

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra obecné zootechniky a etologie



**Význam geofágie u kopytníků a její aplikace do chovů v
zoologických zahradách**

Bakalářská práce

Autor práce: Kristýna Čvančarová

Obor studia: Speciální chovy

Vedoucí práce: Ing. Petra Bolechová, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Význam geofágie u kopytníků a její aplikace do chovů v zoologických zahradách" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16.4.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing.Petře Bolechové, Ph.D., která mi po celou dobu psaní práce byla k dispozici, poskytovala užitečné rady a byla velmi vstřícná.

Význam geofágie u kopytníků a její aplikace do chovů v zoologických zahradách

Souhrn

Tato práce shrnuje poznatky o geofágii kopytníků a její dopady na zdravotní stav. Geofágie neboli úmyslné pojídání hlíny, půdy, zeminy je jev, který je zkoumán po desítky let. Dříve se vědci domnívali, že olizováním půdy si zvířata doplňují sůl, později byl pojem rozšířen na veškerou složku půdy či zemních materiálů. Geofágie se vyskytuje především v Africe a Severní Americe. Mezi geofágní živočichy spadají kopytníci, ptáci, plazi, primáti, některé druhy menších savců, ale i člověk. Příčinou počátku geofágie byla pravděpodobně schopnost zvířat zkoumat a ochutnávat cizí prostředí. Později se zjistilo, že si zvířata prostřednictvím geofágie odpomáhají od řady problémů a onemocnění jako jsou průjmy, infekce a řada dalších. Konzumací hlíny si kopytníci doplňují potřebné minerály, zejména vápník, fosfor, sodík, které jsou důležitou složkou v růstu a vývoji jedince. Zvířata se vrací stále na stejná místa, kde půdy olizují. Kopytníci se obecně živí travnatými porosty, keři a bylinami. Lze je rozdělit podle stravovacích návyků do tří skupin: grazer (spásači), browser (okusovači), intermediater (přechodný typ). Pro určení, jaké minerály z půdy prospívají zdravotnímu stavu kopytníků, je nutná znalost chemického složení jednotlivých půd, kde se zvířata zdržují.

Klíčová slova: geofágie, kopytníci, minerální výživa, výživa, zoologická zahrada

Importance of geophagia in ungulates and its application to zoo management

Summary

The theses summarizes the knowledge about the geophagia of ungulates and its effects on their health. Geophagy or deliberate intake of clay, soil, earth is a phenomom that has been explored for decades. Earlier, scientists believed that when licking the soil, the animals supplemented the salt, later the term expanded to all components of soil or earth materials. Geophagia occurs mainly in Africia and North America. Among the geophagous animals belong ungulates, birds, reptiles, primates, some minor mammals and also humans. The case of the geophagia was probably the ability of the animal to examine and taste the unfamiliar environment. It was later discovered that animals throught geophagia reflect a number of problems and illnesses such as diets, infections and many others. Consuming clay the ungulates refill the minerals, expecially calcium, phosphorus and sodium, wich are an important components of the growth and development of individuals. The animals keep returning to the same places where they lick the soil. The ungulates generally feed themselves on grasslands, bushes and herbs. The ungulates can be divided according to eating habits into three groups grazers / browsers / intermediate. To determine which minerals from the soil are beneficial to the state of health, knowledge of the chemical composition of individual soils where the animals stay is necessary.

Keywords: geophagia, ungulates, mineral nutrition, nutrition, zoo

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše.....	3
3.1	Geofágie.....	3
3.1.1	Co je to geofágie	3
3.1.2	Geofágie různých druhů zvířat	3
3.1.3	Geofágie kopytníků.....	4
3.1.4	Geofágie kamzíka běláka (<i>Oreamnos americanus</i>).....	7
3.1.5	Geofágie antilopy obrovské (<i>Hippotragus niger variani</i>)	7
3.1.6	Porovnání geofágie čtyř druhů kopytníků	9
3.1.7	Porovnání geofágie ovce tlustorohé (<i>Ovis canadensis</i>) a kamzíka běláka (<i>Oreamnos amricanus</i>).....	10
3.1.8	Geofágie losa evropského (<i>Alces alces</i>) a jelena běloocasého (<i>Odocoileus virginianus</i>) v Kanadě	11
3.1.9	Geofágie antilopy jelení (<i>Antilope cervicapra</i>) a gazely obecné (<i>Gazella gazella</i>) v Rádžasthánu.....	12
3.1.10	Geofágie dle biotopů vybraných druhů kopytníků	13
3.1.11	Závislost geofágie na pohlaví-jelen sika (<i>Cervus nippon</i>).....	14
3.1.12	Neúmyslná geofágie	14
3.1.13	Vliv geofágie na zdravotní stav kopytníků	14
3.1.14	Negativní dopady geofágie	15
3.1.15	Ochrana přírodních minerálních lizů	16
3.2	Pedologie	16
3.2.1	Důležité půdní skupiny	16
3.2.2	Fyzikálně-chemické charakteristiky likových půd	18
3.2.3	Půda v Africe	18
3.2.4	Půdy v České republice.....	20
3.2.5	Minerály v půdách v České republice.....	21
3.2.6	Deficit selenu v půdách.....	21
3.3	Přirozená potrava kopytníků	22
3.3.1	Důležité faktory při výběru potravy.....	24
3.3.2	Spásači	25
3.3.3	Okusovači	25
3.3.4	Přechodný typ	25
3.3.5	Minerály v potravě.....	25
3.3.6	Živínové složení trav	26
3.3.7	Živínové složení bylin	26
3.3.8	Živínové složení dřevin	26
3.3.9	Fyziologie trávení	26

3.3.10	Opotřebení zubů ve vztahu k potravě	27
3.4	Minerální výživa kopytníků	28
3.4.1	Biochemie a doplňování sodíku.....	30
3.4.2	Biochemie vápníku	30
3.4.3	Biochemie hořčíku	30
3.4.4	Biochemie mědi	30
3.4.5	Biochemie selenu	31
3.4.6	Synergismus a antagonismus	32
3.4.7	Minerální výživa jelena evropského (<i>Cervus elaphus</i>).....	33
3.4.8	Minerální výživa sobů	34
3.5	Doporučení pro chov	34
3.5.1	Výživa kopytníků v chovech-všeobecná pravidla	34
3.5.2	Minerální výživa kopytníků v chovech	35
3.5.3	Minerální absorpce u nosorožce dvourohého (<i>Diceros bicornis</i>) a tapíra (<i>Tapirus spp.</i>)	35
3.5.4	Minerální výživa pižmoně (<i>Ovibos moschatus</i>)	36
3.5.5	Aplikace geofágie a minerálních bloků do chovů a zoologických zahrad	36
4	Závěr	38
5	Seznam literatury.....	39

1 Úvod

Kopytníci se dělí na sudokopytníky a lichokopytníky. Někteří z nich slouží člověku už od pradávna, kdy pomáhali tahat těžký náklad, sloužili jako zdroj mléka nebo byli chováni pro potěchu. V dnešní době je také mnoho kopytníků chováno v zoologických zahradách. Tato zvířata mají v zoo dlouholetou tradici, často se jedná o ohrožené až kriticky ohrožené druhy. Kopytníci jsou druhově specifičtí, co se týče výskytu i potravy. Mají uzpůsobenou tlamu i tělo ke konzumaci trav, větví, keřů a plodů. Dřívější poznatky o potravě těchto zvířat nevěnovaly pozornost tomu, že spolu s rostlinami zvířata úmyslně požírají i kousky půdy a často se vrací na stejná místa, kde půdu konzumují. V současné době s rozvojem techniky a monitoringu zvířat máme již k dispozici údaje o chemickém složení půd a míst, která zvířata navštěvují, a tak i o výzkumu geofágie v potravě zvířat.

2 Cíl práce

Cílem práce je shromáždit a porovnat poznatky z oblasti geofágie kopytníků, které složky půd jsou pro kopytníky škodlivé, a které jim naopak pomáhají v trávení a případně ovlivňují zdravotní stav. V závěru je shrnuta aplikace geofágie do chovatelské praxe zoologických zahrad.

3 Literární rešerše

3.1 Geofágie

3.1.1 Co je to geofágie

Geofágie je definována jako záměrná a pravidelná spotřeba zemitých materiálů, jako jsou půdy, jíly a příbuzné minerální látky. Tato praxe se vyskytuje na všech kontinentech, nejčastěji v tropických oblastech. Tento jev v posledních letech přitahoval pozornost několika výzkumníků (Klaus a Schmid, 1998; Abrahams, 1999). Ti se snaží pochopit, proč velké množství zvířat konzumuje zeminu (Wilson, 2003).

Geofágie byla popsána u dlouhé řady zvířat, ale i u lidí. Mnoho lidí považuje lidskou geofágiu za špatnou, ačkoli u některých starých kmenů byla přirozená. Přesto mnozí z nich přijímají, že u divokých zvířat je konzumace půd prospěšná (Wilson, 2003).

Geofágie se nejspíš vyvinula díky vrozené schopnosti zvířat ochutnávat chemicky nepřátelské prostředí. Má vždy nějaké léčivé hodnoty, je podobná samoléčbě. K určení, proč zvíře půdu konzumuje, je důležité určit chemické a fyzikální složení. Geofagická půda obsahuje velké množství jílu, jemného bahna a drobného písku včetně minerálů, virů, bakterií a hub. Hlavními hypotézami geofagického chování jsou: detoxikace škodlivých nebo nepohodlných látek přítomných v potravě, zmírnění gastrointestinálních poruch, jako je průjem, doplnění minerálních živin a jako prostředek k řešení nadměrné kyselosti v zažívacím traktu. (Kreulen et Jeger, 1984; Heyman et Hartman, 1991; Wilson, 2003; Mahaney et Krishanamani, 2003).

Nejběžnější pojmy pro spotřebu zeminy jsou geofágie a litofágie. V anglické literatuře je termín geofágie běžnější, zatímco v Rusku se využívá častěji termín litofágie (Panichev et al., 2012).

3.1.2 Geofágie různých druhů zvířat

Druhy, které jsou známí jako geofágni, zahrnují šimpanze, gorily, vřešťany a jiné primáty. Ze savců spotřebovávají půdní materiály veverky, kapybary, tapíři, jeleni, prasata a další druhy zejména kopytníků. Geofágie je hojně rozšířená i u ptáků jako jsou papoušci, krocani, bažanti, holubi, vrány a jiní. Záznamy o geofágiu zvířat pochází téměř se všech kontinentů, především ale ze Severní Ameriky a Afriky a u ptáků z Nové Guiney a Amazonské pánve (Brightsmith, 2002).

Důvodů, proč zvířata žerou půdu, je několik. Půda je bohatá na určité minerály, které zvířata vyžadují stejně jako lidé vitamíny. Zvířata, která se živí listy, semeny a nezralým ovocem, mohou mít problémy s toxiny. Jemná struktura hlíny pomáhá tak, že toxiny nejsou absorbovány a jsou vyloučeny výkaly. Řada dalších rostlin může být toxických pro žaludek zvířat, což může způsobit vředy nebo průjem. Hlína se v žaludku přilepí na stěnu a poskytuje bariéru mezi jedovatým jídlem a žaludeční stěnou a dále stimuluje produkci hlenu (Brightsmith, 2002).

Ptáci si konzumací půdních materiálů odpomáhají od jedovatých sloučenin a látek hořké chuti jako jsou alkaloidy a třísloviny v ovoci a semenech (Diamond et al., 1999; Gilardi et al., 1999).

Chvostani bělolící (*Pithecia pithecia chrysocephala*, Saint-Hilaire, 1850) konzumují půdu z hnízd termitů ve stromech. Oproti okolní půdě je tato konzumovaná půda bohatší na kaolin, fosfor, draslík, vápník a hořčík (Setz et al., 1999).

Gorily žijící v horách v Rwandě konzumují půdní materiály pravidelně. Těmto zvířatům je pravidelně dováženo velké množství zvětralého regolitu. Gorily tuto horninu vlastnoručně rozdrtí a následně sežerou. Podle studie Mahaney et al. (1995) jim hornina pomáhá absorbovat rostlinné toxiny a kontrolovat dehydrataci v období sucha (Mahaney et al., 1993).

Sloni, kteří byli pozorováni na Srí Lance, konzumují půdu za účelem detoxikace určitých sloučenin v potravě. Sloni vyhledávají a doplňují si především sodík, a to hlavně v období sucha. Velký požadavek na tento prvek mají březí a laktující samice (Holdø et al., 2002; Chandrajith et al., 2008).

3.1.3 Geofágie kopytníků

Vědci v 19.století začali důkladně zkoumat biologii divokých zvířat. Později si všimli, že zvířata pravidelně navštěvují konkrétní místa s charakteristickými krajinnými komplexy. V ruské literatuře se taková místa označují solonetz (Nasimovich, 1938), v anglické literatuře termínem salt lick (Mure, 1934). Zvířata jako jeleni, bizoni, divoké kozy, kamzíci a další se na těchto místech zdržovala a olizovala sůl z půdy. Pojem solonetz byl později označen za nesprávný, jelikož geofágie nelze vysvětlit pouze jako příjem soli. Proto byl představen nový termín kudur. Tento termín má představovat jakýkoli typ litogenní látky, horniny nebo zeminy, který je spotřebován zvířaty nebo lidmi (Panichev et al., 2012).

Většina pozorování geofagického chování pochází ze savanových oblastí Afriky a ze Severní Ameriky. V Evropě se geofágie objevila pouze v Alpách a jenom jeden záznam pochází z Austrálie. U severoamerických kopytníků geofagické chování začíná od začátku května až

června a končí na konci září. Podobně je tomu i v evropských Alpách. Toto chování je spojeno se změnou dostupného krmiva na jaře. Hlavním lákadlem pro olizování v Severní Americe je pramenitá voda. Geofagické chování může být poháněno nutností kompenzovat nedostatek sodíku (Klaus et al., 1998)

Od 20.století začínají výzkumní pracovníci tvořit a umisťovat umělé minerální nebo solné lizy v oblastech, kde jich je v potravě zvířat nedostatek (Schultz et Johnson, 1992).

Pro pozorování byly často na konkrétních místech vytvořené suché a mokré „lizy“ (Obrázek č.1, 2, 3, 4) s koncentrací rozpuštěných prvků a bylo prokázáno, že druhy půdy se liší mezi druhy zvířat. To může vyplývat z nedostatků a nerovnováhy dostupné potravy během ročních období. (Klaus et al., 1998; Slabach et al., 2015).

Sodík je nezbytně nutný během různých fyziologických fází života jako je například laktace, kdy ho samice ztrácí přes mléko. Velké množství sodíku se uvolňuje během pocení a močení a jeho hladina také klesá, je-li v krmivu velké množství draslíku. Koncentrace sodíku v travních porostech není tak velká, aby splnila nutné požadavky přežvýkavců. I z těchto důvodů zvířata vyhledávají minerální lizy bohaté na sodík (Tracy et McNaughton, 1995).

Obrázek č.1: Minerální liz (mineral lick)



Obrázek 1(Jokinen et al., 2016)

Obrázek č.2: Minerální liz



Obrázek 2 (Jokinen et al., 2016)

Obrázek č.3: Minerální liz



Obrázek 3 (Jokinen et al., 2016)

Obrázek č.4: Minerální liz



Obrázek 4(Jokinen et al., 2016)

3.1.4 Geofágie kamzíka běláka (*Oreamnos americanus*)

U kamzíka běláka (*Oreamnos americanus*, de Blainville, 1816) obývajících jihozápad Britské Kolumbie se geofagické chování, podle hypotéz, vyskytuje jako mechanismus doplnění živin pro splnění metabolických požadavků v letních měsících. Druhy, které obývají rozmezí Alp, jsou pravděpodobně více ovlivněny malými rozdíly v koncentraci živin v potravě. Alpská píce je chudá na sodík a bohatá na obsah draslíku. Minerály, které přežvýkavci potřebují ve své výživě, jsou vápník, sodík, fosfor a hořčík. Tyto prvky zastávají důležitou roli při laktaci, růstu a vývoji. Přednostní půdy by měly obsahovat zvýšenou koncentraci sodíku k nápravě metabolické rovnováhy v organismu přežvýkavců. Doplnění živin formou geofágie pro ně tak může být důležité. Vědci zkoumali po dobu 30 let stejné stádo kamzíků a zjistili, že se každoročně vrací na stejné „slanisko“ a pastvu. Stádo sledovaných kamzíků zahrnovalo všechny věkové kategorie a obě pohlaví – samice během laktace, březí samice, samice s mláďaty i starší jedince, které stádo vedli. Do geofágie se zapojovala i zvířata velmi raného věku. (Slabach et al., 2015).

Pro tuto populaci kamzíků byla jedním z důvodů geofagického chování detoxikace nebo snaha o zmírnění poruch gastrointestinálního traktu. Tyto vlastnosti mají některé druhy jílovitých půd. Jílovité půdy pomáhají zbavit se z těla parazitických infekcí či nežádoucích chemických látek. Ukázalo se, že v bahnitých místech, kde kamzíci půdu olizovali, byla koncentrace všech minerálů, kromě hliníku a manganu, vyšší ve srovnání s ostatními místy. Hlavními požadovanými prvky byly vápník, sodík a hořčík. Přítomnost sodíku a fosforu v půdě zvyšuje pravděpodobnost jejího pozření o 6 % a 14 %. Výsledkem tedy bylo zjištění, že hnací silou geofagického chování kamzíka běláka je doplnění sodíku, vápníku a fosforu. Vyšší požadavky se zvyšují na jaře a v létě jako reakce na zvýšenou koncentraci draslíku v potravě, stejně tak během březosti a laktace. Během březosti je také důležitý zvýšený příjem nejen fosforu, ale také vápníku. Hladina fosforu zůstává konstantní i přes variabilitu dostupné potravy. Nedostatek vápníku a fosforu může vést k demineralizaci kostí. Zvýšená koncentrace sodíku působí jako indikátor, že jsou přítomné další příznivé živiny. U kopytníků se tento poměr s ohledem na věk liší. Kamzíci se stále vrací na stejná místa, kde půdu olizují, za účelem doplnění důležitých minerálů pro splnění metabolických požadavků (Slabach et al., 2015).

3.1.5 Geofágie antilopy obrovské (*Hippotragus niger variani*)

Antilopa obrovská (*Hippotragus niger variani*, Thomas, 1916) je kriticky ohrožený poddruh vyskytující se v Angole a je symbolem této země. Až do roku 1975 byla její populace

odhadována na přibližně 2000 jedinců omezených na dvě angolské oblasti – Národní park Cangandala a rezervaci Luando. Kvůli tak malému rozsahu byl poddruh vědecky neznámý až do popisu O. Thomasem v roce 1916. Vědci považovali antilopu obrovskou během civilní války za vyhynutý poddruh. V roce 2005 byly pořízeny fotografie v Cangandala, které dokazovaly, že nejméně jedno stádo přežilo, ačkoliv jeho velikost byla mizivá. V reakci na kritický stav antilopy obrovské byl zahájen program na obnovu populace. Později bylo u antilop také vyzorováno geofagické chování. Plocha, kde byla geofágie studována, se nachází v Národním parku Cangandala, ten byl založen v roce 1963 za účelem ochrany populace tohoto endemického druhu (Baptista et al., 2012).

V parku dominují lesy, které jsou na mnoha místech přerušeny plochami, kde převládají trávy a keře. Půdy zde mají převážně střední až jemnou strukturu. Obsah jílu se zvyšuje s hloubkou. Půda zde zahrnuje jílové minerály (zejména kaolinit) a oxidy železa. Ve zkoumané oblasti jsou geofagické lokality. Tyto lokality byly označeny a přítomnost zvířat byla potvrzena přítomností stop, otisků zubů a dalších znaků. Byly provedeny podrobné analýzy konzumované půdy. Na všech analyzovaných půdách dominovalo bahno nad pískem a hlinou. Místa, kde byla půda konzumovaná, byla bohatší na minerální živiny než v okolí. Většina přítomných prvků se příliš nelišila v zastoupení v konzumované a nespotřebované půdě. Velký rozdíl byl však zaznamenán v obsahu sodíku, který byl asi 20krát vyšší ve zkonzumovaných půdách než v půdách okolních. Množství sodíku v okolních půdách bylo extrémně nízké (Baptista et al., 2012).

Hojné návštěvy antilop na geofagických místech byly pozorovány každý měsíc od roku 2004 do roku 2010. Kamery v Národním parku zaznamenaly geofagické chování na stejných místech i u dalších kopytníků-chocholátka schovávaná (*Sylvicapra grimmia*), lesoň (*Tragelaphus scriptus*), prase bradavičnaté (*Phacocherus aethiopicus*). U všech 14 analyzovaných lokalit byl vyšší podíl hlíny a minerálů (Baptista et al., 2012).

Antilopy obrovské konzumovaly plochy s vyšším obsahem hliníku, než obsahovaly nekonzumované půdy. To oslabuje hypotézu, že obsah jílu je vždy determinant při výběru geofagické půdy. Výsledkem zkoumání geofagického chování antilop obrovských v Angole bylo, že jedinci vyhledávají půdy s vysokým obsahem sodíku, čímž si kompenzují nedostatek sodíku ve stravě. Sodík je základním prvkem, protože je dominantní kationt v tělních tekutinách zvířat a má potenciál být omezující, zejména v případě býložravců. Předchozí studie (Klaus et al., 1998) ukázala, že nedostatek sodíku může ovlivnit stav některých zvířat, spotřeba půdy může být proto zásadní. Pro zvířata je velmi důležité mít přístup ke slaniskům, která jsou bohatá na minerály. Nyní se všechna zvířata v Národním parku Cangandale sdružují

v oplocené části, která obsahuje dvě konzumní plochy, kde jsou sodík a ostatní důležité živiny uměle doplňovány (Baptista et al., 2012).

3.1.6 Porovnání geofágie čtyř druhů kopytníků

Existuje mnoho studií o geofágii kopytníků, ale jen málo o porovnání geofágie u různých druhů kopytníků. Studie Ayotte et al. (2008) porovnává geofagické chování čtyř kopytníků s různými fyziologickými požadavky na krmivo a to: jelen evropský (*Cervus elaphus*, Linnaeus, 1758), los evropský (*Alces alces*, Linnaeus, 1758), kamzík běláček (*Oreamnos americanus*, de Blainville, 1816) a ovce aljašská (*Ovis dalli stonei*, Allen, 1897) (Ayotte et al., 2008).

Zkoumaná zvířata byla obou pohlaví a byla pozorována v době největší spotřeby půd. Konzumace půdních materiálů je spojena s konkrétní dobou v roce a s biologickým stavem zvířete jako je zimování či doba porodů a laktace. Studie o olizování půdy zvířaty v mírném pásu naznačuje vyšší spotřebu v jarních a letních měsících, přičemž samice začínají půdu olizovat dříve než samci (jeleni, kamzíci) (Ayotte et al., 2008).

Po zimě přecházejí kopytníci ze snížené metabolické činnosti kvůli méně kvalitní potravě s vysokým obsahem vlákniny na zvýšené fyziologické nároky během laktace, růstu, nabývání hmotnosti. Náhlý přechod na jarní píci mění chemické prostředí bahoru. Slaniska mohou kopytníkům poskytnout doplňkové prvky a puřovací sloučeniny. Návštěvy slanisek se zvyšovaly na jaře po ozelenění vegetace a v reakci na požadavky při laktaci (Ayotte et al. 2008).

Podél jezera Tuchodi v Britské Kolumbii bylo umístěno pět slanisek (2 vlhké, 3 suché). Vzorky byly odebírány každých 15 minut, aby se zdokumentovaly počty jednotlivců a zastoupení pohlaví a věku. Zkoumalo se chování zvířat i v závislosti na počasí. Zvířata byla pozorována ráno (5:00-11:00), odpoledne (11:00-17:00) a večer (17:00-23:00). U mokrých slanisek bylo pozorováno 300 jedinců jelenů a losů v období od 24.května do 19.července. U suchých slanisek bylo provedeno pozorování 58 ovcí a kamzíků od 29.května do 11.srpna (Ayotte et al., 2008).

Průměrný čas strávený lízáním byl u všech druhů 40 minut. Samice jelena evropského se u vlhkých slanisek vyskytovaly ve větších počtech během rána. U všech druhů byly ranní návštěvy výrazně kratší než během dne nebo večer. Ovce a kamzíci trávili více času olizováním slanisek než jeleni a losi. U aljašských ovcí se návštěva slanisek pohybovala od 3 do 396 minut, přičemž olizování se pohybuje od 3 do 89 minut. Kamzíci se zdržovali 5-335 minut, z toho olizováním strávili 0-196 minut. Celková intenzita lízání uvnitř druhu byla nejnižší u ovcí aljašských. Ovce se za přítomnosti kamzíků zdržovaly u slanisek kratší dobu, ale z toho strávily

větší část své návštěvy olizováním. Nejvíce se ovce u slanisek zdržovaly během začátku srpna (Ayotte et al., 2008).

Mezi návštěvami v rámci pohlaví nebyly žádné viditelné rozdíly. Účast kamzíků běláků byla v létě variabilní. Od hojných návštěv až po dny, kdy nebyly u slanisek viděni žádní jedinci. Kamzíci vykazovali obecně větší intenzitu lízání než aljašské ovce. Ovce byly často viděny až na okraji slaniskové oblasti, kde zřejmě čekaly na ostatní jedince (Ayotte et al., 2008).

U kamzíků byly na nohách a zádech pozorovány známky průjmu. Tato zvířata jsou náchylná na nerovnováhu v zažívacím traktu, která je způsobena změnou píce. Zvýšení intenzity olizování na počátku července u ovcí a kamzíků může odrážet fyziologický stres vyvolaný pozdním nárůstem alpské píce ve srovnání s vegetací v nižších polohách (Ayotte et al., 2008).

Mezi jeleny bylo u vlhkých slanisek pozorováno více samic než samců. Nejdélejší návštěvy byly zaznamenány na konci května a na začátku června. Počty jelenů u mokrých slanisek se v létě lišily. Stejně jako u jelenů i samice losů navštěvovaly slaniska ve větším počtu. Návštěvy samic losů výrazně vzrostly od začátku léta do jeho konce. Obě pohlaví jelenů hojně olizovali půdu na konci května, což může znamenat, že jeleni jsou více náchylní na zažívací potíže spojené se změnou jarní píce. Konzumací půdy se snaží tyto potíže zmírnit a doplnit minerály, kterých zelená píce neobsahuje dostatek (Ayotte et al., 2008).

Vlhká slaniska obsahují velké množství uhličitanů, které mohou být důležité k neutralizaci kyselosti bacheru, jenž je spojena s přechodem z vláknitých krmiv. Požadavky na sodík se zvyšují o 40 % během laktace. Kamzíci a ovce se vydávají ke slaniskům již v útlém věku mláďat (Ayotte et al., 2008).

3.1.7 Porovnání geofágie ovce tlustorohé (*Ovis canadensis*) a kamzíka běláka (*Oreamnos amricanus*)

V jihozápadní Albertě v Severní Americe jsou minerální lizy nezbytně důležité pro potravu kopytníků. Umělé minerální lizy jsou umístěny na svazích. Ovce tlustorohá (*Ovis canadensis*, Shaw, 1804) a kamzík bělák (*Oreamnus americanus*) využívají lizy hlavně při přechodu ze zimní potravy na jarní píci, která má vysoký obsah draslíku, sacharidů a bílkovin, ale nízký obsah vlákniny. Chemické vlastnosti potravy redukuje trávicí činnost bacheru a poškozují absorpci. Ovce začínají lizy navštěvovat v květnu a červnu, zatímco kamzíci až v druhé polovině června. Nejhojněji jsou lizy využívány během června, července a srpna. Ovce využívají minerální lizy více ráno a odpoledne, kamzíci se zdržují po celý den i v noci (Obrázek

č.5 a 6). Průměrný počet návštěv byl u ovcí tři, u kamzíků pět za den. Oba druhy navštěvovaly minerální lizy ve skupinách čítající okolo 24 jedinců (Jokinen et al., 2014).

Obrázek č.5: Ovce tlustorohá u minerálních lizů



Obrázek 5 (Jokinen et al., 2014)

Obrázek č.6: Kamzík bělák u minerálních lizů



Obrázek 6 (Jokinen et al., 2014)

3.1.8 Geofágie losa evropského (*Alces alces*) a jelena běloocasého (*Odocoileus virginianus*) v Kanadě

V Kanadě na severním břehu jezera Superior byla pozorována geofágie losa evropského (*Alces alces*, Linnaeus, 1757) a jelena běloocasého (*Odocoileus virginianus*, Zimmermann, 1780). Park má čtyři lizové oblasti, ze kterých zvířata čerpají půdní minerály. Půda se zde skládá z písku a bahna s malým nebo žádným množstvím hlíny. Kromě půdních lizů zde zvířata, jako zdroj prvků, využívají blízké vodní proudy. Zvýšenou pozornost této lokalitě věnují losi a jeleni v květnu a červnu, a to především od soumraku do rána. Vodní proudy i likové oblasti jsou obzvláště bohaté na sodík a chlor. Analýza odebraných vzorků ukázala také zvýšený obsah železa, manganu, draslíku, hořčíku, vápníku (Tabulka č.1 a 2). Hlavní složkou

pramenité vody, kterou zvířata vyhledávají, je chlorid sodný. Zvýšená potřeba sodíku je nejspíš spojená se sezónními požadavky při laktaci, růstu parohů a se zvýšeným obsahem draslíku v jarní potravě (Fraser et Reardon, 1980).

Tabulka č.1: Chemické složení čtyř likových oblastí (ppm)

Prvky	Calcite Road	Pickeral Road	Marie Louise	Perry Bay
Na	240	230	115	66
K	10,0	9,8	7,3	9,4
Ca	75	190	86	98
Mg	17	65	28	31
Cl	337	875	300	200
Fe	0,52	0,25	0,20	0,29
Mn	0,25	0,64	0,28	0,06

Tabulka 1 (Fraser a Reardon, 1980)

Tabulka č.2: Chemické složení čtyř vodních proudů (ppm)

Prvky	Calcite Road	Pickeral Road	Marie Louise	Perry Bay
Na	2	4	4	3
K	0,8	0,6	0,8	0,6
Ca	7	19	29	17
Mg	2	8	11	6
Cl	4	11	4	5
Fe	0,40	0,24	<0,10	1,40
Mn	0,02	0,05	<0,02	0,04

Tabulka 2 (Fraser a Reardon, 1980)

3.1.9 Geofágie antilopy jelení (*Antilope cervicapra*) a gazely obecné (*Gazella gazella*) v Rádžasthánu

Geofágní chování se vyskytuje také v pouštních oblastech, čemuž je věnováno o poznání méně pozornosti. U antilopy jelení (*Antilope cervicapra*, Linnaeus, 1758) a gazely obecné (*Gazella gazella*, Pallas, 1776) obývajících západ Rádžasthánu bylo pozorováno využívání půdy během letního období. Vzorčky výkalů ukázaly na přítomnost většího množství oxidu křemičitého. Antilopy jsou spásací a jejich potrava se skládá hlavně ze suchých trav. Gazely jsou typičtí okusovači požírající zelené listy. Obsah oxidu křemičitého v obvyklé potravě

antilopy a gazely byl pouze 3,4 - 5,4 %, zatímco výkaly ho obsahovaly okolo 30 %. Oxid křemičitý může pocházet buď z rostlinných materiálů nebo z pozření půdy. Výkaly obsahovaly částice písku a tmavé skvrny půdy. Obsah fekálního oxidu křemičitého byl 14 % a 20 % sušiny, zatímco průměrný příjem půdy byl 0,73 a 0,99 % kilogramů na zvíře za den. Půda zde sloužila jako dobrý zdroj minerálů, který chybí v potravě během letních období (Goyal et Bohra, 1983).

3.1.10 Geofágie dle biotopů vybraných druhů kopytníků

V deštném pralese v Madre de Dios v Peru bylo sledováno pět druhů kopytníků-mazama červený (*Mazama americana*, Erxleben, 1777), mazama šedohnědý (*Mazama gouazoubira gouazoubira*, Fischer, 1814), pekari páskovaný (*Pecari tajacu*, Linnaeus, 1758), pekari bělobradý (*Tayassu pecari*, Link, 1795) a tapír jihoamerický (*Tapirus terrestris*, Linnaeus, 1758). Sledování bylo zaměřeno na využití biotopů a minerálních lizů. Zvířata se pohybovala mezi dvěma typy deštných pralesů. Jedním z nich je tzv. terra firme les, což označuje prales, který není obklopen řekou a potoky, a druhým je lužní les přilehlý vodním zdrojům (Tobler et al., 2009).

Pekari se lišili ve společenském chování. Zatímco pekari bělobradý tvořilo 30-300 četná stáda, stáda pekariho páskovaného zahrnovala méně než 15 jedinců. Rozsah biotopu byl v rozmezí od 0,1 do 10 kilometrů čtverečních. Potravu pekariů tvoří kromě ovoce kořínky, hlízy a listy. Oba druhy pekari jsou většinou denní živočichové. Aktivita pekari bělobradého trvá většinou od 16 do 18 hodin, zatímco pekari páskovaný má vysokou aktivitu brzy ráno a méně aktivní je pozdě odpoledne. Oba druhy se pohybovaly na území obou lesů, což je nejspíš způsobeno širokou plochou působnosti, nicméně pekari bělobradý vykazoval sezónní přednost pro lužní lesy. Oba druhy byly pozorovány u lizů pouze třikrát za 434 dní (Tobler et al., 2009).

Mazamy mají rozsah teritoria menší než 1 kilometr čtvereční. Oba druhy jsou frugivorní, ale jejich potrava může obsahovat také velké množství hub, listů, květů a další rostlinný materiál, když ovoce není k dispozici. Mazama šedohnědý vykazoval jasnou preferenci pro terra les. Mazama šedohnědý je aktivní ve dne, mazama červený ve dne i v noci. Průměrná návštěvnost mazamy šedohnědé u lizů byla 16,1 návštěv za 100 dní. Mazama červený nebyl u lizů pozorován ani jednou (Tobler et al., 2009).

Tapír jihoamerický má teritorium 1,5-4 kilometry čtvereční. Tapíři jsou většinou aktivní celou noc od 18 hodin večer do 6 hodin ráno. Tapíři navštěvovali minerální lizy nejčastěji s průměrnou návštěvností 52,8 návštěv za 100 dní. Tapíři se pohybovali v obou lesích, přičemž domácí stanoviště měli výhradně v lesích terra. V peruánském pralese se ukázalo vysoké překrývání druhů, kdy hlavním faktorem byla potrava (Tobler et al., 2009).

3.1.11 Závislost geofágie na pohlaví-jelen sika (*Cervus nippon*)

Požadavky na sodík souvisí s fyziologickými změnami. Další faktor je obsah sodíku v potravě zvířat. Kopytníci si vyvinuli schopnost detekovat minerální obsah v přijímané potravě a schopnost regulovat spotřebu některých minerálů pro zjištění svých fyziologických potřeb. Potřeba sodíku v různých fyziologických fázích života je hlavním důvodem rozdílného využívání minerálních lizů dle pohlaví jedince. Rozdíly jsou v návštěvách v odlišnou denní dobu i v rozdílném ročním období. Samice více využívají lizy za úsvitu a za soumraku, a především v období laktace, protože k produkci mléka je zapotřebí větší příjem sodíku (Fraser et Reardon, 1980; Tankersley et Gasaway, 1983; Kennedy et al., 1995).

Laktace vyžaduje zvýšit příjem sodíku až o 40 %. Samci často využívají minerální lizy během růstu kostí, paroží a klů. V druhé polovině růstu parohů dochází k ukládání minerálů. V podzimních měsících samci jelena siky (*Cervus nippon*, Temminck, 1838) tráví více času společenským chováním než sháněním potravy, čímž příjem sodíku klesá a minerální lizy tak slouží jako hlavní zdroj sodíku. Během srpna a března dochází k výměně srsti. V srpnu začíná růst zimní srst a v březnu se mění na letní, což může být dalším faktorem, který ovlivňuje intenzitu využívání minerálních lizů (Ping et al., 2010).

3.1.12 Neúmyslná geofágie

Některé druhy konzumují půdy i neúmyslně. Půda je neúmyslně spotřebována, protože se mísí s potravou. Náhodné požití hlíny se u domácího skotu pohybuje v rozmezí od 1 % do 18 % v jejich denním příjmu sušiny v závislosti na ročním období. U ovcí, které konzumují trávu blíže u země se maximální příjem hlíny pohybuje okolo 33 %. Naproti tomu kopytníci jako jelen či los zkonsumují neúmyslně méně než 2 % půdy (Damuth et Janis, 2011).

3.1.13 Vliv geofágie na zdravotní stav kopytníků

Geofágie kopytníků má převážně pozitivní vliv. Ovlivňuje detoxikaci škodlivých látek v potravě, zmírňuje trávicí potíže a nadměrnou kyselost žaludku. Půda bohatá na hlínu reguluje účinek toxinů jako jsou třísloviny a alkaloidy, které zvířatům mohou ve vyšší míře škodit. Obecně spotřeba hlinitých půd a půd bohatých na živiny může zmírnit fyziologický stres a zvýšit životaschopnost savců žijících v ekologicky nekvalitních stanovištích (Klaus et Schmid., 1998).

V Tanzánii byly zkoumány tři lokality s odlišným složením půdy. Výsledky ukázaly, že zvířata půdu spotřebovávají za účelem zmírnění gastrointestinálních potíží, doplnění sodíku

či odstranění acidózy. K acidóze mohou vést i sezónní změny potravy. Acidóza je důsledkem náhlého nedostatku vlákniny a zvýšení hladiny bílkovin a cukrů v jarní nebo vlhké vegetaci (Wilson, 2003; Mills et Milewski, 2007).

Zvýšená fermentace nové potravy vede ke zvýšené tvorbě těkavých mastných kyselin, a následně k poklesu pH bacheru. Vyrovňovací (pufrovací) úloha slin může být snížena vlivem nedostatku vlákniny, a tím se mění bacherová mikrobiální populace. To vede k akumulaci kyseliny v žaludku, což způsobuje několik onemocnění jako je nižší příjem potravy a průjem (Wilson, 2003).

Půdy požírané holštýnským hybridním skotem v severních Andách ve Venezuele byly hrubě písčité s obsahem jílu více než 20 %. Tato půda obsahuje zvýšené množství kaolinitu a halloysitu oproti nedalekým negeofagickým půdám. Konzumované půdy pomáhaly zmírnit příznaky průjmu a adsorbovaly toxické nebo nestravitelné sloučeniny. Konzumací jílu si zvířata nejen doplňují sodík v těle, ale také udržují jeho stálou hladinu. Jíl má schopnost zastavit průjem, který je u zvířat rozšířen zejména na jaře a v létě. Jarní vegetace vykazuje extrémně zvýšené koncentrace draslíku. Zvýšená hladina draslíku v savčím traktu snižuje osmotický tlak ve výkalech, což vážně narušuje vstřebávání fekální vody. Průjem způsobuje, že tělo rychle ztrácí mnoho důležitých makroprvků, zejména sodík (Wilson, 2003).

Jones a Hanson (1985) poukázali na to, že existuje fyziologický mechanismus retence sodíku. Hladina aldosteronu vylučovaného kůrou nadledvin stimuluje vylučování a absorpci sodíku, ale pro hořčík žádný takový mechanismus neexistuje. Schopnost jílové půdy absorbovat přebytek draslíku a hořčíku v zažívacím traktu je jedním z vysvětlení geofagického chování zvířat (Klaus et Schmid, 1998; Wilson, 2003; Panichev, 2014).

3.1.14 Negativní dopady geofágie

S geofágií jsou spjaty i negativní důsledky. Prvním z nich je velké vynaložení energie při hledání minerálních lizů a opakované navštěvování lokalit. Některá zvířata urazí až deseti kilometrové vzdálenosti. Watts a Schemnitz (1985) ukázali, že při pohybu ovcí mexických (*Ovis canadensis mexicana*, Merriam, 1901) přes poušť v Novém Mexiku zahynulo několik mlád'at při překonávání této vzdálenosti za účelem návštěvy přírodních lizů. Další nebezpečí spojené s geofágií je predátorství, neboť zvýšená koncentrace pachových stop zvyšuje i zájem predátorů o tyto místa (Klaus et Schmid, 1998).

Kumulace výkalů a moči divoké zvěře na místech lizů mají také za následek řadu parazitárních onemocnění (Klaus et Schmid., 1998).

Vlivem geofázie dochází také k opotřebením zubů. I když ne všechny složky jsou tvrdší než zubní sklovina, tak například křemen tvrdší je. Se snižováním výšky porostu jsou zvířata nucena konzumovat potravu blíže k zemi, což vede ke konzumaci kamínků a dalších tvrdých složek půdy. Tím se zuby obrušují (Damuth et Janis, 2011).

3.1.15 Ochrana přírodních minerálních lizů

Minerální lizy, které jsou speciálně umístěny ve volné přírodě, mají minimální ochranu. Jejich poškození může být způsobeno kácením a těžbou dřeva. To může odradit divoká zvířata k návštěvě těchto míst. Kácení stromů může vytvořit nevhodné podmínky pro zvířata, která jsou zvyklá na hustou a vysokou vegetaci. Dalším nebezpečím pro přírodní slaniště je výstavba silnic a dálnic v jejich blízkosti. Mnoho zvířat se bojí hlasitých zvuků, a tak se v jejich blízkosti nezdržují a lizy nevyužívají (Bashir Ali, 2014).

Využitelnost slanišť může také narušovat cestovní ruch zvyšující riziko jejich poničení. Místa, kde jsou lizy umístěny, by měla být důkladně sledovaná a kontrolovaná, aby se minimalizoval nepříznivý dopad cestovního ruchu na volně žijící zvířata. Okolo lesních rezervací, kde jsou lizy pro zvířata, by měl být příkop nebo konstrukční bariéra, která zabrání přístupu pytlákům, vozidlům a neoprávněným osobám (Bashir Ali, 2014).

3.2 Pedologie

3.2.1 Důležité půdní skupiny

Dříve byly skupiny světových půd klasifikovány podle výskytu a klimatických podmínek. Dnes se půdy rozlišují podle diagnostického klíče (Šarapatka, 2013).

Kryosoly jsou minerální půdy vyskytující se hlavně v Rusku, na Aljašce, v Mongolsku, Číně a v Kanadě. Nejčastěji se na kryosolech pasou sobi (*Rangifer tarandus*), pižmoni (*Ovibos moschatus*) nebo karibu (*Rangifer tarandus caribou*) (Šarapatka, 2013).

Vertisoly jsou půdy, které obsahují více než 30 % jílu. Půdní pH je neutrální, ale se zvyšujícím podílem sodíku se zvyšuje i pH. Může se zde akumulovat uhličitán vápenatý a síran vápenatý. Dvě třetiny světových vertisol se nachází v tropických oblastech, které jsou porostlé trávou (savany) nebo jsou zalesněné (Šarapatka, 2013).

Fluvisoly jsou charakteristické hlinitopísčitou a jílovohlinitou zrnitostí a jsou rozšířené téměř po celém světě. Zhruba polovina se nachází v tropických oblastech. Největší plochy se táhnou podél řek, které jsou obklopeny lesy a travinami (Šarapatka, 2013).

Solonce bývají vysoce nasycené sodíkem nebo hořčíkem. Zdrojem sodíku v půdě je buď v přímořských oblastech chlorid sodný anebo uhličitán sodný, který se tvoří při evaporaci vody. Solonce mají na povrchu humus, ve kterém je vysoký obsah sodíku. Tato půdní skupina se vyskytuje v subtropických a mírných oblastech. Často jsou solonce využívány pro píceinářství, pěstování obilovin anebo jako pastviny horší jakosti (Šarapatka, 2013).

Solončaky jsou mimořádně zasolené půdy. Rozdělují se na další druhy podle množství a složení soli. Jsou to solončaky síranové, uhličitánové, chloridové, sírano-chloridové, chlorido-síranové, sírano-uhličitánové a uhličitánovo-síranové. Největší rozšíření solončaků je ve střední Asii, severní Africe a v Severní Americe. Bývají řídké porostlé trávou (Šarapatka, 2013).

Glyesoly jsou blátivé půdy, kde se redukuje železo. Tyto půdy jsou hodně nasycené vodou a nedostatečně provzdušněné. Vyskytují se v Severní Americe, severní Asii a Africe. Po úpravách bývají využívány pro chov hospodářských zvířat (Šarapatka, 2013).

Plinthosoly jsou spjaty s oblastmi deštných lesů a savan. Plinthit je půda složená převážně z křemene a jílu. Vyskytují se v západní Africe a v Amazonii v Jižní Americe. Občas jsou využívány pro extenzivní píceinářství (Šarapatka, 2013).

Ferralsoly jsou půdy s vysokým obsahem železa a hliníku. Vyskytují se převážně v tropických oblastech v Jižní Americe a střední Africe (Šarapatka, 2013).

Vysoký obsah železa a hliníku mají také planosoly. Ty se nachází v subtropických a mírných oblastech, kde se střídají období vlhka a sucha. Ve vlhkém období je půda blátivá, v suchém tvrdá (Šarapatka, 2013).

Durisolys jsou půdy bohaté na křemičitany. Nachází se v Austrálii, jižní Africe, USA a Střední a Jižní Americe. Jsou často využívány jako extenzivní pastviny (Šarapatka, 2013).

Albeluviosoly bývají kryté jehličnatými nebo smíšenými lesy. Jsou typické pro Evropu (Belgie, Holandsko, Německo, Francie), Asii a Kanadu (Šarapatka, 2013).

Alisoly jsou kyselé půdy s vyšším obsahem hliníku. Rostliny jsou zde často poškozeny nadměrou hliníku a stávají se toxickými. Vyskytují se v západní Africe, Jižní Americe, v USA.

V luvisolách je zvýšená koncentrace vápníku a vyšší pH. Mají příznivé fyzikální vlastnosti a provzdušnění. Jejich přirozenou vegetací jsou travnaté porosty, opadavé a smíšené lesy (Šarapatka, 2013).

Umbrisoly jsou půdy v Jižní Americe, Africe, Severní Americe, Indii, Číně, Oceánii a na Novém Zélandu. Typická vegetace je lesní porost nebo traviny. Často se tyto půdy vyskytují ve vlhkých a chladných oblastech, kde se chovají hospodářská zvířata (Šarapatka, 2013).

Arenosoly jsou písčité, místy vápňité půdy. Díky hrubé zrnitosti jsou dobře propustné pro vodu. Vyskytují se hlavně v suchých oblastech jako je Sahara, západní Austrálie a Blízký Východ (Šarapatka, 2013).

Jako extenzivní pastviny jsou také hojně využívané regosoly, které se nacházejí zejména v USA, v severní Africe, na Blízkém Východě a v Austrálii (Šarapatka, 2013).

3.2.2 Fyzikálně-chemické charakteristiky likových půd

Téměř každá půda Severní Ameriky a savanové Afriky obsahuje sodík. Vysoký obsah sodíku je často spojen s vysokým obsahem vápníku, hořčíku a síry. Naproti tomu nízká hladina sodíku je typická pro lesy tropických oblastí, kde vysokých hladin dosahují buď železo, hořčík, měď či zinek. Důležitý stimul pro geofagické chování je také obsah jílu (Klaus et al., 1998).

3.2.3 Půda v Africe

V parku Dzanga ve Středoafričské republice byly porovnány vzorky půd geofágních a negeofágních materiálů (Tabulky č.3,4,5,6). Fyzikálně-chemická analýza geofagické půdy ukázala významně vyšší množství sodíku, draslíku, vápníku, fosforu, manganu a jílu ve srovnání s ostatní půdou. Vysoký obsah jílu v půdě pomáhá absorbovat a potlačuje sekundární rostlinné sloučeniny. Pozorovaná geofagická půda byla v blízkosti vodních toků nebo do nich přímo zasahovala. Na začátku období dešťů, v období sucha nebo brzy na jaře se potrava mění a olizováním půdy si zvířata mohou zajistit rovnováhu minerálů v těle. Minerály v likové půdě mohou uspokojit požadavky na jejich zvýšenou potřebu během laktace, růstu parohů, růstu kostí a klů. Dále napomáhají při průjmech, proti acidóze, mohou absorbovat taniny a alkaloidy, bakterie, toxiny. Geofagická půda v parku Dzanga v Africe obsahuje obecně vyšší podíl jílu než písku, pH je významně vyšší. Koncentrace většiny prvků je vyšší než v negeofagických půdách. Doleritická půda má relativně nízký obsah křemíku, ale po deštích vysoký obsah jílu, což je pro geofágní zvířata atraktivní (Klaus et al., 1998).

Tabulka č.3: Zastoupení prvků v negeofagické půdě (počet částic)

Prvky (ppm)	Svrchní část půdy lesa (forest topsoil)	Lesní půda (forest soil)	Liková půda (lick soil)
Na	68±16	116±41	114±20
K	260±69	384±117	414±75
Ca	415±101	675±206	622±114
Mg	113±38	274±95	160±33
P	9±0,7	12±2	15±2
Cu	66±14	40±10	49±5
Zn	350±71	151±28	209±29
Mo	56±8	21±8	51±4
Mn	472±101	1096±394	556±109
pH	4,07±0,03	4,46±0,06	5,24±0,09

Tabulka 3 (Klaus et al., 1998)

Tabulka č.4: Procentuální zastoupení částic v negeofagických materiálech

Velikost částic (%)	Lesní půda	Liková půda
Jíl	8-12	12-15
Bahno	7-40	13-40
Písek	48-85	45-75

Tabulka 4 (Klaus et al., 1998)

Tabulka č.5: Zastoupení prvků v geofagické půdě (počet částic)

Prvky (ppm)	Jeskynní materiál	Dolerit
Na	479±282	581±118
C	1759±1043	2326±481
Ca	2707±1549	2326±481
Mg	1026±569	1343±273
P	23±10	33±4
Cu	71±42	29±2
Zn	548±410	138±18
Mo	120±26	86±6
Mn	3219±1623	5105±1094
pH	5,09±0,19	5,15±0,14

Tabulka 5 (Klaus et al., 1998)

Tabulka č.6: Procentuální zastoupení částic v půdních materiálech

Velikost částic (%)	Jeskynní materiál	Dolerit
Jíl	35-50	45-100
Bahno	0-18	0-55
Písek	32-65	0-25

Tabulka 6 (Klaus et al., 1998)

3.2.4 Půdy v České republice

Nejčastější půdy u nás jsou kambizemě. Tvoří více než 40 % půd a vyskytují se v různých nadmořských výškách. Jsou na nich pěstovány plodiny jako jsou řepa a píce. Ve vysokých nadmořských výškách jsou na kambizemích pastviny a lesy (Šarapatka, 1996).

Dalším půdním typem jsou hnědozemě, které jsou velmi kvalitní. Zastupují asi 15 % zemědělské půdy v ČR. Využívají se pro pěstování řepy a různých obilovin (Šarapatka, 1996).

Černozemě jsou díky kvalitnímu humusu nejúrodnější půdy v České republice. Tvoří asi 11 % zemědělských půd. Nachází se v teplejších oblastech s malým množstvím srážek.

Pěstuje se na nich pšenice, vinná réva, ovoce, zelenina, kukuřice a chmel. Černozemě jsou bohaté na uhličitan vápenatý (Šarapatka, 1996).

U pseudoglejí se střídá období zamokření a vysušení. Jsou to méně úrodné půdy, které jsou hojně využívané jako louky (Šarapatka, 1996).

Fluvizemě jsou půdy okolo vodních toků a kolísá v nich hladina podzemní vody. Zabírají 6 % zemědělské půdy u nás. Jejich kvalita je dobrá (Šarapatka, 1996).

Luvizemě obsahují méně živin. Pěstují se na nich méně náročné plodiny. Vyskytují se na rovinatějších územích do nadmořské výšky 600 m.n.m. (Šarapatka, 1996).

Rendziny se vyskytují jak v nížinách, tak na horách. Obsahují málo humusu a větší zrna. Jsou využívány jako louky (Šarapatka, 1996).

Gleje jsou trvale mokré půdy vyskytující se v nivních oblastech. Mají nízkou zemědělskou hodnotu. Pokrývají je lužní lesy a jsou využívány jako louky (Šarapatka, 1996).

3.2.5 Minerály v půdách v České republice

Obsah prvků v půdě je rozmanitý. Hlavní prvky tvoří kyslík, hliník, křemík a železo. Kyslík je součástí půdního vzduchu a půdní vody. Křemík a hliník tvoří tzv. půdní kostru. Hlavními živinami pro růst rostlin jsou dusík, fosfor a draslík. Ve výživě rostlin mají důležitou úlohu také bor, mangan, měď, molybden, zinek, kobalt, fluor a jód (Šarapatka, 1996).

3.2.6 Deficit selenu v půdách

Na mnoha místech po celém světě se vyskytují půdy s nedostatečným obsahem selenu. Nedostatek selenu v půdě je příčinou jeho nedostatku v rostlinách (Tabulka č.7), čímž trpí některé druhy býložravců. Rostliny selen pro svůj růst nevyžadují, avšak pomalu rostoucí a hluboko zakořeněné rostliny obsahují mírně vyšší koncentraci selenu (Wichtel, 1998).

Selen je zadržován níže v půdě a intenzivním zvětráváním se dostává více k povrchu. Mobilita selenu v půdě závisí na teplotě, vlhkosti a struktuře půdy. Důležitým faktorem ovlivňující dostupnost selenu je půdní pH. Jeho nedostatek je spjatý hlavně s kyselými půdami a zavlažováním. Koncentrace selenu v půdách se liší podle toho, v jaké sloučenině se selen vyskytuje. Selenity, selenáty a selenoaminokyseliny jsou dostupné na rozdíl od selenidů. Půda obsahující od 0,1 do 0,6 mg kg⁻¹ selenu je považovaná za nedostatečný zdroj. Koncentrace selenu v rostlinách se pohybuje od 0,005 do 5500 mg kg⁻¹ (Robbins, 1983; Umesh et al., 2008).

Tabulka č.7: Obsah selenu v rostlinách

Rostlina	Obsah selenu (mg.kg-1)
kukuřice	0,018
jablka	0,016
rajčata	0,016
cibule	0,020
zelí	0,034
hrách	0,058

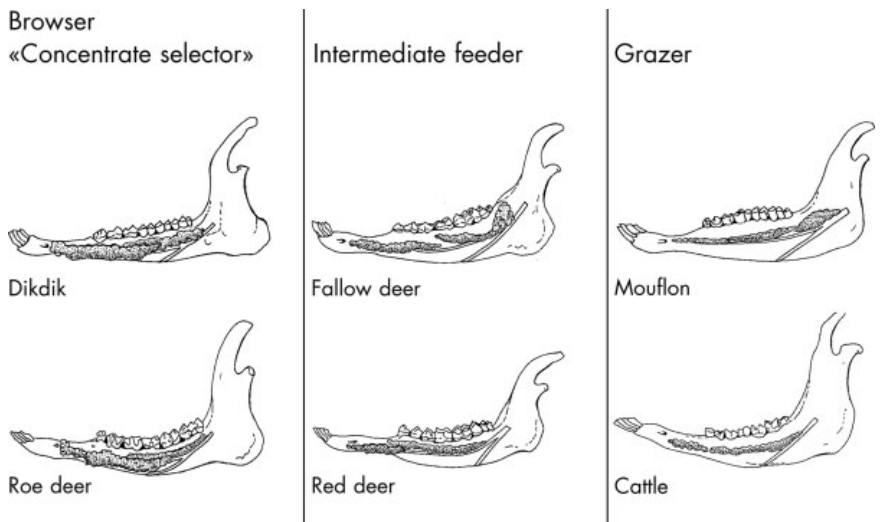
Tabulka 7 (Umesh et al., 2008)

3.3 Přirozená potrava kopytníků

Rostlinné buňky mají buněčnou stěnu, která působí jako vláknitá kostra. Buněčná stěna je tvořena strukturálními sacharidy, jako je celulóza, a dalšími sloučeninami, jako například lignin, které savčí enzymy nejsou schopny odbourat. Býložravci musí spoléhat na symbiotické mikroby, které mohou tyto složky fermentovat na vedlejší produkty bohaté na energii, především těkavé mastné kyseliny. Rostliny obsahují menší množství proteinů. Různé druhy rostlin se liší v množství toxických prvků, což je dělá proměnlivé v nutriční kvalitě. Kopytníci si vybírají potravu podle čtyř základních parametrů – velikost těla, typ trávicího traktu, poměr rumino-retikulárního objemu k tělesné hmotnosti a velikost tlamy (Obrázky č.7 a 8) (Hofmann, 1972).

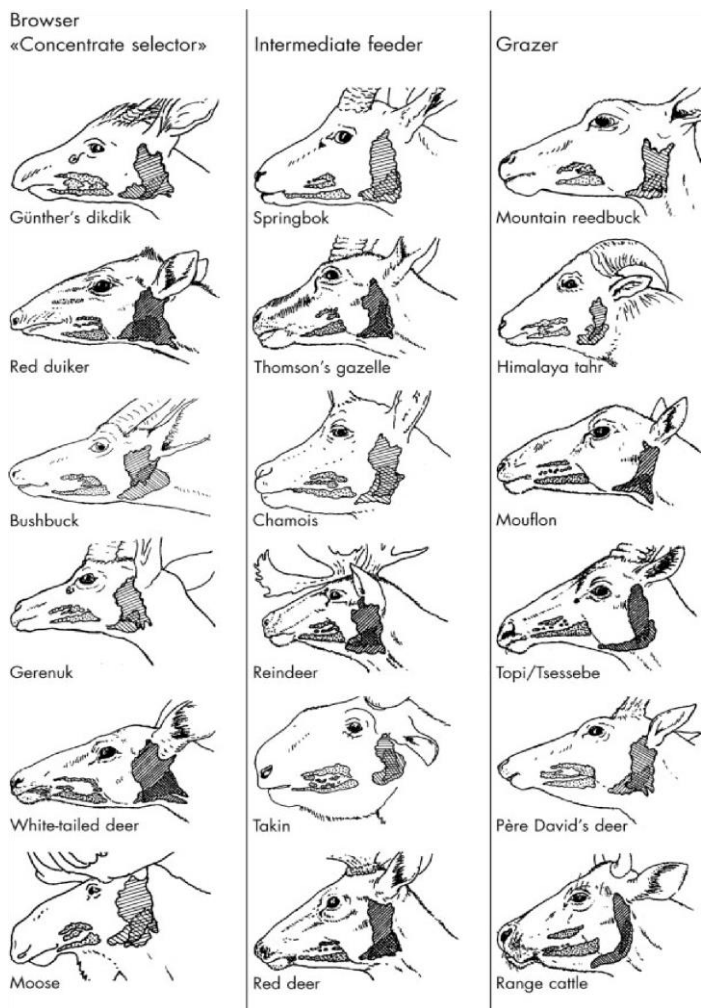
Podle stravovacích návyků lze kopytníky rozdělit do tří skupin. První skupina obsahuje tak zvané „grasers“ (spásače), kteří konzumují výhradně travnatou potravu. Další skupinou jsou „browsers“ (okusovači), kteří konzumují dřeviny a poslední skupina jsou „intermediaters“ (přechodný typ mezi okusovač-spásač), kteří požívají jak dřeviny, tak trávy a byliny. Trávy mají tendenci mít tlustší buněčnou stěnu, která se skládá z pomalu stravitelných složek jako je celulóza a hemicelulóza. Naproti tomu listy a některé dřevnaté stonky mají stěnu tenčí s větším buněčným obsahem lépe stravitelných a rychle fermentovaných sloučenin jako jsou cukry, proteiny a lipidy. Buněčná stěna trav a obsah ligninu se drasticky mění mezi ročními obdobími. Dřevnaté stonky obsahují více ligninu než téměř všechno krmivo (Hofmann, 1972; Hanley, 1982).

Obrázek č.7: Rozdíl dolní čelisti mezi spásáči, okusovači, přechodným typem



Obrázek 7 (Hoffman, 1989)

Obrázek č.8: Rozdíl tlamy mezi spásáči, okusovači, přechodným typem



Obrázek 8 (Hoffman, 1989)

3.3.1 Důležité faktory při výběru potravy

Volně se pasoucí zvířata mohou přijít často do styku s jedovatými rostlinami. Většina z nich používá behaviorální a fyzikální strategii, aby se takovým rostlinám vyhnula a snížila tak riziko otravy. Býložravci se mohou toxinům buď úplně vyhnout, anebo se po jejich konzumaci snažit minimalizovat toxiny tak, aby došlo k co nejmenší škodě v zažívacím traktu (Pfister, 1999).

Zvířata používají k rozpoznání potravy čich a chuť (Provenza et al., 1992). Sladká chuť určuje přítomnost sacharidů v potravě, zatímco hořká chuť naznačuje přítomnost toxinů (Garcia et al., 1974). Některá zvířata žerou i silně aromatické toxické rostliny, i když je k dispozici jiná potrava. Mnoho toxinů má hořkou chuť jako například alkaloidy. Býložravci se po styku s toxinem dokáží poučit a znovu už danou rostlinu nesežerou. Při výběru potravy u mláďat má velký vliv silná chuť mateřského mléka. Samice tímto předurčuje mláďeti, aby vyhledávala potravu se stejnou chutí. Jak uvádí Provenza et al. (1993), pozorovaná teleta napodobovala stravování matky, i když žrala toxické rostliny. Naopak jehňata se toxickým látkám vyhýbala, přestože matka ne (Provenza et al., 1993).

Pasoucí se zvířata často pozorují své členy skupiny a podle toho si vybírají stejné rostliny nebo se jim naopak vyhýbají (Thorhallsdottir et al., 1990a; Ralphs et al., 1994).

Další možností, jak snížit toxicitu rostlin, je konzumace více druhů rostlin obsahujících různé toxiny (Freeland et al., 1985; Freeland et Saladin, 1989).

Při konzumaci několika druhů toxických rostlin najednou, dokáže bachorová mikroflóra zpracovat sekundární sloučeniny lépe, než v případě jen většího množství toxinů od jedné rostliny (Pfister, 1999).

Po zkonsumování toxické potravy se zvířata brání toxinům průjmy či zvracením. Zvracení je reflex typický pro savce (kromě hlodavců). Zvracení je typická reakce na toxiny u ovcí, koz a dobytka. U hospodářských zvířat, jako jsou koně, je zvracení problematické, protože obsah střev se může dostat do plic, což může být fatální. U těchto zvířat je typickou obranou po otravě průjem (Pfister, 1999).

Výhodou přežvýkavců je velký bachor s neutrálním pH, kde je toxin okamžitě zředěný. Mikroby v bachoru dokáží některé toxiny degradovat nebo detoxikovat. Jakmile jsou rostlinné toxiny absorbovány do krve, jsou často transportovány do jater. Proto je pro tělo důležité, aby byly nepolární (rozpuštěné v tucích) látky přeměněny na polární (rozpuštěné ve vodě) a mohly být následně vyloučeny močí a nedošlo tak k otravě. Játra proto obsahují enzymy, které metabolizují látky tak, aby mohly být vyloučeny (Pfister, 1999).

Někteří býložravci, například ovce, jsou vůči určitým rostlinným toxinům odolnější nebo tolerantnější. Konzumace malého množství toxinů může nastartovat systém pro přizpůsobení se, nicméně tolerance se nevyvíjí vůči všem toxinům (Pfister, 1999).

3.3.2 Spásači

Do této skupiny se řadí, dobytek, ovce, horské kozy, pižmoni a bizoni. Většina z nich také konzumuje i velké množství keřů. K tomu dochází především v době, kdy tráva není plně k dispozici. Vyhýbají se však keřům s vysokým obsahem těkavých mastných kyselin, jelikož postrádají mechanismy ke snižování toxických účinků těchto látek (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.3 Okusovači

Losi, antilopy, jeleni a jiní se živí primárně dřevinami. Všichni tito kopytníci trpí při konzumaci zralé trávy zažívacími potížemi. Omezené množství zelené trávy konzumují jen pokud nejsou k dispozici křoviny. Suchá zralá tráva je téměř vyloučená. Menší přežvýkavci této skupiny konzumují potravu s obsahem těkavým mastných kyselin, protože jejich malé ústní ústrojí jim umožňuje vybrat část rostliny s nejnižším obsahem kyselin. Podle všeho jemné přežvykování rostlin s obsahem těkavých kyselin vede k uvolnění těchto látek jako plynů, což snižuje jejich asimilaci. Okusovači požívají rostliny s větším obsahem fenolických látek včetně tříslovin, které snižují stravitelnost bílkovin a terpenů, čímž mohou snížit obsah sušiny a stravitelnost toxinů, jako jsou alkaloidy (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.4 Přejídný typ

Do této skupiny spadají domácí ovce, sobi a spousta dalších kopytníků. Tato zvířata nejlépe dokáží přizpůsobit svou potravu danému prostředí. Domácí ovce jsou pravděpodobně nejprizpůsobivějšími kopytníky vůbec. Dokáží konzumovat jak traviny, tak keře (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.5 Minerály v potravě

Na mnoha místech je produkce masa a mléka hospodářských kopytníků omezena nedostatečnou koncentrací bílkovin, fosforu a vitamínu A v potravě. Koncentrace živin v potravě se mění v průběhu ročního období. Nejvhodnější pro domácí i divoké druhy kopytníků je celodenní pastva, která poskytuje dobré výživové podmínky. Kopytníci mají dva

typy trávicího systému. První typ se vyznačuje mikrobiálním trávením v předžaludcích, u druhého typu plní funkce předžaludků střevo. Procesy fermentace jsou v obou systémech poměrně podobné (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.6 Živinové složení trav

Travnaté porosty mají obvykle nižší obsah bílkovin, fosforu, ligninu a vyšší obsah vlákniny a celulózy než dřeviny. V chladném období je tráva bohatší na obsah bílkovin a fosfor a chudší na obsah vlákniny. Vysokým poměrem celulózy a ligninu se tráva jako potrava nejlépe hodí pro dobytek, který má nižší nutriční požadavky na jednotku tělesné hmotnosti. Listy trávy jsou výživnější než kořínky, proto jsou lepší malé či střední travnaté porosty. Trávy mají vyšší koncentraci oxidu křemičitého, který zvyšuje riziko opotřebení zubů (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.7 Živinové složení bylin

Byliny mají při aktivním růstu vyšší obsah proteinu a fosforu a nižší obsah vlákniny než křoviny. Listy z opadavých keřů obsahují při aktivním růstu podobné živiny jako byliny. Při růstové nečinnosti mají byliny stejné nutriční hodnoty jako listy keřů. Díky nízkému množství vlákniny se byliny dostávají do batoru rychleji a jsou lépe stravitelné. Jsou rozhodující složkou potravy přežvýkavců jako jsou jeleni a antilopy, kteří nízký obsah vlákniny vyžadují (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.8 Živinové složení dřevin

Listy a pupeny keřů a stromů obsahují více bílkovin, fosforu a vitamínu A, a nižší obsah vlákniny než travnaté porosty. Dřeviny mají velmi nízkou nutriční hodnotu. Okusvači si pečlivě vybírají listy, plody a mladé větve. Zelené listy poskytují surový protein, fosfor a vitamín A. Stále zelené křoviny jako je dub, šalvěj či jalovec obsahují těkavé mastné kyseliny a trísloviny, které dokáží vázat bílkoviny. Zvířata s malou tlamou dokáží tyto rostliny využít efektivněji tím, že si vybírají výživnější místa, která ukousnou (Hofmann, 1972; Codron et al., 2007).

3.3.9 Fyziologie trávení

Trávicí trakt přežvýkavců je přizpůsoben k přijímání a využívání krmiva rostlinného původu, které je bohaté na celulózu. Přežvýkavci neprodukují enzym na její trávení. Trávení celulózy probíhá v předžaludcích. Předžaludky tvoří bachor, kniha a čepec. V bachoru probíhá

provlhčení potravy a fermentace. Bachor obsahuje mikroorganismy, které jsou pro trávení přežvýkavců nepostradatelné. Bachorová mikroflóra obsahuje mikroorganismy, které štěpí jednoduché a složité sacharidy, dusíkaté látky a další složky potravy. Kromě mikroorganismů se v bachoru vyskytují nálevníci. Bachoroví nálevníci svým pohybem pomáhají mechanickému trávení. Spolu s bakteriemi se podílejí na štěpení škrobu a celulózy a slouží jako důležitý zdroj bílkovin. Důležitou složkou bachoru jsou i anaerobní houby, které se podílejí na trávení vlákniny. Čepce slouží jako pumpa, tekutina se dostává tam a zpět. Z čepce se řídké krmivo dostává do knihy, tuhé složky zpět do bachoru. Kniha umožňuje další fermentaci a resorpci. Díky předžaludkům přežvýkavci pojmou velké množství potravy v krátkém časovém úseku a následně ji přežvykují až v období klidu. Ve slezu, jakožto vlastním žaludku, probíhá mechanické a chemické trávení. Potrava se do slezu dostává přes česlo. V žaludku je potrava promíchávána s žaludečními šťávami díky peristaltickým pohybům a dále je posouvána do dvanáctníku (Bouša, 2006).

Přežvýkavci se dělí do tří krmných skupin – spásači, okusovači a přechodný typ. Toto rozdělení se začalo později používat i v souvislosti s anatomii a fyziologií. Čtyři základní rozdíly mezi spásači a okusovači jsou tyto: okusovači tráví vlákninu hůř než spásači, slinné žlázy jsou u všech okusovačů větší než u spásačů a jejich relativní velikost se zvyšuje lineárně s tělesnou hmotností. Okusovači produkují větší množství slin a mají rychlejší průchod tekutin než spásači. Podle Robbins a kol. (1995) však není rychlost průchodu kapaliny spojena se stravovacími návyky, ale s velikostí těla. Trávicí systém přežvýkavců má dvě hlavní výhody. Opakovaným žvýkáním se potrava rozemele na menší části a jídlo je tráveno mikroby před vstupem do pravého žaludku. Rostlinný materiál je štěpen bakteriemi a prvoky v bachoru a převeden na mikrobiální tkáň nebo odpadní produkty, které jsou zde absorbovány nebo tráveny ve slezu. Čím větší bachor, tím déle se potrava zpracovává a tím více získává živin skrze mikrobiální fermentaci. Další faktory, které mohou ovlivnit schopnost trávení u kopytníků, jsou játra, ústa, zuby a tělesná hmotnost. Nepřežvýkaví býložravci se spoléhají na rozšířené části střeva, kde dochází k mikrobiální fermentaci. Střevo plní u nepřežvýkavých kopytníků funkci bachoru (Hanley, 1982; Shipley, 1992; Robbins et al., 1995).

3.3.10 Opotřebení zubů ve vztahu k potravě

Jeden z důsledků požívání, okusování a žvýkání rostlinné potravy je opotřebení zubů. U kopytníků k němu dochází u všech ze tří kategorií. U spásačů činí obrus až 2,93 milimetrů za rok, u okusovačů 0,33 mm/rok a u tzv. “intermediaters“ 1,2 mm/rok (Damuth et Janis, 2011).

3.4 Minerální výživa kopytníků

Mezi hlavní minerály (makroprvky) patří vápník, fosfor, draslík, sodík, chlor, hořčík a síra. Stopové minerální prvky (mikroprvky) tvoří železo, jód, zinek, měď, mangan, kobalt, molybden, selen, chrom, cín, vanad, flór, křemík, nikl a arsen. Tyto prvky plní několik funkcí. Strukturální funkci zajišťují vápník, hořčík, fosfor, chlór a křemík. Tyto minerály tvoří stavební složky tělesných orgánů a tkání, svalů, kostí a zubů. Minerály s fyziologickou funkcí se vyskytují v tělních tekutinách a tkáních a udržují stálý osmotický tlak, nalezneme je v krvi, mozkomíšním moku a žaludečních šťávách. Minerály dále působí jako katalyzátory v enzymových a hormonálních systémech. Regulační funkce minerálů je důležitá pro řízení buněk (Tabulka č.8) (Underwood et Suttle, 1999).

Kopytníci a zejména hospodářská zvířata získávají velký podíl minerálů z potravy. Koncentrace minerálů v rostlinách závisí na čtyřech faktorech. Jsou to druh rostliny, druh půdy, na níž rostlina roste, klimatické a sezónní podmínky a stupeň zralosti rostliny. Obsah minerálů se liší podle intenzity hnojení, sezónními změnami půd a zavlažováním (Underwood et Suttle, 1999).

V luštěninách bývá větší obsah makroprvků i stopových prvků, zejména železa, zinku, mědi, kobaltu a niklu. Trávy a obiloviny mají obvykle vyšší koncentrace manganu a křemíku. Obsah sodíku v luštěninách rostoucích v tropických oblastech je nadměrně nízký. Ve výhoncích a listech rostlin bývá koncentrace sodíku vyšší, naopak v kořenech je malá. To může pro nějaká zvířata představovat nutriční problém v disbalanci. Nedostatek důležitých minerálů jako jsou sodík, fosfor, kobalt a selen v rostlinách je spojený s absencí těchto minerálů v půdách. Příjem minerálů z půdy závisí na jejím pH. Například příjem molybdenu vzrůstá s rostoucí hodnotou pH půdy. Většina půd v tropických oblastech je chudá na obsah fosforu. Obsah fosforu je zvyšován použitím fosfátových hnojiv (Underwood et Suttle, 1999).

Tabulka č.8: Funkce a známky nedostatků stopových prvků

Prvek	Hlavní funkce	Známky nedostatku
železo (Fe)	hemoglobin, myoglobin, oxidační enzymy	anémie, ztráta hmotnosti
zinek (Zn)	syntéza DNA, RNA, bílkovin enzymatický systém	hrubá srst, padání chlupů, nechutenství, ztráta hmotnosti
mangan (Mn)	stavba kostí, metabolismus	slabé šlachy, tělesná slabost, poruchy reprodukce, ztráta rovnováhy
Měď (Cu)	hemoglobin, myoglobin, krevní bílkoviny	anémie, nechutenství, nervozita, deformace kostí
Jód (I)	hormony-thyroxin	poruchy růstu, alopecie, snížená produkce a metabolismus
Selen (Se)	interakce s vit. E-celistvost tkání	svalová dystrofie, ztižené dýchání, ztižená možnost pohybu, nekróza jater, plicní edém
Kobalt (Co)	vitamín B 12	anémie, slabost, nechutenství
Molybden (Mo)	oxidace xanthinu, aldehydů, sulfitu	ledvinové kameny, snížená schopnost růstu
Fluor (F)	nejistá biochemická role	snížená schopnost růstu, neplodnost, problémy se zuby
Chrom (Cr)	synergista inzulínu, metabolismus a absorpce glukózy	snížená schopnost růstu, hyperglykémie

Tabulka 8 (Robbins, 1983)

3.4.1 Biochemie a doplňování sodíku

Chlorid sodný je pro zvířata nepostradatelný. Je důležitý pro udržování tekutin v těle, správnou funkci ledvin, což usnadňuje vstřebávání živin a podporuje buněčné funkce. Zvířata vyžadují příjem sodíku denně. Doporučený příjem soli se pohybuje mezi 0,25 a 0,5 % z celkové denní krmné dávky. Potrava obsahuje velmi málo sodíku, proto je sůl často doplňována ve formě minerálních doplňků. Potřeba soli je také spojena s příjmem vody. Zvířata s nedostatečným příjmem soli konzumují moč, půdu, olizují skály či dřevo, ve snaze naplnit potřebu po soli. Nedostatek soli v těle zapříčiňuje špatný stav, nechutenství a snížený výkon. Pro řadu druhů byla sůl popsána jako toxická, ale dostatečný příjem vody toxicitu redukuje (Van Saun, 2006).

Sůl je kopytníkům doplňkově poskytována buď ve formě granulí, které jsou přidávány do krmiva anebo ve stlačené formě, kdy je třeba sůl olizovat (liz). Tato sůl může mít dvě barvy. Bílá sůl obsahuje pouze čistý chlorid sodný, červená sůl je typická obsahem prvků jako jsou měď, zinek, železo, kobalt, selen (Van Sun, 2006).

3.4.2 Biochemie vápníku

Vápník je u živočichů důležitý především pro správný vývoj kostí. Vysoké požadavky na prvek mají zvířata i během březosti a laktace. Pícniny jsou pro pasoucí se zvířata uspokojivým zdrojem vápníku. Listy obvykle obsahují dvakrát větší množství vápníku než větve. S rostoucí teplotou se zvyšuje hladina vápníku v půdě, a tak i následně v rostlinách (Underwood et Suttle, 1999).

3.4.3 Biochemie hořčíku

Hořčík se v potravě většinou vyskytuje v dostatečných koncentracích, přesto může k jeho nedostatku docházet. U přežvýkavců je nedostatek hořčíku spojený se svalovými křečemi. Obsah hořčíku v rostlinách se liší podle jejich druhu a na základě klimatických podmínek. V mírných podmínkách obsahují obvykle luštěniny více hořčíku než trávy (Underwood et Suttle, 1999).

3.4.4 Biochemie mědi

Měď plní řadu funkcí v těle zvířat. Je součástí různých bílkovin, které vyžadují udržování mědi k udržení jejich biologické funkce. Měď je spojena s regulací železa a činností červených krvinek, buněčným dýcháním, tvorbou kostí a pojivové tkáně, pigmentací srsti,

vývojem srdce, s funkcí nervové tkáně a s imunitním systémem. Měď je velmi důležitá při chovu lam, alpak a ovcí, kdy její koncentrace v přijímané potravě ovlivňuje zbarvení a kvalitu vlny. Vlna s nedostatkem mědi je označovaná jako „ocelová vlna“ (Van Saun, 2006).

S nedostatkem mědi je spojena i řada onemocnění. Nejběžnější onemocnění zapříčiněné nedostatkem mědi je anémie neboli nedostatek červených krvinek. U přežvýkavců může nedostatek mědi vyvolat nadměrné zvětšení buněk nebo nízký obsah hemoglobinu (Van Saun, 2008).

Onemocnění z nedostatku mědi se také vyskytuje u ovcí, lam a alpak, které je spojeno s neurologickou degenerací a abnormální tvorbou myelinu s následným onemocněním svalů a slabostí končetin. (Smith, 1989; Morgan, 1992).

Naopak vysoký obsah mědi může být pro některá zvířata toxický. Extrémně citlivé na obsah mědi v potravě jsou ovce. Čtyři studie (Junge et Thornburg 1989; Mullaney et al., 1996; Weaver et al., 1999; Carmalt et al., 2001) uvádějí, že měď může být v určité míře toxická i pro lamy a alpaky (Van Saun, 2008).

Toxicita mědi u ovcí je charakterizována masivním poškozením červených krvinek způsobené uvolněním iontů mědi do krevního řečiště. Volný hemoglobin začne unikat do krve a moče. Hemoglobin v moči způsobuje poškození ledvin (Van Saun, 2008).

Je důležité poskytnout dostatečné množství mědi v potravě, aniž by množství vyvolalo toxicitu. Denní požadavek na měď se pohybuje od 9 do 12 ppm. Mnoho krmiva obsahuje vyšší obsah mědi. Minerální doplňky mohou obsahovat až 600 ppm mědi (Van Saun, 2008).

3.4.5 Biochemie selenu

Selen byl identifikován jako základní prvek pro základní fyzikální funkce u všech zvířat. Je součástí důležité aminokyseliny-selocysteinu. Přiměřená hladina selenu je důležitá pro správnou reprodukci, metabolismus jódu, růst kostí a imunitní systém. Selen je přes svou důležitost poměrně vzácný prvek. V půdě a vegetaci je často přítomný v malých koncentracích. V krajině je nerovnoměrně rozložený a pro suchozemské býložravce je obvykle na nedostatečné úrovni. Nedostatek selenu se vyskytuje hlavně ve vysokých nadmořských výškách nebo v oblastech s vulkanickými půdami. U zvířat, žijících v takovýchto oblastech, může nedostatek selenu vyvolat zvýšenou hladinu oxidačního stresu. Zvířata získávají selen především z rostlin. Obsah selenu závisí také na geologických a klimatických faktorech (Flueck et al., 2012).

Nejběžnější onemocnění spojené s nedostatkem selenu je svalová dystrofie. To má za následek ztuhlost svalů a dýchací potíže (Suttle, 2010).

U všech studovaných zvířat byl nedostatek selenu spojen s poruchou reprodukce jak u samic, tak u samců. Nedostatek selenu ovlivňuje velikost vrhu, počet mláďat, embryonální úmrtnost, porodní hmotnost, zadržení placenty a jiné (Allen et Ullrey, 2004).

Na Novém Zélandu a v Austrálii byla zjištěna 20-50 % míra neplodnosti s vysokými ztrátami jehňat kvůli nedostatku selenu (Suttle, 2010).

Selen je také zásadní pro správnou funkci imunitního systému a rezistenci k infekčním onemocněním (Taylor et al., 1997)

Selen může při vysoké koncentraci naopak působit jako toxin. Alkalické onemocnění je spojeno s dlouhodobou spotřebou rostlin s vyšším obsahem selenu. Takové rostliny rostou na planinách Severní Ameriky. Nemoc je typická pro lamy a alpaky a vyznačuje se prasklinami na kopytech, abnormálním růstem stěny kopyt, křehkostí vlny a její vypadávání. Zvířata jsou často celkově ve špatném stavu a vyčerpaná. U kopytníků je selen standardně přidáván do krmné dávky, ale je nutné dbát na přesné dávkování, aby nedošlo k toxicitě (Van Saun, 2007).

3.4.6 Synergismus a antagonismus

Nerovnováha mezi jednotlivými prvky a vitamíny může mít nepříznivý účinek na zdraví jedince. Vztahy mezi živinami jsou zásadní. Každý minerál je ovlivňován alespoň dvěma dalšími, které jsou ovlivněny zase jinými minerály (Obrázek č. 9). Tato síť je rozšířena i mezi vitamíny a hormony (Watts, 1989).

Mezi stopovými prvky existují dva vztahy-synergismus a antagonismus, a to na dvou různých úrovních-metabolické a absorpční. Antagonismus na absorpční úrovni znamená, že nadbytečný příjem jednoho prvku, může snížit absorpci druhého prvku. Na metabolické úrovni dochází k narušení metabolismu jednoho prvku vlivem jiného (Watts, 1989).

Synergismus se objevuje hlavně mezi elementy na metabolické úrovni. Železo a měď jsou synergisté, jelikož měď je potřebná pro využití železa. Dále například hořčík funguje společně s draslíkem a mezi vápníkem, hořčíkem a fosforem je vztah, díky kterému je udržovaná struktura kostní tkáně (Watts, 1989).

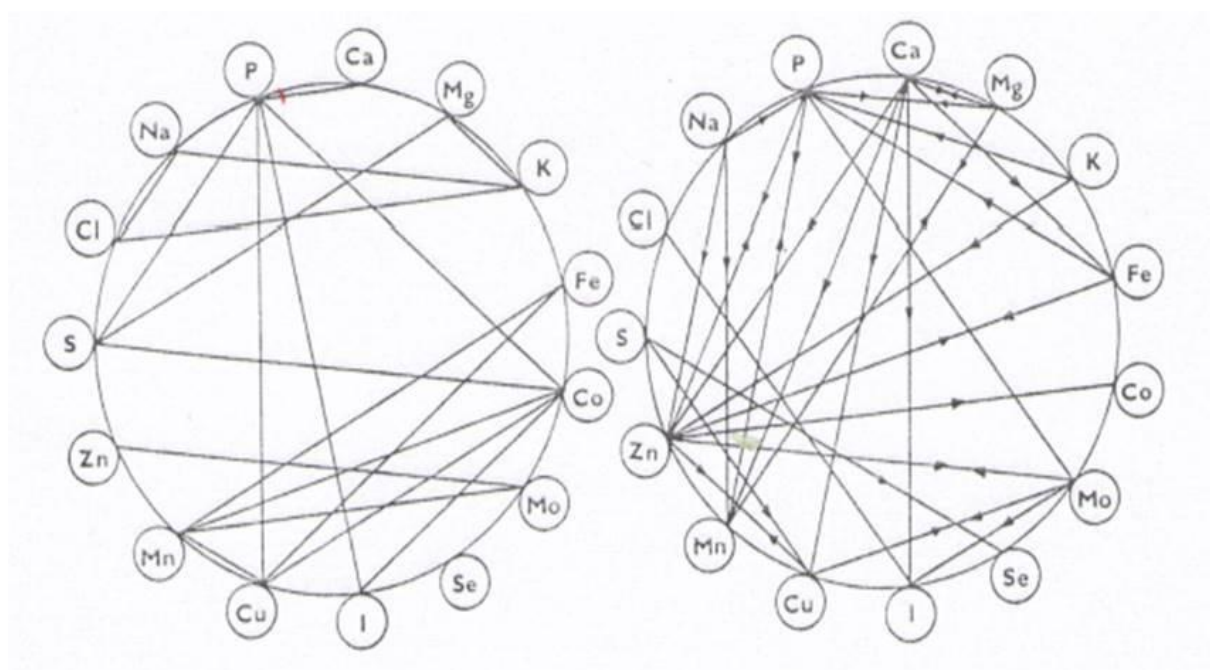
Mezi prvky existuje také vztah, kdy nedostatečný příjem jednoho prvku může zapříčinit toxicitu jiného prvku. Toxicita olova může nastat nedostatkem železa či vápníku. Čtvrtý vztah lze také pozorovat při nadměrném příjmu prvku, což má za následek nedostatek dalšího prvku (Watts, 1989).

Mezi vitamíny také existují synergistické a antagonistické vztahy. V důsledku nadměrného příjmu některého vitamínu se může zvýšit potřeba na další vitamíny. Vitamín A snižuje toxické účinky vitamínu D. Jsou vzájemně antagonistické (Watts, 1989).

Vitamíny se účastní řady reakcí, působí jako koenzymy a mohou chránit před nedostatky jiných elementů. Vitamíny jsou úzce spjaty s metabolickou funkcí minerálů. Nedostatek vitamínů může narušit využití a absorpci minerálů. Vitamíny C, B₆ a vitamín A mohou napravit nedostatek železa (Watts, 1989).

Antagonistický vztah vitamín-minerál je méně známý. Nadměrný příjem jediného vitamínu může vést k nedostatečné produkci či zadržování minerálů. Například vitamín C přispívá k narušení metabolismu mědi (Watts, 1989).

Obrázek č. 9: Vztahy prvků-synergismus a antagonismus



Obrázek 9 (Watts, 1989)

3.4.7 Minerální výživa jelena evropského (*Cervus elaphus*)

Jelen evropský (*Cervus elaphus*) si vybírá potravu hlavně podle obsahu minerálních látek a bílkovin. Je tzv. intermediater, takže konzumuje byliny i dřeviny. U preferované potravy byl nízký obsah prvků jako jsou síra, měď, zinek a stroncium a také nižší obsah bílkovin. U konzumovaných dřevin byl nižší obsah síry a proteinů, zatímco byliny obsahovaly méně boru, stroncia, zinku a rovněž síry. Obsah sodíku a fosforu byl nízký jak u preferovaných, tak nepreferovaných rostlin. Koncentrace síry v rostlinách, které jelen nekonzumoval byla na hranici s toxicitou (Ceacero, 2015).

Dietz et Nagy (1976) uvádí, že požadavky na potravu u jelenů se mění s ročním obdobím. Na jaře vyhledávají potravu s vysokým obsahem bílkovin a fosforu spolu s vysokým obsahem sacharidů a tuků pro získání energie a tukových zásob. Na podzim vyžadují nízký

obsah bílkovin a tuků. Na jaře a v létě využívají trávnaté porosty a na podzim a v zimě dřeviny (Ceacero, 2015).

3.4.8 Minerální výživa sobů

Základní výživa sobů v zimě se skládá z různých druhů lišejníků. Tyto rostliny jsou pro sobi bohatý zdroj energie, ale obsahují malé množství minerálů a dusíkatých látek. Důležitou potravou v letním období jsou trávy a listy břízy či vrby, které mají také nízkou koncentraci živin. Koncentrace živin je závislá nejen na půdních druhu a typu, ale také na vzdálenosti od moře a fenologickém vývoji. Potřebný sodík získávají sobi z vodních rostlin. Vybírají si takovou potravu, která jim zajistí rovnováhu minerálů jako jsou vápník, hořčík, fosfor, síra, draslík a chlór, ale i dusíkatých látek (Staaland et Saebø, 1993).

3.5 Doporučení pro chov

3.5.1 Výživa kopytníků v chovech-všeobecná pravidla

Všechny druhy kopytníků jsou závislí na vodě. V chovech bývají potřebné minerály přidávány do vody, proto by pitná voda měla být k dispozici a přístupná 24 hodin denně. Napáječky by měly být umístěny tak, aby nedošlo ke kontaminaci a aby zvířatům s rohy nebránily v přístupu. Většinou je umístěno více napáječek, aby měli přístup k vodě všichni jednotlivci (Batters et Hornsey, 2004).

Ve volné přírodě jsou kopytníci, díky jejich trávicímu systému, uzpůsobená k nepřetržitému přísunu potravy. Je-li to možné, denní dávka by měla být rozdělena na dvě nebo tři části. Tím se podporuje normální trávení napodobující příjem potravy v přírodě. Potrava je zvířatům poskytována podle potravní strategie (grazer, browser, intermediater). Podle toho jsou zvířata krmena senem, větvemi a listy, které okusují, ovocem a dalším. Potrava by měla být podávána z krmelců nebo z vyvýšeného místa, aby se zabránilo znečištění pískem, šterkem, hlínou či parazitární infekcí. Pokud jsou zvířata ustájená ve skupině, je dobré umístit potravu na více míst, čímž se zamezí, aby dominantní jedinci bránili ostatním v přístupu ke krmivu (Grishman et Savage, 1990; Batters et Hornsey, 2004).

Je důležité dávat zvířatům takovou potravu, která jim poskytne nutriční požadavky. Zároveň se musí dbát na správné dávkování. Nadměrné podávání některých krmiv může způsobit obezitu nebo snížit reprodukční schopnosti. Ovoce s vysokým obsahem cukru, jako

jsou jablka nebo banány, mohou při časté konzumaci přispět k bachorové acidóze (Batters et Hornsey, 2004).

Březím samicím je nutné upravit denní dávku tak, aby jim poskytla dostatek energie, zvláště tehdy, pokud se ještě stará o předchozí mládě. Mlád'atům je denní dávka postupně navyšována v souladu s růstem tělesné hmotnosti (Batters et Hornsey, 2004).

3.5.2 Minerální výživa kopytníků v chovech

U většiny kopytníků v chovech, zejména pak u hospodářských zvířat, je minerální výživa řešena formou minerálních bloků. Tyto bloky obsahují především sůl (chlorid sodný), jejíž příjem zvířata potřebují a vyžadují, ale obsahují i ostatní potřebné minerály. Minerální bloky mohou být k dispozici ad libitum nebo jen v určitých intervalech, například jen několik hodin denně. Bloky jsou k dispozici během všech ročních období, protože s měnicími se obdobími se mění i požadavky na minerály. Poskytování těchto bloků je odlišné v různých fyziologických stádiích. Doplnění minerálů může být také formou prášku, kterým je podávána potrava posypaná (Hutchins et al., 1987; Grishman et Savage, 1990; Crosby et al., 2004).

3.5.3 Minerální absorpce u nosorožce dvourohého (*Diceros bicornis*) a tapíra (*Tapirus spp.*)

U nosorožců dvourohých (*Diceros bicornis*, Linnaeus, 1758) a tapírů (*Tapirus spp.*, Brisson, 1762) chovaných v zoologických zahradách může docházet k řadě onemocnění při špatném obsahu minerálních látek v potravě. Jako modelové zvíře pro pochopení fyziologie trávení některých nepřežvýkavých býložravců bývá používán kuň. Existují zde však i odlišnosti v potravní ekologii. Nosorožci i tapíři jsou typičtí okusovači, kuň je spásač. Minerální složení potravy nosorožců a tapírů se liší od složení potravy koně. Například poměr vápníku a fosforu je u nosorožce 14:1. Doporučená dávka pro koně je 1,4:1 (Clauss et al., 2002; Clauss et al., 2009).

U všech makroprvků (Ca, P, Mg, Na a K) se u nosorožce a tapíra v porovnání s koněm dávky liší. Obsah vápníku a hořčíku je výrazně vyšší u nosorožců a tapírů, naopak nižší je u sodíku a draslíku. Celková absorpce minerálů závisí na hladině vápníku a poměru vápníku a fosforu v jejich přirozené potravě (Clauss et al., 2002; Cluass et al., 2009).

V některých zoologických zahradách je podávána potrava s nedostatečným množstvím potřebných minerálů. Rozborem výkalů volně žijících zvířat a zvířat v zoologických zahradách

bylo zjištěno, že volně žijící zvířata přijímají potravu s dostatečnou koncentrací důležitých minerálů (Clauss et al., 2009).

3.5.4 Minerální výživa pižmoně (*Ovibos moschatus*)

Arktičtí kopytníci jsou namáhaní extrémní zimní počasí ve vysokých zeměpisných šířkách. Letní rostlinná produkce zde probíhá jen chvíli. Pižmoň (*Ovibos moschatus*, Zimmermann, 1780) je obzvláště citlivý na sezónní změny potravy. V létě má krmivo nejvyšší výživnou hodnotu. Obsah prvků v rostlinách závisí nejen na kvalitě půdy, ale i na obsahu ostatních minerálů. Například koncentrace mědi může být snížena vlivem zvýšené koncentrace molybdenu nebo zinku. Většina mědi je ukládána do proteinových komplexů. Albumin transportuje měď z trávicího traktu do jater. Ceruloplasmin exportuje měď z jater do tkání (Barboza et al., 2003).

Stádo pižmoňů bylo krmeno senem ad libitum a minerálním doplňkem. Minerální složení denní krmné dávky sena u zvířat v chovech bylo 0,5 % vápníku, 0,2 % fosforu, 0,2 % hořčíku, 0,1 % síry, 6 mg.g-1 mědi, 115 mg.g-1 železa a 16 mg.g-1 zinku. Doplněk obsahoval 1,4 % vápníku, 1,1 % fosforu, 0,5 % hořčíku, 39 mg.g-1 mědi, 340 mg.g-1 železa a 140 mg.g-1 zinku. Přestože koncentrace mědi u volně žijících pižmoňů byla nižší než u pižmoňů v zajetí, hladina zinku byla velmi podobná (Barboza et al., 2003).

3.5.5 Aplikace geofágie a minerálních bloků do chovů a zoologických zahrad

U hospodářských zvířat v chovech bylo pozorováno stereotypní chování. Zahrnovalo to ohryzávání dřevěné ohrady u koní, žvýkání na prázdno u prasnic a vyplazování jazyka u dobytka. Jedna z hypotéz, proč to zvířata dělají byla, že potrava v chovech není pro kopytníky dostatečná (deficit soli, bílkovin a vlákniny). Další hypotéza udává, že potrava s nízkým obsahem vlákniny a vysokým obsahem sacharidů způsobuje kopytníkům trávicí potíže jako jsou žaludeční vředy u koní a prasat či acidóza u dobytka. Hryzávání ohrad u koní zvyšovalo výdej energie a způsobovalo opotřebení zubů. Orální stereotypní chování u prasnic zvyšovalo spotřebu energie a snižovalo hmotnostní přírůstek (Mason et Rushen, 2006).

Březím ovcím a prasnicím byl v chovech poskytován minerální blok. Olizování bloku mělo vliv na produkci kolostra a absorpci imunoglobulinu G (IgG). Minerální bloky byly samicím k dispozici různě během doby páření, při pastvě a v posledním stádiu březosti. Bloky byly nabízeny tři hodiny denně. V době páření byl příjem minerálního bloku nejnižší. Následné

výsledky ukázaly, že pokud měly samice přístup k blokům, u mláďat byly naměřeny nižší hodnoty IgG a absorpce kolostra do krve byla nižší (Crosby et al., 2004).

U exotických kopytníků v zoologických zahradách se také vyskytovalo stereotypní chování. Olizování předmětů a ohrad u bongo (*Tragelaphus eurycerus*, Ogliby, 1837), pojídání půdy u koně Převalského (*Eguus ferus przewalskii*, Poliakov, 1881) a vyplazování jazyka u žiraf (*Giraffa*, Brisson, 1762) a okapi (*Okapia*, Lankester, 1901) (Mason et Rushen, 2006).

Toto chování bylo následek nedostatku minerálů a dalších komponentů v denní dávce kopytníků. U koně Převalského jsou v některých zoologických zahradách umístěny misky s doplňkovou solí a minerální a vitamínový blok (Van Dierendonck et al., 1996; Mason et Rushen, 2006).

Minerální bloky mohou být důležité a v určitých stádiích přinést výhody, ale naopak být i škodlivé či mohou překročit hranici toxicity (Crosby et al., 2004).

4 Závěr

Cílem této práce bylo zkompileovat dosavadní poznatky o geofágii kopytníků. Několik studií popisuje geofágii jak kopytníků žijících v tropických oblastech, tak i severských druhů. Výsledky výzkumů ukázaly, že nejčastějšími důvody geofágního chování je sezónní změna potravy, kdy píce nemá dostatek požadovaných minerálů pro správný vývoj, fyziologické fáze a reprodukci kopytníků. Nejpodrobněji je popsán deficit soli. Podle řady studií může potrava také obsahovat nepohodlné či těžko stravitelné a toxické látky a kopytníci si požitím půdy pomáhají od trávicích potíží, acidózy nebo průjmů. Ve volné přírodě jsou umístovány minerální lizy, které kopytníkům umožňují si potřebné minerály doplnit.

V práci byly popsány nejdůležitější půdní typy, jak ve světě, tak u nás v České republice, s důrazem na minerální složení. Světové půdy, především v Africe a Severní Americe, obsahují velké množství sodíku, které je spojeno s přítomností vápníku, hořčíku a síry, a naopak nedostatkem selenu, což má za následek malou koncentraci tohoto prvku v rostlinách. Půdy v České republice jsou bohaté na vápník, křemík a hliník. V kapitole o fyziologii trávení je popsán rozdíl mezi přežvýkavými a nepřežvýkavými kopytníky. Přežvýkaví býložravci lépe vstřebávají a následně využijí složky přijímané z potravy díky předžaludkům a efektivnímu trávení mikroorganismů.

V druhé části práce byla popsána minerální výživa kopytníků. Byly popsány minerály, které zastávají klíčovou funkci v těle kopytníků, dopady na zdravotní stav a možnost doplnění těchto minerálů. V této kapitole je také popsán vztah synergismus a antagonismus mezi minerály a vitamíny, který je pro správnou funkci těla velmi důležitý.

Na konci práce byla popsána výživa kopytníků v chovech a aplikace geofágie do chovů a zoologických zahrad. V těchto zařízeních jsou spolu s potravou k dispozici minerální bloky a minerální doplňky. Zvířata dávají najevo deficit minerálů různými orálními projevy. U minerálních bloků je třeba dbát na fyziologické fáze zvířat, především samic. Bloky by u některých druhů samic neměly být k dispozici ad libitum, kvůli možné toxicitě a nepříznivým dopadům na zdraví jedince a mláďat.

Tato práce může sloužit jako předloha pro optimalizaci krmných dávek, především minerální výživy, kopytníků chovaných v zoologických zahradách.

5 Seznam literatury

- Allen, M.E. et Ullrey, D.E. 2004. Relationships among nutrition and reproduction and relevance for wild animals. *ZOO Biology*. 23:475-487.
- Ayotte, J.B., Parker, K.L., Gillingham, M.P. 2008. Use of natural licks by four species of ungulates in Northern British Columbia. *Journal of Mammalogy*. 89 (4), 1041-1050.
- Baptista, S.L., Vaz Pinto, P., Freitas, M., Cruz, C., Palmeirim, M. 2013. Geophagy by African ungulates: the case of the critically endangered giant sable antelope (*Hippotragus niger varians*) of Angola. *African Journal of Ecology*. 51 (1), 139-146.
- Barboza, P.S., Rombach, E.P., Blake, J.E., Nagy, J.A. 2003. Copper status of muskoxen: A comparison of wild and captive populations. *Journal of Wildlife*. 39 (3). 610-619.
- Bashir Ali, B. 2014. Wildlife diversity near natural saltlicks in the Ulu Muda Forest Reserve. Malaysia: Petaling Jaya, ISBN 978-967-0237-33-6.
- Batters, G. et Hornsey, T. 2004. Cattle and camelid taxon advisory group. Advisory and Steering Committees. Husbandry manual for wild cattle species. 24-31.
- Bouška, J. 2006. Chov dojného skotu. Praha: Profil Press. 186 s. ISBN 80-86726-16-9.
- Bradshaw, R.H.W., Hannon, G.E., Lister, A.M. 2003. A long-term perspective on ungulate-vegetation interactions. *Forest ecology and management*. 181 (1-2), 267-280.
- Brightsmith, D. 2002. The clay licks of Tambopata and beyond. The whos, whats, and whys of geophagy. *Guía Interpretativa del Tambopata Research Center y Posada Amazonas*.
- Ceacero, F., Landete-Castillejos, T., Olgún, A., Miranda, M., García, A., Martínez, A., Cassinello, J., Miguel, V., Gallego, L. 2015. Avoiding toxic levels of essential minerals: Forgotten factor in deer diet preferences. *PLoS ONE*. 10 (1).
- Clauss, M., Castell, J.C., Kienzle, E., Schramel, P., Dierenfeld, E.S., Flach, E.J., Behlert, O., Streich, W.J., Hummel, J., Hatt, J.M. 2002. Mineral absorption in the black rhinoceros (*Diceros bicornis*) compared with the domestic horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 193-204.

- Clauss, M., Lang-Deuerling, S., Kienzle, E., Hummel, J. 2009. Mineral absorption in tapirs (*Tapirus* spp.) as compared to the domestic horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 93 (6):768-776.
- Codron, D., Lee-Thorp, J.A., Sponheimer, M., Codron, J. 2007. Nutrition content of savanna plant foods: implications for browser/grazer models of ungulate diversification. *European Journal of Wildlife Research*. 53 (2), 100-111.
- Crosby, T.F., Boland, T.M., Brophy, P.O., Quinn, P.J., Callan, J.J., Joyce, D. 2004. The effects of offering mineral blocks to ewe pre-mating and in late pregnancy on block intake, pregnant ewe performance and immunoglobulin status of the progeny. *Animal Science*. 79:493-504.
- Damuth, J. et Janis, C.H.M. 2011. On the relationship between hypsodonty and feeding ecology in ungulate mammals, and its utility in palaeoecology. *Biological Reviews*. 86 (3), 733-758.
- Diamond, J., Bishop, K.D., Gilardi, J.D. 1999. Geophagy in New Guinea birds. *Ibis*. 141:181-193.
- Dietz, D.R., Nagy, J.G. 1976. Mule deer nutrition and plant utilization. 71-78.
- Flueck, W. T., Smith-Flueck, J.M., Mionczynski, J. a Mincher, B.J. 2012. The implications of selenium deficiency for wild herbivore conservation: a review. *European Journal of Wildlife Research*. 58 (5), 761-780.
- Fraser, D. et Reardon, E. 1980. Attraction of wild ungulates to mineral-rich springs in the Central Canada. *Holarctic Ecology* 3:36-40.
- Freedland, W.J. and Saladin, L.R. 1989. Choice of mixed diets by herbivores: the idiosyncratic effects of plant secondary compounds. *Biochemical Ecology System*. 17:493-497.
- Goyal, S.P. et Bohra, H.C. 1983. Soil ingestion by two wild ungulates, *Antilopa cervicapra* and *Gazella gazela* in their natural habitats. *Annals of Arid Zone*. 22 (1), 99-102.

- Hanley, T.A. 1982. The nutritional basis for food selection by ungulates. *Journal of Range Management* [online]. 35 (2), 146-151.
- Grishman, J. et Savage, B. 1990. Hoofstock management at Oklahoma City Zoo. *International Zoo Yearbook*. 29:212-219.
- Hoffmann, R.R and Stewart, D.R. 1972. Grazer or browser: A classification based on the stomach-structure and feeding habits of east African ruminants. *Mammalia* [online]. 36 (2).
- Holdø, R.M., Dudley, J.P., McDowell, L.R. 2002. Geophagy in the African elephant in relation to availability of dietary sodium. *Journal of Mammalogy*. 83 (3):652-664.
- Holechek, J.L. 1984. Comparative contribution of grasses, forbs and shrubs to the nutrition of range ungulate. *Rangelands*. 261-263.
- Hutchins, M., Thompson, G., Sleeper, B., Foster, J.W. 1987. Management and breeding of the Rocky Mountain goat at Woodland Park Zoo. *International Zoo Yearbook*. 26:297-308.
- Chandrajith, R., Kudavidanage, E., Tobschall, H.J., Dissanayake, C.B. 2009. Geochemical and mineralogical characteristics of elephant geophagic soils in Undawalawe National Park, Sri Lanka. *Environmental Geochemistry and Health*. 31 (3), 391-400.
- Jokinen, M.E., Verhae, M.S., Anderson, R., Manzer, D. 2014. Observational description of alpine ungulate use at mineral licks in Southwest Alberta, Canada. *Biennial Symposium of the Northern Wild Sheep and Goat Council*. 19:42-63.
- Jokinen, M.E., Verhage, M., Anderson, R., Manzer, D. 2016. Frequency and timing of use of mineral licks by forest ungulates in southwest Alberta, Canada. *Alberta Conservation Association*. 35 p. ISBN 978-1-4601-2575-5.
- Jones, R.C. et Hanson, H.C. 1985. Mineral licks geophagy and biogeochemistry of North American ungulates. *The Iowa State University Press*.
- Kennedy, J.F., Jenks, J.A., Jones, R.L., Jenkins, K.J. 1995. Characteristics of mineral licks used by White-Tailed Deer (*Odocoileus virginianus*). *American Midland Naturalist Journal*. 134, 324–331.

Klaus, G., Klaus-Hugi, C., Schmid, B. 1998. Geophagy by large mammals at natural licks in the rainforest of the Dzanga National Park, Central African Republic. *Journal Tropical Ecology*. 14:829-839.

Klaus, G. A. et Schmid, B. 1998. Geophagy at natural licks and mammal ecology: A review. *Mammalia*. 64 (2).

Mahaney, W.C., Hancock, R.G., Inoue, M. 1993. Geochemistry and clay mineralogy of soils eaten by Japanese Macaques. *Primates*. 34:85-91.

Mason, G., Rushen, J. 2006. Stereotypic animal behaviour. Fundamentals and applications to welfare. 2nd edition. Kanada. 384 p. ISBN 9780851990040

Mills, A. et Milevski, A. 2007. Geophagy and nutrient supplementation in the Ngorongoro Conservation Area, Tanzania, with particular reference to selenium, cobalt and molybdenum. *Journal of Zoology*. 271 (1), 110-118.

Morgan, K.L. 1992. Ataxia and head tremor in an alpaca (*Lama pacos*). *Veterinary Record*. 131:216-217.

Panichev, A.M., Golokhvast, K.S., Gulkov, A.N., Chekryzhov, I.Y. 2012. Geophagy in animals and geology of kudurs (mineral licks): a review of Russian publications. *Environmental Geochemistry and Health*. 35 (1), 133-152.

Panichev, A.M., Trepet, S.A., Chekryzhov, I.Y., Loktionova, O.A., Krupskaya, V.V. 2014. Causes of geophagy ungulates animals in the Caucasus mountains. *Achievements in the Life Sciences*. 8 (1), 35-42.

Pfister, J. 1999. Behavioral strategies for coping with poisonous plants. *Grazing Behavior of Livestock and Wildlife*. 45-55.

Ping, X., Li, CH., Jiang, Z., Liu, W., Zhu, H. 2011. Sexual differences in seasonal patterns of salt lick use by south China sika deer (*Cervus nippon*). *Mammalian Biology*. 76 (2), 196-200.

Provenza, F.D., Lynch, J.J., Nolan, J.V. 1993. The relative importance of mother and toxicosis in the selection of foods by lambs. *Journal Chemical Ecology*. 19:313-323.

- Provenza, F.D., Pfister, J.A., Cheney, C.D. 1992. Mechanisms of learning in diet selection with reference to phytotoxicosis in herbivores. *Journal Range Manage.* 45:36-45.
- Ralphs, M.H., Graham, D., James, L.F. 1994. Social facilitation influences cattle to graze locoweed. *Journal Range Manage.* 47:123-126.
- Robbins, C.H.J. 1983. *Wildlife feeding and nutrition.* Washington. 337 p. ISBN 0-12-589380-9.
- Robbins, C.T., Spalinger, D.E., Van Hoven, W. 1995. Adaptation of ruminants to browse and grass diets: Are anatomical-based browser-grazer interpretations valid? *Oecologia.* 103:208-213.
- Setz, E.Z., Enzweiler, J., Solferini, V.N., Amendola, M.P., Berton, R.S. 1999. Geophagy in the golden-faced saki monkey (*Pithecia pithecia chrysocephala*) in the Central Amazon. *Journal Zoology Society of London.* 277:91-103.
- Shipley, L. 1999. Grazers and browsers: How digestive morphology affects diet selection. *Grazing behavior of Livestock and Wildlife.* 70:20-27.
- Schultz, S.R. et Johnson, M.K. 1992. Effects of supplemental mineral licks on whitetailed deer. *Wildlife Society.* 20, 303-308.
- Slabach, B.L., Corey, T.B., Aprille, J.R., Stakrs, P.T., Dane, B. 2015. Geophagic behavior in the mountain goat (*Oreamnos americanus*): support for meeting metabolic demands. *Canadian Journal of Zoology.* 93 (8), 599-604.
- Smith, J.A. 1989. Noninfectious diseases, metabolic diseases, toxicities, and neoplastic diseases of South American camelids. *Veterinary Clinics North America: Food Animal Practice.* 5 (1):101-143.
- Saaland, H. et Saebø, S. 1993. Forage diversity and nutrient supply of reindeer. *Rangifer.* 13 (3):169-177.
- Suttle, N.F. 2010. *Mineral nutrition of livestock*, 4th edn. CABI Publishing. 377-425.

- Šarapatka, B. 1996. Pedologie. 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 235 s. ISBN 80-7067-590.
- Šarapatka, B. 2013. Vybrané kapitoly z pedologie a ochrany půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 91 s. ISBN 978-80-244-3476-6.
- Tankersley, N.G. et Gasaway, W. 1983. Mineral lick use by moose in Alaska. *Canadian Journal of Zoology*. 2242–2249.
- Taylor, E.W., Nadimpalli, R.G., Ramanathan, C.S. 1997. Genomic structures of viral agents in relation to the biosynthesis of selenoproteins. *Biology Trace Element Research*. 56:63-91.
- Thorhallsdottir, A.G., Provenza, F.D., Balph, D.F. 1990a. Ability of lambs to learn about novel foods while observing or participating with social models. *Applied Animal Behaviour Science*. 5:25-33.
- Tobler, M.W., Carrillo-Percastegui, S.E., Powell, G. 2009. Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in south-eastern Peru. *Journal of Tropical Ecology*. 25 (03), 261-270.
- Tracy, B.F. et McNaughton, S.J. 1995. Elemental analysis of mineral lick soils from the Serengeti National Park, the Konza Prairie an Yellowstone national Park. *Ecography*. 18 (1), 91-94.
- Umesh, C., Gupta, C., Subhas, C. 2008. Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans: Implications for management. *Communications in soil science and plant analysis*. 31:11-14, 1791-1807.
- Underwood, E. et Suttle, N.F. 1999. The mineral nutrition of livestock. 3rd edition. New York. Cabi Publishing. 579 p. ISBN 0851991289.
- Van Dierendonck, M.C., Bandi, N., Dügerlham, S., Munkhtsog, B. 1996. Behavioral observations of reintroduced Takhi or Przewalski horses (*Eguus ferus przewalskii*) in Mongolia. *Journal of the International Society for Applied Ethology*. 95-114.
- Van Saun, R.J. 2006. Which one, loose or block salt feeding? *Lamalink*. 3 (7):22, 26-27.

- Van Saun, R.J., 2006. Nutrient requirements of South American camelids. A factorial approach. *Small ruminant research*. 61:153-164.
- Van Saun, R.J. 2007. Selenium nutrition in camelids-Part 1. *Lamalink*. 3 (13):22-25.
- Van Saun, R.J. 2008. Copper nutrition in camelids. *Lamalink*. 3 (16):37-40.
- Waits, T.J. and Schemnitz, S.D. 1985. Mineral lick use and movement in a remnant desert bighorn sheep population. *Journal Wild.Manage*. 49:994-996.
- Watts, 1989. Nutrient interrelationships minerals-vitamins-endocrines. *Journal of Orthomolecular Medicine*. 11-19.
- Wichtel, J.J. 1998. A review of selenium deficiency in grazing ruminants Part 1: New roles for selenium in ruminant metabolism. *New Zeland Veterinary Journal*. 46:2, 47-52.
- Wilson, M.J. 2003. Clay mineralogy and related characteristics of geophagic materials. *Journal of Chemical Ecology*. 29 (7), 1525-1547.