

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA EKOLOGIE**



**Živiny v půdě a v nadzemní rostlinné  
biomase v závislosti na depozici výkalů  
skotu na místech s dlouhodobou absencí  
sešlapu**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracovala: Bc. Marie SMÉKALOVÁ**

**Vedoucí práce: Ing. Vendula LUDVÍKOVÁ, Ph.D.**

Praha 2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marie Smékalová

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Živiny v půdě a v nadzemní rostlinné biomase v závislosti na depozici výkalů skotu na místech s dlouhodobou absencí sešlapu**

Název anglicky

**Nutrinets in soil and in aboveground plant biomass depending on dung deposition of cattle on places with a long-term absence of trampling**

### Cíle práce

Práce navazuje na dlouhodobý projekt a je zaměřena na zkoumání vlivu depozice tuhých výkalů skotu (jalovic) a absence sešlapu na intenzivně spásaných plochách. Cílem bude na základě získaných dat popsat koloběh živin v půdě a nadzemní rostlinné biomase v závislosti na depozici výkalů skotu na místech s dlouhodobou absencí sešlapu. Jednotlivé cíle diplomové práce jsou: 1. vyhodnotit časový dosah vlivu dostupnosti živin v půdě (a v rostlinné biomase) po depozici tuhého výkalu; 2. zjistit zastoupení živin v půdě a v rostlinné biomase na plochách i) s absencí sešlapu a s depozicí výkalu a ii) s dlouhodobou absencí sešlapu bez depozice výkalu.

### Metodika

Pasené porosty jsou ovlivňovány několika faktory zahrnující sešlap, obohacování o živiny z výkalů, selektivní defoliaci pasoucích se zvířat a disperzi semen. Vliv tuhých výkalů a absence sešlapu na strukturu vegetace budou sledovány na dlouhodobém pastevním experimentu v Jizerských horách v Oldřichově v Hájích. Pokus byl založen v říjnu 2013 na plochách s intenzivní pastvou bez dlouhodobého sešlapu skotem a bez dlouhodobé defekace výkalů. Ve čtyřech blocích s pěti opakováními byly aplikovány výkaly do kruhového tvaru. V místě aplikace tuhého výkalu budou čtyřikrát za sezónu odebrány půdní vzorky a vzorky nadzemní rostlinné biomasy pro zjištění základního obsahu dostupných živin (N, P, K, Ca, Mg). Protože se jedná o destruktivní metodu, byly výkaly v rámci jednoho opakování aplikovány v rozestupu 80 cm. Vzniklo tedy 80 odběrových ploch. Jako kontrolní data k porovnání (místa bez defekace) budou použity výsledky vegetačních snímků ze stejných studijních ploch z roku 2012.

## Doporučený rozsah práce

cca. 40 stran

## Klíčová slova

pastva jalovic, aktivita velkých herbivorů, dostupnost živin, pastvina

---

## Doporučené zdroje informací

- Adler, P.B., Raff, A.D., Lauenroth, W.K., 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128, 465-479.
- Curll, M.L., Wilkins, R.J., 1983. The comparative effects of defoliation, treading and excreta on a *Lolium perenne*-*Trifolium repens* pasture grazed by sheep. *J. Agric. Sci.* 100, 451-460.
- Hejcman, M., Száková, J., Schellberg, J., Šrek, P., Tlustoš, P., Balík, J., 2010. The Rengen Grassland experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. *Environ. Monit. Assess.* 166, 653-662.
- Koerselman, W., Bakker, S.A., Blom, M., 1990. Nitrogen, phosphorus and potassium budgets for two small fens surrounded by heavily fertilized pastures. *J. Ecol.* 78, 428-442.
- Mikola, J., Setälä, H., Virkajärvi, P., Saarijärvi, K., Ilmarinen, K., Voigt, W., Vestberg, M., 2009. Defoliation and patchy nutrient return drive grazing effects on plant and soil properties in a dairy cow pasture. *Ecol Monogr* 79, 221-244.

---

## Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

## Vedoucí práce

Ing. Vendula Ludvíková, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2014

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

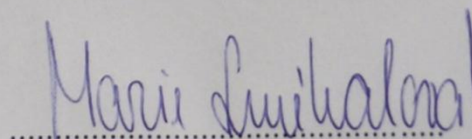
Děkan

V Praze dne 22. 04. 2015

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Venduly Ludvíkové, Ph.D a uvadla veškeré literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 15.4. 2015

Handwritten signature of Marie Smékalová in blue ink, written over a dotted line.

Bc. Marie Smékalová

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Vendule Ludvíkové, Ph.D., že mi bylo umožněno pod jejím vedením psát tuto diplomovou práci. Chtěla bych jí poděkovat, za cenné rady a pomoc při psaní této diplomové práce. V neposlední řadě také děkuji všem ostatním, kteří mi byli nápomocni během zpracování mé diplomové práce.

## **Abstrakt**

V této diplomové práci bylo cílem popsat koloběh živin v půdě a nadzemní rostlinné biomase v závislosti na depozici výkalů skotu na místech s dlouhodobou absencí sešlapu. Pokus byl založen v říjnu 2013 a je součástí dlouholetého projektu, který provádí Výzkumná stanice travních ekosystémů v Liberci na svých experimentálních plochách v Jizerských horách. Výzkum probíhal na plochách s intenzivní pastvou bez dlouhodobého sešlapu skotem a bez dlouhodobé defekace. Nejprve byly na místa aplikovány výkaly. Následně čtyřikrát za sezónu v místě aplikace tuhého výkalu byly provedeny odběry vzorků půdy a nadzemní biomasy. K experimentu byly použity vzorky nadzemní rostlinné biomasy, u kterých byl zjišťován základní obsah dostupných živin (N, P, K, Ca, Mg). Pod místy odběru nadzemní biomasy byly odebrány půdní vzorky, u nichž byl také zjišťován obsah přijatelných živin (N, P, K, Ca, Mg) a půdní reakce (pH/CaCl<sub>2</sub>). Ke statistické analýze bylo celkem použito 80 vzorků nadzemní biomasy a 80 vzorků půdy.

Na základě výsledků lze konstatovat, že aplikovaný výkal má vliv na obsah prvků v půdě i nadzemní rostlinné biomase. Na místech s aplikovanými výkaly byla koncentrace všech prvků v půdě mnohonásobně vyšší než na místech kontrolních. Stejně tak byl prokázán vliv exkrementu na zvýšené množství živin v nadzemní biomase. Pouze u hořčíku a vápníku nebyl tento vliv prokázán. Statistická analýza také prokázala různou intenzitu obsahu živin během sezónních odběrů. Nejvyšší obsah byl zjištěn při druhém, nejnižší naopak při posledním odběru půdy a rostlinné biomasy. Korelace potvrdila vzájemný vztah mezi živinami v půdě a rostlinné biomase.

**Klíčová slova:** aktivita velkých herbivorů, dostupnost živin, pastva jalovic, pastvina.

## **Abstract**

The aim of this study was to identify of nutrients in soil and in aboveground plant biomass depending on dung deposition of cattle on places with a long-term absence of trampling. The experiment was established in October 2013 and this study is a part of a long-term grazing project in the Jizerske hory Mts. (Czech Republic). This experiment was established by Crop research Institute. The research was conducted in intensive grazing on place with a long-term absence of trampling and without defecation. The first time the excrement was applied on his place. After we collected samples of soil and plant biomass four times per season on defecation place. The experimental samples aboveground biomass were tested concentration of available nutrients (P, K, Ca, Mg). The soil samples were tested concentration of available nutrients (P, K, Ca, Mg) and soil reaction (pH / CaCl<sub>2</sub>). The statistical analysis were used of 80 samples of grass biomass and 80 the soil samples.

In summary, the nutrients in soil and plant biomass was influenced of excrement. In places with applied excrement, the concentration of all nutrients in the soil biomass was many times higher than the control sites. Also in places with applied excrement, the concentration of all nutrients in the aboveground plant biomass is many times higher than the control sites. The impact was not demonstrated in magnesium and calcium this impact was not demonstrated. Statistical analysis also showed different intensity nutrient content during of the season in samples of soil and plant biomass. The highest content was detected at the second and the lowest in the last sampling of plant and soil biomass and correlation demonstrated a relationship between nutrients in the soil and plant biomass.

**Key words:** activity of herbivores, nutrients availability, grazing heifers, pasture

## Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod.....   | 10 |
| 2. Cíl práce .....                                       | 12 |
| 3. Literární rešerše.....                                | 13 |
| 3.1 Trvalé travní porosty .....                          | 13 |
| 3.1.1 Úloha a funkce travních porostů .....              | 14 |
| 3.1.2 Louky a pastviny.....                              | 15 |
| 3.2 Pastva skotu .....                                   | 16 |
| 3.2.1 Obhospodařování pastvin a intenzita pastvy .....   | 18 |
| 3.3 Vliv pastvy na trvalé travní porosty .....           | 19 |
| 3.3.1 Tvorba travního porostu a jeho struktura.....      | 20 |
| 3.3.2 Vliv pastvy na složení porostu.....                | 21 |
| 3.3.3 Nespasená místa.....                               | 22 |
| 3.4 Půda jako prostředí pro rostliny .....               | 25 |
| 3.4.1 Půdní poměry .....                                 | 26 |
| 3.4.2 Vliv půdní reakce.....                             | 26 |
| 3.4.3 Vliv pastvy na půdu .....                          | 27 |
| 3.4.4 Vodní režim .....                                  | 30 |
| 3.5 Minerální živiny .....                               | 32 |
| 3.5.1 Zdroje minerálních živin pro rostliny v půdě ..... | 33 |
| 3.5.2 Příjem živin rostlinami.....                       | 34 |
| 3.5.3 Úloha živin ve výživě travních porostů .....       | 35 |
| 3.5.4 Dusík.....   | 36 |
| 3.5.6 Fosfor .....                                       | 37 |
| 3.5.7 Draslík.....                                       | 38 |
| 3.5.8 Vápník.....  | 39 |
| 3.5.5 Hořčík .....                                       | 40 |



|  |    |
|--|----|
| 4. Metodika .....  | 42 |
| 4.1 Studované území .....                                    | 42 |
| 4.2 Klimatické a pedologické poměry na studovaném území..... | 42 |
| 4.3 Rostlinné složení experimentálních ploch.....            | 42 |
| 4.4 Experimentální plochy .....                              | 43 |
| 4.4 Design experimentu.....                                  | 44 |
| 4.4 Sběr dat.....  | 45 |
| 4.5 Analýza dat.....   | 45 |
| 4.6 Testované hypotézy .....                                 | 46 |
| 5. Výsledky .....  | 48 |
| 6. Diskuze.....  | 56 |
| 7. Závěr .....   | 61 |
| 8. Použitá literatura .....                                  | 62 |
| 9. Přílohy .....   | 72 |
| 9.1 Mapová příloha.....                                      | 72 |
| 9.2 Obrázková příloha .....                                  | 73 |

## 1. Úvod

Půdní živiny patří se světlem a vodním režimem mezi základní podmínky pro produkci rostlinné biomasy. Dynamika půdních živin vykazuje vysoký stupeň prostorové heterogenity, na kterou působí další variabilní procesy, jako například půdní vlhkost, mikroorganismy, půdní reakce a jiné. Mnoho studií dokládá, že vegetace a druhová rozmanitost většiny rostlinných společenstev je silně ovlivněna právě heterogenitou půdních živin (Mariott, 1994; Mikola et al., 2009).

Pasené porosty jsou ovlivňovány několika faktory zahrnující především selektivní defoliaci pasoucích se zvířat, disperzi semen, sešlap a obohacování půdy i rostlinné biomasy o živiny uvolněné z exkrementů pasených zvířat. A právě živiny jsou pro travní porosty rozhodujícím faktorem, který ovlivňuje jak druhovou skladbu, tak i výnos a kvalitu rostlinné biomasy (Curll et Wilkins., 1983; Scimone et al., 2007). Množství minerálních zdrojů v půdě působí na vývoj fytoocenóz a to v pozitivním nebo negativním směru. Může ovlivnit výšku, vzhled rostlin, nutriční obsah živin, výskyt a početnost rostlinných druhů.

Jak již bylo uvedeno, rozmístění živin v půdě je ovlivněno proměnlivostí krajiny, klimatickými poměry, rozkladnými procesy, půdními organismy, exkrementy a řadou dalších prostorově proměnlivých procesů, mezi které patří i způsob obhospodařování travních porostů (Gibson, 1986). I když dnes již není pastevectví zdaleka tolik rozšířené jako v minulosti, bylo ve středověku hlavním faktorem, který ovlivnil evropskou krajinu (Kvítek, 1998).

Narozdíl od osatních managementů pastva zásadně formuje strukturu a druhové složení vegetace a to především díky obohacování porostu exkrementy, disturbancím půdního povrchu a selektivnímu vypásání rostlin. Efekt pastvy na vegetaci je vždy výsledkem interakce rozmístění pastevní aktivity herbivorů a již existujícího prostorového uspořádání vegetace (Adler et al., 2001; Mrkvička et al., 2006). Při pastvě se většina živin vrací zpět do půdy prostřednictvím výkalů, takže nedochází k ochuzování půdy o živiny. Při dlouhodobé koncentraci zvířat na jednom místě se na těchto místech hromadí exkrementy a dochází tak k nadměrnému uvolňování živin do půdy. Díky sociálnímu chování pasených zvířat lze tedy předpokládat, že na místech soustředěného pastevního tlaku (například v blízkosti

vodního zdroje nebo místa odpočinku) dojde k největšímu posunu od původní struktury vegetace. Převládají zde druhy poléhavé, které snášejí sešlap a druhy které se vyskytují na místech s vysokým obsahem fosforu a dusíku (např. *Urtica dioica*, *Rumex acetosa*). Naopak na místech vzdálenějších od koncentrace dobytka je popisována vyšší pestrost v porostech i výskyt více ohrožených druhů, naopak méně druhů synantropních (Marriot, 1994; Ryant, 2009).

Koloběh živin spočívá v toku živin a energie jednak mezi živou složkou ekosystému, která je zastoupena primárními producenty, konzumenty, destruenty a reducenty a také mezi neživou složkou ekosystému zahrnující klima, půdní podmínky a vodní prostředí. Rychlost koloběhu živin je na stanovišti ovlivněna faktory, které mohou působit na rychlost toku energie, příjem a uvolňování živin v jednotlivých typech prostředí (Scimone, 2007; Úlehlová et Rychnovská, 1982). Základní živiny důležité pro růst a vývoj rostlin jsou prostorově heterogenní pouze v malém měřítku, a tak i rostliny vyskytující se společně na stejném stanovišti mohou reagovat na tyto rozdíly v půdních podmínkách odlišně. Působí-li na rostlinu nějaký faktor, díky kterému se zvýší nárok na konkrétní živiny, zvýší se tím i schopnost absorpce této živiny. Tato závislost je dána ekologicky únosnou dávkou absorbovaných živin, dobou jejich využití, ale také druhovým složením porostu, biotickými a abiotickými faktory prostředí (Mrkvička et al., 2006).

Na druhou stranu i rostliny mají vliv na různorodost půdních podmínek a dostupnosti živin z půdy. Podobné je to i s heterogenitou dostupných zdrojů pro rostliny. Zatímco je všeobecně známo, že dostupnost zdrojů významně ovlivňuje produktivitu a rozmanitost vegetace, rovněž produktivita a rozmístění porostů pravděpodobně zpětně ovlivňuje diverzitu živin a má tak vliv i na rozložení druhů v travních společenstvech. Rychnovská et al. (1985) konstatuje, že na obecné úrovni lze tvrdit, že stanovištní podmínky, které jsou suboptimální pro tvorbu biomasy vedou u přirozených travních porostů k bohatšímu floristickému složení a že naopak podmínky optimální či supraoptimální pro tvorbu biomasy vedou u přirozených travních porostů k redukci druhové diverzity a k výraznějšímu převládnutí jednoho, nebo více druhů, které jsou dobře přizpůsobeny právě na tyto stanovištní podmínky, jsou schopny stálého růstu, a tudíž vyšší konkurenční schopnosti.

## 2. Cíl práce

Práce navazuje na dlouhodobý projekt a je zaměřena na zkoumání vlivu depozice tuhých výkalů skotu (jalovic) a absence sešlapu na intenzivně spásaných plochách. Cílem této diplomové práce bylo na základě získaných dat popsat koloběh živin v půdě a nadzemní rostlinné biomase v závislosti na depozici výkalů skotu na místech s dlouhodobou absencí sešlapu. Jako jednotlivé cíle diplomové práce byly stanoveny:

- vyhodnotit časový dosah vlivu dostupnosti živin v půdě a v rostlinné biomase po depozici tuhého výkalu
- zjistit zastoupení živin v půdě a v rostlinné biomase na plochách
  - i. s absencí sešlapu a s depozicí výkalu
  - ii. s dlouhodobou absencí sešlapu a bez depozice výkalu.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Trvalé travní porosty

Jako trvalé travní porosty (TTP) se označují složitá společenstva trav, jetelovin a ostatních bylin, která se díky zemědělskému využívání stala trvalými kulturami. Tvoří důležitou součást biosféry a ve středoevropských podmínkách představují významný krajinnotvorný prvek (Královec, 1998; Mrkvička et al. 2005b). Podílejí se na estetickém vzhledu kulturní krajiny s cennými a pro dané oblasti typickými travinnými společenstvy. Význam těchto společenstev se v současné době zvyšuje v souvislosti se zachováním a udržením krajiny v polopřirozeném a kulturním stavu (Veselá et Mrkvička, 2004).

Travní porosty mírného pásma euroasijského kontinentu jsou náhradními společenstvy lesů, jsou antropogenního původu, i když mají mnoho rysů přirozené vegetace (Úlehlová et Rychnovská, 1982). Z geobotanického hlediska se nejedná o přírodní porosty, ale o porosty polopřirozené, které by bez lidské činnosti nevznikly (Hejcman et al., 2005; Královec, 1998). Louky a pastviny se utvářely postupně od neolitu. Pravidelné využívání těchto ploch tak umožnilo vznik nových ekotypů, které se přizpůsobily po staletí prováděnému hospodaření (Gaisler et al. 2011; Mrkvička et Veselá, 2001). V České republice zaujímají asi 22 % zemědělské půdy (Mrkvička et al., 2005), ale jen velmi malý podíl těchto TTP můžeme označit jako porosty přirozené, bez přímé vazby na pastvu dobytka nebo na pravidelné sečení. Z geobotanického hlediska spadá území České republiky do lesního pásma, a proto přírodní travní porosty zde nejsou primární rostlinou formací. Většinu travních porostů v našich podmínkách vytvořil a dlouhodobě udržoval člověk a bez jeho působení by se postupně přeměnily v lesy (Mrkvička et Veselá, 2001; Šarapatka et al., 2005). V našich klimatických podmínkách jde zejména o subalpínské trávníky v Krkonoších a Jeseníkách a stepní trávníky, vyskytující se v nejsušších oblastech České republiky, například na Pálavě (Hejcman et al., 2005b).

Travní porosty jsou rozšířeny převážně v podhorských a horských oblastech, kde tvoří základ ekologické stability krajiny a značnou měrou ovlivňují naše životní prostředí (Veselá et Mrkvička, 2004). Představují jeden z nejstabilnějších suchozemských ekosystémů, který je také charakterizovaný značnou druhovou

diverzitou rostlin. Jejich floristické složení je odrazem existujících podmínek daného prostředí a jejich druhová variabilita ukazuje změny podmínek v čase (Tišliar et Citarová, 2008).

### 3.1.1 Úloha a funkce travních porostů

V našich podmínkách měly trvalé travní porosty odedávna především funkci produkční. Jako louky a pastviny byly zdrojem píce pro dobytek a tak tvořily základ pro postupně se vyvíjející zemědělství. Jak již bylo dříve řečeno, travní porosty vznikly cílevědomou lidskou činností a je tedy přirozené, že postupem času se měnil jejich charakter s ohledem na jejich nároky a obdělávání. (Braun, 1996; Královec 1998; Mrkvička et Veselá, 2004). Travní porosty mají výjimečné postavení mezi ostatními krajinnými prvky, jelikož jsou nejnáze obnovitelným přirozeným biotem, který plní funkce *produkční*, jako zdroj obživy pro hospodářská zvířata. Právě vedle “ziskového” významu mají ale také důležitou funkci *mimoprodukční*, díky které přispívají k trvalé udržitelnosti krajiny, jako významné složky v systému ekologické stability a ochrany životního prostředí (Úlehlová et Rychnovská, 1982; Velich, 1996). Travní porosty jsou místa s rozsáhlým využitím, velkého přírodního a krajinného významu, přispívají k rozvoji životního prostředí a venkova mnoha svými aspekty jako jsou biodiverzita, kulturní dědictví, zpracování a koloběh uhlíku a dalších významných prvků, jakož i prevenci proti povodním. Všeobecně se dá říci, že krajina, která není člověkem drasticky pozměněná, je krásná a přitažlivá (Mrkvička et al., 2005b; Šarapatková et Čížková, 2007; Veselá et Mrkvička 2004).

TTP mají v krajině velký význam z hlediska omezení vodní i větrné eroze půdy, kdy ji svým pokryvem a kořenovou soustavou účinně omezují (Gaisler et Hejduk, 2006; Velich, 1996). Z hlediska ochrany kvality povrchových i podzemních vod mají TTP v porovnání s ornou půdou nezastupitelnou úlohu. Zastupují roli jako účinný biologický filtr, což je dáno densitou prokořenené drnové vrstvy a resorpční aktivitou trav. Travní porost je schopen zachytit škodlivé látky, které se do půdy dostávají především díky činnosti člověka (např. dusičnany, fosforečnany, biocidy aj.) a zamezit tak jejich prostupu do podzemních vod. Také snižují smyv živin do povrchových vodních zdrojů a omezují tak jejich eutrofizaci. Jejich další hydrologický význam spočívá v omezení povrchového odtoku, a to zejména na

svazích. Zvyšují infiltrační schopnosti půdy, snižují rychlost a unášecí schopnosti povrchově stékající vody. Travní porosty obecně ukládají do podzemní biomasy velké množství produkce, mají tak vysokou absorpční schopnost a tím velmi málo dochází k vymývání živin z půdy (Gaisler et Hejduk, 2006; Klink, 2015; Mrkvička et al., 2005b).

Travní porosty se podílejí na výměně plynů, mají vliv na teplotu a relativní vzdušnou vlhkost, vzdušné proudění v krajině a vytváření mikroklimatu. V závislosti na podílu živých a mrtvých rostlinných částí mohou porosty atmosféru buď ochlazovat a zvlhčovat, nebo naopak oteplovat a v malé míře vysoušet. To je způsobeno tím, že živé rostlinné části, které jsou schopné transpirace, snižují teplotu a zvyšují relativní vzdušnou vlhkost a vytváří tak chladnější mikroklima. Naopak zaschlé a neživé části rostlinných těl nejsou schopny odpařovat vodu a tím se ochlazovat (Braun, 1996; Mrkvička et al., 2005b; Velich, 1996).

V neposlední řadě je také důležitý vliv na druhovou pestrost, kdy dochází k tvorbě a udržování pestřejších rostlinných společenstev a biotopů pro řadu cenných a chráněných druhů rostlin. Louky a pastviny přispívají velkou měrou k biodiverzitě zemědělské krajiny. Rozmanitost rostlinných a živočišných druhů zaručuje zachování bohatých genofondů. Respektování jejich biologických a ekologických zákonitostí napomáhá ke stabilizaci širších ekologických vazeb v krajině (Mrkvička et al., 2005b; Šarapatková et Čížková, 2007).

### **3.1.2 Louky a pastviny**

Jedinečná tvář naší krajiny byla utvářena stovky let pomocí tradičního hospodaření našich předků, zejména pak v horských oblastech, kde byl jejich hlavním zdrojem obživy chov ovcí, skotu a dalších hospodářských zvířat. V těchto oblastech společně louky a pastviny i dnes vytvářejí typický krajinný ráz (Honsová, 2006; Velich, 1996)

Trvalá travní společenstva lze definovat jako náhradní rostlinná společenstva, která jsou udržovaná kosením nebo pasením a jejichž rostlinný kryt je tvořen vytrvalými mesofilními travinami a bylinami, které fungují po celé vegetační období. Druhové složení polopřirozených travních porostů se ustálilo pod selekčním tlakem

pravidelného kosení nebo pasení. A právě díky různým způsobům obhospodaření se společenstva trvalých travních porostů dělí na louky a pastviny (Honsová, 2006; Mrkvička et al. 2005b; Úlehlová et Rychnovská, 1982; Velich 1996). **Luční typ** se od pastevního liší tím, že dochází k pravidelnému exportu většiny rostlinné biomasy mimo daný ekosystém. To způsobí okamžitou změnu světelných a následně i vlhkostních podmínek na stanovišti. Tím, že dojde k odstranění většiny biomasy, je podpořen růst konkurenčně slabších druhů rostlin. Uplatní se zde především trávy, které jsou světlomilné a mají rychlou regenerační schopnost (Honsová, 2006; Úlehlová et Rychnovská, 1982). Z dlouhodobého hlediska ale kosení způsobuje ochuzování půdy, protože nedochází k návratu živin do půdy, a jak uvádí Velich (1996) postupně tak dojde k převládnutí druhů, které jsou méně náročné na živiny. Naopak **při pastvě** je sice odebrána narostlá biomasa, však živiny se na lokalitě navracejí ve formě exkrementů a rostliny je tak poté mohou dále využívat. Při přehánění stád mezi jednotlivými pastvinami v průběhu roku také zvířata napomáhají šíření semen rostlin, které se jim mohou zachytit v srsti nebo na kopytech (Correl et al., 2003; Mrkvička et al., 2005).

Opravdových pastvin, tj. dlouhodobě intenzivně spásaných travních porostů s vyvinutým nízkým a hustým drnem odolným vůči sešlapávání a častému odstraňování zelených částí rostlin, je v dnešní době již velmi málo. Podle Pavlů et al. (2003) v průběhu posledních několika let průměrná intenzita obhospodaření, ale i pastvy, v našich podmínkách výrazně poklesla. Nízká intenzita pastvy v podhorských a horských oblastech je do značné míry ovlivněna současným systémem zemědělských dotací, který výrazně podporuje velké farmy s nedostatečným počtem hospodářských zvířat ve vztahu k produkci TTP.

### 3.2 Pastva skotu

Pastva je nejstarší přirozený způsob výživy hospodářských zvířat. Je to důležitý selekční faktor, který má podstatný vliv na strukturu polopřirozených travních porostů (Mrkvička et Veselá, 2004b; Correl et al., 2003). Jak již bylo dříve řečeno, pastva hospodářských zvířat sehrála podstatnou roli ve formování krajiny od počátku zemědělství až do současnosti. I když dnes již není pastevectví zdaleka tolik



rozšířené jako v minulosti, bylo především ve středověku hlavním faktorem, který ovlivnil ráz evropské krajiny (Hejzman et al., 2006). Do poloviny 20. století byla pastva většinou neřízená a byla buď zcela volná, nebo se omezovala na příležitostnou pastvu u chlévů (Pavlů et al., 2003b).

V podhorských a horských oblastech může pastva zajistit plnou výživu skotu během celého pastevního období. Rovněž terénní podmínky zde umožňují maximálně využívat travní porosty pastvou. Zejména pak na svažitéch plochách je nejlevnějším a nejjistějším způsobem využití porostů právě pastva hospodářských zvířat (Mrkvička et al., 2006b). Podle Mrkvičky et Veselé (2004b) se ale pastevním způsobem v České republice využívá asi jen 1/3 trvalých travních porostů.

Pastvou lze významným způsobem usměňovat složení porostů, tj. podpořit dominanci jemných výběžkatých druhů trav, jako jsou lipnice luční (*Poa pratensis*), kostřava červená (*Festuca rubra*) či psineček obecný (*Agrostis capillaris*), z jetelovin jetel bílý (*Trifolium repens*) a snížit výskyt plevelných a málo hodnotných druhů trav a bylin jako je šťovík tupolistý (*Rumex obtusifolius*), pcháč oset (*Cirsium arvense*), kerblík lesní (*Anthriscus sylvestris*) a potlačit jiné agresivní druhy bylin (Dufka, 2004).

Odlišnost pastvy od sečného využití porostu spočívá nejen v návratu živin, ale také v rozrušování povrchu zvířaty a v daleko větší míře utužením povrchu pastviny (Scimone et al., 2007). Rozrušování povrchu paznehty zvířat podporuje regeneraci porostů z přechodné i vytrvalé půdní semenné banky. Narušením drnu vznikají mezery s obnaženou půdou, na níž se úspěšně ujímají semenáčky četných lučních druhů včetně mnoha chráněných taxonů: hořeček mnohotvárný český (*Gentianella praecox* subsp. *bohemica*), všivec lesní (*Pedicularis sylvatica*), tučnice obecná (*Pinguicula vulgaris*). Pastva nepodporuje pouze chráněné druhy, ale může se podílet i na rozšiřování plevelných druhů, jako jsou širokolisté byliny rodu *Rumex* (Adler, 2001; Dufka, 2004; Pavlů et al., 2007)

Naopak v extrémních případech může mít pastva, především její vysoká intenzita, také negativní vliv na porost. Nevhodně zvolená pastevní zvířata nebo způsob pastvy či její intenzity mohou poškodit území např. přepásáním, či poškozením půdy natolik, že bude docházet k erozi (Klink, 2015; Watkinson et Ormerod, 2001).

### 3.2.1 Obhospodařování pastvin a intenzita pastvy

Jak uvádí Pavlů et al. (2003c; 2005), je důležité odlišovat intenzitu obhospodařování lokality a intenzitu pastvy. **Intenzita obhospodařování** je soubor opatření vedoucích k dosažení maximální produkce píce. V našich podmínkách se do tohoto opatření řadí výběr vhodného systému obhospodařování, hnojení, aplikace herbicidů, přísevy, renovace či meliorace pozemků.

Existuje několik pastevních systémů, které Mládek et al. (2006) rozděluje na dvě základní skupiny a to na pastvu kontinuální a rotační, které představují dva zcela odlišné systémy v pastevním obhospodařování. Další techniky pastvy jsou pouze jejich variancemi. Typ zvoleného pastevního systému je závislý na půdně-klimatických podmínkách, botanickém složení a na zkušenostech s pastvou. (Pavlů et al., 2005).

*Rotační pastva* je v současné době v České republice nejrozšířenějším pastevním systémem. Při rotační pastvě je celková plocha pastviny obvykle rozdělena na 6 až 20 oplůtek tak, že zvířata spásají jeden oplůtek 2-7 dní. Střídá se zde období využívání porostu s obdobím klidu. Výška porostu by měla být 15-20 cm na začátku spásání a 7,5-12 cm po vypasení oplůtku (Pavlů, 1995).

*Kontinuální pastva* je nepřetržitě pasení dobytka během roku nebo pastevní sezóny pouze na jedné pastvině při krátkodobém přerušení (Mrkvička et Veselá, 2004). Tento systém je používán na rozsáhlých celcích přirozených travních porostů při nízkém zatížení pastvin nebo na menších, intenzivně obhospodařovaných pastvinách s vysokým zatížením. Výška porostu spasené části by měla být kolem 10 cm (Pavlů et al., 2003).

Naopak **intenzita pastvy** je definována jako zatížení pastviny zvířaty, tj. počtem zvířat na jednotku plochy. Další možností jak lze vyjádřit intenzitu pastvy je výška, na níž je porost udržován. Pavlů et al. (2003c) udává, že za intenzivní můžeme považovat vypásání skotem na výšku porostu pět centimetrů a podílem nespasených míst do 10 % plochy. Intenzita pastvy je tedy ovlivněna jak zatížením pastviny zvířaty, tak také délkou možného spásání a druhem paseného zvířete (Pavelíček, 2007).

*Extenzivní pastva* je pastva, při které nabídka píce výrazně převyšuje poptávku pasených zvířat. V důsledku vysoké nabídky zkonzumuje skot maximálně 60 % dostupné biomasy (Pavlů et al., 2006). Díky tomu se takto obhospodařovaný

porost vyznačuje velkým množstvím odumřelé rostlinné biomasy a stařina je zvířaty méně ochotně přijímána. Důsledkem toho dochází k sešlapu nespasené travní hmoty. Dochází k zhoršení struktury porostu a řidnutí drnu (Gaisler et al., 2011)

Při *intenzivní pastvě* má naopak porost nízký podíl odumřelé hmoty, vysoký obsah bílkovin a podíl listů, které jsou bohaté na dusíkaté látky a jsou pro pasená zvířata dobře stravitelné. Proto je tato píce pro zvířata atraktivnější a podíl nedostatečně spasených ploch je zde pouze do 20% (Andaluz et al., 2004). Ludvíková et al., (2009) uvádí, že při intenzivní pastvě dochází k silnému přetěžování pastevního porostu a extrémní intenzita pastvy může vést až k degradaci půdy, a tím také ke ztrátě druhové rozmanitosti. Gaisler et al. (2011) a Šarapatka et al. (2005) také uvádí, že při velmi vysokém zatížení pastviny, kdy výška porostu nedosahuje pěti cm, dochází k velkému narušení travního drnu a rozrušování povrchu sešlapem, zejména v místech odpočinku skotu.

### 3.3 Vliv pastvy na trvalé travní porosty

Spásání travních porostů je nejpřirozenějším způsobem konzumace píce travních porostů. Pastvou lze významným způsobem usměrňovat složení porostů především podpořit dominanci jemných výběžkatých druhů trav jako je lipnice luční (*Poa pratensis*), kostřava červená (*Festuca rubra*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*), z jetelovin jetel bílý (*Trifolium repens*) a snížit výskyt plevelných a málo hodnotných druhů trav a bylin (Adler et al., 2001; Doktorová, 2004).

Vliv pastvy na porost může být přímý nebo nepřímý. Přímým vlivem je například poškození drnu, redistribuce živin močí a exkrementy a selektivní spásání rostlin (Pavlů et al., 2003c). Jak uvádí Rook et Tallowin (2003) pravděpodobně nejdůležitějším z výše uvedených vlivů je *selektivní defoliace*. Ta je výsledkem preference pasených zvířat jak mezi rostlinnými společenstvy, druhy ale i mezi jednotlivými částmi rostlin. Za pomoci selektivního spásání, kdy je odstraněna nadzemní biomasa, dochází ke změně světelných a půdních podmínek prostředí a tak i ke změně úspěchů kompetice mezi rostlinnými druhy. Na obnažených ploškách je nově obnovena rostlinná biomasa a právě tato čerstvá píce je skotem preferovaná před plochami s vegetací vyvráležší (Adler et al., 2001; Cid et Brizuela, 1998; Rook et Tallowin, 2003). To také potvrzuje ve své studii Dumont et al. (2002), který uvádí,

že zvířata mají sklon spásat nižší a mladou vegetaci na již jednou spasených plochách. Vlivem těchto okolností je větší pravděpodobnost spasení pro mladší rostliny než pro starší (vyšší) (Ludvíková et al., 2009). Řada dalších studií také prokázala, že vliv selektivní pastvy na travní porost závisí na chutnosti dominantních druhů (Parsons et Dumont, 2003). Pokud jsou dominantní druhy pro zvířata chuťově atraktivní, tak se vlivem selektivního spásání diverzita porostu na lokalitě zvyšuje. Naopak v případě méně chutných dominant diverzita klesá (Mládek et al., 2006). K dalšímu zásadnímu ovlivnění vegetace pastvou dochází při *sešlapu porostu* a *narušení drnu* pasenými zvířaty. K nejvyššímu stupni devastace drnu dochází zejména v místech soustředování zvířat. Pasená zvířata zde vyvíjejí největší mechanický tlak na porost a půdu (Dufka, 2004b). Posledním z nejdůležitějších ovlivnění je podle Rooka et Tallowina (2003) *redistribuce živin exkrementy*. Na pastvině vznikají místa (opět především v místech soustředování pasených zvířat) s vysokou koncentrací exkrementů. Na takovýchto plochách dochází k nadměrnému hromadění živin, především dusíku (N) a draslíku (K), které opět ovlivňují kompetitivní úspěchy rostlin (Dufka, 2004b).

### 3.3.1 Tvorba travního porostu a jeho struktura

Pastva zvířat nepůsobí na travní porost stejně na celé ploše. Její vliv se liší místo od místa, což se projevuje na druhovém složení a struktuře travního porostu (Mládek et al., 2006). Při formování struktury travního porostu hraje velice důležitou roli druh paseného zvířete (Parsons et Dumont, 2003). Kvalitou a chutností porostu má významný vliv na selektivní spásání. Studie, které byly v tomto ohledu provedeny, ukazují, že pokud jsou dominantní druhy na území pro zvířata chutná, dochází ke zvyšování druhové biodiverzity. Pokud však nejsou dominantní druhy pro zvířata chutná, dochází naopak ke snižování biodiverzity. Působení herbivorů na rostlinu závisí na tom, které konkrétní části jsou pastvou postiženy a také na době, kdy k postižení rostliny došlo vzhledem k fenologické fázi rostliny. Okus listu, poškození květu či plodu a ničení kořene mají totiž na rostlinu rozdílný vliv. Nejodolnější proti okusu jsou trávy a po defoliaci vznikají nové listy (Begon et al., 1997; Dumont et al., 2007; Fiala et al., 2008).

Jak již bylo několikrát zmíněno tak intenzita pastvy a způsob obhospodařování má vliv na mnoho faktorů a mezitím také na míru heterogenity porostu. Obecně lze říci, že čím intenzivněji je pastvina využívána, tím je výška porostu menší a celkově je porost jednotvárnější. Podle Šarapatky et al. (2005) vede intenzivní pastva k homogenitě porostu, především s převahou nízkých druhů, jetele plazivého (*Trifolium repens*), pampelišky (*Taraxacum* spp.), lipnice luční (*Poa pratensis*) a jílku vytrvalého (*Lolium perenne*), které snášejí sešlap a značnou defoliaci.

Jak uvádí Šarapatka et al., (2005), struktura travních porostů je velmi složitá a její vertikální profil je tvořen několika vrstvami nad i pod povrchem půdy. Obecně se struktura porostu popisuje z pohledu horizontálního a vertikálního. Za horizontální strukturu je označeno uspořádání rostlin na ploše při pohledu shora, tj. popisuje stupeň mozaikovitosti travního porostu (Pavlů et al., 2006). Vertikální struktura vyjadřuje rozložení biomasy rostlin v jednotlivých patrech nad půdním povrchem (Pavlů et al., 2006). Jak například uvádí Hejzman et al., (2004), vlivem časté a dostatečně pastvy dochází k výrazným vertikálním změnám porostu, které se projevují především v potlačení vysokých trav ve prospěch nízkých druhů náročnějších na světlo. To znamená, že dochází ke zmenšení vertikální i horizontální struktury na pastvině. Naopak při extenzivní pastvě se vytváří ostrůvkovitá struktura porostu složená z nízkých opakovaně spásaných a nespásaných plošek (Ludvíková et al., 2009).

V travních porostech rostou vedle vysokostébelných trav také vysoké byliny, které tvoří vysoké patro, nižší patro je naopak tvořeno trsnatými trávami, nízkými bylinami a mech. Rostliny nižšího patra mají vegetativní orgány neustále pod zápojem vyšších druhů, ale jejich reprodukční orgány se vyznačují prudkým nárůstem, a tak mohou dosáhnout horní úrovně porostu (Veselá et Mrkvička, 2004). Toto rozmanité strukturální uspořádání umožňuje mnoha druhům existenci na společném stanovišti bez vzájemné konkurence (Šarapatka et al., 2005).

### **3.3.2 Vliv pastvy na složení porostu**

Pastva má na vegetaci rozmanitý vliv, což závisí na množství různých faktorů. Mezi tyto faktory spadá zvolený druh pastevních zvířat, doba, kdy je pastva

prováděna, nebo třeba již zmíněná intenzita pastvy (Adler et al., 2001). Heterogenita porostu je ovlivněna obsahem živin v půdě, přístupným množstvím světla, vodním režimem (atmosférické srážky, hladina podzemní vody), dále topografickými podmínkami, jako je nadmořská výška, orientace ke světovým stranám, a v neposlední řadě také typem obhospodařování (Parsons et Dumont, 2003; Pavlů et al. 2006b). Fiala et al. (2008) udává, že na plochách s menším zatížením pastvy byl zjištěn mírně vyšší počet rostlinných druhů. Jiné výsledky dlouhodobých výzkumů provedených v ČR, které porovnávají vliv intenzity využívání trvalých travních porostů na jejich botanické složení však prokazují spíše opak. Vlivem zvyšování intenzity využívání pastvin se významně zvyšuje počet druhů v porostu při intenzivní pastvě. Po prvním roce pastvy se začínal projevovat vliv zvýšené intenzity využívání na rozšíření některých druhů - jetele plazivého (*Trifolium repens*) a na mírný pokles pokryvnosti ostatních dvouděložných rostlin. Se vzrůstající frekvencí spásání klesal počet rostlinných druhů (Marriot et al., 2004). Hejzman et al. (2005) uvádí rozdílné složení vegetace na kosených plochách a pasených plochách. Na kosených plochách, které nejsou pastevně obhospodařovány dokládá autor probíhající proces degradace neudržovaných luk. Uvádí, že na těchto plochách se zvýšila pokryvnost druhů jako je: psárka luční (*Alopecurus pratensis*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), kakost lesní (*Geranium sylvaticum*), třezalka skvrnitá (*Hypericum maculatum*), starček Fuchsův (*Senecio ovatus*), rozrazil rezekvítek (*Veronica chamaedrys*) a hrachor luční (*Lathyrus pratensis*). Právě hrachor luční a ostatní leguminózy jsou díky fixaci dusíku schopni měnit obsah živin v půdě a připravit ji tak pro rozšíření dominantnějších druhů s vyšší konkurenceschopností, jako je např. šťovík kyselý (*Rumex acetosa*) nebo srha laločnatá (*Dactylis glomerata*). Výsledky studie naznačují, že celoroční extenzivní pasení je vhodnou prevencí proti rozšíření rostlinných druhů s vyšším vzrůstem, které neudržované travní porosty často rychle osidlují.

### 3.3.3 Nespasená místa

Homogenita či naopak heterogenita travních porostů ovlivňuje rovnoměrnost příjmu píče a ovlivňuje selektivitu spásání. Pokud je porost heterogenní, mají pasoucí se zvířata možnost vybírat si jednotlivé rostlinné druhy, které jsou složené

z různě chutných (měkkých, stravitelných a energeticky bohatých) rostlin (Adler et al., 2001; Parsons et Dumont, 2003). Tím dochází k tzv. selektivnímu spásání porostu. Tato selektivní pastva vede k vytvoření vysokého podílu nespasených míst, tj. nedopasků. Naopak u homogenních porostů se možnost selektivního spásání značně snižuje (Curll et Wilkins, 1983; Hejcman et al., 2010a). Pokud je tedy porost složen ze stejně chutných druhů (nebo naopak opomíjených druhů), nehraje prostorové rozložení druhů ve vztahu k selektivě spásání významnou roli a množství nedopasků je ovlivněno pouze celkovou chutností porostu. Z toho vyplývá, že čím je porost více homogenní, tím je méně selektivně spásán a tak dochází k nižší tvorbě vzniku nedopasků (Cid et Brizuela, 1998; Mládek et al., 2008; Pavlů et al., 2001) .

Pokud nedochází k nátlakové pastvě, tak se zvířata musí rozhodovat kdy a kde se budou pást. (Adler et al., 2001). Jak již bylo výše uvedeno, výběr potravy herbivory je určován především nutričními požadavky, chutností, dostupností píce, obsahem toxinů a také sociálními vtahy. Pokud mají možnost, vybírají si zvířata místa ke spásání právě podle kvality a vynaložené energie. Tak vznikají oblasti spásané méně často, které se vyznačují nižší kvalitou píce (Curll et Wilkins, 1983; Mládek et al., 2006).

Zvířata většinou více preferují živé rostliny před suchými a také mladé a atraktivně rostoucí listy a lodyhy před staršími částmi rostlin. I v případě, že na pastvině převažuje suchý materiál, zvířata stále dávají přednost zeleným částem rostlin. Mohou-li si zvířata vybrat z dostupné píce výživnější části, vzrůstá příjem živin, který se může podílet na následném zvýšení produkce zvířat (Andaluz et al., 2004; Cid et Brizuela, 1998).

Nedopasky vznikají několika různými způsoby a liší se i svými vlastnostmi. Jejich vznik je ovlivňován řadou faktorů, mezi které patří především stáří a výška porostu, dále jeho druhová skladba, management a zatížení pastviny a také homogenita travních porostů (Adler et al., 2001, Curll et Wilkins, 1983, Pavlů et al., 2006d). Celkové množství nespasených porostů se pohybuje v širokém rozpětí od 10 až do 60 % plochy, výjimečně u přestárlých porostů a při nesprávné pastevní technice může být toto množství vyšší. Podle Pavlů et al. (2006d) na pastvinách vznikají tři hlavní druhy nedopasků.

Prvním z nich je vznik nedopasků na místech znečištěných exkrementy. Zvířata se těmito místům většinou vyhýbají ne z důvodu nechutnosti či přehnojení

porostu fosforem a draslíkem, ale z důvodu zápachu (Mrkvička et al., 2006). Plocha s odmítanou pící, která roste okolo výkalu, je zhruba 3 - 12krát větší než velikost vlastního exkrementu a jsou roztroušeny po celé pastvní ploše (Andaluz et al., 2004). Porost v těchto místech je sytě zelené barvy s nádechem do modra. Takový zvířata nepasou po dobu až šesti týdnů, tím porost zestárne a pro zvířata je znovu neatraktivní. Nedopasky takto mohou snížit spásanou plochu až o 30 % (Doktorová, 2004). Po částečném zavadnutí travní hmoty z porostu mastných kol - fleků, zvířata tuto hmotu spásají, ale podstatná je skutečnost, že nově narůstající hmota na místě mastného fleku je zvířaty spásána již bez omezení (Dufka, 2004).

Druhou možností vzniku nedopasků jsou nespávané ostrůvky přestárých, těžko stravitelných, méně chutných nebo jinak neatraktivních rostlin, které zvířata odmítají spásat (Cid et Brizuela, 1998; Pavlů et al., 2006c). Jedná se o samotnou obranu některých druhů rostlin, jejichž životní strategií je schopnost vyhnout se spásání (Ludvíková et al., 2009). Mezi takové patří ostnité nebo žahavé byliny, jako jsou pcháče (*Cirsium* spp.), bodláky (*Carduus* spp.), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), trsnaté trávy - smilka tuhá (*Nardus stricta*), metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), trnité dřeviny (trnky, růže, hlohy, ostružiníky) nebo druhy jedovaté a méně chutné (šřovíky, lopuchy, starček přímětník, bršlice kozí noha, třtina křovištní) (Pavlů et al., 2006c). Pokud nejsou zvířata hladová nebo pod nátlakovou pastvou, většinou se sama takovými druhy instinktivně vyhnou (Ludvíková et al., 2009).

Další nedopasky se na travních porostech objevují tehdy, když nabídka píce převyšuje požadavky dobytka a pasoucí se zvířata mají možnost výběru. Při přebytku píce na pastvině zvířata selektivně vypásají chutnější druhy, zatímco ostatních si nevšímají. Kvalitní trávy jsou po vypásání obvykle konkurenčně oslabeny a na jejich místo nastupují nízké plevelné byliny (Adler et al., 2001; Cid et Brizuela, 1998; Hejcman et al., 2010). Hromadí se stařina na takovýchto místech nejprve zadržují nízké a pomalu rostoucí rostliny. Při úplném ponechání ladem začnou postupně tyto plochy kolonizovat agresivní bylinné druhy, jako jsou například metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*), ostřice třeslicovitá (*Carex brizoides*) nebo třezalky (*Hypericum* sp.). A tak při nedostatečném ošetření travních porostů v dlouhodobém časovém horizontu může dojít k zaplevelení málo chutnými druhy (Mládek, 2008). Mezi jednotlivými rostlinnými druhy jsou v chutnosti a v příjmu píce většinou značné rozdíly. Velké odlišnosti ve výběru píce se projevují nejen u různých druhů býložravců (skot, ovce, koně, apod.) a u jednotlivců uvnitř zvířecích druhů, ale mění

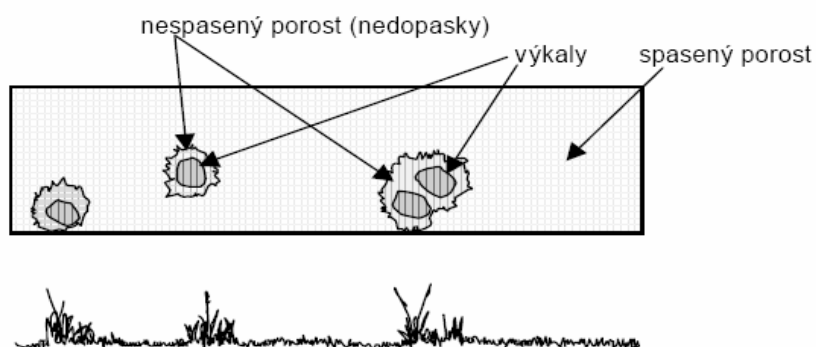


se i od místa k místu, od sezóny k sezóně, dokonce i rok od roku (Andaluz et al., 2004; Doktorová, 2004).

Množství nedopasků u extenzivní a intenzivní pastvy je obdobné. Mrkvička et al. (2005) ve své studii porovnávali relativní hodnoty, které se vztahují k výnosům zelené hmoty, a uvedli, že při intenzivní pastvě činí nedopasky zhruba 17,5 % a u extenzivního využívání pastvin vykazují nespasené plochy 20,3 %.

Nespasená místa jsou důležitá nejen pro zvyšování možnosti klíčení semen a růst dalších rostlinných druhů, ale i pro živočichy. Vyšší porost poskytuje úkryt a větší potravní možnosti především pro bezobratlé (Ludvíková et al., 2009). Na pastvinách se nedopasky obvykle neodstraňují a na pasených loukách se nedopasky odstraňují sečí pokud je cílovým stavem luční porost (Pavlů et al., 2006b).

**Obr. 1:** *Struktura nedopasků na pastvině (Pavů et al., 2006c)*



### 3.4 Půda jako prostředí pro rostliny

Při studiu vztahu mezi prostředím a funkcemi rostlin nemůžeme zanedbat různé složky prostředí ať biotické či abiotické, jelikož rostliny nikdy nežijí bez vzájemných interakcí s jinými organismy či prostředím. Vzájemné ovlivňování může být založeno na změnách fyzikálně-chemických složek daného prostředí (např. kompetice o zdroje), a nebo na jejich přímém působení (herbivorie, dekompozice aj.) (Begon et al., 1997; Marschner, 1995).

### 3.4.1 Půdní poměry

Vedle povětrnostních podmínek je důležité i živné prostředí rostlin, tj. půda. *Půdní úrodnost* můžeme charakterizovat například záklani produkční schopností půd. Na půdní úrodnosti se podílí minerální, chemické, fyzikální a biologické vlastnosti půdy. Z hlediska agrochemického je půdní úrodnost výrazně ovlivněna obsahem organických látek, půdní reakcí a obsahem živin (Mašek, 2013; Javůrek et Vach, 2008).

Čím je produkční schopnost půd vyšší, tím nižší intenzity vstupů je zapotřebí k dosažení optimálního výnosu v daných ekologických podmínkách. Při nedostatečné péči o půdu (např. nevracení odčerpaných živin, nedostatečné vápnění a organické hnojení, utužení půdy apod.) se půdní úrodnost snižuje (Richter et Klír, 2000).

Vedle fyzikálních a chemických půdních charakteristik je půdní úrodnost tvořena zvláště biologickými vlastnostmi. Jimi rozumíme strukturu a činnost půdních mikroorganismů a živočichů. Mikroorganismy příznivě působí na biologickou sorpci půdy a dovedou zpřístupňovat rostlinám živiny i z vazeb méně dostupných (Richter et Klír, 2000). Hlavní podmínkou pro zachování půdní úrodnosti je pravidelné navracení živin z půdy odebraných sklizní a dostatečný přísun organických látek do půdy. Vedle používání minerálních hnojiv jsou významným zdrojem živin i statková hnojiva, zejména živočišného původu (Kunzová, 2010).

### 3.4.2 Vliv půdní reakce

Snad všechny fyzikální, chemické či biologické procesy, které v půdě probíhají, jsou do jisté míry ovlivňovány půdní reakcí (pH) (Škarpa, 2009). Právě pH je taková charakteristika, která má vliv na širokou škálu vlastností půdy - ovlivňuje všechny biologické půdní procesy, dostupnost živin a toxinů pro kořeny a v přirozených podmínkách má dokonce vliv i na výskyt rostlinných druhů. Kyselost půdy se obecně považuje za jeden ze základních ukazatelů půdní úrodnosti, protože ovlivňuje přijatelnost a sorpci rostlinných živin, složení a činnosti půdních mikroorganismů i fyzikální vlastnosti půdy (Královec, 1998; Ouwerkerk et Soane, 1994).

Půdy s vysokým obsahem vápníku jsou zpravidla neutrální až zásadité a jsou příznivé pro rozvoj půdní mikroflóry, která ovlivňuje stabilitu společenstva a zpomaluje sukcesí druhů. Na takovýchto půdách dominují vápnomilné druhy, např. kostřava přitvrdlá (*Festuca cinerea*), sveřep vzpřímený (*Bromus erectus*) (Mrkvička et al., 2005). Naopak stanovištními ukazateli kyselé půdní reakce jsou acidofilní druhy - kostřava ovčí (*Festuca ovina*), smilka tuhá (*Nardus stricta*), medyněk měkký (*Holcus mollis*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) (Pavlů et al., 2006e). Begon et al. (1997) uvádí, že meze tolerance vůči pH v půdě jsou různé podle rostlinného druhu, ale jen malá část rostlin může růst a rozmnožovat se při nízkém pH (4,5 a méně).

Kulturní trávy a jeteloviny vyskytující se v ČR mají z hlediska půdní reakce širokou amplitudu (pH 5-7) (Mrkvička et al., 2005b). Jak uvádí Škarpa (2009) TTP vyžadují pH spíše kyselejší. Z výsledků agrochemického zkoušení půd (ÚKZÚZ) vyplývá, že v České republice je 38 % slabě kyselých a 32 % kyselých až extrémně kyselých půd (Fiala et al., 2007). Půdní pH se mění vlivem biologických procesů v půdě. Například v zemědělských půdách má pH tendenci klesat a tak dochází k acidifikaci půd. To je způsobeno především hnojením. Mezi ostatní příčiny tohoto poklesu patří například dýchání půdních organismů a s tím spojená produkce CO<sub>2</sub>, nitrifikace a mikrobiální oxidace amoniaku (Javůrek et Vach, 2008; Škarpa, 2009).

Zvýšená kyselost půd může vést k úbytku živin, které jsou recyklovány půdními mikroorganismy (tj. sníží se množství dodávaného dusíku), stejně tak fosfor se stane pro rostliny hůře dostupný (Mrkvička et al., 2005b). Příliš nízké pH se dá opět zvýšit přidáním minerálů obsahujících vápník do půdy. Nízké hodnoty pH se projeví v travních porostech především ve snížené pokryvnosti a produkci nadzemní biomasy (Mrkvička et al., 2005b). Fiala et al. (2007) ale poukazuje na fakt, že půdní reakce má větší vliv na kvalitu píče, než na její výnos.

### **3.4.3 Vliv pastvy na půdu**

Půda patří mezi důležité a těžko obnovitelné přírodní zdroje. Je jednou ze složek životního prostředí a její produkční i mimo produkční funkce jsou nezastupitelné. Jako hlavní rizika pro půdu a její kvalitu je považována eroze, úbytek

organické hmoty, omezení biologické aktivity půdy a zhutňování (Mašek, 2013).

Vliv pastvy na porost souvisí také s vlivem pastvy na půdu. Velcí býložravci mohou ovlivnit jak rostliny tak i půdní vlastnosti pastevních ekosystémů (Mikola et al., 2009). Mezi faktory, které ovlivňují pastviny patří sešlap, exkrementy, způsob obhospodařování - zda dochází k extenzivnímu či intenzivnímu spásání (Auf et al., 2001). Při intenzivním sešlapávání drnu kopyty a paznehty hospodářských zvířat dochází k daleko větší devastaci porostu i půdní struktury než dochází při extenzivním hospodaření na pastvině (Urban et Šarapatka, 2003). Jak uvádí Pearson et Ison (1997) sešlap přímo poškozuje stojící nadzemní orgány rostliny. Tento efekt může být pouze krátkodobý a poškozené orgány se obnoví během několika dnů, nebo může být naopak zcela destruktivní. Nepřímo má sešlap vliv na vegetaci díky změnám fyzikálních vlastností půdy.

Právě zhutnění půd neboli kompakce je na monohých stanovištích vážnou příčinou podstatného zhoršení úrodnosti a produkční schopnosti půd. Zhutnění omezuje plné využití potenciálu rostlin a snižuje efektivitu vstupů, především organického i minerálního hnojení (Javůrek et Vach, 2008).

Urban et Šarapatka (2003) uvádí některé druhy rostlin, které jsou přímo indikátory utužených půd - jitrocel větší (*Plantago major*), heřmánek terčovitý (*Matricaria discoidea*), lipnice roční (*Poa annua*), rdesno ptačí (*Polygonum aviculare*), zatímco jiné sešlapávání zcela nesnášejí - ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*).

Nadměrné zhutnění půdy zhoršuje půdní prostředí, dále zhoršuje využití živin rostlinami a nepříznivě ovlivňuje výšší a kvalitu produkce rostlin (Owerkerk et Soane, 1994). Jak uvádí mnoho autorů (např. Klink et al. (2015), Mrkvička et al., (2005b), Pearson et Ison (1997)) výzkumy jednoznančně prokázaly, že kompakce půdy sešlapem, zejména ve svrchní části půdního profilu, má za následek zvýšení objemové hmotnosti půdy, snížení její pórovitosti a při vyšší stupni působí destrukci půdních agregátů. To vede ke zhoršování dalších fyzikálních vlastností půdy, např. k omezené propustnosti půdy pro vodu, způsobuje změny v obsahu vody v rámci půdního horizontu a ovlivňuje její pohyb v půdě (Javůrek et Vach, 2008; Owerkerk et Soane, 1994). Nadměrné zhutnění půd také negativně působí na mimoprodukční (ekologickou) funkci půdy tím, že, zpomaluje a omezuje infiltraci vody do půdy, čímž se podporuje povrchový odtok a následná vodní eroze půdy. Dále dochází ke snížení retenční schopnosti půdy (tzn. menšímu zadržení vody) a tím se také

urychluje a zintenzivňuje vysychání půdy (Klink et al., 2015; Mrkvička et al., 2005b).

Kořenový systém většiny druhů rostlin vytváří v půdě hustou síť, která stabilizuje půdní profil. Následně samotný růst rostlin ovlivňuje půdní strukturu tím, že působí na její fyzikální vlastnosti. Je prokázáno, že nadměrné zhutnění půdy redukuje rychlost růstu, prodlužování a prorůstání kořenů do spodních vrstev půdy (hloubka zakořenění) i tvorbu kořenového vlášení (Owerkerk et Soane, 1994). Jak například uvádí Kunzová et al. (2012) u plodin, které vytvářejí hlavní křovový kořen (řepka olejka, sója, slunečnice aj.) se jeho růst omezuje tím, že neproniká zhutnělou vrstvou v podorničí, roste horizontálně a deformuje se. To znamená, že nadměrné zhutnění půdy má za následek nižší příjem vody a živin v porovnání s normálně vyvinutým kořenovým systémem (Javůrek et Vach, 2008).

Travní porosty se vyznačují velmi hustým prokořeněním povrchové vrstvy půdy (až 95 % kořenů se nachází v hloubce půdy do 20 cm). Gaisler et Hejduk (2006) uvádí, že na 1 m<sup>2</sup> pastvin byla zjištěna celková délky kořenů až 170 km a plocha povrchu kořenů dosahovala více než 200 m<sup>2</sup>. Při každoročním odumírání části kořenů zůstává v půdě velké množství organické hmoty, která přispívá ke zvýšení obsahu humusu, a tím také dochází ke zvýšenému ukládání uhlíku ze vzduchu do půdy.

Různý způsob obhospodařování může vytvářet odlišné půdní podmínky a ty mají dále vliv na obsah přijatelných živin v půdě (Gaisler et al., 2011). Při kosení travních porostů a následném odstranění biomasy dochází k postupnému ochuzování půdy o některé živiny (Gaisler et Hejduk, 2006). Je-li ale trvalý travní porost ponechán sukcesí, nedochází k ochuzování o živiny, ale klesá dostupnost živin pro rostliny v důsledku pomalejší mineralizace organické hmoty. Naopak pastva má na koloběh živin pozitivní vliv, jelikož jsou živiny do půdy opět navraceny v podobě výkalů a moči. Například v pasených porostech se většina živin vrací zpět do půdy v podobě moči a tuhých výkalů zvířat. Při celodenní pastvě se tak vrátí zpět 80-90 % dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku a dalších živin (Pavlů, 1995).

### Půdní edafon

Vedle fyzikálních a chemických půdních charakteristik je půdní úrodnost utvářena zvláště biologickými vlastnostmi. Jimi rozumíme především činnost

půdních mikroorganismů a živočichů. I když edafon představuje hmotně pouze malou součást půdy, tak se počty mikroorganismů v jednom gramu půdy pohybují v rozmezí desítek tisíc až milionů. Avšak největší jejich množství se nachází v bezprostředním okolí kořenů nebo přímo na kořenech rostlin, čímž podstatně zvyšují jejich povrch (Richter et Klír, 2000). Při vyšším zhutnění půdy dochází zejména k omezení půdního *mezoedafonu* (dešťovky, chvostokoci, členovci aj.), který je spolutvůrce drobtovité struktury půdy - vytváří chodbičky, vylučuje stabilizující látky pro tvorbu půdních drobtů. Tím se zvyšuje pórovitost a propustnost půdy pro vodu a vzduch (Úlehlová et Rychnovská, 1982). *Mikroedafon*, který je tvořen zástupci jednobuněčných organismů, především bakterií a prvoků, převážně patří mezi aerobní organismy. Jejich rozvoj je podmíněn nejen dostatečnou zásobou organických látek v půdě, ale i dobrou provzdušeností a vlhkostí (Úlehlová et Rychnovská, 1982, Urban, 2012).

Půdní edafon se podílí na důležitých procesech přeměn organických i minerálních látek, tj. humifikace, oxidace amoniaku, ale i železa, síry, manganu, rozkladu síranů, dusičnanů atd. (Javůrek et Vach, 2008). Heterotrofní rozkladači a rozkladné procesy odbourávají primárně naprodukovanou hmotu, část z ní mineralizují a uvolňují přitom látky a prvky nezbytné pro nové biologické syntézy, část řadou biochemických procesů převádějí na humus. Ve zhutnělých, neprovzdušených půdách je jeho aktivita značně omezena a důsledkem je klesající kvalita půdního humusu a acidifikace půdního prostředí. Uvolňování živin z odumřelé organické hmoty je nejužší hrdlem, kterým probíhá tok energie a koloběh látek v každém ekosystému. Biologicky činná půda je podmínkou intenzivního a vyváženého příjmu živin a jejich vysoké mobilizace rostlinami (Klink et al., 2015; Richter et Klír, 2000).

#### **3.4.4 Vodní režim**

Každá geobiocenóza, ať přirozená, nebo člověkem ovlivněná, se vyznačuje určitou jakostí vody a určitými vodními poměry. Ty jsou dány způsobem příjmu vody, pohybem a délkou zdržení a způsobem výstupu vody z dané geobiocenózy. Nejdůležitějšími složkami geobiocenózy, které se takto podílejí na vodním režimu, jsou fytoocenózy a půda (Kvítek, 1998).

Ve srovnání s jinými zemědělskými kulturami mají travní porosty dobrou schopnost zamezit promývání škodlivých látek (např. dusičnanů) do podzemních vod. Výrazně také snižují smyv živin do povrchových vodních zdrojů a omezují tak jejich eutrofizaci. Travní porost zachycuje povrchově odtékající vody z výše položené orné půdy po přívalových deštích, snižuje rychlost proudění, podporuje sedimentaci splavenin a zvyšuje podíl zasáknuté vody do půdy (Hejduk et Gaisler, 2006; Vopravil et al., 2011). Na vodní režim stanoviště mají největší vliv především půdní druh, půdní typ, sklon, expozice svahu a způsob obhospodařování dané lokality (Hejduk et Gaisler, 2006).

Hlavním zdrojem vody pro rostliny je zásoba voda v půdě. Do tohoto rezervoáru se voda dostává v podobě dešťových srážek nebo jako tající sníh. Právě vstup vody do půdy neboli infiltrace závisí na řadě půdních vlastností a charakteristik, které jsou s vodou navzájem spjaty. Vzájemné ovlivňování půdy s vodou závisí na podmínkách pohybu vody v půdně-horizontovém prostředí a na schopnosti půdy po určitou dobu poutat či trvale zadržovat vodu (Begon et al., 1997; Vopravil et al., 2011). To, jestli bude voda dále rostlinám dostupná, záleží také na velikosti pórů. Na vsakovací schopnosti a na udržení vody v půdě má vliv obsah jílovitých částic - čím větší je podíl jílovitých částic (tzn. čím jsou půdy těžší), tím větší je schopnost půdy poutat vodu (Paerson et Ison, 1997). Naopak jak uvádí Begon et al. (1997), jsou-li póry široké (u písčítých půd), většina vody prosákne a proteče půdním profilem, dokud nenarazí na nepropustnou vrstvu. Proto je na takovýchto lokalitách, především pak v období sucha, dostupnost vody pro rostliny malá. Dochází k omezení kapilární vztlakovosti vody z hlubších vrstev půdy a tím je schopnost poutat vodu nedostatečná. Proto jsou rostliny na takovýchto stanovištích závislé na pravidelných dešťových srážkách (Hejduk et Gaisler, 2006).

Při nedostatku zdrojů vody a minerálních živin v půdě dochází ke zpomalení nebo úplnému zastavení růstu rostlin či narušení jejich vývoje (Marschner, 1995). Nedostatek vody v půdě může ovlivnit příjem živin jednak nepřímo tím, že jsou živiny v půdě méně dostupné pro jejich příjem kořeny rostlin, ale také přímo ovlivněním transportních procesů na úrovni membrán kořenových buněk (Hejduk et Gaisler, 2006)). Pokles množství vody v půdě vede většinou ke zpomalení procesů při nichž dochází k uvolňování živin z vazeb, ve kterých jsou pro rostliny nedostupné (Clarkson et Hanson, 1980). Právě při nedostatku vody dochází k omezenému pohybu iontů živin v půdním roztoku. Ale díky rozdílným fyzikálně-chemickým

vlastnostem minerálních látek je rychlost pohybu živin v půdě různá (Hejduk et Gaisler, 2006). To může vést nejen ke změnám v poměrech dostupnosti živin v půdě, ale také k ovlivnění obsahu živin v rostlinné biomase. Zdroje minerálních látek tak mohou být v půdě rozloženy nerovnoměrně, což je dáno silnou interakcí právě mezi vodou a půdními živinami (Baier, 1982; Begon et al. 1997).

Jak již bylo uvedeno vodní režim a dostupnost živin spolu úzce souvisí. Chronický nedostatek některých minerálních živin má na vodní režim rostlin poměrně významné dopady. Například nedostatek draslíku vede k narušení průduchové regulace a k celkovému snížení odolnosti rostlin vůči stresu suchem. Podobné důsledky na odolnost rostlin vůči stresu suchem může mít i nedostatek dalších živin, například hořčíku. K ovlivnění transportu vody však může docházet mnohem dříve než výrazněji poklesne koncentrace živin v rostlině a dojde k funkčním poruchám (Hejduk et Gaisler, 2006).

Dostupnost vody a minerálních živin jsou faktory, které velmi významně ovlivňují nejen samotnou tvorbu rostlinné biomasy, ale také druhové složení vegetace (Clarkson et Hanson, 1980). Nižší půdní vlhkost od rostlin vyžaduje obranné mechanismy, které zabrání nadměrným ztrátám vody. Mezi takové mechanismy patří například trichomy, chlupy či silná kutikula. Právě takto vybavené rostliny mají nižší obsah vody a naopak vyšší obsah vlákniny, což snižuje jejich stravitelnost a tak dochází k selekčnímu spásání porostu herbivory. Proto se na pastvinách vyskytují i druhy chlupaté, jako je bika bělavá (*Luzula luzuloides*), drsné nebo trsnaté jako jsou smilka tuhá (*Nardus stricta*), plevnatec položený (*Danthonia decumbens*) nebo druhy, které jsou jinak chráněné před vysycháním. (Hejduk, 2007; Pavelčík, 2007).

### **3.5 Minerální živiny**

Rostlina může existovat a rozmnožovat se za předpokladu působení určitých podmínek, a to od minima přes optimum až k maximu. To znamená, že toleruje faktor prostředí v určitém rozpětí tzv. ekologické amplitudě, neboli má určitou ekologickou valenci. Faktor prostředí se může stát limitujícím, jestliže dojde k přílišnému poklesu či nárůstu jeho kvantity či intenzity. Rozhoduje o výskytu



organismu na určitém stanovišti. K takovýmto faktorům jednoznačně patří světlo, vodní režim a minerální živiny (Begon et al., 1997; Marschner, 1995).

V souvislosti s limitujícími faktory prostředí hraje významnou roli *zákon minima*, který říká, že růst a vývoj rostlin (organismů obecně) je limitován faktorem, který je na stanovišti v minimu a *zákon substitute* faktorů, podle něžž do určité míry může jeden faktor nahradit druhý (př. náhrada biogenních prvků abiogenními) (Begon et al., 1997).

### 3.5.1 Zdroje minerálních živin pro rostliny v půdě

Zdrojem se stává vše, co organismus konzumuje. Pro živé organismy jsou zdroji hlavně látky, z nichž jsou složena jejich těla, energie, která pohání jejich životní činnost, a místa nebo prostory, kde probíhají jejich životní cykly. Tělo zelené rostliny vzniká z anorganických iontů a molekul, které jsou zdroji výživy, zatímco sluneční záření zachycené ve fotosyntéze je zdrojem energie. Rostlině tedy nestačí k životu pouze světlo, CO<sub>2</sub> a voda, ale potřebuje rovněž i minerální zdroje. Za nezbytné prvky jsou považovány ty, bez kterých by rostlina nemohla dokončit svůj životní cyklus, neboť jsou nepostradatelné v rostlinném organismu. Dostupné množství těchto prvků v půdě však mnohdy nestačí pokrýt celou potřebu rostlin, a poté dochází ke zpomalení růstu či k jejímu vážnému poškození (Begon et al., 1997; Clarkson et Hanson, 1980; Pearson et Ison, 1997). K minerálním zdrojům, které musí rostlina získávat z půdy, patří především dusík (N), fosfor (P), draslík (K), vápník (Ca), hořčík (Mg), ale také řada stopových prvků, jako jsou železo (Fe), mangan (Mn), zinek (Zn), měď (Cu), a bor (Bo). Mnohé z těchto chemických látek jsou rovněž nezbytné pro živočichy, ačkoliv ti je nezískávají ve formě anorganických látek, jako tomu je u rostlin (Begon et al., 1997; Marschner, 1995). Rostlina musí mít k dispozici biogenní prvky, které se stávají živinami a to převážně v iontové formě. Za optimální formu živiny se považuje taková, která je kořenovým systémem nebo listem přijímána přímo a rostlina tak nemusí vynakládat žádnou energii na její chemickou přeměnu (Baier, 1982; Richter et Klír, 2000).

Všechny zelené rostliny potřebují tytéž nezbytné prvky, takže na rozdíl od živočichů není možné, aby se různé druhy rostlin specializovaly na různé minerální zdroje (Begon et al., 1997). Ty jsou v půdě rozloženy nerovnoměrně a jak uvádí

Fiala et al. (2007) chování a pohyb prvků v půdě ovlivňuje pH půdy, výměnná sorpční kapacita, zrnitost, objemová hmotnost a typ půdy, obsah jílových minerálů a oxidů železa, hliníku a manganu. Dále také obsah a kvalita organické hmoty, provzdušnění a teplota.

### 3.5.2 Příjem živin rostlinami

Příjem živin rostlinami je ovlivňován celou řadou faktorů, které můžeme rozdělit na vnitřní a vnější. Vnitřní faktory souvisí s rostlinným druhem a jsou dány geneticky. Charakteristickým znakem rostlinného druhu je tzv. příjmová kapacita rostlin, která je dána velikostí kořenového systému rostliny a jeho vlastnostmi umožňujícími intenzitu odčerpávání jednotlivých živin z půdy (Rybová et Janáček, 1987). K vnějším faktorům ovlivňujících příjem živin řadíme vlivy ekologické a povětrnostní. Povětrnostní podmínky jsou určeny souborem faktorů, z nichž největší význam má teplota, srážky, a sluneční svit (Baier, 1982; Havelka et al., 1984; Richter et Klír, 2000).

Rostliny nepřijímají všechny minerální látky najednou. Příjem živin je podmíněn obsahem živin v půdním roztoku a každý prvek vstupuje do rostliny nezávisle jako iont či molekula a každý má svou vlastní, charakteristickou schopnost absorpce v půdě a schopnost difuze. Proto se může spotřebované množství konkrétní dané látky lišit (Baier, 1982; Begon et al., 1997; Rybová et Janáček, 1987). Například pro živiny, které mají malý difuzní koeficient (např. fosfáty), bude pásmo pro vyčerpání tohoto zdroje z půdy velmi malé. Kořeny rostlin na daném místě budou čerpat stejná ložiska zdroje, tzn. budou si konkurovat, a to nejen v případě, že se budou nacházet velmi těsně vedle sebe (Nye et Tinker, 1977; Begon et al, 1997). Rostliny s rozdílnými tvary kořenového systému mohou tedy snášet rozdílné koncentrace půdních minerálních zdrojů a rozdílné druhy mohou zužitkovávat různé minerální zdroje v různé míře. Tato skutečnost může být směrodatná pro použití mnoha různých rostlinných druhů na jednom stanovišti (Begon et al., 1997).

### 3.5.3 Úloha živin ve výživě travních porostů

Travní porosty, stejně jako jakékoliv plodiny na orné půdě, vyžadují dostatek živin, které se poté efektivně zhodnocují na tvorbu rostlinné biomasy (Havelka, 1984). Výživa rostlin na pastvinách je zajištěna pomocí přirozeného koloběhu živin v půdě. Z tohoto důvodu má velký význam množství a kvalita půdního humusu a také obsah organické hmoty v půdě, což je vlastně zásobník půdních živin, které se uvoňují posputně i díky aktivitě půdních mikroorganismů k využití rotlinami (Mikola et al., 2009; Ryant, 2005a; Urban, 2012). Rozkladné procesy podmiňují tok energie ekosystémem a koloběhy minerálních prvků. Koloběhy C, N, P, K, Ca a ostatních jsou významnými celistvostními charakteristikami ekosystémů. Koloběhy mohou být oceňovány na jak na úrovni globální, na úrovni oblastí či krajinných celků tak na úrovni jednotlivých ekosystémů či jejich částí. Dynamickou rovnováhu každého koloběhu určují vstupy a výstupy toho kterého prvku (Úhelová et Rychnovská, 1982). Odběr živin je zčásti závislý na stanovišti, způsobu využívání, botanickém složení porostu a množství sklizené píče. K odběru se do celkové potřeby živin promítá také jejich vyplavení, ztráty denitrifikací, případně imobilizace živin v organické hmotě. Jak již bylo dříve řečeno dostupnost vody a minerálních živin jsou faktory, které významně ovlivňují tvorbu rostlinné biomasy. Pro produkci rostlinné biomasy a její kvalitu jsou nejvýznamějšími živinami dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, případně i síra. Při nedostatku těchto zdrojů dochází ke zpomalení nebo zastavení růstu či narušení vývoje rostlin (Marschner, 1995; Ryant, 2009).

Mladé, rostoucí části rostlin získávají minerální živiny nejen z půdy, ale i z jiných stárnoucích orgánů. To je velmi časté u těch prvků, které nejsou zabudovány v příliš pevných vazbách. K prvkům s velkou mobilitou právě uvnitř rostliny patří dusík, fosfor, draslík a hořčík. Jsou snadno translokovány, a to především ze starých listů do mladých, proto se první příznaky nedostatku objeví u starých listů. Mnohem menší mobilitu má například mangan, měď, zinek nebo síra. Vápník, železo a bor jsou v biomase téměř imobilní a proto jejich nedostatkem trpí nejvíce mladé listy (Rybová et Janáček, 1987).

### 3.5.4 Dusík

Dusík má nezastupitelnou úlohu pro růst a vývoj rostlin a je živinou, která nejvíce limituje rostlinnou produkci. Je jednou z hlavních živin a je naprosto nezbytný pro tvorbu biomasy i pro životní funkce buněk všech organismů (Štýbnarová, 2011). V rostlinách plní dusík řadu funkcí, např. stavební, podporuje především růst výhonků a tvorbu zelené listové hmoty, dále metabolickou, transportní i zásobní. V rostlinách tvoří podstatnou součást aminokyselin, bílkovin i enzymů a koenzymů, chlorofylu, nukleových kyselin a jiných látek (Baier, 1982). Nedostatek dusíku způsobuje u rostlin omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezením růstu, následně snížením výnosu a většinou i zhoršením kvality produkce. Výrazným znakem nedostatku N je světlejší zabarvení rostlin, které je způsobeno sníženou tvorbou chlorofylu (Mikanová et Šimon, 2013; Štýbnarová, 2011).

Zdrojem dusíku není matečná hornina, jako je tomu u většiny ostatních prvků. Do půdy se dusík dostává především ze vzduchu jako molekulární dusík ( $N_2$ ), z atmosférických srážek (v horských oblastech až  $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$  za rok), v podobě exkrementů pasených zvířat a rozkladem organické hmoty (Urban et Šarapatka, 2003). Ke zdrojům organického dusíku patří zejména biomasa mikroorganismů, metabolity organismů žijících v půdě, rostlinné a živočišné zbytky. Z půdy mohou rostliny přijímat dusík převážně jen z jeho minerálních sloučenin a proto o zásobování rostlin dusíkem nerozhoduje jeho celkové množství v půdě, ale jen množství v přijatelných formách pro rostliny. Pouze 1-2 % půdního dusíku existuje ve formě amonných a nitrátových iontů ( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ), které jsou rostlinám dostupné již z půdního roztoku. Převážná část (zbylých 98-99 %) dusíku se nachází v půdě v organické formě, která je však pro rostliny nedostupná. Činností nitrifikačních mikroorganismů je tento dusík pro rostliny postupně uvolňován (Koerselman et al., 1990; Mikanová et Šimon, 2013; Šarapatka et al., 2005). Biologická fixace molekulárního dusíku neboli nitrifikace je po fotosyntéze druhým nejdůležitějším biologickým procesem pro rostliny. Je to jediný významnější přirozený proces, kterým je pro rostliny nedostupná forma  $N_2$  převáděna na minerální formu dusíku přijatelnou všemi rostlinami. Biologická fixace je nejefektivnějším a z hlediska nároků na energii i optimálním způsobem zabezpečení rostlin dusíkem (Clarkson et Hanson, 1980; Mikanová et Šimon, 2013).

### 3.5.6 Fosfor

Fosfor je jedním ze základních makrobiogenních prvků, nezbytných pro všechny metabolické procesy růstu a vývoje rostlin. Patří tedy mezi nejdůležitější živiny ve výživě rostlin. Fosfor má důležitou funkci v buněčných jádrech a při přenosu energie v biochemických pochodech. Nezbytný je také pro činnost bílkovin při fotosyntéze, podporuje nasazení květů a urychluje zrání (Clarkson et Hanson, 1980). Dále fosfor zvyšuje odolnost vůči nízkým teplotám a podporuje vývin kořenového systému, tedy i příjem ostatních živin a vláhy (Kunzová et al., 2012).

V půdě je fosfor zastoupen v anorganických vazbách i v organických sloučeninách. Je velmi stabilní, nevyplavuje se z půdy, ale je také málo přístupný pro rostliny a právě jeho dostupnost je ovlivněna stavem půdy (Ryant, 2005). Bezprostředním zdrojem fosforu pro rostliny je pouze ta malá zásoba půdního fosforu, která je obsažena v půdním roztoku, z kterého rostliny přijímají fosfor ve formě aniontů  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  nebo  $\text{HPO}_4^-$  (Mikanová et Šimon, 2011; Richter, 2003).

Fosfor je dodáván do půdy ve formě minerálních fosforečných hnojiv, hnoje, rostlinných zbytků. Je ale známo, že naprostá většina fosforu aplikovaného v průmyslových hnojivech do půdy přechází díky různým fixačním mechanismům do forem pro rostliny nedostupných (Voplakal, 2001). Podle Mikanové et Šimona (2011) se toto číslo pohybuje až kolem 90 % . Kromě toho téměř veškerý aplikovaný fosfor zůstane působením fixace vázán na místě aplikace, a tím je distribuce fosforu do rostliny v porostu nerovnoměrná (Klír, 1999; Mikanová et Šimon, 2011). Navíc jak uvádí Voplakal (2001) fixovaný fosfor zůstává v ornici, takže se do podorniči prakticky vůbec nedostane, a tím, především při erozních smyvech, jsou odplavovány nejjemější půdní částice, na nichž jsou fosfáty sorbovány, a tak se zvětšuje fosfátová kontaminace povrchových vod.

Distribuci fosforu v rostlině ovlivňuje stáří a funkce orgánů. Nejvyšší spotřeba fosforu je v období květu a zrání plodů. Až 50 % rostlinou přijatého fosforu se hromadí v semenech. Nejcitlivějšími parametry, které mají vliv na příjem fosforu, jsou růst kořenů a průměr kořenů. Rozhodující pro příjem není délka kořenů, jako spíše bohatost kořenového vlášení, koncentrace fosforu v půdním roztoku v zóně prokořenění a aktivita půdní nebo kořenové mikroflóry (Mikanová et Šimon, 2011). Je také jedním z rozhodujících faktorů pro tvorbu výnosu rostlinné biomasy (Mikanová et Šimon, 2011; Kunzová, 2009). Jak uvádí Kunzová (2009) a Královec

(1998) fosfor se často stává živinou v minimu. Přestože půdy obvykle obsahují dostatečné množství celkového fosforu, množství přístupného fosforu je velmi malé (Koerselman et al., 1990; Mikanová et Šimon, 2011). Pokud zásoba přijatelného fosforu v půdách klesá, fosfor se stává postupně limitujícím prvkem pro výnos a kvalitu píce a je třeba mu věnovat patřičnou pozornost. Některé propočty naznačují, že při intenzivním růstu rostlin a tím velkém příjmu fosforu rostlinami se obsah P v půdním roztoku může obnovit 50 – 250 krát za den. Rostlinami (a mikroorganismy) odčerpaný fosfor je totiž kontinuálně nahrazován z jiných zásobníků fosforu v půdě – pokud je v nich ale k dispozici (Koerselman et al., 1990; Mikanová et Šimon, 2011). Jak uvádí Ryant (2005) z hektaru půdy odčerpávají plodiny 20-30 kg fosforu ročně.

Důležitou roli zastává fosfor také při biologické fixaci N<sub>2</sub>. Je známo, že fosfor je nezbytný v procesu samotné fixace dusíku. Při dostatku dostupného fosforu se zvyšuje počet i hmotnost hlízek a také celková nitrogenázová aktivita. Podle dostupných výsledků výzkumů, některé kmeny rhizobií při nízké koncentraci fosforu v půdě nerostou vůbec (Kunzová et al., 2012). Další výhodou zařazování leguminóz je jejich kořenový systém prorůstající do značných hloubek (zvláště u jetele a vojtěšky). Díky tomu jsou tyto rostliny schopné čerpat fosfor i z hlubších horizontů. Leguminózy využívají fixovaný dusík nejen pro svoji vlastní produkci biomasy, ale v delším časovém období zvyšují jeho dostupnost i pro ostatní druhy rostlin. Také bohaté kořenové zbytky, které zůstávají v půdě po sklizni jsou zdrojem organického fosforu a živin podporujících rozvoj půdní mikroflóry (Fiala et al, 2007).

### **3.5.7 Draslík**

Draslík je jedním z významných makrobiogenních prvků, které potřebují všechny rostliny. Má v jejich výživě nezastupitelnou roli a zasahuje do celé řady biochemických a fyziologických procesů (Baier et Baierová, 1993). Jak uvádí Renč (2010) draslík přímo ovlivňuje hospodaření rostliny s vodou (podporuje příjem vody kořeny a současně snižuje transpiraci), a tím zvyšuje odolnost rostliny proti vláhovému deficitu. Dále zvyšuje pevnost stébla proti poléhání, odolnost vůči chorobám, škůdcům a také odolnost rostlin vůči nízkým teplotám. (Mrkvička et al., 2006). Z biochemického hlediska je draslík nepostradatelný při tvorbě cukrů (při jejich přeměně a přemístování do zásobních orgánů), dále v rostlinách zvyšuje obsah

škrobu, celulózy a některých vitamínů. Významná je především jeho účast v porocesu dýchání a fotosyntézy, kdy vytváří v chloroplastech potřebný optimální stav pro průběh řady enzymatických reakcí (Renč, 2010; Baier et Baierová, 1993). Draslík také pozitivně ovlivňuje metabolismus dusíku. Při jeho nedostatku stoupá obsah aminokyselin a amidů a omezuje se syntéza bílkovin v rostlině. Rovněž stabilita bílkovin je při jeho nedostatku snížena a urychluje se jejich rozklad na jednodušší sloučeniny (Renč, 2010).

Kunzová (2010) uvádí, že zásoba přijatelného draslíku v půdách klesá a draslík se postupně stává, stejně jako fosfor, dalším limitujícím prvkem výnosu a kvality rostlinné biomasy. Travní porosty draslík rychle a velice ochotně přijímají, zvláště při intenzivním hnojení dusíkatými a draselnými hnojivy. Následně dochází ke zvýšení obsahu draslíku v rostlinách (nad potřebná 2 % K v sušině), ale současně však nedochází ke zvýšení tvorby rostlinné biomasy (Klír, 1999; Královec, 1998). Travní porosty totiž mají výraznou schopnost přijímat draslík ve větším množství, než je třeba i pro nejvyšší výnosy (Mrkvička et al., 2006) a v této souvislosti se hovoří o tzv. *luxusním konzumu draslíku*. Právě tento "luxusní" příjem je nežádoucí, protože zvyšuje obsah draslíku v píci, a tím dochází ke zhoršení její kvality z hlediska potřeby přežvýkavců. Jelikož zvířata mají na draslík mnohem menší nároky než rostliny, proto přebytek draslíku v píci může u pasených zvířat způsobit zdravotní problémy (např. porušení rovnováhy minerálních látek v krvi, katary pohlavních orgánů, obtížnější zabřezávání apod.) (Královec, 1998; Mrkvička et al., 2006). Nejvíce draslíku obsahují byliny (až 3 % K v sušině), méně trávy a nejméně jeteloviny (1,5 % K v sušině) (Královec, 1998). Jak uvádí Mrkvička et Veselá (2001) a Urban et Šarapatka, (2003), pasené porosty jsou dobře zásobeny draslíkem, jelikož se zde vrací více než 95 % draslíku zpět do půdy v podobě výkalů.

### **3.5.8 Vápník**

Většina travních porostů se nachází na půdách, jejichž nižší pH je přirozeně dáno geologickým substrátem a srážkami. A právě vápník se v minulosti dodával do půdy celkem pravidelně při úpravě půdní reakce. Optimální pH se u lučních a pastevních porostů pohybuje v rozmezí 5,0 - 6,5. Na půdách s nižší hodnotou půdní reakce je třeba použít vápenatá hnojiva (vápnění) k úpravě chemických (přijatelnost

živin), fyzikálních (vlhkostní a vzdušný režim půd, struktura) a biologických (mineralizace a nitrifikace) poměrů v lučních porostech (Mrkvička et Veselá, 2001; Šarapatka et al., 2005).

Vápník málo ovlivňuje druhové složení porostu, ale má v půdě řadu jiných funkcí. Slouží jako rostlinná výživa, je důležitý při regulaci fyzikálních a chemických vlastností půdy a v podpoře funkce půdního edafonu (Kolář, 1987; Mrkvička et Veselá, 2001; Šarapatka et al., 2005).

Rostliny potřebují vápník pro zachování vnitřního členění pletiv, k neutralizaci organických kyselin a jako činitele, který ovlivňuje funkci energetických systémů v buňkách. Zpevňuje buněčné stěny a ovlivňuje celistvost pletiv. Hraje roli v propustnosti buněčných membrán. Vápník se nepřímo účastní řady enzymatických reakcí v buněčných membránách a jejich blízkém okolí především jako přenašeč signálů. Vápník je rostlinou přijímán ve formě  $\text{Ca}^{2+}$  během celého svého vývoje. Jeho nedostatek se projevuje především na kořenech. Tvoří se na nich sliz, posléze začínají zahnívat a nové kořenové vlásky se netvoří (Kolář, 1987).

Více vápníku odčerpávají dvouděložné rostliny než jednoděložné. To dokládá také Královec (1998), který uvádí, že nejvyšší obsah vápníku vykazují jeteloviny, nižší ostatní byliny a nejméně trávy.

### 3.5.5 Hořčík

Hořčík je často označován jako pátá významná živina rostlin. Rostlinami je přijímán jako kationt  $\text{Mg}^{2+}$  převážně pasivně, tzn. na základě elektrochemického gradientu (uvnitř buňky převládá záporný elektrický náboj a je snaha o jeho vyrovnání kationty). Příjem je značně ovlivňován koncentrací jednotlivých iontů v půdním roztoku (Klír, 1999; Vaněk et al., 2000). Příznivě na obsah hořčíku v půdě působí dostatek fosforu, tedy hnojení fosforem a dostatečná zásoba přijatelného P v půdě. V současné době obsah přijatelného hořčíku v půdách klesá, což je způsobeno dlouhodobým odčerpáním zásob a omezeným přísunem Mg do půd v hnojivech (Urban et Šarapatka, 2003, Vaněk et al., 2000). Proto jak uvádí Vaněk et al., (2000) je možné očekávat nedostatek hořčíku u rostlin, či jeho nižší obsah v rostlinných produktech.



V rostlinách působí hořčík kromě dalších funkcí jako nedílná součást chlorofylu, kde je vázáno asi 20 % jeho celkového množství. Rostliny přijímají Mg rovnoměrně během celého vegetačního období a v dynamice příjmu tedy nejsou výrazná období jeho příjmu, ani poklesu ke konci vegetace jako např. u draslíku a dusíku (Clarkson et Hanson, 1980).

Obsah Mg v rostlinách je závislý na druhu rostliny, orgánu a jeho stáří. Nejnížší nároky hořčíku a tudíž i jeho obsah je v travách, naopak nejvyšší odběr a tím i nároky na hořčík má jetel, vojtěška a cukrovka, které odčerpávají většinou více než 30 kg z hektaru ročně, naopak (Královec, 1998). Vaněk (2000) uvádí, že výsledky pokusů naznačují, že dvouděložné rostliny obsahují více než dvojnásobek hořčíku v porovnání s rostlinami jednoděložnými.

Výraznější nedostatek hořčíku má za následek omezení tvorby a obnovy chlorofylu a chloroplastů, proto se jeho nedostatek projeví v omezení fotosyntézy. Rostlina při omezeném příjmu Mg nejprve mobilizuje rezervy, především z organických látek a teprve při výraznějším a dlouhodobějším nedostatku se projevují zjevné příznaky (Marschner, 1995). Dochází k omezení zeleného zbarvení a nerovnoměrnému rozložení chlorofylu ve starších listech. Na listech se mezi žilnatinou objevují světlá místa, zatímco žilnatina a zóny okolo zůstávají zelené. Krátkodobý nedostatek Mg rostliny většinou překonají protože růstem kořenů mohou později využívat Mg i z podorničních horizontů (Clarkson et Hanson, 1980; Vaněk et al. 2000). Hořčík je limitujícím prvkem zejména v mladé píce. Ve výživě zvířat se podílí na metabolismu látek a energie a jeho nedostatek se může projevit poruchami plodnosti. Nedostatek hořčíku a současný přebytek draslíku vyvolává u pasených zvířat tzv. pastevní tetanii (Královec, 1998).

## 4. Metodika

### 4.1 Studované území

Tato studie, která se zabývá živinami v půdě a nadzemní rostlinné biomase v závislosti na depozici výkalů skotu na místech s dlouhodobou absencí sešlapu byla provedena na experimentálních plochách Výzkumné stanice travních ekosystémů VÚRV, v.v.i. se sídlem v Liberci. Experimentální plochy výzkumné stanice o rozměru 3 ha se nacházejí na lokalitě zvané Betlém. Ta je situována na jihozápadním okraji Jizerských hor asi 10 km severně od Liberce poblíž obce Oldřichov v Hájích (9.1 mapové přílohy Obr. 1 a Obr. 2). Zeměpisné souřadnice lokality jsou: 50° 50' severní šířky, 15° 06' východní délky. Zájmové území se nachází v podhůří, svažitost terénu je zde asi 9° a s průměrnou nadmořskou výškou cca 420 m. n. m.

### 4.2 Klimatické a pedologické poměry na studovaném území

Oblast spadá do chladné klimatické oblasti s mírně chladným, vlhkým, krátkým až velmi krátkým létem. Zima v této oblasti je dlouhá, mírná s dlouhodobou sněhovou pokrývkou (Quitt, 1971). Průměrný dlouhodobý úhrn ročních srážek v regionu je 803 mm a průměrná dlouhodobá roční teplota vzduchu je 7,2 °C, za vegetační období 13,1 °C (Pavlů et al. 2005).

Podklad zájmového území je tvořen biotickou žulou, na kterém se vytvořila hnědá půda - kambizem. Půdy jsou zde středně hluboké, převážně písčito-hlinité. Z hlediska půdní reakce se jedná o slabě kyselé půdy (pH (H<sub>2</sub>O) = 6,25, pH (KCl) = 5,45), a to především v mělké vrstvě (Auf et al., 2001).

### 4.3 Rostlinné složení experimentálních ploch

V roce 1998 byl založen v podhůří Jizerských hor rozsáhlý experiment, v němž je porovnáván vliv celosezónní intenzivní a extenzivní pastvy mladých jalovic na širokou škálu parametrů porostu (Pavlů et al. 2005).

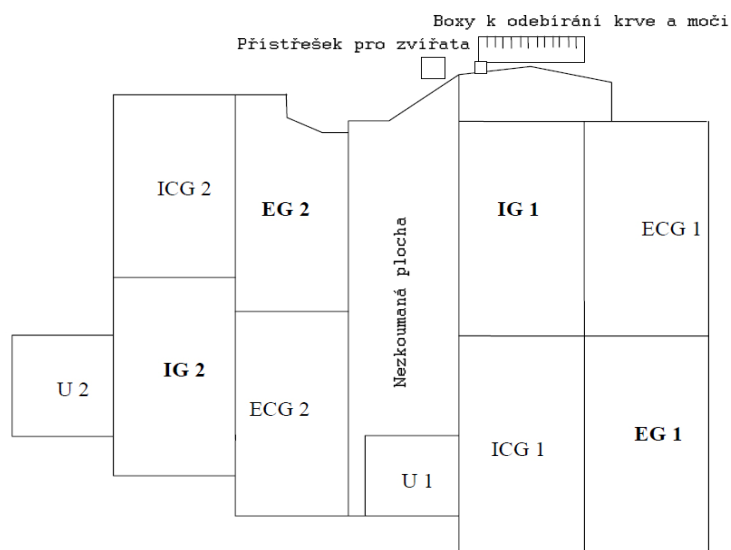
Pokusné plochy jsou založeny na mezofilních travních porostech, které lze v rámci fytoocenologického členění řadit do svazu *Arrhenatherion*. Převládajícími rostlinnými druhy jsou psineček obecný (*Agrostis capillaris*), psárka luční (*Alopecurus pratensis*), kostřava červená (*Festuca rubra*), bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*) a svízel bílý (*Gallium album*) (Pavlů et al. 2003c). Porost

byl dva roky neobhospodařován, příležitostně mulčován s velkým podílem odumřelé biomasy na počátku experimentu. V průběhu pokusu nejsou plochy hnojeny a výživa skotu je doplňována pouze minerálními lizy (Auf et al., 2001).

#### 4.4 Experimentální plochy

Pastvina, na níž probíhá celý experiment Výzkumné stanice travních ekosystémů VÚRV, v.v.i., je rozdělena elektrickými ohradníky na osm oplůtek a dvě malé kontrolní plochy, které jsou ponechané bez zásahu (Obr. 2). Pokus je uspořádán v úplných znáhodněných blocích s dvojnásobným opakováním. Jsou zde studovány dvě varianty: intenzivní (intensive grazing – IG) a extenzivní (extensive grazing – EG). Pastevní obhospodařování je prováděno jalovicemi v oplůtkách IG po čtyřech a v EG po dvou kusech. K vypásání jsou použity jalovice plemene českého strakatého skoru o počáteční hmotnosti 200 kg. Pastevní sezóna trvá od konce dubna do konce října. Každý rok před začátkem pastevní sezóny jsou tyto experimentální plochy nejprve pokoseny a poté zde probíhá pastva jalovic. Na intenzivně pasených plochách je výška porostu udržována na 5 cm a na extenzivně pasených plochách nad 10 cm.

**Obr. 2:** *Detailní popis rozmístění jednotlivých oplůtek (IG - intenzivní pastva během celého pastevního období, ICG - senoseč probíhající na přelomu května a června s následnou intenzivní pastvou, EG - extenzivní pastva během celého pastevního období, ECG - senoseč probíhající na přelomu května a června s následnou extenzivní pastvou, U - kontrolní plochy)*

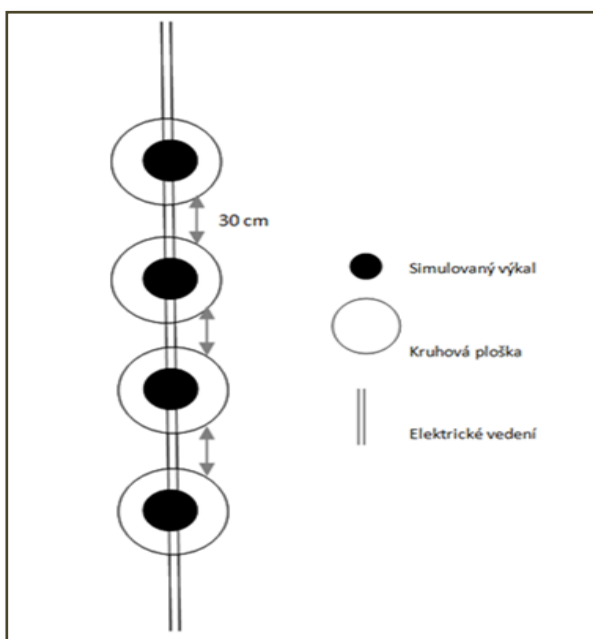


#### 4.4 Design experimentu

Pokus byl založen 14.10.2013. Pro účely tohoto projektu byla využita varianta plochy s intenzivní pastvou (IG a ICG na obr. č. 3) bez dlouhodobého sešlapu skotem. Tato experimentální místa se nacházejí pod fixními elektrickými ohradníky, kde již 15 let nedochází k sešlapu. Zde byly založeny dva typy experimentálních plošek: 1) s tuhým výkalem, 2) bez tuhého výkalu, který bude sloužit jako kontrola.

Nejprve byly sesbírány tuhé výkaly skotu, který je živen pouze pastvou. Aby byla zajištěna homogenita vzorku byly výkaly důkladně promíchány. Vzorky experimentálních tuhých výkalů byly aplikovány pod ohradníky, aby byla zajištěna podmínka, že testované plochy nebyly dlouhodobě ovlivněny sešlapem. Na vybrané plochy v rozestupu 80 cm byly naaplikovány simulované výkaly tak, že byly roztírány do plochy kruhového tvaru, přičemž jejich průměrná velikost byla cca 21 cm a průměrná váha výkalu v čisté formě 450 g. Aby bylo možné hodnotit časovou dostupnost živin v půdě a nadzemní rostlinné biomase bylo nutné založit plošky s naaplikovanými exkrementy, tak aby mohly být odebrány čtyřikrát za sezónu. Budou porovnávány všechny tři studované experimentální plošky s tuhým výkalem s kontrolní ploškou. Celkem tedy vzniklo 80 odběrových ploch - čtyři bloky a pět opakování.

**Obr. 3:** Schéma aplikovaných výkalů pod ohradníky



#### 4.4 Sběr dat

Pro zjištění vlivu tuhých výkalů skotu na obsah živin v půdě a rostlinné biomase byly odebrány vzorky jak půdy tak vzorky rostlinné biomasy. Z 80 experimentálních plošek bylo tedy celkem odebráno 160 vzorků (80 vzorků půdy a 80 vzorků nadzemní rostlinné biomasy).

Odběry půdní i nadzemní rostlinné biomasy proběhly ve čtyřech termínech. První odběr byl uskutečněn před aplikací výkalu (tyto vzorky sloužily jako vzorky kontrolní) a další odběry proběhly v 28. týdnu, 38. a 51. týdnu po aplikaci výkalu. Půdní vzorky byly odebírány v téže místě jako rostlinné půdní sondou o průměru 9,6 cm do hloubky 10 cm pod aplikovaným výkalem.

Každý odebraný vzorek půdy a vzorek rostlinné biomasy byl uložen do igelitového pytle, náležitě označen a poté dále zpracován. Vzorky rostlinné biomasy byly sušeny při teplotě 75°C po dobu 22-24 hodin až na konstantní váhu sušiny a po usušení byly rozemlety. Stejně tak vzorky půdní biomasy byly při stejné teplotě a času sušeny a poté přesáty přes síto a tak zbaveny nechtěných příměsí (kořeny rostlin, kamínky aj.). Spolu odebranými vzorky rostlinné biomasy byly i půdní vzorky zaslány do akreditované laboratoře k chemickým rozborům.

Ve všech vzorcích (půdních i rostlinné biomasy) bylo zjišťováno celkové množství makroprvků a také množství dostupných prvků pro rostliny. Celkový obsah makroprvků v půdě byl zjišťován ručním spektrometrem XRF (BASf) a celkový obsah makroprvků v nadzemní biomase byl zjišťován mikrovlnným rozkladem. Obsah dostupného dusíku v půdě byl stanoven metodou  $N_{\min}$  (Wehrmann et Scharpf, 1986) pomocí  $CaCl_2$  extraktantu. Část vzorků byla odeslána do akreditované laboratoře, kde byly analyzovány: a) půda - pH, Cox, obsah dostupných živin (P, K, Ca, Mg) a  $N_{\text{total}}$  v půdě podle Mehlicha III (Mehlich, 1984); b) rostliny - N, P, K, Ca, Mg podle standardních metod ICP-OES.

#### 4.5 Analýza dat

Data z chemických rozborů půd a z rozborů rostlinné biomasy byla analyzována vhodnými jednorozměrnými metodami, které byly prováděny ve statistickém programu R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)). U každé testované hypotézy byly nejprve stanoveny vysvětlující a vysvětlované proměnné. K ověření normality dat

byl použit neparametrický Shapiro-Wilk test. U všech provedených statistických analýz byla stanovena nominální hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ , která vede k zamítnutí nulové hypotézy na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tj. pravděpodobnost chyby prvního druhu a dosahuje 0,05 % pro každý provedený test (Lepš et Šmilauer, 2000).

Po zaslání výsledků z rozborů jednotlivých vzorků rostlinné biomasy a vzorků půdy byly tyto hodnoty přepsány do programu MS Excel 2007 tak, aby bylo možno s nimi nadále pracovat ve statistickém programu. K vyhodnocení dat byly použity základní statistické analýzy, které byly provedeny v programu R verze 2.15.2. Pomocí jednocestné analýzy ANOVA byl testován rozdíl mezi místy, kde byl aplikován exkrement a místy, kde k aplikaci výkalu nedošlo. Dále byl takto testován časový dosah vlivu dostupnosti živin (P, K, Ca, Mg, N) v půdě a v nadzemní rostlinné biomase. Pomocí korelace (Pearsonuv korelační koeficient) bylo také testováno, zda dochází k interakcím u jednotlivých prvků mezi nadzemní rostlinné biomasy a půdy.

Při statistickém srovnání více než dvou proměnných je důležité zjistit, konkrétně mezi kterými proměnnými je, či není statisticky významný rozdíl. K tomu slouží tzv. post-hoc testy, které zobrazí hladinu statistické významnosti  $p$  mezi všemi srovnávanými proměnnými. Proto výsledky, které měly statisticky významné rozdíly, byly dále testovány pomocí Tukey HSD post-hoc testu.

#### **4.6 Testované hypotézy**

V souvislosti s naměřenými hodnotami byly formulovány tyto nulové hypotézy:

- Není rozdíl v koncentraci živin mezi místy, kde byl exkrement aplikován a místy bez depozice výkalu u odebraných vzorků půdy.
- Není rozdíl v koncentraci živin u nadzemní rostlinné biomasy mezi místy, kde byl exkrement aplikován a místy, kde k aplikaci výkalu nedošlo.
- Množství obsahu jednotlivých prvků v půdě se neměnilo (zůstávalo stejné) během času.
- Obsah jednotlivých prvků v nadzemní rostlinné biomase se neměnil během jednotlivých odběrů.

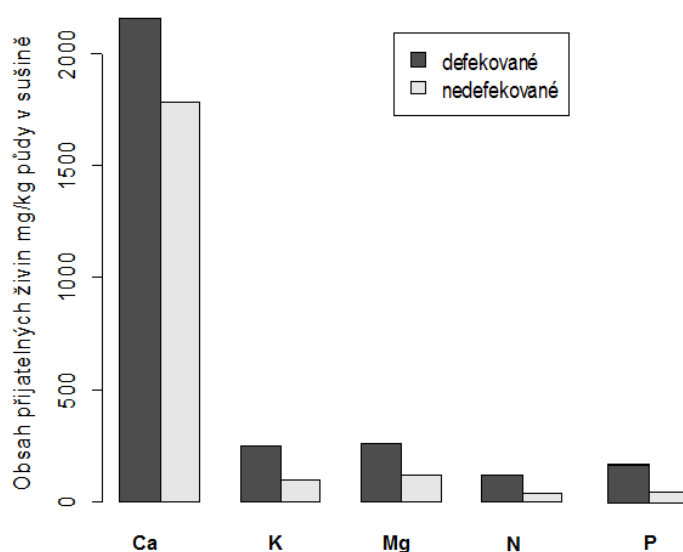
- Jednotlivé prvky obsažené v půdě nemají žádný vliv na množství prvků v rostlinné biomase.

## 5. Výsledky

### Je rozdíl v koncentraci živin mezi místy, kde byl exkrement aplikován a místy bez depozice výkalu u odebraných půdních vzorků?

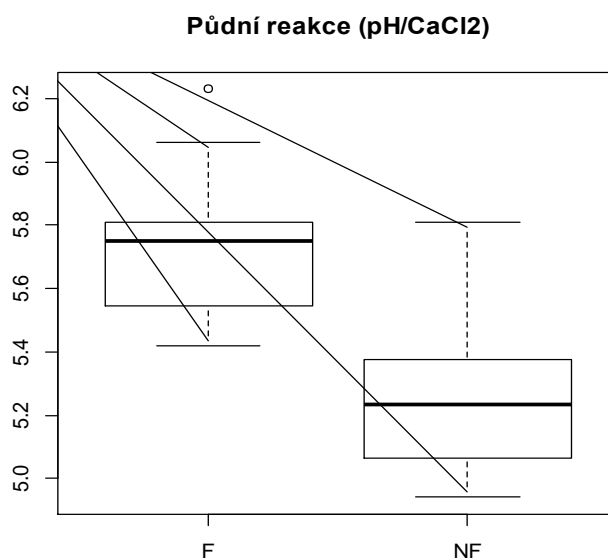
Z dostupných výsledků byl prokázán vysoký rozdíl v obsahu všech zjišťovaných prvků (K, P, Mg, Ca a N) v půdě mezi defekovanými místy (F) a místy na nedefekovaných plochách (NF). Pomocí statistické analýzy se podařilo prokázat, že půdní vzorky, které byly odebrány na místech s exkrementem obsahovaly vyšší koncentraci živin. Pro draslík byly statisticky průkazné hodnoty  $F = 61,605$  ;  $p < 0,001$ , fosfor:  $F = 29,87$ ;  $p < 0,001$ ; hořčík:  $F = 40,74$ ,  $p < 0,001$ ; vápník:  $F = 7,605$ ,  $p = 0,009$  a dušík:  $F = 17,008$ ,  $P = 0,0002$ . To je patrné také z uvedeného grafu č.1, který prokazuje, že hodnoty obsahu živin na defekovaných místech jsou vyšší než hodnoty na místech nedefekovaných. Bylo také zjišťováno, zda došlo ke změně půdní reakce. Výsledky prokázaly významný rozdíl pro testované hodnoty pH/CaCl<sub>2</sub> na plochách defekovaných a nedefekovaných ( $F = 21,15$   $p = 0,0012$ ). Hodnota pH se zvýšila z původní 5,19 na 5,75(Graf č. 2).

**Graf č.1:** Graf jednotlivých prvků v půdě na místech s aplikovanými výkaly (defekované) a místech bez výkalů (ndefekované).





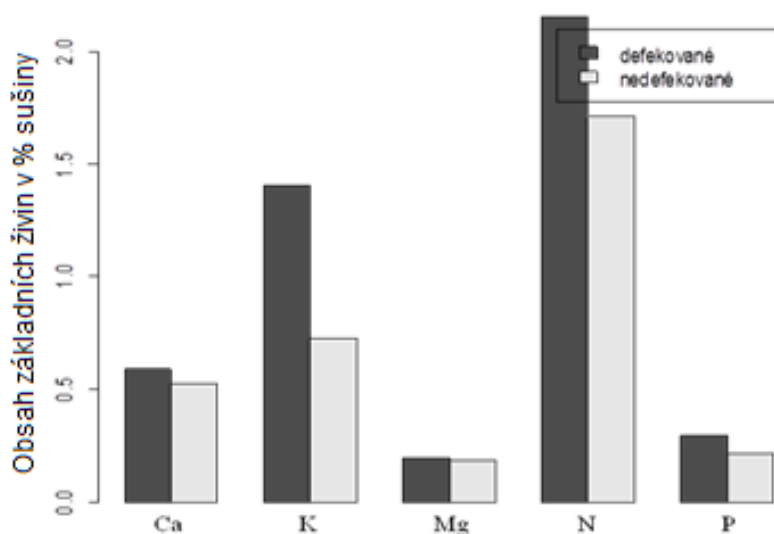
**Graf č. 2:** Rozdíl mezi půdní reakcí na plochách defekovaných (F) a nedefekovaných (NF).



**Existuje rozdíl v koncentraci živin u nadzemní rostlinné biomasy mezi místy, kde byl exkrement aplikován a místy, kde k aplikaci výkalu nedošlo?**

Stejně jak bylo zjišťováno, zda se na místech s aplikovaným exkrementem zvýší hodnota půdních živin oproti místům bez exkrementu, tak bylo zjišťováno, zda má aplikovaný výkal vliv na zvýšení jednotlivých prvků v nadzemní rostlinné biomase. Statistická analýza prokázala, že dochází ke změně koncentrací živin v nadzemní rostlinné biomase, která byla odebrána na defekovaných plochách (F) oproti místům nedefekovaným (NF). Rozdíl koncentrace živin v rostlinné biomase nebyl prokázán u hořčíku (Mg) ( $F = 0,488$ ;  $p = 0,489$ ) a vápníku (Ca) ( $F = 1,75$ ;  $p = 0,164$ ). Naopak u všech ostatních prvků (N, P, K) byla koncentrace živin v rostlinné biomase mezi rozdílnými plochami (defekované x nedefekované) vysoce signifikantní (Graf č. 3). Z výsledků tedy vyplývá, že na plochách s depozicí výkalu došlo ke zvýšení koncentrace živin pouze u třech sledovaných prvků v rostlinné biomase.

**Graf č. 3:** Graf jednotlivých prvků obsažených v rostlinné biomase na místech s aplikovanými výkaly (defekované) a místech bez výkalů (ndefekované).

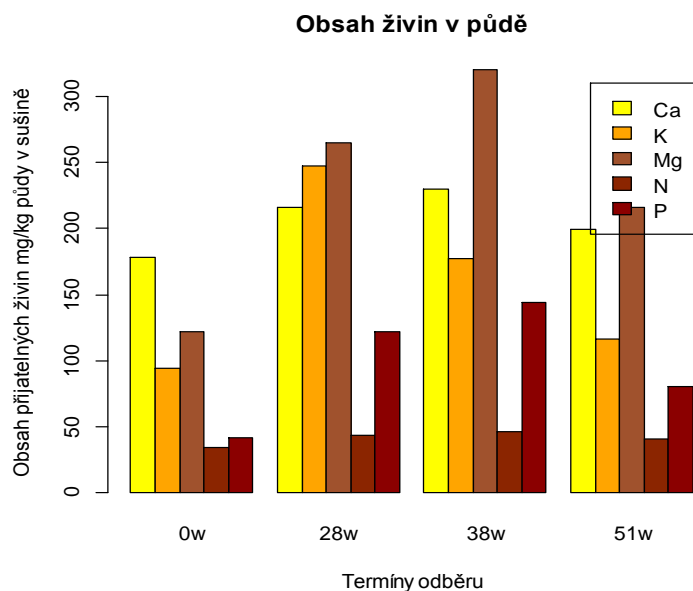


**Došlo ke změně koncentrace živin ve sledovaném časovém období v půdě na plochách s aplikovaným výkalem?**

Další testovanou hypotézou bylo, zda postupem času dochází ke změně koncentrace jednotlivých prvků obsažených v půdě a tím také možnosti jejich využití rostlinami. Na grafu č. 4 je znázorněn vývoj koncentrací všech testovaných živin v půdě během sezónních odběrů, kdy byly příslušné vzorky odebrány. První odebraný vzorek, tj. kontrolní vzorek (0w), byl odebrán před aplikací výkalů. Další vzorky byly odebrány 28., 38. a 51. týden po aplikaci. Změny obsahu u všech testovaných prvků - draslík ( $F = 35,15$ ;  $p < 0,001$ ), fosfor ( $F = 22,53$ ,  $p < 0,001$ ), dusík ( $F = 11,2$ ;  $p < 0,001$ ), vápník ( $F = 9,487$ ;  $p < 0,001$ ) i hořčík ( $F = 29,72$ ;  $p < 0,001$ ) byly statisticky signifikantní.

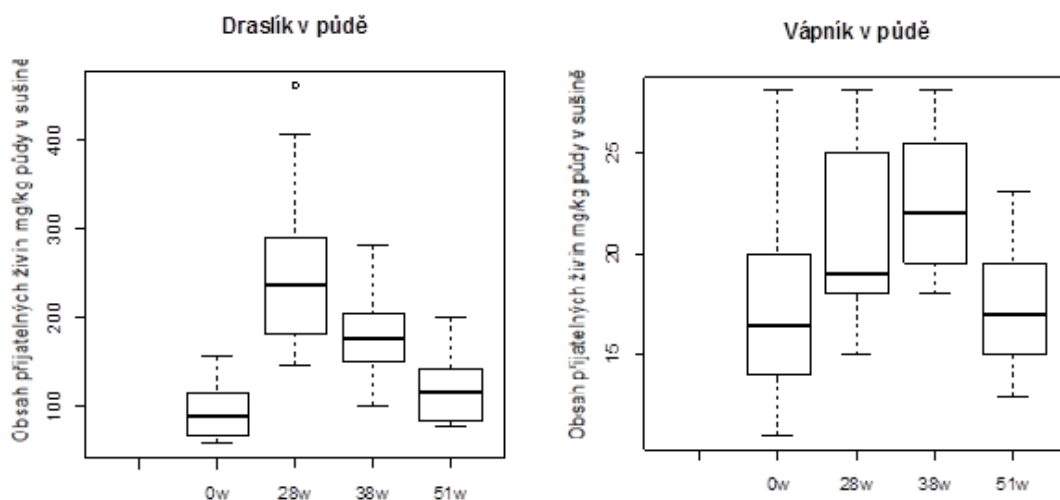
Poté byl pro všechny statisticky průkazné hodnoty vyhotoven Tukey post-hoc test. Na základě tohoto testu byla zjišťována statistická významnost rozdílů mezi jednotlivými sezónními odběry (0w, 28w, 38w a 51w).

**Graf č. 4:** Obsah jednotlivých prvků (N, P, K, Ca, Mg) v půdě (0w - kontrolní vzorek, 28w, 38w, 51w - 28., 38. a 51. týden odběru)



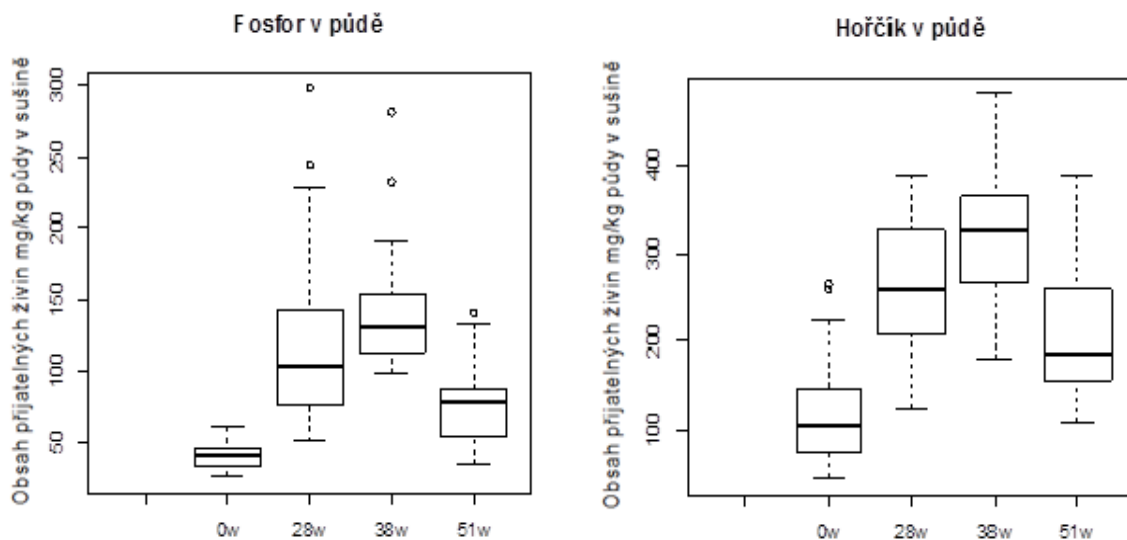
Změna koncentrace **draslíku** během jednotlivých týdnů odběru byla statisticky neprůkazná pouze mezi aplikací a posledním odběrem (0w - 51w) ( $p = 0,534$ ) což je patrné také z grafu č.5. Z toho vyplývá, že po posledním odběru bylo množství živin stejné, či velice podobné, jako před aplikací exkrementu. Stejně tak tomu bylo i u **vápníku** (0w - 51w:  $p = 0,99$ ).

**Graf č. 5:** Změny draslíku (vlevo) a vápníku (vpravo) v půdě.

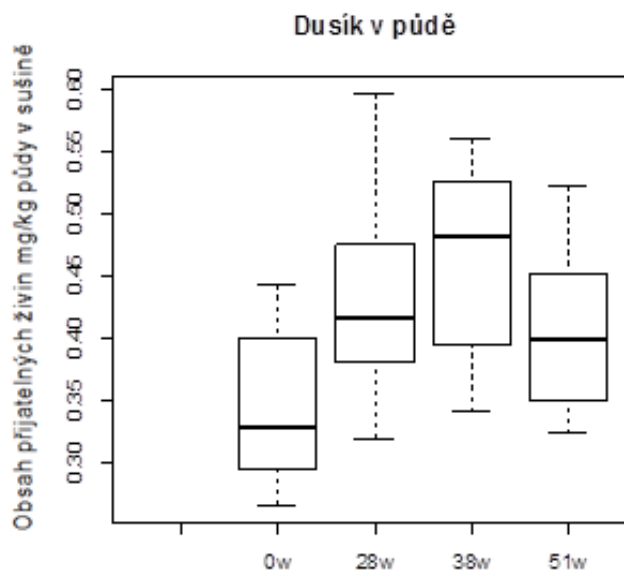


Hodnoty u fosforu, hořčíku a dusíku (Graf č. 6 a Graf č. 7) byly vždy mezi jednotlivými týdny odběrů statisticky signifikantní.

**Graf č. 6:** *Změny koncentrací fosforu (vlevo) a hořčíku (vpravo) v půdě.*



**Graf č. 7:** *Změny koncentrací dusíku v půdě*

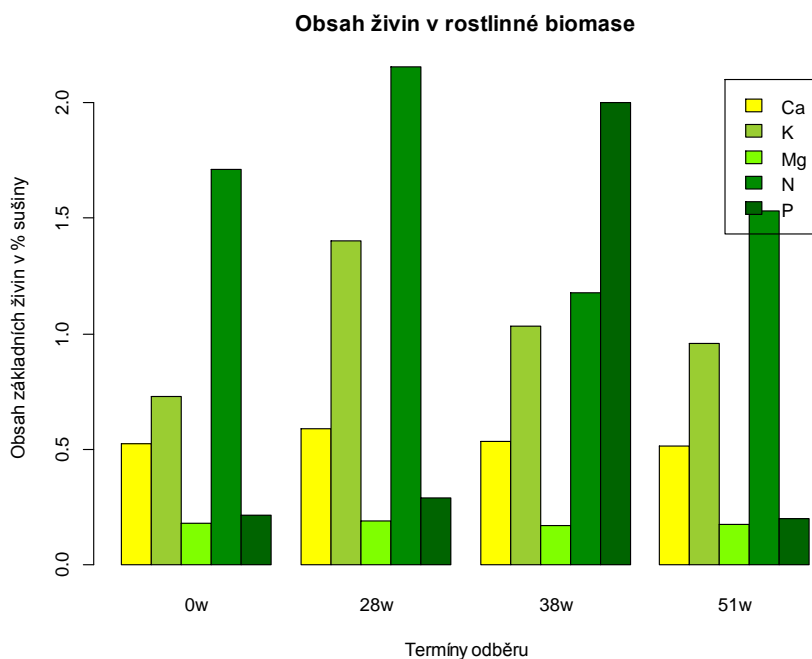


## Došlo ke změně koncentrace živin ve sledovaném časovém období v nadzemní rostlinné biomase na plochách s aplikovaným výkalem?

Další testovanou hypotézou bylo, zda postupem času dochází ke změně koncentrace jednotlivých prvků obsažených v nadzemní rostlinné biomase. Na grafu č. 8 je znázorněn vývoj koncentrací všech testovaných živin v rostlinné biomase během sezónních odběrů, kdy byly vzorky odebírány. Změny obsahu u draslíku ( $F = 32,27$ ;  $p < 0,001$ ), fosforu ( $F = 35,64$ ;  $p < 0,001$ ), dusíku ( $F = 85,47$ ;  $p < 0,001$ ) byly vysoce signifikantní. Jelikož se v předchozím testování ukázalo, že u hořčíku (Mg) a vápníku (Ca) nebyla prokázána změna v koncentracích tohoto prvku v rostlinné biomase mezi plochami defekovanými a nedefekovanými, tak v této hypotéze vůbec nebyly testovány.

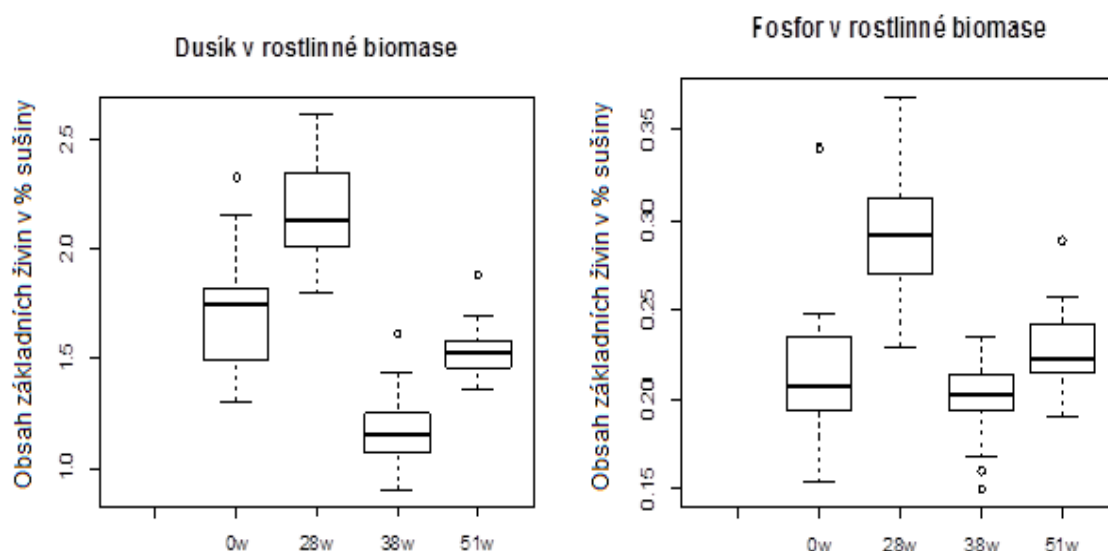
Pro všechny statisticky průkazné hodnoty (draslík, fosfor, dusík) byl stejně jako u testovaných vzorků půdy vyhotoven Tukey post-hoc test. Na základě tohoto testu byla zjišťována statistická významnost rozdílů mezi jednotlivými sezónními odběry (0w, 28w, 38w a 51w) nadzemní rostlinné biomasy.

**Graf č. 8:** Obsah jednotlivých prvků v nadzemní rostlinné biomase (0w - kontrolní vzorek, 28w, 38w, 51w - 28., 38. a 51. týden odběru).



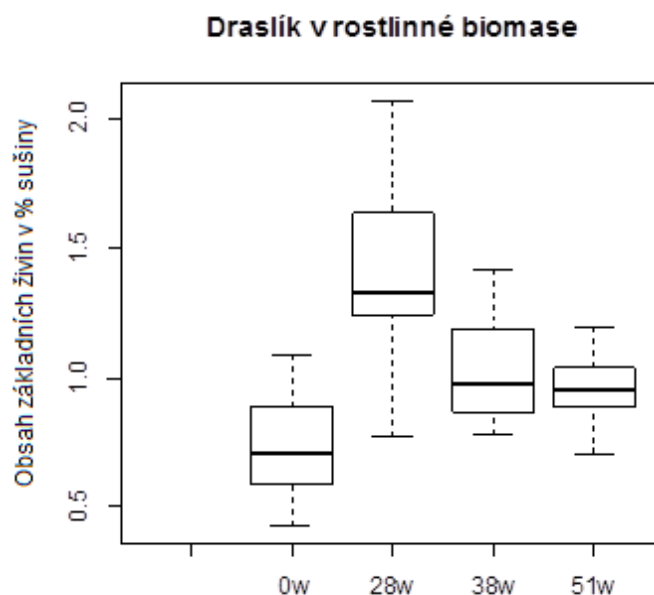
Na grafu č.9 je zobrazen obsah **dusíku** v rostlinné biomase. Ve 38. týdnu odběru se koncentrace výrazně snížila oproti odběru ve 28.týdnu po aplikaci výkalu. Koncentrace dusíku v tomto odběru (38w) byla dokonce i nižší než je u kontrolního vzorku (0w), kde vůbec nedošlo k aplikaci živin do půdy. V posledním termínu odběru (51. týden - 51w) se obsah dusíku opět mnohonásobně navýšil. Stejný trend vývoje byl zjištěn i **u fosforu** (Gragf č. 9). Zde také došlo ve 38. týdnu k poklesu obsahu fosforu, tentokrát ale hodnoty nebyly nižší než před aplikací, jak tomu bylo u dusíku.

**Graf č. 9:** Změny koncentrace dusíku (vlevo) a fosforu (vpravo) v rostlinné biomase



U **draslíku** (Graf č. 10) byl neprůkazný pouze rozdíl mezi 38. a 51. týdnem odběru (38w-51w:  $p = 0,71$ ). Dá se tedy předpokládat, že obsah draslíku zůstal od 38. týdne odběru konstantní a dále již nebyl rostlinami spotřebováván.

**Graf č. 10:** *Obsah draslíku v rostlinné biomase*



**Jednotlivé prvky obsažené v půdě nemají žádný vliv na množství prvků v rostlinné biomase?**

Vzájemný vztah mezi živinami v půdě a rostlinné biomase byl testován pomocí korelace. Pearsonův výběrový korelační koeficient prokázal závislost mezi živinami obsaženými v půdní biomase a živinami nadzemní rostlinné biomasy u všech z testovaných prvků. Provedená korelace u všech testovaných prvků (K, P, N, Ca, Mg) vyšla statisticky průkazně. Korelační koeficient se pohyboval kolem podobných hodnot - draslík ( $cor = 0,21$ ), fosfor ( $cor = 0,28$ ), dusík ( $cor = 0,19$ ), hořčík ( $cor = 0,11$ ) a vápník ( $0,12$ ). Potvrdil se tedy předpoklad, že změna koncentrace prvků v půdě ovlivňuje obsah živin nadzemní rostlinné biomase.

## 6. Diskuze

Velcí býložravci mají zásadní vliv na stanoviště a na druhy, které se na nich vyskytují. Tradičně jsou defoliace a defekace vnímány jako nejdůležitější mechanismy, kterými býložravci ovlivňují jejich prostředí (Klink et al., 2015). Mnoho autorů uvádí, že pastva, v porovnání s neobhospodařovanými porosty, má pozitivní vliv na druhovou pestrost travních společenstev, zvyšuje heterogenitu struktury porostu a udržuje bilanci živin v rovnováze, což má zásadní vliv na rozmanitost nejen flóry, ale i fauny.

Vliv jednotlivých živin je na porost rozdílný. Rozsah změn, které dané živiny způsobí, se bude měnit nejen s jejich intenzitou, ale i stanovištními podmínkami a managementem (Mrkvička et Veselá, 2001). V této práci bylo jedním z cílů zjistit, zda aplikovaný exkrement ovlivní koncentrace živin v půdě. Bylo statisticky prokázáno, že na experimentálních ploškách, kde byl exkrement umístěn se výrazně zvýšil obsah všech testovaných prvků (P, K, N, Ca a Mg). a následkem toho také došlo ke změně půdního pH. Na kontrolních nedefekovaných plochách byly průměrné hodnoty pH/CaCl<sub>2</sub> 5,19 a u ploch s aplikovaným výkalem se hodnoty pH zvýšily na 5,75. To dokládá také několik studií (např. Klink et al. (2015), Mikola et al. (2009), Mrkvička et al. (2005b), Ouwkerk et Soane (1994), Škarpa (2009)), ve kterých je uvedeno, že pastva prokazatelně mění pH půdy a tím ovlivňuje její chemické složení. Baier (1982) zdůrazňuje, že příjem živin i jejich vyváženost jsou závislé na půdním pH a při kyselé půdní reakci je bilance narušena. Dochází ke snížení nasycenosti sorpčního komplexu bázemi. Tím je zatížen průběh výměnných reakcí, a tím i uvolňování živin do půdního roztoku

Bylo tedy prokázáno, že živiny se z exkrementu navrátily zpět do půdy, neboť jejich koncentrace byla na defekovaných místech mnohonásobně vyšší, než na místech nedefekovaných. To potvrzují také autoři Pavlů (2003), Gaisler et Hejduk (2006) a další, kteří uvádí, že v pasených porostech se většina živin vrací zpět do půdy v podobě moči a tuhých výkalů zvířat. Dodávají, že je prokázáno, že při celodenní pastvě se vrátí zpět do půdy 80-90 % dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku a dalších živin. Naopak jak uvádí Gaisler et Hejduk (2006), Úlehlová et Rychnovská (1982) a další, při sečeném využití porostu dochází k pravidelnému exportu většiny rostlinné biomasy mimo daný ekosystém. Z dlouhodobého hlediska kosení způsobuje



chemické změny v půdě, protože nedochází k návratu živin, ale k postupnému ochuzování půdy o živiny, zejména pak N, P, K, Ca a Mg.

Další z testovaných hypotéz byla hypotéza, zda dochází k rozdílům v obsahu živin v nadzemní rostlinné biomase u tzv. ploch kontrolních (bez depozice výkalu) a ploch, kde byl exkrement aplikován. Tuto hypotézu se nepodařilo prokázat pouze u vápníku a hořčíku, ostatní testované prvky byly statisticky průkazné. U těchto prvků (Mg a Ca) tedy nebylo prokázáno, že by došlo ke změně obsahu živin mezi plochami defekovanými a nedefekovanými. Dá se tedy předpokládat, že celkový obsah hořčíku a vápníku v odebrané rostlinné biomase byl minimálně ovlivněn dodanými Mg a Ca, které byly obsaženy v exkrementu. Podle Begona et al. (1997) by tento výsledek mohl být vysvětlen také tím, že rostliny mají daný určitý limit nasycenosti pro jednotlivé živiny a ani při zvýšených dávkách daného prvku rostlina nepřijme vyšší množství konkrétní živiny. Vaněk et al. (2000) ale poukazuje na fakt, že na obsah hořčíku v půdě a následně v rostlinné biomase působí příznivě dostatečná zásoba přijatelného fosforu v půdě. Také jak dokládá Marschner (1995) na příjem hořčíku působí negativně zvýšená koncentrace  $H^+$  kationtů a dalších kationtů (např. Al, Fe, Mn), které se při kyselém pH snadněji uvolňují do půdního roztoku. Proto je pro příjem hořčíku rostlinami důležitá půdní reakce a popřípadě úprava půdních podmínek na kyselejších stanovištích vápněním.

Jak již bylo výše vysvětleno, pastva a s ní spojená defekace, má vliv nejen na půdu a půdní živiny, ale také na rostliny a na živiny obsažené v rostlinné biomase. Velcí býložravci ovlivňují rostliny na pastvině jednak samotnými exkrementy, které přes půdu působí na rostliny, ale také sešlapem a tedy kompakcí půdy (Mikola et al., 2009). Pokusné plochy pro tento experiment byly vybrány na místech bez dlouhodobého sešlapu půd (na pastvině pod elektrickými ohradníky, kde 15 let nedocházelo k sešlapu půdy). Proto lze předpokládat, že fyzikální vlastnosti půdy dopomohly k dobré dostupnosti živin pro rostliny. Owerkerk et Soane (1994) dokládají, že naopak při nadměrném zhutnění půdy se zpomaluje prodlužování a prorůstání kořenů do spodních vrstev půdy a tím se negativně ovlivňuje příjem živin. Jak také uvádí mnoho dalších autorů (např. Klink et al. (2015), Mrkvička et al. (2005b), Pearson et Ison (1997)) výzkumy jednozanne prokázaly, že kompakce půdy sešlapem, zejména ve svrchní části půdního profilu, má za následek zvýšení objemové hmotnosti půdy a tím pádem snížení její pórovitosti. To znamená, že nadměrné zhutnění půdy zhoršuje půdní prostředí a v jejím důsledku dochází ke

snížení příjmu vody rostlinami (Klink et al., 2015). Kořeny rostlin neporostou do půdních vrstev, kde není dostupná voda, takže živiny v těchto vrstvách budou nevyužity (Begon et al. 1997).

Další položenou otázkou bylo, zda dojde ke změně koncentrace živin během sezónních odběrů jednak u vzorků půdy, ale také u nadzemní rostlinné biomasy. Jak bylo předpokládáno, postupem času se snižovala koncentrace u jednotlivých živin v půdě. Nejvyšší obsahy prvků však nebyly ihned po prvním odběru ve 28. týdnu po aplikaci exkrementu, ale až při odběru druhém, ve 38. týdnu. Rychlost rozkladu exkrementu a tím i uvolňování živin do půdy je totiž značně ovlivněno klimatickými podmínkami. Pokus byl založen na podzim (v říjnu), a tak se dá předpokládat, že chladné počasí a sníh, který byl na lokalitě až do dubna, zpomalil rozklad simulovaného výkalu. Mnoho autorů uvádí, že právě příznivé klimatické podmínky jsou jedním z nejdůležitějších abiotických faktorů, které ovlivňují výživu travních porostů a příjem živin (Adler et al., 2001; Afzal et Adams, 1992; Mrkvička et al., 2006; Pavlů et al., 2006 a další). Po necelém roce, kdy došlo k posledním odběrům půdy (tj. 51. týden po aplikaci exkrementu) se množství naměřených živin u většiny prvků (K, Ca, Mg) téměř navrátily k původním hodnotám. U dvou zbylých prvků (P a N) je trend snižování obsahu výrazný, a proto se dá tedy předpokládat, že pokud by došlo k dalšímu odběru, hodnoty byly podobné, ne-li shodné s hodnotami prvků před začátkem experimentu. Proto jak uvádí Trávník (2004) je důležité při rozhodování o intenzitě hnojení průběžně hodnotit bilanci živin. Zda má hnojení významný vliv na zásobu živin v půdě, závisí samozřejmě také na tom, kolik živin již v půdě je. Jak například uvádí Ryant (2005) ve svém dlouholetém projektu, při němž sledoval dostupnost fosforu, tak při dávce hnoje 40 tun na hektar se při obsahu fosforu 0,14 % dostává do půdy asi 56 kg fosforu. Z toho se první rok uvolní asi 14 kg (tj. 25 % z dodaného množství), druhý rok 8,4 kg (15 %) a třetí rok už pouze 2,8 kg (5 %) dodaného fosforu. Zbývajících 55 % zůstane vázáno v organických sloučeninách. Dále ale uvádí, že je možné, že i zbývajících část fosforu se později stane přístupná rostlinám. Mrkvička et al. (2006) dodává, že čím nižší je obsah přístupného fosforu v půdě, tím dochází k výraznějším změnám ve floristickém složení při fosforečném hnojení. Právě fosfor zpravidla mírně zvyšuje podíl jetelovin na úkor ostatních dvouděložných druhů (Mrkvička et Veselá, 2001).

Stejně jako u půdních vzorků tak i u vzorků nadzemní rostlinné biomasy se prokázala tendence snižování obsahů živin. Jak uvádí Veselá et al. (2004), obsah

živin v rostlinné biomase je cenným ukazatelem z hlediska požadavků racionální výživy skotu. Kvalita píce je ovlivněna mnoha faktory, jako například rostlinným druhem, fenologickou fází rostliny, ekologickými podmínkami aj. Obsah živin v rostlinné biomase závisí jednak na dostupnosti časového dosahu živin v půdě, ale také na fenofázi neboli růstové fázi rostlin, v níž se rostlinné druhy v době spásání nacházejí. U pastevních porostů je nejvyšší koncentrace živin právě ve fázi, kdy dochází k metání trav a na začátku prodlužování stébel, kdy je výška porostu asi 10 – 15 cm. Během stárnutí píce dochází k větším přírůstkům sušiny, ale snižuje se obsah minerálních látek (zejména dusíkatých látek, fosforu a draslíku) a také využitelná energetická složka píce (Fiala, 2007, Míka, 1997). Jak uvádí Mrkvička et Veselá (2004) čím častěji je porost spásán a čím kratší jsou intervaly mezi defoliací dané rostliny, tím rostliny zůstávají v mladší fenologické fázi a v biomase obsahují vyšší koncentraci prvků. Naopak lze říci, že čím je rostlina starší a čím delší je doba od aplikace živiny od půdy, tím účinnost prvku v rostlině klesá. Například jak uvádí Fiala (2007), tak největší účinnost má draslík dodaný na počátku jarního obrůstání, kdy vitalita porostu je největší. U draslíku, stejně jako u testovaných prvků, byla koncentrace nejvyšší ihned po prvním odběru rostlinné biomasy, která proběhla ve 28. týdnu (tj. v dubnu) po aplikaci exkrementu. Půdní a klimatické poměry stanoviště jsou pro změny v obsahu draslíku v půdě velmi významné. Travní porosty draslík rychle a velice ochotně přijímají a jak zmiňuje Baier et Baierová (1993) zvláště pak při intenzivním hnojení dusíkatými a draselnými hnojivými. Kunzová (2010) uvádí, že k většímu poutání draselných iontů dochází v jílovitých půdách, málo humózních půdách a především za sucha.

Trend ve vývoji obsahu dusíku v rostlinné biomase byl jiný, než u již zmiňovaného draslíku. Obsah N v rostlinné biomase byl v 38. týdnu odběru (tj. červen) mnohonásobně nižší, než při prvních odběrech v 28. týdnu (tj. duben). Koncentrace byla dokonce i nižší než u kontrolního vzorku, ve kterém vůbec nedošlo k aplikaci živin do půdy v podobě výkalu. V posledním termínu odběru (51. týden) se obsah dusíku opět navýšil. Náhlý pokles dusíku, který se objevil v rostlinné biomase ve 38. týdnu by bylo možné vysvětlit přítomností leguminóz. Mikanová et Šimon (2013) uvádí, že na počátku doby květu leguminóz, jsou symbiotické bakterie (*rhizobia*) v hlízkách na kořenech leguminóz nejaktivnější a spotřebují největší množství půdního dusíku k biologické fixaci. A právě koncem května až začátkem června, kdy byl tento odběr proveden, začínají leguminózy, především *Lotus*

*uliginosus*, *Lathyrus pratensis*, *Trifolium repens* kvést. Je tedy možné, že dostupný dusík, který se uvolnil z dodaného exkrementu sloužil jako startovací dávka právě pro růst leguminóz. Naopak Míka (1980) dodává, že v průběhu vývoje rostlin během vegetace, pokud nedojde ke hnojení minerálními nebo statkovými hnojivy, se obsah N v biomase snižuje. Podobný trend byl zaznamenán i u obsahu fosforu. Koerselman et al. (1990) a Afzal et Adams (1992) potvrzují, že fosfor je výrazně vázán na biologickou fixaci dusíku a tudíž jeho trend může být spojen s trendem vývoje dusíku a vazbou na přítomné leguminózy.

Můžeme tedy shrnout, že dostupnost živin v rostlinné biomase i půdě se mění během času. Po necelém roce, kdy byl proveden poslední odběr vzorků půdní a rostlinné biomasy, se živiny, jejichž obsah se zvýšil po dodání živin v podobě exkrementu, vrátily do podobných koncentrací jako před začátkem experimentu. Jak již bylo výše uvedeno, důležitou roli zde zajisté hrály klimatické podmínky, které "zakonzervovaly" simulovaný výkal a tím oddálily jeho mineralizaci a následný prostup živin do půdy a čerpání rostlinami.

Mezi jednotlivými testovanými prvky (N, P, K, Ca, Mg) v půdě a rostlinné biomase se také prokázala korelace právě mezi testovanou rostlinnou biomasou a půdou. Prokázalo se, že obsah živin v půdě a rostlinné biomase spolu úzce souvisí. To dokazuje také odborná literatura. Například Velich (1996) ve své publikaci uvádí, že při aplikaci již malé dávky dusíkatého hnojení dojde ke zvýšení výnosů rostlinné biomasy, ale obsah N v rostlinách se nezvýší, může naopak i mírně poklesnout. Také Mrkvička et Veselá (2004), Mrkvička et Veselá (2005), Míka (1980) dokládají, že hnojení ovlivňuje nejen obsah prvků v biomase travních porostů, ale také přímo mění prvkové složení u jednotlivých rostlin a také mění zastoupení druhů v porostu. Míka (1997) dodává, že v přirozených podmínkách existuje vztah mezi koncentrací přístupného fosforu v půdě a v sušině rostlin. Uvádí, že například fosforečné hnojení zvyšuje obsah fosforu v rostlinné biomase pouze v případech, kdy je přirozeně dostupného fosforu v půdě málo. Tak je hnojením chudých půd možno dosáhnout 0,25 – 27 0,3 % fosforu (v sušině). Jinak by toto množství odpovídalo půdám s dobrou zásobou. Podle Fialy et al., (2007) je koncentrace fosforu v nadzemní biomase travních porostů jen obtížně ovlivnitelná. Do jisté míry ji lze zvýšit pomocí vysokých dávek fosforečných hnojiv a podpoře jetelovin.

## 7. Závěr

Pastva má významný vliv jak na vlastnosti půdy (chemické i fyzikální), tak i na porost, který se na pastvině vyskytuje. Na rozdíl od ostatních způsobů hospodaření na travních porostech se při pastvě navrací živiny zpět na lokality ve formě exkrementů a rostliny je tak poté mohou dále využívat.

Koncentrace živin v sušině rostlin je cenným ukazatelem úrovně výživy travního porostu. Zároveň je také značně proměnlivá podle konkrétní rostliny a konkrétních biotických i abiotických podmínek, které rostlinu ovlivňují. Obsah prvků v rostlinné biomase jednotlivých druhů rostlin se může velmi významně odlišovat stejně tak jako zastoupení živin v půdě.

Předmětem této studie bylo na základě získaných dat zjistit, zda dojde k rozdílu v zastoupení živin v půdě, ale i nadzemní rostlinné biomase na plochách, kde byl experimentálně umístěn výkal, oproti plochám kontrolním. Tento předpoklad byl prokázán a z výsledků vychází, že plochy, obohacené o prvky v podobě exkrementu, obsahují vyšší koncentraci živin (N, P, K, Ca, Mg) . Na těchto plochách došlo také ke zvýšení pH. Stejně tak byla prokázána změna u rostlinné biomasy, až na hořčík (Mg) a vápník (Ca), u kterých nebyl zaznamenán zvýšený obsah daného prvku. Na základě statistických analýz lze říci, že dostupnost živin v rostlinné biomase i půdě se mění. Po necelém roce, kdy byl proveden poslední odběr vzorků, se živiny, jejichž obsah se zvýšil po aplikaci exkrementu, vrátily do podobných koncentrací jako před začátkem experimentu.

## 8. Použitá literatura

**Adler P. B., Raff A. D. et Lauenroth W. K., 2001:** The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128: 456-479.

**Afzal M et Adams W. A., 1992:** Heterogeneity of soil mineral nitrogen in pasture grazed by cattle. *Soil Science Society of America Journal* 56: 1160-1166.

**Andaluz M. G., Florián L. M. et Pavlů V., 2004:** Nedopasky a selektivní pastva. *Úroda* 4: 18-19.

**Auf D., Mrkvička J. et Pavlů V., 2001:** Systém pastvy a druhové složení porostu. *Agro* 5: 55-56.

**Baier J., 1982:** Výživa rostlin v soustavě hnojení. *Institut výchovy a vzdělávání, Ministerstvo zemědělství a výživy, Praha: 216 pp.*

**Baier J. et Baierová V., 1993:** Draslík a draselná hnojiva. *Úroda* 4: 41-42.

**Begon M., Harper J. L. et Townsend C. R., 1997:** Ekologie - jedinci, populace a společenstva. *Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc: 949 pp.*

**Braun B., 1996:** Produkční a ekologický význam trvalých travních porostů. *VÚCHS s.r.o. Rapotín, Rapotín: 79 pp.*

**Cid M. S. et Brizuela M. A., 1998:** Heterogeneity in tall fescue pastures and sustained by cattle grazing. *Journal of Range management* 51: 644-649.

**Clarkson D.T., Hanson J.B., 1980:** The mineral nutrition of higher plant. *Annu. Rev. Plant Physiol*, 31: 239-298.

**Correl O., Isselstein J. et Pavlů V., 2003:** Studing spatial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities: the use of an extended rising-plate-meter method. *Grass and Forage Science* 58: 450-454.

**Curll M. L. et Wilkins R. J., 1983:** The comparative effect of defoliation, treading and excreta on *Lolium perenne*-*Trifolium repens* pasture grazed by sheep. *J.Agric.Sci.* 100: 451-460.

**Doktorová J., 2004:** Pastva pomáhá využívat krajinu. *Zemědělec 4*: 26.

**Dufka J., 2004:** Pastva na drnových porostech. *Farmář 1*: 30-32.

**Dufka J., 2004b:** Vliv pastvy na porosty, půdu a kvalitu povrchové vody. *Náš chov 6*:61-62.

**Dumont B., Carrere P. et D'hour P., 2002:** Foraging in patchy grasslands: diet selection by sheep and cattle is affected by the abundance and spatial distribution of preferred species. *Animal Research 51*: 367-381.

**Fiala J., Kohoutek A. et Klír J., 2007:** Výživa a hnojení travních a jetelovinotravních porostů. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 40 pp.*

**Fiala J., Kohoutek A., Gaisler J., Jiříč M. et Jiříčová T., 2008:** Pastva v ekologickém zemědělství. *Zemědělec 10*: 10-11.

**Gaisler J. et Hejduk S., 2006:** Půdní poměry. In: Mládek J., Pavlů V., Hejzman M., Gaisler J., (eds.), 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 104 pp.*

**Gaisler J., Pavlů V., Mládek J., Hejzman M. et Pavlu L., 2011:** Obhospodařování travních porostů ve vztahu k agro-environmentálním opatřením. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně: 24 pp.*

**Gibson D. J., 1986:** Spatial and temporal heterogeneity in soil nutrient supply measured using in situ ion-exchange resin bags. *Plant and Soil 96*: 445-450.

**Havelka B. et al. 1984:** Výživa a hnojení rostlin. *Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno: 314 pp.*

**Hejzman M., Pavlů V. et Krahulec F., 2004:** Pastva hospodářských zvířat. In: Háková A., Klauisová A., Sádlo J. (eds) 2004: Zásady péče o nelesní biotopy v rámci soustavy Natura 2000. *Planeta XII 3 - druhá část. Ministerstvo životního prostředí, Praha: 75.*

**Hejzman M., Auf D., Gaisler J. 2005:** Year-round cattle grazing as an alternative management of hay meadows in the Giant Mts (Krkonoše, Karkonosze), the Czech Republic. *Ekológia (Bratislava)*, Vol. 24, No. 4: 419 – 429.

**Hejzman M., Šarapatka B. et Pavlů V., 2005b:** Travní porosty v ekologickém způsobu hospodaření. *Úroda* 5: 48-49.

**Hejzman M., Nežerková P. et Gaisler J., 2006:** Historie pastvy hospodářských zvířat v Českých zemích. *Náš chov* 3: 66-68.

**Hejzman M., Schellberg J. et Pavlů V., 2010:** Long-term effects of cutting frequency and liming on soil chemical properties, biomass production and plant species composition of Lolio-Cynosuretum grassland after the cessation of fertilizer application. *Applied Vegetation Science* 3: 257-269.

**Hejzman M., Szakova J., Schellberg J., Tlustoš P. et Balík J., 2010a:** The Rengen Grassland Experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. *Environ. Monit. Assess.* 166: 653-662.

**Hejduk S. et Gaisler J., 2006:** Vodní režim. In: Mládek J., Pavlů V., Hejzman M., Gaisler J., (eds.), 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 104 pp.*

**Hejduk S., 2007:** Kvalita píce při extenzivním využívání pastvin. *Náš chov* 3: 102-106.

**Javůrek M. et Vach M., 2008:** Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 25 pp*

**Klink R., Schrama M., Nolte S., Bkker J. P., Wallis DeVries M. F. et Berg M. P., 2015:** Defoliation and Soil Compaction Jointly Drive Large-Herbivore Grazing Effects on Plants and Soil Arthropods on Clay Soil. *Ecosystems*

**Klír J., 1999:** Bilance rostlinných živin. *Studijní informace., Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha: 41 s.*



**Koerselman W., Bakker S. A. et Blom M., 1990:** Nitrogen, phosphorus and potassium budgets for two small fens surrounded by heavily fertilized pastures. *J.Ecol.* 78: 428-442.

**Kolář L., 1987:** Organické hnojení a humus. *VŠZ Praha: 105 pp.*

**Královec J., 1998:** Zásady obhospodařování travních porostů - Bulletin odboru agrochemie, půdy a výživy rostlin. *Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno: 50 pp.*

**Kunzová E., 2009:** Výživa rostlin a hnojení fosforem - metodika pro praxi. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 27 pp.*

**Kunzová E., 2010:** Výživa rostlin a hnojení draslíkem - metodika pro praxi. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 24 pp.*

**Kunzová E. et al., 2012:** Výživa hnojení a ochrana slunečnice. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha: 42 pp.*

**Kvítek T., 1998:** Trvalé travní porosty a ochrana složek životního prostředí. *Úroda 1: 14-15.*

**Lepš J. et Šmilauer P., 2000:** Mnohorozměrná analýza ekologických dat. *Jihočeská univerzita, České Budějovice: 102 pp.*

**Ludvíková V., Pavlů V. et Hejcman M., 2009:** Tvorba struktury pastevního porostu. *Úroda 8: 48-49.*

**Marriott C. A., 1994:** Changes in floristic composition diet selection and soil nutrients of grazed swards under nutrient stress. *In: Moravec et al., 1994: Fytocenologie. Academia, Praha: 403 pp.*

**Marriott C. A., Fothergill M., Jeangros B., Scotton M. et Louault F., 2004:** Long-term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland areas. A review. *Agronomie, EDP Sciences, 2004, 24 (8), pp.447-462.*

**Marschner H., 1995:** Mineral nutrition of higher plant. *Academic Press, London:* 862 pp.

**Mašek J., 2013:** Zhutnění je vážná choroba půd. *Farmář 1:*67-68.

**Míka V., 1980:** Obsah minerálních látek v travách. *Academia, Praha:* 104 pp.

**Míka V., 1997:** Minerální látky. In: Míka V., Harazim J., Kalač P., Kohoutek A., Komárek P., Pavlů V. et Pozdíšek J., 1997: Kvalita píce. *Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha:* 97-100.

**Mikanová O. et Šimon T., 2011:** Alternativní výživa rostlin fosforem - metodika pro praxi. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha:* 22 pp.

**Mikanová O. et Šimon T., 2013:** Alternativní výživa rostlin dusíkem - metodika pro praxi. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha:* 30 pp.

**Mikola J., Setala H., Virkajarvi P., Saarijarvi K., Voigt W. et Vestberg M., 2009:** Defoliation and patch nutrient return drive grazing effect on plant and soil properties in a dairy cow pasture. *Ecol Monogr 79:* 221-244.

**Mládek J., Pavlů V., Hejzman M. et Gaisler J., 2006:** Pastva jako prostředek udržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha:* 104 pp.

**Mládek J., 2008:** Vliv pastvy na druhovou diverzitu (Impact of grazing on species diversity). In: Jongepierová I., (eds) 2008: Louky Bílých Karpat (Grassland of the White Carpathian Mountains). *ZO ČSOP Bílé Karpaty, Veselí nad Moravou:* 461 pp.

**Mrkvička J. et Veselá M., 2001:** Vliv různých forem hnojení na botanické složení a výnosový potenciál travních porostů. *Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha:* 26 pp.

**Mrkvička J., et Veselá M., 2004:** Vliv výživy na floristickou skladbu a výnosy lučního porostu. *Úroda 4:* 16-17.

**Mrkvička J., et Veselá M., 2004b:** Tematická příloha: Systém pastvy a pastevní technologie. *Náš chov 2:* 1-4.

**Mrkvička J., Veselá M., Andaluz M. G. et Pavlů V., 2005:** Vliv kontinuální pastvy jalovic na botanické složení porostu. *Náš chov* 7: 39-40.

**Mrkvička J., Veselá M. et Kocourková D., 2005b:** Složení travních porostů vypovídá o ekologických podmínkách. *EKO - ekologie a společnost* 6: 10-12.

**Mrkvička J., Veselá M. et Kocourková D., 2006:** Výživa travních porostů v intenzivním hospodářství. *Agro-ochrana* 3: 38-40.

**Mrkvička J., Veselá M. et Pavlů V., 2006b:** Pastva skotu a botanické složení travních porostů. *Agro-magazín* 12: 36-39.

**Nye P. et Tinker P. B., 1977:** Solute Movement in the Soil-Root System. *Blackwell Scientific Publication, Oxford*

**Owerkerk C. et Soane B.D., 1994:** Soil compaction in crop production. *Elsevier, Amsterdam: 662 pp.*

**Parsons A. J. et Dumont B., 2003:** Spatial heterogeneity and grazing processes. *Animal Research* 52: 161-179.

**Pavelčík P., 2007:** Diplomová práce: Extenzivní pastva ve vztahu k časo-prostorové heterogenitě travino-bylinné vegetace. *Dep.in Univerzita Palackého, Olomouc: 93 pp.*

**Pavlů V., 1995:** Pastva skotu v podhorských oblastech. *Farmář* 4: 16-17.

**Pavlů V., Gaisler J. et Auf D., 2001:** Intensive and extensive grazing of heifers in the upland of Jizerské hory mountains. *Grasslands Science in Europe* 6: 179-182.

**Pavlů V., Gaisler J. et Hejzman M., 2003:** Intenzivní a extenzivní pastva jalovic. *Úroda* 6: 37-39.

**Pavlů V., Hejzman M. et Gaisler J., 2003b:** Používané pastevní systémy. In: Mrkvička J., Veselá M., Šantrůček J., 2003: Pastva v různých ekologických podmínkách. *Česká zemědělská univerzita, Praha: 35 pp.*

**Pavlů V., Hejzman M., Pavlů L. et Gaisler J., 2003c:** Effect of rotational and continuous grazing on vegetation of upland grassland in the Jizerské hory Mts., Czech republic. *Folia geobotanica* 38: 21-34.

**Pavlů V., Gaisler J. et Hejzman M., 2005:** Tématická příloha: Extenzivní pastva a kvalita píče. *Úroda* 8: 1-3.

**Pavlů V., Gaisler J., Mládek J. et Paveleček P., 2006:** Charakteristika pastevního porostu. In: Mládek J., Pavlů V., Hejzman M., Gaisler J., (eds.), 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *VÚRV, Praha: 104 pp.*

**Pavlů V., Hejduk S., Mládek J. et Hejzman M., 2006b:** Kvalita pastevní píče. In: Mládek J., Pavlů V., Hejzman M., Gaisler J., (eds.), 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *VÚRV, Praha: 104 pp.*

**Pavlů V., Čiháková K. et Mládek J., 2006c:** Nedopasky. In: Mládek J., Pavlů V., Hejzman M., Gaisler J., (eds.), 2006: Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *VÚRV, Praha: 104 pp.*

**Pavlů V., Hejzman M., Pavlů L., Gaisler J., Nežerková P. et Meneses L., 2006d:** Changes in plant densities in a mesic species-rich grassland after imposing different grazing management treatments. *Grass and Forage Science* 61: 42-51.

**Pavlů V., Hejzman M., Pavlů L., Gaisler J. et Nežerková P., 2006e:** Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 349 - 355.

**Pavlů V., Hejzman M., Pavlů L. et Gaisler J., 2007:** Restoration of grazing management and its effect on vegetation in an upland grassland. *Applied Vegetation Science* 10: 375-382.

**Pearson C. J., Ison R. L., 1997:** Agronomy of Grassland Systems. *Cambridge University Press, New Yor.: 222 pp.*

**Quitt E., 1971:** Klimatické oblasti Československa. *Academia, Brno: 73 pp.*

- Renč J., 2010:** Draslík je základní živina. *Úroda 4: 13.*
- Richter R. et Klír J., 2000:** Půdní úrodnost a spotřeba živin. *Farmář 12: 18-19.*
- Rook A. J. et Tallowin J. R. B., 2003:** Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal research 52: 181-189.*
- Ryant P., 2005:** Výživy trvalých travních porostů v podmínkách ekologického zemědělství. *Zpravodaj Svazu chovatelů ovcí a koz v ČR č.2: 18-22.*
- Ryant P., 2005a:** Výživa a hnojení luk a pastvin: Je třeba hnojit louky a pastviny?. *Zpravodaj Svazu chovatelů ovcí a koz v ČR, č. 1: 38-41.*
- Ryant P., 2009:** Hnojení pastevních porostů. *Náš chov 3: 63-66.*
- Rybová R. et Janáček K., 1987:** Transportní pochody v rostlinách. *Academia, Praha: 200 pp.*
- Rychnovská M., Balátová - Tuláčková E., Úlehlová B. et Pelikán J., 1985:** Ekologie lučních porostů. *Academia, Praha: 100 pp.*
- Scimone M., Rook A. J., Garel J. P. et Sahin N., 2007:** Effect of livestock breed and grazing intensity on grazing systems: 3. Effect on diversity of vegetation. *Grass and Forage Science 62: 172-184.*
- Šarapatka B., Hejduk S. et Čížková S., 2005:** Trvalé travní porosty v ekologickém zemědělství. *PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Šumperk: 24 pp.*
- Šaraptková B. et Čížková S., 2007:** Grassland diversity in relation to subsidies. In: *Grassland Ecology VII, Bánská Bystrica:*
- Škarpa P., 2009:** Půdní reakce ovlivňuje přístupnost živin. *Zemědělec 13: 54.*
- Štýbnarová M., 2011:** Disertační práce: Změny druhové diverzity a stravitelnosti organické hmoty při rozdílné intenzitě obhospodařování travních porostů. Dep. in: *Česká zemědělská univerzita, Praha: 147 pp.*
- Tišliar E. et Citarová E., 2008:** Obnova trvalého trávneho porastu po ukončení intenzívneho využívania. *Úroda 5: 60-61.*

- Trávník K., 2004:** Bilance živin a změny jejich obsahu v půdě. *Úroda* 5: 53-55.
- Úlehlová B., Rychnovská M., 1982:** Travinné ekosystémy. In: Racionální využívání rostlinstva. *Acta Ecologica Naturae AC Regionis, Praha*: 60pp.
- Urban J., Šarapatka B. et al., 2003:** Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi, I. díl (Základy ekologického zemědělství, agroenvironmentální aspekty a pěstování rostlin). *Ministerstvo životního prostředí, Praha*: 269 pp.
- Urban J., 2012:** Úrodnost půdy a výživa rostlin. *Zemědělec* 4: 26.
- Vaněk V., Tlustoš P., Štípek K. et Brodský L., 2000:** Příjem hořčíku rostlinami a zajištění dostatečné výživy rostlin touto živinou. *Farmář* 5: 21-22.
- Velich J., 1996:** Praktické lukařství. *Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, Praha*: 28 s.
- Veselá M. et Mrkvička J., 2004:** Travní porosty a ochrana životního prostředí. *Úroda* 9: 32-35.
- Voplakal K., 2001:** Fosfor v půdě. *Úroda* 3: 24-27.
- Vopravil J., Khel T. et Holubík O., 2011:** Stanovení faktoru erodovatelnosti půd České republiky. *Vodní hospodářství: Specializovaný vědecko-technický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí* 6: 249-252.
- Watkinson A. R. et Ormerod S. J., 2001:** Grassland, grazing and biodiversity: editors' introduction. *Journal of Applied Ecology* 38: 233-237

## **Internetové zdroje:**

**Honsová D., 2006:** *Pícninářsky nevyužívané travní porosty: Aktuální problémy v České republice* [online]. 2006 [cit. 16. 3. 2015]. Dostupný z WWW: <<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=795>>.

**Mapy.cz** (online) [cit. 29.3.2015], dostupné z <http://www.mapy.cz/zakladni?x=15.0943565&y=50.8475730&z=13&source=muni&id=1847>

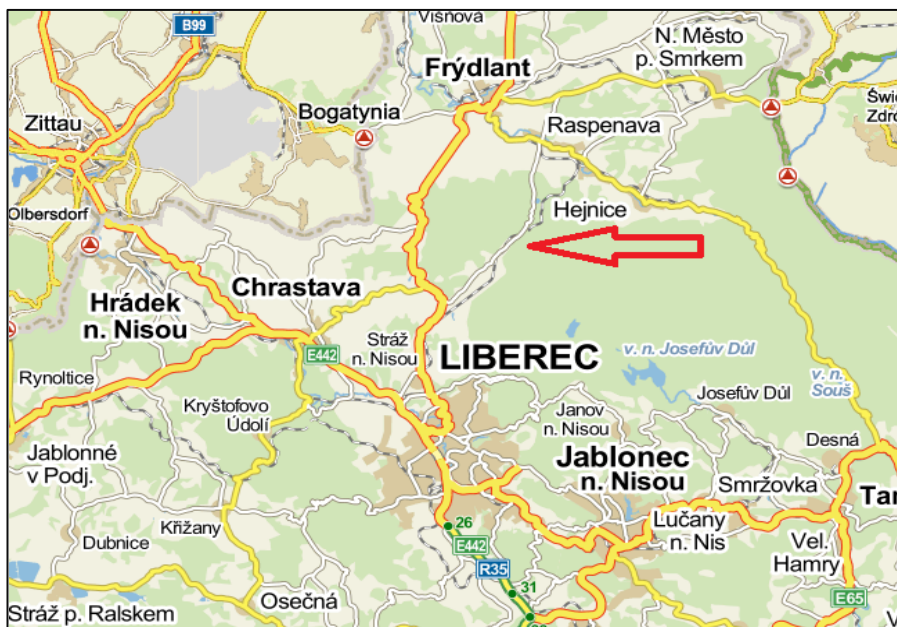
## **R (www.r-project.org)**

**Richter R., 2003:** Význam biogenních prvků. In: Ryant, P. *Multimediální učební texty* [online] [cit. 5.3.2015]. Dostupný z WWW: <<http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty/index.htm>>.

## 9. Přílohy

### 9.1 Mapová příloha

**Obr. 1:** Zájmové území Oldřichov v Hájích - Betlém, mapa širších vztahů okolí.



**Obr. 2:** Lokalita Betlém, Oldřichov v Hájích, Jizerské hory.





## 9.2 Obrázková příloha

**Obr. 1:** Sběr exkrementů. Oldřichov v Hájích. Foto Ludvíková V.



**Obr. 2:** Aplikované simulované výkaly pod ohradníkem. Betlém. Foto: Ludvíková V



**Obr. 3:** Odběr nadzemní rostlinné biomasy. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 4:** Odběr půdní biomasy pomocí sondy. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 5:** Odebraný vzorek půdní biomasy. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 6:** Experimentální ploška před aplikací simulovaného výkalu. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 7:** Simulovaný výkal po jeho aplikaci. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 8:** Exkrement ve 28. týdnu po aplikaci. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 9:** Exkrement ve 38. týdnu po aplikaci. Betlém. Foto: Ludvíková V.



**Obr. 10:** Exkrement v 51. týdnu po aplikaci. Betlém. Foto: Ludvíková V.

