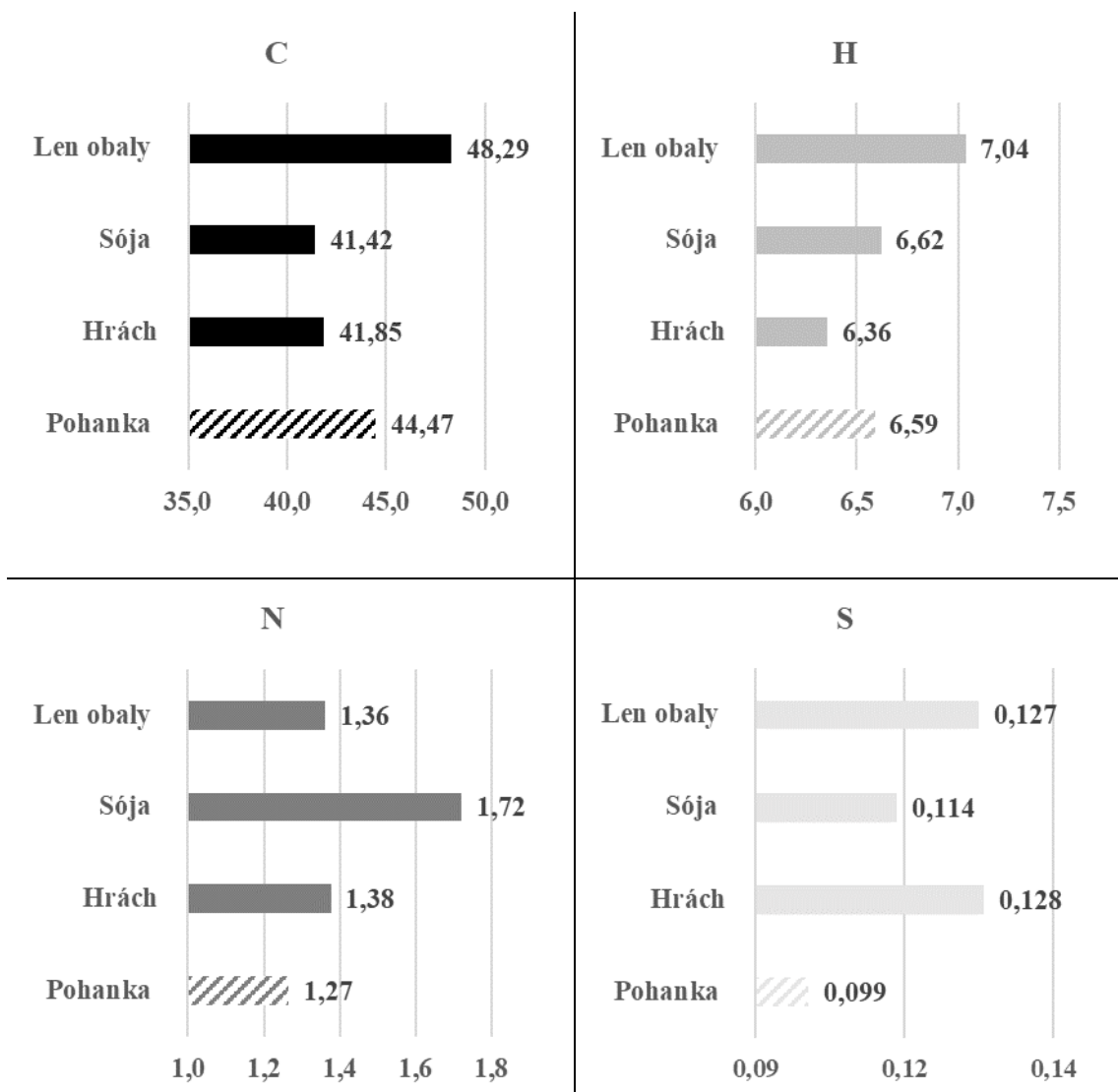
Tabulka 1: Elementární složení vybraných druhů

Vzorek	Navážka (mg)	% C	% H	% N	% S
Pohanka 1	5,2960	44,43	6,598	1,226	0,099
Pohanka 2	5,4470	44,51	6,578	1,306	0,099
Pohanka Ø	5,3715	44,47	6,588	1,266	0,099
Hrach 1	5,5760	41,88	6,353	1,373	0,131
Hrách 2	5,5230	41,82	6,358	1,381	0,125
Hrách Ø	5,5495	41,85	6,355	1,377	0,128
Sója 1	4,4940	41,45	6,640	1,752	0,113
Sója 2	4,5540	41,38	6,600	1,688	0,114
Sója Ø	4,5240	41,42	6,620	1,720	0,114
Len obaly 1	5,3050	48,26	7,005	1,327	0,127
Len obaly 2	5,3990	48,31	7,070	1,395	0,128
Len obaly Ø	5,3520	48,29	7,038	1,361	0,127
Len sláma 1	5,2860	44,02	6,655	0,889	0,174
Len sláma 2	5,0810	44,29	6,596	0,919	0,173
Len sláma Ø	5,1835	44,15	6,625	0,904	0,174

* jednotlivé vzorky fytomasy byly analyzovány vždy 2x

Pro přehlednější vyhodnocení jsou výsledky získané laboratorním měřením samostatně vyjádřeny v grafech, které zahrnují % obsah prvků (C, H, N, S) ve vzorcích.

Graf 1: Obsah prvku ve vzorku (v %)



V rámci diplomové práce byla zpracována statistická analýza elementárního složení vybraných minoritních druhů rostlin. Bylo prokázáno, že se jednotlivé rostlinné vzorky v rámci % obsahu C mezi sebou statisticky prokazatelně liší na hladině významnosti $p = 0,05$. Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA; $F = 92759$; $df = 3,37$; $p = 0,0001$). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny vzorky od sebe liší. Nejvyšší obsah C byl zjištěn u slámy lnu. Naopak nejmenší obsah C u sóji (tabulka 2).

Tímto zjištěním lze potvrdit hypotézu č. 1 a to na základě výsledků studií ŽANDECKIS et al. (2014), BYCHKOV et al. (2017), PENA, VILLOT, GERENTE, (2017), (2020), ELSAYED et al. (2017), kteří stanovili % obsah uhlíku ve vzorku pohanky vždy > 46 %.

Tabulka 2: % obsah C ve vzorku

	pohanka	hrách	sója	len
pohanka	-----	0,000167	0,000167	0,000167
hrách	0,000167	-----	0,000167	0,000167
sója	0,000167	0,000167	-----	0,000167
len	0,000167	0,000167	0,000167	-----

Dále bylo prokázáno, že se jednotlivé rostlinné vzorky v rámci % obsahu H mezi sebou statisticky prokazatelně liší na hladině významnosti $p = 0,05$. Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA; $F = 2073$; $df = 3,37$; $p = 0,0001$). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny vzorky od sebe liší. Nejvyšší obsah H byl zjištěn u obalových materiálů lnu. Naopak nejmenší obsah H byl prokázán u hrachu (tabulka 3).

Tabulka 3: % obsah H ve vzorku

	pohanka	hrách	sója	len
pohanka	-----	0,000167	0,145444	0,000167
hrách	0,000167	-----	0,000167	0,000167
sója	0,014544	0,000167	-----	0,000167
len	0,000167	0,000167	0,000167	-----

Následně bylo prokázáno, že se jednotlivé rostlinné vzorky v rámci % obsahu N mezi sebou statisticky prokazatelně liší, kromě hrachu a lnu, na hladině významnosti $p=0,05$. Pro porovnání byla použita metoda analýza variací (ANOVA; $F = 365,3$; $df = 3,37$; $p = 0,0001$). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny vzorky od sebe liší. Naopak statisticky se od sebe v rámci % obsahu N neliší vzorek lnu a hrachu. Nejvyšší obsah N byl zjištěn u sóji. Naopak nejmenší obsah N u pohanky (tabulka 4).

Tabulka 4: % obsah N ve vzorku

	pohanka	hrách	sója	len
pohanka	-----	0,000167	0,000167	0,000168
hrách	0,000167	-----	0,000167	0,644993
sója	0,000167	0,000167	-----	0,000167
len	0,000168	0,644993	0,000167	-----

V rámci hodnocení % obsahu S, bylo prokázáno, že se jednotlivé rostlinné vzorky mezi sebou statisticky prokazatelně liší, kromě hrachu a lnu, na hladině významnosti $p=0,05$. Pro porovnání byla použita metoda analýza variancí (ANOVA; $F= 724,0$; $df = 3,37$; $p = 0,0001$). Následně byl proveden Tukeyho HSD test, který prokázal, že se všechny vzorky od sebe liší. Naopak statisticky se od sebe v rámci % obsahu N neliší vzorek lnu a hrachu. Nejvyšší obsah S byl zjištěn u slámy lnu. Naopak nejmenší obsah S obsahovaly obalové materiály pohanky (tabulka 5).

Tabulka 5: % obsah s ve vzorku8

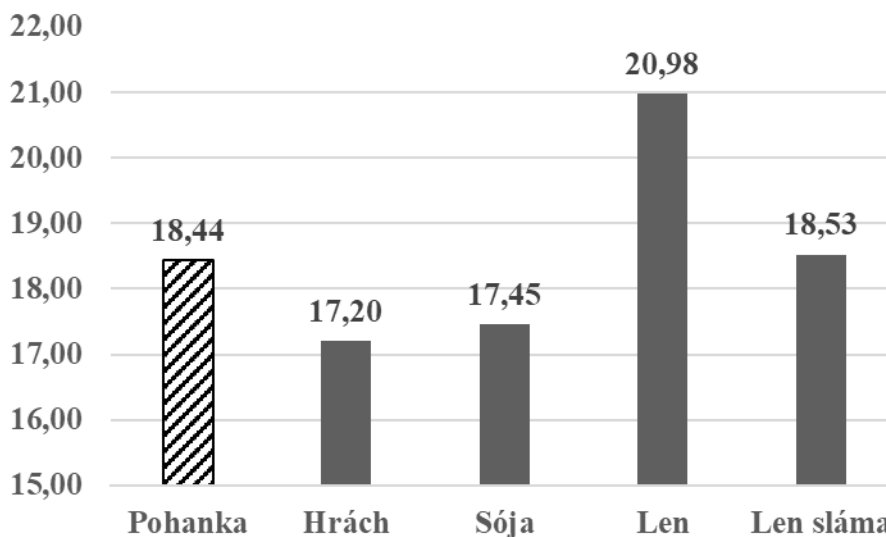
	pohanka	hrách	sója	len
pohanka	-----	0,000167	0,000167	0,000167
hrách	0,000167	-----	0,000167	0,757111
sója	0,000167	0,000167	-----	0,000167
len	0,000167	0,757111	0,000167	-----

Vzhledem k tomu, že se většina vzorků se mezi sebou prokazatelně liší na hladině významnosti $p=0,05$, nelze potvrdit hypotézu (3), tedy že na základě výsledků vybraných studií WERTHER et al. (2000), GOUDA et al. (2017), GARCÍA et al. (2012), CARDOEN et al. (2015) ŽANDECKIS et al. (2014), BYCHKOV et al. (2017) lze předpokládat, že hodnoty elementárního složení (CHNS) sledovaných vybraných plodin nebudou vykazovat statisticky významný rozdíl.

4.2 HODNOCENÍ SPALNÉHO TEPLA A VÝHŘEVNOSTI

Na základě výsledků elementární analýzy bylo možno stanovit energetický potenciál jednotlivých vzorků v rámci spalného tepla a výhřevnosti.

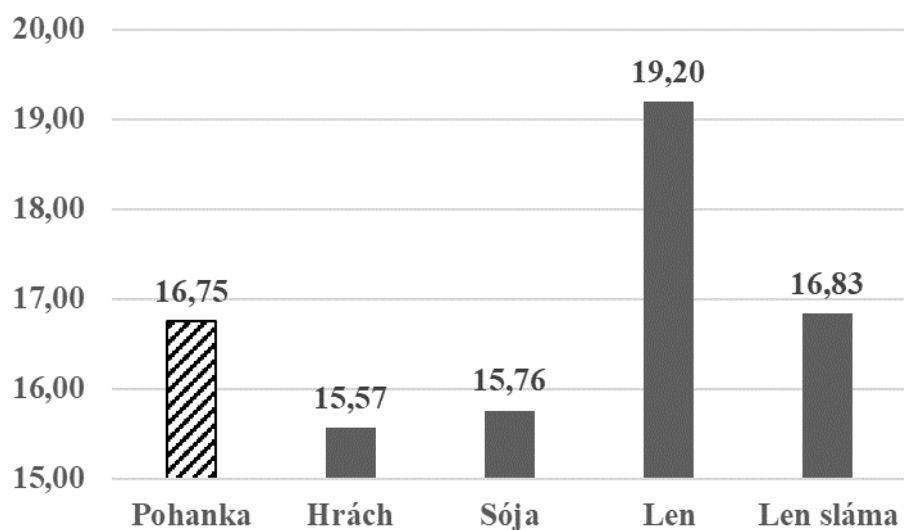
Graf 2: Spalné teplo ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) - dle Mendělejevova vzorce



Graf 2 vyjadřuje hodnoty spalného tepla ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) vybraných rostlinných materiálů. Výsledné hodnoty jsou ovlivněny především elementárním složením vzorku, přičemž nejvýznamnější roli má v tomto ohledu obsah C. Výsledky elementární analýzy jsou součástí Tabulka 1. Pro účely kvantifikace spalného tepla byly využity vybrané vzorce (viz. metodika práce). V rámci hodnocení pak bylo nevyšších hodnot spalného tepla dosaženo u vzorku obalových materiálů lnu ($20,98 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$). To odpovídá i nevyššímu podílu uhlíku ve vzorku ($48,29 \%$). Lze předpokládat, že je to způsobeno reziduálním podílem lněných semen ve vzorku. Pro srovnání lze uvést, že spalné teplo lněné slámy odpovídá hodnotě $18,53 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Spalné teplo obalových materiálů pohanky seté se pohybovalo v průměrné hodnotě $18,44 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Srovnatelnou hodnotu ($18,3 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) uvádí také PENA, VILLOT, GERENTE (2017), (2020). Naopak ŽANDECKIS et al. (2014) udává hodnotu $19,8 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Spalné teplo stanovené u vzorků hrachu a sóji odpovídalo hodnotě $17,20 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, resp. $17,45 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, přičemž CARDOEN et al. (2015) stanovil u sóji hodnotu $17,6 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Oproti tomu GARCÍA et al. (2012) referuje u sóji hodnotu nižší $16,71 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ a u hrachu hodnotu $15,46 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Graf 3: Výhřevnost (MJ kg⁻¹) - dle Hubáčkova vzorce

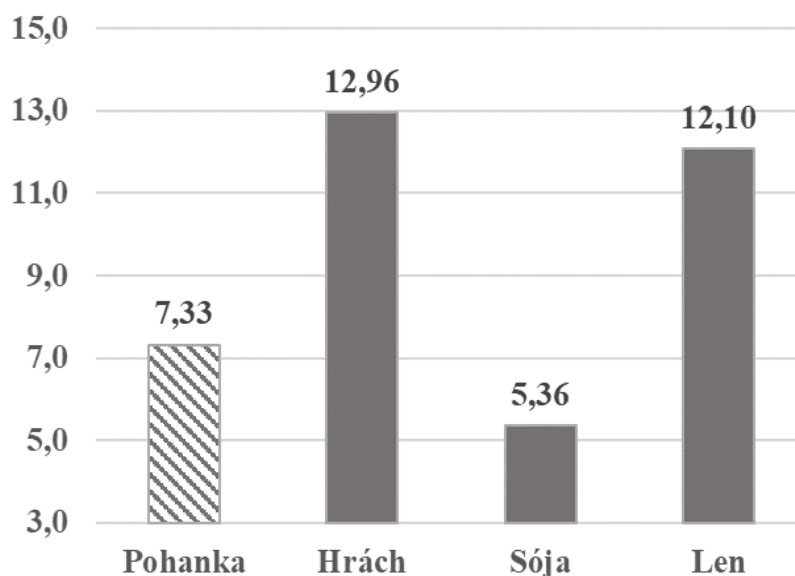


V grafu č. 3 jsou znázorněny hodnoty výhřevnosti (MJ kg⁻¹) vybraných rostlinných materiálů pohybující se v rozpětí 15,57 MJ kg⁻¹ (hrách setý), 15,76 MJ kg⁻¹ (sója luštinatá), 16,75 MJ kg⁻¹ (pohanka setá), 18,83 MJ kg⁻¹ (len setý sláma) a 19,20 MJ kg⁻¹ (len setý obaly). Na výsledné hodnoty má stejně jako u spalného tepla vliv především elementární složení vzorku, zejména pak obsah C. Dle studií ŽANDECKIS et al. (2014), PENA, VILLOT, GERENTE, (2017), (2020) ELSAYED et al. (2017) lze konstatovat, že hodnoty spalného tepla u pohanky se pohybují průměrně kolem 16,5 MJ kg⁻¹.

Tabulka 6: Souhrn vybraných kvantitativních ukazatelů

	Výhřevnost (MJ kg ⁻¹)	Hrubý hektarový výnos kg ha ⁻¹	% odpadových materiálů z hrubé sklizně	Potenciální zisk energie v GJ ha ⁻¹
Pohanka	16,75	1750	25	7,33
Hrách	15,57	2775	30	12,96
Sója	15,76	2125	16	5,36
Len	19,20	1750	36	12,1

Graf 4: Potenciální zisk energie (GJ ha⁻¹)



V grafu 4 jsou zaznamenány hodnoty potenciálního zisku energie získané při sklizni sledovaných minoritních druhů rostlin. Na sumě potenciálně získatelné energie z jednotky plochy má největší vliv množství odpadního materiálu. Ten se v rámci jednotlivých druhů značně liší. U pohanky seté to bývá kolem 250 kg obalových materiálů na 1000 kg hrubého produktu (OPLINGER et al., 1989; BONAFACCIA, MAROCCHINI, KREFT, 2003). U sóji je to pak 102-160 kg na 1000 kg (PRETTO, 2016, 2018; BHATTYR, CHERDKIATGUMCHAI, 1990). U hrachu jde o množství kolem 200 kg na 1000 kg CARDOEN et al. (2015) a len dosahuje nejvyššího množství obalových materiálu kolem 360 kg na 1000 kg hrubého produktu (OOMAH, SITTE, 2009). Z výsledků vyplývá, že % obsah odpadního materiálu u všech sledovaných rostlin se pohyboval v rozmezí 16-36 %. Pro přehled jsou tyto hodnoty uvedeny v tabulce 6,7. Na základě těchto údajů lze vyvrátit hypotézu (2), tedy že bylo předpokládáno, že podíl odpadního materiálu na celkovém hrubém výnosu bude u všech sledovaných rostlin ≥ 25 %.

Tabulka 7: Podíl odpadního materiálu na hrubém výnosu

Vzorek	% z hrubé sklizně	Zdroj
Pohanka	25	OPLINGER et al., 1989; BONAFACCIA, MAROCCHINI, KREFT, 2003
Hrách	30	CARDOEN et al. 2015
Sója	16	PRETTO, 2016, 2018; BHATTYR, CHERDKIATGUMCHAI, 1990
Len	36	OOMAH, SITTER, 2009

4.3 PELETOVÁNÍ (alternativa k tradičním palivům)

Alternativní možností využití méně kvalitních slupek pohanky představuje jejich energetické zpracování, které nabízí příležitost pro udržitelné nakládání s tímto zemědělským odpadem (KUBULE et al. 2013). ELSAYED et al., 2017 shledává pyrolýzu pohankových slupek energeticky efektivnější ve srovnání s anaerobní digescí (AD). Tento výsledek je vysvětlen skutečností, že AD umožňuje regeneraci pouze 48 % z celkové dostupné energie, zatímco pyrolýza umožňuje regenerovat až 95 % této energie. Jednou z dalších možností využití tohoto obalového materiálu je jeho peletizace. Dle OBIDZIŃSKI (2014) je výroba pelet z pohankových trupů složitější než výroba pelet s např. z pilin, protože trupy pohanky nemají žádný vazebný materiál a mají jen nízký obsah vlhkosti. OBIDZIŃSKI et al. (2016) uvádí, že přidáním bramborové dužiny jako aditivum způsobí snížení zhušťovacích tlaků a zvýšení obsahu vlhkosti. Získané pelety ze směsi trupů pohanky a bramborové dužiny tak budou plně splňovat normy vztahujících se na dřevěné pelety v evropských zemích, jakož i požadavky normy EN. VARGAN (2020) uvádí, že pelety z tohoto materiálu během hoření nevydávají zápach a kouř je prakticky bezbarvý. Vzhledem k nízkému obsahu síry v peletách z pohanky emise oxidu siřičitého do atmosféry jsou sníženy, což v zásadě vede ke snižování výskytu kyselých dešťů.

5 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala pěstováním vybraných minoritních plodin, při jejichž zpracování vzniká jako vedlejší produkt odpadový materiál ve formě nažek, lusků nebo krup s možným energetickým potenciálem. Na základě výsledků z polních pokusů, rozborů a laboratorního stanovení elementárního složení byly prostřednictvím vybraných empirických vzorců zjištěny energetické parametry u všech sledovaných rostlin. Hlavní zájmovou rostlinou diplomové práce byla pohanka setá a odpad vznikající při jejím loupání (25 % z hrubého výnosu) s průměrnou hodnotou spalného tepla $18,44 \text{ MJ kg}^{-1}$ a výhřevností $16,75 \text{ MJ kg}^{-1}$. V rámci hodnocení pak bylo nevyšších hodnot HHV a LHV dosaženo u obalových materiálů lnu (36 % z hrubého výnosu), který disponoval i nejvyšším podílem uhlíku ve vzorku (48,29 %). Oproti tomu odpadní materiály hrachu a sóji dosahovaly průměrně nižších hodnot HHV, LHV, než tomu bylo u pohanky či lnu. Na základě hrubých výnosů získaných v rámci sběru vzorků a dostupné odborné literatury, lze predikovat potenciální energetickou hodnotu $12,96 \text{ GJ ha}^{-1}$ u hrachu, $12,10 \text{ GJ ha}^{-1}$ u lnu, $7,33 \text{ GJ ha}^{-1}$ u pohanky a $5,36 \text{ GJ ha}^{-1}$ u sóji. Avšak vzhledem k tomu, že se obalové materiály v ČR často využívají agrotechnicky a jejich sběr by byl technicky problematický, je jejich použití v praxi těžko realizovatelné. Výjimku tvoří pohanka setá, která je u nás pěstována na ploše kolem 2300 ha a disponuje tak potenciálním energetickým ziskem 16859 GJ odpovídající dle výhřevnosti (14 MJ kg^{-1}) 1200 tunám hnědého uhlí, což je ekvivalent 27,3 nákladních vagónů.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] AITBELALE, R., CHHITI, Y., ALAOUI, F. E. M. H., SAHIB EDDINE, A., MUÑOZ RUJAS, N., AGUILAR, F. (2019). High-Pressure Soybean Oil Biodiesel Density: Experimental Measurements, Correlation by Tait Equation, and Perturbed Chain SAFT (PC-SAFT) Modeling. *Journal of Chemical & Engineering Data*.
- [2] ALASWADA, A., DASSISTI, M., PRESCOTTA, T., OLABIA, A. G. (2015). Technologies and developments of third generation biofuel production. *Renew. Sust. Energy Rev.* 51, 1446-1460 pp.
- [3] ANDERSON, J. A. D., WHITE, J. G. H. (1974). Yield of green peas. II. Effects of water and plant density. *N. Z. J. Exp. Agric.* 2, 165-171 pp. In: PAREDES, P., PEREIRA, L. S., RODRIGUES, G. C., BOTELHO, N., TORRES, M. O. (2017). Using the FAO dual crop coefficient approach to model water use and productivity of processing pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by irrigation strategies. *Agricultural water management*, 189, 5-18 pp.
- [4] BELOBORODKO, A., KLAVINA, K., ROMAGNOLI, F., KENGA, K., ROSA, M., BLUMBERGA, D. (2013). Study on availability of herbaceous resources for production of solid biomass fuels in Latvia. *Agronomy research*, 11(2), 283-294 pp.
- [5] BERNAS, J., MOUDRÝ Jr, J., KOPECKÝ, M., KONVALINA, P., ŠTĚRBA, Z. (2019). Szarvasi-1 and Its Potential to Become a Substitute for Maize Which Is Grown for the Purposes of Biogas Plants in the Czech Republic. *Agronomy*, 9(2), 98.
- [6] BHATTY, R. S., CHERDKIATGUMCHAI, P. (1990). Compositional analysis of laboratory-prepared and commercial samples of linseed meal and of hull isolated from flax. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(2), 79-84 pp.
- [7] BJELKOVÁ, M., ŠMIROUS, P., SOUČEK, J. (2015). Metodika pěstování olejného lnu. Agritec Plant Research s.r.o. Šumperk
- [8] BOGLAIENKO, D., SOTI, P., SHETTY K. G., JAYACHANDRAN, K. (2014). Buckwheat as a Cover Crop in Florida: Mycorrhizal Status and Soil Analysis. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 38(9):1033-1046.

- [9] BONAFACCIA, G., MAROCCHINI, M., KREFT, I. (2003). Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*, 80(1), 9-15. In: BELOBORODKO, A., KLAVINA, K., ROMAGNOLI, F., KENGA, K., ROSA, M., BLUMBERGA, D. (2013). Study on availability of herbaceous resources for production of solid biomass fuels in Latvia. *Agronomy research*, 11(2), 283-294 pp.
- [10] BYCHKOV, A. L., DENKIN, A. I., TIKHOVA, V. D., & LOMOVSKY, O. I. (2017). Prediction of higher heating values of plant biomass from ultimate analysis data. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 130(3), 1399-1405 pp.
- [11] CAMPBELL, C. G. (1997). Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 19. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- [12] CARDOEN, D., JOSHI, P., DIELS, L., SARMA, P. M., & PANT, D. (2015). Agriculture biomass in India: Part 1. Estimation and characterization. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 39-48 pp.
- [13] CAWOY, V., LEDENT, J.F., KINET, J.M., JACQUEMART, A.L., 2009. Floral biology of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Eur. J. Plant Sci. Biotechnol.* 3, 1-9 pp.
- [14] CENEK, M., (2001). *Obnovitelné zdroje energie: FCC Public*, 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- [15] CUELLAR, A.D., HERZOG, H. A. (2015). Path Forward for Low Carbon Power from Biomass. *Energies*, 8, 1701-1715 pp.
- [16] CURTY, P. E., SMITH, P., KOEGEL, S., REDECKER, D., WIPF, D. 2014. Inorganic Nitrogen uptake and transport in beneficial plant root-microbe interactions. *Critical Reviews in Plant Sciences*, this issue.
- [17] DAS, S., PRIESS, J. A., SCHWEITZER, CH. (2010). Biofuel Options for India Perspectives on Land Availability, Land Management and Land-Use Change. *J BIOBASED MATER BIO*, 13, 243-255 pp.
- [18] DELOUCHE, J. C. (2016). Harvesting, handling and storage of soybean seed.
- [19] DEMCHENKO, I. (2015). *Obnovitelné zdroje a jejich náklady*, CVUT, Bakalářská práce, 47 p.
- [20] DIXIT, S., REHMAN, A. (2012). Linseed oil as a potential resource for biodiesel: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4415-4421.

- [21] EDWARDSON, S. (1996). Buckwheat: Pseudocereal and Nutraceutical. In: J. Janick (ed.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria. VA, 195-207 pp.
- [22] ELSAYED, M., PENA, J., VILLOT, A., GERENTE, C., ANDRES, Y. (2017). Energy Potential from Buckwheat Husks Through a Thermochemical and Biochemical Approaches. Biomass Conversion Technologies for Liquid and Gaseous Fuels, Chemicals and Materials. 25th European Biomass Conference and Exhibition. ISBN 978-88-89407-17-2.
- [23] ENDRES, J. G. (2001). Soy protein products: characteristics, nutritional aspects, and utilization. AOCS Publishing.
- [24] FÁBRY, A. (1990). Jarní olejniný. MZVŽ ČR, České Budějovice, ISBN 80-7084-026-9.
- [25] FALLON, E., TREMBLAY, N., DESJARDINS, Y. (2006). Relationships among growing degree-days tenderness, other harvest attributes and market value of processing pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Quebec. *Can. J. Plant Sci.* 86, 525-537 pp. In: PAREDES, P., PEREIRA, L. S., RODRIGUES, G. C., BOTELHO, N.,
- [26] FERNANDEZ, A. L., SHEAFFER, C. C., WYSE, D. L., MICHAELS, T. E. (2012). Yield and weedabundance in early-and late-sown field pea and lentil. *Agron. J.* 104,1056-1064.
- [27] FRYŠ, F. (1991). Pěstování pohanky ve Východočeském kraji. Pohánka siata významný zdroj biopotravin. Sborník. Výzkumný ústav lúk a pasienkov, Bánská Bystrica, Nitra, 36-46 pp. In: KONVALINA, P., GRAUSGRUBER, H. (2012). Pěstování a využití minoritních obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. České Budějovice: Nakladatelství Vlastimil Johanus, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. 169 p. ISBN 978-80-87510-24-7.
- [28] GABROVSKÁ, D., FIEDLERPVÁ, V., HOLASOVÁ, M., MAŠKOVÁ, E., OUHRABKOVÁ, J., RYSOVÁ, J., WINDTEROVÁ, MICHALOVÁ, A. (2003). Nutriční kvalita minoritních obilovin v ČR a jejich uplatnění v lidské výživě. Sborník referátů a posterů z odborné konference. VÚRV Ruzyně, Praha 19-23 pp.
- [29] GAN, Y., BASNYAT, P., MCDONALD, C. L., CAMPBELL, C. A., LIU, L., (2009). Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. *Agric. Water Manage.* 96, 337-348 pp.

- [30] GARCÍA, R., PIZZARO, C., LAVÍN, A. G., BUENO, J. L. (2012). Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource technology*, 103(1), 249-258 pp.
- [31] GONDOLA, I., PAPP, P.P., (2010). Origin, geographical distribution and phylogenetic relationships of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.). In: DOBRASZKI, J. (Ed.), *Buckwheat 2. Eur.J. Plant Sci. Biotechnol.* 4 (Special Issue 2), pp. 17-32.
- [32] GOUDA, N., SINGH, R. K., MEHER, S. N., PANDA, A. K. (2017). Production and characterization of bio oil and bio char from flax seed residue obtained from supercritical fluid extraction industry. *Journal of the Energy Institute*, 90(2), 265-275 pp.
- [33] GRANT, C. A., DRIBNENKI, J.C.P., BAILEY, L. D., (1999). a comparison of yield response of solin (cv. Linola 947) and flax (cv. McGregor and Vimy) to the application of nitrogen, phosphorus and provide (*Penicillium bilaji*). *Can. J. Plant Sci.* 79, 527-533 pp.
- [34] HONERMEIER, B., SIEBENBORN, S. (1994). Buchweizen. In: *Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen. Güterfelde*, 71 p.
- [35] HORE, D., RATHIC, R.S., (2002). Collection, cultivation and characterization of buckwheat in northeastern region of India. *Fagopyrum* 19, 11-15 pp.
- [36] HOSNEDL V., HOCHMAN M., (1994). *Základy pěstování hrachu*, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha, 44 p.
- [37] HOUBA, M, (2011). *Metodika pěstování sóji luštinaté*. Šumperk: Asociace pěstitelů a zpracovatelů luskovin. Certifikovaná metodika 20 p. ISBN 978-80-87360-03-3.
- [38] HOUBA, M., HOCHMAN, M., HOSNEDL, V. (2009). *Luskoviny: pěstování a užití*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent, 133 p.
- [39] HUBÁČEK, J., KESSLER, F., LUDMILA, J., TEJNICKÝ, B. (1962). *Chemie uhlí*. SNTL Praha.
- [40] HUANG, Y. F., LO, S. L. (2020). Predicting heating value of lignocellulosic biomass based on elemental analysis. *Energy*, 191, 116501.
- [41] HÝBL, M. (2011). *Hrach setý*. In: MOUDRÝ (2011). *Alternativní plodiny*. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN 978-80-86726-40-3, 142 p.

- [42] HÝBL, M. (2014) Hrách setý (*Pisum sativum* L.) In: KONVALINA, P. Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Jihočeská universita, České Budějovice, 2014, 284 p. 205-229 pp.
- [43] CHATURVEDI, S. K., GUPTA, D. S., JAIN, R. (2011). Biology of food legumes. Biology and breeding of food legumes. CABI, Oxford, 35-48.
- [44] CHAUDHARY, B., TRIPATHI, M., PANDEY, S., BHANDARI, H., MEENA, D., PRAJAPATI, S. (2016). Uses of Flax (*Linum usitatissimum*) After Harvest. International journal Tropical Agriculture. 34.
- [45] CHRTKOVÁ A. (1995). *Pisum* L. -hrách. In: HEJNÝ, S., SLAVÍK B. Květena České republiky, 4. díl. Praha: Academia, 529 p. ISBN 80-200-0384-3.
- [46] IQBAL, Z., HIRADATE, S., NODA, A., ISOJIMA, S., FUJII, Y. (2003). Allelopathic activity of buckwheat: isolation and characterization of phenolics. *Wheat Science* 51, 657-662 pp.
- [47] ISLAS, J., MANZINI, F., MASERA, O., VAGAS, V. (2019). Solid Biomass to Heat and Power. In *The Role of Bioenergy in the Emerging Bioeconomy: Resources, Technologies, Sustainability and Policy*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 145-177 pp.
- [48] JAKUBES, J., BELLINGOVÁ, H., ŠVÁB, M. (2006). Moderní využití biomasy: Technologické a logistické možnosti. ČEA – Česká energetická agentura.
- [49] JAKUBES, J., BELLINGOVÁ, H., ŠVÁB, M. (2006). Moderní využití biomasy technologické a logistické možnosti. Praha: Česká energetická agentura.
- [50] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ, A. (2008). Metodika pěstování prosa setého v ekologickém a konvenčním zemědělství. Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 16 s., ISBN 978-80-87011-99-7.
- [51] JENKINS, B., BAXTER, L. L., MILES, T. R. (1998). Combustion properties of biomass. *Fuel processing technology*, 54(1), 17-46 pp.
- [52] JHALA, A. J., HALL, L. M. (2010). Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. *Aust. J. Basic Appl. Sci*, 4(9), 4304-4312 pp.
- [53] JIRANEK, J., WEGER J. (2000). Specific conditions for biomass utilisation in the Czech Republic. In: *Proceedings of the first world conference on biomass for energy and industry*, vol. II, Sevilla, Spain. 1442-1444 pp.
- [54] JOHNSON, L. A., WHITE, P. J., GALLOWAY, R. (2015). *Soybeans: chemistry, production, processing, and utilization*. Elsevier.

- [55] JOOYANDEH, H. (2011). Soy products as healthy and functional foods. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 7(1), 71-80.
- [56] KAUSHIKA, N. D., REDDY, K. S., KAUSHIK, K. (2016). Biomass Energy and Power Systems, In: KAUSHIKA, N. D., REDDY, K. S., KAUSHIK, K., (2016). *Sustainable Energy and the Environment: a Clean Technology Approach*. Springer, Cham, 123-137 pp.
- [57] KHAN, A. A., DE JONG, W., JANSENS, P. J., SPLIETHOFF, H., (2009). Biomass combustion in fluidized bed boilers: potential problems and remedies. *Fuel Process. Technol.* 90, 21-50 pp.
- [58] KNÁPEK, J., HAAS, R., JÍLKOVÁ, J. (2010). Energy for sustainable development II: CZ-AT EEG: research papers of Czech-Austrian Energy Expert Group. Praha: Alfa Nakladatelství. ISBN 9788087197363.
- [59] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J. jr., KALINOVÁ, J., MOUDRÝ, J. (2007): Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 118 s., ISBN 978-80-7394-031-7.
- [60] KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., CAPOUCHOVÁ, I., STEHNO, Z. (2008). Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 65 s., ISBN 978-80-7394-116-1.
- [61] KOPÁČOVÁ, O. (2007). Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. 56 p., ISBN 978-80-7271-184-0.
- [62] KOSTERNA, E. (2014). The effect of soil mulching with organic mulches, on weedinfestation in broccoli and tomato cultivated under polypropylene fibre, andwithout a cover. *Journal of Plant Protection Research*. 54(2):188-198 pp. In: KONVALINA, P., (2014). Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 284 p. ISBN 978-80-87510-32-2.
- [63] KRZYWANSKI, J., RAJCZYK, R., BEDNAREK, M., WESOŁOWSKA, M., NOWAK, W. (2013). Gas emissions from a large scale circulating fluidized bed boilers burning lignite and biomass. *Fuel processing technology*, 116, 27-34 pp.
- [64] KUBULE, A., KLAVINA, K., ROMAGNOLI, F., KENGA, KRISTA., ROŠĀ, M., BLUMBERGA, D. (2013). Study on availability of herbaceous resources for production of solid biomass fuels in Latvia. *Agronomy Research*. 11. 283-294 pp.

- [65] LAFOND, G. P., IRVINE, B., JOHNSTON, A. M., MAY, W. E., MCANDREW, D. W., SHIRTLIFF, S. J., STEVENSON, F. C., (2008). Impact of agronomic factors on seed yield formation and quality in flax. *Can. J. Plant Sci.* 88, 485-500 pp.
- [66] LAHOLA J., 1990: Luskoviny: pěstování a využití, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 223 s.
- [67] LAHOLA, J. (1956). Pěstování lnu. Státní nakladatelství, Praha, 206 p.
- [68] LEBAKA, V. (2013). Potential bioresources as future sources of biofuels production: An Overview, in: GUPTA, V., TUOHY, M.G. (Eds.), *Biofuel Technol.* Springer, Berlin, 223-258 pp.
- [69] LEWANDOWSKI, I., SCURLOCK, J. M., LINDVALL, E., CHRISTOU, M. (2003). The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25(4), 335-361 pp.
- [70] LEWANDOWSKI, I., WEGER, J., VAN HOOIJDONK, A., HAVLICKOVA, K., VAN DAM, J., FAAIJ, A. (2006). The potential biomass for energy production in the Czech Republic. *Biomass and Bioenergy*, 30(5), 405-421.
- [71] LI, S., ZHANG, Q.H., (2001). Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 41, 451-464 pp.
- [72] LIND, S. E., SHURPALI, N. J., PELTOLA, O., MAMMARELLA, I., HYVÖNEN, N. -MALJANEN, M., RÄTY, M., VIRKAJÄRVI, P., MARTIKAINEN, P. J. (2016) Carbon dioxide exchange of a perennial bioenergy crop cultivation on a mineral soil, *Biogeosciences*, 13, 1255-1268 pp.
- [73] LIU, K. (2004). Soybeans as functional foods and ingredients. AOCS Publishing.
- [74] MÁŠA, V., PAVLAS, M. (2008). Efektivní a environmentálně šetrné energetické využívání různých druhů biomasy v zařízeních středních výkonů. In: *Udržitelná energie a krajina 2008. Sborník z 1. ročníku mezioborové konference, konané 28.-30. března 2008 v Hostětíně, Bílé Karpaty, ISBN 978-80-904109-0-9.*
- [75] MCKENDRY, P. (2002). Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. *Bioresource technology*, 83(1), 37-46 pp.
- [76] MOUDRÝ, J. (2011). Alternativní plodiny. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN 978-80-86726-40-3, 142 p.

- [77] MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., PETR, J., MICHALOVÁ, A. (2005). Pohanka a proso. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. 208 p., ISBN 80-7271-162-8.
- [78] MOUDRÝ, J., KONVALINA, P., KALINOVÁ, J., MOUDRÝ, J., ŠTĚRBA, Z., ŠRÁMEK, J., ZDRHOVÁ, I. (2007). Pěstování obilnin v ekologickém zemědělství. Metodika pro ekologické zemědělce. Jihočeská univerzita, České Budějovice, Zemědělská fakulta, České Budějovice. 117 p.
- [79] MOUDRÝ, J., MOUDRÝ Jr, J., CHOVANEC, T., HUDCOVÁ, E. (2019) Malofaremní hospodaření. Tiskárna Protisk, s.r.o., Rudolfovska 617, 370 01 České Budějovice. ISBN 978-80-87371-36-7.
- [80] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1996). Alternativní plodiny. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 80-7040-198-2.
- [81] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1998). Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců.
- [82] MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1999). Alternativní plodiny. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 80-7040-198-2. Alternativní plodiny (Učební testy). 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita České Budějovice, 165 p. ISBN 80-7040-383-7.
- [83] MUEHLBAUER, F., J. TULLU, A. (1998). Pisum sativum L. New Crop Fact Sheet. In: KONVALINA, P. (2014). Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 284 p. ISBN 978-80-87510-32-2.
- [84] OBIDZIŃSKI, S. (2014). Utilization of Post-Production Waste of Potato Pulp and Buckwheat Hulls in the Form of Pellets. Polish Journal of Environmental Studies. 23.
- [85] OBIDZIŃSKI, S., PIEKUT, J., DOROTA, D. (2016). The influence of potato pulp content on the properties of pellets from buckwheat hulls. Renewable Energy. 87. 289-297. 10.1016/j.renene.2015.10.025.
- [86] OCHODEK, T., KOLONIČNÝ, J., JANÁSEK, P. (2006). The potential of biomass, species balance and fuel properties of biomass. 1st ed., Ostrava, Czech republic, Energy Research Center.
- [87] OOMAH, B. D., SITTE, L. (2009). Characteristics of flaxseed hull oil. Food Chemistry, 114(2), 623-628.

- [88] OPLINGER, E. S., OELKE, E. A., BRINKMAN, M. A., KELLING, K. A. (1989). Buckwheat. *Alternative Field Crops Manual*. In: BELOBORODKO, A., KLAVINA, K., ROMAGNOLI, F., KENGA, K., ROSA, M., BLUMBERGA, D. (2013). Study on availability of herbaceous resources for production of solid biomass fuels in Latvia. *Agronomy research*, 11(2), 283-294 pp.
- [89] PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. (2004). *Biomasa, obnovitelný zdroj energie*. Praha, FCC Public, 286 p.
- [90] PEIX, A., RAMÍREZ-BAHENA, M. H., VELÁZQUEZ, E., BEDMAR, E. J. 2014. Bacterial associations with legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, this issue.
- [91] PENA, J., VILLOT, A., GERENTE, C (2020). Pyrolysis chars and physically activated carbons prepared from buckwheat husks for catalytic purification of syngas. *Biomass and Bioenergy*, 132, 105435.
- [92] PENA, J., VILLOT, A., GERENTE, C. (2017). Upgrading of Pyrolysis Chars in Syngas Purification: Characterization and Implementation in a Fixed Bed Column. *Biomass Conversion Technologies for Liquid and Gaseous Fuels, Chemicals and Materials*. 25th European Biomass Conference and Exhibition. ISBN 978-88-89407-17-2.
- [93] PETEROVÁ, J. (2005). Pěstování sóji v ČR a srovnání se světem: Soya Growing in the CR and a Comparison with the World. In: *Perspektivy sóji v ČR*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. s. 24-27.
- [94] PETR, J., CAPOUCHOVÁ, I., KALINOVÁ, J. (2008). Alternativní plodiny, pseudocereálie a produkty ekologického zemědělství. In: PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [95] PETŘÍKOVÁ, V., SLADKÝ, V., STRAŠIL, Z., ŠAFAŘÍK, M., UŠŤAK, S., VÁŇA, J. (2006). *Energetické plodiny*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 127 p.
- [96] PEXO VÁ KALINOVÁ, J., (2011). Pohanka setá. In: MOUDRÝ (2011). *Alternativní plodiny*. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN 978-80-86726-40-3, 142 p. 40-43 pp.
- [97] POHOŘELÝ, M., JEREMIÁŠ, M., KAMENÍKOVÁ, P., SKOBLIA, S., SVOBODA, K., PUNČOCHÁŘ, M. (2012). Zplyňování biomasy. *Chemické Listy*, 106, 264-274.

- [98] PRATAP, A., GUPTA, S., KUMAR, J., SOLANKI, R. (2012). Soybean. 10.1007/978-1-4614-0356-2_12.
- [99] PRUGAR, J. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha. ISBN 978-80-86576-28-2
- [100] SEDLÁKOVÁ, A. (2019). Potenciál energetického využití odpadu pocházejícího ze sklizně a zpracování minoritních druhů Triticum L. pěstovaných v režimu ekologického zemědělství, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Diplomová práce, 39 s.
- [101] SIMS, R. E., HASTINGS, A., SCHLAMADINGER, B., TAYLOR, G., SMITH, P. (2006). Energy crops: current status and future prospects. *Global Change Biology*, 12(11), 2054-2076.
- [102] SINGH, G. (Ed.). (2010). The soybean: botany, production and uses. CABI.
- [103] SKRABANJA, V., KREFT, I., GOLOB, T., MODIC, M., IKEDA, S., IKEDA, K., KREFT, S., BONAFACCIA, G., KNAPP, M., KOSMEL, K.J., (2004). Nutrient content in buckwheat milling fractions. *Cereal Chem.* 81, 172-176.
- [104] SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J. (2006). Nepotravinářské využití fytomasy. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 95 s. ISBN 80-7040-857-X.
- [105] STRAŠIL, Z., (2011). Len setý. In: MOUDRÝ (2011). Alternativní plodiny. Profi Press s.r.o., Praha. ISBN 978-80-86726-40-3, 142 p.
- [106] ŠARAPATKA, B., URBAN, J. (2006). Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Šumperk. 504 p., ISBN 978-80-903583-0-0.
- [107] ŠMAJSTRLA, V., ŠMAJSTRLOVÁ, S. (1991). Pohánka v racionálnej výžive. Zahrádka, Bratislava, 64 p.
- [108] ŠMAJSTRLA, Z. (2000) Pohanka ve mlýně a v kuchyni. 2. vydání. Rožnov pod Radhoštěm, TNM, ISBN 80-238-5383-X.
- [109] ŠPALDON, E. (1986). Rostlinná výroba. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 720 p.
- [110] ŠROLLER, J. (1997). Speciální fytotechnika: rostlinná výroba. 1. vyd. Praha: EKOPRESS, s.r.o., 198 p. ISBN 80-86119-04-1.
- [111] ŠTAUD, J. (2008). Přadný len. Vlastní vydání.
- [112] ŠTAUD, J., VAŠÁK, J. (1997). Základy pěstování přadného a olejného lnu. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR. ISBN 80-7105-130-6.

- [113] ŠTRANS, ZELENÝ, MARKYTÁN, (2010). In: BARANYK, Petr. Olejniny. Praha: Profi Press, 2010. ISBN 978-80-86726-38-0.
- [114] ŠUROVSKÝ, J. (2003). Microturbins – energetical revolution for 21st century. Instalace, Prague, CZ. 220. In: KUŽEL, S., KOLÁŘ, L., PETERKA, J., ŠINDELÁŘOVÁ, M. (2008). Usage of energetic crops as alternative sources of energy in Czech Republic. Latvian Journal of Agronomy/Agronomija Vestis, (10).
- [115] TAHIR, I., FAROOQ, S., (1989). Some morpho-physiological characteristics in four buckwheats (*Fagopyrum* spp.) grown in Kashmir. J. Econ. Tax. Bot. 13 (2), 433-436 pp.
- [116] TKEMALADZE, G. S., MAKHASHVILI, K. A., (2016). Climate changes and photosynthesis. Annals of Agrarian Science. 14(2), 119-126 pp.
- [117] TORRES, M. O. (2017). Using the FAO dual crop coefficient approach to model water use and productivity of processing pea (*Pisum sativum* L.) as influenced by irrigation strategies. Agricultural water management, 189, 5-18 pp.
- [118] TOSCANO, G., ALFANO, V., SCARFONE, A., PARI, L. (2018). Pelleting Vineyard Pruning at Low Cost with a Mobile Technology. Energies, 11, 2477.
- [119] TURSI, A. (2019). a review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion. Biofuel Research Journal, 6(2), 962-979.
- [120] UŠŤAK, S. (2005). Technické a ekonomické aspekty pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely. In Zemědělská technika a biomasa. 35-40 pp.
- [121] VAICKELIONIS, G., VALANCIENE, V. (2016). Lightweight Concrete with an Agricultural Waste - Buckwheat Husk. Materials Science. 22. 10.5755/j01.ms. 22. 1. 8662.
- [122] VARGAN, M. (2020). Environmental aspects of the production and use of pellets from biomass.
- [123] VERMA, R., PRASAD, R., GUPTA, A. (2017). Functional Properties and Health Benefits in Flaxseed fiber and oil (*Linum usitatissimum* L.) International Journal of Home Science 2017; 3(1), 368-369 pp.
- [124] WATANABE, M. (1998). Catechins as antioxidants from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(3), 839-845.

- [125] WATANABE, M., OHSHITA, Y., TSUSHIDA, T. (1997). Antioxidant compounds from buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench) hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(4): 1039-1044.
- [126] WATSON, CH., RECKLING, M., PREISSEL, S., BACHINGER, J. (2017). Grain legume production and use in European agricultural systems. In: *Advances in Agronomy*. Academic Press, 2017. 235-303 p.
- [127] WEGER, J. H. (2003). Biomasa – obnovitelný zdroj energie v krajině. Výzkumný ústav Silva Tarouc. Průhonice, 51 p.
- [128] WERKELIN, J., SKRIFVARS, B. J., HUPA, M. (2005). Ash-forming elements in four Scandinavian wood species. Part 1: summer harvest. *Biomass Bioenergy*. 29(6), 451-466 pp.
- [129] WERTHER, J., SAENGER, M., HARTGE, E. U., OGADA, T., SIAGI, Z. (2000). Combustion of agricultural residues. *Progress in energy and combustion science*, 26(1), 1-27 pp.
- [130] WOLF, W. J., (1970). Soybean proteins. Their functional, chemical, and physical properties. *J.Agric. Food Chem.* 18, 969-976.
- [131] XU, J., CHANG, S., YUAN, Z. JIANG, Y., LIU, S., LI, W., MA, L. (2015). Regionalized Techno-Economic Assessment and Policy Analysis for Biomass Molded Fuel in China. *Energies*, 8, 13846-13863 pp.
- [132] YUKSEL, O., TURK, M. (2019). The effects of phosphorus fertilization and harvesting stages on forage yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.).
- [133] ŽANDECKIS, A., ROMAGNOLI, F., BELOBORODKO, A., KIRSANOV, V., BLUMBERGA, D., MENIND, A., HOVI, M. (2014). Briquettes from mixtures of herbaceous biomass and wood: biofuel investigation and combustion tests. *Chemical engineering transactions*, 42, 67-72 pp.

7 INTERNETOVÉ ZDROJE

- [1] STUDENTÍK, J., SVITAVSKÝ, M. (2016). Energie větru, vody, biomasy [online]. Brno, 2016 [cit. 2019-10-23]. Dostupné z WWW: <<https://publi.cz/books/90/Cover.html>>
- [2] SERAFÍNOVÁ, CH. (2009). Možnosti aplikace metody LCA pro energetické procesy využívající odpadní biomasu. Biom.cz [online]. 2009-06-03 [cit. 2019-22-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-aplikace-metody-lca-pro-energeticke-procesy-vyuzivaji-odpadni-biomasu>>.
- [3] FAOSTAT.ORG [online]. [cit. 2019-08-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Elementární složení vybraných druhů	33
Tabulka 2: % obsah C ve vzorku	35
Tabulka 3: % obsah H ve vzorku	35
Tabulka 4: % obsah N ve vzorku	36
Tabulka 5: % obsah s ve vzorku	36
Tabulka 6: Souhrn vybraných kvantitativních ukazatelů.....	38
Tabulka 7: Podíl odpadního materiálu na hrubém výnosu	40

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Základní procesy a technologie přeměny biomasy	25
Obrázek 2: Schéma využití biomasy.....	27
Obrázek 3: Metodický postup diplomové práce	29
Obrázek 4: Schéma pracovního postupu.....	32

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Obsah prvku ve vzorku (v %).....	34
Graf 2: Spalné teplo (MJ. kg ⁻¹) - dle Mendělejevova vzorce.....	37
Graf 3: Výhřevnost (MJ kg ⁻¹) - dle Hubáčkova vzorce.....	38
Graf 4: Potenciální zisk energie (GJ ha ⁻¹).....	39