



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zootechnických věd

Bakalářská práce

Správný poměr minerálních látek a vitamínů v krmné dávce při
tréninkové zátěži parkurového koně

Autorka práce: Alžběta Mišková

Vedoucí práce: Ing. Luboš Zábranský, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Výživa sportovních koní je komplexní věda, která se díky vzrůstající oblibě k jezdeckému sportu, čím dál více vyvíjí a prozkoumává. Potřebné množství látek pro správnou funkci metabolismu zvířete obvykle obstará příjem sena a čerstvé trávy. Pokud máme s koněm v plánu sportovat, je důležité sestavit vhodnou krmnou dávku tak, aby nejen nechyběly potřebné živiny, ale také aby nepřebývaly. V tomto směru sledujeme právě především vitamíny a minerální látky. Roli na potřebu těchto látek hraje velké množství faktorů, mezi které řadíme věk, váhu zvířete, kondici, intenzitu zátěže a další.

V první části práce je stručné seznámení s trávicím traktem koní a jejich specifickými vlastnostmi, jako je například šikmé vyústění jícnu do žaludku, které zabraňuje procesu zvracení. Druhá část je věnována minerálním látkám, jejich požadavkům na dospělého jedince a zdroje, kterými je můžeme do krmné dávky koní obstarat. Této problematice je také věnovaná část spojená s vitamíny. V závěrečné části je zpracováno krátké doporučení pro praxi s ukázkou denní krmné dávky pro parkurového koně v závodní sezoně.

Klíčová slova: sportovní koně, výživa, minerální látky, vitamíny

Abstract

A nutrition of sport horses is a complex science that is increasingly being developed and researched due to the growing popularity of equestrian sport. The necessary amount of substances for the proper functioning of the animal's metabolism is usually provided by the intake of hay and fresh grass. If we plan to participate in sports with the horse, it is important to formulate a proper feeding ration so that not only are the necessary nutrients not lacking, but also that they are not in excess. In this respect, we are looking at vitamins and minerals in particular. A large number of factors play a significant role in the need for these substances, including age, weight of the animal, condition, intensity of exercise and others. In the first part of the thesis there is a brief introduction to the digestive system of horses and their specific characteristics, such as the oblique angle at which the esophagus connects to the stomach, which prevents vomiting. The second part is dedicated to minerals,

their requirements for the adult horse and the sources that can be used to obtain them in the horse's diet. A section related to vitamins is also devoted to this subject. In the final part, a short recommendation for practice is made with an example of a daily ration for a showjumping horse in the competition season.

Keywords: sport horses, nutrition, minerals, vitamins

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Luboši Zábranskému, Ph.D., za odborné vedení a konzultace při zpracování mé práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a kamarádům za velkou podporu a pomoc.

Obsah

Úvod.....	8
1 Anatomie a fyziologie trávicího ústrojí.....	9
1.1 Ústní dutina	9
1.2 Hltan	10
1.3 Jícen.....	11
1.4 Žaludek.....	11
1.5 Tenké střevo	12
1.6 Tlusté střevo	12
2 Minerální látky	14
2.1 Makroprvky	15
2.1.1 Vápník.....	15
2.1.2 Fosfor	16
2.1.3 Sodík	17
2.1.4 Draslík.....	18
2.1.5 Hořčík.....	19
2.1.6 Chlór.....	20
2.1.7 Síra	21
2.2 Mikroprvky.....	21
2.2.1 Železo.....	21
2.2.2 Mangan.....	22
2.2.3 Měď.....	23
2.2.4 Kobalt.....	24
2.2.5 Zinek	25
2.2.6 Jód.....	26
2.2.7 Fluór	26
2.2.8 Selen.....	27

3	Vitamíny.....	29
3.1	Vitamíny rozpustné v tucích.....	30
3.1.1	Vitamín A.....	30
3.1.2	Vitamín D.....	31
3.1.3	Vitamín E.....	32
3.1.4	Vitamín K.....	33
3.1.5	Koenzym Q.....	34
3.2	Vitamíny rozpustné ve vodě.....	34
3.2.1	Vitamíny skupiny B.....	34
3.2.2	Vitamín PP.....	36
3.2.3	Vitamín H.....	36
3.2.4	Vitamín C.....	36
4	Doporučení pro praxi.....	38
	Závěr.....	40
	Seznam použité literatury.....	41
	Seznam tabulek.....	46
	Seznam použitých zkratk.....	47

Úvod

Výživa zvířat, potažmo konkrétně koní se v posledních letech stává čím dál tím více diskutované téma. Výživě koní se začalo věnovat mnoho výzkumů, které se snaží stanovit optimální složení krmné dávky pro všechny kategorie koní. Vlivem těchto výzkumů se daný obor mohl posunout dále a také mít konečně oporu o vědecké výsledky pokusů a ne jen o životní zkušenosti lidí, kteří se kolem koní pohybovali celý svůj život.

Koně jsou v dnešní době využíváni k mnoha účelům, ať je to k pouhé rekreaci, práci v lese, ale především ke sportovnímu využití. Máme velkou škálu disciplín, jako jsou dostihy, drezura, parkur, všestrannost a další. Vlivem rozdílného typu zátěže na koňský organismus během těchto různorodých aktivit se začala sledovat výživa u konkrétní disciplíny, na kterou je kůň trénován.

Za hlavní složku výživy je považována vláknina, která je přijímána senem či čerstvou pastvou. Jelikož koně v tréninku vyžadují přídavek látek jak pro uhrazení zvýšené spotřeby energie, tak například pro správný vývoj a růst svalové či kosterní tkáně, je důležité dbát o kvalitní a pestrou stravu.

V dnešní době se vytváří mnoho různých názorů, co je a co naopak není správné koním dávat. Tato otázka vyvstává především ve směru přídatných suplementů. Vždy je dobré tuto problematiku probrat nejen s výživovým poradcem, ale často je doporučena konzultace s veterinárním lékařem, jelikož častá onemocnění koní mají spojení právě s výživou.

Významnou a nedílnou součástí jsou minerální látky a vitamíny, které mají nezastupitelnou roli. Jejich správný poměr a příjem ovlivňuje metabolismus a mnohdy stačí jen nesprávný poměr jednoho prvku a ihned dojde k narušení dalších. V mé práci jsou zpracované teoretické poznatky na správný poměr minerálních látek a vitamínů v krmné dávce parkurových koní. Touto problematikou se nadále zabírají výzkumné ústavy po celém světě. Momentálně nejsou výsledky ustáleny a dochází tak k odchýlkám. Jisté je, že zde hrají významnou roli plemena, zátěž a vnější okolí, ve kterém je jedinec chován. Jediné, co se s jistotou dokázalo zjistit je množství pro zachování zdraví jedince.

1 Anatomie a fyziologie trávicího ústrojí

Trávicí soustava je životně nezbytné ústrojí, které vzniklo vývojově z jedné trubice. Jejím úkolem je příjem potravy, mechanické a chemické zpracování, vstřebávání potřebných živin a vylučování nepotřebných a nestrávených zbytků (Konig a Lieblich, 2002). Každý segment trávicí trubice zpracovává potravu jiným způsobem. Je to určeno původem vzniku, uložením, stavbou a druhem obsažených žláz. Dle těchto kritérií se trávicí trubice dělí na ústní dutinu, hltan, jícen, žaludek a střevo, ke kterému se řadí přídatné žlázy, játra a slinivka břišní (Reece, 2011)

1.1 Ústní dutina

Ústní dutina (*cavum oris*), ohraničená pohyblivými pysky (*labia oris*), je začátkem trávicího ústrojí (Meyer a Coenen, 2003). Je doplněna o pomocná zařízení, jako jsou zuby, jazyk a slinné žlázy (Konig a Lieblich, 2002). „Dutina ústní se rozděluje na předšíň (*vestibulum oris*) a vlastní dutinu ústní (*cavum oris proprium*), které jsou od sebe odděleny zubními oblouky v horní a dolní čelisti.“ (Konig a Lieblich, 2002).

Zajišťuje příjem potravy pomocí stažení pysků dozadu, díky čemuž se dostanou do popředí řezáky, kterými kůň dokáže ukousnout krmivo (Reece, 2011). Další funkcí je příjem tekutiny, kdy koně ponoří ústní štěrbinu až po koutky pysků do tekutiny. Stiskem pysků dochází k zúžení štěrbin, jazyk se pohybuje aborálně a dolní čelist poklesne. Tyto procesy vedou ke vzniku podtlaku v dutině ústní a následnému nasátí tekutiny (Doubek et al., 2014).

Důležitou roli při příjmu potravy hrají v ústní dutině zuby. Struktura zubu je tvořena třemi mineralizovanými substancemi – cementem, zubovinou a sklovinou. Sklovina je nejtvrďší substancí nacházející se v těle všech savců. Odlišují se čtyři typy zubů a to řezáky, špičáky, třenové zuby a stoličky. Jejich počet je rozdílný pro dočasný a trvalý chrup. Další rozdíly jsou mezipohlavní, kdy hřebec či valach mají navíc vlčí zub (Konig a Lieblich, 2002). Celkový počet je tedy v rozmezí 36-44 zubů trvalých pro dospělého jedince. Jejich funkcí je rozměňování potravy a její mísení se slinami (Doubek et al., 2014). Kůň žvýká pravděpodobně střídavě, jedno sousto na jedné straně, a to druhé na protější. Velký kůň vykoná až 70 žvýkavých pohybů za minutu (Meyer a Coenen, 2003). Píce vyžaduje více žvýkacích pohybů než obilná krmiva. To vede i ke zvýšené produkci slin (Harris a Shepherd, 2020). Ty mají nenahraditelnou roli v ústní dutině. Jsou produkovány z párových slinných žláz, které

se dělí na dva typy. Prvním typem jsou malé slinné žlázy (*gll. salivariae minores*), které jsou ve velkém množství rozmístěny ve sliznici pysků, tváří, jazyka a dna dutiny ústní. Produkovaný sekret má mucinózní strukturu. Druhým typem jsou velké slinné žlázy (*gll. salivariae majores*), které přivádí svými dlouhými vývody serózní nebo serózmucinózní sekret do dutiny ústní. Mezi tyto žlázy se řadí příušní slinná žláza (*gl. parotis*), podčelistní slinná žláza (*gl. mandibularis*) a podjazykové slinné žlázy (*gll. sublingualis*). Denní produkce slin u koně se pohybuje okolo 40 litrů (Konig a Lieblich, 2002). V lalůčku jednotlivých slinných žláz se tvoří primární sliny, které mají podobný obsah elektrolytů jako krevní plazma, a proto se z těchto slin resorbují ionty sodíku, chloru, vápníku a hydrogenuhličitanů. Ve vývodných kanálcích se pak tvoří sekundární sliny (Doubek et al., 2014).

Sliny tedy společně se zuby mělní a promíchávají potravu. Výsledkem je vytvoření sousta, která je pomocí jazyka posouvána do hltanu a přes jícen až do žaludku. Polykání je reflexní děj řízený nervovou soustavou, která na základě složitých pochodů způsobí uzavěr jazyčky (*glottis*), zvednutí měkkého patra a útlum dýchání. Tyto tři úkony jsou nezbytné ke správnému polknutí sousta (Doubek et al., 2014).

1.2 Hltan

Hltan je trubicovitý orgán spojující dutinu ústní, nosní a jícen. Je důležitým kontrolním místem pro procházející potravu i průchod vzduchu.

Tělo hltanu se dělí na tři části – ústní část hltanu (*pars oralis pharyngis*), nosní část hltanu (*pars nasalis pharyngis*) a hrtanová část hltanu (*pars laryngea pharyngis*). Stěna je tvořena svalovinou, která svými stahy posouvá sousto do jícnu.

Křížení dýchacích a trávicích cest vedl k určitým pochodům, které při polykání zajišťují, že nedochází k vdechnutí sousta. „V první, aktivní fázi, která podléhá vůli jedince, nadzvedávají svaly jazyka společně se svaly jazyčky kořen jazyka a současně i hrtan ve směru dorzálním. Poté následuje, již bez možnosti ovládnutí vůlí, reflektorová, vlnová kontrakce svěračů hltanu“ (Konig a Lieblich, 2002).

Mimo jiné se v jeho stěně bohatě vyskytuje lymfatická tkáň v podobě mandlí (*tonsillae*) (Konig a Lieblich, 2002).

1.3 Jícen

Jícen představuje dlouhou svalovou trubici, která se pravidelně stahuje a posouvá sousto dále až do žaludku.

Podle tělních částí, kterými jícen prochází, se dělí na krční (*pars cervicalis*), hrudní (*pars thoracica*) a břišní (*pars abdominalis*) (Konig a Lieblich, 2002).

Celý proces průchodu pozřené sousta jícnem je řízen nervovou soustavou. Reakcí na nervový impulz jícen ochabne v kraniální části a tím dojde k průniku potravy do samotného jícnu. Posun je poté zajištěn svalovou kontrakcí jednotlivých kruhových svalových vláken. Posledním krokem při průchodu jícnem je ochabnutí zadního jícnového svěrače, což je opět řízeno nervovým impulzem. Díky ochabnutí může pronikat sousto do žaludku.

Druhou funkcí jícnu je zabraňování vracení sousta ze žaludku zpět do jícnu. Tomu je zabráněno u koní i anatomickou stavbou samotného žaludku, kdy jícen vyúsťuje šikmo do žaludku (Doubek et al., 2014).

1.4 Žaludek

Žaludek (*gaster, ventriculus*) je rozšířenou částí trávicí trubice navazující na jícen. Dal by se popsat jako vak, který má u koní objem 15-20 l a je přizpůsoben ke krátkodobému zpracování potravy, než pokračuje do střeva (Meyer a Coenen, 2003). Kromě jistého krátkodobého hromadění pozřené krmiva zde dochází k rozmělnění a mísení stravy s žaludečními šťávami, trávení lipidů, bílkovin a nakonec posunu potravy do tenkého střeva (*intestinum tenue*).

Z anatomického hlediska se jedná o jednokomorový, složitý žaludek. To znamená, že se v žaludku vyskytují dva typy sliznice. Kraniální část je tvořena sliznicí bez žláz (*pars nonglandularis tunicae mucosae*) a zbytek žaludku je tvořen žláznatým epitelem (*pars glandularis tunicae mucosae*) (Konig a Lieblich, 2002). Samotný vak je pak dělen na tělo žaludku (*corpus ventriculi*) a kraniální vak (*fundus ventriculi*). U koně je tento vak naplněn plynem, a díky tomu nese speciální označení slepý vak (*saccus cecus*) (Konig a Lieblich, 2002).

Oproti ostatním zvířatům má kůň speciální kardiální smyčku. Tato smyčka se nachází u vstupu jícnu do žaludku a je tak velká, že zabraňuje zpětnému transportu potravy zpět do jícnu. Zjednodušeně řešeno tedy koně nemohou fyziologicky zvracet.

V žaludku se nachází velké spektrum exokrinních buněk, mezi které se zařazuje tzv. vnitřní faktor. Ten přispívá k trávení vitamínu B₁₂. Dále je zde velké množství enzymů, jež se podílí na trávení. Nejdůležitějším zástupcem je pepsin, který zde štěpí bílkoviny (Doubek et al., 2014).

1.5 Tenké střevo

Tenké střevo (*intestinum tenue*) je pokračování trávicí trubice, vycházející z žaludku. Dochází zde ke vstřebávání složek z potravy, které nemusí ve svém procesu trávení projít fermentací (Reece, 2011).

Tenké střevo se skládá ze dvanáctníku (*duodenum*), lačnicku (*jejunum*) a kyčelníku (*ileum*). Dochází zde k trávení natrávené potravy z žaludku pomocí vlastní střevní mikroflóry, zásadité žluči z jater a pomocí pankreatických šťáv ze slinivky břišní (Konig a Lieblich, 2002). Pankreatická šťáva se skládá z enzymů – trypsinu, amylázy a lipázy, dále pak ze zásaditých sloučenin, které slouží k neutralizaci kyselosti natrávené potravy z žaludku. Žluč, produkovaná játry, není na rozdíl od ostatních zvířat vylučována žlučníkem, protože koním chybí. Na místo toho je průběžně vylučována přímo z jater do tenkého střeva. Žluč je tvořena minerálními látkami a bikarbonáty. Její funkce je též neutralizace tráveniny a další roli hraje při trávení tuků (Meyer a Coenen, 2003).

Dvanáctník a lačník, případně i kyčelník, jsou místem pro vstřebávání všech vitamínů. Vstřebávání závisí na micelách u vitamínů, které jsou rozpustné v tucích. U zbytku se jedná o sekundárně aktivní transport či difúzi. Při poruchách vstřebávání se bavíme o tzv. malabsorpci, která se dělí na primární, u které jde o deficit trávicích enzymů, a sekundární, kdy dochází ke zmenšení či porušení absorpční plochy nebo blokády odvodných cest ze střeva (Doubek et al., 2014).

1.6 Tlusté střevo

Tlusté střevo (*intestinum crasum*) navazuje na střevo tenké. Jedná se o část trávicí soustavy začínající slepým střevem a končící řitním otvorem (Konig a Lieblich, 2002).

Skládá se ze tří částí – slepé střevo (*cecum*), tračnicku (*colon*) a konečníku (*rectum*). Slepé střevo u koně zaujímá značnou část v oblasti pravé slabiny a jeho vrchol se nachází těsně u bránice (Reece, 2011). Je vyústěním kyčelníku tenkého střeva.

U koně hraje velmi významnou roli, poněvadž zde dochází k trávení celulózy. Na trávení se nejdříve podílí enzymy a následně fermentace. Důležité je, že zde oproti přežvýkavcům nedochází k trávení mikroorganismů (Konig a Lieblich, 2002; Frandson et al., 2009).

2 Minerální látky

Minerální látky jsou chemické sloučeniny přirozeně obsažené v přijímané potravě. Jedná se obvykle o čerstvou travu, seno, či různé krmné směsi složené z obilovin. Bohužel ne vždy, především u sportovních koní, je toto množství adekvátní k potřebám, a proto je vyžadováno přidávání krmných doplňků (Raydmont et al., 2013).

Velký rozdíl nacházíme v množství obsaženém v organismu. Podle toho se dělí minerální látky na dvě skupiny, makroprvky a mikroprvky (stopové prvky). U makroprvků není přímo regulované povolené množství podávání. Nevhodné dávkování může vést například k poškození sliznice. U stopových prvků je vše naopak. Tyto prvky se vyskytují v organismu v minimálním množství, ale hrají významnou roli. Pro příjem jsou stanovena legislativní nařízení tak, aby nedocházelo k poškozování zdraví zvířat, protože stačí malé odchylky od normy a prvek reaguje v těle toxicky (Raydmont et al., 2013).

Minerální prvky se řadí mezi biogenní prvky. Mají široké zastoupení v organismu a jejich činnost se podílí na udržení homeostázy. Při narušení pouze jediného prvku dochází k metabolickým, biochemickým poruchám. Důležitý je vyvážený příjem těchto minerálů potravou, není-li tomu tak, může docházet k onemocněním, a to jak vlivem nadbytku, tak naopak vlivem nedostatku (Jelýnek et al., 2003).

Prvky mohou zastávat různé funkce, které jsou celkem čtyři. První funkce je strukturální, kterou zastává například vápník a fosfor jako hlavní stavební složky kostní tkáně. Druhá funkce je fyziologická. Látky se podílí na udržování acidobazické rovnováhy a homeostázy, permeabilitě membrán, nervosvalové dráždivosti nebo na přeměně energie. Třetí funkcí je katalytická schopnost při různých reakcích v metabolismu. Bez těchto schopností by dané reakce nemohly probíhat. Poslední funkcí je schopnost regulační. Příkladem je například jód, jenž je součástí hormonů štítné žlázy, tryjodtyroninu a tetrajodtyroninu (Jelýnek et al., 2003).

Při vytváření krmné dávky velmi záleží na správném množství a poměru těchto minerálů. Pro nejbližší představu je vhodné si nechat udělat krevní rozbor, kde nejpřesněji zjistíme, jak na tom náš kůň je a podle toho se zařídit při vytváření krmné dávky (Martin-Rosset et al., 2015). V následující tabulce můžeme vidět porovnání hladin minerálních látek v krvi u rekreačních a sportovních koní.

Tabulka 2.1: Biochemické parametry krve u koní využívaných ke sportu.

(Burlikowska et al., 2015).

Parametry	Parkuroví koně	Rekreační koně
Sodík (mmol/l)	138,30 ± 0.40	137.30 ± 0.34
Draslík (mmol/l)	3.76 ± 0.08	3.96 ± 0.08
Chlór (mmol/l)	101.90 ± 0.67	100.60 ± 0.37
Fosfor (mmol/l)	1.11 ± 0.05	1.02 ± 0.09
Vápník (mmol/l)	3.03 ± 0.03	3.10 ± 0.03
Hořčík (mmol/l)	0.70 ± 0.02	0.83 ± 0.03
Železo (μmol/l)	32.17 ± 1.79	24.88 ± 1.69

2.1 Makroprvky

2.1.1 Vápník

Vápník je makroprvek, který je zastoupen ze všech prvků v organismu nejvíce. Z jeho celkového množství je až 99 % uloženo v kosterní soustavě (Jelínek et al., 2003). Hraje tedy hlavní roli v udržování stability a funkce kosterní soustavy. Mimo kosterní soustavu je zastoupen v krevním oběhu, podílí se na realizaci nervových vzruchů při nervosvalové reakci a zajišťuje přeměnu energie ve svalech. (Meyer a Coenen, 2003). Díky tomuto fungování ve svalových vláknech je možná jejich schopnost kontrakce a uvolnění (Jelínek et al., 2003).

Místem pro vstřebávání vápníku z přijatého krmiva je tenké střevo, konkrétně lačník (*jejunum*) a kyčelník (*ileum*). Probíhá buď pasivní, nebo aktivní cestou. Aktivní transport probíhá v kyčelníku a je zprostředkován díky výměně vápenatých iontů za ionty sodíku (Doubek et al., 2014). Takto se vstřebává sodík tehdy, je-li obsažen v potravě v malém množství a zvíře potřebuje vyšší příjem například z důvodu gravidity, či vysoké fyzické zátěže (Jelínek et al., 2003). Pasivní transport probíhá v celém tenkém střevě a vápník se vstřebává díky přirozenému koncentračnímu gradientu, tedy když je jeho koncentrace ve střevě vyšší než norma (Doubek et al., 2014). Normální průběh vstřebávání vápníku mohou narušit jiné látky a tuto schopnost absorpce snížit. Jedná se především o tuky, fosfáty a alkalické látky přijaté z krmiva (Doubek et al., 2014). Exkrece vápníku probíhá skrz trus a u koní je značné množství, oproti ostatním zvířatům, vylučováno močí. Třetí možností je

vyučování potem, především při vysoké zátěži (Jelínek et al., 2003). Absorpci a exkreci řídí tři hormony – parathormon (PTH), kalcitonin (CT) a D hormon (kalcitriol). Funkce hormonů se uplatňuje zvláště ve střevě, ale jejich aktivitu můžeme zaznamenat i v kostech či ledvinách (Jelínek et al., 2003). Tyto hormony se mohou podílet na vyrovnávání vápníku v krevním oběhu tím, že ho importují nebo exportují z kostní tkáně, kde proběhne proces odbourávání kostních buněk, osteoblastů (Raydmont et al., 2013).

Nedostatek vápníku vede u hříbat ke křivici (rachitis), u dospělých zvířat pak k osteomalácii a osteoporóze, neboli řídnutí kostí (Jelínek et al., 2003). Nadbytek organismus přímo neovlivňuje. Vápník má ovšem vliv na vstřebávání fosforu, hořčíku a sodíku, kdy se tyto látky hůře vstřebávají, pokud je hladina vápníku snižena (Jelínek et al., 2003). Velmi důležitý je ve tvoření krmné dávky podíl vápníku a fosforu. Ten by neměl být větší nebo roven dvěma (NRC, 2007).

Koně vápník získávají ze sena, čerstvé trávy či obilovin. U sena a pastvy záleží velmi na druhovém složení trav. Nejvyšší obsah vápníku se nachází v jetelovinách a bylinách, jako je tomu například u Pampelišky smetánky (Raydmont et al., 2013). Pro koně chovaného přes den na pastvě, by měl být denní příjem kolem 20 g Ca/kg živé hmotnosti a měl by být pro toto množství dostačující příjem pastvy a sena. U trénovaného koně chovaného převážně ve stáji se požadavky navyšují na zhruba 25 g. Vliv tréninku na hladinu vápníku se projevuje na změnách kostní tkáně. Trámce, tvořící specifickou strukturu uvnitř kosti, se přestavují v závislosti na druh zátěže a jeho specifického tlaku působícího na kost.

Běžně obsahuje plazma zdravého dospělého koně 11-12 mg/100 ml vápníku (Martin-Rosset et al., 2015).

2.1.2 Fosfor

Fosfor je druhý nejobsáhlejší prvek v kosterní soustavě a navíc se podílí na energetických procesech v metabolických pochodech, díky jeho přítomnosti v ADP a ATP.

Fosfor je prvek, který je pravidelně přidáván do krmné dávky koní. Primárně je získáván ze sena či čerstvé pastvy, kde je jeho obvyklá stravitelnost 35 %. Při větší fyzické zátěži se může jeho stravitelnost navýšit na 45 %. Jeho vstřebávání ve střevech je limitováno vstřebáváním vápníku, a proto se hlídá vzájemný poměr těchto prvků. Ideální poměr v krmné dávce je Ca:P je 2:1, dá se akceptovat rozmezí

1-6:1 (Martin-Rosset et al., 2015). Pokud by docházelo k překrmování vápníkem, snížilo by se vstřebávání fosforu a byl by ho tedy v těle nedostatek. Běžně se fosfor v rostlinách nachází ve formě fytátů, solí kyseliny fytátové. Tyto soli jsou ovšem velmi špatně vstřebávány koňmi. Běžně se tedy přidává do krmných dávek lépe využitelná anorganická fosfatáza (NRC, 2007). Většinou je však dostatečně bohaté na fosfor seno a pastva, a proto není třeba fosfor dodatečně dodávat, pokud má tohoto krmiva jedinec dostatek. Koncentrovaná krmiva jako oves či kukuřice obsahují dokonce více fosforu jak vápníku, což je pak důležité vyrovnat do adekvátního poměru při tvoření krmné směsi (Holder, 2018). Výzkum na toto téma zjistil, že koním stačí přijímat organický fytát z píce i přes jeho horší stravitelnost. Vyplývá z toho tedy, že by už nemusel být přidáván anorganický fosfor výrobcí do koncentrovaných krmiv. Samozřejmě sportovní koně mají vyšší nároky na fosfor a dobrými krmivy jsou pšeničné či rýžové otruby (Fowler, 2016).

Doporučená denní dávka pro dospělého jedince byla stanovena na 14 g. Nedostatečné množství fosforu v krmné dávce koně může způsobovat změny v kosterní soustavě a ubývání anorganické složky v kosti, osteomalácii. Naopak nadbytečný příjem fosforu snižuje vstřebávání vápníku a to vede k jeho nedostatku a dochází ke stavu zvanému výživová sekundární Hyperparathyreóza. Pro tu jsou typické projevy kulhání a v krajních mezích může docházet ke zvětšování horní a dolní čelisti koně (NRC, 2007).

Běžně obsahuje plazma zdravého dospělého koně 2-8 mg/100 ml fosforu (Martin-Rosset et al., 2015).

2.1.3 Sodík

Sodík je hlavním prvkem extracelulární tekutiny, naopak v buňkách je jeho množství malé. Plazma zdravého dospělého koně obsahuje 310 mg/100 ml sodíku (Martin-Rosset et al., 2015). Hladina sodíku, společně s draslíkem je ovlivňována nejen příjmem, ale především hladinou hormonu aldosteronu, který je produkován v kůře nadledvinek. Ten podněcuje zpětné vstřebávání sodíku z primární moči nebo jeho vstřebávání ve střevu. U draslíku má opačnou funkci a naopak podporuje jeho vylučování močí (Martin-Rosset et al., 2015).

Pro sodné ionty, společně ještě s draselnými, chloridovými a z malé části hořečnatými a vápenatými, platí velké vylučování skrz pot a to i v případě, že ještě není pocení zaznamenáno zrakem člověka. V potu je vyšší koncentrace těchto iontů,

než je přítomna v krevním oběhu, tudíž se při vysoké zátěži nejdříve využívají ionty z krve a následně se mobilizují z kosterní svaloviny a měkkých tkání jedince. Výzkumem bylo zjištěno, že když se před zátěží či přepravou podal přípravek s elektrolyty, ochránilo to koně před výraznými ztrátami v těle a při zátěži se déle udržela voda ve svalovině, což pomohlo k efektivnějšímu tréninku (Lesté-Lassarre, 2022). Celkově tedy suplementy s elektrolyty zvyšují výkonnost, mají vliv na lepší udržení extracelulární tekutiny v konstantní hodnotě, a tím zamezují vyšším ztrátám tělních tekutin při procesu pocení (Waller a Lindiger, 2001). Suplementy se buď mohou přidávat do krmiva, a nebo do vody. Je zde ovšem problém, že často koním tyto doplňky nechutnají, a proto je nutné postupné navykání po malých částech (Lesté-Lassarre, 2022).

Tabulka 2.2: Koncentrace elektrolytů v plazmě a potu koní (g/l). (Lewis, 1996).

	chlor	sodík	draslík	vápník	hořčík
Plazma	3,5	3,2	0,16	0,12	0,024
Pot	5,9-6,2	3,0-3,7	1,2-2,0	0,08-0,24	0,024-0,2

2.1.4 Draslík

Draslík patří mezi nejvýznamnější intracelulární ionty. Mezi jeho hlavní funkce v organismu patří nervový impulz, kontrakce svalových vláken a podílí se na kontrole osmotického tlaku. Pokud je navýšený příjem sodíku, klesá schopnost vstřebávat draslík (Martin-Rosset et al., 2015).

Přirozeně je draslík koňmi přijímán skrze seno, pastvu nebo olejnatá semena, kde je zastoupen z 1-2 % v kilogramu sušiny. Naopak obiloviny mají nízký obsah draslíku v rozmezí 0,3-0,4 %. Vzhledem k těmto hodnotám by měl koním stačit příjem z běžně přijímaného krmiva, tedy dostatečného příjmu sena a pastvy. Možným příjmem jsou pak jadrná krmiva, komplexní krmné směsi nebo případné suplementy, kde je obvykle draslík zastoupen buď ve formě chloridu draselného, nebo uhličitanu draselného (NRC, 2007).

U sportovních koní byly zjištěny zvýšené nároky na příjem draslíku. Normální schopnost přijímat draslík se pohybuje kolem 75 %. U sportovních koní došlo ke snížení schopnosti vstřebávání na pouhých 66,3 %. Díky jeho velkým ztrátám vnitřní vody skrz pot odchází z těla velké množství nejen draslíku, ale i chloridových a sodných iontů.

Nadbytek přijímaného draslíku nezpůsobují problémy, jelikož si s tím umí organismus koně poradit. Nejprve navýší jeho vylučování močí, a pokud to nestačí, připojí se zvýšené vylučování draslíku exkrementy. Přírozeně se vylučuje i skrz pot, ale hlavní roli v udržování optimálního příjmu, využití a vylučování mají ledviny. Naopak k nedostatku může docházet nedostatečným doplňováním elektrolytů u jedince, který se nachází v tréninku. Malá část se může v omezeném času hromadit v zažívacím traktu koně a uvolňovat se během potřeby. Tato schopnost je časově omezená a záleží na správném rozložení času krmení a tréninku (NRC, 2007).

Běžně obsahuje plazma zdravého dospělého koně 1,8 mg/100 ml draslíku (Martin-Rosset et al., 2015).

2.1.5 Hořčík

Hořčík je prvek, který je v organismu zastoupen pouze z 0,05 %. Kolem 70 % je uložen ve skeletu, 1 % v extracelulární tekutině a zbytek nalezneme ve svalovině, nervové soustavě či játrech. V metabolismu se hořčík podílí na velkém počtu pochodů. Jako strukturní část se vyskytuje v enzymech a u více jak 100 enzymů zajišťuje jejich aktivitu. Další velmi důležitou roli zastává v nervové soustavě, kde zajišťuje vedení vzruchů či nervosvalovou dráždivost. Podílí se též na metabolismu jiných látek – lipidů, bílkovin, sacharidů, vitamínů i jiných minerálních látek (Jelínek et al., 2003).

Přírodním zdrojem hořčíku je čerstvá tráva a ve významném množství ho nalezneme v olejninách. Už méně výrazným zdrojem jsou obiloviny. Denní příjem by mělo zajistit objemné krmivo, které by mělo za normálních okolností obsahovat vyšší kvantum, než je denní potřeba (Raydmont et al., 2013). Procentuálně je zastoupen hořčík v rostlinách z 0,1-0,3 %. Denní příjem pro dospělého koně (500kg) je stanoven na 7,5 g. Pro koně v tréninku byla tato optimální hodnota navýšena na 15 g vzhledem k vyššímu zatížení organismu (NRC, 2007). Krmné doplňky mohou obsahovat hořčík ve formě neurotransmiteru aspartátu. Tyto doplňky jsou podávány ke zklidnění koně, pokud až přehnaně reaguje na podněty. Toto je způsobeno rolí hořčíku v nervové soustavě. Je také nezbytný pro funkci receptoru, který se podílí na zpracovávání paměti a z toho důvodu by mohl mít spojitost se změnami v chování (Raydmont et al., 2013).

Nadbytek nebo toxicita hořčíku může mít dopad nejen na samotný metabolismus prvku, ale je zde vztah mezi rovnováhou jiných prvků, především vápníku a fosforu

(Reece, 2011). Pokud je i přes příjem objemného krmiva hladina hořčíku v organismu nedostačující, je vhodné podávat přípravky, které obsahují hořčík v podobě fosfátů a chloridů, jelikož oxidy hořčíku jsou hůře stravitelné (Raydmont et al., 2013). Běžně v praxi je hořčík přidáván právě ve formě oxidu hořečnatého nebo síranu hořečnatého do komplexních krmiv či jsou vhodně namíchány do suplementů (Holder, 2019).

Vstřebávání hořčíku z potravy probíhá z převážné většiny v tenkém střevě. V případě nadměrného příjmu může docházet ke vstřebávání navíc v tlustém střevě (Raydmont et al., 2013). Exkrece přebytečného množství probíhá skrz trus a malé množství se vylučuje močí. Kvantum vyloučeného hořčíku močí záleží na jeho koncentraci v krevní plazmě (Jelínek et al., 2003). Ztráty potem jsou velmi nízké a nehrají roli v denní potřebě (Raydmont et al., 2013).

2.1.6 Chlór

Chlór je látka, která je obsažena v podobě iontů v mnoha důležitých procesech v metabolismu a celém organismu zvířat. V těle koně je obsažen zhruba z 0,1-0,18 % (Jelínek et al., 2003). Těmto procentům odpovídá zhruba 0,7 g/kg živé hmotnosti dospělého jedince (Doubek et al., 2014). Koňmi je přijímán v podobě chloridových iontů, které jsou v různé míře obsaženy v krmivu. Zhruba pouhých 0,05 % je obsaženo v kukuřici a sojovém šrotu, naopak velké množství až 3 % nalezneme v melase. Nejběžněji je koním dávkován v podobě chloridu sodného v minerálních solích (NRC, 2007).

Díky jeho extracelulárnímu i intracelulárnímu výskytu se podílí na stabilitě osmotického tlaku a celkové homeostáze organismu. V žaludku se podílí na tvorbě kyseliny chlorovodíkové, nezbytné pro správné trávení. Další významné koncentrace se nachází v nervové soustavě, kde je nejen součástí nervové tkáně, ale i mozkomíšního moku. Co se týče oběhové soustavy, zde se chlorové ionty vyskytují především v krevní plazmě. V erythrocytech je jeho množství velmi nízké.

Asi nejdůležitější je samotná acidobazická rovnováha. Na té se podílí společně s ionty sodíku, draslíku a bikarbonátu. K narušení stálého stavu může docházet kvůli nedostatečnému příjmu iontů potravou, zvracením či průjmem, dále poruchou tvorby kyseliny chlorovodíkové či při narušení vstřebávání ve střevě. Pokud nastane nedostatek chloridových iontů, nahrazují je bikarbonáty a dochází k tak zvané metabolické hypochloremické alkalóze.

Nedostatek chloru, hypochloremie, je stav, ke kterému dochází sekundárně vlivem nedostatku draslíku. Společně tak definují Cushingův syndrom. S primárním nedostatkem chloru se u zvířat mnohdy nesetkáme.

Nadbytek chloru v krevní plazmě je výjimečný a je spojen s nesprávnou činností ledvin, kterými se normálně vylučuje. Samotný nadbytek z potravy je řešen zvýšeným příjmem sodíku a draslíku. (Jelínek et al., 2003). Dále mohou za zvýšený obsah chloru edémy, onemocnění jater či poruchy srdce. (Doubek et al., 2014)

2.1.7 Síra

Síra je nenahraditelnou strukturální složkou aminokyselin metioninu a cysteinu. Důležitou roli hraje při formování spojů v bílkovině keratinu, který zajišťuje pevnost kopyt. Síra je tak v největší koncentraci v těle koní zastoupená právě v kopytech. Metabolismus síry je blízce svázán s metabolismem dusíku, a tak se musí brát zřetel na jejich poměr v krmné dávce, který by měl být ideálně 1:14,5.

V koňském těle by mělo být ideální zastoupení síry 1,49 g/kg živé hmotnosti. Optimální denní příjem byl stanoven na 18,6 mg/kg živé hmotnosti. U sportovních koní dochází vlivem zátěže k rozkladu proteinů s obsahem síry, jako je například glutathion peroxidáza, a proto je nutné navýšit síru v krmné dávce (Raymond et al., 2013).

2.2 Mikroprvky

Mikroprvky neboli stopové prvky jsou esenciální složkou v těle všech organismů a rostlin. Jejich obsah se pohybuje v řádů nižší jak 1g/kg sušiny. Místem pro vstřebávání těchto látek z potravy je tenké střevo, žaludek, slepé střevo a tračník. Naopak vylučování přebytečného množství je zajištěno exkrementy a močí (kobalt, selen, jod), plus u koní potem, jelikož mají po celém těle velké množství potních žláz. (Doubek et al., 2014)

2.2.1 Železo

Železo je z velké části obsaženo v organismu koní v krvi, kde je součástí struktury hemoglobinu, a dále ve svalech vázaného v myoglobinu. Dalším důležitým místem je slezina, kde dochází k rozkládání erytrocytů a uvolněné železo se vylučuje skrz žluč. Kdyby se uvolněné železo takto nevyloučilo, mohlo by se v organismu hromadit

a došlo by k oxidativnímu stresu (Raydmont et al., 2013). Již zmíněně je železo nezbytnou součástí hemoglobinu, myoglobinu a cytochromů. Právě díky němu dochází k transportu kyslíku v organismu zvířat. Jeho optimální zastoupení v těle dospělého koně dosahuje 33 g (National Research Council, 2007). Interakce železa je významná s mědí, hořčíkem, zinkem, kadmíem a kobaltem. Pokud je v krmné dávce nadměrné množství některého z těchto prvků, schopnost vstřebávat železo se snižuje. (Martin-Rosset, 2015). Naopak zajímavostí je, že pokud v krmné dávce je nedostatečné zastoupení železa, jeho vstřebatelnost se zvyšuje. (Liburt, 2017). Maximální denní příjem v krmné dávce byl vymezen na 500 mg/kg sušiny (NRC, 2005).

Železo najdeme nejvíce zastoupené ve vojtěškových nebo řepných řízcích. Naopak oves ho obsahuje málo (NRC, 2007). Pokud má kůň přístup ke kvalitnímu senu a pastvě, postačí mu tento příjem železa k dosažení doporučeného denního příjmu (Holder, 2018). Bylo zjištěno, že kvalitní seno obsahuje průměrně 207-250 mg/Fe/kg (NRC, 2007). Vysoké zastoupení a dobrá stravitelnost je způsobená tím, že je zde železo uloženo ve formě feritinu, což je zásobní látka bílkovinného charakteru a slouží k ukládání zásobního železa pro erytrocyty. Přijaté železo v krmivu je nejprve aktivováno na aktivní formu v žaludku, působením kyselého prostředí. Hlavní vstřebávání se následně odehrává až v tenkém střevě (Raydmont et al., 2013).

U sportovních koní jsou nároky na železo větší z důvodu nižší životnosti erytrocytů. Ovšem opět by se za normálních okolností měl splnit požadovaný denní příjem pouze z přidělené dávky sena (Raydmont et al., 2013).

Při nedostatečném příjmu, který není u koní tak běžný, může docházet k chudokrevnosti (anémii). Ta je ovšem častěji způsobená ztrátou krve. Nadbytek nebyl u koní zaznamenán. U sportovních koní se pouhých 0,6 % železa dostává z těla ven potem. Toto množství je tak zanedbatelné (NRC, 2007).

2.2.2 Mangan

Mangan je jeden z mála prozkoumaných mikroprvků u koní. Jeho zastoupení je spojováno se vstřebáváním karbohydrátů a lipidů, kde působí jako kofaktor pro potřebné enzymy. Významně se podílí na vzniku a formování chrupavčité tkáně, a to díky jeho roli v syntéze chondroitin sulfátu, který je pro vznik chrupavek v těle nezbytný (Martin-Rosset, 2015). Projevy nedostatku nebo toxicity nebyly u koní zatím zaznamenány ani prozkoumány a vychází se z poznatků jiných hospodářských

zvířat, kdy při nedostatku dochází k nesprávnému vývoji chrupavek a tedy poruchám při vývoji kostry.

Optimální denní příjem manganu byl stanoven pro dospělého koně na 400-500 mg, což odpovídá stanovenému množství 40 mg/Mn/kg sušiny krmiva. Píce obsahuje průměrně 40-140 mg/Mn/kg sušiny, což by mělo stačit na denní optimální příjem. Nižší obsah manganu se pak nachází v koncentrovaných krmivech, kde je obsah 15-45 mg/Mn/kg sušiny.

U koní v zátěži bylo zjištěno, že dochází ke snížení vstřebatelnosti manganu, a proto je složité určit přesný potřebný příjem tohoto prvku (NRC, 2007). Zároveň ovšem nebylo zjištěno, že by kůň v pravidelné zátěži potřeboval větší podíl manganu v krmné dávce (Raydmont et al., 2013).

2.2.3 Měď

Měď je prvek, který i přes své zastoupení v pastvě, je přijímán v nedostatečném množství a je doporučeno ho přidávat koním skrz koncentrované krmivo (Thunes, 2020). Má na starosti mnoho důležitých úkonů v organismu a v nejvyšší koncentraci je zastoupen v mozku, ledvinách a játrech (Belli et al., 2021). Je zodpovědný za funkci mnoha enzymů, jako je například enzym ferroportin, který ovlivňuje hladinu železa v krvi. Dalším enzymem spojeným s mědí je cytochrom c oxidáza, který se podílí na aktivitě enzymu spojeného s tvorbou energie v mitochondriích. Pokud dojde k nedostatku mědi, naruší se tvorba této buněčné energie a může to mít dopad na celkový výkon koně (Thunes, 2020). Toxicita není běžná díky velmi dobře řízené homeostáze (Collins a Klevay, 2011). Svou roli zastává i při správném formování kosterní soustavy ve spojení s pojivovými tkáněmi, kolagenem a elastinem. Dalším sledovaným prvkem u koní ve spojení s mědí je tvorba kožního barviva melaninu (NRC, 2007). V nervové soustavě se podílí na vedení nervového vzruchu a také se účastní syntézy bílkovin. V metabolismu na sebe navzájem působí s vápníkem a železem při vstřebávání a jeho antagonistou je zinek (Martin-Rosset, 2015). Měď a zinek jsou také kofaktory pro enzym superoxid dizmutázu, která se podílí, jako přírodní antioxidant na odstraňování nadměrného množství volných radikálů při zvýšené zátěži koně. Není ještě jisté, jak přesně reaguje tento enzym na krátkodobou a dlouhodobou zátěž a ani nebyly stanovené doposud žádné výživové parametry (Wagner et al., 2010). Nadměrný příjem vede k ukládání mědi v tkáních, především v játrech, a volné ionty mědi mohou narušovat strukturu buněk, což způsobí

oxidativní stres. Vylučován je z 50 % skrz žluč, zbytek vylučovací soustavou (Belli et al., 2021).

V krmné dávce by se měl hlídat poměr zinku a mědi, který by měl být 1:3-5. Denní hodnota příjmu pro koně byla stanovena na 100 mg, ovšem pro sportovní koně byl navýšen na 120 mg. Jelikož již zmíněná pastva či seno obsahují nízkou hladinu tohoto prvku, přibližně 10 mg/kg, je třeba doplňovat měď v podobě suplementů, případě skrz komplexní vyvážené krmné směsi (NRC, 2007).

Nové výzkumy a poznatky zavádí používání nanotechnologií spojené s výživou a léky u koní. Jedním z dalších využití jsou přípravy na srst a hřívu, které jsou speciálně u sportovních koní využívány, jelikož se často při soutěžích hledí i na vzhled. Nanočástice mědi a dále pak zinku nalezneme v přípravcích určených ke zlepšení lesku srsti díky jejich efektivnímu a snadnému vstřebávání skrz kůži. Výsledkem je zářivější srst až případná lehká změna zbarvení. Dalším použitím může být přidání těchto nanočástic mědi a zinku do krmení, kde napomáhají k udržení tmavého zbarvení srsti tím, že zabráňují zesvětlení vlivem slunečního záření. Toto se využívá především u vraníků (Reddy et al., 2020).

2.2.4 Kobalt

Hlavní funkcí kobaltu je role kofaktoru pro syntézu vitamínu B₁₂ (Martin-Rosset, 2015). Bylo zjištěno, že kobalt, přidávaný ve formě krmného doplňku, má za důsledek navýšení koncentrace vitamínu B₁₂ v krevním séru i ve výkalech (NRC, 2007).

Minimální denní dávka kobaltu pro dospělého koně byla stanovena na 0,5 mg. Koně obvykle přijímají kobalt v píci, kde je ho dostatek, a tak nepotřebují dodatečné suplementy. Největší zastoupení je v jeteli. Obsah prvku v plodinách závisí na jeho obsahu v půdě a běžně se pohybuje v rozmezí 0,005-0,6 mg/Co/kg sušiny (NRC, 2007).

Nedostatek kobaltu u koní nebyl za normálních podmínek zaznamenán, ale kdyby k jeho snížení došlo, znamenalo by to snížení syntézy vitamínu B₁₂ a tedy omezení jeho funkcí v organismu. Toxicita nebyla opět při správném krmení zaznamenána a hladina maximálního denního příjmu kobaltu byla stanovena na 25 mg/kg sušiny. V tomto směru stále probíhají výzkumy, jelikož bylo zjištěno využívání toho prvku u sportovních koní, které bylo odhaleno při kontrolách dopingu s mnohonásobně vyšším obsahem kobaltu v krvi (NRC, 2007). Kobalt byl u koní

zkoumán na jeho účinky a zvýšenou tvorbu červených krvinek. Následně se tyto znalosti použily u lidí ke zlepšení výkonů atletů. V minulém desetiletí byly odhaleny případy zneužívání kobaltu u sportovních koní právě za zlepšením výkonu, který nebyl ovšem potvrzen. Díky jeho dobré akumulaci v těle, která může trvat až 33 dní, bylo odhaleno ze vzorků krve jeho nadměrné použití. Na toto zjištění následoval pokus na pěti klisnách teplokrevného typu, kterým byl podáván nitrožilně chlorid kobaltnatý v dávkách 0,25, 0,5, 1, 2 a 4 mg/kg živé hmotnosti. Z tohoto pokusu bylo zjištěno, že koně dostávající 1 a více mg této látky projevovaly jeho toxicitu v organismu. Projevy byly zvýšený tlak, zvýšená frekvence srdečního tepu a celkový neklid. Bylo tedy shledáno, že dlouhodobé užívání nadbytku kobaltu vede k srdečním potížím, které by mohly vyústit až úhynem koně (Liburt, 2018).

2.2.5 Zinek

Zinek je prvek, který se překvapivě nachází v největší koncentraci v cévnatce a duhovce oka. Ve středním zastoupení bychom ho pak nelezli v kůži, játrech, kostech a svalovině (NRC, 2007). Funguje jako kofaktor enzymů pro vstřebávání proteinů a karbohydrátů (Martin-Rosset, 2015). Celkově se podílí na aktivaci až 200 enzymů a díky tomu má širokou škálu zastoupení v celém organismu (Holder, 2018).

Krmivo obsahuje variabilní zastoupení zinku a obvykle má spojitost s jeho obsahem v půdě. Běžně obsahuje seno a pastva zinek v rozmezí 15-45 mg na kilogram sušiny. Stanovený optimální příjem pro rekreační koně je 400 mg denně a u sportovních to bylo navýšeno na 500 mg. Díky velké variabilitě v krmení je doporučené zinek dodávat ještě ve formě krmných doplňků (NRC, 2007). Se zinkem se velmi často už počítá při výrobě komplexních krmných směsí, kam je preventivně přidáván, a proto je důležité si propočítat v jakém množství přidat případné doplňky. U zinku se sleduje především jeho množství k zastoupení mědi, jelikož se navzájem ovlivňují. Avšak studie tuto skutečnost zatím plně neprokázaly. Nadměrný příjem zinku snižuje vstřebávání mědi, ale není jisté, zda je to tím, že v metabolismu probíhá vstřebávání obou prvků stejně, nebo se změny dějí až po prvotním vstřebání (Holder, 2018).

Zajímavostí zinku je jeho vstřebatelnost, která se snižuje po fyzické zátěži koně na 14 %. Naopak při klidovém režimu je vstřebávání až 25 % (NRC, 2007).

2.2.6 Jód

Jód je stavební součástí hemoglobinu a podílí se tedy na transportu kyslíku. Jeho významné množství se nachází ve štítné žláze, kde se podílí na syntéze hormonů, trijodtyroninu a tetrajodtyroninu. Tyto hormony se například podílí na zvýšení aktivity enzymu glutathion peroxidázy, pokud je nedostatečný příjem selenu potravou (Martin-Rosset, 2015). Tyto hormony zastávají dále důležité funkce při regulaci buněk, jejich diferenciaci a tedy i diferenciaci tkáně a celkového růstu jedince. Pokud příjem jódu klesne tak nízko, že se nemohou tyto hormony dostatečně syntetizovat, dochází ke zvětšování těchto žláz a na venek je to viditelné jako tzv. struma (Holder, 2018).

Denní příjem byl stanoven na 0,2 mg/kg sušiny. Jeho obsah je vyšší v objemném krmivu, kde je v rozmezí 0,1-0,3 mg/kg sušiny. V menší míře je zastoupen v koncentrovaném krmivu, kde je obsaženo maximálně v hodnotě 0,2 mg/kg sušiny. Nejvhodnějším krmivem na doplnění jódu jsou řepné řízky nebo melasa, kde je jeho obsah v rozmezí 1-3 mg/kg sušiny (Martin-Rosset, 2015). Velmi často se setkáváme s nedostatečným zastoupením jódu už v plodinách způsobeného nedostatkem tohoto prvku v půdě (Holder, 2018; Richards et al., 2021). Nejjednodušší cestou k dodání jódu koním je ve formě soli. Velmi oblíbené je koním podávat sůl v podobě solných lizů, ke kterým mají libovolný přístup. Často výrobci kompletních krmných směsí tento prvek přidávají do svých krmiv, pokud vědí, že se na jejich území s nedostatkem jódu v půdě potýkají (Holder, 2018).

Denní optimální příjem byl stanoven na 3,5-4,5 mg pro dospělého koně. Pro koně ve vysoké zátěži je vhodnější přidávat prvek více (NRC, 2007).

Již zmíněné zvětšení štítné žlázy může být znakem jak nedostatku, tak ale toxicity. Dalšími klinickými příznaky nedostatku je letargie (chorobná spavost), zhoršený stav srsti a hřívy, nechutenství a problémy s adaptací na chlad. Toxicita bývá často spojená s nesprávným podáváním krmných doplňků a jejími projevy je celková větší náchylnost k nemocem, chronické dýchací problémy, teplota, výtok z očí a z nozder. Obvykle pro dostatečný příjem stačí ovšem krmení kvalitní pící a případně zmíněná minerální sůl (Liburt, 2017).

2.2.7 Fluór

Fluór, jako prvek obsažený především v kostní tkáni a zubech, je důležitý pro vývoj jedince, ale jeho důležitost a role pro každodenní fungování dospělého koně nebyly

ještě plně prozkoumány. Byla stanovena pouze maximální výše denního příjmu a tou je 40 mg/kg sušiny. Optimální hladina stanovena nebyla, ale je očividné, že bude nízká, jelikož píce obsahuje pouhých 2-16 mg/kg sušiny a zrna obilnin dokonce ještě méně, pouhých 1-3 mg. I přes to tyto zdroje potravy stačí na pokrytí každodenních potřeb jedince (NRC, 2007). Pozor by se měl dávat na obsah fluóru ve vodě. Pokud by zde byla zjištěna zvýšená hladina, musel by se příjem potravinou snížit, aby nedošlo k toxicitě (Holder, 2018). Nedostatek fluóru tedy nebyl u koní nijak zaznamenán, naopak toxicita je možná a projevuje se fluorózou, pro kterou jsou na venek typické skvrny na zubní sklovině. Dalším projevem toxicity může být léze kostí a kulhání (NRC, 2007; McKeever et al., 2020).

Nejnovějšími poznatky ve světě sportu koní je pozitronová tomografie, která využívá právě fluóru ve formě fluóru sodného. Ten je v této metodě podáván a slouží jako indikátor při skenování končetin. Fluór je přirozeně obsažený v kostech, ale více se hromadí a tedy i ukáže na rentgenovém snímku tam, kde je jeho zvýšená koncentrace. Ta je typická pro místa se zvýšeným metabolismem, kde se mohou dít netypické změny pro danou tkáň. To by mohlo indikovat vznikající problém a podchytit ho ještě dřív, než dojde k viditelné změně, která by už byla viditelná na běžném rentgenu (Oke, 2022).

2.2.8 Selen

Selen je velmi sledovaný prvek v koňské výživě. Zastává funkci antioxidantu a je kofaktorem vitamínu E. Selen se nachází ve štítné žláze, kde se podílí na metabolismu enzymu trijodtyroninu (Martin-Rosset, 2015). Dále zastává funkce spojené například s imunitou (Holder, 2017).

Jeho hlavní úloha je ovšem sledována právě v jeho roli antioxidantu (Holder, 2017). Antioxidanty slouží k navázání volných radikálů v organismu a ty přemění na méně škodlivé sloučeniny (Garcia et al., 2022). Bylo zjištěno, že je esenciální složkou některých enzymů, především glutathion peroxidázy. Dosud bylo objeveno více jak 25 tzv. selenoenzymů v organismu zvířat.

Koně přijímají selen primárně z pastvy a sena. Do sena a pastvy se selen dostává z půdy, kde ovšem musí být dostatečné množství a vhodné pH. Jsou oblasti, kde se však nachází selenu v půdě málo, a zde je nutné jeho dodání skrz suplementy v podobě organických selenových kvasnic nebo anorganického seleničitanu sodného. Obvykle je jeden z těchto zdrojů přidáván do komplexních krmných směsí, ale stále

se počítá s příjmem ze sena a trávy, a proto je třeba správně dávkovat koncentrované krmivo (Holder, 2017). Obvyklé množství v běžně krmeném objemném či koncentrovaném krmivu se pohybuje mezi 0,001-0,3 mg/kg sušiny (Liburt, 2019).

Pro koně v rekreaci byla stanovena minimální doporučená denní dávka 1 mg. Pro koně v intenzivní sportovní zátěži bylo toto doporučení navýšeno na 1,25 mg/den. Celkově byla stanovena dávka 3 mg denně jako bezpečná, a tak některá krmiva určená pro koně ve vysoké zátěži obsahují selen blížící se této hodnotě (NRC, 2007). Je to způsobeno především jeho funkcí antioxidantu a vlivem regenerace svalových buněk po fyzické zátěži.

Projevem nedostatku selenu je celkové oslabení jedince, zhoršení pohybu, problémy spojené s dýchací soustavou, zhoršení srdeční činnosti a problémy s polykáním. V praxi se můžeme vždy nejprve setkat se ztrátou srsti a především zhoršením kvality kopyt. Naopak toxicita může údajně způsobit slepotu. Dalšími projevy je pocení, bolestivost břicha až kolika, průjem, zvýšení srdeční a dechové frekvence a v nejhorším případě je možná i smrt. Jako smrtící dávka byla pro koně stanovena 3,3 mg selenu na kilogram živé hmotnosti jedince. Takže například pro koně vážícího 500 kg je letální dávka 1.650 mg selenu (Liburt, 2019).

3 Vitamíny

Vitamíny jsou z chemického hlediska řazeny mezi nízkomolekulární organické sloučeniny nezbytné pro život. V těle mají nezastupitelnou funkci a nachází se zde buď volně, fosforylované nebo vázané na bílkoviny. Krom vitamínů rostlinného a mikrobiálního původu jsou i méně zastoupené vitamíny, které jsou tvořené v těle z provitaminů.

Struktura molekul je pro tuto skupinu látek velmi charakteristická a jen při její malé změně dochází k funkčním změnám v aktivitě, které mohou mít až antagonistické účinky. Díky své přirozeně vysoké aktivitě není třeba vysokého množství v těle a pohybuje se tak v řádech miligramů. Jejich potřebu ovlivňuje velké množství faktorů působících na jedince. Je to například plemeno, pohlaví, věk, fyziologický stav, podmínky chovu zvířete a schopnost organismu vůbec vitamín přijímat, tvořit a zpracovávat ho.

Zvířecí organismus potřebuje ke své správné funkci všechny vitamíny, ale jen ty, které jsou nepostradatelnými biokatalyzátory a tělo si je neumí samo vyrobit, se označují vitamíny. Jejich nedostatek se značí jako primární či sekundární avitaminóza. Primární avitaminóza je stav, kdy zvíře dlouhodobě nepřijímá dostatek vitamínu a dojde k vyvolání nemoci typické pro danou sloučeninu (Jelínek et al., 2003). Tento stav může nastat, pokud je kůň krměn jen objemným krmivem. Ten totiž ve většině případů neobsahuje dostatečné zastoupení jak vitamínů, tak ani minerálních látek (Harris a Sheperd, 2021). Sekundární avitaminóza je spojená s neschopností využít daný vitamín, i když ho přijímá v dostatečném množství. Další z narušení správné funkce organismu může být snížení či úplné narušení funkce vitamínu tzv. antivitaminy. „Mohou to být enzymy rozkládající vitamíny (askorbát oxidáza, peroxidáza, tiamináza), látky, které tvoří s vitamíny nevyužitelné komplexy (avidin), případně tzv. kompetitivní inhibitory, tj. látky, které vzhledem k podobné chemické struktuře mohou zaujmout místo vitamínů v biologických systémech, nejsou však schopny plnit jejich úlohu (sulfonamidy, antibiotika, dikumarol)“ (Jelínek et al., 2003).

3.1 Vitamíny rozpustné v tucích

Tabulka 3.1: Klasifikace vitamínů (Jelínek et al., 2003)

Označení písmeny	Chemický název	Triviální název
A ₁	Retinol	Axeroftol, antiinfekční v., antixerofthalmický vitamin
A ₂	Dehydroretinol	Axeroftol ₂
D ₂	Ergokalciferon	Antirachitický vitamin
D ₃	Cholekalciferon	Antirachitický vitamin
E	Tokotrienol	Tokoferol, antisterilní vitamin
K ₁	Fylochinon	Antihemoragický, koagulační vitamin
K ₂	Farnochinon	Antihemoragický, koagulační vitamin
Koenzymy Q	Ubichinony	Ubichinony

3.1.1 Vitamín A

Retinol je vitamín, který je lidmi běžně spojován především se správnou funkcí zraku a toto tvrzení nemá daleko k pravdě. Skutečně se jeho funkce promítá ve správném fungování zraku, ale specificky je to za šera a tmy. Zastává ovšem mnoho dalších funkcí, jako je zachovávání správné funkce buněk v těle, podílí se na reakci imunitního systému na infekce nebo na správném vývoji kosterní a svalové tkáně (Manthe a Youngs, 2013).

Vitamín A vzniká z provitamínu Betakarotenu, který je tvořen v rostlinách a koňmi tak přijímán. K přeměně v trávicím traktu koně slouží enzym, který způsobí hydrolýzu, ovšem u koní je tento enzym velmi málo aktivní, a proto je nutné dodávat vitamín pravidelně v krmné dávce. (Martin-Rosset, 2015)

Jeho nedostatek u koní můžeme vypožorovat z vnějších změn vzhledu, jako je zhoršení kvality srsti, výtok z očí, problémy s orientací za šera, hubnutí a průjem. Dále může docházet k vnitřním poruchám jako je infekce pohlavních nebo dýchacích cest a může také dojít k narušení správného vývoje kosterní a svalové tkáně (Manthe a Youngs, 2013). Nadbytek vitamínů A je pro koně horší, než jeho nedostatek, protože umí být v nadměrném množství toxický a způsobovat různé zdravotní problémy (Crandell, 1998). Při zvýšené hladině dochází k oslabení kostí a při

extrémním navýšení můžeme u koní pozorovat apatický stav, ztrátu srsti a v horších případech deformaci kostí či případnou smrt. O těchto vážných klinických projevech lze ovšem hovořit při předávkování až 1000 krát větší, než je stanovená denní norma (Crandell, 1998). K takovéto toxicitě tak dochází velmi vzácně, většinou nesprávným krmením a častější je u koní právě nedostatek (Manthe a Youngs, 2013).

Diagnostikou jsou krevní rozbor, kdy při vysoké intoxikaci je zvýšená hladina až 6 krát, oproti normě. Dalším diagnostickým znakem může být snížený počet červených krvinek či nízká hladina cholesterolu, který je potřebný k metabolismu dalších látek (Crandell, 1998).

Díky jeho toxicitě proběhl výzkum, zda i provitamin vitamínu A, karoten, může způsobovat potíže, jelikož je běžně obsažený v mrkvi, kterou jsou koně často odměňováni. Ukázalo se, že organismus si umí sám poradit a sníží aktivitu enzymu, který se podílí právě na přeměně karotenu ve vitamin A (Crandell, 1998). Dalším přírodním zdrojem je čerstvá pastva. Adekvátní denní příjem byl stanoven na 18,000 IU na dospělého jedince (NRC, 2007).

3.1.2 Vitamín D

Vitamín D má dvě hlavní formy a to D₃ a D₂. Cholekalciferol, D₃ forma, je tvořen v epitelu pokožky koní v reakci na sluneční záření a následně je pomocí lymfatického a krevního řečiště transportován do jater. Zde se po proběhnutí biochemických reakcí teprve stává aktivní a vrací se zpět do krve. Ergokalciferol, forma D₂, je naopak tvořena v rostlinách opět díky reakci na sluneční záření, ale tento proces nastává až při posečení trávy a sušení na sluníčku (Hurst, E.A. et al., 2020; Crandell, 1998; Jäpelt a Jakobsen, 2013).

Optimální denní příjem je obvykle zajištěn pouhým pobytem ve výběhu, který je ovšem u sportovních koní mnohdy omezen, a pak je vhodné vitamín přidávat pomocí suplementů do krmné dávky. Optimální množství příjmu nebylo zatím přesně prozkoumáno a stanoven (Crandell, 1998). Jeho minimální příjem by se ale měl pohybovat okolo 3,960 IU na dospělého jedince (NRC, 2007).

Jeho významnou funkcí je podílení se na vstřebávání vápníku a fosforu v tenkém střevě. Není to ovšem tak zásadní, jako u ostatních hospodářských zvířat. Pokud dojde ke snížení jeho hodnoty v těle, sníží se vstřebávání obou minerálů, což může vést k metabolickým poruchám jako je výjimečně rachitis (křivice), nebo osteomalacie. Jedná se o poruchy spojené s mineralizací kostry. V posledních letech

se začalo diskutovat, že by vitamín D mohl hrát roli při zánětlivých onemocněních dýchacích cest, ovšem toto tvrzení nebylo zatím plně prozkoumáno ani potvrzeno.

Při tréninkové potažmo soutěžní zátěži dochází u kostí k přestavování jejich vnitřní struktury, tzn. přemodelování. K tomu je třeba vysoký příjem právě vápníku, fosforu a vitamínu D (Crandell, 1998).

3.1.3 Vitamín E

Vitamín E je pro koňský organismus esenciální složkou, jehož hlavní funkcí je boj proti volným radikálům, které mohou narušovat buněčné membrány nebo dokonce samotné buněčné organely. Z těchto důvodů hraje významnou roli například u rostoucích hříbat, březích klisen, ale hlavně je tato funkce významná u koní ve sportovní zátěži (Kane, 2009). Právě při fyzické aktivitě koňský organismus vyžaduje vyšší přísun kyslíku, navyšují se aerobní procesy v metabolismu a také se značně zvyšuje produkce volných radikálů. Nezbytný je proto dostatek antioxidantů k jejich zneškodnění (Winther et al., 2012).

Již zmíněně se jedná se o esenciální složku pro metabolismus, což znamená, že si ji koňský organismus neumí vyrobit sám a potřebuje ji tedy přijímat z krmiva. Vitamín E nalezneme v největší koncentraci v čerstvé trávě. Seno obsahuje díky sušení výrazně nižší procento. Jen první měsíc skladování po usušení klesne hladina o 50 %. S ročním obdobím se mění skladba krmné dávky. V zimě, bez možnosti krmení čerstvou trávou, dochází ke snížení koncentrace vitamínu E v plazmě koní. Při krmení v jarním a letním období, kdy roste čerstvá tráva, je v plazmě nárůst hladiny (Finno a Valberg, 2012). Vzhledem k nejistotě příjmu čerstvé trávy majitelé často svým koním přidávají vitamín E v podobě krmných suplementů. Ovšem z výzkumu bylo zjištěno, že přírodní vitamín E je lépe využitelný, jak ten syntetický, a proto se majitelům doporučuje vybírat krmný doplněk tak, aby obsahoval přírodní zdroje tohoto vitamínu (Kane, 2009).

Jako antioxidant zastává již zmíněnou funkci zabraňující narušování buněčných membrán a dále zlepšuje hormonální a buněčnou imunitu. Volné radikály se vyskytují přirozeně v organismu. Vznikají buď při normálním metabolismu z buněk, nebo patologicky při zranění či nemoci. Nepříznivé účinky mohou způsobovat řetězové reakce těchto radikálů, které vedou k narušování buněk a následnému oxidativnímu stresu u zvířete. Když tato řetězová reakce přemůže schopnost organismu si poradit s volnými radikály, může docházet k nevratným změnám

v tkáních až narušovat samotný život zvířete. Z nejnovějšího výzkumu vyplývá, že tato porucha může mít spojitost s revmatoidní artritidou, rakovinou či srdečními poruchami nejen u zvířat, ale i u lidí.

Klinické příznaky nedostatku vitamínu E se projevují různě, ale nejběžnější je degenerativní proces kosterní a srdeční svaloviny. Výjimečně můžeme tento proces sledovat i na svalovině jazyka.

Hladinu vitamínu E určujeme dle hladiny alfa-tokoferolu z krevní plazmy nebo séra. Nízká hladina této látky je prvním signálem snížení hladiny vitamínu v organismu. Denní požadavky na příjem se pohybují v řádu 600 IU pro dospělého jedince (NRC, 2007).

3.1.4 Vitamín K

Vitamín K, který je především spojovaný s procesem srážení krve, má ovšem mnoho dalších důležitých funkcí v organismu (Crandell, 1998). Je katalyzátorem velkého množství enzymů a dále se podílí na tvorbě kostní tkáně nebo na udržování optimálního stavu cév (Manthe a Youngs, 2013).

Koně mohou tento vitamín získávat ve třech formách. První je vitamín K₂ (menachinon), který je tvořen v tenkém střevě působením přítomných střevních mikrobů. Ihned po vytvoření jsou zde pasivní cestou vstřebávány k dalšímu využití. Zatím nebylo objasněno, jak velké množství je touto cestou produkováno. Druhou formou je rostlinný vitamín K₁ (fylochinon), který je tedy vytvářen v rostlinách a přijímán skrz potravu, následně vstřebáván v tenkém střevě. Zajímavostí je, že se tento vitamín může po krátký čas ukládat v játrech a v případě nedostatku se tak využívat. Třetím je syntetická forma K₃, která je dodávána formou suplementů do krmné dávky koní a po přijmutí se v těle syntetizuje v aktivní formu.

Obvykle kůň, který dostává adekvátní dávku sena či pastvy přijímá dostatečné množství vitamínu. Dalším dobrým rostlinným zdrojem je poté vojtěška. Zátěž při tréninku koní by neměla dle dosavadních zdrojů mít roli na hladinu vitamínu.

Vstřebávání vitamínu může ovlivnit i zdravotní stav koně. Typickým příkladem jsou žaludeční vředy, které snižují vstřebávací schopnost tohoto vitamínu. Pokud dojde k velkému poklesu, nastávají problémy se srážením krve. Naopak zvýšená hladina vede k hemolýze, rozpadu červených krvinek (NRC, 2007; Crandell, 1998; Doubek, 2014).

3.1.5 Koenzym Q

Ubichinony jsou nejméně probádanou skupinou látek. Díky jejich činnosti dochází k transportu elektronů v mitochondriích. Nejběžněji se u nich využívá označení koenzym Q s číselným indexem, který znázorňuje počet navázaných skupin. Příkladem je koenzym Q₁₀, který se nachází v tkáních savců (Jelínek et al., 2003).

3.2 Vitamíny rozpustné ve vodě

Tabulka 3.2: Klasifikace vitamínů (Jelínek et al., 2003)

Označení písmeny	Chemický název	Triviální název
B ₁	Tiamin	Aneurin
B ₂	Riboflavin	Riboflavin (laktoflavin)
B ₅	Kyselina pantotenová	Kyselina pantotenová
B ₆	Pyridoxol, pyridoxal, pyridoxamin	Pyridoxal, adermin
PP	Nikotinamid	Niacin, antipelargický vitamin
H	Biotin	Biotin, antiseborhoický vitamin
	Kyseliny pteroylglutamová	Kyselina listová (folacin)
B ₁₂	Kobalamin	cyanokobalamin, antianemický faktor
P	Biflavonoid	Antipermeabilní vitamin, biflavonoid, citrin
B ₄	Trimetyletanolamin	cholin
C	Kyselina L-askorbová	Kyselina askorbová, antiskorbutický vitamin

3.2.1 Vitamíny skupiny B

Vitamíny skupiny B hrají nezastupitelnou roli v tělním metabolismu. Jejich funkce je spojená především s metabolismem bílkovin, sacharidů a lipidů. Dále mají svou roli v činnosti nadledvin, nervové soustavy, štítné žlázy a žláz pohlavních. Koně jsou na rozdíl od přežvýkavců s bachorem odkázáni na příjem těchto vitamínů striktně z krmiva (NRC, 2007).

Vitamín B₁, thiamin, zastává velkou škálu funkcí v organismu, mezi které patří vstřebávání tuků a lipidů, nebo fungování nervové soustavy (Manthe a Youngs, (2013). U koní ve sportovní zátěži, kteří dostávají energetická krmiva, tento vitamín potřebují ke vstřebávání přijaté energetické složky (Nielsen, 2001). Jeho nedostatek není u koní běžný stejně jako nadbytek. Aby u koní došlo k toxicitě, musela by být přijata dávka 1000 krát větší, než je stanovená denní norma (Manthe a Youngs, 2013). Pokud by došlo ke snížení hladiny v těle, začalo by se to projevovat postupnou ztrátou hmotnosti, dále by se mohly v různé míře objevovat svalové záškuby a nastaly by celkové problémy s koordinací pohybového aparátu. Bylo zjištěno, že v tračníku tlustého střeva umí mikroorganismy tvořit syntetický thiamin. Jistá výhoda to je, ovšem tato tvorba není dostatečná k zachování všech funkcí v organismu. Jeho nenahraditelné zastoupení je proto v krmivu. Významné množství obsahují zrna kukuřice, ovsa či ječmene. Častým přidávaným zdrojem do krmení koní jsou pivovarské kvasnice. Denní příjem thiaminu by se měl pohybovat u koní s průměrnou hmotností (600 kg) kolem 36 mg. (National Research Council, 2007).

Vitamín B₂, riboflavin, se podílí na produkci energie ve formě ATP (adenosintrifosfát), která je potřebná pro metabolické procesy. Dále se podílí na metabolismu lipidů. Všechny jeho funkce jsou důležité ke správnému okysličení tkání během intenzivního tréninku. Změny ve zdravotním stavu koní vlivem nadbytku, nebo nedostatku vitamínu nebyly zaznamenány (Manthe a Youngs, 2013; National Research Council, 2007).

Vitamín B₅, kyselina pantotenová, krom běžných funkcí typickými pro skupinu vitamínů B, je navíc součástí koenzymu A, který zastává důležitou roli v Krebsově cyklu. Toxicita či nedostatek nebyly u koní zaregistrovány a tedy nebyla stanovena ani optimální hladina denního příjmu (Manthe a Youngs, 2013; National Research Council, 2007).

Vitamín B₆, pyridoxal, se uplatňuje především při syntéze a degradaci aminokyselin. Ani u tohoto vitamínu nebyla zaznamenána toxicita, či nedostatek. Denní norma se pohybuje kolem 4 mg/100 kg živé hmotnosti koně. Přírodným a dostačujícím zdrojem je čerstvá pastva (Manthe a Youngs, 2013).

Vitamín B₁₂, kobalamin, není jako jediný z této skupiny přijímán koňmi potravou, ale je tvořen mikroorganismy ve střevě. K této syntéze je nutný stopový prvek kobalt. Hlavní funkcí kobalaminu je tvorba hemoglobinu a podílí se na syntéze DNA. V játrech dochází k jeho krátkodobému ukládání, odkud může být v případě

potřeby uvolňován. Jeho denní požadavek by měl být zhruba 50-70 mg/100kg živé hmotnosti koně (Manthe a Youngs, 2013; NRC, 2007).

3.2.2 Vitamín PP

Niacin zastává jako u ostatních zvířat roli při metabolismu energie. Podílí se na tvorbě důležitého koenzymu NAD (nikotinamidadeninukleotid) a NADP (nikotinamidadeninukleotidfosfát), kteří zastávají důležité funkce v oxidačně-redukčních reakcích v metabolismu. Toxicita ani nedostatek tohoto vitamínu nebyly u koní zaznamenány.

Výborným zdrojem niacinu je sója, vojtěška či dobře usušené seno, které má velký obsah Bojínku lučního (Manthe a Youngs, 2013).

Denní norma byla stanovena na 10-15 mg/100 kg živé hmotnosti koně (Crandall, 1998; Manthe a Youngs, 2013).

3.2.3 Vitamín H

Vitamín H, biotin, je součástí mnoha enzymů, ale především se na něj u koní soustředíme ve spojení s jeho působením v kopytech, kde je důležitý pro jejich správný růst a pevnost rohoviny. Nedostatek biotinu tak většinou zpozorujeme na špatném stavu kopyt zvířete, který se může projevat praskáním, lámáním či pomalým růstem. Toxicita u tohoto vitamínu nebyla u koní zaznamenána. Obvykle je koním denně dodáváno 10-30 mg v krmné dávce. Množství nebylo ovšem ještě oficiálně ustáleno. Dle Crandalla (1998) by měl kůň přijímat 200 mg na 100 kg své váhy. Výborným přirozeným zdrojem je vojtěška, ječmen či sója v různé podobě (Manthe a Youngs, 2013; NRC, 2007).

3.2.4 Vitamín C

Vitamín C, chemickým názvem kyselina askorbová, patří do skupiny neenzymatických antioxidantů a z této skupiny je právě on v nejvyšším zastoupení v krvi (Paciolla, 2019). Přirozeně je u koní tvořen v játrech, a proto za normálních okolností nedochází k nedostatku tohoto vitamínu. Pro koně nebylo zatím definováno optimální množství, které by měl jedinec v těle obsahovat (Martin-Rosset, 2015).

Jeho funkcemi v organismu je boj proti volným radikálům jako antioxidant, dále se podílí na tvorbě několika aminokyselin a na syntéze kolagenu. U sportovních koní

je vhodné díky intenzivní zátěži podávat suplementy obsahující vitamín C společně s vitamínem E, aby se snížil vliv oxidačního stresu a nedocházelo k rozkladu enzymů ve svalové tkáni (Williams, 2010).

K nedostatku vitamínu díky zmíněné tvorbě v játrech běžně nedochází, s tímto stavem se můžeme vzácně setkat u koní nad 20 let věku či u nemocných jedinců.

Při zvýšené hladině v krvi nebyly zjištěny žádné negativní účinky na organismus koně (Manthe a Youngs, (2013).

4 Doporučení pro praxi

Krmení v praxi se u koní řídí mnoha faktory. Nejprve se musí určit, jak bude kůň jezdecky využíván, jak často bude týdně trénován, dále jeho denní přístup na pastvu a čeho se krmnou dávkou chce docílit. V ideálním případě by bylo nejprve vhodné udělat rozboru sena, aby byl znám obsah minerálních látek a vitamínů v sušině. Podobně je tomu i u pastvy. Na základě těchto informací bychom měli balancovat koncentrované krmivo. I přes tento rozbor píče ovšem nikdo nemůže zaručit, že každý balík sena z různých částí luk se nebude mírně lišit ve složení.

Koncentrovaná krmiva se vybírají se zaměřením, aby koni dodávala dostatek energie pro sportovní výkon, dále aby obsahovala všechny potřebné látky pro tvorbu a regeneraci svalové a pojivové tkáně. Zde je na výběr buďto z jednotlivých krmiv, nebo je možnost vybrat komplexní krmnou směs od různých výrobců, které mají tu výhodu, že je zde předem vybalancovaný poměr jednotlivých komponentů.

Na co by se u sportovních koní nemělo zapomínat, jsou elektrolyty. Díky větší zátěži se u sportovních koní vyplavují ionty z těla potem. Je tedy běžné je dodávat do krmných směsí, anebo jsou zde opět konkrétní suplementy. Je zde i možnost podání minerálních solí, kde ovšem není přesný přehled, kolik toho denně kůň přijme. Třetí možností je přidání elektrolytů do vody. V tomto případě by měl mít kůň na výběr z vody obohacené na elektrolyty a vody normální, jelikož často vody s elektrolyty díky chuti nevypije tolik a mohlo by docházet k dehydrataci. Dalším důležitým suplementem jsou kloubní doplňky, které samozřejmě též obsahují minerální látky a vitamíny a i s nimi a jejich množstvím či poměrem se musí počítat v celkové krmné dávce.

V neposlední řadě se mnohdy zapomíná na to, že po závodech kůň vydá spoustu energie a je nutné zpětně doplnit zásoby vydaného glykogenu. Je tedy vhodné krmit krmivem, co obsahuje větší podíl tuku a vlákniny a opět zde hrají roli elektrolyty, které napomáhají celému procesu. Dále je doporučeno přidávat po sportovním výkonu do krmení antioxidanty, které přispějí k lepší regeneraci svalové tkáně.

Nejvhodnější je konzultace s odborníkem na výživu koní, či existují programy, které vám po zadání jednotlivých krmiv a suplementů vypočítají, zda je krmivo vyvážené. Krmivo by mělo být vždy správně vybalancováno, protože nejen že můžeme koni uškodit, ale také zbytečně vyhazujeme peníze za doplňky, které nepotřebuje nebo nevstřebá a stejně je vylučuje z těla.

V tabulce níže je uveden příklad krmné dávky pro koně ve střední sportovní zátěži. Vždy je dobré, aby měl kůň přístup ke kvalitnímu senu a nehladověl déle, jak 5 hodin.

Tabulka 4.1: Denní krmná dávka (Mišková, 2022)

Ranní krmná dávka	množství
mačkaný oves	500 g
minerální doplněk	30 g
Večerní krmná dávka	
sladový květ	500 g
směs MÜSLI	1000 g
minerální doplněk	30 g
doplněk s elektrolyty	50 g
kloubní výživa	100 g
Po celý den (dávkováno)	
seno	12 kg

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat literární rešerši na téma Správný poměr minerálních látek a vitamínů v krmné dávce při tréninkové zátěži parkurového koně. Minerální látky a jejich správný poměr je klíčem k udržení zdravého koně. Správná a vyvážená strava se o to více hlídá u sportovně využívaných koní, kteří mají často mírně navýšené požadavky oproti těm rekreačním. Tyto látky se až na výjimky, vitamíny skupiny B, vyskytují přirozeně v rostlinách. Díky různému managementu a různorodé zátěži koně mnohdy tyto přirozené zdroje nestačí k plnohodnotnému příjmu. Koním se tyto prvky povětšinou dodávají skrz krmivo, komplexní směsi a suplementy jednotlivých prvků či jejich skupin. Velmi důležité je hlídat nejen správné množství jednotlivých látek, ale i jejich poměr. Metabolické procesy vstřebávání těchto prvků jsou často obdobné pro více zástupců a stačí narušení rovnováhy jednoho z prvků a může se narušit využití mnoha dalších. Příkladem může být nadměrný příjem zinku, který negativně ovlivní vstřebávání mědi a to vede k vyššímu příjmu železa a jeho toxicitě. Výzkumem bylo zjištěno, že lepší vstřebatelnost je u organických zdrojů, chelátových komplexů, kde dojde k navázání anorganického minerálu na organickou strukturu. Tyto organické sloučeniny mají více možností vstřebatelnosti v organismu, na rozdíl od anorganických zdrojů, které se v metabolismu často konkurují. Při tvoření krmné dávky pro koně je tedy důležité mít přehled o konkrétním obsahu jednotlivých složek krmiva a správně určit, kolik čeho dát. Jen ve zvláštních případech je dodáván jen čistě jeden samostatný minerál či vitamín. Výjimečně se to může stát například u vitamínu E a jedince s neurologickými problémy. V takovýchto případech je ovšem rozumná konzultace s veterinárním lékařem. Pokud chceme zjistit, zda koni něco ve výživě chybí, jsou hned tři cesty k dosažení této informace. Jedná se o krevní rozbor, rozbor z vlasového folikulu (u koní z hřívy), nebo rozbořem trusu.

Hlavním a důležitým pravidlem ale zůstává, že většinu látek si koně obstarají z píce a vždy je lepší odborná konzultace, než přidávat neuváženě minerální a vitamínové doplňky, kterými mnohdy můžeme naopak koni škodit a zbytečně zatížit jeho organismus nadbytečným příjmem a následným zvýšeným vylučováním.

Seznam použité literatury

Doubek, J. et al. (2014). *Přehled fyziologie I pro VFU Brno*. Ústav fyziologie Veterinární a farmaceutické univerzity, Brno. ISBN 978-80-260-6291-2.

Doubek, J. et al. (2014) *Přehled fyziologie II pro VFU Brno*. Tribun EU, Brno. ISBN 978-80-263-0799-0.

Frandsen, R. D. et al. (2009). *Anatomy and Physiology of Farm Animals*. Vyd. 7. John Wiley & Sons, New Jersey. ISBN: 978-08-138-1394-3.

Jelínek, P. et al. (2003). *Fyziologie hospodářských zvířat*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN 80-715-7644-1.

König, H. E. a Liebich, H. G. (2002). *Anatomie domácích savců 2*. Vyd. 1. Hajko a Hajková, Ružinov. ISBN 978-80-887-0057-9.

Lewis, L. D. (1996). *Feeding and care of the horse*. Blackwell Publishing, Vyd. 1. Ames, USA, 587 pp. ISBN 978-0-683-04967-1

Meyer, H. a Coenen, M. (2003). *Krmení koní: současné trendy ve výživě*. Vyd. 1. Ikar, Praha. ISBN 80-249-0264-8.

National Research Council (2007). *Nutrition Requirements of Horses: Sixth Revised Edition*. The National Academies Press, Washington DC. ISBN 97-803-0910-212-4.

Raymond, J. G. et al. (2013). *Equine Applied and Clinical Nutrition: Health, Welfare and Performance*. Elsevier Health Sciences, London. ISBN 978-07-020-3422-0.

Reece, W. O. (2011). *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada, Praha. ISBN 978-80-247-3282-4.

Martin-Rosset, W. et al. (2015). *Equine Nutrition: INRA nutrient requirements, recommended allowances and feed tables*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. ISBN 978-90-8686-237-5.

Citace kapitoly v knize

Crandell, K. (1998). Fat soluble vitamins and the performance horse. In: Pagan, J. D. (Ed.). *Advance in Equine Nutrition: Volume I*. Kentucky Equine Research Inc., Versailles, pp. 216-228. ISBN 1897676832.

Kane, E. (2009). Vitamin E: An essential nutrient for horses?. In: Pagan, J. D. (Ed.). *Advance in Equine Nutrition: Volume IV*. Kentucky Equine Research Inc., Nottingham, pp. 61-75. ISBN 978-1-904761-87-7.

Citace vědeckých publikací

Belli, C. B. et al. (2021). Copper Toxicity in Horses: Does it Exist?. *Journal of Equine Veterinary Science*, 106(23): 1-9.

Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103752>

Collins, J. F. a Klevay, L. M. (2011). Copper. *Advances in Nutrition*, 2(6): 520-522.

Dostupné z DOI: [10.3945/an.111.001222](https://doi.org/10.3945/an.111.001222)

Finno, C. J. a Valberg, S. J. (2012). A Comparative Review of Vitamin E and Associated Equine Disorders. *Journal of Veterinary Medicine*, 26(6): 1251-1266. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2012.00994.x>

Garcia, E. I. C. et al. (2022). Dietary Supplements of Vitamins E, C, and β -Carotene to Reduce Oxidative Stress in Horses: An Overview. *Journal of Equine Veterinary Science*, 110(19): 1-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.103863>

Harris, P. a Shepherd, M. (2021). What Would Be Good for All Veterinarians to Know About Equine Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 37(1): 1-20. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.11.001>

Hurst, E.A. et al. (2020). Vitamin D Metabolism and Profiling in Veterinary Species. *Metabolites*, 10(9): 371. Dostupné z DOI: [10.3390/metabo10090371](https://doi.org/10.3390/metabo10090371)

Jäpelt, R.B. a Jakobsen, J. (2013). Vitamin D in plants: A review of occurrence, analysis, and biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 4: 136.
Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00136>

Manthe, B. N. a Youngs, C. R. (2013). An Overview of Vitamin Requirements of the Domestic Horse. *Natural Sciences Education*, 42(1), 179-184. Dostupné z DOI: [10.4195/nse.2012.00002](https://doi.org/10.4195/nse.2012.00002)

McKeever, K. H. et al. (2020). Evaluation of cobalt as a performance enhancing drug (PED) in racehorses. *Comparative Exercise Physiology*, 16(4): 243-252. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/CEP200001>

Paciolla, C. et al. (2019). Vitamin C in Plants: From Functions to Biofortification. *Antioxidants*, 8(11): 519. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antiox8110519>

Reddy, P. R. K. et al. (2020) Applications, challenges, and strategies in the use of nanoparticles as feed additives in equine nutrition, *Veterinary World*, 13(8): 1685-1696. Dostupné z: [www.doi.org/10.14202/vetworld.2020.1685-1696](https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1685-1696)

Richards, N. et al. (2021). Nutritional and Nonnutritional Aspects of Forage. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 37(1): 43-61. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2020.12.002>

Wagner, E. L. et al. (2010). Copper, Zinc-Superoxide Dismutase Activity in Exercising Horses Fed Two Forms of Trace Mineral Supplements. *Journal of Equine Veterinary Science*, (30)1: 31-37. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.11.008>

Williams, C. A. (2010). Antioxidant supplementation to the exercising horse. *Rev Bras Zootec*, 39: 145-150. Dostupné z DOI: [10.1590/S1516-35982010001300017](https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300017)

Winther, K. et al. (2012). The absorption of natural vitamin C in horses and anti-oxidative capacity: a randomised, controlled study on trotters during a three-month intervention period. *Comparative Exercise Physiology*, 8.3-4 (2012): 195-201. Dostupné z: <https://doi.org/10.3920/CEP12006>

Citace webových zdrojů

Fowler, A. (2016). Phosphorus in My Horse's Diet: What is it Good For?. [online] The Horse [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://thehorse.com/16862/phosphorus-in-my-horses-diet-what-is-it-good-for/>

Holder, M. (2018). Mineral of the Month: Iron. [online] University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://equine.ca.uky.edu/news-story/mineral-month-iron>

Holder, M. (2018). Mineral of the Month: Fluorine [online] The Horse [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://thehorse.com/160099/mineral-of-the-month-fluorine/>

Holder, M. (2017). Trace mineral Basics: Manganese. [online] University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://equine.ca.uky.edu/news-story/mineral-month-manganese>

Holder, M. (2018). Mineral of the Month: Phosphorus. [online] The Horse [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://thehorse.com/162079/mineral-of-the-month-phosphorus/>

Holder, M. (2018). Mineral of the Month: Iodine. [online] University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://equine.ca.uky.edu/news-story/mineral-month-iodine>

Holder, M. (2018). Mineral of the Month: Zinc. [online] The Horse [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://thehorse.com/139436/mineral-of-the-month-zinc/>

Holder, M. (2017). Mineral of the Month: Selenium. [online] The Horse [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://thehorse.com/137170/mineral-of-the-month-selenium/>

Holder, M. (2019). Mineral of the Month: Magnesium. [online] The Horse [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://thehorse.com/168872/mineral-of-the-month-magnesium/>

Liburt, N. (2017). Trace Mineral Basics: Iron. [online] The Horse [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://thehorse.com/19843/trace-mineral-basics-iron/>

Liburt, N. (2019). Trace Mineral Basics: Selenium. [online] The Horse [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://thehorse.com/19727/trace-mineral-basics-selenium/>

Liburt, N. (2017). Trace Mineral Basics: Manganese. [online] The Horse [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://thehorse.com/19871/trace-mineral-basics-manganese/>

Liburt, N. (2017). Trace Mineral Basics: Iodine. [online] The Horse [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://thehorse.com/19791/trace-mineral-basics-iodine/>

Liburt, N. (2018). Trace Mineral Basics: Cobalt. [online] The Horse [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://thehorse.com/19824/trace-mineral-basics-cobalt/>

Oke, S. (2022). Standing PET versus Scintigraphy for Imaging the Fetlock. [online] The Horse [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://thehorse.com/1109075/standing-pet-versus-scintigraphy-for-imaging-the-fetlock/>

Thunes, C. (2020). Copper in Horse Diets: What Does it Do?. [online] The Horse [cit. 2022-03-22]. Dostupné z: <https://thehorse.com/168731/copper-in-horse-diets-what-does-it-do/>

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Biochemické parametry krve u koní využívaných ke sportu (Burlikowska et al., 2015).....	15
Tabulka 2.2: Koncentrace elektrolytů v plazmě a potu koní (g/l) (Lewis, 1996).....	18
Tabulka 3.1: Klasifikace vitamínů (Jelýnek et al., 2003).....	30
Tabulka 3.2: Klasifikace vitamínů (Jelýnek et al., 2003).....	34
Tabulka 4.1: Denní krmná dávka (Mišková, 2022).....	39

Seznam použitých zkratek

ADP	adenosindifosfát
ATP	adenosintrifosfát
Ca/kg	vápníku na kilogram
DNA	kyselina deoxyribonukleová
IU	mezinárodní jednotka
kg	kilogram
mg	miligram
mg/den	miligramů na den
mg/kg	miligram na jeden kilogram
mg/Co/kg	miligramů kobaltu na kilogram
mg/Fe/kg	miligramů železa na kilogram
mg/Mn/kg	miligramů manganu na kilogram
mg/100 kg	miligramů na sto kilogramů
NAD	nikotinamidadenindinukleotid
NADP	nikotinamidadenindinukleotidfosfát
NRC	National research council
