

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Vliv NDF na stravitelnost organické hmoty travního  
porostu**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Denisa Matušková**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Alois Kodeš, CSc.**

**Konzultant práce: Ing. Jitka Láchová**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv NDF na stravitelnost organické hmoty travního porostu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2017

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu **doc. Ing. Aloisi Kodešovi, CSc.** za trpělivé vedení a za veškerou pomoc při psaní mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat paní **Ing. Jitce Láchové**, své konzultantce, za ochotu, cenné rady a připomínky, které mi pomohly práci dopsat. Také jí patří poděkování za veškerý čas, který se mnou strávila v laboratoři při provádění analýz, abych získala potřebná data k výzkumu a k dokončení celé práce. Mé poděkování také patří panu **Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D.** a **doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D.** za pomoc při statistickém zpracování výsledků. A jako poslední bych ráda vyjádřila poděkování **rodině a blízkým**, kteří při mně stáli a podporovali mě.

# Vliv NDF na stravitelnost organické hmoty travního porostu

## Souhrn

Výživa koní je dnes odvětvím, které se stále více rozvíjí a dostává do podvědomí jezdců, jak sportovně založených, tak i těch, kteří vlastní koně jen pro radost. Jedním z nejdůležitějších aspektů dobrého zdravotního stavu a kvalitního výkonu koně je právě správná výživa. Pokud sestavujeme krmnou dávku pro koně, je základem jádrné krmivo neboli krmivo energetické a krmivo objemné, mezi které řadíme kupříkladu zelenou píci a seno. Každá dobře sestavená krmná dávka musí obsahovat vhodný a vyrovnaný poměr živin, který dodává koni dostatek energie a dalších látek, které potřebuje pro všechny fyziologické procesy a výkon.

Objemná krmiva, která tvoří hlavní podíl krmné dávky, jsou pro koně nepostradatelná kupříkladu v souvislosti s funkcí trávicí soustavy. Hlavním objemným krmivem je zelená píce, která bývá v části roku nahrazena senem. Seno je možné získat v různé kvalitě, která je ovlivněna řadou faktorů, kupříkladu dobou seče, stářím porostu, klimatickými podmínkami i skladbou rostlin a tak dále. Kvalitní seno by mělo obsahovat vhodný poměr živin. Mezi nejdůležitější živiny v seně patří vláknina, která ovlivňuje stravitelnost ostatních živin a sena jako takového.

Vláknina je sacharidový komplex, skládající se ze strukturních polysacharidů. Každé seno obsahuje jiný poměr vlákniny a jejích jednotlivých frakcí. Stanovení zastoupení vlákniny v píci a jiných krmivech, se dříve provádělo jen skrze hrubou vlákninu. Dnes se již využívají metody, které analyzují obsah frakcí vlákniny, kam patří acido detergentní vláknina (ADF) a neutrálně detergentní vláknina (NDF). Obsah vlákniny svým způsobem ovlivňuje kvalitu sena a jeho stravitelnost. Pokud seno obsahuje velké množství vlákniny, jeho kvalita se snižuje a naopak.

V diplomové práci jsou zpracovány výsledky pokusu, který měl za cíl vyhodnotit variabilitu obsahu NDF ve studovaných vzorcích travního porostu a jeho vlivu na *in vitro* stravitelnost organické hmoty a sušiny, a také zjistit, zda je možné predikovat stravitelnost organické hmoty na základě obsahu NDF. K pokusu bylo použito 5 vzorků lučního sena, které byly podrobeny fyzikálně-chemické analýze, a poté bylo provedeno statistické vyhodnocení dat.

Ze zjištěných výsledků lze učinit několik závěrů:

- analýzy potvrdily variabilitu základních živinových ukazatelů u lučního sena, obsah CF, NDF i ADF se stářím porostu stoupá,
- dle stanovených kvalitativních parametrů lze vzorky lučního sena hodnotit jako průměrné,
- nejnižší obsah CF (29,37 %), NDF (60,15 %) i ADF (30,86 %) obsahuje vzorek č. 1, který byl získán z nejmladšího porostu, a tím se potvrdilo, že mladá píce je kvalitnější,
- stravitelnost sušiny i organické hmoty se od vzorku č. 1 k 5. vzorku snižuje,
- nejvyšší stravitelnost sušiny i organické hmoty má vzorek č. 1 (54,56 %, 48,27 %); jedná se o nejkvalitnější vzorek ze všech sledovaných,
- termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině,
- zvyšující se obsah NDF negativně ovlivňuje stravitelnost sušiny,
- obsah NDF je možné použít pro predikci stravitelnosti organické hmoty,
- hodnocení lučního sena je poměrně problematické s ohledem na různorodost původu, druhového složení, odlišného způsobu sklizně a sušení; luční seno je velmi variabilní,
- kvůli malému souboru dat by bylo vhodné pokračovat ve výzkumu a rozšířit dosavadní zjištěné výsledky o další data,
- vzhledem k nejednotným výsledkům autorů různých vědeckých publikací s obdobnou problematikou by bylo vhodné zpřesnit metodiku stanovení *in vitro* pomocí Daisy<sup>II</sup> Inkubátoru a vyzkoušet její nové modifikace.

**Klíčová slova:** zemědělství, živočišná výroba, výživa koní, travní porost, živinové složení, organická hmota, stravitelnost

# **The influence of NDF on digestibility of organic matter grasslands**

## **Summary**

Horse nutrition is an industry that is developing increasingly today and it is getting into the subconscious of riders who provide horse riding as a sport and of those who just own horses just for joy. Good nutrition is one of the most important aspects of good health and quality performance of horses. As far we prepare food ration for a horse its basis is created by pithy or energy feed and forage – for example – green fodder and hay. Each well created food ration must contain a suitable and balanced ratio of nutrients, which provides sufficient energy and other substances which horses needed for all physiological processes and performance.

Roughage, which is a major proportion of the diet is indispensable for horses, for example in the connection with the function of their digestive system. The main forage is green fodder, which is in some part of the year replaced by hay. Hay can be obtained in different qualities, which is influenced by many factors such as time of mows, growth age, climate conditions and the plant structure and so on. Hay quality should contain the proper ratio of nutrients. The most important nutrient in hay is fiber, which effects the digestibility of other nutrients and a hay itself.

Fiber is a carbohydrate complex that is consisting of structural polysaccharides. Each hay contains a different ratio of fiber and its various fractions. Setting of fiber amount in fodder and other foods was in the past made just throw crude fiber.

Today, they use methods that analyze the content of dietary fiber fractions, which includes acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF). The fiber content in a way affects the quality of the hay and its digestibility. If the hay contains large amount of fiber, its quality decreases and it works the same way on the contrary.

This thesis presents the results of the experiment which was intended to evaluate the variability of the content of NDF in the studied samples of grass and its effect on the in vitro digestibility of organic matter and dry matter and also to find out if it is possible to predict the digestibility of organic matter based on the content of NDF. Five samples of meadow hay were used for this experiment. They have been subjected to physical – chemical analysis and the statistical evaluation was accomplished afterwards.

Several conclusions were made from the observed results:

- the analyses confirmed the variability of essential nutrient indicators in meadow hay content of (CF, NDF, ADF) rises with the age,
- according to the determined quality parameters of samples meadow hay can be evaluated as average,
- Obtained from the youngest stand contains the lowest amount of CF (29,37 %), NDF (60,45 %) and ADF (30,86 %). This fact confirms that the young crop is superior,
- the digestibility of dry matter and organic matter decreases from sample 1 to 5,
- the maximum digestibility of dry matter and organic matter was found in sample number 1 (54,56 %), 48,27 %), which is the best sample from all tested samples,
- the harvest time influences the content of structural carbohydrates in dry matter,
- increasing NDF content negatively effects the digestibility of dry matter,
- the NDF content can be used for prediction of the digestibility of organic matter,
- The evaluation of meadow hay is quite problematic considering the diversity of origin species, the different way of harvesting and drying. The meadow hay is very variable,
- due to a small set of data, it would be suitable to carry on with the research and extend the gained results with more data,
- due to disunited results of authors of various scientific publications dealing with similar issues it would be useful to specify the methodology in vitro using Daisy<sup>II</sup> Incubator and try its new modifications.

**Keywords:** agriculture, animal husbandry, horse nutrition, grassland, nutrient composition, organic matter, digestibility

# Obsah

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍL PRÁCE.....</b>	<b>2</b>
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Anatomie a fyziologie trávicí soustavy koně.....</b>	<b>3</b>
3.1.1 Ústní dutina.....	3
3.1.2 Žaludek .....	4
3.1.3 Tenké střevo.....	6
3.1.3.1 Pankreatická šťáva .....	6
3.1.3.2 Žluč .....	7
3.1.4 Tlusté střevo.....	7
<b>3.2 TTP = trvalé travní porosty – louky a pastviny .....</b>	<b>9</b>
3.2.1 Co jsou to trvalé travní porosty.....	9
3.2.2 Rozdělení trvalých travních porostů .....	10
3.2.3 Botanické složení trvalých travních porostů .....	12
3.2.4 Význam trvalých travních porostů.....	13
3.2.4.1 Zachování biodiverzity .....	14
3.2.4.2 Kvalita půdy a ochrana .....	14
3.2.4.3 Ochrana vod.....	15
3.2.4.4 Rekreace a turistika .....	15
3.2.4.5 Výroba energie.....	16
3.2.4.6 Fytoterapeutická funkce .....	16
3.2.5 Využití trvalých travních porostů .....	16
<b>3.3 Kvalita a hodnocení píce .....</b>	<b>17</b>
3.3.1 Kvalita píce .....	17
3.3.2 Chutnost píce .....	17
3.3.3 Krmná hodnota píce .....	18
3.3.4 Stravitelnost píce.....	18
3.3.5 Hodnocení píce .....	20
3.3.5.1 Sušina .....	20
3.3.5.2 Energetická hodnota .....	21
<b>3.4 Vlákna a její význam .....</b>	<b>21</b>
3.4.1 Chemické složení vlákniny.....	21
3.4.1.1 Celulóza.....	21
3.4.1.2 Hemicelulóza .....	23
3.4.1.3 Lignin .....	23



3.4.1.4	Pektin a pektinové látky .....	24
3.4.2	Vláknina a její frakce .....	25
3.4.2.1	Hrubá vláknina .....	26
3.4.2.2	Neutrálně detergentní vláknina .....	26
3.4.2.3	Acido detergentní vláknina .....	26
3.4.3	Význam vlákniny .....	27
<b>4</b>	<b>MATERIÁL A METODY .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Sledovaný předmět .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Místo odběru .....</b>	<b>29</b>
4.2.1	Popis místa .....	29
4.2.2	Způsob odběru .....	30
<b>4.3</b>	<b>Sledované parametry vzorku .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4</b>	<b>Metodika stanovení základních parametrů vzorku .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5</b>	<b>Příprava vzorku .....</b>	<b>31</b>
<b>4.6</b>	<b>Pracovní postupy .....</b>	<b>32</b>
4.6.1	Stanovení sušiny .....	32
4.6.2	Stanovení popela .....	33
4.6.3	Stanovení organické hmoty .....	33
4.6.4	Stanovení tuku .....	34
4.6.5	Stanovení dusíkatých látek .....	35
4.6.6	Stanovení vlákniny .....	35
4.6.7	Stanovení frakce ADF a NDF .....	37
4.6.8	Stanovení BNLV = bezdusíkatých látek výtažkových .....	39
4.6.9	Stanovení stravitelnosti – Daisy <sup>II</sup> Inkubátor .....	40
<b>4.7</b>	<b>Použité přístroje .....</b>	<b>42</b>
4.7.1	Daisy <sup>II</sup> Inkubátor – ANKOM technology .....	42
4.7.2	ANKOM Fibre <sup>200/220</sup> Analyzer – ANKOM technology .....	43
4.7.3	FOSS Kjeltec 2300 Analyzer – FOSS .....	44
4.7.4	SER 148 Solvent Extractor – VELP Scientifica .....	44
<b>4.8</b>	<b>Způsob vyhodnocení dat .....</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1</b>	<b>Živinná charakteristika vzorků .....</b>	<b>46</b>
<b>5.2</b>	<b>Stravitelnost zkoumaných vzorků .....</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>Statistické vyhodnocení .....</b>	<b>49</b>
5.3.1	H1 – Termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu .....	50
5.3.2	H2 – Obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované <i>in vitro</i> .....	52

5.3.3	H3 – Na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty .....	53
<b>6</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>69</b>
<b>10</b>	<b>SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY .....</b>	<b>70</b>
<b>10.1</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>73</b>

# 1 ÚVOD

Jednotlivci i různé výzkumné týmy po celém světě se v posledních letech čím dál tím více zabývají otázkami výživy koní. Nejčastěji probírané téma byla vždy výživa sportovních koní, ale dnes se stále více zabýváme výživou takzvaných hobby koní, neboť jejich stavy neustále narůstají. Právě kvůli jejich zvyšujícím se počtům je důležité věnovat se výživě koní i na této úrovni, aby jezdci, kteří tyto koně vlastní věděli, jakým způsobem své zvíře krmit. V případě sportovních i hobby koní se řeší vhodný kompromis mezi krmením energetickými krmivy a objemnými krmivy, která jsou důležitá pro trávicí trakt a pro výživu koní jsou nepostradatelná. Oproti sportovním koním, kde jsou energetická krmiva velmi důležitou součástí krmné dávky, u hobby koní mnohdy nemají své opodstatnění a jsou podávána v nadbytku. Takovéto nevhodné krmení může u rekreačních koní způsobovat různé zdravotní problémy, jako je například obezita, schvácení a další nežádoucí projevy.

Objemná krmiva, hlavně luční seno, tvoří základní část krmné dávky pro koně, pokud není k dispozici pastva. V našich podmínkách, tedy podmínkách mírného pásu, není pastva dostupná celoročně, a proto je důležité nezapomínat na zkrmování kvalitního lučního sena. Jeho kvalita je závislá na mnoha faktorech, od botanického složení, přes dobu sklizně a vývojovou fázi rostlin, až po způsob sušení a skladování. Všechny tyto, ale i další vlivy, působí na chemické složení rostlin a tím pádem se výrazně podílí i na výsledné živinové hodnotě sena, na jeho konečné kvalitě, stravitelnosti a následně i na využitelnosti živin. S jistotou se dá říci to, že čím kvalitnější bude krmivo, tím lepší může být například výkon a zdravotní stav koně.

Velmi důležité je si uvědomit, že seno a všechna objemná krmiva obsahují velký podíl strukturních polysacharidů, které se souhrnně nazývají vláknina. Vlákna je v každém objemném krmivu zastoupena v jiném množství a také poměru, stejně jako je tomu u jiných živin, energie a dalších parametrů, které se značně liší. Vlákna je jedna ze základních složek, která ovlivňuje stravitelnost krmiva. Má také velký podíl na energetické hodnotě krmiva, kde může při vysokém obsahu působit spíše v negativním smyslu.

Jestliže chceme koně krmit kvalitně, a tak aby byli schopni efektivně využívat všechny živiny a energii z předkládané dávky, je nutné znát obsah vlákniny a dalších složek v krmivu. Jelikož základem kvalitní krmné dávky je znalost celkového chemického složení a stravitelnosti krmiv, je potřeba tento fakt neopomíjet a věnovat analýzám krmiv dostatečnou pozornost. Jedině pokud tomu tak bude, budou splněny určité předpoklady, které vedou ke kvalitní výživě koní a tím pádem i k lepším výkonům a dobrému zdravotnímu stavu zvířete.

## 2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍL PRÁCE

Cíl a hypotézy:

Vyhodnotit variabilitu obsahu NDF ve studovaných vzorcích travního porostu a jeho vlivu na *in vitro* stravitelnost organické hmoty a sušiny.

Hypotézy:

H1 – termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu

H2 – obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*

H3 – na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty

## **3 LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **3.1 Anatomie a fyziologie trávicí soustavy koně**

Trávicí systém představuje trávicí neboli gastrointestinální trakt, ke kterému přísluší některé orgány napomáhající trávení. Mezi tyto orgány patří jazyk, zuby, slinné žlázy, slinivka břišní, játra a žlučník (Akers and Denbow, 2013). Kůň je ale jediným zvířetem, které žlučník postrádá (Frape, 2004).

Trávicí soustava je svalová trubicovitá struktura, která je dutá. Její počátek je v ústní dutině a prochází celým tělem až po konečník neboli rectum (Reece, 2011). Potrava je díky tomuto uspořádání stále mimo tělo a tím trávicí soustava slouží nejen pro trávení a absorbování živin, ale také jako bariéra proti patogenním organismům (Akers and Denbow, 2013). Celý trávicí trakt je u koně asi 100 stop dlouhý, to je zhruba 30,48 metrů a v závislosti na velikosti koně může být celkový obsah i více než 189 l (Thomas, 2010). Obecně se složení trávicí soustavy u různých druhů neliší, má tedy stejné části, ale může mít rozdílnou funkci a velikost. Například slepé střevo u koně je velmi objemné kvůli trávení vlákniny mikrobiální fermentací (Reece, 2011).

#### **3.1.1 Ústní dutina**

Pysky, jazyk a zuby koně jsou ideální pro uchopení, rozmělnění a posunutí potravy dále do trávicího traktu, kde je díky důkladnému rozžvýkání dobře přístupná pro trávení. Horní pysk je větší a je na něm mnoho nervových zakončení, proto je velmi citlivý. Při pastvě jej kůň používá pro posunutí potravy mezi zuby (Frape, 2004). Na tlamě má kůň hmatové vousky, které používá při příjmu potravy místo zraku. Při pasení koně trhají trávu pomocí pysků a řezáků ve spolupráci s trhnutím hlavy dozadu. Řezáky používá například při kousání okopanin. Pití je umožněno ponořením tlamy do vody až po koutky. Poté kůň tekutinu pomocí poklesu spodní čelisti, jazyka a pysků nasává a dále polyká (Jelínek a kol., 2003). Koně mohou pohybovat čelistí svisle i do boku a mají bohaté slinění (Frape, 2004). Spodní čelist koně je užší, proto může zvíře současně žvýkat jen na jedné straně. Strany je ale kůň schopen po určité době vyměnit (Jelínek a kol., 2003).

Koně oproti přežvýkavcům žvýkají delší dobu. Jejich žvýkání je mnohem důkladnější, než je tomu například u skotu. Na rozžvýkání jednoho sousta je potřeba asi 25–50 s. Na zpracování 1 kg sena je potřeba asi 45 min a na zpracování 1 kg koncentrovaného krmiva cca 20 min (Jelínek a kol., 2003). Na rozžvýkání objemného krmiva je nutno mnohem více

žvýkacích pohybů než na rozžvýkání krmiv koncentrovaných. U poníků je proces žvýkání ještě o něco zdlouhavější (Frape, 2004).

Dle různého tvaru zubů lze rozlišit několik typů zubů, a to řezáky, špičáky, třeňáky a stoličky (Červený, 1998). Kůň v průběhu svého života chrup mění. Má dvě sady zubů - nejdříve mléčný chrup a ten poté vymění za chrup trvalý (Frape, 2004). Počet zubů u mléčného chrupu je 24–28 zubů a chrup trvalý má 36–44 zubů. U klisen většinou chybí špičáky nebo jsou rudimentární (Červený, 1998). Věk koní lze určit odhadem dle chrupu koně. Orientačně věk napoví opotřebení a prořezání dolních řezáků (Akers and Denbow, 2013).

Sliny obsahují především vodu, 0,2 % organických a 0,3 % anorganických látek a také buněčné elementy. Mezi látky anorganické patří například kationty  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , anionty  $\text{I}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  a další. Do organických patří například mucin, močovina, aminokyseliny i menší množství bílkovin. Sliny zvlhčují sliznici, usnadňují polykání, podílí se na vytvoření sousta a zprostředkovávají chuťové vjemy (Jelínek a kol., 2003). Další funkcí slin je například usnadnění průchodu potravy střevy a také fungují jako pufovací roztok pro udržení pH střeva (Thomas, 2010).

U koně jsou sliny vylučovány příušní slinnou žlázou pouze při žvýkání potravy (Alexander, 1966). Přítomnost potravy v tlamě koně stimuluje sekreci velkého množství slin. Z krmné dávky je kůň schopen vyloučit 10–12 l slin (Frape, 2004). Příušní slinná žláza vylučuje sliny na té straně, kde probíhá žvýkání, protože je zde stimulováno množství receptorů (Jelínek a kol., 2003). Enzymová aktivita ve slinách není, ale obsahují hlen, který slouží jako lubrikant zabraňující případnému dušení (Frape, 2004). Dále jsou u koně drobné slinné žlázy a žlázy podčelistní, ty jsou jediné, které mohou vylučovat sliny v určitých podmínkách nepřetržitě. Obsah slin u koní se mírně liší. Obsahují menší množství  $\text{HCO}_3^-$  a  $\text{Na}^+$  a není zde přítomna alfa – amyláza. Taktéž mají o něco menší pH (Jelínek a kol., 2003). Sliny mohou mít rozdílný obsah i u jednotlivých koní a v jednotlivých dnech. Nejčastěji jsou variability v obsahu  $\text{Na}^+$  (Eckersall et al., 1985).

### 3.1.2 Žaludek

Žaludek je rozšířený segment trávicí trubice a jeho funkce spočívá mimo trávení také ve shromažďování a zadržování potravy (Reece, 2011). Koně mají žaludek jednoduchý, jednokomorový s obsahem zhruba 5–15 l (Budras et al., 2009). Jedná se o malý orgán, který zabírá asi 10 % gastrointestinálního traktu. Trávenina může být v žaludku 2–6 h a velmi zřídka zůstává žaludek prázdný i přesto, že se poměrně rychle vyprazdňuje (Frape, 2004).

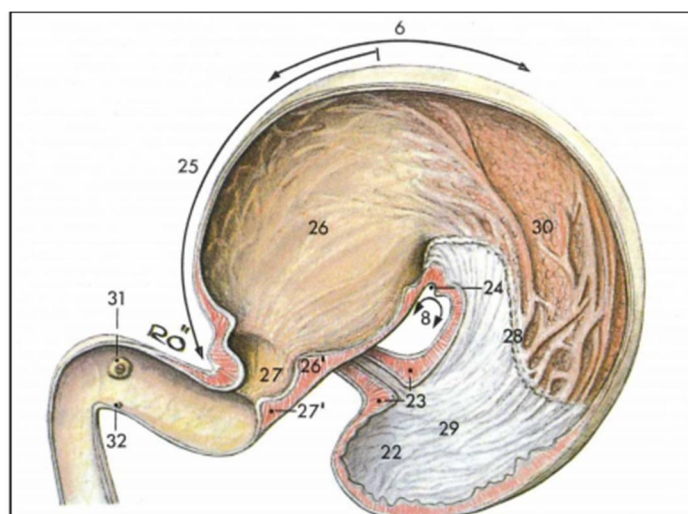
Pokud je žaludek plný ze dvou třetin, tak se začne pozvolna vyprazdňovat a trávenina přechází do tenkého střeva (Thomas, 2010). Žaludek se skládá z několika částí, které můžeme vidět na obrázku č. 1. Vchod do žaludku uzavírá česlo, částečně díky jeho funkci koně nemohou zvracet (Frape, 2004). Další části žaludku jsou dno žaludku, tělo žaludku, vrátníková předsíň a vrátník, který se napojuje na dvanáctník. Dno a tělo žaludku je úsek, který při naplnění žaludku potravou nejvíce zvětší svůj objem (Reece, 2011).

Žaludek má bezžláznatou a žláznatou část. Bezžláznatá se nachází ve slepém vaku. Sliznici můžeme dále rozdělit na fundální část a pylorickou část (Jelínek a kol., 2003). Oblast fundální je v žaludku zastoupena nejvíce a obsahuje velmi důležité buňky (Merritt, 1999). Jsou zde buňky parietální, které produkují kyselinu chlorovodíkovou a buňky produkující pepsin. Pylorická část vylučuje hormon gastrin. Tento hormon velmi výrazně stimuluje produkci žaludeční kyseliny. Té se může za den vyloučit do žaludku 10–30 l. Sekrece žaludeční šťávy je nepřetržitá, a to i v době hladovění, ale v tomto stavu se vylučování snižuje (Frape, 2004). Žaludeční žlázy, mimo výše zmíněného, také produkují hlen, který slouží jako ochrana před kyselým prostředím v žaludku (Merritt, 1999).

Žaludek je oblast trávicího traktu, kde dochází k trávení pouze v malé míře. Živiny se zde nevstřebávají, ale je zde počátek trávení bílkovin pomocí enzymu pepsinu (Bentz, 2014a).

Bílkoviny jsou tráveny ve fundální části, kde je rozkládá žaludeční šťáva. Ve slepém vaku je potrava trávena pomocí streptokoků, kvasinek, bakterií mléčného kvašení a také enzymy pocházejícími z rostlin. Celulóza se v žaludku trávit nemůže kvůli nepřítomnosti celulólytických bakterií (Jelínek a kol., 2003).

Potrava, která opouští žaludek a vstupuje do tenkého střeva, kde je dále trávena, se nazývá chymus neboli zažitina. Tato substance má kyselé pH a je polotekutá (Reece, 2011).



**Obrázek č. 1: Žaludek koně, 23) česlo, 22) slepý vak, 29) bezžláznatá část, 30) žláznatá část – fundální, 26) žláznatá část – pylorická, 27) pylorický kanál (Budras et al., 2009)**

### 3.1.3 Tenké střevo

Tenké střevo je rozděleno na tři části. Tyto části nazýváme dvanáctník – duodenum, lačnick – jejunum a kyčelník – ileum (Akers and Denbow, 2013). Průměrná délka celého tenkého střeva bývá kolem 25 m, ale může se pohybovat od 10 do 30 m (Freeman, 2006). Duodenum je u koně zhruba 1 m dlouhé, jejunum asi 25 m a ileum měří kolem 50 cm (Budras et al., 2009). Vývody velkých žláz, tedy jater a slinivky břišní, ústí do tenkého střeva - přesněji do dvanáctníku (Červený, 1998). Ve dvanáctníku se tak mísí potrava se sekrety těchto žláz (Akers and Denbow, 2013).

Tenké střevo je prvním místem, kde dochází ke vstřebávání živin z krmiva (The Horse Staff, 2002). Hlavním a nejdůležitějším úsekem pro trávení a vstřebávání je horní polovina tenkého střeva, kde tyto úkony převážně probíhají (Freeman, 2006). Potrava přichází ze žaludku v tekutém stavu a pomocí enzymů ze slinivky je zde trávena (Bentz, 2014a). Tráví se zde tuky, cukry, bílkoviny i škrob. Taktéž se zde vstřebává vápník, fosfor i vitamíny rozpustné v tucích (Geor, 2002).

Chemické štěpení proteinů začíná již v žaludku pomocí pepsinu a pokračuje v tenkém střevě. V tenkém střevě jsou ze slinivky břišní přítomny enzymy trypsin a chymotrypsin, které rozkládají bílkoviny na peptidy. Dále jsou zde například enzymy karboxypeptidáza, aminopeptidáza a dipeptidáza, které pokračují v dalším štěpení (Akers and Denbow, 2013). Bílkoviny se štěpí na jednotlivé aminokyseliny, které je schopen organismus vstřebat a využívat (Bentz, 2014b).

Tuky jsou štěpeny pomocí lipáz. Hlavní trávení tuků probíhá v tenkém střevě, ale počátek je už za pomoci žaludečních lipáz (Akers and Denbow, 2013). Trávení tuků napomáhá žluč, která je uvolňována postupně do tenkého střeva (Thomas, 2010). Žluč a její žlučové soli napomáhají emulgaci tuků. Vytváří se malé tukové kapénky, které jsou lépe přístupné pro trávicí enzymy. Tuky se štěpí na mastné kyseliny a monoglyceridy (Akers and Denbow, 2013). V potravě koní nejsou tuky příliš zastoupeny, dodávají se občas v krmivu ve formě olejů, i přesto jsou koně schopni tuk velmi dobře trávit a absorbovat (Bentz, 2014b).

#### 3.1.3.1 Pankreatická šťáva

Slinivka břišní je žlázou, která vylučuje nejdůležitější trávicí šťávu – pankreatickou šťávu. Tato šťáva je po jejím vyloučení odváděna do dvanáctníku. Jedná se o tekutinu, která je bezbarvá, čirá a obsahuje jak organické, tak anorganické látky. Její pH je slabě alkalické.



Množství vyloučené slinivkou se u různých druhů zvířat liší. Koně během dne vyloučí kolem 7,5 až 8,5 l pankreatické šťávy (Jelínek a kol., 2003).

Organické látky, které lze najít v pankreatické šťávě, jsou například trypsin, chymotrypsin, lipáza, kolipáza, karboxypeptidáza, amyláza a další. Soli Ca, K, Fe, hydrogenuhličitan sodný a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a jiné jsou anorganické látky přítomné v této trávicí šťávě. Hydrogenuhličitan sodný slouží pro neutralizaci tráveniny, která přichází ze žaludku, aby byla lépe přístupná pro trávicí enzymy trávicí šťávy (Jelínek a kol., 2003).

U koně je pankreatická šťáva vylučována neustále, a to i v případě, že kůň není právě krmen. Sekrece této šťávy se při stimulaci může zvýšit (Reece, 2011).

### 3.1.3.2 Žluč

Žluč je zelenožlutá tekutina produkovaná jaterními buňkami a slouží k lepšímu trávení a vstřebávání tuků. Také pomáhá vylučování některých látek ven z těla organismu (Jelínek a kol., 2003). Obsahuje  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , soli žlučových kyselin, cholesterol a bilirubin (Reece, 2011). Také se v ní nachází mucin, mastné kyseliny, močovina a malé množství mědi (Jelínek a kol., 2003).

U většiny druhů zvířat se žluč vylučuje neustále a shromažďuje se ve žlučovém měchýři, ale kůň je výjimkou. Je to zvíře, které žlučový měchýř nemá, proto se u koní žluč dostává přímo do tenkého střeva pomocí jaterního vývodu a je jí vylučováno velké množství (Reece, 2011).

### 3.1.4 Tlusté střevo

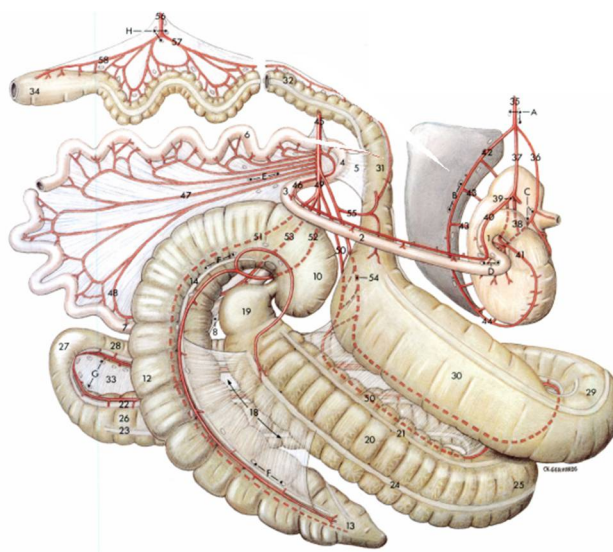
Tlusté střevo rozdělujeme na tři části a to na slepé střevo, tračník a konečník (Budras et al., 2009). Z celkové délky trávicího traktu zabírá zhruba dvě třetiny (Daly et al., 2001). Pro koně je charakteristické velké slepé střevo, které je dlouhé asi 1 m a objemově pojme až 35 l (Budras et al., 2009). Na rozdíl od tenkého střeva neposkytuje slepé střevo žádné trávicí enzymy, ale vylučuje pouze hlen (Frape, 2004). Tlusté střevo má vícero úloh. Mezi funkce, které zprostředkovává, patří vstřebávání vody, elektrolytů a mastných kyselin s krátkým řetězcem (Thomas, 2010).

Tračník má tři oddíly. Dělíme jej na vzestupný, příčný a sestupný tračník (Reece, 2011). Vzestupný tračník měří kolem 4 m a jeho obsah je asi 80 l. Tračník je složen tak, aby tvořil jakousi dvojitou kličku, kterou představuje pravá a levá dorzální a pravá a levá ventrální sloha (Budras et al., 2009). Vzestupný tračník může být u koní nazýván jako velký tračník (Reece, 2011). Sestupný tračník je kratší než vzestupný, měří asi 3 m a pojme cca 15 l. U koní

je označován jako malý tračník. Posledním úsekem tlustého střeva je rectum neboli konečník, který navazuje na sestupný tračník. Tento segment měří 30 cm (Budras et al., 2009). Jedná se o část, kde se skladují a formují výkaly, a proto je rectum velmi pružné (Reece, 2011).

Slepé střevo je velmi důležitou částí tlustého střeva, která funguje podobně jako bacher u přežvýkavců (Geor, 2001). Jedná se o jakousi velkou fermentační komoru, která obsahuje anaerobní mikroorganismy pracující jako spolehlivý komplex. Do této mikroflóry se řadí bakterie, prvoci, houby a archea, mající pozitivní vliv na zdraví, vývoj, růst i výkon koně (Daly et al., 2001). Těchto mikroorganismů je obrovské množství a produkují enzymy pomáhající trávit celulózu. Bakterie a prvoci a další mikroorganismy fermentují vláknité složky potravy za vzniku těkavých mastných kyselin – kyselina octová, máselná a propionová. Tyto kyseliny slouží jako hlavní zdroj energie pro koně (Geor, 2001). Takto získaná energie může pokrýt až 75 % z celkové potřeby (Reece, 2011). Mimo těkavých mastných kyselin vzniká také voda, plyn a teplo. Jako vedlejší produkt fermentace mikroorganismy vytváří vitamín K, proto jej koně tolik nevyžadují v potravě. Tyto mikroorganismy jsou schopny rozkládat i protein. Ten ale není využit samotným koněm, ale bakteriemi, které ho použijí ve formě amoniaku pro svůj růst (Bentz, 2014b). V tlustém střevě existuje mnoho druhů mikroorganismů. Znalost přesných druhů je však u koní velmi omezená oproti znalostem mikroflóry bachoru (Daly et al., 2001).

Dále tlusté střevo funguje jako místo pro absorpci vody. Během trávicího procesu se vylučuje velké množství vody, které je v tlustém střevě vstřebáváno. Částečně je voda využita pro vytvoření polotekutého fekálního materiálu. Tento materiál se přetvoří v konečný produkt, kulaté výkaly, které jsou vyměšovány ven z těla přes rectum a řitní otvor. Tímto je ukončen proces trávení (Geor, 2001). Celý trávicí trakt koně je zobrazen na obrázku č. 2.



**Obrázek č. 2: Trávicí trakt koně (Budras et al., 2009)**

## **3.2 TTP = trvalé travní porosty – louky a pastviny**

### **3.2.1 Co jsou to trvalé travní porosty**

Obecně můžeme travní porosty popsat jako půdy, které jsou pokryté vegetací s převážným množstvím trav a s malým nebo žádným výskytem stromů. UNESCO definuje travní porost jako půdu porostlou bylinami s méně než 10 % stromů a křovin (Huyghe et al., 2014). Ukázka trvalého travního porostu je vyobrazena na obrázku č. 3. Travní společenstva pokrývají velkou plochu evropského území a to zejména přirozené travní porosty (De Vliegheer and Carlier, 2007). Trvalé travní porosty zabírají asi 33 %, zatímco dočasné travní porosty o dost méně, asi kolem 6 % (De Vliegheer et al., 2014). V některých zemích pokrývají TTP více než polovinu půdy, která se užívá k zemědělským účelům (De Vliegheer and Carlier, 2007). Většina travních porostů v Evropě je využívána pro krmení skotu. Travní porost může sloužit pro hovězí dobytek kupříkladu jako pastva nebo je z něj využita píce, která je dále usušena na seno nebo pro výrobu siláží (Soussana et al., 2007). Podíl půdy, která je využívána jako travní porost, se v různých zemích a regionech procentuálně značně liší (De Vliegheer et al., 2014).

V současné době jsou travní porosty důležité v globálním zemědělství. Pokrývají zhruba 69 % celosvětové zemědělské půdy neboli 26 % z celkové rozlohy země. Využití travních společenstev může být různé a s různou intenzitou (Prochnow et al., 2009b). Jsou velmi důležité například pro produkci píce (Conant et al., 2001). Nejběžněji se užívají hlavně pro chov různých druhů zvířat jako zdroj krmiva – pastvy (Prochnow et al., 2009b). Cílem je podpoření živočišné produkce masa a mléka. V evropských zemích je pastva rozdělena tak, že zhruba 82 % připadá na skot, asi 5 % pro koně a 13 % pro ovce a kozy (De Vliegheer et al., 2014). Travní porosty mají ovšem i několikero dalších funkcí jako je například ochrana půdy před erozí nebo slouží pro rekreaci a turistiku (Prochnow et al., 2009b). Další významná funkce travních porostů může být ochrana biologické rozmanitosti rostlin i živočichů a čištění povrchové a podzemní vody (De Vliegheer et al., 2014).

Trvalým travním porostem se rozumí travní společenstvo. Toto společenstvo musí být starší více než 6 let, aby mohlo být považováno za trvalý travní porost (Hrabě, 2011). Společenstvo rostlin, které tvoří TTP, je velmi rozmanité a skládá se jak z trav, tak jetelovin a bylin (Kondrátová, 2011). Dle EU se trvalé pastviny/porosty definují jako půda využívaná k pěstování trav nebo jiných zelených píceňin na přírodních (přirozený osev) nebo uměle vytvořených (umělý osev) plochách, která nebyla zahrnuta do střídání plodin v zemědělském podniku po dobu 5 let nebo déle (Commission Regulation EU No 796/2004).

Trvalé travní porosty jsou velmi významné a v dřívějších dobách představovaly jediný zdroj píce pro zvířata. V důsledku rozvoje zemědělské výroby se až do konce 80.tých let rozloha TTP snižovala a naopak se zvyšovala plocha orné půdy (Kondrátová, 2011). V České republice jsou v současnosti trvalé travní porosty důležitou a nezanedbatelnou součástí zemědělské půdy. Louky a pastviny zabírají 12 % z celkové rozlohy státu (Dulárová a Mrkvička, 2002). To je zhruba 974 000 ha, což představuje 22,8 % ze zemědělské půdy (Kohoutek a kol., 2007). Toto číslo bude pravděpodobně v průběhu let narůstat. Kupříkladu od roku 1990 rozloha trvalých travních porostů výrazně vzrostla (Dulárová a Mrkvička, 2002).

Důležitost trvalých travních porostů je dána hlavně tím, že udržují životní prostředí a úroveň krajiny (Dulárová a Mrkvička, 2002). Pokud má travní porost vzniknout a vyvíjet se, je potřeba ho obhospodařovat a nějakým způsobem využívat. Pakliže by tomu tak nebylo, přeměnily by se travní porosty postupem času v jednotvárný porost trav, neboť by byly vytlačeny vzácné a méně odolné druhy rostlin. Nakonec by vznikl souvislý porost jako základ pro lesní společenstvo (Mrkvička a kol., 2007). Ošetřovat travní porosty je možné několika způsoby. Jednou z možností jak je obhospodařovat, pokud píce není využita ke krmení, je mulčování. Jedná se o píci, která nemá jiné využití, a tak se nadrtí na malý rozměr neboli mulč a ponechá se na pokose. Poté dochází k rozkladu a mineralizaci. Tento způsob udržování travních porostů je velmi častý. Pokud zemědělci travní porosty nevyužívají, tak i přesto musí být obhospodařeny. Pro zemědělce to může být nevýdělečné, ale díky mimoprodukčním funkcím porostů je spravování podpořeno dotacemi od státu (Dulárová a Mrkvička, 2002).

### **3.2.2 Rozdělení trvalých travních porostů**

Dle Soussana et al. (2007) se dají travní porosty rozdělit do třech hlavních skupin neboli typů travních porostů. Prvním je polopřirozený trvalý travní porost, který je využíván pouze jako pastva a neslouží k sečnému účelu. Druhým typem je intenzivně využívaný a spravovaný trvalý travní porost, který je pravidelně spásán nebo sekán. Poslední jsou jetelotravní porosty, které se využívají pouze k sečení nebo je možné střídat pastvu a sečení. Tyto porosty jsou uměle vyšeté.

Trvalé travní porosty lze také rozdělit například podle druhové skladby rostlin ve společenstvu. Porost může obsahovat kulturní a nekulturní druhy a také druhy málo hodnotné nebo plevely, jako je například bolševník nebo pryskyřník. Dle množství převládajícího druhu můžeme TTP rozdělit na nekulturní, kulturní a polokulturní (Hrabě, 2011).

Kulturní trvalý travní porost obsahuje více než 85 % trav, bylin a jetelovin, které jsou řazeny ke kulturním druhům. Polokulturní trvalý travní porost má asi 50% podíl kulturních trav a bylin. V polokulturním TTP se může vyskytovat určité množství houževnatých plevelů nebo méně hodnotných druhů. Plevelů je zde velmi ojedinělé množství a převažují spíše méně hodnotné rostliny. Druhy nehodnotné a plevely naopak převažují v nekulturních trvalých travních porostech, kde se zástupci ostatních druhů příliš nevyskytují (Hrabě, 2011).

Další možností členění TTP je rozdělení na primární a sekundární společenstva. Sekundární společenstvo je například polopřirozený travní porost. Tyto porosty jsou tvořeny pomocí lidské činnosti a také jsou díky ní udržovány, aby nezanikly. Primární společenstva se dají také jinak nazvat jako přirozená a vznikají účinkem a vlivem mnohých přirozených podmínek, které na porost působí. Působení těchto přirozených faktorů je dlouhodobé a nepřetržité. K primárním společenstvům se dají zařadit kupříkladu prerie nebo savany (Hrabě a Buchgraber, 2004).

Další možný způsob dělení je dle toho, jakým způsobem je porost vytvořen. Tímto způsobem je možné rozdělit TTP na přirozený, polopřirozený a umělý. Přirozený porost je tvořen rostlinami, které se vyskytují v prostředí vlivem podmínek stanoviště, kde se travní porost nachází. Jako příklad klasického přirozeného trvalého travního porostu lze uvést alpské louky nebo stepi. Polopřirozené porosty jsou vytvořené pomocí aktivity člověka, například hnojením nebo odvodňováním, které je vždy záměrné. Poslední jsou travní porosty umělé. Vznikají tak, že je provedena rekultivace a pak je porost nově založen (Pukyšová, 2014).

Jedno z možných dělení TTP je také na pastviny a louky. Na pastvách se pase nejčastěji skot nebo jiná menší přežvýkavá zvířata, přesněji ovce. Pastvy se i přesto mohou použít na výrobu siláží nebo sena. Louky jsou určeny pro produkci píce, která může být dále využita jako seno pro přežvýkavce a koně nebo může sloužit pro spásání těmito zvířaty (Pukyšová, 2014).

TTP lze také dělit podle způsobu využití. Z tohoto hlediska se porosty dělí na absolutní louky, absolutní pastviny, speciální travní porosty a pastevní louky. Absolutní louky nelze využívat jako pastvu, ale jsou využívány pouze pro účely sečné. Seče se provádí na začátku vegetace a na podzim. Absolutní pastviny jsou svažité plochy, které jsou neoratelné a vzhledem k terénu se nemohou sekat. Proto jsou tyto oblasti užívané k pastvě. Speciální travní porosty nejsou určeny pro pastvu ani pro seč, ale slouží jako okrasné nebo hřišťové plochy. Další využití mohou mít jako protierozní opatření. Poslední skupinou jsou pastevní louky. Na pastveních loukách je možné pást i provádět sečení, využití je tedy kombinované (Nahodil, 2011).



Obrázek č. 3: Ukázka trvalého travního porostu (<http://www.fao.org/tc/exact/sustainable-agriculture-platform-pilot-website/pasturelands-management/en/>)

### 3.2.3 Botanické složení trvalých travních porostů

Pícniny je možné rozdělit na dvě základní skupiny. Jedná se o jednoleté a víceleté pícniny. Do jednoletých patří například kukuřice, obilniny a luskoviny. Víceleté rostliny zahrnují skupinu trav, jetelovin a jetelotrav (Zeman a kol., 2006).

Travní porosty obsahují různé zastoupení druhů, jejichž počet se může lišit. Variabilita druhů je výsledkem hnojení a využívání porostu. U trvalých lučních porostů je kolem 50 druhů rostlin, ale při pastevním využití se počty druhů snižují. Druhové složení lučních porostů a dokonce i výnosy těchto porostů jsou ovlivněny řadou podmínek, které jsou vnějšího charakteru. Tyto podmínky mohou být stálé nebo proměnlivé. Proměnlivými vlivy se rozumí vodní a výživný režim stanoviště a mezi stálé vlivy patří kupříkladu klimatické a edafické faktory (Kulovaná, 2001b). V lučních a pastevních porostech se vyskytují směsi bylin, trav a jetelovin (Zeman a kol., 2006).

Základem pro TTP jsou trávy, které jsou velmi často využívány i na orných půdách. Tyto druhy se dále šlechtí a dosahují vysokých kvalit a produkčních schopností. Travní porosty také obsahují rostliny, které jsou přirozeně přítomné a které nejsou běžně pěstované. Tyto rostliny silně ovlivňují kvalitu produkce, jelikož bývají často v převaze nad druhy, které jsou mnohem více hodnotné (Skládanka a kol., 2014). Pokud se porovná zastoupení trav v lučních porostech a na pastvě, pak je větší výskyt trav právě v lučních porostech. Zastoupení trav je výrazně ovlivněno vnějšími podmínkami, například výskytem dešťů a množstvím hnojení porostu (Hrabě a Buchgraber, 2004).

Jeteloviny jsou velmi cennou složkou travních porostů. Důvodů, proč jsou žádoucí, je hned několik. Jsou to například ekologické, ekonomické, ale i agronomické výhody (Hrabě

a Buchgraber, 2004). V porostech jsou přítomné v menším množství, a pokud je tento porost intenzivně hnojen, pak se jejich výskyt snižuje (Skládanka a kol., 2014). Větší zastoupení jetelovin je například na pastvinách (Hrabě a Buchgraber, 2004). Jeteloviny mají vysoký obsah dusíkatých látek, ligninu i popelovin. Jejich další vlastností je poměrně nízký obsah strukturálních cukrů (Skládanka a kol., 2014).

V trvalých travních porostech se nevyskytují jen trávy a jeteloviny, ale i další rostliny, které se souhrnně nazývají byliny. Tyto rostliny jsou značně variabilní ve své kvalitě a některé druhy působí na zvířata velmi negativně nebo toxicky. Působení těchto rostlin je částečně ovlivněno jejich výskytem. Pokud je v porostu těchto druhů velké množství, tak mohou působit negativně. Jestliže je ale zastoupení malé, může mít rostlina naopak pozitivní vliv (Skládanka a kol., 2014). Rostliny, které jsou jedovaté a obsahují alkaloidy nebo glykosidy, se mohou vyskytovat v různých travních porostech a je žádoucí jim věnovat pozornost, neboť způsobují závažné problémy. Patří sem například upolín, vlašovičník a starček hajní (Zeman a kol., 2006).

Při hodnocení produkčního hlediska je při pastvě vhodnější využití jetelotrav. Jetelotrávy spolu s 15–20 % podílem ostatních bylin nepotřebují takové množství dusíku při hnojení, mají větší výnosy a vyšší úživnost pastviny. V pastevních porostech je obsah jetelovin kolem 30 %. V lučních porostech převládají vyšší trávy, které mají pozdější termín sklizně. Jeteloviny jsou zastoupeny do 30 %, pokud se porost nehnojí (Kulovaná, 2001a).

### **3.2.4 Význam trvalých travních porostů**

Trvalé travní porosty mají mnoho nepostradatelných funkcí. Patří sem nejen význam pro produkci píce, ale také funkce ekonomické, ekologické i sociální (Hopkins and Morris, 2002). Taktéž poskytují několikero doplňkových funkcí, mezi které můžeme řadit podporu symbiotických organismů a opylovačů nebo udržování čistého a kvalitního ovzduší (Skládanka a kol., 2014). Novák (2008) uvádí, že jsou travní porosty nejdůležitějším obnovitelným zdrojem potravy pro mikroorganismy, zvířata a také pro člověka.

Velmi důležitým významem z produkčního hlediska je produkce píce pro býložravá zvířata (Nahodil, 2011). TTP poskytuje glycidobílkovinnou píci a také objemná krmiva (Kohoutek a kol., 2007). Využívání porostů tímto způsobem má velmi pozitivní účinek na úrodnost půdy (Nahodil, 2011) a je to nejekonomičtější forma obhospodařování (Kohoutek a kol., 2007). Býložravci výrazně ovlivňují cyklus živin v travním porostu. Za krátkou dobu zvířata vyloučí výkaly a dochází k důležitým půdním procesům. Velké množství potřebných živin, například fosfor a dusík, si rostliny dokáží vyjmout přímo z výkalů a tím je zahrnou

rovnou do půdy (Ruess and McNaughton, 1987). Trvalé travní porosty se vyskytují na místech, kde z nějaké příčiny nemůže být přítomna orná půda. Důvody, které zabraňují založení orné půdy, jsou například svažitosť, krátká vegetační doba, nadmořská výška, kamenitost, časté zaplavování a mnoho dalšího. Proto je vhodnější v takovýchto případech volit TTP (Kondrátová, 2011).

Trvalé travní porosty mají i řadu důležitých mimoprodukčních uplatnění. Tyto mimoprodukční funkce spolu s produkčním využitím travních porostů pomáhají splňovat i řadu ekologických poslání (Mrkvička a kol., 2007).

#### 3.2.4.1 Zachování biodiverzity

Ochrana biodiverzity je funkce trvalých travních porostů, která patří mezi nejdůležitější (De Vliegheer et al., 2014). V travních porostech žije pestrá škála živočichů (Bardgett and Cook, 1998). Vyskytuje se zde velké množství rostlinných druhů, ale také mnoho motýlů, brouků a nespočet zástupců polního ptactva, pro které jsou tyto porosty důležité (De Vliegheer et al., 2014). Mezi organismy, které v těchto oblastech žijí, je i řada vzácných a ohrožených druhů. Tyto druhy potřebují ke svému životu specifické podmínky, které splňují právě trvalé travní porosty (Kondrátová, 2011). Snaha o intenzivní využívání půdy vede k tomu, že je snížena rozmanitost rostlin (De Vliegheer et al., 2014). Tímto využíváním vznikají chudé porosty, ze kterých vymizí nebo se alespoň částečně naruší původní osazení rostlin i živočichů (Kondrátová, 2011). Je vhodné tyto plochy obhospodařovat. Pokud by se travní porosty neudržovaly, docházelo by ke vzniku keřů a dalších dřevin, jejichž výskyt by vedl k nenávratnému vymizení některých rostlinných i živočišných druhů (De Vliegheer et al., 2014).

#### 3.2.4.2 Kvalita půdy a ochrana

Travní porosty fungují jako ochrana proti erozi půdy (Nahodil, 2011). Při nárazových deštích nebo naopak při dlouhodobých deštích dochází k odtoku vody z povrchu půdy. Tímto odtokem je odnášena vrchní vrstva zeminy a také je tím půda narušena (Kondrátová, 2011). Travní porosty zabraňují tomuto smývání půdních částic tím, že zajišťují souvislý pokryv půdy v průběhu celého roku, který napomáhá vsakování určitého množství vody a zpomaluje její odtok. Proto slouží TTP jako ochrana půdy v místech, které jsou často zasaženy záplavami (Mrkvička a kol., 2007). Orba travních porostů může být další z příčin zvýšení pravděpodobnosti eroze půd (De Vliegheer et al., 2014). Travní porosty také zamezují smývání znečišťujících látek do vodních zdrojů a pomocí hustých kořenů rostlin chrání půdu například



při sečích (Kondrátová, 2011). Všechny nežádoucí látky, ale i živiny, zůstávají na povrchu porostu a zde jsou rychle rozloženy. Proto slouží tyto plochy také jako biologický filtr pro přenos chemických látek (De Vliegher et al., 2014). Trvalé travní porosty také napomáhají k udržování vhodného obsahu látek v půdě, udržují její vlastnosti a strukturu a také obsah humusu. Jsou nápomocné i jako určité omezení pro rozšíření plevelů (Nahodil, 2011). Travní porosty také slouží jako uložisko uhlíku. Hladiny uhlíku v trvalých travních porostech jsou vyšší než hladiny v orné půdě (De Vliegher et al., 2014).

#### 3.2.4.3 Ochrana vod

Travní porost má schopnost zadržovat srážkovou vodu a to ve větší míře, než jsou toho schopné orné půdy. Díky tomuto je udržen vodní režim půd a dostačující množství vody v řekách. To vše zajišťuje podzemní voda, která je stále uchovávána v zásobě v travních porostech (Mrkvička a kol., 2007). Pokud je porost dobře udržovaný, je schopen využívat látky čili živiny, které jsou rozpuštěné v půdním roztoku (Kondrátová, 2011). V travním porostu jsou filtrovány srážkové vody. Tímto filtrem je zmírněno vsakování dusitanů a dusičnanů i dalších nežádoucích látek do podpovrchových vod a také do hlubších půdních vrstev. Udržení bohaté diverzity trvalých travních porostů může potlačovat různé druhy ekologického stresu (Nahodil, 2011).

#### 3.2.4.4 Rekreační a turistika

Travní porosty mají jistý podíl na celkovém vzhledu krajiny. Kupříkladu v podhorských a horských oblastech estetickou funkci zajišťují porosty holin. V nižších nadmořských výškách to jsou přirozené louky. Esteticky mohou působit i trávníky, jejichž funkce je ale v tomto směru omezená. (Mrkvička a kol., 2007). Pokud je krajina nějakým způsobem upravována, například zemědělskou činností nebo lesnictvím, výrazně se tím mění její vzezření. Změna vzhledu se projeví i v případě, že travní porosty nejsou upravovány. Dochází k postupnému zarůstání plevely a invazními druhy. Tyto procesy postupně ubírají na estetickém působení a snižují rekreační využití. V případě obhospodařování trvalých travních porostů mohou tyto plochy sloužit k turistice, rekreaci a také k jezdeckému (Kondrátová, 2011). Všechny sociální funkce jsou bohužel velmi často spojeny s funkcemi ekonomickými (Hopkins and Morris, 2002). Travní porosty jsou také prostorem pro chov hospodářských zvířat, který je v okrajových oblastech důležitým zdrojem obživy (Mrkvička a kol., 2007).

#### 3.2.4.5 Výroba energie

Trvalé travní porosty lze využít jako biopalivo pro výrobu tepla a energie (Prochnow et al., 2009a). Využití hmoty travních porostů jako biopalivo v Evropě a USA v posledních dobách roste. Jsou pěstovány energetické plodiny, které jsou využívány za účelem získání energie z jejich biomasy (Lewandowski et al., 2003). Cena fosilních paliv se stále zvyšuje a tím je ovlivněna i produkce a poptávka biopaliv neboli agro-paliv. Stejně tak produkci těchto paliv ovlivňuje otázka životního prostředí (De Vliegher et al., 2014).

#### 3.2.4.6 Fytoterapeutická funkce

Některé rostliny mají léčivé vlastnosti, které se mohou projevit například při pastvě zvířat. Pokud trvalý travní porost obsahuje takovéto rostliny, projevují se jejich účinky na zvířatech například zvýšením příjmu píce a menším výskytem zažívacích obtíží. Léčivé vlastnosti rostlin jsou ovlivněny množstvím slunečního záření, obsahem vody a živin v půdě a také množstvím škodlivých látek v okolí. Léčivé rostliny mohou v některých případech sloužit jako složka léčiv v humánní medicíně (Skládanka a kol., 2014).

### 3.2.5 Využití trvalých travních porostů

Existuje několik způsobů využívání trvalého travního porostu. Porost lze používat ke kosení, pastvě nebo kombinovaně. Při pastevním využívání je píce kvalitnější a je zde větší výskyt jetele plazivého. Trávy mají větší podíl výhonků listů a je zde výraznější zastoupení druhů, které patří do nižších výběžkatých trav. Porost má také hustější drn. V případě, že je travní porost využíván k seči, vyskytují se spíše druhy trsnatých trav, které jsou vysoké. Zastoupení jetelovin tvoří větší množství stébelnatých výhonků a také více píce. Mohou vznikat eroze půdy kvůli slabšímu drnu. Píce z takto využívaných porostů se dá použít například jako seno nebo travní siláž. Travní porost je však možné střídavě pást nebo kosit. Tímto využíváním lze částečně ovlivnit kvalitu píce a zastoupení druhů v trvalých travních porostech. Pozitivním výsledkem je kvalitní hustota drnu (Hrabě, 2011).

Travní porost se dá využívat extenzivně, intenzivně a polointenzivně. Intenzivní využívání travních porostů v oblastech s častými srážkami umožňuje tři až čtyři seče. Při polointenzivním využití lze provést dvě seče a v podzimním období se dají plochy pást. Takto využívaný porost je nutné hnojit pomocí statkových hnojiv (Vorlíček, 2011).

## **3.3 Kvalita a hodnocení píce**

### **3.3.1 Kvalita píce**

Nadzemní části rostlin, které jsou sklizeny různými způsoby a dále používány ke krmení zvířat, se nazývají píce. Píce obsahuje hlavně zelené části rostliny spolu s částmi uschlými, ale také různé druhy kontaminantů jako například částičky hlíny, mikroorganismy nebo plísně. Píci lze získat dvěma způsoby. Prvním způsobem je získání zelené píce z orné půdy. Druhou možností je získání píce z trvalých travních porostů (Láchová, 2013).

Kvalita píce je ovlivněna velkým množstvím faktorů, které na píci působí (Hrabě a Buchgraber, 2004). Dále mají na hodnotu píce vliv fyzikální, chemické i strukturní vlastnosti samotné píce (Newman et al., 2006). Schopnost splnit veškeré požadavky, které jsou dané zvířetem a vhodnost krmiva pro zvíře, se dají shrnout jako charakteristiky, které určují kvalitu píce (Míka a kol., 1997). Pokud hodnotíme píci, je nutné posuzovat nadzemní biomasu ihned po sklizení nebo po posečení. Pokud by se hodnotilo krmivo konzervované nebo upravené, tak by byly hodnoty a celková kvalita píce rozdílná, protože úprava krmiva parametry pozmění. To může vést k různé výživové hodnotě píce i k jinému příjmu píce zvířetem. Kvalita píce ve výsledku určuje užitek zvířat. Ta může být různá dle toho o jaké plemeno nebo zvíře se jedná (Kulovaná, 2001a). Užitek je možné považovat za konečný test kvality píce (Newman et al., 2006). Pokud se krmí píci, která je velmi hodnotná, zvýší se příjem sušiny a sníží se náklady za krmivo. V opačném případě je příjem nižší (Čermák a kol., 2004).

Množství krmiva a hodnota krmiva, jsou dva důležité činitele, kteří ovlivňují způsob krmení zvířat (Skidmore et al., 2010). Píce, která se vyznačuje dobrou kvalitou, je nejdůležitějším prvkem, jelikož je základem většiny krmných dávek. Pokud se popisuje nebo definuje kvalita píce, tak se rozlišují dva důležité pojmy, které se nesmí zaměnit. První je kvalita píce a druhým termínem je nutriční hodnota píce. Kvalita píce zahrnuje nejen nutriční hodnotu, ale také příjem píce, tudíž se jedná o mnohem širší pojetí problematiky. Naopak nutriční hodnota píce popisuje pouze koncentraci dostupných dusíkatých látek a energie neboli stravitelných živin (Newman et al., 2006). V praxi jsou oba tyto termíny ovlivněny prostředím a to jak v pozitivním, tak i v negativním smyslu (Čermák a kol., 2004).

### **3.3.2 Chutnost píce**

Chutnost krmiva zvířata rozlišují pomocí několika smyslových orgánů. Po vyhodnocení krmiva těmito orgány zvíře krmivo přijímá na základě jeho smyslových vlastností. Zvířata si

automaticky vybírají chutnější rostliny, které by měly být také kvalitnější z pohledu hodnocení píce. Toto pravidlo ale nelze vždy uplatnit a rostlina, která je chutná pro zvíře, nemusí pokaždé patřit mezi hodnotné. Při konzumování potravy probíhá výběr krmiva zvířetem pomocí vjemů. Jedná se o chuťový a pachový vjem a také pomocí dotyku. Chuť píce je ovlivněna vlastnostmi rostlin i okolím, které na rostlinu působí. Rostliny mají různé olistění, strukturu, jsou méně či více chlupaté nebo jinak voní a mají rozdílnou šťavnatost. Stejně tak mohou být znečištěné prostřednictvím hnojení nebo močí. Rostliny mohou také obsahovat látky, které ovlivňují chutnost a způsobují slanou, sladkou, kyselou nebo hořkou chuť (Čermák a kol., 2004).

### **3.3.3 Krmná hodnota píce**

Koncentrace živin a sekundárních látek, které jsou obsažené v sušině píce, vyjadřují krmnou hodnotu píce a také krmnou hodnotu krmiva. Krmná hodnota píce má vliv na příjem píce, její plnivost a také na schopnost zvířete využít živiny k tvorbě přírůstku nebo živočišných produktů (Hrabě a Buchgraber, 2004). Krmná hodnota je určována několika faktory. Značný vliv má v neposlední řadě chemické složení, ale také koeficient stravitelnosti. Tento koeficient se v průběhu měnících se přírodních podmínek liší. Také se liší v případě různých vegetačních fází (Novosad, 2009).

Trávy, jeteloviny i byliny, které se vyskytují v travních porostech, se dají rozdělit do určitých skupin. Rostliny se řadí do skupiny dle jejich krmné hodnoty. Krmná hodnota u rostlin popisuje několik jejich vlastností. Jedná se například o chutnost, příjem a také stravitelnost a obsah živin. Taktéž se zaměřuje na jejich příznivý či nepříznivý vliv na zvířata nebo na správné působení na trávicí soustavu zvířete, čili dietetické působení. Krmná hodnota také bere v úvahu produkci jednotlivých druhů rostlin (Novosad, 2009).

### **3.3.4 Stravitelnost píce**

Stravitelnost je při hodnocení píce jeden z nejdůležitějších faktorů, který poukazuje na kvalitu píce (Kulovaná, 2001a). Stravitelnost můžeme popsat jako procento píce, které bylo stráveno v trávicím traktu zvířete (Čermák a kol., 2004) a dále využito na produkci a důležité životní funkce (Kulovaná, 2001a).

Výživová hodnota není u rostlin totožná. Kvalitu píce ovlivňuje přímo nebo nepřímo mnoho charakteristik rostlin. Stáří píce a fáze růstu je hlavní faktor, který zapříčiňuje klesající výživnou hodnotu píce (Newman et al., 2006). U jetelovin i kulturních trav roste výnos píce a obsah hrubé vlákniny spolu s postupným stárnutím píce během vegetace. Současně ale

dochází k poklesu dusíkatých látek a popelovin. Ve výsledku tento jev, tedy stárnutí píce, vede ke kompletnímu snížení stravitelnosti píce, jak již bylo zmíněno výše (Pozdíšek et al., 2001).

Rostlina během vegetační fáze roste a stárne a dochází tak k ukládání vláknitých prvků v rostlinné buňce (Newman et al., 2006). Vliv termínu sklizně a vývojového stádia rostlin na obsah vlákniny v sušině a na stravitelnost organické hmoty je dle Zemana a kol. (2006) popsán tabulkou č. 1. Jendou z důležitých složek, které ovlivňují stravitelnost, je lignin, který se ukládá v buněčné stěně rostliny. Lignin je součást vlákniny a je téměř nestravitelný (Newman et al., 2006). Stravitelnost píce je proto limitována stravitelností buněčných stěn, které obsahují pro tělo nevyužitelný lignin. Lignin brání trávení a zhoršuje stravitelnost tím, že omezuje trávicím enzymům jejich působení. Pokud se v buněčné stěně vyskytuje větší množství ligninu než 80 g/kg sušiny v krmivu, pak se takovéto krmivo jako celek považuje a stává nestravitelným. Lignin také mimo jiné snižuje nutriční hodnotu proteinů (Zeman a kol., 2006).

Hodnotu krmiv z největší části ovlivňuje stravitelnost organické hmoty. Na tuto stravitelnost působí velké množství faktorů, které se týkají rostlin samotných, jejich sklizně a úprav, taktéž vnějších podmínek, které na rostliny působí a i samotných zvířat, které píci konzumují. Přesněji sem patří kupříkladu stupeň lignifikace pletiv, fáze rostlin v období sklizně, jakým způsobem byla sklizeň provedena, konzervace, úprava a uskladnění krmiv, stáří zvířat nebo rychlost průchodu krmiva trávicím traktem daného zvířete. Svou roli tak hraje také obsah sekundárních metabolitů v rostlině (Kudrna a kol., 1998).

**Tabulka č. 1: Vliv termínu sklizně a vývojového stádia rostlin na obsah vlákniny a stravitelnost organické hmoty (Zeman a kol., 2006)**

<b>Termín sklizně</b>	<b>Vývojové stádium</b>	<b>Obsah vlákniny v sušině (%)</b>	<b>Stravitelnost organické hmoty (%)</b>
<b>I. Velmi časný</b>	Před metáním	<22	>78
<b>II. Středně časný</b>	Po metání	22–25	73–78
<b>III. Středně pozdní</b>	Počátek kvetení	26–28	66–72
<b>IV. Pozdní</b>	Konec kvetení	29–32	60–65
<b>V. Velmi pozdní</b>	Přestárlý porost	>32	<60

### 3.3.5 Hodnocení píce

K hodnocení dostupných živin se využívá velká řada postupů. Metody pro hodnocení mohou být chemické, biologické, enzymatické a mnoho dalších propracovaných analytických metod, které pomáhají zjistit kvalitu krmiva (Van Saun, 2016). Pro hodnocení píce se v našich podmínkách nejčastěji užívá Weendenská analýza. Tato metoda stanovuje obsah vody a sušiny. V sušině se dále stanovuje řada ukazatelů, jako například lipidy, sacharidy, dusíkaté látky a obsah popela (Zeman a kol., 2006). Charakteristiky píce se velmi často mění, a proto je vhodné provádět analýzy píce pravidelně, aby byla zajištěna a pokryta nutriční potřeba zvířete (Newman et al., 2006). Rozdělení živin v krmivu může mít mnoho podob. Kupříkladu chemické složení krmiv je vyobrazeno v tabulce č. 2.

**Tabulka č. 2: Chemické složení krmiv (Zeman a kol., 2006)**

Voda					
Sušina	N – látky		Bílkoviny	Aminokyseliny	Lys, Met, Thr, Trp
			Nebílkovinné látky		Močovina
	Lipidy		Tuky		K. linolová
			Vosky		
			Jiné		
	Sacharidy	Vláknina	Celulóza		Hexózy
			Hemicelulóza		Pentózy (Hexózy)
			Lignin		
		BNLV	Polysacharidy		Škroby
			Monosacharidy		Cukry
	Popeloviny		Makroprvky		Ca, P, Na, K, S, Mg, Cl
			Mikroprvky		Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Se

#### 3.3.5.1 Sušina

Sušina spolu s vlhkostí neboli vodou dává dohromady součet 100 % a je nositelem všech živin, které jsou obsažené v píci. Obsah sušiny se u různých druhů krmiva značně liší. Například suchá krmiva mají obvykle více než 85 % sušiny (Van Saun, 2016). Aby bylo možné získat sušinu, je nutné krmivo nejdříve vysušit. Tento úkon se provádí sušením při 105 °C.

Živiny, které se nachází v sušině, dělíme dle toho, jakým způsobem je organismus zvířete využívá. Základní skupiny, do kterých se dají zařadit, jsou stavební látky, účinné látky a látky energetické, které organismus využívá pro zachování rovnováhy energie a pro další úkony důležité pro život (Zeman a kol., 2006).

#### 3.3.5.2 Energetická hodnota

Zvíře v průběhu svého života potřebuje značné množství energie jak pro vlastní existenci, tak pro požadovanou produkci. Část této energie je uvolňována do prostředí jako teplo. Energetická hodnota je schopnost krmiva pokrýt a uhradit tyto energetické výdaje (Kulovaná, 2001a). Obsah energie je velmi často využíván k účelu porovnání krmiv mezi sebou a k hodnocení jejich kvality (Van Saun, 2016).

Kvalitní píce je důležitým prvkem, protože, jak již bylo zmíněno, dává zvířeti schopnost uspokojit živinové potřeby a také dodává živiny pro produkci (Van Saun, 2016).

### 3.4 Vlákna a její význam

#### 3.4.1 Chemické složení vlákniny

Rostliny se skládají z buněk, které mají buněčné stěny. Tyto buněčné stěny jsou vláknitého charakteru a slouží jako opora a ochrana rostliny. Buněčná stěna je hlavní složkou rostlinných krmiv, a proto se při hodnocení píce charakterizuje právě obsah vláknitých složek buněčných stěn (Anon., 2016). Takováto analýza píce je nejpoužívanější, ale neposuzuje a neměří stravitelnost píce (Newman et al., 2006). Obecně jsou strukturální části rostlin také nazývané vlákna neboli sacharidový komplex (Láchová, 2013).

Vlákninu nelze považovat za jednotvárný materiál. Rozdíly jsou viditelné po chemické, nutriční i fyzikální stránce (Van Soest et al., 1991). Vlákna je komplex látek. Jedná se hlavně o polysacharidy. Je složena z celulózy, jejíž obsah je zastoupen v největším množství. Jako další část vlákniny se považuje hemicelulóza, různé pektinové látky, guma, rostlinné slizy a v neposlední řadě také lignin (Kacerovský a kol., 1990).

##### 3.4.1.1 Celulóza

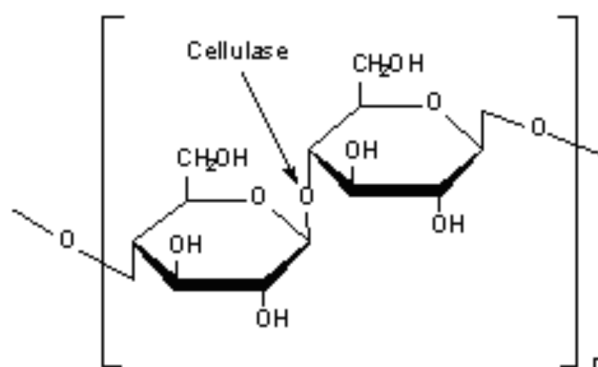
Celulóza je látkou, která je nejrozšířenější na Zemi a je organického původu (Heldt et al., 2011). Považuje se za strukturální polysacharid, který se vyskytuje u vyšších rostlin v jejich buněčných stěnách (Velíšek a Hajšlová, 2009). V buněčné stěně rostlin je zastoupená v největším množství a obvykle ji lze najít společně s pektinem, ligninem a hemicelulózou

(Belitz et al., 2009). V rostlinách je celulóza obsažena v poměrně velkém rozmezí. Sušina rostlin obsahuje zhruba 20–45 % celulózy (Jelínek a kol., 2003), přičemž v suchém dřevě je celulózy zhruba 45 %. Jedná se o makromolekulu složenou z cukrů. Tento nerozvětvený lineární polymer je složený z glukózy, přesněji z D-glukózy. Tyto glukózové podjednotky jsou mezi sebou pospojované pomocí  $\beta$ -1,4 glykosidických vazeb, jak ukazuje obrázek č. 4 (Pérez et al., 2002).

Celulóza je schopna vytvářet svazky, které se nazývají protofibrily neboli základní fibrily. Protofibrily jsou pokryty velmi tenkou vrstvou, která je tvořena hemicelulózou a ligninem a taktéž jsou schopné utvářet svazky. Ty se nazývají mikro fibrily (Jelínek a kol., 2003) a jsou nepropustné pro vodu (Heldt et al., 2011). Stěny rostlinných buněk jsou tvořeny právě z mikro fibril, které představují základní síť. Jsou mezi sebou pospojovány prostřednictvím dvou spojů. Tyto spoje jsou kovalentní vazby a nevazebné interakce, které pojí mikro fibrily s hemicelulózou, ligninem a také pektinem (Velíšek a Hajšlová, 2009). Mikro fibrily se vyznačují vysokou pevností a odolností vůči tahu, taktéž jsou poměrně stabilní vůči hydrolýze a biologickému i chemickému rozkladu (Heldt et al., 2011).

Co se týče stravitelnosti, tak o něco lépe stravitelnější je celulóza obsažená v mladších rostlinách. Stravitelnost je taktéž ovlivněna obsahem ligninu, pokud jeho obsah stoupá, pak je celulóza hůře stravitelná (Jelínek a kol., 2003). Celulóza je také látkou, která je nerozpustná ve vodě (Belitz et al., 2009).

Celulóza je obsažená hlavně v buněčných stěnách vyšších rostlin, ale lze jí najít i u zelených řas. V ojedinělých případech ji lze objevit ve stěnách buněk mořských jednodušších organismů a také je její přítomnost prokázána u některých hub (Velíšek a Hajšlová, 2009).



Obrázek č. 4: Celulóza (<http://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/enzyme-explorer/learning-center/lysing-enzymes.html>)

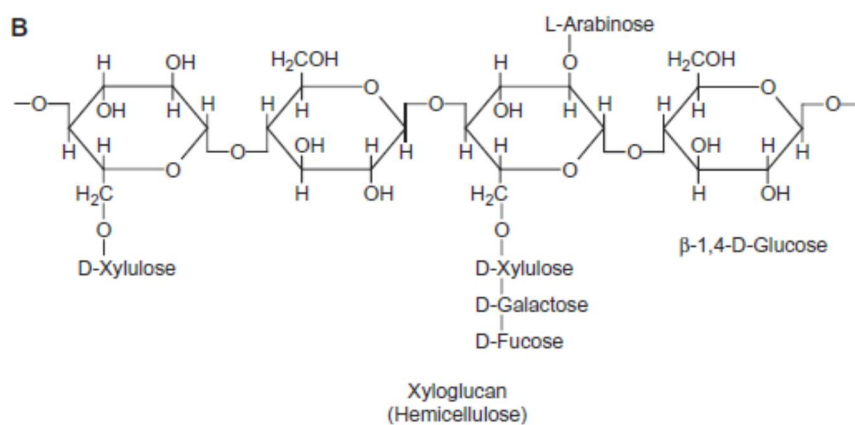


### 3.4.1.2 Hemicelulóza

V buněčné stěně rostlin lze také najít hemicelulózu, která patří k jejím velmi důležitým složkám (Heldt et al., 2011). V suchém dřevě se vyskytuje asi 25–30 % hemicelulózy. Stejně tak jako u celulózy se jedná o polysacharid, ale molekulová hmotnost hemicelulózy je nižší (Pérez et al., 2002). Jedná se o polymer pentóz, hexóz a cukerné kyseliny, který je heterogenní (Saha, 2003). Jejím úkolem je v prostorech buněčných stěn vyplňovat místa mezi celulóзовými vlákny (Belitz et al., 2009).

Hemicelulóza je tvořena z několika polysacharidů, které se skládají například z D-glukózy a dále jsou její součástí také D-galaktóza, D-manóza, D-fukóza, které patří do hexóz nebo pentózy L-arabinóza a D-xylóza (Heldt et al., 2011). Tyto cukry jsou tedy stavební jednotky a jsou spojené několika typy glykosidických vazeb, jako jsou například  $\beta$ -1,4 nebo  $\beta$ -1,3 glykosidické vazby (Pérez et al., 2002).

Rozdíl mezi celulózou a hemicelulózou je v tom, že hemicelulóza není chemicky homogenní (Saha, 2003). Obsahuje boční řetězce, které jsou krátké a také se skládají z různých cukrů. Hemicelulóza nevytváří shluky (Pérez et al., 2002). Příklad hemicelulózy ukazuje obrázek č. 5.



**Obrázek č. 5: Hemicelulóza (Heldt et al., 2011)**

### 3.4.1.3 Lignin

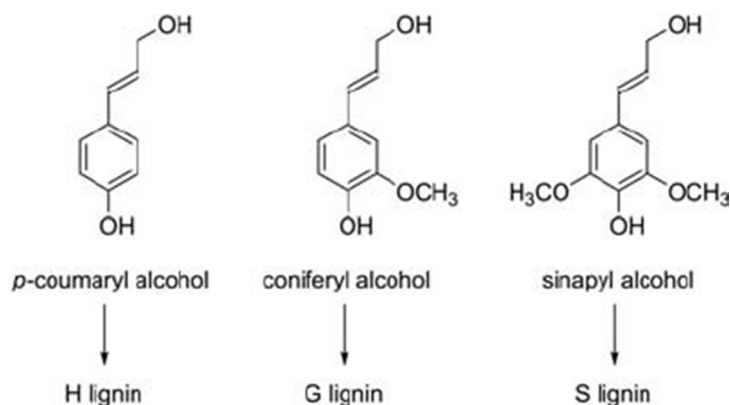
Lignin je stejně tak jako celulóza v přírodě velmi hojnou látkou. Je v podstatě hned po celulóze druhou nejvíce zastoupenou látkou na Zemi. V suchém dřevě je lignin zastoupen zhruba ve 30 % (Heldt et al., 2011). Funkce ligninu v rostlině spočívá v udržování pevnosti a tuhosti buněčné stěny, jejíž je součástí (Moore and Jung, 2001). Dále funguje například jako bariéra proti mikrobiálnímu napadení (Pérez et al., 2002).

Jedná se o heteropolymer, který je amorfni a nerozpustný ve vodě a je také opticky neaktivní. Skládá se z fenylpropanových jednotek, které jsou vzájemně pospojované různými

typy vazeb a je syntetizován z prekurzorů coniferyl alkoholu, sinapyl alkoholu a kumaryl alkoholu, jak poukazuje obrázek č. 6 (Pérez et al., 2002). Lignin je tvořen polymerací těchto látek a výsledkem je vznik velmi pevné struktury. Lignin je také pomocí kovalentních vazeb vázán na celulózu (Heldt et al., 2011).

Negativní vliv ligninu na nutriční vlastnosti má za následek to, že je považován za nekvalitní složku krmiv (Moore and Jung, 2001). Výskyt ligninu v buněčné stěně napomáhá dřevnatění různých rostlinných částí, jako například stonku u bylin. Buňky v buněčné stěně odumírají a získávají funkci podpurnou. Obsah ligninu v rostlinách je různý a rostliny jsou schopné jej syntetizovat ve chvíli poranění jako odpověď na tento jev (Heldt et al., 2011).

Zastoupení ligninu se mění se stárnutím rostliny. Čím je rostlina starší, tím větší množství ligninu obsahuje v buněčných stěnách. Lignin je ve své podstatě zcela nestravitelný a působí negativně při trávení buněčných stěn rostlin (Newman et al., 2006).



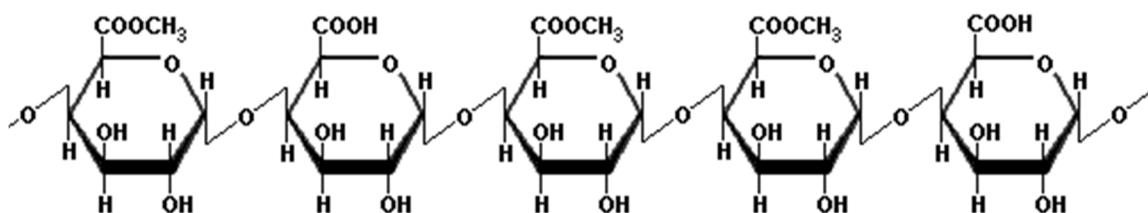
**Obrázek č. 6: Prekurzory ligninu ([https://www.researchgate.net/figure/284702488\\_fig1\\_Figure-1-Lignin-precursors-p-coumaryl-alcohol-H](https://www.researchgate.net/figure/284702488_fig1_Figure-1-Lignin-precursors-p-coumaryl-alcohol-H))**

#### 3.4.1.4 Pektin a pektinové látky

Pektin je další velmi důležitou látkou, která je obsažena v rostlinách, přesněji v buněčných stěnách rostlin (Heldt et al., 2011). Jeho zastoupení v buněčné stěně rostlin je asi třetinové (Sriamornsak, 2003). Jedná se o polysacharid, který je funkčně i strukturálně velmi komplexní (Mohnen, 2008). Tento polysacharid je tvořen ze zbytků kyseliny D-galakturonové. Jednotky této kyseliny se vzájemně spojí, tento spoj je proveden pomocí 1-4 glykosidických vazeb (Ridley et al., 2001). Pektin je lineární a skládá se z několika set nebo až jednoho tisíce sacharidových jednotek (Sriamornsak, 2003). Co se týká rozpustnosti, pektin je na rozdíl od výše zmíněné celulózy, hemicelulózy a ligninu rozpustný (Heldt et al., 2011). Vzorec pektinu je vyobrazen na obrázku č. 7.

Obsah pektinu v buněčných stěnách rostlin je různý. Zhruba 35 % pektinu je obsaženo ve stěnách dvouděložných a jednoděložných rostlin, 2–10 % u trav a asi 5 % u dřevitých rostlin. Pektin lze najít v místech, kde buněčné stěny obklopují buňky rostoucí a dělicí. Také je obsažen v buněčných rozích a v neposlední řadě také v měkkých částech rostlin. Výše vyjmenovaná místa jsou prostory, kde je pektin nejvíce soustředěn (Mohnen, 2008).

Pektin ovlivňuje řadu fyziologických pochodů v rostlinách a tím silně účinkuje na integritu a tuhost tkání (Voragen et al., 2009). Je tedy látkou, která má mnoho funkcí. Může ovlivňovat růst a vývoj rostlin, morfologii, také má význam při signalizaci a při obraně rostliny proti patogenům. Důležitou schopností pektinu je jeho vlastnost působit jako gel (Mohnen, 2008). Obsah pektinu v buněčných stěnách rostlin ovlivňuje samotné vlastnosti stěn. Působí na povrchový náboj stěny, na její pórovitost, ovlivňuje pH a iontovou rovnováhu. Díky tomuto má velký vliv a podíl na transportu iontů buněčnou stěnou (McNeil et al., 1984). Funguje také jako lepidlo, které pojí jednotlivé buňky k sobě. Jeho význam je i v potravinářství, kde je možné jej využít pro přípravu džemů nebo želé (Heldt et al., 2011).



Obrázek č. 7: Pektin

(<http://www.dynamicscience.com.au/tester/solutions1/chemistry/foodchemistry/pectin.htm>)

### 3.4.2 Vlákna a její frakce

Každé krmivo se vyznačuje tím, že má jiný obsah vlákniny. Vlákna poukazuje na samotnou stravitelnost krmiva, ale také ovlivňuje množství, které sežere zvíře. Kvalitní seno může obsahovat menší množství vlákniny a tím pádem je lépe stravitelné. Naopak je tomu u sena, které je posečeno pozdě. V tomto případě je obsah vlákniny vyšší a seno je hůře stravitelné a zvířata přijmou menší množství (Rayburn, 2014).

Pokud hodnotíme stravitelnost píce, používá se několik ukazatelů. Prvním je hrubá vlákna, která se označuje CF, dále neutrálně detergentní vlákna neboli NDF a jako poslední acido detergentní vlákna, která se ve zkratce popisuje jako ADF. Stravitelnost píce se dle CF hodnotila spíše v dřívějších dobách. Dnes jsou důležité hlavně frakce vlákniny, mezi které řadíme NDF a ADF. Všechny tyto hodnoty slouží k hodnocení vlákniny (Koukolová a Homolka, 2008).

#### 3.4.2.1 Hrubá vláknina

Jedná se o parametr, který zahrnuje celulózu, hemicelulózu a lignin, tedy zahrnuje zbytky buněčných stěn (Třináctý et al., 2000). Hrubá vláknina je v podstatě zbytek rostlinné potravy po extrakci slabou kyselinou a poté slabou zásadou (Trowell, 1976). Tento parametr se užíval v základních rozborech krmiv při Weendenské analýze, ale v dnešních dobách jsou používané analýzy, při kterých se s tímto ukazatelem nepočítá. Hrubá vláknina nepopisuje množství vlákniny ve vzorku, a co se týče hodnocení a kvality krmiv, má velmi malou vypovídající hodnotu (Třináctý et al., 2000).

#### 3.4.2.2 Neutrálně detergentní vláknina

Neutrálně detergentní vláknina je v podstatě obsah buněčných stěn rostlin (Rayburn, 2014). Jedná se o celkový podíl vlákniny, tudíž sem patří celulóza, hemicelulóza a také lignin. Pokud je v píci vysoký obsah NDF, tak to obvykle znamená i vysoký obsah celkové vlákniny. Proto je vhodnější, pokud je NDF nižší hodnoty (Newman et al., 2006).

Rostlina v procesu stárnutí a zrání tvoří větší množství buněčných stěn, a proto se obsah NDF postupně zvyšuje. Pokud se bude obsah neutrálně detergentní vlákniny zvyšovat, dojde postupně ke snížení příjmu sušiny zvířetem a k větší intenzitě žvýkání. NDF slouží jako velmi vhodný ukazatel, dle kterého lze hodnotit kvalitu krmiva a také stáří rostlin. Pokud by v travních porostech určených pro tvorbu píce bylo méně než 50 % NDF, bylo by toto krmivo považováno za velmi kvalitní. V případě, že by se obsah NDF pohyboval od 60 % do vyšších hodnot, bylo by toto krmivo považováno za nekvalitní. Co se týče hodnocení porostů jetelovin, pak by kvalitním krmivem byl označován porost s obsahem NDF nižším než 40 %, ale pokud by obsah byl nad 50 %, pak by byl porost považován naopak za nekvalitní (Van Saun, 2016).

Neutrálně detergentní vláknina má svou podmnožinu, kterou je ADF neboli acido detergentní vláknina (Van Saun, 2016). NDF je ve spoustě případů používána pro hodnocení příjmu píce, zatímco ADF se velmi často používá pro hodnocení stravitelnosti (Newman et al., 2006).

#### 3.4.2.3 Acido detergentní vláknina

Acido detergentní vláknina je hodnota, která popisuje a zahrnuje celulózu, lignin a pokud je v rostlině přítomen, tak i oxid křemičitý (Newman et al., 2006). Obsahuje tedy nestravitelné nebo špatně stravitelné složky buněčné stěny a další odolné látky (Van Saun,

2016). Jedná se o vlákninu, která je rozpustná v kyselém prostředí. Přesněji se jedná o zbytky buněčné stěny, které jsou izolované po kyselé hydrolýze v roztoku kyseliny sírové (Láchová, 2013).

Acido detergentní vláknina je ukazatelem stravitelnosti všech různých druhů rostlin, kupříkladu hlavně trav a jetelovin (Rayburn, 2014). Jedná se o frakci krmiva, která je méně stravitelná. Je tedy prokázáno, že vyšší hodnoty ADF stravitelnost snižují a naopak. Proto je žádoucí nižší obsah ADF (Newman et al., 2006).

Acido detergentní vláknina je podmnožinou NDF. ADF je díky svým vlastnostem využívána pro hodnocení energetického obsahu krmiva. Při hodnocení travní píče by bylo nejvhodnější dosáhnout méně než 35 % obsahu ADF u jetelovin a trav (Van Saun, 2016).

### **3.4.3 Význam vlákniny**

Vláknina je složkou velmi významnou a zastává mnoho důležitých funkcí. Pro zvířata je neopomenutelnou složkou krmiva a jedná se o potřebnou živinu, kterou býložravá zvířata nemohou postrádat (Van Soest, 1991). Vláknina se skládá, jak již bylo zmíněno, z celulózy, hemicelulózy, ligninu, kutinu a dalších látek. Podle toho v jakém poměru tyto látky jsou, hlavně celulóza a hemicelulóza, lze měřit stravitelnost vlákniny. Obsah vlákniny je v sušině krmiva různý. Obvykle se pohybuje od 5 % do 40 %. Stejně tak jako je různý obsah vlákniny v sušině, tak je i různý požadavek zvířat na vlákninu, kterou obsahuje jejich krmivo. U koní je optimální zastoupení vlákniny v krmivu asi 10–20 % (Zeman a kol., 2006).

Zeman (2006) uvádí několik příkladů, jakým způsobem vláknina ovlivňuje výživu zvířat. Vláknina je jednou z látek, která zabezpečuje mechanické nasycení zvířat a tím pádem omezuje příjem krmiva zvířetem. Taktéž je velmi důležitá pro podporu peristaltiky střev a u přežvýkavců nezanedbatelně ovlivňuje motoriku bачoru. Tím, že působí na pohyby střev i bачoru, ulehčuje posun potravy při průchodu trávicí trubici (Pukyšová, 2014). V neposlední řadě má její obsah vliv také na stravitelnost krmiva (Zeman a kol., 2006). Důležité při výživě zvířat je také vstřebávání vody, při kterém taktéž napomáhá právě vláknina. V některých případech na sebe váže i některé látky z potravy, kterými může být kupříkladu cholesterol (Pukyšová, 2014).

Vláknina nesmí být opomíjena při sestavování krmných dávek. Jedná se o zdroj stravitelných živin, a proto má také podíl na energetické hodnotě krmiva, kterou ovšem ovlivňuje spíše negativně (Kudrna a kol., 1998). Pokud se vláknina vyskytuje v krmné dávce v příliš velkém množství, dochází k menšímu příjmu krmiva a k menší koncentraci energie

(Mudřík et al., 2006) Obsah vlákniny také výrazně ovlivňuje stravitelnost ostatních živin, které se v krmivu vyskytují (Kudrna a kol., 1998).

Pokud je v píci vláknina zastoupena v optimálním množství, které zvíře vyžaduje, lze dosáhnout optimální produkce, kvalitní reprodukce a udržení dobrého zdraví zvířete (Zeman a kol., 2006).

## 4 MATERIÁL A METODY

Smyslem diplomové práce bylo vyhodnocení variability obsahu NDF ve studovaných vzorcích travního porostu a jeho vlivu na *in vitro* stravitelnost organické hmoty a sušiny. Výzkum pomocí *in vitro* metody byl volen z toho důvodu, že se jedná o levnější a rychlejší metodu než je stanovení *in vivo*. Na počátku práce byly stanoveny tři hypotézy. Cílem tohoto výzkumu je tyto hypotézy vyvrátit nebo naopak potvrdit (viz kapitola 5.3).

Celý výzkum probíhal na několika místech. Samotný odběr vzorku byl uskutečněn v Praze – Lipence a další zpracování vzorků a hodnocení bylo provedeno na půdě České zemědělské univerzity v Praze v prostorách fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů na katedře mikrobiologie, výživy a dietetiky.

### 4.1 Sledovaný předmět

Sledovaným vzorkem bylo suché objemné krmivo pro koně. Jednalo se o luční seno sklizené z louky, která je místy využívána pro pastvu a pravidelně obhospodařována. Na louce, z které byly vzorky odebrány, bylo přibližně určeno botanické složení travního porostu, jak ukazuje tabulka č. 3. Toto botanické složení bylo určováno před posečením a usušením vzorků. Po usušení byl vzorek použit na další testování a pro stanovení základních parametrů živin.

**Tabulka č. 3: Botanické složení travního porostu**

Trávy	Jeteloviny a další rostliny
Ovsík vyvýšený	Jetel luční
Srha laločnatá	Jitrocel kopinatý
Kostřava luční	Hluchavka bílá
Psineček obecný	Šťovík kyselý
Lipnice luční	/
Jílek vytrvalý	/

### 4.2 Místo odběru

#### 4.2.1 Popis místa

Místem odběru byl travní porost, který je využíván obvykle jako pastva pro koně a v některých případech pro produkci lučního sena. Rozloha louky je 9406 m<sup>2</sup> a při pastvě

se zde pase 7 koní různých plemen, přičemž pastva není vytížená režimem 24/7, ale slouží pouze jako přechodné stanoviště v době regenerace větších pastevních ploch.

Travní porost se nachází v lokalitě Prahy – Lipencích, zeměpisné souřadnice jsou 49.96207 severní šířky a 14.36165 východní délky. Tato oblast patří do klimatického regionu T2 – teplý, mírně suchý region, kde průměrná roční teplota dosahuje cca 8–9 °C a roční úhrny srážek dosahují hodnot 500–600 mm. Bodová výnosnost půdy je označena hodnotou 33 na stupnici od 0 do 100. Nadmořská výška pastviny je cca 260 m n.m. a je zde poměrně suchá, tvrdá a kamenitá půda, která může taktéž ovlivnit skladbu rostlin, které zde rostou. Obrázek č. 8 ukazuje modrou barvou plochu pastviny a červeně vyznačená plocha upřesňuje místo odběru.



**Obrázek č. 8: Letecký pohled na celý travní porost a na místo odběru vzorku**

#### **4.2.2 Způsob odběru**

Na pastvině bylo vyhrazeno 5 čtverců o výměře 1 m x 1 m a bylo určeno botanické složení porostu. Celkem bylo provedeno 5 sekání, přičemž první sklizeň byla započata v době, kdy byl travní porost ve fázi metání. Sečení nebylo opakováno a jedná se tedy jen o jednu seč. Všechny čtverce se sekaly pomocí srpu. Po posečení prvního čtverce se další čtverec sekal s odstupem jednoho týdne. Před sečením se travní porost přeměřil a hodnoty se zaznamenaly. Záznamům podléhala i teplota v den sečení a čas sečení. Sklizené seno se dále sušilo rozložené na plachtě na slunci. Seno se v průběhu sušení muselo chránit před deštěm, aby nebyl zkreslený další prováděný výzkum v případě, že by seno zmoklo, a poté bylo kupříkladu napadeno plísní. Po vysušení bylo seno sesbíráno a připraveno na přesun k dalšímu zpracování a k podrobné analýze. V následující tabulce č. 4 je uveden podrobný zápis informací o jednotlivých vzorcích z každého posečeného čtverce.



**Tabulka č. 4: Záznamy o jednotlivých odběrech vzorků**

Číslo čtverce	Datum sečení	Čas sečení	Výška porostu	Teplota v den sečení
1	20. 5. 2016	14:50	cca 70 cm	22 °C
2	27. 5. 2016	14:10	cca 80–100 cm	23 °C
3	3. 6. 2016	17:20	cca 130 cm	16 °C
4	10. 6. 2016	16:10	cca 130 cm	22 °C
5	18. 6. 2016*	18:50	cca 130 cm	23 °C

\*poznámka: posun kvůli nevhodnému počasí

### 4.3 Sledované parametry vzorku

Mezi stanovované parametry patří obsah sušiny, organické hmoty (OH), hrubé vlákniny (CF), ADF, NDF, dusíkatých látek (NL), tuku, bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV) a popelovin.

### 4.4 Metodika stanovení základních parametrů vzorku

Metody pro stanovení základních parametrů krmiv jsou rozdílné dle laboratoře. V závislosti na stáří metodiky se jednotlivé části při stanovení mohou mírně lišit. Vzorkem použitým pro analýzu bylo objemné krmivo. Jednalo se o luční seno. Celkem bylo zkoumáno 5 vzorků. Všechny parametry krmiva byly stanovované pomocí běžně využívaných metod.

### 4.5 Příprava vzorku

Úprava vzorku krmiva se provádí dle toho, o jaký typ krmiva se jedná a dle toho jaké má vlastnosti. Kupříkladu dle obsahu vlhkosti, obsahu tuku, dle konzistence, struktury a dalších vlastností.

Luční porost byl po vysušení na plachtě uchováván v igelitových pytlích, které byly přesně označené datem posečení a číslem posečeného čtverce. Pytle se senem byly poté převezeny, aby mohly být zpracovány k další analýze. Další příprava vzorku spočívala v sušení vzorků v sušárně. V sušárně byly vzorky ponechány dva dny a sušily se při teplotě 50 °C. Po tomto vysušení se ponechaly jeden den mimo sušárnu, pro nachytání vzdušné vlhkosti. Až po této úpravě se vzorky semlely. Semletí bylo provedeno proto, aby bylo dosaženo homogenity vzorku.

#### Pomůcky a přístroje:

- Mlýnek na hrubší části, plechové plato na sušení vzorků, sušárna, váha, plastové prachovnice, síto (4,2 a 1 mm), lihový popisovač

#### Postup přípravy vzorku:

Luční seno bylo nejdříve zváženo na plechovém platu. Po zvážení následovalo sušení po dobu dvou dnů při teplotě 50 °C. Pokud by se seno sušilo při vyšší teplotě, došlo by k jeho znehodnocení. Při sušení byla sušárna pootevřená, aby bylo docíleno intenzivního větrání. Po dvou dnech bylo seno vyndáno na jeden den mimo sušárnu, aby nachytalo vzdušnou vlhkost. Další den byl porost zvážen a byla zjištěna předsušina, která byla cca 87 %. Dalším krokem bylo semletí lučního sena pomocí mlýnku, nejdříve na částice o délce 4 mm, kvůli délce porostu a poté na velikost 1 mm. Vzniklý vzorek byl umístěn do uzavíratelných prachovnic.

## 4.6 Pracovní postupy

### 4.6.1 Stanovení sušiny

#### Pomůcky a přístroje:

- Sušárna Memmert, analytická váha, exikátor, spalovací kelímky

#### Postup:

V prvním kroku byly sušeny spalovací kelímky po dobu 4 h v sušárně při teplotě 105 °C. Poté se kelímky vložily na 1 h do exikátoru, aby zchladly. Po vychladnutí byly kelímky zváženy. V dalším kroku bylo do každého spalovacího kelímku naváženo 5 g vzorku.

Takto připravené vzorky byly vloženy do sušárny, kde byly při teplotě 105 °C sušeny do konstantní hmotnosti. Po vysušení se kelímky vyjmuly a byly vloženy na 1 h do exikátoru. Následovalo zvážení kelímků spolu se vzorkem a výpočet obsahu sušiny.

Tyto spalovací kelímky se vzorkem byly použité dále pro stanovení popela.

#### **Obsah sušiny v % se vypočítá dle vzorce:**

$$Y = (M_2 : M_1) \times 100 \quad (I)$$

#### **Legenda k vzorci:**

Y = sušina

M<sub>1</sub> = hmotnost navážky před vysušením

M<sub>2</sub> = hmotnost navážky po vysušení

### Některé orientační hodnoty sušiny u vybraných krmiv:

Seno, sláma 85–90 %

Zelená píce 15–30 %

Siláž 25–35 %

Senáž 35–50 %

### 4.6.2 Stanovení popela

#### Pomůcky a přístroje:

- Muflová pec LAC, spalovací kelímky, analytická váha, exikátor

#### Postup:

Vysušené spalovací kelímky obsahující 5 g vzorku byly umístěné do muflové pece. Zde byl vzorek pálen při teplotě 550 °C, dokud nezůstal pouze popel. Při teplotě 80–100 °C byly kelímky vyjmuty z pece a vloženy do exikátoru, kde se nechaly zchladnout alespoň 1 h. Po vychladnutí byly kelímky se získaným popelem zváženy na analytické váze. Váhový rozdíl před spálením a po spálení ukazuje množství popelovin.

#### **Obsah popela v % se vypočítá dle vzorce:**

$$P = (M_2 : M_1) \times 100 \quad (\text{II})$$

#### **Legenda k vzorci:**

P = popel

M<sub>1</sub> = hmotnost navážky před spálením

M<sub>2</sub> = hmotnost navážky po spálení

### 4.6.3 Stanovení organické hmoty

Organická hmota lze vypočítat, pokud známe obsah sušiny a popelovin. Jednoduchý výpočet lze provést i pro BNLV.

#### **Stanovení organické hmoty se provádí výpočtem dle rovnice:**

$$\% OH = 100 - \% \text{ popelovin} \quad (\text{III})$$

#### **Legenda k rovnici:**

OH = organická hmota

#### 4.6.4 Stanovení tuku

##### Pomůcky a přístroje:

- SER 148 Solvent Extractor (viz obrázek č. 12), baňky, analytické váhy, exikátor, sušárna Memmert, extrakční patrona, vata

##### Chemikálie:

- Petroléter

##### Postup:

Do sušárny byly vloženy skleněné baňky, které se sušily při 105 °C po 4 h. Poté se do extrakčních patron navázilo 5 g vzorku a patrony se utěsnily vatou, aby se vzorek nevysypal při manipulaci. V dalším kroku byly ze sušárny vyndány skleněné baňky a vložily se do exikátoru na 1 h, aby zchladly.

Následně byly tuby se vzorky umístěné do přístroje na extrakci tuků (jeden přístroj pro 6 vzorků). Pod tyto tuby byla dále umístěna extrakční baňka, která byla položena na vyhřívané plochy přístroje. V dalším kroku bylo do baňky naměřeno vhodné množství extrakčního činidla – petroléteri. Poté byla zapnuta analýza vzorků.

V první fázi analýzy byly tuby ponořené v baňkách a započala extrakce. Tato fáze probíhala zhruba 20 min. V druhé fázi, washing, byly tuby pozvednuté. Petroléter prošel chladičem a promýval vzorek. Tato fáze probíhala 45 min. Poslední fáze, recover, probíhala opět 45 min a po jejím ukončení zůstal ve skleněných baňkách extrakt.

Baňky se získaným extraktem byly vloženy do sušárny. Sušení probíhalo zhruba 4 h při teplotě 105 °C. Po vysušení byly baňky vloženy do exikátoru a asi po hodině se vyndaly a zaznamenala se váha baňky s extraktem tuku.

##### **Obsah tuku v % se vypočítá dle vzorce:**

$$T = [(X - Y) : N] \times 100 \quad (IV)$$

##### **Legenda k vzorcí:**

T = tuk

N = navážka vzorku

X = hmotnost extrakční baňky s vyextrahovaným tukem

Y = hmotnost čisté extrakční baňky

#### 4.6.5 Stanovení dusíkatých látek

##### Pomůcky a přístroje:

- Skleněné tuby, lodička, analytická váha, mineralizační hnízdo, FOSS Kjeltec 2300 Analyzer

##### Chemikálie:

- Kyselina sírová, peroxid vodíku, tableta Kjeldahl, destilovaná voda

##### Postup:

Do připravených skleněných tub bylo naváženo na analytické váze 0,5 g vzorků za pomoci lodičky. Poté bylo zapnuto mineralizační hnízdo, aby se předešlo na 420 °C. Do tuby s naváženým vzorkem byla přidána jedna tableta Kjeldahl a dále 10 ml kyseliny sírové. Následně bylo nutné vzorky lehce promíchat.

V dalším kroku bylo přidáno 10 ml peroxidu vodíku. Po přidání peroxidu nastala reakce a vzorky se nechaly probublat. Při této fázi bylo nutné nechat zapnuté odsávání, aby nedošlo k úniku zápachu do prostoru. Poté byly tuby umístěné do mineralizačního hnízda, kde se vařily po dobu 1 h při 420 °C.

Po uplynulé hodině byly tuby vybrané z hnízda a ponechaly se asi 30 min zchladnout. Po zchladnutí bylo do každé tuby přidáno 10 ml destilované vody a poté byly vzorky jednotlivě vkládány do přístroje FOSS Kjeltec 2300, kde byly analyzovány (viz obrázek č. 11).

##### **Obsah dusíkatých látek v % se vypočítá dle vzorce:**

$$X = \left[ \frac{(C \times F)}{N} \right] \times 6,25 \quad (V)$$

##### **Legenda k vzorci:**

C = množství spotřebované 0,1 N HCl

F = faktor pro přepočet titračních roztoků na ekvivalent dusíku – pro 0,1 N HCl = 0,14

N = navážka vzorku v g

6,25 = koeficient přepočtu N na NL

#### 4.6.6 Stanovení vlákniny

##### Pomůcky a přístroje:

- Hydrolyzátor vlákniny – ANKOM<sup>200/220</sup> Fibre Analyzer, filtrační sáčky ANKOM F57, impulzní svářečka sáčků, exikátor, sušárna Memmert, analytická váha, popisovač, varná konvice, muflová pec LAC, odměrný válec

### Chemikálie:

- Roztok kyseliny sírové, destilovaná voda, roztok hydroxidu sodného, aceton

### Postup přípravy roztoků:

Nejdříve bylo nutné připravit roztoky k analýze. Do 2 l destilované vody se přililo 13,66 ml 96% kyseliny sírové. Druhý roztok se připravil tak, že ve 2 l destilované vody bylo rozpuštěno 25,04 g hydroxidu sodného. Oba roztoky se poté nechaly do druhého dne odstát.

### Postup:

V prvním kroku byly filtrační sáčky označeny popisovačem, který je odolný proti rozpouštědlům. Sáčky byly poté umístěny do sušárny po dobu 4 h a při teplotě 105 °C. Po 4 h byly sáčky vybrány a přemístěny do exikátoru, kde setrvaly po dobu 1 h. Dalším krokem bylo zvážení prázdných pytlíčků. Poté se do každého sáčku navážilo 0,5 g vzorku. Aby se vzorek nedostal při analýze ze sáčku, byl sáček svařen svářečkou.

Takto připravené vzorky byly vloženy do nosiče. Jednotlivé díly se skládaly na sebe, byly pootočené o 120° a poslední oddíl sloužil jako víko. Na nosič sáčků bylo umístěno závaží, které sloužilo k tomu, aby udrželo nosič ponořený. Poté byl celý nosič vložen do přístroje ANKOM (viz obrázek č. 10).

Následovalo vaření vzorků v kyselině sírové po 30 min. Před tím, než uplynula doba 30 min, byl proveden ohřev destilované vody na promytí vzorku. Po uplynutí 30 min byla z přístroje odpuštěna kyselina sírová a vzorky byly promyty destilovanou vodou 3x po sobě po dobu 5 min a při zapnutém míchání. V dalším kroku byl do přístroje přilít hydroxid sodný. Opět probíhala hydrolyza vzorku po dobu 30 min a následovaly další kroky shodné s předchozím postupem. Při posledním promývání vzorku byla místo horké destilované vody použita voda studená z důvodu ochlazení vzorků.

Po vyjmutí nosiče z přístroje a vyndání vzorků, byly vzorky promyty v acetonu po dobu 5 min a za stálého míchání. Po promytí se nechaly odkapat a odvětrat alespoň 1 h. Až po tomto vyvětrání acetonu byly vzorky vloženy do sušárny a 4 h se sušily při 105 °C. Po usušení byly ze sušárny vyjmuty a vloženy na 1 h do exikátoru. Po zchladnutí se zaznamenala váha.

Posledním krokem bylo vložení sáčků do předem vysušených spalovacích kelímků. Dále se zaznamenala váha kelímků se vzorky a poté byly plné kelímky vloženy do spalovací muflové pece. Spalování probíhalo při 550 °C zhruba 4 h do úplného spálení organických látek. Po spálení byly kelímky se vzorky vloženy do exikátoru a po hodině, kdy zchladly, se zaznamenala jejich hmotnost.

**Obsah vlákniny v % se vypočítá dle vzorců:**

$$CF = \frac{(W_3 - (W_1 \times C))}{W_2} \times 100 \quad (\text{VI})$$

$$C = \frac{W_3}{W_1} \quad (\text{VII})$$

**Legenda k vzorcům:**

C = korekce

W<sub>1</sub> = hmotnost prázdného sáčku

W<sub>2</sub> = navážka vzorku

W<sub>3</sub> = hmotnost sáčku po analýze – W<sub>4</sub>

W<sub>4</sub> = popel (hmotnost kelímku po spálení – hmotnost prázdného kelímku)

#### **4.6.7 Stanovení frakce ADF a NDF**

Pomůcky a přístroje:

- Hydrolyzátor vlákniny – ANKOM<sup>200/220</sup> Fibre Analyzer, filtrační sáčky ANKOM F57, impulzní svářečka sáčků, exikátor, sušárna Memmert, analytická váha, popisovač, varná konvice, odměrný válec, muflová pec LAC

Chemikálie NDF:

- Siřičitan sodný, amyláza, aceton, EDTA, destilovaná voda, laurylsíran sodný, tetraboritan sodný, triethylenglykol, hydrogenfosforečnan sodný bezvodý

Chemikálie ADF:

- Kyselina sírová, destilovaná voda, aceton, cetyltrimethylamoniumbromid – CTAB

Postup přípravy roztoků:

Pro přípravu roztoku NDF bylo potřeba ve 2 l destilované vody rozpustit za horka 37,22 g EDTA a 13,62 g tetraboritanu sodného. Poté bylo přidáno 60 g laurylsíranu sodného, po jehož rozpuštění se přisypalo 23 g hydrogenfosforečnanu sodného bezvodého. Jako poslední bylo dodáno 20 ml triethylenglykolu. Roztok se nechal do druhého dne odstát.

Při přípravě roztoku ADF byly použity 2 l destilované vody, do které se přidalo 13,66 ml 96% kyseliny sírové. Ve výsledném roztoku bylo poté rozpuštěno 40 g CTAB. Nakonec se roztok nechal do druhého dne odstát.

#### Postup stanovení NDF:

Filtrační sáčky byly připraveny stejným způsobem jako při analýze stanovení vlákniny popsané v předchozí podkapitole 4.6.5. Jako další krok bylo v části roztoku NDF rozpuštěno 20 g siřičitanu sodného a vzorky ve filtračních sáčcích byly umístěny do nosiče a do přístroje ANKOM (viz obrázek č. 10).

Dalším krokem bylo zalití filtračních sáčků roztokem NDF se siřičitanem sodným a poté se přilil zbytek roztoku NDF. Jako poslední byly přidány 4 ml amylázy a přístroj byl spuštěn. Časovač byl nastaven na 60 min. Analýza probíhala při zapnutém míchání a při teplotě 100 °C. Asi 5 minut před uplynutím nastavených 60 min byla ohřátá destilovaná voda na promytí vzorků.

Vzorky byly promývány po vypuštění roztoku z přístroje. Byla použita horká destilovaná voda s příměsí 4 ml amylázy. Proplachování bylo prováděno po dobu 5 min při zapnutém míchání. Poté byla destilovaná voda vypuštěna z přístroje a vzorky byly promyty ještě dvakrát. Poslední promytí bylo prováděno bez amylázy, pouze destilovanou vodou. Po posledním propláchnutí byla do přístroje přidána studená destilovaná voda, aby byly vzorky ochlazené a vyjmul se nosič.

Dále byly sáčky vyndány z nosiče a jemně se z nich vymačkala voda. Poté byly vloženy do kádinky s acetonem, kde byly ponořené, a za stálého míchání se zde promývaly po dobu 5 min. Následným krokem bylo ponechání sáčků na vzduchu po dobu 1 h, aby byl odvětrán aceton. Až poté byly filtrační sáčky umístěny do sušárny a 4 h se sušily při 105 °C. Po usušení byly vyjmuté ze sušárny a vložily na 1 h do exikátoru, kde zchladly. Posledním krokem bylo zvážení sáčků na analytické váze.

#### Postup stanovení ADF:

Filtrační sáčky, které byly podrobeny nejprve analýze NDF, byly vloženy do nosiče a poté do přístroje ANKOM. Sáčky byly v následujícím kroku zality roztokem ADF a na přístroji se zapnulo míchání a topení. Analýza probíhala po dobu 60 min při teplotě 100 °C. Poté, co uplynula tato doba, bylo vypnuté míchání a topení a byl vypuštěn roztok.

Následovalo promývání horkou destilovanou vodou při zapnutém míchání. Proplachování se opakovalo celkem třikrát a trvalo vždy 5 min. Po posledním promytí byly sáčky zality studenou destilovanou vodou, aby se ochladily, a bylo možné nosič vyjmout z přístroje.

V dalším kroku byla z filtračních sáčků vymačkána voda a byly umístěny do kádinky s acetonem. Zde byly promíchávány a promývány po dobu 5 min. Poté byly sáčky vyjmuty



a nechaly se odvětrat alespoň 1 h. Po uplynutí 1 h byly filtrační sáčky vloženy do sušárny, kde se po dobu 4 h sušily při 105 °C. Následně byly sáčky se vzorkem umístěné do exikátoru alespoň na 1 h a po ochlazení se zvažily.

Posledním krokem bylo vysušení spalovacích kelímků v sušárně po dobu 4 h. Tyto kelímky se poté daly schladit do exikátoru. Dále byly spalovací kelímky zvaženy na analytické váze a vložily se do nich filtrační sáčky se vzorkem. Takto připravené vzorky byly umístěné do muflové pece, kde se spalovaly při 550 °C alespoň 6 h. Po 6 h byly kelímky vyndány a vloženy do exikátoru. Nakonec se zvažily.

**Obsah NDF a ADF v % se vypočítá dle vzorce:**

$$NDF (ADF) = \frac{(W_3 - (W_1 \times C))}{W_2} \times 100 \quad (VIII)$$

$$C = \frac{W_3}{W_1} \quad (VII)$$

**Legenda k vzorcům:**

C = korekce

W<sub>1</sub> = hmotnost prázdného sáčku

W<sub>2</sub> = navážka vzorku

W<sub>3</sub> = hmotnost sáčku po analýze – W<sub>4</sub>

W<sub>4</sub> = popel (hmotnost kelímku po spálení – hmotnost prázdného kelímku)

#### **4.6.8 Stanovení BNLV = bezdusíkatých látek výtažkových**

Bezdušičaté látky výtažkové se vypočtou na základě znalosti obsahu ostatních živin v organické hmotě, tedy dusíkatých látek, tuku a hrubé vlákniny.

**Stanovení BNLV se provádí výpočtem dle rovnice:**

$$BNLV = OH - (NL + tuk + CF) \quad (IX)$$

**Legenda k rovnici:**

OH = organická hmota

BNLV = bezdusíkaté látky výtažkové

NL = dusíkaté látky

CF = hrubá vláknina

#### 4.6.9 Stanovení stravitelnosti – Daisy<sup>II</sup> Inkubátor

##### Pomůcky a přístroje:

- Přístroj na stanovení stravitelnosti – Daisy<sup>II</sup> Inkubátor (viz obrázek č. 9), filtrační sáčky ANKOM F57, impulzní svářečka sáčků, analytická váha, tužka, exikátor, sušárna Memmert, muflová pec LAC, spalovací kelímky, kádinka, kovová lžička, magnetická míchačka, odměrný válec, pipeta se špičkou určená pro úpravu pH, termoska, malá a velká bomba s CO<sub>2</sub>, sýrašské plátno

##### Chemikálie:

- Aceton, destilovaná voda, chemikálie pro pufrční roztoky A a B (viz tabulka č. 5)

**Tabulka č. 5: Chemikálie pro pufrční roztoky A a B**

Pufrční roztok A		Pufrční roztok B	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	10 g/l	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	15 g/l
MgSO <sub>4</sub> •7H <sub>2</sub> O	0,5 g/l	Na <sub>2</sub> S•9H <sub>2</sub> O	1 g/l
NaCl	0,5 g/l	/	
NaCl <sub>2</sub> •2H <sub>2</sub> O	0,1 g/l	/	
Močovina	0,5 g/l	/	

##### Postup:

Filtrační sáčky byly nejprve označeny tužkou. Běžně využívaný popisovač odolný proti rozpouštědlům by mohl mít vliv na životaschopnost mikroorganismů použitého inokula. Poté byly filtrační sáčky vyprány v acetonu po dobu 5 min a ponechány 1 h volně na vzduchu k odvětrání. Následně byly filtrační sáčky sušeny při 105 °C po dobu 4 h. Po vysušení, byly vloženy na 1 h do exikátoru ke zchladnutí a poté byla zaznamenána jejich hmotnost. Poslední krok přípravy vzorků spočíval v navázce 5 g vzorku do filtračních sáčků a následným zatavením sáčku na pulsní svářečce. Takto připravené vzorky byly použity k analýze.

Do nádob v přístroji bylo v následujícím kroku přidáno 1500 ml roztoku A a 300 ml roztoku B tak, aby výsledné pH bylo 7. Cílového pH bylo docíleno pomocí postupného přidávání roztoku B do roztoku A. Oba tyto roztoky byly zahřáty v přístroji na 39 °C.

Následně se připravilo inokulum z koňských výkalů odebraných z rekta koně. Výkaly byly odebrány 3x od valacha plemene Český teplokrevník, jehož váha byla 500 kg. Věk koně byl 10 let. Valach byl ustájený v boxu a vypouštěný do výběhu s volným přístupem k vodě v automatické napáječce. V průběhu experimentu byl kuň připravován do drezury stupně L,

tedy vykonával práci. Před začátkem experimentu byl kůň odčervěn, byla provedena korektura kopyt a měl platné očkování. Váha koně byla zaznamenána před začátkem pokusu a po jeho skončení. Krmná dávka se skládala ze sena a ovsu a byla koni podávána 2x denně. Veškerý materiál, který se používal pro přípravu inokula, byl udržován při teplotě 39 °C, a to včetně filtračních sáčků.

Výkaly byly umístěny do míchadla, kam se přidalo 400 ml přehřátého pufovacího roztoku. Poté se zapnulo míchání na vysoké otáčky na dobu 30 s a za stálého sycení CO<sub>2</sub> se látky promíchaly. Dalším krokem bylo filtrování roztoku přes dvě vrstvy plátna a poté se inokulum vlilo do nádob v přístroji Daisy<sup>II</sup>.

Následovala inkubace za stálého míchání po dobu 48 h a při teplotě 39 °C. Po uplynutí doby inkubace byla tekutina odčerpána a obsah se promyl studenou vodou za minimálního míchání. Promývání bylo prováděno do té doby, dokud nebyla voda zcela čistá. Nakonec byly sáčky usušeny v sušárně při 105 °C a zváženy. Následně byly spáleny pro stanovení stravitelnosti organické hmoty.

**Stravitelnost organické hmoty v % se vypočítá dle vzorců:**

$$AR = (m_4 - m_1) \times C_1 \quad (X)$$

$$OMD = 100 - \frac{100 \times (DMR - AR)}{m_2 \times DM \times OM} \quad (XI)$$

**Stravitelnost sušiny v % se vypočítá dle vzorců:**

$$DMR = (m_3 - m_1) \times C_2 \quad (XII)$$

$$DMD = 100 - \frac{100 \times DMR}{m_2 \times DM} \quad (XIII)$$

**Legenda k vzorcům:**

$m_1$  = hmotnost prázdného sáčku

$m_2$  = navážka vzorku

$m_3$  = hmotnost sáčku se vzorkem po inkubaci a vysušení

$m_4$  = hmotnost sáčku se vzorkem po inkubaci a spálení

$C_1$  = korekce-popel (hmotnost sáčku po mineralizaci/hmotnost prázdného sáčku)

$C_2$  = korekce-sušina (hmotnost sáčku po inkubaci/hmotnost prázdného sáčku)

AR = hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci, vysušení a spálení

OMD = stravitelnost organické hmoty (%)

DM = obsah sušiny ve vzorku (% / 100)

OM = obsah organické hmoty v sušině vzorku (% / 100)

DMR = hmotnost vzorku po inkubaci a vysušení, bez sáčku

## 4.7 Použité přístroje

### 4.7.1 Daisy<sup>II</sup> Inkubátor – ANKOM technology

Daisy<sup>II</sup> Inkubátor od firmy ANKOM technology je přístroj, který určuje zdánlivou a skutečnou stravitelnost metodou *in vitro*. Analyzovat dokáže všechny typy krmiv a všechny druhy píce. Disponuje rychlou obsluhou a díky filtračním sáčkům a speciální technologii, která zapouzdří vzorky, jsou eliminovány chyby. Přístroj je schopen pracovat s více než 100 vzorky. Práce s tímto přístrojem sníží náklady na práci o více než 50 % a jeho provoz nevyžaduje příliš velké prostory.

Parametry přístroje		Parametry vzorku	
Provozní teplota	39,5 °C	Počet vzorků	> 100
Rozměry	144 cm x 47 cm x 64 cm	Velikost vzorků	0,25–1,0 g
Požadavky na napájení	110–240 V, 50/60 Hz	/	/
Hmotnost	34 kg	/	/
Filtrační sáček	Typ F57	/	/



Obrázek č. 9: Daisy Inkubátor (<https://www.ankom.com/product-catalog/daisy-incubator>)

#### 4.7.2 ANKOM Fibre<sup>200/220</sup> Analyzer – ANKOM technology

Přístroj ANKOM Fibre<sup>200/220</sup> Analyzer vyrábí firma ANKOM technology. Jedná se o zařízení, které zjišťuje obsah vlákniny a jejích frakcí ve vzorcích. Stanovuje například frakce CF, NDF a ADF. Pracuje se všemi typy krmiv a všemi druhy píce. Je velmi rychle nastaven a není potřeba náročného výcviku osoby, která jej obsluhuje. Přístroj funguje plně automaticky a je úsporný. Není příliš velký a vyžaduje tedy malý prostor pro provoz. ANKOM Fibre<sup>200/220</sup> Analyzer poskytuje přesné výsledky a je schopen zároveň analyzovat 24 vzorků. Za den je schopen zpracovat a zanalyzovat až 96 vzorků.

Parametry přístroje		Parametry vzorku	
Provozní teplota	100 °C	Počet vzorků za den	ADF – 144 NDF – 120 CF – 96
Rozměry	41 cm x 23 cm x 51 cm	Počet vzorků na dávku	24
Požadavky na napájení	120–240 V, 50/60 Hz	Velikost vzorků	0,5–1,0 g
Hmotnost	20 kg	/	/



Obrázek č. 10: ANKOM Fibre<sup>200/220</sup> Analyzer (<https://www.ankom.com/product-catalog/ankom-200-fiber-analyzer>)

### 4.7.3 FOSS Kjelttec 2300 Analyzer – FOSS

Tento přístroj slouží k zjišťování obsahu dusíkatých látek ve vzorku. Plně automaticky provádí Kjeldahlovu analýzu. V přístroji probíhá ředění vzorku, destilace, titrace i samotný výpočet a vypouštění tuby. Díky automatizovanému vypouštění tuby není nutné manipulovat s horkými činidly. Přístroj si sám automaticky dávkuje vše potřebné, proto je snížena možnost výskytu chyb. Kjelttec 2300 poskytuje přesné výsledky. Jedná se o úsporný systém, který má jednoduchou obsluhu. Celý přístroj je vyroben z odolného a lehce omyvatelného materiálu.

Parametry přístroje		Další parametry	
Okolní teplota	40 °C	Počet vzorků za den	400
Rozměry	53 cm × 44 cm × 76 cm	Čas měření	3,5 min při 30 mg N
Požadavky na napájení	200–240 V, 50-60 Hz	Čas zotavení po každém měření	0–15 s
Hmotnost	35 kg	/	/



Obrázek č. 11: FOSS Kjelttec 2300 Analyzer (<http://www.ibna.ro/en/activitate/lab/chimie.php>)

### 4.7.4 SER 148 Solvent Extractor – VELP Scientifica

SER 148 Solvent Extractor funguje dle tradiční Soxhletovy metody pro stanovení tuků. Jedná se o přístroj, který je schopen oddělit tuk od pevných nebo polotuhých vzorků. Pracuje za pomoci rozpouštědla a je až 5x rychlejší než tradiční Soxhlet. Rozpouštědlo v tomto přístroji je horké, a proto je analýza urychlena. Doba extrakce je zhruba 90 min. Jeho výhody jsou v nízké spotřebě rozpouštědla a v nízkých nákladech na celou analýzu. Přístroj může být použit pro celou řadu vzorků a za použití různých rozpouštědel.

Parametry přístroje		Další parametry	
<b>Provozní teplota</b>	od 100 do 260 ° C	<b>Počet vzorků</b>	3/6 – dle typu
<b>Rozměry</b>	70 cm x 62 cm x 39 cm	<b>Množství vzorku</b>	od 0,5 do 15 g
<b>Požadavky na napájení</b>	950 W	<b>Množství rozpouštědla</b>	od 30 do 100 ml
<b>Hmotnost</b>	40 kg	<b>Počet programů</b>	29



Obrázek č. 12: SER 148 Solvent Extraktor ([http://granat-e.ru/velp\\_ser\\_148.html](http://granat-e.ru/velp_ser_148.html))

## 4.8 Způsob vyhodnocení dat

Pro vyhodnocení práce byly využity dva programy. Výsledky byly zpracovány pomocí programu STATISTICA 12 a Microsoft Office Excel. Všechny zjištěné výsledky byly zpracovány do tabulek a v některých případech doplněné o grafické znázornění.

## 5 VÝSLEDKY

Analýze bylo podrobena 5 vzorků lučního sena, které bylo posečené s odstupem  $\pm 7$  dní. Tyto vzorky byly postupně zpracovány a jsou podrobně rozebrány v kapitole č. 5 této diplomové práce.

Výsledky výzkumu jsou rozděleny do několika segmentů. V první části je zobrazena základní živinová charakteristika zkoumaných vzorků. Druhá část poukazuje na stravitelnost zkoumaných vzorků a poslední úsek této kapitoly se zabývá statistickým vyhodnocením variability obsahu NDF ve zkoumaných vzorcích lučního sena.

### 5.1 Živinová charakteristika vzorků

V této části jsou postupně popsány základní živinové charakteristiky analyzovaných vzorků. Bylo prováděno hodnocení 5 vzorků lučního sena, přičemž každý vzorek byl analyzován ve třech opakováních. Celkový počet hodnocených vzorků byl tedy 15. Všechny zjištěné hodnoty jsou zaznamenány v % v tabulce č. 6 a 7. Tabulka č. 6 ukazuje živinové hodnoty v sušině vzorků. Aby bylo možné lépe srovnat zjištěné výsledky, popisuje tabulka č. 7 živinové ukazatele v 100% sušině. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty po vypočítání průměru ze tří opakování, z tohoto důvodu jsou v tabulce zobrazeny hodnoty pouze pro 5 vzorků sena a ne pro 15.

**Tabulka č. 6: Zastoupení živin u vzorků lučního sena v sušině vzorků**

Č. vzorku	Sušina %	OH %	BNLV %	CF %	NDF %	ADF %	T %	P %	NL %
1	92,4	88,44	48,93	27,13	55,58	28,52	1,62	3,96	10,30
2	91,73	87,91	49,27	28,22	56,86	29,17	1,50	3,82	8,92
3	92,86	88,9	49,22	30,15	60,34	31,64	1,22	3,96	8,31
4	92,60	88,58	47,15	31,1	62,34	32,98	1,82	4,03	8,51
5	92,97	88,98	46,77	32,68	65,47	35,32	1,44	3,99	8,10

Vysvětlivky: OH – organická hmota, BNLV – bezdusíkaté látky výtahové, CF – hrubá vláknina, NDF = neutrálně detergentní vláknina, ADF = acido detergentní vláknina, T – tuk, P – popeloviny, NL – dusíkaté látky

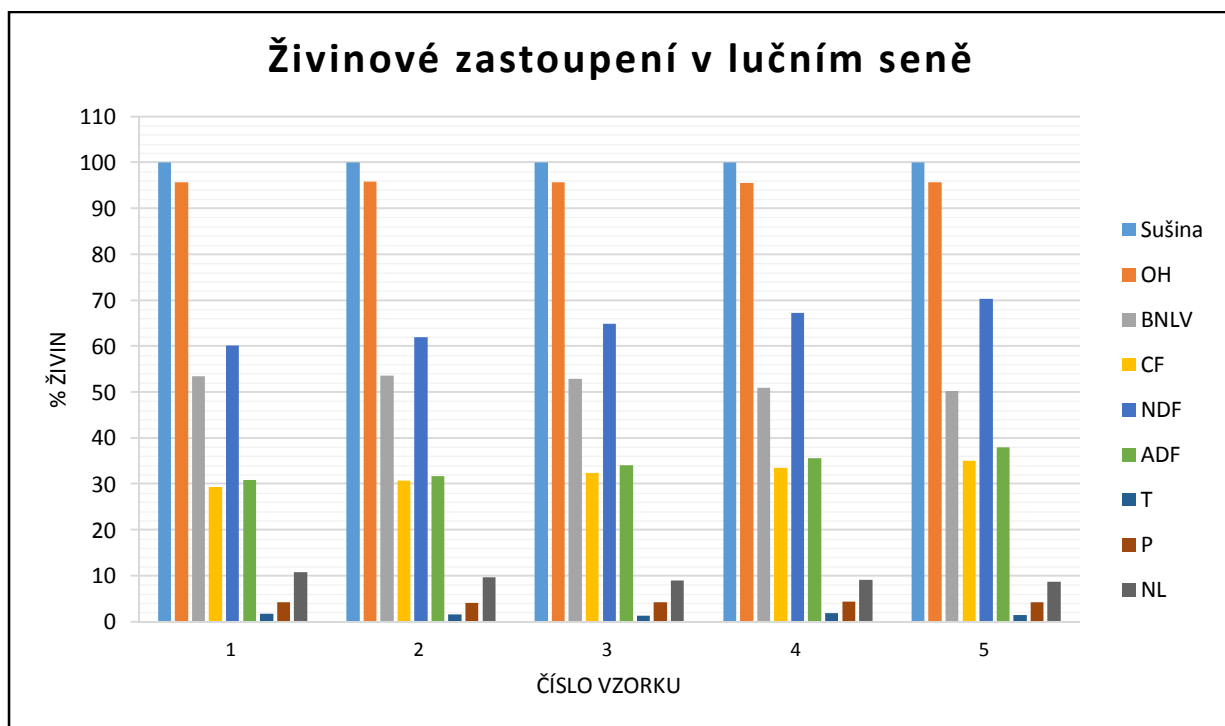


**Tabulka č. 7: Zastoupení živin u vzorků lučního sena v 100% sušině**

Č. vzorku	Sušina %	OH %	BNLV %	CF %	NDF %	ADF %	T %	P %	NL %
1	100	95,71	52,95	29,37	60,15	30,86	1,75	4,29	10,85
2	100	95,84	53,69	30,76	61,99	31,79	1,64	4,16	9,72
3	100	95,73	53	32,47	64,99	34,07	1,32	4,27	8,95
4	100	95,65	50,92	33,60	67,32	35,61	1,97	4,35	9,19
5	100	95,71	50,30	35,15	70,42	37,99	1,55	4,29	8,71

Vysvětlivky: OH – organická hmota, BNLV – bezdušikáté látky výtahové, CF – hrubá vláknina, NDF = neutrálně detergentní vláknina, ADF = acido detergentní vláknina, T – tuk, P – popeloviny, NL – dusíkaté látky

**Graf č. 1: Zastoupení živin u vzorků lučního sena v 100% sušině**



V grafu č. 1 je zobrazeno měnící se zastoupení živin ve vzorcích lučního sena. Tyto změny mohly být způsobeny částečně různou dobou sklizně porostu a také menšími odlišnostmi v zastoupení rostlin ve vzorcích, přičemž rostliny mohly být také jiné kvality.

Vzhledem k tématu práce je důležité si povšimnout hlavně obsahu vlákniny v jednotlivých vzorcích. Hrubá vláknina, NDF i ADF se zvyšují v závislosti na tom, o jaký vzorek se jedná. Později posekané vzorky obsahují vyšší podíl vlákniny. Nejnížší obsah vlákniny a všech jejích frakcí obsahuje vzorek č. 1 a naopak nejvyšší obsah je ve vzorku č. 5.

Obsah tuku a popelovin ve vzorcích není příliš rozdílný a pohybuje se u vzorků č. 1-5 v podobném rozmezí hodnot. Hodnoty bezdusíkatých látek výtažkových se od vzorku č. 1 až po vzorek č. 5 snižují. Výjimkou je pouze vzorek č. 2, u kterého je hodnota BNLV vyšší než u všech ostatních vzorků. Další živinové parametry jsou různé, aniž by vykazovaly přesnou posloupnost v závislosti na stáří porostu nebo jeho složení.

## 5.2 Stravitelnost zkoumaných vzorků

Tato kapitola obsahuje informace o stravitelnosti zkoumaných vzorků. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 8 a 9. Hodnoty jsou uvedené v %. Tabulka č. 8 obsahuje hodnoty stravitelnosti, které jsou uvedené v sušině obsažené ve vzorcích, naopak tabulka č. 9 ukazuje hodnoty v 100% sušině pro lepší srovnatelnost s dalšími studii a výzkumy.

**Tabulka č. 8: Stravitelnost sušiny a organické hmoty vzorků lučního sena**

Číslo vzorku	Sušina %	Stravitelnost sušiny %	Stravitelnost OH %
1	92,4	50,41	44,61
2	91,73	45,71	39,02
3	92,86	43,37	37,21
4	92,60	35,55	28,37
5	92,97	30,67	23,36

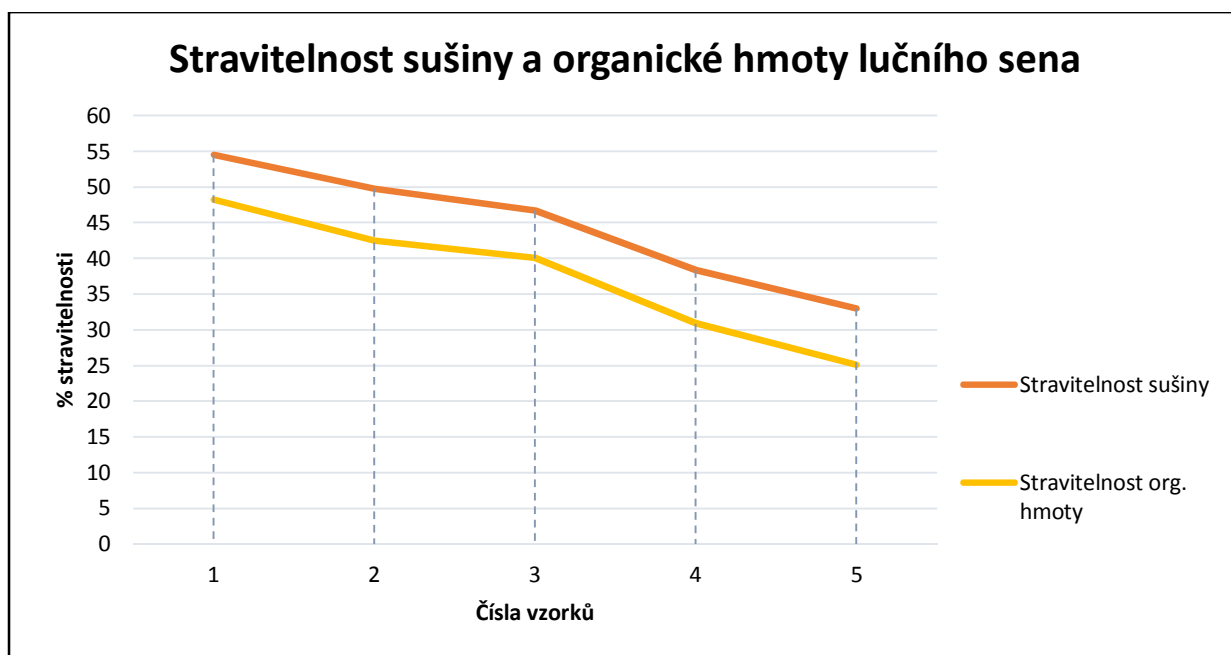
Vysvětlivky: OH – organická hmota

**Tabulka č. 9: Stravitelnost sušiny a organické hmoty vzorků lučního sena v 100% sušině**

Číslo vzorku	Sušina %	Stravitelnost sušiny %	Stravitelnost OH %
1	100	54,56	48,27
2	100	49,83	42,54
3	100	46,71	40,07
4	100	38,39	31
5	100	32,99	25,15

Vysvětlivky: OH – organická hmota

**Graf č. 2: Stravitelnost sušiny a organické hmoty vzorků lučního sena v 100% sušině**



Graf č. 2 a tabulky č. 8 a 9 zobrazují postupně se měnící stravitelnost sušiny a OH ve vzorcích lučního sena, která byla stanovená za pomoci inokula vytvořeného z koňských faeces. Změny, které jsou zde zobrazeny, jsou způsobeny hlavně stárnutím porostu a fází porostu. Stravitelnost sušiny je celkově větší než stravitelnost OH, ale v obou případech stravitelnost od vzorku č. 1 k vzorku č. 5 klesá. Stravitelnost OH se dostává až k velmi nízkým hodnotám. V obou situacích je možné vidět, že nejvíce stravitelný je vzorek č. 1 a vzorek č. 5 má stravitelnost nejmenší.

### 5.3 Statistické vyhodnocení

Tato podkapitola se zabývá statistickým vyhodnocením získaných dat. Vyhodnocení probíhalo pomocí programu STATISTICA 12 od firmy StatSoft a Microsoft Office Excel a v rámci statistického zpracování byla použita jednofaktorová ANOVA a korelační a regresní rovnice. Jsou zde řešeny tři hypotézy: H1 – termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu, H2 – obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*, H3 – na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty.

**Tabulka č. 10: Popisné charakteristiky zkoumaných hodnot**

Proměnná	Popisné statistiky				
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
ADF	15	34,06533	30,77000	38,21000	2,673197
NDF	15	64,97333	59,99000	70,86000	3,866905
CF	15	32,27000	29,05000	35,35000	2,123959
stravitelnost sušiny	15	44,49667	32,60000	55,03000	8,235317
stravitelnost OH	15	37,40800	24,78000	48,90000	8,759814

### 5.3.1 H1 – Termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu

Stanovení vědeckých hypotéz:

H1<sub>A</sub>: termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu

H1<sub>0</sub>: termín sklizně nemá vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu

**Tabulka č. 11: Doba kdy byly vzorky posečeny a jejich výška v době sečení**

Číslo vzorku	Datum sečení	Výška porostu
1	20. 5. 2016	cca 70 cm
2	27. 5. 2016	cca 80–100 cm
3	3. 6. 2016	cca 130 cm
4	10. 6. 2016	cca 130 cm
5	18. 6. 2016*	cca 130 cm

\*poznámka: posun kvůli nevhodnému počasí

**Tabulka č. 12: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty ADF**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná ADF Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,04323, sv = 10,000					
	Číslo vzorku	1	2	3	4	5
		30,863	31,793	34,070	35,610	37,990
1	1		0,002061	0,000176	0,000176	0,000176
2	2	0,002061		0,000176	0,000176	0,000176
3	3	0,000176	0,000176		0,000189	0,000176
4	4	0,000176	0,000176	0,000189		0,000176
5	5	0,000176	0,000176	0,000176	0,000176	

**Tabulka č. 13: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty CF**

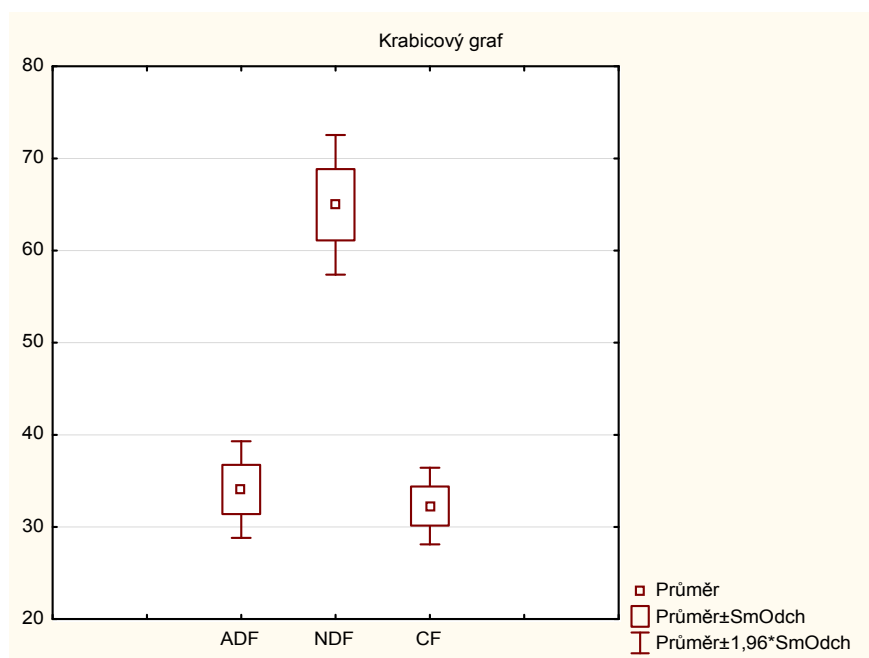
Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná CF Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,07177, sv = 10,000					
	Číslo vzorku	1 29,367	2 30,763	3 32,470	4 33,597	5 35,153
1	1		0,000712	0,000176	0,000176	0,000176
2	2	0,000712		0,000252	0,000176	0,000176
3	3	0,000176	0,000252		0,003176	0,000176
4	4	0,000176	0,000176	0,003176		0,000370
5	5	0,000176	0,000176	0,000176	0,000370	

**Tabulka č. 14: Jednofaktorová ANOVA pro hodnoty NDF**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná NDF Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,74706, sv = 10,000					
	Číslo vzorku	1 60,153	2 61,990	3 64,987	4 67,317	5 70,420
1	1		0,143257	0,000461	0,000179	0,000176
2	2	0,143257		0,011596	0,000284	0,000176
3	3	0,000461	0,011596		0,049287	0,000264
4	4	0,000179	0,000284	0,049287		0,009263
5	5	0,000176	0,000176	0,000264	0,009263	

$p < 0,05$  = byl zjištěn statisticky významný rozdíl; rozdíl byl nalezen mezi všemi hodnotami CF a ADF, statistický rozdíl nebyl prokázán pouze u vzorků č. 1 a 2 pro živinový ukazatel NDF

**Graf č. 3: Krabicový graf variability strukturních sacharidů**



Z grafu č. 3 je vidět, že hodnoty CF, NDF i ADF jsou symetricky rozloženy okolo průměru.

Hypotéza  $H_{1A}$  je přijata.

### 5.3.2 H2 – Obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*

Stanovení vědeckých hypotéz:

H2<sub>A</sub>: obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*

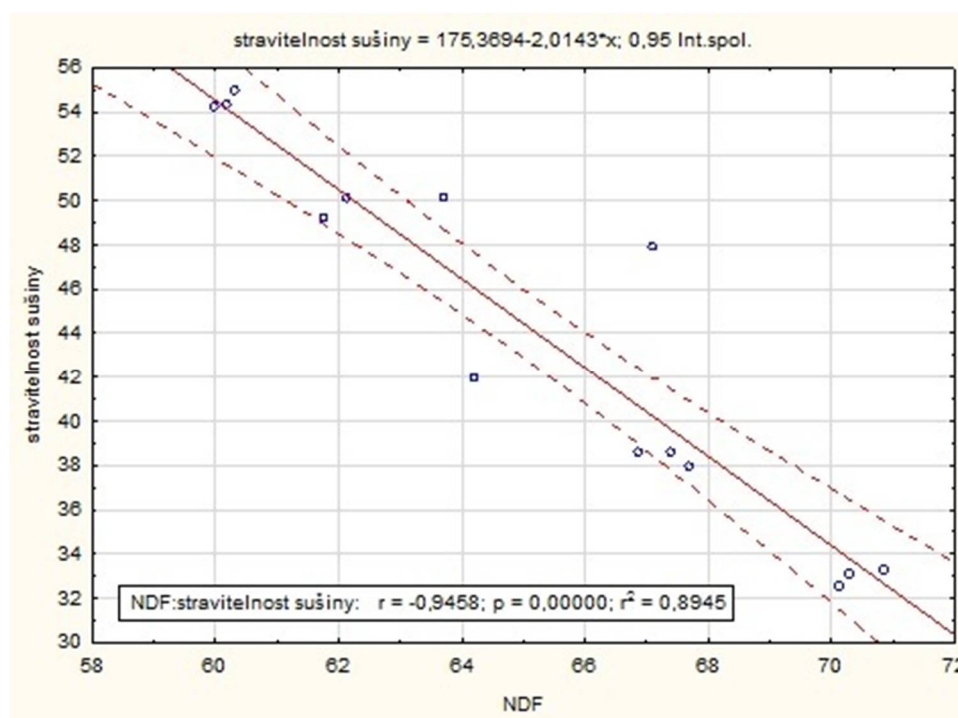
H2<sub>0</sub>: obsah NDF v travním porostu neovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*

**Tabulka č. 15: Regresní analýza pro hodnoty NDF a stravitelnost sušiny**

N=15	Výsledky regrese se závislou proměnnou : NDF (List1 v Sešit1) R= ,94579513 R2= ,89452844 Upravené R2= ,88641524 F(1,13)=110,26 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : 1,3032					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(13)	p-hodn.
Abs.člen			84,73428	1,911790	44,3220	0,000000
stravitelnost sušiny	-0,945795	0,090073	-0,44410	0,042294	-10,5003	0,000000

$p < 0,05$  = byl zjištěn statisticky významný rozdíl, koeficient determinace a korelační koeficient je různý od 0.

**Obrázek č. 4: Grafické znázornění korelační analýzy**



Korelační koeficient  $r$  je  $-0,9458$  = velmi silná negativní korelace. Koeficient determinace  $r^2$  je  $0,8945$ . Stravitelnost sušiny je z  $89,45$  % ovlivněna obsahem NDF.

Hypotéza H2<sub>A</sub> je **přijata**.

### 5.3.3 H3 – Na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty

Stanovení vědeckých hypotéz:

H3<sub>A</sub>: na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty

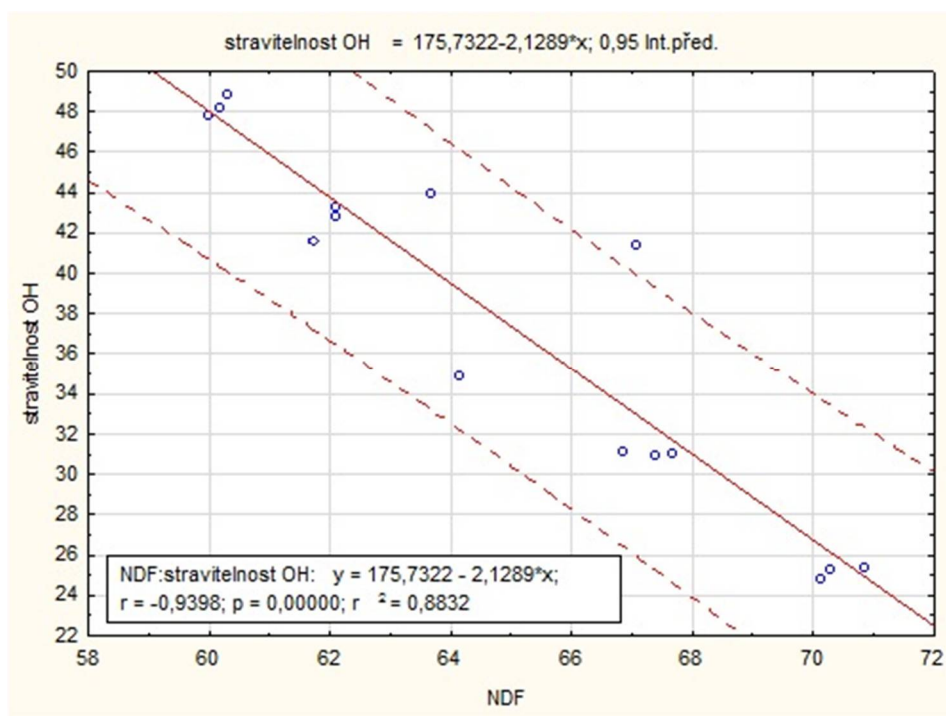
H3<sub>0</sub>: na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu nelze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty

**Tabulka č. 16: Regresní analýza pro hodnoty NDF a stravitelnost OH**

N=15	Výsledky regrese se závislou proměnnou : NDF R= ,93979142 R2= ,88320791 Upravené R2= ,87422390 F(1,13)=98,309 p<,00000 Směrod. chyba odhadu : 1,3714					
	b*	Sm.chyba z b*	b	Sm.chyba z b	t(13)	p-hodn.
Abs.člen			80,49236	1,604747	50,15891	0,000000
stravitelnost OH	-0,939791	0,094784	-0,41486	0,041841	-9,91508	0,000000

p < 0,05 = byl zjištěn statisticky významný rozdíl, koeficient determinace a korelační koeficient je různý od 0.

**Graf č. 5. Grafické vyjádření korelační analýzy a regresní rovnice**



Korelační koeficient r je -0,9398 = velmi silná negativní závislost. Koeficient determinace r<sup>2</sup> je 0,8832. Stravitelnost OH je z 88,32 % ovlivněna obsahem NDF. Pro výpočet stravitelnosti OH lze použít rovnici  $y = 175,7322 - 2,1289x$ .

Hypotéza H3<sub>0</sub> je **přijata**.

## 6 DISKUZE

V této kapitole budou postupně prodiskutovány všechny zjištěné výsledky.

Byly prováděny analýzy celkem 5 vzorků lučního sena. Po vyhodnocení všech analýz bylo zjištěno, že jednotlivé vzorky vykazují rozdílné hodnoty živinových ukazatelů. Z veškerých zjištěných výsledků zde budou probírány hlavně hodnoty vztahující se k vláknině, neboť vláknina je hlavním tématem diplomové práce.

Dle Šantrůčka a kol. (2008) by se měla první seč provádět na počátku metání, aby byla píce co nejkvalitnější. První vzorek lučního sena v tomto experimentu byl posekán zhruba v době metání, a proto je předpoklad, že by píce z tohoto hlediska mohla být kvalitní. Další vzorky byly posečeny s odstupem 7 dní. Po provedení analýz bylo zjištěno, že obsah hrubé vlákniny (CF) se ve vzorcích pohybuje v rozmezí od 29,37 do 35,15 %, přičemž průměrná hodnota je 32,27 %. Doležal a kol. (2005) publikovali, že luční seno, které je velmi kvalitní, by mělo obsahovat méně než 26 až 28 % vlákniny. Tomuto obsahu neodpovídá ani jeden z analyzovaných vzorků a vzorky se proto dají považovat za seno průměrné kvality. Nejblíže se tomuto rozmezí pohybuje vzorek č. 1, který obsahoval 29,37 % CF. Naopak Zeman a kol. (2006) uvádí, že seno obsahující vlákninu do 31 % je považováno za vyhovující a kvalitní. Pokud bychom se řídili dle těchto hodnot, pak do kategorie kvalitního sena spadají vzorky č. 1 a 2. Ostatní vzorky jsou považovány za seno méně kvalitní nebo nekvalitní. Tyto rozdíly mohly být způsobeny botanickým složením porostu, který mohl obsahovat méně hodnotné nebo nehodnotné rostliny, nebo mohly být ovlivněny podmínkami stanoviště. Další vliv na obsah vlákniny mohly mít klimatické podmínky, které byly v posledních dvou letech velmi suché. Důležitým faktorem, který ovlivňuje obsah vlákniny, je to, že jednotlivé vzorky byly sečené vždy s týdenním odstupem, proto se kvalita vzorků stále snižuje. Pro srovnání: ve studii, kterou uskutečnila Forejtová et al. (2005), byla prováděna chemická analýza 14 vzorků lučního sena. Bylo zjištěno, že vzorky obsahují CF v rozmezí 24,3-38,4 % s průměrnou hodnotou 29,8 %. Tomuto průměru se nejvíce přibližuje vzorek č. 1. Zajímavý poznatek zjistil Lewis (1996), který uvádí, že hodnoty CF, které jsou vyšší než 34-40 %, mohou způsobovat takzvané senné břicho. Senné břicho je obdobný problém jako energetická deficeience. Vzorek, který spadá do tohoto kritického rozmezí, je vzorek č. 5. Je tedy možné, že při dlouhodobém podávání by mohl způsobit výše zmíněný problém.

Dále byla ve zkoumaných 5 vzorcích lučního sena zjištěna průměrná hodnota acido detergentní vlákniny (ADF) 34,06 % a hodnoty se pohybovaly v rozpětí od 30,86–37,99 %. Van Saun (2016) se domnívá, že pokud travní píce obsahuje méně než 35 % ADF, pak je



kvalitní a dle Newmana et al. (2006) se také nesnižuje stravitelnost píce. Do této skupiny se řadí vzorky č. 1–3, které nepřekračují obsah ADF nad 35 %. Van Saun (2016) taktéž uvádí, že travní porost určený pro tvorbu píce obsahující méně než 50 % NDF poukazuje na kvalitní krmivo, ale pokud obsahuje více jak 60 % NDF je tomu právě naopak. Obsah neutrálně detergentní vlákniny ve zkoumaných vzorcích se pohybuje v rozmezí od 60,15–70,42 % a průměrná hodnota je 64,97 %. V tomto případě všechny zkoumané vzorky lze považovat spíše za nekvalitní krmivo. Hodnotě 60 % NDF se nejvíce přibližuje vzorek č. 1, který obsahuje 60,15 % NDF. Tento vzorek je tedy ze všech nejkvalitnější. Vysoký obsah NDF naznačuje, že byl porost posekán příliš pozdě, neboť NDF je ukazatelem stáří rostlin. Tím pádem nebyla u prvního vzorku správně odhadnuta doba metání a vzorky 3-5 byly sklizené jako přestárlé. Další faktor, který mohl způsobit zvýšení obsahu neutrálně detergentní vlákniny, je teplé počasí, jak již bylo zmíněno dříve. Vyšší teploty zvyšují lignifikaci rostlin a obsah vlákniny. Dle norem NRC (2007) obsahuje luční seno zhruba 60,9 % NDF, tomuto odpovídá vzorek č. 1.

Ve vzorcích lučního sena se také výrazněji mění hodnoty dusíkatých látek (NL). Průměrná hodnota dusíkatých látek ve vzorcích je 9,48 % a hodnoty se pohybují v rozmezí 8,71-10,85 %. V kapesním katalogu krmiv Vyskočil a kol. (2008) uvádí, že v lučním seně je zhruba 11,79 % NL. V tomto případě mají všechny vzorky nižší obsah NL, než je psáno v kapesním katalogu krmiv. Snížený obsah je pravděpodobně z největší části způsoben rozdílným druhovým zastoupením rostlin v porostu. Wilkins (2005) popisuje, že snížení obsahu NL závisí na teplotě, druhu rostliny a také je ovlivněno obsahem sušiny a dobou, kdy píce zůstává při sušení na louce. Čím déle je tedy píce na louce, tím méně obsahuje NL. Frapce (2004) ve své knize uvádí, že pokud chceme seno s dobrou nutriční hodnotou, je vhodné ho sklízet dříve, než se dostane porost do plného květu. V této době píce obsahuje největší koncentraci fosforu, vápníku a dalších minerálů a také obsahuje zhruba 9-10 % NL v sušině. Ze zkoumaných 5 vzorků tomuto rozpětí odpovídá vzorek č. 2 a 4. Vzorek č. 1 hodnotu 10 % NL překračuje, neboť obsahuje 10,85 % dusíkatých látek. Lewis (1996) publikoval doporučené hladiny NL u různých typů koní. Průměrná hodnota dusíkatých látek ve zkoumaném lučním seně, je 9,48 %. Tento obsah NL by dle Lewise (1996) vyhovoval březím klisnám po dobu prvních 9 měsíců březosti a dospělým koním v klidovém režimu. Nejvyšší obsah NL obsahuje vzorek č. 1, který obsahuje 10,85 % NL. Takovýto obsah by byl vhodný pro dospělé koně v lehké a střední práci, hřebce v období rozmnožování a také pro březí klisny v 9-10. měsíci březosti.

Také je vhodné zmínit obsah tuku. Tuk ve vzorcích dosahuje hodnot 1,32-1,97 %. Nejvyšší obsah je ve vzorku č. 4 a nejmenší ve vzorku č. 3. Průměrná hodnota tuku ze všech vzorků je 1,65 %. Pro srovnání: v kapesním katalogu krmiv (Vyskočil a kol., 2008) je uvedena hodnota tuku v lučném seně 1,6 %. Tuk je živinou, která obvykle nebývá u koní v nedostatku, a nejvíce ji ovlivňuje druhová skladba rostlin.

Dále je důležitá změna obsahu bezdušičkatých látek výtažkových (BNLV), jejichž obsah ve vzorcích postupně klesá. Pouze vzorek č. 2 je výjimkou dosahující vyšší hodnoty než vzorky ostatní. Zastoupení BNLV se pohybuje od 50,30–53,69 % s průměrnou hodnotou 52,17 %. V kapesním katalogu krmiv (Vyskočil a kol., 2008) je uvedeno, že luční seno obsahuje 46,33 % BNLV. Tato hodnota je podstatně nižší a neodpovídá ani jednomu z 5 zkoumaných vzorků. To může být dáno hlavně tím, že luční sena jsou různá a velmi variabilní v druhovém zastoupení rostlin.

Stravitelnost byla v tomto experimentu stanovena metodou *in vitro* v Daisy<sup>II</sup> inkubátoru. Tato metoda byla zvolena ze dvou hlavních důvodů. Zjišťování stravitelnosti pomocí *in vivo* metod je velmi časově a finančně náročné a využití Daisy<sup>II</sup> inkubátoru pro stanovení stravitelnosti je vhodným kompromisem, který je schopen poskytnout rychlý a poměrně přesný odhad stravitelnosti sušiny i organické hmoty (OH) za téměř minimálních nákladů. Stravitelnost sušiny i OH byla stanovena pomocí inokula z koňských faeces a inkubace trvala 48 h. Tato inkubační doba byla využita i v dalších výzkumech prováděných na koních (Koller et al., 1978, Sunvold et al., 1995, Lattimer et al., 2007). Koňské faeces jsou využívány pro stanovení stravitelnosti z toho důvodu, že mají dostatečnou fermentační aktivitu a obsahují mikroorganismy, které tráví vlákninu. Použití koňských výkalů bylo Earingem et al. (2010) a Lowmanem et al. (1999) označeno jako vhodné pro stanovení stravitelnosti sušiny i OH. Dále také Ringler et al. (2005) publikovali, že použitím koňské stolice jako inokula v Daisy<sup>II</sup> inkubátoru se dá zjistit poměrně dobrý odhad *in vitro* stravitelnosti sušiny, ADF a NDF.

Stravitelnost sušiny ve zkoumaných 5 vzorcích se pohybuje v rozmezí 32,99-54,56 % a průměrná hodnota je 44,50 %. Nejvyšší stravitelnost má vzorek č. 1 a nejmenší vzorek č. 5. Stravitelnost tedy od vzorku č. 1 po vzorek č. 5 stále klesá. Tento fakt je způsoben tím, že vzorky byly sečeny vždy po týdnu a porost byl tedy stále starší. Newman et al. (2006) uvádí, že ve stárnoucím porostu dochází k ukládání vláknitých složek. Toto tvrzení je ověřeno v této práci stanovením živin, které je popsáno výše. Newman et al. (2006) také tvrdí, že nejdůležitější součástí vlákniny, která snižuje stravitelnost píče, je lignin. Lignin se ukládá v buněčných stěnách rostlin a je nestravitelný. Tím pádem vzorky č. 4 a 5 obsahují nejen nejvíce vlákniny, ale pravděpodobně také nejvyšší podíl ligninu. Hale and Moore-Colyer

(2001) publikovali, že stravitelnost sušiny sena zkrmovaného *ad libitum* u poníků je 36 %. Tato hodnota je poměrně nízká a nejvíce se jí přibližuje vzorek č. 4 s 38,39 % stravitelností sušiny. Jedná se ale o porovnání metody *in vivo* a *in vitro*. Earing et al. (2010) zkoumali stravitelnost sušiny lučního sena. Stravitelnost byla 39,6 %, vzorky byly inkubovány 48 h a namleté na 2 mm. Podobnou hodnotu má opět vzorek č. 4, který má ale stravitelnost o něco nižší. Vzorky č. 1-3 mají stravitelnost vyšší, než uvádí Earing et al. (2010). Jeden z důvodů, proč tomu tak je, může být velikost částic namletých vzorků nebo také stáří porostu v době seče. V tomto experimentu byly vzorky namleté na 1 mm. Další studii prováděli Lattimer et al. (2007), kteří zjistili 64,10% stravitelnost sušiny u krmiv s vysokým obsahem vlákniny. Blažková a kol. (n. d.) získali výsledky stravitelnosti sušiny lučního sena ve směsi s ovsem po 72 h inkubace v Daisy<sup>II</sup> inkubátoru. Tato stravitelnost činila 62,84 %. Této hodnotě se blíží vzorek č. 1, který má stravitelnost sušiny 54,56 %. V tomto případě je rozdíl s největší pravděpodobností způsoben částečně odlišnou krmnou dávkou, tedy přítomností ovsa a dobou inkubace, neboť velikost rozemletého vzorku je v obou případech 1 mm.

Stravitelnost organické hmoty zkoumaných vzorků nabývá hodnot od 25,15-48,27 %. Průměrná hodnota ze všech vzorků je 37,41 %. Nejvyšší stravitelnost OH je u vzorku č. 1 a nejmenší naopak u vzorku č. 5. Stravitelnost org. Hmoty se stejně jako u stravitelnosti sušiny se stárnutím porostu snižuje. To je způsobeno mnoha faktory, které se týkají například rostlin, které tvoří porost, ale také vnějších podmínek, způsobu sklizně a uskladnění sena. Kudrna a kol. (1998) uvádí kupříkladu vliv stupně lignifikace, způsobu sklizení porostu a jeho stáří při sklizni a v neposlední řadě i účinek sekundárních metabolitů v rostlině. Forejtová et al. (2005) popsali stravitelnost sena *in vitro*, která byla určena pomocí dvou různých metod s výsledky 64,5 % a 58,8 %. Hodnotě 58,8 % se blíží vzorek č. 1, který má stravitelnost OH 54,56 %. Rozdíl může být zapříčiněn tím, že Forejtová et al. (2005) použili rozdílné metody, které jsou založené na jiných postupech a použili jiné inokulum, než bylo použito v tomto experimentu.

Rozdíly, které lze najít mezi studiemi, jsou s největší pravděpodobností zapříčiněné rozdílným porostem, ze kterého je seno tvořeno a také jeho stářím při sečení. Dále taktéž prostředím a podnebím, ve kterém porost roste. Další faktor, který působí na stravitelnost je velikost namletých vzorků. Menší rozměry mletí (1 mm) mohou zvýšit stravitelnost. Další aspekt, který může působit na stravitelnost je doba inkubace. Lattimer et al. (2007) tvrdí, že přesné hodnoty stravitelnosti lze získat po 48 h inkubace. Opačný názor má Earing et al. (2010), kteří říkají, že lepší výsledky se získají inkubací 72 h a jsou tím pádem také bližší stravitelnosti *in vitro*. Neshoda vyplývá pravděpodobně z toho, že každá krmná dávka je jiná

a je tedy nutná jiná doba inkubace. Kupříkladu dávku s větším obsahem vlákniny je vhodnější inkubovat 72 h.

Výsledky výzkumu byly dále statisticky vyhodnoceny. Ověření výsledků proběhlo na hladině významnosti 0,05 podle těchto pravidel:

- Pokud je  $p \leq 0,05$ , pak je zjištění statisticky významné – zamítáme nulovou hypotézu, přijímáme hypotézu alternativní

H1<sub>A</sub>: termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu

H2<sub>A</sub>: obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*

H3<sub>A</sub>: na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty

- Pokud je  $p \geq 0,05$ , pak je zjištění statisticky nevýznamné – přijímáme nulovou hypotézu

H1<sub>0</sub>: termín sklizně nemá vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu

H2<sub>0</sub>: obsah NDF v travním porostu neovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*

H3<sub>0</sub>: na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu nelze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty

Pro potvrzení nebo vyvrácení hypotézy H1 bylo otestováno 5 vzorků, které byly ve 3 opakováních. Hodnot bylo tedy celkem 15. Pro vyhodnocení byla použita jednofaktorová ANOVA. Testovány byly hodnoty vztahující se k CF, ADF a NDF. Výsledky byly ověřeny na hladině významnosti 0,05. Hodnota  $p < 0,05$  a z tohoto důvodu byl tedy prokázán statisticky významný rozdíl. Rozdíly byly nalezeny u všech hodnot CF a ADF. Pouze u hodnot vztahujících se k NDF byly vzorky 1 a 2 statisticky neprůkazné. Z tohoto vyplývá, že termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů. Pouze v případě vzorku č. 1 a 2 se obsah NDF neměnil natolik, aby změna měla vliv na nutriční hodnotu sena. Hypotéza H1<sub>A</sub> je **přijata**.

Pro potvrzení nebo vyvrácení hypotézy H2 bylo použito stejné množství dat jako u předchozí hypotézy a byl zvolena korelační a regresní analýza. Byly použity hodnoty NDF a hodnoty vztahující se k stravitelnosti sušiny. Výsledky byly ověřeny na hladině významnosti 0,05. Hodnota  $p$  je menší než 0,05; byl tedy zjištěn statisticky významný rozdíl a koeficient determinace a korelační koeficient je různý od 0. Korelační koeficient

$r$  je -0,9458. Proto se jedná o velmi silnou negativní korelaci. Koeficient determinace  $r^2$  je 0,8945. Stravitelnost sušiny je z 89,45 % ovlivněna obsahem NDF. Hypotéza  $H_{2A}$  byla **přijata**. Znamená to tedy, že s měnícím se obsahem NDF se bude měnit stravitelnost sušiny. Z experimentu, který byl proveden v této práci, vyplývá, že vysoký obsah NDF ovlivňuje stravitelnost negativně.

Hypotéza  $H_3$  byla testována pomocí korelační a regresní analýzy. Bylo použito opět stejné množství hodnot jako u předchozích statistických vyhodnocení. Hodnoty, které se zanesly do výpočtu lineární regrese, se vztahovaly k NDF a stravitelnosti OH. Hodnota  $p$  byla menší než 0,05 a byl zjištěn statisticky významný rozdíl, to znamená, že koeficient determinace a korelační koeficient je různý od 0. Korelační koeficient je -0,9398, což značí velmi silnou negativní závislost. Z toho vyplývá, že při zvyšujícím se obsahu NDF se bude snižovat stravitelnost OH. Koeficient determinace  $r^2$  je 0,8832. Stravitelnosti OH je tedy z 88,32 % ovlivněna NDF. Tato data naznačují, že při větším množství analyzovaných vzorků by bylo možno obsah NDF použít pro predikci stravitelnosti organické hmoty. Na ose  $x$  v grafu č. 5 jsou hodnoty NDF, takže z této hodnoty lze predikovat  $y$ , tedy stravitelnost OH. Pro výpočet stravitelnosti OH lze použít rovnici  $y = 175,7322 - 2,1289x$ . Vzhledem k tomu, že jde o silnou korelační závislost, je i hypotéza  $H_{3A}$  **přijata**.

## 7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo vyhodnotit variabilitu obsahu NDF ve studovaných vzorcích travního porostu a jeho vlivu na *in vitro* stravitelnost organické hmoty a sušiny pomocí inkubačního roztoku z koňských výkalů. Vzorky byly podrobeny analýzám a na základě zjištěných výsledků byly vyhodnoceny 3 hypotézy, které mají toto znění: H1 – termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině travního porostu, H2 – obsah NDF v travním porostu významně ovlivňuje stravitelnost sušiny zjišťované *in vitro*, H3 – na základě zjištěného obsahu NDF v travním porostu lze predikovat stravitelnost jeho organické hmoty.

*In vitro* stravitelnost byla prováděna pomocí přístroje Daisy<sup>II</sup> Inkubátor od firmy ANKOM. Zkoumaným vzorkem bylo luční seno. Po provedení tohoto experimentu byly zjištěny tyto závěry:

- analýzy potvrdily variabilitu základních živinových ukazatelů u lučního sena, obsah CF, NDF i ADF se stářím porostu stoupá,
- dle stanovených kvalitativních parametrů lze vzorky lučního sena hodnotit jako průměrné,
- nejnižší obsah CF (29,37 %), NDF (60,15 %) i ADF (30,86 %) obsahuje vzorek č. 1, který byl získán z nejmladšího porostu, a tím se potvrdilo, že mladá píče je kvalitnější,
- stravitelnost sušiny i organické hmoty se od vzorku č. 1 k 5. vzorku snižuje,
- nejvyšší stravitelnost sušiny i organické hmoty má vzorek č. 1 (54,56 %, 48,27 %); jedná se o nejkvalitnější vzorek ze všech sledovaných,
- termín sklizně má vliv na obsah strukturních sacharidů v sušině,
- zvyšující se obsah NDF negativně ovlivňuje stravitelnost sušiny,
- obsah NDF je možné použít pro predikci stravitelnosti organické hmoty,
- hodnocení lučního sena je poměrně problematické s ohledem na různorodost původu, druhového složení, odlišného způsobu sklizně a sušení; luční seno je velmi variabilní,
- kvůli malému souboru dat by bylo vhodné pokračovat ve výzkumu a rozšířit dosavadní zjištěné výsledky o další data,
- vzhledem k nejednotným výsledkům autorů různých vědeckých publikací s obdobnou problematikou by bylo vhodné zpřesnit metodiku stanovení *in vitro* pomocí Daisy<sup>II</sup> Inkubátoru a vyzkoušet její nové modifikace.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

**Akers, R. M., Denbow, D. M. 2013.** Anatomy and Physiology of Domestic Animals. John Wiley & Sons. p. 680. ISBN: 978-1-118-35638-8.

**Alexander, F. 1966.** A study of parotid salivation in the horse. The Journal of Physiology. 184(3). 646–656.

**Anon.** Determining Forage Quality [online] Penn State Extension. 2016. [cit. 2016-07-09]. Dostupné z <<http://extension.psu.edu/plants/crops/forages/forage-quality-and-testing/determining-forage-quality>>.

**Bardgett, R. D., Cook, R. 1998.** Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands. Applied Soil Ecology. 10(3). 263-276.

**Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. 2009.** Food chemistry, 4th revised and extended edn. Springer. Berlin. p. 1070. ISBN: 978-3-540-69933-0.

**Bentz, B. G.,** Anatomy of the Equine Intestinal Tract [online]. The Horse. 8. ledna 2014a. [cit. 2016-30-06]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/articles/33170/anatomy-of-the-equine-intestinal-tract>>.

**Bentz, B. G.,** Digestion in the Horse [online]. The Horse. 18. ledna 2014b. [cit. 2016-01-07]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/articles/33228/digestion-in-the-horse>>.

**Blažková, K., Jančík, F., Homolka, P., Kudrna, V., Maršálek, M., Čermáková, J. (unknown).** Comparison of in vivo and in vitro digestibility in horses. Porovnání in vivo a in vitro stravitelnosti u koní. Institute of Animal Science, Prague-Uhřetěves. Czech Republic. Faculty of Agriculture, University of South Bohemia in České Budějovice. Czech Republic.

**Budras, K. D., Sack, W. O., Rock, S. 2009.** Anatomy of the horse. Fifth edition. Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. Germany. ISBN: 978-3-89993-044-3.

**Commission Regulation (EC) No 796/2004** of 21 april 2004 laying down detailed rules for the implementation of cross-compliance, modulation and the integrated administration and control system provided for in of Council Regulation (EC) No 1782/2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers. Official Journal of the European Union. Dostupné z <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:141:0018:0058:EN:PDF>>.

- Conant, R. T., Paustian, K., Elliott, E. T. 2001.** Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications*. 11(2). 343-355.
- Čermák, B., Ball, D. M., Frelich, J., Hintnaus, J. Hoveland, C. S., Kadlec, J., Klimeš, F., Lacefield, G. D., Lád, F., Míka, V., Mrkvička, V., Peterka, A., Slípka, B., Voženílková, B. 2004.** Vliv kvality krmiv na produkci a zdravotní nezávadnost mléka a masa: vědecko – odborná publikace. České Budějovice. 167 s. ISBN: 8070907441.
- Červený, Č. 1998.** Veterinární anatomie: Splanchnologia. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno. 133 s.
- Daly, K., Stewart, C. S., Flint, H. J., Shirazi-Beechey, S. P. 2001.** Bacterial diversity within the equine large intestine as revealed by molecular analysis of cloned 16S rRNA genes. *FEMS microbiology ecology*. 38(2-3). 141-151.
- De Vliegher, A., Carlier, L. (Eds.). 2007.** September. Permanent and Temporary Grassland: Plant, Environment and Economy. Organising committee of the 14th Symposium of the European grassland federation.
- De Vliegher, A., Van Gils, B., van den Pol-van Dasselaar, A. 2014.** Roles and utility of grasslands in Europe. *The Future of European Grasslands*. 753.
- Doležal, J., Pyrochta, V., Doležal, P., Dvořáček, J. 2005.** Kvalitní seno je významné krmivo. *Farmář*. 03. 39-46 s.
- Dulárová, A., Mrkvička, J.** Extenzivní využívání travních porostů [online]. *Agris*. 19. února 2002. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z <<http://www.agris.cz/clanek/116453>>.
- Earing, J. E., Cassill, B. D., Hayes, S. H., Vanzant, E. S., Lawrence, L. M. 2010.** Comparison of in vitro digestibility estimates using the Daisy<sup>II</sup> incubator with in vivo digestibility estimates in horses. *Journal of animal science*, 88(12), 3954-3963.
- Eckersall, P. D., Aitchison, T., Colquhoun, K. M. 1985.** Equine whole saliva: variability of some major constituents. *Equine veterinary journal*. 17(5). 391-393.
- Forejtová, J., Lád, F., Třináctý, J., Richter, M., Gruber, L., Doležal, P., Pavelek, L. 2005.** Comparison of organic matter digestibility determined by in vivo and *in vitro* methods. *Czech Journal of Animal Science*, 50(2), 47-53.
- Frape, D. 2004.** *Equine Nutrition and Feeding*. Blackwell Publishing Ltd. p. 650. ISBN: 1-4051-0598-4.



- Freeman, D. E. 2006.** Small Intestine. In: Auer, J. A., Stick, J. A. (ed.). Equine Surgery. Third Edition. Elsevier Inc.. Saint Louis. p. 401-436. ISBN: 978-1-4160-0123-2.
- Geor, R.,** Digestion From Start To Finish [online]. The Horse. 1. srpna 2001. [cit. 2016-30-06]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/articles/10872/digestion-from-start-to-finish>>.
- Hale, C., E., Moore-Colyer, M., J., S. 2001.** Voluntary food intakes and apparent digestibilities of hay, big-bale grass silage and red clover silage by ponies. Proceedings of the 17th Equine Nutrition and Physiology Symposium, The University of Kentucky, Lexington, 31. May–2. June 2001, p. 468–9.
- Heldt, H., W., Piechulla, B., Heldt, F. 2011.** Plant Biochemistry, 4th edition. Elsevier. p. 622. ISBN: 978-0-12-384986-1.
- Hopkins, A., Morris, C. 2002.** Multi-functional roles of grassland in organic farming systems. In Proceedings of the UK Organic Research 2002 Conference (pp. 75-80). Organic Centre Wales. Institute of Rural Studies. University of Wales Aberystwyth.
- Hrabě, F.** Trvalé travní porosty – zakládání, obnova, využívání, pastva [online]. EPOS. 2011. [cit. 2016-12-07]. Dostupné z <<http://www.eposcr.eu/wp-content/uploads/2011/04/ML13-TTP.pdf>>.
- Hrabě, F., Buchgraber, K. 2004.** Pícninářství: travní porosty. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 149 s. ISBN: 80-7157-816-9.
- Huyghe, C., De Vlieghe, A., Van Gils, B., Peeters, A. 2014.** Grasslands and herbivore production in Europe and effects of common policies. Editions Quae.
- Jelínek, P., Koudela, K., Doskočil, J., Illek, J., Kotrbáček, V., Kovářů, F., Valent, M. 2003.** Fyziologie hospodářských zvířat. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 414 s. ISBN: 80-7157-644-1.
- Kacerovský, O., Babička, L., Bíro, D., Heger, J., Jedlička, Z., Lohnický, J., Mudřík, Z., Roubal, P., Svobodová, M., Vencl, B., Vrátný, P., Zelenka, J. 1990.** Zkoušení a posuzování krmiv. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 221 s. ISBN: 8020900985.
- Kohoutek, A., Komárek, P., Nerušil, P., Odstrčilová, V. 2007.** Přísevy jetelovin a trav do trvalých travních porostů. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i. Praha. 32 s. ISBN: 978-80-87011-19-5.

- Koller, B. L., Hintz, H. F., Robertson, J. B., & Van Soest, P. J. 1978.** Comparative Cell Wall and Dry Matter Digestion in the Cecum of the Pony and the Rumen of the Cow Using and Nylon Bag Techniques. *Journal of Animal Science*, 47(1), 209-215.
- Kondrátová, P. 2011.** Vliv pratotechnických postupů na botanickou skladbu a biodiverzitu travních porostů. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. České Budějovice. 86 s.
- Koukolová, V., Homolka, P. 2008.** Hodnocení stravitelnosti neutrálně-detergentní vlákniny ve výživě skotu. *Metodika. VÚŽV Uhřetěves*. 29 s. ISBN: 9788074030161.
- Kudrna, V., Čermák, B., Doležal, O., Frydrych, Z., Hermann, H., Homolka, P., Illek, J., Loučka, R., Machačová, E., Martínek, V., Mikyska, F., Mrkvička, J., Mudřík, Z., Pindík, J., Poděbradský, Z., Pulkrábek, J., Skřivanová, V., Šantrůček J., Šimek, M., Veselá, M., Vrzal, J., Zelenka, J., Zemanová, D. 1998.** Produkce krmiv a výživa skotu. Agrospoj Praha. 362 s.
- Kulovaná, E.** Kvalita píce travních porostů [online]. *Úroda*. 21. března 2001a. [cit. 2016-14-08]. Dostupné z <<http://uroda.cz/kvalita-pice-travnich-porostu/>>.
- Kulovaná, E.** Vliv stanoviště a hnojení na druhové složení a výnosy luk [online]. *Úroda*. 14. srpna 2001b. [cit. 2016-16-08]. Dostupné z <<http://uroda.cz/vliv-stanoviste-a-hnojeni-na-druhove-slozeni-a-vynosy-luk/>>.
- Láchová, J. 2013.** Stanovení vlákniny pomocí různých metod. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie a potravinových přírodních zdrojů. Praha. 61 s.
- Lattimer, J. M., Cooper, S. R., Freeman, D. W., Lalman, D. L. 2007.** Effect of yeast culture on in vitro fermentation of a high-concentrate or high-fiber diet using equine fecal inoculum in a Daisy II incubator. *Journal of animal science*, 85(10), 2484-2491.
- 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.
- Lewis L. D. 1996.** Feeding and care of the Horse. 2nd Edition. Wiley-Blackwell. USA. p. 400. ISBN 978-0-683-04967-1.
- Lowman, R. S., Theodorou, M. K., Hyslop, J. J., Dhanoa, M. S., Cuddeford, D. 1999.** Evaluation of an in vitro batch culture technique for estimating the in vivo digestibility and

digestible energy content of equine feeds using equine faeces as the source of microbial inoculum. *Animal Feed Science and Technology*, 80(1), 11-27.

**McNeil, M., Darvill, A. G., Fry, S. C., Albersheim, P. 1984.** Structure and function of the primary cell walls of plants. *Annual review of biochemistry*. 53(1). 625-663.

**Merritt, A. M. 1999.** Normal equine gastroduodenal secretion and motility. *Equine veterinary journal*. 31(S29). 7-13.

**Míka, V., Harazim, J., Kalač, P., Kohoutek, A., Komárek, P., Pavlů, V., Pozdíšek, J. 1997.** Kvalita píce. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 227 s. ISBN: 8096153592.

**Mohnen, D. 2008.** Pectin structure and biosynthesis. *Current opinion in plant biology*. 11(3). 266-277.

**Moore, K. J., Jung, H. J. G. 2001.** Lignin and fiber digestion. *Journal of range management*. 420-430.

**Mrkvička J., Veselá M., Āinaj M. 2007.** Trvalé travní porosty – jejich funkce v krajině. Česká zemědělská univerzita v Praze. Katedra pícninářství a trávníkářství. Také dostupné z <[http://organicfarming.agrobiology.eu/proceedings\\_pdf/60\\_mrkvicka\\_s188-190.pdf](http://organicfarming.agrobiology.eu/proceedings_pdf/60_mrkvicka_s188-190.pdf)>.

**Mudřík, Z., Doležal, P., Koukal, P. 2006.** Základy moderní výživy skotu: vědecká monografie zpracovaná v rámci řešení VZ MSM 6046030901. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 270 s. ISBN: 80-213-1559-8.

**Nahodil, A. 2011.** Technologické linky pro údržbu trvalých travních porostů v chráněných krajinných zónách. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Zemědělská fakulta. Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky. České Budějovice. 75 s.

**National Research Council. 2007.** Nutrient Requirements of Horses: Sixth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. p. 360. ISBN: 978-0-309-10212-4.

**Newman, Y. C., Lambert, B., Muir, J. P. 2006.** Defining forage quality. Texas Cooperative extension. The Texas A & M University System.

**Novák, J. 2008.** Pásienky, lúky a trávníky. Patria I. Spol. s.r.o. Prievidza. 708 s. ISBN: 978-80-8567-423-1.

- Novosad, J. 2009.** Kvalita píce víceletých trav. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Brno. 67 s.
- Pérez, J., Munoz-Dorado, J., de la Rubia, T. D. L. R., Martínez, J. 2002.** Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology*. 5(2). 53-63.
- Pozdíšek, J., Kohoutek, A., Nerušil, P., Odstrčilová, V., Jakešová, H., Jambor, V., Procházka, P. 2001.** Forage quality from sequential sampling dates of grasses and legumes. In 10th International Symposium of forage conservation, Brno. Czech Republic. 10-12 September 2001. (pp. 154-159). Mendel University of Agriculture and Forestry.
- Prochnow, A., Heiermann, M., Plöchl, M., Amon, T., Hobbs, P. J. 2009a.** Bioenergy from permanent grassland—A review: 2. Combustion. *Bioresource technology*. 100(21). 4945-4954.
- Prochnow, A., Heiermann, M., Plöchl, M., Linke, B., Idler, C., Amon, T., Hobbs, P. J. 2009b.** Bioenergy from permanent grassland—A review: 1. Biogas. *Bioresource Technology*. 100(21). 4931-4944.
- Pukyšová, V. 2014.** Změny v koncentraci vlákniny v píci srhy laločnaté (*Dactylis glomerata* L.) v závislosti na rozdílné intenzitě využívání trvalých travních porostů. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta. Brno. 50 s.
- Rayburn, E. 2014.** Understanding Forage Analysis Important To Livestock Producers. West Virginia University. 1-3.
- Reece, W. O. 2011.** Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat: [Orig.: Functional anatomy and physiology of domestic animals]. Grada Publishing. Praha. 480 s. ISBN: 978-80-247-3282-4.
- Ridley, B. L., O'Neill, M. A., Mohnen, D. 2001.** Pectins: structure, biosynthesis, and oligogalacturonide-related signaling. *Phytochemistry*. 57(6). 929-967.
- Ruess, R. W., McNaughton, S. J. 1987.** Grazing and the dynamics of nutrient and energy regulated microbial processes in the Serengeti grasslands. *Oikos*. 101-110.
- Saha, B. C. 2003.** Hemicellulose bioconversion. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 30(5). 279-291.
- Skidmore, A. K., Ferwerda, J. G., Mutanga, O., Van Wieren, S. E., Peel, M., Grant, R. C., Venus, V. 2010.** Forage quality of savannas—Simultaneously mapping foliar protein and

polyphenols for trees and grass using hyperspectral imagery. Remote sensing of environment, 114(1), 64-72.

**Skládanka, J., Cagaš, B., Doležal, P., Havlíček, Z., Hejduk, S., Horký, P., Jančovič, J., Klusoňová, I., Knot, P., Kovár, P., Alba Mejía, J E., Mikyska, F., Nawrath, A., Pokorný, R., Sláma, P., Szwedziak, K., Tukiendorf, M., Šeda, J., Vozár, L., Vyskočil, I., Zeman, L. 2014.** Pícninářství. 1. vyd. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 368 s. ISBN: 978-80-7509-111-6.

**Soussana, J. F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, P., Amman, C., Campbell, C., Flechard, C. 2007.** Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. Agriculture, Ecosystems & Environment. 121(1). 121-134.

**Sriamornsak, P. 2003.** Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. Silpakorn University International Journal. 3(1-2). 206-228.

**Sunvold, G. D., Hussein, H. S., Fahey, G. C., Merchen, N. R., Reinhart, G. A. 1995.** In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. Journal of animal science, 73(12), 3639-3648.

**Šantrůček, J., Fuksa, P., Hakl, J., Kocourková, D., Mrkvička, J., Svobodová, M., Veselá, M. 2008.** Encyklopedie pícninářství. ČZU v Praze. 157 s. ISBN: 9788021316058.

**The Horse Staff.** Equine Digestive Physiology [online]. The Horse. 9. ledna 2002. [cit. 2016-30-06]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/articles/12819/equine-digestive-physiology>>.

**Thomas, H. S.,** The Horse's Digestive System [online]. The Horse. 1. ledna 2010. [cit. 2016-30-06]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/articles/24911/the-horses-digestive-system>>.

**Trowell, H. 1976.** Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. The American journal of clinical nutrition. 29(4). 417-427.

**Třináctý, J., Richter, M., Pavelková, L., Pavelek, L., Harazim, J. 2000.** Vývoj metod hodnocení vlákninového komplexu krmiv a degradace škrobu, ADF a NDF u jetelové a kukuřičné siláže v batoru. In: Sborník z mezinárodní vědecké konference „Stanovení využitelnosti živin u přežvýkavců“. ÚKZÚZ v Brně. Regionální oddělení krmiv Opava. 69-76.

- Van Saun, R. J.** Determining Forage Quality: Understanding Feed Analysis [online]. Penn State Extension. 2016. [cit. 2016-17-08]. Dostupné z <<http://extension.psu.edu/animals/camelids/nutrition/determining-forage-quality-understanding-feed-analysis>>.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., Lewis, B. A.** 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*. 74(10). 3583-3597.
- Velišek, J., Hajšlová, J.** 2009. *Chemie potravin 1*. OSSIS. Tábor. 602 s. ISBN: 978-80-86659-15-2.
- Voragen, A. G., Coenen, G. J., Verhoef, R. P., Schols, H. A.** 2009. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*. 20(2). 263-275.
- Vorlíček, Z.** *Pratotechnika luk a výroba krmiv* [online]. EPOS. 2011. [cit. 2016-21-07]. Dostupné z <<http://www.eposcr.eu/wp-content/uploads/2011/04/ML26-Pratotechnika.pdf>>.
- Vyskočil, I., Zeman, L., Kratochvílová, P., Večerek, M., Vašátková, A.** 2008. *Kapesní katalog krmiv*. MZLU Brno, ISBN: 978-80-7375-218-7.
- Wilkins, R., J.** 2005. *Silage: A global Perspective*. In: Reynolds, S., G., Frame, J. 2005. *Grasslands: Developments Opportunities Perspectives*. Science Publishers, Inc. Enfield, New Hampshire, USA. 541p. ISBN: 1-57808-359-1.
- Zeman, L., Doležal, P., Kopřiva, A., Mrkvicová, E., Procházková, J., Ryant, P., Skládanka, J., Straková, E., Suchý, P., Veselý, P., Zelenka, J.** 2006. *Výživa A Krmení Hospodářských Zvířat*, Profi Přes S.R.O., Praha, 360 s. ISBN: 8086726177.

## **9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

ADF = acido detergentní vlákna

BNLV = bezdusíkaté látky výtažkové

CF = hrubá vlákna

NDF = neutrálně detergentní vlákna

NL = dusíkaté látky

OH = organická hmota

P = popeloviny

T = tuk

TTP = trvalý travní poros



## 10 SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY



**Příloha I:** Louka, z které byl prováděn odběr vzorku (vlastní foto autora).



**Příloha II:** Přesné místo odběru vzorku s vyznačenými čtverci o velikost 1m x 1m (vlastní foto autora).





**Příloha III:** Sušení sena na plachtě a na slunci. Zde ukázka posečeného čtverce 1 – 4 (vlastní foto autora).



**Příloha IV:** Prachovnice s připravenými vzorky (vlastní foto autora).





**Příloha V:** Vážení prázdného spalovacího kelímku a kelímku se vzorkem na analytické váze (vlastní foto autora).



**Příloha VI:** Navážené vzorky v označených spalovacích kelímcích (vlastní foto autora).



**Příloha VII:** Vzorky zapečetěné ve filtračních sáčcích ANKOM F57 (vlastní foto autora).



**Příloha VIII:** Vzorky umístěné v digesčních nádobách Daisy<sup>II</sup> Inkubátoru (vlastní foto autora).



**Příloha IX:** Vypnutý a spuštěný Daisy<sup>II</sup> Inkubátor se vzorky uvnitř (vlastní foto autora).

## 10.1 Seznam příloh

**Příloha I:** Louka, z které byl prováděn odběr vzorku.

**Příloha II:** Přesné místo odběru vzorku s vyznačenými čtverci o velikost 1m x 1m.

**Příloha III:** Sušení sena na plachtě a na slunci. Zde ukázka posečeného čtverce 1 – 4.

**Příloha IV:** Prachovnice s připravenými vzorky.

**Příloha V:** Vážení prázdného spalovacího kelímku a kelímku se vzorkem na analytické váze.

**Příloha VI:** Navážené vzorky v označených spalovacích kelímcích.

**Příloha VII:** Vzorky zapečetěné ve filtračních sáčcích ANKOM F57.

**Příloha VIII:** Vzorky umístěné v digesčních nádobách Daisy<sup>II</sup> Inkubátoru.

**Příloha IX:** Vypnutý a spuštěný Daisy<sup>II</sup> Inkubátor se vzorky uvnitř.