

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Posouzení intenzity zbarvení u vybraných fríských koní
chovaných v České republice, srovnání se
starokladrubským vraníkem**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Ekaterina Shumilova

Program studia: Management zdraví a welfare zvířat

Vedoucí práce: Ing. Olga Kracíková, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Posouzení intenzity zbarvení u vybraných fríských koní chovaných v České republice, srovnání se starokladrubským vraníkem“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.04.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé práce, Ing. Olze Kracíkové, Ph.D., za cenné rady, které mi poskytovala v průběhu psaní diplomové práce, za pomoc se sběrem dat a možnost se podílet na zpracování tak zajímavého tématu. Dále bych ráda poděkovala Ing. Barboře Hofmanové, Ph.D. za poznámky při sběru dat a udělení času na vysvětlení otázek, které byly pro moji práci velmi důležité. Také bych chtěla poděkovat Ing. Haně Vostře-Vydrové, Ph.D. za velkou pomoc se statistickým vyhodnocením dat. Velké poděkování patří také předsedovi CAFK JUDR. Kateřině Šálkové, druhé místopředsedkyni CAFK Ing. Elišce Váchalové, Ing. Lence Varmusové a Petře Pickové za možnost provedení měření na svodu fríských koní 2023 a za poskytnutí k měření vlastních koní. Také bych ráda poděkovala Kristýně Vrzalové, Cyrilu Kuncovi a dalším chovatelům, kteří o výzkum měli zájem.

Posouzení intenzity zbarvení u vybraných fríských koní chovaných v České republice, srovnání se starokladrubským vraníkem

Souhrn

Účelem této práce bylo stanovit objektivní charakteristiky zbarvení srsti fríských koní a porovnat je s hodnotami dříve získanými od starokladrubských vraníků, jelikož obě plemena jsou si v mnohém podobná a barva srsti v jejich chovu hraje významnou roli. K měření intenzity zbarvení srsti byl použit standardizovaný barevný systém $L^*a^*b^*$ definovaný Commission Internationale de l'Eclairage (CIE $L^*a^*b^*$), kde nejdůležitějším parametrem byl stanoven parametr L^* , který je zodpovědný za světlost barvy (škála černá/bílá), a parametr a^* , který vyhodnocuje barvu ve škále zelená/červená a odhaluje přítomnost červenohnědých odstínů srsti. Současně byl také vyhodnocen parametr b^* , který ukazuje na nažloutlé odstíny srsti (škála modrá/žlutá) a parametr Chroma, který udává celkové barevné nasycení výpočtem z hodnot parametrů a^* a b^* . Celkem bylo změřeno 60 koní plemene fríský kůň obou pohlaví ve věku od 3 měsíců do 21 let. K porovnání hodnot se použil soubor starokladrubských vraníků, který zahrnoval 145 koní obou pohlaví ve věku od 1 roku do 24 let. Měření se provádělo na čtyřech místech těla koní (krk, plec, břicho, zád) pomocí přístroje Minolta Spectrophotometer 2500d; ke statistickému vyhodnocení vlivu pohlaví, věku, místa měření a plemene na intenzitu zbarvení srsti byla použita analýza rozptylu (ANOVA), provedená pomocí softwaru STATISTICA 12.

Pouze místo měření mělo významný vliv na intenzitu černého zbarvení srsti (parametr L^*) u plemene fríský kůň ($p < 0,01$). Parametry a^* , b^* a Chroma byly kromě místa měření významně ovlivněny i věkem. Vliv pohlaví u fríského koně nebyl shledán významným u žádného ze sledovaných parametrů. V rámci porovnání plemen byly však nalezeny rozdíly, kde klisny starokladrubského vraníka měly výrazně světlejší srst a zároveň větší množství červených a žlutých odstínů srstí než hřebci tohoto plemene. Intenzita černého zbarvení u plemene starokladrubský vraník se navíc s věkem pozvolna snižovala, což nebylo prokázáno u fríských koní. Plemeno fríských koní mělo v průměru tmavší srst a méně načervenalé a nažloutlé srstí než plemeno starokladrubský vraník, nicméně předpoklad, že charakter a intenzita zbarvení u fríského koně bude méně variabilní, se nepotvrdil. Větší reprezentativní vzorek populace fríských koní by mohl zajistit dosažení robustnějších a spolehlivějších výsledků. Studium vlivu recesivní alely e v genu MC1R na intenzitu červených odstínů srsti by také mohlo objasnit další genetické faktory, které potenciálně ovlivňují zbarvení srsti koní. Z uvedeného vyplývá, že tato práce by měla sloužit především k většímu zaměření pozornosti chovatelů na problematiku zbarvení srsti a měla by tak přispět k informovaným chovatelským postupům a ke snahám o zachování jedinečného dědictví těchto plemen koní.

Klíčová slova: Pigmentace; černé zbarvení srsti; variabilita zbarvení; spektrofotometrie.

Assessment of colour intensity in selected Friesian horses bred in the Czech Republic, comparison with the Old Kladruber black horses

Summary

The aim of this thesis was to determine the objective characteristics of the coat colour of Friesian horses and to compare them with previously obtained measurements from Old Kladruber black horses, since both breeds are similar in a number of aspects and coat colour plays an important role in their breeding. To measure the intensity of coat colour, the standardised L*a*b* colour system defined by the Commission Internationale de l'Eclairage (CIE L*a*b*) was used with the most important parameters being the L* parameter, which is responsible for the lightness of the colour (black/white scale), and the a* parameter, which evaluates the colour in the green/red scale and reveals the presence of reddish-brown shades in the coat. Furthermore, the parameter b*, which indicates yellowish shades of the coat (blue/yellow scale), and the parameter Chroma, determining the overall colour saturation by calculating the values of the parameters a* and b*, were also evaluated. A total of 60 Friesian horses of both sexes, aged from 3 months to 21 years, were measured. To compare the values, a set of Old Kladruber black horses was used, which included 145 horses of both sexes aged from 1 year to 24 years. Measurements were taken at four sites on the horses' body (neck, shoulder, belly, croup) using a Minolta Spectrophotometer 2500d; analysis of variance (ANOVA), performed using STATISTICA 12 software, was used to statistically evaluate the effect of sex, age, measurement site and breed on coat colour intensity.

Only the measurement site had a significant effect on the intensity of black coat colour (parameter L*) in the Friesian horse breed ($p < 0.01$). Besides the measurement site, the parameters a*, b* and Chroma were also significantly affected by age. The effect of sex in the Friesian horse was not found to be significant for any of the parameters evaluated. However, the differences were observed in the breed comparisons, where the Old Kladruber mares had significantly lighter coats as well as increased amounts of red and yellow shades compared to the stallions. In addition, the intensity of black colour in the Old Kladruber black horse breed decreased gradually with age, which was not demonstrated in the Friesian breed. While the Friesian breed showed, on average, darker coats and less reddish and yellowish shades than the Old Kladruber black horse breed, the hypothesis that the character and intensity of colour in the Friesian horse would be less variable was not confirmed. A larger representative sample of the Friesian horse population could provide more robust and reliable results. The study of the effect of the recessive allele *e* in the MC1R gene on the intensity of red shades in the coat could also shed light on other genetic factors potentially influencing coat colour in horses. Therefore, this thesis should serve primarily to raise the awareness of breeders to the issue of coat colours and thus contribute to informed breeding practices and efforts to preserve the unique heritage of these horse breeds.

Keywords: Pigmentation; black coat colour; colour variation; spectrophotometry.

Obsah

1	Úvod	8
2	Cíle práce	9
3	Vědecká hypotéza	9
4	Literární rešerše	10
4.1	Genetická determinace fenotypů zbarvení srsti u koní	10
4.2	Determinace základních barev (Base)	11
4.2.1	MC1R (Extension/Red Factor lokus – E)	12
4.2.2	ASIP (Agouti lokus – A)	14
4.3	Determinace ředění pigmentace (Dilution)	15
4.4	Determinace bílého vzorování (White patterning)	15
4.5	Kvantitativní charakteristika zbarvení	16
4.6	Fríský kůň	17
4.6.1	Historie	17
4.6.2	KFPS (Koninklijke Vereniging „Het Friesch Paarden-Stamboek“)	18
4.6.2.1	Chovný cíl	19
4.6.2.2	Šlechtitelský program	19
4.7	Starokladrubský vraník	20
4.7.1	Historie	20
5	Metodika	22
5.1	Struktura dat	22
5.2	Kvantitativní charakteristika černé barvy jako závisle proměnné	24
5.3	Statistické vyhodnocení výsledků	25
6	Výsledky	26
6.1	Statistika: Fríský kůň	26
6.1.1	Popisná statistika souboru dat	26
6.1.2	Statistické vyhodnocení faktorů ovlivňujících intenzitu černého zbarvení	26
6.1.2.2	Parametr L^*	26
6.1.2.3	Parametr a^*	28
6.1.2.4	Parametr b^*	30
6.1.2.5	Parametr Chroma	33
6.2	Statistika: fríský kůň × starokladrubský vraník	35
6.2.1	Popisná statistika souboru dat	36
6.2.2	Statistické vyhodnocení faktorů ovlivňujících intenzitu černého zbarvení	36
6.2.2.1	Parametr L^*	37
6.2.2.2	Parametr a^*	39
6.2.2.3	Parametr b^*	41

6.2.2.4	Parametr Chroma	43
7	Diskuse	46
8	Závěr	50
9	Literatura.....	52
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	59
11	Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Tato práce se zabývá objektivními charakteristikami zbarvení fríského koně a jejich porovnáním se stejnými charakteristikami naměřenými u starokladrubského vraníka (dále jen stkl.vr.).

Fríský kůň je tradiční holandské plemeno, které v posledních dekáдах získává celosvětově na popularitě (KFPS 2023 (A)). Ceněnou vlastností a zároveň plemenným standardem fríského koně je jeho vraná barva bez proměny, nebo jen s minimálními bílými odznaky (KFPS 2022). Informace o podstatě a charakteru zbarvení, stejně jako možnost jeho objektivního posuzování, tudíž mohou být přínosné a využitelné při plemenitbě. Dále se nám jevílo jako zajímavé porovnat získané objektivní charakteristiky zbarvení fríských koní se stejnými daty naměřenými u stkl.vr. (Kohoutová 2015; Hofmanová et al. 2019), neboť obě plemena jsou si v mnohém podobná (starošpanělský původ, využití jako reprezentačního kočárového koně, obě plemena byla na pokraji vyhynutí a byla regenerována z několika málo jedinců, použití fríského plemeníka Romke v regeneraci stkl.vr.) (Volenec et al. 1995; Geurts 1969; Ducro 2011; Vostrá-Vydrová et al. 2016). Jsou mezi nimi ovšem i rozdíly – mj. např. moderní fríský kůň byl regenerován výhradně na podkladě fríské krve, tedy čistokrevných zvířat výlučně vrané barvy, zatímco základní regenerační stádo stkl.vr. zahrnovalo koně různého plemenného původu a různých barev. Z toho lze usuzovat, že zbarvení fríského koně bude geneticky uniformnější a fenotypově tedy méně proměnlivé než zbarvení starokladrubského vraníka.

Barva srsti u zvířat hraje tři základní role: umožňuje regulaci fyziologických procesů, plní komunikační a maskovací funkci (Klungland & Vage 2000). Mnoho druhů volně žijících zvířat proto vykazuje jednotné zbarvení srsti, které jim poskytuje konkurenční výhodu z hlediska maskování, reprodukčního úspěchu, adaptaci na prostředí a odolnosti vůči nemocem (Rieder 2009). Například zbarvení Dun u koní je ve skutečnosti fenotyp divokého typu přispívající k maskování snížením intenzity pigmentace, a je možné, že tento maskovací mechanismus je aktivní i u jiných savců, a to včetně různých druhů jelenů a antilop (Imsland et al. 2016). Zatímco však u divokých koní mohou být specifické barvy srsti pro tyto funkce nezbytné, lidské preference a požadavky mohou ovlivňovat kritéria výběru v populacích koní v lidské péči. To může vést k upřednostňování vzácných genetických alel, nebo dokonce ke vzniku dříve neznámých fenotypů srsti prostřednictvím selektivního šlechtění (Seiji et al. 1963).

U řady plemen, jako je např. fríský kůň, se evidence a zápis do plemenné knihy provádí mimo jiné na základě zbarvení srsti. Proto DNA testování může majitelům zvířat pomoci při získávání řádných registračních dokumentů, zároveň může usnadnit určení barvy srsti v případě, že fenotyp nelze snadno zdokumentovat vizuální kontrolou. Testování na varianty zbarvení srsti může také pomoci při rozhodování o vhodném způsobu léčby, jelikož některé varianty způsobující barevné fenotypy jsou spojeny s genetickými poruchami (pleiotropní účinek genů). Genetické testování proto může být účinným selekčním nástrojem pro produkci žádoucích znaků při současném omezení pleiotropních anomálií u plemen, u nichž se takové alely vyskytují (Bellone & Avila 2020).

2 Cíle práce

1. Stanovení objektivních charakteristik zbarvení vybraných fríských koní chovaných převážně v ČR, popis jeho variability.
2. Určení faktorů, které se na této variabilitě mohou podílet.
3. Srovnání charakteristik zbarvení posuzovaných fríských koní s dříve získanými charakteristikami zbarvení starokladrubských vraníků.

3 Vědecká hypotéza

Intenzita a charakter zbarvení fríských koní bude uniformnější (méně variabilní) než zbarvení starokladrubských vraníků.

4 Literární rešerše

4.1 Genetická determinace fenotypů zbarvení srsti u koní

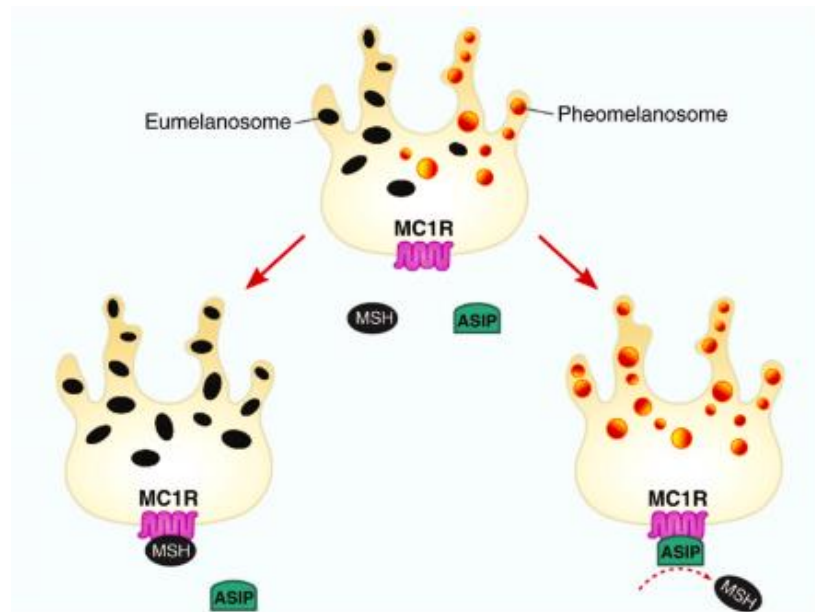
Barva srsti je hospodářsky významnou vlastností a byla jedním z prvních znaků, které byly u koní prozkoumány. Znalosti týkající se genetiky zbarvení srsti koní se v posledních desetiletích rychle rozvíjely. Analýzou výskytu genů pro barvu srsti Ludwig et al. (2009) zjistili, že variabilita ve zbarvení srsti se během domestikace koní (od roku 4000 do roku 3000 př. n. l.) rychle zvyšovala. I jiné genetické studie ukázaly, že právě během domestikace došlo k rapidnímu nárůstu variability zbarvení srsti, což bylo způsobeno lidskou selekcí (Fang et al. 2009). Základní barvy u koní podle současných znalostí o jejich genetické determinaci, jsou: vraník, hnědák, ryzák (Avila et al. 2022). Zbarvení bělouš bylo z hlediska tradiční hipologie považováno také za základní, podle genetických studií je to ale zbarvení odvozené a patří do skupiny genů pro bílé vzorování (pozn. aut., viz též kap. 4.4). Všechny tyto barvy se ovšem vyskytují v četných modifikacích, které jsou poměrně složitě geneticky kódovány: zředěním základních barev (dilution) mohou vzniknout další varianty zbarvení, např. palomino, cremello nebo plavák (buckskin); geny pro bílé vzorování (white patterning) mohou vést ke vzniku zbarvení bělouš, dominant white a dalších. Pro účely této práce jsou podstatné tyto barvy: vraník, hnědák a ryzák. O jejich genetické determinaci je pojednáno dále. Další modifikace základního zbarvení nebudou v této práci popisovány, protože přesahují rámec dané problematiky.

Během domestikace se často objevují nové fenotypy zbarvení srsti a existují významné důkazy o genetické selekci na dva hlavní geny, které řídí základní zbarvení srsti u koní – ASIP (agouti signalling protein) a MC1R (melanocortin 1 receptor). Tyto geny určují typ produkovaného pigmentu, červeného feomelaninu nebo černého eumelaninu, a také relativní koncentraci a časoprostorové rozložení ložisek pigmentu melaninu v kůži a srsti (Corbin et al. 2020). Barva srsti je důležitou užitkovou vlastností a v některých případech je i fenotypem určujícím plemennou příslušnost. Barva srsti je důležitá také ze zdravotního hlediska, protože některé varianty pigmentace u koní jsou spojeny s genetickými poruchami. Jednou z prvních variant objevených u koní byla recesivní mutace v MC1R, která způsobuje fenotyp zbarvení ryzák, charakterizovaný červeně pigmentovanou srstí na těle a v jednotlivých bodech (hřívá, ocas, spodní části končetin a okraje uší) (Marklund et al. 1996). Od té doby bylo identifikováno více než 60 variant přispívajících k tvorbě pigmentace u koní (Bellone & Avila 2020).

Chovatelé koní stále častěji využívají genetické testování na varianty zbarvení srsti, a proto je důležité správné využití výsledků testů, aby byl zajištěn vhodný výběr partnerů pro získání požadovaných fenotypů. Několik studií navíc prokázalo pleiotropní účinky jednotlivých variant zbarvení, které vedou k vrozeným vadám u koní, od hluchoty (Magdesian et al. 2009) přes oční problémy (Bellone 2020) až po letalitu (Rine et al. 1998). Po mnoho let byly plemenné knihy jediným dostupným zdrojem informací o přítomnosti nebo nepřítomnosti alel souvisejících s barvou srsti v rámci plemen. S rostoucími znalostmi o genetice, která je základem barevných fenotypů srsti (Bellone 2010; Cieslak et al. 2011; Reissmann & Ludwig 2013), jsou dnes molekulární testy nejjednodušším a nejefektivnějším řešením pro určování fenotypů zbarvení, protože plemenné knihy někdy obsahují chyby (Rieder 2009; Kavar et al. 2012).

4.2 Determinace základních barev (Base)

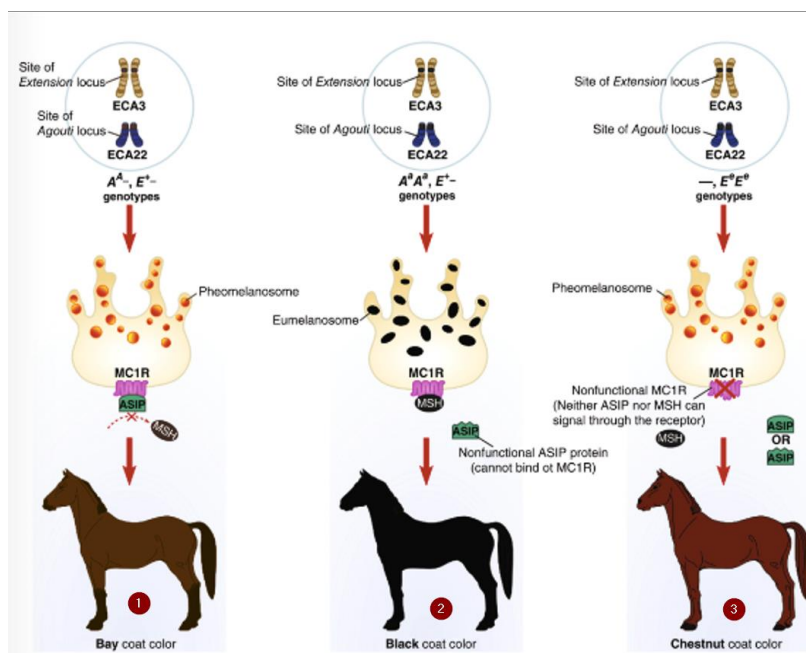
Barvu kůže a srsti určují melanocyty, specializovaný typ buněk, které produkují pigment dvou základních odstínů, a to eumelanin (černý/hnědý) a feomelanin (červený/žlutý) (viz Obrázek 1). Migrace melanocytů během vývoje embrya v děloze a stupeň jejich zralosti určuje rozložení a typ pigmentace dospělého zvířete (Hammons et al. 2021). K určení, který pigment se vytvoří, slouží receptor, který se nachází na povrchu melanocytů. Tento receptor se nazývá melanocortin 1 receptor, zkráceně MC1R, a je aktivován proteinem známým jako melanocyty stimulující hormon (MSH). Tento hormon je produkován hypofýzou, která se nachází na bázi mozku. Při absenci aktivace receptoru MC1R hormonem MSH tvoří buňky feomelanin. Při aktivaci receptoru dochází k tvorbě eumelaninu (Sponenberg & Bellone 2017).



Obrázek 1: Pigmentové buňky jsou schopny produkovat dva typy pigmentu, což je regulováno aktivací nebo inaktivací receptoru na povrchu buněk (MC1R). Když se MSH naváže na receptor, aktivuje jej a buňka pak produkuje eumelanin (černý nebo hnědý pigment). Když se na receptor naváže ASIP, pak je receptor zablokovaný, nemůže být aktivován a buňka produkuje pouze feomelanin (červený nebo žlutý pigment). Se svolením F. Gianino (Zdroj: Sponenberg & Bellone 2017).

Fenotypy zbarvení srsti lze rozdělit do tří kategorií: základní zbarvení srsti (Base), zředění pigmentace (Dilution) a bílé vzorování (White patterning). Základní barva srsti koní je obvykle charakterizována jako jedna ze tří barev: černá (black), hnědá (bay) nebo ryzá (chestnut) (viz Obrázek 2). Varianty v genu MC1R (nazývaném také lokus Extension nebo Red Factor) a v jeho antagonistovi, genu kódujícím signální protein agouti (ASIP), jsou spojeny s typem a umístěním (tělo a body) produkovaného melaninu – eumelanin (černý/hnědý pigment) nebo feomelanin (červený/žlutý pigment). Při absenci jiných modifikátorů mají koně, kteří jsou homozygotní pro recesivní alelu ASIP (označenou jako *a*) a kteří mají alespoň jednu dominantní alelu *E* (tedy koně s genotypem *E-aa*), zcela černý fenotyp (černé tělo a černé body). Signalizace prostřednictvím MC1R umožňuje přepínání pigmentů; dominantní alela ASIP (*A*) způsobuje, že eumelanin je omezen na body, a v kombinaci s dominantní alelou MC1R (*E*), tedy genotyp *E-A-*, se v těle vytváří feomelanin a výsledkem je fenotyp hnědák (hnědé tělo s černými body) (Rieder et al. 2001).

Jedinci homozygotní pro recesivní variantu MC1R (označovanou jako *e*; tedy genotyp *ee*–) budou produkovat pouze feomelanin a budou mít ryzý odstín – ryzák (červené tělo a červené body) bez ohledu na genotyp ASIP (Sponenberg & Bellone 2017). Studie Shang et al. (2019) naznačuje, že MC1R a ASIP synergicky regulují produkci melaninu pro vznik barev srsti koní.



Obrázek 2: Alely na MC1R a ASIP v procesu tvorby pigmentace. (1,2) Pokud je přítomna dominantní alela na MC1R (E^+), receptor je schopen reagovat jak na ASIP, tak na MSH, a melanocyt je tedy schopen produkovat oba typy pigmentu. Který pigment je produkován, závisí na genotypu v lokusu ASIP; (3) Pokud má kůň naopak pouze recesivní alelu na MC1R (e), receptor není funkční, a proto se bez ohledu na genotyp v lokusu ASIP produkuje pouze červený pigment feomelanin. Se svolením F. Gianino (Zdroj: Sponenberg & Bellone 2017).

4.2.1 MC1R (Extension/Red Factor lokus – E)

MC1R hraje prokazatelně důležitou roli v proměnlivosti barvy vlasů a chlupů u lidí a srsti u řady dalších druhů savců (Healy et al. 2001; Römpler et al. 2006; Candille et al. 2007; Dreger & Schmutz 2010; Váge et al. 2014).

MC1R spolupůsobí s ASIP a vytváří tři základní barvy koní. Ryzé zbarvení, způsobené recesivní mutací v MC1R, je epistatické vůči lokusu ASIP, což znamená, že pokud je kůň homozygotně recesivní v MC1R (*ee*), bude mít ryzé zbarvení bez ohledu na genotyp ASIP. To je klíčový koncept pro pochopení genetiky zbarvení srsti koní: recesivní genotyp (*ee*) na MC1R zcela maskuje genotyp ASIP. Lokus ASIP je tedy hypostatický, protože je to ten, jehož projev je maskován. Užitečná zkratka pro ryzý fenotyp je *ee*–, která označuje, že genotyp ASIP není pro viditelný fenotyp důležitý (Sponenberg & Bellone 2017). Pokud však jsou z konkrétního křížení s ryzým koněm požadováni hnědí nebo černí koně, mělo by být v zájmu informovaného rozhodnutí o plemenitbě provedeno také genotypování pro ASIP (Bellone & Avila 2020).

U všech druhů vznikají recesivní alely v lokusu MC1R obvykle mutacemi, které způsobují, že receptor je zcela neaktivní. U koní je alela *e* výsledkem změny jedné báze v sekvenci DNA, která vede ke změně aminokyseliny v receptoru MC1R. Tato změna způsobuje, že receptor je neaktivní. Melanocyty u koní, kteří jsou homozygotní pro tuto alelu, nemohou reagovat na MSH, což v podstatě činí jakoukoli blokaci pomocí ASIP neúčinnou. Výsledkem tohoto defektního receptoru je zcela feomelanické zvíře, což je u koní zbarvení ryzák, pokud není dále modifikováno jinými lokusy (Sponenberg & Bellone 2017). Co se týče černého zbarvení srsti, existují dva různé typy – non-fading (jet nebo raven black) je uhlavně černá s kovovým nebo namodralým leskem a fading – černá barva bez lesku, blednoucí do červenohnědého odstínu, zejména pokud je v letních měsících vystavena slunečnímu záření. Byly také zaznamenány rozdíly ve zbarvení nově narozených hříbat. Typičtí černí koně jsou při narození šedí, zatímco jet black jsou přesně takoví od samého počátku (Sponenberg 1996). Genetická determinace těchto dvou typů černé barvy není známa. Existence dominantní černé barvy u koní v důsledku přítomnosti alely *D* na MC1R (Sponenberg & Weise 1997) nebyla na molekulární úrovni prokázána (Hofmanová et al. 2019).

Existuje mnoho studií, které zkoumaly distribuci a odhadované frekvence alel (allele frequency, „a.f.“) souvisejících s barvou srsti koní v rámci plemen.

Studie Reissmann et al. (2016) ukázala na široké rozšíření „ryzé“ alely *e* (MC1R) 48,7 % a „černé“ alely *a* (ASIP) 51,5 % u domácích plemen koní. Omezení v chovatelských cílech vedla u několika plemen k absenci specifických alel souvisejících se zbarvením srsti, ale recesivní alely jsou někdy skryté ve velmi nízkých frekvencích a přežívají v genetickém podkladu po mnoho generací bez fenotypového projevu. Například „ryzá“ alela se vyskytuje u plemene starokladrubský vraník (8,3 %), které bylo selektováno na černou barvu srsti. Podobná situace je i u fríského plemene. Přestože analýzy této studie nepotvrzují přítomnost „ryzé“ alely u fríského koně, existují historické důkazy o přítomnosti této alely u tohoto plemene: na konci minulého století se narodila dvě ryzá hříbata (Nissen 1997). Takový případ je znám i v České republice: v r. 2018 došlo k narození ryzého hříběte po zapuštění fríské klisny vraným hřebcem plemene irský cob (viz Příloha, Obrázek 9 a 10). Přestože se nejedná o čistokrevnou plemenitbu, narození ryzého hříběte jedincům vraného zbarvení potvrzuje skrytou přítomnost „ryzé“ alely v současné populaci fríských koní (pozn. aut.). U plemen don a hafling v studii Reissman et al. (2016) nebyla nalezena dominantní alela *E* (přenašeč „černé“ alely), protože se jedná o plemena selektovaná na ryzou barvu, a u plemene starokladrubský vraník, fríský kůň, polský koník a percheron v této studii nebyla nalezena dominantní alela *A* („hnědá“ alela).

Výsledky studie Shang et al. (2019) ukazují, že převaha genotypu na MC1R se u koní mění se zbarvením srsti, a to ve spektru od tmavé barvy po světlou, tj. černá (black) (*EE*), hnědá (brown) (*EE*), tmavě hnědá (dark bay) (*EE* a *Ee*), hnědá (bay) (*Ee*), ryzá (chestnut) (*ee*) a bílá (white) (*ee*). U černých koní nebyly nalezeny žádné genotypy *ee* a podobně u bílých koní nebyly nalezeny žádné genotypy *EE* na MC1R. Tyto výsledky naznačují, že MC1R ovlivňuje barvu srsti koní prostřednictvím procesu melanogeneze, přičemž dominantní alela *E* zvyšuje melanogenezi a recesivní alela *e* ji inhibuje.

Nejnovější studie Avila et al. (2022) zjistila, že alela *a* je téměř fixní u plemene percheron (a.f. = 0,99), což je plemeno vysoce selektované na fenotypy černé a bílé srsti. Genotypizace, která umožňuje přesnou detekci koní s určitými alely, je důležitá pro plemenářskou práci, zejména u plemen, kde je požadováno konkrétní základní zbarvení. K takovým plemenům patří i fríský kůň.

4.2.2 ASIP (Agouti lokus – A)

Lokus Agouti je pojmenován podle jihoamerického hlodavce, což vysvětluje jeho poměrně neobvyklý název. Lokus Agouti řídí relativní rozložení černých a červených oblastí u těch koní, kteří jsou schopni vytvářet černý pigment (Sponenberg & Bellone 2017).

Nejčastější alela na lokusu ASIP je dominantní. Omezuje černou barvu na body, což vede k výskytu hnědáků. Výsledkem recesivní alely je rovnoměrně černý kůň. Tyto alely lze v obvyklé genetické zkratce symbolizovat jako *A* pro hnědou a *a* pro černou barvu. Různé kombinace jsou pak *AA* nebo *Aa*, což vede k hnědým koním a *aa* k černým. Zjištění, zda má hnědý kůň „černou“ recesivní alelu, v minulosti vyžadovalo znalost barvy rodičů nebo potomků, případně obou. V současné době je k dispozici DNA test, který funguje na základě detekce specifické mutace, která je způsobena delecí 11 párů bází v lokusu ASIP. Černá barva je u většiny plemen vzácná, takže většina hnědých koní má genotyp *AA*, nikoli *Aa* (Sponenberg & Bellone 2017).

ASIP blokuje aktivaci povrchového receptoru melanocytů hormonem MSH, a to tak, že se na receptor naváže. Protein působí jako antagonist MSH a zabraňuje interakci hormonu s receptorem. Oblasti těla, v nichž je exprimován protein agouti, nemohou reagovat na stimulaci MSH, a proto mohou tvořit pouze feomelanin (žlutý nebo červený pigment). Oblasti, kde chybí protein agouti, mají receptory neblokované, mohou reagovat na MSH, a v důsledku toho tvoří eumelanin (černý pigment). Rozložení oblastí s proteinem je obecně symetrické, takže i výsledné rozložení feomelaninu a eumelaninu je důsledně symetrické. Na biochemické úrovni kůň genotypu *aa* produkuje ASIP, který není funkční, a v důsledku toho není schopen blokovat MSH. Taková zvířata mohou produkovat pouze černý pigment (Sponenberg & Bellone 2017).

Zajímavostí je zbarvení černý hnědák (seal brown), což je barva blížící se černé, ale se světlejšími červenými nebo hnědými oblastmi ve zřetelném vzoru na tlamě, očích a ve slabinách. Předpokládá se, že toto zbarvení je způsobeno alelou *At* na lokusu ASIP, protože alely s podobným působením se vyskytují u mnoha druhů a vedou k drobným hnědým plochám na stejných místech, jako je seal brown barva u koní. Test DNA na tuto alelu byl kdysi k dispozici, ale přestal se provádět a konkrétní základní genetická sekvence nebyla nikdy zveřejněna (Sponenberg & Bellone 2017).

U mnoha druhů savců mají geny, které určují množství a rozložení melaninových pigmentů v kůži a srsti, často pleiotropní účinky na projevy chování. Ze studií Jacobs et al. (2016) vyplývá, že geny určující základní barvu srsti u koní zřejmě ovlivňují chování. Historicky byli rezaví koně považováni za vznětlivé, ale plemena koní, jakož i barva srsti a s nimi spojené chování se od doby, kdy bylo toto tvrzení původně vysloveno, mohly změnit. U MC1R, který kóduje rezavou barvu srsti, nebyl zjištěn žádný významný vztah k chování, i když detekci takového vlivu mohla bránit nízká frekvence alely *e* v této populaci.

Na rozdíl od MC1R byla v této studii nalezena souvislost mezi genotypem na ASIP a temperamentem, což může ovlivnit způsob, jakým lidé přistupují ke koním. Černá klisna (*aa* podle definice ASIP) je sebejistější a možná i vhodnější pro chov o samotě než kůň hnědé barvy (*A-*). To se odráží i u lišek, kde recesivní alely na ASIP korelovaly s menší velikostí nadledvin, a tedy menší produkcí hormonů souvisejících se stresovou reakcí (adrenalin nebo epinefrin) (Keeler et al. 1968). Podobné účinky byly popsány u potkanů (Harris et al. 2001) a analogické výsledky byly získány u psa plemene anglický kokršpaněl (Podberscek & Serpell 1997; Pérez Guisado et al. 2006). Při mutaci v ASIP se MSH váže na melanokortinové receptory, které inhibují uvolňování glukokortikoidů vyvolané stresem, což snižuje stresovou reakci (Harris et al. 2001). Když se MSH váže, hraje také roli v dopaminových drahách, čímž se zvyšuje potravní chování a grooming (Roseberry et al. 2015). Výsledky tohoto výzkumu by měly poskytnout lidem, kteří se věnují koním – majitelům, jezdcům, trenérům atd. – větší pochopení nebo nadhled při výběru a práci s koňmi určitého zbarvení.

4.3 Determinace ředění pigmentace (Dilution)

Bylo prokázáno, že varianty v šesti genech – major facilitator superfamily domain containing 12 (MFSD12), myosin VA (MYO5A), premelanosome protein (PMEL), solute carrier family 36 member 1 (SLC36A1), solute carrier family 45 member 2 (SLC45A2) a T-box transcription factor 3 (TBX3) – přispívají ke snížení množství produkovaného melaninu, což má za následek ředění (dilution) barvy srsti (Mariat et al. 2003; Cook et al. 2008; Brooks et al. 2010; Andersson et al. 2011 (A); Andersson et al. 2013; Imsland et al. 2016; Holl et al. 2019; Tanaka et al. 2019). Některé z těchto variant ovlivňují pouze eumelanin nebo feomelanin, zatímco o jiných je známo, že snižují množství obou pigmentů. Například varianta v MFSD12, která způsobuje Mushroom (*Mu*) fenotyp u shetlandských pony, snižuje množství feomelaninu a vytváří zředěnou sépiovou srst (Tanaka et al. 2019). Fenotyp Silver (*Z*) je naopak způsoben mutací v genu PMEL a předpokládá se, že ovlivňuje pouze ukládání eumelaninu, čímž ředí množství pigmentu u černých koní a ředí černou hřívu hnědých koní (Andersson et al. 2011 (B); Andersson et al. 2013). Distribuce výše zmíněných dilučních alel u jednotlivých plemen nebyla dříve uvedena (Avila et al. 2022). Genotypizace se proto stává důležitou pro vytvoření požadovaného fenotypu ředění barvy srsti (Bellone & Avila 2020).

4.4 Determinace bílého vzorování (White patterning)

Varianty bílého vzorování jsou nejpočetnější z těch, které ovlivňují pigmentaci u koní, se 49 mutacemi v sedmi genech – endothelin receptor type B (EDNRB), KIT proto oncogene, receptor tyrosine kinase (KIT), melanocyte inducing transcription factor (MITF), paired box 3 (PAX3), ring finger and WD repeat domain 3 (RFWD3), syntaxin 17 (STX17) a transient receptor potential cation channel subfamily M member 1 (TRPM1) (Haase et al. 2009; Dürig et al. 2017; Bellone & Avila 2020; Magdesian et al. 2020; Martin et al. 2020; Rosa et al. 2021; Esdaile et al. 2022; Rosa et al. 2022). Z nich 35 bylo identifikováno v genu KIT nebo se předpokládá, že jej reguluje (dominant white 1-16, 17a-b, 18-28, 30-33, sabino 1 a tobiano) (Bellone & Avila 2020). Bílé vzorování se vyskytuje na jakémkoli základním zbarvení a/nebo na zředěném pozadí.

Fenotypový projev variant bílého vzorování je velmi variabilní, od minimálních bílých skvrn na těle až po zcela bílého koně (Bellone & Avila 2020; Magdesian et al. 2020). Genetické testy jsou k dispozici a rutinně se provádějí pro 16 z těchto variant (lethal white overo (*O*), sabino 1 (*SBI*), tobiano (*TO*), *W4*, *W5*, *W10*, *W20*, *W22*, *SW1-SW6*, gray (*G*), leopard complex (*LP*) a Appaloosa Pattern-1 (*PATN1*)), čímž pomáhají chovatelům produkovat koně s požadovaným bílým vzorem a zároveň se vyhnout potenciálním zdravotním problémům (Bellone & Avila 2020). Studie naznačují, že homozygotnost pro některé varianty bílého vzorování je embryonálně letální, a předpokládá se, že některé mutace bílého vzorování jsou omezeny na určité plemeno, linii nebo jednotlivce, nicméně v každém případě je nezbytné provést další studie. Studie také uvádí, že většina koní trpících hluchotou nese zbarvení frame overo (*O*) a/nebo splashed white (*SW*), a proto by koně s těmito alelami měli být vyšetřeni na hluchotu (Magdesian et al. 2009; Hauswirth et al. 2013). Také je třeba dále zkoumat potenciální homozygotní letální varianty a komplexněji charakterizovat jejich plemennou distribuci.

4.5 Kvantitativní charakteristika zbarvení

Zbarvení srsti koní je obecně považováno za kvalitativní znak, který se projevuje na základě Mendelových principů dědičnosti. V současné době je známo více než 10 major genů, které se podílejí na určování barvy (přehled Thiruvankadan et al. 2008; Rieder 2009). V rámci jednotlivých barevných fenotypů však existují významné rozdíly, které nelze vysvětlit Mendelovými principy dědičnosti a působením v současnosti známých major genů, např. rozdíly v míře vybělení (Curik et al. 2013; Hofmanová et al. 2015 (A)), odstínech rezavého či hnědého zbarvení (Toth et al. 2006) nebo variability skvrnitých fenotypů zbarvení leopard komplex (Druml et al. 2017). Studie Hofmanová et al. (2019) a také předchozí studie (Stachurska et al. 2004; Toth et al. 2006; Curik et al. 2013; Hofmanová et al. 2015 (B); Druml et al. 2018) zaměřené na stanovení kvantitativní charakteristiky barvy srsti u koní prokázaly, že spektrofotometr Minolta je vhodným přístrojem pro získávání takových dat.

Reflektanční spektrofotometrie se používá k porovnávání zbarvení jedinců, populací nebo druhů, často ve srovnávacích studiích, které hodnotí rozdíly mezi zvířaty s velmi odlišným zbarvením (Cardoso & Gomes 2015). Spektra odrazu jsou bohatá na informace a lze použít několik alternativních technik a četné barevné metriky ke kvantifikaci jakékoliv barevné vlastnosti ze spektrálních dat (Montgomerie 2006). Reflektanční spektra se obvykle počítají jako procento odraženého světla různých vlnových délek vzhledem k bílému standardu (Andersson & Prager 2006). Metody získávání informací z těchto spekter se dělí do dvou kategorií: metody nezávislé na přijímači, které přímo kvantifikují vlastnosti spekter, a metody, které ke kvantifikaci barvy využívají vizuální modely (tj. funkce zrakové citlivosti při různých vlnových délkách) (přehled v Montgomerie 2006; nedávný přehled a implementaci těchto metod viz Maia et al. 2013). Každý z těchto přístupů má své výhody a omezení: metody nezávislé na přijímači poskytují objektivnější popisy barevných vlastností, zatímco vizuální modely poskytují lepší přiblížení tomu, jak zvířata vnímají barevné rozdíly (Cardoso & Gomes 2015). Proto je při výzkumu zbarvení zvířat důležitým faktorem výběr barevné metriky, která se má použít (Romero-Diaz et al. 2022).

Pro kvantifikaci barvy srsti se v řadě studií osvědčilo použití spektrofotometru a standardizovaného barevného systému $L^*a^*b^*$ definovaného Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Tento způsob byl například použit při zkoumání procesu vybělení u lipicánských (Curik et al. 2013) a starokladrubských koní (Hofmanová et al. 2015 (A)). Dále byl použit pro odhad aditivních genetických vlivů na barvu srsti u koní plemene norik (Noriker) (Lackner 2006), lipický kůň, nonius, arabský plnokrevník, shagya arab, gidran (Toth et al. 2006) a starokladrubský vraník (Hofmanová et al. 2015 (B)) a pro kvantifikaci genotypových interakcí u koní plemene norik a shagya arab (Druml et al. 2018). CIE $L^*a^*b^*$ je navržen tak, aby se přiblížil lidskému vidění (vlnové délky v rozmezí přibližně 380 až 700 nm), kde L^* označuje světlost barvy, přičemž 0 znamená černou a 100 rozptýlenou bílou; a^* označuje přechod od zelené barvy k červené (menší hodnota a^* odpovídá větší míře zelené barvy, zatímco větší hodnota a^* odpovídá větší míře červené barvy); b^* označuje přechod od modré barvy ke žluté (menší hodnota b^* odpovídá větší míře modré barvy a větší hodnota b^* odpovídá větší míře žluté barvy) (Yang et al. 2021).

Barevný model CIE $L^*a^*b^*$ je nezávislý na zařízení a může poskytovat konzistentní barevné údaje pro většinu typů vstupních nebo výstupních zařízení, jako je digitální fotoaparát, skener a monitor (Tkalcic & Tasic 2003). Barevný model CIE $L^*a^*b^*$ navíc rozděluje barvu na dvě funkce (jas a chromatičnost), což umožňuje výzkumným pracovníkům snadno měnit barvu úpravou hodnot $L^*a^*b^*$ při experimentech s regulací barev (Wulf & Wise 1999).

4.6 Fríský kůň

4.6.1 Historie

První písemné zprávy o existenci fríských koní se objevují již na počátku našeho letopočtu. Existují důkazy o tom, že fríšti jezdci byli v té době součástí proslulé římské armády císaře Nerona. Je známo, že fríšti koně se účastnili slavné bitvy u Hastingsu, kterou v roce 1066 vyhrál Vilém Dobyvatel na fríském koni. Je jisté, že Frísové byli ve třináctém století známí jako chovatelé a obchodníci, kteří prodávali dobytek a koně na trzích po celé západní Evropě. Robustní, bohatě osrstění koně, které chovali, nebyli vyšší než 140 cm. Mohli unést jezdce v brnění o hmotnosti až 250 kilogramů, a proto byli ve středověku velmi vyhledávaní jako rytířští koně (KFPS 2023 (A)).

V období, které se označuje jako baroko (1600–1750), se v Evropě mění ideální typ koně. Maurská a turecká vojska měla obratné a rychlé východní koně, proti nimž těžký (fríský) rytířský kůň nemohl obstát. Evropu v té době ovládalo Španělsko, což znamenalo příchod španělské kavalerie a jejich ušlechtilých, zejména andaluských koní. Tento lehký a obratný kůň, který měl v sobě hodně arabské krve, se hodil nejen pro měnící se válečnictví, ale byl to i krásný výstavní kůň s majestátním vzhledem a impozantními chody. Vícebarevný andaluský kůň zanechal stopy na fríském koni, který se stal ušlechtilejším a získal lehčí, vznosnější chody, menší hlavu a ladný, mírně klenutý krk (KFPS 2023 (A)). Byl vždy chráněn před vlivem anglického plnokrevníka a v posledních dvou staletích byl chován čistokrevně (Bouma 1979).

Zlatý věk v Nizozemsku (17. století) se stal také zlatým věkem fríského koně. Byl například velmi oblíbený u generálů vysoké šlechty a v jezdeckých školách na evropských dvorech, kde se prakticovala vysoká škola drezury.

O velké slávě fríského koně svědčí mnoho uměleckých děl z období zlatého věku. Popularita ale málokdy trvá věčně a ani tentokrát tomu nebylo jinak. V důsledku nástupu pěchoty a střelných zbraní se role kavalérie zmenšila a pro všestranného fríského koně bylo třeba najít nové využití. Fríský kůň si rychle získal novou slávu jako kočárový a klusácký kůň. Přesto ale byl lehčí fríský kůň na severu Nizozemska postupně opět vytlačen. Tentokrát kvůli těžším plemenům koní a příchodu automobilu (KFPS 2023 (A)).

4.6.2 KFPS (Koninklijke Vereniging „Het Friesch Paarden-Stamboek“)

Na ochranu fríského koně založila skupina fríských statkářů a zemědělců v roce 1879 v hostinci „De drie Romers“ v Roordahuizum (Reduzum) plemennou knihu fríských koní. Jednalo se o první plemennou knihu koní jediného vlastního plemene v Nizozemsku. Přesto se ukázalo, že hrozící úpadek fríského koně nebyl zdaleka zastaven. V roce 1913 klesla populace fríských koní na historické minimum a zbývali pouze tři čistokrevní frískí hřebci: Prins 109P, Alva 113P a Friso 117P (KFPS 2023 (A)). Tito tři hřebci nakonec založili hlavní linii, ze kterých pochází všichni současní moderní frískí koně (CAFK 2023). Pro zabránění vyhynutí plemene se plemenná kniha rozhodla definitivně soustředit na chov lehkých a středně těžkých zemědělských koní, bez možnosti křížení s jinými plemeny koní. O dva roky později byl poprvé po deseti letech do plemenné knihy zapsán fríský hřebec: Oom 119. Aby fríský kůň lépe vyhovoval požadavkům zemědělství, byl vyšlechtěn těžší a kompaktnější, ale černá barva zůstala zachována, stejně jako bohaté osrstění a mírná povaha (KFPS 2023 (A)).

V roce 1954, 75 let po svém založení, získala plemenná kniha královský status a stala se Královskou asociací „Het Friesch Paarden-Stamboek“ (KFPS). Nicméně v roce 1970 měla plemenná kniha jen 645 členů, tisíc registrovaných koní a stěží více než čtyři sta klisen – plemeno balancovalo na pokraji zániku. Kromě členských kampaní a loterií byla v roce 1967 ve Frísku uspořádána „křížová výprava“, jejímž cílem bylo upozornit obyvatelstvo na mimořádnou situaci a propagovat plemeno jako sportovního a rekreačního koně. Naštěstí blahobyt a volný čas rostly, a to znamenalo, že se jízda na koni a jezdecký sport staly přístupné širšímu publiku. Velkou zásluhu na tom měl fakt, že se čtyřspřeží stalo novým a populárním odvětvím jezdeckého sportu, v němž fríská čtyřspřeží přitahovala mezinárodní pozornost. Jejich výkony vedly k rostoucí poptávce po fríských koních daleko za hranicemi Fríska. Chov se zvedl a KFPS po dvaceti letech vystoupil z hlubokého propadu. V roce 1979 se slavilo sté výročí, které mělo znamenat začátek nebývalého období prosperity (KFPS 2023 (A)).

Postupně fríský kůň získal zpět svou eleganci z minulých let a stal se více dlouhonohým s méně těžkou a kompaktní stavbou těla. S podporou nástupu umělé inseminace v 70. letech 20. století bylo možné oplodňovat klisny po celém světě a populace fríských koní prudce vzrostla z necelých 3 000 v roce 1980 na 70 000 o 25 let později. V návaznosti na tento úspěch se KFPS vyvinula ve velmi profesionální plemennou knihu, která každoročně organizuje desítky inspekcí po celém světě, aby posoudila, zda se fríský kůň nadále dobře vyvíjí jako jezdecký a záprahový kůň. S mimořádnou pozorností dbá na zachování těch plemenných znaků, které spojují fríského koně s jeho vzdálenými předky (KFPS 2023 (A)). Standardy pro zařazení do registru fríského plemene jsou poměrně přísné a zahrnují splnění požadavků na tělesnou stavbu, žádoucí kvalitu pohybu a uspokojujivé veterinární vyšetření s rentgenovými snímky (FEI 2020).

4.6.2.1 Chovný cíl

Chovný cíl je základem pro šlechtitelský a selekční program KFPS. Chovný cíl nastiňuje ideální podobu fríského koně ve všech jeho aspektech a upřesňuje se každých 10–15 let. Tento chovatelský cíl byl stanoven na podzim roku 2021. V chovatelském cíli jsou na jedné straně vedoucí vlastnosti plemene uvedené v poslání KFPS a na druhé straně se zkoumá, jak se fríský kůň může nejlépe umístit v jezdeckém spektru. Chovným cílem fríského koně je funkčně stavěný užitkový kůň s vlastnostmi fríského plemene, který je zdravý a vitální (vital), má schopnost sportovního výkonu, spolehlivou povahu a může být trénován. Z hlediska exteriéru fríský kůň má černou barvu srsti a v ideálním případě nemá žádné odznaky. Odznaky na hlavě, pokud jsou nad linií očí a mají maximální průměr 3 cm, jsou povoleny. Východiskem pro formulaci chovného cíle je, že cíle s ohledem na exteriér a užitkovost by neměly být na úkor dobrých životních podmínek (welfare) zvířat (KFPS 2021).

4.6.2.2 Šlechtitelský program

Šlechtitelský program popisuje strategii k dosažení formulovaného chovného cíle. Cílem šlechtitelského programu je dosáhnout pokroku nejen v krátkodobém, ale i v dlouhodobém měřítku. Proto je důležité, aby šlechtitelská politika, kterou je třeba dodržovat, zachovala v populaci dostatečnou genetickou variabilitu. Zejména v uzavřeném chovu fríského koně je důležité omezit nárůst příbuzenské plemenitby. Tím spíše, že příbuzenská plemenitba je příčinou vzniku dědičných vad a snížené vitality (plodnost, odolnost vůči nemocem, dlouhověkost atd.) (KFPS 2023 (B)).

- Příbuzenská plemenitba na úrovni jednotlivých koní. KFPS doporučuje svým členům, aby se při sestavování párů vyhýbali úzké příbuzenské plemenitbě. Jako pomůcka se uvádí, že koeficient příbuzenské plemenitby páru by neměl překročit 5 %. Tento koeficient příbuzenské plemenitby se vypočítává v rámci 5 generací. Fakticky to vede k podcenění skutečnosti, že při přepočtu na více generací je procento příbuzenské plemenitby mnohem vyšší.
- Příbuzenská plemenitba na úrovni populace. KFPS používá dva nástroje k omezení nárůstu příbuzenské plemenitby na úrovni populace. V první řadě se uplatňují omezení plemenitby, aby se snížil vliv jednotlivých hřebců. Dále se při výběru hřebců používá procento příbuznosti. Procento příbuznosti udává stupeň příbuznosti s populací. Hřebci s nízkým procentem příbuznosti mají při schvalování výhodu. KFPS usiluje o to, aby se příbuzenská plemenitba v populaci zvyšovala o méně než 1 % za generaci (KFPS 2023 (B)).

4.7 Starokladrubský vraník

Starokladrubský kůň je jediné autochtonní teplokrevné plemeno českého původu a je vytvořené na základě starošpanělské a italské krve. Toto plemeno se na českém území chová nepřetržitě více než 400 let, plemenná kniha je vedena od roku 1757. V současné době je starokladrubský kůň zařazen do genových zdrojů České republiky a plemenná kniha je od roku 2002 zcela uzavřena. Plemeno je chováno ve dvou barevných variantách srsti: bělouš a vraník. Cílem chovatelů je udržet starokladrubského koně v kočárovém typu (galakaroisér) využitelném pro slavnostní a reprezentační účely, jezdecké závody, drezuru, barokní a rekreační ježdění (Hofmanová et al. 2015 (B)). Současnou populaci starokladrubského koně tvoří 52 plemenných hřebců a 553 chovných klisen, z toho 26 vraných hřebců a 276 vraných klisen. Vraná varianta se skládá z 4 linií (Sacramoso, Siglavi Pakra, Solo a Romke) (NHK 2024 (A)).

4.7.1 Historie

Starokladrubský kůň je jediné původní české plemeno koní. Jedná se o významný genetický zdroj s jedinečnými vlastnostmi a vysokou kulturní a historickou hodnotou. Vznik tohoto plemene je spojen se založením císařskokrálůvského hřebčína v Kladrubech nad Labem v roce 1579 se záměrem produkovat kvalitní koně potomků staré španělské krve pro potřeby habsburského císařského dvora (Bílek 1957). Přestože jeho hlavními zakladateli byli starošpanělští a italští koně, v historii chovu starokladrubského koně docházelo opakovaně k významným zúžením genetické základny (tzv. bottlenecks) a přimíšením dalších plemen (Porter 2002). Zpočátku probíhal trvalý dovoz starošpanělských koní ze spolehlivých evropských chovů, zejména italských, s cílem osvěžit genetickou základnu chovu. Plemeno bylo později kříženo mimo jiné s neapolitánskými a dánskými koňmi a orlovskými klusáky, a také s těžkými českými plemeny. Lipický hřebec Favory (bělouš, 1938) byl úspěšně využit pro přilítí krve do starokladrubského plemene a založil neklasickou linii plemeníků; ostatně lipický kmen Favory byl založen kladrubským hřebcem Favory, neboť až do roku 1918 byla výměna plemenného materiálu mezi Lipicou a Kladruby nad Labem běžná. To byl také důvod, proč byli i v pozdějších obdobích použiti k rozšíření krevní základny starokladrubského koně, a zejména pak v regeneračním procesu stkl. vr., další lipičtí hřebci a klisny, což pozitivně ovlivnilo starokladrubské plemeno (Bílek 1957). Starokladrubský kůň je tak příbuzný s moderními lipicány, andaluskými, lusitánskými, berberskými a neapolitánskými koňmi (Dušek 1992).

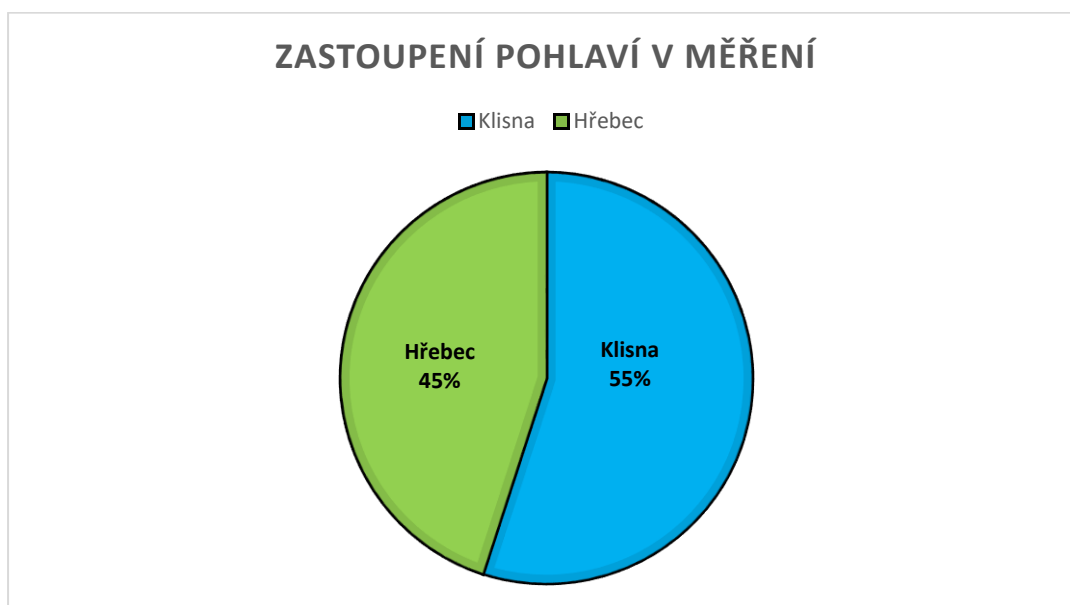
Na přelomu 18. a 19. století však začal starošpanělský kůň ztrácet na oblibě a následně chovy těchto zvířat v Evropě z velké části zanikly. V průběhu let se starokladrubská populace stala typickou a izolovanou od příbuzných plemen. V 19. století se rozdělila na dvě barevné varianty, bílou a vranou, jejichž efektivní velikost se výrazně snížila v důsledku dalšího zúžení a příbuzenské plemenitby po dvou světových válkách (Janova et al. 2013). O obnovu plemene stkl.vr. se postaral prof. MUDR. et PhDr. Bílek, který vypracoval projekt regenerace plemene: bylo sestaveno stádo ze zbytků vraníků, orlovských klisen a klisen neznámého původu, lipicánů, smíšených běloušů a vraníků, starokladrubských běloušů a teplokrevných klisen z českých chovů. Později se v chovu použil i fríský hřebec Romke (1966), který zde založil vlastní kmen – těmito kroky se naštěstí podařilo plemeno zachránit a zachovat typické plemenné znaky (Misař 2011).

Od té doby zůstal chov koní italsko-španělského typu výhradně kladrubský, tj. bez vnášení nové krve z jiných plemen. Protože se tak kůň kromě lipicána stal jediným významným nositelem italsko-španělské krevní linie, byl uznán jako samostatné plemeno s názvem starokladrubský kůň (Vostrý et al. 2011). Starokladrubský kůň se dříve choval v různých barevných variantách, ale dodnes existují pouze bílé a vrané zbarvení (Andryšikova et al. 2019). Dle studie Janova et al. (2013), rozmanitost genů pro barvu srsti je u stkl.vr. důležitým problémem, a to vzhledem ke genetické povaze černé barvy srsti a jejich vyšší genetické heterogenitě. Mírné rozdíly v intenzitě černého zbarvení pozorované v rámci populace této studie naznačily, že na fenotypové variabilitě starokladrubských vraníků se mohou podílet další geny. Starokladrubský kůň představuje ohrožený genový zdroj, proto je řízení chovu konzervativní s cílem zachovat všechny linie a rodiny v typu barokního kočárového koně (Vostrá-Vydrová et al. 2016).

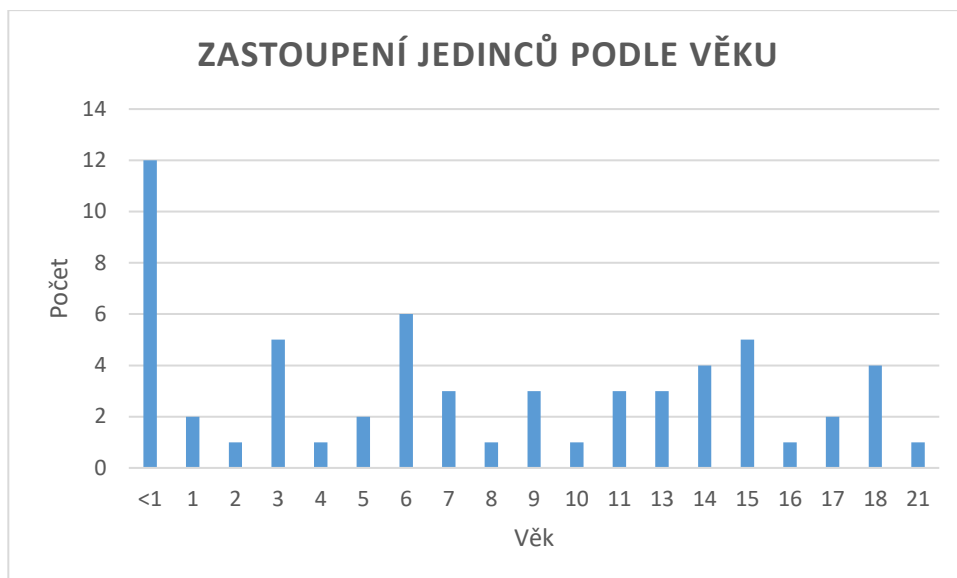
5 Metodika

5.1 Struktura dat

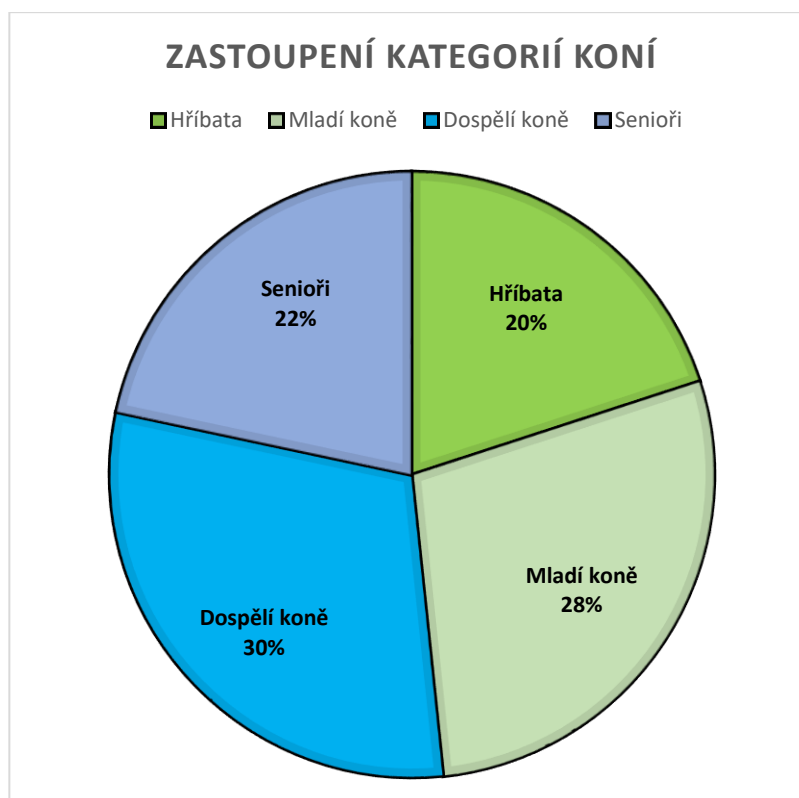
Tento výzkum byl neinvazivní a zahrnoval pouze měření koní v jejich současných životních podmínkách. Celkem bylo do této studie zařazeno 60 koní plemene fríský kůň: 33 klisen (55 % jedinců) a 27 hřebců/valachů (45 % jedinců) ve věkovém rozmezí 3 měsíce – 21 let. Grafy 1 a 2 graficky znázorňují zastoupení jedinců v souboru podle pohlaví (1) a věku (2). Změřená populace koní byla pro snadnější statistické vyhodnocení následně rozdělena do 4 věkových kategorií: hříbata (do 1 roku stáří; 12 jedinců), mladí koně (1–6 let; 17 jedinců), dospělí koně (7–14 let; 18 jedinců) a senioři (15+ let; 13 jedinců); procentuální zastoupení jedinců v jednotlivých kategoriích bylo přibližně stejné (viz Graf 3). Všichni koně jsou chováni na území České republiky (92 % jedinců), nicméně bylo do měření také zahrnuto 5 koní z Rakouska (8 % jedinců). Všichni koně byli z pastevního ustájení nebo měli pravidelný přístup ven a přístup ke slunečnímu záření. Období měření zahrnovalo 4 měsíce a konkrétně bylo provedeno v časovém úseku od konce července do konce listopadu 2023. Z organizačních a časových důvodů se měření provádělo pouze jednou u každého koně a pouze v jednom období; většina koní se stále nacházela v letní srsti. Celkem se uskutečnilo 6 výjezdů za koňmi, kde největší zastoupení zvířat (45 %; 27 jedinců) bylo změřeno 6. října na Svodu fríských koní 2023 v Kralovicích u Slaného; další jedinci byli změřeni ve stájích u jednotlivých chovatelů, kteří byli nalezeni a kontaktováni prostřednictvím sociálních sítí. Geograficky se stále nacházeli na území Prahy, Středočeského, Pardubického, Královéhradeckého a Ústeckého kraje.



Graf 1: Zastoupení pohlaví v měření



Graf 2: Zastoupení jedinců podle věku



Graf 3: Procentuální zastoupení jedinců podle věkových kategorií

5.2 Kvantitativní charakteristika černé barvy jako závisle proměnné

Měření barvy srsti bylo provedeno pomocí spektrofotometru Minolta 2500d s použitím barevného systému CIE ($L^*a^*b^*$). Část dat byla převedena do počítače pomocí softwaru SpectraMagic NX, další část byla přepsána manuálně. Parametry měřené podle systému CIE zahrnují:

L^* – světlost/jas barvy neboli lightness (0 = černá, 100 = bílá),

a^* – červenost/ škála červená-zelená neboli redness (+60 = červená, -60 = zelená),

b^* – žlutost/ škála žlutá-modrá neboli yellowness (+60 = žlutá, -60 = modrá),

Chroma – kvalita čistoty nebo sytosti barvy, která je definována následujícím vzorcem:

$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$; (od 0 (šedá) až po 100 (maximum), které se mění v závislosti na jas) (Azetsu & Suetake 2021).

Parametr L^* je nejdůležitější při posuzování černé barvy, podstatný je také parametr škály červená-zelená (a^*) zohledňující případné vyblednutí do červenohnědého odstínu srsti. Měření uvedených parametrů bylo provedeno u každého zvířete na čtyřech částech těla – na krku (místo bez hřívy), pleci, břicho a na zádi (stehně) (viz Obrázek 3). Každá hodnota měřeného parametru je průměrem tří po sobě jdoucích měření na stejném místě (automaticky provedeno spektrofotometrem). Z důvodu časové náročnosti nebylo možné zohlednit případné barevné změny způsobené střídáním ročních období; měření proběhlo pouze v jednom období (pozdní léto/podzim). Data byla dále statisticky vyhodnocena s použitím reflektance včetně rozptýlených složek (SCI).



Obrázek 3: Aart S.V. Svod fríských koní 2023. Místa měření na koni (1 – krk, 2 – plec, 3 – břicho, 4 – záď) (Foto E. Váchalová).

5.3 Statistické vyhodnocení výsledků

Analýza vlivu faktorů ovlivňujících intenzitu černé barvy byla provedena pomocí statistického testu ANOVA (analýza rozptylu) s využitím softwaru STATISTICA 12 (StatSoft Inc. 2013); tento program byl použit i pro tvorbu grafů. Jako závislé proměnné byly brány parametry L^* , a^* , b^* a parametr Chroma. Nezávislé proměnné se lišily podle zkoumaného souboru: v rámci souboru fríských koní se za nezávislé proměnné považovala věková kategorie, pohlaví a místo měření; v celkovém souboru fríských koní a starokladrubských vraníků nezávislými proměnnými byly plemeno, věková kategorie, pohlaví, místo měření a současně interakce plemeno \times pohlaví a plemeno \times místo měření.

6 Výsledky

6.1 Statistika: Fríský kůň

6.1.1 Popisná statistika souboru dat

V rámci celkového souboru dat, který zahrnoval 60 koní, byla střední hodnota parametru L^* 19,1, naměřené hodnoty se pohybovaly v intervalu od 11,23 do 25,09. U parametru a^* byla naměřena střední hodnota 1,54. Naměřené hodnoty se pohybovaly v intervalu od 0,23 do 7,26. Parametr b^* vykazoval střední hodnotu 1,87, zatímco dosažené hodnoty se vyskytovaly v intervalu od -0,09 do 9,75. Hodnota parametru Chroma, která se počítala z hodnot parametrů a^* a b^* , se pohybovala v intervalu od 0,26 do 12,16.

Z tabulky 1 je patrné, že největší hodnota variability byla pozorována u parametru b^* (71,8 %). Nejnižší hodnota byla naopak zaznamenána u parametru L^* (10,36 %), tento parametr v našem případě je nejméně proměnlivý.

Tabulka 1: Popisná statistika parametrů L^* , a^* , b^* u fríského koně

	Průměr (střední hodnota)	Směrodatná odchylka	Variační koeficient, %
L^*	19,1	1,98	10,36
a^*	1,54	1,02	66,27
b^*	1,87	1,34	71,8

6.1.2 Statistické vyhodnocení faktorů ovlivňujících intenzitu černého zbarvení

Určení zbarvení srsti může být mnohdy problémem z důvodu působení různých faktorů, jako je stáří zvířete, roční období nebo klimatické podmínky. V této práci byl zjišťován vliv pohlaví, věku a místa měření na intenzitu zbarvení srsti fríského koně. Následně tyto vlivy byly porovnány s hodnotami starokladrubsých vraníků získanými dříve, čímž byl také otestován i vliv plemene na intenzitu zbarvení srsti. Pomocí programu STATISTICA 12 (StatSoft Inc. 2013) analýza rozptylu (ANOVA) potvrdila tento model jako významný ($p < 0,01$).

6.1.2.2 Parametr L^*

Jedním z nejdůležitějších parametrů k vyhodnocení černého zbarvení srsti je parametr L^* , protože umožňuje sledovat barevný rozsah od černé (0) po bílou (100). Změny v hodnotách parametru L^* , ke kterým dochází v závislosti na předem stanovených vlivech, byly pozorovány v této práci. Jak je znázorněno v tabulce 2, v případě parametru L^* jako významný se ukázal pouze vliv místa měření ($p < 0,01$).

Tabulka 2: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr L* u fríského koně

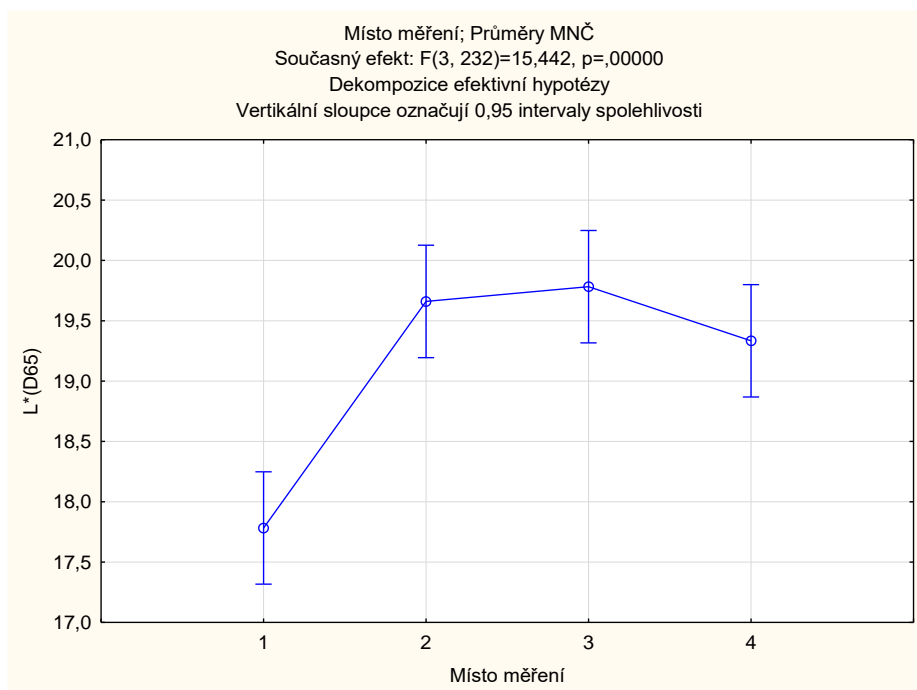
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro L*				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Věková kategorie	12,51	3	4,17	1,26	0,290180
Pohlaví	2,66	1	2,66	0,80	0,371901
Místo měření	153,74	3	51,25	15,44	0,000000

Nejnižší střední hodnoty parametr L* dosahoval v oblasti krku (17,76). Oblasti plece, břicha a zádí vykazovaly přibližně stejné střední hodnoty (plec 19,63; břicho 19,76; zád' 19,3) a byly vyšší než průměrná hodnota v oblasti krku. Z provedeného Scheffeho testu (Tabulka 3) je jasné, že významné rozdíly u parametru L* byly nalezeny mezi krkem a plecí, krkem a břichem a krkem a zádí ($p < 0,01$).

Tabulka 3: Scheffeho test pro místa měření (parametr L*) u fríského koně

Scheffeho test; proměnná L*				
Místo měření	Krk	Plec	Břicho	Zád'
Krk				
Plec	0,000001			
Břicho	0,000000	0,987358		
Zád'	0,000114	0,810034	0,611651	

Jak je patrné z grafu 4, zbarvení srsti u fríských koní je v oblasti krku (1) nejtmaší. Oblasti plece (2), břicha (3) a zádí (4) měly vyšší hodnoty než hodnoty v oblasti krku, což vede k závěru, že tyto oblasti jsou u fríských koní v daném souboru v průměru světlejší.



Graf 4: Grafické znázornění vlivu místa měření na parametr L^* u friského koně

6.1.2.3 Parametr a^*

Dále byl zjišťován vliv faktoru na parametr a^* , který je zodpovědný za případné vyblednutí srsti do červenohnědého odstínu. Zde byl znovu zjištěn významný vliv místa měření, ale současně se projevil jako významný i vliv věku (Tabulka 4).

Tabulka 4: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr a^* u friského koně

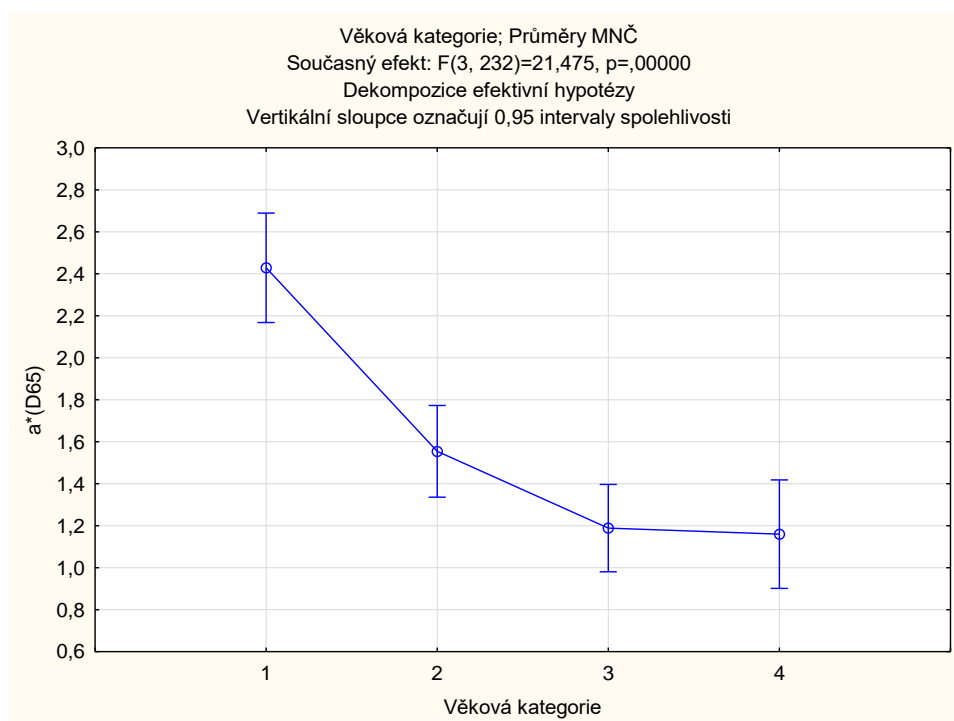
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro a^*				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Věková kategorie	50,8174	3	16,9391	21,4752	0,000000
Pohlaví	1,9874	1	1,9874	2,5196	0,113798
Místo měření	16,4436	3	5,4812	6,9490	0,000169

Nejvyšší průměrná hodnota u parametru a^* byla dosažena u věkové kategorii hříbat (do 1 r. stáří; 2,38). Kategorie hříbat byla následována kategorií mladých koní (1–6 let; 1,6). Kategorie dospělých koní (7–14 let; 1,17) a seniorů (15 + let; 1,23) měly přibližně stejné průměrné hodnoty. Podle Scheffeho testu (Tabulka 5), kategorie hříbat se významně lišila od všech ostatních kategorií; také byl zjištěn významný rozdíl mezi kategorií mladých a dospělých koní (pouze na vyšší hladině významnosti, $p < 0,05$).

Tabulka 5: Scheffeho test pro věkové kategorie (parametr a^*) u friského koně

Scheffeho test; proměnná a^*				
Věková kategorie	Hříbata	Mladí koně	Dospělí koně	Senioři
Hříbata				
Mladí koně	0,000114			
Dospělí koně	0,000000	0,043838		
Senioři	0,000000	0,175697	0,983133	

Jak je znázorněno na grafu 5, nejvyšší průměrná hodnota u parametru a^* byla dosažena u hříbat (1), což vypovídá o tom, že v srsti hříbat je přítomno největší množství načervenalého odstínu. Kategorie hříbat byla následována kategorií mladých koní (2), dospělých koní (3) a seniorů (4), což naznačuje, že načervenalý odstín srsti s přibývajícím věkem postupně klesá.



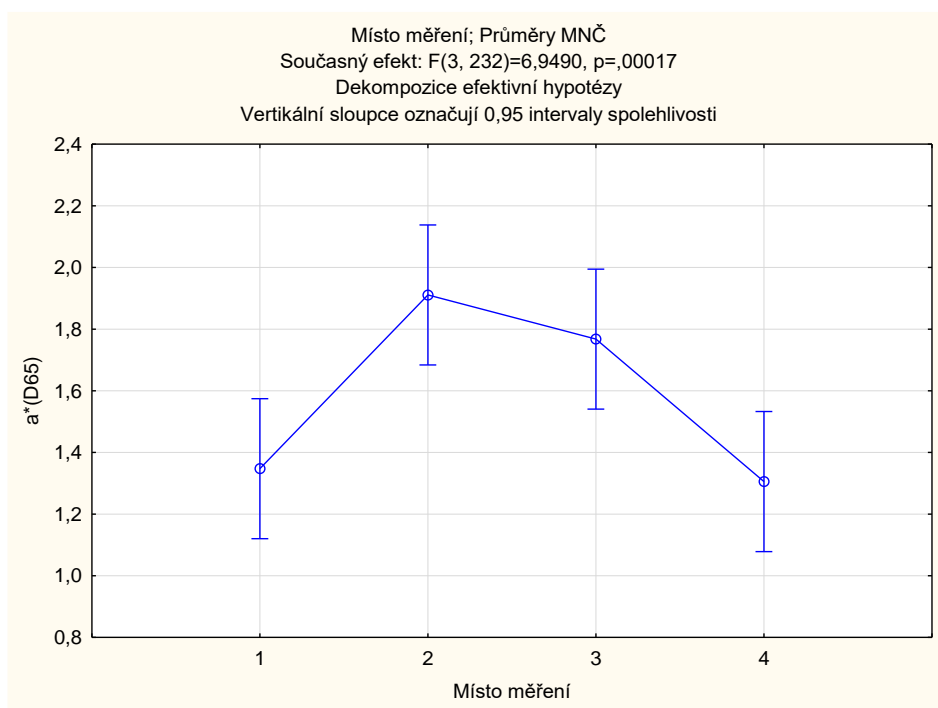
Graf 5: Grafické znázornění vlivu věkové kategorií na parametr a^* u friského koně

Nejnižších hodnot parametr a^* dosahoval v oblastech krku (1,31) a zádí (1,26). Naopak v oblastech plece (1,87) a břicha (1,73) parametr a^* nabýval nejvyšších hodnot. Z tabulky 6 (Scheffeho test) je patrné, že významné rozdíly byly nalezeny mezi krkem a plecí a zádí a plecí ($p < 0,01$). Na vyšší hladině významnosti byl také nalezen rozdíl mezi zádí a břichem ($p < 0,05$).

Tabulka 6: Scheffeho test pro místa měření (parametr a^*) u friského koně

Scheffeho test; proměnná a^*				
Místo měření	Krk	Plec	Břicho	Zád'
Krk				
Plec	0,008107			
Břicho	0,084550	0,853829		
Zád'	0,995510	0,003565	0,046087	

Na grafu 6 můžeme vidět, že nejnižších hodnot parametr a^* dosahoval v oblastech krku (1) a zádí (4), což naznačuje, že v těchto oblastech byla srst nejméně načervenalá. Naopak v oblastech plece (2) a břicha (3) parametr a^* nabýval nejvyšších hodnot, což znamená, že tyto oblasti vykazovaly nejvíce načervenalé odstíny.



Graf 6: Grafické znázornění vlivu místa měření na parametr a^* u friského koně

6.1.2.4 Parametr b^*

Dalším sledovaným parametrem byl parametr b^* , který zahrnuje barevnou škálu od modré po žlutou barvu. Vlivy věku a místa měření se zde rovněž ukázaly jako významné (viz Tabulka 7).

Tabulka 7: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr b^* u friského koně

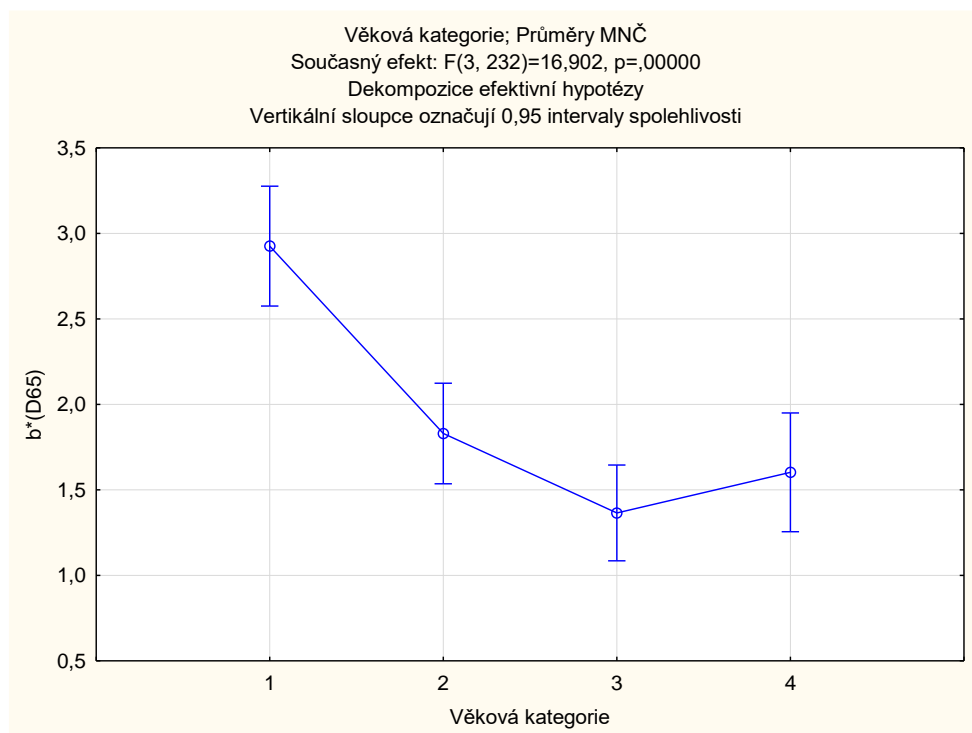
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro b^*				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Věková kategorie	72,3798	3	24,1266	16,9019	0,000000
Pohlaví	0,9416	1	0,9416	0,6597	0,417512
Místo měření	25,5233	3	8,5078	5,9601	0,000624

Nejvyšší hodnoty parametr b^* dosahoval u kategorií hříbat (2,89). Ostatní kategorie koní měly průměrné hodnoty přibližně stejné a zřetelně nižší: mladí koně (1,86), dospělí koně (1,35), senioři (1,65). Podle výsledků Scheffeho testu (Tabulka 8), kategorie hříbat se významně lišila ode všech ostatních věkových kategorií ($p < 0,01$). Mezi ostatními skupinami nebyly pozorovány významné rozdíly.

Tabulka 8: Scheffeho test pro věkové kategorie (parametr b^*) u friského koně

Scheffeho test; proměnná b^*				
Věková kategorie	Hříbata	Mladí koně	Dospělí koně	Senioři
Hříbata				
Mladí koně	0,000161			
Dospělí koně	0,000000	0,098543		
Senioři	0,000013	0,828614	0,587656	

Graf 7 ukazuje, že nejvyšší hodnoty parametr b^* dosahoval u hříbat (1), na rozdíl od ostatních věkových kategorií, kde koně měli zřetelně nižší hodnoty. Hříbata ve sledovaném souboru měla v průměru více nažloutlou, světlejší srst než ostatní věkové kategorie. Je možné také pozorovat postupné snížení nažloutlých odstínů srsti s přibývajícím věkem a velmi mírné zvýšení u kategorii seniorů (4), což však může být způsobeno nižším zastoupením jedinců v dané věkové skupině koní (vertikální sloupce ukazují na větší interval spolehlivosti).



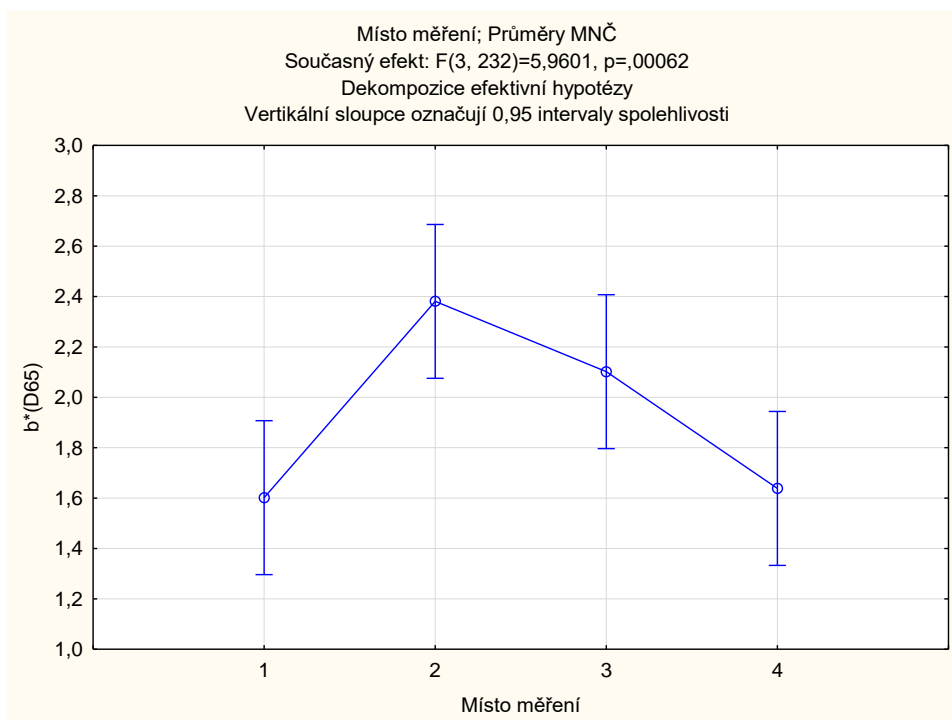
Graf 7: Grafické znázornění vlivu věkové kategorie na parametr b^* u fríského koně

Nejvyšší hodnota parametru b^* byla změřena v oblasti plece (2,32); poté následovala oblast břicha (2,04). Nejnižších hodnot parametr b^* nabýval v oblastech krku (1,54) a zádě (1,58). Výsledky Scheffeho testu (Tabulka 9) ukazují, že významný rozdíl byl pozorován mezi oblastmi krku a plecí ($p < 0,01$). Významný rozdíl mezi oblastmi plecí a zádí byl pozorován pouze na vyšší hladině významnosti ($p < 0,05$).

Tabulka 9: Scheffeho test pro místa měření (parametr b^*) u fríského koně

Scheffeho test; proměnná b^*				
Místo měření	Krk	Plec	Břicho	Zád'
Krk				
Plec	0,006027			
Břicho	0,157273	0,652208		
Zád'	0,998760	0,010089	0,213967	

Graf 8 znázorňuje, že nejvíce nažloutlých odstínů barva srsti dosahovala v oblasti plece (2), kde byla hodnota parametru b^* nejvyšší; poté následovala oblast břicha (3). Nejnižších hodnot parametr b^* nabýval v oblastech krku (1) a zádě (4), což naznačuje, že v těchto oblastech bylo nejméně nažloutlé srsti.



Graf 8: Grafické znázornění vlivu místa měření na parametr b^* u friského koně

6.1.2.5 Parametr Chroma

Posledním sledovaným parametrem byl parametr Chroma, který vyhodnocuje sytost barvy. Tento parametr vyhodnocuje sytost barvy. Stejně jako u předchozích dvou parametrů, vlivy věku a místa měření se zde rovněž ukázaly jako významné proměnné (viz Tabulka 10).

Tabulka 10: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr Chroma u friského koně

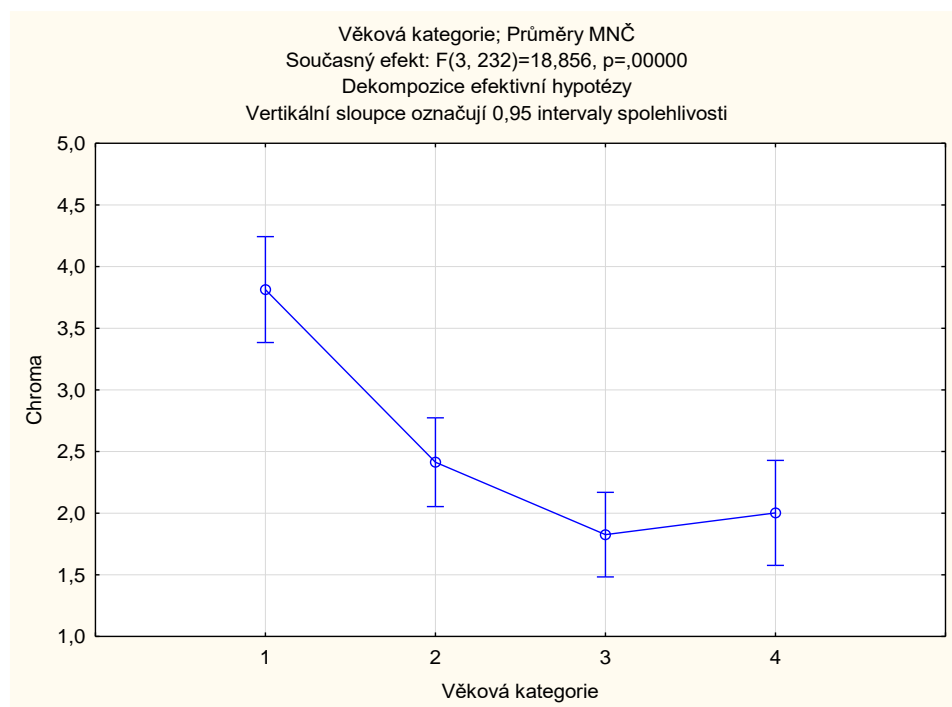
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Chroma				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	P
Věková kategorie	121,149	3	40,383	18,8561	0,000000
Pohlaví	2,669	1	2,669	1,2461	0,265447
Místo měření	41,782	3	13,927	6,5031	0,000305

Nejvyšší hodnoty parametr Chroma nabýval u věkové kategorii hříbat (3,75). Další věkové kategorie měly průměrné hodnoty nižší: mladí koně (2,46), dospělí koně (1,8), senioři (2,08). Scheffeho test (Tabulka 11) ukázal, že významné rozdíly byly nalezeny pouze v rámci kategorie hříbat se všemi věkovými skupinami ($p < 0,01$). U ostatních kategorií nebyly pozorované významné rozdíly.

Tabulka 11: Scheffeho test pro věkové kategorie (parametr Chroma) u fríského koně

Scheffeho test; proměnná Chroma				
Věková kategorie	Hříbata	Mladí koně	Dospělí koně	Senioři
Hříbata				
Mladí koně	0,000106			
Dospělí koně	0,000000	0,069539		
Senioři	0,000001	0,581569	0,766026	

Jak je patrné z grafu 9, nejvyšší hodnoty parametr Chroma nabýval u hříbat (1), z čehož vyplývá, že zbarvení srsti u této věkové skupiny bylo v průměru nejsytější. Další věkové kategorie měly průměrné hodnoty patrně nižší, což naznačuje, že sytost barvy s přibývajícím věkem postupně klesá. Mírné zvýšení hodnot, pozorované u kategorii seniorů (4), může být zkreslené z důvodu nižšího zastoupení jedinců v této věkové skupině koní (vyšší interval spolehlivosti).



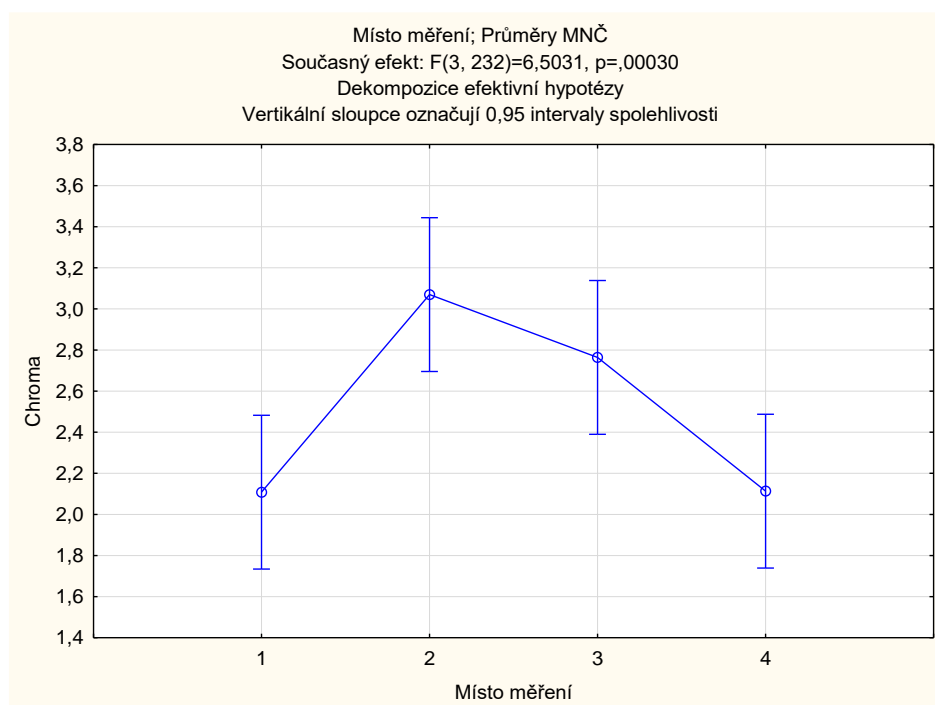
Graf 9: Grafické znázornění vlivu věkové kategorie na parametr Chroma u fríského koně

Nejvyšší hodnoty parametr Chroma dosahoval v oblasti plece (2,99), po které následovala oblast břicha (2,69). Naopak nejnižší hodnoty parametru Chroma byly pozorovány v oblastech krku (2,03) a zádě (2,04). Z hodnot Scheffeho testu (Tabulka 12) vyplývá, že významné rozdíly byly nalezeny mezi krkem a plecí a plecí a zádí ($p < 0,01$).

Tabulka 12: Scheffeho test pro místa měření (parametr Chroma) u fríského koně

Scheffeho test; proměnná Chroma				
Místo měření	Krk	Plec	Břicho	Zád'
Krk				
Plec	0,005520			
Břicho	0,113891	0,726657		
Zád'	0,999998	0,005852	0,118327	

Graf 10 znázorňuje, že parametr Chroma dosahoval nejvyšší hodnoty v oblasti plece (2), po které následovala oblast břicha (3). Tyto výsledky naznačují, že v těchto oblastech srst u jedinců v souboru měla nejvyšší sytost. Naopak nejnižších hodnot parametr Chroma dosahoval v oblastech krku (1) a zádě (4), což znamená, že zbarvení srsti v těchto oblastech není tolik syté, ale jde více do šeda.



Graf 10: Grafické znázornění vlivu místa měření na parametr Chroma u fríského koně

6.2 Statistika: fríský kůň × starokladrubský vraník

Ke zjištění rozdílů v intenzitě zbarvení srsti podle plemene se hodnoty fríských koní, zjištěné v této práci, porovnávaly s dříve získanými parametry starokladrubských vraníků (dle dat Kohoutové 2015). Soubor fríských koní, získaný pro účely této práce, byl porovnán se souborem starokladrubských vraníků, změřených pouze v období léta (145 koní). Tento postup poskytuje zajištění spolehlivějších výsledků, protože hodnoty fríských koní v této práci byly získány pouze v období léta/podzimu a jedinci se stále nacházeli v letní srsti.

6.2.1 Popisná statistika souboru dat

V souboru dat starokladrubských vraníků, který zahrnoval 145 koní, byla střední hodnota parametru L^* 21,3, nicméně interval naměřených hodnot byl v rozmezí od 16,24 do 31,18. Střední hodnota parametru a^* se rovnala 3,3, kde naměřené hodnoty se pohybovaly v intervalu od 0,72 do 7,87. U parametru b^* byla zjištěna střední hodnota 3,7, zatímco naměřené hodnoty se nacházely v intervalu od -0,25 do 13,68. Parametr Chroma, zjištěný z hodnot a^* a b^* se pohyboval v rozmezí od 0,74 do 15,78.

Tabulka 13 ukazuje, že největší variabilita byla pozorována u parametru b^* (54,43 %). Nejnižší hodnota variability byla zjištěna u parametru L^* (10,93 %), což naznačuje, že tento parametr je nejméně proměnlivý.

Tabulka 13: Popisná statistika parametrů L^*a^*b u starokladrubského vraníka (Zdroj: Kohoutová 2015).

	Průměr (střední hodnota)	Směrodatná odchylka	Variační koeficient, %
L^*	21,3	2,33	10,93
a^*	3,3	1,2	36,61
b^*	3,7	2,01	54,43

Z tabulky 14 je vidět, že variabilita parametru L^* fríských a starokladrubských koní v obou sledovaných skupinách byla téměř stejná. Parametr L^* byl také nejméně proměnlivý ze všech parametrů v obou skupinách. Naopak variabilita parametru a^* a b^* byla znatelně vyšší v souboru fríských koní, kde parametr a^* byl vyšší o 29,66 % a parametr b^* byl vyšší o 17,37 % oproti souboru starokladrubských vraníků. Variabilita parametru b^* byla také nejvyšší v obou sledovaných souborech.

Tabulka 14: Porovnání popisných statistik (variability) parametrů L^*a^*b

Plemeno	Variační koeficient, %	
	Fríský kůň	Starokladrubský vraník
L^*	10,36	10,93
a^*	66,27	36,61
b^*	71,8	54,43

6.2.2 Statistické vyhodnocení faktorů ovlivňujících intenzitu černého zbarvení

Vzhledem k většímu objemu výsledků jsou zde uvedeny pouze rozdíly v parametrech $L^*a^*b^*$, související s odlišností plemen. Dále budou v této části také ukázány interakce mezi jednotlivými vlivy, pokud se významně liší v rámci plemen. Výsledky způsobené vlivy ostatních faktorů jsou u starokladrubských vraníků velmi podobné výsledkům, získaným ze souboru fríských koní, které byly popsány v předchozí kapitole této práci, a proto dále rozebírány nebudou.

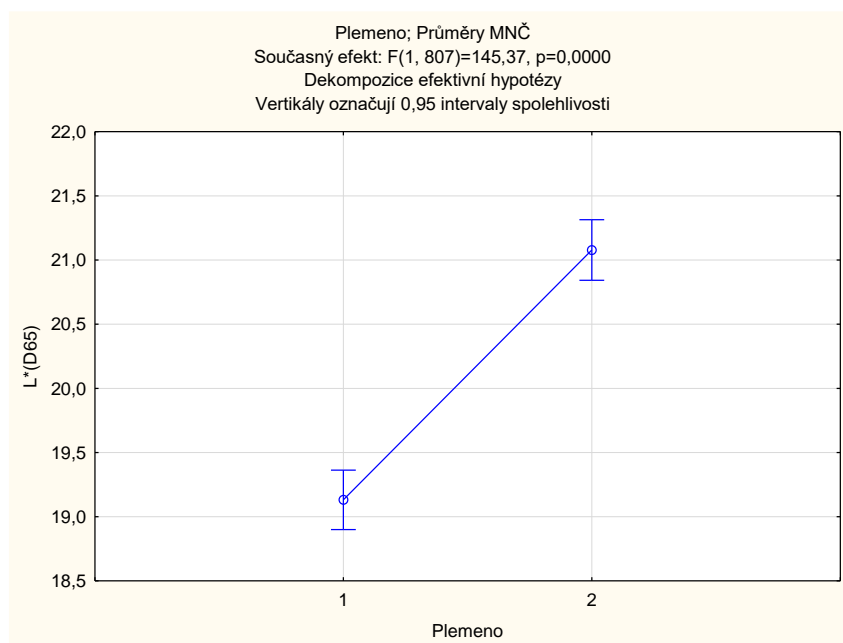
6.2.2.1 Parametr L*

Jak vychází z tabulky 15, významné rozdíly v parametru L* byly pozorovány v rámci plemen, pohlaví a míst měření. Významné interakce byly také zjištěny mezi plemenem a pohlavím a plemenem a místem měření ($p < 0,01$).

Tabulka 15: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr L* u fríského a starokladrubského koně

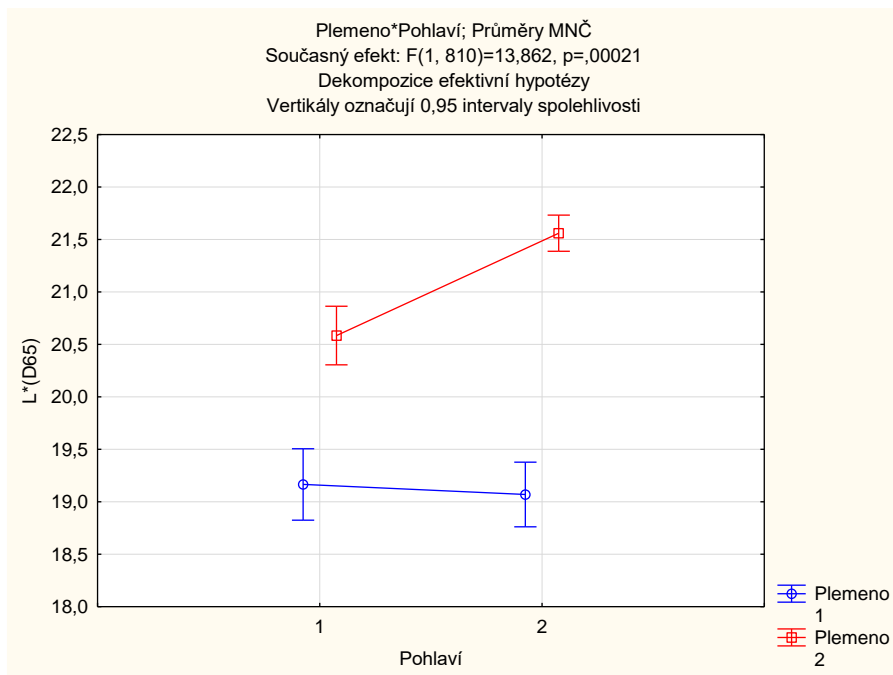
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro L*				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Plemeno	600,2	1	600,2	184,86	0,000000
Pohlaví	30,4	1	30,4	9,36	0,002285
Místo měření	754,8	3	251,6	77,49	0,000000
Plemeno*Pohlaví	45,0	1	45,0	13,86	0,000210
Plemeno*Místo měření	152,6	3	50,9	15,67	0,000000

Jak je patrné z grafu 11, parametr L* dosahoval vyšší průměrné hodnoty u plemene starokladrubský vraník (označeno číslem 2) (21,3), na rozdíl od plemene fríského koně (označeno číslem 1) (19,1). Tento výsledek naznačuje, že plemeno fríský kůň má v průměru tmavší srst než plemeno stkl.vr.



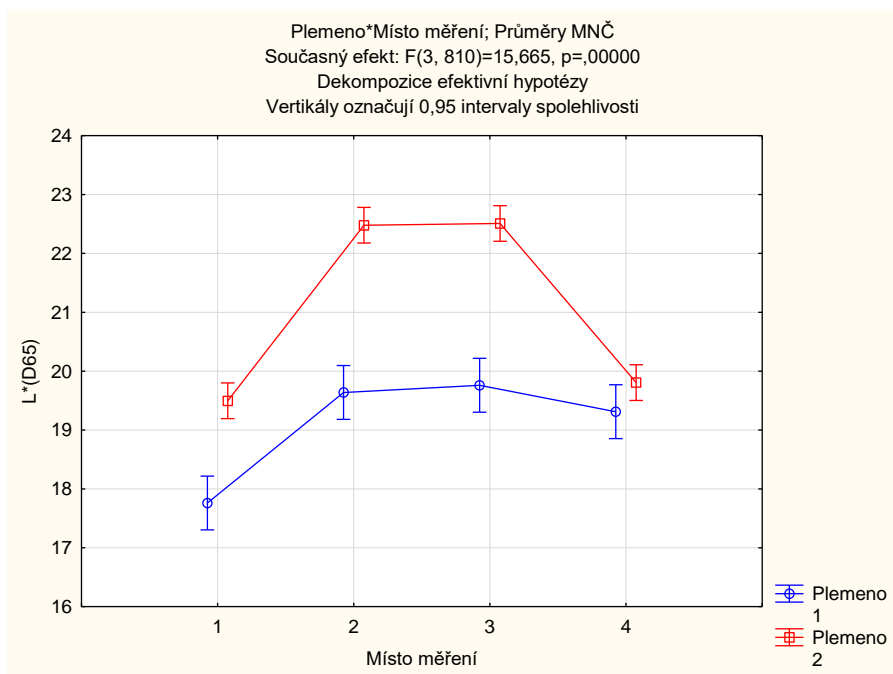
Graf 11: Grafické znázornění rozdílů mezi plemeny (parametr L*)

Graf 12 ukazuje interakce parametru L* v rámci pohlaví a plemene. Z grafu je patrné, že plemeno fríského koně (označeno modrou barvou) se v rámci pohlaví významně nelišilo. Naopak plemeno stkl.vr. (označeno červenou barvou) mělo v rámci pohlaví větší rozdíly, kde klisny (2) dosahovaly v průměru vyšších hodnot, než hřebci/valaši (1), což znamená, že klisny plemene stkl.vr. měly barvu světlejší.



Graf 12: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci pohlaví (parametr L*)

Plemeno stkl.vr. (červená barva) mělo také ve srovnání s fríským koněm (modrá barva) vyšší průměrné hodnoty v rámci všech míst měření (viz Graf 13). Průměrná hodnota, získaná z oblasti zádí (4) byla u obou plemen velmi podobná.



Graf 13: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci míst měření (parametr L*)

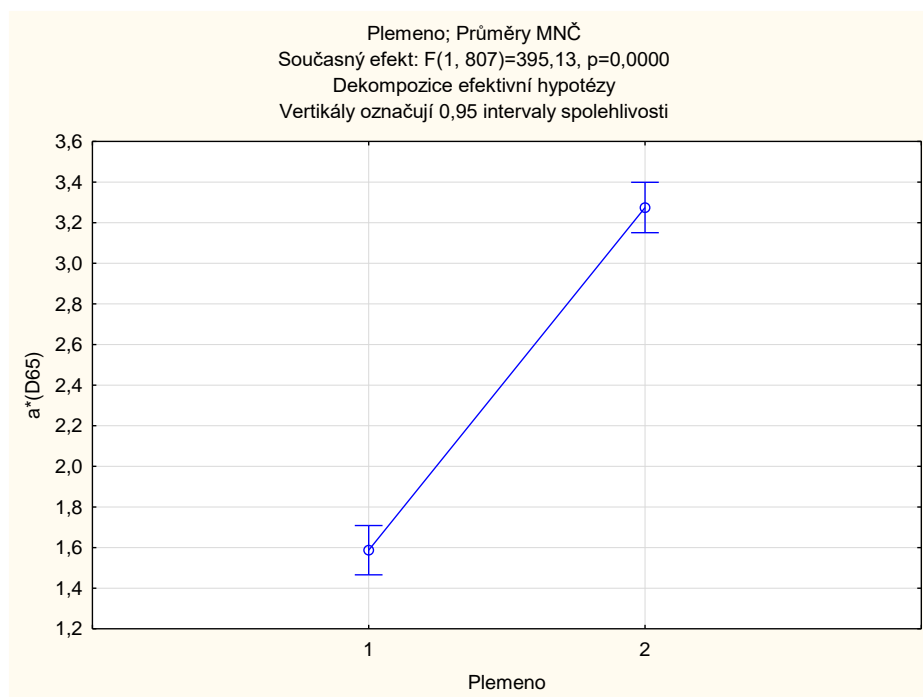
6.2.2.2 Parametr a*

Významné rozdíly v parametru a* byly zaznamenány v rámci všech sledovaných faktorů. Také byly nalezeny interakce v rámci plemene a pohlaví a plemene a místa měření (Tabulka 16).

Tabulka 16: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr a* u fríského a starokladrubského koně

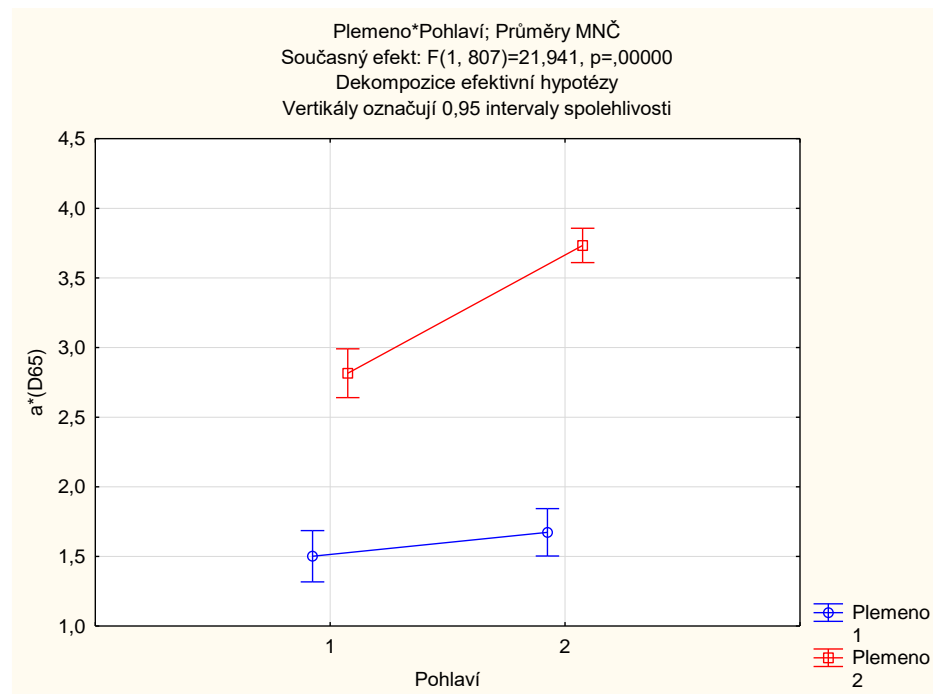
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro a*				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Plemeno	353,969	1	353,969	395,134	0,000000
Věková kategorie	81,614	3	27,205	30,368	0,000000
Pohlaví	42,335	1	42,335	47,258	0,000000
Místo měření	115,506	3	38,502	42,980	0,000000
Plemeno*Pohlaví	19,655	1	19,655	21,941	0,000003
Plemeno*Místo měření	19,089	3	6,363	7,103	0,000103

V rámci parametru a*, plemeno fríského koně (1) mělo výrazně nižší průměrné hodnoty (1,54) než plemeno stkl.vr. (2), které mělo průměrnou hodnotu 3,3. Tento výsledek naznačuje, že plemeno fríského koně má v srsti méně načervenalých odstínů než plemene stkl.vr. (viz Graf 14).



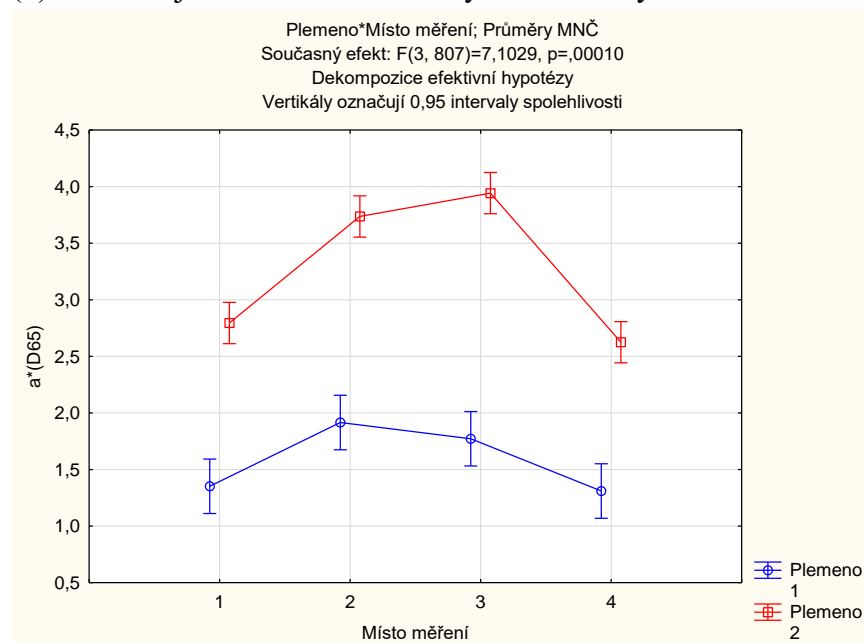
Graf 14: Grafické znázornění rozdílů mezi plemeny (parametr a*)

Graf 15 ukazuje, že plemeno fríského koně (modr.) mělo přibližně stejné průměrné hodnoty parametru a^* v rámci pohlaví. Plemeno stkl.vr. (červ.) naopak mělo výrazně vyšší hodnotu u klisen (2), než u hřebců/valachů (1), což naznačuje, že klisny stkl.vr. mají v průměru více načervenalější srst.



Graf 15: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci pohlaví (parametr a^*)

Jak je vidět z grafu 16, průměrné hodnoty parametru a^* u plemene stkl.vr. (červ.) byly patrně vyšší ve všech místech měření než u plemene fríského koně (modr.). Nejvyšších hodnot u stkl.vr. parametr a^* dosahoval v oblasti břicha (3), což ukazuje na oblast s nejvíce načervenalou srstí, na rozdíl od fríského koně, kde nejvyšší hodnota se nacházela v oblasti plece (2) a tím i největší množství červených odstínů bylo změřeno v této oblasti.



Graf 16: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci míst měření (parametr a^*)

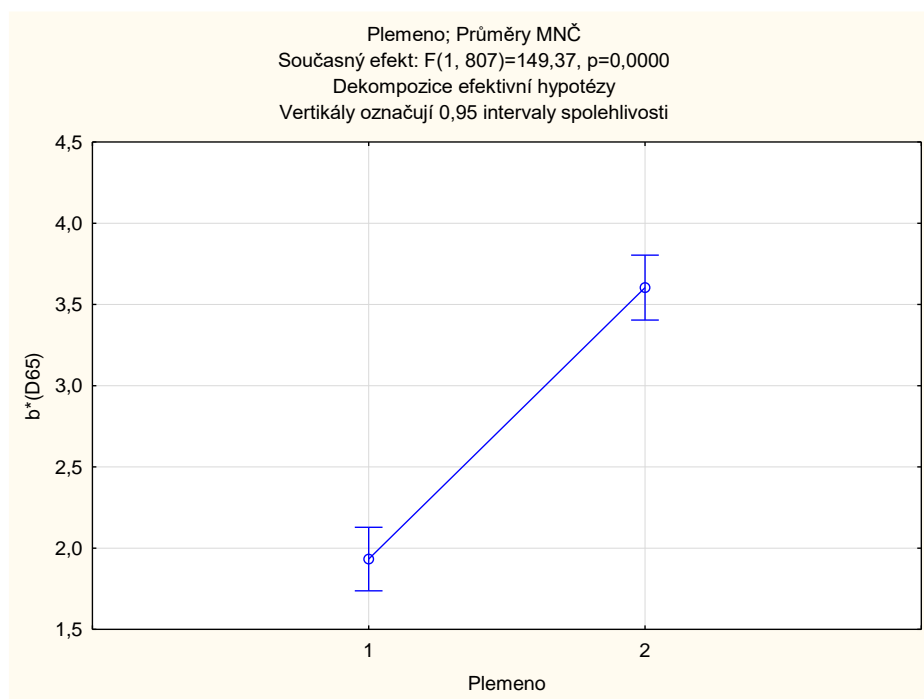
6.2.2.3 Parametr b*

Jak je znázorněno v tabulce 17, významné rozdíly u parametru b* byly nalezeny ve všech sledovaných efektech. Interakce byly také zjištěny v rámci plemene a pohlaví a plemene a místa měření.

Tabulka 17: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr b* u fríského a starokladrubského koně

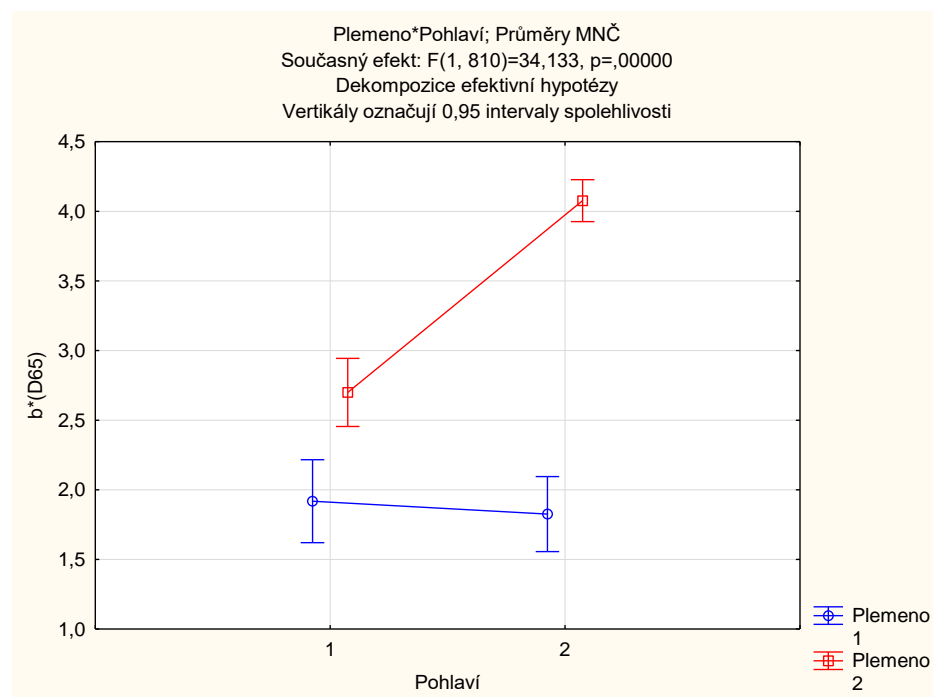
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro b*				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Plemeno	360,945	1	360,945	145,261	0,000000
Pohlaví	64,855	1	64,855	26,101	0,000000
Místo měření	267,848	3	89,283	35,931	0,000000
Plemeno*Pohlaví	84,815	1	84,815	34,133	0,000000
Plemeno*Místo měření	70,129	3	23,376	9,408	0,000004

Graf 17 znázorňuje, že plemeno fríských koní (1) mělo významně nižší průměrnou hodnotu parametru b* (1,87), na rozdíl od stkl.vr. (2), kde průměrná hodnota dosahovala 3,7. Toto zjištění znamená, že zbarvení stkl.vr. má větší množství nažloutlých odstínů srsti než plemeno fríského koně.



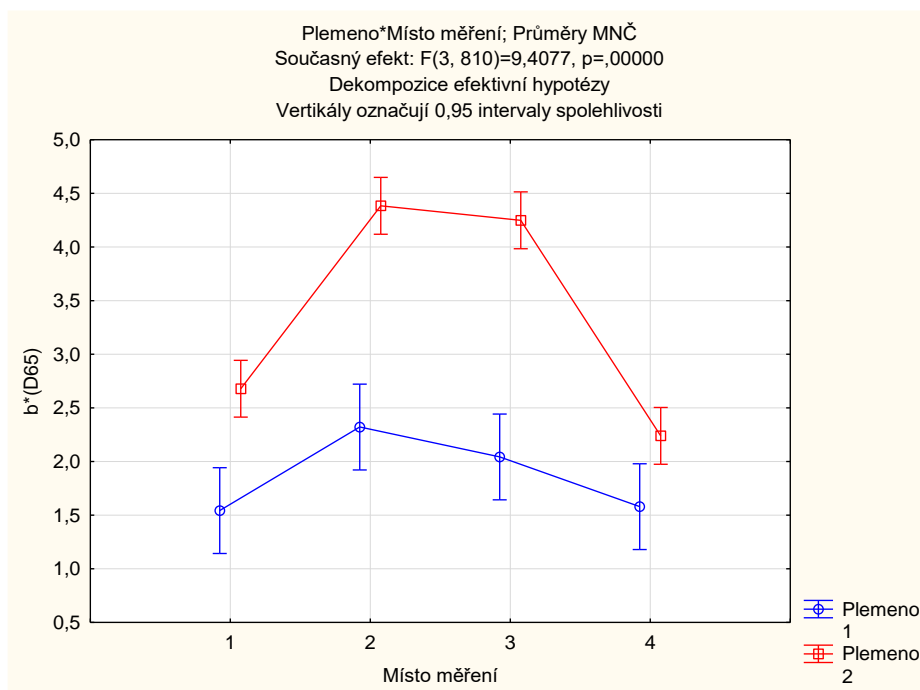
Graf 17: Grafické znázornění rozdílů mezi plemeny (parametr b*)

Z grafu 18 je zřejmé, že plemeno fríského koně (modr.) se podle pohlaví v rámci parametru b^* nijak významně nelišilo. Plemeno stkl.vr. (červ.) však mělo významné rozdíly, kde hřebci/valaši (1) měli výrazně nižší průměrnou hodnotu na rozdíl od klisen (2). To naznačuje, že zbarvení srsti u stkl.vr. je více nažloutlé u klisen.



Graf 18: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci pohlaví (parametr b^*)

Graf 19 ukazuje, že všechny průměrné hodnoty plemene stkl.vr. (červ.) byly vyšší ve všech místech měření, než hodnoty dosažené plemenem fríského koně (modr.). Nicméně hodnoty, změřené v oblasti zádí (4) u obou plemen byly podobné. Oblasti plece (2) a břicha (3) u obou plemen měly největší množství nažloutlé srsti, oblasti krku (1) a zádě (4) naopak nejnižší.



Graf 19: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci míst měření (parametr b^*)

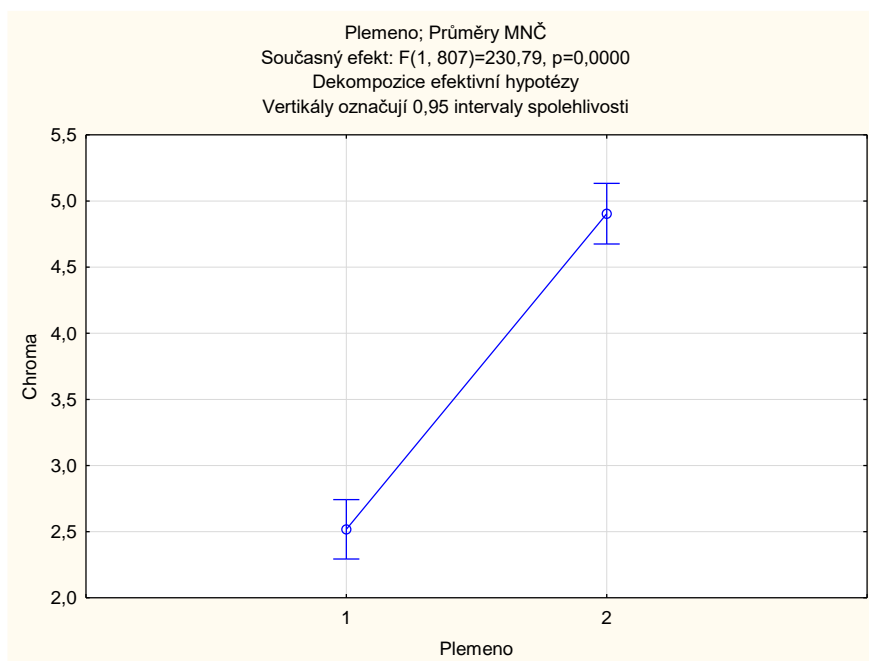
6.2.2.4 Parametr Chroma

V rámci parametru Chroma, významné rozdíly byly zjištěny ve všech sledovaných kategoriích. Interakce mezi plemenem a pohlavím a plemenem a místem měření se zde také ukázaly jako významné (Tabulka 18).

Tabulka 18: Statistická analýza faktorů, ovlivňujících parametr Chroma u fríského a starokladrubského koně

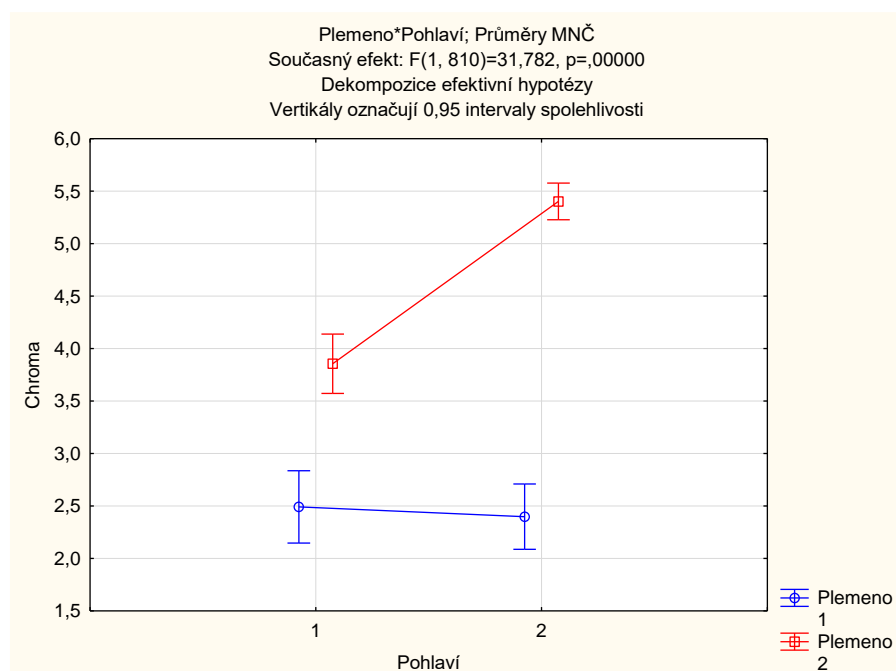
Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Chroma				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Plemeno	749,468	1	749,468	225,657	0,000000
Pohlaví	82,948	1	82,948	24,975	0,000001
Místo měření	374,854	3	124,951	37,622	0,000000
Plemeno*Pohlaví	105,557	1	105,557	31,782	0,000000
Plemeno*Místo měření	82,416	3	27,472	8,272	0,000020

Jak je znázorněno na grafu 20, plemeno stkl.vr. (2) mělo vyšší průměrnou hodnotu (4,98) parametru Chroma než plemeno fríského koně (1), které mělo průměrnou hodnotu 2,44. Tento výsledek znamená, že plemeno stkl.vr. mělo sytější barvu než plemeno fríského koně, které mělo barvu více do šeda.



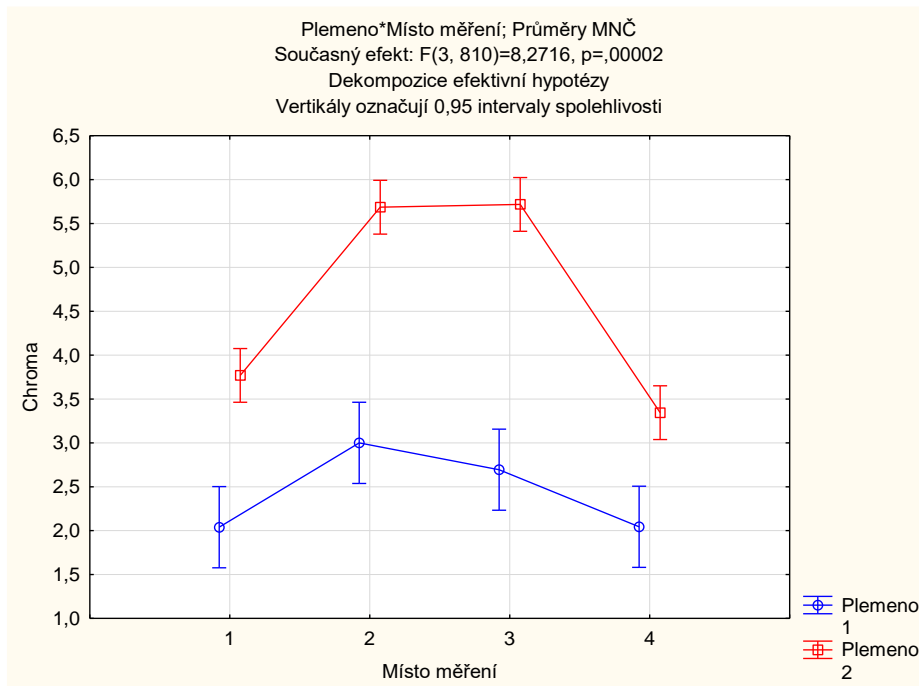
Graf 20: Grafické znázornění rozdílů mezi plemeny (parametr Chroma)

Z grafu 21 vyplývá, že parametr Chroma u plemene fríského koně (modr.) se v rámci pohlaví znovu významně neliší. Naopak plemeno stkl.vr. (červ.) znovu ukázalo významné rozdíly, kde klisny (2) měly průměrnou hodnotu vyšší, než hřebci/valaši (1). To znamená, že v rámci plemene stkl.vr. klisny mají sytější zbarvení, a zbarvení hřebců/valachů je našedivělé.



Graf 21: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci pohlaví (parametr Chroma)

Podle grafu 22, všechny průměrné hodnoty ve všech místech měření u plemene stkl.vr. byly patrně vyšší než hodnoty plemene fríský kůň. Největší nasycení zbarvení u fríského koně (modr.) bylo pozorováno v oblasti plece (2), nejnižší pak v oblastech krku (1) a zádě (4). Plemeno stkl.vr. (červ.) vykazovalo nejvyšší nasycení barvy v oblastech plece (2) a břicha (3), nejnižší pak v oblasti zádě (4).



Graf 22: Grafické znázornění interakce mezi plemeny v rámci míst měření (parametr Chroma)

7 Diskuse

Tato práce se zabývala vyhodnocením vlivu jednotlivých faktorů (pohlaví, věková kategorie, místo měření) na intenzitu zbarvení srsti koní plemene fríský kůň. Dále se změřené charakteristiky porovnávaly s hodnotami stejných parametrů, získaných od plemene starokladrubského vraníka z předchozích studií (Kohoutová 2015; Hofmanová et al. 2019). Problémy s identifikací barev srsti jsou často způsobeny ročním obdobím, stářím zvířete, nebo různými klimatickými podmínkami. Existují rozdíly v barevných odstínech zbarvení srsti v zimě a v létě u stejných zvířat, což bývá ovlivněno pobytem na slunci v letních měsících. Na jaře po vyhlínání jsou koně obvykle tmavší. K vyblednutí zbarvení přispívá slunce, vítr a déšť. Dobře živění a zdravý koně mají tendenci mít tmavší odstín (Horecká et al. 2017). Další překážkou správné identifikace barvy je skutečnost, že každá barva může mít mnoho odstínů, takže vždy lze objevit koně na pomezí dvou odlišných barev (Sponenberg 2003). Barva srsti je také důležitým exteriérovým znakem u plemen, která jsou primárně určena k ceremoniálním účelům. K takovým plemenům patří obě plemena, která byla prozkoumána v dané práci, a proto vyhodnocení intenzity zbarvení srsti v jejich případě představovalo zajímavou příležitost, která by nejen umožnila odhalit faktory, ovlivňující intenzitu zbarvení, ale zároveň by mohla pomoci udržet zbarvení v rámci plemenného standardu. Za objektivní charakteristiky zbarvení srsti jsou považovány parametry $L^*a^*b^*$ dle systému CIE a parametr Chroma, přičemž parametry L^* a a^* jsou nejdůležitější, protože sledují barevné změny ve škále od černé po bílou (L^*) a od zelené po červenou (a^*), čímž se dá odhalit případné vyblednutí do načervenalého odstínu srsti.

Co se týče parametru L^* u fríských koní ve sledované populaci, statisticky významný vliv byl nalezen pouze v rámci místa měření na těle koně, vlivy pohlaví a věku zde nebyly statisticky průkazné. Na rozdíl od výsledků prací Kohoutové (2015), kde u stkl.vr. dochází k pozvolnému mírnému zesvětlení srsti s věkem, to u plemene fríský kůň v naší studii prokázáno nebylo, což může být způsobeno nižším zastoupením jedinců ve sledovaném souboru (60), a tím se jedná o menší reprezentativní vzorek populace; u stkl.vr. se jednalo o soubor, který se skládal z 236 koní, a tím mohla být spolehlivost výsledků větší. Ovšem může se zde uplatňovat i vliv běloušů, kteří byli použiti při regeneraci a rozšíření krevní základny stkl.vr. (NHK 2024 (B)). Jako nejtmaší oblast u fríských koní byla zjištěna oblast krku (průměr $L^* = 17,76$), jako nejsvětlejší oblast se ukázala oblast břicha (průměr $L^* = 19,76$), nicméně průměrné hodnoty získané z oblasti plece, břicha a zádi byly přibližně stejné. Podobných výsledků bylo dosaženo v práci Kohoutové (2015), kde u plemene stkl.vr. byla oblast krku nejtmaší (průměr $L^* = 20,08$), a oblast břicha nejsvětlejší (průměr $L^* = 22,89$). Dle studií Drumla et al. (2018), která se zabývala zbarvením u plemen shagya arab a norický kůň, jako nejtmaší oblast u černých koní byla také shledána oblast krku (průměr $L^* = 20,61$), nejsvětlejší oblasti byla stanovena oblast slabin (průměr $L^* = 24,49$). Jelikož však v naší studii oblast slabin nebyla do měření zahrnuta, ke komparaci využijeme druhou nejsvětlejší oblast, kterou je oblast břicha (průměr $L^* = 23,42$), což je v souladu i s našimi výsledky u fríského koně. Porovnáním souboru fríských koní a starokladrubských vraníků v naší studii byly nalezeny rozdíly v rámci plemen, kde srst plemene fríského koně byla v průměru tmavší (průměr $L^* = 19,1$), než srst stkl.vr. (průměr $L^* = 21,3$); vliv pohlaví byl potvrzen pouze v souboru stkl.vr., kde klisny měly v průměru světlejší srst než hřebci a zároveň mnohem světlejší než klisny plemene fríský kůň.

Tento poznatek by mohl být využit v případě potřeby zlepšení barevných charakteristik stkl.vr., kde by v plemenitbě se starokladrubskými vranými hřebci mohly být využity fríské klisny k potenciálnímu dosažení tmavšího zbarvení srsti u potomků.

V rámci parametru a^* u fríského koně, kromě vlivu místa měření se projevil i významný vliv věku. Nejvyšší načervenalost srsti byla pozorována u kategorií hříbat (průměr $a^* = 2,38$), nejnižší pak u kategorii dospělých koní (průměr $a^* = 1,17$). Kategorie seniorů měla velmi nepatrné zvýšení červených odstínů, což nemusí být úplně vypovídající z důvodu nižšího zastoupení koní v této věkové skupině (13); graf 5 (kap. 6.1.2.3) nabízí trend postupného poklesu načervenalých odstínů srsti s přibývajícím věkem. Přestože studie Hofmanová et al. (2019) na stkl.vr. nezahrnovala kategorií hříbat (do 1 r. stáří), nejvyšších hodnot parametru a^* ve studii bylo dosaženo u nejmladší věkové skupiny koní (1–3 r.) s postupným snížením s přibývajícím věkem, což potvrzuje zjištění této studie, že množství načervenalé srsti s věkem postupně klesá. Podobného výsledku bylo dosaženo i ve studii Horecké et al. (2017), kde byla dvě genotypově černá hříbata fenotypově identifikována jako hnědá kvůli přítomnosti načervenalé srsti, nicméně zbarvení těchto zvířat se v pozdějším věku změnilo na černé. Stejná studie také potvrdila, že genotypově černí koně mohou být často falešně identifikováni jako hnědí, zejména u zvířat vystavených slunečnímu záření. Podle místa měření, nejvíce červených odstínů u fríských koní bylo pozorováno v oblasti plece (průměr $a^* = 1,87$) a břicha (průměr $a^* = 1,73$), nejméně pak v oblasti zádi (průměr $a^* = 1,26$), což je v souladu s výsledky získanými u stkl.vr. v práci Kohoutové (2015) a Hofmanové et al. (2019). Studie Drumla et al. (2018), provedená na černě zbarvených koních plemene shagya arab a norický kůň, ukázala nejméně červených odstínů v oblasti zádi (průměr $a^* = 1,81$), nejvíce pak v oblasti slabiny (průměr $a^* = 4,00$), břicha (průměr $a^* = 3,42$) a plece (průměr $a^* = 2,70$), což se shoduje s výsledky této práce. Zjištěné barevné rozdíly mezi konkrétními částmi těla jsou ve shodě s pozorováním chovatelů – načervenalé zbarvení černých koní se projevuje především v oblasti břicha (Sponenberg 1996). Pořád však nebyly nalezeny příčiny, proč oblast zádi obsahuje nejnižší množství červených odstínů, přestože se jedná o oblast, na kterou dopadá nejvíce slunečních paprsků; pravděpodobně se tedy jedná o vliv dalších faktorů. Srovnáním fríských a starokladrubských koní jsme zjistili, že plemeno fríských koní mělo nižší množství načervenalých odstínů srsti (průměr $a^* = 1,54$) než plemeno stkl.vr. (průměr $a^* = 3,3$), zároveň klisny stkl.vr. ukázaly nejvíce načervenalých odstínů jak v rámci pohlaví (klisny stkl.vr. > hřebci stkl.vr.), tak i v rámci plemene (klisny stkl.vr. > klisny fr.).

Pokud se jedná o parametr b^* , v souboru fríských koní byly potvrzeny významné vlivy věku a místa měření. Nejvíce žlutých odstínů srsti bylo zjištěno u kategorií hříbat (průměr $b^* = 2,89$), nejméně pak u kategorii dospělých koní (průměr $b^* = 1,35$), nicméně se zde znovu nabízí trend postupného poklesu množství nažloutlé srsti s přibývajícím věkem (graf 7, kap. 6.1.2.4). Stejně jako u parametru a^* ; hodnoty parametru b^* zde s věkem postupně klesaly, kategorie seniorů znovu měla nepatrné zvýšení, což může být vysvětleno nižším množstvím jedinců v této věkové kategorii. Práce Kohoutové (2015) potvrdila souvislost mezi parametry a^* a b^* , což může být platné i pro plemeno fríského koně, vzhledem k tomu, že koně s nejvyššími hodnoty parametru a^* v naší studii – věková kategorie hříbat – měli současně nejvyšší hodnoty v rámci parametru b^* .

Z hlediska místa měření měli nejvíce nažloutlé srsti frískí koně v oblasti plece (průměr $b^* = 2,32$) a břicha (průměr $b^* = 2,04$), v oblasti krku (průměr $b^* = 1,54$) a zádí (průměr $b^* = 1,58$) dosahovaly nejnižších hodnot, což je v souladu se studií Hofmanové et al. (2019). Nejvyšší hodnoty parametru b^* v rámci místa měření mohou být rovněž vysvětleny vztahy mezi parametry a^* a b^* : hodnoty parametru b^* jsou nejvyšší v místech, kde jsou nejvyšší hodnoty parametru a^* . Studie Drumla et al. (2018) také zjistila oblasti krku (průměr $b^* = 1,96$) a zádě (průměr $b^* = 2,31$) jako neméně nažloutlé, oblasti slabin (průměr $b^* = 5,74$), břicha (průměr $b^* = 3,95$) a plece (průměr $b^* = 3,33$) měly nejvyšší hodnoty u černých koní plemen shagya arab a norický kůň. V rámci porovnání fríských koní a stkl.vr. jsme zjistili, že frískí koně měli v průměru méně nažloutlou srst (průměr $b^* = 1,87$) než plemeno stkl.vr. (průměr $b^* = 3,7$). Oblasti plece a břicha byly u obou plemen nejvíce nažloutlé, oblasti krku a zádí naopak nejméně. Kromě toho se klisny stkl.vr. znovu ukázaly jako jedinci s největším množstvím nažloutlých odstínů jak z hlediska pohlaví (klisny stkl.vr. > hřebci stkl.vr.), tak i z hlediska plemene (klisny stkl.vr. > klisny fr.). Studie Hofmanové et al. (2019) potvrdila, že hodnoty parametrů a^* a b^* byly u klisen stkl.vr. vyšší (více červené a žluté barvy) než u hřebců. Světlejší odstín srsti klisen ve srovnání s hřebci u zbarvení blue dun (zředěné zbarvení od základního černého zbarvení) popsali Stachurska et al. (2004) u primitivních polských plemen. Studie Hofmanová et al. (2015 (A)) pak zjistila rozdíly v míře vybělení mezi hřebci a klisnami u starokladrubských běloušů. Tyto rozdíly v rámci pohlaví mohou být způsobené potenciálním vlivem pohlavních hormonů (především testosteronu) na melanogenezi a současně na pigmentaci, což bylo popsáno např. v práci Slominskiho et al. (2004).

Parametr Chroma byl rovněž významně ovlivněn věkovou kategorií a místem měření. Nejvíce nasycenou barvu ve sledovaném souboru fríských koní měla hříbata (průměr Chroma = 3,75), nejméně nasycenou barvu měla kategorie dospělých koní (průměr Chroma = 1,8). Opět je zde pozorovatelný trend snižování sytosti barvy s přibývajícím věkem, kde u starších jedinců je zaznamenáno postupné „zešedivění“ barvy srsti. Mírný vzestup hodnot u kategorii seniorů může být znovu vysvětlen nedostatečným počtem jedinců v dané věkové skupině, a proto nemusí být vypovídající. Co se týká míst měření, nejvyšší nasycení zbarvení srsti bylo pozorováno v oblasti plece (průměr Chroma = 2,99), nejnižších hodnot dosahovaly oblasti krku (průměr Chroma = 2,03) a zádí (průměr Chroma = 2,04). To je v souladu s výsledky získanými ve studii Drumla et al. (2018), kde nejnižší hodnoty u černých koní byly zjištěny v oblastech krku (průměr Chroma = 2,70) a zádě (průměr Chroma = 2,94), nejvyšších hodnot bylo dosaženo v oblasti slabin (průměr Chroma = 7,00), břicha (průměr Chroma = 5,24) a plece (průměr Chroma = 4,31). Plemeno stkl.vr. v naší studii mělo vyšší hodnoty parametru Chroma (průměr Chroma = 4,98) než plemeno fríský kůň (průměr Chroma = 2,44), což svědčí o vyšší průměrné sytosti barvy u stkl.vr. Klisny stkl.vr. měly hodnoty vyšší než hřebci a největší nasycení barvy bylo pozorováno v oblastech plece a břicha u obou plemen.

Z hlediska porovnání popisných charakteristik (střední hodnota a variační koeficient) parametrů L^* , a^* , b^* mezi plemenem fríského koně a starokladrubského vraníka došlo k následujícím závěrům. Variabilita parametru, která je vyjádřena variačním koeficientem, udává míru proměnlivosti konkrétního znaku ve sledované populaci. Variabilita parametru L^* , který je nejdůležitější z hlediska intenzity vraného zbarvení, byla u plemene fríský kůň velmi podobná variabilitě, zjištěné v souboru starokladrubských vraníků (10,36 % u fríského koně × 10,93 % u stkl.vr.), což znamená, že hypotéza této práce nebyla potvrzena.

Zbarvení srsti fríského koně se neukázalo jako uniformnější (méně variabilní) než zbarvení starokladrubského vraníka. Variabilita parametrů a^* (66,27 %) a b^* (71,8 %) (výskyt červených a žlutých odstínů) u fríských koní byla navíc zřetelně vyšší než u stkl.vr. ($a^* = 36,61$ %; $b^* = 54,43$ %). Nicméně byly nalezeny významné rozdíly v průměrných hodnotách v rámci všech sledovaných parametrů. Průměrná hodnota parametru L^* u fríských koní (19,1) byla nižší než u stkl.vr. (21,3), což naznačuje, že srst fríských koní je v průměru tmavší než srst stkl.vr. Střední hodnoty parametrů a^* (1,54) a b^* (1,87) byly rovněž u fríského koně nižší (stkl.vr. $a^* = 3,3$; $b^* = 3,7$), což znamená, že fríský kůň má v průměru nižší výskyt načervenalých a nažloutlých odstínů srsti než stkl.vr. Ačkoliv hodnoty variability parametru L^* se mezi plemeny významně nelišily, tento výsledek mohl být způsoben mnohem nižším zastoupením fríských koní ve sledovaném souboru (60 koní z 802 evidovaných v ČR; 7,48 % populace), kde soubor starokladrubských vraníků zahrnoval mnohem větší množství jedinců (145 koní z 1048 evidovaných v ČR; 13,84 % populace) (ÚEK ČR 2023). V případě většího zastoupení fríských koní by se vzorek populace mohl považovat za reprezentativní.

Celkově tato práce potvrdila, že měření intenzity zbarvení srsti koní na základě mezinárodních standardů definovaných barevným systémem CIE $L^*a^*b^*$ je velmi cenným nástrojem pro stanovení barevné variability. Pomocí spektrofotometru bylo možné stanovit přesné barevné charakteristiky, což může mít potenciální využití při plemenitbě koní ke zlepšení nebo k udržení určitého zbarvení v rámci plemenného standardu. Následně by se také dal zkoumat vliv určitých alel, především recesivní alely e v genu MC1R, na fenotypový projev vraného zbarvení srsti. V této práci to bohužel nebylo možné z důvodu nízkého zastoupení testovaných jedinců ve sledované populaci fríských koní. Genotypizace genů pro základní zbarvení by proto mohla pomoci chovatelům v usnadnění procesu sledování a udržování zbarvení srsti v rámci plemenného standardu v populaci fríských koní chovaných v České republice.

8 Závěr

Tato práce byla zaměřena na zkoumání intenzity zbarvení srsti plemene fríský kůň, chovaného na území České republiky, a na jeho srovnání se zbarvením starokladrubských vraníků.

V práci byly stanoveny objektivní charakteristiky zbarvení vybraných fríských koní, zároveň byla také úspěšně popsána jeho variabilita. Pomocí důkladného zkoumání a analýzy byly identifikovány faktory, které se na této variabilitě podílejí, což může přispět k objasnění genetických a environmentálních vlivů, které ovlivňují barvu srsti fríských koní.

Výsledky například odhalily, že nejtmaší oblastí na těle fríských koní je oblast krku, nejsvětlejší je pak oblast břicha, což se shoduje s poznatky o vraných koních jiných plemen z prací Kohoutové (2015), Drumla et al. (2018) nebo Hofmanové et al. (2019). Dále bylo zjištěno, že intenzita vraného zbarvení srsti u fríských koní se nijak významně nemění s postupujícím věkem, což bylo naopak prokázáno např. u plemene starokladrubský vraník (Kohoutová 2015; Hofmanová et al. 2019). Naopak vliv věku byl u fríských koní prokázán v rámci ostatních parametrů, kde u hříbat bylo pozorováno největší množství načervenalé a nažloutlé srsti, současně s nejvyšším nasycením barvy, s věkem pak docházelo k postupnému poklesu. U fríských koní nebyly rovněž nalezeny rozdíly v rámci pohlaví u žádného ze sledovaných parametrů.

Porovnání charakteristik barvy srsti fríských koní a dříve studovaných starokladrubských vraníků odhalilo další rozdíly. V rámci pohlaví se plemeno stkl.vr. významně lišilo od plemene fríských koní, kde klisny stkl.vr. měly v průměru světlejší srst a více červené a žluté srsti než hřebci. Navíc u klisen stkl.vr. bylo zjištěno větší nasycení barvy srsti než u hřebců. U fríských koní tyto rozdíly zaznamenány nebyly. Plemeno fríských koní se ukázalo jako plemeno s podstatně tmavší srstí a zároveň výrazně menším množstvím červených a nažloutlých odstínů, na rozdíl od plemene stkl.vr. Jedná se ovšem o průměrné hodnoty. Variabilita zbarvení srsti byla u obou plemen velmi podobná, až na variabilitu červených a žlutých odstínů, kde bylo u fríského koně pozorováno patrné zvýšení.

Z výsledků vyplývá, že zbarvení fríského koně není uniformnější než zbarvení starokladrubského vraníka. Práce tudíž nepotvrdila hypotézu, která vycházela z rozdílné metody regenerace obou plemen. Hypotéza byla formulována na základě faktu, že frískí koně byli regenerováni pouze na podkladě čistokrevných koní fríského plemene, které bylo po mnoho generací chováno výlučně ve vrané barvě. Naproti tomu regenerační stádo stkl.vr. se skládalo z koní různých plemen a různých barev (viz Příloha, Tabulka 1) (NHK 2024 (B)). Logicky jsme tedy předpokládali, že genetická variabilita zbarvení u stkl. vr. bude vyšší než u fríských koní, a tudíž v intenzitě a ostatních parametrech zbarvení bude u stkl.vr. větší rozptyl. Nicméně přestože se tato hypotéza nepotvrdila, naši základní myšlenku, ze které hypotéza vycházela, tj. že skladba regeneračních stád obou plemen může mít vliv na objektivní charakteristiky jejich zbarvení, lze považovat za relevantní vzhledem k tomu, že naměřené hodnoty vesměs potvrdily vyšší intenzitu černého zbarvení v rámci průměrných hodnot parametrů L^* , a^* , b^* u fríských koní oproti starokladrubským.

Je ovšem důležité uvědomit si omezení této práce, včetně nižšího zastoupení jedinců ve sledované populaci fríských koní a případných vlivů období nebo ustájení, které v této práci prozkoumány nebyly. Do budoucna by se další studie mohly hlouběji zabývat také studiem vlivu recesivní alely *e* v genu MC1R, která by mohla potenciálně ovlivňovat přítomnost narezlých odstínů srsti, což by mohlo nabídnout komplexnější pochopení genetických vlivů na zbarvení srsti koní.

9 Literatura

- Andersson LS, Axelsson J, Dubielzig RR, Lindgren G, Ekesten B. 2011 (A). Multiple congenital ocular anomalies in Icelandic horses. *BMC Vet Res* **7**:21.
- Andersson LS, Lyberg K, Cothran G et al. 2011 (B). Targeted analysis of four breeds narrows equine multiple congenital ocular anomalies locus to 208 kilobases. *Mamm Genome* **22**:353–60.
- Andersson LS, Wilbe M, Viluma A, Cothran G, Ekesten B, Ewart S, Lindgren G. 2013. Equine multiple congenital ocular anomalies and silver coat colour result from the pleiotropic effects of mutant PMEL. *PLoS ONE* **8** (e75639) DOI: [10.1371/journal.pone.0075639](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075639).
- Andrysikova R, Pot S, Ruegg S, Markova J, Horackova E, Kolos F, Voelter K, Speiss B. 2019. Ocular abnormalities in a herd of Old Kladruber Horses: A cross-sectional study. *Veterinary Ophthalmology* **22**:462-469.
- Avila F, Hughes SS, Magdesian KG, Penedo MCT, Bellone RR. 2022. Breed Distribution and Allele Frequencies of Base Coat Color, Dilution, and White Patterning Variants across 28 Horse Breeds. *Genes* **13**(9):1641.
- Azetsu T, Suetake N. 2021. Chroma Enhancement in CIELAB Color Space Using a Lookup Table. *Designs* **5**(2):32.
- Bellone RR. 2010. Pleiotropic effects of pigmentation genes in horses. *Anim Genet* **41**(2):100–110.
- Bellone RR. 2020. Genetics of equine ocular disease. *Vet Clin N Am Equine Pract* **36**:303–322.
- Bellone RR, Avila F. 2020. Genetic testing in the horse. *Vet Clin Equine* **36**:211-234.
- Brooks SA, Gabreski N, Miller D, Brisbin A, Brown HE, Streeter C, Mezey J, Cook D, Antczak DF. 2010. Whole genome SNP association in the horse: Identification of a deletion in myosin Va responsible for Lavender Foal Syndrome. *PLoS Genet* **6** (e1000909) DOI: [10.1371/journal.pgen.1000909](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000909).
- Candille SI, Kaelin CB, Cattanaach BM, Yu B, Thompson DA, Nix MA, Kerns JS, Schmutz SM, Millhauser GL, Barsh GS. 2007. A defensin mutation causes black coat color in domestic dogs. *Science* **318**:1418–1423.
- Cardoso GC, Gomes ACR. 2015. Using Reflectance Ratios to Study Animal Coloration. *Evol Biol* **42**:387–394.
- Cieslak M, Reissmann M, Hofreiter M, Ludwig A. 2011. Colours of domestication. *Biol Rev Camb Philos Soc* **86**:885–899.
- Cook D, Brooks S, Bellone R, Bailey E. 2008. Missense mutation in exon 2 of SLC36A1 responsible for champagne dilution in horses. *PLoS Genet* **4** (e1000195) DOI: [10.1371/journal.pgen.1000195](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000195).

- Corbin LJ, Pope J, Sanson J, Antczak DF, Miller D, Sadeghi R, Brooks SA. 2020. An Independent Locus Upstream of ASIP Controls Variation in the Shade of the Bay Coat Colour in Horses. *Genes* **11(6)**:606.
- Curik I, Druml T, Seltenhammer M et al. 2013. Complex inheritance of melanoma and pigmentation of coat and skin in Grey horses. *PLoS Genet* 9 (e1003248) DOI: [10.1371/journal.pgen.1003248](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003248).
- Dreger DL, Schmutz SM. 2010. A new mutation in MC1R explains a coat color phenotype in 2 „old” breeds: saluki and Afghan hound. *J Hered* **101**:644–649.
- Druml T, Grilz-Seger G, Horna M, Brem G. 2018. Discriminant analysis of colour measurements reveals allele dosage effect of ASIP/MC1R in bay horses. *Czech J Anim Sci* **63**:347–355.
- Druml T, Grilz-Seger G, Neuditschko M, Neuhauser B, Brem G. 2017. Phenotypic and genetic analysis of the leopard complex spotting in Noriker horses. *Journal of Heredity* **108**:505–514.
- Ducro BJ. 2011. Relevance of test information in horse breeding. [PhD Thesis]. Wageningen University, Wageningen, NL.
- Dürig N, Jude R, Holl H, Brooks SA, Lafayette C, Jagannathan V, Leeb T. 2017. Whole genome sequencing reveals a novel deletion variant in the KIT gene in horses with white spotted coat colour phenotypes. *Anim Genet* **48**:483–485.
- Esdale E, Till B, Kallenberg A, Fremeux M, Bickel L, Bellone RR. 2022. A de novo missense mutation in KIT is responsible for dominant white spotting phenotype in a Standardbred horse. *Anim Genet* **53**:534–537.
- Fang M, Larson G, Ribeiro HS, Li N, Andersson L. 2009. Contrasting mode of evolution at a coat color locus in wild and domestic pigs. *PLoS Genet* 5(1) (e1000341) DOI: [10.1371/journal.pgen.1000341](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000341).
- Geurts RHJJ. 1969. Genetische Analyse en Structuur van de Fokkerij van Het Friese Paard (in Dutch). [PhD Thesis]. Utrecht University, Utrecht, NL.
- Haase B, Brooks SA, Tozaki T, Burger D, Poncet PA, Rieder S, Hasegawa T, Penedo C, Leeb T. 2009. Seven novel KIT mutations in horses with white coat colour phenotypes. *Anim Genet* **40**:623–629.
- Hammons V, Ribeiro L, Munyard K, Sadeghi R, Miller D, Antczak D, Brooks SA. 2021. GWAS Identifies a Region Containing the SALL1 Gene in Variation of Pigmentation Intensity Within the Chestnut Coat Color of Horses. *Journal of Heredity* **112(5)**:443–446.
- Harris RBS, Zhou J, Shi M, Redmann JrS, Mynatt RL, Ryan DH. 2001. Overexpression of agouti protein and stress responsiveness in mice. *Physiol Behav* **73**:599–608.
- Hauswirth R, Jude R, Haase B et al. 2013. Novel variants in the KIT and PAX3 genes in horses with white-spotted coat colour phenotypes. *Anim Genet* **44**:763–5.

- Healy E, Jordan SA, Budd PS, Suffolk R, Rees JL, Jackson IJ. 2001. Functional variation of MC1R alleles from red-haired individuals. *Hum Mol Genet* **10**:2397–2402.
- Hofmanová B, Vostrý L, Majzlík I, Vostrá-Vydrová H. 2015 (A). Characterization of greying, melanoma, and vitiligo quantitative inheritance in Old Kladruher horses. *Czech J Anim Sci* **60(10)**:443-451.
- Hofmanová B, Kohoutová P, Vostrý L, Vostrá-Vydrová H, Majzlík I. 2015 (B). Quantitative aspects of coat color in old kladruher black horses. *Poljoprivreda* **21(1)**: 224-227.
- Hofmanová B, Vostrý L, Vostrá-Vydrová H, Dokoupilová A, Majzlík I. 2019. Estimation of genetic and non-genetic effects influencing coat colour in black horses. *Czech J Anim Sci* **64(1)**:41-48.
- Holl HM, Pflug KM, Yates KM, Hoefs-Martin K, Shepard C, Cook DG, Lafayette C, Brooks SA. 2019. A candidate gene approach identifies variants in SLC45A2 that explain dilute phenotypes, pearl and sunshine, in compound heterozygote horses. *Anim Genet* **50**:271-274.
- Horecká E, Horecký Č, Knoll A. 2017. Standardization of Methodology for Polymorphism Detection in ASIP, MC1R and MATP Genes in Relation to Colour in Horses. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **65(4)**:1161-1165.
- Imsland F et al. 2016. Regulatory mutations in TBX3 disrupt asymmetric hair pigmentation that underlies Dun camouflage color in horses. *Nat Genet* **48**:152–158.
- Jacobs LN, Staiger EA, Albright JD, Brooks SA. 2016. The MC1R and ASIP Coat Color Loci May Impact Behavior in the Horse. *Journal of Heredity* **107(3)**:214-219.
- Janova E, Futas J, Klumplerova M et al. 2013. Genetic diversity and conservation in a small endangered horse population. *J Appl Genetics* **54**:285–292.
- Kavar T, Ceh E, Dovc P. 2012. A simplified PCR-based method for detection of gray coat color allele in horse. *Mol Cell Probes* **26**:256–258.
- Keeler C, Ridgway S, Lipscomb L, Fromm E. 1968. The genetics of adrenal size and tameness in colorphase foxes. *J Hered* **59(1)**:82–84.
- Klungland H, Vage D. 2000. Molecular Genetics of Pigmentation in Domestic Animals. *Curr Genom* **1**:223–242.
- Kohoutová P. 2015. Vyhodnocení intenzity zbarvení srsti u starokladrubského vraníka s ohledem na liniovou příslušnost. [MSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Magdesian KG, Williams DC, Aleman M, Lecouteur RA, Madigan JE. 2009. Evaluation of deafness in American Paint Horses by phenotype, brainstem auditory-evoked responses, and endothelin receptor B genotype. *J Am Vet Med Assoc* **235**:1204–1211.
- Magdesian KG, Tanaka J, Bellone RR. 2020. A De Novo MITF Deletion Explains a Novel Splashed White Phenotype in an American Paint Horse. *J Hered* **111**:287–293.

- Maia R, Eliason CM, Bitton PP, Doucet SM, Shawkey MD. 2013. Pavo: An R package for the analysis, visualization and organization of spectral data. *Methods in Ecology and Evolution* **4**:906–913.
- Mariat D, Taourit S, Guérin G. 2003. A mutation in the MATP gene causes the cream coat colour in the horse. *Genet Sel Evol* **35**:119.
- Marklund L, Moller MJ, Sandberg K, Andersson L. 1996. A missense mutation in the gene for melanocyte-stimulating hormone receptor (MC1R) is associated with the chestnut coat color in horses. *Mamm Genome* **7**:895–899.
- Martin K, Rosa LP, Vierra M, Foster G, Brooks SA, Lafayette C. 2020. De novo mutation of KIT causes extensive coat white patterning in a family of Berber horses. *Anim Genet* **52**:135–137.
- Podberscek AL, Serpell JA. 1997. Environmental influences on the expression of aggressive behaviour in English Cocker Spaniels. *Appl Anim Behav Sci* **52**:215–227.
- Reissmann M, Ludwig A. 2013. Pleiotropic effects of coat colour associated mutations in humans, mice and other mammals. *Semin Cell Dev Biol* **24**:576–586.
- Reissmann M, Musa L, Zakizadeh S et al. 2016. Distribution of coat-color-associated alleles in the domestic horse population and Przewalski's horse. *J Appl Genetics* **57**:519–525.
- Rieder S. 2009. Molecular tests for coat colours in horses. *J Anim Breed Genet* **126**:415–424.
- 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*). *Mamm Genome* **12**:450–455.
- Rine J, Metallinos DI, Bowling AT. 1998. A missense mutation in the endothelin-B receptor gene is associated with Lethal White Foal Syndrome: An equine version of Hirschsprung Disease. *Mamm Genome* **9**:426–431.
- Romero-Diaz C, Silva PA, Cardoso GC et al. 2022. Evaluating different metrics to study small color differences: the red bill and plumage of common waxbills as a case study. *Behav Ecol Sociobiol* **76**:126.
- Römpler H, Rohland N, Lalueza-Fox C, Willerslev E, Kuznetsova T, Rabeder G, Bertranpetit J, Schöneberg T, Hofreiter M. 2006. Nuclear gene indicates coat-color polymorphism in mammoths. *Science* **313**:62.
- Rosa LP, Martin K, Vierra M, Foster G, Lundquist E, Brooks SA, Lafayette C. 2021. Two variants of KIT causing white patterning in stock-type horses. *J Hered* **112**:447–451.
- Rosa LP, Martin K, Vierra M, Foster G, Brooks SA, Lafayette C. 2022. Non-frameshift deletion on MITF is associated with a novel splashed white spotting pattern in horses (*Equus caballus*). *Anim Genet* **53**:538–540.
- Roseberry AG, Stuhrman K, Dunigan AI. 2015. Regulation of mesocorticolimbic and mesostriatal dopamine systems by α -melanocyte stimulating hormone and agouti-related protein. *Neurosci Biobehav Rev* **56**:15–25.

- Seiji M, Shimao K, Birbeck MSC, Fitzpatrick TB. 1963. Subcellular Localisation of Melanin Biosynthesis. *Ann N Y Acad Sci* **100**:497–533.
- Shang S et al. 2019. Synergy between MC1R and ASIP for coat color in horses (*Equus caballus*). *J Anim Sci* **97**(4):1578-1585.
- Slominski A, Tobin DJ, Shibahara S, Wortsman J. 2004. Melanin pigmentation in mammalian skin and its hormonal regulation. *Physiological Reviews* **84**:1155–1228.
- Sponenberg DP, Weise MC. 1997. Dominant black in horses. *Genetics Selection Evolution* **29**:403–408.
- Stachurska A, Pieta M, Jaworski Z, Ussing AP, Brusniak A, Florek M. 2004. Colour variation in blue dun Polish Konik and Bilgoraj horses. *Livestock Production Science* **90**:201–209.
- Tanaka J et al. 2019. Frameshift Variant in MFSD12 Explains the Mushroom Coat Color Dilution in Shetland Ponies. *Genes* **10**:826.
- Thiruvankadan AK, Kandasamy N, Panneerselvam S. 2008. Coat colour inheritance in horses. *Livestock Science* **117**:109–129.
- Toth Z, Kaps M, Soelkner J, Bodo I, Curik I. 2006. Quantitative genetic aspects of coat color in horses. *Journal of Animal Science* **84**:2623–2628.
- Våge DI, Nieminen M, Anderson DG, Røed KH. 2014. Two missense mutations in melanocortin 1 receptor (MC1R) are strongly associated with dark ventral coat color in reindeer (*Rangifer tarandus*). *Anim Genetics* **45**:750–753.
- Volenec J, Jakubec V, Jelínek J, Příbyl 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, Krupa E, Zavadilová L. 2016. Pedigree analysis of the endangered Old Kladruher horse population. *Livestock Science* **185**:17-23.
- Vostrý L, Kracíková O, Hofmanová B, Czerneková V, Kott T, Příbyl J. 2011. Intra-line and inter-line genetic diversity in sire lines of the Old Kladruher horse based on microsatellite analysis of DNA. *Czech J Anim Sci* **56**(4):163-175.
- Wulf DM, Wise JW. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L*a*b* color space. *J Anim Sci* **77**:2418–2427.
- Yang C, Wang J, Lyu N et al. 2021. Comparison of digital photography and spectrometry for evaluating colour perception in humans and other trichromatic species. *Behav Ecol Sociobiol* **75**:151.

Internetové zdroje:

- CAFK. 2023. Registrace koní. CAFK, Březno u Chomutova. Available from <http://www.cafk.cz/registrace-koni> (accessed August 2023).
- FEI. 2020. Friesian breed profile. FEI, Lausanne. Available from <https://www.fei.org/stories/lifestyle/horse-human/horse-friesian-breed-profile> (accessed August 2023).

- KFPS. 2021. Breeding goal. KFPS, Drachten. Available from <https://kfps.nl/fokdoel/> (accessed August 2023).
- KFPS. 2022. KFPS registration regulations. KFPS, Drachten. Available from <https://kfps.nl/reglementen-voorwaarden/registratiereglement/> (accessed August 2023).
- KFPS. 2023 (A). The Friesian horse. KFPS, Drachten. Available from <https://kfps.nl/algemene-informatie/> (accessed August 2023).
- KFPS. 2023 (B). Breeding program. KFPS, Drachten. Available from <https://kfps.nl/fokprogramma/> (accessed August 2023).
- NHK. 2024 (A). Vyhodnocení šlechtitelského programu za rok 2023. NHK, Kladruby nad Labem. Available from <https://www.nhkladruby.cz/vysledky-chovu> (accessed March 2024).
- NHK. 2024 (B). Regenerační proces v chovu starokladrubského vraníka. NHK, Kladruby nad Labem. Available from <https://www.nhkladruby.cz/regeneracni-proces> (accessed April 2024).
- StatSoft Inc. 2013. STATISTICA 12 (Data Analysis Software System), Version 12. Tulsa, OK. Available from: <https://www.spotfire.com/products/data-science> (accessed April 2024).
- ÚEK ČR. 2023. Počty evidovaných fríských koní a starokladrubských vraníků v ČR k 31.12.2023. ÚEK ČR, Slatiňany. Osobní komunikace (accessed April 2024).

Knižní zdroje:

- Andersson S, Prager M. 2006. Quantifying colors. Pages 41-89 in: Hill GE & McGraw KJ, editors. Bird coloration, vol I. Mechanisms and measurements. Harvard University Press, Boston (MA), USA.
- Bílek F. 1957. The Old Kladruber Horse. Pages 74-104 in: Speciální zootechnika II. Chov koní. Státní zemědělské nakladatelství, Prague, Czech Republic.
- Bouma GJA. 1979. Het Friese Paard. NDC/Friese Pers Boekerij, The Netherlands.
- Dušek J. 1992. Hřebcin Kladruby nad Labem. Pages 118-123 in: Chov koni v Československu, 1st ed. Zemedelske nakladatelstvi Brazda, Prague, Czech Republic.
- Lackner C. 2006. Quantitative Ansätze der Farb-vererbung beim Noriker-Pferd: Dipl. Arbeit (in German). Universität für Bodenkultur. Wien, Austria.
- Misař D. 2011. Vývoj chovu koní v Čechách, na Moravě a na Slovensku. Brázda, Prague, Czech Republic.
- Montgomerie R. 2006. Analyzing colors. Pages 295-355 in: Hill GE & McGraw KJ, editors. Bird Coloration, vol I. Mechanisms and measurements. Harvard University Press, Cambridge (MA), USA.
- Nissen J. 1997. Encyclopedia of horse breeds. Franckh-Kosmos. Stuttgart, Germany.
- Porter V. 2002. Mason's world dictionary of livestock breeds, types and varieties. Revised by Valeria Porter, 5th ed. CABI Publishing, Oxon, UK.

- Sponenberg DP. 1996. Equine Color Genetics. A Blackwell Publishing Company, Iowa State Press, USA.
- Sponenberg DP. 2003. Equine Color Genetics, 2nd Edition. Ames, IA, Iowa State University Press, USA.
- Sponenberg DP, Bellone R. 2017. Equine color genetics, 4th Edition. John Wiley & Sons Inc., Hoboken (NJ), USA.
- Tkalcic M, Tasic JF. 2003. Colour spaces: perceptual, historical and applicational background. Institute of Electrical and Electronics Engineers. Ljubljana, Slovenia.

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

- a.f. – Allele frequency; Frekvence alel
ASIP – Agouti Signalling Protein
CIE L*a*b* – Commission Internationale de l'Eclairage (ve francouzštině); Mezinárodní komise pro osvětlení
DNA – Deoxyribonucleic acid; Deoxyribonukleová kyselina
EDNRB – Endothelin Receptor Type B
KFPS – Koninklijke Vereniging „Het Friesch Paarden-Stamboek“ (v nizozemštině); Královská asociace, plemenná kniha fríských koní
KIT – KIT Proto-Oncogene, Receptor Tyrosine Kinase
MC1R – Melanocortin 1 receptor
MFSD12 – Major Facilitator Superfamily Domain Containing 12
MITF – Melanocyte Inducing Transcription Factor
MSH – Melanocyte-stimulating hormone; Melanocyty stimulující hormon
MYO5A – Myosin VA
PAX3 – Paired Box 3
PMEL – Premelanosome protein
RFWD3 – Ring Finger And WD Repeat Domain 3
SCI – Specular Component Included; (Reflektance) včetně rozptýlených složek
SLC36A1 – Solute Carrier Family 36 Member 1
SLC45A2 – Solute Carrier Family 45 Member 2
stkl.vr. – starokladrubský vraník
STX17 – Syntaxin 17
TBX3 – T-Box Transcription Factor 3
TRPM1 – Transient receptor potential cation channel subfamily M member 1

11 Samostatné přílohy



Obrázek 1 a 2: Měření na friském koni pomocí spektrofotometru – oblast krku (Foto: B. Hassert).



Obrázek 3: Měření na friském koni pomocí spektrofotometru – oblast zádi (Foto: B. Hassert).



Obrázek 4 a 5: Ohraničené vyblednutí srsti u friského koně – oblast břicha (Foto: E. Shumilova).



Obrázek 6: Měření na friském koni pomocí spektrofotometru – oblast břicha (Foto: B. Hassert).



Obrázek 7 a 8: Měření na friském koni pomocí spektrofotometru – oblast plece (Foto: B. Hassert).



Obrázek 9: Hříbě narozené jedincům s Red Faktorem („ryzá alela“) (na foto březen 2019) (1); stejný jedinec (vpravo) se svou matkou (vlevo) v dubnu 2024 (2) (Foto: Z. Gunnerová).

Tabulka 1: Přehled klisen – zakladatelek současných rodin, použitých při regeneraci stkl.vr. (NHK 2024 (B)).

Jméno koně	Plemeno/typ	Barva
13 SABINA	Starokladrubský kůň	Vranka
28 AJA	Starokladrubský kůň	Vranka
43 CAMPANELLA	62,5 % stkl.krve, 25 % arab. a 12,5 % lipic.krve	Černá hnědka
35 FORMOSA	43,75 % stkl.krve a 56,25 % krve angl.polokrevníka	Smíšená bělka
32 RAGUZA	75 % stkl.krve a 25 % arab.krve	Smíšená bělka
121 SEPTIMIA	31,25 % stkl.krve, 50 % lipické a 18,75 % arab.krve	Šedá bělka
1 MAJA	50 % stkl.krve a 50 % lipic.krve	Vranka
15 NARCIS	75 % stkl.krve a 25 % krve č.teplokrevníka	Vranka s odznaky
3 MAGURA	25 % stkl.krve a 75 % lipic.krve	Vranka
8 MAESTOSA	25 % stkl.krve a 75 % lipic.krve	Vranka
7 MAGA	Lipický kůň	Šedě tečkovaná bělka
9 NEAPOLITANA	Lipický kůň	Tmavá hnědka
60 PLUTONA	Lipický kůň	Hnědě tečkovaná bělka
67 XANDRA	Bez původu (v teplokrevním typu)	Černě tečkovaná bělka
154 BÁRTA	Orlovský klusák	Vranka