

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Fakulta tropického zemědělství**



**Fakulta tropického  
zemědělství**

**Adaptace koní na extrémní podmínky klimatu**

**Bakalářská práce**

**Praha 2021**

**Vypracovala:**

Lenka Olivie Laštovičková

**Vedoucí práce:**

Mgr. Martina Komárková, Ph.D.



## **Prohlášení**

Čestně prohlašuji, že jsem tuto práci na téma *Adaptace koní na extrémní podmínky životního prostředí* vypracovala samostatně, veškerý text je v práci původní a originální a všechny použité literární prameny jsem podle pravidel Citační normy FTZ řádně uvedla v referencích.

V..... dne .....

Lenka Olivie Laštovičková

## **Poděkování**

Své poděkování bych ráda věnovala především své vedoucí práce Mgr. Martině Komárkové, Ph.D. za její laskavý a vlídný přístup doprovázený odporným dohledem a za veškerou pomoc a trpělivost při sepisování této práce. Další poděkování patří jmenovitě Štěpánovi, Romaně, Ladislavovi, Terce a Jiřímu za veškerou psychickou, technickou podporu a gramatickou korekci.

## Abstrakt

Teploty mimo termoneutrální zónu (5-25°C) jsou pro koně hlavními klimatickými stresory, přestože jsou koňovití velmi dobře přizpůsobiví teplotním změnám a daří se jim v tropickém až subarktickém klimatu. Pokud se kůň nachází v prostředí, které nespadá do termoneutrální zóny, spustí se sled metabolických procesů, které udržují stálou teplotu organismu. Tyto procesy jsou doprovázeny morfologickými projevy, fyziologickými projevy jako je třes, ale i specifickými projevy chování. Cílem této práce bylo sepsat tyto projevy a porovnat je mezi koňmi chovanými v zajetí, ferálními skupinami a koňmi Převalského. Literární rešerše odhalila, že neexistuje významný rozdíl ve schopnostech adaptace koní chovaných v zajetí a u ferálních druhů i koně Převalského, prokázala jejich podobnost v procesech termoregulace, ale i v chování. Mezi nejčastější reakce na prostředí s vysokými teplotami spadalo vyhledávání stínů a vodních ploch, reakcí na nízké teploty bylo vyhledávání protivětrných úkrytů a nabírání hmotnosti za účelem pozdějšího využití energie. Morfologicky lépe přizpůsobeni vysokým teplotám jsou koně teplokrevní a plnokrevní, stejně tak v nízkých teplotách se setkáváme s chladnokrevnými plemeny koní a s plemeny pony. Koně ve vysokých teplotách vykazují lepší schopnost odvádění tepla pomocí pocení a u koní v nízkých teplotách jsou vyvinuty mechanismy, které odvodí tepla zpomalují. Literární rešerše prokázala, že koně žijící v extrémních podmínkách dlouhodobě jsou adaptovaní na takové podmínky, jak v rámci chování, fyziologie i morfologie. Dobrým příkladem koní z prostředí vysokých teplot mohou být ferální Namibští koně, kteří jsou menšího vzrůstu, který jim umožňuje lépe pracovat s vodou ve spolupráci s projevy chování, jako je její šetření a její vyhledávání. Protipólem jsou koně Jakutští, kteří jsou svojí stavbou těla dobře uzpůsobeni velmi nízkým teplotám.

Práce nabízí náhled na problematiku termoregulace a adaptací na extrémní teploty u koní a poukazuje na oblasti, které jsou v této souvislosti málo prozkoumané, například odlišnosti Převalského koně od koně domácího a může přispět ke zlepšení péče a welfare u koní chovaných v extrémních teplotních podmínkách.

**Klíčová slova:** kůň, klima, adaptace, extrémny

## **Author's abstract**

Temperatures outside the thermoneutral zone (5-25 °C) are the main climatic stress factors for horses, despite the fact that Equidae in general are very adaptive to changes in temperature and flourish from tropical to subarctic climates. If a horse is outside the thermoneutral zone, a sequence of metabolic processes is initiated in order to maintain a stable temperature of the organism. These processes are accompanied by morphological symptoms, and physiological symptoms such as shaking, but even by specific behavioral symptoms. The aim of this thesis is to list such symptoms and compare them among the horses bred in captivity, feral groups, and Przewalski's horses. Based on the research there is no significant difference between the adaptive abilities of horses bred in captivity, feral groups, and Przewalski's horses. It has also proved their similarities in both the processes of thermoregulation and their behavior.

Among the most frequent reactions to a high-temperature environment was seeking shade and water bodies. Reactions to low temperatures environment included seeking shelter as a protection from the wind and increasing the weight as an energy deposit. Warmbloods and Thoroughbred horses are morphologically best suited for high temperatures. In low temperatures, Coldbloods and ponies are surviving the best. Horses in high temperatures show a better ability to deflect the heat by perspiration; in horses in low temperatures, there are also mechanisms to slow the deflection of heat.

Horses living in extreme conditions for a longer time are adapted to such conditions through behavior, physiology, and morphology. A good example of horses from high-temperature environments might be the feral Namibian horses, who are of smaller height, which helps them with better water management aligned with behavior, such as saving water and seeking it. The opposite is the Yakutian horse, who is very well suited to low temperatures thanks to its body structure.

The thesis offers a perspective on the questions of thermoregulation and adaptation to extreme temperatures in horses and points out the areas that are relatively unexplored for example, the differences in adaptations between the Przewalski's horse and the domestic horse and might help with better care and welfare in horses bred in environments with extreme temperatures.

**Key words:** horse, clima, adaptations, extreme

## **Seznam obrázků:**

Obrázek č. 1. Mapa přehledu koní žijících v nízkých teplotách. Strana: 8

Obrázek č. 2. Mapa přehledu koní žijících ve vysokých teplotách. Strana: 20

## **Seznam zkratk použitých v práci:**

Dolní kritická teplota - DKT

Horní kritická teplota - HKT

Fakulta tropického zemědělství - FTZ

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod.....                             | 1  |
| 2. Cíle práce .....                      | 2  |
| 3. Metodika .....                        | 3  |
| 4. Literární rešerše .....               | 4  |
| 4. 1. 1. Termoregulace.....              | 6  |
| 4. 2. Oblasti s nízkými teplotami.....   | 7  |
| 4. 2. 1. Zástupci koní .....             | 9  |
| 4. 2. 2. Adaptace: .....                 | 11 |
| 4. 2. 2. 1. Behaviorální adaptace.....   | 12 |
| 4. 2. 2. 2. Morfologické adaptace.....   | 13 |
| 4. 2. 2. 3. Fyziologické adaptace .....  | 16 |
| 4. 2. 3. Ohrožení.....                   | 18 |
| 4. 3. Oblasti s vysokými teplotami ..... | 19 |
| 4. 3. 1. Zástupci koní .....             | 21 |
| 4. 3. 2. Adaptace: .....                 | 21 |
| 4. 3. 2. 1. Behaviorální adaptace.....   | 22 |
| 4. 3. 2. 2. Morfologické adaptace.....   | 25 |
| 4. 3. 2. 3. Fyziologické adaptace .....  | 26 |
| 4. 3. 3. Ohrožení.....                   | 28 |
| 5. Závěr.....                            | 30 |
| 6. Reference: .....                      | 32 |



# 1. Úvod

Poté, co se na základě důkazů v Botai, v severním Kazachstánu, přišlo na skutečnost, že skutečně „divocí“ koně už neexistují, je možná ještě důležitější najít, co nejefektivnější způsob, jak se postarat o ty druhy, druh, který nám zůstal. (Boyd & Houpt 1994; Orlando et al. 2013)

Od historie po současnost byli koně lidmi využíváni v mnoha oblastech. Prvním krokem k domestikaci byl chov koní za účelem získání potravy z jejich masa či mléka. Později se koně začali využívat na práci, převážení nákladu, začalo se využívat jejich tažné síly a později byli lidmi osedláni a jsou dodnes hojně používáni k jízdě. Koní se využívalo při lovu, obchodu, při válečných výpravách – koňská účast na těchto aktivitách pomáhala rozvíjet lidskou společnost do dnešní podoby. (Lawrence 1985; 1988; 1993; Hallberg 2008)

Jejich role se v současnosti změnila, ale stále jsou významnou komoditou obzvláště v oblastech závodního průmyslu a v oblastech chovu pro radost. (Kelekna 2009) V dnešní době dle údajů FAOSTATu (2020) se chová přes 60 000 000 domestikovaných koní po celém světě, kromě Antarktidy. Často jsou chováni mimo jejich přirozený habitat a jejich chovatelé musí vymýšlet složité postupy, zabezpečit jejich welfare (Mejdell et al. 2020).

Tato práce podává přehled o koňské habituaci na extrémní prostředí, popisuje čas potřebný k aklimatizaci a uvádí mechanismy, které ovlivňují koňskou termoregulaci. Shrnuje dosavadní přehled o koňských adaptacích jak behaviorálního, morfologického i fyziologického charakteru a za jak dlouho dojde k aklimaci u koní chovaných mimo jejich termoneutrální zónu. Zaměřuje se na rozdílnost mezi domestikovanými druhy a ferálními populacemi a koni Převalského. Na konci jsou uvedena plemena nejvhodnější pro chov v konkrétních podmínkách.

Rozhodla jsem se vypracovat toto téma, protože vidím užitečnost ve vytyčených cílech a koně patří mezi má oblíbená zvířata.

## 2. Cíle práce

Tato bakalářská práce zkoumá extrémní teplotní podmínky, ve kterých někteří koně žijí. Cílem je:

porovnat adaptace, které koně v závislosti na podmínkách vykazují, jak z hlediska fyziologie, morfologie či chování,

prozkoumat vývoj těchto adaptací, a jak se liší pro různé skupiny koní – koně domestikované, ferální a koně Převalského.

Na základě těchto informací jsou identifikováni nejvhodnější koně pro chov v prostředí nízkých a vysokých teplot a je odhadnuta doba potřebná k jejich habituaci.

Hypotézy:

Populace koní ferálních a koní Převalského jsou lépe přizpůsobeny extrémním klimatickým podmínkám než koně chovaní v lidské péči.

Čím déle setrvávají koně v teplotách přesahující 25°C:

Tím méně se potí.

Tím méně potřebují vodu.

Tím tmavší a řídkší je jejich srst.

Tím méně vyhledávají úkryty před sluncem.

Čím déle setrvávají koně v teplotách nižších než -5°C:

Tím hustší a delší je jejich srst.

Tím si více ukládají tělesné tukové zásoby.

Tím více tráví času ve skupinách.

Ve výsledku by práce mohla pomoci chovatelům koní, žijících v extrémních klimatických podmínkách, při výběru správného plemene, a následné vhodné optimalizaci podmínek chovu.

### **3. Metodika**

Zdrojem bakalářské práce byly vědecké publikace, na jejichž základě byl vytvořen literární přehled. K vyhledávání vědeckých prací bylo využito elektronických databází: Google Scholar, ale i Web of science, Nature, Taylor & Francis Online a Science Direct. Tento proces probíhal za pomoci klíčových slov.

K vyhledávání informací byla použita převážně tato klíčová slova: horse, adaptation, plasticity, temperature, environment, extreme, climate, domesticated, wild, behaviour, tropical, stress, welfare, anxiety, temperamental, warmblood, coldblood, thermogenesis, thermolysis, horse breeding, Przewalski's, evolution, cold, hot, critical

## 4. Literární rešerše

### 4.1. Equus - Equus Linnaeus, 1758

Podrod: kůň - *Equus Equus* (Linnaeus, 1758) patří do rodu koňovitých, spolu s osly a zebrami. V současnosti rozeznáváme dva druhy koní: kůň Převalského - *Equus przewalskii* (Poliakov, 1881) a kůň domácí - *Equus caballus* (Linnaeus, 1758). *Equus przewalskii* se na červeném seznamu IUCN nachází v kategorii ohrožený. (Librado et al. 2021; IUCN 2021). Nejrozšířenějším druhem je *Equus caballus*, kůň domácí. Po světě je chováno velké množství plemen, cca 450 plemen (např. Hendricks 1995; Koenen et al. 2004; Rischkowsky & Pilling 2007).

Domestikovaní koně se dají klasifikovat podle různých kritérií. Například podle stupně prošlechtění; podle původu; podle temperamentu. Podle stupně prošlechtění rozlišujeme primitivní a kulturní plemena. Primitivní plemena vzhledem více odpovídají svým předkům a nepodléhají tak silnému cílenému šlechtění jako plemena kulturní, která jsou vyšlechtěná pro způsob života s nějakým účelem. Dále podle geografického původu dělíme koně do čtyř skupin, jimiž jsou: Mongolští koně: bývají to odolní jedinci, co se týká nepřízně počasí, nižšího věku. Orientální či východní koně, kdy se jedná se o velmi různorodou skupinu koní, která se nadále dělí do několika podskupin Íránští koně, Arabští koně a koně anglického typu. Kůň západního typu dal vzniknout skupině západních koní. Patří k nim silnější jedinci, s mohutnější konstrukcí. Jejich nejčastějším využitím bývá práce. Nakonec je to skupina koní severovýchodních, do které patří výhradně pony a malá plemena koní (Dušek 2001; Librado et al. 2021).

Podle temperamentu koně dělíme na chladnokrevné a teplokrevné (Dušek 2001).

Chladnokrevní koně pocházejí z koně západního typu. Jsou mohutní, silní a mívají klidný temperament. Jejich nohy jsou mohutné, s velkými kopyty a často se u nich ve spodní části vyskytují rousy. Jsou nejčastěji využíváni jako tažná zvířata v zemědělství (Dušek 2001; Górecka-Bruzda et al. 2011; Jørgensen et al. 2020).

Teplokrevní koně mají stavbu těla mnohem jemnější, drobnější oproti koním chladnokrevným. Mají atletickou postavu a živý temperament. Jejich využití je obecně velmi všestranné. Dají se využít v zemědělství i v zářahu (Autio et al. 2006; Duensing et al. 2014; Nolte et al. 2019).

Plnokrevní koně stejně jako teplokrevní vycházejí ze skupiny koní orientálních. Všechna plnokrevná plemena mají arabské předky, jejich rysy nalezneme v jejich temperamentu a charakteristickém tvaru hlavy. Jsou málo osrstění, s velmi lehkou konstrukcí, atletickým tělem a jejich hlavním znakem je rychlost a vytrvalost. Jsou to inteligentní koně s vysokým kvocientem učení a dokážou se rychle přizpůsobit (Sadek et al. 2006; Salama et al. 2019; Cosgrove et al. 2020; Remer et al. 2022).

Další významnou skupinou jsou poníci. Od koní se liší nejpatrněji svou malou výškou. V kohoutu by poník neměl přesahovat výšku 148 cm, v Austrálii je tato výška o něco menší a to 144,27 cm (Hawson et al. 2011; FEI 2020). Poníci mají rozdílnou stavbu kostí, svalů a celkově rozdílné rozložení tělesných proporcí než koně. Poníci bývají podsaditější a v porovnání ke svému tělu silnější než koně. Mají kratší nohy a širší hrudník, jejich kosti jsou těžší, a jejich krk silnější, zato hlava kratší. Jsou vytrvalí a stejně jako koně chladnokrevní dobře snáší zimu, také z důvodu jejich silnější hřívy a srsti. Jsou často využíváni jako pracovní koně (Walton & Hammond 1938; Frischknecht et al. 2016). Co se týká jejich povahy: Poníci patří mezi koně, kteří mají nejméně nervózní temperament, s čímž souvisí i nízká hladina stresu (Sackman, & Houpt 2018).

Kromě koní domestikovaných se dá v této souvislosti mluvit i o koních „divokých“. V současnosti je pouze jeden druh divokého koně, tím je kůň Převalského, ale v technickém slova smyslu skutečně divocí koně už na Zemi neexistují. Kůň Převalského byl v roce 1969 oficiálně prohlášen za vyhubeného ve volné přírodě, ale byl opět v osmdesátých letech navrácen do krajiny (Orlando et al. 2013). O jeho taxonomické pozici se stále diskutuje, někteří taxonomové považují koně Převalského za druh - *E. przewalskii*, jiní za poddruh divokého koně - *E. ferus przewalskii* nebo za varietu domestikovaného koně - *E. caballus*. (Wilson & Reeder 2005).

Kůň Převalského je nevelký kůň se zavalitou stavbou těla, krátkým krkem a krátkýma nohama. Jeho barevné spektrum se pohybuje světle béžové po hnědou s tím, že jeho břicho bývá světlejší. Výrazným znakem bývá úhoří pruh na zádech a pruhy na nohou. Ocas a hříva jsou poměrně husté, plné černých chlupů. Žije v chladném prostředí, ale i na teplých pouštích (Bouman 1986).

Poslední neopomenutelnou skupinou koní jsou koně ferální. Koně, kteří žijí volně v přírodě, ale jsou potomky domestikovaných koní. Aby se populace mohla nazývat ferální měla by se vyvíjet zcela bez intervencí s člověkem. Populace ferálních koní se

pohybují v celé řadě zemí po celém světě, včetně Austrálie, Spojených států, Kanady, Španělska, Francie, Portugalska, Brazílie, Namibie, Japonska, Etiopie, Portugalska, Srí Lanky, Kolumbie, Walesu, Rumunska a Nového Zélandu (McDonnell & Torcivia 2020; Naundrup & Svenning 2015). Zástupci jsou například Mustangové. (Bhattacharyya & Murphy 2015). Ferální koně jsou dobře přizpůsobeni různým podmínkám prostředí, například: dokážou si poradit s nepředvídatelným terénem vyprahlé Austrálie nebo se jim dobře daří i v subalpských a alpských oblastech Kanady a Nového Zélandu (Nimmo & Miller 2007; Harvey et al. 2019).

#### **4. 1. 1. Termoregulace**

Termoregulace je sama o sobě natolik komplikovaný proces, že se jí v této a v pozdějších kapitolách věnuje menší množství prostoru a jsou popsány jen její základní principy. Práce se zaměřuje na konkrétní adaptace u koní.

Kůň je teplokrevný živočich. To znamená, že si udržuje stálou teplotu pomocí kontroly svého metabolismu, dokáže se jak ochlazovat, tak vytvářet tělesné teplo (Sjaastad et al. 2010). Tento proces je nezbytný, protože pokud se koňská teplota vychýlí z obvyklých hodnot, dochází k narušení přirozených procesů metabolismu a enzymatických reakcí. Centrální tělesná teplota u koně se pohybuje v rozmezí 37.2 °C do 38.5°C. U hříbat bývá o něco vyšší (Green et al. 2005). K regulaci teploty dochází už od narození, ale v průběhu dozrávání organismu dochází k jejímu vývoji (Trojan et al. 2003).

Důležitými pojmy této problematiky jsou: termoregulace, aklimatizace, aklimace, habituace, adaptace, termoneutrální zóna, dolní a horní kritická hodnota (Trojan et al. 2003; Sjaastad et al. 2010).

Termoregulace je mechanismus, pomocí kterého teplokrevní živočichové udržují rovnováhu mezi příjmem, produkcí a výdejem tepla. Funguje pomocí negativní zpětné vazby v těle. Jejím centrem je hypotalamus, ten přijímá informace z termoreceptorů (Trojan et al. 2003). Termoregulace se dosahuje změnami ve fyziologii, morfologii a chování. (NRC 1981). Mezi nejdůležitější mechanismy patří třesová termoregulace a netřesová termoregulace (Whittow 1986).

Třes je regulační mechanismus, který teplokrevným živočichům slouží k vytváření tepla, a je to jediný mechanismus, který je společný pro všechny obratlovce. Je definovaný jako samovolný proces kontrakce myofibril, které nevznikají za účelem dobrovolného pohybu. (Marsh & Dawson 1989; The Editors of Encyclopaedia Britannica

1998). Třesová termogeneze je vědomím neovladatelná. Motorické centrum třesu se nachází v zadním hypotalamu, tam po stimulaci předních míšních nervů dochází ke zvýšení klidového svalového tonusu. Mechanismem zpětné vazby vzniká svalový třes. (Marsh & Dawson 1989).

Netřesová termoregulace je definována jako mechanismus produkce tepla pomocí uvolnění chemické energie v důsledku procesů, které nezahrnují svalové kontrakce (Foster & Frydman 1978).

Termoneutrální zóna popisuje rozmezí teplot, ve kterém se daný živočich může pohybovat, aniž by k udržení stabilní tělesné teploty musel využít fyziologických regulačních mechanismů. Je ovlivněna různými faktory a u koní se pohybuje mezi 5–25°C. Nejedná se o obvyklý jev, většinou bývá rozsah teplot užší, u koní je její široké rozmezí dáno dobrou izolací a jejich velikostí (Cena & Clark 1979; Morgan 1997a; Morgan 1997b; Autio et al. 2008; Sjaastad et al. 2010).

Koně reagují na změnu klimatu aklimací, aklimatizací nebo návykem (Cymbaluk 1990; Cymbaluk a Christison 1993).

Aklimace neboli otužování je změna fenotypu za účelem adaptování na podmínky, ve kterých se nachází. Existují dva druhy: vývojová a sezonní. Vývojová je popsána jako aklimace zahrnující nevratné změny v reakcích na teploty, které si organismus osvojil během ontogeneze. Sezonní aklimace se týká odpovědi na opakované sezonní změny teploty (Angilletta et al. 2006; Galatík 2021). Zatímco ve svém souhrnu Cymbaluk (1994) aklimaci na chlad u koní popírá, jiné práce se o aklimovaných koních, například Islandských, zmiňují (Bligh & Johnson 1972; McArthur 1987; Mejdell & Boe 2005).

Aklimatizace na rozdíl od aklimace je odpověď organismu na společný vliv všech faktorů v přirozeném prostředí (Hutchinson & Maness 1979).

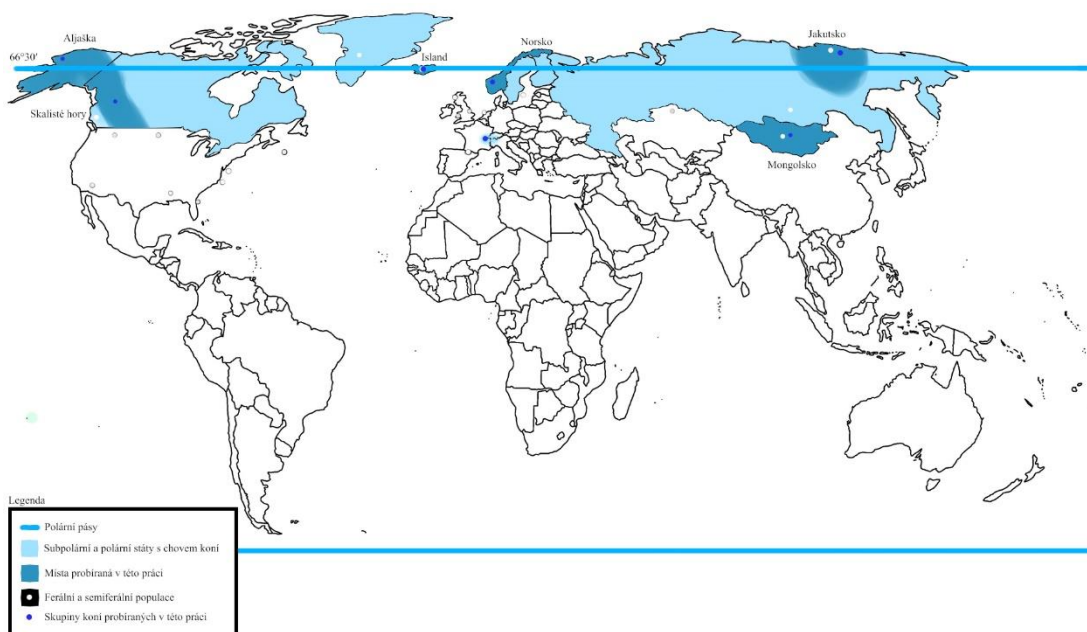
Habituace se projevuje jako postupný úbytek reakce na podněty, obecně, pro mé účely v souvislosti teplotního charakteru (Kuhnen & Jessen 1990; Cymbaluk, 1993).

## **4. 2. Oblasti s nízkými teplotami**

Nízké teploty nalezneme převážně v oblastech subpolárního a polárního pásu a v alpinských oblastech (Clarke 1991). Z pěti druhů klimatu podle Köppen (1900) jsou za chladná považována dvě, subpolární a polární. Subpolární se dělí na vlhké a subarktické a polární na Tundru a mrazové klima. Průměrná teplota subpolárního klimatu se na své

dolní hranici pohybuje na  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale bývá i nižší. U podtypů hrají důležitou roli srážky. Polární klima může mít nejvyšší průměrnou teplotu rovnou  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Polární klima se dělí podle teploty. V tundrách se setkáváme s teplotami nad nulou, v trvale zaledněných oblastech se teploty nad nulu nedostanou (Kottek et al. 2006; Chen & Chen 2013). Kromě dvou zmíněných existuje ještě alpinské klima. Vyznačuje se nízkými teplotami vegetačního období a velmi krátkým obdobím bez mrazu. Pro tato období jsou dále typické silné větry, sníh, deště a plískanice. Pro polární a některá alpinská prostředí je charakteristická přítomnost permafrostu. Zamrzlá země, led a sníh omezují býložravcům přístup k potravě (Björnsson et al. 2006; Edwards et al. 2007).

Na obrázku č. 1. je mapa výskytu koní v oblastech s nízkými teplotami. Modré čáry znázorňují polární kruhy, světle modře jsou zobrazeny státy, kde jsou koně chováni pravidelně v nízkých teplotách, tmavěji jsou vyznačeny oblasti zmíněné v této práci. Bílé tečky zobrazují ferální a semiferální skupiny koní a tmavě modré tečky zobrazují koně probírané v této práci.



Obrázek č. 1. Mapa přehledu koní žijících v nízkých teplotách. (RoyNickNorse 2017: upraveno Lenka Olivie Laštovičková 2022)

Mezi nejchladnější oblasti patří Jakutsko, největší republika Ruské federace ležící ze 40 % za polárním kruhem, jejíž teploty během zimního období klesají až na  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kromě toho se jedná o bezvětrné území s přetrvávajícími mlhami a každoročně přítomnou anticyklonou (Crate 2006). Nejsevernější oblasti Aljašky mohou mít nejnižší



hodnoty teplot v rozmezí  $-21$  až  $-29$  °C, ale kromě toho se na území vyskytují časté bouřky a silné větry, déšť se sněhem (Pletcher 2015). Subarktické oblasti se rozkládají mezi  $50^\circ$  a  $70^\circ$  severní šířky. Na jižní polokouli se subpolární pás nachází jen v nevelkém pásu oceánů (Aselmann & Crutzen 1989). Mezi tyto oblasti patří spodní část Aljašky, větší část Kanady, Island, Severské státy a Ruská federace. Podnebí na Islandu je relativně mírné, ale vyznačuje se vysokou proměnlivostí, častým deštěm nebo plískanicemi a silnými větry (Björnsson et al. 2006). Alpínské oblasti s vysokohorským klimatem se dají hůře klasifikovat, z důvodu, že různé kombinace mezi nadmořskou výškou a reliéfem dávají vzniknout nesčetným mikroklimatům. Skalnaté hory je pohoří na severozápadě Severní Ameriky. Alpínské klima tam panuje přibližně ve výšce 3749 metrů nad mořem, má alpský a tundrový charakter, s tuhými zimami a krátkými chladnými léty, na jihu zůstávají nejvyšší vrcholy zasněžené až do srpna a na severu se drží trvalé ledovce (Campbell 2008).

#### **4. 2. 1. Zástupci koní**

Pro pobyt v chladných podmínkách se nejlépe hodí plemena chladnokrevných koní. Koně žijící v takovém prostředí bývají buďto velcí, statní nebo menší, ale těžší a mívají kratší stavbu těla s vysokým indexem kompaktnosti v obvodu hrudníku v porovnání s výškou v kohoutku. V souladu s Bergmanovým pravidlem jejich končetiny, ocas, uši bývají poměrně krátké nebo malé. Navíc bývají chráněné hustou hřívou a hustou srstí. Mají silnější vrstvu kůže než teplokrevná plemena a značné zásoby podkožního tuku, který je ale i snadno dostupný k použití a zároveň pomáhá ochránit krevní cesty. Z pravidla se vyznačují vysokou vytrvalostí (Langlois 1994).

Jakutský kůň je jeden z nejlépe přizpůsobených koní pro život v chladných podmínkách. Za zmínku stojí, že ve výzkumu Librado et al. (2015) vyšlo najevo, že historický koňský obyvatel Jakutska není předkem dnešního Jakutského koně, to dělá z Jakutského koně příklad nejrychlejší adaptace na chladné arktické podmínky. Současné plemeno bylo vyšlechtěno v Jakutsku, kde dokáže přežít bez jakékoliv kontroly chovu na Jakutských pláních po celý rok. Jedná se o velmi odolné plemeno s vysokou tolerancí vůči drasticky se měnícím přírodním i klimatickým podmínkám. Plemeno je rozšířené skoro po celé oblasti Jakutska, na území lesů tundry, až po horské tajgy (Solomonova et al. 2008, Librado et al. 2015).

Dobře adaptované na chlad je i plemeno Islandský kůň. Je velmi dobře přizpůsobeno chladným zimním podmínkám, jak svými fyzickými předpoklady, tak i chováním. (Mejdell & Bøe 2005; Björnsson et al. 2006). Jsou to velmi malí jedinci se statnou konstrukcí s krátkým a širokým krkem. Je to dlouhověké plemeno, jehož nejstarší jedinci se dožívají až padesáti let. Jejich barevná škála se pohybuje od palomino, přes kaštanovou, šedivou až černou. Jako izolaci využívají svých hřív a ocasu s hrubou strukturou. Kromě jiného jsou známí svou dobrou plodností, houževnatostí. Na Islandu se využívá jejich přátelského temperamentu v cestovním ruchu. Pokud mají Islandští koně dostatečný přístup ke stravě a ochraně proti větru, jejich termoregulace není narušena ani při  $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Adalsteinsson 1978; Mejdell & Bøe 2005; Sigurðardóttir & Helgadóttir 2015). Kromě Islandu, kde velkou část roku žijí volně, semiferálním způsobem, jsou chováni například i na Aljašce.

Kromě koní chovaných v lidské péči se na světě nachází volně pohybující se populace ferálních koní. Jedním z míst jejich výskytu jsou Skalisté hory v Kanadě (Notzke 2013). Jejich společenství je organizováno dvěma způsoby, žijí v harémech vedených samcem, samice v harému bývají od počtu dvou až do sedmnácti, to bylo pozorováno v roce 1976 Salter & Hudson (1981), harémy mohou být i větší. Kromě harémů se tam vyskytují bakalářské skupiny koní, mladých hřebců, kteří spolu cestují, dokud si nenajdou svůj vlastní harém. Tyto harémy bývají obvykle velmi stabilní, aspoň po jeden rok.

Kůň Převalského jako jediný druh nepatří mezi koně domácí. Přesto, že se nejedná o divokého koně, tak se jeho genetická informace liší od koně. Má 66 chromozomů, na rozdíl od jiných koní, kteří mají 64. Přesto jsou schopni spolu plodit mláďata. Pochází z oblasti dnešního Mongolska a Číny, celé střední Asie, kde bývají dlouhé a velmi chladné zimy. Také se tam vyskytují extrémní povětrnostní podmínky a sucha následovaná chladnými a zasněženými zimami. Déšť padá většinou v letních měsících, ale průměrné srážky nepřesahují 100 mm za rok a teploty jsou extrémní s maximem  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  v létě a minimem  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  v zimě (Arnold et al 2006; Souris 2007).

Dalšími plemeny, která se vyskytují v chladných oblastech, jsou například: New forest pony, Shetlandský pony, Finský chladnokrevník, mezi ferálními například: Sable Island horse (Tyler 1972; Autio et al. 2007, Plante et al. 2007; Brinkmann et al. 2012).

#### 4. 2. 2. Adaptace:

Podle Clarke (1991) lze adaptaci na chlad definovat jako souhrn veškerých aspektů anatomie, fyziologie, také biochemie se zahrnutím chování organismu, které umožňují přežití v prostředí s nízkou teplotou, jako jsou polární, subpolární a alpské oblasti.

Dolní kritická teplota (DKT) je důležitou veličinou pro koně v chladných oblastech. Udává hranici, pod níž dochází k násobně vyšší spotřebě energie k udržení homeostázy. DKT hodnota není pro každého koně stejná, je ovlivňována věkem, zdravím, kondicí, aklimatizací i plemenem, může se tak pohybovat v rozmezí od -15 do 5 °C (Cymbaluk 1994; Kentucky Equine Research Staff 2011). Ve Finsku u odstavených koní plemene Finský chladnokrevník a Americký klusák se pohybovala mezi -9 °C a -16 °C. To se shoduje s hodnotami Cymbaluk & Christison (1989), že DHT je -11 °C, s tím, že koně ve studii Autio et al. (2007) byli na chladné počasí lépe aklimatizovaní.

Potřeba adaptace je v důsledku ztráty vnitřního tepla. Ke ztrátě tepla dochází dvěma způsoby, přímo a nepřímo. Za ty přímé pokládáme: radiaci, proudění a kondukcí (Trojan et al. 2003).

Radiace je fyzikální proces, při kterém objekt vyzařuje do prostoru energii ve formě elektromagnetického záření, jehož infračervené spektrum spadá pod kategorii tepelné záření. Kůň, jako jiní živočichové vyzařuje tepelné záření. Je omezeno během extrémních klimatických podmínek, během vysokých teplot, vysoké vlhkosti atd. (Navrátil et al. 2005; Autio 2008; Sjaastad et al. 2010; Jørgensen et al. 2020). Kondukcí, neboli vedením je proces, při kterém dochází k přirozenému vyrovnávání teplot při kontaktu chladnějšího a teplejšího objektu, pomocí přenosu tepla z teplejšího, tedy koňského těla na objekt chladnější (Navrátil et al. 2005; Sjaastad et al. 2010). V těle je vodičem krev, tepelným izolantem tuková tkáň. K největším tepelným ztrátám dochází u končetin, hlavy a krku z důvodu vysokého poměru plochy povrchu k hmotnosti. Snížením průtoku periferní krve se dá dosáhnout snížení tepelné ztráty (Palmer 1983; Mogg & Pollitt 1992; Navrátil et al. 2005). Při proudění, na rozdíl od kondukcí a radiace, kromě energie dochází tímto způsobem i k přesunu hmoty. V praxi dochází ke ztrátě vzduchu a tekutin. Vzduch zachycený v srsti patří mezi izolující prvky a při rychlém poryvu větru dochází k jeho ztrátě a tím pádem dochází k ochlazení (Navrátil et al. 2005; Sjaastad et al. 2010).

Za nepřímé způsoby ztráty tepla počítáme respiraci a evaporaci. Plicní respirace je děj, při kterém dochází k výměně vzduchu mezi plicemi zvířete a vnějším prostředím.

Evaporace se dělí na evaporaci neznatelnou a znatelnou. Neznatelná je prostá difúze vody přes kůži ven z těla, při znatelné evaporaci neboli pocení dochází k použití potních žláz. Při vysoké vlhkosti dochází k jejímu zpomalování (Hodgson et al. 1994; Navrátil et al. 2005; Sjaastad et al. 2010).

Tyto způsoby výdaje tepla jsou ovlivňovány environmentálními faktory, jako jsou teplotní gradient mezi zvířetem a prostředím, rychlost a teplota větru, srážky, vlhkost vzduchu, sluneční záření (Webster 1974; Sjaastad et al. 2010).

#### **4. 2. 2. 1. Behaviorální adaptace**

Pokud se teplota přiblíží DKT, začnou koně vykazovat vyšší aktivitu (Martin-Rosset et al. 1978; Doreau et al. 1980). Hry, honičky cvalem, které můžeme u mláďat pozorovat, tak mají i jiný význam než prosté zabavení a dá se pozorovat vyšší četnost těchto aktivit před večerní pastvou, kdy teploty klesají ještě více (Langlois 1994). To ovšem funguje jen do určitého bodu. Výjimku tvoří kůň Převalského, který s klesajícími stupni Celsia inhibuje stravování (Arnold et al. 2006). Ve výzkumu Davidson (2019) si takto koně počínali přibližně kolem 19 °C, s tím, že kromě pasení začali vytvářet menší skupinky, stáli blízko při sobě a využívali sebe navzájem, k ochraně proti větru - obvykle nejvýše postavení jedinci mají při tomto uskupení nejvýhodnější místa. Když klesla teplota pod 12 °C, koně se zastavili, stáli nehybně, dalo se u nich jen pozorovat zvýšené kývání ocasem zleva doprava a pokrčování jedné ze zadních končetin. Zastavením pohybu kůň šetří energii (Langlois 1994).

Pastva je hlavní náplní dne u koňovitých i v chladnějším klimatu, ale za chladnějších podmínek si vybírají sušší stravu, listí, okusují větévky, v chovu upřednostňují seno před pící, a vyhýbají se pití ledové vody, to bylo ověřeno na skupině čtrnácti pony, hřebců, (Kristula & McDonnell 1994) kteří pokud jim to bylo umožněno, výrazně preferovali teplou až horkou vodu, před vodou studenou a pokud jim byla teplá voda odepřena, přijímali vody méně (Kristula & McDonnell 1994; Mills et al. 2005).

V Norsku na Islandských koních se vypořádávalo, že za chladných, ale slunných dní natáčejí koně svá těla k slunci. (Mejdell & Bøe 2005) K pastvě využívají méně exponované pastviny, například v úkrytu stromů, v závětrí, aby omezili ztráty tepla větrem. U koní Převalského bylo zase pozorováno, že za velmi větrných a bezeslunných dní vyhledávají úkryty a stavějí se zády k větru (Boyd & Houpt, 1994).

Jako ochranu proti větru používají jedinci většinou různorodé přirozené úkryty, uchýlí se k tomu většinou až při silném a chladném větru ve velmi chladném podnebí. Na těchto místech se schází v těsných skupinách, aby minimalizovali profukování (MacCormack & Bruce, 1991; Mejdell & Bøe 2005; Björnsson et al. 2006). Dále Islandští koně využívají úkrytů k ochraně před mrholením a sněhem (Mejdell & Bøe, 2005). Dávají přednost přístřešku, i když si chtějí lehnout, v lidské péči často využívají přístřešku, pokud ho mají k dispozici, a lehnu si do něj, aby se izolovali od chladu ze země (Dallaire 1986; Mejdell & Bøe, 2005; Ransom & Cade 2009).

Divoce žijící koně tvoří harémy vedené hřebcem, který chrání několik samic a mlád'ata. Tyto harémy čítají od dvou až do dvaceti členů a hřelec si musí svou skupinu chránit před jinými hřebci. Za normálních okolností mezi hřebci dochází k soubojům, dokáží žít pospolu jen pokud se nevyskytují v prostředí se samicemi a tak, když mlád'ata dorostou určitého věku, harém opouští a vydávají se hledat svojí vlastní skupinu (Klingel 1975; Linklater et al. 2000). Přesto během krutých zim mají, semi-ferální koně i různá plemena ve střední Asii, tendenci vytvářet netrvalá společenství až o tři sta, čtyři sta členech. V těchto skupinách nalezneme jedince všech věkových skupin, hřebce, klisny, mlád'ata. Plemena střední Asie zahrnují: koně Převalského, Achaltekinské koně, Kazašské koně, Karabašské koně (FAO 2017). Tyto skupiny se rozpadají s nástupem tepla, většinou na jaře (Langlois 1994; Mills et al. 2005). New forest pony se také během zimních dní shromažďuje a využívá tepla ostatních (Tyler 1972).

Většina plemen koní dokáže přežít suchou zimu, mnohem větší problémy mají během zim deštivých. Za deště dochází k narušení izolační schopnosti srsti tím, že pod deštěm splíhlou srstí není možná cirkulace teplého, ohřátého vzduchu (Mills et al. 2005). Odezvou na deštivé zimy u Camargueského koně byla snížená doba strávená v leže během dne, v průměru o 20 minut denně za každé 2 °C dolů (Duncan 1985).

Nebyl pozorován významný rozdíl v reakci na zimu mezi hřebci, valachy či klisnami (Davidson 2019).

#### **4. 2. 2. 2. Morfologické adaptace**

Morfologické adaptace jsou stále nejméně zdokumentované (Cymbaluk 1994). Kůň je chladem ovlivňován už od narození a během svého vývoje. Speed (1960) ověřoval na Exmoorských pony.

Podle Bergmanova i Allenova pravidla bývá tělo koní obývajících chladné podnebí mohutné, kompaktní, s krátkými končetinami (Blackburn et al. 1999; Lindstedt & Boyce 1985; Mayr 1956). Přesto je otázka velikosti těla mnohem složitější vysoce plastická vlastnost, která je ovlivněna mnoha faktory. Velikost těla souvisí s jeho opěrným systémem, který je v důsledku vyšší robustnosti těla také silnější, stejně tak svalstvo je adaptováno, aby dokázalo vydržet vyšší ohybové síly. V důsledku zkrácení svalů je nutné, aby svaly a šlachy měly větší průměr (Thomason 1986; Gregory 1912).

Pohyblivost je hlavně ovlivněna proporcemi jedince, jeho morfologií kostí končetin. Ty jsou formovány na základě požadavku jejich funkce, může se jednat o rychlost, výdrž, minimalizaci spotřeby energie při lokomoci. V případě adaptace na chlad se pohyblivost ideálně podřizuje poslednímu požadavku (Gregory 1912; Steudel & Beattie 1993).

Významnou morfologickou adaptací koní je jejich srst. Srst vytváří ochrannou pokrývku těla, pomáhá s udržením tělesné teploty (Langlois 1994). Ta se během zimy prodlužuje a vytváří tak ještě lepší izolaci. Brinkmann et al. (2012) zkoumal plemeno Shetlandských pony, délka jejich srsti v létě se pohybovala kolem 1 cm, stejně tak u podsady, ale v zimě se svrchní krycí vrstva chlupů prodloužila na  $6,3 \pm 0,8$  cm a podsada na  $4,1 \pm 0,4$  cm. Některé druhy, jako například Islandský kůň, disponují dvojitou vrstvou srsti. Islandští koně mají velmi hustou zimní srst, v průměru 5 cm dlouhou. Srst jim poskytuje izolaci proti větru i padajícímu sněhu, který na ní neroztává. Koně sníh vždy během několika hodin setřesou, a tak zabrání mokru. Kvalita srsti, její účinnost, doba línání závisí jak na okolní teplotě, tak i na plemeni. (Čollák 1978; Cymbaluk 1990, 1994; Cymbaluk & Christison 1993). Zkracování a prodlužování srsti souvisí s délkou dne (Kooistra & Ginther 1975). Tloušťka zimní srsti snižuje tepelné ztráty způsobené kondukcí (Palmer 1983). Existují rozdíly v toleranci tepla u koní z různých skupin. Ve studii Autio et al. (2006) porovnávali toleranci u Dánských a Polských teplokrevníků a Amerického klusáka jako zástupců skupiny koní teplokrevných, Finského chladnokrevníka, jako zástupce chladnokrevníků a poníky: Connemarského a New forest pony. Všechna tato plemena reagovala podobně při teplotě 15°C, protože tato teplota spadá do neutrální zóny. Při 2°C Americký klusák, teplokrevníci a chladnokrevník vykazovali větší ztráty tepla v oblasti krku, končetin a trupu. Ztráta tepla se stupňovala s klesajícími stupni °C na -8°C. Pony při teplotách 2°C i -12 °C odváděli teplo stejně intenzivně. Ztráta tepla u chladnokrevných plemen a pony byla menší než u Amerického klusáka a obou teplokrevníků. Odolnost vůči tepelným ztrátám je ovlivněna mnoha

faktory, jako jsou tloušťka kůže, množství podkožního tuku, periferní krevní oběh. Izolační schopnost podkožního tuku je až třikrát větší než u jiných tkání. (Guyton 1991). Z toho důvodu jsou lehčí teplokrevníci nejvíce náchylní ke ztrátám tepla, protože nejsou chráněni zespoda takovou vrstvou tuku jako jiné druhy koní. (Autio et al. 2006)

I srst, která se mění v průběhu roku, se u různých plemen liší. Zatímco průměrná váha zimní srsti, srst byla koním a pony odebírána za každé období z oblasti na krku, hned vedle místa předchozího odběru, srst byla poté sušena při 40°C 12 hodin a poté až vážena, u Amerického klusáka a teplokrevníků byla velmi podobná, váha srsti u stejných koní se v létě významně lišila. U Amerického klusáka byla až tři a půl krát menší. A zatímco u tohoto koně byla srst nejhustší v zimě a na jaře, u teplokrevníků přesto, že jejich srst byla hustší na jaře více než Amerického klusáka, tak nejhustší byla kromě zimy na podzim. Teplokrevníci vykazovali nejmenší schopnost změny hustoty srsti. Významný rozdíl v hustotě mezi létem a zimou byl patrný u chladnokrevníků, kdy vzrostla až 4 krát, jejich letní srst se významně nelišila od teplokrevníků. Stejně tak letní srst poníků byla jen o málo hustší než srst teplokrevníků a o málo méně hustá než srst chladnokrevníků, ale hodnoty hustoty jejich jarní a podzimní srsti byly na rozdíl od chladnokrevníků vyšší (Autio et al. 2006). Z toho vyplývá, že Americký klusák a chladnokrevníci jsou lépe přizpůsobeni změnám teplot než pony a teplokrevníci.

Morfologická je i adaptace na méně kvalitní stravu. Okluzní plocha zubů bývá u koní žijících v chladných oblastech větší a umožňuje jim tak zpracovat větší množství potravy. To znamená, že si vystačí s méně kvalitní stravou (MacFadden 1988). Stoličky u okusovačů bývají relativně široké, pokud je srovnáváme se spásači. Koně, kteří se živili nekvalitní pící, si vyvinuli velké a široké stoličky a vysoký obsah listnaté stravy vedl ke zvětšení premolárové řady (Janis 1990; Janis et al. 2010).

Některé druhy koní, jako například Jakutští koně, dokáží během velmi krátkého období naakumulovat důležité tukové zásoby a zvýšit tak svoji odolnost proti dlouhodobému nízkoteplotnímu stresu. Oves setý (*Avena sativa L.*), pýr plazivý (*Elytrigia repens L.*), přeslička pestrá (*Equisetum variegatum Schleich. ex Web.*) a přeslička skřipinovitá (*Equisetum scirpoides Michx.*) patří mezi základní stravu Jakutských koní. Vyšší obsah specifických mastných kyselin, zejména na podzim, kdy je potřeba nabrat co nejvíce živin na zimu, je zásadní pro funkci metabolismu. Jedná se o kyselinu palmitovou, na podzim se její obsah zvýšil o 20 %, kyselinu linolenovou, její obsah vzrostl až o 61 –

67 % a kyselinu linolovou, její asi o 10%. Celkově vzrostla nutriční hodnota jejich stravy přibližně dvakrát oproti létu. Díky tomu mohou koně rychleji nabrat potřebný tuk a potom ho můžou využívat při nedostatku potravy v zimě, stejně tak mohou omezit svoji aktivitu. Rychlost přírůstku hmotnosti by neměla být chladem ovlivněna (Solomonov 2009; Petrov 2016).

#### 4. 2. 2. 3. *Fyziologické adaptace*

Hlavním procesem boje proti chladu je termoregulace. Skupina neuronů tam působí jako termostat a při jejich aktivaci dochází k termogenezi pomocí kožních termoreceptorů – Krauseho tělísek, která jsou citlivá na chlad. Pokud dojde ke stimulaci těchto buněk, dojde ke kontrakci přívodních tepen, čímž se sníží ztráty tepla. Kromě toho dochází ke svalovým reakcím, jako například piloerekce, třes a podněcují tělo k motorické aktivitě. Na zvýšené metabolické produkci tepla se podílí játra (Pendleton 1928; Marsh 1989; Chaplin et al. 2014).

Kromě vnějších kožních receptorů se na vnímání chladu podílí i neméně důležité identifikátory tepla. Organismus k tomu využívá hodnotu teploty krve. Získáváním informací o její teplotě jsou zaměstnané termoreceptory nacházející se v přední části hypotalamu (Marsh 1989).

Hormonální reakce na chlad se účastní adrenalin a noradrenalin, které jsou produkovány nadledvinami a dále hormon štítné žlázy – tyroxin. Zatímco první dva zmíněné se zapojují do nejrychlejší reakce organismu, tak tyroxin nastupuje při dlouhodobém chladovém stresu a také při postupné adaptaci na prostředí. Tyroxin zvyšuje aktivitu metabolismu (Marsh 1989). Rychlost metabolismu se oproti klidu v chladu zvyšuje o 70 % (Cymbaluk 1990). Ovšem vysoký metabolismus se pojí s vysokým výdejem energie, protože teplo je generováno během syntetických reakcí s využitím ATP pomocí metabolismu kosterního svalstva. Jelikož v chladných podmínkách se zvířata často potýkají s problémem nedostatku stravy, to znamená, že je pro ně výhodnější snažit se dosáhnout pomalejšího metabolismu (Foster & Frydman 1978).

U koní Převalského a Shetlandských pony je dokázaná schopnost v zimě zpomalit svůj metabolismus. Tento proces se nazývá hypometabolismus. Normálně se jedná o adaptaci typickou pro malé živočichy, u nich se projevují intenzivnější formy jako je hibernace nebo stav strnulosti (Brinkmann et al. 2012; Kuntz et al. 2006; Arnold et al.



2006). U koní je pozorované snížení rychlosti metabolismu, pokles srdeční činnosti a snížení dechové frekvence (Brinkmann et al. 2012).

Srdeční frekvence dosahovala u koní ve výzkumu Brinkmann et al. (2012) nejvyšších hodnot v období od května do října,  $52,8 \pm 8,1$  tepů/min<sup>-1</sup>, nejnižší hodnoty naměřili v období od listopadu do dubna, nejnižší zimní hodnota u koní s omezeným přísunem potravy dosahovala  $29 \pm 3,9$  tepů/min<sup>-1</sup>. Průměrné hodnoty se pohybují mezi 35 – 45 tepy za minutu (Brownlow et al. 2016).

S klesající teplotou dochází k vasokonstrikci cév. Společně s tím dochází k adrenergní reakci, při které dochází k vyčerpání zásob glykogenu pro aerobní i anaerobní metabolismus. Dále dochází k spuštění lipidového katabolismu. To napomáhá zvýšení aerobní kapacity tkání a tím zvýšení maximální rychlosti metabolismu. Z toho vychází hypotéza, že koně obývající chladnější prostředí upřednostňují aerobní metabolismus. Z toho vyplývá, že koně činí kroky, které vedou k co největšímu vyloučení anaerobního metabolismu, jsou klidnější, pomalejší, vyhýbají se těžkým fyzickým aktivitám. Jejich svalstvo by se mělo skládat z vysokého podílu pomalých vláken typu 1, a u rychlých vláken by se poměr měl pohybovat ve prospěch vláken smíšených před vlákny čistě anaerobními. Tato hypotéza se shoduje s fakty týkající se chování koní žijících v nízkých teplotách, např. Islandském koni atd., konkrétně jejich klidného temperamentu, slabších výkonů, ale velké výdrži i při nedostatku potravin, která je způsobena schopností mobilizovat rychle tělesné zásoby (Palmer 1983; Cymbaluk 1990; Cymbaluk & Christison 1990; Langlois 1994).

Prvním pozorovaným projevem chladu u koně bývá chvění způsobené třesem. Podle Irvine (1967) se třes dostaví téměř pokaždé za chladného deštivého počasí, zatímco při pozorování skupiny Islandských koní v Norsku byl zaznamenán třes pouze jednou a to při teplotě +5 °C, když byla tato teplota doprovázena deštěm (Mejdell & Bøe 2005). McBride et al. (1985) ve své studii pozoroval třes u Quarter horse při teplotách od -20°C do -30°C. Tito koně při výše zmíněných teplotách neprojevovali behaviorální změny, ale při teplotě -40°C projevovali extrémní neklid a jejich chvění bylo ještě intenzivnější. Tyto studie vznikaly při pozorování teplokrevných koní. Langlois (1994) se ve své práci zmiňuje o schopnosti koní při spánku ve stoje vytvářet svými posturálními svaly teplo. Zatímco kůň spí ve stoje, pomocí statického aparátu, tak jeho posturální svaly vytváří teplo. Posturální svaly jsou svaly, které zabezpečují vzpřímený postoj, během spánku ve

stoje dochází k jejich stažení a tím ke vzniku tepla v důsledku svalové práce (Mysliveček et al. 2009; Langlois 1994; Mills et al. 2005). V zimě se čas strávený spánkem pohybuje kolem jedné hodiny nebo méně. Spánek a odpočinek funguje v nepřímé úměrnosti s časem stráveným pasením. Většinou k tomu dochází mezi 9:00 – 13:00, když je největší teplo. I REM spánek, během kterého si koně musí lehnout, se obvykle odehrává na slunci kolem poledne (Mills et al. 2005; Mejdell et al. 2020).

Kromě třesové termogeneze existuje ještě termogeneze netřesová. Nastupuje během dlouhodobého vystavení chladu. Tento mechanismus se odehrává v hnědé tukové tkáni. Noradrenalin sympatickými nervovými zakončeními nebo vyšší hladina adrenalinu aktivují termogenin, protein. Ten zapříčiní odpojení dýchacího řetězce od produkce ATP na vnitřní mitochondriální membráně. Energie, která se uvolní ve formě protonů, je přeměněna na teplo. Kromě hnědého tuku k tomu dochází i v kosterních svalech, ale hnědý tuk obsahuje více mitochondrií a tím pádem je na vytváření tepla lépe uzpůsoben (Jánský 1995; Mozo et al. 2005; Chechi 2018). Kromě uncoupling proteinu 1, (UCP1, termogenin) se procesu pravděpodobně účastní také UCP2 , UCP3 (Mozo et al. 2005).

Tak jako u ostatních druhů, i u koní je nejohroženějším jedincem proti chladu jedinec nejmladší. Objem mladého koňského těla je nejmenší, morfologie nejkřehčí. Nejkritičtější je proces narození, kdy mládě opouští 37 °C dělohu matky a může být vystaveno extrémnímu prostředí. Reprodukční systém je proto nastaven tak, že říje u samic probíhá na jaře, a tak by se porod měl vyhnout těm nejkřehčím zimám. Adaptace reprodukce u koní zahrnuje dlouhou dobu březosti, nízkou míru porodu dvojčat, porodní hmotnost, reprodukční cyklus, rychlost odstavení. Mládě je jedenáct měsíců chráněné před okolním vlivem okolí v těle matky, za tu dobu se, vzhledem k velikosti koní, má možnost vyvinout do dostatečně velkého jedince, aby dokázalo přežít v chladných podmínkách. Mládě také rychle přibírá na hmotnosti (Langlois 1994).

#### **4. 2. 3. Ohrožení**

I ti nejodolnější jedinci mají svojí hranici, do které je jejich adaptace před chladem chrání a kdy už ne. Účinky chladu na organismus mohou mít vážné důsledky od omrzlin až po úmrtí jedince (Cossins & Bowler 1987).

Omrzliny vznikají lokálním poškozením tkání chladem, v místě poškození dochází k vazokonstrikci s ischemií. Proces je zpočátku vratný, ale pokud dojde i k popraskání kožních a lymfatických kapilár a cévek, zůstávají tkáně i buňky nevratně poškozené (Blatteis 1998).

Hypotermie neboli podchlazení je stav, kdy teplota klesne pod obvyklou teplotu, takže přestane fungovat metabolismus. Organismus je schopen se s hypotermií docela dlouho vyrovnávat, pokud nejsou započteny další faktory, jako vlhkost, ve vodě se teplo ztrácí rychleji, vyčerpání, hladovění, zranění. Koně jsou schopni vyrovnat se s hloubkou sněhu v zimě až 60 cm, i když ne dlouho (Guthrie 1982; Salter & Hudson 1982; Blatteis 1998). V ledové vodě dochází ke smrti řádově v desítkách minut. Když tělesná teplota klesne pod 33 °C, dojde k zastavení svalového třesu, a významně se sníží rychlost metabolismu. Stoupne viskozita krve, klesá PH, klesá funkce jater – podpora hyperglykemie. Hyperglykemie urychluje hypotermii. Nejohroženější skupinou jsou mláďata, která mají DKT kolem 20°C. Z toho důvodu, na rozdíl od dospělých jedinců, u nich fungují jejich hormony štítné žlázy termogenně. Produkce hormonů štítné žlázy se zvyšuje s prodlužující se fotoperiodou (Langlois 1994; Blatteis 1998).

Bod smrti při nízkých teplotách se dá velmi těžko určit, z důvodu, že organismus se uvede do klidu a postupně umrzne. Z toho důvodu se úmrtím koní v důsledku chladu tolik prací nezabývá (Cossins & Bowler 1987).

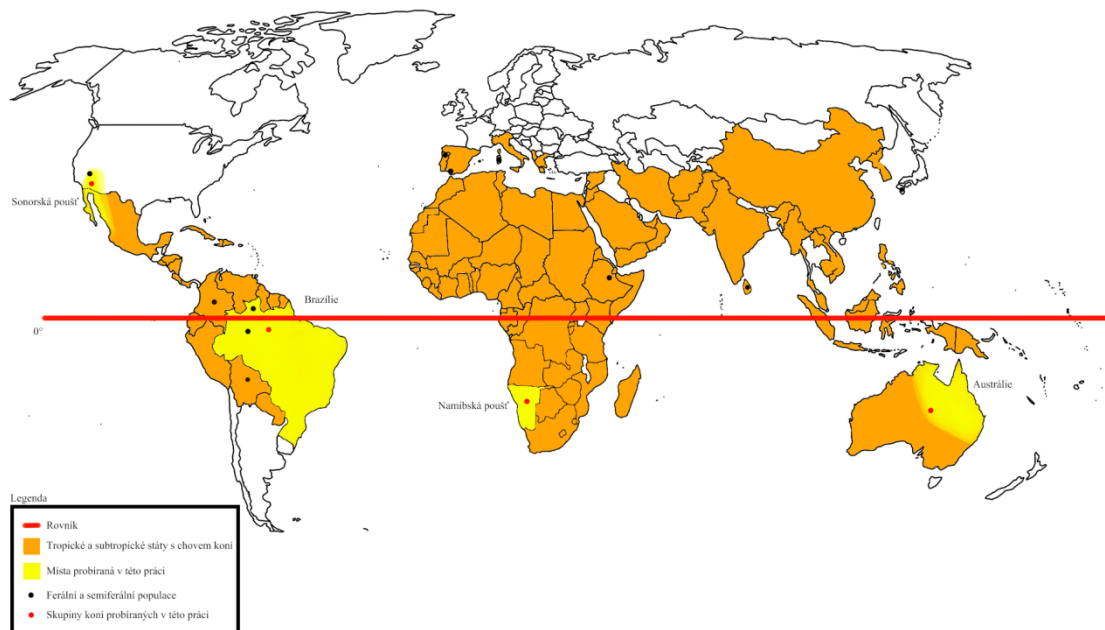
### **4. 3. Oblasti s vysokými teplotami**

Podle Köppen (1900) se s vysokými teplotami setkáme hned ve třech druzích klimatu, tropickém, suchém, ale i mírném. Tropické podnebí je charakteristické teplotami, které nikdy neklesnou pod 18°C, množství srážek je pro jednotlivé podruhy rozdílné. Suché je podnebí, kde je roční úhrn srážek nižší než roční hodnota výparu. V mírném podnebí se setkáme s většími výkyvy teplot a hlavně ostrovním klimatem (Kottek et al. 2006; Chen & Chen 2013).

Největšími nástrahami pro koně žijícího v takových podmínkách jsou velká sucha způsobující kromě jiného nedostatek kvalitní stravy, velká tepelná zátěž, vlhkost, která zabraňuje dobrému odpařování, UV záření (Kriz et al. 2000; Thompson et al. 2017).

Na obrázku č. 2. je mapa výskytu koní ve vysokých teplotách. Červená čára znázorňuje rovník, oranžově jsou zobrazeny státy, kde jsou koně chováni nebo žijí pravidelně ve vysokých teplotách, žlutě jsou vyznačeny oblasti zmíněné v této práci.

Černé tečky zobrazují ferální a semiferální skupiny koní a tmavě modré tečky zobrazují místa koní probíraných v této práci.



Obrázek č. 2. Mapa přehledu koní žijících ve vysokých teplotách. (RoyNickNorse 2017: upraveno Lenka Olivie Laštovičková 2022)

Léta v Austrálii jsou typická svým velkým suchem a vysokými teplotami a nebezpečím UV záření, které je v Austrálii vyšší než v jiných zemích. I pro aklimatizované koně existuje velké množství všemožných tepelných, ale i jiných stresorů, které narušují welfare. Většina koní chovaných v Austrálii (83%) bývá chována ve výběhu volně, a tak jsou tepelným vlivům často vystavovány. Denní nejvyšší teploty se pohybují kolem 35°C, v zimě klesají pod 15°C. Noci jsou milosrdnější, teploty bývají kolem 20°C. Koně v Austrálii často trpí na kožní onemocnění způsobené mouchami (Hennessy & Pittock 1995; Collins et al. 2000; Geor et al. 2000; Lemus-Deschamps 2004; Gies et al. 2004; Thompson et al. 2017).

Sonorská poušť leží na hranicích mezi Mexikem a Severní Amerikou. Její klima je subtropické suché, i v zimě, ale na rozdíl od jiných pouští se vyznačuje dvěma obdobími dešťů. Jak v nížinách, tak i ve stoupajících metrech nad mořem je celoročně teplé podnebí, ale v Arizoně na horách bývá více srážek. Teploty v létě často přesahují 48°C. Teploty tam nejsou stálé, díky interakcím s vlhkým vzduchem dochází k časté tvorbě monzunových bouří a teploty mohou klesnout až na 10°C během několika minut (Desert 2000; Ostermann-Kelm et al. 2009).

Namibská poušť je jedna z pouští Afriky. Koně v ní jsou vystaveni extrémně velkým teplotním výkyvům, žhavým dnům a nocím s teplotami pod bodem mrazu. Na rozloze 40 000 ha je jediné napajedlo (Lancaster et al. 1984).

#### **4. 3. 1. Zástupci koní**

Arabští plnokrevníci jsou velmi oblíbení koně. Jejich rychlost a ušlechtilost má v historii své místo. Předci dnešních dali vzniknout mnoha ferálním populacím, mustangům, Brumby... Jsou štíhlí, svalnatí, mají černou kůži, která je chrání před UV zářením (Cervantes et al. 2009; Cortés 2017 et al.; Duru 2017).

Namibiští pouštní koně na přizpůsobení extrémním podmínkám Namibské pouště měli přibližně 80 let času. Namibští koně jsou atletičtí, svalnatí a mají dobrou kvalitu kostí. Jedná se o menší koně do 150 cm v kohoutku, což jim umožňuje práci s menším obsahem vody v těle, tím menším obratem a z toho důvodu lépe snášet dehydrataci. Mají tmavou kůži, která je chrání před UV zářením. Jejich populace se dříve pohybovala kolem 200, 150 koní, bohužel v roce 2000 jich nebylo více než sto. Vymírání je způsobené velkými suchy, ale i činností lidí (Sneddon et al. 1991; Sneddon et al. 1993; Cothran 2001; Greyling 2005).

Brumby je název pro ferální koně v Austrálii. Většinou mají těžkou hlavu a kratší krk. A stejně jako koně Namibští dorůstají do 150 cm, ale jsou i větší jedinci. Na rozdíl od ferálních koní z Namibské pouště se jejich populace neustále zvětšuje 20% přírůstkem každý rok (Dobbie & Braysher 1993; Jacobsen 2016).

#### **4. 3. 2. Adaptace:**

Extrémně vysoké teploty nad jejich termoneutralní zónu jsou významným rizikem pro zdraví koní. Reakce na ně probíhají ve třech fázích: Začínají kardiovaskulárními, sudomotorickými a neuroendokrinními reakcemi v přímé reakci na vystavení se vysoké teplotě. Při dlouhodobém vystavení takovým podmínkám dochází k upevnění těchto reakcí a k jejich větší intenzitě. Třetí fáze, fáze negativní adaptace, je viděna u koní žijících v horkých podnebí a u adaptovaných jedinců. V této fázi dochází ke snížení prokrvení kůže, omezení pocení (Taylor & Cotter 2006).

Zvířata žijící v prostředí ve vysokých teplotách a se vším, co s nimi souvisí, například: sucho, nedostatek vody, nekvalitní píče, atd. přežívají za pomoci svých adaptací

v oblastech anatomie, chování, fyziologických procesů, morfologických změn (Key & Sneeringer 2014).

Horní kritická teplota (HKT) je důležitou veličinou pro koně v oblastech s vysokými teplotami. HKT hodnota není stejně jako DKT pro každého koně stejná, také je ovlivňována věkem, zdravím, kondicí, aklimatizací i plemenem, pohybuje se v rozmezí od 20 do 30 C°. Dá se hůře určit než DKT, protože existuje více způsobů, jak jí definovat. Podle jedné definice je limitu dosaženo, pokud dojde ke zvýšení metabolismu koně, další říká, že je ho dosaženo při začátku odpařování (pot se odpařuje ve formě vodní páry, bez toho by byl mechanismus nefunkční), a další, pokud tepelná izolace klesne na úplné minimum, tepelná izolace je u koní převážně dána tukovou zásobou a srstí, izolace se minimalizuje poklesnutím srsti a úbytkem tuku (Cymbaluk 1994; Morgan 1998; Kentucky Equine Research Staff 2011).

K přehřátí organismu dochází při dehydrataci fyzicky náročnou činností, neschopností pocení při vysoké zevní vlhkosti. Teplo je z těla odváděno do prostředí konvekcí, zářením a kondukcí a odpařováním z dýchacích cest a kůže (Guyton 1991).

#### **4. 3. 2. 1. Behaviorální adaptace**

Behaviorální reakce je první identifikátor stavu, ve kterém se kůň nachází (Mannuthy 2017). První pozorovatelné reakce u koní ve vysokých teplotách indikující tepelný stres bývají: údery předních končetin do země nebo jen máchání jimi ve vzduchu; nervózní švihání ocasem na jednu či druhou stranu; opakované obvykle neměnné pohyby hlavou – vrcení, třesení, přikyvování, atd.; Přežvykování, polykání a olizování krmiva, různých povrchů a sami sebe (Padalino et al. 2019).

Stejně jako při nízkých teplotách, tak i při vysokých koně vyhledávají všelijaké přirozené úkryty. Welští poníci vyhledávají stíny, aby se vyhnuli přímému slunečnímu záření. V úkrytu zůstávají během nejteplejších částí dne (Crowell – Davis 1994), využití stínu u domácích koní může stoupnout na více než 70 %, když teploty stoupnou nad HKT (Holcomb, 2017; Keiper a Berger 1982). Ve Velké Británii byl proveden pokus na 57 koních domácích různorodých plemen, teplokrevných i chladnokrevných, na frekvenci využívání přístřešků ve vysokých teplotách. Koně vyhledávali přístřešek při stoupení teploty nad 20°C, ve chvíli, když se teplota blížila HKT. Po překročení teploty 25°C procento stráveného času koní v přístřešku ještě stoupl. Stejně chování bylo pozorováno u koní chovaných volně na louce (Autio et al. 2007; Morgan 1998; Snoeks et al. 2015;

Proops 2019). Ve stejné studii se ukázalo, že koně preferovali více uměle vytvořené přístřešky před přirozenými. Vzorec využívání přístřešku koňmi je v souladu s veškerým výzkumem, který ukazuje významný nárůst používání přístřešku nad 25 °C (Holcomb et al. 2014; Snoeks et al. 2015). Divocí koně v pouštním a ostrovním prostředí hledají "útočiště" před obtěžováním hmyzem v době zvýšené aktivity much (Keiper & Berger 1982). I tady se uplatňuje hierarchie koňských společenství, nejdůležitější jedinci mají i nejlépe zastíněná místa. Dominantnější jedinci jsou ochotni se postavit i jiným druhům (Keiper & Berger 1982). Ve studii Tyler (1972) New forest pony dominovali nad stádem skotu, se kterým sdíleli pastvu, ale místa pod stromy si zabrali pro sebe.

Kromě vyhledávání úkrytů před slunečním zářením a hmyzí aktivitou se koně aktivně snaží ochladit. Zatímco v zimě se koně větru snaží vyhnout, tak v teplém období na něm tráví významně větší množství času. Mají k tomu hned dva důvody a to již zmíněné ochlazování, pokud je vítr chladnější než vzduch a dalším důvodem je opět ochrana proti hmyzu, který je větrem od nich odháněn. Také je pozorovaný zvyk stát blízko velkých kamenů, které si uchovávají nižší teplotu. Pokud se v jejich blízkosti nachází rozumná vodní plocha, koně v ní často stávají a ochlazují se (Boyd citováno v Mills et al. 2005). K ochlazování používají ferální Mustangové vody na pobřežích, pozorované u stád žijících na ostrovech Virginie a Marylandu, a také i sněhu u ferální skupiny v horách Nevady, do hor stoupají i za účelem využití větru k ochlazování (Keiper & Berger 1982). Stejně chování bylo nalezeno i u feriálních Mustangů ve Velkém kaňonu v Arizoně Bergerem (1977).

Hlavním omezujícím problémem v suchých ekosystémech je voda. Kromě toho, že se přímo účastní na tvorbě vegetace a tudíž ovlivňuje i stravování koní. Během extrémně vysokých teplot koně konzumují píci, pokud možno více šťavnatou (Freeman 2021).

U ferálních Mustangů v Sonorské poušti je pozorované cílevědomé vykopávání studen, které mohou být až 2 m hluboké. Tímto způsobem mohou ovlivnit přístupnost podpovrchové vody i menším živočichům a blahodárně tak ovlivňovat tamnější ekosystém. Tyto koňské studny nebo „vrty“ bývají nejdůležitějšími zdroji vody v létě, kdy dochází k ještě horšímu přístupu k podzemní vodě z důvodu jejího klesání v důsledku vysokých teplot, i v oblastech s trvale přístupným pramenem bývají využívány až 70%,

ale míra jejich využívání může dosáhnout až 100% pokud dojde ke ztrátě přirozeného zdroje (Lundgren 2021).

Nebylo pozorováno, že by koně měli větší tendenci pít studenou vodu v teplém období na rozdíl od chladného období, kde koně teplou vodu popíjí častěji (Mills et al. 2005, S McDonnell & Kristula 1996).

Ferální Mustangové obývající pouště Nevady i jejich skupiny žijící na ostrovech v Atlantiku preferují stravování v brzkých hodinách, dokud je aktivita hmyzu nejmenší a teploty nevystoupají tak vysoko. Během poledne se stahují do stinných míst, kde odpočívají, v Nevadě odcházejí do chladných stínů hřebenů hor (Keiper & Berger 1982). Stejně chování je vidět u Afrických koňovitých. V létě hlavně kolem vodních ploch stávají koně blízko k sobě a využívají kombinovaného používání oháněk k odhánění nepříjemného hmyzu, much, ovádů (Keiper & Berger 1982; Mills et al. 2005). Na New forest pony bylo pozorováno, že tolerují drobné ptactvo na svých zádech, možná ve vzájemném mutualistickém stavu, kdy ptáci využívali srst a hřívu koní na stavbu hnízd a ptáci je zbavovali hmyzu, klíšťat, roztočů (Tyler 1972). Ferální skupiny Mustangů vykazují sounáležitost v boji proti dotěrnému hmyzu tím, že se staví do vzájemné blízkosti a vzájemně od sebe hmyz odhání svými ocasy, kopáním apod. Kloš koňský se líhne na jaře a v létě se usazuje koním mezi zadníma nohama, kolem koňské vulvy, v počtu třeba až čtyřiceti jedinců. Dospělým nezpůsobují takovou zátěž, na New forest pony nebylo zaznamenáno výrazné rozrušení jejich přítomností, ale mladí jedinci tráví velké množství snažením se nepříjemných škůdců se zbavit, třesením, válením se, narážením, třením se o stromy až okusováním si zadních nohou. To může značně narušit jejich pastevní rutinu (Tyler 1972).

U stáda Namibských koní bylo také pozorováno koupání v písku, které podle některých odborníků, kromě boje s parazity a prostředku k vysušení srsti po normální koupeli, může být behaviorální adaptací na vysoké teploty, podporuje termoregulaci a funguje částečně jako opalovací krém, ochrana proti UV. Stejně chování je pozorováno na zebřích stádech v Africe (Klingel 1974; Bracke 2011).

New forest pony nebyli příliš zasaženi komáří aktivitou, přesto v důsledku toho u nich také doházelo k brzké pastvě a vyhledávání úkrytů. Větší problém jim způsobovali menší mušky, které se jim proháněly kolem uší a znervózňovali je. A ještě větší vliv na jejich chování měly mouchy. Velké množství, které je pro vysoké teploty



charakteristické, jsou schopné vyhnat koně z pastvy do úkrytu, kde se vzájemně svými ocasy ochraňovali před jejich nálety. Takovými úkryty může být místo ve stínu nebo ve větších povětrnostních podmínkách. New forest pony neměli zásadní problém se sáním jejich krve, ale hlasité zvuky je silně znervózňovali a vyvolávali ve stádě paniku (Tyler 1972).

Vzhledem k většinové lepší toleranci parazitů vůči teplu, tak v letních dnech dochází k napadení koní hlísticemi, které mohou způsobit ztrátu kondice, narušení životního stylu a dokonce smrt. V trusu New forest pony bylo v jednom gramu v průměru napočítáno 1500 červů, což překračuje 1000 vajíček na gram Soulsby (1965) navrhnutým jako klinicky významnou hranici. Pravděpodobnost nakažení hlísticemi se zvětšuje v teplém a vlhkém prostředí, larvy se tak lépe dostávají do bylinného porostu, kterým se koně živí. Ovšem pravděpodobnost klesá se vzrůstajícím suchem, tudíž v opravdu horkém suchém klimatu je pravděpodobnost mnohem menší (Tyler 1972; Mfitalodze & Hutchinson 1989). Brumbi v Queenslandu se s hlísticemi potýkají po celý rok (Mfitalodze & Hutchinson 1990). I když neexistuje korelace mezi plemeny koní v nákaze hlísticemi, tak je patrné, že plnokrevníci obecně snášejí parazity hůře než ostatní plemena a ferální skupiny (Mfitalodze & Hutchinson 1990).

#### **4. 3. 2. 2. Morfologické adaptace**

Koně žijící v prostředí s vysokou teplotou odpovídají svou stavbou obvykle koním teplokrevným. Jejich těla bývají štíhlá, poměr mezi objemem a plochou větší, aby se tím podpořila schopnost odpařování. Uplatňuje se Allenovo i Bergmannovo pravidlo, nohy koní bývají obvykle delší a štíhlejší (Dušek 1999). Jejich nozdry bývají více vpředu a bývají větší, kruhovitějšího tvaru, než je tomu u koní chladnokrevných (Dušek 1999).

Srst je také ovlivněna vysokými teplotami. Letní srst bývá kratší a mnohem méně hustá než srst zimní. Navíc u koní žijících v extrémně vysokých teplotách dochází k jejímu většímu prořídnutí a zkrácení. Díky tomu dochází k účinnějšímu odvodu tepla, které je srstí omezováno od odpařování. Méně hustá srst i usnadňuje pocení (Cena & Clark 1979).

Důležitým faktorem ochrany proti vysokým teplotám je barva kůže a srsti koně. Nehledě na barvu srsti, bývá barva kůže u koní ve vysokých teplotách, v pouštích obvykle černá, aby je ochránila před UV zářením. U Arabských koní je vždy černá (Steward 1949; Berihulay et al. 2019). Důležitou roli v barvě kůže a srsti hraje melanin, pigmentové

barvivo, které ji ovlivňuje, ale pigmentace koně je dále ovlivňována i genetickými, tak environmetálními a endokrinními faktory (Costin & Hearing, 2007; de Faria et al. 2022). Melanin se u koní vyskytuje ve dvou formách: hnědočerný polymer eumelanin a červenohnědý polymer feomelanin. Hlavní funkcí melaninu je ochrana proti ultrafialovému záření. Tmavá, hnědá a černá srst má schopnost absorbovat záření a světlá barva srsti, speciálně šedá má schopnost dobře záření odrážet (Langlois 1994). Z toho důvodu jsou tmaví koně, dovezení do teplého klima obvykle nejnáchylnější ke kolapsům, jejich tmavá srst teplo přitahuje a chybí jim adaptace barvy kůže. Za barvu srsti u koní zodpovídají převážně dva geny a to receptor melanokortinu -1 ( MC1R ) a jeho antagonistu, Agouti-Signaling Protein ( ASIP ) ( Rieder et al. 2001; King et al. 2006; Bailey & Brooks 2013). Ve výzkumu de Faria et al. (2022) se potvrdilo, že koně žijící v prostředí s vysokými teplotami, mají na autozomu ECA3 stejnou sekvenci genů kódujících barvu u koní a že se její zastoupení významně liší od koní stejných plemen žijících v mírném pásu. Na stejném autozomu se nachází i geny ovlivňující velikost. Tato studie byla provedena na 23 plemenech koní, všechna plemena jsou buďto lokálně adaptovaná nebo na území Brazílie chovaná. Tato plemena byla rozdělena do 4 skupin, arabští koně, například: Achaltekinský kůň; Chladnokrevní koně: Finský chladnokrevník, Islandský kůň, atd.; plnokrevníky: Anglický plnokrevník a na teplokrevníky: například plemeno Marajoara nebo Lavradeira.

#### ***4. 3. 2. 1. Fyziologické adaptace***

Ve vysoké teplotě kůň reguluje svou tělesnou teplotu pomocí odvádění nadměrného tepla z metabolismu. (Reece 1991). V mírném klimatu k tomu dochází bez větších potíží pomocí konvekce, záření i kondukce, ale pokud se kůň nachází v prostředí, kde se teplota okolí rovná teplotě jeho kůže, se tyto mechanismy stávají neúčinnými a hlavní úloha odvádění tepla připadne na odpařování. Pokud kromě vysokých teplot je v jeho okolí vysoká vlhkost ovzduší, tak dochází ke znatelnému narušení odpařování a schopnost termoregulace je vážně narušena (Hodgson et al. 1994; Van den Berg 1998; Geor 2005; Hodgson 2014).

V případě zvýšené teploty organismu dochází k aktivaci předního hypothalamu, což vede k inhibici sympatických center v zadním hypothalamu. Termoregulace při vysokých teplotách začíná stimulací teplo citlivých neuronů na předním hypotalamu. To se stane potom, co kožní termo receptory - Ruffiniho tělíska, kromě termoreceptorů se jedná i o mechanoreceptory s nízkou adaptabilitou, rozpoznají signál a vyšlou ho do

hypotalamu. Existuje jich významně méně, desetkrát až dvacetkrát, než receptorů chladových a jsou uloženy hlouběji. V hypotalamu dojde ke zvýšení akčního potenciálu a dojde ke spuštění tří reakcí. K povrchové vazodilataci kožních cév, k pocení a ke snížení produkce tepla (Halata 1988; Hodgson et al 1994; Guyton & Hall 2006; Kierszenbaum & Tres 2015).

Vazodilatace je proces během kterého dojde k roztažení kožních cév, jejich dilataci, která vede k naplnění žilního plexusu za účelem lepšího odvádění tepla z těla. Běžně proudí do kůže 5 % srdečního výdeje, maximální dilatací může být tento podíl zvýšen až na 30 %. Schopnost odvádění tepla se tímto může zvýšit až osmkrát (Charkoudian 2003; Guyton & Hall 2006).

Pocení je jeden z nejdůležitějších mechanismů odvádění tepla v lidské a koňské říši. Kůň má dobrou schopnost potit se. Dochází ke stimulaci cholinergních sympatických vláken a tím k intenzifikaci produkce potu. Procesu se účastní potní žlázy, které jsou hojně rozmístěny po celém povrchu koňského těla. Termoregulačně je účinný pouze pot, který se odpaří. Tímto procesem může dojít k velké ztrátě vody, je potřeba jí doplnit (Jenkinson & Mabon 1973).

Produkce tepla je inhibována pomocí uncoupling proteinů (odpřahujících proteinů). Ty za situací, kdy je potřeba teplo dodat, rozpojují syntézu ATP tím, že dovolí vstup proteinům do matrixu. Během tepla naopak vstupu protonů matrixu zabráňuje (Mozo et al. 2005; Guyton & Hall 2006).

Při vysokých teplotách u zvířat dochází k zesílení efektu respirace intenzivnějším dýcháním. Tento mechanismus se uplatňuje už při menší tepelné zátěži, před nástupem pocení, a tato schopnost se prohlubuje s rostoucí energetickou zátěží, například cvičením, během. Jedná se o efektivní mechanismus, protože při tělesné zátěži může kůň respirací ztrácet 19 až 30 % tepla (Sexton et al. 1986; Hodgson et al. 1993; Hodgson et al. 1994; Morgan 1996). Respirace má svoji úlohu i v chlazení mozku. Kůň je schopen využívat své hrdlo na ochlazování karotických tepen vedoucích do mozku. Vzduchem se dá takhle snížit teplota mozku až o 4,8 °C. Kromě odpařování se účastní i konvekce. Bylo zkoumáno na Anglickém plnokrevníkově (Baptiste 1998).

### 4. 3. 3. Ohrožení

Pokud nejsou koně na klimatické podmínky adaptováni nebo pokud je překročena účinnost jejich adaptací, dochází z pravidla k selhání systému a smrti. Kůň dokáže tolerovat velmi malé zvýšení teploty jádra, hraniční teplota je 43°C. Stářím klesá tělesná teplota koní, z důvodu například nižší tělesné aktivity a snížené kapacity kardiiovaskulárního systému. Největší ohrožení zdraví pro koně spočívá ve slabším srdečním výdeji a dehydrataci. To může vést k tepelnému kolapsu. Slabý srdeční výdej nedokáže odvádět tolik tepla a tak se organismus rychle přehřeje (Wilson & Goodship 1994).

Co se týká dehydratace, 61 až 72% váhy koňského těla je tvořeno vodou. Pokud při pocení nebo jinou evaporací či respirací dojde ke ztrátě více než 15% vody, následky pro koně bývají smrtelné (Carlson et al. 1979; Cymbaluk 2013). U koní je sice tolerance nedostatku vody větší než u lidí, ti se bez vody obejdou přibližně dva dny, u koní se tento limit pohybuje kolem sedmi dní, ale stejně je voda v koňském těle nezbytná pro veškeré důležité reakce v organismu, termoregulaci, lubrikaci kloubů, k transportu škodlivých látek ven z těla (Cymbaluk 2013). Neaklimatizovaní koně v suchém a horkém klimatu při vykonávání namáhavé činnosti spotřebují dvakrát až třikrát tolik vody než by spotřebovali v mírném pásu v klidovém stavu (Marshall 2004). Nedostatek vody se může podepsat i na tuhosti kopyt, u koní více než u jiných zvířat. Keratinová struktura u kopyt koní zajišťuje rovnoměrné přenášení síly, dostatečné odpružení od země, musí být dost tuhá, aby nedocházelo k deformaci, ale ne měkká, aby neztrácela svou funkci (Bertram & Gosline 1987).

Životu ohrožující je hypertermie neboli úpal. Je nejčastěji způsobena extrémními horky, vysokou vlhkostí nebo oslabenou termoregulací, například v důsledku nemoci. Normální rektální teplota koně se pohybuje kolem 37,38 °C, teplota jádra něco málo pod 38,5 °C (Green et al. 2005). Pokud teplota jádra stoupne nad 43°C, dochází prvně k intenzivnímu pocení z hlavy, zejména obnažených částí, nozder pysku, ve snaze snížení teploty, protože takhle vysokou už jí není mozek schopen tolerovat a dochází k selhávání funkcí termoregulačního centra, dochází ke ztrátám vědomí, kůň může být zmatený a může dojít k rozvoji hypovolemického šoku v důsledku ztrát tekutin (Padalino 2016). Klasickými klinickými příznaky bývá zrychlení dechové frekvence z klidové – 8 -16 dechů za minutu, na až 50 dechů za minutu. Stejně tak dochází ke zvýšené srdeční

aktivitě, ta se v klidu pohybuje mezi 35 – 45 tepů za minutu, může stoupnout až na 80. Hypertermie má často základ v nedostatečné kondici. Posoudit vhodnost prostředí pro koně se dá na základě tepelného indexu, který se skládá z okolní teploty a stupně vlhkosti. Pokud je tepelný index roven číslu většímu než je 150, například pokud je okolní teplota 95°F (35°C) a vlhkost 70%, tak chladicí mechanismy koně přestávají působit správně, tepelný index 170 a relativní vlhkost 75%, snižují schopnost termoregulace ještě více (Brownlow 2016). U závodních koní nastává tento stav často, protože plnokrevníci jsou schopni zvyšovat teplotu svého jádra o 1°C za minutu (Geor & McCutcheon 1998; McCutcheon & Geor 1998).

Obzvláště náchylní jedinci k úpalu jsou koně trpící Anhidrózou. Anhidróza je porucha při které dochází ke kompletní inhibici pocení. Může být krátkodobá, ale i trvalá. Nastává někdy u závodních koní při převozu do vysokých teplot, ale ne vždy se pocení návratem do rodné země spraví. Její příčina není známa, předpokládá se, že je jí fyziologický defekt na úrovni potních žláz, je dědičná, pravděpodobnost, že se projeví je 21,7krát větší, pokud na ni trpěl nějaký předek. Stejně tak je pravděpodobnější její výskyt u plnokrevných či teplokrevných jedinců, spíše než u ferálně žijících populací (Johnson et al. 2010; MacKay 2015).

Bylo zjištěno, že úpal může být podpořen i jiným stresorem, rozrušení koně mohou mít úpal i v podmínkách, který ho přímo nevyvolává. Bylo pozorováno, jak na semi-ferálních skupinách pony, ale i na plnokrevných sportovních koních (Weeks et al. 2012; Collins et al. 2000). Jak dehydratace, tak i nedostatek potravy významně podporuje možný vznik úpalu. Australské klima je extrémně vlhké a s vysokou teplotou jsou koně velmi náchylní k úpalu. Dobrá hydratace může značně omezit jeho vznik (Nunn 1898, Thompson et al. 2017).

Vysoké teploty bývají často spojovány s prostranstvím exponovaným nepřetržitěmu slunečnímu záření, to může u neadaptovaných koní způsobit úžeh (fototoxicitu) a fotosenzibilizaci. Úžeh je přímé poškození epidermis intenzivním ultrafialovým zářením. Jeho spektrum projevů zahrnuje prosté sluneční spáleniny, až závažná aktinická poškození a spinocelulární karcinom. Fototoxicita je nebezpečná hlavně jedincům se světlou barvou kůže nebo pro jedince málo pigmentované a pro málo osrstěné druhy jako Freiberg, v bílém zbarvení (Federici 2015). Nežranitelnějšími místy jsou pysky, kde se nachází málo srsti. Při spálení dochází ke vzniku puchýřů. Poté si vytváří krusty. Pokud

dojde k sekundární infekci *Dermatophilus congolensis*, může se vyvinout další významná krusta. Opakovaná expozice může mít za následek chronické kožní změny, známé jako solární keratóza ( Knottenbelt 2009).

## 5. Závěr

Četné studie prokázaly, že navzdory mnoha generacím selekce různých znaků je repertoár chování domácích zvířat téměř totožný s repertoárem jejich divokých předků. Plnokrevný dostihový kůň má velmi podobné potřeby jako kůň Převalského. Ve studii Shetlandských pony nebyl zjištěn prokazatelný rozdíl ve schopnosti adaptace na extrémní teplotní podmínky u koní chovaných v lidské péči a koní žijících volně (Birkmann 2012). Stejně tak, na základě pokusů vykonaných na Amerických klusácích (Dahl et al. 1986) je patrné, že i neaklimatizovaní koně na zimu nemají problém krátkodobě snášet zimu. Zdá se tedy, že základní mechanismy teplotních adaptací zůstávají procesem selektivního šlechtění nedotčeny a koně jsou schopni rychle reagovat na měnící se teploty. Přesto, že schopnost se adaptovat zůstává, existují přinejmenším drobné rozdíly v provedení. Kůň Převalského na rozdíl od Shetlandských pony v zimě výrazně omezí pastvu (Arnold et al. Birkmann 2012).

Behaviorální adaptace jsou velmi důležité pro přežití v extrémních podmínkách. Behaviorální adaptace na vysoké teploty jsou: vyhýbání se přímému slunci, vyhledávání úkrytů, vyhledávání stanovišť s přístupem k vodě, ochlazování větrem, vodou, sněhem. Nebylo prokázáno, že by koně úplně od tohoto chování odstoupili i po dlouhodobém žití ve vysokých teplotách, ale u koní lépe adaptovaných na vysoké teploty se takové chování vyskytuje méně a začíná při vyšších teplotách (Tyler 1972; Keiper & Berger 1982; Autio et al. 2007). Při nízkých teplotách koně vytváří teplo pohybem, vyhledávají ochranu před silnými větry a dělají si zásoby. Koně je často vidět v hloučcích, blízko u sebe, jak se ochraňují před přílišnou zimou, patrné to bylo zejména u Islandských koní a New forest pony. To podporuje hypotézu o jejich větší socializaci, ale u koní žijících v teplých oblastech také dochází k vytvoření skupin za účelem ochrany před hmyzem (Mejdell & Bøe, 2005; Björnsson et al. 2006; Birkmann 2012).

Klíčovou morfologickou adaptací je černá barva kůže, protože účinně chrání před negativním dopadem UV záření, barva srsti je různorodá, ale světlá barva srsti dokáže lépe odrazet sluneční záření. Z toho důvodu jsou na vysoké teploty se slunečním zářením nejnáchylnější neadaptovaní černí koně, protože jejich srst světlo pohlcuje. Dále před

účinky vysokých teplot koně chrání krátká délka srsti, malý vzrůst, který jim dovoluje lépe pracovat s vodou, nízké zásoby tuku (Sheldon 2011). Koně žijící v nízkých teplotách naopak využívají svých tukových zásob k tvorbě tepla. Jsou mohutnější, jejich srst je drsná dlouhá, někdy dvojvrstvá, jejich uši bývají chráněny pod hustou hřívou. Zajímavá je adaptace na přijímání méně kvalitní stravy. Jejich okluzní plocha zubů je větší a tak mohou přijímat více potravy.

Fyziologicky je kůň chráněn především termoregulací. Ta je závislá na vnějších i vnitřních faktorech. Nejúčinnější mechanismus bránící přehřátí je pocení. To je spojené s velkou spotřebou vody. U koní, například Namibských, adaptovaných na vysoké teploty prostředí bylo vysledováno úsporné zacházení s vodou a schopnost se rychle regenerovat po vysokých ztrátách tekutin. Důležitou roli v termoregulaci nese horní kritická teplota, ta se mění v závislosti na plemeni, věku, kondici, okolní teplotě, vlhkosti atd. Stejně tak to je u dolní kritické teploty. Zajímavou chladovou adaptací je hypometabolismus pozorovaný u koně Převalského a Shetlandského ponyho (Taylor & Cotter 2006; Alton et al. 2006; Birkmann 2012; Sjaastad et al. 2010).

Pro chov koní v extrémních klimatických podmínkách je ideální zvolit plemena pocházející z daného místa nebo z místa s podobnými tepelnými podmínkami. Například Islandský kůň, který byl vyšlechtěn na Islandu, je hojně rozšířený v jiných zemích s nízkými teplotami, jako je Grónsko, Aljaška, Norsko. Stejně tak to platí i pro místa s vysokými teplotami. Koně arabského původu jsou na takové podmínky dobře přizpůsobení. Pro chov v nízkých teplotách je důležité věnovat pozornost především kvalitě a množství píce, aby si koně mohli udělat dobré tukové zásoby, kdyby teploty klesly pod průměr. Koně se mohou chránit speciálními koňskými dekami, ale je nutné si dát pozor, aby jejich používání spíše neuškodilo, protože pod dekou nemůže dojít k piloerecti srsti a tak kůň přichází o jednu z jeho přirozených ochran. Ve vysokých teplotách je důležité, aby koně měli trvalý přístup k vodě, i ferální koně, kteří jsou dobře vybaveni na případnou dehydrataci, potřebují aspoň nějaký zdroj tekutin. I u domácích koní se dá použít deček na ochranu proti záření a na zabránění kožních onemocnění a jako ochrana proti hmyzu, ale je nutné vybrat správnou, aby se kůň pod dečkou nezapařoval (Tyler 1972; Autio et al. 2007; Keiper & Berger 1982; Björnsson et al. 2006).

Další výzkum by se mohl zaměřit na detailní analýzu adaptací většího počtu plemen. Bylo by zajímavé prozkoumat využití těchto adaptací například v cestovním ruchu či v textilním průmyslu.

## **6. Reference:**

- Adalsteinsson S. 1978. Inheritance of yellow dun and blue dun in the Icelandic toelter horse. *Journal of Heredity* **69**:146-148.
- Angilletta Jr MJ, Bennett AF, Guderley H, Navas CA, Seebache F, Wilson RS. 2006. Coadaptation: a unifying principle in evolutionary thermal biology. *Physiological and Biochemical Zoology* **79**:282-294.
- Arnold W, Ruf T, Kuntz R. 2006. Seasonal adjustment of energy budget in a large wild mammal, the Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*) II. Energy expenditure. *Journal of Experimental Biology* **209**:4566-4573.
- Aselmann I, Crutzen PJ. 1989. Global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emissions. *Journal of Atmospheric chemistry* **8**:307-358.
- Autio E, Heiskanen ML, Mononen J. 2007. Thermographic evaluation of the lower critical temperature in weanling horses. *Journal of applied animal welfare science* **10**:207-216.
- Autio E, Neste R, Airaksine S, Heiskanen ML. 2006. Measuring the heat loss in horses in different seasons by infrared thermography. *Journal of applied animal welfare science* **9**:211-221.
- Autio E, Sihto U, Mononen J, Heiskanen ML. 2008. Energy intake and growth of weanling horses in a cold loose housing system. *Agricultural and food science* **17**:338-350
- Bailey EF, Brooks SA. 2013. *Horse genetics*. CABI, Wallingford.
- Baptiste KE. 1998. A preliminary study on the role of the equine guttural pouches in selective brain cooling. *The Veterinary Journal* **155**:139-148.
- Berger J. 1977. Organizational systems and dominance in feral horses in the Grand Canyon. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **2**:131-146.



- Berihulay H, Abied A, He X, Jiang L, Ma Y. 2019. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals* **9**:75.
- Bertram JE, Gosline JM. 1987. Functional design of horse hoof keratin: the modulation of mechanical properties through hydration effects. *Journal of Experimental Biology* **130**:121-136.
- Bhattacharyya J, Murphy SD. 2015. Assessing the role of free-roaming horses in a social-ecological system. *Environmental management* **56**:433-446.
- Björnsson GB, Sveinsson HJ, Arnórsson K, Sigurðardóttir S, Guðlaugsson Þ, Geirsdóttir K. 2006. *The Icelandic horse*. Mál og menning, Reykjavik.
- Blackburn TM, Gaston KJ, Loder N. 1999. Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule. *Diversity and distributions* **5**:165-174.
- Blatteis, CM. 1998. *Physiology and pathophysiology of temperature regulation*. World Scientific, Singapore.
- Bligh J, Johnson KG. 1972. Glossary on thermal physiology and temperature regulation. *Internat. Union Physiol. Sci.* DOI: 10.1152/jappl.1973.35.6.941
- Bouman J. 1986. Particulars about the Przewalski horse. Foundation for the Preservation and Protection of the Przewalski horse. Available from <http://www.treemail.nl/takh/downloads/booklet.pdf> (accessed March 2022).
- Boyd L, Houpt KA. 1994. *Przewalski's horse: the history and biology of an endangered species*. State University of New York Press, New York.
- Bracke MBM. 2011. Review of wallowing in pigs: description of the behaviour and its motivational basis. *Applied Animal Behaviour Science* **132**:1-13.
- Brinkmann L, Gerken M, Riek A. 2013. Effect of long-term feed restriction on the health status and welfare of a robust horse breed, the Shetland pony (*Equus ferus caballus*). *Research in veterinary science* **94**:826-831.
- Brownlow MA, Dart AJ, Jeffcott LB. 2016. Exertional heat illness: a review of the syndrome affecting racing Thoroughbreds in hot and humid climates. *Australian Veterinary Journal* **94**:240-247.

- Campbell H. 2008. Climate of the Alps. Encyclopaedia Britannica. Available from <https://www.britannica.com/place/Alps/Climate> (accessed April 2022).
- Carlson GP, Rumbaugh GE, Harrold D. 1979. Physiologic alterations in the horse produced by food and water deprivation during periods of high environmental temperatures. *American Journal of Veterinary Research* **40**:982-985.
- Cena K, Clark JA. 1979. Transfer of heat through animal coats and clothing. *International review of physiology* **20**:1-42.
- Cervantes I, Baumung R, Molina A, Druml T, Gutiérrez JP, Sölkner J, Valera M. 2009. Size and shape analysis of morphofunctional traits in the Spanish Arab horse. *Livestock Science* **125**:43-49.
- Clarke A 1991. What is cold adaptation and how should we measure it?. *American Zoologist* **31**:81-92.
- Collins DA, Della-Marta PM, Plummer N, Trewin BC. 2000. Trends in annual frequencies of extreme temperature events in Australia. *Australian Meteorological Magazine* **49**:277-292.
- Collins MN, Friend TH, Jousan FD, Chen SC. 2000. Effects of density on displacement, falls, injuries, and orientation during horse transportation. *Applied Animal Behaviour Science* **67**:169-179.
- Cortés O, Dunner S, Gama LT, Martínez AM, Delgado JV, Ginja C, Jiménez LM, Jordana J, Luis C, Oom MM, Sponenberg DP. 2017. The legacy of Columbus in American horse populations assessed by microsatellite markers. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **134**:340-350.
- Cosgrove EJ, Sadeghi R, Schlamp F, Holl HM, Moradi-Shahrbabak M, Miraei-Ashtiani SR, Abdalla S, Shykind B, Troedsson M, Stefaniuk-Szmukier M, Prabhu A. 2020. Genome diversity and the origin of the Arabian horse. *Scientific reports* **10**:1-13.
- Cossins AR, Bowler K. 1987. Rate compensations and capacity adaptations. In *Temperature biology of animals*. Springer, Dordrecht.
- Costin GE, Hearing VJ. 2007. Human skin pigmentation: melanocytes modulate skin color in response to stress. *The FASEB journal* **21**:976-994.

- Cothran EG, Van Dyk E, Van der Merwe FJ. 2001. Genetic variation in the feral horses of the Namib Desert, Namibia. *Journal of the South African Veterinary Association* **72**:18-22.
- Crate SA. 2006. Investigating local definitions of sustainability in the Arctic: Insights from post-Soviet Sakha villages. *Arctic* **59**:294-310.
- Crowell-Davis SL. 1994. Daytime rest behavior of the Welsh pony (*Equus caballus*) mare and foal. *Applied Animal Behaviour Science* **40**:197-210.
- Cymbaluk NF, Christison GI. 1989. Effects of diet and climate on growing horses. *Journal of Animal Science* **67**:48-59.
- Cymbaluk NF, Christison GI. 1990. Environmental effects on thermoregulation and nutrition of horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **6**:355-372.
- Cymbaluk NF, Christison GI. 1993. Cold weather-does it affect foal growth. Pages 23-30 in *Fourth Int. Livestock Env. Symp. Am. Soc. Agric. Eng. St. Joseph.*
- Cymbaluk NF. 1990. Cold housing effects on growth and nutrient demand of young horses. *Journal of Animal Science* **68**:3152-3162.
- Cymbaluk NF. 1994. Thermoregulation of horses in cold, winter weather: a review. *Livestock Production Science* **40**:65-71.
- Cymbaluk NF. 2013. SECTION A Nutritional Foundations. Page 80 in Geor RJ, Coenen M, Harris P, editors. *Equine Applied and Clinical Nutrition: Health, Welfare and Performance*. Elsevier, Amsterdam.
- Čollák D. 1978. Morfologie hospodářských zvířat, část 2, Splanchnologie a nauka o kůži. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- Dahl LG, Gillespie JR, Kallings P, Persson SGB, Thornton JR. 1986. Effects of a cold environment on exercise tolerance in the horse. *Equine exercise physiology* **2**:235-242.
- Dallaire A. 1986. Rest behavior. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **2**:591-607.

- Davidson MT. 2019. How temperature may affect horses: Using ethograms to examine horse behavior based on variations in weather. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- de Faria DA, do Prado Paim T, Dos Santos CA, Paiva SR, Nogueira MB, McManus C. 2022. Selection signatures for heat tolerance in Brazilian horse breeds. *Molecular Genetics and Genomics* **297**:449–462
- Desert WIA. 2000. THE SONORAN DESERT. Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson.
- Dobbie WR, Braysher ML. 1993. Managing vertebrate pests: feral horses. Australian Government Publishing Service, Canberra.
- Doreau M, Dussap G, Dubroeuq H. 1980. Estimation de la production laitière de la jument allaitante par marquage de l'eau corporelle du poulain. *Reproduction Nutrition Développement* **20**:1883-1892.
- Duensing J, Stock KF, Krieter J. 2014. Implementation and prospects of linear profiling in the Warmblood horse. *Journal of Equine Veterinary Science* **34**:360-368.
- Duncan P. 1985. Time-budgets of Camargue horses III. Environmental influences. *Behaviour* **92**:188-208.
- Duru SERDAR. 2017. Pedigree analysis of the Turkish Arab horse population: structure, inbreeding and genetic variability. *Animal* **11**:1449-1456.
- Dušek J, Misař D, Navrátil J, Žlumov P, Mueller Z, Rajman J, Tluchoř V. 1999. Chov koní. Brázda, Praha.
- Dušek, J. 2001. Chov koní. Brázda, Praha.
- Edwards M, Johns DG, Licandro P, John AWG, Stevens DP. 2007. Ecological Status Report: results from the CPR survey 2005/2006. Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science Report **4**:1-8.
- FAO. 2017. Breeds reported by Kazakhstan: Horse Rome: Domestic Animal Diversity Information System of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome. Available from <http://faostat.fao.org/> (accessed March 2022).

- FAO. 2020. FAOSTAT: Production - Live animals. FAO, Rome. Available from <http://faostat.fao.org/> (accessed March 2020).
- Federici M, Gerber V, Doherr MG, Klopfenstein S, Burger D. 2015. Association of skin problems with coat colour and white markings in three-year-old horses of the Franches-Montagnes breed. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde* **157**:391-398.
- FEI: Fédération Equestre Internationale. 2020. FEI: Fédération Equestre Internationale, 2020. FEI. New Pony Measuring System from 1 January 2020. Available from <https://inside.fei.org/fei/your-role/veterinarians/welfare/pony-measuring> (accessed April 2022).
- Foster DO, Frydman ML. 1978. Nonshivering thermogenesis in the rat. II. Measurements of blood flow with microspheres point to brown adipose tissue as the dominant site of the calorogenesis induced by noradrenaline. *Canadian journal of physiology and pharmacology* **56**:110-122.
- Freeman DE. 2021. Effect of feed intake on water consumption in horses: Relevance to maintenance fluid Therapy. *Frontiers in Veterinary Science* **8**:79.
- Frischknecht M, Flury C, Leeb T, Rieder S, Neuditschko M. 2016. Selection signatures in Shetland ponies. *Animal genetics* **47**:370-372.
- Galatík F. 2021. Mitochondriální respirace hnědé tukové tkáně v rozvoji chladové aklimace [MSc. Thesis]. Univerzita Karlova, Praha.
- Geor RJ, McCutcheon LJ, Ecker GL, Lindinger MI. 2000. Heat storage in horses during submaximal exercise before and after humid heat acclimation. *Journal of Applied Physiology* **89**:2283-2293.
- Geor RJ, McCutcheon LJ. 1998. Thermoregulatory adaptations associated with training and heat acclimation. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **14**:97-120.
- Geor RJ. 2005. Thermoregulatory demands of exercise and exertion-associated heat illness in equine athletes. Pages 31-39 in Soulsby E JL, Wade JF, editors. *Sporting injuries in horses and man: a comparative approach*. R&W Communications, Lexington.

- Gies P, Roy C, Javorniczky J, Henderson S, Lemus-Deschamps L, Driscoll C. 2004. Global solar UV index: Australian measurements, forecasts and comparison with the UK. *Photochemistry and photobiology* 79:32-39.
- Górecka-Bruzda A, Jastrzębska E, Sosnowska Z, Jaworski Z, Jezierski T, Chruszczewski MH. 2011. Reactivity to humans and fearfulness tests: Field validation in Polish Cold Blood Horses. *Applied Animal Behaviour Science* 133:207-215.
- Green AR, Gates RS, Lawrence LM. 2005. Measurement of horse core body temperature. *Journal of Thermal Biology* 30:370-377.
- Gregory WK. 1912. Notes on the principles of quadrupedal locomotion and on the mechanism of the limbs of hoofed animals. *Ann. New York Acad. Science* 22:267-294.
- Greyling T. 2005. Factors affecting possible management strategies for the Namib feral horses [Ph.D. Thesis]. North-West University, Potchefstroom.
- Guthrie RD. 1982. Mammals of the mammoth steppe as paleoenvironmental indicators. Pages 307-326 in Hopkins DM, Matthews JV, Schweger CE, editors. *Paleoecology of Beringia*. Academic Press, New York.
- Guyton AC. 1991. Blood pressure control—special role of the kidneys and body fluids. *Science* 252:1813-1816.
- Guyton AC, Hall JE. 2006. *Medical physiology*. Elsevier Saunders, Amsterdam.
- IUCN. 2021. From extinction to free ranging by successful reintroduction. IUCN. Available from <https://www.iucn.org/news/commission-ecosystem-management/201803/extinction-free-ranging-successful-reintroduction>. (accessed April a 2022).
- Halata Z. 1988. Ruffini corpuscle—a stretch receptor in the connective tissue of the skin and locomotion apparatus. *Progress in brain research* 74:221-229.
- Hallberg L. 2008. *Walking the way of the horse: Exploring the power of the horse-human relationship*. IUniverse, Bloomington.
- Harvey AM, Meggiolaro MN, Hall E, Watts ET, Ramp D, Šlapeta J. 2019. Wild horse populations in south-east Australia have a high prevalence of *Strongylus vulgaris*

- and may act as a reservoir of infection for domestic horses. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife* **8**:156-163.
- Hawson LA, Oddie C, McLean AN, McGreevy PD. 2011. Is safety valued in the Australian pony market?. *Journal of Veterinary Behavior* **6**:254-260.
- Hendricks BL. 1995. *International encyclopedia of horse breeds*. University of Oklahoma press, Norman
- Hennessy KJ, Pittock AB. 1995. Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia. *International Journal of Climatology* **15**:591-612.
- Hodgson D. 2014. The significance of the Pech Merle spotted horses. *Arts* **3**:207-212.
- Hodgson DR, Davis RE, McConaghy FF. 1994. Thermoregulation in the horse in response to exercise. *British Veterinary Journal* **150**:219-235.
- Hodgson DR, McCutcheon LJ, Byrd SK, Brown WS, Bayly WM, Brengelmann GL, Gollnick PD. 1993. Dissipation of metabolic heat in the horse during exercise. *Journal of Applied Physiology* **74**:1161-1170.
- Holcomb KE, Tucker CB, Stull CL. 2014. Preference of domestic horses for shade in a hot, sunny environment. *Journal of animal science* **92**:1708-1717.
- Holcomb KE. 2017. Is shade for horses a comfort resource or a minimum requirement?. *Journal of Animal Science* **95**:4206-4212.
- Hutchison VH, Maness JD. 1979. The role of behavior in temperature acclimation and tolerance in ectotherms. *American zoologist* **19**:367-384.
- Chaplin G, Jablonski NG, Sussman RW, Kelley EA. 2014. The role of piloerection in primate thermoregulation. *Folia primatologica* **85**:1-17.
- Charkoudian N. 2003. May. Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why. In *Mayo clinic proceedings*. Elsevier **78**:603-612.
- Chechi K, van Marken Lichtenbelt W, Richard D. 2018. Brown and beige adipose tissues: phenotype and metabolic potential in mice and men. *Journal of Applied Physiology* **124**:482-496.

- Chen D, Chen HW. 2013. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development* **6**:69-79.
- Irvine CHG. 1967. Thyroxine secretion rate in the horse in various physiological states. *Journal of Endocrinology* **39**:313-320.
- Jacobsen B. 2016. Paruku: The desert brumby. *Literacy Learning: The Middle Years* **24**:67-69.
- Janis CM, Constable EC, Houpt KA, Streich WJ, Clauss M. 2010. Comparative ingestive mastication in domestic horses and cattle: a pilot investigation. *Journal of animal physiology and animal nutrition* **94**:e402-e409.
- Janis CM. 1990. Correlation of cranial and dental variables with dietary preferences in mammals: a comparison of macropodoids and ungulates. *Memoirs of the Queensland Museum* **28**:349-366.
- Janský L. 1995. Humoral thermogenesis and its role in maintaining energy balance. *Physiological reviews* **75**:237-259.
- Jenkinson DM, Mabon RM. 1973. The effect of temperature and humidity on skin surface pH and the ionic composition of skin secretions in Ayrshire cattle. *British Veterinary Journal* **129**:282-295.
- Johnson EB, MacKay RJ, Hernandez JA. 2010. An epidemiologic study of anhidrosis in horses in Florida. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **236**:1091-1097.
- Jørgensen GHM, Mejdell CM, Bøe KE. 2020. Effects of hair coat characteristics on radiant surface temperature in horses. *Journal of Thermal Biology* **87**:102474.
- Keiper RR, Berger J. 1982. Refuge-seeking and pest avoidance by feral horses in desert and island environments. *Applied Animal Ethology* **9**:111-120.
- Kelekna P. 2009. *Horse in human history*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kentucky equine research staff. 2011. Lower Critical Temperature for Horses. *Kentucky Equine Research*. Available from <https://ker.com/equinews/lower-critical-temperature-horses/> (accessed April a 2022).



- Key N, Sneeringer S. 2014. Greater Heat Stress From Climate Change Could Lower Dairy Productivity. U. S. Department of Agriculture, Economic Research Service. [www.ers.usda.gov/amber-waves/2014-november/greater-heatstress-from-climate-change-could-lower-dairyproductivity.aspx#.V-Ke8rXDH9A](http://www.ers.usda.gov/amber-waves/2014-november/greater-heatstress-from-climate-change-could-lower-dairyproductivity.aspx#.V-Ke8rXDH9A). (accessed April a 2022).
- Kierszenbaum AL, Tres L. 2015. Histology and cell biology: an introduction to pathology E-book. Elsevier Health Sciences, New York.
- King SR, Schoenecker KA, Fike JA, Oyler-McCance SJ. 2021. Feral horse space use and genetic characteristics from fecal DNA. *The Journal of Wildlife Management* **85**:1074-1083.
- Klingel H. 1975. Social organization and reproduction in equids. *Journal of reproduction and fertility. Supplement* **23**:7-11.
- Klingel HANS. 1974. A comparison of the social behaviour of the Equidae. The behaviour of ungulates and its relation to management **1**:124-132.
- Knottenbelt DC. 2009. Pascoe's principles and practice of equine Dermatology E-Book. Elsevier Health Sciences.
- Koenen EPC, Aldridge LI, Philipsson J. 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science* **88**:77-84.
- Kooistra LH, Ginther OJ. 1975. Effect of photoperiod on reproductive activity and hair in mares. *American journal of veterinary research* **36**:1413-1419.
- Köppen W. 1900. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geographische Zeitschrift* **6**:593-611.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated.
- Kristula MA, McDonnell SM. 1994. Drinking water temperature affects consumption of water during cold weather in ponies. *Applied Animal Behaviour Science* **41**:155-160.

- Kriz NG, Hodgson DR, Rose RJ. 2000. Changes in cardiac dimensions and indices of cardiac function during deconditioning in horses. *American Journal of Veterinary Research* **61**:1553-1560.
- Kuhnen G, Jessen C. 1990. Repeated exposures to cold and the relationship between skin and core temperatures in control of metabolic rate in the goat (*Capra hircus*). *Comparative Biochemistry and physiology. A, Comparative Physiology* **96**:245-252.
- Kuntz R, Kubalek C, Ruf T, Tataruch F, Arnold W. 2006. Seasonal adjustment of energy budget in a large wild mammal, the Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*) I. Energy intake. *Journal of Experimental Biology* **209**:4557-4565.
- Lancaster J, Lancaster N, Seely MK., 1984. Climate of the central Namib Desert. *Madoqua*, **1984**:5-61.
- Langlois B. 1994. Inter-breed variation in the horse with regard to cold adaptation: a review. *Livestock Production Science* **40**:1-7.
- Lawrence EA. 1985. *Hoofbeats: Studies of Human-horse Interactions*. Indiana University Press, Bloomington.
- Lawrence EA. 1988. Horses in society. *Anthrozoös* **1**:223-231.
- Lawrence EA. 1993 Euthanasia and the human-equine bond. *Equine Pract.* **15**:34-44
- Lemus-Deschamps L, Rikus L, Grainger S, Gies P, Sisson J, Li Z. 2004. UV Index and UV dose distributions for Australia (1997-2001). *Australian Meteorological Magazine* **53**:239-250.
- Librado P, Der Sarkissian C, Ermini L, Schubert M, Jónsson H, Albrechtsen A, Fumagalli M., Yang MA, Gamba C, Seguin-Orlando A, Mortensen CD. 2015. Tracking the origins of Yakutian horses and the genetic basis for their fast adaptation to subarctic environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **112**:E6889-E6897.
- Librado P, Khan N, Fages A, Kusliy MA, Suchan T, Tonasso-Calvière L, Schiavinato S, Alioglu D, Fromentier A, Perdureau A, Aury JM. 2021. The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes. *Nature* **598**:634-640.

- Lindstedt SL, Boyce MS. 1985. Seasonality, fasting endurance, and body size in mammals. *The American Naturalist* **125**:873-878.
- Linklater WL. 2000. Adaptive explanation in socio-ecology: lessons from the Equidae. *Biological reviews* **75**:1-20.
- Lundgren EJ, Ramp D, Stromberg JC, Wu J, Nieto NC, Sluk M, Moeller KT, Wallach AD. 2021. Equids engineer desert water availability. *Science* **372**:491-495.
- MacCormack JAD, Bruce JM. 1991. The horse in winter-shelter and feeding. *Farm building progress*.
- Macfadden BJ. 1988. Fossil horses from “Eohippus”(Hyracotherium) to Equus, 2: rates of dental evolution revisited. *Biological Journal of the Linnean Society* **35**:37-48.
- MacKay RJ, Mallicote M, Hernandez JA, Craft WF, Conway JA. 2015. A review of anhidrosis in horses. *Equine Veterinary Education* **27**:192-199.
- MacKay RJ, Mallicote M, Hernandez JA, CraftWF, Conway JA. 2015. A review of anhidrosis in horses. *Equine Veterinary Education* **27**:192-199.
- Mannuthy T. 2017. Behavioral responses to livestock adaptation to heat stress challenges. *Asian Journal of Animal Sciences* **11**:1-13.
- Marsh RL and Dawson WR. 1989. Avian adjustments to cold. Pages 205-253 in Lawrence CHW, editor. *Animal adaptation to cold*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Marshall D. 2004. *Horse Health Depends on Water*. Cooperative Extension Equine.
- Martin-Rosset W, Doreau M, Cloix J. 1978. Etude des activités d'un troupeau de poulinières de trait et de leurs poulains au pâturage. In *Annales de Zootechnie* **27**:33-45.
- Mayr E., 1956. Geographical character gradients and climatic adaptation. *Evolution* **10**:105-108.
- McArthur AJ. 1987. Thermal interaction between animal and microclimate: a comprehensive model. *J. theor Bid* **126**:203-238.
- McBride GE, Christopherson RJ, Sauer W. 1985. Metabolic rate and plasma thyroid hormone concentrations of mature horses in response to changes in ambient temperature. *Canadian Journal of Animal Science* **65**:375-382.

- McCutcheon LJ, Geor RJ. 1998. Sweating: fluid and ion losses and replacement. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **14**:75-95.
- McDonnell S, Torcivia C. 2020. Preliminary proof of the concept of wild (Feral) horses following light aircraft into a trap. *Animals* **10**:80.
- Mejdell CM, Bøe KE, Jørgensen GH. 2020. Caring for the horse in a cold climate— Reviewing principles for thermoregulation and horse preferences. *Applied Animal Behaviour Science* **231**:105071.
- Mejdell CM, Bøe KE. 2005. Responses to climatic variables of horses housed outdoors under Nordic winter conditions. *Canadian journal of animal science* **85**:307-308.
- Mfitilodze MW, Hutchinson GW. 1989. Prevalence and intensity of non-strongyle intestinal parasites of horses in northern Queensland. *Australian Veterinary Journal* **66**:23-26.
- Mfitilodze MW, Hutchinson GW. 1990. Prevalence and abundance of equine strongyles (Nematoda: Strongyloidea) in tropical Australia. *The Journal of parasitology* **76**:487-494.
- Mills DS, McDonnell SM, McDonnell S eds. 2005. *The domestic horse: the origins, development and management of its behaviour*. Cambridge University Press.
- Mogg KC, Pollitt CC. 1992. Hoof and distal limb surface temperature in the normal pony under constant and changing ambient temperatures. *Equine Veterinary Journal* **24**:134-139.
- Morgan K, Ehrlemark A, Sallvik K. 1997. Dissipation of heat from standing horses exposed to ambient temperatures between - 3°C and 37°C. *Journal of Thermal Biology* **22**: 1777186.
- Morgan K. 1997a. Effects of short-term changes in ambient temperature or altered insulation in horses. *Journal of Thermal Biology* **22**:187-194.
- Morgan K. 1997b. Thermal insulance of peripheral tissue and coat in sport horses. *Journal of Thermal Biology* **22**:1699175.
- Morgan K. 1998. Thermoneutral zone and critical temperatures of horses. *Journal of Thermal Biology* **23**:59-61.

- Mozo J, Emre Y, Bouillaud F, Ricquier D, Criscuolo F. 2005. Thermoregulation: what role for UCPs in mammals and birds?. *Bioscience reports* **25**:227-249.
- Myslivičėk et al. 2009. *Základy neurovėd*. Triton, Praha.
- Naundrup P, Svenning JC. 2015. A geographic assessment of the global scope for rewilding with wild-living horses (*Equus ferus*). *PloS one* **10**: (0132359). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132359>.
- Navrátil L, et al. 2005. *Medicínská biofyzika*. Grada, Praha.
- Nimmo DG, Miller KK. 2007. Ecological and human dimensions of management of feral horses in Australia: a review. *Wildlife Research* **34**:408-417.
- Nolte W, Thaller G, Kuehn C (2019) Selection signatures in four German warmblood horse breeds: Tracing breeding history in the modern sport horse. *PLOS ONE* **14** (e0215913). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215913>
- Notzke C. 2013. An exploration into political ecology and nonhuman agency: The case of the wild horse in western Canada. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien* **57**:389-412.
- Nunn JA. 1898. Sunstroke in Animals. *British Medical Journal* **1**:862.
- NRC. 1981. Nutrient requirements of domestic animals. No. 15. Nutrient requirements of goats. National Research Council, National Academy Press, Washington, D. C.
- Orlando L, Ginolhac A, Zhang G, Froese D, Albrechtsen A, Stiller M, Schubert M, Cappellini E, Petersen B, Moltke I, Johnson PL. 2013. Recalibrating Equus evolution using the genome sequence of an early Middle Pleistocene horse. *Nature* **499**:74-78.
- Ostermann-Kelm SD, Atwill EA, Rubin ES, Hendrickson LE, Boyce WM. 2009. Impacts of feral horses on a desert environment. *BMC ecology* **9**:1-10.
- Padalino B, Loy J, Hawson L, Randle H. 2019. Effects of a light-colored cotton rug use on horse thermoregulation and behavior indicators of stress. *Journal of veterinary behavior* **29**:134-139.
- Padalino B, Raidal SL, Hall E, Knight P, Celi P, Jeffcott L, Muscatello G, 2016. A survey on transport management practices associated with injuries and health problems

in horses. PloS one **11** (e0162371). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162371>.

Palmer SE, 1983. Effect of ambient temperature upon the surface temperature of the equine limb. American Journal of Veterinary Research **44** :1098-1101.

Pendleton CR., 1928. The cold receptor. The American Journal of Psychology **40** :353-371.

Petrov KA, Dudareva LV, Nokhsorov VV, Stoyanov KN, Makhutova ON. 2020. Fatty acid content and composition of the yakutian horses and their main food source: living in extreme winter conditions. Biomolecules **10**:315.

Plante Y, Vega-Pla JL, Lucas Z, Colling D, De March B, Buchanan F. 2007. Genetic diversity in a feral horse population from Sable Island. Journal of Heredity **98**:594-602.

Pletcher K. 2015. Alaska. Encyclopaedia Britannica. Available from <https://www.britannica.com/place/Alaska> (accessed April 2022).

Proops L, Osthaus B, Bell N, Long S, Hayday K, Burden F. 2019. Shelter-seeking behavior of donkeys and horses in a temperate climate. Journal of Veterinary Behavior **32**:16-23.

Ransom JJ, Cade BS. 2009. Quantifying equid behavior—a research ethogram for free-roaming feral horses.

Reece WO. 1991. Physiology of domestic animals. Lea and Febiger. Philadelphia.

Remer V, Bozlak E, Felkel S, Radovic L, Rigler D, Grilz-Seger G, Stefaniuk-Szmukier M, Bugno-Poniewierska M, Brooks S, Miller DC, Antczak DF. 2022. Y-Chromosomal Insights into Breeding History and Sire Line Genealogies of Arabian Horses. Genes **13**:229.

Rieder S, Taurit S, Mariat D, Langlois B, Guérin G. 2001. Mutations in the agouti (ASIP), the extension (MC1R), and the brown (TYRP1) loci and their association to coat color phenotypes in horses (*Equus caballus*). Mammalian genome **12**:450-455.

- Rischkowsky B, Pilling D. 2007. The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture. FAO, Rome.
- RoyNickNorse. 2017. Blank map political world territories.png. Available from [https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Blank\\_map\\_political\\_world\\_territories.png](https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Blank_map_political_world_territories.png) (accessed April 2022).
- Sackman JE, Houpt KA. 2019. Equine personality: Association with breed, use, and husbandry factors. *Journal of equine veterinary science* **72**:47-55.
- Sadek MH, Al-Aboud AZ, Ashmawy AA. 2006. Factor analysis of body measurements in Arabian horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **123**:369-377.
- Salama A, Hassanien AE, Fahmy A. 2019 October. The Significance of Artificial Intelligence. Pages 47-57 in *Arabian Horses Identification System*. In *International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-31129-2\_5.
- Salter RE, Hudson RJ. 1982. Social organization of feral horses in western Canada. *Applied Animal Ethology* **8**:207-223.
- Sexton WL, Erickson HH, DeBowes RM, Sigler DH. 1986. effects of training on regulation of blood temperature during exercise in the equine species. In *Proceedings of the... annual convention of the American Association of Equine Practitioners*.
- Sigurðardóttir I, Helgadóttir G. 2015. The new equine economy of Iceland. Pages 22-44 in Vial C, Evans R., editors. *The new equine economy in the 21st century*. Wageningen Academic Publishers.
- Sjaastad OV, Sand O, Hove K. 2010. *Physiology of domestic animals*. Scan. Vet. Press, Oslo.
- Sneddon JC, Vander Walt J, Mitchell G. 1991. Water homeostasis in desert-dwelling horses. *Journal of Applied Physiology* **71**:112-117.
- Sneddon JC, Vander Walt J, Mitchell G. 1993. Effect of dehydration on the volumes of body fluid compartments in horses. *Journal of arid environments* **24**:397-408.

- Snoeks MG, Moons CP, Ödberg FO, Aviron M, Geers R. 2015. Behavior of horses on pasture in relation to weather and shelter—A field study in a temperate climate. *Journal of veterinary behavior* **10**:561-568.
- Solomonov NG, Anufriev AI, Yadrikhinskii VF, Isaev AP. 2009. Body temperature changes in purebred and hybrid Yakut horses under the conditions of Yakutia. *Dokl Biol Sci* **427**: 358–61.
- Soulsby EJJ. 1965. *Textbook of Veterinary Clinical Parasitology. Vol. I. Helminths.*
- Souris AC, Kaczensky P, Julliard R, Walzer C. 2007. Time budget-, behavioral synchrony-and body score development of a newly released Przewalski's horse group *Equus ferus przewalskii*, in the Great Gobi B strictly protected area in SW Mongolia. *Applied Animal Behaviour Science* **107**:307-321.
- Speed JG. 1960. The importance of the coat in Exmoor and other mountain and moorland ponies living out of doors. *British Veterinary Journal* **116**:91-98.
- Studel K, Beattie J. 1993. Scaling of cursoriality in mammals. *Journal of morphology* **217**:55-63.
- Stewart Gail. 1995. *The Arabian Horse.* Capstone Press, Chicago.
- Taylor NA, Cotter JD. 2006. Heat adaptation: guidelines for the optimisation of human performance. *International SportMed Journal* **7**:33-57.
- The Editors of Encyclopaedia Britannica. 1998. Thermoregulation. *Encyclopaedia Britannica.* Available from <https://www.britannica.com/science/thermoregulation> (accessed April 2022).
- Thompson KR, Clarkson L, Riley CB, Van den Berg M. 2017. Horse-keeping practices in Australia: findings from a national online survey of horse owners. *Australian veterinary journal* **95**:437-443.
- Thomason JJ. 1986. The functional morphology of the manus in the tridactyl equids *Merychippus* and *Mesohippus*: paleontological inferences from neontological models. *Journal of Vertebrate Paleontology* **6**:143-161.
- Trojan S, et al. 2003. *Lékařská fyziologie.* Grada, Praha.



- Tyler SJ. 1972. The behaviour and social organization of the New Forest ponies. *Animal Behaviour Monographs* **5**:87-196.
- Van den Berg JS, Guthrie AJ, Meintjes RA, Nurton JP, Adamson DA, Travers CW, Lund RJ, Mostert HJ. 1998. Water and electrolyte intake and output in conditioned Thoroughbred horses transported by road. *Equine veterinary journal* **30**:316-323.
- Wilson AM, Goodship AE. 1994. Exercise-induced hyperthermia as a possible mechanism for tendon degeneration. *Journal of biomechanics* **27**:899-905.
- Walton A, Hammond J. 1938. The maternal effects on growth and conformation in Shire horse-Shetland pony crosses. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences* **125**:311-335.
- Webster AJF. 1974. Heat loss from cattle with particular emphasis on the effects of cold. Page 205 in L Monteith, LE Mount Eds., *Heat Loss from Animals and Man. Assessment and Control*, Butterworths, London.
- Weeks CA, McGreevy P, Waran NK. 2012. Welfare issues related to transport and handling of both trained and unhandled horses and ponies. *Equine Veterinary Education* **24**:423-430.
- Whittow GC. 1986. Regulation of body temperature. Pages 221-252 in *Avian physiology*. Springer, Ithaca.
- Wilson DE, Reeder DM. 2005. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. JHU press, Washington, D. C.