

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra obecné zootechniky a etologie**



**Starokladrubský kůň – přehled publikovaných vědeckých prací**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Lada Bodnárová**

**Obor studia: Speciální chovy**

**Vedoucí práce: Ing. Barbora Hofmanová, Ph. D.**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Starokladrubský kůň – přehled publikovaných vědeckých prací" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 7. 4. 2017

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala především své vedoucí práce Ing. Barboře Hofmanové, Ph. D., za vedení práce, poskytnuté materiály, cenné rady a připomínky a obětovaný čas. Zároveň také rodině a přátelům, kteří mě při práci podporovali.

# Starokladrubský kůň – přehled publikovaných vědeckých prací

## Souhrn

Starokladrubský kůň patří mezi nejstarší teplokrevné plemeno koní, vzniklé na podkladě staroitalské a starošpanělské krve. Plemeno patří k barokním rasám, za účelem vzniku galakarosiera – mohutného kočárového koně s využitím při ceremoniálních obřadech a k reprezentativní službě.

Cílem této práce je na základě dostupných vědeckých prací vytvořit přehlednou literární rešerši se zaměřením zejména na problematiku využívání a analýzy znaků lineárního popisu. Z analýz znaků lineárního popisu mezi barevnými variantami je patrné, že vraníci měli více vyjádřený profil hlavy a vyšší nasazení krku, což odpovídá chovatelskému cíli. Bělouši měli výrazně více vyjádřené znaky: délku a výšku kohoutku, šířku a hloubku hrudníku a šířku prsou. Rozdíly jsou výsledkem zřetelného rozvoje obou barevných variant po roce 1918. Analýzy znaků lineárního popisu jsou vhodným materiálem pro odhad genetických parametrů a pro předpověď plemenné hodnoty.

Práce naznačuje možné souvislosti mezi zbarvením a výskytem melanomu, prokázané zvýšené riziko vzniku melanomu bylo potvrzeno u vybělujících běloušů. Obvykle se u nich projevuje ve věku 5-6 let. Bělouši s heterozygotní sestavou alel na lokusu GREY –  $G^G G^g$  vybělují pomaleji v porovnání s dominantně heterozygotní sestavou alel  $G^G G^G$ .

V malé populaci starokladrubského koně je důležité dbát na genetickou diverzitu a hodnotu inbreedingu uvnitř populace. Genetická variabilita linií starokladrubského koně je udržována pomocí alternativního přípařovacího plánu. Díky přípařovacímu plánu došlo ke snížení koeficientu inbreedingu v celkové populaci ze 7,75 % koní narozených v roce 1993 na hodnotu 4,88 % narozených v roce 2003.

Letní vyrážka (IBH) se projevuje jako sezónní dermatitida, způsobena bodnutím hmyzu především rodu *Culicoides*. Alergeny způsobující letní vyrážku pocházejí se slinných žláz samic. IBH je pravděpodobně geneticky podmíněná, v tomto důsledku se vyřazují IBH+ hřebci z chovu.

Na základě výsledků výkonnostních zkoušek jsou koně ve čtyřech letech vybrání a zapisováni do plemenné knihy. Výsledky analýz zkoušek výkonnosti umožňují vhodný výběr rodičů do další plemenitby a udržují tuto populaci zdravou a v původním rysu barokního koně.

**Klíčová slova:** Starokladrubský kůň, inbreeding, melanom, letní vyrážka, výkonnostní zkoušky

# Old Kladruber horse – a review of published scientific papers

## Summary

The Old Kladruber Horse is ranked among the oldest warm-blooded breed of horses originating from old-italian and old-spanish blood. This breed belongs to the so called baroque breeds, in order to get a “galakosier” – a mighty coach-horse utilized at ceremonial rituals and representative services.

Based on available scientific papers it is the objective of this paper to create a synoptical literary search focused especially on the problems of utilization and analysis of marks of linear description. From the analyses of linear description between the colour variants it is evident that black-horses had a stronger cephalic profile and a higher neck setting, which corresponds to the breeding objective. White-horses had significantly more expressed marks: length and height of withers, width and depth of chest and width of breasts. The differences result from distinct development of both colour variants after 1918. The analyses of linear description make suitable material for the assessment of genetic parameters and forecast of breed value.

This paper indicates possible relationship between the coloration and the appearance of melanoma, proven enhanced risk of occurrence of melanoma was confirmed with whitening white-horses. This usually occurs at the age of 5-6 years. White-horses with a heterozygous set of alleles on locus GREY -  $G^G G^g$  whiten slower in comparison with the predominantly heterozygous set of alleles  $G^G G^g$ .

Within the small population of the Old-Kladruber-Horse it is important to observe the genetic diversity and the value of inbreeding within the population. A genetic variability of pedigree lines is maintained using an alternative mating plan. Thanks to the mating plan the coefficient of inbreeding in total population decreased from 7,75% in the case of horses born in 1993 to 4,88% in the case of horses born in 2003.

The summer eczema (IBH) would show as seasonal dermatitis caused by insect bites of the *Culicoides* species. The allergens causing the summer eczema come from the salivary glands of females. The IBH probably is subject to genetics that is why the IBH+ stud-horses are disqualified from the inbreeding process.

Based on the results of performance testing the horses aged 4 years would be selected and registered in the pedigree book. The results of analyses of performance testing enable a suitable selection of parents for further inbreeding and keep this population healthy and within the original shape of a baroque horse.

**Keywords:** Old Kladruber horse, inbreeding, melanoma, summer eczema, performance testing

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>3</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Starokladrubský kůň .....</b>	<b>4</b>
3.1.1 Chovný cíl.....	4
3.1.2 Historie chovu.....	4
3.1.3 Struktura plemene .....	5
<b>3.2 Využívání lineárního popisu.....</b>	<b>7</b>
3.2.1 Analýza tělesných mír v otcovských liniích a mateřských rodinách starokladrubských koní.....	8
3.2.2 Odhad genetických parametrů a předpověď plemenné hodnoty lineárně popisovaných znaků tělesné stavby starokladrubského koně.....	10
3.2.3 Analýza lineárního popisu znaků tělesné stavby barevných variant a chovech starokladrubského koně .....	17
<b>3.3 Zbarvení starokladrubského koně a jeho diverzita a proces vybělování..</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Výskyt melanomu u běloušů .....</b>	<b>26</b>
<b>3.5 Genetická variabilita a příbuzenská plemenitba .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6 Výskyt letní vyrážky .....</b>	<b>34</b>
<b>3.7 Analýza výkonnostních zkoušek starokladrubských koní .....</b>	<b>35</b>
<b>4 Závěr .....</b>	<b>39</b>
<b>5 Seznam použité literatury .....</b>	<b>40</b>

# 1 Úvod

Starokladrubský kůň je jediné autochtonní plemeno koně v České republice. Jeho historie je delší než 400 let, tím se řadí mezi nejstarší plemena koní vůbec. Chovný cíl plemene je mohutný kočárový kůň – galakariosier v původním barokním rysu. Od roku 2002 má toto plemeno uzavřenou plemennou knihu, společně s budovami národního hřebčína bylo uznáno národní kulturní památkou. V roce 2017 je Národní hřebčín kandidát na seznam UNESCO.

Lineární popis se úspěšně používal už v letech 1967 u skotu. Pro znaky lineárního popisu starokladrubských koní byl vytvořen v roce 1995. Pro udržení vysoké variability a optimální tělesné konstituce v konkrétních případech, může být použití lineárního popisu užitečné pro stabilizaci a alternativní přípařovací plán.

O vznikajícím pigmentu rozhoduje obsazení lokusu EXTENSION, na kterém se nachází pro melanocyty stimulující receptor (MC1R). Za vrané zbarvení starokladrubských koní je zodpovědná recesivní sestava na lokusu AGOUTI –  $A^aA^a$  (Sponenberg, 1996). Vybělování tmavě zbarvených hříbat starokladrubského bělouše zodpovídá úplně dominantní alela na lokusu GREY ( $G^G G^G$ ,  $G^G G^g$ ), který je v epistatickém postavení vůči ostatním lokusům (Rieder et al., 2000).

Kožní melanomy se častěji vyskytují u vybělujících běloušů, jedná se o nezhoubné nádory s možností přechodu do zhoubného stádia. Maligní melanomy jsou agresivní s vysokou malignitou u tmavě zbarvených koní (vraník, hnědák, ryzák). Předpokládá se úzký vztah s vlivem mutace na vybělování a možný vznik kožního melanomu (Pielberg et al., 2008).

Za nižší genetickou variabilitu starokladrubských vraníků je zodpovědný tzv. bottleneck efekt – průchod genetickým „hrdlem láhve“ (výrazné omezení genetické variability v důsledku velmi tvrdé selekce nebo jiného faktoru, který způsobí drastický pokles četnosti populace a díky tomu i její genetické diverzity). Genetická diverzita umožňuje životaschopnost daného druhu. Nízká genetická variabilita vzniká v důsledku příbuzenské plemenitby (inbreedingu), která se využívá ve šlechtění jedinců.

Hypersenzitivita na hmyzí kousnutí (IBH), nazývaná také letní vyrážka či letní ekzém, je alergická sezónně se opakující dermatitida koní. IBH typu I je často spojována s uvolňováním histaminu a dalších zánětlivých mediátorů z bazofilů a žírných buněk, zprostředkována IgE (homocytotropní – váže se na receptory žírných buněk a bazofilů; uvolňuje mediátory zánětu – histamin, prostaglandiny, serotonin, leukotrieny; protilátky IgE zodpovědné za hypersenzitivitu). Letní vyrážku způsobují alergeny pocházející ze slinných žláz samic rodu *Culicoides* (Schaffartzik et al., 2012, Hellberg et al., 2006, Wilson et al., 2001).



Jako účinná prevence se koně v období od jara do podzimu dekují a potírají repelentem, aby se zamezilo bodnutí hmyzem. V současné době není účinná léčba a zkoumají se příčiny vzniku, jestli je IBH geneticky podmíněná. Proto se doporučuje vyřazovat IBH+ hřebce z chovu.

Před zapsáním do plemenné knihy musí alespoň čtyřleté klisny a hřebci starokladrubského koně absolvovat výcvik zakončený výkonnostními zkouškami. U výkonnostních zkoušek se hodnotí typ a pohlavní výraz, exteriér a výkonnost v rámci které se hodnotí výcvik, příjezděnost, mechanika pohybu, maraton, ovladatelnost spřežení a zkouška spolehlivosti v tahu v samotě. Celé zkoušky probíhají ve dvou dnech. Jednotlivé části jsou hodnoceny desetibodovou stupnicí a je zapotřebí získat alespoň 5 bodů u typu a exteriérových znaků a minimálně 4 body z každého znaku výkonnosti.

## 2 Cíl práce

Cílem této práce je na základě dostupných vědeckých prací vytvořit přehlednou literární rešerši se zaměřením zejména na problematiku:

- využívání a analýzy znaků lineárního popisu,
- charakteristiku zbarvení,
- výskyt melanomu u běloušů,
- výskyt letní vyrážky,
- genetickou diverzitu a analýzu příbuzenské plemenitby v populaci,
- analýzu výsledků výkonnostních zkoušek.

## **3 Literární rešerše**

### **3.1 Starokladrubský kůň**

Starokladrubský kůň je jediným českým autochtonním plemenem koně, které má tradice v chovu na našem území více než 400 let. Je zařazen do Národního programu konzervace a využití genetických zdrojů zvířat, jež jsou významná pro výživu a zemědělství (Czerneková, 2012). Dle fylogenetického původu patří do skupiny koní východních orientálních a vzniklo na podkladě krve starošpanělských a staroitalských koní. Od roku 2002 je populace starokladrubských koní uzavřena přílivu krve jiných plemen (Dyková, 2010). K 31. 12. 2016 bylo evidováno 48 plemenných hřebců (21 běloušů, 27 vraníků) a 535 plemenných klisen (260 bělek, 275 vranek). Do genetických zdrojů bylo, z celkového stavu 48 plemenných hřebců, zařazeno 46 hřebců – 19 běloušů a 27 vraníků, tj. 95,83 %, z celkového stavu 535 chovných klisen, zařazeno 350 klisen – 159 bělek a 191 vranek, tj. 65,4 % (Vyhodnocení šlechtitelského programu, 2016).

#### **3.1.1 Chovný cíl**

Kůň středně velkého až velkého obdélníkového rámce s korektní stavbou těla, harmonickými proporcemi a typickou klabonosou hlavou s výrazným velkým tmavým okem. Vyznačuje se pravidelnými kadencovanými chody s typickou vysokou akcí hrudních končetin v klusu. Cílem je zachování jediného původního českého plemene koní v typu galakariosiera, s využitím k ceremoniální a reprezentativní službě, soutěžím spřežení, drezuře, baroknímu a rekreačnímu ježdění. Žádoucí pro toto plemeno jsou pouze dvě barevné varianty – bělouši a vraníci. Z plemenitby se nevylučují ani klisny jiné barevné varianty – hnědáci a ryzáci. Jiné barevné varianty hřebců než bělouši a vraníci jsou z plemenitby vyloučeni (Řád plemenné knihy starokladrubského koně, 2015).

#### **3.1.2 Historie chovu**

Syn Jana z Pernštejna, Jaroslav, v kladrubské oboře choval první koně španělského původu. Tyto koně si přivezl ze svých cest během roku 1552 (Beckovský, 1880). Císař a král Maxmilián II. ze Španělska v roce 1562 přivezl andaluské koně (Rosůlek, 1903). V 15. a 16. století vznikl smíšením těchto plemen kůň barokní, nazývaný Neapolský (Lacina, 1903).

Dne 27. 4. 1579 (někde se uvádí 24.4) císař a král Rudolf II. vydal listinu, v níž jmenoval prvního ředitele a finálně založil ústav pro chov koní. Hřebčín byl v plném provozu již v roce 1590. Tehdy v něm bylo asi 200 koní. Císař a král Leopold I. křížil klisny španělské rasy z neapolskými hřebci, aby docílil silnějších koní vhodných do těžkých kočárů (Rosůlek, 1903). Nejstarší zapsaný hřebec v plemenné knize, byl bělouš Rubino narozen v roce 1648. Kůň španělského rázu a kladrubského chovu (Ledr, 1924). Dva kmeny koní lipických (Favory a Maestoso) vedou své rodokmeny od hřebců v Kladrubech narozených za úřadu ředitele Karla Ferdinanda rytíře Nicolettiho (Rosůlek, 1903). Část koní italské rasy byla přesunuta z Kopčan do Kladrub. Tehdy přišel do Kladrub hřebec General, narozený 1787 v Kopčanech z potomstva hřebce Pepoli, přímý zakladatel dnešních starokladrubských běloušů (Motloch, 1886). Přímým zakladatelem vraníků je hřebec Sacramoso, narozený v roce 1800 v Kroměříži (Rosůlek, 1903). Pravděpodobně posledním přímým importem ze Španělska v roce 1803 do Kladrub přišli hřebci Zeon (bělouš) a vraník Seviliáno (Štencl, 1976). Na podnět Hraběte Grünne byl v Římě zakoupen v roce 1853 vranný hřebec Napoleone, zakladatel linie. (Rosůlek, 1903). V roce 1922 vyřazením hřebce Napoleone VI z chovu byla linie zrušena. Vrané stádo bylo v meziválečném období téměř zlikvidováno. Díky úsilí profesora Františka Bílka, DrSc. se na poslední chvíli podařilo zachránit několik posledních zvířat a v r. 1941 přistoupit pod jeho vedením k regeneraci starokladrubského vraníka (Volenec, 1995). Do stáda starokladrubských vraníků byl v roce 1973 importován z Holandska fríský hřebec Romke. Stav chovného stáda vraníků v roce 1975 byl pouze 6 hřebců a přes 30 klisen. V roce 1992 konstatuje pokračovatel prof. Bílka doc. Ing. Jaromír Dušek, DrSc., že regenerační proces je zdárně završen a starokladrubský vraník je zachráněn (Dušek, 1992).

### 3.1.3 Struktura plemene

Původ starokladrubského koně je možno vysledovat zpět k zakladatelům kmenů, které daly jména současně existujícím otcovským kmenům (Generale, Generalissimus, Sacramoso, Solo, Favory, Siglavi Pakra, Romke, Rudolfo). V tab. 1.A a 1.B je uvedený přehled zakladatelů kmenů plemene (Řád plemenné knihy starokladrubského koně, 2015).

Tab. 1.A. Přehled zakladatelů čistokrevných klasických kmenů starokladrubského koně

Název	Barva	Rok narození	Plemeno	Původ
Generale	bělouš	1787	Starokladrubské	Slovensko (Kopčany)
Generalissimus	bělouš	1797	Starokladrubské	Slovensko (Kopčany)
Sacramoso	vraník	1800	Starokladrubské	Morava (Kroměříž)
Napoleone	vraník	1845	Italskošpanělské	Itálie (Řím)
Solo	vraník	1927	Starokladrubské	Hřebčín Kladruby nad Labem
Favory	plavák	1779	Starokladrubské	Hřebčín Kladruby nad Labem

Zdroj: Řád plemenné knihy starokladrubského koně (2015)

Tab. 1.B. Přehled zakladatelů čistokrevných neklasických kmenů starokladrubských koní

Název	Barva	Rok narození	Plemeno	Původ
Siglavi Pakra	vraník	1946	Lipické	Hřebčín Dakovo (Chorvatsko)
Romke	vraník	1966	Fríské	Nizozemsko
Rudolfo	bělouš	1968	Lusitano	Portugalsko

Zdroj: Řád plemenné knihy starokladrubského koně (2015)

Současná populace je rozdělena na 5 čistokrevných klasických kmenů a 3 čistokrevné neklasické kmeny. Kmeny bílé varianty jsou GENERALE, FAVORY a RUDOLFO. Vraníci kmene SOLO a SIGLAVI PAKRA a GENERALISSIMUS, SACRAMOSO a ROMKE se vyskytují v obou barevných variantách (bělouši i vraníci). NAPOLEONE, čistokrevný klasický kmen, zanikl v roce 1922. Původ starokladrubského koně je možno vysledovat zpět k 8 zakladatelkám čistokrevných klasických rodin a 7 zakladatelkám čistokrevných neklasických rodin, jejich přehled je uveden v tab. 2.A a 2.B. (Řád plemenné knihy starokladrubského koně, 2015).

Tab. 2.A. Přehled zakladatelek čistokrevných klasických rodin starokladrubských koní

Název	Barva	Rok narození	Plemeno	Původ
Africa	bělka	1740	Starokladrubské	Hřebčín Kladruby nad Labem
Rava	bělka	1755	Starokladrubské	Hřebčín Kladruby nad Labem

Deflorata	bělka	1767	Dánskošpanělské	Frederiksborg (Dánsko)
Almerina	vranka	1769	Starokladrubské	Hřebčín Kladruby nad Labem
Sardinia	bělka	1770	Lipické	Hřebčín Lipica (Slovinsko)
Ragusa	vranka	1888	Starokladrubské	Hřebčín Kladruby nad Labem
Cariera	hnědka	1894	Teplokrevné	Hřebčín Kladruby nad Labem
Madar VI	bělka	1782	Lipické	Hřebčín Mezöhegyes (Maďarsko)

Zdroj: Řád plemenné knihy starokladrubského koně (2015)

Tab. 2.B. Přehled zakladatelek čistokrevných neklasických rodin starokladrubských koní

Název	Barva	Rok narození	Plemeno	Původ
15 Narcis(I)	vranka	1939	Starokladrubské	Chrást u Chrudimi
67 Xandra	bělka	1938	Teplokrevné	Neznámý původ
154 Bárta	vranka	1953	Orlovský klusák	Hřebčín Chrenovojský (Rusko)
Favora Č3912	bělka	1963	Starokladrubské	Privátní – volný chov
Dana (G) Č3934	bělka	1969	Starokladrubské	Privátní – volný chov
292 Ritorna	vranka	1974	Teplokrevné	Hřebčín Slatiňany
Gita (G) Č399	bělka	1974	Teplokrevné	Privátní – volný chov

Zdroj: Řád plemenné knihy starokladrubského koně (2015)

### 3.2 Využívání lineárního popisu

Lineární popis pro znaky tělesné stavby starokladrubských koní byl vytvořen v roce 1995. V Národním hřebčíně v Kladrubech nad Labem je každoročně aplikován u vraného a bílého stáda a koní ostatních chovů ve věku tří let. Do analýzy jsou samozřejmě zahrnuty také další parametry, kterými jsou věk, pohlaví a plemenná příslušnost koně (Jakubec et al., 2007). Výsledky analýzy publikoval Jakubec et al. (1998, 1999, 2000) a také Schlote et al. (2002). Jakubec et al. (1999) ve své práci uvedl i další znaky, stavbu těla, tělesný rámec, chody a harmonii. Lineárním popisem tělesné stavby starokladrubských koní se dále zabývají například Čapková (2008), Jakubec et al. (2009), Vostrý et al. (2011) a Vostrý et al. (2012).

Lineární popis je úspěšně používán u skotu již od roku 1967, s velmi efektivními výsledky (Cassell et al., 1973).

### 3.2.1 Analýza tělesných mír v otcovských liniích a mateřských rodinách starokladrubských koní

Analýzu, ve které bylo zahrnuto 537 starokladrubských koní, 66 hřebců (12%) a 471 klisen (88%) provedla Čapková (2008). Klasifikace probíhala v období od roku 1980 do roku 2004 jedním posuzovatelem. Koně se narodili v rozmezí let 1980–2000 a jejich věk při posuzování byl od 3 do 10 let. Analyzovány byly následující tělesné míry: kohoutková výška – hůlková (KVH), kohoutková výška – pásková (KVP), obvod hrudi, obvod holeně a hmotnost. K analýze byl použit obecný lineární model s fixním efektem, vycházející z metody nejmenších čtverců (GLM). Fixními efekty zahrnutými v tomto modelu byly: barevná varianta (bílá, černá), chovatel (Národní hřebčín Kladruby nad Labem, soukromí chovatel), pohlaví, otcovská linie, mateřská rodina, rok narození a věk při klasifikaci. Byl použit tento lineární model s fixním efektem:

$$Y_{ijklmno} = \mu + VAR_i + CHOV_j + POHL_k + LIN_l + ROD_m + ROK_n + VEK_o + (VAR \times CHOV)_{ij} + e_{ijklmno}$$

- $Y_{ijklmno}$  = pozorovaný ukazatel lineárního typu znaku
- $\mu$  = celkový průměr
- $VAR_i$  = fixní efekt i-té barevné varianty ( $i = 1, 2$ )
- $CHOV_j$  = fixní efekt j-tého chovatele ( $j = 1, 2$ )
- $POHL_k$  = fixní efekt k-tého pohlaví ( $k = 1, 2$ )
- $LIN_l$  = fixní efekt l-té otcovské linie ( $l = 1-8$ )
- $ROD_m$  = fixní efekt m-té mateřské rodiny ( $m = 1-15$ )
- $ROK_n$  = fixní efekt n-tého roku narození ( $n = 1-21$ )
- $VEK_o$  = fixní efekt o-tého věku koně při klasifikaci
- $(VAR \times CHOV)_{ij}$  = fixní efekt ij-té interakce mezi barevnou variantou a chovatelem
- $e_{ijklmno}$  = náhodná reziduální chyba

Čapková (2008) publikovala tyto výsledky: otcovské linie jsou dobře fenotypově stabilní. Vysoce významné rozdíly byly uvedeny u obvodu holeně, významné rozdíly byly nalezeny v KVH, KVP a obvodu hrudi. Hmotnost nebyla významně odlišná. U mateřských rodin byly nalezeny vysoce významné rozdíly u všech tělesných mír kromě hmotnosti. Hmotnost vykazovala významné rozdíly.

#### Srovnání otcovských linií podle statisticky významných rozdílů:

V kohoutkové výšce – hůlkové byly nalezeny nejvýznamnější rozdíly v otcovské linii Sacramoso, což se projevilo vysoce významnými rozdíly mezi Solo, Siglavi Pakra a Romke. Další vysoce významné rozdíly byly nalezeny mezi linií Generalissimus a Siglavi Pakra.

U kohoutkové výšky – páskové byly nejvýznamnější rozdíly nalezeny také u linie Sacramoso. Tato otcovská linie se odlišovala od Solo, Siglavi Pakra a Romke. Ostatní rozdíly byly významné.

Hodnoty obvodu hrudi byly poměrně vyrovnané, vysoce významné rozdíly byly reflektovány mezi Sacramoso a Romke. Významné rozdíly byly také mezi Generalissimus a liniemi Sacramoso a Rudolfo.

Nejvíce rozdílů bylo nalezeno v hodnotách obvodu holeně, kde vysoce významné rozdíly byly nalezeny mezi Favory a otcovskými liniemi Solo, Romke, Generalissimus a Siglavi Pakra, také mezi Sacramoso a liniemi Solo a Romke.

Hmotnost nevykazovala vysoce významné rozdíly.

#### Srovnání mateřských rodin podle statisticky významných rozdílů:

V kohoutkové výšce – hůlkové byly vysoce významné rozdíly nalezeny mezi Favora a rodinami Almerina, Ragusa, Cariera, Sardinia-Magura, Africa-Maestosa, Xandra, Barta a Ritorna. Poté Madar VI-Kaca, která byla odlišná od rodin Almerina, Ragusa, Cariera, Sardinia-Magura, Xandra, Barta a Ritorna.

Vysoce významné rozdíly v kohoutkové výšce – páskové byly analyzovány mezi rodinami Favora a Almerina, Ragusa, Cariera, Sardinia-Magura, Africa-Maestoso, Deflorata-Plutona, Xandra, Barta, Ritorna, Dana. Mateřská rodina Madar VI-Kaca a Almerina, Cariera, Sardinia-Magura, Barta, Spolu navzájem měly vysoce významné rozdíly.

Hodnota obvodu hrudníku vykazovala vysoce významné rozdíly mezi Favora a Almerina, Ragusa, Cariera, Sardinia-Magura, Africa-Maestosa, Xandra, Barta. Další byly Almerina a rodiny Narcis a Gita. Tyto dvě rodiny byly odlišné také od Xandra a Barta.

V obvodu holeně se lišila Favora od Almerina, Cariera, Sardinia-Magura, Xandra a Barta.

Vysoce významné rozdíly hmotnosti byly mezi těmito rodinami: Favora a Almerina, Cariera, Sardinia-Magura, Xandra, Barta. Vysoká významnost byla také mezi Cariera a Gita.



### 3.2.2 Odhad genetických parametrů a předpověď plemenné hodnoty lineárně popisovaných znaků tělesné stavby starokladrubského koně

Lineární popis znaků tělesné stavby starokladrubského koně byl proveden v souladu s metodikou Jakubce et al. (1999). K popisu byla použita lineární stupnice od 1 do 9. V tabulce 3 jsou uvedené lineární hodnoty a optima všech 36 použitých znaků. Znaky jsou rozděleny na 4 části těla: předotrupí, trup, zád' a končetiny.

Tab. 3. Systém posuzování lineárně popisovaných znaků

Číslo	Znak	Stupnice		Opt.
		1	9	
<b>Předotrupí</b>				
1	Kohoutková výška	Nízká	Vysoká	6
2	Mohutnost	Nízká	Vysoká	6
3	Hlava – profil	Konkávní	Konvexní	7
4	Krk – délka	Velmi krátký	Velmi dlouhý	6
5	Krk – nasazení	Velmi nízko	Velmi vysoko	6
6	Krk – profil	Obrácený	Klenutý	6
7	Kohoutek – délka	Velmi krátký	Velmi dlouhý	5
8	Kohoutek – výška	Velmi nízký	Velmi vysoký	5
<b>Trup</b>				
9	Hřbet – délka	Velmi krátký	Velmi dlouhý	6
10	Hřbet – klenutí	Velmi měkký	Velmi klenutý	6
11	Bedra – délka	Velmi krátká	Velmi dlouhá	6
12	Bedra – klenutí	Velmi měkká	Velmi klenutá	5
13	Lopatka – délka	Velmi krátká	Velmi dlouhá	5
14	Lopatka – sklon	Velmi strmá	Velmi šikmá	5
15	Hrudník – obvod	Nízký	Vysoký	6
16	Hrudník – délka	Velmi krátký	Velmi dlouhý	6
17	Hrudník – šířka	Velmi úzký	Velmi široký	5
18	Hrudník – hloubka	Velmi mělký	Velmi hluboký	6
19	Prsa – šířka	Velmi úzká	Velmi široká	5

<b>Zád'</b>				
20	Zád' – délka	Velmi krátká	Velmi dlouhá	5
21	Zád' – šířka	Velmi úzká	Velmi široká	5
22	Zád' – sklon	Velmi skloněná	Rovná	5
23	Zád' – profil	Rohatá	Štěpená	5
24	Nasazení ohonu	Zapíchnutý	Vysoko nasazený	5
<b>Končetiny</b>				
25	Hrudní končetiny – zepředu	Velmi úzký	Velmi široký	5
26	Hrudní končetiny – zboku	Prohnutý	Velmi přikleklý	4
27	Zadní kopyto – zboku	Velmi šikmé	Velmi měkké	5
28	Zadní kopyto – délka	Velmi krátké	Velmi dlouhé	5
29	Přední kopyto – zboku	Silně tupouhlé	Silně ostroúhlé	5
30	Přední kopyto – šířka	Velmi úzké	Velmi široké	5
31	Přední kopyto – velikost	Velmi malé	Velmi velké	5
32	Pánevní končetiny – zboku	Silně šavlovitý	Velmi otevřený	5
33	Pánevní končetiny – zezadu	Velmi úzké	Velmi široké	5
34	Spěnka – zboku	Velmi šikmá	Velmi měkká (medvědí)	5
35	Spěnka – délka	Velmi krátká	Velmi dlouhá	5
36	Úhel stěny kopyta	Silně tupouhlé	Silně ostroúhlé	5

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

Pro analýzu byla použita data získaná z plemenné knihy starokladrubského koně. Vostrý et al. (2011) ke své analýze použili 977 jedinců (283–29 % hřebců a 694–71 % klisen) po dobu 16 let (1990–2006). Soubor obsahuje celkem 1369 pozorování – 585 koní bylo pozorováno 1x a 392 koní bylo pozorováno 2x. K odhadu genetické variance a genetické kovariance mezi všemi znaky byl použit model se stálým účinkem vnějšího prostředí:

$$Y = Xb + Za + Wpe + e$$

- Y = vektor pozorování lineárního popisu
- b = vektor pro fixní efekt, kde byly zahrnuty tyto fixní efekty: barevná varianta (černá, bílá), manager skupina (Národní hřebčín, soukromé stádo), pohlaví

(hřebec, klisna), věk při popisu (1, ..., ≥ 8 let věku), rok, ve kterém popis probíhal (m = 1990, ..., 2006), interakce mezi chovatelem a barevnou variantou (n = 1, ..., 4)

- $a$  = vektor efektu náhodného působení aditivních genů
- $pe$  = vektor náhodného trvalého účinku vnějšího prostředí
- $e$  = vektor náhodných chyb
- $X, Z, W$  = výskyt příslušné matice spojené s  $b, a$  a  $pe$

Očekávaná hodnota  $y$  závisí pouze na  $Xb$ , protože ostatní podmínky jsou náhodné.

$$E(y) = Xb$$

Předpoklad složek variance – kovariance:

$$Var \begin{bmatrix} a \\ pe \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & I\sigma_{pe}^2 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

- $\sigma_a^2, \sigma_{pe}^2$  a  $\sigma_e^2$  = variance aditivních genů, efekt trvalého vlivu vnějšího prostředí a efekt dočasného vlivu vnějšího prostředí (reziduální chyba)
- $A$  = vztah matice složené z 1556 zvířat
- $I$  = jednotková matice představující 977 koní s pozorováním

Fenotypová matice variance – kovariance byla vypočítána na základě genotypu, trvalého vlivu vnějšího prostředí a reziduální matice variance – kovariance. Standartní chyby pro genetickou korelaci mezi znaky  $x$  a  $y$  [ $\sigma_{rG}(x, y)$ ] byly vypočítány za použití odhadu genetické korelace ( $r_G$ ), odhadu heritability každého znaku ( $h^2$ ) a jejich příslušné směrodatné odchylky ( $\sigma_h^2$ ). Vostrý et al. (2011) ve své práci použili vztah:

$$\sigma_{rG}(x, y) = \frac{1 - r^2(x, y)}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\sigma_{h_x^2} \sigma_{h_y^2}}{h_x^2 h_y^2}}$$

Na základě odhadu komponentů variance a kovariance byly odvozeny další populačně – genetické parametry:  $\sigma_y^2$  – fenotypová variance ( $\sigma_y^2 = \sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2 + \sigma_e^2$ ),  $h^2$  – přímá dědičnost  $h^2 = \sigma_a^2/\sigma_y^2$  a  $c^2$  – poměru stálých vlivů vnějšího prostředí  $c^2 = \sigma_{pe}^2/\sigma_y^2$ .

### Popisné charakteristiky

Popisné charakteristiky znaků tělesné stavby jsou uvedeny v Tab. 4. Optimální hodnoty nemusejí být nutně střední hodnota stupnice (5), ale mohou se lišit v závislosti na aktuálním chovatelském cíli. Podobné výsledky publikoval také Jakubec et al. 2007).

Tab. 4. Popisné charakteristiky a odhady komponentů variance

Znak	Průměr	SD	$\sigma_a^2$	$\sigma_{pe}^2$	$\sigma_e^2$	$h^2$	$s_h^2$	$c^2$
<b>Předotrupí</b>								
Kohoutková výška	5,72	2,04	2,39	0,70	1,09	0,57	0,042	0,17
Mohutnost	5,87	1,55	1,19	0,23	1,00	0,49	0,046	0,10
Hlava – profil	5,20	1,59	1,78	0,24	0,71	0,65	0,038	0,09
Krk – délka	5,12	1,16	0,15	0,01	1,17	0,11	0,025	0,005
Krk – nasazení	6,04	1,06	0,13	0,22	0,73	0,12	0,036	0,20
Krk – profil	6,02	1,90	1,14	0,44	1,91	0,33	0,040	0,12
Kohoutek – délka	4,77	1,54	0,45	0,84	1,10	0,19	0,039	0,35
Kohoutek – výška	4,18	1,27	0,38	0,27	0,99	0,23	0,036	0,17
<b>Trup</b>								
Hřbet – délka	5,70	1,24	0,45	0,28	0,87	0,28	0,044	0,18
Hřbet – klenutí	4,54	0,84	0,20	0,14	0,37	0,28	0,033	0,20
Bedra – délka	5,98	1,12	0,12	0,09	1,01	0,10	0,035	0,07
Bedra – klenutí	4,31	1,11	0,18	0,15	0,86	0,15	0,034	0,13
Lopatka – délka	4,49	0,89	0,05	0,001	0,64	0,07	0,023	0,001
Lopatka – sklon	3,97	1,11	0,06	0,05	1,02	0,05	0,026	0,04
Hrudník – obvod	6,05	2,44	2,44	2,23	1,47	0,40	0,050	0,36
Hrudník – délka	6,01	1,09	0,25	0,08	0,76	0,23	0,038	0,07
Hrudník – šířka	5,06	1,29	0,53	0,33	0,85	0,31	0,042	0,19
Hrudník – hloubka	5,81	1,39	0,45	0,11	1,09	0,27	0,041	0,06
Prsa – šířka	5,02	1,34	0,60	0,30	0,93	0,33	0,041	0,16

<b>Zád'</b>								
Zád' – délka	4,12	1,03	0,09	0,08	0,91	0,08	0,028	0,08
Zád' – šířka	5,53	1,29	0,54	0,27	0,72	0,35	0,044	0,18
Zád' – sklon	4,64	1,19	0,50	0,25	0,68	0,35	0,040	0,17
Zád' – profil	4,68	1,31	0,39	0,18	0,99	0,25	0,034	0,11
Nasazení ohonu	5,11	1,41	0,28	0,47	0,89	0,17	0,036	0,29
<b>Končetiny</b>								
Hrudní končetiny – zepředu	5,05	0,93	0,06	0,18	0,56	0,08	0,025	0,23
Hrudní končetiny – zboku	3,85	1,71	0,28	0,20	2,39	0,10	0,026	0,07
Zadní kopyto – zboku	4,65	1,00	0,15	0,14	0,60	0,17	0,039	0,15
Zadní kopyto – délka	4,64	1,06	0,19	0,00	0,71	0,21	0,031	0,001
Přední kopyto – zboku	5,18	1,09	0,17	0,23	0,62	0,16	0,033	0,23
Přední kopyto – šířka	4,90	1,02	0,44	0,06	0,58	0,41	0,039	0,05
Přední kopyto – velikost	4,97	0,64	0,05	0,01	0,32	0,14	0,030	0,03
Pánevní končetiny – zboku	4,35	1,01	0,04	0,34	0,51	0,05	0,031	0,39
Pánevní končetiny – zezadu	4,81	0,85	0,03	0,11	0,54	0,04	0,028	0,16
Spěnka – zboku	4,88	0,82	0,04	0,09	0,47	0,06	0,030	0,15
Spěnka – délka	4,32	1,00	0,18	0,10	0,63	0,20	0,039	0,11
Úhel stěny kopyta	5,18	0,97	0,17	0,09	0,58	0,20	0,033	0,11

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

- SD = směrodatná odchylka
- $\sigma_a^2$  = variance přímého genetického efektu
- $\sigma_{pe}^2$  = variance vlivu trvalých vnějších podmínek na jednotlivce
- $\sigma_e^2$  = variance reziduální chyby
- $h^2$  = koeficient přímé dědičnosti
- $s_h^2$  = standartní chyba koeficientu dědičnosti
- $c^2$  = poměr stálého vlivu vnějšího prostředí  $c^2 = \sigma_{pe}^2 / \sigma_y^2$

### Heritabilita a poměr stálého vlivu vnějšího prostředí

Hodnota koeficientu heritability  $h^2$  uvedená v tab. 5 dosáhla ze 14 % (5 znaků) hodnocení vyšší než 0,40, hodnocení v rozmezí 0,21 – 0,39 ve 33 % (12 znaků), hodnocení 0,11 – 0,20 bylo zjištěno ve 28 % (10 znaků) a nižší 0,10 ve 25 % (9 znaků). Nejvyšší hodnoty koeficientu byly vypočítány pro hlava – profil (0,65), kohoutková výška (0,57) a mohutnost (0,49). Naopak nejnižší hodnoty vykazovaly pánevní končetina – zezadu (0,04), pánevní končetina – zboku (0,05) a lopatka – sklon (0,05). Nejnižší odhadovaná dědivost byla nalezena ve znacích pro končetiny oproti ostatním skupinám části těla.

Nízké hodnoty koeficientu heritability pro znaky hrudní končetina – zepředu (0,08), lopatka – sklon (0,05), pánevní končetina – zboku (0,05), pánevní končetina – zezadu (0,04) a spěnka – zboku (0,06) mohou být způsobené ostatními faktory než efektem aditivních genů a malou variancí těchto znaků. Hodnoty standartní chyby heritability, s výjimkou spěnka – zboku, pánevní končetina – zezadu, hrudní končetina – zepředu a hrudní končetina – zboku, naznačovala statistickou významnost odhadu heritability ( $P < 0,05$ ). Tyto výsledky ukazují, že mnoho lineárně popisovaných znaků tělesné stavby byly středně dědivé s malou standartní chybou heritability. Odhad střední dědivosti lineárně popisovaných znaků tělesné stavby naznačuje, že genetické zlepšení těchto znaků je možné (Vostrý et al., 2011).

### Genetická a fenotypová korelace

Genetická korelace se pohybovala mezi -0,53 a +0,96 s průměrnou směrodatnou odchylkou 0,14. Genetická korelace pro mnoho znaků byla nízká, v rozmezí -0,30 a +0,30, spíše se blížila nule, což naznačuje nezávislost těchto znaků. Význam genetické korelace byl odhadnut pro 32 % znaků (18 % -  $P < 0,01$  a 14 % -  $P < 0,05$ ). Nízká až střední genetická korelace byla odhadnuta pro znaky předotrupí. Vyšší hodnota genetické korelace byla také stanovena ve znacích pro zád'. Nízká až střední hodnota byla stanovena pro znaky končetin, podobně jako znaky předotrupí (Vostrý et al., 2011).

Vostrý et al. (2011) dále uvádí, že odhad genetické korelace v rámci 4 skupin a mezi nimi odpovídal biologickým vztahům mezi studovanými znaky. Vysoká genetická korelace mezi znaky kohoutková výška, mohutnost, kohoutek – délka a kohoutek – výška, ukázala na chovatelské preference chovat vyšší koně.

### Plemenná hodnota

Se znaky lineárního popisu jsou hodnoceny znaky samostatně, nikoliv v kombinaci. Před zavedením plemenné hodnoty byla zvířata do plemenitby vybírána na základě jejich fenotypové hodnoty znaků (Jakubec et al., 1999).

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty směrodatné odchylky (SD), minima a maxima jednotlivých plemenných hodnot lineárně popisovaných znaků tělesné stavby. Plemenná hodnota profilu hlavy byla 0,15. Pro udržení vysoké variability a optimální tělesné konstituce v konkrétních případech, může být použití lineárního popisu užitečné pro stabilizaci a alternativní přípařovací plán.

Směrodatná odchylka plemenné hodnoty lineárního popisu byla v rozsahu od 0,14 (pánevní končetina – zezadu) do 1,03 (obvod hrudi). Vysoká variance plemenné hodnoty obvodu hrudi byla způsobena vysokou genetickou a fenotypovou variabilitou tohoto znaku v populaci. Plemenná hodnota použita pro efektivní výběr plemeníků a chovných klisen k dosažení potomků v typu těžkého kočárového koně, starokladrubského koně.

Tab. 5. Popisná statistika odhadu plemenné hodnoty

Znak	Směrodatná odchylka	Minimum	Maximum
<b>Předotrupí</b>			
Kohoutková výška	1,00	-3,46	3,22
Mohutnost	0,71	-2,17	2,76
Hlava – profil	0,87	-2,69	3,18
Krk – délka	0,26	-0,90	1,06
Krk – nasazení	0,26	-0,94	1,04
Krk – profil	0,62	-2,25	2,20
Kohoutek – délka	0,41	-1,37	1,37
Kohoutek – výška	0,37	-1,31	1,46
<b>Trup</b>			
Hřbet – délka	0,45	-1,57	1,95
Hřbet – klenutí	0,29	-1,06	1,56
Bedra – délka	0,26	-0,90	1,21
Bedra – klenutí	0,27	-0,94	1,01
Lopatka – délka	0,15	-0,50	0,62
Lopatka – sklon	0,18	-0,51	0,73

Hrudník – obvod	1,03	-3,09	3,33
Hrudník – délka	0,36	-1,13	1,64
Hrudník – šířka	0,45	-1,41	1,73
Hrudník – hloubka	0,41	-1,62	1,67
Prsa – šířka	0,46	-1,47	2,02
<b>Zád'</b>			
Zád' – délka	0,21	-0,72	0,79
Zád' – šířka	0,45	-1,20	2,67
Zád' – sklon	0,42	-2,31	1,67
Zád' – profil	0,40	-1,38	2,37
Nasazení ohonu	0,33	-1,92	1,14
<b>Končetiny</b>			
Hrudní končetiny – zepředu	0,22	-0,67	0,93
Hrudní končetiny – zboku	0,36	-1,08	1,10
Zadní kopyto – zboku	0,22	-1,05	0,92
Zadní kopyto – délka	0,28	-1,12	1,18
Přední kopyto – zboku	0,25	-1,01	1,04
Přední kopyto – šířka	0,37	-0,97	1,83
Přední kopyto – velikost	0,16	-0,46	1,00
Pánevní končetiny – zboku	0,15	-0,48	0,64
Pánevní končetiny – zezadu	0,14	-0,56	0,63
Spěnka – zboku	0,16	-0,61	0,92
Spěnka – délka	0,27	-1,08	0,97
Úhel stěny kopyta	0,25	-0,77	1,04

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

### 3.2.3 Analýza lineárního popisu znaků tělesné stavby barevných variant a chovech starokladrubského koně

Jakubec et al. (2007) pro tuto analýzu využili popis, který provedl kvalifikovaný posuzovatel, 494 koní od roku 1995 do roku 2000. Posuzovatel k popisu použil stupnici od 1 do 9 pro všech 32 lineárně popisovaných znaků, které jsou uvedeny v tabulce 6.



K analyzování odhadu na základě populačních parametrů všech znaků, použili analýzu nejmenších čtverců (GLM) a použili následující model:

$$Y_{ijklmn} = \mu + VAR_i + CHOV_j + POHL_k + ROK_l + VEK_m + (VAR \times CHOV)_{ij} + e_{ijklmn}$$

- $Y_{ijklmn}$  = pozorovaný ukazatel lineárního typu znaku
- $\mu$  = celkový průměr
- $VAR_i$  = fixní efekt i-té barevné varianty
- $CHOV_j$  = fixní efekt j-tého chovatele
- $POHL_k$  = fixní efekt k-tého pohlaví
- $ROK_l$  = fixní efekt l-tého roku narození
- $VEK_m$  = fixní efekt m-tého věku při klasifikaci
- $(VAR \times CHOV)_{ij}$  = fixní efekt ij-té interakce mezi barevnou variantou a chovatelem
- $e_{ijklmn}$  = náhodná reziduální chyba

Tab. 6. Odhady základních populačních parametrů

	Znak	Průměr	SD	V <sub>x</sub> (%)	Min	Max	Využitě stupně
<b>Předotrupí</b>							
1	Kohoutková výška	5,98	1,85	30,97	1	9	9
2	Hlava – profil	5,44	1,44	26,51	3	9	7
3	Krk – délka	5,16	1,16	22,46	2	7	6
4	Krk – nasazení	5,99	0,97	16,26	3	9	7
5	Krk – profil	6,04	1,68	27,83	1	9	9
6	Kohoutek – délka	4,99	1,48	29,69	1	9	9
7	Kohoutek – výška	4,41	1,20	27,29	1	9	9
<b>Trup</b>							
8	Hřbet – délka	5,57	1,28	23,02	3	9	7
9	Hřbet – klenutí	4,60	0,78	16,96	1	7	7
10	Bedra – délka	5,98	1,14	19,06	3	9	7
11	Bedra – klenutí	4,43	1,05	23,71	1	9	9
12	Lopatka – délka	4,52	0,78	17,25	3	7	5

13	Lopatka – sklon	3,85	1,04	26,97	1	7	7
14	Hrudník – obvod	6,40	2,32	36,25	1	9	9
15	Hrudník – délka	6,14	1,04	16,88	3	9	7
16	Hrudník – šířka	5,15	1,24	24,10	3	9	7
17	Hrudník – hloubka	6,03	1,19	19,72	3	9	7
18	Prsa – šířka	5,14	1,29	25,10	2	9	8
<b>Zád'</b>							
19	Zád' – délka	4,15	0,93	22,33	1	7	7
20	Zád' – šířka	5,89	1,16	19,63	3	9	7
21	Zád' – sklon	4,47	1,06	23,60	1	7	7
22	Zád' – profil	4,70	1,35	28,64	1	9	9
23	Nasazení ohonu	5,05	1,10	21,89	1	9	9
<b>Končetiny</b>							
24	Hrudní končetiny – zepředu	5,06	0,81	16,01	3	9	7
25	Hrudní končetiny – zboku	4,03	1,62	40,14	1	7	7
26	Holeň – obvod	6,18	1,49	24,17	1	9	9
27	Zadní kopyto – zboku	4,56	0,90	19,66	1	7	7
28	Přední kopyto – zboku	4,89	0,95	19,46	1	9	9
29	Přední kopyto – šířka	5,05	1,02	20,21	3	7	5
30	Přední kopyto – velikost	4,98	0,66	13,25	3	7	5
31	Pánevní končetiny – zboku	4,40	0,91	20,67	1	7	7
32	Pánevní končetiny – zezadu	4,94	0,78	15,80	3	9	7

Zdroj: Jakubec et al. (2007)

Hodnoty průměrů a směrodatných odchylek (SD) mají pouze informační charakter. Průměry nejsou známkou kvality a směrodatné odchylky nejsou známkou variabilit, jsou závislé na průměru. Mnohem důležitějším měřítkem variability je variační koeficient ( $V_x$ ). Obecně platí, že vyšší fenotypová variace znaků, indikuje vyšší genetickou varianci, která zaručuje dostatečnou odezvu selekce.

Jakubec et al. (2007) vypočítali největší proměnlivost pro znaky: hrudní končetiny – zboku (40,14 %), hrudník – obvod (36,25 %) a kohoutková výška (30,97 %). Poslední dva znaky byly změřeny a transformovány na stupně škály od 1 do 9. Naopak nejvyrovnanější byly znaky: krk – nasazení, hřbet – klenutí, bedra – délka, lopatka – délka,

hrudník – délka a hloubka, zád' – šířka, hrudní končetiny – zepředu, zadní kopyto – zboku, přední kopyto – zboku a velikost, pánevní končetiny – zezadu. Relativně vysoký variační koeficient měly znaky s hodnotami mezi 25 % a 29,99 % (kohoutek – délka, zád' profil, krk – profil, kohoutek – výška, lopatka - sklon, hlava – profil a prsa – šířka).

Jakubec et al. (2007) uvedli průměrné hodnoty znaků pro bílou a černou variantu a pro chov koní v Národním hřebčíně Kladruby nad Labem (Kladruby a Slatiňany) na jedné straně a chov koní u soukromých chovatelů na straně druhé. Významné rozdíly mezi barevnými variantami byly zjištěny u 13 ze 32 znaků. Tyto rozdíly jsou výsledkem zřetelného rozvoje obou barevných variant po roce 1918. Vraníci měli více vyjádřený profil hlavy a vyšší nasazení krku. Oba dva znaky odpovídají chovatelskému cíli. Bílá varianta měla výrazně více vyjádřené tyto znaky: délku a výšku kohoutku, šířku a hloubku hrudníku a šířku prsou. Žádné významné rozdíly mezi barevnými variantami nebyly zjištěny u kohoutkové výšky, délky a profilu krku a ostatních znacích trupu. Delší zád' byla zjištěna u vraníků. Bělouši mají vysoce významné hodnocení šířky zádě, posazení ohonu a hrudních končetin zepředu a zboku, významně vyšší mají i velikost předních kopyt. Ve tvaru a profilu zádě a ve zbytku znacích končetin nebyly nalezeny žádné významné rozdíly mezi barevnými variantami. Jakubec et al. (2007) stejně jako Vostrý et al. (2011) uvádí, že koně obou barevných variant s požadovanými znaky budou použiti k asortativnímu nebo disasortativnímu (korekčnímu) připárování k dosažení jednotnosti v daných lineárně popisovaných znacích, které vykazují významný rozdíl mezi vraníky a bělouši.

Koně soukromých chovatelů mají vyšší kohoutkovou výšku, delší hrudník a širší přední kopyta. Interakce barevné varianty a chovatele byla vysoce významná a významná pouze u 7 ze 32 znaků.

Mezi hřebci a klisnami byly zaznamenány významné rozdíly v 11 z 18 znaků předotrupí a trupu a ve 2 znacích ze znaků. Hřebci měli vysoce významné a výraznější projevy v těchto znacích: profil hlavy, nasazení a profil krku, klenutí beder, sklon lopatky a nasazení ohonu. Klisny vykazovaly vysoce významné a výrazně vyšší hodnocení v délce a výšce kohoutku, délce beder, délce a délce hrudníku a šířce zádí. Významné rozdíly nebyly nalezeny mezi znaky končetin. Rozdíly ve výsledcích mezi hřebci a klisnami jsou primárně ovlivněny pohlavním dimorfismem.

Jakubec et al. (2007) zjistili významné rozdíly mezi jednotlivými roky narození u 18 ze 32 znaků. Ve věku při klasifikaci zjistili významné rozdíly u 13 ze 32 znaků. Došli k závěru, že věk při klasifikaci nehraje roli, protože nyní jsou každoročně všichni koně standardně klasifikováni ve věku čtyř let.

### 3.3 Zbarvení starokladrubského koně a jeho diverzita a proces vybělování

Do roku 1750 byla polovina hřebců používaných v Kladrubech nad Labem hnědého zbarvení (např. linie Spagnuolo, Pompejus a Imperatore). V chovu se kromě dnes chovaných běloušů a vraníků vyskytovali také ryzáci, plaváci, strakoši a albíni (Lerche, 1956).

O výsledném zbarvení rozhoduje obsazení několika známých lokusů a vzájemné interakce mezi nimi. Obsazení lokusu EXTENSION rozhoduje o vznikajícím pigmentu. Na tomto lokusu se nachází gen pro melanocyty stimulující receptor (MC1R). Tvorba černého pigmentu (eumelaninu) je umožněna přítomností alespoň jedné dominantní alely v genotypu –  $E^E E^E$ ,  $E^E E^e$ . Tvorba červeného pigmentu (phaeomelaninu) je umožněna recesivně homozygotním genotypem –  $E^e E^e$  a výsledné zbarvení je ryzák (Sponenberg, 1996).

Rieder et al. (2001) ve své práci uvádí, že distribuci černého pigmentu na těle řídí gen signaling protein (ASIP) na lokusu AGOUTI.

Za výsledné zbarvení hnědák zodpovídá omezení pigmentace pouze na žíně hřívy a ocasu a distální části končetin, které je způsobeno přítomností alespoň jedné dominantní alely genotypu –  $A^A A^A$ ,  $A^A A^a$ . Recesivní sestava na lokusu AGOUTI –  $A^a A^a$  zakládá na vraném zbarvení koní. Pigment vraníků je po celém těle rovnoměrně rozložen. Rozložení červeného pigmentu není ovlivněno dominantní alelou  $A^A$ . Platí vztah recesivní epistáze lokusu EXTENSION vůči lokusu AGOUTI (Sponenberg, 1996).

Pielberg et al. (2008) poprvé publikovat přesnou lokalizaci genu pro vybělování, příčinu mutace uvedl duplikaci 4,6 kb v genu STX17 na chromozómu ECA25q. Následnou analýzou potvrdil vliv mutace na vybělování a zároveň na možný vznik kožního melanomu u lipických koní.

Vybělování hříbat starokladrubského bělouše je řízeno úplně dominantní alelou na lokusu GREY, genotypy –  $G^G G^G$ ,  $G^G G^g$ . Lokus GREY je v epistatickém postavení vůči ostatním lokusům pro zbarvení. Každá výměna srsti v průběhu vybělování znamená zvyšující se podíl bílých chlupů v srsti, avšak kůže zůstává tmavě pigmentovaná (Rieder et al., 2000).

Hofmanová et al. (2010) a Majzlík et al. (2010) ve své práci použili data naměřená na 376 různých koní starokladrubského bělouše. Bylo změřeno 230 klisen (61 %) a 146 hřebců, popř. valachů (39 %). Koně byli ve věku od 1 roku do 28 let (zvířata starší 21 byla sloučena do jedné skupiny, vzhledem k jejich nízkému počtu). Koně byli z chovu Národního hřebčína v Kladrubech nad Labem, ale také ze soukromých chovů. Měření probíhalo ve čtyřech letech

po sobě jdoucích (2005–2008). Stav vybělování byl měřen pomocí přístroje Minolta Spectrophometer 2500D. Hodnoty, které měřili byly následující:

- L\*           jasnost barvy v ose (0 = černá, 100 = bílá)
- a\*           barva v ose červená +60; zelená -60
- b\*           syty barvy v ose žlutá +60; modrá -60

Rozhodujícím parametrem pro jejich měření byl především parametr L\*. Měření bylo prováděno na čtyřech místech na těle – krk, plec, břicho a zád'. Měření na každé části bylo provedeno 3x, zaznamenaná hodnota představovala jejich průměrnou hodnotu.

Majzlík et al. (2010) se ve své práci zabýval také vitiligem, depigmentovanými plochami kůže, které identifikovali na každém zvířeti. Vitiligo byla posouzena aspekty typických částí výskytu, perianální a anální oblast (vitiligo A) a oblast hlavy (vitiligo F). Během procesu kvantifikace vitiliga, byli všichni koně rozděleni do čtyř skupin (0 – úplná pigmentace kůže, 1 – drobná, řídká pigmentovaná místa, 2 – souvislé, větší nepigmentované plochy kůže, 3 – rozsáhlé nepigmentované plochy kůže) podle Sölknera et al. (2004). Tento subjektivní způsob hodnocení provedla jedna osoba. Pro statistickou analýzu použili model GLM. Analyzovali vliv efektu otcovské linie, věku, pohlaví, parametru L, roku hodnocení a chovatele na rychlost vybělování, vitiligo A a vitiligo F. Použili následující modely:

$$L_{ijklm} = \mu + b_1VEK_m + LIN_l + POHL_k + ROK_j + CHOV_i + rep + a + e_{ijklm}$$

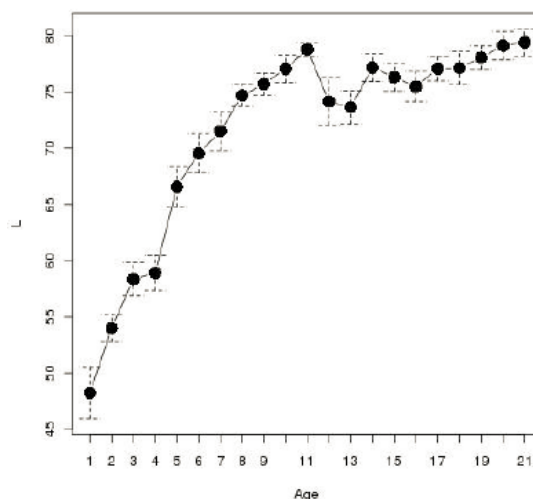
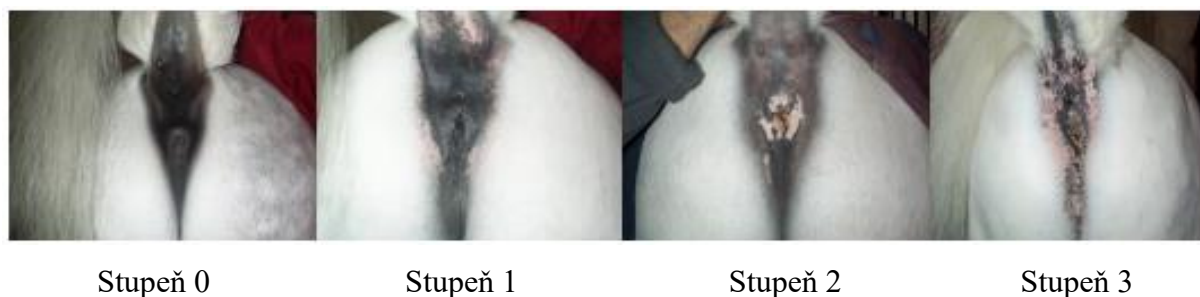
$$VITILA_{ijklm} = \mu + b_1VEK_m + LIN_l + POHL_k + ROK_j + CHOV_i + rep + a + e_{ijklm}$$

$$VITILF_{ijklm} = \mu + b_1VEK_m + LIN_l + POHL_k + ROK_j + CHOV_i + rep + a + e_{ijklm}$$

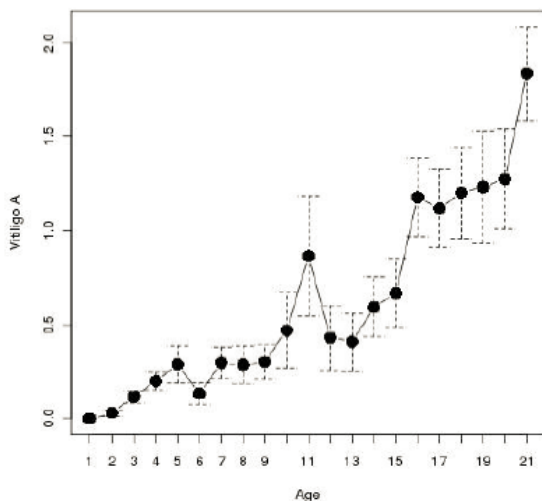
- $\mu$            = celkový průměr
- $b_1VEK_m$    = fixní lineární regrese na věk v době hodnocení ( $m = 1, 2, \dots, 21$ )
- $LIN_l$        = fixní efekt otcovské linie ( $l = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ )
- $POHL_k$      = fixní efekt pohlaví ( $k = 1, 2$ )
- $ROK_j$        = fixní efekt roku hodnocení ( $j = 2005, 2006, 2007, 2008$ )
- $CHOV_i$      = fixní efekt chovatele ( $i = 1, 2, 3, 4$ )
- rep           = náhodný efekt vlivu stálého vnějšího prostředí na jednotlivé koně
- a             = náhodný účinek jednotlivého koně
- $e_{ijklm}$      = náhodná reziduální chyba jednotlivých koní

Majzlík et al. (2010) uvádí, že statistické významnosti dosáhl pouze vliv pohlaví. Analýza naznačila vyšší úroveň vybělování u klisen starokladrubského koně oproti hřebcům. Výsledky jejich pozorování ukazují, že stupeň vitiliga v perianální a anální oblasti (vitiligo A) zesiluje v přibývajícím věku koně (graf 2). Vitiligo v hlavové oblasti (vitiligo F) nevykazuje podobný trend, avšak jeho nárůst začíná přibližně ve věku 5 let koně (graf 3). Analýza potenciálních faktorů odpovědných za vznik vitiliga A ukazuje průkazný vliv otcovské linie. Byla prokázána v linii Generale, nejnižší úroveň vykazuje linie Favory-Generalissimus. Spojení vybělování a vitiliga je potvrzeno významnou hodnotou parametru  $L^*$  a věku koně. Důkladná analýza depigmentace kůže v oblasti hlavy ukázala významnost všech šesti faktorů. Korelační analýza prokázala významnou fenotypovou korelaci mezi vitiligem A a vitiligem F ( $r_p = 0,31$ ). Genetická analýza potvrzuje očekávaný vliv vztah mezi vybělováním a oběma typy vitiliga.

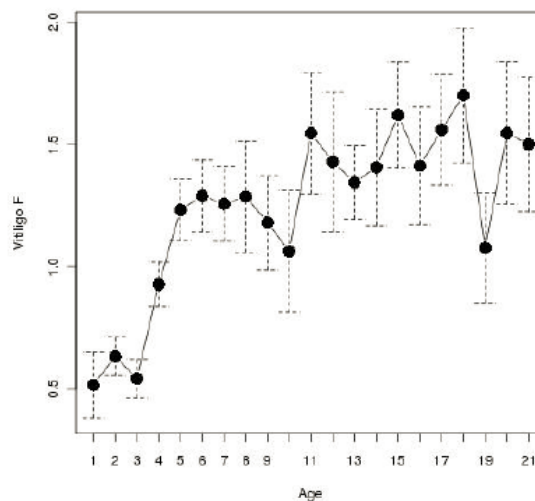
Obr. 1. Stupně vitiliga v perianální oblasti (Sölknera et al., 2004)



Graf 1. Vztah mezi věkem a úrovní vybělování (Majzlík et al., 2010)



Graf 2. Vztah mezi věkem a vitiligem A  
(Majzlík et al., 2010)



Graf 3. Vztah mezi věkem a vitiligem F  
(Majzlík et al., 2010)

Tab. 7. Odhad genetických parametrů ( $h^2$ ,  $r_p$ ,  $r_G$ )

	<b>L</b>	<b>VITILA</b>	<b>VITILF</b>
<b>L</b>	0,5182±0,0747	0,6727±0,1135	0,5332±0,1015
<b>VITILA</b>	0,3663	0,2019±0,0534	0,5422±0,0763
<b>VITILF</b>	0,3725	0,3103	0,3459±0,0644

Zdroj: Majzlík et al. (2010)

Heritabilita na diagonále, fenotypová korelace pod a genetická korelace nad diagonálou

Hofmanová et al. (2010) pro popsání procesu vybělování zvolili několik běžně používaných růstových křivek uvedených v tabulce 8.

Tab. 8. růstové křivky pro znázornění průběhu vybělování

Brodyho křivka	$L = a(1 - s \times e^{-k \times age})$
Logistická křivka	$L = \frac{a}{1 + s \times e^{-k \times age}}$
Gompertzova křivka	$L = a \times e^{-e^{-k \times age}}$
Bertalanffyho křivka	$L = a \left( 1 - \frac{e^{-k \times age}}{3} \right)^3$
Richardsova křivka	$L = a(1 \pm s \times e^{-k \times age})^m$

Zdroj: Hofmanová et al. (2010)

- a asymptota
- s tvarový koeficient
- k parametr charakterizující rychlost změny L
- m parametr určující relativní pozici inflexního bodu křivky

Výsledky, které publikovali Hofmanová et al. (2010), pomocí fotometrického měření, prokázaly shodu se známými empirickými i objektivně měřenými poznatky, zabývajícími se ztrátou pigmentace vybělujících běloušů s věkem (Lerche, 1956; Rieder et al., 2000; Sponenberg, 1996).

Zbarvení dle genové výbavy lokusů EXTENSION a AGOUTI vykazuje nižší věková kategorie koní, převážně to jsou hříbata po narození. Odpovídá tomu nízká hodnota L (<50) při poměrně vysoké proměnlivosti parametru. Hodnota L se nemění přibližně ve věku 10 let koně, tehdy zvířata dosahují konečného stupně procesu vybělování, tento fakt ve své práci také uvádí Majzlík et al. (2010) a v grafu 1 ukazuje vztah mezi věkem a procesem vybělování. U všech růstových křivek byly zjištěny vysoké hodnoty koeficientu determinace. Koeficient determinace  $R^2$  vyjadřuje, jak přesně zvolená křivka aproximuje naměřené hodnoty závislé na proměnném parametru L. Shodnou a zároveň nejvyšší hodnotu koeficientu determinace vykazaly funkce Brodyho, Logistická a Richardsova. Hodnota  $R^2 = 0,968$  vykazuje nejlepší popis vybělujícího procesu. Hodnota koeficientu determinace pro Gompertzovu a Bertalanffyho křivku  $R^2 = 0,967$ , tyto křivky popisují přesnější průběh vybělování ve věku 5 – 8 let (Hofmanová et al., 2010).

Narozené nevybělující hříbě je důkazem toho, že jeho rodiče (bílá barva) mají heterozygotní sestavu alel na lokusů GREY –  $G^G G^g$ . Pokud necháme pářit dva heterozygotní bělouše –  $G^G G^g \times G^G G^g$ , dáme tak vzniku se 75 % pravděpodobností, že z potomků budou opět bělouši a s 25 % pravděpodobností potomci vybělovat nebudou. Výsledné zbarvení nevybělujících hříbat je dáno sestavou na lokusech EXTENSION a AGOUTI. Dále ve své práci Hofmanová et al. (2010) zjistili, že homozygoti vybělují rychleji než heterozygotní jedinci, kteří ani nemusejí dosáhnout stejné úrovně vybělení. Tímto spojením se snižuje riziko nárůstu  $F_x$  v populaci běloušů. Bělouši, kteří se narodí těmto rodičům budou heterozygotní a budou hůře vybělovat. Pielberg et al. (2008) na souboru 694 lipických koní také zjistil, že rychlejší a úplnější vybělování bude probíhat u dominantních homozygotů ( $G^G G^G$ ) v porovnání s heterozygoty ( $G^G G^g$ ).



### 3.4 Výskyt melanomu u běloušů

Fleury et al. (2000b) a Heizerling et al. (2001) prokázali zvýšené riziko vzniku melanomu u vybělujících běloušů. U takto zbarvených koní se obvykle melanom projevuje ve věku 5 – 6 let (Jeglum, 1999). Rodríguez et al. (1997) pozoroval ranné stádium již u tříletých koní. Jeglum (1999) a Valentine (1995) uvedli, že až u 80 % jedinců bílé populace se melanom v dospělosti objeví.

Rozlišujeme 3 typy:

- Melanocytom (melanocytický névus)
  - Solitární benigní kožní tumor
  - Postihuje mladé jedince, zejména bělouše
- Kožní melanom (melanomatóza)
  - Mnohočetné pigmentované tumory
  - Postižení jsou leucističtí bělouši v oblasti kůže pod ocasem, v perianálním a análním okrsku, na předkožce, pyscích, perineu, očních víčkách a jejich okolí (Fleury et al., 2000a)
  - Předpoklad nezhooubného nádoru s možností přechodu do zhoubného stádia (Sölkner et al., 2004)
- Maligní melanomy (melanosarkomy)
  - Agresivní metastazující tumory
  - Postihuje především leucistické bělouše ve věku 7–20 let, agresivní s vysokou malignitou u zbarvení vraník, ryzák, hnědák (Knottenbelt, 2003)

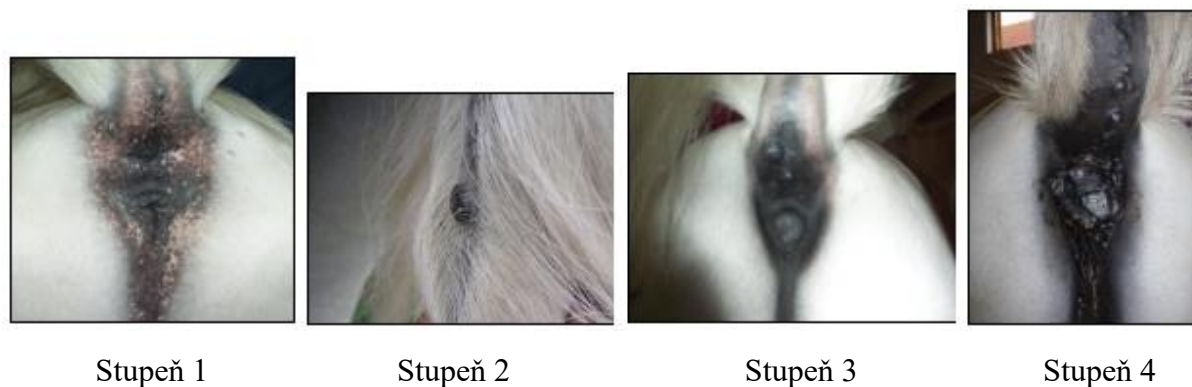
Genetickou analýzou, výskytem, dědičností a zvýšenou náchylností k melanomu se zabývali například Hofmanová et al. (2013, 2010), Futas et al. (2012), Vostrý et al. (2012) a Curik et al. (2013), který se zabýval problematikou u lipických koní.

Curik et al. (2013) uvádí, že dominantní fenotyp koní, kteří vybělují s postupem věku, je způsoben 4,6 – kb duplikací v intronu 6 na loku STX17 a je asociován s vysokým výskytem vzniku melanomu a kožní depigmentací vitiligo. Podobné výsledky uvádí také Futas et al. (2012), v jeho zkoumané populaci byla potvrzena silná asociace STX17 duplikace na ECA25 s melanomem. Polymorfismy se záměnou jednoho nukleotidu (SNP) v rámci TLR4 genu spojený s STX17 na ECA25 byl také spojen s výskytem melanomu.

Vostrý et al. (2012) za použití prahového modelu uvádějí odhadovanou hodnotu dědivosti pro stupeň melanomu  $h^2 = 0,07 \pm 0,04$  resp.  $0,11 \pm 0,05$ . Tato hodnota je v porovnání s publikovanými výsledky Curik et al. (2002) velmi malá ( $h^2 = 0,24 \pm 0,11$ ). Hofmanová et al. (2013) uvádí, že tato rozdílná hodnota heritabilit může být zapříčiněna zahrnutím všech věkových kategorií koní do analýzy, včetně koní mladých bez projevu výskytu melanomu. Dále také uvádí, že nejvyšší stupeň výskytu melanomu vykazují linie Favory-Generalissimus, Rudolfo a Generale-Generalissimus. To dokazuje statistickou významnost liniové příslušnosti ( $p = 0,0046$ ). Naopak linie Favory vykazovala nejnižší hodnotu stupně melanomu. Neprůkaznosti vlivu chovatele a pohlaví ve svých studiích dokázali Smith et al. (2002) a Hofmanová et al. (2013), která mimo to neprokázala ani vliv úrovně vybělování na výskyt melanomu.

Futas et al. (2010, 2012) pro chovatelskou praxi doporučuje sledování výskytu melanomu a případné omezení či vyřazení koní z chovu, u kterých se především v mladém věku vyskytuje melanom na vyšší úrovni. Vostrý et al. (2012) uvádí, že genetická variabilita výskytu melanomu se dá využívat v alternativním přípařovacím plánu.

Obr. 2. Stupeň melanomu (Sölkner, 2004; Majzlík, 2006)



### 3.5 Genetická variabilita a příbuzenská plemenitba

Genetická diverzita v populaci je dána počtem polymorfních genů (genů, které mají v genomu více než jednu alelu) a počtem alel každého polymorfního genu (Hedrick, 2005). Polymorfní geny pomáhají jedincům populace být pro každý gen heterozygotní, tzn. potomek od každého z rodičů obdrží jinou alelu tohoto genu (Frankham et al., 2002). Obecně lze říci, že s rostoucí genetickou variabilitou v populaci se zvyšuje její schopnost přežít a její vývoj je rychlejší. Zdrojem jsou mutace (změna genetické informace nejčastěji vlivem chemickým,

fyzikálním a biologickým), rekombinace a segregace. Genetická diverzita umožňuje přežití druhu a je objektem šlechtitelství. Nejčastěji se hodnotí podle stupně polymorfismu.

Příbuzenská plemenitba neboli inbreedingu je křížení mezi příbuznými jedinci. Příbuzenská plemenitba je jednou ze šlechtitelských metod, pomocí které lze rozšířit znaky jedinců, které by v populaci přirozeně vymizely. Důsledkem je snížení genetické variability takového potomstva. V inbreedingu se zmenšuje počet heterozygotních jedinců a stoupá tak počet homozygotů. Vyjadřuje se koeficientem inbreedingu, jehož hodnota udává pravděpodobnost (%), že jedinec zdědil obě alely téhož genu od jednoho předka.

Snížená úroveň variability starokladrubských koní, převážně vraníků, je způsobena tzv. průchodem genetickým „hrdlem láhve“ (bottleneck – výrazné omezení genetické variability v důsledku velmi tvrdé selekce nebo jiného faktoru, který způsobí drastický pokles četnosti populace a díky tomu i její genetické diverzity). Vlivem bottleneck efektu populace vykazují stále nižší genetickou diverzitu oproti populacím původním (Procházka et al., 2008). Při bottleneck efektu dochází k přechodnému, často velmi drastickému, poklesu velikosti populace, který je po zlepšení podmínek následován opětovným nárůstem počtu jedinců na původní nebo ještě vyšší hodnotu (Flegr, 2005). Bottleneck efekt se projevuje prudkým posílením významu genetického driftu (Höglund, 2009). Všechny existující genetické možnosti se do malého množství potomstva nevejdou a v populaci tak dochází ke ztrátě vzácných alel. Když se velikost populace časem opět obnoví, ztracené alely zůstávají ztraceny, a genetická variabilita je tak trvale snížena (Frankham, et al. 2002)

DNA analýzou genetické diverzity, nejen v populaci starokladrubského koně, se zabývali Kourková et al. (2009). Analyzovali genetickou variabilitu mezi čtyřmi plemeny koní České republiky, dvě podskupiny teplokrevných plemen – Starokladrubský a huculský kůň a dvě podskupiny chladnokrevných plemen koní – Slezský Norik a Českomoravský – Belgický kůň. Studovaly dinukleotidové opakovací sekvence polymorfismu z 16 STR autozomálního lokusu a jednoho speciálního markeru X chromozomu. Jejich výzkum byl proveden na 583 koní – 82 starokladrubských koní, 330 huculů, 105 slezských noriků a 66 českomoravských belgických koní. Všem zvířatům bylo genotypováno 17 mikrosatelitních markerů – AHT4, AHT5, HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, HTG4, HTG6, HTG7, HTG10, VHL20, ASB2, ASB17, ASB23, CA425, LEX3. V těchto různých velkých populacích pro každé plemeno spočítaly tyto prvky: frekvenci alel, pozorované a očekávané heterozygoty, test odchylek Hardy – Weinbergerovy rovnováhy, obsah polymorfni

informace. Ve výsledcích publikovaly, že poměrně vysokou genetickou variabilitu má plemeno Hucul.

DNA analýzou genetické diverzity v rámci a mimo otcovské linie starokladrubského koně se zabývali Vostrý et al. (2010). Ve svém výzkumu se zabývali:

#### Určení mezi liniového vztahu za pomoci mikrosatelitních markerů

Genotypizace zahrnovala 16 mikrosatelitních loků na rozložených na 16 chromozomech – AHT4, AHT5, ASB2, ASB17, ASB23, CA425, HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, HTG4, HTG6, HTG7, LEX3, VHL20. Celkový počet alel zjištěných na 16 mikrosatelitních loků byl 132. Průměrný počet alel na jeden mikrosatelitní lokus byl 8,25 s rozmezím od 4 do 14. Odhadovaný průměr pro pozorované heterozygotnosti mezi mikrosatelitními markery byl 0,637, přičemž odhadovaná průměrná hodnota genetické diversity byla 0,678. Heterozygotnost pozorovaná pro každý mikrosatelit se pohybovala v rozmezí od 0,374 pro mikrosatelit HTG6 do 0,827 pro mikrosatelit AHT4. Stejně jako u heterozygotnosti našli nejnižší hodnotu genetické diversity na mikrosatelitu HTG6 (0,406), nejvyšší hodnotu potom na mikrosatelitu VHL20 (0,835). Obecné informace o rozdílech a celkové statistiky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 9. Charakteristické a souhrnné statistiky pro analýzu mikrosatelitních loků v populaci starokladrubského koně

Lokus	Počet všech alel	Rozsah velikosti	Pozorovaná heterozygotnost	Genetická diverzita	Chromozomální lokace	Genová diference (G <sub>ST</sub> )
AHT4	10	143-160	0,827	0,821	24	0,076
AHT5	6	130-140	0,716	0,752	8	0,081
ASB2	14	236-255	0,821	0,846	15	0,060
ASB17	11	95-121	0,784	0,778	2	0,085
ASB23	12	178-207	0,534	0,703	3	0,073
CA425	6	234-244	0,651	0,622	28	0,029
HMS1	5	174-184	0,519	0,543	15	0,063
HMS2	12	217-238	0,725	0,734	15	0,044
HMS3	10	148-168	0,509	0,607	9	0,070
HMS6	10	155-172	0,685	0,713	4	0,075

HMS7	8	117-125	0,549	0,625	1	0,076
HTG4	6	127-137	0,682	0,700	9	0,106
HTG6	6	79-95	0,374	0,406	15	0,114
HTG7	4	117-125	0,556	0,600	4	0,162
LEX3	5	144-156	0,497	0,561	X	0,044
VHL20	7	85-105	0,765	0,835	30	0,115
<b>Průměr</b>	8,25	-	0,637	0,678	-	0,081

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

Popisnou statistiku skrze linie popisují v tabulce 10. Pozorovaná heterozygotnost a genetická diverzita ukazují podobné hodnoty ve všech liniích. Nejvyšší hodnota heterozygotnosti byla nalezena v linii Generale (0,569), nejnižší hodnota v linii Favory (0,680), která vykazovala nejvyšší hodnotu genetické diverzity (0,677). Nejnižší hodnotu genetické diverzity byla nalezena u linie Rudolfo (0,547), tento výsledek však mohl být ovlivněn nízkým počtem jedinců zahrnutých pro analýzu.

Tab. 10. Charakteristiky a souhrnné statistiky analýzy mikrosatelitních loků v liniích starokladrubskeho koně

Otcovská linie	Počet jedinců	Průměrný počet všech alel	Pozorovaná heterozygotnost	Genetická diverzita
Generale	40	4,38	0,569	0,575
Generale – Generalissimus	60	5,50	0,623	0,600
Favory	80	6,06	0,680	0,677
Favory – Generalissimus	68	5,69	0,656	0,622
Sacramoso	198	6,75	0,637	0,660
Solo	120	5,44	0,624	0,618
Siglavi Pakra	28	4,25	0,647	0,604
Romke	32	4,63	0,630	0,605
Rudolfo	22	3,94	0,659	0,547

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

Genetická variabilita linií starokladrubského koně je udržována pomocí alternativního přípařovacího plánu. Díky tomuto přípařovacímu plánu došlo ke snížení koeficientu inbreedingu v celkové populaci o 2,87 %, ze 7,75 % koní narozených v roce 1993 na hodnotu 4,88 % narozených v roce 2003 (Jakubec et al., 2009). Vostrý et al. (2011) uvádí, že v důsledku snížení heterozygotnosti v liniích může dojít k následku inbreední deprese.

Vostrý et al. (2011) zjistili největší podíl migrace mezi liniemi Romke a Solo (14,6) a naopak nejmenší podíl byl stanoven mezi liniemi Siglavi Pakra a Rudolfo (1,1). Je to v důsledku toho, že Romke a Solo jsou linie vraníků, tudíž mezi nimi probíhala intenzivnější výměna chovatelského materiálu oproti liniím Siglavi Pakra, která je černě zbarvená a linií běloušů Rudolfo. Tyto linie byly od sebe navzájem oddělené. Linie Generale – Generalissimus a Favory – Generalissimus vykazovaly nejvyšší genetickou podobnost. To vyplývá z chovatelské dokumentace – linie Generale – Generalissimus je defacto linie Generale a linie Favory – Generalissimus je vlastně linie Favory.

#### Určení mezi liniového vztahu za pomoci informací rodokmenu

Vostrý et al. (2011) pro všechny testované jedince použili prokázaný zpětný původ pěti generací. V tabulce 11 je uvedený koeficient příbuzenské plemenitby otcovských linií. Průměrná hodnota koeficientu inbreedingu všech linií je 0,076 se směrodatnou odchylkou 0,038. Tato hodnota odhadovaného koeficientu inbreedingu je shodná s hodnotami, které zveřejnil Jakubec et al. (2009) při analýze zahrnující všechny jedince populace starokladrubského koně narozené v roce 1993 ( $F_X = 0,0775$ ).

Tab. 11. Popisná charakteristika koeficientu inbreedingu ( $F_X$ ) pro linie

Otcovská linie	Průměrný $F_X$	SD	Minimum	Maximum
Generale	0,096	0,022	0,062	0,139
Generale – Generalissimus	0,078	0,019	0,042	0,128
Favory	0,048	0,029	0,003	0,155
Favory – Generalissimus	0,049	0,030	0,005	0,096
Sacramoso	0,091	0,040	0,006	0,222
Solo	0,080	0,035	0,003	0,207
Siglavi Pakra	0,082	0,050	0,011	0,177

Romke	0,084	0,043	0,004	0,151
Rudolfo	0,051	0,025	0,011	0,085
Všechny	0,076	0,038	0,003	0,222

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

Odhadovaný průměrný koeficient příbuznosti uvnitř a mezi liniemi podle Vostrý et al. (2011) je ukázán v tabulce 12.

Tab. 12. Průměrný koeficient příbuznosti v linii (na diagonále) a mezi liniemi (nad diagonálou)

Linie	G	G-Gss	F	F-Gss	Sac	Solo	SigP	Romke	Rudolfo
G	0,301	0,214	0,152	0,173	0,085	0,039	0,056	0,042	0,198
G-Gss		0,304	0,153	0,176	0,087	0,040	0,045	0,043	0,176
F			0,179	0,126	0,107	0,080	0,073	0,082	0,132
F-Gss				0,231	0,111	0,086	0,090	0,099	0,146
Sac					0,179	0,176	0,159	0,162	0,091
Solo						0,257	0,195	0,212	0,052
SigP							0,279	0,185	0,064
Romke								0,215	0,065
Rudolfo									0,256

Zdroj: Vostrý et al. (2011)

G = Generale, G\_Gss = Generale – Generalissimus, F = Favory, F\_Gss = Favory – Generalissimus, Sac = Sacramoso, SigP = Siglavi Pakra

Tuto metodu určení podobnosti mezi jedinci v populaci starokladrubského koně použil dříve také Příbyl et al. (1997). Výsledky studie Vostrý et al. (2011) jsou použity v rámci šlechtitelského programu, usilujícím o snížení koeficientu příbuzenské plemenitby.

Jakubec et al. (2004) se ve své práci zaměřili na porovnání koeficientu inbreedingu v roce 1993 a v roce 2003. Průměrný koeficient inbreedingu hřebců starokladrubského koně klesl ze 7,16 % na 5,47 % (u běloušů z 6,06 % na 5,10 %, u vraníků z 8,21 % na 5,94 %). U klisen poklesl na průměrnou hodnotu 5,05 % z původních 7,90 % (u bělek ze 7,29 % na 4,17 %, u vranek z 8,40 % na 5,86 %). Původně vyšší hodnota inbreedingu u vraníků souvisela s regeneračním procesem, během kterého byl používán intenzivní inbreedingu (Volenec et al., 1995).

Rodokmenovou analýzou populace starokladrubského koně se zabývali například Vostrá-Vydrová et al. (2016). Do své analýzy zahrnuly 7971 zvířat s rodokmenovými záznamy shromážděnými od roku 1729 do roku 2013. Rodokmen sahal do hloubky až 33 generací předků, s průměrem 15,1 kompletních generací. Přičemž efektivní počet zakladatelů a předků, kteří přispívají ke genofondu stávající populace byl 92,69 a 17,16. K analýze zvolili jednu referenční populaci o počtu 612 koní pohlavně aktivních jedinců (hřebců i klisen) narozených mezi lety 1995–2009. Dále dvě referenční subpopulace složené z jedinců bílé varianty (297 koní) nebo černé varianty (315) z referenční populace.

Publikovali následující hodnoty koeficientu inbreedingu:

- |                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| - Referenční populace 612 jedinců | 13 % (maximální hodnota 29 %) |
| - Bílá varianta 297 jedinců       | 11 % (maximální hodnota 25 %) |
| - Černá varianta 315 jedinců      | 15 % (maximální hodnota 29 %) |

Průměrné hodnoty inbreedingu:

- |                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| - Referenční populace 612 jedinců | 1 %   |
| - Bílá varianta 297 jedinců       | 0,8 % |
| - Černá varianta 315 jedinců      | 1,1 % |

Odhadovaná efektivní velikost populace:

- |                       |            |
|-----------------------|------------|
| - Referenční populace | 52 jedinců |
| - Bílá varianta       | 62 jedinců |
| - Černá varianta      | 45 jedinců |

Celková ztráta genetické diverzity:

- |                       |      |
|-----------------------|------|
| - Referenční populace | 11 % |
| - Bílá varianta       | 13 % |
| - Černá varianta      | 17 % |



### 3.6 Výskyt letní vyrážky

Hypersenzitivita na hmyzí kousnutí (IBH), nazývaná také letní vyrážka či letní ekzém, je alergická sezónně se opakující dermatitida koní. IBH typu I je často spojována s uvolňováním histaminu a dalších zánětlivých mediátorů z bazofilů a žírných buněk, zprostředkována IgE (homocytotropní – váže se na receptory žírných buněk a bazofilů; uvolňuje mediátory zánětu – histamin, prostaglandiny, serotonin, leukotrieny; protilátky IgE zodpovědné za hypersenzitivitu). V některých případech je IBH zprostředkována buňka, hypersenzitivita typu IV může přispívat k patogenezi. Letní vyrážka je způsobena především kousnutím hmyzu rodu *Culicoides* (Schaffartzik et al., 2012). Alergeny způsobující IBH pocházejí ze slinných žláz samic *Culicoides* (Hellberg et al., 2006, Wilson et al., 2001). V různých zeměpisných oblastech převládají rozdílné druhy *Culicoides* a u IBH postižených koní se ukázalo, že v kožních testech reagují extrakty z obou nativních a exotických druhů *Culicoides* (Anderson et al., 1993). První proteiny slinných žláz byly získány z laboratorně produkovaných druhů. Tyto proteiny vážou IgE, mají být identifikovány a produkovány jako rekombinantní proteiny. Ten je složený jedním proteinem z *Culicoides sonorensis* (Langner et al., 2009) a jedenácti proteiny z *Culicoides nubeculosus* (Schaffartzik et al., 2011). IBH je vážným problémem islandských koní vyvážených na evropský kontinent. U islandských koní žijících na Islandu k IBH nedochází, vzhledem k absenci *Culicoides spp.* (Schaffartzik et al., 2012).

Vychodilo et al. (2013) provedli imunogenomickou analýzu IBH v modelové populaci starokladrubskeho koně, všichni koně žijí ve stejném prostředí. Nalezli významné sdružování ( $p < 0,05$ ) složených genotypů s IBH. Kódující geny, jejichž polymorfismy se záměnou jednoho nukleotidu (SNP) spojené s letní vyrážkou byly: interferon gama (IFNG), transformační růstový faktor beta 1 (TGF $\beta$ 1), involukrin (IVL), Janusova kináza 2 (JAK2) a stromální brzlíkový lymfopoetin (TSLP). Podobné výsledky publikovali Klumplerova et al. (2013) na populaci islandských koní.

Jonsdottir et al. (2015) se věnovali islandským koním a ve své pilotní studii porovnávali intradermální a intralymfatické očkování pomocí čtyř purifikovaných rekombinantních alergenů. Očkovali třikrát dvanáct koní 10  $\mu$ g každého ze čtyř rekombinantních alergenů *Culicoides nubeculosus*. Šest koní injikovali intralymfatické, tři s IC31 a tři bez IC31 a šest injikovali intradermálně v přítomnosti nebo nepřítomnosti IC31. Zjistili, že intralymfatické injekce byly o něco účinnější než injekce intradermální, ale rozdíl nedosahuje významnosti. Testování blokací aktivity séra z imunizovaných koní intralymfatické s IC31 ukázalo, že takto

generované IgG protilátky byly schopné částečně blokovat vazbu séra IgE z IBH postiženého koně k r – alergenům. Došli k závěru, že IC31 pomocná látka indukuje imunitní odpověď bez nežádoucích účinků a bez tvorby IgE. Obě injekční metody a IC31 pomocná látka jsou silnými kandidáty pro další vývoj imunoprolaxe a terapie u koní. Spojení IBH s IgE se zabývali i Schaffartzik et al. (2012).

Hypersenzitivita na hmyzí bodnutí (IBH) teplokrevných plemen koní v České republice se zabývali Rašková a Čítek (2013). V malé uzavřené populaci uvádějí 28 % výskyt IBH. Doporučují kontrolu dědičnosti a vyřazování hřebců s IBH+ potomky. Míra výskytu IBH v potomstvu některých hřebců byla podle jejich výzkumu výrazně odlišná, nejnižší hodnota byla 10 % a nejvyšší hodnota 75 %).

Výsledky prací spojených s IBH mohou být použity pro navrhování ochranných programů jejichž cílem je snížit riziko výskytu IBH v populaci, a zároveň zachovat její rozmanitost a specifitu.

### **3.7 Analýza výkonnostních zkoušek starokladrubských koní**

Hřebci a klisny před zapsáním do plemenné knihy musí absolvovat výcvik ukončený zkouškami výkonnosti. Koně musí být alespoň čtyřletí, zdraví, prosti zjevných dědičně podmíněných konstitučních vad a chorob, okování na hrudních končetinách (popřípadě i pánevních končetinách). Zkoušky probíhají ve dvou dnech. Pomocí desetibodové stupnice (vynikající 9-10 bodů, nedostatečný 1-2 body) se hodnotí typ a pohlavní výraz, exteriér a výkonnost (výcvik, příjezděnost, mechanika pohybu, maraton, ovladatelnost spřežení, zkouška spolehlivosti v tahu v samotě). Minimální hodnocení nutné k absolvování zkoušek je 5 bodů u typu a exteriérových znaků a 4 body u každého znaku výkonnosti. Pokud se kůň v průběhu zkoušek zraní, může opakovat disciplíny, které neabsolvoval nebo opakovat celé zkoušky výkonnosti (Řád plemenné knihy starokladrubského koně, 2015).

Analýzou výkonnostních zkoušek starokladrubských koní se zabývali Andrejsová a kol. (2008). Autoři ve své práci analyzovali následující vlastnosti a ukazatele výkonnostních zkoušek: typ a pohlavní výraz, z exteriérových vlastností to byly tělesná linie, fundament, celkový soulad, příjezděnost a celkový dojem a znaky výkonnosti (krok, klus, cval, maraton, drezurní zkouška, vozatajský parkur, první zabrání, druhé zabrání a třetí zabrání). Za fixní efekt zvolili tyto vlastnosti a ukazatele: pohlaví, barevná varianta, chovatele, interakci chovatele a barevné varianty, rok narození, věk koně při absolvování výkonnostních zkoušek, otcovskou linii a interakci otcovské linie a chovatele. K analýze použili obecný lineární model vycházející

z metody nejmenších čtverců (GLM). Cílem práce byla analýza výkonnostních zkoušek 372 starokladrubských koní v průběhu let 1995–2004. Pro analýzu použili následující model:

$$Y_{ijklmn} = \mu + VAR_i + CHOV_j + POHL_k + ROK_l + VEK_m + LIN_n + (VAR \times CHOV)_{ij} + (LIN \times CHOV)_{jn} + e_{ijklmn}$$

- $Y_{ijklmn}$  = pozorovaný ukazatel výkonnostní zkoušky
- $\mu$  = celkový průměr
- $VAR_i$  = fixní efekt i-té barevné varianty
- $CHOV_j$  = fixní efekt j-tého chovatele
- $POHL_k$  = fixní efekt k-tého pohlaví
- $ROK_l$  = fixní efekt l-tého roku narození
- $VEK_m$  = fixní efekt m-tého věku koně při absolvování výkonnostní zkoušek
- $LIN_n$  = fixní efekt n-té otcovské linie
- $(VAR \times CHOV)_{ij}$  = fixní efekt ij-té interakce mezi barevnou variantou a chovatelem
- $(LIN \times CHOV)_{jn}$  = fixní efekt jn-té interakce mezi otcovskou linií a chovatelem
- $e_{ijklmn}$  = náhodná reziduální chyba

Andrejsová a kol. (2008) uvádějí, že v rámci barevné varianty vynikají bělouši oproti vraníkům v mechanice pohybu a u celkového dojmu. Může to být zapříčiněno větší ušlechtilostí běloušů (Lerche, 1951). Hřebci měli ve všech parametrech vyšší hodnocení oproti klisnám – hřebci měli mnohem přísnější předvýběr (Andrejsová et al., 2008). Dušek a kol. (1999) uvádějí, že příčinou lepšího hodnocení hřebců je sexuální dimorfismus. Hřebci jsou temperamentnější, robustnější a mají lepší mechaniku pohybu. Andrejsová a kol. (2008) analýzou zjistili, že z hlediska exteriéru vynikali více koně státního chovu, než koně v privátních chovech mimo hřebčín. Vliv efektu otcovské linie byl významný nebo vysoce významný celkem u devíti vlastností. Interakce mezi otcovskou linií a chovatelem byla vysoce významná u sedmi vlastností výkonnosti a u příježděnosti byla významná. Dále Andrejsová (2011) uvádí, že rok výkonnostních zkoušek je vysoce statisticky průkazný u všech ukazatelů výkonnostních zkoušek s výjimkou příježděnosti a celkového dojmu.

Analýzou výkonnostních zkoušek starokladrubských koní se také zabývala Šišková (2007). Analýzu prováděla ve třech obdobích za využití stejné metody GLM, jako o rok později Andrejsová. První období bylo od roku 1971 do roku 2006 a týkalo se 831 starokladrubských

koní. Analyzovala tyto ukazatele a znaky: mechanika pohybu, temperament, charakter, konstituce, krmitelnost, příježděnost, maraton, spolehlivost v tahu, kohoutková výška hůlková, obvod holeně. Jako faktory působící na tyto ukazatele autorka zvolila rok absolvování výkonnostní zkoušky, kmen, rodinu, pohlaví, barevnou variantu a chovatele.

$$Y_{ijklmn} = \mu + RA_i + KMEN_j + ROD_k + POHL_l + VAR_m + CHOV_n + \epsilon_{ijklmn}$$

- $Y_{ijklmn}$  = pozorovaný ukazatel výkonnostní zkoušky
- $\mu$  = celkový průměr
- $RA_i$  = fixní efekt i-té roku absolvování výkonnostní zkoušky ( $i = 1, \dots, 36$ )
- $KMEN_j$  = fixní efekt j-tého kmene ( $j = 1, \dots, 10$ )
- $ROD_k$  = fixní efekt k-té rodiny ( $k = 1, \dots, 24$ )
- $POHL_l$  = fixní efekt l-tého pohlaví ( $l = 1, 2$ )
- $VAR_m$  = fixní efekt m-té barevné varianty ( $m = 1, 2$ )
- $CHOV_n$  = fixní efekt n-tého chovatele ( $n = 1, 2$ )
- $\epsilon_{ijklmn}$  = náhodná reziduální chyba

Analýza souboru prokázala statisticky průkazné vlivy jednotlivých faktorů na znaky a vlastnosti hodnocené při výkonnostních zkouškách starokladrubských koní.

Druhé období, kterým se zabývala Šišková (2007) ve své práci je 1982–2006 se 733 starokladrubskými koňmi. Zde analyzovala typ a exteriér se stejnými faktory. Typ a exteriér se od roku 1982 hodnotil na dvě samostatné známky.

$$Y_{ijklmn} = \mu + RA_i + KMEN_j + ROD_k + POHL_l + VAR_m + CHOV_n + \epsilon_{ijklmn}$$

- $Y_{ijklmn}$  = pozorovaný ukazatel výkonnostní zkoušky
- $\mu$  = celkový průměr
- $RA_i$  = fixní efekt i-té roku absolvování výkonnostní zkoušky ( $i = 1, \dots, 25$ )
- $KMEN_j$  = fixní efekt j-tého kmene ( $j = 1, \dots, 9$ )
- $ROD_k$  = fixní efekt k-té rodiny ( $k = 1, \dots, 24$ )
- $POHL_l$  = fixní efekt l-tého pohlaví ( $l = 1, 2$ )
- $VAR_m$  = fixní efekt m-té barevné varianty ( $m = 1, 2$ )
- $CHOV_n$  = fixní efekt n-tého chovatele ( $n = 1, 2$ )
- $\epsilon_{ijklmn}$  = náhodná reziduální chyba

Třetím obdobím je 1991–2006 s celkovým počtem 627 starokladrubských koní. S některými menšími úpravami platí až dodnes. Oproti prvnímu období autorka přidala pracovní ochotu a učenlivost a ovladatelnost spřežení. Faktory působící na tyto ukazatele jsou stejné.

Šišková (2007) ve své práci prokázala u všech zvolených efektů statistickou průkaznost. Mezi hřebci a klisnami byl pozorován významný a vysoce významný rozdíl ve všech vlastnostech kromě maratonu. Hřebci vynikali ve všech vlastnostech oproti klisnám. Významné a vysoce významné rozdíly mezi zástupci jednotlivých linií uvádí autorka v krmitelnosti, kohoutkové výšce a obvodu holeně, zároveň také uvádí, že z důvodu malého početního zastoupení v jednotlivých liniích může být snížena objektivita výsledků. Stejný závěr uvedla také pro rodiny. Koně z privátních chovů vynikali v hodnocení pracovní ochoty a učenlivosti oproti koním hřebčínského chovu. U příjezděnosti a spolehlivosti byla situace opačná, vynikali koně hřebčínského chovu, kteří jsou vyšší a mají větší obvod holeně. Autorka přisuzuje nejvyšší vliv faktoru roku absolvování výkonnostních zkoušek, zde byl u všech ukazatelů pozorován vysoce významný statistický rozdíl.

## 4 Závěr

Práce v přehledné formě shrnuje poznatky z prací zabývajících se problematikou využívání a analýzy znaků lineárního popisu, charakteristiky zbarvení, výskytu melanomu u běloušů, výskytu letní vyrážky, genetické diverzity a analýzou příbuzenské plemenitby v populaci, analýzy výsledků výkonnostních zkoušek. Tyto poznatky jsou důležité pro management chovu starokladrubskeho koně a následné sestavování alternativních přípařovacích plánů a pro splnění chovného cíle, udržet toto plemeno jako mohutného kočárového koně – galakarosiera v původním rysu barokního koně.

## 5 Seznam použité literatury

ANDERSON, G. S., BELTON, P., KLEIDER, N. 1993. Hypersensitivity of horses in British Columbia to extracts of native and exotic species of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae). *Journal of medical entomology*. **30**(4), 657–663.

ANDREJSOVÁ, L., JAKUBEC, V., MAJZLÍK, I. 2008. The old Kladrub horse: Performance test analysis. *Journal of Agrobiology*. **25**(1), 49-51.

ANDREJSOVÁ, L. a MAJZLÍK, I. 2011. Analýza ukazatelů výkonnostních zkoušek a znaků lineárního popisu se zřetelem na odhad plemenné hodnoty u starokladrubských koní. =Performance test analysis and linear type trait analysis of Old Kladruby horses with consideration to breeding value estimation. *Analýza ukazatelů výkonnostních zkoušek a znaků lineárního popisu se zřetelem na odhad plemenné hodnoty u starokladrubských koní* =Performance test analysis and linear type trait analysis of Old Kladruby horses with consideration to breeding value estimation / L. Andrejsová [online]. [cit. 2017-02-24].

BECKOVSKÝ, J. F. 1880. *Poselkyně starých příběhů českých*. Sv. I-III. Praha: Dědictví sv. Prokopa, 1482 s.

CASELL, B. G., WHITE, J. M., VINSON W. E., KLIEWER, R. H. 1973. Genetic and phenotypic relationships among type traits in Holstein-Friesian cattle. *Journal of Dairy Science*. **56**(9), 1171-1177.

CURIK, I., DRUML, T., SELTENHAMMER, M., SUNDSTRÖM, E., PIELBERG, G. R., ANDERSSON, L., SÖLKNER, J. 2013. Complex Inheritance of Melanoma and Pigmentation of Coat and Skin in Grey Horses. *PLoS Genet*. **9**(2), e1003248.

CURIK, I., SELTENHAMMER M., SÖLKNER, J. 2002. Quantitative genetic analysis of melanoma and grey level in Lipizzan horses. *Proceedings of 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier, France, 19-23.

CZERNEKOVÁ, V., KOTT T., MAJZLÍK, I. 2012. Studium genetické variability Starokladrubských koní pomocí analýzy mitochondriální DNA. *GRANT Journal*. **1**(02), 59-62. ISSN 180-0638.

- ČAPKOVÁ, Z. 2008. Analysis of body measurements in sire lines and dame families of Old Kladruby horses. *Journal of Agrobiology*. **25**, 13-15.
- DUŠEK, J. 1992. *Uchování a využití genových rezerv v chovu koní: Sborník AZV ČSFR 159, (1992), 70-89.* 70-89.
- DUŠEK, J., MISAŘ, D., MÜLLER, Z., NAVRÁTIL, J., RAJMAN, J., TLUČHOŘ, V., ŽLUMOV, P. 1999. *Chov koní*. Praha: Brázda, 350 s. ISBN 80-209-0282-1.
- DYKOVÁ, Z. 2010. *Chov starokladrubských koní v r. 2009 (vyhodnocení chovatelské sezóny)* [online]. Kladruby nad Labem: Národní hřebčín Kladruby nad Labem, s.p.o. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: [http://www.nhkladruby.cz/dokumenty/2010/PCH\\_09.pdf](http://www.nhkladruby.cz/dokumenty/2010/PCH_09.pdf)
- FLEGR, J. 2005. *Evoluční biologie*. Praha: Academia, 560 s. ISBN 80-200-1270-2.
- FLEURY, C., BÉRARD, F., LEBLOND, A., FAURE, C., GANEM, N., THOMAS, L. 2000a. The study of cutaneous melanomas in Camargue-type gray skinned horses (1): clinical- - pathological characterization. *Pigment Cell Research*. **13**(1), 39-46.
- FLEURY, C., BÉRARD, F., LEBLOND, A., FAURE, C., GANEM, N., THOMAS, L. 2000b. The study of cutaneous melanomas in Camargue-type gray skinned horses (2): epidemiological survey. *Pigment Cell Research*. **13**(1), 47-51.
- FRANKHAM, R., BALLOU, J. D., BRISCOE, D. A. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge: Cambridge University Press, 543 s. ISBN 05-216-3985-9.
- FUTAS, J., VYCHODILOVA, L., HOFMANOVA, B., VRANOVA, M., PUTNOVA, L., MUZIK, J., VYSKOCIL, M., VRTKOVA, I., DUSEK, L., MAJZLIK, I., HORIN, P. 2012. Genomic analysis of resistance/susceptibility to melanoma in Old Kladruber greying horses. *Tissue antigens*. **79**(4), 247-248.
- FUTAS, J., L. VYCHODILOVA, B. HOFMANOVA, M. VRANOVA, L., PUTNOVA, L., VYSKOCIL, M., VRTKOVA, I., MAJZLIK, I., HORIN, P. 2010. Genes for resistance to melanoma: Can we reveal them in Old Kladruber horses? -32nd Conference for the International Society for Animal Genetics. Edinburg, Scotland, 136.
- HEDRICK, P. W. 2005. *Genetics of Populations*. 3. vyd. Sudbury: Jones and Barlett Publishers, 737 s.



HEIZERLING, L. M., FEIGE, K., RIEDER, S., AKENS, M. K., DUMMER, R., STRANZINGER, G., MOELLING, K. 2001. Tumor regression induced by intratumoral injection of DNA coding for human interleukin 12 into melanoma metastase in grey horses. *Journal of molecular medicine*. **78**(12), 692-702.

HELLBERG, W., WILSON, A., MELLOR, P., DOHERR, M., TORSTEINSDOTTIR, S., ZURBRIGGEN, A., JUNGI, T., MARTI, E. 2006. Equine insect bite hypersensitivity: immunoblot analysis of IgE and IgG subclass responses to *Culicoides nubeculosus* salivary gland extract. *Veterinary immunology and immunopathology*. **113**(1-2), 99–112.

HOFMANOVÁ, B., MAJZLÍK, I., VOSTRÝ, L., MACH, K. 2010. Zbarvení starokladrubských koní a jeho diverzita. *Acta fytotechnica et zootechnica*. **13**, 9-12.

HOFMANOVÁ, B., MAJZLÍK, I., VOSTRÝ, L., JAHN, P. 2013. Výskyt melanomu u starokladrubských koní. *Veterinářství*. **2**, 63.

HOFMANOVÁ, B., VOSTRÝ, L., MAJZLÍK, I., KRACÍKOVÁ, O., MACH, K. 2010. Genetic Analysis of Melanoma Prevalence in Old Kladruber Horse. *Proc. 9th WCGALP: Commutation No. PP-168. CD ROM*.

HÖGLUND, J. 2009. *Evolutionary conservation genetics*. Oxford: Oxford University Press, 189 s. Oxford biology.

JAKUB, V., SCHLOTE, W., JELÍNEK, J., SCHOLZ, A., ZÁLIŠ, N. 1999. Linear type trait analysis in the genetic resource of the Old Kladrub Horse. *Archiv Tierzucht*. **42**, 215-224.

JAKUBEC, V., JELÍNEK, J., VOLENEC, J., ZÁLIŠ, N. 1996. Linear description system and evaluation of horse body conformation: Case study – Old Kladrub Horse. *Hipologický věstník*. Výzkumné centrum chovu koní Slatiňany: Národní hřebčín Kladruby nad Labem, **I**, 5-32.

JAKUBEC, V., REJFKOVÁ, M., VOLENEC, J., MAJZLÍK, I., VOSTRÝ, L. 2007. Analysis of linear description of type traits in the varieties and studs of the Old Kladrub horse. *Czech journal of animal science*. **52**(9), 299-307.

JAKUBEC, V., VOLENEC, J., MAJZLÍK, I., SCHLOTE, W. 2004. Analysis of inbreeding in the genetic resource of the „Old Kladrub horse“ in the period from 1993 to 2003. *Conservation genetics of endangered horse breeds. EAAP publication No. 116*. 85-90.

JAKUBEC, V., VOSTRÝ, L., SCHLOTE, W., MAJZLÍK, I., MACH, K. 2009. Selection in the genetic resource: genetic variation of the linear described type traits in the Old Kladrub horse. *Archiv Tierzucht*. **52**(4), 343-355.

JAKUBEC, V., ZÁLIŠ, N., ONDRÁČEK, M., VOLENEC, J. 2000. Analysis of linear type traits and performance traits in gene resource „Old Kladrub Horse“. *Hipologický věstník*. Národní hřebčín Kladruby nad Labem, **2**, 1-44.

JAKUBEC, V., ZÁLIŠ, N., SCHLOTE, W., ONDRÁČEK, M. 1998. Linear type trait analysis in the sire lines of the Old Kladrub Horse. *Scientia Agriculturae Bohemica*. **29**, 17-28.

JANOVA, E., FUTAS, J., KLUMPLEROVA, M., PUTNOVA, L., VRTKOVA, I., VYSKOČIL, M., FROLKOVA, P., HORIN, P. 2013. Genetic diversity and conservation in a small endangered horse population. *Journal of applied genetics*. **54**(3), 285-292.

JEGLUM, K. A. 1999. Melanomas. In: *Current Therapy in Equine Medicine*, 4 th edn. Ed: Robinson. N.E. W.B. Saunders Company, PA USA. 399-400.

JONSDOTTIR, S., HAMZA, E., JANDA, J., RHYNER, C., MEINKE, A., MARTI, E., TORSTEINSDOTTIR, S., SVANSSON, V. 2015. Developing a preventive immunization approach against insect bite hypersensitivity using recombinant allergens: A pilot study. *Veterinary immunology and immunopathology*. **166**(1), 8-21.

KLUMPLEROVA, M., VYCHODILOVA, L., BOBROVA, O., CVANOVA, M., FUTAS, J., JANOVA, E., VYSKOCIL, M., VRTKOVA, I., PUTNOVA, L., DUSEK, L., MARTI, E., HORIN, P. 2013. Major histocompatibility complex and other allergy-related candidate genes associated with insect bite hypersensitivity in Icelandic horses. *Molecular biology reports*. **40**(4), 3333-3340.

KNOTTENBELT, D.C. 2003. Skin neoplasia: melanoma. *Proceedings of the Annual Meeting of the Italian Association of Equine Veterinarians* [online]. Pisa, Italy, 1-10 [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: <http://www.ivis.org/proceedings/SIVE/2003/lectures/knottenbelt4.pdf>

KOURKOVA, L., VRTKOVÁ, I., ŠRUBAŘOVÁ, P. 2009. Microsatellite DNA analysis of genetic diversity in selected horse population. *Journal of Agrobiology*. **26**(1), 57-60.

- LACINA, J. 1903. *Obecná kronika: Vypravování o národech vzdělaných od dob nejstarších až po naše časy*. Praha: Eduard Beaufort, 725 s.
- LANGNER, K. F., JARVIS, D. L., NIMTZ, M., HESELHAUS, J. E., MCHOLLAND, L. E., LEIBOLD, W., DROLET, B. S. 2009. Identification, expression and characterisation of a major salivary allergen (Cul s 1) of the biting midge *Culicoides sonorensis* relevant for summer eczema in horses. *International journal for parasitology*. **39**(2), 243–250.
- LEDR, J., POTĚŠIL, F., ROBL, R. 1924. *Krajem Pernštýnův: vlastivědný sborník školního okresu pardubického*. V Pardubicích: Učitelstvo okresu pardubického.
- LERCHE, F. 1951. *Hlavní plemení státního hřebčína v Kladruzech nad Labem*. Praha: Brázda, 255 s.
- LERCHE, F. 1956. *Starokladrubský kůň*. Praha: SZN.
- MAJZLÍK, I., HOFMANOVÁ, B., VOSTRÝ, L., KRACÍKOVÁ, O., MACH, K. 2010. Genetic Analysis of Greying Process in Old Kladruher Horse. *In 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Leipzig, Germany, Vol. 244.
- MOTLOCH, R. 1886. *Geschichte und Zucht der Kladruher Race*. Beck: Mit 2 heliogr. Bildern.
- PIELBERG, G. R., GOLOVKO, A., SUNDSTRÖM, E., CURIK, I., LENNARTSSON, J., SELTENHAMMER, M. H., SANDBERG, K., DRUML, T., BINNS, M., FITZSIMMONS, C., LINDGEN, G., BAUMUNG, R., VETTERLEIN, M., STRÖMBERG, S., GRABHERR, M., WADE, C., LINDBLAD-TOH, K., PONTÉN, F., HELDIN, C. H., SÖLKNER, J., ANDERSSON, L. 2008. A cis-acting regulatory mutation causes premature hair graying and susceptibility to melanoma in the horse. *Nature genetics*. **40**(8), 1004-1009.
- PROCHÁZKA, P., BELLINIA, E., FAINOVÁ, D., HÁJKOVÁ, P., ELHALAH, A., ALOMARI, K. 2008. Immigration as a possible rescue of a reduced population of a long-distant migratory bird: Reed warblers in the Azraq Oasis, Jordan. *Journal of arid environments*. **72**(7), 1184-1192.
- PŘIBYL, J., JAKUBEC, V., JELÍNEK, J., VOLENEC, J., KRYS, J. 1997. Clustering of Kladrub horses on the basis of kinship. *Živočišná výroba - UZPI*. Czech Republic, **42**, 199-205.

- RAŠKOVÁ, V., ČÍTEK, J. 2013. Incidence of Insect Bite Hypersensitivity in a Small Population of Warmblood Horse Breed in the Czech Republic. *Journal of Equine Veterinary Science*. **33**(6), 427-432.
- RIEDER, S., STRICKER, Ch., JOERG, H., DUMMER, R., STRANZINGER, G. 2000. A comparative genetic approach for the investigation of aging grey horse melanoma. *Journal of Animal Breeding and genetics*. **117**(2), 73-82.
- RIEDER, S., TAOURIT, 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**(6), 450-455.
- RODRÍGUEZ, M., GARCÍA-BARONA, V., PENA, L., CASTANO, M., RODRÍGUEZ, A. 1997. Grey horse melanotic condition: A pigmentary disorder. *Journal of Equine Veterinary Science*. **17**(12), 677-681.
- ROSŮLEK, F. K. 1903. *Pardubicko, Holicko, Přeloučsko: Dějinný a místopisný obraz*. Pardubice: vydáno péčí Agitačního výboru.
- SCHAFFARTZIK, A., HAMZA, E., JANDA, J., CRAMERI, R., MARTI, E., RHYNER, C. 2012. Equine insect bite hypersensitivity: what do we know? *Veterinary immunology and immunopathology*. **147**(3), 113-126.
- SCHAFFARTZIK, A., MARTI, E., TORSTEINSDOTTIR, S., MELLOR, P. S., CRAMERI, R., RHYNER, C. 2011. Selective cloning, characterization, and production of the *Culicoides nubeculosus* salivary gland allergen repertoire associated with equine insect bite hypersensitivity. *Veterinary immunology and immunopathology*. **139**(2-4), 200–209.
- SCHLOTE, W., JAKUBEC, V., SCHULZ, A., UMSTÄTTER, C., HÖHNE, S., DESCHAN, R., MAJZLIK, I., ZALIS, N., VOLENEC, J. 2002. Investigations on standardizing evaluation of external conformation traits using the Old Kladrub Horse as an example. *In 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier, France, 1 pp.
- SMITH, S. H., GOLDSCHMIDT, M. H., MCMANUS, P. M. 2002. A comparative review of melanocytic neoplasm. *Vet Pathol*. **39**(6), 651-678.

SÖLKNER, J., SELETENHAMMER, M., CURIK, I., NIEBAUER, G. 2004. Genetic relationship between speed of greying, melanoma and vitiligo prevalence in grey horses. *In 52th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP)*. Bled, Slovenia.

SPONENBERG, D. P. 1996. *Equine color genetics*. Ames: Iowa State University Press. ISBN 08-138-2905-4.

ŠANCOVÁ, Z. 2010. *Zásady chovu starokladrubských koní: Plemenná kniha starokladrubských koní / Studbook of the Oldkladruby Horse*. Kladruby nad Labem: Národní hřebčín Kladruby nad Labem, 320 s. ISBN 978-80-254-90004-4.

ŠÍŠKOVÁ, P. 2007. *Zhodnocení systému výkonnostních zkoušek starokladrubského koně*. Brno, 98 s. Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Agronomická fakulta.

ŠTENCL, F., TICHÁ. 1976. *Vývoj chovu koní u nás*. Pardubice: Ústav veterinární osvěty.

VALENTINE, B. A. 1995. Equine melanotic tumors: a retrospective study of 53 horses (1988-1991). *Journal of Veterinary Internal Medicine*. **9**(5), 291-297.

VOLENEC, J., JAKUBEC, V., JELÍNEK, J., PŘIBYL, J., ZÁLIŠ, N. 1995. Analysis of Inbreeding of old-Kladrub Horses. *Scientia Agriculturae Bohemica*. **26**(4), 279-296.

VOSTRÁ-VYDROVÁ, H., VOSTRÝ, L., HOFMANOVÁ, B., KROUPA, E., ZAVADILOVÁ, L. 2016. Pedigree analysis of the endangered Old Kladruber horse population. *Livestock Science*. **185**, 17-23.

VOSTRÝ, L., HOFMANOVÁ, B., VOSTRÁ-VYDROVÁ, H., PŘIBYL, J., MAJZLÍK, I. 2012. Estimation of genetic parameters for melanoma in the Old Kladruber horse. *Czech Journal of Animal Science*. **57**, 75-82.

VOSTRÝ, L., KRACÍKOVÁ, O., HOFMANOVÁ, B., CZERNEKOVÁ, V., KOTT, T., PŘIBYL, J. 2011. Intra-line and inter-line genetic diversity in sire lines of the Old Kladruber horse based on microsatellite analysis of DNA. *Czech Journal of Animal Science*. **56**(4), 163-175.

VOSTRÝ, L., PŘIBYL, J., MACH, K., MAJZLÍK, I. 2011. Genetic parameters estimation and breeding values prediction for linear described traits in the Old Kladruber horse. *Journal of Animal and Feed Sciences*. **20**, 338-349.

VOSTRÝ, L., PŘIBYL, J., ŠIMEČEK, P. 2012. Reduction of traits for genetic evaluation of linear described traits in the Old Kladruber horse. *Czech journal of animal science*. **57**(4), 160-170.

VYCHODILOVA, L., MATIASOVIC, J., BOBROVA, O., FUTAS, J., KLUMPLEROVA, M., STEJSKALOVA, K., SEDLINSKA, M., CVANOVA, M., JANOVA, E., OSICKOVA, J., VYSKOCIL, M., DUSEK, L., MARTI, E., HORIN, P. 2013. Immunogenomic analysis of insect bite hypersensitivity in a model horse population. *Veterinary immunology and immunopathology*. **152**(3), 260-268.

WILSON, A. D., HARWOOD, L. J., BJORNSDOTTIR, S., MARTI, E., DAY, M. J. 2001. Detection of IgG and IgE serum antibodies to Culicoides salivary gland antigens in horses with insect dermal hypersensitivity (sweet itch). *Equine veterinary journal*. **33**(7), 707–713.

*Řád plemenné knihy starokladrubskeho koně* [online], 2015. Kladruby nad Labem: Národní hřebčín Kladruby nad Labem, s.p.o. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: <http://www.nhkladruby.cz/prilohy/radpk15.pdf>

*Vyhodnocení šlechtitelského programu* [online], 2016. Kladruby nad Labem: Národní hřebčín Kladruby nad Labem, s.p.o. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: [http://www.nhkladruby.cz/prilohy/CHOV\\_16.pdf](http://www.nhkladruby.cz/prilohy/CHOV_16.pdf)