



SPOLEČNOST MLADÝCH AGRÁRNÍKŮ  
ČESKÉ REPUBLIKY

# MODERNÍ POZNATKY VE VÝŽIVĚ HOSPODÁŘSKÝCH A DOMÁCÍCH ZVÍŘAT

12/015/1310b/164/000099

**Nutriční požadavky sportovních koní**

Ing. Petra Jančíková



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova: Evropa investuje do venkovských oblastí

## 1 ÚVOD

Česká republika se způsobem života, kulturou, vzdělaností a bohatou historií řadí mezi vyspělé země Evropy. V "sektoru chovu koní" však není ve všech směrech konkurenceschopná. Strategickým cílem našich chovatelů by mělo být nejen zvyšování genetické hodnoty a výkonnosti koní, jejich cílevědomé rozmnožování a zachování genetické rozmanitosti, aby napomáhala konkurenční schopnosti na zahraničních trzích, ale i zajištění optimálních podmínek chovu, ošetřování a zejména odpovídající výživy.

Vysoký genetický potenciál koní, by měl motivovat chovatele k neustálému úsilí, vedoucímu k uspokojení nutričních požadavků, a to nejen v základních živinách, ale též ve vitaminových a minerálních složkách. V současných podmínkách chovu koní dochází v důsledku nevyvážené výživy k častým poruchám metabolismu a karencím minerálních látek, nezbytných pro fyziologickou činnost organismu, zajišťování dobrého zdravotního stavu, výkonnosti i reprodukce zvířat.

Nadefinování nutričních požadavků sportovních koní je základem pro sestavení krmných dávek odpovídajících výkonu zvířat. Splnění požadavků však musí respektovat fyziologii příjmu potravy a adaptaci trávicího traktu na poměrně rozdílný způsob krmení než tomu bylo u původních jedinců.

**Klíčová slova: kůň, výkon, potřeba, energie, makro- a mikroživiny, voda**

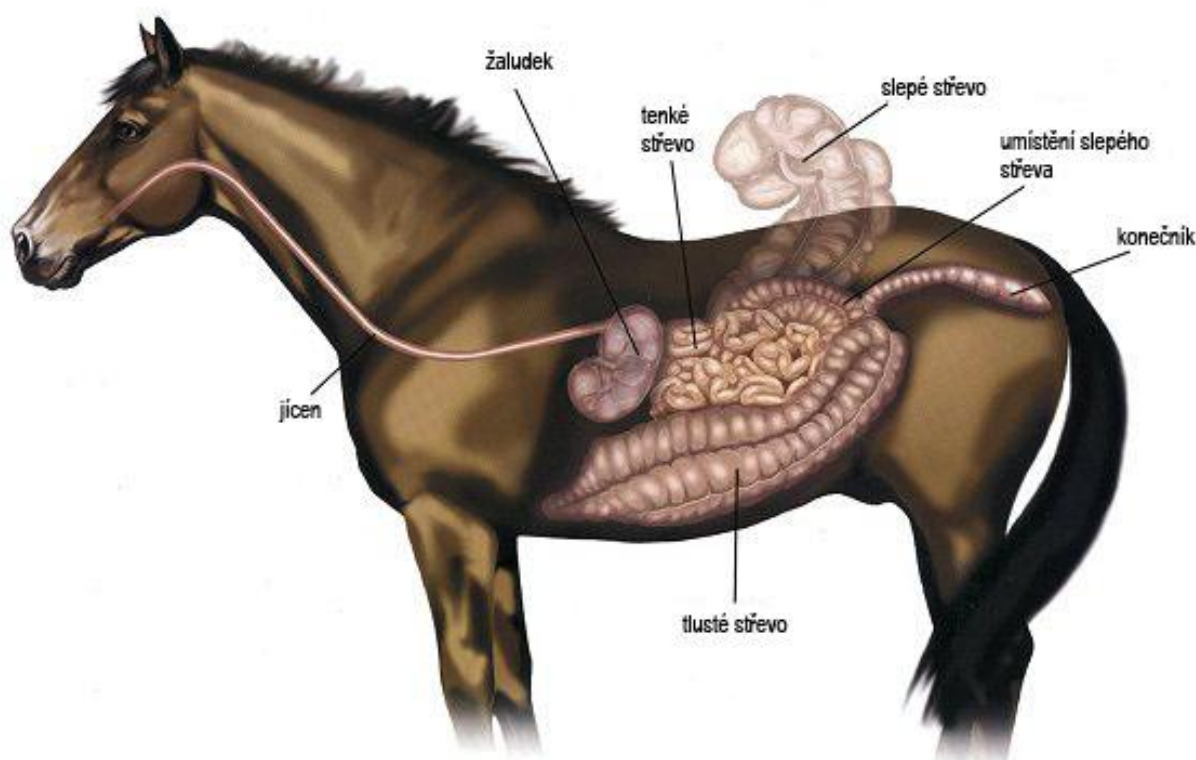
## 2 CÍL

Cílem této práce je nadefinovat nutriční potřeby sportovních koní a uvést ideální zdroje energie a dalších živin pro dosažení maximálního výkonu. Dále naznačit možnosti hodnocení účinnosti krmné dávky dle posouzení tělesné kondice.

### 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

#### 3.1 Trávicí ústrojí a fyziologie trávení u koní

Koně jsou klasifikováni jako nepřežvýkaví býložravci. Trávicí soustava koně zahrnuje ústrojí (obr. 1, tab. 1), umožňující existenci jedince, jeho vývoj, růst, rozmnožování i uplatnění produkčních schopností. Tato skutečnost vyžaduje stálý přísun látek k úhradě stavebních a energetických potřeb organismu. Přijatá potrava je po mechanickém zpracování podrobena trávicím procesům, kdy dochází k rozložení na základní stavební složky schopné přechodu do krve a lymfy (schéma 1). Nestrávené zbytky jsou ve formě výkalů vyloučeny z těla (KRESAN *et al.*, 1979).



Obr. 1 Schéma trávicího traktu koně (<http://www.animals-planet.estranky.cz>)

Tab. 1 Základní charakteristika trávicích orgánů (DUŠEK *et al.*, 1999; MEYER, 1995, ZEMAN *et al.*, 2005; KÖNIG a LIEBICH, 2007)

	Délka (m)	Objem (l)	pH	Pasáž krmiva
Jícen	až 1,5	–	–	10–15 sekund
Žaludek	–	5–15	5–6 v oblasti česla, klesá na 5,5–2,7 v oblasti fundu a pyloru	1–5 hodin, vyprazdňování začíná 15–60 minut po nakrmení
Tenké střevo	16–24	70	6–8	5–6 hodin
Slepé střevo	1	55	6	15–20 hodin
Tlusté střevo	6–8	130	6,5–7,5	18–36 hodin
Konečník	0,2–0,3	malý	6–6,5	1–2 hodiny



*Schéma 1 Trávení krmiva u koně (DUŠEK et al., 1999)*

K úpravě přijaté potravy na částice menší jak 1,6 mm dochází drcením na zubních ploškách (FRAPE, 2010). Zvětšení povrchu přijaté potravy umožňuje její snadnou chemickou a mikrobiální degradaci (REECE, 1998). Při příjmu krmiva nevyužívají koně zraku. V dutině ústní sousto potravy nejprve rozžvýkají a prosliní. Jedno sousto má hmotnost asi 10–20 g (DUŠEK et al., 1999). Denní produkce slin činí 20 až 40 l a závisí na konzistenci krmiva (JELÍNEK, KOUDELA et al., 2003). Čím sušší je potrava, tím více slin se vyloučí při kousání. Kůň žvýká krmivo delší dobu a mnohem dokonaleji než přežvýkavci. Zpracování jednoho sousta trvá 25–50 sekund (skot 15–25 sekund) a kůň při tom vykoná 30–60 žvýkacích pohybů. Na zpracování 1 kg sena potřebuje kůň 30–45 minut a spotřebuje při tom až 1/10 jeho energetické hodnoty (skot 8 minut). Příjem 1 kg zrna trvá 10–20 minut (tab. 2). Užší spodní čelist umožňuje žvýkat krmivo současně pouze na jedné straně. Strany mění v dlouhých intervalech, někdy i za 30–60 minut (JELÍNEK, KOUDELA et al., 2003).

Tab. 2 Čas potřebný na sežrání 1 kg krmiva dospělým zvířetem – 500 kg živé hmotnosti (ZEMAN *et al.*, 2005)

Krmivo	Forma úpravy	Doba žraní 1 kg krmiva v minutách
<b>Šťavnatá krmiva</b>		
Kukuřičná siláž		10
Tráva		13
Travní siláž		46
Vojtěšková siláž		46
<b>Objemná krmiva</b>		
Luční seno	Dlouhá stébla	40
	Dlouhá stébla bohatě olistěná	30
	Brikety	20
	Granule	10
Sláma	Dlouhá stébla	45
	Řezanka	40
<b>Krmné směsi</b>		
Oves	Celé zrna	10
Oves černý	Celé zrna granulované	7
Krmná směs	Granule 8 mm	10
Oves + 20% slaměné sečky		20
Oves + 20% řezanky sena		20

Koně nejsou fyziologicky schopni zvracet nebo krkat, příčinou je vstup jícnu do žaludku pod ostrým úhlem (LARDY a POLAND, 2001). V žaludku dochází k přechodnému uskladnění přijaté potravy, k její přípravě pro trávení a k vlastnímu trávení žaludeční šťávou (MARVAN *et al.*, 2003).

Žaludek koně je složitý jednokomorový, vakovitě protáhlý, silně zakřivený útvar (DUŠEK *et al.*, 1999). V přední části žaludku (bez žláznaté) nedochází k produkci žaludeční kyseliny (BENDER, 2000). Žláznatá sliznice žaludku produkuje nepřetržitě žaludeční šťávy (30 l/den) i při prázdném žaludku. Zvláštností u koně je nízký obsah kyseliny chlorovodíkové (0,14 %) v žaludeční šťávě, která má spíše zásadité až neutrální pH, a proto jsou v horní části žaludku dobré podmínky pro činnost mikroorganismů trávicích lehce rozpustné sacharidy. Největší část bílkovin se tráví ve fundu žaludku, kde žaludeční žlázy vylučují kyselinu chlorovodíkovou a pepsinogen (JELÍNEK, KOUDELA *et al.*, 2003).

Tenké střevo činí přibližně 28 % z celkového objemu trávicího traktu (SELLNOW, 2006). Hlavní funkce tenkého střeva je trávení, čili enzymatická destrukce přijatého materiálu a vstřebávání (KÖNIG a LIEBICH, 2007). Do tenkého střeva ústí vývody dvou důležitých orgánů – jater a pankreatu. Produkty těchto orgánů a sliznice tenkého střeva (žluč, pankreatická a střevní šťáva) jsou rozhodující při chemických přeměnách a tím i přímo pro využití všech živin z tenkého střeva. Tenké střevo sestává ze tří částí – dvanáctníku, lačnicku, kyčelníku. Z tenkého střeva proudí látky do krevního oběhu cestou miznicových cév (obcházející játra) a vrátничní žilou (DUŠEK *et al.*, 1999).

U nepřežvýkavých býložravců je velmi mohutně vyvinuté tlusté střevo, které má mnoho výdutí. Kromě chemického trávení potravy probíhá v tlustém střevě, stejně jako v předžaludku přežvýkavců, biologické trávení živin. Tlusté střevo má tři tvarově a funkčně odlišné části – slepé střevo, tračník a konečník (KRESAN *et al.*, 1979). Uspořádání tlustého střeva umožňuje zpracování nestrávené vlákniny a její přeměnění na mastné kyseliny, které organismus využívá jako doplňující energetický zdroj. Výtěžnost této činnosti je omezená, protože mikrobiální biomasa zde není tak početná jako u přežvýkavců, neboť v tenkém střevě dochází z 80–90 % k úplnému využití sacharidů potřebných pro výživu a rozmnožování bakterií (DUŠEK *et al.*, 1999). Obsah tlustého střeva se postupným vstřebáváním vody zahušťuje, dochází k hromadění kvasných a hnilobných produktů a původní zažitina nabývá charakteru výkalů. Složení, množství a konzistence výkalů závisí na přijímané potravě a průběhu trávicích procesů. Kůň vyprodukuje za den 15–23 kg výkalů (MIHOLOVÁ a LIPSKÝ, 1976). Kálení neboli defekace je složitý reflex, kdy se výkaly dostávají z koncových úseků tračníku z konečníku z těla ven. Frekvence kálení je u koní 5 až 10krát za den (REECE, 1998).

Zažívací aparát koně se po anatomické a fyziologické stránce vyvíjel u zvířat vedoucích relativně stálý život, kontinuálně přijímajících na vlákninu bohatá a škrob chudá krmiva (HOUP, 1990). Řada studií naznačuje zvýšené riziko vzniku gastrointestinálních onemocnění u sportovních koní v souvislosti se změnami výživy a rozdíly v chování moderních koňských atletů v porovnání s jejich divokými předky (DURHAM, 2007). Zvláště zvýšené riziko bylo nalezeno u některých plemen jako plnokrevní či arabští koně (COHEN *et al.*, 1999; TINKER *et al.*, 1997). Závodní výcvik souvisí s více než dvojnásobným rizikem vzniku kolikových onemocnění (KANEENE *et al.*, 1997), ať už v souvislosti s dehydratací a ztrátou elektrolytů (HILLYER, 2002), nebo neoptimálním složením krmné dávky a technikou krmení sportovních koní. V řadě studií byla také nalezena souvislost mezi zvýšenou zátěží u plnokrevných i teplokrevných, endurance, westernových i výstavních koní a výskytem žaludečních vředů (NIETO *et al.*, 2004; BERTONE, 2000; RABUFFO *et al.*, 2002).

### 3.2 Příjem krmiva a jeho regulace

Příjem sušiny krmné dávky (tab. 3) se u koní řídí jejich hmotností a lze jej orientačně odhadnout na 1,4–3,9 % (MEYER *et al.*, 1991) ze živé hmotnosti. Vyšší údaje platí pro koně záprahové, respektive pro mladší hříbata a nižší údaje pro koně jezdecké, dospělé nepracující koně (ZEMAN *et al.*, 2005).

Kapacita příjmu sušiny u koní je dána kapacitou trávicího traktu, koncentrací energie v krmné dávce, kvalitou krmiv a dalšími faktory. V průměru se pohybuje kolem 2 kg/100 kg živé hmotnosti (COENEN a VERVUERT, 1999; cit. ZEMAN et al., 2005). ZEMAN *et al.* (2005) naznačují následující příjem a předpokládaný podíl objemné a jaderné složky krmné dávky koní (tab. 4)

Tab. 3 Průměrný a maximální možný příjem sušiny u koní (údaje v % ze živé hmotnosti)

Průměrný příjem <sup>1)</sup>					
Plemena	Záchova	Práce	Růst (měsíc)		
			3.–6.	7.–12.	13.–24.
Malá	1,3–1,6	1,8–2,9	2,8–3,2	2,6–3,0	2,1–2,5
Střední	1,2–1,4	1,5–2,4	2,0–2,5	1,8–2,2	1,6–1,8
Velká	1,0–1,3	1,3–2,2	1,6–2,2	1,6–2,0	1,3–1,7
Maximální příjem <sup>2)</sup>					
Rasa	Záchova <sup>3)</sup>		Výkon, pohyb, laktace, růst <sup>4)</sup>		
Malá	2,5		3,5		
Střední	2,0		3,0		
Velká	1,5–2,0		2,5–3,0		

<sup>1)</sup> GEH (1994)

<sup>2)</sup> BOULOT (1987)

<sup>3)</sup> U hubených koní i více

<sup>4)</sup> Sající hříbata také více

Tab. 4 Orientační rozdělení příjmu objemného a jaderného krmiva (údaje v % ze živé hmotnosti)

	Příjem suchého krmiva z toho:		Celkový příjem sušiny  min – MAX
	objemné %	jaderné %	
<b>Koně rostoucí</b>			
3. měsíc	0,74	1,72	2,46 – 2,67
6. měsíc	0,80	1,49	2,29 – 2,48
12. měsíc	0,86	1,29	2,14 – 2,29
18. měsíc	0,88	1,07	1,95 – 2,07
24. měsíc	1,03	0,84	1,87 – 2,02
36. měsíc	1,50	0,08	1,58 – 1,65
<b>Koně pracující</b>			
práce lehká	1,40	0,50	1,90 – 1,98
práce středně těžká	1,30	0,91	2,21 – 2,31
práce těžká	1,20	1,33	2,53 – 2,64

**Poznámka č. 1:**

*Za jaderné krmivo považujeme i mléko klisny (přepočtené na suchou hmotu)*

**Poznámka č. 2:**

*Údaje o příjmu sušiny jsou jen orientační a musí být upraveny na základě konkrétních znalostí o zvířeti (plemeno, kondice, výživný stav, druh práce aj.), znalostí o krmivu (kvalita základních objemných krmiv, jaderných krmiv, minerálních a vitaminových přísad aj.) a znalostí o podmínkách prostředí kde se kůň chová (podestýlka, roční doba, počasí, klima aj.)*

**Poznámka č. 3:**

*V praktických podmínkách (když základem krmné dávky je průměrná až horší pastva nebo horší seno) se příjem sušiny zvyšuje až o 30 % oproti údajům uváděným v tabulce (ZEMAN et al., 2005).*

### 3.3 Energie

#### 3.3.1 *Potřeba energie*

Potřeba energie pro koně i její obsah v krmivech se udává v hodnotách stravitelné energie ( $SE_k$ ) vyjádřené v megajoulech (MJ). Stravitelná energie krmiva se zjišťuje v bilančních pokusech se zvířaty, a to buď metodou kvantitativního sledování množství přijatého krmiva a vyloučených exkrementů (klasická metoda), nebo metodou indikátorovou. Stravitelná energie se vypočte tak, že se od brutto energie krmiva, která se stanoví spálením vzorku v kalorimetru, odečte spalné teplo výkalů (ZELENKA a ZEMAN, 2006).

Hodnotu stravitelné energie krmiva lze také odhadnout z chemického složení krmiv dle rovnice (NRC, 1989):

Suché píce, pastva, pícniny zkrmované v čerstvém stavu:

$$SE \text{ (Mcal/kg)} = 4,22 - 0,11 \cdot (\%ADF) + 0,0332 \cdot (\%CP) + 0,00112 \cdot (\%ADF^2)$$

Energetická krmiva a proteinové doplňky:

$$SE \text{ (Mcal/kg)} = 4,07 - 0,055 \cdot (\%ADF)$$

Dle rovnice (PAGAN, 1998<sub>a</sub>):

$$SE \text{ (kcal/kg sušiny)} = 2,118 + 12,18 \cdot (\%CP) - 9,37 \cdot (\%ADF) - 3,83 \cdot (\%\text{hemicelulózy}) + 47,18 \cdot (\%\text{tuku}) + 20,35 \cdot (\%\text{nestrukturních sacharidů}) - 26,3 \cdot (\%\text{popela}); R^2 = 0,88$$

kde ADF = acidodetergentní vláknina, NDF = neutrodetergentní vláknina, CP = celkový protein, hemicelulóza = ADF – NDF a nestrukturní sacharidy =  $(100 - \%NDF - \%\text{tuku} - \%\text{popela} - \%CP)$ , 1 megakalorie (Mcal) odpovídá 4,184 MJ

##### 3.3.1.1 Energie na záchovu

Průměrná potřeba energie u dospělého koně je vyšší než u jiných hospodářských zvířat. Je to zřejmě způsobeno tím, že kůň potřebuje více energie na spontánní aktivitu než jiné druhy hospodářských zvířat.



NRC (1989) doporučuje potřebu energie pro koně krýt:

$$ZP \text{ SE v MJ/den} = 0,649 \cdot H^{0,75}$$

kde H = hmotnost koně

Tato teoretická rovnice byla podrobena kritice především v praxi (POTTER, 1987; cit. ZEMAN et al., 2005), protože se chovatelům zdálo, že navržená potřeba energie podle této rovnice byla pro poníky příliš nadhodnocena a pro výkonné plnokrevné koně byla záchovná potřeba příliš podhodnocena. Potřebu energie proto v roce 1986 prověřili PAGAN a HINTZ (1986); cit. ZEMAN et al. (2005) a navrhli novou rovnici (polynom 1. stupně), která lépe vyjadřuje záchovnou potřebu stravitelné energie pro koně:

$$ZP \text{ SE v Mcal/den} = 1,4 + 0,03 \cdot H$$

Norma potřeby pro koně navržená v Polsku (1991) doporučuje:

$$ZP \text{ SE v MJ/den} = 0,125 \cdot H$$

V Německu:

$$ZP \text{ SE v MJ/den} = 0,6 \cdot H^{0,75}$$

Dle ZEMANA *et al.* (2005):

$$ZPE \text{ (MJ/den)} = H^{0,75} \cdot (0,552 + (0,0002 \cdot H) )$$

kde ZP = záchovná potřeba, SE = stravitelná energie, ZPE = záchovná potřeba energie,  $H^{0,75}$  = metabolická velikost těla, H = hmotnost koně (kg)

### 3.3.1.2 Energie na produkci

Výše energetických požadavků u pracujících koní je podmíněna mnoha faktory, hlavně typem práce a pracovní intenzitou. Energetickou potřebu sportovních koní nelze porovnávat s potřebou tažných koní, neboť vykonávají odlišný typ svalové práce. Dále záleží na intenzitě a délce trvání práce, kondici a tréninku koně, schopnostech a živé hmotnosti jezdce, na stupni únavy a na teplotě prostředí. Normování potřeby energie pro práci se provádí na podkladě převodu práce na tepelnou energii. V praktických podmínkách se

účinnost energie pohybuje okolo 25 % a je nižší než teoretická, která se pohybuje mezi 30–40 % (DUŠEK *et al.*, 1999). Z tabulky 5 vyplývá rozdílná energetická potřeba pro jednotlivé typy práce (MEYER, 1995; ZEMAN *et al.*, 2005).

Tab. 5 Potřeba energie na práci koní

Zátěž	Rychlost pohybu km/hod <sup>1)</sup>	Potřeba MJ SEk na 100 kg živé hmotnosti <sup>2)</sup>	
		na kilometr	na hodinu
<b>Krok</b>			
krátký	3	0,15	0,7
rychlý	5	0,18	1,0
<b>Klus</b>			
lehký, krátký	12	0,23	2,7
střední	15	0,27	4,0
prodloužený/krátký cval	18	0,32	5,7
<b>Cval</b>			
střední	21	0,39	8,1
prodloužený	30	0,55	
<b>Trysk</b>	55	až 4,00 <sup>3)</sup>	

<sup>1)</sup> koně 400–600 kg ž. hm.

<sup>2)</sup> kůň a jezdec

<sup>3)</sup> nepřímý odhad na základě příjmu energie dle ZUNT a HAGEMANN (1898); JACKSON a BAKER (1983); PAGAN a HINTZ (1986); cit. ZEMAN *et al.* (2005)

**Poznámka:**

Koeficient využití stravitelné energie na svalovou práci se pohybuje okolo 0,25–0,30.

Dle DUŠKA *et al.* (1999) lze také potřebu energie pro sportovní a dostihové koně vyjádřit jako procentický přídavek SEk nad záchovu (tab. 6).

Tab. 6 Orientační potřeba energie na práci koní

Tréninkové zatížení	Záchova %	Potřeba energie v % záchovy	
		práce	celkem
<b>Malé</b>	100	5–20	105–120
<b>Střední</b>	100	21–40	121–140
<b>Intenzivní</b>	100	41–60	141–160
<b>Velmi intenzivní</b>	100	nad 60	nad 160

Podobně je uváděno rozdělení 4 typů práce v NRC (2007). Kde potřeby stravitelné energie, pro koně v kategorii lehce, středně, těžce a velmi těžce pracujících, vycházejí z následujících rovnic:

Lehká práce:

$$SE \text{ (Mcal/d)} = (0,0333 \cdot H) \cdot 1,20$$

Střední práce:

$$SE \text{ (Mcal/d)} = (0,0333 \cdot H) \cdot 1,40$$

Těžká práce:

$$SE \text{ (Mcal/d)} = (0,0333 \cdot H) \cdot 1,60$$

Velmi těžká práce:

$$SE \text{ (Mcal/d)} = (0,0363 \cdot H) \cdot 1,90$$

Tabulka 7 poskytuje odhady týdenního pracovního zatížení pro všechny kategorie.

Tab. 7 Příklady pracovního zatížení u koní v lehké, střední, těžké a velmi těžké práci (NRC, 2007)

Kategorie	Průměrná tepová frekvence	Popis	Typ soutěže
<b>Lehká</b>	80 tepů/min	1–3 hodiny za týden; 40% krok, 50% klus, 10% cval	rekreační ježdění počátek tréninkového programu přehlídky koní (občasné)
<b>Střední</b>	90 tepů/min	3–5 hodin za týden; 30% krok, 55% klus, 10% cval, 5% nízké skákání, další dovednostní práce	školní koně rekreační ježdění přehlídky koní (časté) polo rančerské práce
<b>Těžká</b>	110 tepů/min	4–5 hodin za týden; 20% krok, 50% klus, 15% cval, 15% trysk, skákání, jiná dovednostní práce	rančerské práce polo přehlídky koní (časté, namáhavé akce) nízká- střední úroveň všestrannosti závodní trénink (střední úrovně)
<b>Velmi těžká</b>	110–150 tepů/min	Různé; rozmezí od 1 hodiny za týden rychlé práce až po 6–12 hodin za týden pomalé práce	závody/dostihy (quarterů, anglických plnokrevníků, standardních plemen, endurance) elitní třídenní závody

Výpočty potřeby energie pro pracující koně (ZEMAN *et al.*, 2005).

Příklad č. 1 Kůň nesoucí jezdce a pohybující se lehkým klusem

<b>Vstupní data</b> hmotnost koně hmotnost jezdce lehký klus celková doba potřeba	500 kg 67 kg včetně postrojů 10 km/hod 2 hodiny 2,5 MJ SEk/hod/100 kg
<b>Záchovná potřeba</b> ZPE (SEk v MJ) ZPE (SEk v MJ) ZPE (SEk v MJ)	$= H^{0,75} \cdot (0,552 + (0,0002 \cdot H))$ $= 105,75 \cdot 0,652$ $= \mathbf{68,95}$
<b>Potřeba pro koně (+zátěž) při lehkém klusu</b>	$= ((500 + 67) / 100) \cdot 2,5 \cdot 2$ $= \mathbf{28,35 \text{ MJ SEk}}$
<b>Potřeba celkem na den</b>	$= 68,95 + 28,35$ $= \mathbf{97,3 \text{ MJ SEk}}$

Příklad č. 2 Sportovní kůň s majitelem na projížděce

<b>Vstupní data</b> hmotnost koně hmotnost jezdce střední klus celková doba potřeba	480 kg 85 kg včetně postrojů 17 km/hod 90 minut 0,27 MJ SEk/km/100 kg
<b>Záchovná potřeba</b> ZPE (SEk v MJ) ZPE (SEk v MJ) <b>ZPE (SEk v MJ)</b>	$= H^{0,75} \cdot (0,552 + (0,0002 \cdot H))$ $= 102,55 \cdot 0,648$ $= \mathbf{66,45}$
<b>Potřeba pro koně (+zátěž) při středním klusu</b>	$= ((480 + 85) / 100) \cdot (0,27 \cdot 17) \cdot (90 / 60)$ $= 5,65 \cdot 4,59 \cdot 1,5$ $= \mathbf{38,90 \text{ MJ SEk}}$
<b>Potřeba celkem na den</b>	$= 66,45 + 38,90$ $= \mathbf{105,35 \text{ MJ SEk}}$

Příklad č. 3 Kůň nese jezdce a pohybuje se střídavě cvalem, klusem a krokem

<b>Vstupní data</b> hmotnost koně hmotnost jezdce lehký klus doba lehkého klusu potřeba SEk pro klus střední cval doba středního cvalu potřeba SEk pro cval rychlý krok doba rychlého kroku potřeba SEk pro krok	515 kg 70 kg včetně postrojů 12 km/hod 30 minut 2,7 MJ/hod/100 kg 21 km/hod 10 min 8,1 MJ/hod/100kg 5,5 km/hod 60 min 1,0 MJ/hod/100 kg
<b>Záchovná potřeba</b> ZPE (SEk v MJ) ZPE (SEk v MJ) <b>ZPE (SEk v MJ)</b>	$= H^{0,75} \cdot (0,552 + (0,0002 \cdot H))$ $= 108,11 \cdot 0,655$ $= \mathbf{70,81}$
Potřeba pro koně (+zátěž) při lehkém klusu	$= ((515 + 70) / 100) \cdot (30 / 60) \cdot 2,7$ $= \mathbf{7,90 \text{ MJ SEk}}$
středním cvalu	$= ((515 + 70) / 100) \cdot (10 / 60) \cdot 8,1$ $= \mathbf{7,90 \text{ MJ SEk}}$
rychlém kroku	$= ((515 + 70) / 100) \cdot (60 / 60) \cdot 1,0$ $= \mathbf{5,85 \text{ MJ SEk}}$
<b>Potřeba na práci celkem</b>	$= \mathbf{21,65 \text{ MJ SEk}}$
<b>Potřeba celkem na den</b>	$= 70,81 + 21,65$ $= \mathbf{92,46 \text{ MJ SEk}}$

### 3.3.2 Energetická bilance

Energie jako taková se neřadí mezi živiny, ale uvolňuje se při jejich katabolismu. Katabolismus sestává z několika systémů enzymových reakcí, které tvoří u všech živin 3 fáze (schéma 2). V **první etapě** jsou složité molekuly živin (sacharidy, lipidy, bílkoviny) většinou makromolekulového charakteru štěpeny na své stavební jednotky. Toto štěpení je anaerobní a bez jakéhokoli zisku energie, probíhá v gastrointestinálním systému, hovoříme o trávení. Z tisíců různých látek přijímaných organismem vzniká několik desítek různých nízkomolekulových sloučenin.

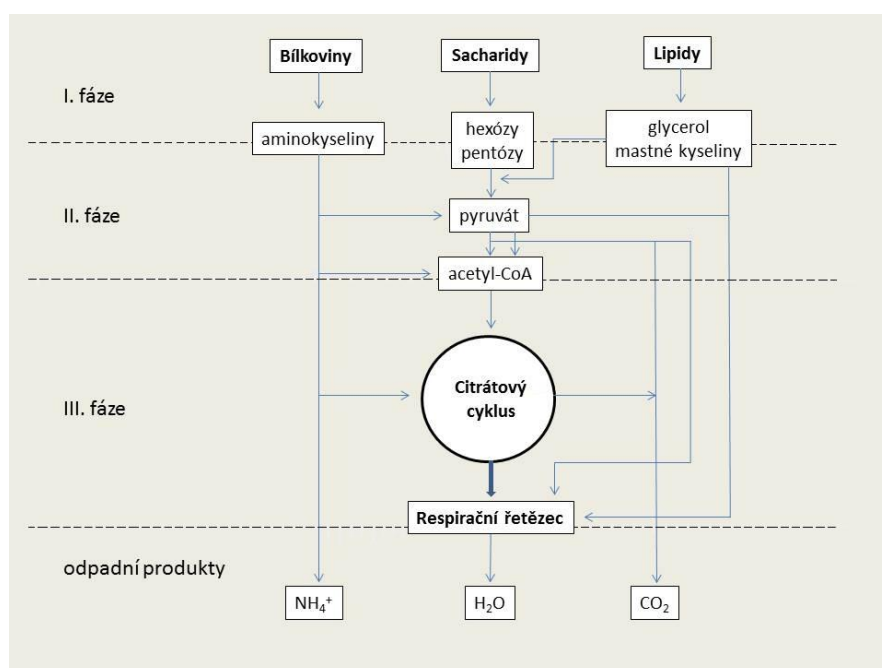
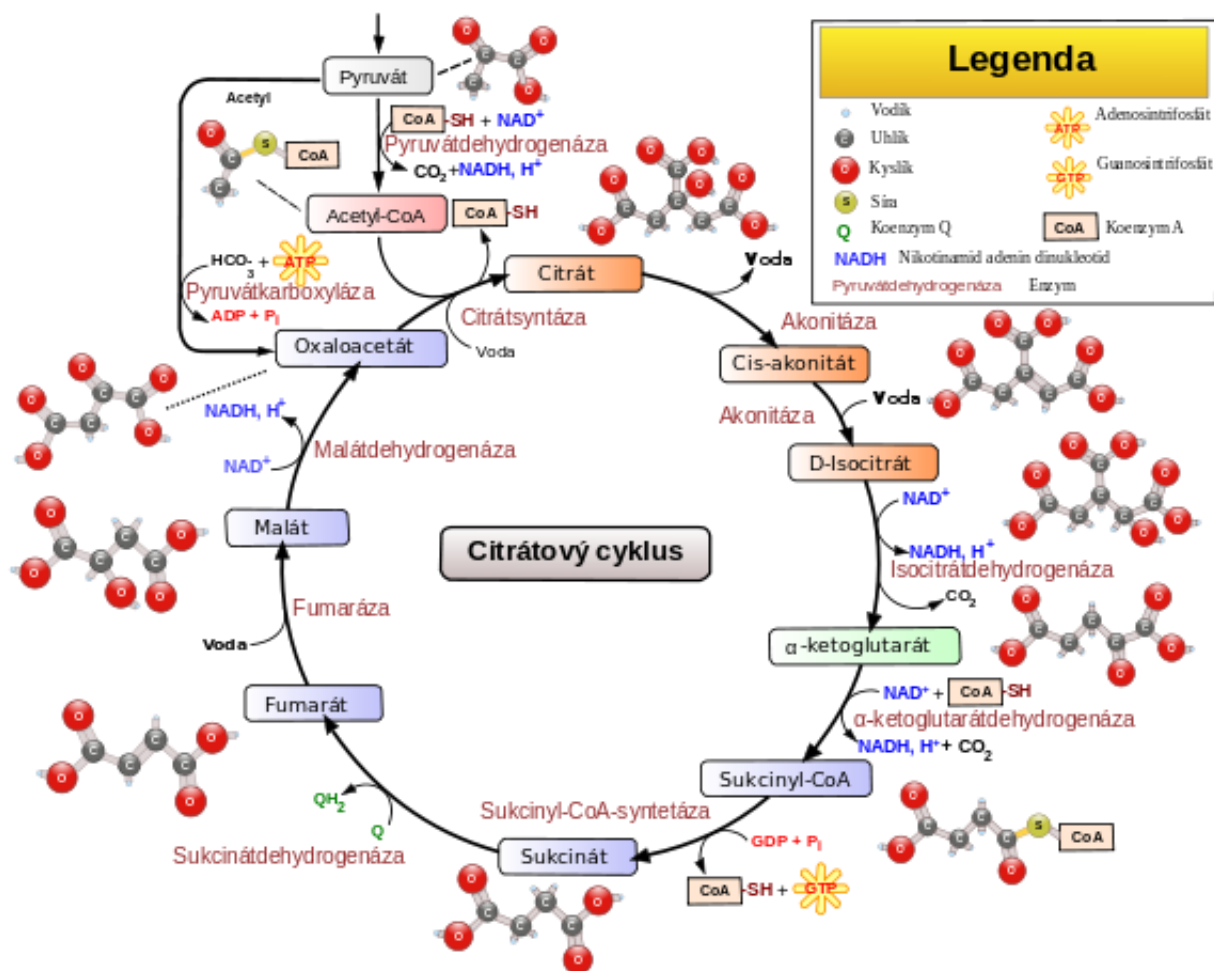


Schéma 2 Katabolismus aerobních organismů (ZEHNÁLEK, 2003)

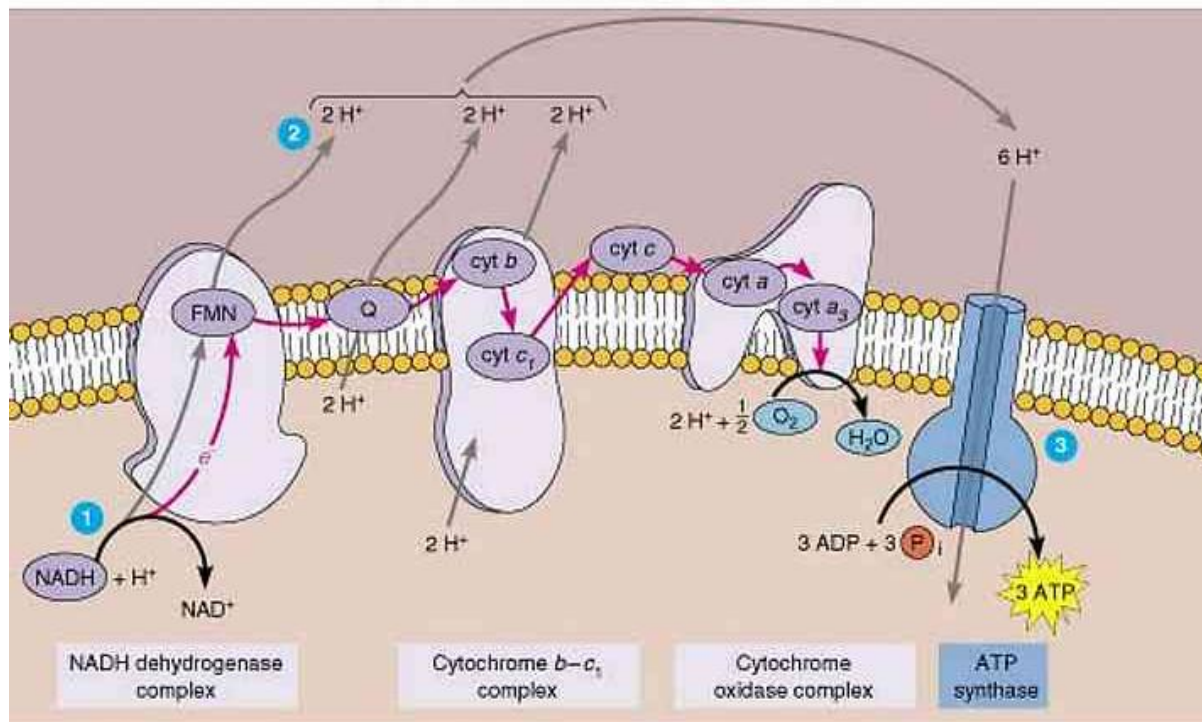
Ve **druhé fázi** katabolismu je těchto několik desítek sloučenin odbouráváno za současné dehydrogenace na oxid uhličitý a acetylkoenzym A (acetyl-CoA) jako hlavní produkt a několik málo dalších malých molekul. Přitom se uvolní malé množství energie a získají se aktivované „energeticky zhodnotitelné“ atomy vodíku.

**Třetí etapa** je finálním stádiem využití energie substrátů. Acetyl-CoA vstupuje do citrátového cyklu (obr. 2), kde je oxidován na konečný produkt katabolismu uhlíkatých sloučenin – oxid uhličitý. Za součinnosti vody se z každého fragmentu octové kyseliny získají čtyři dvojice aktivovaných vodíkových atomů. V organismu jsou pak (spolu s vodíky II. fáze) přenášeny stupňovitě na kyslík kaskádou oxidoreduktáz, nazývanou **dýchací (respirační) řetězec** (obr. 3). Přitom se uvolní značné množství energie, kterou aeroby s vysokou účinností ukládají do molekuly ATP (ZEHNÁLEK, 2003).



Obr. 2 Citrátový cyklus ([http://cs.wikipedia.org/wiki/Citrátový\\_cyklus](http://cs.wikipedia.org/wiki/Citrátový_cyklus))

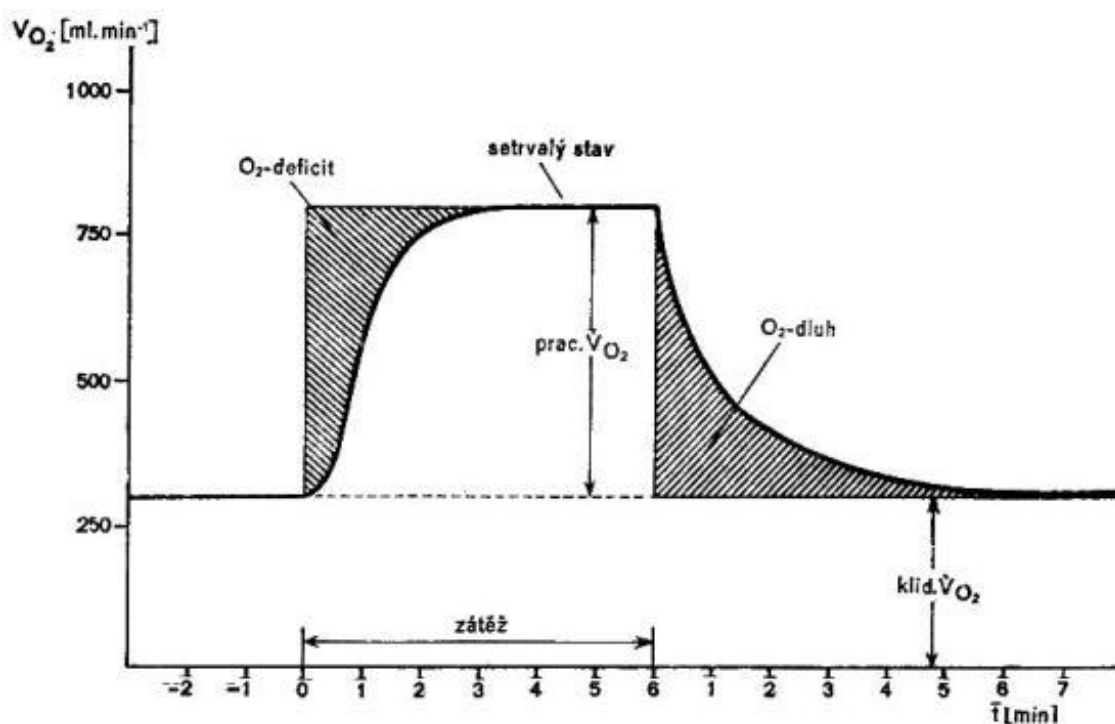
## ELECTRON TRANSPORT CHAIN



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Obr. 3 Respirační řetězec

Získávání energie během zátěže koní se děje za dvou podmínek – při dostatku kyslíku (podmínek aerobních) nebo nedostatku kyslíku (anaerobních). V iniciální fázi u všech typů zátěží (transportní kyslíkový deficit) a při zátěžích submaximální a maximální intenzity (transportní a tkáňový kyslíkový deficit) pracuje organismus v podmínkách nedostatku kyslíku – anaerobně, tj. na kyslíkový deficit, který musí uhradit jako kyslíkový dluh (obr. 4) ve fázi zotavení po skončení zátěže. Při zátěžích rovnovážného stavu se poptávka pracujících tkání po kyslíku kryje s jeho dodávkou transportním systémem. Organismus má k dispozici dostatek kyslíku a pracuje tedy za podmínek aerobních (HANÁK a OLEHLA, 2010).



Obr. 4 Fáze zátěže, spotřeba kyslíku a vznik kyslíkového deficitu a dluhu

Při mírné zátěži, jako je např. krok a klus (při zátěži vytrvalostního charakteru), se transportní systém adaptuje na kyslíkové požadavky pracujících tkání poměrně rychle a velikost kyslíkového deficitu je prakticky zanedbatelná (cca do 5 % celkové spotřeby kyslíku). Při krátkodobé zátěži submaximální a maximální intenzity, jako je např. rychlý cval nebo vysoké skákání (při zátěži rychlostního nebo silového charakteru), se transportní systém nedokáže přizpůsobit na kyslíkové požadavky pracujících tkání, rovnovážný stav se prakticky vůbec nedostaví. Velikost kyslíkového deficitu je až více jak 95 % celkové spotřeby kyslíku. Kromě toho pracující tkáň ani kyslík, dodávaný transportním systémem, neodčerpávají a vedle transportního kyslíkového deficitu vzniká ještě tzv. tkáňový kyslíkový deficit a dluh

(HANÁK a OLEHLA, 2010). Nejvyšší kyslíkový deficit je při zátěži maximální intenzity rychlostního charakteru (tab. 8)

*Tab. 8 Spotřeba kyslíku a kyslíkový dluh při různé rychlosti pohybu na 1 600 m (HANÁK a OLEHLA, 2010)*

Pohyb	Čas (minuty)	Spotřeba O <sub>2</sub> (litry, %)	O <sub>2</sub> dluh (litry, %)	Spotřeba O <sub>2</sub> (celkem litry)
<b>Krok</b>	15:00	15 100	0 0	15
<b>Klus</b>	6:15	131 97	5 3	136
<b>Cval pomalý</b>	3:52	145 87	22 13	167
<b>Cval rychlý</b>	2:24	150 68	75 32	225

Podle sledování HANÁKA a OLEHLY (2010) probíhá převážně aerobní metabolismus při takových zátěžích koní, které nevyvolávají vyšší vzestup tepové frekvence v setrvalém stavu než 130 tepů/min. To odpovídá u sportovních koní rychlostem do 300 m/min a u dostihových koní rychlostem do 450 m/min (tj. asi do 50 % maximální rychlosti = zátěže mírné a střední intenzity). Této zátěži odpovídá práce v kroku, klusu a pomalém třítaktním cvalu a pokud je vykonávána delší dobu, je pak vytrvaleckého charakteru. Při zátěžích, které vyvolávají vzestup tepové frekvence 130–170 tepů/min, probíhá současně různý podíl aerobního i anaerobního metabolismu v rovnovážném stavu. Jsou to rychlosti pohybu ve cvalu čtyřtaktním, u sportovních koní mezi 300–450 m/min a u dostihových koní 450–700 m/min. Tato zátěž je již vytrvalostně rychlostního charakteru (tj. asi 50–70 % maximální rychlosti = zátěže submaximální intenzity). Při tepové frekvenci kolem 170 tepů/min bývá plně dosaženo tzv. kyslíkového stropu a anaerobního prahu a při frekvencích nad 170 tepů/min již probíhá převážně jen metabolismus anaerobní. U sportovních koní jsou to rychlosti nad 450 m/min a u dostihových nad 700 m/min. Tyto zátěže (70–100 % maximální rychlosti = zátěže maximální intenzity) jsou jednoznačně rychlostního charakteru.

Živá hmota je schopna využívat ke krytí energetické potřeby pouze energii, která se uvolňuje z chemických reakcí. Aby svalstvo mohlo přeměňovat chemickou energii v jiné formy energie (pohybovou, tepelnou atd.) je zapotřebí tuto energii pracujícímu svalu ve vhodné formě dodávat. Hlavním zdrojem energie pro svalovou práci jsou makroergní fosfáty – adenosintrifosfát (ATP) a kreatinfosfát (CP), jejichž zásoba je sumárně limitována dobou zhruba 25 sekundové trvání zátěže maximální intenzity při anaerobní úhradě. Makroergní fosfáty, jako přímé energetické zdroje, jsou tedy při zátěži velmi rychle vyčerpány a jejich zásoby ve svalové buňce značně redukovány. Proto musí být v průběhu zátěže neustále



obnovovány a doplňovány, jinak by kůň musel zastavit a zátěž ukončit. K vlastní resyntéze makroergních fosfátů – fosforylaci – slouží nejlépe energie uvolňovaná odbouráváním sacharidů a tuků, tj. makroergních substrátů. Jejich preference závisí na dodávce kyslíku do pracujících tkání. Pokračuje-li kůň déle než 25 sekund maximální intenzitou, využívají se jako energetické zdroje sacharidy a to za podmínek anaerobních. Zvolní-li však kůň po iniciálních 25 sekundách do nižší intenzity zátěže, pak se za aerobních podmínek mohou jako zdroje energie využívat vedle sacharidů i tuky (HANÁK a OLEHLA, 2010).

Dle ZEHNÁLKA (2003) je glykolýza (schéma 3) hlavní cestou odbourávání glukózy, vzniklé štěpením sacharidových složek potravy a rezervních polysacharidů. Konečným produktem přeměny je pyruvát.

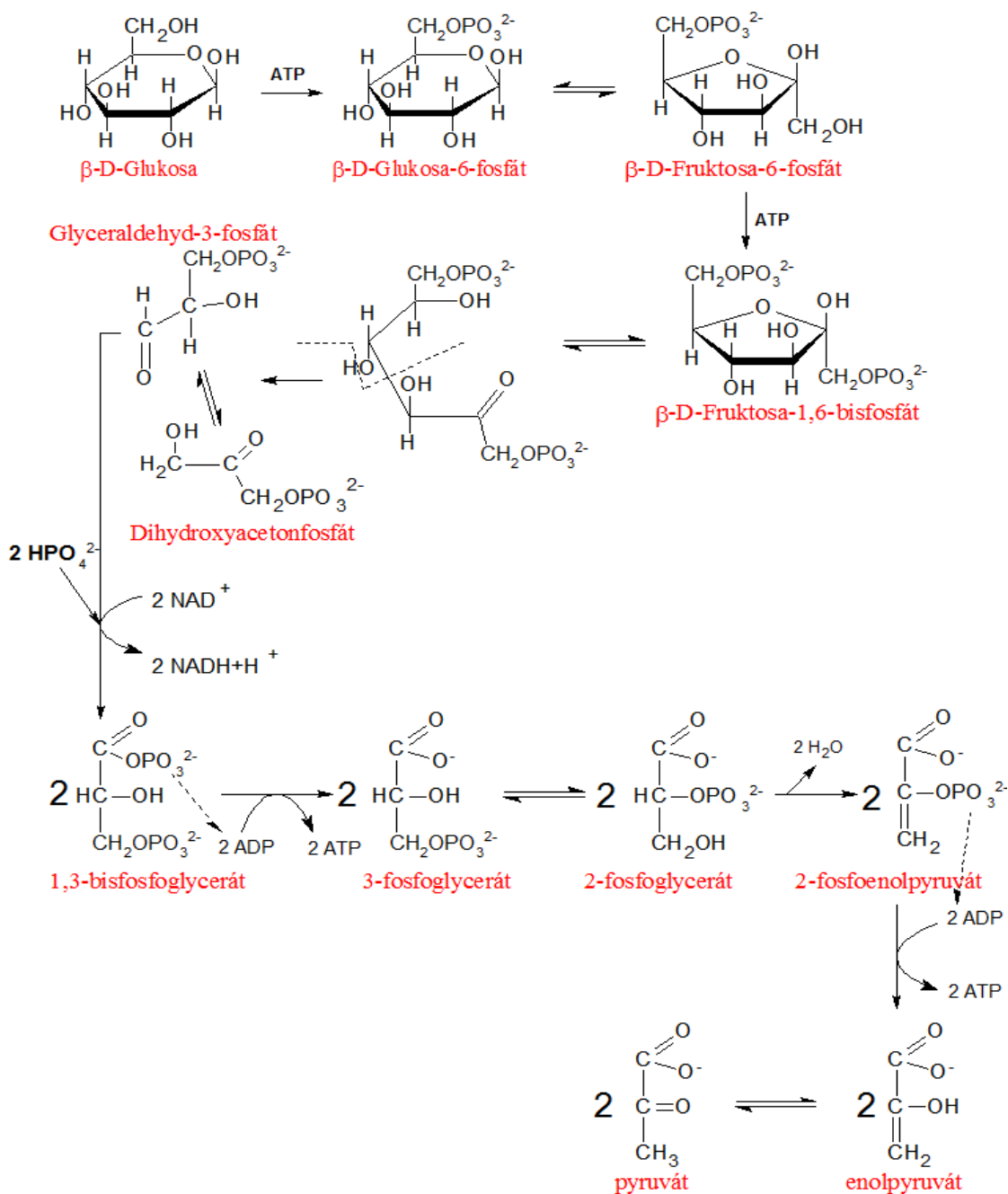


Schéma 3 Glykolýza

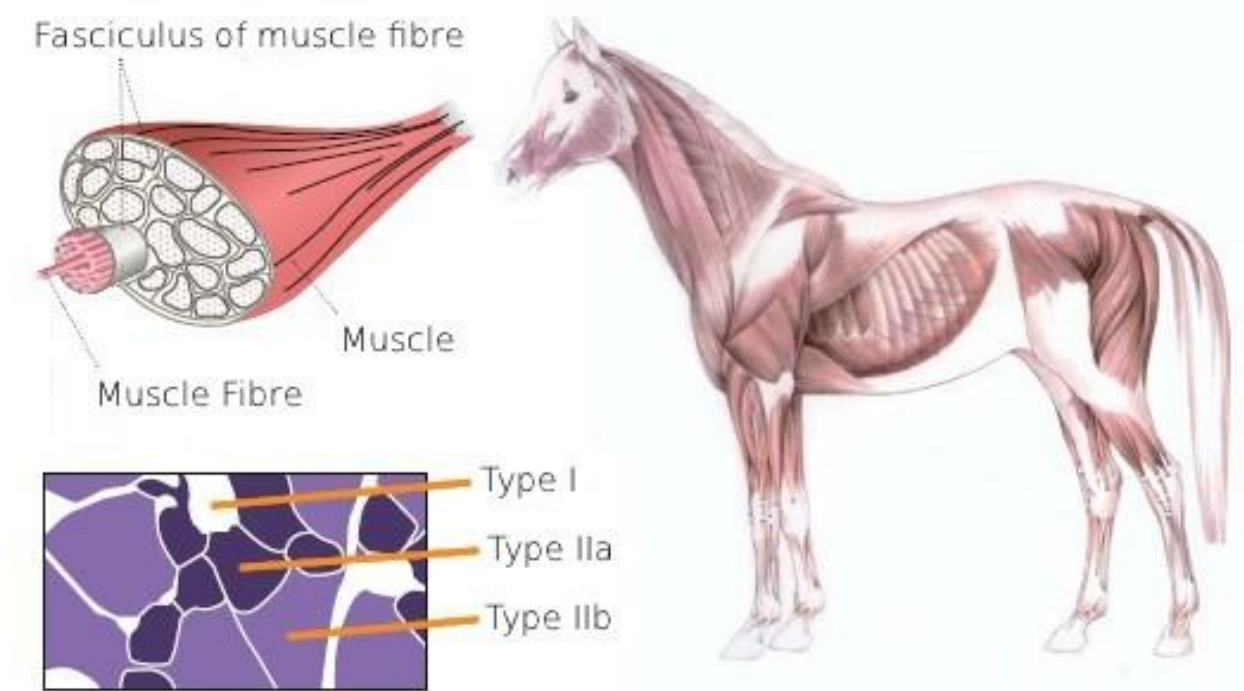
V klidu a při mírné práci jsou buňky dostatečně zásobeny kyslíkem, aby mohly probíhat respirační procesy. Během intenzivní práce však krev nestačí zásobit svaly kyslíkem a pyruvát je konvertován na laktát. Čistý zisk ATP, který je jediným zdrojem energie pro sval, při odbourávání glukózy představuje 2 ATP, glykogenu 3 ATP (ZEHNÁLEK, 2003). Nejvyšší stupeň tvorby laktátu je zhruba po 1 minutě zátěže maximální intenzity. Vysoká produkce laktátu je spojena se změnou pH tkání na stranu kyselou. Acidóza způsobuje nástup akutní únavy a bolest v činných svalectech, v centrálním nervovém systému dochází k útlumu. Dochází k rozvratu vnitřního prostředí organismu a k únavě koně. Únava se při těchto výkonech projevuje především bolestí ve svalectech a neochotou koně k dalšímu pokračování ve výkonu. Chce-li organismus dále pokračovat ve výkonu, nezbývá mu nic jiného než zvolnit (snížit rychlost nebo sílu výkonu) a přejít intenzitou do podmínek aerobních. Vzniklá kyselina mléčná je částečně zachycena nárazníkovým systémem krve, především hydrogenuhličitaný (bikarbonáty). V klidu po zátěži je pak asi 80 % vzniklé kyseliny mléčné resyntetizováno zpět na glykogen v játrech. Část kyseliny mléčné slouží jako výhodný energetický zdroj a je oxidován na vodu a oxid uhličitý v srdečním svalu a částečně v nepracujících svalectech (pomalá červená vlákna). Koncentrace laktátu ve svalových vláknech je asi třikrát vyšší než v krvi. V krvi se nejvyšší hladina laktátu objevuje za 3-6 minut po skončení zátěže. Její návrat ke klidovým hodnotám trvá po krátkém, ale intenzivním výkonu asi hodinu. Po tuto dobu není organismus schopen podávat podobný výkon. Kone, kteří jsou po takovémto výkonu (dostihu) ihned odvedeni do stáje (pasivní odpočinek), mají vysokou hladinu laktátu poměrně dlouhou dobu. Naopak při aktivním odpočinku (pohybování) hladina laktátu velmi rychle klesá (HANÁK a OLEHLA, 2010).

Za aerobních podmínek je pyruvát přeměněn na acetyl-CoA, ze kterého se během citrátového cyklu, získají aktivované atomy vodíku, jejichž sloučením s kyslíkem se uvolní značné množství energie. Čistý zisk při aerobním odbourávání glukózy činí 36 ATP, glykogenu 37 ATP. Jedná se tedy o osmnáctkrát větší zisk energie než v případě svalové glykolýzy (anaerobní přeměna pyruvátu). Na krytí energetické potřeby tkání je tedy nutné menší množství glukózy než při nedostatku kyslíku, její obrat se tedy snižuje. Jako zdroj acetyl-CoA mohou kromě sacharidů sloužit i tuky ( $\beta$ -oxidace mastných kyselin). Účast vlastních energetických substrátů v aerobním metabolismu se mění podle délky trvání zátěže a stupně trénovanosti koně. S prodlužováním zátěže pozorujeme vzestup utilizace tuků a pokles utilizace cukrů včetně hladiny laktátu (HANÁK a OLEHLA, 2010).

### 3.3.3 Pracující tkáň – kosterní svaly

Základní stavební jednotkou svalu je svalové vlákno. Podle rychlosti kontrakce se vlákna rozdělují na rychlá a pomalá. Podle energetického režimu a obsahu červeného svalového barviva (myoglobinu) se rozlišují svalová vlákna červená – aerobní a bílá – anaerobní. Na základě těchto kritérií lze ve skutečnosti rozlišit 3 základní typy svalových vláken (obr. 5):

1. vlákna pomalá – červená – aerobní (typ I),
2. vlákna rychlá – červená – aerobní/anaerobní (typ II A)
3. vlákna rychlá – bílá – anaerobní (typ II B).



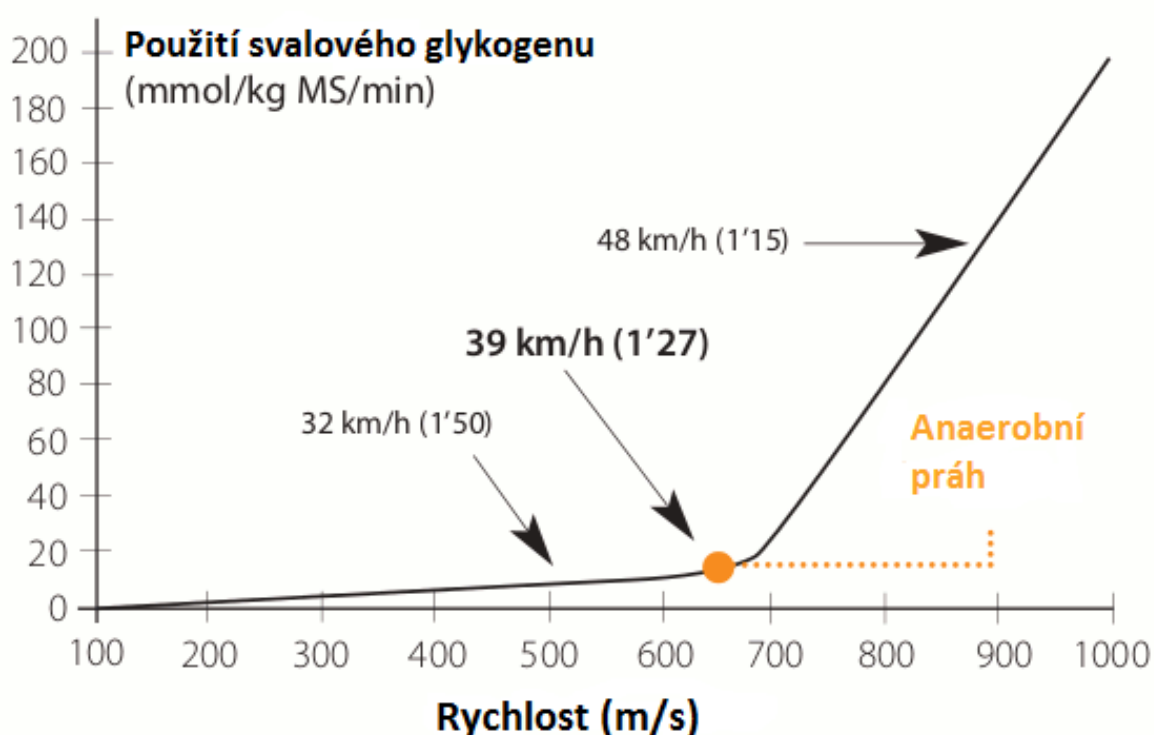
Obr. 5 Základní typy svalových vláken (<http://www.reverdy.uk.com/documentation/muscular-physiology>)

Jejich morfologická, funkční a metabolická charakteristika je uvedena v tabulce 9.

Tab. 9 Charakteristika jednotlivých typů svalových vláken (HANÁK a OLEHLA, 2010)

Typ svalových vláken	I	II A	II B
kontraktilita (rychlost stahu)	pomalá	rychlá	rychlá
unavitelnost	pomalá	rychlá	rychlá
oxidativní kapacita	vysoká	vysoká	nízká
obsah myoglobinu	střední	vysoký	žádný
obsah mitochondrií	vysoký	vysoký	nízký
glykolytická aktivita	nízká	vysoká	vysoká
obsah ATP a CP	nízký	vysoký	vysoký
obsah glykogenu	nízký	vysoký	vysoký
obsah tuků (mastných kyselin)	vysoký	střední	nízký
schopnost pracovat v zátěži	hodiny	minuty	sekundy

Jak vyplývá z uvedené charakteristiky, liší se jednotlivá svalová vlákna především svojí metabolickou kapacitou. Vlákna rychlá bílá (II B) jsou svým přizpůsobením zapojena do rychlých a silových, avšak krátkodobých pohybů trvajících řádově několik sekund, které jsou vykonávány na kyslíkový deficit a při nichž jsou anaerobně odbourávány ATP, CP a glykogen (zátěže maximální intenzity – rychlostní a silové). Vlákna rychlá červená (II A) jsou přizpůsobena a zapojují se nejen do pohybů rychlých, ale i dlouhodobějších, trvajících řádově až několik minut (submaximální zátěže). Při nich je vedle anaerobního odbourávání ATP, CP a glykogenu využíváno také aerobního způsobu získávání energie z glykogenu a mastných kyselin (obr. 6). Vlákna pomalá červená (I) jsou uzpůsobena pro statické a dlouhodobé pomalé stereotypní svalové kontrakce dynamické (zátěž mírná a střední intenzity – krok, klus, příp. pomalý cval třítktní) trvající řádově až několik hodin. Jako energie využívají především tuků, ale i sacharidů aerobním způsobem a obdobně jako srdeční sval jsou schopna jako energetického zdroje využívat i kyselinu mléčnou, produkovanou ve vláknech typu II (HANÁK a OLEHLA, 2010).



Obr. 6 Křivka udává množství svalového glykogenu použitého za minutu v závislosti na rychlosti koně. Pokud koně zůstávají pod hranicí 39 km/h (1:27 min/km) využívají jen velmi málo glykogenu. Při vyšší rychlosti se zvyšuje potřeba a kůň se blíží jeho anaerobnímu prahu. Od tohoto bodu spotřeba glykogenu roste exponenciálním způsobem (PAGAN, 1998<sub>b</sub>).

Procentuální zastoupení jednotlivých typů svalových vláken ve svalu je geneticky dané a standardní (tab. 10). Tréninkem se poměry v procentuálním zastoupení nemění. U plnokrevníka, po staletí šlechtěného na rychlost a ranost, je v kosterním svalstvu větší podíl vláken rychlých (85 %) než pomalých (15 %). Podobně je tomu u koní sportovních a klusáků (70:30). Plnokrevník je tedy podle svalových vláken svým genetickým založením sprinter (obr. 7). Rozdíl mezi letouny a vytrvalci u plnokrevníka je možný jen podle diferenciací vláken typu II a to následovně: letouni mají větší podíl vláken II B, vytrvalci II A. Tyto poměry zůstávají po celý život zachovány a podle typu tréninku se mění jen velikost (tloušťka) svalových vláken (hypertrofie). Při rychlostním a silovém tréninku hypertrofují vlákna rychlá (II A, II B), při vytrvalostním a obratnostním tréninku vlákna pomalá (I).

*Tab. 10 Procentuální zastoupení jednotlivých svalových vláken u různých plemen koní*

Plemeno	I pomalá červená	II A rychlá červená	II B rychlá bílá
Quarter horse	8,7	51,0	40,3
Anglický plnokrevník	11,0	57,0	32,0
Arabský plnokrevník	14,4	47,8	37,8
Polokrevník	24,0	49,0	27,0
Chladnokrevník	50,0	25,0	25,0



*Obr. 7 Plnokrevník v maximální zátěži*

### **3.3.4 Zdroje energie**

Koně jako býložravci jsou schopni k zachování i obnově všech životních funkcí využívat rostlinnou potravu. Energetickou složku krmiva využívají v první části trávicího

ústrojí jako u monogastričních zvířat a v druhé části (tlusté střevo) jako u přežvýkavců. V tenkém střevě se využívá většina energetické složky krmiva – škrob, cukry, tuky, částečně i bílkoviny, vstupují zde do metabolismu (schéma 4). Lehce rozpustné sacharidy (tzv. pohotová energie) jsou absorbovány přes střevní stěnu portální cestou do jater k výrobě glukózy a ostatních jednoduchých cukrů. Zbývající energie se uvolňuje v úseku tlustého střeva. Uvolněné meziproducty konečného rozkladu jsou využity jednak přímo v metabolismu střevní mikroflóry – k syntéze vysoce kvalitních bakteriálních proteinů a glykogenu – a jednak k tvorbě organických kyselin (kyselina octová, propionová a máselná), které se přímo zabudovávají do energetického, případně bílkovinného metabolismu (DUŠEK *et al.*, 1999).

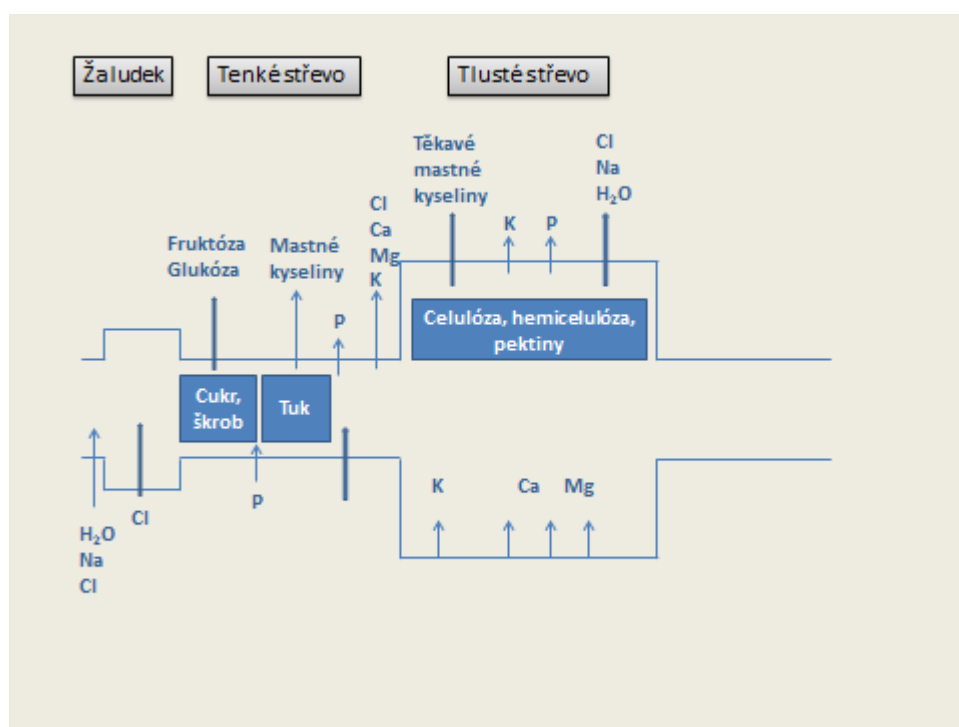


Schéma 4 Trávení a vstřebávání sacharidů, tuků, minerálních látek a vody v trávicím traktu koně (MEYER, 1995)

I přesto, že těkavé mastné kyseliny z rostlinné vlákniny jsou pro koně evolučně nej přirozenějším zdrojem energie, nejsou vždy dostačující pro sportovní kategorie koní se zvýšenými energetickými požadavky. Např. skokoví koně (obr. 8) potřebují získat z krmení potřebné množství energie pro svaly a látkovou výměnu, aby mohli během poměrně krátkodobého výkonu využít maximální sílu k čistému překonání parkuru (MAROSKE, 2010). Energeticky koncentrovaná krmná dávka s vysokým podílem škrobů a tuků pro maximální výkon, však nesmí narušit normální trávicí funkci mikrobiální populace v tlustém střevě (BEČVÁŘOVÁ, 2012).



*Obr 8 Skokový kůň ve volnosti (<http://www.sporhorse-data.com>)*

Bílkoviny (aminokyseliny) jsou jako zdroj energie v těle koně využívány zcela minimálně, avšak během onemocnění nebo hladovění představuje katabolismus tělních bílkovin významný zdroj energie. Podíl využití bílkovin, jako zdroje energie pro koně během sportovní zátěže není znám, avšak některé studie naznačují, že katabolismus tělních bílkovin může sloužit jako alternativní zdroj energie (BEČVÁŘOVÁ, 2012).

### **3.4 Sacharidy**

Sacharidy jsou hlavními zdroji energie v krmné dávce koní. Většina sacharidů v dietě pochází z píce, obilí a vedlejších produktů jejich zpracování. Sacharidy mohou být kategorizovány dle stupně polymerace a jsou často rozděleny na mono-, di-, oligo- a polysacharidy. Mezi monosacharidy řadíme glukózu, fruktózu, galaktózu, manózu, arabinózu a xylózu. Volné monosacharidy se vyskytují v nízké koncentraci v rostlinách, především jsou však důležitými konstituenty oligosacharidů a polysacharidů, nalezených v krmivech pro koně. Několik disacharidů má také nutriční význam pro koně. Laktóza, disacharid tvořený glukózou a galaktózou, je důležitým nutričním zdrojem pro sající hříbata. Maltóza, disacharid sestávající ze dvou jednotek glukózy, je produkována v trávicím traktu působením amylázy na škrob a může být následně trávena na glukózu. Oligosacharidy jsou sloučeniny tvořené krátkými řetězy monosacharidů (3-10 jednotek). Škrob a celulóza jsou nejvíce obvyklými polysacharidy v dietě koní (TUNGLAND a MEYER, 2002).



### 3.4.1 Vlákna

Důležitým zdrojem energie a nezastupitelnou součástí diety koně je vláknina. Součástí komplexu vlákniny v objemných krmivech jsou celulóza, hemicelulóza a pektin, které slouží jako substrát pro mikrobiální fermentaci v zažívacím traktu. Odhady ukazují, že koně s krmnou dávkou založenou na seně vytěží 80% denní potřeby energie z těkavých mastných kyselin (NRC, 2007). Produkty fermentace vlákniny jsou těkavé mastné kyseliny, které prostupují přes stěnu střevní do krevního řečiště a jsou transportovány jako součást krve do jater (FRAPE, 2010). Primární těkavou mastnou kyselinou v zažívacím traktu koně je kyselina octová, která je využitelná jako přímý zdroj energie, po ní následuje kyselina propionová a máselná (MOORE-COLYER *et al.*, 2000). Kyselina octová, která není upotřebena, jako zdroj energie se využije pro syntézu mastných kyselin s dlouhým řetězcem, které mohou být uloženy, nebo u laktujících klisen vylučovány do mléka (PRATT *et al.*, 1999). Propionát produkovaný bakteriální mikroflórou je využit ke glukoneogenezi v játrech (SIMONS a FORD, 1991), čímž přispívá k udržení normální hladiny krevního cukru (glukózy) až do výše 61% u koní s krmnou dávkou založenou na objemných krmivech. Butyrát je pravděpodobně upotřeben jako zdroj energie pro kolonocyty (BEČVÁŘOVÁ, 2012). Složení diety, zejména složení sacharidů, ovlivňuje mikrobiální populaci v tlustém střevě, stejně jako podíly produkovaných těkavých mastných kyselin (MEDINA *et al.*, 2002).

Trávení a metabolismus vlákniny v tlustém střevě koně vyprodukuje dostatek energie pro záchovu, ale nestačí pro kategorie koní se zvýšenou zátěží. Z toho důvodu je třeba krmnou dávku doplnit o koncentrované zdroje energie, jako jsou jaderná krmiva a tuky, ale zároveň respektovat fyziologickou potřebu koně pro vlákninu (BEČVÁŘOVÁ, 2012).

### 3.4.2 Škroby

Hlavním zdrojem škrobů jsou jaderná krmiva. Škrob se skládá z glukózových jednotek, spojených vazbami, které jsou hydrolyzovatelné pankreatickou amylázou v tenkém střevě koně (tab. 11). Uvolněná glukóza se dostává do krevního oběhu a slouží jako primární zdroj pro syntézu ATP nebo se ukládá intracelulárně ve svalech a játrech jako glykogen (schéma 5). Přebytek glukózy se konvertuje na tělesný tuk. Svalový glykogen je využitelný pouze jako zdroj energie pro svalovou práci zatímco jaterní glykogen přispívá v době potřeby k udržení normální koncentrace glukózy (tab. 12) v krevním oběhu (BEČVÁŘOVÁ, 2012).



Tab. 11 Produkty trávení živin a jejich význam

Výchozí látka	Místo trávení/ vstřebávání	Produkty	Úkoly
<b>Tuky</b>	tenké střevo	glycerol, mastné kyseliny	získ energie a uložení energie
<b>Bílkoviny</b>	žaludek, tenké střevo	aminokyseliny	stavební funkce získ energie
<b>Sacharidy</b>	žaludek, tenké střevo	glukóza	získ energie
<b>Čukr</b>	tenké střevo	fruktóza	získ energie
<b>Škrob</b>	žaludek, tenké střevo	glukóza	získ energie
<b>Celulóza</b>	tlusté střevo	těkavé mastné kyseliny	získ energie
<b>Hemicelulóza</b>	tlusté střevo	těkavé mastné kyseliny	získ energie
<b>Pektiny</b>	tlusté střevo	těkavé mastné kyseliny	získ energie
<b>Minerální látky</b>	žaludek, tenké střevo	nezměněno	výstavba kostry
<b>Stopové prvky</b>	tenké střevo	nezměněno	aktivace enzymů, tvorba krve, látková výměna, ochrana buněk
<b>Vitamíny</b>	tenké střevo	nezměněno	funkce koenzymů, plodnost, ochrana buněk, látková výměna

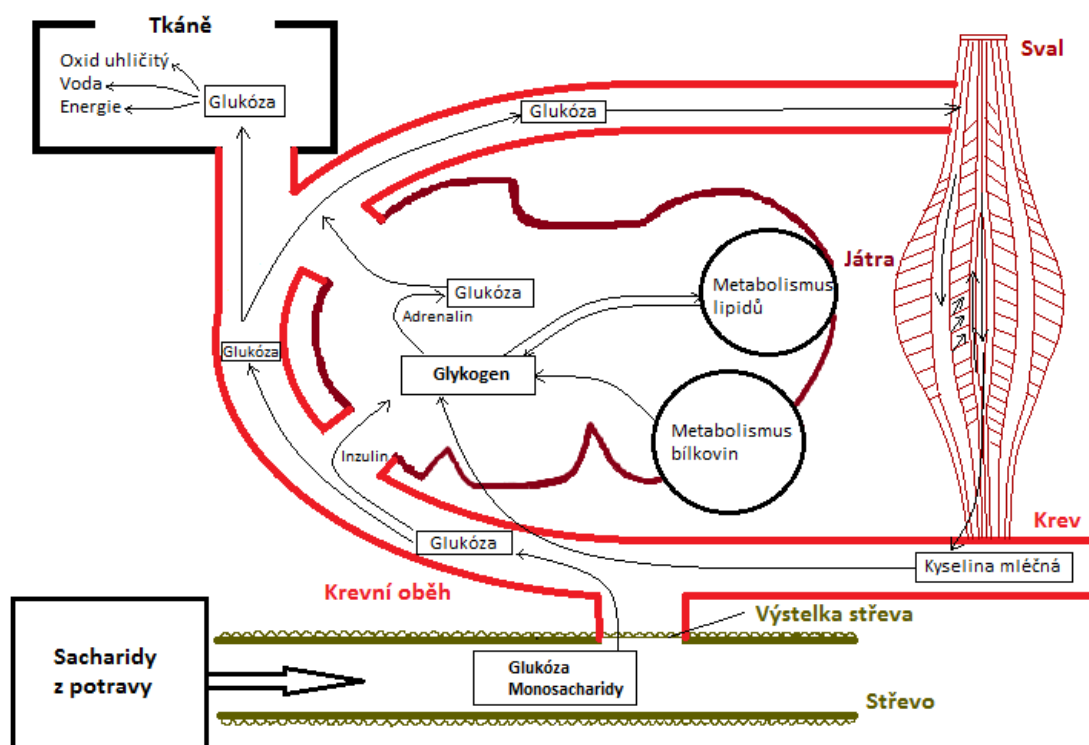


Schéma 5 Metabolismus sacharidů

Tab. 12 Referenční hodnoty vybraných biochemických parametrů v krvi koní (DOUBEK *et al.*, 2007)

Parametr	Jednotka	Referenční rozmezí
Celková bílkovina	g/l	55–75
Albumin	g/l	26–37
Glukóza	mmol/l	4,2–6,4
Močovina	mmol/l	3,6–8,6
Kreatinin	mmol/l	106–168
Bilirubin	mmol/l	7–35
Triacylglyceroly	mmol/l	0,1–0,5
Cholesterol	mmol/l	1,9–3,9
Žlučové kyseliny	μmol/l	<12
Alkalická fosfatáza (ALP)	μkat/l	2,4–6,6
Aspartátaminotransferáza (AST)	μkat/l	3,7–6
Kreatinkináza (CK)	μkat/l	0,1–0,5
Draslík	mmol/l	2,4–4,7
Sodík	mmol/l	132–146
Vápník	mmol/l	2,2–3,4
Fosfor	mmol/l	1,0–1,8

KIENZLE *et al.* (1992) a POTTER *et al.* (1992) uvádějí, že stravitelnost škrobů v tenkém střevě je ovlivněna typem jaderného krmiva (škrob z ovsa je pro koně stravitelnější než škrob z kukuřice či ječmene), množstvím podaného jaderného krmiva na krmení (se zvyšující se dávkou na krmení se snižuje pre-cekální stravitelnost škrobů) a úpravou jaderného krmiva (tepelná úprava zvyšuje zmazovatění škrobu, čímž příznivě ovlivňuje jeho stravitelnost).

Při vysoké dávce jaderného krmiva mohou nestrávené škroby přecházet do tlustého střeva s vysokým mikrobiálním osazením, kde se stanou předmětem fermentace a syntézy těkavých mastných kyselin. Rozsah, jakým škroby přispívají k syntéze těkavých mastných kyselin, je dán efektivitou využití škrobů v tenkém střevě. Hydrolýza škrobu na glukózu je pro koně energeticky výhodnější, než fermentace na těkavé mastné kyseliny. Z jedné výzkumné práce vyplývá, že kapacita tenkého střeva koně pro trávení škrobů je 3,5 až 4 g škrobu na kg tělesné hmotnosti koně (POTTER *et al.*, 1992). Přičemž RADICKE *et al.* (1991) uvádějí, že pH v céku bylo potlačeno s příjmem škrobu mezi 2 a 3g/kg živé hmotnosti. Krmná dávka s vysokým obsahem škrobu (30%; 3,4 g škrobu na kg tělesné hmotnosti na nakrmení) snižuje koncentraci celulolytických bakterií v céku, ale zvyšuje koncentraci anaerobních bakterií, bakterií produkujících kyselinu mléčnou, laktobacilů a streptokoků. Nadměrná produkce kyseliny mléčné snižující pH v céku a kolonu, představuje riziko pro rozvoj laminitidy či kolik (MEDINA *et al.*, 2002).

Využitelnost sacharidů (glukózy, glykogenu) jako zdroje energie se zvyšuje s rostoucí intenzitou zátěže. Důvodem je zapojení svalových vláken s rychlou kontraktilitou. Při vysoké intenzitě zátěže a svalové práci, představuje hlavní zdroj energie především svalový glykogen.

Svalové zásoby glykogenu se po krátkodobé intenzivní zátěži sníží o 20 až 35% (HARRIS *et al.*, 1987). K ještě vyššímu snížení zásob svalového glykogenu o 50 až 75% dochází v případě submaximální zátěže trvající delší dobu (SNOW *et al.*, 1982). DAVIE *et al.* (1996) a uvádějí, že nebyl rozdíl ve fyzické výkonnosti koní s normálním obsahem svalového glykogenu v porovnání s koňmi s mírným snížením glykogenu o 22% před zátěží. Nicméně výkonnost se výrazně zhoršuje u koní se zásobou glykogenu sníženou o 55% (LACOMBE *et al.*, 1999). Z tohoto důvodu je důležité najít rovnováhu v krmení dostatečného množství jaderných krmiv k podpoře syntézy svalového glykogenu, ale zároveň sacharidy nepřekrmovat a minimalizovat riziko překročení kapacity trávení škrobů v tenkém střevě (BEČVÁŘOVÁ, 2012).

### 3.5 Tuky

Tuky nebo oleje jsou obecně používány v krmných dávkách koní ke zvýšení koncentrace energie nebo mohou nahrazovat hydrolyzovatelné rapidně fermentovatelné sacharidy ve formě jaderných krmiv. Kromě toho má suplementace tuky další potenciální benefity včetně zlepšení využití energie (KRONFELD, 1996), zlepšení tělesné kondice, snížení nervozity (HOLLAND *et al.*, 1996) a metabolické adaptace, která zvyšuje oxidaci tuků během cvičení (DUNNETT *et al.*, 2002). Tuky v dietě dále slouží jako transportéry vitamínů rozpustných v tucích a zásobují organismus esenciálními mastnými kyselinami linolovou a  $\alpha$ -linolenovou, které nejsou v těle syntetizovány. Mastné kyseliny zajišťují strukturní funkce a některé polynenasycené mastné kyseliny jsou prekurzory prostaglandinů a dalších eikosanoidů, které jsou důležité pro řadu buněčných funkcí (NRC, 2007). Tělesný tuk představuje hlavní zásobárnu energie. Volné mastné kyseliny cirkulující krevním oběhem náleží mezi významné přímé zdroje energie. Zdrojem volných mastných kyselin jsou triglyceridy (tuky) v krmivu. Mastné kyseliny se také uvolňují z intracelulárních zásob či z tělesné tukové tkáně. Endogenní intramuskulární triglyceridy pravděpodobně hrají důležitou roli jako zdroj energie u trénovaných jedinců (BEČVÁŘOVÁ, 2012). K trávení tuků dochází v tenkém střevě (schéma 6).

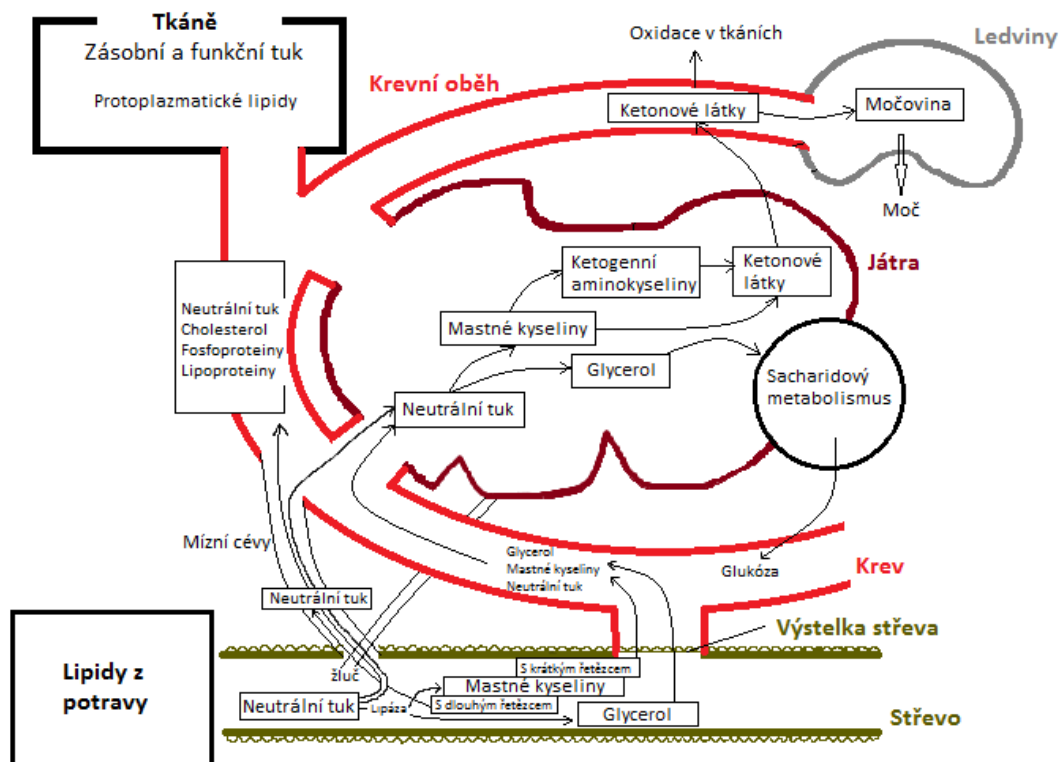


Schéma 6 Metabolismus tuků

Dle studie HOLLANDA *et al.* (1998) je nejpřijatelnější (chutnou) formou tuku kukuřičný olej. V pokusném sledování těchto autorů, koně akceptovali v krmné dávce až 15% kukuřičného oleje. Mnoho dalších rostlinných zdrojů, včetně oleje ze semen a ovoce (např. sóji, řepky, lnu-flax, slunečnice, kokosu, světlíce, podzemnice) a dalších vedlejších produktů s relativně vysokým obsahem tuku (např. lecitinu, stabilizovaných rýžových otrub, pšeničných klíčků) má přijatelnou chuť a jsou zařazovány do krmných dávek koní. ZEYNER (2002) uvádí, že přídavek sójového oleje v denní dávce 1 g/kg živé hmotnosti, vedl ke snížení stravitelnosti vlákniny. V tomto případě doporučil horní limit pro zařazení tuku 0,7 g sójového oleje/kg živé hmotnosti.

Adaptace trávicího traktu na vysokou koncentraci tuků trvá v rozmezí 4–14 dnů v závislosti na dávce doplňovaného tuku. Náhlé zařazení a vysoké dávky tuků však mohou uniknout trávení a způsobit průjem a viditelně mastné výkaly (KRONFELD *et al.*, 2004).

V současné době neexistuje konsensus o optimálním množství tuků v krmné dávce sportovních koní, jelikož studie prokazují variabilní a mnohdy protikladné výsledky vlivu tuků na metabolismus a sportovní výkon koně (BEČVÁŘOVÁ, 2012). Hypotézy jsou založeny na tom, že adaptace na zvýšené množství tuku v krmné dávce vede ke zlepšení atletického výkonu koně. Dle KRONFELDA (1996) existuje několik vysvětlení pro zvýšení výkonu koně, např. zakoncentrováním diety dochází k redukci příjmu sušiny krmné dávky a střevního balastu. Dalším vysvětlením je snížení produkce tělesného tepla po krmení a při

zátěži. KRONFELD *et al.* (1998) připisují zvýšení výkonu koně snížené degradaci (šetření) svalového glykogenu při zátěži. OLDHAM *et al.* (1990) uvádí zvýšení výkonu při sprintu jako následek zlepšení transdukce energie z anaerobní glykolýzy. Dále vede přidavek tuků ke snížení acidémie při intenzivní zátěži (KRONFELD *et al.*, 1998).

### 3.6 Bílkoviny

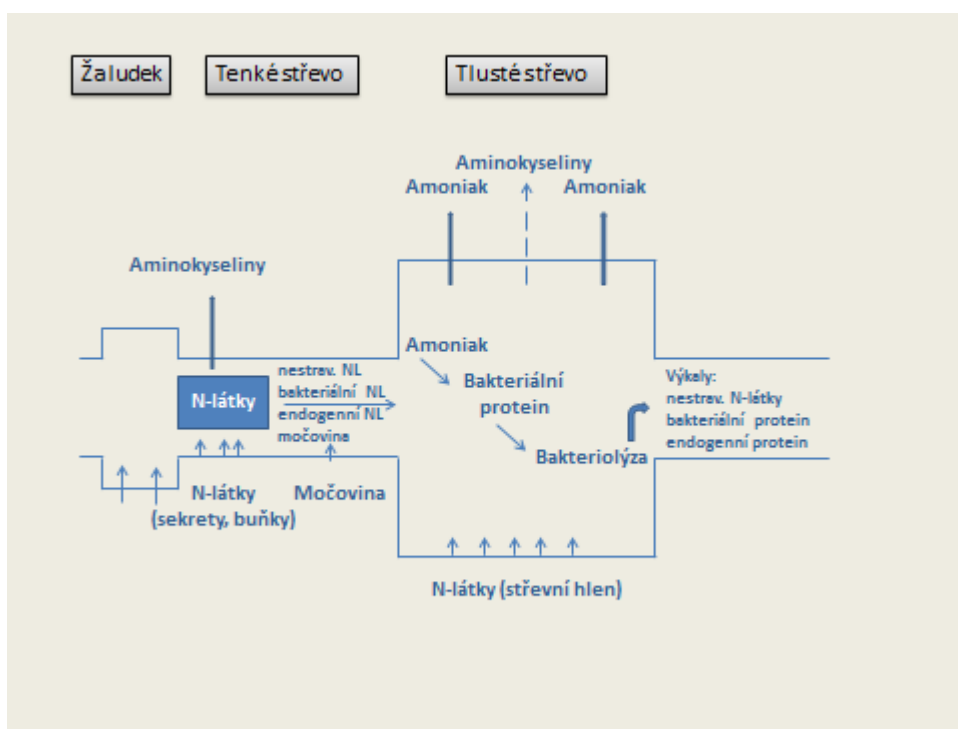
Bílkoviny jsou základní složkou všech tkání, stejně tak jako enzymů, hormonů a protilátek (PAGAN, 1998<sub>c</sub>). Většina tělesných bílkovin je sestavena zřetěžením 20 primárních aminokyselin. Druh aminokyseliny včleněné do proteinového řetězce, stejně jako délka řetězce odlišuje jeden protein od dalšího. Potřeba jednotlivých aminokyselin (vyjma lysinu) nebyla u koní stanovena (NRC, 1998). Z esenciálních aminokyselin lysin a treonin nemohou zvířata vytvářet vůbec, protože nemají pro jejich syntézu potřebné transaminázy. K nepostradatelným dále patří ty pro organismus nezbytné aminokyseliny, které sice mohou být v těle syntetizovány, ne však v dostačujícím množství. Jsou to tryptofan, histidin, fenylalanin, leucin, izoleucin, methionin, valin a arginin. Jejich syntéza je však spíše teoretickou než praktickou možností, protože krmivo neobsahuje příslušné ketokyseliny, potřebné pro jejich tvorbu. Potravou tedy musí být kryta celá potřeba všech esenciálních aminokyselin. Poloesenciální aminokyseliny mohou být v organismu syntetizovány, avšak pouze z některé z nepostradatelných aminokyselin – cystein z methioninu, tyrosin z fenylalaninu. Neesenciální aminokyseliny (alanin, serin, prolin, kyselina asparagová, glutamová, asparagin, glutamin) se mohou vytvářet z jiných aminokyselin. Zvíře potřebuje všechny aminokyseliny v určitém vzájemném poměru. Esenciální aminokyselina, jejíž nedostatečné zastoupení v dusíkatých látkách limituje využití ostatních aminokyselin, a tím zvyšuje nároky na množství dusíkatých látek v krmné dávce, nebo limituje užitečnost zvířat při nezměněném množství dusíkatých látek, se nazývá limitující aminokyselinou. V pořadí limitujících aminokyselin se nejčastěji vyskytují na prvním místě methionin nebo lysin, výrazný bývá i nedostatek threoninu a tryptofanu (ZELENKA a ZEMAN, 2006).

Výzvou při krmení je poskytnout koni adekvátní množství bílkovin, zajišťující dostatečnou koncentraci aminokyselin cirkulujících v krvi, které může organismus využít pro syntézu nových tkání, enzymů, hormonů, stejně jako obnovu opotřebovaných tkání (NRC, 2007).

Trávení bílkovin začíná v žaludku, kde buňky sliznice vylučují kyselinu chlorovodíkovou, která denaturuje peptidové vazby a dochází k neúplné hydrolýze pepsinem.

Dále pokračuje v tenkém střevě (schéma 7) pankreatickými a střevními proteázami. Menší peptidy jsou štěpeny na dipeptidy a v konečné fázi až na volné aminokyseliny (schéma 8), které přecházejí střevní sliznicí do lymfy nebo krve a jsou rozvedeny do tkání (ZEHNÁLEK, 2003).

Existuje několik zdrojů bílkovin běžně používaných při krmení koní. Jedná se zejména o mléčnou bílkovinu, vaječnou a množství výrobků ze sójových bobů, lněného semínka, světlíce a slunečnice (PAGAN, 1998<sub>c</sub>). Celková zdánlivá stravitelnost dusíkatých látek závisí na zdroji proteinu (rybí moučka vs. kukuřičný gluten), složení krmné dávky (pícniny vs. koncentráty), stejně jako poměru mezi objemnými a jadrnými krmivy v dietě (NRC, 2007). Co je velmi často přehlíženo, je množství bílkovin a lysinu v krmné dávce, podávané formou jádra. Jádro obecně obsahuje jen malé množství lysinu. Proto by doplňkový zdroj bílkovin v krmné dávce koní měl být co nejkvalitnější (PAGAN, 1998<sub>c</sub>).



*Schéma 7 Intestinální látková výměna dusíku (MEYER, 1995)*

Metabolismus bílkovin zachycuje schéma 8.

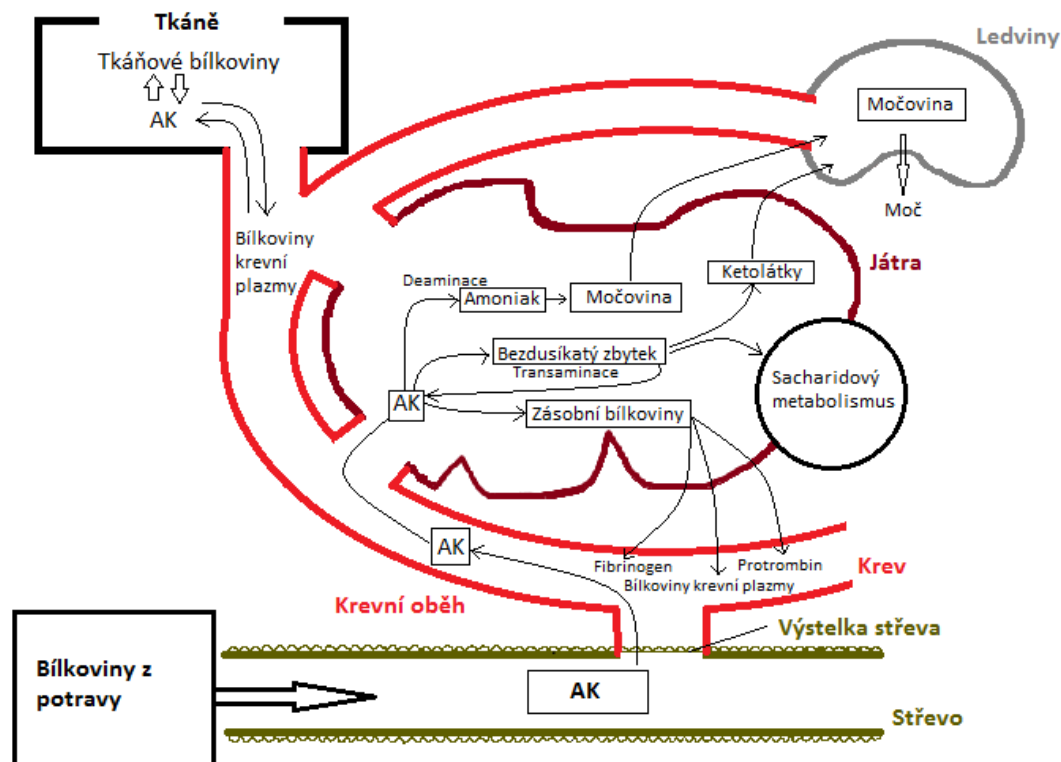


Schéma 8 Metabolismus bílkovin

### 3.6.1 Potřeba dusíkatých látek

Denní potřeba dusíkatých látek závisí na věku, využití, zdravotním stavu a kondici koně (ZEMAN *et al.*, 2005).

#### 3.6.1.1 Potřeba dusíkatých látek a lysinu na záchovu

Studie zabývající se dusíkovou bilancí u dospělých koní a poníků naznačují potřebu 400-800 mg stravitelného proteinu (SNL) na kilogram živé hmotnosti (ž. hm.) a den (d) pro zachování dusíkové rovnováhy u nepracujících koní (NRC, 2007).

Endogenní dusík moči a výkalů byl hodnocen v několika studiích s cílem pokusit se odhadnout minimální potřebu proteinu pro koně. Jako minimum byla stanovena potřeba 400 mg SNL/kg ž. hm./d (PATTERSON *et al.*, 1985). Vyšší odhady byly publikovány: 545 mg SNL/kg ž. hm./d (OLSMAN *et al.*, 2003), 631 mg SNL/kg ž. hm./d (HINTZ a SCHRYVER, 1972). MEYER (1985) odhadl endogenní ztráty (výkaly, močí, kůží) přibližně 57 g N/kg ž. hm./d, jím odhadovaná minimální potřeba činí 500 mg SNL/kg ž. hm./d, přičemž jako doporučení, k vytvoření rezervy N v těle, udává 714 mg SNL/kg ž. hm./d.

ZEMAN *et al.* (2005) pro praktické použití jako minimální hodnotu doporučují:

$$\text{SNL (g)} = 3,1 \cdot H^{0,75}$$

Dle DLG (1984); cit. ZEMAN *et al.* (2005) se dá počítat potřeba asi 0,2 MJ SE na 1 g stravitelných dusíkatých látek, nebo při obráceném vyjádření na 1 MJ SE<sub>k</sub> je třeba 5 g stravitelných dusíkatých látek.

Potřeba celkového proteinu (CP=NL) pro koně může být kalkulována na základě následujících rovnic (NRC, 2007):

$$\text{Minimální: CP (g/d)} = H \cdot 1,08$$

$$\text{Průměrná: CP (g/d)} = H \cdot 1,26$$

$$\text{Povýšená: CP (g/d)} = H \cdot 1,44$$

Tyto údaje budou stále nižší, než se běžně dosahuje v praktických krmných dávkách. To znamená, že běžně krmený kůň bude mít v dávce vždy přebytek dusíkatých (respektive stravitelných dusíkatých) látek (ZEMAN *et al.*, 2005).

Potřeba lysinu na záchovu uváděná NRC (2007) činí 0,036 g/kg ž. hm./d, při nulové dusíkové retenci, představuje tedy minimální potřebu lysinu na záchovu. Jako optimum může být kalkulováno 0,054 g lysinu/kg ž. hm./d, což odpovídá min. 18 a optimálně 27 g lysinu na den pro 500 kg koně.

Potřebu lysinu na záchovu lze také vypočítat dle následující rovnice (NRC, 2007):

$$\text{Lysin (g/d)} = \text{potřeba CP} \times 4,3 \%$$

$$\text{ZEMAN et al. (2005) doporučují denní záchovnou potřebu lysinu (g): } 0,2 \times H^{0,75}$$

### 3.6.1.2 Potřeba dusíkatých látek na produkci

Zde je několik údajů o zvýšené potřebě pracujících koní na dusíkaté látky pro rozvoj svaloviny, obměnu poškozené svalové tkáně a doplnění ztrát N potem. FREEMAN *et al.* (1988) uvádějí zvýšení retence dusíku u pracujících koní, jejichž zátěž byla navyšována a



doporučují přídavek 0,14 g CP/kg ž. hm. nad zachovnou potřebu pro koně v tréninkovém procesu. WICKENS *et al.* (2003) krmil pracující koně (práce střední intenzity) různým množstvím dusíkatých látek (677 g/d, 790 g/d, 903 g/d, 1016 g/d, 1129 g/d). Maximální retence dusíku bylo dosaženo, pokud dieta obsahovala 1016 g CP/d. Na základě dat z této studie bylo navrženo doporučení 1,9 – 2,1 g CP/kg ž. hm./d pro středně těžce pracující koně. Pokud budeme předpokládat stravitelnost 79 % rovná se to 1,5 – 1,66 g SNL/ kg ž. hm./d. Pot obsahuje 1–1,5 g N/kg potu. Přičemž MEYER (1987) uvádí, že množství vytvořeného potu koreluje se zvyšující se aktivitou a ztráty během intenzivní zátěže mohou být vyšší než 5 kg potu/100 kg živé hmotnosti, což se rovná 38 g N respektive 238 g NL pro 500 kg koně.

Sportovní zátěž tedy mírně zvyšuje požadavky na příjem bílkovin v krmné dávce pro svalový anabolismus a regeneraci poškozené svalové tkáně. Dodatečná potřeba **nad zachovu** může být kalkulována dle následujících rovnic (NRC, 2007):

Lehká práce:  $CP\ (g/d) = H \cdot 0,089$

Střední práce:  $CP\ (g/d) = H \cdot 0,177$

Těžká práce:  $CP\ (g/d) = H \cdot 0,266$

Velmi těžká práce:  $CP\ (g/d) = H \cdot 0,354$

Nadměrný příjem bílkovin je na druhou stranu nežádoucí, jelikož zvyšuje kumulaci močoviny v krevní plazmě a tím zvyšuje produkci moče a vyloučených tekutin. Tento dusík se ve formě amoniaku hromadí ve špatně větraných prostorech stájí. Plynný amoniak dráždí dýchací cesty koní, podílí se na vzniku respiračních onemocnění, a to nejvíce u sportovních koní (PAGAN, 1998<sub>c</sub>). V několika studiích z Illinoiské univerzity bylo uvedeno, že vysoký přísun proteinu (18,5 % NL; > 1700 g CP/d; 3,3 g CP/kg ž. hm./d) neměl žádný dopad na sportovní výkonnost koní. Bylo však spekulováno o vlivu vysokého příjmu dusíkatých látek na redukci svalového glykogenu (dostupného paliva pro výkon) a překročení kapacity močovinového cyklu (MILLER a LAWRENCE, 1988; MILLER-GRABER *et al.*, 1991). Další autoři poukazují na vliv nadměrného množství dietní bílkoviny, které působilo snížení pH krve během sprintu (GRAHAM-THIERS *et al.*, 2001) a zvýšené vylučování kalcia (GLADE *et al.*, 1985). Z těchto důvodů lze doporučit úzkou kontrolu koncentrace bílkovin v krmné dávce sportovních koní a zajištění optimálního příjmu dle publikovaných nutričních požadavků (tab. 13-15) pro danou kategorii koní (NRC, 2007).

*Tab. 13 Doporučená denní potřeba živin pro koně (hmotnost v dospělosti 400 kg)*

Typ	Hmotnost kg	SE Mcal	CP g	Lys g	Ca g	P g	Mg g	K g	Na g	Cl g	S g	Fe mg	Cu mg	Zn mg	Mn mg	Se mg	I mg
Dospělý - nepracující																	
Lehce	400	12,1	432	18,6	16,0	11,2	6,0	20,0	8,0	32,0	12,0	320,0	80,0	320,0	320,0	0,80	2,8
Středně	400	13,3	504	21,7	16,0	11,2	6,0	20,0	8,0	32,0	12,0	320,0	80,0	320,0	320,0	0,80	2,8
Zvýšeně	400	14,5	576	24,8	16,0	11,2	6,0	20,0	8,0	32,0	12,0	320,0	80,0	320,0	320,0	0,80	2,8
Pracující																	
Lehce	400	16,0	559	24,1	24,0	14,4	7,6	22,8	11,1	37,3	12,0	320,0	80,0	320,0	320,0	0,80	2,8
Středně	400	18,6	614	26,4	28,0	16,8	9,2	25,6	14,2	42,6	13,5	360,0	90,0	360,0	360,0	0,90	3,2
Těžce	400	21,3	689	29,6	32,0	23,2	12,0	31,2	20,4	53,2	15,0	400,0	100,0	400,0	400,0	1,00	3,5
Velmi těžce	400	27,6	804	34,6	32,0	23,2	12,0	42,4	32,8	74,4	15,0	400,0	100,0	400,0	400,0	1,00	3,5
Rostoucí																	
12 měsíců	257	15,0	677	29,1	30,1	16,7	4,3	13,9	5,5	21,2	9,6	321,2	64,2	257,0	257,0	0,64	2,3
18 měsíců	310	15,4	639	27,5	29,6	16,5	4,9	16,2	6,4	25,6	11,6	387,5	77,5	310,0	310,0	0,77	2,7
18 měsíců lehce pracující	310	17,7	682	29,3	29,6	16,5	9,3	18,4	8,8	29,7	11,6	387,5	77,5	310,0	310,0	0,77	2,7
18 měsíců středně pracující	310	20,0	725	31,2	29,6	16,5	9,3	20,5	11,2	33,8	11,6	387,5	77,5	310,0	310,0	0,77	2,7
24 měsíců	343	15,0	616	26,5	29,3	16,3	5,3	17,6	7,0	28,3	12,9	429,2	85,8	343,4	343,4	0,86	3,0
24 měsíců lehce pracující	343	17,4	663	28,5	29,3	16,3	10,3	20,0	9,7	32,9	12,9	429,2	85,8	343,4	343,4	0,86	3,0
24 měsíců středně pracující	343	19,9	710	30,6	29,3	16,3	10,3	22,4	12,3	37,4	12,9	429,2	85,8	343,4	343,4	0,86	3,0
24 měsíců těžce pracující	343	22,3	775	33,3	29,3	16,3	10,3	27,2	17,7	46,5	12,9	429,2	85,8	343,4	343,4	0,86	3,0
24 měsíců velmi těžce pracující	343	26,0	873	37,5	29,3	16,3	10,3	36,8	28,3	64,7	12,9	429,2	85,8	343,4	343,4	0,86	3,0

Tab. 14 Doporučená denní potřeba živin pro koně (hmotnost v dospělosti 500 kg)

Typ	Hmotnost kg	SE Mcal	CP g	Lys g	Ca g	P g	Mg g	K g	Na g	Cl g	S g	Fe mg	Cu mg	Zn mg	Mn mg	Se mg	I mg
Dospělý - nepracující																	
Lehce	500	15,2	540	23,2	20,0	14,0	7,5	25,0	10,0	40,0	15,0	400,0	100,0	400,0	400,0	1,00	3,5
Středně	500	16,7	630	27,1	20,0	14,0	7,5	25,0	10,0	40,0	15,0	400,0	100,0	400,0	400,0	1,00	3,5
Zvýšeně	500	18,2	720	31,0	20,0	14,0	7,5	25,0	10,0	40,0	15,0	400,0	100,0	400,0	400,0	1,00	3,5
Pracující																	
Lehce	500	20,0	699	30,1	30,0	18,0	9,5	28,5	13,9	46,6	15,0	400,0	100,0	400,0	400,0	1,00	3,5
Středně	500	23,3	768	33,0	35,0	21,0	11,5	32,0	17,8	53,3	16,9	450,0	112,5	450,0	450,0	1,13	4,0
Těžce	500	26,6	862	37,1	40,0	29,0	15,0	39,0	25,5	66,5	18,8	500,0	125,0	500,0	500,0	1,25	4,4
Velmi těžce	500	34,5	1004	43,2	40,0	29,0	15,0	53,0	41,0	93,0	18,8	500,0	125,0	500,0	500,0	1,25	4,4
Rostoucí																	
12 měsíců	321	18,8	846	36,4	37,7	20,9	5,4	17,4	6,9	26,5	12,0	401,5	80,3	321,2	321,2	0,80	2,8
18 měsíců	387	19,2	799	34,4	37,0	20,6	6,2	20,2	8,0	32,0	14,5	484,4	96,9	387,5	387,5	0,97	3,4
18 měsíců lehce pracující	387	22,1	853	36,7	37,0	20,6	11,6	22,9	11,0	37,1	14,5	484,4	96,9	387,5	387,5	0,97	3,4
18 měsíců středně pracující	387	25,0	906	39,0	37,0	20,6	11,6	25,7	14,0	42,2	14,5	484,4	96,9	387,5	387,5	0,97	3,4
24 měsíců	429	18,7	770	33,1	36,7	20,4	6,7	22,0	8,8	35,4	16,1	536,5	107,3	429,2	429,2	1,07	3,8
24 měsíců lehce pracující	429	21,8	829	35,7	36,7	20,4	12,9	25,0	12,1	41,1	16,1	536,5	107,3	429,2	429,2	1,07	3,8
24 měsíců středně pracující	429	24,8	888	38,2	36,7	20,4	12,9	28,0	15,4	46,8	16,1	536,5	107,3	429,2	429,2	1,07	3,8
24 měsíců těžce pracující	429	27,9	969	41,7	36,7	20,4	12,9	34,0	22,1	58,2	16,1	536,5	107,3	429,2	429,2	1,07	3,8
24 měsíců velmi těžce pracující	429	32,5	1091	46,9	36,7	20,4	12,9	46,0	35,4	80,9	16,1	536,5	107,3	429,2	429,2	1,07	3,8

Tab. 15 Doporučená denní potřeba živin pro koně (hmotnost v dospělosti 600 kg)

Typ	Hmotnost kg	SE Mcal	CP g	Lys g	Ca g	P g	Mg g	K g	Na g	Cl g	S g	Fe mg	Cu mg	Zn mg	Mn mg	Se mg	I mg
Dospělý - nepracující																	
Lehce	600	18,2	648	27,9	24,0	16,8	9,0	30,0	12,0	48,0	18,0	480,0	120,0	480,0	480,0	1,20	4,20
Středně	600	20,0	756	32,5	24,0	16,8	9,0	30,0	12,0	48,0	18,0	480,0	120,0	480,0	480,0	1,20	4,20
Zvýšeně	600	21,8	864	37,2	24,0	16,8	9,0	30,0	12,0	48,0	18,0	480,0	120,0	480,0	480,0	1,20	4,20
Pracující																	
Lehce	600	24,0	839	36,1	36,0	21,6	11,4	34,2	16,7	56,0	18,0	480,0	120,0	480,0	480,0	1,20	4,2
Středně	600	28,0	921	39,6	42,0	25,2	13,8	38,4	21,3	63,0	20,3	540,0	135,0	540,0	540,0	1,35	4,7
Těžce	600	32,0	1034	44,5	48,0	34,8	18,0	46,8	30,6	79,8	22,5	600,0	150,0	600,0	600,0	1,50	5,3
Velmi těžce	600	41,4	1205	51,8	48,0	34,8	18,0	63,6	49,2	111,6	22,5	600,0	150,0	600,0	600,0	1,50	5,3
Rostoucí																	
12 měsíců	385	22,5	1015	43,6	45,2	25,1	6,5	20,9	8,3	31,8	14,5	481,1	96,4	385,5	385,5	0,96	3,4
18 měsíců	465	23,1	959	41,2	44,5	24,7	7,4	24,3	9,6	38,4	17,4	581,2	116,2	465,0	465,0	1,16	4,1
18 měsíců lehce pracující	465	26,5	1023	44,0	44,5	24,7	13,9	27,5	13,2	44,5	17,4	581,2	116,2	465,0	465,0	1,16	4,1
18 měsíců středně pracující	465	30,0	1087	46,7	44,5	24,7	13,9	30,8	16,9	50,7	17,4	581,2	116,2	465,0	465,0	1,16	4,1
24 měsíců	515	22,4	924	39,7	44,0	24,4	8,0	26,4	10,5	42,5	19,3	643,8	128,8	515,0	515,0	1,29	4,5
24 měsíců lehce pracující	515	26,1	995	42,8	44,0	24,4	15,5	30,0	14,5	49,3	19,3	643,8	128,8	515,0	515,0	1,29	4,5
24 měsíců středně pracující	515	29,8	1066	45,8	44,0	24,4	15,5	33,6	18,5	56,1	19,3	643,8	128,8	515,0	515,0	1,29	4,5
24 měsíců těžce pracující	515	33,5	1162	50,0	44,0	24,4	15,5	40,8	26,5	69,8	19,3	643,8	128,8	515,0	515,0	1,29	4,5
24 měsíců velmi těžce pracující	515	39,0	1309	56,3	44,0	24,4	15,5	55,2	42,4	97,1	19,3	643,8	128,8	515,0	515,0	1,29	4,5

### 3.7 Minerální látky

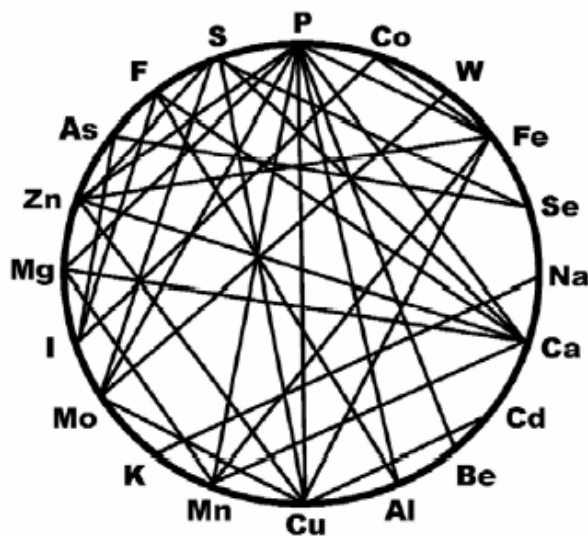
Minerální látky jsou vedle látek organických součástí všech buněk těla a jsou nezbytné pro jejich výživu a funkci a tím pro celý organismus. Jejich přeměna úzce souvisí s přeměnou vody. Většina se jich v organismu nachází ve formě vodních roztoků, část se jich ukládá ve formě pevné (MIHOLOVÁ, LIPSKÝ, 1976).

Pro minerální prvky jsou známy čtyři základní funkce: strukturní, fyziologická, katalytická a regulační (JELÍNEK, KOUDELA *et al.*, 2003; UNDERWOOD a SUTTLE, 1999).

- a) **Strukturní** – minerální látky tvoří strukturní složky tkání a orgánů – např. vápník a fosfor se podílejí na strukturním uspořádání skeletu a zubů, fosfor a síra na struktuře proteinů a buněčných membrán, zinek na strukturní stabilitě molekul inzulinu a řady metaloproteinů, měď určuje strukturu ceruloplazminu, železo strukturu hemoglobinu a myoglobinu.
- b) **Fyziologická** – minerální látky mají význam v procesech trávení, vstřebávání a utilizace živin, podílejí se na udržování osmotického tlaku, acidobazické rovnováhy, permeability membrán. Jsou nezbytné pro přenos a přeměnu energie, syntetické a detoxikační procesy, pro udržování nervosvalové dráždivosti ovlivňují reprodukční funkce.
- c) **Katalytická** – minerální látky mohou působit jako katalyzátory v enzymatických a hormonálních systémech, jako základní specifické složky metaloproteinů, nebo jako aktivátory těchto systémů.
- d) **Regulační** – minerální látky regulují metabolické pochody – jod jako součást  $T_3$  a  $T_4$ . Vápník, hořčík, zinek ovlivňující buněčnou replikaci a transkripci.

Za fyziologického stavu jsou všechny minerální látky v organismu v dynamické rovnováze, která je řízena složitými homeostatickými mechanismy. Základním předpokladem udržení dynamické rovnováhy minerálních látek a jejich koncentrace ve tkáních a biologických tekutinách je adekvátní přísun a jejich utilizace (NEHASILOVÁ, 2005). Mají-li minerální látky plnit své funkce v organismu, musejí být obsaženy v dostatečném množství, ale i v požadovaném poměru (DUŠEK *et al.*, 1999). Minerální látky mohou působit jednak mezi sebou, jednak s jinými živinami a s dalšími činiteli nesouvisejícími s krmivem. Tento

vzájemný vliv synergického nebo antagonistického typu (obr. 9) se uskutečňuje v krmivu, v trávicím traktu i v procesu tkáňového a buněčného metabolismu (GEORGIEVSKIJ *et al.*, 1982).



Obr. 9 Znáznornění vzájemných vztahů mezi jednotlivými prvky

Při nedostatku minerálií v potravě doplňuje organismus jejich koncentraci v krvi tak, že je uvolňuje z jednotlivých tkání (KOMÁREK, SOVA *et al.*, 1971). Krmení většího množství minerálních doplňků, nežli je potřebné, nepůsobí příznivě ani na zdraví, ani na výkon. Vyšší přísun minerálních prvků se u monogastričních zvířat projevuje metabolickou imbalancí, výskytem toxických symptomů, které snižují produkční schopnosti zvířat a mohou být v extrémních případech i příčinou úhynu zvířete (HARPER a GILL, 2005).

Minerální požadavky koně (tab. 13-15) se mění v závislosti na jeho tělesné hmotnosti, věku, fyziologických podmínkách (např. gravidita, laktace atd.), úrovni aktivity (HATHAWAY, 2007), způsobu chovu, typu krmné dávky a v neposlední řadě i na genetické dispozici (KRATOCHVÍLOVÁ *et al.*, 2007).

Hlavním exogenním zdrojem makro i mikroelementů jsou krmiva. Jejich minerální složení je velmi rozdílné, nejen pokud se týká druhové příslušnosti, ale i v rámci téhož druhu. V rámci téhož druhu ovlivňuje minerální složení rostlin zejména: půdní typ, zvláště fyzikálně chemické vlastnosti půdy, podnebí a povětrnostní podmínky, zejména srážky a teplota v daném roce a v daném vegetačním období, hnojení a agrotechnika krmných plodin, vegetačním fáze sklizně a vzdušné spady z průmyslu a dopravy (ZEMAN *et al.*, 2006;

SMART *et al.*, 1981). Deficit nebo nadbytek prvků v půdě má vliv na jejich obsah v rostlinných krmivech, a tím na jejich příjem zvířaty a jejich metabolismus.

Moderní biochemie ukázala, že na minerální metabolismus spotřebovává organismus savce přibližně polovinu celkové energetické potřeby nutné pro bazální metabolismus. Jakékoliv disbalance tohoto metabolismu vedou v konečném důsledku k obrovským energetickým ztrátám (NEHASILOVÁ, 2005).

Minerální prvky dělíme podle druhu účinku a zejména podle objemu denní potřeby na **makroprvky** (množinové prvky), jejichž potřeba se zpravidla udává v gramech, případně procentech na kilogram a na **mikroprvky** (stopové prvky) s denní spotřebou uváděnou v miligramech, resp. v miligramech na kilogram (ppm).

Z krmivářského pohledu jsou důležité následující prvky (ZEMAN *et al.*, 2006):

- a) Makroprvky (tab. 16): vápník (Ca), fosfor (P), draslík (K), sodík (Na), hořčík (Mg), chlór (Cl) a síra (S)
- b) Mikroprvky (tab. 17): železo (Fe), mangan (Mn), zinek (Zn), měď (Cu), kobalt (Co), jód (I), molybden (Mo) a selen (Se).

Tab. 16 Základní charakteristika makroprvků (MEYER a COENEN, 2003; UNDERWOOD a SUTTLE, 1999; HIGHFILL et al., 2005; NRC, 2007; GRACE et al., 1999; KRONFELD, 2001; JOHNSON, 1995; GEORGIEVSKIJ et al., 1982)

Minerální prvek	Hlavní funkce	Příznaky nedostatku	Hlavní vzájemné vztahy a toxicita	Zdroj
<b>Vápník (Ca)</b>	je nepostradatelný pro tvorbu kostní tkáně a zubů, ovlivňuje sekreci hormonů, aktivaci a činnost enzymů, regulaci buněčné diferenciace, ovlivňuje permeabilitu buněčných membrán, kontraktilitu svalových vláken, činnost srdeční, napomáhá udržovat správné pH krve	vývojové abnormality kostí hřibát, u dospělých koní řídnutí kostí až křehké kosti náchylné k zlomení, ztuhlost a případné kulhání, hubnutí, volné zuby, kroužky na kopytech v době porodu a laktace	nadbytek nevyvolává intoxikace, negativně ovlivňuje resorpci Mg a Zn; resorpci Ca negativně ovlivňují kyselina šťavelová, nadbytek P, K, Mg, Al, Fe, amoniaku a tuků; vitamín D ovlivňuje resorpci a ukládání Ca v kostech; poměr Ca:P by měl být asi 1,5-2:1	leguminózy; uhličitan, síran a oxid vápenatý
<b>Fosfor (P)</b>	je nezbytný pro osifikaci kostí, ovlivňuje procesy fosforylace a přenosu energie, má vliv na zachování a rozvoj mikroflóry tlustého střeva, je součástí nukleových kyselin, vitamínů, koenzymů, makroergních sloučenin (ATP, ADP), ovlivňuje humorální regulace a pufrací systém	rachitida, zpomalený růst, osteomalacie, zhoršení reprodukce	nadbytek Ca, Mg, Al a Fe snižuje resorpci P; kyselina fytová ovlivňuje využití P; nadbytek bílkovin v krmné dávce zvyšuje potřebu P; vitamín D ovlivňuje resorpci v ledvinách a ukládání v kostech	jadrná krmiva; monokalciumfosfát, dikalciumfosfát, fosforečnan hořečnatý, fosforečnan hořečnato-sodný a vápenato-sodný
<b>Hořčík (Mg)</b>	je součástí kostní a svalové tkáně, aktivátor řady enzymatických systémů, účastní se svalových kontrakcí, ovlivňuje propustnost membrán, nervovou činnost, imunitu	dekalifikace kostry, zpomalení růstu, zvýšená dráždivost svalového vlákna provázená křečemi, třes, tetanie, zvýšená únava z výkonu, nervozita	vitamín B <sub>6</sub> usnadňuje vstřebávání z trávicího traktu; resorpce omezena nadbytkem Ca, K, strukturní vlákniny, dusíkatých látek v krmné dávce; nadbytek Mg narušuje metabolismus Ca a P; toxicita není pravděpodobná	zelená píce, obilí a zbytky po zpracování obilí (pokrutiny, extrahované šroty, otruby); oxid, chlorid, síran a uhličitan hořečnatý
<b>Sodík (Na)</b>	je hlavní kationt extracelulární tekutiny, uplatňuje se v řízení osmotického tlaku a acidobazické rovnováhy, účastní se přenosu impulsů, ovlivňuje buněčnou permeabilitu, ovlivňuje transport řady látek (např. glukózy) přes buněčné membrány, krevní tlak	snížení žravosti, zpomalení růstu, poruchy reprodukce a produkce mléka, dehydratace, svalová slabost, projevy lízavky; úbytek Na souvisí se ztrátou vody	vysoká koncentrace K v krmné dávce zvyšuje potřebu Na; toxický - otrava NaCl může nastat u koní při dávkách nad 8 % soli v dietě; optimální poměr mezi Na:K je 1:2, max. 1:5	pícniny; chlorid sodný
<b>Draslík (K)</b>	je hlavní kationt intracelulární tekutiny, účastní se na řízení osmotického tlaku a acidobazické rovnováhy, ovlivňuje aktivitu enzymů, permeabilitu membrán	hypokalémie, zhoršený růst mladých koní, nechutenství, svalová slabost, poruchy srdeční činnosti	draslík omezuje resorpci Mg; antagonisty K jsou Ca, Na	zelená píce, krmné dávky koní obsahují obvykle dostatek K
<b>Síra (S)</b>	je složkou sírných aminokyselin (methionin, cystein, cystin), jakož i vitamínů skupiny B - biotin a thiamin, a řady dalších molekul, jako inzulínu, taurinu, a chondroitin sulfátu (složka chrupavek, kostí, šlach a cév)	omezený růst, snížená produkce mléka, mléčných bílkovin, poruchy reprodukce, špatná kvalita kopytní rohoviny, poruchy imunity u mláďat	toxicita nepravděpodobná	zelená píce; síran hořečnatý, síran zinečnatý a měďnatý
<b>Chlór (Cl)</b>	chloridový iont je nezbytný pro vodní rovnováhu, udržování acidobazické rovnováhy, osmotického tlaku a tvorbu kyseliny chlorovodíkové v žaludku	nedostatek chloridů v krvi je nahrazen bikarbonátem za vzniku metabolické hypochloremické alkalózy, snížený růst	toxicita nepravděpodobná	chlorid sodný, lyzin ve formě lyzin-HCl v premixech pro hřibata



Tab. 17 Základní charakteristika mikroprvků (AMMERMAN, 1970; FRAPE, 2010; NEHASILOVÁ, 2005; WANG et al., 2011; OTT a JOHNSON, 2001; MARYCZ et al., 2009; HEMKEN et al., 1999; LECOCQ et al., 2008; SCHRYVER, 1990; WEHR et al., 2002; JACKSON a PAGAN, 1996; HOTZ et al., 1997)

Minerální prvek	Hlavní funkce	Příznaky nedostatku	Hlavní vzájemné vztahy a toxicita	Zdroj
<b>Železo (Fe)</b>	je součástí hemoglobinu, myoglobinu, cytochromů a mnoha enzymových systémů, je nezbytné pro transport kyslíku a buněčné dýchání	anémie hypochromního mikrocytárního typu	utilizaci negativně ovlivňuje P, Cd, Co, Cu, Mn a Zn, kyselina fytová a šřavelová	krystalický síran železnatý, fumaran železnatý, chelát železa a aminokyselin
<b>Zinek (Zn)</b>	je nezbytný pro udržení integrity epiteliálních tkání, součástí inzulinu, zasahuje do energetického, proteinového i minerálního metabolismu, nezbytný pro růst, metabolismus kostí, fyziologické procesy v kůži a kožních derivátech, součástí a aktivátorem řady enzymů	snížená tolerance ke stresu, zhoršený výkon, časté infekce, snížení plodnosti, snížený příjem krmiva a rychlost růstu, parakeratóza (zvláště končetin) v rozsahu od malých míst suché hrubé kůže až k prudké trudovitosti	intoxikace zřídka, využitelnost negativně ovlivněna nadbytkem Ca, P, Fe, Cu, Cd, Pb, hrubé vlákniny a kyseliny fytové; resorpce snížena při nedostatku bílkovin v krmné dávce	otruby, sušené kvasnice, semena trav i vikvovitých rostlin; sulfid, oxid, chlorid, uhličitán zinečnatý, organicky vázaný zinek na aminokyseliny
<b>Mangan (Mn)</b>	je nezbytný pro formaci chondroitin sulfátu, nezbytného pro formaci chrupavek, potřebný pro syntézu organické matrice kostí, zasahuje do sacharidového a lipidového metabolismu, je součástí a aktivátorem řady enzymů, má kladný vliv na růst, vývoj a rozmnožovací funkce zvířat	zhoršený růst, snížený příjem potravy, poruchy vývoje skeletu, poruchy pigmentace srsti, zhoršená plodnost, ataxie, snížená životnost narozených mláďat	nízká míra resorpce 1 až 5 % z obsahu v krmné dávce, vstřebávání negativně ovlivňuje K, Ca a P	píceiny i jádrná krmiva s výjimkou kukuřice; chlorid, síran, uhličitán nebo oxid manganatý, chelát Mn
<b>Měď (Cu)</b>	je kofaktorem enzymů v hydrolytických reakcích, je nezbytná při přenosu elektronů a reakcích spojených s využitím kyslíku, pro syntézu hemoglobinu, tvorbu kostí a chrupavek, metabolismus pojivové tkáně, udržování myelinu v nervech, pigmentaci srsti,	anémie, hypertenze, narušení metabolismu lipidů, mikrovaskulárních funkcí, řidnutí srsti či rouna, výskyt vývojových ortopedických onemocnění u hříbat	nadbytek Mo, Fe a S omezuje resorpci a ovlivňuje metabolismus Cu; toxicita se objevuje při hladinách nad 250 ppm s velmi podobnými příznaky jako u deficiencie	třtinová melasa; síran měďnatý pentahydrát a chelát mědi a aminokyselin n-hydrát
<b>Selen (Se)</b>	je prostřednictvím glutathion-peroxidázy součástí antioxidačního systému, napomáhá detoxifikaci lipo- a hydrogen peroxidů, poškozujících buněčné membrány, má kontrolní funkci v metabolismu tyroidních hormonů	zhoršená životaschopnost hříbat, zhoršené sání, zduření mizních uzlin	vstřebávání ovlivňuje S a As	píceiny, jádrná krmiva; selenocystein, selenometionin, seleničitan sodný
<b>Jód (I)</b>	je nezbytný pro tvorbu thyroxinu a trijodthyroninu – regulátorů bazálního metabolismu, má katalytickou funkci pro oxidační reakce, reguluje rychlost metabolismu, ovlivňuje centrální nervový systém	porucha funkce štítné žlázy a snížení tvorby tyroidních hormonů, struma, zpomalení látkové přeměny, snížená životaschopnost hříbat, vodnaté otoky, u klisen nižší tvorba mléka	strumigenní aktivitu vykazují rostliny z čeledi brukvovitých	mořské řasy, chaluhy; jodid draselný, jodid sodný, jodičnan vápenatý
<b>Kobalt (Co)</b>	je nezbytný pro růst zvířat, tvorbu krve, syntézu a činnost řady enzymů, je důležitou součástí vitamínu B <sub>12</sub> , potlačuje růst nežádoucích střevních bakterií, zvyšuje syntézu bílkovin ve svalech, zintenzivňuje přeměnu látkovou, má vliv na reprodukci	anémie (od normocytární-normochromní po megaloblastické nebo makrocytární)	využitelnost souvisí s resorpcí jódu a železa	uhličitánové, chloridové a síranové formy kobaltu

K uspokojení nároků zvířat jsou krmné dávky tradičně obohacovány anorganickými sloučeninami (oxidy, sírany, uhličitany a chloridy). Nejběžnější je síranová nebo oxidová anorganická forma. Tyto zdroje jsou problematicky využitelné, neboť v kyselém prostředí žaludku dochází ke změnám jejich chemické struktury a ve střevech je využitelná jen malá část. V anorganických solích jsou stopové prvky ionizovány žaludeční šťávou na anionty (–) a kationty (+). Zhruba 80 % z nich je znovu smícháno ve střevě s anionty různé povahy, formují se v nerozpustné sloučeniny (fytáty, fosfáty, oxaláty atd.) a jsou vyloučeny ve výkalech, zatímco zbývající část podléhá několika faktorům, které mají vliv na jejich vstřebávání. Proto je za normálních podmínek organismem kompletně využito pouze 3 až 15 % stopových prvků přijatých v anorganické formě (DUDA, 2004).

V přírodě se mnohé soli vyskytují ve formě proteinátů nebo chelátů. Ty mohou být vstřebávány jako peptidy nebo aminokyseliny, na rozdíl od klasických cest využívání anorganických sloučenin probíhajících v tenkém střevě; to znamená, že pak mezi těmito formami minerálů nedochází ke konkurenčnímu boji o stejný mechanismus absorpce. Tím se zvyšuje nejen biologická dostupnost těchto forem minerálů, ale zlepšuje se i jejich transport a absorpce ve střevech. Proteinátové formy jsou také stabilnější a jsou lépe chráněny před nepříznivými reakcemi s jinými živinami, které by jinak rychlost jejich absorpce mohly omezovat. Kromě toho se také předpokládá, že je tento typ sloučenin specificky nasměrován do určitých orgánů, tkání anebo funkčních systémů těla (NEHASILOVÁ, 2005).

Organické zdroje minerálních prvků (tab. 18) nejsou rovnocenné a zahrnují široké spektrum struktur kov-ligand (AAFCO, 2005). Nejednotnost v terminologii používané při distribuci a prodeji organických zdrojů je do jisté míry důsledkem nedostatečně přesných definic jednotlivých sloučenin (FRYDRYCH, 2007).

Tab. 18 Organické minerální produkty (FRYDRYCH, 2007; AAFCO, 2005)

<b>Komplex kovu a aminokyselin</b>	Sloučenina, která je výsledkem komplexotvorné reakce rozpustné soli kovu s aminokyselinou (-ami); u sloučeniny musí být deklarován minimální obsah kovu. Pokud je použita jako krmný doplněk, musí být deklarována jako specifický komplex kovu a aminokyselin.	Komplex mědi a aminokyselin.
<b>Komplex kovu a specifické aminokyseliny</b>	Sloučenina, která je výsledkem komplexotvorné reakce rozpustné soli kovu se specifickou aminokyselinou; u sloučeniny musí být deklarován minimální obsah kovu. Pokud je použita jako komerční krmný doplněk, musí být deklarována jako specifický komplex kovu a aminokyselin.	Komplex mědi a lyzinu; komplex zinku a lyzinu.
<b>Chelát kovu a aminokyselin</b>	Sloučenina, která je výsledkem reakce iontu kovu ze stabilní soli s aminokyselinami, u níž je zachován molární poměr jeden mol kovu k jednomu až třem (preferenčně dvěma) molům aminokyselin. Obě složky jsou spojeny koordinačně kovalentními vazbami a heterocyklickými kruhy. U sloučenin musí být deklarován minimální obsah kovu. Pokud je použita jako komerční krmný doplněk, musí být deklarována jako specifický chelát aminokyselin a kovu.	Chelát manganu a aminokyselin; chelát zinku a aminokyselin.
<b>Komplex kovu a polysacharidu</b>	Sloučenina, která je výsledkem komplexotvorné reakce rozpustné soli s roztokem polysacharidu a je deklarována jako specifický komplex kovu a polysacharidu.	Komplex mědi a polysacharidu.
<b>Proteinát kovu</b>	Sloučenina, která je výsledkem chelatace rozpustné minerální soli s aminokyselinami a/nebo s částečně hydrolyzovaným proteinem. Musí být deklarována jako specifický proteinát kovu.	Proteinát mědi.
<b>Propionát kovu</b>	Sloučenina, která je výsledkem reakce soli kovu s kyselinou propionovou a je deklarována jako specifický propionát kovu.	Propionát zinku.
<b>Selenové kvasinky</b>	Sušené neživé kvasinky kultivované fermentací s doplňkem selenu umožňující zabudování selenu do buněčného organického materiálu.	

Dostupnost minerálního prvku z organického zdroje závisí na typu vazby (iontová nebo kovalentní) mezi kovem a ligandem, velikosti ligandu a působení pH. Slabší vazby kovů s ligandem (iontové) a malá velikost ligandu mají za následek méně stabilní molekuly, zatímco silné vazby (kovalentní) a velká velikost ligandu způsobuje větší stabilitu, ale také vyvolává obavy o dostupnosti (HYNES a KELLY, 1995).

Množství studií prováděných na zvířatech prokázalo, že pokud dieta obsahuje organicky vázané minerály, dochází ke zlepšení parametrů reprodukce, zvýšení imunity (SICILIANO *et al.*, 2003), rychlejšímu růstu kopytní rohoviny (OTT a JOHNSON, 2001), ke zvýšení mléčné produkce a k vyrovnanému růstu. Při porovnání podávání minerálů v organické a anorganické vazbě, byla u chelátů zjištěna koncentrace v krevním séru vyšší a ve výkalech nižší (NOVÁK, 2006). Zlepšení stravitelnosti a využitelnosti mědi a lepší průměrnou denní bilanci zinku a mědi u ročků při částečné náhradě anorganického zdroje proteinátem našli MILLER *et al.* (2003). Výhodou organických zdrojů mikroprvků je, že uchovávají svoji integritu v trávicím traktu a dostávají se na absorpční místa v tenkém střevě v podobě původních, intaktních molekul, které jsou absorbovány s větší účinností než ionty kovů z anorganických zdrojů (BROWN a ZERINGUE, 1994). Výzkumy ukázaly, že intenzivně trénovaní koně mají zvýšené nároky některých minerálů a zastoupení chelátových minerálů koním prokazatelně prospělo ve vrcholové sportovní nebo dostihové přípravě. Tito koně potřebují trvale bezpečné zdroje minerálů pro jejich zdraví, energetický metabolismus, regeneraci tkání a podporu imunitního systému (NOVÁK, 2006).

Některé studie u ročků neprokázaly rozdíl v růstu zvířat nebo stravitelnosti a bilanci minerálů po 100% náhradě anorganických prvků cheláty, při dávkách mikroprvků čtyřnásobně překračujících doporučení NRC (NAILE *et al.*, 2005). Ani u dospělých koní nedošlo při podobné záměně k ovlivnění kvality kopyt (SICILIANO *et al.*, 2001<sub>a</sub>), obsahu minerálů v játrech (SICILIANO *et al.*, 2001<sub>b</sub>), nebo stravitelnosti a retence stopových prvků (WAGNER *et al.*, 2005; BAKER *et al.*, 2005). Hodnocení těchto výsledků je velmi náročné. Cheláty mají většinou vyšší účinnost, ale mnohonásobnou cenu a při prodeji jsou snadno falšovatelné – těžko se analyticky stanoví, zda je prvek v organické nebo v anorganické formě (ZELENKA a ZEMAN, 2006).

### 3.8 Vitamíny

Vitamíny jako organické exogenní esenciální katalyzátory heterotrofních organizmů, mají ve výživě koní nepostradatelný význam (ZEHNÁLEK, 2003). Jejich potřeba je velmi malá; závisí na druhu zvířat, pohlaví, věku, fyziologickém stavu, úrovni produkce, technologických podmínkách chovu, obsahu vitamínů v těle, schopnosti vlastní syntézy příslušného vitaminu i schopnosti organismu využívat daný vitamín (JELÍNEK, KOUDELA *et al.*, 2003). Vitamíny mohou mít katalytickou funkci v řadě reakcí látkové přeměny buď samy, nebo jako součásti sloučenin, které z nich v organismu vznikají (tvoří kofaktory enzymů). Vitamíny vytvářejí i důležité redox-systémy, zachycují volné radikály a mohou také kontrolovat metabolismus některých látek. Nedostatek vitamínů v potravě se projevuje různými poruchami, které v lehčí formě označujeme jako hypovitaminózy, těžší jako avitaminózy. Naopak při předávkování některých vitamínů mohou vznikat poruchy, označované jako hypervitaminózy (ZEHNÁLEK, 2003). Na základě fyzikálně chemických vlastností dělí vitamíny JELÍNEK, KOUDELA *et al.* (2003) na **rozpustné v tucích** (tab. 19) a **rozpustné ve vodě** (tab. 20). Sportovní koně mají relativně vyšší fyziologickou potřebu vitamínů než ostatní kategorie koní a je proto vhodné jim jejich potřebu doplňovat ze syntetických zdrojů. Potřeba vitamínů je převážně kryta z čerstvých zelených (nebo ze správně usušených) objemných krmiv. Nedostatek může nastat pouze za předpokladu, že se koně nepasou a krmí se pouze spařované zrniny. Možný nedostatek je také v případě, že kůň byl léčen některými antibiotiky, anebo mu byla předkládána stará, zatuchlá či plesnivá krmiva (ZEMAN *et al.*, 2005).

Tab. 19 Charakteristika vitamínů rozpustných v tucích (NRC, 2007; SOLOMONS, 2001; STEPHENSEN, 2001; NORMAN, 2001; MCDOWELL, 2000; SIES, 1993; LOFSTEDT, 1997; DIVERS, 2005; DOWD et al., 1995)

Vitamin	Hlavní funkce	Příznaky nedostatku	Potřeba a toxicita	Zdroj
<b>Retinol A</b>	je nezbytný k ochraně epitelů před rohovatěním, má protinfekční funkci, ovlivňuje plodnost, prenatální vývoj organismu, reprodukci, snižuje dopady stresových faktorů, zasahuje do metabolismu živin, ovlivňuje přeměnu nukleoproteinů, aminokyselin obsahujících síru, obsah glykogenu v játrech a ve svalech a obsah cholesterolu v organismu, ovlivňuje také tvorbu chrupavek a kostí	šeroslepost, xeroftalmie, poruchy funkce epitelových buněk sliznic, žláz a kůže s projevy poruch, jež odpovídají funkci příslušných orgánů, kde se epitel nachází (dýchací, trávicí, nervová, pohlavní soustava), snížená obranyschopnost, snížená výkonnost, vyšší výskyt poškození šlach	kůň získává vitamin A konverzí z beta-karotenu; toxická jsou množství asi 20x vyšší než je denní potřeba, dochází k rozpadu chrupavkové matrix, podává se ve chráněné formě - enterosolventních kapslích – brání oxidaci, potřeba pro pracujícího koně 45 IU/kg živé hmotnosti a den	karotenoidy rostlinných krmiv, zejména zelená píče, pastva, kukuřičné zrno, mrkev
<b>Kalciferol D</b>	je nezbytný pro kontrolu homeostázy vápníku, účastní se na regulaci růstu kostí a jejich metabolismu a pomáhá koordinovat metabolismu fosfátů; biologicky aktivní formou vitamínu D <sub>3</sub> je kalcitriol vzniklý hydroxylací v játrech a ledvinách; ovlivňuje také buněčný růst a diferenciaci	křivice – snížené ukládání minerálních látek u rychle rostoucích kostí, což vede k jejich deformaci a zvýšené lámavosti, defektní růst zubů, demineralizace kostí (osteomalacie) nebo řidnutí kostí (osteoporóza), šedá barva srsti, chřadnutí zvířat	vitamin D <sub>3</sub> – cholekalciferol se může vytvářet v kůži při fotochemické reakci ze 7-dehydrocholesterolu, v rostlinách je provitamin ergosterol přeměňován na vitamin D <sub>2</sub> (ergokalciferol) ultrafialovým zářením, nadbytek toxický – kalcifikace měkkých tkání (ledviny, plíce, srdce, cévy), bezpečná hladina je 44 IU/kg živé hmotnosti a den	kvasnice, některé oleje, pícniny sušené na slunci
<b>Tokoferol E</b>	je součástí antioxidačního systému těla, podílí se na stabilitě buněčných membrán, zlepšuje využití vitamínů A a D, stabilizuje polynenasycené mastné kyseliny tím, že inhibuje tvorbu toxických lipoperoxidů, podporuje plodnost – působí protidegenerativně na zárodečný epitel varlat a děložní sliznice, má příznivý vliv na imunitu	destrukce buněčných membrán, degenerace kosterní a srdeční svaloviny, myeloencefalopatie, neuromotorická onemocnění, zvýšená fragilita erytrocytů, snížená plodnost – zhoršená kvalita ejakulátu, poškození placentárního spojení	denní potřeba pro dospělého lehce, středně a těžce pracujícího koně činí 1,6; 1,8 a 2 IU/kg živé hmotnosti	olej obilních klíčků, rostlinné oleje, zelená píče
<b>Fylochinon K</b>	je katalyzátorem při tvorbě protrombinu nutného pro srážení krve, zasahuje do kostního metabolismu a ovlivňuje zdraví cév, podílí se také na oxidoredukčních pochodech	hemoragie – krevní výrony jako důsledek snížené srážlivosti krve	syntetizován mikroorganismy trávicího traktu, antivitaminem – dikumarol (vzniká mikrobiální činností z kumarinu v zapařených a zahnívajících vikvovitých rostlinách, plesnivém seně)	pícniny, menší množství jadrná krmiva

IU – mezinárodních jednotek

*Tab. 20 Charakteristika vitamínů rozpustných ve vodě (NRC 2007; BATES, 2001; MCDOWELL, 1989; RIVLIN, 2001; JACOB, 2001; ZEMPLENI, 2001; JOSSECK et al., 1995; BUFFA et al., 1992; BAILEY et al., 2001; JOHNSTON, 2001)*

Vitamín	Hlavní funkce	Příznaky nedostatku	Potřeba a toxicita	Zdroj
<b>Tiamin B<sub>1</sub></b>	je kofaktorem dekarboxyláz oxokyselin a dalších enzymů, nezbytný pro metabolismus sacharidů, součástí membrán nervových buněk	zpomalení růstu, průjem, snížený příjem krmiva, polyneuritické křeče, narušena hemopoetická funkce kostní dřeně	syntetizován mikroflórou trávicího traktu, antivitaminem je tiamináza, toxicita není známa; doporučená potřeba činí 5 mg/kg sušiny pro pracující koně	obiloviny a produkty jejich vedlejšího zpracování, proteinové doplňky, droždí
<b>Riboflavin B<sub>2</sub></b>	je součást flavinových enzymů, nezbytných pro tkáňové dýchání, ovlivňuje metabolismus bílkovin a tuků, podporuje růst mikroorganismů	záněty sliznic a kůže, zpomalení růstu, průjemy	syntetizován mikroflórou trávicího traktu, účinnost snižují antibiotika a sulfonamidy, potřeba činí 2 mg/kg sušiny krmné dávky	leguminózy (vojtěška, jetel), travní seno, otruby, mléko
<b>Niacin B<sub>3</sub>, P</b>	je součást koenzymů NAD(P) <sup>+</sup> , ovlivňuje energetický metabolismus, nezbytný pro funkci kůže a trávicího ústrojí, zvyšuje produkci a omezuje stresy	dermatitida, krváceniny, záněty sliznice trávicího traktu, nechutenství, zpomalený růst	v organismu syntetizován z tryptofanu	obiloviny olejnatá semena, vojtěška, (velmi omezená dostupnost), kvasnice
<b>Cholin B<sub>4</sub></b>	jako složka lecitinu je součástí buněk podílejících se na lipidovém metabolismu, prekursor acetylcholinu, ovlivňuje syntézu methioninu a kreatinu	degenerativní změny jater, deformace kloubů a kostí, zpomalený růst	organismus jej může syntetizovat z methioninu a serinu, jeho potřeba je zvýšená při dávkách s vyšším obsahem tuku a energie	luštěniny
<b>Pantotenát B<sub>5</sub></b>	jako součást koenzymu A zasahuje do přeměny kyseliny octové v citrátovém cyklu	narušení metabolismu bílkovin a sacharidů, poruchy přeměny sacharidů a proteinů na tuky, poškození regulace glykemie, poruchy růstu, narušená činnost hypofýzy a nadledvin	syntetizován mikroorganismy trávicího traktu	všeobecně rozšířen
<b>Pyridoxin B<sub>6</sub></b>	je nezbytný k přeměně aminokyselin a syntéze bílkovin, koenzym dekarboxyláz a transamináz, podílí se na syntéze katecholaminů	zpomalený růst, nervové poruchy, vypadávání chlupů, poruchy koordinace pohybu	v semenech lnu přítomný l-amino-D-prolin – vytváří s vitamínem B <sub>6</sub> nevyužitelné komplexy	obiloviny
<b>Folacin B<sub>7</sub></b>	je kofaktorem přenášejícím jednouhlíkové štěpy, zasahuje do metabolismu aminokyselin, cholinu, nukleových kyselin, katecholaminů, růstový faktor	narušená syntéza DNA, poruchy tvorby krve a trávení, zvýšená embryonální mortalita, zpomalený růst, slabost	syntetizován mikroorganismy v trávicím traktu	zelená píce
<b>Kobalamin B<sub>12</sub></b>	je antianemický vitamín, nezbytný pro tvorbu červených krvinek, ovlivňuje metabolismus bílkovin, sacharidů, tuků, růstový faktor	porucha erytropoézy, anémie, zpomalení růstu	při dostatku Co tvořen mikroorganismy trávicího traktu, vstřebáván je však pouze po průchodu žaludkem, kde se vylučuje bílkovina umožňující jeho vstřebávání	podání kobaltu, mléko
<b>Biotin H</b>	je kofaktorem karboxyláz, zasahuje do metabolismu všech živin	záněty kůže, zvyšuje se činnost mazových žláz a vypadává srst, trhliny na kopytní stěně, nekrotická ložiska na chodidlové ploše	antivitaminem avidin z vaječného bílku, streptavidin a stravidin nacházející se v půdě, krmivech a hnoji	vojtěška, oves, ječmen, sójový extrahovaný šrot
<b>L-askorbát C</b>	je antioxidant, nezbytný pro růst a vývoj, obranyschopnost, hojení ran, regeneraci nervů, metabolismus Fe, vstřebávání Ca, ovlivňuje detoxikační procesy, tvorbu kolagenu, karnitinu	skorbut, vysychání kůže, náchylnost k infekcím	koně jej tvoří z glukózy v játrech, v zátěžových situacích pokud se vyčerpají zásoby je vhodné jej podávat externě, náchylný k oxidaci	glukóza

### 3.9 Voda, elektrolyty a regulace vnitřního prostředí organismu

#### 3.9.1 Voda

Voda je základním prostředím, v němž probíhá veškeré dění v buňce. Je výtečným rozpouštědlem polárních a iontových sloučenin. Aktivně se zúčastňuje řady hydrolytických a hydratačních reakcí a acidobazických dějů probíhajících v rámci metabolismu. Voda také funguje jako transportér, umožňující rozvod rozpuštěných látek do organismu (ZEHNÁLEK, 2003). Voda je nezbytná pro udržování stálosti vnitřního prostředí – rovnováhy tělních tekutin, trávicí funkce a gastrointestinálního zdraví (NRC, 2007). Koně tolerují restrikcii vody i po delší období, zejména při absenci krmiva (TASKER, 1967<sub>a</sub>).

Rovnovážného stavu vody v organismu je dosahováno vyrovnáním ztrát vody s jejím příjmem (NRC, 2007). ZEMAN *et al.* (2006) uvádějí, že kůň získává vodu jednak z exogenních zdrojů (pitná voda, voda obsažená v krmivech) a jednak z endogenních zdrojů (voda vznikající při metabolických procesech v organismu – při oxidaci 1 g tuku se tvoří 1,071 g vody, oxidací 1 g sacharidů vzniká 0,555 g vody a rozkladem 1 g bílkovin vznikne 0,413 g vody). Všichni koně ztrácí tekutinu prostřednictvím čtyř cest – výkaly, moči, respiraci a kůži. Laktující klisny také ztrácí tekutinu skrze sekreci mléka (NRC, 2007). Střevní trakt je pro koně hlavní rezervou vody. U koní bez pracovního využití je hlavní cestou ztrát vody vyloučení tekutin výkaly. Denní ztráty vody u nepracujících dospělých koní krmených vojtěškovým senem činily přibližně 3 litry tekutiny/100 kg živé hmotnosti (TASKER, 1967<sub>a</sub>; FREEMAN *et al.*, 1999). Homeostázu tělních tekutin regulují ledviny. S výjimkou selhání ledvin, produkují kontinuálně ledviny malé množství moči a to dokonce za stavu totálního strádání vody. To je základní (povinná) ztráta moči, která byla u koní stanovena kolem 0,5 l/100 kg ž. hm. (TASKER, 1967<sub>b</sub>). Objem moči je normálně vyšší a více variabilní než základní ztráta jako výsledek rozdílů ve složení krmné dávky, dostupnosti vody či tekutin, metabolických změn v reakci na změny okolní teploty, pracovní zátěže, nebo gastrointestinálního zdraví. RUMBAUGH *et al.* (1982) uvádějí produkci moči u koní krmených vojtěškou 2,9 litru/100 kg ž. hm. Cvičení má neočekávaný vliv na objem moči. Objem moči vzrostl u koní vykonávajících submaximální zátěž (HINCHCLIFF *et al.*, 1990), ale pozoruhodně poklesl u koní v maximální zátěži (SCHOTT *et al.*, 1995). Tepelné ztráty jsou usnadněny, podobně jako u jiných druhů zvířat, prostřednictvím odpařování vody. Ke ztrátám tepla a tím i tekutin dochází pasivně odpařováním skrze kůži (difúze) a plíce. Pocení je aktivní proces zahrnující sekreci tekutiny potními žlázami, který je iniciován zvýšením



teploty tělesného jádra. Ztráty tekutin kůží u koní rostou exponenciálně při teplotě nad 20 °C (MORGAN *et al.*, 1997). Denní ztráty odpařováním u koní držených v termoneutrální zóně byly stanoveny na  $10 \pm 2,7$  litrů/den s rozsahem 1,7–3,3 l/100 kg ž. hm. (GROENENDYK *et al.*, 1988). Při teplotě 35 °C mohou činit až 36 litrů u koní bez předchozí adaptace na tuto teplotu (MORGAN *et al.*, 1997). Celkové evaporační ztráty tekutin pracujících koní, či koní v tréninku závisí na délce a intenzitě cvičení, podmínkách životního prostředí a aklimatizace koně na podmínky prostředí. Pocení se dramaticky zvyšuje během prvních 20–30 minut tréninku, poté se ustálí (KINGSTON *et al.*, 1997). Ztráty potu mohou činit 70–90 % celkových ztrát odpařováním u koní během cvičení (HODGSON *et al.*, 1993). Celkové ztráty tělesné vody 20,4 l byly publikovány pro koně účastnících se cross-country závodů (ECKER a LINDINGER, 1995) a ztráta tělesné hmoty 33,8 kg, považovaná hlavně za ztrátu tekutin, byla zaznamenána u výkonnostních koní s dlouhou délkou a nízkou intenzitou aktivity (KINGSTON *et al.*, 1997). Respirační ztráty tepla, čili ztráty tekutin skrze odpařování, byly stanoveny na 19–30 % z celkové produkce tepla u koní vykonávajících středně intenzivní trénink s absolutní ztrátou tekutin skrze plíce 0,8–2,1 l (HODGSON *et al.*, 1993; KINGSTON *et al.*, 1997).

Dle FRAPEHO (2010) je potřeba vody na záchovu pro dospělého koně v mírných podmínkách pravděpodobně nižší než 2 l/kg sušiny přijaté krmné dávky (5 l/100 kg ž. hm.). Přičemž pracující kůň zatížený teplotním stresem vyžaduje až 5–6 l/kg přijaté sušiny (12–15 l/100 kg ž. hm.). Potřeba vody (tab. 21) závisí na hmotnosti koně, věku, intenzitě a délce tréninku, složení krmné dávky (čerstvá tráva má vyšší obsah vody než seno), teplotě a vlhkosti okolního prostředí a gastrointestinálním zdraví (NRC, 2007). Pro lehce pracujícího koně o hmotnosti 500 kg lze orientačně počítat s potřebou 20–25 kg vody na den a pro koně těžce pracujícího počítáme se spotřebou vody 40–55 kg vody (ZEMAN *et al.*, 2005).

Tab. 21 Odhadovaná potřeba vody u koní (NRC, 2007)

Třída	Teplota prostředí (°C)	Délka cvičení (h)	Dieta (kg/100 kg ž. hm.)		Příjem vody (l/100 kg ž. hm.)	Tělesná hmotnost (kg)	Průměrný celkový příjem vody (l/den)	Odhadovaný rozsah příjmu vody (l/den)
			Množství	Typ				
dospělý nepracující	20	–	1,5	pouze seno	5	500	25	21–29
	30	–	1,5		9,6		48	42–54
	20	–	2,0		6,7		33,5	30–38
dospělý nepracující	20	–	2,0	seno - obilí	6,2	500	31	27–35
	- 20	–	2,5	pouze seno	8,4		42	37–47
střední práce	20	1	2,2	seno - obilí	8,2	500	41	36–46
	35*	1	2,2		16,4		82	72–92
ročci	- 10	–	2,0	seno - obilí	6,0	300	18	16–20
	20	–	2,0		6,3		19	17–21

\* denní průměr

### 3.9.2 *Elektrolyty a regulace vnitřního prostředí organismu*

Elektrolyty jsou makromineraly, které disociují v roztoku na elektricky nabitě částice nazývané ionty. U koní hrají elektrolyty důležitou roli v udržení osmotického tlaku, tekutinové rovnováhy a správné aktivity nervové a svalové tkáně. Během zátěže se sodík ( $\text{Na}^+$ ), draslík ( $\text{K}^+$ ) a chlorid ( $\text{Cl}^-$ ) ztrácejí pocením a močí. Ztráty těchto elektrolytů způsobují vyčerpání a svalovou slabost a snižují pocit žízně, jako odpovědi na dehydrataci (PAGAN, 1998<sub>d</sub>).

Objem a složení extracelulární i intracelulární tekutiny se neustále mění v závislosti na intenzitě metabolismu, resp. je jiné v klidu a jiné při zátěži. Je odrazem vzájemného poměru katabolických a anabolických dějů, které v organismu neustále probíhají. Při zátěži převládají děje katabolické, v klidu děje anabolické. Úkolem vnitřního prostředí je proto udržet rovnováhu těchto dějů v takovém poměru, aby nenastalo poškození organismu.

Termoregulačními pochody se pracující organismus zbavuje nadbytečného tepla, protože jen zhruba 25 % uvolněné energie se mění na energii mechanickou (pohybovou) a zbývající část na energii tepelnou (75 %). Zvýšená ztráta vody a iontů pocením se významným způsobem podílí na změnách vnitřního prostředí (tab. 22). Velikost těchto ztrát závisí nejen na intenzitě a objemu zátěže, ale i na podmínkách vnějšího prostředí, jako je teplota, vlhkost a proudění okolního vzduchu (HANÁK, 2008).

- Krátkodobá zátěž maximální intenzity (rychlostní, silová) se projevuje přesunem tekutiny z extracelulárních prostorů do prostorů intracelulárních. Odsun tekutiny z krve do tkání se projeví úbytkem plazmatického objemu, vyplavením erytrocytární masy ze sleziny a výraznou hemokoncentrací (zvýšení hodnot hematokritu, koncentrace hemoglobinu, počtu erytrocytů a hladiny plazmatických bílkovin). Tyto změny jsou vyvolány převahou katabolických dějů ve svalových buňkách při jejich činnosti za anaerobních podmínek. Anaerobním štěpením glykogenu s mohutnou produkcí laktátu vzniká ve svalových buňkách překyselení – acidóza, která se v průběhu krátké doby rozvine v celém organismu. V extracelulární tekutině (krvi) se na zmírňování acidózy nejvýznamněji podílí bikarbonátový nárazníkový systém. V buňkách svalů zmírňuje tkáňovou acidózu nárazníkový systém bílkovin a fosfátů. Tím však klesá schopnost proteinů a fosfátů vázat draslík a ten uniká z buněk do extracelulární tekutiny, kde koncentrace kaliových iontů výrazně stoupá (hyperkalemie). Aby se zachovala elektroneutralita prostředí, proniká do buněk

sodíkový ion společně s vodou (hyponatremie). Výrazný přesun vody do intersticiálních a intracelulárních prostorů tkání bývá označován jako „pracovní otok svalů“. K významnějším ztrátám tekutin (vody a iontů) pocením během krátkodobé zátěže ani nedochází. Termoregulační pochody tak vlastně nastupují až po skončení zátěže (pocení po zátěži). Rovněž tvorba moči je omezena (diuréza), nebo dokonce zastavena (oligurie až anurie). Po skončení zátěže se obnovuje normální prokrvení ledvin a diuréza ustupuje. Toto obnovení činnosti ledvin je důležité pro vyloučení katabolitů z těla ledvinami a úpravu vnitřního prostředí do původního klidového stavu (HANÁK a OLEHLA, 2010).

- Dlouhodobá zátěž (vytrvalostní a obratnostní) je charakterizována vyššími nároky na termoregulační pochody, a to tím více, čím je zátěž delší a intenzivnější. V počáteční fázi dlouhodobé zátěže nastávají přesuny tekutin jako při zátěži krátkodobé – hyperkalemie, hyponatremie a pracovní edém svalů. Tyto změny však mají přechodný ráz. V dalším průběhu zátěže obsah vody ve svalových buňkách klesá dokonce pod výchozí hladinu. Tato stupňovitá redistribuce vody v průběhu dlouhodobé zátěže souvisí s potřebou odvádět přebytečné teplo intenzivním pocením. Vylučování tekutin potem způsobuje úbytek plazmatické tekutiny projevující se rovněž hemokoncentrací (HANÁK a OLEHLA, 2010). Z iontů vykazuje nejmarkantnější změny draslík, jehož koncentrace v plazmě se na počátku práce prudce zvyšuje v souvislosti s probíhající glykolýzou. V dalším průběhu zátěže se však hladina K v plazmě postupně snižuje, což je spojováno s fosforylačními ději při obnovování zásob glykogenu ještě v průběhu této zátěže a s vylučováním draslíku spolu se sodíkem a chloridy potem. Ztráty těchto elektrolytů mají za následek rychlejší nástup únavy při dlouhodobé zátěži (HARRIS a SNOW, 1992). Ztráty sodíku potem jsou hlavní příčinou poklesu Na v plazmě (hyponatremie). Také hodnoty K jsou při dlouhodobé zátěži vyšší v potu než v plazmě, kde dochází dokonce k jejich poklesu. V regulaci změn tohoto elektrolytu se uplatňují nejen ztráty potem, ale také vylučování ledvinami. Při omezené funkci ledvin během zátěže se vylučuje močí místo sodíku draslík, tím může dojít ke značné ztrátě kalia ledvinami a potem, jejímž projevem jsou poruchy vodivosti a kontraktility myokardu, pokles svalové síly, únava až poruchy senzoria (hypokalemie). Zároveň s vodou jsou zadržovány v organismu ledvinami i elektrolyty, zejména sodík a chloridy. Vyvíjí se hyperosmolalita plazmy, která přes hypotalamus dráždí hypofýzu k vyššímu výdeji antidiuretického hormonu, který dále omezuje výdej vody ledvinami. Zvýšení osmotického tlaku vyvolá žízeň. V regulaci

elektrolytového metabolismu se výrazně uplatňují hormony kůry nadledvin (zejména aldosteron). Po skončení dlouhodobé zátěže, při níž ztráty tělesných tekutin nepřesáhly 1 % živé hmotnosti, se upraví vnitřní prostředí spontánně a poměrně rychle. Při větších ztrátách (až 10 % hmotnosti) již samovolná úprava není možná a je nutné vodu a ionty v potřebném množství organismu koně dodat, tj. rehydratace organismu (HANÁK a OLEHLA, 2010).

Tab. 22 Hlavní stabilizátory vnitřního prostředí organismu (HANÁK a OLEHLA, 2010; HANÁK, 2008; FRAPE, 2010; HARRIS a SNOW, 1992; PAGAN, 1998<sub>d</sub>)

Elektrolyty	Výskyt	Hlavní funkce a vliv na výkon
<b>Sodík (Na<sup>+</sup>)</b>	extracelulární tekutina	při katabolické činnosti během zátěže vstupuje Na spolu s H <sub>2</sub> O do nitrobuňčného prostoru svalových buněk směnou za K
<b>Draslík (K<sup>+</sup>)</b>	intracelulární prostor	účastní se fosforylace při zátěži, katabolické procesy při zátěži intenzivní a krátkodobé, jsou spojeny s výstupem K z buněk do plazmy (hyperkalemie), při dlouhodobé zátěži však hladina K v plazmě klesá (hypokalemie), při snížení K v srdečním svalu klesá svalová síla myokardu, objevují se poruchy rytmu a změny v křivce EKG, současně klesá i svalová síla a dostavuje se únava
<b>Chlorid (Cl<sup>-</sup>)</b>	extracelulární tekutina	uplatňuje se při vyrovnávání osmolality, elektroneutrality a acidobazické rovnováhy krevní plazmy a celého vnitřního prostředí, mezi plazmou a červenou krvinkou dochází k jeho směně za bikarbonáty
<b>Fosfátový anion</b>		v buňkách má význam nárazníkového systému (zmírňuje tkáňovou acidózu), organicky vázané fosfáty se uplatňují při přeměně sacharidů (glykogenu), tuků (mastných kyselin) a bílkovin na energii (fosforylace), uvolnění fosfátů z makroergních vazeb je provázáno uvolněním energie, která je použita ke svalové práci nebo se mění na teplo
<b>Vápník (Ca<sup>++</sup>)</b>	v organismu v různých formách, jen část je volná jako Ca <sup>++</sup>	aktivuje enzymy svalových vláken a tak uvolňuje energii uloženou v ATP, ovlivňuje nervosvalovou dráždivost - zprostředkovává přenos elektrického potenciálu z povrchu svalových vláken na vlastní kontraktilní hmotu (vápníkový můstek mezi aktinem a myozinem), zvýšená potřeba vápníku při intenzivní zátěži je spojena se zvýšenou sekrecí parathormonu, který uvolňuje vápník a fosfáty z kostní tkáně, zvyšuje vylučování fosforu ledvinami a zvyšuje zpětnou tubulární resorpci vápníku v ledvinách, normální metabolismus Ca je podmínkou normální funkce srdečního svalu, z hlediska acidobazické rovnováhy je kostra velkým nárazníkovým systémem, který při acidóze poutá vodíkové ionty i za cenu dekalifikace kostí - to je také pravděpodobně příčinou většího výskytu kostních chorob spojených s dekalifikací u intenzivně trénujících jedinců, zejména mladých rostoucích koní (mikrotraumata, fraktury)
<b>Hydrogenuhlíčitánový (bikarbonátový) anion</b>	je nefixovaným iontem	jeho změny směřují k obnovení elektroneutrality vnitřního prostředí, má proto úzký vztah k regulaci acidobazické rovnováhy krve, zejména k pH (zmírňování acidózy v extracelulární tekutině) a tenzi oxidu uhličitého
<b>Bílkoviny</b>	extracelulární tekutina	mají transportní roli, podílejí se na udržení koloidně osmotického tlaku v cévním řečišti, v buňkách svalů zmírňuje tkáňovou acidózu, při zátěži bílkoviny unikají z plazmy do intersticiálního prostoru, vyšší koncentrace bílkovin v intersticiu pak poutá větší objem vody, objevuje se tzv. pracovní edém, při zátěži se snižuje množství albuminů, ale zvyšuje množství globulinů, které představují v souvislosti se stresovou reakcí přechodné zvýšení obranyschopnosti organismu.

Elektrolyty by v koňské dietě měly být suplementovány na úrovni odpovídající jejich ztrátám potem. Tabulka 23 obsahuje potřebné hladiny elektrolytů na den u koní v klidu a po těžké zátěži se ztrátou 5, 10, 25 a 40 litrů tekutiny, tabulka 24 potřebu elektrolytů při různé intenzitě práce.

*Tab. 23 Celkové denní požadavky elektrolytů (g/den) dle PAGANA (1998<sub>d</sub>)*

Elektrolyt	ztráty potu (l/den)				
	klid	5	10	25	40
Sodík (Na <sup>+</sup> )	10	27	43	93	142
Chlór (Cl <sup>-</sup> )	10	41	71	163	254
Draslík (K <sup>+</sup> )	25	24	43	70	97
Hořčík (Mg <sup>++</sup> )	10	12	13	19	24

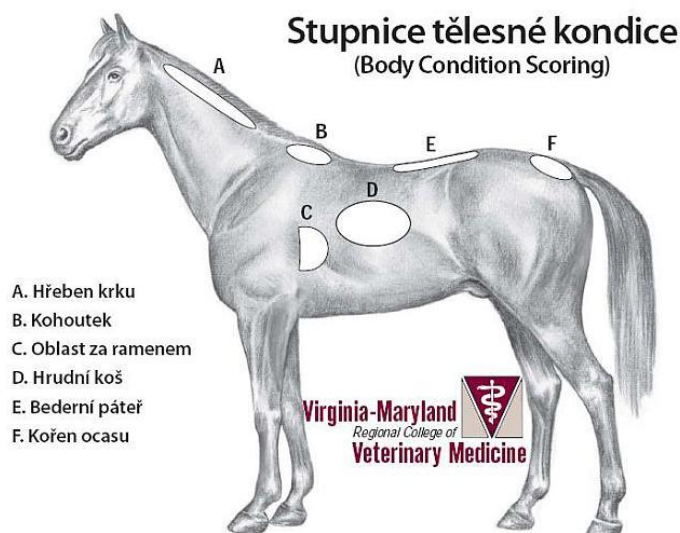
*Tab. 24 Denní potřeba sodíku, draslíku, chlóru a hořčíku (g/den) pro koně v zátěži různé intenzity (MEYER, 1987)*

Elektrolyt	intenzita práce			
	klid	lehká	střední	těžká
Sodík (Na <sup>+</sup> )	10	20	50	125
Chlór (Cl <sup>-</sup> )	10	25	70	175
Draslík (K <sup>+</sup> )	25	30	44	75
Hořčík (Mg <sup>++</sup> )	10	11	14	15-19

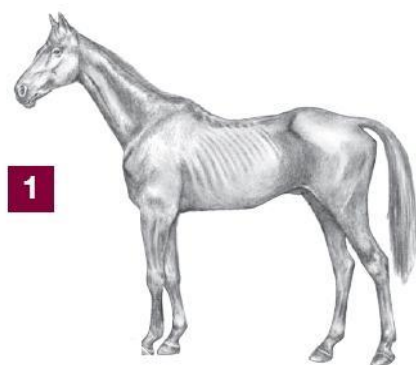
### 3.10 Hodnocení BCS

Přesná potřeba živin každého koně závisí na početných individuálních faktorech. Kromě výkonů, které kůň podává, ukáže správnost sestavené krmné dávky i jeho celkový výživný stav (MAROSKE, 2010). Ten lze nejlépe kontrolovat pravidelným vážením a určováním množství podkožního tuku (bodování tělesné kondice).

Úroveň výživy je nutné přizpůsobit aktuální tělesné kondici koně, tedy připravenosti organismu pro určitý druh práce. Tělesná kondice koně závisí na způsobu krmení, zdravotním stavu, věku, stupni březosti a na fyzickém a psychickém stavu koně. Je také ovlivněna způsobem ustájení a sezónou. HENNEKEN et al. (1983) jsou autory systému hodnocení tělesné kondice na základě posouzení několika vyznačených míst (obr. 10).

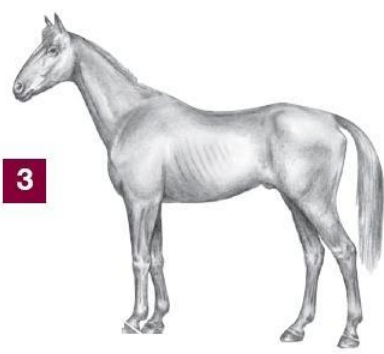


Obr. 10 Hodnocení tělesné kondice (<http://www.equichannel.cz/stupnice-telesne-kondice-kone>)



**1. Podvýživa:** Kůň je velmi vyhublý. Obratle, žebra, kyčelní kosti a kořen ocasu výrazně vystupují. Dále vystupuje kohoutek, ramenní kloub a krk je velmi vyhublý. Veškerý podkožní tuk chybí.

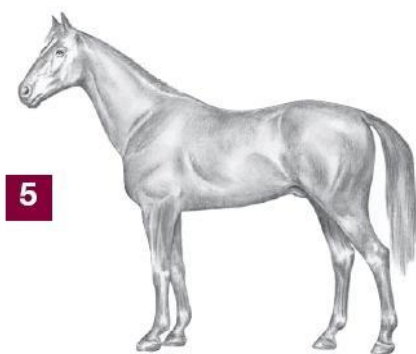
**2. Výrazná vyhublost:** Kůň je vyhublý. Malé množství tuku obaluje obratle. Obratle, žebra, kyčelní kosti a kořen ocasu stále vystupují. Výrazně znatelné jsou struktury krku, kohoutku a ramenního kloubu.



**3. Vyhublost:** Obratle jsou více obalené tukem, ale stále jsou jednotlivé obratle viditelné. Žebra jsou snadno viditelná, ale lehce pokryta tukem. Kořen ocasu je stále viditelný. Mírně znatelné jsou struktury krku, kohoutku a ramenního kloubu.

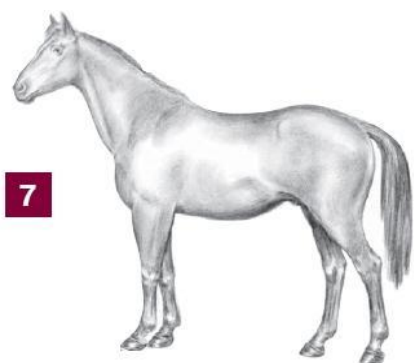
**4. Lehká kondice:** Obratle vytvářejí mírný hřeben. Žebra jsou viditelná a rýsují se. Kořen ocasu je mírně obalen tukem. Mírně znatelné jsou struktury krku, kohoutku a ramenního kloubu.





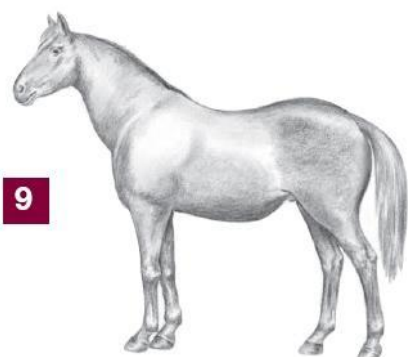
**5. Střední kondice:** Bedra jsou rovná. Žebra nejsou již viditelná, ale na pohmat jsou dobře cítit. Kořen ocasu je obalený tukem a na pohmat pružný. Ramena a krk souvisle splývají s linií těla a kohoutek je zaoblený.

**6. Mírná nadváha:** Nad bederní páteří se tvoří mírná prohlubeň. Kořen ocasu je obalený tukem a na pohmat pružný. Žebra jsou pokryta malou vrstvou pružného tuku. Malé množství tuku se začíná ukládat podél kohoutku, ramenního kloubu a na hřebeni krku.



**7. Nadváha:** Na bederní páteři je prohlubeň. Žebra jsou pokryta výraznou vrstvou tuku, ale na pohmat jsou cítit. Kořen ocasu je obalený tukem a na pohmat pružný. Silnější vrstva pokrývá kohoutek, ramenní kloub a hřeben krku.

**8. Obezita:** Na bederní páteři je výrazná prohlubeň. Žebra jsou pokryta výraznou vrstvou tuku a lze je nahmatat jen obtížně. Kořen ocasu je výrazně obalený a tvoří tukové polštáře. Kohoutek, ramenní kloub jsou silně obalené tukem. Výrazný krční hřeben. Podél vnitřních stehů se utváří vrstva tuku.



**9. Extrémní obezita:** Na bederní páteři je hluboká prohlubeň. Tukové polštáře pokrývají žebra, krk, kohoutek, ramenní kloub a kořen ocasu. Výrazný krční hřeben. Na bederní páteři je výrazná prohlubeň. Výrazné vrstvy tuku podél vnitřních stehů se třou o sebe. Břicho má sudovitý tvar a slabina je vyplněná.

## 4 ZÁVĚR

Zvýšené nutriční nároky sportovního koně a vysoké energetické požadavky jsou v rozporu s evoluční dietou koně. Z tohoto důvodu je důležité najít optimální rovnováhu energetických substrátů pro udržení zdraví, kondice a výkonnosti koně. Cílem krmné dávky je zajistit dostatečné množství hydrolyzovatelných sacharidů pro podporu syntézy svalového glykogenu a pro zvýšení energetické denzity krmné dávky, zároveň se však vyhnout překrmování škrobů, které může překročit trávící kapacitu tenkého střeva, a tak negativně narušit fermentaci v tlustém střevě. Dále optimalizovat obsah tuku krmné dávky pro podporu energetického metabolismu při zátěži, zajistit dostatek vlákniny v krmné dávce pro udržení optimální fermentace v tlustém střevě, zabezpečit syntézu těkavých mastných kyselin a podporu zdravé mikrobiální flóry. Nesmíme také opomínat optimální množství bílkovin pro anabolismus a regeneraci tkání po zátěži, ale nezatěžovat organismus a prostředí dusíkatými látkami. Sportovní koně dále vyžadují pravidelný přísun mikroživin (makro- a mikroprvků, vitamínů), které zajišťují: udržení a nárůst výkonnosti, ochranu před onemocněními vyvolanými poruchami látkové výměny a před zraněními, rychlou regeneraci. Díky vyšší aktivitě látkové výměny a intenzivnějšímu koloběhu kyslíku dochází u těchto atletů ke zvýšenému oxidativnímu stresu. Neopomenutelné také musí být dostatečné zásobení vodou a elektrolyty, jejichž nerovnováha má dalekosáhlé následky postihující všechny systémy těla koně.

## 5 SEZNAM LITERATURY

AAFCO (Association of American Feed Control Officials, Inc.). 2005. Official Publication. Oxford, IN: Association of American Feed Control Officials.

AMMERMAN, C. B. 1970. Recent developments in cobalt and copper in ruminant nutrition: A review. J. Dairy Sci. 53: 1097–1106.

BAILEY, L. B., MOYERS, S., GREGORY, J. F. 2001. Folate. In: Present Knowledge in Nutrition, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 214.

BAKER, L. A., WRIGLEY, M. R., PIPKIN, J. L., HALIBURTON, J. T., BACHMAN, R. C. 2005. Digestibility and retention of inorganic and organic sources of copper and zinc in mature horses. In. Proc. 19<sup>th</sup> Equine Sci. Soc., Tucson, AZ. Pp. 162–167.

BATES, C. J. 2001. Thiamin. In: Present Knowledge in Nutrition, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 184.

BEČVÁŘOVÁ, I. 2012. Zdroje energie pro sportovního koně. VVS informační magazín 2012. s. 24–25.

BENDER, I. 2000. *Praxishandbuch Pferdefütterung*. 1. Auflage. Kosmos, 351 s. ISBN 3-440-06904-4.

BERTONE, J. J. 2000. Prevalence of gastric ulcers in elite, heavy use western performance horses. Proc. Am. Assoc. Equine Pract. 46: 256–259.

BROWN, T. F., ZERINGUE, L. K. 1994. *Laboratory evaluations of solubility and structural integrity of complexed and chelated trace mineral supplements*. J. Dairy Sci. 77: 181–189.

BUFFA, E. A., VANDENBERG, S. S., VERSTRAETE, F. J. M., SWART, N. G. N. 1992. Effect of dietary biotin supplement on equine hoof horn growth-rate and hardness. Equine Vet. J. 24: 472–474.

COHEN, N. D., GIBBS, P. G., WOODS, A. M. 1999. Dietary and other management factors associated with colic in horses. J. Am. Vet. Med. Assoc. 215: 53–60.

DAVIE, A. J., EVANS, D. L., HODGSON, D. R., ROSE, R. J. 1996. Effects of glycogen depletion on high intensity exercise performance and glycogen utilisation. Pferdeheilkunde. 12: 482–484.

DIVERS, T. J. 2005. Equine motor neuron disease. J. Equine Vet. Sci. 25: 238–240.

DOUBEK, J., ŠLOSÁRKOVÁ, S., ŘEHÁKOVÁ, K., SCHEER, P., BERÁNKOVÁ, J. 2007. Interpretace základních biochemických a hematologických nálezů u zvířat. Brno: Noviko a.s., 77 s. ISBN 80-86542-16-5.

DOWD, P., HAM, S. W., NAGANATHAN, S., HERSHLIN, R. 1995. The mechanism of action of vitamin K. Annu. Rev. Nutr. 25: 419–440.

DUDA, M. 2004. Stopové prvky a jejich chelátové vazby. *Náš chov*, 44: P 4.

DUNNETT, C. E., MARLIN, D. J., HARRIS, R. C. 2002. Effect of dietary lipid on response to exercise: relationship to metabolic adaptation. Equine Vet. J. Suppl. 34: 75–80.

DURHAM, A. E. 2007. The role of nutrition in colic. In: Applied equine nutrition and training, Proceedings of the Equine Nutrition Conference (ENUCO) 2007. Ed. A. Lindner. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. Pp. 79–93.

DUŠEK, J., NAVRÁTIL, J., MISAŘ, D., MÜLLER, Z., RAJMAN, J., TLUČHOŘ, V., ŽLUMOV, P. 1999. *Chov koní*. Praha: Nakladatelství Brázda, s. r. o., 404 s., 28. ISBN 80-209-0352-6.

ECKER, G. L., LINDINGER, M. I. 1995. Water and ion losses during the cross-country phase of eventing. Equine Vet. J. Suppl. 20: 111–119.

FRAPE, D. 2012. *Equine Nutrition and Feeding*. 4. UK: Wiley-Blackwell. 498 p. ISBN 978-1-4051-9546-1.

FREEMAN, D. W., POTTER, G. D., SCHELLING, G. T. KREIDER, J. L. 1988. Nitrogen metabolism in mature horses at varying levels of work. J. Anim. Sci. 66: 407–412.

FREEMAN, D. A., CYMBALUK, N. F., SCHOTT, H. C., HINCHCLIFF, K., MCDONNELL, S. M., KYLE, B. 1999. Clinical, biochemical and hygiene assessment of stabled horses provided continuous or intermittent access to drinking water. Am. J. Vet. Res. 60: 1445–1450.

FRYDRYCH, Z. 2007. Organické zdroje mikroprvků a jejich vlastnosti (komplexy, cheláty). *Krmivářství*, 5: 10–13.

GEH (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere). 1994. Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 2: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Pferde. Frankfurt am Main: DLG-Verlag. Pp. 67.

GEORGIEVSKIJ, V. I., ANNENKOV, B. N., SAMOCHIN, V. T. 1982. *Minerálná výživa zvierat*. 1. vyd. Bratislava: Príroda, 431 s.

GLADE, M. J., BELLER, D., BERGE, J., BERRY, D., BLONDER, E., BRADLEY, J., CUPELO, M., DALLAS, J. 1985. Dietary protein in excess of requirements inhibits renal calcium and phosphorus reabsorption in young horses. Nutr. Rep. Int. 31: 649–659.

GRACE, N. D., PEARCE, S. G., FIRTH, E. C., FENNESSY, P. F. 1999. Concentration of macro- and micro-elements in the milk of pasture-fed Thoroughbred mares. Austral Vet. J. 77: 172–176.

GRAHAM-THIERS, P. M., KRONFELD, D. S., KLINE, K. A., SKLAN, D. J. 2001. Dietary protein restriction and fat supplementation diminish the acidogenic effect of exercise during repeated sprints in horses. J. Nutr. 131: 1959–1964.

GROENENDYK, S., ENGLISH, P. B., ABETZ, I. 1988. External balance of water and electrolytes in the horse. Equine Vet. J. 20: 189–193.

HANÁK, J. 2008. Fyziologie zátěže výcviku a tréninku koní. Bohemian Multimedia s. r. o., Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 112 s.

HANÁK, J., OLEHLA, Č. 2010. Klinická fyziologie koní a jejich trénink. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. 135 s. ISBN 978-80-7305-131-0.

HARRISS, P., SNOW, D. H. 1992. Plasma potassium and lactate concentrations in thoroughbred horses during exercise of varying intensity. *Equine Vet. J.* 24: 220–225.

HARRIS, P., MARLIN, D. J., SNOW, D. H. 1987. Metabolic response to maximal exercise of 800 and 2,000 m in the thoroughbred horse. *J. Appl. Physiol.* 63: 12–19.

HARPER, F., GILL, W. 2005. Minerals for Horses: Part I: Major Minerals. *Horse Express* [online], vol. 24, no. 4 [cit. 2009-01-06]. Dostupný z WWW: <<http://www.amavitahorse.com/Minerals-I%20HorseExpressFall2005.pdf>>.

HATHAWAY, M. 2007. *Vitamin and Mineral Nutrition of the Horse* [online]. University of Minnesota: [cit. 2009-01-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.extension.umn.edu/distribution/livestocksystems/DI8541.pdf>>.

HEMKEN, R. W., BOLAND, M. P., CALLAGHAN, D. O. 1999. *Vylad'ování složení doplňků stopových prvků pro vysokoprodukční zvířata s cílem zamezit negativním dopadům na zdravotní stav a užitkovost*. Our Industry under the microscope. Alltech's European, Middle Eastern and African Lecture Tour. Pp. 25–36.

HENNEKE, D., POTTER, G., KREIDER, J., YATES, B. 1983. Relationship between condition score, physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet. J.* 15: 371–372.

HIGHFILL, J. L., POTTER, G. D., ELLER, E. M., GIBBS, P. G., SCOTT B. D., HOOD, D. M. 2005. Comparative absorption of calcium fed in varying chemical forms and effects on absorption of phosphorus and magnesium. In: *Proc. 19th Equine Sci. Soc., Tucson*. Pp. 37–42.

HILLYER, M. H., TAYLOR, F. G., PROUDMAN, C. J., EDWARDS, G. B., SMITH, J. E., FRENCH, N. P. 2002. Case control study to identify risk factors for simple colonic obstruction and distension colic in horses. *Equine Vet. J.* 34: 455–463.

HINCHCLIFF, K. W., MCKEEVER, K. H., SCHMALL, L. M., KOHN, C. W., MUIR, W. W. 1990. Renal and systemic hemodynamic responses to sustained submaximal exertion in horses. *J. Appl. Physiol.* 258: R1177–R1183.

HINTZ, H. F., SCHRYVER, H. F. 1972. Nitrogen utilization in ponies. *J. Anim. Sci.* 34: 592–595.

HODGSON, D. S., MCCUTCHEON, L. J., BYRD, S. K., BROWN, W. S., BAYLY, W. M., BRENGELMAN, G. L., GOLLNICK, P. D. 1993. Dissipation of metabolic heat during exercise. *J. Appl. Physiol.* 74: 1161–1170.

HOLLAND, J. L., KRONFELD, D. S., MEACHAM, T. N. 1996. Behaviour of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet. *J. Anim. Sci.* 74: 1252–1255.

HOLLAND, J. L., KRONFELD, D. S., RICH, G. A., KLINE, K. A., FONTENOT, J. P., MEACHAM, T. N., HARRIS, P. A. 1998. Acceptance of fat and lecithin containing diets by horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56: 91–96.

HOTZ, E. S., FITZPATRICK, D. W., TRICK, K. D., LABBE, M. R. 1997. Dietary iodine and selenium interact to affect thyroid hormone metabolism. *J. Nutr.* 127: 1214–1218.

HOUP, K. A. 1990. Ingestive behaviour. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 6: 319–337.

HYNES, M. J., KELLY, M. P. 1995. Metal ions, chelates and proteinates. In: 1995 Alltech Symposium., St. Paul, MN. Pp. 233–248.

JACKSON, S. G., PAGAN, J. D. 1996. Nutrition and productivity: practical problems related to nutrition. In: Proc. 18th Aust. Equine Vet. Assoc. Bain Memorial Lect., Glenelg, South Australia. Pp. 131–148.

JACOB, R. A. 2001. Niacin. In *Present Knowledge in Nutrition*, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 199.

JELÍNEK, P., KOUDELA, K., et al. 2003. *Fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 414 s. ISBN 80-7157-644-1.

JOHNSON, P. J. 1995. Electrolyte and acid-base disturbances in the horses. *Vet. Clin. Nort Am. Equine Pract.* 11: 491–514.

JOHNSTON, C. S. 2001. Vitamin C. In *Present Knowledge in Nutrition*, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 175.

JOSSECK, H., ZENKER, W., GEYER, H. 1995. Hoof horn abnormalities in Lipizzaner horses and the effect of dietary biotin on macroscopic aspects of hoof horn quality. *Equine Vet. J.* 27: 175–182.

KANEENE, J. B., MILLER, R., ROSS, W. A., GALLAGHER, K., MARTENIUK, J., ROOK, J. 1997. Risk factors for colic in the Michigan (USA) equine population. *Prev. Vet. Med.* 30: 23–36.

KIENZLE, E., RADICKE, S., WILKE, W., LANDES, E., MEYER, H. 1992. Preileal starch digestion in relation to source and preparation of starch. *Pferdeheilkunde*. Pp. 103–106

KINGSTON, J., GEOR, R. J., MCCUTCHEON, L. J. 1997. Use of dew-point hygrometry, direct sweat collection and measurements of body water losses to determine sweating rates in exercising horses. *Am. J. Vet. Res.* 58: 175–181.

KOMÁREK, V., SOVA, Z., BUKVAJ, J., HAMPL, A., KRÁL, A., KŘESÁN, J. 1971. *Anatomie a fyziologie hospodářských zvířat*. 2. přeprac. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 574 s.

KÖNIG, H., LIEBICH, H. 2007. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas*. 3rd edition. Germany : Schattauer GmbH. 768 s.



KRATOCHVÍLOVÁ, P., VEČEREC, M., ZEMAN, L. 2007. Zinek - význam a moderní zdroje v krmných dávkách. *Krmivářství*. 5: 22–25.

KRESAN, J., et al. 1979. *Morfológia hospodárskych zvierat*. 1. vyd. Praha: Příroda - Bratislava v spolupráci so SZN. 629 s.

KRONFELD, D. S. 1996. Dietary fat affects heat production and other variables of equine performance under hot and humid conditions. *Equine Vet. J. Suppl.* 22: 24–34.

KRONFELD, D. S. 2001. Body fluids and exercise: replacement strategies. *J. Equine Vet. Sci.* 21: 368–375.

KRONFELD, D. S., CUSTALOW, S. E., FERRANTE, P. L., TAYLOR, L. E., WILSON, J. A., TIEGS, W. 1998. Acid-base responses of fat-adapted horses: relevance to hard work in the heat. *Appl. Anim. Behav.* 59: 61–72.

KRONFELD, D. S., HOLLAND, J. L., RICH, G. A., CUSTALOW, S. E., FONTENOT, J. P., MEACHAM, T. N., SKLAN, D. J., HARRIS, P. A. 2004. Fat digestibility in *Equus caballus* follows increasing first-order kinetics. *J. Anim. Sci.* 82: 1773–1780.

LACOMBE, V. A., HINCHCLIFF, K. W., GEOR, R., LUDERDALE, M. A. 1999. Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impairs subsequent aerobic capacity. *Equine Vet. J. Suppl.* 30: 293–297.

LARDY, G., POLAND, CH. 2001. *Feeding Management for Horse Owners* [online]. 2001 [cit. 2008-12-04]. Dostupný z WWW: <<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/horse/as953-1.gif&imgrefurl>>.

LECOCQ, M., GIRARD, C. A., FOGARTY, U., BEAUCHAMP, G., RICHARD, H., LAVERTY, S. 2008. Cartilage matrix changes in the developing epiphysis: Early events on the pathway to equine osteochondrosis? *Equine Vet. J.* 40: 442–454.

LOFSTEDT, J. 1997. White muscle disease of foals. *Vet. Clin. North Am Equine Pract.* 13: 169–185.

MAROSKE, H. 2010. Výživa sportovních koní. Jezdeckví. 1: 44–49.

MARVAN, F., HAMPL, A., HLOŽÁNKOVÁ, E., KRESAN, J., MASSANYI, L., VERNEROVÁ, E., JELÍNEK, K. 1998. *Morfologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Brázda, s. r. o. 304 s. ISBN 80-209-0273-2.

MARYCZ, K., MOLL, E., ZAWADZKI, W., NICPOŃ, J. 2009. The correlation of elemental composition and morphological properties of the horse's hair after 110 days of feeding with high quality commercial food enriched with Zn and Cu organic forms. *EJPAU*, 12, 3.

MCDOWELL, L. R. 1989. *Vitamins in Animal Nutrition*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Academic Press. 486 pp.

MCDOWELL, L. R. 2000. *Vitamins in Animal and Human Nutrition*. 2<sup>nd</sup> ed. Ames: Iowa State Press. 793 pp.

MEDINA, B., GIRARD, I. D., JACOTOT, E., JULLIAND, V. 2002. Effect of a preparation of *Saccharomyces cerevisiae* on microbial profiles and fermentation pattern in the large intestine of horses fed a high fiber or a high starch diet. *J. Anim. Sci.* 80: 2600–2609.

MEYER, H. 1985. Investigations to determine endogenous faecal and renal N losses in horses. In: *Proc. 9<sup>th</sup> Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp.*, East Lansing, MI. Pp. 68.

MEYER, H. 1987. Nutrition of the equine athlete. In: *Equine exercise Physiology 2*, J. R. Gillespie and N. E. Robinson, eds. Davis, CA: ICEEP Publications. Pp. 644–673.

MEYER, H. 1995. *Pferdefütterung*. 3. Wien : Blackwell Wissenschafts. 212 s. ISBN 3-8263-3091-9.

MEYER, H., KEINZLE, E., ZMIJA, G. 1991. Feeding in racing stables. *Pferdeheilkunde*. 7: 365–370.

MEYER, H., COENEN, M. 2003. *Krmení koní: současné trendy ve výživě*. 1. vyd. Praha: Euromedia group, Ikar. 256 s.

MIHOLOVÁ, B., LIPSKÝ, D. 1976. *Anatomie a fyziologie hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 258 s.

MILLER, E. D., BAKER, L. A., PIPKIN, J. L., BACHMAN, R. C., HALIBURTON, J. T. VENEKLASEN, G. O. 2003. The effect of supplemental inorganic and organic forms of copper and zinc on digestibility in yearling geldings in training. In: Proc. 18th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., East Lansing, MI. Pp. 107–112.

MILLER, P. A., LAWRENCE, L. A. 1988. The effect of dietary protein level on exercising horses. J. Anim. Sci. 66: 2185–2192.

MILLER-GRABER, P. A., LAWRENCE, L. A., FOREMAN, J. H., BUMP, K. D., FISHER, M. G., KURCZ, E. V. 1991. Dietary protein level and energy metabolism during treadmill exercise in horses. J. Nutr. 121: 1462–1469.

MORGAN, K., EHRLEMARK, A., SALLVIK, K. 1997. Dissipation of heat from standing horses exposed to ambient temperature between -3 and 37°C. J. Thermal Biol. 22:177–186.

MOORE-COLYER, M. J., HYSLOP, J. J., LONGLAND, A. C., CUDDEFORD, D. 2000. Intra-cecal fermentation parameters in ponies fed botanically diverse fibre-based diets. Anim. Feed Sci. Tech. 84: 183–197.

NAILE, T. L., COOPER, S. R., FREEMAN, D. W., KREHBIEL, C. R. 2005. Effects of Trace Mineral Source on Growth and Mineral Balance in Yearling Horses. Prof. Anim. Scientist 21: 121–127.

NEHASILOVÁ, D. 2005. *Stopové prvky ve výživě hospodářských zvířat*. Praha: Informační přehledy ÚZPI. 48 s.

NIETO, J. E., SNYDER, J. R., BELDOMENICO, P., ALEMAN, M., KERR, J. W., SPIER, S. J. 2004. Prevalence of gastric ulcers in endurance horses – a preliminary report. Vet. J. 167: 33–37.

NORMAN, A. W. 2001. Vitamin D. In *Present Knowledge in Nutrition*, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 146.

NOVÁK, J. 2006. Cheláty - minerály s vyšší nutriční využitelností. *Ifauna* [online]. č. 12 [cit. 2008-12-16]. Dostupný z WWW: <[www.ifauna.cz](http://www.ifauna.cz)>.

NRC (National Research Council). 1989. *Nutrient requirements of horses*. Washington D. C.: National Academy Press, Fifth Revised Edition, 1989. 79 s.

NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient Requirements of Horses*. 6. Washington, D. C.: The National Academies Press, 341 s. ISBN 0-309-10212-X.

OLDHAM, S. L., POTTER, G. D., EVANS, J. W., SMITH, S. B., TAYLOR, T. S., BARNES, W. S. 1990. Storage and mobilization of muscle glycogen in exercising horses fed a fat-supplemented diet. *J. Equine Vet. Sci.* 10: 353–359.

OLSMAN, A. F. S., JANSEN, W. L., SLOET VAN OLDRUTTENBORGH-OOSTERBAAN, M. M., BEYNEN, A. C. 2003. Assessment of the minimum protein requirement of adult ponies. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 87: 205–212.

OTT, E. A., JOHNSON, E. L. 2001. Effect of trace mineral proteinates on growth and skeletal and hoof development in yearling horses. *J. Equine Vet. Sci.*, 21: 287–292.

PAGAN, J. D. 1998<sub>a</sub>. Measuring the digestible energy content of horse feeds. *Advances in Equine Nutrition*, J. D. Pagan, ed. Nottingham, UK: Nottingham University Press. Pp. 71–76.

PAGAN, J. D. 1998<sub>b</sub>. Energy and the performance horse. *Advances in Equine Nutrition*. J. D. Pagan, ed. Nottingham, UK: Nottingham University Press. Pp. 141-147.

PAGAN, J. D. 1998<sub>c</sub>. Protein requirements and digestibility: A review. In: *Advances in Equine Nutrition*. J. D. Pagan, ed. Nottingham, UK: Nottingham University Press. Pp. 43-50.

PAGAN, J. D. 1998<sub>d</sub>. Electrolytes and performance horse. In: *Advances in Equine Nutrition*. J. D. Pagan, ed. Nottingham, UK: Nottingham University Press. Pp. 201-204.

PATTERSON, P. H., COON, C. N., HUGHES, I. M. 1985. Protein requirements of mature working horses. J. Anim. Sci. 49: 620–626.

POTTER, G., ARNOLD, F., HOUSEHOLDER, D., HANSEN, D., BOWEN, K. 1992. Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. Pferdeheilkunde (1. European Conference on Horse Nutrition): 109–111.

PRATT, S. E., LAWRENCE, L. M., WARREN, L. K., POWELL, D. 1999. Effect of sodium acetate infusion on the exercising horse. In: Proc. 16<sup>th</sup> Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., Raleigh, NC. Pp. 7.

RABUFFO, T. S., ORSINI, J. A., SULLIVAN, E., ENGILES, J., NORMAN, T., BOSTON, R. 2002. Associations between age or sex and prevalence of gastric ulceration in Standardbred racehorses in training. J. Am. Vet. Med. Assoc. 221: 1156–1159.

RADICKE, S., KIENZLE, E., MEYER, H. 1991. Preileal apparent digestibility of oats and corn starch and consequences for cecal metabolism. Paper presented at: 12<sup>th</sup> Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp. Calgary, Alberta.

REECE, W. O. 1998. *Fyziologie domácích zvířat*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing. 456 s.

RIVLIN, R. S. 2001. Riboflavin. In Present Knowledge in Nutrition, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 191.

RUMBAUGH, G. E., CARLSON, G. P., HARROLD, D. 1982. Urinary production in the healthy horse and in horses deprived of feed and water. Am. J. Vet. Res. 43: 735–737.

SELLNOW, L. 2006. *The Horse: Food Factory* [online]. [cit. 2008-12-08]. Dostupný z WWW: <[www.thehorse.com/ViewArticle.aspx?ID=7702](http://www.thehorse.com/ViewArticle.aspx?ID=7702)>.

SCHOTT, H. C., RAGLE, C. A., BAYLY, W. M. 1995. Effects of phenylbutazone and frusemide on urinary excretory responses to high intensity exercise. Equine Vet. J. Suppl. 18: 426–431.

SCHRYVER, H. F. 1990. Mineral and vitamin intoxication in horses. Vet. Clin. North Am. Equine Pract. 6: 295-318.

SICILIANO, P. D., CULLEY, K. D., ENGLE, T. E. 2001<sub>a</sub>. Effect of trace mineral source (inorganic vs. organic) on hoof wall-growth rate, hardness, and tensile strength. In: Proc. 17<sup>th</sup> Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., Lexington, KY. Pp. 143–144.

SICILIANO, P. D., CULLEY, K. D., ENGLE, T. E. 2001<sub>b</sub>. Effect of trace mineral source (inorganic vs. organic) on trace mineral status in horses. In: Proc. 17<sup>th</sup> Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., East Lansing, MI. Pp. 96–97.

SICILIANO, P. D., ENGLE, T. E., SWENSON, C. K. 2003. Effect of trace mineral source on hoof wall characteristics. In: Proc. 18<sup>th</sup> Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., Lexington, KY. Pp. 419–420

SIES, H. 1993. Strategies of antioxidant defense. Eur. J. Biochem. 215: 213–219.

SIMMONS, H. A., FORD, E. J. 1991. Gluconeogenesis from propionate produced in the colon of the horse. Br. Vet. J. 147: 340–345.

SMART, M. E., GUDMUNDSON, J., CHRISTENSEN, D. A. 1981. *Trace Mineral Deficiencies in Cattle: A Review*. In Can. Vet. 22: 372–376.

SNOW, E. H., KERR, M. G., NIMMO, M. A., ABBOTT, E. M. 1982. Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. Vet. Rec. 110: 377–384.

SOLOMONS, N. W. 2001. Vitamin A and carotenoids. In Present Knowledge in Nutrition, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 127.

STEPHENSEN, C. B. 2001. Vitamin A, infection, and immune function. Annu. Rev. Nutr. 21: 167–192.

TASKER, J. B. 1967<sub>a</sub>. Fluid and electrolyte studies in the horse. III. Intake and output of water, sodium, and potassium. *Cornell Vet.* 57:649–657.

TASKER, J. B. 1967<sub>b</sub>. Fluid and electrolyte studies in the horse. V. The effects of diarrhea. *Cornell Vet.* 57: 668–677.

TINKER, M. K., WHITE, N. A., LESSARD, P., THATCHER, C. D., PELZER, K. D., DAVIS, B., CARMEL, D. K. 1997. A prospective study of equine colic incidence and mortality. *Equine Vet. J.* 29: 448–453.

TUNGLAND, B. C., MEYER, D. 2002. Nondigestible oligo- and polysecharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 1: 73–80.

UNDERWOOD, E. J., SUTTLE, N. F. 1999. *The mineral nutrition of livestock.* 3<sup>rd</sup> edition. UK: CABI Publishing. 614 pp.

WAGNER, E. L., POTTER, G. D., ELLER, E. M., GIBBS, P. G., HOOD, D. M. 2005. Absorption and retention of trace minerals in adult horses. *Prof. Anim. Scientist* 21: 207–211.

WANG, Y., HODGKINSON, V., ZHU, S., WEISMAN, G. A., PETRIS, M. J. 2011. Advances in the Understanding of Mammalian Copper Transporters. *Advances in Nutrition.* 2: 129–137.

WEHR, U., ENGSKALK, B., KIENZLE, E., RAMBECK, W. A. 2002. Iodine balance in relation to iodine intake in ponies. *J. Nutr.* 132: 1767S–1768S.

WICKENS, C. L., MOORE, J., SHELLE, J., SKELLY, C., CLAYTON, H. M. TROTTIER, N. L. 2003. Effect of exercise on dietary protein requirement of the Arabian horse. In: *Proc. 18th Equine Nutr. Physiol. Soc. Symp., East Lansing, MI.* Pp. 128.

ZEHNÁLEK, J. 2003. *Biochemie* 2. 1. vyd. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 202 s. ISBN 80-7157-716-2.

ZELENKA, J., ZEMAN, L. 2006. *Výživa a krmení drůbeže*. 117 s.

ZEMAN, L., ŠAJDLER, P., HOMOLKA, P., KUDRNA, P. 2005. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro koně*. MZLU v Brně. 116 s. ISBN 80-7175-855-X.

ZEMAN, L., DOLEŽAL, P., KOPŘIVA, A., MRKVICOVÁ, E., PROCHÁZKOVÁ, J., RYANT, P., SKLÁDANKA, J., STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., VESELÝ, P., ZELENKA, J. 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Profi Press, s. r. o. 360 s.

ZEMPLINI, J. 2001. Biotin. In *Present Knowledge in Nutrition*, B. A. Bowman and R. M. Russel, eds. Washington, DC: ISLI Press. Pp. 241.

ZEYNER, A. 2002. Ernährungsphysiologische Wirkungen eines Austusches von starker-eichen Komponenten durch Sojaöl in der Reitpferdeernährung. Göttingen: Georg-August-University, Habilitation thesis.