

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI  
PŘIRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA ZOOLOGIE

# Vyhodnocení plodnosti klisen koně Převalského ve vztahu k inbreedingu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce: Bc. Vendula Šeligová  
Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Bezdíček, Ph.D.

2018

PALACKÝ UNIVERSITY OLOMOUC  
FACULTY OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF ZOOLOGY

# Evaluation of mare fertility in Przewalski horse in relation to inbreeding

DIPLOMA THESIS

Author: Bc. Vendula Šeligová  
Supervisor: doc. Ing. Jiří Bezdíček, Ph.D.

2018

# **BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE**

**Autor:** Bc. Vendula Šeligová

**Název práce:** Vyhodnocení plodnosti klisen koně Převalského ve vztahu k inbreedingu

**Typ práce:** Diplomová práce

**Pracoviště:** Katedra zoologie a ornitologická laboratoř

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Jiří Bezdíček, PhD.

**Rok obhajoby:** 2019

## **Abstrakt:**

Tato práce se zaměřila na vliv inbreedingu na plodnost klisen koně Převalského. Byly zpracovány data klisen narozených mezi lety 1960–1990. Kromě samotného inbreedingu byly zahrnuty vlivy převozu a délky života. Statisticky data byla zpracována pro absolutní i relativní počty mláďat. V práci byl prokázán negativní vliv inbreedingu na reprodukci. Toto bylo potvrzeno klesající tendencí počtu mláďat v závislosti na inbreedingu, jak u relativního, tak i u absolutního počtu mláďat.

**Klíčová slova:** kůň Převalského, plodnost, klisny

**Počet stran:** 49

**Jazyk:** Čeština

# **BIBLIOGRAPHICAL IDENTIFICACION**

**Autor:** Bc. Vendula Šeligová

**Title:** Evaluation of mare fertility in Przewalski horse in relation to inbreeding

**Type of thesis:** Diploma Thesis

**Department:** Department of Zoology and Laboratory of Ornithology PŘF UP

**Supervisor:** doc. Ing. Jiří Bezdíček, PhD.

**The year of presentation:** 2019

**Abstract:**

This study focused on the effect of inbreeding on fertility of mares Przewalski horse. Data of mares born between 1960 and 1990 were processed. In addition to the effects of inbreeding were included transportation and life expectancy. Statistical data were processed for absolute and relative numbers of offspring. This study was confirmed by the negative influence of inbreeding on reproduction. This was confirmed by the decreasing trend of the number of offspring depending on inbreeding, both in the relative number of offspring and absolute numbers.

**Keywords:** Przewalski horse, fertility, mare

**Number of pages:** 49

**Language:** Czech

## Poděkování

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Jiřímu Bezdíčkovi Ph.D. práce za vedení a množství cenných rad. Panu RNDr. Evženu Kůsovi, vedoucímu plemenné knihy koně Převalského, za umožnění zpracování dat z plemenné knihy.

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne .....

.....

(podpis)

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>1 KŮŇ PŘEVALSKÉHO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 INBREEDING</b> .....	<b>10</b>
2.1 Výpočet koeficientu inbreedingu z rodokmenů .....	10
2.2 Inbreeding v populacích .....	12
2.3 Vliv inbreedingu na produkční, reprodukční vlastnosti a zdraví .....	13
2.3.1 Vliv inbreedingu na produkci .....	13
2.3.2 Vliv inbreedingu na reprodukci .....	15
2.3.3 Vliv inbreedingu na zdraví .....	17
2.4 Hlavní histokompatibilní komplex.....	19
<b>3 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>22</b>
<b>4 MATERIÁL A METODY</b> .....	<b>23</b>
4.1 Data pro statistické zpracování .....	23
4.2 Statistické zpracování dat.....	24
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>25</b>
5.1 Vyhodnocení s průměrným počtem mlád'at za délku života.....	25
5.1.1 Diagnostika modelu a charakteristika GLM analýzy .....	26
5.1.2 Vyhodnocení vlivu inbreedingu na průměrný počet mlád'at .....	28
5.2 Vyhodnocení s počtem mlád'at v kusech .....	30
5.2.1 Diagnostika modelu a charakteristika GLM analýzy .....	31
5.2.2 Vyhodnocení vlivu deprese inbreedingu na počet mlád'at .....	33
5.3 Srovnání výsledků vlivu inbreedingu na absolutní a relativní počet mlád'at.....	35
<b>6 DISKUSE</b> .....	<b>36</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>40</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ</b> .....	<b>47</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>49</b>

## ÚVOD

Tato práce se zaměřila na vztah inbreedingu a reprodukce u koně Převalského. Studium inbreedingu, neboli příbuzenské plemenitby, je důležitý pro programy chovů zvířat a zachování druhů z malých populací. U koně Převalského je známo, že dnešní populace chované v zoologických zahradách a znovu vypuštěných jedinců do volné přírody pochází jen z malého počtu jedinců. Z tohoto důvodu nebylo možné plného zamezení inbreedingu mezi jedinci. Kone Převalského byl pro tuto práci zvolen také z důvodu, že od roku 1960 je vedena plemenná kniha tohoto druhu, a proto se dala i zpětně dohledat příbuznost jednotlivých zvířat.

Cílem této práce bylo vyhodnotit vztah inbreedingu klisen koně Převalského k počtu narozených mláďat (hříbat) v průběhu jejich života. Předpokládaná idea vycházela z obecného negativního vztahu inbreedingu k plodnosti, kdy s narůstajícím inbreedingem klesá plodnost zvířat.

# 1 KŮŇ PŘEVALSKÉHO

Kůň Převalského (*Equus przewalskii* Poljakov, 1881) patří do čeledi Equidae (koňovití), řádu Perissodactyla (lichokopytníci) a třídy Mammalia (savci). Bývá považován za poslední žijící druh divokého koně. Podle IUCN byl od roku 1960 veden jako vyhubený v přírodě (EW, Extinct in the Wild) až do roku 1996, poté v roce 2008 byl vyhodnocen jako kriticky ohrožený (CR, Critically Endangered) a díky úspěšné reintrodukci je od roku 2011 veden jako ohrožený (EN, Endangered) (King a kol., 2015).

Do konce 18. století byl kůň Převalského rozšířen zřejmě od jihoruských stepí po Kazachstán, Mongolsko a severozápadní Čínu. Poslední divoká populace přežila až do poloviny 20. století v jihozápadním Mongolsku a přilehlé čínské provincie Xinjiang. Naposledy byl tento druh ve volné přírodě viděn v roce 1969 jižně od pohoří Tachin Šar Nuruu poblíž oázy Gun Tamga v Mongolsku (Paklina & Pozdnyakova, 1989). První importy do Evropy probíhaly v letech 1899–1902, vůbec poslední divoký kůň byl odchycen v roce 1946. V roce 1959 bylo evidováno celkem 228 koní Převalského v lidské péči (Mohr, 1959).

Mezinárodní plemenná kniha koně Převalského je vedena pražskou zoologickou zahradou od roku 1960, nejdříve byla spravována panem Dr. Jiřím Volfem, po něm ji převzal RNDr. Evžen Kůs (Jiroušek a kol, 2005), v současné době ji vede Mgr. Jaroslav Šimek PhD. ze Zoo Praha. K 1. lednu 1959 bylo v plemenné knize zapsáno 56 koní Převalského (23 hřebců a 33 klisen), nejvíce jedinců bylo chováno v Praze – 13 (4,9), dále v Catskill (USA) – 10 (2,8), v Mnichově – 6 (2,4), ve Whipsnade (Anglie) – 6 (3,3), v Antverpách a Rotterdamu – 3 (1,2), v Askania-Nova, Berlíně-Východ, Chicagu, Kodani a Washingtonu – 2 (1,1), v Amsterdamu, Jerevanu, Paříži, Římě a Tilburgu – 1 (1,0) (Volf, 2009). V roce 1980 J. Bouman na podkladě aktuálních dat z Mezinárodní plemenné knihy vypracoval první rozbor jednotlivých chovných linií, ve snaze zabránit zvyšování příbuzenské plemenitby. Dnešní koně Převalského geneticky pocházejí z 16 zakladatelů. Z 12 odchycených divokých koní a 4 domácích koní. Tyto jedinci jsou základem programu chovu v zajetí (Bowling & Ryder, Genetic studies on blood markers in Przewalski's horse, 1987). Třináctým zakladatelem byla klisna Orlitza III, která byla odchycena jako hříbě v roce 1947 v Mongolsku. V roce 1906 se v zemědělském institutu v Halle/S. narodilo hříbě – kříženec divokého hřebce a domácí mongolské klisny a v ukrajinské Askania Nova byla v 60. letech 20. století přidána domácí klisna „tarpaního“ typu. Navzdory introgresi krve domácích koní



je současná populace koně Převalského geneticky blízká původním divokým koním (Bowling a kol., 2003).

Současná populace koně Převalského vznikla pouze z malého počtu jedinců z počátku dvacátého století. Proto bylo velmi důležité zvládnout základní problém malých populací, kterým je inbreeding – tedy páření mezi příbuznými jedinci. Chovatelům byly známy negativní důsledky inbreedingu, které vycházely z mnohaletých zkušeností v chovu koní a také u dalších druhů zvířat. Přesto teprve ve dvacátých letech minulého století se podařilo analýzou rodokmenů matematicky přesně definovat stupeň inbreedingu pomocí koeficientu inbreedingu ( $F_x$ ) a také matematicky vyjádřit stupeň příbuznosti ( $R_{xy}$ ) mezi jedinci (Wright, 1922). Sledování úrovně inbreedingu a jeho vlivu na kvantitativní vlastnosti (např. produkci, reprodukci, zevnějšek atd.) je v malých populacích zvířat velmi důležité, a proto je nutné mu věnovat významnou pozornost.

## 2 INBREEDING

Inbreeding neboli příbuzenská plemenitba je souhrnným názvem pro systémy páření, ve kterých se páří mezi sebou vzájemně příbuzní jedinci. Příbuznost jedinců se dá dohledat v rodokmenech, vzájemně příbuzní jedinci mají v takovém rodokmenu alespoň jednoho společného předka (Jakubec a kol., 2012). Keller a Waller (2002) ve své práci zjistili, že úroveň inbreední deprese se liší mezi jednotlivými taxony, populacemi i prostředím, ale jsou obvykle dostatečně významné, aby ovlivnily jak individuální, tak i populační výkonnost. Data z populací ptáků a savců naznačují, že inbreední deprese často významně ovlivňuje hmotnost při narození, přežívání, reprodukci a odolnost proti nemocem, predátorům či stresu v prostředí (Keller & Waller, 2002).

### 2.1 Výpočet koeficientu inbreedingu z rodokmenů

Míru příbuzenské plemenitby můžeme vyjádřit koeficientem inbreedingu. Existuje několik metod odhadu tohoto koeficientu, vycházejících ze znalosti rodokmenu. Jednou z metod je výpočet podle Wrighta (1922). Tato metoda získává informace od nejmladších jedinců v rodokmenu ke starším společným předkům. V případě inbreedingu jsou společní předci zastoupeni jak na straně otce, tak i na straně matky. Při výpočtu koeficientu inbreedingu  $F_z$  pro jedince  $Z$  podle této metody používáme vzorec:

$$F_z = a_{ij} = \sum \left(\frac{1}{2}\right)^{n_1+n_2+1} (1 + F_A),$$

kde:

$n_1$  je počet generací mezi rodičem  $X$  jedince  $Z$  a společným předkem  $A$ ,

$n_2$  je počet generací mezi rodičem  $Y$  a společným předkem  $A$ ,

$F_A$  je koeficient inbreedingu společného předka

$\sum$  = sumace příbuznosti pro více úseků jedinců  $X$  a  $Y$  ke společným předkům.

Další možností výpočtu koeficientu inbreedingu je podle Malécota (1948) a Crudenové (1949). Tato metoda je založena na výpočtu koeficientu pro kteroukoliv generaci na základě informací předchozí generace. Postupujeme tedy obráceně, než tomu

bylo u předchozí metody, tedy od nejstarší generace po nejmladší. Původní koeficient podle Malécota (1948) označujeme jako „f“, tato interpretace původového koeficientu vychází z předpokladu, že dvě alely (AA) v populaci mohou být identické stavem nebo identické původem. Jsou-li dvě alely stejné (identické stavem), znamená to, že jsou kopiemi jednoho genu, který se vyskytl u jednoho dřívějšího předka. Pravděpodobnost výskytu dvou alel A je  $p^2$ , má-li alela A genovou početnost p. Bude-li populace s genotypovými četnostmi  $p^2 AA + 2pq Aa + q^2 aa$ , u které vybereme náhodně dva jedince, u kterých vybereme náhodně jednu alelu, bude pravděpodobnost, že geny jsou stejné, rovna  $p^2 + q^2 = 1$ . Pokud se jedná o identitu původem jsou alely identické a jsou kopiemi alel konkrétního společného předka. Jde o situaci, kdy se dvě alely AA v rámci replikace rozdělily do gamet samostatně na alelu A a A, u následné generace se v rámci příbuzenské plemenitby opět potkali ve formě genotypu AA (Jakubec a kol., 2012). U dvou jedinců X a Y s genotypy ab a cd je  $f_{xy}$  definován jako pravděpodobnost, že náhodný gen od jedince X je identický původově s náhodným genem od jedince Y, platí:

$$f_{xy} = \frac{1}{4} [P(a = c) + P(a = d) + P(b = c) + P(b = d)],$$

kdy  $P(b = c)$  označuje pravděpodobnost, že geny b a c jsou identické původově.

Jak uvádí Jakubec a kol (2012), je koeficient příbuznosti podle Wrighta (1922) dvojnásobkem Malécotova (1948) původového koeficientu, tedy konkrétně  $R_{XY} = 2f_{XY}$ . Výpočet koeficientu inbreedingu metodou podle Wrighta (1922) a Malécota (1948) přináší v podstatě shodné výsledky s rozdílným pohledem na rodokmen a způsob výpočtu. Wrightův výpočet je dnes běžným postupem v rámci zpracování rodokmenů v chovatelské praxi, Malécotův výpočet je dobře využitelný u složitějších rodokmenů (příbuzenských vztahů) a je také vhodný v rámci počítačového zpracování (Jakubec a kol., 2012).

## 2.2 Inbreeding v populacích

Z laboratorních experimentů s *Drosophila* je známé, že inbreeding může potenciálně ovlivnit přetrvávání populací (Frankham, 1995 a Bijlsma a kol., 2000). Saccheri a kol. (1998) studovali účinek inbreedingu na lokální zánik v početné metapopulaci motýlů hnědáška kostkovaného (*Melitaea cinxia*). Ve své práci zjistili, že riziko zániku se významně zvýšilo s klesající heterozygotností, i po zohlednění účinků příslušných ekologických faktorů. Dále zjistili, že přežití larvy, dlouhověkosti dospělce a mírou šíření vajíček jsou inbreedingem nepříznivě ovlivněné.

Tyto informace byly důležité pro druhy s malými lokálními populacemi, kterých kvůli ztrátě a fragmentaci stanovišť přibývá. Vztahu mezi inbreedingem a populační dynamikou byl zpracován i v jiných studiích.

Například Westemeier a kol. (1998) sledovali v Illinois v USA izolovanou populaci tetřívka prériového (*Tympanuchus cupido pinnatus*), která se od roku 1962 do roku 1994 snížila z počtu 2000 jedinců na 50, současně s počtem jedinců se snížilo i fitness (určené plodností a životaschopností vajíček) a genetická diverzita. Ochranným opatřením byla introdukce jedinců ze 600 km vzdálené velké populace tohoto druhu, který zvýšil genetickou diverzitu a obnovil také životaschopnost vajíček.

## **2.3 Vliv inbreedingu na produkční, reprodukční vlastnosti a zdraví**

Řada výzkumů prokázala, že je inbreeding u zvířat spojený s jejich zhoršenou produkcí, reprodukcí, zevnějškem, zdravím, případně dalšími vlastnostmi. Výzkum v této oblasti je velmi významný, neboť nárůst inbreedingu může vést v rámci malých populací k jejich zániku. Negativní vliv inbreedingu můžeme sledovat také ve větších populacích zvířat, např. v chovu skotu. V této oblasti byl vliv inbreedingu vypočítán nejen ve vztahu k jednotlivým znakům (např. produkce mléka, tuku bílkovin atd.), ale také k celkové ekonomice chovu (Smith a kol, 1998, Croquet a kol., 2006).

V následující části jsou shrnuty významné vědecké práce o vztahu inbreedingu k důležitým kvantitativním vlastnostem, konkrétně do oblasti produkce, reprodukce a zdraví zvířat.

### **2.3.1 Vliv inbreedingu na produkci**

Panetto a kol. (2010) studovali vliv inbreedingu na produkci mléka u turu Guzerat v Brazílii. V celé populaci těchto zvířat zjistili průměrný inbreeding 13,88 %. Také uvádí na příkladu kumulativního inbreedingu 12,5 % snížení produkce za laktaci o 15,25 kg (Panetto a kol., 2010). U hovězího skotu Burrow (1993) sledoval vliv inbreedingu na porodní váhu mláďat, zjistil, že s každým zvýšením inbreedingu o 1 % se snížila hmotnost mláďat při narození o 0,06 kg. Boujenane a Chami (1997) sledovali vliv inbreedingu na váhu mláďete u dvou plemen koz (Sardi a Beni Guil). Autoři ve své studii zjistili, že s nárůstem inbreedingu o 1 % se hmotnost při narození jehňat snížila o 0,0061 kg, po 30 dnech od narození byla váha nižší o 0,0274 kg a po 90 dnech o 0,0469 kg než u jehňat bez inbreedingu. Vlivem inbreedingu na produkci mléka u holštýnského skotu v Belgii se zabýval Croquet a kol. (2007). V této studii zjistili, že se zvýšením inbreedingu v populaci se snížila produkce mléka. Např. ve skupině s koeficientem inbreedingu mezi 5–10 % se produkce mléka snížila o 168,52 kg, obsah tuku se snížil o 7,64 kg a obsah proteinu o 5,53 kg (Croquet a kol., 2007). V USA Cassel a kol (2003) sledovali u jerseykého a holštýnského skotu produkci mléka za jeden den. Z této studie vyplývá, že při nárůstu inbreedingu o 1 % se snížila maximální užitkovost o 0,06–0,12 kg/den u holštýnského skotu a 0,08 kg/den u skotu jerseykého

(Cassel a kol., 2003). Hudson a Van Vleck (1984) uvádí ve své studii zabývající se vlivem inbreedingu na produkci mléka u ayrshirského skotu, že dojnice, které měly inbreeding mezi 10–15 % produkovaly o 346 kg mléka méně než dojnice, které měly nulový koeficient inbreedingu. Podobné závěry uvádí také Thompson a kol. (2000a), kteří sledovali vliv inbreedingu u mléčné produkce holštýnského skotu v Severní Americe. Autoři při inbreedingu 8 % prokázali snížení produkce mléka o 300,35 kg, tuku o 10 kg a bílkovin o 7,74 kg. Podobná sledování autoři provedli také u populace jerseykého skotu (Thompson a kol., 2000b). V této práci autoři uvádějí při inbreedingu 8 % snížení produkce mléka o 159,7 kg, tuku 8,02 kg a bílkovin o 7,33 kg. Přitom inbreeding měl největší negativní účinek v počátku laktace. Vlivem inbreedingu na množství mléka se ve své studii zabývali také Wall a kol. (2005). Autoři uvádějí u holštýnského skotu s inbreedingem mezi 15–30 % snížení mléčné produkce o 1,16 kg za den oproti neinbredním vrstevnicím. Podobné závěry uvádějí také Hodges a kol. (1979) ve své studii u holštýnského skotu, že s nárůstem inbreedingu o 1 % se produkce mléka za 305denní laktaci snížila o 22,85 kg. Biffani a kol. (2002) sledovali vliv inbreedingu u holštýnského skotu v Itálii, zjistili, že s každým nárůstem inbreedingu o 1 % byla průměrná produkce za 305denní laktaci nižší o 21,6 kg mléka, 0,84 kg tuku a 0,66 kg bílkovin. Vlivem inbreedingu na produkci mléka u holštýnského skotu se kromě již uvedených autorů zabývali také např. Mc Parland a kol. (2007) v Irsku, kteří uvádějí podobné závěry negativního vlivu inbreedingu na mléčnou produkci krav.

Uvedené výsledky v chovu skotu ukazují, že tematika inbreedingu je v oblasti mléčné produkce velmi významným tématem, které bylo studováno v řadě populací a také u různých plemen. Obecně se autoři shodují v negativním vlivu inbreedingu na mléčnou produkci (v kg) a také na produkci tuku a bílkovin. V této souvislosti je také významné, že studiem inbreedingu se někteří autoři zabývali také u početně malých populací skotu, jako je např. Slovenský pinzgavský skot (Kasarda & Kadlečík, 2007), Schweizer Braunvieh (Casanova a kol., 1992), Deutsches Gelbvieh a Braunvieh (Krogmaier a kol., 1997) a v dalších populacích. Uvedení autoři se obecně shodují ve zvýšeném riziku nárůstu inbreedingu v malých populacích a nutnosti sledování inbrední deprese u produkčních znaků.

Výzkum vztahu inbreedingu k produkčním vlastnostem byl sledován také u dalších druhů zvířat. Například: Szwaczkowski a kol. (2003) sledovali vliv inbreedingu na nosnice dvou plemen (Leghorn bílý a New Hampshire). U jedinců sledovali tělesnou hmotnost, hmotnost vajíček. Ve svých výzkumech zjistili, že maximální roční průměr koeficientu

inbreedingu byl u Lergonů ( $f_x = 2,5 \%$ ) nižší než u plemene New Hampshire ( $f_x = 3,5 \%$ ) (Szwaczkowski a kol., 2003). Vztahem inbreedingu u nosnic se zabývali také další autoři, např. Sewalem a kol (1998), kteří prováděli pokus na 10 generacích slepic pro zvýšení počtu a hmotnosti vajec.

Curik a kol. (2003) sledovali u Lipicánských koní vliv inbreedingu u 27 morfologických znaků, např. délky a šířky hlavy, délky krku, výšky v kohoutku, délky těla šířky hrudníku a další.

Další studie se také zabývaly vlivem inbreední deprese u bezobratlých živočichů. Např. Collins a Cardé (1985) dokázali, že inbreeding nemá žádný identifikovatelný účinek na směs feromonových složek u makadlovky bavlníkové (*Pectinophora gossypiella*), ale z průměrného množství feromonů u samic zjistili, že u generace s inbreedingem byla produkce feromonů snížena o 26 % (Collins & Cardé, 1985). Podobné snížení produkce feromonů zaznamenal Minks (1971) při studiu inbreední populaci u obaleče zimolezového (*Adoxophyes orana*).

Uvedené práce ukázaly velmi významný negativní vliv inbreedingu na produkční vlastnosti zvířat. Přitom byly tyto závěry publikovány při výzkumu velkých i malých populací a také u různých živočišných druhů. Velký význam mají tyto závěry především u ekonomicky významných vlastností.

### 2.3.2 Vliv inbreedingu na reprodukci

Většina autorů se obecně shoduje v tom, že vliv inbreedingu se nejvýrazněji projevuje u reprodukce zvířat. Výzkumy v této oblasti se v počátku zaměřovaly na sledování počtu mrtvě narozených mláďat, schopnost zabřeznout (např. vyjádřenou počtem dnů od porodu do další gravidity) a dalšími vlastnostmi. V současné době se studium vlivu inbreedingu v oblasti reprodukce posouvá až do oblasti gamet, výzkumu jejich kvality, schopnosti oplození a dalších témat, která se odvíjela od zvládnutí technik přenosu embryí (embryotransferu) a metod oplodnění *in vitro* u některých druhů zvířat. Tyto nové metody byly významné pro pochopení vlivu inbreedingu na reprodukci.

Vliv inbreední deprese na reprodukci byl studován také u ptáků. Szwaczkowski a kol. (2003) sledovali ve své práci procento oplozených vajíček a procento vylíhnutých jedinců ve vztahu k počtu vajec. V obou populacích byla pozorována nejvýznamnější inbreední deprese ve vztahu k procentu oplozených vajíček. U tohoto znaku zjistili, že každé procento

inbreedingu mělo za následek snížení počtu oplozených vajec o 1 % u New Hampshire a 0,4 % u Lergonů (Szwaczkowski a kol., 2003). Vlivem inbreední deprese na reprodukční vlastnosti u slepic se zabývala řada autorů (Nordskog a Shen Cheng, 1988, Gowe a kol., 1993 a Sewalem a Wilhelmson, 1999).

Velmi významně byl rozpracován vztah inbreedingu k reprodukci v chovu skotu. V této oblasti byla publikována řada prací od zootechnického sledování (např. schopnosti zvířat zabřeznout, počtem inseminací apod.) až po vyhodnocení výsledků přenosů embryí (embryotransferu). Výsledky v oblasti chovu skotu jsou zajímavé tím, že jsou založené na velmi vysokých počtech zvířat, což je pro analýzu reprodukčních vlastností (často se středním až nízkým koeficientem dědivosti) velmi důležité. Např. Thompson a kol. (2000a) analyzovali populaci 27 000 holštýnských krav a prokázali, že u zvířat s inbreedingem nad 10 % bylo zhoršené zabřezávání o 7 až 26 dnů (prezentované věkem při prvním porodu) oproti zvířatům neinbredním. Podobné výsledky (zhoršení o 8 – 25 dnů) autoři uvádějí také u jerseykého plemene (Thompson a kol., 2000b), které byly také založeny na velmi vysokých počtech sledovných zvířat (265 905 zvířat, 5 983 chovů). Sewalem a kol. (2006) studovali vliv inbreedingu na dlouhověkost skotu. Práce vycházela z předpokladu, že dlouhověkost je spojena s dobrou produkcí a reprodukcí zvířat. Sledována byla tři plemena skotu (Jerseyský, Holštýnský a Ayrshirský skot) v Kanadě. Do sledování byla zařazena zvířata narozená v letech 1980–2004. Analýzy v této studii ukázaly, že mezi mírou inbreedingu a dlouhověkostí je významný vztah, ale konečný vliv inbreedingu na přežití byl malý. Adamec a kol. (2006) se také zabývali vlivem inbreedingu na pravděpodobnost mrtvě narozených mláďat u holštýnského skotu. Zjistili, že při nárůstu inbreedingu o 1 % se pravděpodobnost narození mrtvého mláďete u prvního porodu zvýšila o 0,25 % u býčků o 0,20 % u jaloviček, přičemž účinky inbreedingu na narození mrtvých telat klesaly s počtem porodů.

Jak již bylo uvedeno výše, v současné době se využívají pro výzkum vztahu inbreedingu a reprodukce také výsledky z oblasti přenosu embryí. Konkrétně Bezdíček a kol. (2015) zjistili v rámci embryotransferu u skotu (u superovulovaných krav) u neinbredních zvířat vyšší počet vhodných embryí pro další přenos ( 4,29 vs. 2,72 ks) než u inbredních zvířat. Podobná tendence byla zjištěna také u kvality embrií, kde u inbredních zvířat byl vyšší podíl nevhodných degenerovaných embryí (21,48 vs. 17,54 %) oproti neinbredním zvířatům. Podobné závěry uvádí také Alvarez a kol. (2005), kteří zjistili, že u zvířat s  $F_X > 9,0 \%$  byl vyšší podíl nevhodných embryí a také nižší počet žlutých tělísek.



Sledování počtu žlutých tělísek po superovulaci umožňuje v současné době sonografické vyšetření. Výsledky, které uvádějí Alvarez a kol. (2005) jsou podobné se závěry autorů Bezdíček a kol. (2015), kteří uvádějí u inbredních zvířat s  $F_X$  do 3 % nižší počet žlutých tělísek (6,5 ks) v porovnání s neinbredními zvířaty (8,06 ks).

Řada prací se zabývala také vztahem inbreedingu a reprodukce u koní. Významnou populací je v tomto směru chov koně Převalského. Tatin a kol. (2009) studovali populaci koně Převalského v Le Villaret (Lozère, Francie). Autoři uvádějí, že v jejich sledování nebyla nalezena signifikantní korelace mezi mortalitou narozených hříbat a koeficientem inbreedingu. Konkrétně autoři zjistili, že koeficient inbreedingu nebyl vyšší u mrtvě narozených hříbat ( $F = 0,183$ ,  $n = 11$ ) než u živě narozených ( $F = 0,181$ ,  $n = 51$ ). Současně autoři uvádějí průměrný koeficient inbreedingu u hříbat 0,18 s rozpětím 0,13 – 0,32 (Talin a kol., 2009). Naopak negativní vliv inbreedingu na reprodukci prokázali: Cothran a kol. (1984), van Eldig a kol. (2006), Sevinga a kol. (2004), Collins a kol. (2012), Müller-Unterberg a kol. (2017), Mahon a Cunningham (1982) a další autoři. Např. Klemetsdal a Jonson (1989) ve své studii uvádějí, že s nárůstem koeficientu inbreedingu o 1 % se u klisen zvýšila frekvence časných potratů o 1,27 %.

Uvedené výsledky ukazují významný vliv inbreedingu na reprodukci zvířat a to nejen u různých reprodukčních vlastností, ale také u různých druhů zvířat.

### **2.3.3 Vliv inbreedingu na zdraví**

Výzkum v oblasti inbreedingu se zaměřil také na vyhodnocení jeho vztahu ke zdraví zvířat. Jedná se o tematiku, kterou je oproti předcházejícím vlastnostem (především produkci a reprodukci) obtížnější vyhodnotit, a to především z pohledu velmi významného vlivu vnějšího prostředí. Přesto se jedná o téma velmi významné, které s inbreedingem úzce souvisí, a proto je důležité některé práce z této oblasti citovat.

V oblasti chovu skotu se autoři často zaměřují na vyhodnocení inbreedingu a zdravotního stavu mléčné žlázy, a to z pohledu počtu somatických buněk v mléce. Tento ukazatel souvisí s onemocněním (zánětem) mléčné žlázy, což je pro chovatele velmi významné i z pohledu kvality a vlastností mléka. Přitom se jedná o relativně jednoduché a rutinní stanovení zdravotního stavu. Proto se řada autorů zabývala ve svých studiích vztahem inbreedingu a počtu somatických buněk. Cílem těchto prací bylo zjistit, zda u inbredních zvířat existuje vyšší náchylnost k tomuto onemocnění.

Croquet a kol. (2006) studovali v populaci belgického skotu (731 442 krav) vztah inbreedingu a počtu somatických buněk. Autoři uvádějí, že inbrední zvířata vykazovala vyšší vnímavost k tomuto onemocnění než zvířata neinbrední. Výsledky jejich výzkumu ukázaly, že nárůst inbreedingu o 1 % je spojený se zvýšením o 0,005 SCS jednotek ( $SCS = [\log_2(SCC/100,000)] + 3$ ). Autoři také uvádějí, že úroveň inbrední deprese je v tomto znaku relativně nižší, ale z ekonomického hlediska je důležitá, a proto byla také součástí celkového vyjádření ekonomické ztráty vlivem inbreedingu, kterou autoři také vypočítali (Croquet a kol., 2006). Zvýšení počtu somatických buněk na 1 % inbreedingu u holštýnského skotu v Itálii potvrdil také Biffani a kol. (2002).

V kanadské populaci holštýnského skotu studovali negativní vztah mezi inbreedingem a počtem somatických buněk Miglior a kol. (1995). Také v této práci autoři vyhodnotili vliv inbreedingu na velké populaci zvířat, která činila 65 491 laktací. Podobně jako předcházející studie i tato práce ukázala relativně nízký kladný regresní koeficient (0,012; somatic cell score). Autoři v závěru uvádějí, že i přes nízkou inbrední depresi bylo prokázáno spojení mezi inbreedingem a tímto onemocnění mléčné žlázy (Miglior a kol., 1995). Podobné závěry uvádí také Rokouei a kol. (2010), kteří studovali tento vztah na různých laktacích. Přestože také vztah mezi somatickými buňkami a inbreedingem hodnotí jako nízký, autoři zjistili jeho průkaznou pozitivní úroveň na třetí laktaci (0,00869 jednotek SCS) – Rokouei a kol. (2010).

Vztah inbreedingu a zdraví studovali někteří autoři také u dalších druhů zvířat. Konkrétně vlivem inbreedingu na imunitní odpověď u hmyzu se zabýval například Gerloff a kol. (2003). Autoři zjistili u čmeláka zemního (*Bombus terrestris*), že imunitní reakce u dělnic byla silnější než u samců, ale inbreeding neovlivňuje imunitní odpověď a velikost těla ani u dělnic a ani u samců.

## 2.4 Hlavní histokompatibilní komplex

Hlavní histokompatibilní komplex je významnou součástí imunitního systému u obratlovců. Jedná se o vysoce polymorfní skupinu genů na jednom chromozomu, který kóduje receptory buněčného povrchu a antigeny hlavního histokompatibilního komplexu. Hlavní a vedlejší histokompatibilní antigeny se také nazývají transplantační antigeny, které hrají důležitou roli při kontrole imunologického sebepoznání a zprostředkovávají odmítnutí štěpů (tkání) mezi dvěma geneticky odlišnými jednotlivci, imunitní reakce na infekční onemocnění a autoimunitu. Genové produkty hlavního histokompatibilního komplexu řídí imunitní odpovědi, které ovlivňují odpověď na infekce. U člověka jsou tyto hlavní antigeny označovány Human leukocyte antigens (HLA), pojmenované podle prvního zjištění těchto antigenů na leukocytech. Tyto antigeny a jejich geny lze rozdělit do tří hlavních tříd: Class I, Class II a Class III (Hunde & Onwu, 2013). U různých živočišných druhů se hlavní histokompatibilní komplex označuje různým způsobem, např. u koní jako ELA (equine leucocyte antigen), u ovcí jako OLA (Ovine leucocyte antigen) a podobně. Z důvodu řady specifických charakteristik hlavního histokompatibilního komplexu (např. vysoký polymorfismus, výskyt na všech jaderných buňkách, spojitost s řadou onemocnění apod.) je MHC využíván v řadě výzkumných oblastí. Významně tak byl MHC studován např. z i pohledu nárůstu homozygotnosti a inbreedingu. Některé práce z této oblasti budou v následujícím textu uvedeny.

Arbanasić a kol. (2012) ve své studii sledovali genetickou rozmanitost 2 genů hlavního histokompatibilního komplexu Class II. DLA-DRB1, DQA1 a DQB1 u 77 jedinců vlka (*Canis lupus*) v balkánské populaci v Chorvatsku. Autoři našli transspeciální polymorfismus, který naznačuje existenci vyrovnávacího výběru, a také zjistili pomocí evolučních kodonových modelů značný rozdíl mezi vzorky genu pro selekci genu alfa a beta řetězce: DRB1 a BQB1 vykazují silnější selekční tlak, kdežto DQA1 mají známky mírného výběru. Tyto výsledky naznačují, že i přes pokles populace vlků v Chorvatsku byla genetická variabilita selektivně udržovaných imunitních genů zachována (Arbanasić a kol., 2012). Genovou variabilitou hlavního histokompatibilního komplexu Class II (DRB1) u vlka rudohnědého (*Canis rufus*) a kojota préríjního (*Canis latrans*) z Texasu a Severní Karolíny zkoumali Hedrick a kol. (2002).

Geny hlavního histokompatibilního komplexu byly studovány také u koní. Například Arbanasić a kol. (2013) analyzovali alelický polymorfismus DRA lokusu u 248 oslů na

Balkánském poloostrově (Albanie, Bulharsko, Chorvatsko, Makedonie, Řecko a Černá Hora). Autoři zjistili, že signály pozitivního výběru získané různými testy nebyly jednoznačné, a uvádějí závěr, že polymorfismus DRA vznikl poměrně nedávno a pozitivní výběr působil na lokalizaci DRA relativně krátkou dobu. Také Andersson a kol. (2012) testovali mikrosatelitové markery v oblasti hlavního histokompatibilního komplexu Class II u koní. Autoři zjistili, že homozygotnost v celé této oblasti je spojena s vyšším rizikem vzniku hypersenzitivity kousání hmyzem (chronické alergické dermatitidy). U koně Převalského Hedrick a kol. (1999) našli šest různých sekvencí DBR Class II hlavního histokompatibilního komplexu.

U ovcí tlustorohých Boyce a kol. (1996) vyšetřily pět lokusů pro hlavní histokompatibilní komplex a tři mikrosatelity u 235 jedinců ze 14 populací. Výsledky této studie ukázaly, že neutrální síly jako genetický drift a genový tok, podstatně ovlivnily diferenciaci lokusů mikrosatelitů i hlavního histokompatibilního komplexu (Boyce a kol., 1996). Hedrick a kol. (2000) zkoumali u přímorožce arabského (*Oryx leucoryx*), jehož dnešní populace vznikla z malého počtu jedinců, rozsah genetické variability genu hlavního histokompatibilního komplexu Class II. Tento gen je považován za nejdůležitější genetický základ rezistence vůči patogenům. Autoři zjistili, že heterozygotnost u postavení aminokyselin podílejících se na vázání antigenů byla třikrát vyšší než u aminokyselin, které se netýkali vazby antigenu. Kromě suchozemských savců byl polymorfismus genů hlavního histokompatibilního komplexu sledován také u delfína skákavého (*Tursiops truncatus*) v chorvatské části Jaderského moře. Arbanasić a kol. (2014) sledovali rozmanitost alel DRA, DQA a DQB u genů hlavního histokompatibilního komplexu Class II u 50 delfínů skákavých z Jaderského moře a 12 jedinců z jiných středomořských lokalit. Autoři zjistili, že vyvažovací výběr pozorovaný u delfínů skákavých byl vyšší než u většiny ostatních kytovců a je srovnatelný s výběrem pozorovaným u suchozemských savců (Arbanasić a kol., 2014).

Vysoký polymorfismus MHC komplexu se v řadě prací uplatnil také při studiu nárůstu homozygotnosti, což přineslo řadu zajímavých výzkumů také v jeho vztahu k inbreedingu. Vztahem MHC komplexu k inbreedingu se zabývali např. Potts a kol. (1991), kteří u myši sledovali snahu najít si nepříbuzného partnera podle odlišného MHC a zamezení inbreedingu u myši (*Mus musculus domesticus*). Mezi další autory, zabývající se výzkumem vztahu inbreedingu s MHC komplexem u myši, patří např. Yamazaki a kol. (1976), Wedekind a kol. (1996). U primátů se vztahem inbreedingu a komplexu MHC zabývali např. Schwensow a kol. (2008a, 2008b). Autoři ve svých studiích zjišťovali roli diverzity MHC

komplexu na páření u promiskuitních primátů maki trpasličího (*Microcebus murinus*) a primátů tvořících trvalé páry maki tlustoocasého (*Cheirogaleus medius*) a prokázali, že v případě páření promiskuitních primátů samice preferovali při páření samce, kteří měli rozdílnou MHC. U primátů tvořících trvalé páry samice preferovali samce, kteří měli vyšší heterozygotnost.

Z uvedeného přehledu se ukazuje, že hlavní histokompatibilní komplex má velmi široké uplatnění při výzkumu v oblasti genetiky a také v dalších navazujících oblastech.

### 3 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo vyhodnocení vlivu inbreedingu na počet mláďat narozených u koně Převalského v průběhu jejich života. Počet mláďat byl hodnocený v absolutních hodnotách (celkový počet za život) a relativním vyjádření (průměrný počet mláďat za rok).

Hypotéza vycházela z předpokladu obecného negativního vlivu inbreedingu na reprodukční vlastnosti, jako např. na gametogenezi (samčí i samičí), zabřezávání zvířat, ranou embryonální mortalitu atd. Tyto dílčí negativní vlivy inbreedingu byly analyzovány v literárním přehledu a celkově se mohou projevovat v počtu narozených mláďat za celý život.

## 4 MATERIÁL A METODY

### 4.1 Data pro statistické zpracování

Zdrojem databáze byla použita Mezinárodní plemenná kniha koně Převalského, která je vedena od roku 1960 pražskou zoologickou zahradou. Z této plemenné knihy byly zjištěny informace o 306 klisnách narozených od roku 1960 do roku 1990. Zvířata s rokem narození pod 1960 a nad 1990 nebyla do sledování zařazena, a to především z důvodu kompletnosti údajů a také z důvodu nutné informace o délce života klisny (u zvířat s rokem narození 1990 a více ještě nemusely být informace o úhynu zaznamenány). Následující obr. 1 je ukázkou z databáze plemenné knihy koně Převalského a informace o klisně č. 589 – Europa.

Vybrány byly klisny, které se dožily 10–26,97 let. K těmto vybraným jedincům jsme pomocí plemenné knihy dohledali místo narození a úmrtí, délku života (z data narození a úmrtí), počet mláďat a koeficient inbreedingu. Uvedená spodní hranice věku 10 let byla zvolena z toho důvodu, aby byla z databáze vyloučena zvířata (klisny), u kterých se mohly významně uplatnit jiné efekty, např. časný úhyn, těžké první porody atd. Databázi tak tvořila zvířata, která se dožila stanoveného věku a také byla plodná, měla minimálně jedno narozené mládě. Horní hranice byla stanovena především z důvodu možného vlivu stáří na reprodukci zvířat. Z tohoto výběru 96 klisen mělo stejné místo narození i úmrtí, z čehož usuzujeme, že tyto klisny nebyly během svého života převezeny.

Obr. 1 Ukázka zápisu v plemenné knize koně Převalského (klisna 589 - EUROPA)

563	<a href="#">LEIPZIG/8</a>	F	MEDINA	LEIPZIG	LEIPZIG
564	<a href="#">MARWELL/12</a>	F	VEBA	MARWELL	MARWELL
565	<a href="#">HELLABRUNN/68</a>	F	SIRKKA	MUNCHEN	MUNCHEN
567	<a href="#">CATSKILL/60</a>	F	ROLANE	BRONX	NEW YORK
569	<a href="#">SAN DIEGO/6</a>	F	BOBROVA	EDMONTON-POLAR PARK	EDMONTON-P. P.

Equus przewalskii - Studbook Card			
St. No	589	Sex	F
St. Name	PRAHA		117
House Name 1	EUROPA	House Name 2	
Date of Birth	29.05.1974	Est	<input type="checkbox"/>
Place of Birth	PRAHA	Age	x
Sire	285 ASKANIA		3
Dam	403 PRAHA		94
Owner	HELSINKI		
Remarks	Ee <input type="checkbox"/> ee <input type="checkbox"/> h <input type="checkbox"/> d <input type="checkbox"/> ws <input type="checkbox"/> at <input type="checkbox"/> c <input type="checkbox"/> t <input type="checkbox"/> a <input type="checkbox"/>		
F coef.	.262	Death Age	8
Date of Death	03.09.1982	Est	<input type="checkbox"/>
Place of Death	HELSINKI		
Necropsy rep.			
Carcass		Last Update	10.04.2000
Remark			
Breeder			
Name	HELSINKI	Last Site	HELSINKI
		Since	21.04.1977
<a href="#">Breeder's history</a>			

## 4.2 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu STATISTICA (verze 13.1, 2016). Počet mláďat byl sledován u samic narozených v letech 1960–1990, celkový počet klisen byl 911. Statisticky byly zpracovány klisny, které se dožily věku 10–26,97 let, výběrem byly odstraněny klisny, které se nedožily reprodukčního věku, mohly být neplodné či nemocné, nebo naopak už byly po reprodukčním období. Těchto klisen bylo 241. K vybraným klisnám jsme přiřadily další efekty, které by mohly mít vliv na počet mláďat narozených jedné samici.

Mezi tyto efekty patří:

- Koeficient inbreedingu, který v daném případě nabýval hodnot od 2,30 (nejnižší) po 55,80 (nejvyšší), dále byl tento efekt rozdělen do čtyř kategorií (1 – do 9, 2 – 9,01–21, 3 – 21,01–30, 4 – nad 30,01)
- Délka života v letech, která byla rozdělena do kategorií (1 – 10–15,2 let, 2 – 15,2–20 let a 3 – 20–26,97 let)
- Převoz, zda bylo za svého života zvíře převezeno, také byla rozdělena do dvou kategorií (1 – nebyl převoz, 2 – byl převoz)
- Rok narození, rozdělen do 3 kategorií po 10 letech (1 – 1960–1970, 2 – 1971–1980 a 3 – 1981–1990)

Data byla vyhodnocena pomocí GLM analýzy.

Obecným problémem při vyhodnocení počtu mláďat za život je různá délka života jedince, proto byl proveden statistický výpočet dvojitým způsobem:

1. podle průměrného počtu mláďat za život (maximální délka života do 26,97 let); kapitola 5.1
2. podle počtu narozených mláďat (kusů) za zvolené období 10–26,97 let; kapitola 5.2

Toto dvojí statistické vyhodnocení umožnilo srovnat výsledky pro absolutní počet mláďat a relativní počet mláďat se zohledněním délky života matky.



## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Vyhodnocení s průměrným počtem mlád'at za délku života

V tabulce č. 1 jsou uvedeny základní statistické charakteristiky studovaného souboru klisen (průměr, maximální a minimální hodnota, SD) pro zvolené studované efekty: průměrný počet mlád'at, délku života a koeficient inbreedingu.

Z uvedené tabulky je zřejmý průměrný počet mlád'at 0,34 s rozpětím 0,04 až 0,81 kusů. Průměrná délka života u sledované skupiny zvířat byla 17,82 roků (s minimem a maximem 10,02 a 26,97). Koeficient inbreedingu dosáhl průměru 23,21 s rozpětím hodnot 2,3 až 55,8 %. Průměrný a také maximální koeficient inbreedingu ukazuje velmi vysoké dosažené hodnoty tohoto koeficientu.

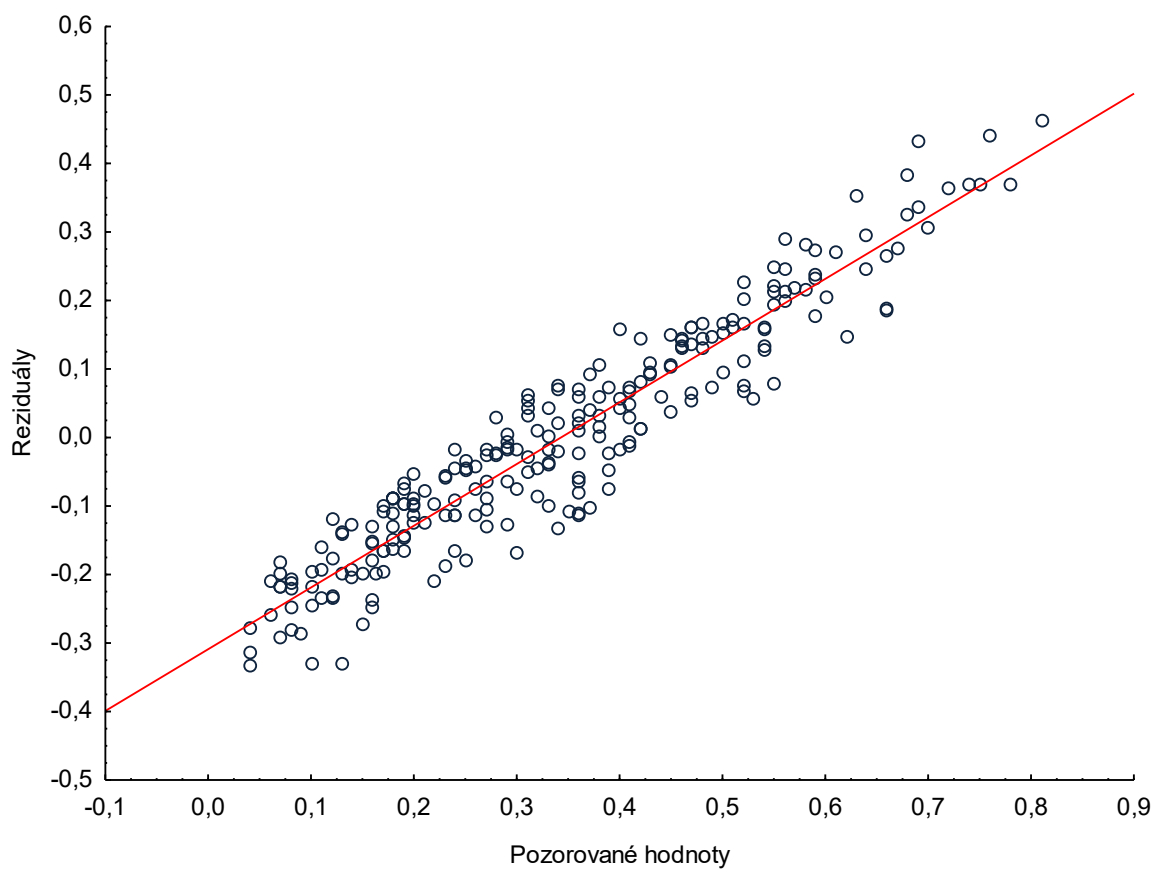
Tabulka č. 1 Základní statistické charakteristiky

Efekt	N	Průměr	Minimum	Maximum	SD
Průměrný počet mlád'at (ks)	241	0,34	0,04	0,81	0,18
Délka života (roky)	241	17,82	10,02	26,97	4,75
$f_x$ (%)	241	23,21	2,3	55,8	12,80

### 5.1.1 Diagnostika modelu a charakteristika GLM analýzy

Statistickému vyhodnocení jednotlivých studovaných efektů předcházela diagnostika modelu pomocí reziduálu. Z uvedeného grafu č. 1 se dá vyhodnotit symetrické rozložení reziduálu kolem osy X, což ukazuje vhodnost použitého modelu. Byla tak splněna podmínka pro GLM analýzu.

Graf č. 1 Rozložení reziduálu



Celkovou charakteristiku prezentované GLM analýzy ukazuje tabulka č. 2 a 3. Z tabulky č. 2 je zřejmý dosažený koeficient determinace  $R^2 = 0,0991$ , který vyjadřuje podíl vysvětlitelné variability použitým modelem. Hodnota u koeficientu determinace  $R^2$  vyšla průkazná. Hodnota 0,0991 je nižší, ale u reprodukčních vlastností se s nižší hodnotou setkáváme. V tabulce č. 3 jsou uvedeny základní výsledky GLM analýzy. Tyto výsledky ukázaly průkaznost studovaných efektů a jejich MS a F hodnoty. Průkazný vliv byl zjištěný u všech zohledněných efektů: koeficientu inbreedingu  $f_x$ , roku narození a převozu zvířat.

Tabulka č. 2 Výsledky koeficientu determinace

	Multiple R	Multiple $R^2$	Adjusted $R^2$	SS Model	df Model	MS Model	SS Rezidual	df Rezidual	MS Rezidual	F	P
Průměrný počet mláďat	0,3148	0,0991	0,0838	0,7559	4	0,1890	6,8738	236	0,0291	3,4879	0,000057

Tabulka č. 3 Test průkaznosti sledovaných efektů

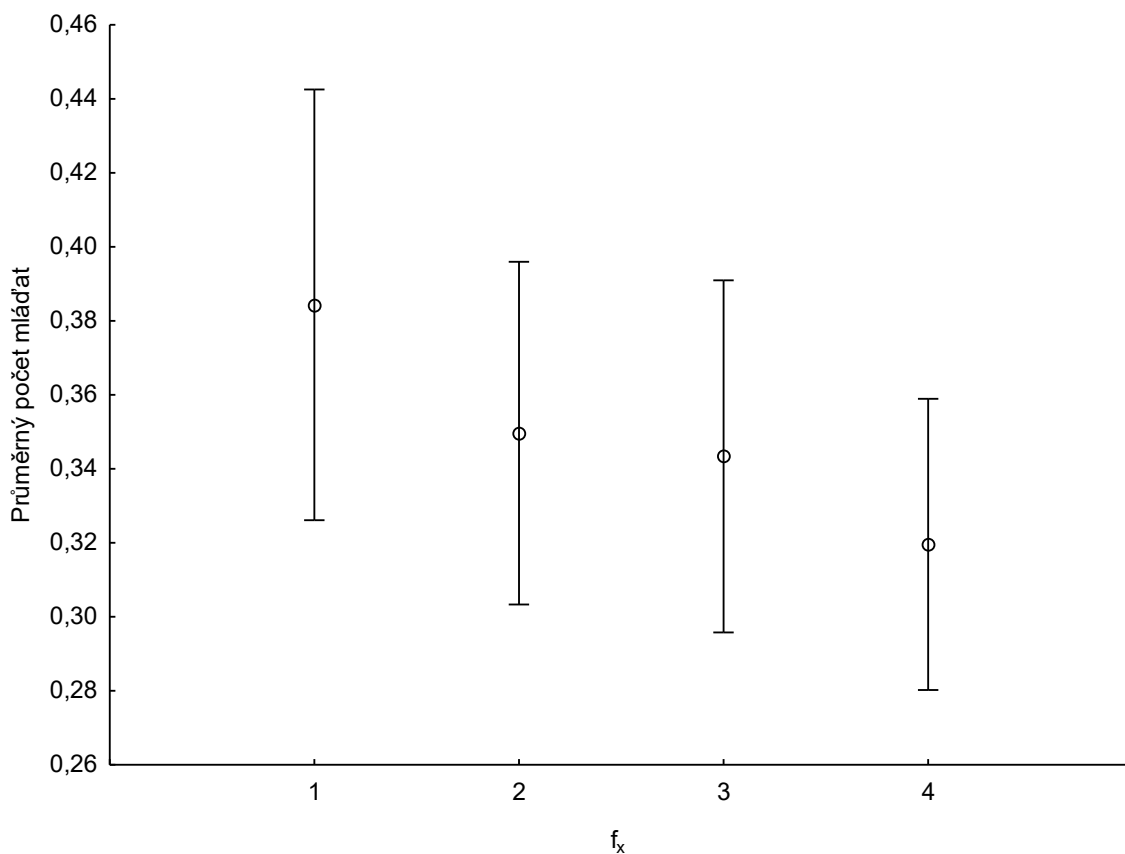
Efekt	SS	Stupně volnosti	MS	F	P
Intercept	6,6314	1	6,6314	277,6799	0,000000
$f_x$	0,1387	1	0,1387	4,7632	0,030060
Rok narození	0,5825	2	0,1775	6,0927	0,014284
Převoz	0,1775	1	0,2913	9,9998	0,000068
Error	6,8738	236	0,0291		

. +

## 5.1.2 Vyhodnocení vlivu inbreedingu na průměrný počet mláďat

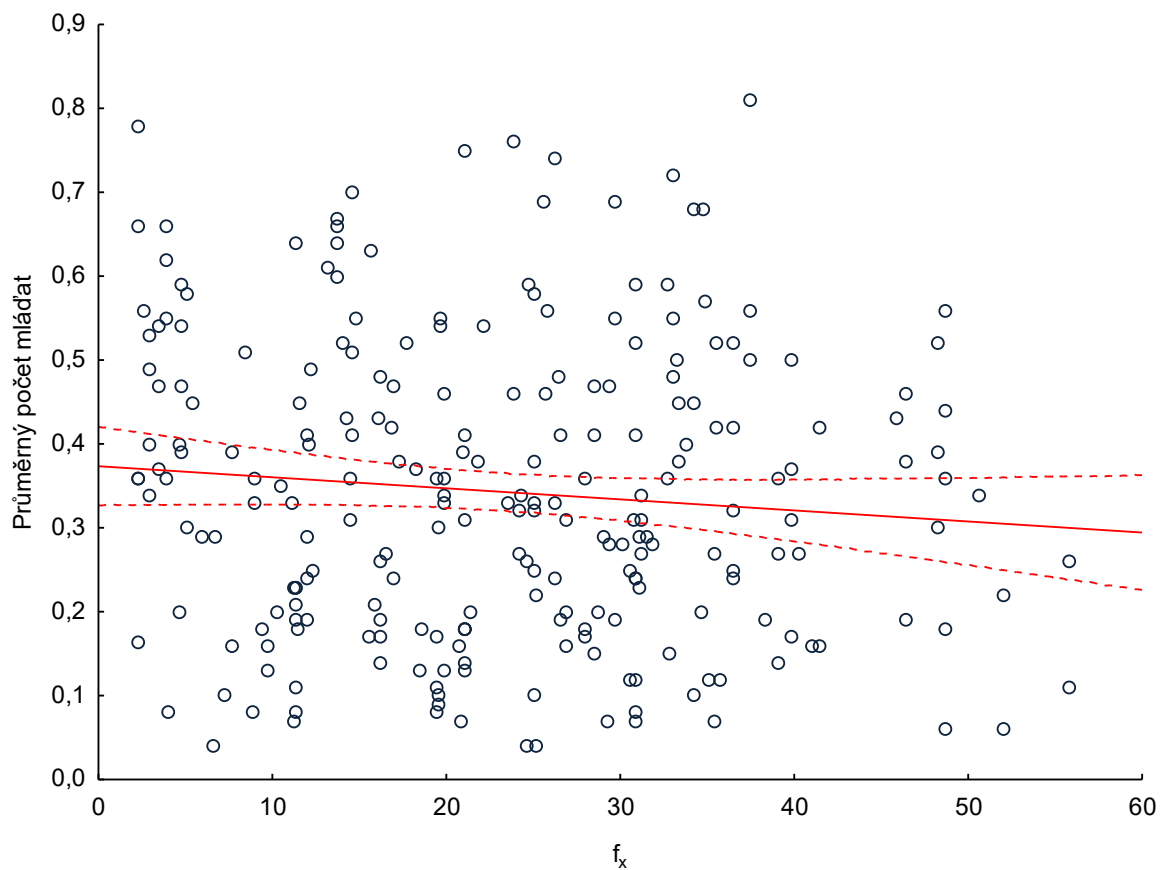
Na grafu č. 2 vidíme průměrné hodnoty počtu mláďat v závislosti koeficientu inbreedingu. Koeficient inbreedingu byl podle svých hodnot rozdělen do čtyř skupin. Skupina 1 zahrnovala nejnižší inbreeding v hodnotách  $f_x = 2,3-9 \%$ , u této skupiny byl průměrný počet mláďat 0,38 nejvyšší. Skupina 2, která zahrnovala hodnoty koeficientu  $f_x = 9,01-21 \%$ , a skupina 3, která zahrnovala hodnoty koeficientu  $f_x = 21,01-30 \%$ , měly průměrný počet mláďat přibližně stejný 0,35 a 0,34, ale menší než skupina 1. Skupina 4 zahrnovala nejvyšší inbreeding v hodnotách  $f_x = 30,01 - 55,8 \%$ , tato skupina měla nejnižší průměrný počet mláďat 0,32. Tyto výsledky ukázaly, že s narůstajícím inbreedingem dochází ke snížení průměrného počtu mláďat u klisen koně Převalského.

Graf č. 2 Průměrný počet mláďat pro jednotlivé skupiny  $f_x$



Na grafu č. 3 je zobrazeno rozložení počtu mláďat v závislosti na koeficientu inbreedingu. Korelace  $r = -0,0945$ . I z tohoto grafu můžeme vidět klesající tendenci počtu mláďat se zvyšujícím se koeficientem inbreedingu.

Graf č. 3 Rozložení průměrného počtu mláďat v závislosti na koeficientu inbreedingu



## 5.2 Vyhodnocení s počtem mlád'at v kusech

V tabulce č. 4 jsou uvedeny základní statistické charakteristiky studovaného souboru klisen (průměr, maximální a minimální hodnota, SD) pro zvolené studované efekty: počet mlád'at, délku života a koeficient inbreedingu.

Z uvedené tabulky je zřejmý počet mlád'at 6,05 s rozpětím 1 až 19 kusů. Průměrná délka života u sledované skupiny zvířat byla 17,82 roků (s minimem a maximem 10,02 a 26,97). Koeficient inbreedingu dosáhl průměru 23,21 s rozpětím hodnot 2,3 až 55,8 %. Průměrný a také maximální koeficient inbreedingu ukazuje velmi vysoké dosažené hodnoty tohoto koeficientu.

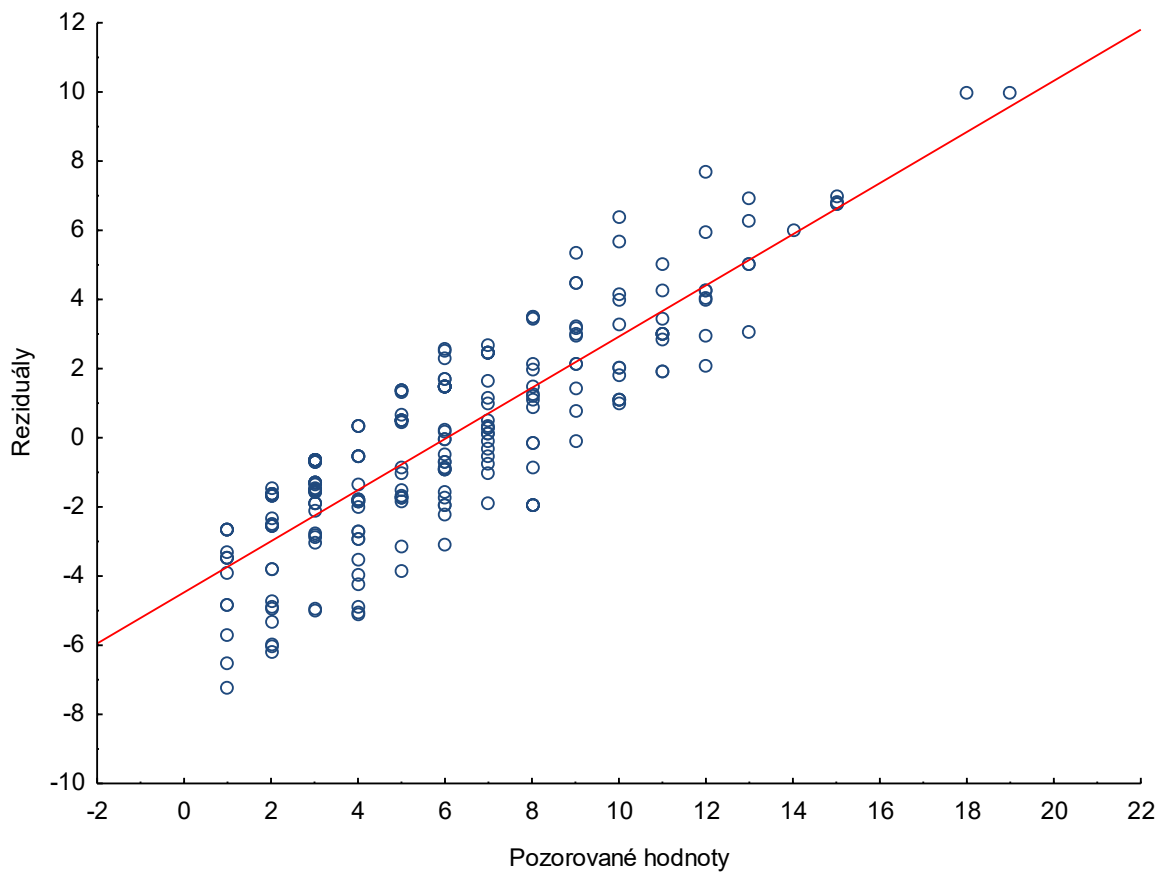
Tabulka č. 4 Základní statistika charakteristiky

Efekt	N	Průměr	Minimum	Maximum	SD
Počet mlád'at (ks)	241	6,05	1	19	3,54
Délka života (roky)	241	17,82	10,02	26,97	4,75
$f_x$ (%)	241	23,21	2,3	55,8	12,80

### 5.2.1 Diagnostika modelu a charakteristika GLM analýzy

Statistickému vyhodnocení jednotlivých studovaných efektů předcházela diagnostika modelu pomocí reziduálu. Z uvedeného grafu č. 4 se dá vyhodnotit symetrické rozložení reziduálu kolem osy X, což ukazuje vhodnost použitého modelu. Byla tak splněna podmínka pro GLM analýzu.

Graf č. 4 Rozložení reziduálu



Celkovou charakteristiku prezentované GLM analýzy ukazuje tabulka č. 5 a 6. Z tabulky č. 5 je zřejmý dosažený koeficient determinace  $R^2 = 0,2415$ , který vyjadřuje podíl vysvětlitelné variability použitým modelem. Hodnota u koeficientu determinace  $R^2$  vyšla průkazná. Hodnota 0,2415 je nižší, ale u reprodukčních vlastností se s nižší hodnotou setkáváme. V následující tabulce č. 5 jsou uvedeny základní výsledky GLM analýzy. Tyto výsledky ukázaly průkaznost studovaných efektů a jejich MS a F hodnoty. Průkazný vliv byl zjištěný u všech zohledněných efektů: koeficientu inbreedingu  $f_x$ , roku narození a převozu zvířat.

Tabulka č. 5 Výsledky koeficientu determinace

	Multiple R	Multiple $R^2$	Adjusted $R^2$	SS Model	df Model	MS Model	SS Rezidual	df Rezidual	MS Rezidual	F	P
Počet Mlád'at	0,4914	0,2415	0,2253	725,9262	5	145,1852	2280,572	235	9,7046	14,9605	0,00

Tabulka č. 6 Test průkaznosti studovaných efektů

Efekt	SS	Stupně volnosti	MS	F	P
Intercept	113,171	1	113,1707	11,66160	0,000751
$f_x$	37,757	1	37,7565	3,89059	0,049730
Délka života	186,117	1	186,1168	19,17828	0,000018
Převoz	45,572	1	45,5718	4,69592	0,031240
Rok narození	243,405	2	121,7025	12,54076	0,000007
Error	2280,572	235	9,7046		

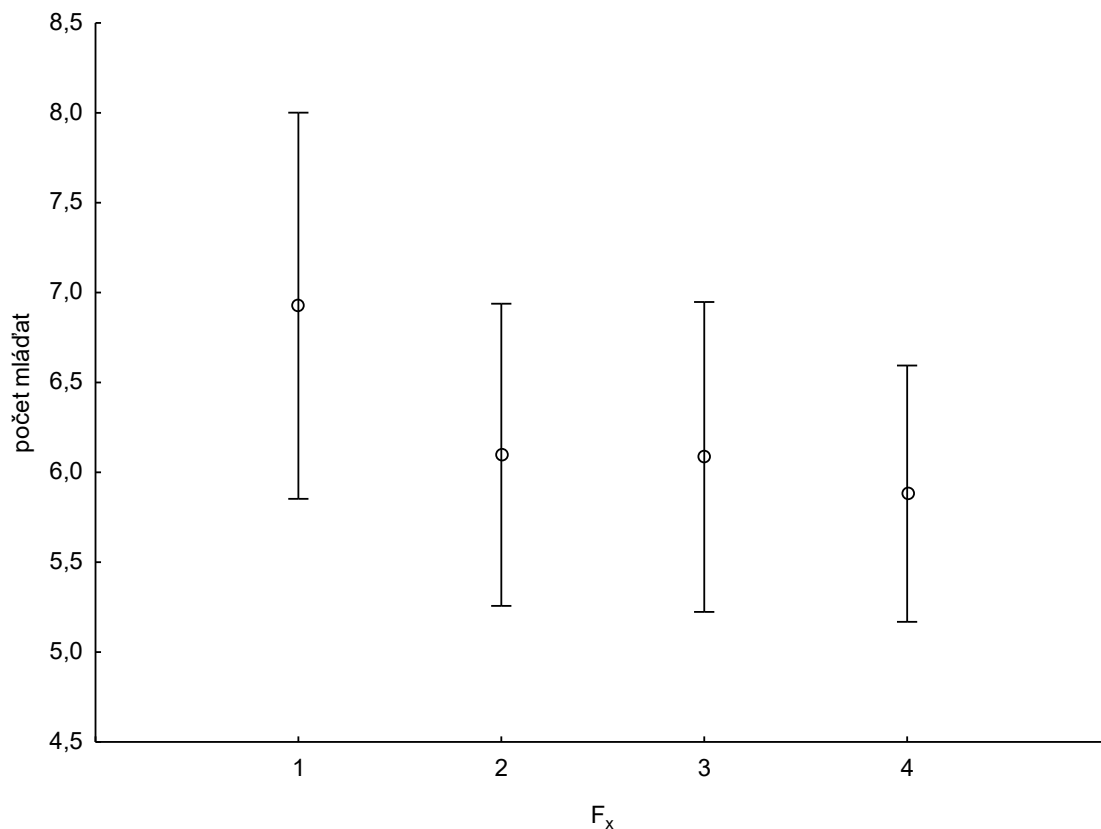


## 5.2.2 Vyhodnocení vlivu deprese inbreedingu na počet mlád'at

Na grafu č. 5 vidíme průměrné hodnoty počtu mlád'at v závislosti koeficientu inbreedingu. Koeficient inbreedingu byl podle svých hodnot rozdělen do čtyř skupin. Skupina 1 zahrnovala nejnižší inbreeding v hodnotách  $f_x = 2,3-9 \%$ , u této kategorie byl průměrný počet mlád'at 6,93 nejvyšší. Skupina 2, která zahrnovala hodnoty koeficientu  $f_x = 9,01-21 \%$ , a skupina 3, která zahrnovala hodnoty koeficientu  $f_x = 21,01-30 \%$ , měly průměrný počet mlád'at přibližně stejný 6,10 a 6,09, ale menší než skupina 1. Skupina 4 zahrnovala nejvyšší inbreeding v hodnotách  $f_x = 30,01 - 55,8 \%$ , tato kategorie měla nejnižší průměrný počet mlád'at 5,88.

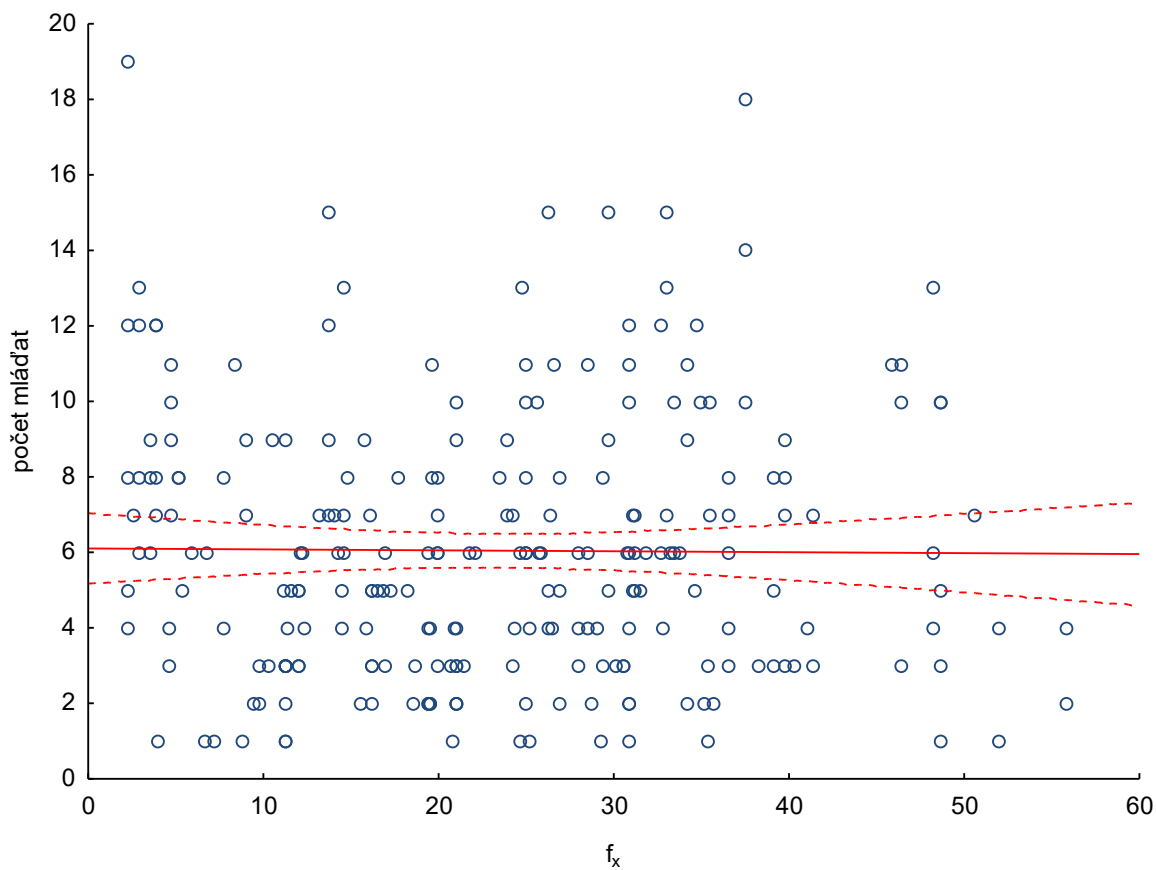
Podobně jako předcházející analýza průměrného počtu mlád'at za rok (graf č. 2), tak také výsledky celkového počtu mlád'at (graf č. 5) ukázaly, že nejlepších výsledků a tedy nejvyššího počtu mlád'at dosáhly klisny s nízkým inbreedingem.

Graf č. 5 Počet mlád'at pro jednotlivé skupiny  $f_x$



Na grafu č. 6 je regresivní analýza počtu mláďat počtu mláďat v závislosti na koeficientu inbreedingu. Regrese  $r = -0,0091$ . I z tohoto grafu můžeme vidět klesající tendenci počtu mláďat se zvyšujícím se koeficientem inbreedingu.

Graf č. 6 Rozložení počtu mláďat v závislosti na koeficientu inbreedingu



### 5.3 Srovnání výsledků vlivu inbreedingu na absolutní a relativní počet mlád'at

V tabulce č. 7 jsou shrnuty dosažené výsledky u obou výpočtů: pro celkový počet mlád'at za život a pro průměrný počet mlád'at ve sledovaném období. Výsledky ukázaly, že u nižších stupňů koeficientu inbreedingu bylo dosaženo vyšších počtů mlád'at, a to jak z pohledu celkového počtu, tak také relativního. Naopak se vzrůstajícím inbreedingem počet mlád'at klesal. U klisen s nejvyšším inbreedingem (skupina 4,  $f_x = 30,01 - 55,8 \%$ ) byl průměrný počet mlád'at 5,88 (0,32) kusů. U klisen s nejnižším inbreedingem (skupina 1,  $f_x = 2,3-9 \%$ ) byl průměrný počet mlád'at 6,93 (0,38) kusů. U skupin 2 ( $f_x = 9,01-21 \%$ ) a 3 ( $f_x = 21,01-30 \%$ ) byly počty mlád'at přibližně stejné 6,10 (0,35) kusů a 6,09 (0,34) kusů, ale byly nižší než u skupiny 1.

Tabulka č. 7 Srovnání počtu mlád'at u klisen koně Převalského pro různé úrovně inbreedingu

	Skupiny inbreedingu			
	1	2	3	4
Celkový počet mlád'at (ks)	6,93	6,10	6,09	5,88
Průměrný počet mlád'at (ks)	0,38	0,35	0,34	0,32

## 6 DISKUSE

Tato diplomová práce prokázala klesající tendenci počtu mláďat s narůstajícím inbreedingem. Z důvodu, že dané téma ještě nebylo přímo zpracované a jedná se tak o první práci s tímto tématem, není možné výsledky přímo porovnat. Ale jak už bylo uvedeno v literárním přehledu je řada prací, které se zabývají vlivem inbreedingu na reprodukční vlastnosti. Také tyto práce potvrzují negativní vliv inbreedingu na reprodukci. Tento vliv byl studován na úrovni gamet, ve sledování počtu mrtvě narozených mláďat, z pohledu rané embryonální mortality a také schopností zabřeznout (např. vyjádřenou počtem dnů od porodu do další gravidity). Tyto dílčí reprodukční vlastnosti se mohou významně projevit na celkovém počtu mláďat, což bylo hypotézou této práce.

Negativní vztah inbreedingu a reprodukce na úrovni gamet u skotu prokázalo několik autorů. Alvarez a kol. (2005) sledovali účinky různých úrovní inbreedingu na ovariální odezvu a produkci embryí u superovulovaného skotu. Autoři zjistili, že byl počet žlutých tělísek v levém vaječniku snížen u krav s koeficientem inbreedingu vyšším než 9 %. Také zjistili, že kvantitativní pokles počtu přenosu schopných embryí se projevil zvýšením koeficientu inbreedingu. Podobné závěry u skotu uvádějí také Bezdíček a kol. (2015). Autoři zjistili v rámci embryotransferu (u superovulovaných krav) u neinbredních zvířat vyšší počet vhodných embryí pro další přenos (4,29 vs. 2,72 ks) než u inbredních zvířat. Podobná tendence byla zjištěna také u kvality embryí, kde u inbredních zvířat byl vyšší podíl nevhodných degenerovaných embryí (21,48 vs. 17,54 %) oproti neinbredním zvířatům. Podobný negativní vztah mezi inbreedingem a kvalitou gamet byl prokázán také u dalších druhů zvířat. Např. u koní se tímto tématem zabývali Van Eldik et al. (2006). Výzkum byl prováděn u Shetland pony a bylo prokázáno, že s narůstajícím inbreedingem dochází ke snížené motilitě spermií a také se vliv inbreedingu projevil na morfologickém utváření.

Některé studie se zabývali také inbreedingem z pohledu délky období od porodu do další gravidity (tzv. servis perioda), kde se obecně ukazovalo, že inbrední zvířata mají horší schopnost zabřeznout. Např. Bezdíček a kol. (2007) prokázali tento efekt inbreedingu u holštýnského skotu po prvním otelení. Autoři uvádí vyšší variabilitu servis periody u inbredních krav, a také, že se stoupajícím koeficientem inbreedingu ( $f_x$ ) o 1 % se prodlužuje délka servis periody o 0,22 dne. Vlivem inbreedingu na plodnost a otelení u španělského skotu se zabývali González-Recio a kol. (2007). Autoři zjistili pokles délky březosti v průměru o 1,68 % u krav s koeficientem inbreedingu  $f_x = 6,25-12,5$  %. Nižší

délka březosti a vyšší míra dystokie je uváděna u krav s koeficientem inbreedingu  $f_x = 25 \%$  v porovnání s kravami s nízkým či nulovým inbreedingem. Thompson a kol. (2000a) analyzovali populaci 27 000 holštýnských krav a prokázali, že u zvířat s inbreedingem nad 10 % bylo zhoršené zabřezávání o 7 až 26 dnů (prezentované věkem při prvním porodu) oproti zvířatům neinbredním. Podobné výsledky (zhoršení o 8–25 dnů) autoři uvádějí také u jerseykého plemene (Thompson a kol., 2000b), které byly také založeny na velmi vysokých počtech sledovaných zvířat (265 905 zvířat). Adamec a kol. (2006) se také zabývali vlivem inbreedingu na pravděpodobnost mrtvě narozených mláďat u holštýnského skotu. Autoři zjistili, že při nárůstu inbreedingu o 1 % se pravděpodobnost narození mrtvého mláděte u prvního porodu zvýšila o 0,25 % u býčků o 0,20 % u jaloviček, přičemž účinky inbreedingu na narození mrtvých telat klesaly s počtem porodů.

Vliv inbreedingu na reprodukci byl sledován také i u jiných druhů savců. Negativní vliv inbreedingu u koní prokázali např. Sevinga a kol. (2004). Autoři se zaměřili na významný veterinární problém, kterým je zadržetí placenty po porodu. Autoři ve své práci u frýzských koní prokázali negativní vztah tohoto reprodukčního problému k inbreedingu (Sevinga a kol., 2004). Slate a kol. (2000) se ve své studii zabývali vlivem deprese inbreedingu na celoživotní chovný úspěch u volně žijící populaci jelena lesního (*Cervus elaphus*) na ostrově Rum ve Skotsku. U samců autoři uvádějí že stupeň inbreedingu měl vliv na celoživotní chovný úspěch bez ohledu na porodní hmotnost.

Vliv inbreedingu byl studován také ve vztahu k reprodukci ptáků. Např. Szwaczkowski a kol. (2003) sledovali ve své práci procento oplozených vajíček a procento vylihnutých jedinců ve vztahu k počtu vajec. V obou populacích byla pozorována nejvýznamnější inbreední deprese ve vztahu k procentu oplozených vajíček. U tohoto znaku zjistili, že každé procento inbreedingu mělo za následek snížení počtu oplozených vajec o 1 % u New Hampshire a 0,4 % u Lergonů. Sewalem a Wilhelmson (1999) se ve své studii zaměřili na účinky inbreedingu na embryonální úmrtnost. Autoři uvádějí, že inbreeding neměl žádný vliv na procento mrtvých kuřat v žádné z linií.

Výsledky uvedené v této diplomové práci ukazují negativní vliv inbreedingu na počet mláďat u klisen koně Převalského. Tyto výsledky jsou první prací, která se touto tematikou v oblasti chovu koní zabývala. Proto nejsou v diskuzi uváděny práce, které by se přímo tímto tématem zabývaly a mohly by srovnat dosažené výsledky. Přesto byla v tématice inbreedingu publikována řada prací, které prokázaly negativní vztah inbreedingu

a reprodukce, které byly v diskuzi citovány. Tyto práce ukazují, že výsledky prezentované v této diplomové práci mají shodnou tendenci negativního vlivu inbreedingu na reprodukci zvířat.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce prokázala klesající tendenci počtu mláďat s narůstajícím inbreedingem. U výpočtů pro průměrný počet mláďat nám vyšlo, že u čtvrté skupiny s nejvyšším inbreedingem ( $f_x = 30,01 - 55,8 \%$ ) byl nejmenší počet mláďat 0,32, přičemž u mláďat v kusech to bylo 5,88. Naopak u první skupiny s nejnižším inbreedingem ( $f_x = 2,3 - 9 \%$ ) byl tento počet nejvyšší u průměrného počtu mláďat 0,38 a pro mláďata v kusech 6,93. Tyto výsledky ukazují negativní vliv inbreedingu na počet mláďat u klisen koně Převalského.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adamec, V., Cassell, B., Smith, E., & Pearson, R. (2006). Effects of Inbreeding in the Dam on Dystocia and Stillbirths in US Holsteins. *American Dairy Science Association*, stránky 307 - 314.
- Alvarez, R., Gualberto, M., Carvalho, J., & Binelli, M. (2015). Effects of inbreeding on ovarian responses and embryo production from superovulated Matiqeira breed cows. *Theriogenology*, stránky 1669 - 1676.
- Andersson, L., Swinburne, J., Meadows, J., Broström, H., Eriksson, S., Fikse, W. F., Frey, R., Sundquist, M., Tseng, C. T., Mikko, S. & L'Indgren, G. (2012). The same ELA class II risk factors confer equine insect bite hypersensitivity in two distinct populations. *Immunogenetics*, stránky 201 - 208.
- Arbanasić, H., Đuras, M., Podnar, M., Gomerčić, T., Čurković, S., & Galov, A. (2014). Major histocompatibility complex class II variation in bottlenose dolphin from Adriatic Sea: inferences about the extent of balancing selection. *Mar. Biol.*, stránky 2407 - 2422.
- Arbanasić, H., Galov, A., Ambriović-Ristov, A., Grizelj, J., Arsenos, G., Marković, B., Dovenski, T., Vince, S. & Čurik, I. (2013). Extensive polymorphism of the major histocompatibility complex DRA gene in Balkan donkeys: perspectives on selection and genealogy. *Animal Genetics*, stránky 711 - 716.
- Arbanasić, H., Huber, Đ., Kusak, J., Gomerčić, T., Hrenović, J., & Galov, A. (2012). Extensive polymorphism and evidence of selection pressure on major histocompatibility complex DLA-DRB1, DQA1 and DQB1 class II genes in Croatian grey wolves. *Tissue Antigens*, stránky 19 - 27.
- Beran, J., Stadník, L., Bezdíček, J., Louda, F., Čítek, J., & Ducháček, J. (2012). Effect of sire and extender on sperm motility and share of live or dead sperm in bulls' fresh ejaculate and in AI doses after thawing. *Tierzucht*, stránky 207-218.
- Bezdíček, J., Makarevich, A., Stádník L., Kubovičová, E., Louda, F., Hegedúšová, Z., Holásek, R., Ducháček, J. & Stupka, R. (2015). Analysis of factors affecting the quality of embryo production in superovulated cows. *Züchtungskunde*, stránky 249 - 264.
- Bezdíček, J., Šubrt, J., Filipčík, R., Bjelka, M., & Dufek, A. (2007). The effects of inbreeding on service period and pregnancy length in Holsteins and Czech Fleckviehs after the first calving. *Arch. Tierz.*, stránky 455-463.



- Biffani, S., Samoré, A., & Canavesi, F. (2002). Inbreeding depression for production, reproduction and functional traits in Italian Holstein Cattle. *Conference Paper 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*.
- Bijlsma, R., Bundgaard, J., & Boerema, A. (2000). Does inbreeding affect the extinction risk of small populations?: predictions from *Drosophila*. *Journal of Evolutionary Biology*, stránky 502 - 514.
- Boujenane, J., & Chami, A. (1997). Effects of inbreeding on reproduction, weights and survival of Sardi and Beni Guil sheep. *J. Anim. Breed. Genet.*, stránky 23 - 31.
- Bouman, J. (1980). Eine Analyse der Stammbuch-Daten und einige Konklusionen hinsichtlich der zukünftigen Züchtung der Przewalskipferde in Gefangenschaft. *Equus 1980*, stránky 21-41.
- Bowling, A., & Ryder, O. (1987). Genetic studies of blood markers in Przewalski's horse. *Journal of Heredity*, stránky 75-80.
- Bowling, A., Zimmermann, W., Ryder, O., Peto, S., Yasinetskaya, N., & Zharkikh, T. (2003). Genetic variation in Przewalski's horses, with special focus on the last wild caught mare, 231 Orlitza III. *Cytogenetics and Genome Research*, stránky 226-234.
- Boyce, W., Hedrick, P., Muggli-Cockett, N., Kalinowski, S., Penedo, M., & Ramey, R. (1996). Genetic Variation of Major Histocompatibility Complex and Microsatellite Loci: A Comparison in Bighorn Sheep. *Genetics Society of America*, stránky 412 - 433.
- Casanova, L., Hagger, C., & Kuenzi, N. (1992). Inbreeding in Swiss Braunvieh and Its Influence on Breeding Values Predicted from a Repeatability Animal Model. *J Dairy Sci*, stránky 1119 - 1126.
- Cassell, B., Adamec, V., & Pearson, R. (2003). Effect of Incomplete Pedigrees on Estimates of Inbreeding and Inbreeding Depression for Days to First Service and Summit Milk Yield in Holsteins and Jerseys. *American Dairy Science Association*, stránky 2967 - 2976.
- Collins, R., & Cardé, R. (1985). Variation in and Heritability of Aspects of Pheromone Production in the Pink Bollworm Moth, *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Annals of the Entomological Society of America*, stránky 229 - 234.
- Cothran, E., MacCluer, J., Weitkamp, L., Pfennig, D., & Boyce, A. (1984). Inbreeding and reproductive performance in Standardbred horses. *The Journal of Heredity*, stránky 220 - 224.

- Croquet, C., Mayeres, P., Gillon, A., Hammami, H., Soyeurt, H., Vanderick, S., & Gengler, N. (2007). Linear and Curvilinear Effects of Inbreeding on Production Traits for Walloon Holstein Cows. *American Dairy Science Association*, stránky 465 - 471.
- Croquet, C., Mayeres, P., Gillon, A., Vanderick, S., & Gengler, N. (2006). Inbreeding Depression for Global and Partial Economic Indexes, Production, Type, and Functional Traits. *American Dairy Science Association*, stránky 2257 - 2267.
- Cruden, D. (1949). The computation of inbreeding coefficients for closed populations. *The Journal of Heredity*, stránky 248 - 251.
- Curik, I., Zechner, P., Sölkner, J., Achmann, R., Bodo, I., Dovic, P., Kavar, T., Marti, E. & Brem, G. (2003). Inbreeding, Microsatellite Heterozygosity, and Morphological Traits in Lipizzan Horses. *Journal of Heredity*, stránky 125 - 132.
- Frankham, R. (1995). Inbreeding and Extinction: A Threshold Effect. *Conservation Biology*, stránky 792 - 799.
- Gerloff, C., Ottmer, B., & Schmid-Hempel, P. (2003). Effects of inbreeding on immune response and body size in a social insect, *Bombus terrestris*. *Functional Ecology*, stránky 582 - 589.
- González-Recio, O., López de Maturana, E., & Gutiérrez, J. (2007). Inbreeding Depression on Female Fertility and Calving Ease in Spanish Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, stránky 5744–5752.
- Gowe, R., Fairfull, R., McMillan, I., & Schmidt, G. (1993). A Strategy for Maintaining High Fertility and Hatchability in a Multiple-Trait Egg Stock Selection Program. *Poultry Science*, stránky 1433 - 1448.
- Hedrick, P., Lee, R., & Garrigan, D. (2002). Major histocompatibility complex variation in red wolves: evidence for common ancestry with coyotes and balancing selection. *Molecular Ecology*, stránky 1905 - 1913.
- Hedrick, P., Parker, K., Gutiérrez-Espeleta, G., Rattink, A., & Liewers, K. (2000). Major histocompatibility complex variation in the Arabian oryx. *Evolution*, stránky 2145 - 2151.
- Hedrick, P., Parker, K., Miller, E., & Miller, P. (1999). Major Histocompatibility Complex Variation in the Endangered Przewalski's Horse. *Genetics Society of America*, stránky 1701 - 1710.

- Hodges, J., Tannen, L., McGillivray, B., Hiley, P., & Ellis, S. (1979). Inbreeding levels and their effect on milk, fat and calving interval in Hostein-Friesian cows. *Can. J. Anim. Sci.*, stránky 153 - 158.
- Hudson, G., & Van Vleck, L. (1984). Effects of Inbreeding on Milk and Fat Production, Stayability, and Calving Interval of Registered Ayrshire Cattle in the Northeastern United States. *Faculty Papers and Publications in Animal Science*, stránky 171 - 179.
- Hunde, S., & Onwu, S. (2013). Major Histocompatibility Complex. *International Journal of Advance Research*.
- Jakubec, V., Louda, F., & Bezdíček, J. (2012). *Šlechtění a management genetických zdrojů zvířat*. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín s.r.o.
- Jiroušek, V. T. (2005). *Zoologické zahrady České republiky a jejich přínos k ochraně biologické rozmanitosti*. Ministerstvo životního prostředí.
- Kasarda, R., & Kadlečík, O. (2007). An economic impact of inbreeding in the purebred population of Pinzgau cattle in Slovakia on milk production traits. *Czech J. Anim. Sci.*, stránky 7 - 11.
- Keller, L., & Waller, D. (2002). Inbreeding effects in wild populations. *Trends in ecology and evolution*, stránky 230 - 241.
- King, S., Boyd, L., Zimmemann, W., & Kendall, B. (2015). *Equus ferus*. Načteno z The IUCN Red List of Threatened Species 2015: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T41763A45172856.en>
- Klemetsdal, G., & Johnson, M. (1989). Effect of Inbreeding on Fertility in Norwegian Trotter. *Livestock Production Science*, stránky 263 - 272.
- Krogmeier, D., Aumann, J., & Averdunk, G. (1997). Untersuchungen zur Inzucht in der Gelbvieh- und Braunviehpopulation in Süddeutschland. *Züchtungskunde*, stránky 233 - 243.
- Mahon, G., & Cuningham, E. (1982). Inbreeding and the inheritance of fertility in the Throughbred mare. *Livestock Production Science*, stránky 743 - 754.
- Malécot, G. (1948). *Les Mathématiques de l'Hérédité*. Paris: Masson et Cie.
- Mc Parland, S., Kearney, J., Rath, M., & Berry, D. (2007). Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility and Conformation in Irish Holstein-Friesians. *American Dairy Science Association*, stránky 4411 - 4419.

- Miglior, F., Burnside, E., & Dekkers, J. (1995). Nonadditive Genetic Effects and Inbreeding Depression for Somatic Cell Counts of Holstein Cattle. *J Dairy Sci*, stránky 1168 - 1173.
- Minks, A. (1971). Decreased sex pheromone production in an in-bred stock of the Summerfruit Tortrix moth, *Adoxophyes orana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, stránky 361 - 364.
- Mohr, E. (1959). *Das Urwildpferd. Wittenberg Lutherstadt: Die Neue Brehm-Bücherei*. A. Ziemsen Verlag.
- Müller-Unterberg, M., Wallmann, S., & Distl, O. (2017). Effects of inbreeding and other systematic effects on fertility of Black Forest Draught horses in Germany. *Acta Veterinaria Scandinavica*.
- Nordskog, A., & Shen Cheng. (1988). Inbreeding Effects on Fertility and Hatchability Associated with the Formation of Sublines. *Poultry Science*, stránky 859 - 864.
- Paklina, N., & Pozdnyakova, M. (1989). Why the Przewalski horses of Mongolia Died Out. *Prewalski Horse 24*, stránky 30-34.
- Panetto, J., Gutiérrez, J., Ferraz, J., Cunha, D., & Golden, B. (2010). Assessment of inbreeding depression in a Guzerat dairy herd: Effects of individual increase in inbreeding coefficients on production and reproduction. *American Dairy Science Association*, stránky 4902 - 4912.
- Potts, W., Manning, J., & Wakeland, E. (1991). Mating patterns in seminatural populations of mice influenced by MHC genotype. *Nature*, stránky 619 - 621.
- Rokouei, M., Vaez Torshizi, R., Moradi Shhahrbabak, M., Sargolzaei, M., & Sørensen, D. (2010). Monitoring inbreeding trends and inbreeding depression for economically important traits of Holstein cattle in Iran. *J Dairy Sci*, stránky 3294 - 3302.
- Sevinga, M., Vrijenhoek, T., Hesselink, J., Barkema, H., & Groen, A. (2004). Effect of inbreeding on the incidence of retained placenta in Friesian horses. *American Society of Animal Science*, stránky 982 - 986.
- Sewalem, A., & Wilhelmson, M. (1999). Genetic study of embryonic mortality in White Leghorn lines selected for egg production traits. *British Poultry Science*, stránky 467 - 471.
- Sewalem, A., Johansson, K., Carlgren, A.-B., Wilhelmson, M., & Lillpers, K. (1998). Are reproductive traits impaired by selection for egg production in hens? *Animal Breeding and Genetics*, stránky 281 - 297.

- Schwensow, N., Eberle, M., & Sommer, S. (2008a). Compatibility counts: MHC-associated mate choice in a wild promiscuous primate. *Proceedings of the Royal Society of London*, stránky 555 - 564.
- Schwensow, N., Fietz, J., Dausmann, K., & Sommer, S. (2008b). MHC-associated mating strategies and the importance of overall genetic diversity in an obligate pair-living primate. *Evolutionary Ecology*, stránky 617 - 636.
- Slate, J., Kruuk, L., Marshall, T., Pemberton, J., & Clutton-Brock, T. (2000). Inbreeding depression in  $\square$  uences lifetime breeding success in a wild population of red deer (*Cervus elaphus*). *The Royal Society*, stránky 1657 - 1662.
- Smith, L., Cassrll, B., & Pearson, R. (1998). The Effects of Inbreeding on the Lifetime Performance of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, stránky 2729 - 2737.
- StatSoft, Inc. (2013). STATISTICA (data analysis software system), version 12.  
www.statsoft.com.
- Szwaczkowski, T., Cywa-Benko, K., & Wężyk, S. (2003). A note on inbreeding effect on productive and reproductive traits in laying hens. *Animal Science Papers and Reports*, stránky 121 - 129.
- Tatin, L., King, S., Munkhtuya, B., Hewison, A., & Feh, C. (2009). Demography of a socially natural herd of Przewalski's horses: an example of a small, closed population. *Journal of Zoology*, stránky 134 - 140.
- Thompson, J., Everett, R., & Hammerschmidt, N. (2000a). Effects of Inbreeding on Production and Survival in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, stránky 1856-1864.
- van Eldik, P., van der Waaij, E., Durco, B., Kooper, A., Stout, T., & Colenbrander, B. (2006). Possible negative effects of inbreeding on semen quality in Shetland pony stallions. *Theriogenology*, stránky 1159 - 1170.
- Vilà, C., Leonard, J., Gotherstrom, A., Marklund, S., Sandberg, K., Lide, K., Wayne, R. K. & Ellegren, H. (2001). Widespread Origins of Domestic Horse Lineages. *Science* 291, stránky 474-477.
- Volf, J. (2009). Půlstoletí mezinárodní spolupráce na záchraně koně Převalského - jak jsme začínali. *Equus 2009*, stránky 15-38.
- Wall, E., Brotherstone, S., Kearney, J., Woolliams, J., & Coffey, M. (2005). Impact of Nonadditive Genetic Effects in the Estimation of Breeding Values for Fertility and Correlated Traits. *American Dairy Science Association*, stránky 376 - 385.

- Wedekind, C., Chapuisa, M., Macas, E., & Rüllicke, T. (1996). Non-random fertilization in mice correlates with the MHC and something else. *Heredity*, stránky 400 - 409.
- Wright, S. (1922). Coefficients of inbreeding and relationship. *American Naturalist*, stránky 330-338.
- Yamazaki, K., Boyse, E., Miké, V., Thaler, T., Mathieson, B., Abbott, J., Boyse, J., Zayas, Z. A., & Thomas, L. (1976). Control of mating preferences in mice by genes in major histocompatibility complex. *Journal of Experimental Medicine*, stránky 1324 - 1335.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Např. Například

MHC Hlavní histokompatibilní komplex

GLM Základní lineární model

Apod. A podobně

## SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Ukázka zápisu v plemenné knize koně Převalského (klisna 589 - EUROPA)

Graf č. 1 Rozložení reziduálu

Graf č. 2 Průměrný počet mláďat pro jednotlivé skupiny  $f_x$

Graf č. 3 Rozložení průměrného počtu mláďat v závislosti na koeficientu inbreedingu

Graf č. 4 Rozložení reziduálu

Graf č. 5 Počet mláďat pro jednotlivé skupiny  $f_x$

Graf č. 6 Rozložení počtu mláďat v závislosti na koeficientu inbreedingu



## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka č. 1 Základní statistické charakteristiky

Tabulka č. 2 Výsledky koeficientu determinace

Tabulka č. 3 Test průkaznosti sledovaných efektů

Tabulka č. 4 Základní statistika charakteristiky

Tabulka č. 5 Výsledky koeficientu determinace

Tabulka č. 6 Test průkaznosti studovaných efektů

Tabulka č. 7 Srovnání počtu mláďat u klisen koně Převalského pro různé úrovně inbreedingu