

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Barevná realita koňského vidění

Diplomová práce

Ing. Barbora Kudějová

Management zdraví a welfare zvířat

Ing. Cyril Neumann, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Barevná realita koňského vidění“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Cyrilu Neumannovi, Ph.D. za jeho vstřícnost, trpělivost a rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce. Poděkování také patří Ing. Barboře Hoffmannové, Ph.D. za zapůjčení spektrofotometru a pomoc při zpracování výsledků barevnosti jednotlivých překážek. Na závěr bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za poskytnuté rady a podporu.

Barevná realita koňského vidění

Souhrn

Kůň je jedinečný svým unikátním vztahem s člověkem. V současné době je ve sportu kůň nejvíce využívaný v disciplíně parkur. Správné a bezpečné překonání překážek v parkuru je ovlivněno mnoha faktory, mezi které patří i vizuální vnímání koní. Koně mají dichromatické barevné vidění a bezchybné překonání překážky může ovlivnit právě její barva.

V experimentu byl hodnocen počet chyb při parkurových závodech v rámci Českého skokového poháru. Chyby byly hodnoceny na osmi vybraných překážkách, za chybu bylo považováno shození bariéry, silný dotek, pobožení a odmítnutí poslušnosti. Překážky byly přemísťovány mezi vybranými areály a koně při všech pozorováních překonávali identické překážky. Barevnost překážek byla změřena pomocí spektrofotometru Konica Minolta a následně vyhodnocena v programu Spectra Magic NX. Pro pozorování byly zvoleny závodníště se stejným povrchem. Sběr dat probíhal na obtížnosti S** (130 cm) až T** (150 cm). Na této úrovni obtížnosti se pohybovali zkušení jezdci, kteří negativně neovlivňovali výkon koně.

Cílem práce bylo zjistit do jaké míry je chybovost koní na překážce ovlivněna její barvou a zda konkrétní barva či barevná kombinace může ovlivnit správné překonání překážky. V experimentu byla porovnána chybovost u jednobarevných a vícebarevných překážek, světlých a tmavých překážek a jednotlivých překážek mezi sebou.

Pro experiment byly zvoleny dvě hypotézy. První hypotéza byla: Koně více chybují na jednobarevném oproti vícebarevnému skoku. Hypotéza byla potvrzena. Na jednobarevných překážkách byla chybovost 11,4 %. Na vícebarevných překážkách byla chybovost 8,2 %. Vypočtená hodnota p pomocí dvouvýběrového Z-testu byla 0,04 a byla nižší než zvolená hladina významnosti α 0,05. Koně častěji chybovali na jednobarevných překážkách.

Druhá hypotéza byla: U jednobarevného skoku koně více chybují na skoku, který je složený ze světlých bariér oproti skoku, který je složený z tmavých bariér. Na světlých překážkách byla chybovost 12,3 %. Na tmavých překážkách byla chybovost 10,8 %. Hodnota p byla 0,178 a byla vyšší než zvolená hladina významnosti α 0,05. Hypotéza byla zamítnuta. Koně chybovali statisticky stejně na skoku složeném ze světlých i tmavých bariér.

Při vyhodnocení jednotlivých překážek bylo zjištěno, že koně častěji chybují na modrém skoku oproti zelenému. Koně častěji chybovali na překážkách, které měly barevnou kombinaci s bílou barvou. Při porovnání vlivu odstínu barvy bylo zjištěno, že koně častěji chybovali při kombinaci bílé se světle modrou oproti kombinaci s tmavě modrou barvou.

V experimentu bylo zjištěno, že barva překážky může ovlivňovat výkonnost koní v parkuru. Při překonávání překážek během parkuru může tyto výsledky brát jezdec v úvahu a vyhnout se tak případným shozením či odmítnutím poslušnosti ze strany koně.

Klíčová slova: kůň, zrak, překážka, barva, oko

The colorful reality of horse vision

Summary

The horse is unique in its unique relationship with humans. Currently, in sport, the horse is most used in the discipline of show jumping. The correct and safe overcoming of obstacles in show jumping is influenced by various factors, including the visual perception of horses. Horses have dichromatic color vision, and the flawless overcoming of an obstacle can be influenced by its color.

The experiment involved evaluating the number of mistakes during show jumping competitions within the Czech Show Jumping Cup. Mistakes were assessed at eight selected obstacles, and a mistake was considered to be the knocking down of a barrier, a strong touch, overcome, or refusal to obey. The obstacles were moved between selected arenas, and the horses overcame identical obstacles during all observations. The color of the obstacles was measured using a Konica Minolta spectrophotometer and subsequently analyzed in the Spectra Magic NX program. Arenas with the same surface were chosen for observations. Data collection took place at difficulty levels S** (130 cm) to T** (150 cm). This level of difficulty was handled by experienced riders who did not negatively affect the horse's performance.

The aim of the study was to determine to what extent the mistake rate of horses on obstacles is influenced by their color and whether specific colors or color combinations can affect the correct overcoming of obstacles. The experiment compared the mistake rates on single-colored and multi-colored obstacles, light and dark obstacles, as well as individual obstacles among themselves.

Two hypotheses were formulated for the experiment. The first hypothesis was: Horses make more mistakes on single-colored compared to multi-colored jumps. This hypothesis was confirmed. On single-colored obstacles, the error rate was 11.4%, while on multi-colored obstacles, it was lower at 8.2%. The calculated p-value using a two-sample Z-test was 0.04, which was lower than the chosen significance level α of 0.05. Horses were more likely to make mistakes on single-colored obstacles.

The second hypothesis was: Horses make more mistakes on a jump composed of light-colored barriers compared to a jump composed of dark-colored barriers. On light-colored obstacles, the error rate was 12.3%. On dark-colored obstacles, the error rate was 10.8%. The p-value was 0.178, which was higher than the chosen significance level α of 0.05. The hypothesis was rejected. Horses made statistically the same number of mistakes on jumps composed of light and dark barriers.

In the evaluation of individual obstacles, it was found that horses make more mistakes on a blue jump compared to the green one. Horses also had a higher error rate on obstacles that featured a color combination with white. When comparing the influence of color shade, it was observed that horses made more mistakes in the combination of white with light blue compared to the combination with dark blue.

The experiment revealed that the color of the obstacle can influence the performance of horses in show jumping. When overcoming obstacles during parkour, a rider can take these results into account and thus avoid potential refusals or disobedience from the horse.

Keywords: horse, sight, obstacle, color, eye

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Anatomie oka	10
3.1.1 Hlavní struktury oka.....	10
3.1.2 Přídavné struktury oka.....	13
3.2 Fyziologie vidění	14
3.2.1 Přenos zrkového vjemu do mozku.....	14
3.2.2 Chemická podstata vidění.....	14
3.2.3 Akomodace čočky, zaostřování.....	14
3.2.4 Adaptace na intenzitu světla.....	15
3.3 Zrak koně	16
3.3.1 Vizualní schopnosti.....	16
3.3.2 Zorné pole.....	16
3.3.3 Laterální vidění.....	18
3.3.4 Barevné vidění.....	19
3.4 Schopnost koní překonávat překážky	20
3.4.1 Barva překážky.....	20
3.4.2 Druh překážky.....	21
3.4.3 Přiblížení k překážce.....	21
3.5 Světlo	21
3.5.1 Intenzita světla.....	22
3.5.2 Vlnová délka a barva.....	22
3.5.3 Šíření světla.....	22
3.5.4 Reflexe a lom světla.....	23
3.5.5 Disperze světla.....	24
4 Metodika	25
4.1 Spektrofotometr Konica Minolta CM - 2500d	25
4.1.1 Nastavení spektrofotometru.....	26
4.2 Sběr dat	27
4.3 Vyhodnocení barev	27
4.4 Vybrané překážky pro experiment	28
4.4.1 Překážka V Team Prague.....	28
4.4.2 Překážka Bioveta.....	30

4.4.3	Překážka Krismar Horse Trucks.....	31
4.4.4	Překážka Libich.....	32
4.4.5	Překážka Ordinace bez hranic.....	33
4.4.6	Překážka Equiservis.....	36
1.1.1	Překážka NAF	37
1.1.2	Překážka Vetoflex	39
4.5	Analýza dat	41
5	Výsledky.....	42
5.1	Výsledky pro H1	42
5.2	Výsledky pro H2	43
5.3	Výsledky pro jednotlivé překážky	44
5.3.1	Porovnání vícebarevných překážek	45
5.3.2	Porovnání modré a zelené překážky.....	46
5.3.3	Porovnání barev bílá a světle modrá oproti bílé a tmavě modré.....	46
6	Diskuze.....	47
7	Závěr	50
8	Literatura	51
9	Seznam tabulek	55
10	Seznam obrázků	56
11	Seznam grafů.....	57

1 Úvod

Kůň je zvíře ladvé, citlivé a má výborné atletické schopnosti. Kůň již v historii měl a nadále má jedinečný vztah s člověkem. Kůň vyniká svou všestranností a pro vývoj moderní civilizace byl kůň neodmyslitelným pomocníkem v mnoha aspektech lidského života. V současné době je kůň využíván zejména pro sportovní účely. Parkur patří mezi nejoblíbenější z jezdeckých disciplín. Parkur prověřuje dovednosti koně a jezdce při překonávání překážek různého typu, výšky a šířky.

Cílem mnoha chovatelů koní je mít koně schopné soutěžit ve vrcholovém sportu. Bez ohledu na zděděný genetický potenciál sportovních koní, je skutečný výkon podaný při závodech ovlivněn mnoha faktory. Mezi nejdůležitější faktory patří správný výcvik, pomocí kterého kůň získá potřebné znalosti a zkušenosti. Při parkuru jsou důležité nejen zkušenosti koně a jezdce ale i vzhled překážek (Górecka-Bruzda et al. 2013).

Vizuální informace jsou klíčem k tomu, jak zvíře interaguje se svým prostředím. Pochopení toho jak koně vidí je důležité pro dobré welfare a bezpečnost zvířat i lidí, s nimiž koexistují. Velmi důležité je toto téma zejména při sportovním využití koní (Paul & Stevens 2019). Zde je potřeba porozumět tomu, jak koně vidí a reagují na překážky, zejména kvůli bezpečnosti koně i jezdce. Vzhled překážek je v současnosti navržen pro lidské oko. Z tohoto důvodu by měla být věnována pozornost tomu, jak jsou překážky vnímány koňským okem.

Koně mají dichromatické barevné vidění s podobnými schopnostmi jako lidé, kteří mají částečnou barvoslepost na zelenou a červenou barvu. Málo studií se zaměřuje na to, jak koně vnímají barvy a zda barva překážky může ovlivnit výkon v parkuru (Spaas et al. 2014). Při lepším prozkoumání vizuálních schopností koní a vnímání barev parkurových překážek, lze zvýšit bezpečnost koně i jezdce a tím zlepšit i welfare koní.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotéza 1

Koně více chybují na jednobarevném skoku oproti vícebarevnému skoku.

Hypotéza 2

U jednobarevného skoku koně více chybují na skoku složeného ze světlých bariér oproti skoku složeného z tmavých bariér.

Cíl práce

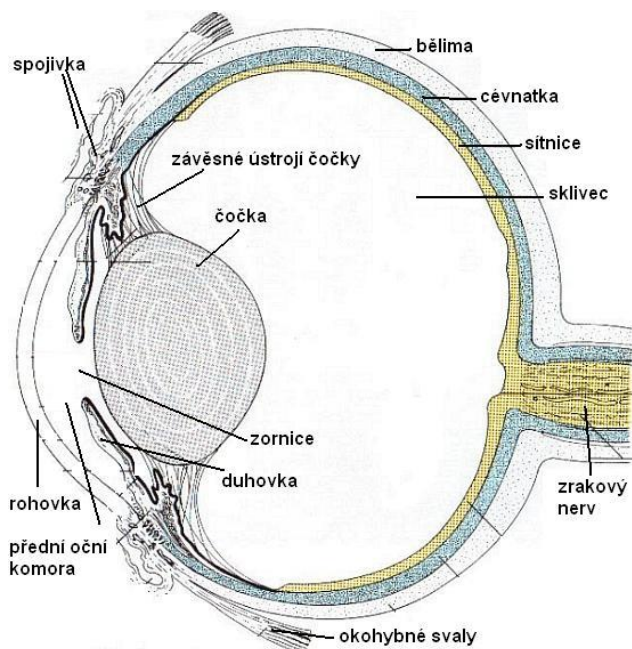
Cílem práce je zjistit do jaké míry je chybovost koní na překážce ovlivněna její barvou a zda konkrétní barva či barevná kombinace může ovlivnit správné překonání překážky.

3 Literární rešerše

3.1 Anatomie oka

Oči poskytují okamžité a podrobné informace o okolním prostředí. Oči jsou pro mnoho zvířat nepostradatelnou součástí života, avšak pouze u některých druhů zvířat, jsou vyvinuty sofistikované oči (Björn & Ofri 2021). Mezi druhy zvířat se sofistikovanými očima jsou řazeny obratlovci, členovci měkkýši a další (Land & Nilsson 2012).

Oči jsou párovým orgánem, pro které je nezbytné světlo. Velká část očních struktur je z toho důvodu průhledných. Oko je znázorněno na Obr. č. 1, je složeno z oční koule, zrakového nervu a přídatných orgánů oka. Oči u domácích zvířat mají proměnlivou velikost, ale jejich tvary jsou poměrně jednotné. Koně mají oční koule, které jsou předozadní ose relativně zploštělé (Gelatt et al. 2021).



Obr. č. 1: Schématické znázornění oční koule (vertikální řez) (König & Liebich 2002)

3.1.1 Hlavní struktury oka

Jako hlavní struktury je označována oční koule, rohovka, bělma, čočka, cévnatka, řasnaté těleso, duhovka, sítnice a sklivec (Maggs et al. 2017).

Oční koule

Oční koule je zavěšena na očnici pomocí svalů, které zajišťují pohyb oka. Mezi svaly, které pohybují okem, jsou řazeny přímé a šikmé okohybné svaly a zatahovač oční koule. Přímé svaly pohybují oční koulí nahoru a dolů, zatímco šikmé okohybné svaly pohybují oční koulí kolem zrakové osy. Zatahovač oční koule slouží k zatahování oční koule do tukové lůžky, které

je uloženo v očnici. Okohybné svaly jsou inervovány pomocí odtahujícího nervu, trojklanného nervu, zrakového nervu, okohybného nervu a kladkového nervu (Reeder et al. 2009).

Oční koule je složena z více vrstev neboli plášťů. Vnější vazivová vrstva se dělí na rohovku a bělimu. Vlákenná vrstva dodává oku tvar (Knop & Knop 2007). Přední část vláknité vrstvy je průhledná, což umožňuje průchod světla. Je tvarována způsobem, který z ní činí výkonnou čočku. Čočka láme světelné paprsky centrálně směrem k ose zraku. Střední vaskulární vrstva, je nazývána jako živnatka. Dělí se na duhovku, řasnaté těleso a cévnatku. Je silně pigmentovaná a vaskularizovaná. Řasnaté těleso a cévnatka jsou připojeny k vnitřnímu povrchu bělimy. Duhovka vystupuje z přední části řasnatého tělesa a zasahuje centrálně, aby vytvořila membránu před čočkou. Živnatka omezuje množství světla vstupujícího do oka a poskytuje výživu a odstraňuje odpadní produkty. Nejvnitřněji je umístěna nervová vrstva, která se skládá ze sítnice a zrakového nervu. Všechny tyto vrstvy zahrnují velké, vnitřní, průhledné médium oka: komorovou vodu, čočku a sklivce, kteří společně fungují při přenosu a lomu světla na sítnici a poskytují vnitřní tlak, který udržuje oční kouli pevně roztaženou (Gelatt et al. 2021).

Rohovka

Rohovka je průhledná část oka, která je přizpůsobena pro propouštění světelných paprsků do oka. Rohovka je bohatě inervovaná, zejména pak smyslovými nervy (receptory bolesti), které pomáhají rohovku chránit před poškozením (Meng et al. 2015). Průhlednost rohovky je dána několika faktory, mezi které patří nedostatek krevních cév, nekeratinizovaný povrchový epitel, relativní dehydratace a velikost a organizace kolagenových vláken. Rohovka se skládá z několika vrstev. Jednou z vrstev je stroma rohovky, která představuje až 90 % tloušťky rohovky. Stroma rohovky musí být přesně organizované, aby byla udržena průhlednost rohovky (Dawson et al. 2011).

Bělima

Bělima je důležitá pro udržování tvaru oční koule. V přední části splývá s periferní rohovkou a spojivkou. V zadní části je bělima silnější a obsahuje pigmentové epitelální buňky. Barva bělimy závisí na tloušťce, pokud je tenká (méně než 0,2 mm), jeví se jako modrá. Pokud obsahuje bělima více tuku, může se jevit jako žlutá. Bělima nemá žádnou optickou roli, ale poskytuje podporu sítnici a má důležité fyziologické funkce. Bělima má v zadní části otvory, kterými prochází vlákna zrakového nervu a obsahuje kanálky pro odtok tekutiny a tím se zabránilo nadměrnému tlaku v oku (Meek 2008).

Čočka

Čočka je průhledná struktura, pomocí které je zaměřováno světlo na sítnici. Čočka je uchycena pomocí závěsného aparátu na epitelu řasnatého tělesa. Čočka je umístěna v mělké prohlubni v přední části sklivce a duhovka se o čočku opírá zepředu. Čočka není inervována a neobsahuje cévy, z tohoto důvodu je vyživována pomocí komorového moku. U mnoha savců je čočka bikonvexní a může se tedy její tvar měnit během akomodace. U kopytníků dochází ke

slabé akomodaci a z toho důvodu mají špatné vidění na blízko, musí se při detekci blízkých objektů spoléhat na další smysly (Maggs et al. 2017).

Cévnatka a řasnaté těleso

Cévnatka se skládá především z krevních cév (hlavně tenkostěnných žil) a pigmentovaných podpůrných tkání, Je hlavním zdrojem výživy pro vnější vrstvy sítnice. U většiny zvířat se přední okraj cévnatky připojuje k řasnatému tělesu. Mezi sítnicí a cévnatkou se nachází odrazivá vrstva tapetum lucidum (lesklé políčko). Tapetum lucidum je složeno z pravidelně uspořádaných kolagenních vláken a odráží světelné paprsky. Tím způsobuje tzv. svícení očí a umožňuje zvířatům lépe vidět v šeru (Gelatt et al. 2021).

Řasnaté těleso je složeno z hladké svaloviny a vytváří sval řasnatého tělesa. Sval řasnatého tělesa zajišťuje akomodaci čočky a podílí se na produkci komorového moku (Meekins et al 2021).

Duhovka

Duhovka je membrána, která se táhne centrálně od řasnatého tělesa a pokrývá přední povrch čočky, kromě centrálního otvoru neboli zornice. Duhovka rozděluje oční komoru na přední zadní komoru. Tyto dvě komory spolu navzájem komunikují přes zornici (Moazed 2020). Tvar zornice se u jednotlivých druhů liší. U savců je kulatá, u býložravců je oválná v horizontální rovině. U býložravců je podél horního a dolního okraje zornice několik kulatých tmavě hnědých hmot označovaných jako granula iridica. Granula iridica představuje prodloužení zadního pigmentového epitelu, který zvyšuje účinnost zúžení zornice. Duhovka má centrální pupilární zónu a periferní ciliární zónu. Funkcí duhovky je řídit množství světla vstupujícího do zadního segmentu přes centrální zornici. Stažení zornice snižuje množství světla vstupujícího do oka. Během období snížené míry osvětlení se zornice rozšiřuje, což umožní maximální stimulaci fotoreceptorových buněk. Barva duhovky se liší mezi jednotlivci i plemeny. Variabilita barvy je dána množstvím a typem pigmentace. U většiny domácích zvířat je barva duhovky tmavě hnědá, zlatohnědá nebo modrá (Gelatt et al. 2021).

Sítnice

Sítnice je neurosenzorická a je spojena s mozkem pomocí zrakového nervu a optických drah. Sítnice je tvořena dvěma vrstvami epitelu neuroektodermálního původu. Vnitřní vrstva, která je blíže ke sklivci, je nepigmentovaná. Vnější epiteliální vrstva sítnice je pigmentovaná (Evans & McGreevy 2007). Sítnice obsahuje fotoreceptory, mezi které patří tyčinky a čípky. Tyčinky a čípky tvoří komplex specializovaných buněk, které obsahují fotopigmenty. Fotopigmenty přeměňují světelnou energii na řadu biochemických dějů. Funkcí sítnice je přeměňovat světelné podněty z vnějšího prostředí na nervové impulsy a tyto informace přenášet do mozku. V mozku jsou pak informace ze sítnice interpretovány jako vidění. Nejostřejší vidění je zajištěno pomocí centrálního kruhového políčka, které se nachází v zadní části oční koule. V centrálním kruhovém políčku se nacházejí zejména čípky. Čípky jsou buňky zodpovědné za barevné vidění. Tyčinky zajišťují černobílé vidění a na rozdíl od čípků obsahují

rodopsin. Rodopsin reaguje na množství světla, které proniká do oka a zlepšuje kvalitu vidění (Maggs et al. 2017).

Sklivec

Sklivec je průhledná struktura oka, která obsahuje čirou rosolovitou hmotu. Sklivec se rozprostírá až ve dvou třetinách oční koule. Zepředu sklivec poskytuje oporu čočce, zatímco vzadu sklivec přiléhá k neurosenzorické sítnici. Výsledkem je, že sklivec přenáší světlo, udržuje tvar oka, pomáhá udržovat normální polohu čočky a sítnice. Sklivec je z 99 % tvořen sklivcovou tekutinou a zbývající 1 % tvoří síť fibril. Pomocí sklivce a komorové vody, je udržován nitrooční tlak (Meekins et al. 2021).

3.1.2 Přídavné struktury oka

Přídavné struktury oka zajišťují ochranu a podporu oční kouli. Patří mezi ně očníce, okohybné svaly, slzné ústrojí, spojivky, oční víčka a další (Gelatt et al. 2021).

Očníce

Očníce je kostní jamka, která obklopuje a chrání oko a odděluje ho od lebeční dutiny. Prostřednictvím otvorů poskytuje cesty pro krevní cévy a nervy, které jsou zapojené do funkce oka (Gelatt et al. 2021). Velikost, tvar a poloha očníce úzce souvisí s dobou zrakové aktivity a chováním při krmení. U koní je očníce umístěna více laterálně než u masožravců. Monokulární vidění u kopytníku poskytuje velké zorné pole, které umožňuje skenovat obzor a hledat potencionální predátory (Plummer 2021).

Spojivka

Spojivka je sliznice, která vystýlá vnitřní stranu očních víček. Primární funkcí spojivky je zabránit vysychání rohovky, umožnit pohyblivost očních víček a poskytnout fyzickou a fyziologickou bariéru proti mikroorganismům a cizím tělesům. Poskytnutí ochrany je velmi důležitou funkcí vzhledem k tomu, že spojivkové vaky obsahují značnou mikrobiální flóru, včetně mnoha potencionálních patogenů. Spojivkové vaky jsou rezervoárem pro slzy, které jsou sem transportovány ze slzného ústrojí (Meekins et al. 2021).

Zdvojením ventromediální části spojivky vzniká třetí víčko – mžurka. Třetí víčko je zesíleno chrupavkou ve tvaru písmene T, která je při bázi obklopena žlázou vylučující slzný film. Je to tenká vrstvička, skládající se z vrstvy hlenu, výměšků slzných žláz a sekretem z meibomských a přídavných mazových žláz (Reece 2011).

Slzné ústrojí

Slzné ústrojí je nezbytné pro optickou integritu a normální funkci očí. Slzy slouží k několika funkcím, mezi které patří udržování opticky jednotného povrchu rohovky, odstranění cizího materiálu a úlomků z rohovky a spojivkového vaku, dodání zdroje kyslíku do avaskulární rohovky a poskytnutí antimikrobiálních látek (Gelatt et al. 2021).

Oční víčka

Oční víčka tvoří ochrannou bariéru pro celé oko. Oční víčka se skládají ze čtyř vrstev, mezi které patří kůže, podkoží, příčně pruhovaná svalovina, tarsální ploténky a spojivka. Kůže očních víček je nejtenčí v těle a neobsahuje podkožní tuk. Oční víčka obsahují četné množství žláz, mezi které se řadí potní žlázy, přídatná slzná žláza, apokrinální žláza a mazové žlázy. Vnitřní povrch víček je tvořen spojivkou (Pe'er 2016).

3.2 Fyziologie vidění

3.2.1 Přenos zrakového vjemu do mozku

Vjemy jsou způsobeny podněty, které vyvolávají dostředivé impulzy. Základní částí smyslových orgánů jsou receptory. Receptorové orgány specializovaných smyslů sluchu a zraku se zařazují do skupiny exteroceptorů. Smyslové receptory přeměňují různé druhy energie na akční potenciály.

Světlo, které vstupuje do oka, prochází přes různé vrstvy transparentních neuronů sítnice, a je zachyceno fotoreceptory v zadní části sítnice (Budras et al. 2009). Přímé spojení do mozku tvoří fotoreceptory, bipolární a gangliové buňky. Neurony sítnice převádějí vizuální informace do nervových impulzů, které cestují zrakovým nervem do mozku, jednak přímou cestou, přes horizontální a amakrinové buňky, nebo axony gangliových buněk přes nervová vlákna na povrchu sklivce, k optickému disku, a pak prudce zahýbají ke zrakovému nervu. Projekční zrakové centrum je umístěno v týlním laloku, zatím co centra, která zajišťují činnost oka, se nachází v prodloužené míše, středním mozku a mezimozku (Willoughby et al. 2010). Mezi další specializované smyslové vnímání se řadí sluch, chuť, čich a orientace v prostoru.

3.2.2 Chemická podstata vidění

Světlo, které vstupuje do oční koule, vyvolá v tyčinkách a čípcích chemické reakce. Chemické látky obsažené v tyčinkách a čípcích se účinkem světla rozkládají. Látka nacházející se v tyčinkách se nazývá rodopsin a látky citlivé na světlo obsažené v čípcích jsou mu velmi podobné. Rodopsin (tzv. zrakový purpur) je pigment citlivý na světlo. Nachází se ve vnější části tyčinek zanořených v pigmentovém epitelu. Vystavení rodopsinu světelné energii bezprostředně vyvolá jeho rozklad. Dochází ke vzniku většího počtu nestabilních meziproductů, které existují jen po velmi krátkou dobu. Stimulace tyčinek proběhne ihned po excitaci molekuly rodopsinu světlem. Podráždění vzniklé zábleskem světla může přetrvávat po dobu až 0,05 až 0,5 sekundy, a to podle intenzity světla. Rychlé následné světelné záblesky s proměnlivou intenzitou splývají a zdají se být nepřerušovaným světlem (Reece 2011).

3.2.3 Akomodace čočky, zaostřování

Schopnost oka zaměřit se na vzdálené objekty nazýváme akomodace. Akomodace je zploštění nebo ztlustění čočky, která pak zaostří oko podle potřeby na blízko nebo do dálky.

Je to dynamický děj, ve kterém se zvyšuje lomivost čočky, což napomáhá k zaostřování blízkých předmětů (Trojan 2003). Vidění je vždy ostřejší, jestliže vytvořený obraz leží přesně na sítnici (Reece 1998). Průhledná čočka je zavěšena na vlákních závěsného ústrojí, které ovládají její tvar a napětí. Tím se u savců mění její optická mohutnost a ohnisková vzdálenost. Tato vlákna jsou u koní výrazně slabší. Při pohledu do dálky se čočka zploští, při pohledu na blízko se čočka vyklene (Jelínek & Koudela 2003).

3.2.4 Adaptace na intenzitu světla

Světelný smysl, kterým je světlo vnímáno jako takové, a stupňování jeho intenzity je nejzákladnější z vizuálních smyslů a je vysoce vyvinutý u obratlovců. Dosažení vysokého standardu citlivosti na světlo zahrnuje určité strukturální specializace v oku. Oči zvířat jsou rozdílně utvářené a lze je rozdělit na denní zvířata (přizpůsobená jasnému světlu), noční zvířata (přizpůsobená temnotě noci) a arytmiická zvířata (přizpůsobená jasnému nebo slabému osvětlení).

Tapetum lucidum (lesklé políčko) je biologický reflektorový systém, který se nachází mezi sítnicí a cévnatkou. Tapeta lucida u obratlovců vykazuje rozmanitou strukturu, organizaci a složení. Díky tomuto systému je zvýšena vizuální citlivost při nízkých úrovních světla, ale naopak při jasném osvětlení může poškozovat zrakovou ostrost. Tapeta lucida klasifikujeme podle umístění a podle povahy reflexních materiálů, který je tvoří (Ollivier et al. 2004).

Lesklé políčko umožňuje světlu, které právě stimulovalo receptorové buňky, aby se na ně zpět odrazilo a podráždilo je podruhé (Reece 2011). To je umožněno díky retinálnímu pigmentovému epitelu (RPE), který je obvykle pigmentován v celé sítnici. RPE v oblasti lesklého políčka je však nepigmentovaný, což umožňuje průchod světla (Shinozaki et al. 2013). Kůň má choroidální tapetum fibrosum společně s ostatními kopytníky, velrybami, některými vačnatci a jedním druhem opic. U kopytníků obsahuje lesklé políčko těsně a pravidelně uspořádaná kolagenová vlákna. Kolagenová vlákna jsou uspořádána do lamel, které se rozvětvují a propojují se se sousedními lamelami na stejné úrovni, rovnoběžně s povrchem sítnice.

K adaptaci na světelné podmínky dochází pomocí zvyšování a snižování množství rodopsinu a zúžování a rozšiřování průměru zornice. Při nižším množství světla, dochází ke vzestupu koncentrace rodopsinu a zvětšování průměru zornice. Dochází tak k maximální reakci a ke zlepšení viditelnosti v šeru či ve tmě. Při velmi jasném osvětlení, naopak dochází ke snižování množství rodopsinu a k zúžení průměru zornice. Pokud je množství světla a rodopsinu vyrovnané, dochází k normálnímu dennímu vidění.

Koňské oko zachytí více světelných paprsků než oko lidské. Přizpůsobení na vidění ve tmě ale více oslepí koně než člověka. Ve slunečním světle se pak kůň neoslepí a nereaguje na světlo přivíráním víček jako člověk (Dušek 2011).

3.3 Zrak koně

V rámci současného vztahu člověk-kůň je kůň primárně zapojen do široké škály sportovních a volnočasových aktivit a je základem průmyslového odvětví značného obchodního významu. Zrak je pro koně velmi důležitým smyslem, který využívá během každodenních aktivit. Koně jsou aktivní za dne, soumraku, svítání a noci, a mají oči navrženy tak, aby měly vysokou citlivost pro vidění v šeru a zároveň dobrou vizuální ostrost při vyšších úrovních světla (Carroll et al. 2001). U koně je vyvinutý vizuální systém, který je zvláště citlivý na tlumené světlo a pohyb. V přirozeném prostředí koně je zrak jedním z nejdůležitějších smyslů. Využívá ho při hledání potravy, vyhýbání se překážkám a při pohybu v terénu. Nejdůležitější význam zraku je však v ochraně koně před predátorem, kdy kůň musí rozeznat sebemenší nebezpečí.

3.3.1 Vizuální schopnosti

Vizuální smysly zahrnují vnímání světa, barvy, formy, prostoru a pohybu (Ollivier et al. 2004). Kůň je schopen rozlišit určité předměty ve svém postranním zorném poli a je schopen detekovat objekty, které se nacházejí v téměř úplném kruhu horizontálního vidění. Pokud se objekt nachází směrem dozadu, má kůň problémy s rozlišením. Pro lepší rozlišení objektu kůň využívá natočení nebo naklonění hlavy směrem k předmětu. Pokud je koni omezeno přímé vidění objektu, například pomocí moc krátkých otěží nebo použitím klapků či jiných stínítek na oči, může tak být narušena přesná identifikace objektů v prostředí. To může vést ke zvýšenému stresu, který se u koně projeví jako tzv. flight instinct, který je i přes nízké ohrožení predace u koně stále velmi silný (Hanggi & Ingersoll 2012). Letová reakce může být reflexem, který nastane dříve, než si kůň skutečně uvědomí stimul (Gabor et al. 2019).

Vizuální systém koně je obecně přizpůsoben pro optimální vidění na zemi. Je to z důvodu umístění zdrojů potravy na zemi nebo v její blízkosti a tím jsou i podněty, které jsou zde umístěny pro koně výraznější (Hall & Cassaday 2006). Pokud kůň sníží hlavu, aby pozoroval podněty na zemi, obraz se promítne na nejcitlivější oblast sítnice (Hall 2007). Toto se dá využít i při učení koní k plnění úkolu a to tak, že se daný podnět dá na zem (Hall et al. 2003).

Koně jsou schopni rozlišovat velmi jemné vizuální podněty mezi velkým počtem jiných podnětů a reagovat na ně pomocí již dříve naučených reakcí. Pomocí vizuálních vzorců, jsou koně schopni formovat základní pojmy pro řešení stejných problémů. Pro koně je ale zároveň obtížné modifikovat dříve získané odpovědi na konkrétní stimul. V počátečním výcviku je tedy výhodnější zvolit odlišné podněty pro různé úkoly a tím urychlit tréninkové postupy (McCall et al. 2003).

3.3.2 Zorné pole

Zorné pole je pro zvíře oblast v prostoru, který při pohledu kompletně vidí. Čím jsou oči umístěny více po straně hlavy, tím je zorné pole větší. Předměty, které se nacházejí za tělem

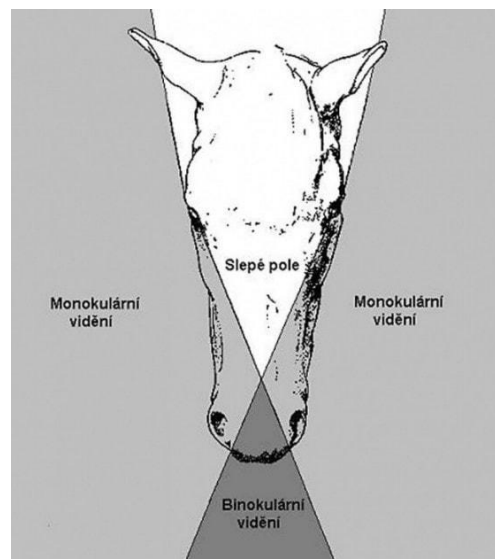
zvířete, mohou vidět malým natočením hlavy. Jestliže se zorná pole obou očí překrývají, překrývající se plocha prostoru je viděna binokulárně (prostorově). Binokulární způsob vidění je častý u zvířat, která se živí lovem. U býložravých zvířat jsou oči umístěny více po stranách hlavy a mají tak větší zorné pole monokulárního vidění. To jim poskytuje větší ochranu při pastvě, pokud jde o průběžné pozorování okolí a zpozorování pronásledovatele. U všech domácích zvířat existuje různě veliká zóna binokulárního vidění a to bez ohledu jak laterálně mají uložené oči (Reece 1998).

Velké oči koně jsou umístěny anterolaterálně, což jim poskytuje mnohem širší zorné pole než organismům s čelně umístěnými očima (Hanggi & Ingersoll 2012). Široké zorné pole je prospěšné pro kořist, jako je kůň (Timney & Macculda 2001). Hodnoty pro uniokulární zorné pole jsou v maximálním rozsahu 215 - 228°, s průměrnou hodnotou 190 - 195°, což poskytuje koni téměř úplný kruh horizontálního vidění (Hanggi & Ingersoll 2012). Vidění koně je více vyvinuté pro detekci přístupu predátora z jakéhokoli úhlu, než pro přesnou vizuální identifikaci stacionárních objektů, zejména těch, které jsou vidět na dálku (Saslow 2002). Pro koně je také důležitá schopnost identifikovat co se objevuje na periferii, jinak by zvířata, jako je kůň, mohla zbytečně utrácet cennou energii reakcí na nespočet neohrožujících událostí. Právě z tohoto důvodu je pro ně důležitá laterální a kaudoaterární zraková ostrost (Hangii & Ingersoll 2012). Ostrost vidění při čelním vidění je u koně 20/30 na Snellenově stupnici, to je méně oproti člověku ale více než u psa nebo kočky (Timney & Macculda 2001).

Prostředky, kterými vizuální systém zlepšuje schopnost detekovat minimální úroveň světla, jsou v rozporu s dobrou ostroší zraku a snižuje se tak schopnost řešit podrobnosti vizuálního vzoru. Čím nižší je poměr gangliových buněk k fotoreceptorům, tím citlivější je oko na minimální hladiny světla. U koně je poměr fotoreceptorů a gangliových buněk vysoký, proto celkové vidění koně je méně schopné poskytovat informace o vizuálních detailech, zejména ve stacionární scéně (Saslow 2002). Ehrenhofer et al. (2002) zjistili, že ve většině částí sítnice koní byly mezi gangliovými buňkami velké mezery, z nichž většina je velká a má vstup z mnoha amakrinních buněk. Rychlé vedení axonů těchto velkých gangliových buněk a jejich spojení s amakrinními buňkami značí, že kůň je zvláště citlivý na jemné změny v osvětlení a pohybu stimulu, což má za následek rychlou reakci koně na náhlý pohyb v periferním zorném poli.

Kůň se vyznačuje tím, že oproti primátům má nízkou hustotu gangliových buněk na sítnici, ale je zaznamenána přítomnost 1 – 2 mm vysokého, dobře definovatelného horizontálního vizuálního pruhu, který obsahuje vysokou hustotu gangliových buněk a poměr fotoreceptorů a gangliových buněk klesá. Hustota gangliových buněk je největší na časovém konci vizuálního pruhu, což odpovídá oblasti zodpovědné za binokulární vidění. Binokulární část zorného pole je umístěna pod nosem koně a je omezena na 65° a 80°. Vizuální pruh překlenuje šířku sítnice a dá se tak předpokládat, že koně mají ve svých postranních polích dobrou zrakovou ostrost (Guo & Sugita 2000). Vizuální pruh je umístěn ve ventrální části horizontálního lesklého políčka. Spolupráce mezi těmito systémy zajišťuje dobré mezopické (soumračné) a scoptické (noční) vidění v horizontálním zorném poli (Shinozaki et al. 2013). Saslow (2002) však tvrdí, že i při přítomnosti vizuálního pruhu na koňské sítnici, není jisté, že se vizuální schopnosti koní rovnají vizuálním schopnostem primátů.

Kůň má i několik slepých oblastí, v první řadě jde o slepé místo vedoucí dopředu kolmo na čelo koně (viz Obr. č. 2), jedno pod nosem a další směřující přímo dozadu (Timney & Macuda 2001). Tato slepá místa ale kůň vykryvá neustálým pohybem hlavy.



Obr. č. 2: Zorné pole koně (Reece 1998)

3.3.3 Laterální vidění

Lateralita se projevuje jako morfologický, smyslový a funkční stupeň asymetrie. Jedná se o nerovnoměrné využívání párových hybných (končetiny) a senzorických (oko, ucho) orgánů. Lateralita je odrazem dominance mozkových center (Murphy & Arkins 2006). Primárně je idiosynkratická motorická lateralita geneticky předurčena. Mezi další faktory ovlivňující lateralitu patří prostředí (Murphy et al. 2005).

Idiosynkratická motorická lateralita u koně je zjištěna nejen na úrovni jedince ale i na úrovni populace. Motorické chování koní je ovlivněno pohlavím a vykazují podobný vzorec jako pes domácí. Hřebci vykazují levostranné laterální motorické chování, zatímco klisny vykazují významnou preferenci pravých lateralizovaných odpovědí (Murphy et al. 2005).

Dobré boční vidění je výhodné nejen s ohledem na predátorskou hrozbu, ale také pokud jde o každodenní existenci ve stádě. Koně patří mezi stádová zvířata, která spolu interagují. Rychlé rozpoznání jednotlivců, kteří se přibližují z různých směrů, koni umožňuje pozorovat události, ke kterým došlo ve větší části jeho okolí, a účinně na ně reagovat (Hanggi & Ingersoll 2012).

Lateralita má negativní vliv na sportovní výkon koně. Preferenční strana se u koní liší, například u vyšších a užších koní je preferován levý výběr (Murphy & Arkins 2007). U koně je maximální biomechanické a motorické účinnosti dosaženo, když jde rovně. V důsledku toho tvoří „přímočarost“ podstatu základního výcviku. Lateralita u koně může být zděděna. Z tohoto důvodu je důležité u sportovních koní pečlivě vyšetření pohybu. U parkurových koní je dále důležitá diagnostika preferovaného vedení. Někteří koně lépe pracují na levé nebo

pravé ose, pro to aby kůň provedl fázi skoku správně, je potřebné preferované vedení, které vede k dobré rovnováze koně. Dobrá rovnováha je důležitá pro pohyb a pro skákání (Murphy et al. 2005).

3.3.4 Barevné vidění

Kůň patří mezi savce s dichromatickým barevným viděním na rozdíl od primátů, kteří mají trichromatické barevné vidění. Dichromatičtí savci mají dva kuželové fotopigmenty. První kuželový fotopigment, který je maximálně citlivý v oblasti střední až dlouhé vlnové délky (zelená nebo červená barva) spektra a druhý kuželový fotopigment se spektrálním vrcholem v krátkých vlnových délkách (modrá barva) (Carroll et al. 2001).

Dle studie Smith & Goldman (1999) jsou koně schopni rozlišovat barvy červené, žluté, zelené a modré od různých odstínů šedi, nezávisle na jasu. To znamená, že mohou mít barevné vidění citlivé na krátké, střední a dlouhé vlnové délky a měli by tak patřit k savcům s trichromatickým barevným viděním. Dále se pak tyto výsledky také dají interpretovat jako dichromatický systém s neutrálním bodem, který nebyl zcela detekován. Neutrální bod je u dichromatického vizuálního systému vždy detekován, může však být nejvýše několik nanometrů a mohl by tak být snadno zcela vynechán. Studie prokazují, že kůň je schopen rozeznávat červenou barvu, není pro něj ale tak barevná jako u lidského trichromatu (Hall & Cassaday 2006).

Trichromatičtí savci jsou schopni rozeznávat čtyři jedinečné odstíny a to červenou, zelenou, modrou a žlutou. Dále pak vidí přechodné odstíny, které lze vnímat jako simultánní pocit dvojic jedinečných odstínů v různých poměrech jako jsou například modro-zelená, oranžová, červeno-modrá. Oproti tomu dichromatičtí savci mají místo čtyř základních barev pouze dvě, ty které jsou nejvíce analogické modré a žluté (viz Obr. č. 3) (Neitz et al. 2001). Velkým rozdílem je také to, že pro dichromaty neexistují žádné střední odstíny. Pokud jsou tedy barvy ze dvou konců barevného spektra smíšené, spíše než získání přechodného odstínu, je výsledkem buď achromatický (bílý nebo šedý odstín) nebo desaturovaná verze jednoho ze dvou základních odstínů (pastelově modrá nebo žlutá). U dichromatů existuje oblast tzv. spektrální neutrální bod, který se nachází uprostřed barevného spektra a jeví se achromaticky (Carroll et al. 2001).



Obr. č. 3: Trichromatické vidění člověka (vlevo) a předpokládané dichromatické vidění koně (vpravo) (Carroll et al. 2001)

Stejně jako u lidí se zraková ostrost u koně liší podle barvy podnětu. Zraková ostrost je schopnost oka přenášet detailní obrazy (Murphy et al. 2009). Ostrost mezi modrými cíli je menší než u jiných barev, včetně žluté. Kůň dokáže lépe detekovat kolmou žlutou čáru širokou 5 mm než čáru modrou. Modrá čára musí být široká 20 mm, aby ji kůň dokázal detekovat ze stejné vzdálenosti jako žlutou (Hall 2007).

3.4 Schopnost koní překonávat překážky

Koně jsou zřídka pozorováni, aby dobrovolně přeskakovali překážky v přírodních podmínkách. Překážky překonávají v nevyhnutelných situacích nebo při přístupu k potravě (Górecka-Bruzda et al. 2013).

Cílem chovu sportovních koní je odchovávat koně do co nejvyšší úrovně jezdeckých závodů. Skokové soutěže patří mezi nejpopulárnější z jezdeckých disciplín. Vyplyvá to nejen z technických schopností ale také z osobnostních rysů koně (Strachurska et al. 2010).

Mezi hlavní rysy (spojené s atletikou, výkonem a zdravím koní), patří atribut, jako je schopnost a ochota skákat (Górecka-Bruzda et al. 2013). Skoková soutěž prověřuje dvojici jezdce a koně na parkuru s překážkami. Parkur prokazuje klid, uvolněnost, sílu a dovednost jezdce i koně. Výsledky skokových závodů lze využít pro odhad hodnoty koně. Je tedy žádoucí, aby kurzy parkurů byly co nejvíce diferencovány. Pravidla pro skokové závody určují velikost, počet překážek, minimální rychlost. Vzhled překážky, barva atd. se v pravidlech neberou v úvahu. Tyto parametry závisí na staviteli kurzu. Výsledky závodů ovlivňuje nejen zrakové vnímání překážky. Do další skupiny faktorů, která může ovlivnit výsledek, patří konstrukce překážky, ochota koně i jezdce přeskocit konkrétní překážku, věk, zkušenost, plemeno, počasí, povrch atd. (Strachurska et al. 2002).

Pro bezpečné a správné překonání překážky jsou klíčové vizuální informace, které umožňují koním i jezdcům bezpečně projít celým parkurem. Cílem je vyrovnání náročných podmínek, které testují koně i jezdce při zachování bezpečnostních standardů. Jak koně vidí a reagují na různé formy skoků, ovlivňuje pravděpodobnost pádů a souvisejících problémů (Paul & Stevens 2019).

3.4.1 Barva překážky

Překážky musí být svým celkovým tvarem a vzhledem lákavá, různorodá a ladící se svým okolím a musí být sestaveny tak, aby je bylo možné pobořit.

Pro koně je obtížné skočit překážky, které jsou celé světlé nebo tmavé. Rovnoměrně světlé barvy nebo bílá působí optickou iluzi, která nadhodnocuje velikost překážky. Místo toho mohou koně ignorovat rovnoměrně tmavé překážky (Strachurska et al. 2002).

Kontrast překážky proti jejímu okolí je důležitý pro určení její přítomnosti (Paul & Stevens 2019). Studie Spaas et al. (2014) uvádí, že skákající koně ukázali více chyb při skoku přes modrou překážku ve srovnání se zelenou a to v aréně s bílým povrchem. V aréně se zeleným povrchem nebyl pozorován rozdíl v míře chyb mezi zelenými a modrými

překážkami. Strachurska et al. (2002) uvádí, že koně mají největší problém s překonáním zelené překážky oproti modré.

Nejlépe koně dokáží rozlišit překážky kontrastních barev (modro-bílá, červeno-bílá, hnědo-bílá, modro-žlutá, červeno-žlutá). Z toho vyplývá i nejmenší počet chyb na těchto překážkách. Největší procento shozených překážek je u bílých, hnědočervených a zeleno-modrých překážek (Strachurska et al. 2002).

3.4.2 Druh překážky

Překážky rozdělujeme na jednoduché (výškové, šířkové) kombinované (dvojskok, trojskok) a speciální (přírodní, křížek, překážka s odskokovou bariérou). Jednoduché překážky se překonávají jedním skokem. Mezi výškové překážky patří kolmá překážka s několika bariérami uspořádanými nad sebou. Mezi šířkové překážky patří oxer, double-bar, triple-bar, vodní příkop. Šířková překážka je stavěna v horizontální perspektivě. Kombinované překážky se skládají ze dvou nebo více částí, které jsou složené z výškových i šířkových prvků.

Koně se ze šířkových překážek nejlépe vypořádávají s trojbradlím (Triple-bar) a dvojbradlím (Double-bar). Pravděpodobně je to z důvodu lepší viditelnosti zadní bariéry, která je umístěna výš než přední. U šířkové překážky, kde je zadní bariéra umístěna výše než přední bariéra, koně chybují častěji. Výškové překážky (kolmý skok) koně shazují nejčastěji. Na koně může výšková překážka působit nenápadně, nevyžaduje tolik úsilí jako u šířkového skoku, což může být pro koně matoucí. Mezi další problematické překážky patří zeď, která může koně vyděsit svým monumentálním vzhledem. U překážek, které jsou v kombinaci, je druhý skok překonáván s menším počtem chyb než skok první.

3.4.3 Přiblížení k překážce

Při pozitivním posilování se kůň dostává do situace, kdy má možnost volby a může se dobrovolně přiblížit k novému předmětu, aby získal odměnu. Při jízdě na koni se ale využívá negativního posilování, kdy kůň reaguje na jezdce pomocí tlaku a jeho uvolnění. Tyto reakce musí být trénovány a opakovány, dokud kůň správně neodpoví. Při vedení koně musí být brána v úvahu absence zobecnění mezi objekty různého tvaru a barvy. Koně často reagují i na malé změny v jejich prostředí a nejsou schopni zobecnit mezi novými objekty s mírně odlišnými vlastnostmi. Jedná se například o zkušenost koní s vodním příkopem. Koně, kteří znají již několik druhů vodních příkopů, nemusejí být ochotní překonat jiný druh vodního příkopu. Díky správné reakci na tlak jezdce, kůň potlačuje své přirozené chování a nesnaží se vyhnout nebo zastavit před neznámým předmětem (Christensen et al. 2008).

3.5 Světlo

Světlo je elektromagnetickým zářením, které se obvykle šíří v přímých liniích. Pro oko s dobrou rozlišovací schopností to znamená, že geometrické rysy objektu mohou být reprezentovány na sítnici a lze určit relativní umístění různých objektů. Světlo dodává většinu informací potřebných k tomu, aby bylo možné zjistit, kde se předmět nachází a o jaký

předmět se jedná. Světlo interaguje s hmotou různými způsoby, může se odrážet, vysílat, absorbovat nebo rozptylovat. Všechny tyto transformace světla závisí na jeho vlnové délce (Land & Nilsson 2012).

3.5.1 Intenzita světla

Množství světla, které je k dispozici pro vidění, je důležité pro schopnost a ostrost vidění. Pokud je světla nedostatek, vidění se zhoršuje. Noční a hlubokomořští živočichové mají velké oči, aby měli možnost zachytit co nejvíce fotonů z okolí. Za jasného dne je počet fotonů, které dopadají na zemský povrch ve viditelném rozsahu asi 10²¹ za sekundu na metr čtvereční (Land & Nilsson 2012).

Pro dobré rozeznání předmětů není důležitý jen jas předmětů, ale i rozdíly v jasu, které definují jejich části. Kontrast je měřítkem toho, do jaké míry se jedna část objektu liší od druhé. Řada procesů v sítnici zajišťuje u zvířat, že vidí spíše kontrast než hrubý jas objektů. Adaptační mechanismy různého druhu zajišťují, že signál předaný do mozku je spíše nezávislý na celkové úrovni světla (Land & Nilsson 2012).

3.5.2 Vlnová délka a barva

Rozsah vlnových délek je u zvířat různý a byl vytvořen v závislosti na potřebách daného druhu. Rozsah viditelných vlnových délek zahrnuje různé barvy spektra. Barva a vlnová délka nejsou stejné. Samotné vlnové délky jsou bezbarvé a barvy, které jsou viditelné, jsou subjektivně vnímaným výsledkem analýzy vlnových délek. U člověka jsou viditelné barvy např. fialová, modrá, zelená žlutá, oranžová, červená v pořadí podle vlnové délky. U ptáků, ryb, členovců a dalších zvířat, spektrum viditelných barev sahá až do ultrafialového rozsahu. Mnoho květin má nápadné znaky v ultrafialové oblasti, které jsou důležité pro opylující hmyz (Land & Nilsson 2012).

Objekty odrážejí různé světelné vlnové délky v různé míře, například listy odrážejí světlo v rozmezí 500 – 600 nm, zralé ovoce 550 – 600 nm a krev 600 – 650 nm. U zvířat, které patří mezi živočichy s dichromatickým viděním (mají dva druhy barevného pigmentu), lze říci, že mají barevné vidění. U zvířat, která mají monochromatické vidění, lze říci, že jsou barvoslepá (Land & Nilsson 2012).

3.5.3 Šíření světla

Světlo je vyzařováno pomocí světelných zdrojů. Zdroje světla jsou rozdělovány na bodové, plošné a směrové. Bodový zdroj je takový, ze kterého z jednoho bodu vychází světlo všemi směry. Bodový zdroj ve skutečnosti neexistuje. Zdroj plošný, se skládá z velkého množství mnoha bodových zdrojů. Zdroj směrový je například laserové ukazovátko (Minnaert 2013).

Světelné zdroje lze rozdělit na přírodní a umělé. Přírodní světelné zdroje lze rozdělit na primární a sekundární. Primární zdroje světlo vyzařují přeměnou své vlastní energie.

Mezi primární zdroje lze řadit zdroje přírodní (Slunce, oheň) a umělé (žárovka). Sekundární zdroje nevyzařují světlo samy o sobě, ale světlo pouze odrážejí nebo rozptylují.

Bez primárních zdrojů by zdroji světla nebyly. Mezi sekundární přírodní zdroje lze řadit měsíc, mraky, stínítko u lampy nebo reflektor. Umělé zdroje světla vytvářejí optické záření. Nejčastěji jsou využívány elektrické zdroje, mezi které lze řadit žárovka (Lakotová 2015).

Světelný paprsek udává směr šíření světla v libovolném prostoru. Světelný paprsek je základním prvek geometrické optiky. Geometrická optika se skládá ze sady pravidel, které určují dráhy, po kterých paprsky světla procházejí. V jednotném prostředí se paprsky pohybují v přímých liniích. V různorodém prostředí, dochází k reflexi a lomu světla (Minnaert 2013).

3.5.4 Reflexe a lom světla

Světelné paprsky mění směr, když se odrážejí od povrchu, pohybují se z jednoho průhledného média do druhého nebo procházejí prostředím, jehož složení se neustále mění. Při odrazu světelných paprsků od hladkého povrchu, je úhel odraženého paprsku roven úhlu dopadajícího paprsku. Většina povrchů je drsná a v důsledku toho se dopadající světelné paprsky odrážejí v mnoha různých směrech nebo difúzně. Difuzní odraz je zodpovědný za schopnost vidět většinu osvětlených povrchů z jakékoli pozice (světelné paprsky dosáhnou očí poté, co se odrazí od každé části povrchu (Aieta et al. 2012).

Pokud světelné paprsky, které putují v jednom průhledném prostředí, narazí na druhé průhledné prostředí (např. vzduchem a sklem), část světla se odrazí a část světla se přenesení do druhého prostředí. Procházející světlo, které se pohybuje do druhého média, mění svůj směr pohybu (láme se). Zákon lomu (Snellův zákon) popisuje vztah mezi úhlem dopadu a úhlem lomu. Úhel dopadu světla znamená, pod jakým úhlem světlo dopadá na rozhraní dvou prostředí. Úhel lomu je popisován jako kolmice dopadu (normála), což je kolmá přímka na optické rozhraní v bodě, kam dopadá paprsek. Úhel odrazu je vždy roven úhlu dopadu, odražený paprsek leží v rovině, která je určena normálou a dopadajícím paprskem (Aieta et al. 2012).

Každé prostředí je charakterizováno indexem lomu a je rozlišován absolutní a relativní index lomu. Absolutní index lomu určuje kolikrát se světlo šíří pomaleji v daném prostředí než ve vakuu. Index lomu vakua je roven 1 a všechna ostatní prostředí mají index lomu větší. Relativní index lomu je definován jako poměr rychlostí šíření světla ve dvou opticky rozdílných prostředích (Navrátil & Rosina 2005).

Na rozhraní dvou prostředí je rozlišované opticky hustší a řidší prostředí. Na základě tohoto rozlišení je určován lom ke kolmici a lom od kolmice. Lom ke kolmici nastává, pokud se paprsek šíří z opticky řidšího prostředí do opticky hustšího prostředí. Lom od kolmice nastává, pokud se paprsek šíří z opticky hustšího prostředí do prostředí opticky řidšího (Navrátil & Rosina 2005).

3.5.5 Disperze světla

Disperze světla, je založena rozkladu elektromagnetického záření. Pomocí rozkladu dochází ke vzniku složek s různými vlnovými délkami. Disperze je závislá na indexu lomu a na vlnové délce. Při disperzi dochází k rozložení bílého světla na jednotlivé barvy. Barva s nejmenším indexem lomu je červená, naopak fialová barva má největší index lomu. Příčinou disperze je závislost fázové rychlosti šíření světelné vlny na její vlnové délce při průchodu hmotným prostředím (Agranovich & Gartstein 2006).

Disperze je rozdělována na normální, chromatickou a anomální. Normální disperze nastává, pokud se rychlost světla s rostoucí frekvencí zmenšuje. Nejčastěji vyskytující se disperze, je duha (Turpin 2019).

4 Metodika

Data byla sbírána v rámci seriálu jezdeckých závodů Český skokový pohár. Bylo vybráno pět mítinků, při kterých probíhal sběr dat. Mítinky se konaly v Hradištku, Jítravě, Zduchovicích, Ptýrově a Hořovicích. Data byla sbírána v období od května do září 2023. Pro sběr dat byly zvoleny závodiště, které disponují stejným typem povrchu kolbiště (písek + geotextilie).

Seriál parkurových závodů Český skokový pohár obsahoval v roce 2023 celkem 12 mítinků, které se konaly na různých místech Čech a Moravy. Tento seriál závodů byl největší v České republice a byl určen pro všechny kategorie jezdců na velkých koních. V rámci závodů byly vypsány různé kategorie soutěží. Jednalo se o soutěž Amateur Tour, Czech Junior Cup, U25 a Český skokový pohár. Soutěž Amateur tour byla určena pro jezdce, kteří mají jezdecký sport jako volnočasovou aktivitu a soutěže jsou vypisovány na úrovni ZL až L** (110 cm až 120 cm). Soutěž Czech junior Cup byla vypsána pro děti a juniory do 18 let, kteří byli rozděleni podle věku do skupin. V rámci věkových skupin, byl vypsány soutěže na úrovni L* až ST* (115 cm až 135 cm). Další kategorií byla soutěž U25, která byla určena pro jezdce do 25 let. Soutěže pro kategorii U25 byly vypisovány na obtížnost ST* - ST** (135 cm až 140 cm). Poslední vypsanou kategorií byl Český skokový pohár, který byl určen pro profesionální jezdce. Tato soutěž byla vypisována na obtížnosti T* až T** (145 cm až 150 cm).

Sběr dat probíhal na obtížnosti soutěží S** až T**, což představuje výšku překážek 130 cm až 150 cm. Pro potvrzení či vyvrácení hypotézy číslo 1 byly vybrány skoky ve vícebarevné a jednobarevné kombinaci. Pro hypotézu číslo 2 byly vybrány skoky složené ze světlých a tmavých bariér. Dále byly porovnány jednotlivé překážky mezi sebou. Jednalo se o porovnání kombinace žluto-černé a modro-bílé překážky, modré a zelené překážky. Dále byla porovnána kombinace bílé a světle modré oproti bílé v kombinaci s tmavě modrou barvou.

Barevnost překážek byla vyhodnocena pomocí spektrofotometru Konica Minolta Cm - 2500d. Tento přístroj měří barevnost na principu reflektance viditelného spektra barev. Rozsah viditelného spektra je 360 až 740 nm zkoumaných barev. Data ze spektrofotometru byla přenesena do softwaru Spectra Magic NX, kde byla následně i vyhodnocena.

Chyby na překážkách byly zaznamenávány a vyhodnoceny. Za chybu bylo považováno shoení bariéry, odmítnutí poslušnosti (zastavení před překážkou), silný dotek koňských nohou o vrchní bariéru překážky a poboření překážky. Pro vyhodnocení byl zvolen program Statistica. Data byla statisticky vyhodnocena pomocí dvouvýběrového Z-testu s 5% hladinou významnosti.

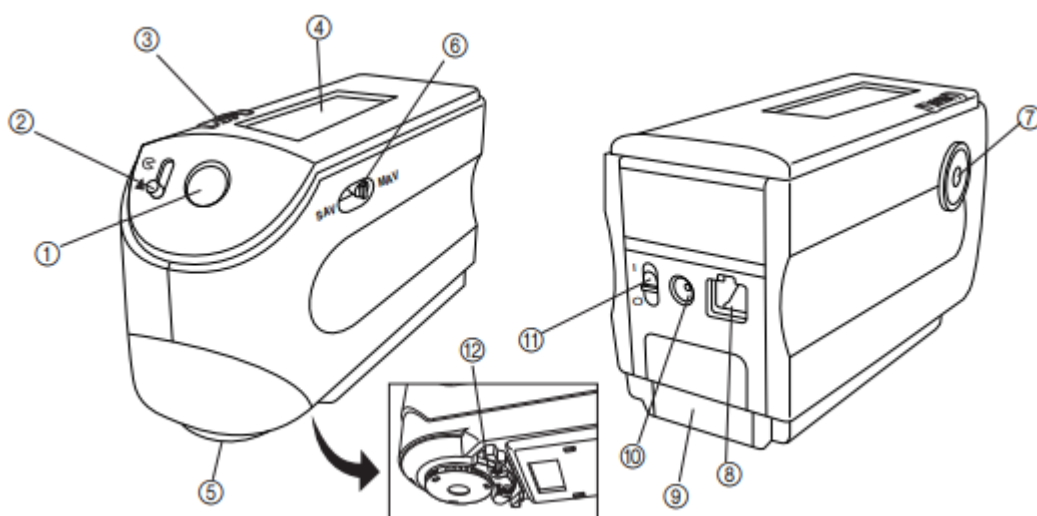
4.1 Spektrofotometr Konica Minolta CM - 2500d

Spektrofotometr je laboratorní přístroj, měřící množství světla absorbovaného vzorkem. Spektrofotometr Konica Minolta CM - 2500d, který je zobrazen na Obr. č. 4, je ruční, přenosný

měřicí přístroj, který je určený k vyhodnocení barev, relativního lesku a UV charakteristik vzorků. Spektrofotometr využívá difuzní geometrii a umí měřit ve dvou režimech (SCI + SCE). Režim SCI (Specular Component Included) měří barevnost včetně odleskové složky a je využíván v případech, kdy je potřebné měřit samotnou barevnost bez ohledu na vliv textury. V režimu SCE (Specular Component Excluded) je měřena barevnost vzorků s ohledem na texturu povrchu. Spektrofotometr Konica Minolta CM - 2500d využívá kombinovaného měření metodou SCI + SCE. V rámci jednoho měření tedy měří absolutní barevnost a také vliv povrchové úpravy na celkový vjem barevného povrchu.

Rozsah měřených vlnových délek u spektrofotometru Konica Minolta CM - 2500d je 360 nm až 740 nm, rozteč vlnových délek je 10 nm. Zdrojem světla při měření jsou 2 pulzní xenové výbojky. Doba měření je 1,5 sekundy. Přístroj vyhodnocuje ve všech normovaných osvitech od denního po umělé osvětlení. Přístroj je kompatibilní se softwarem SpectraMagic NX.

Spectra Magic NX je softwarový program, který se používá ve spojení se spektrofotometrem Konica Minolta Sensing. Program je určený pro záznam výsledků měření barev a poskytuje podrobnější analýzu barevného vzorku. Z naměřených barevných hodnot lze získat numerický i grafický výstup a protokol pro každou naměřenou hodnotu.



Obr. č. 4: Spektrofotometr Konica Minolta CM - 2500d (Konica Minolta Sensing)

4.1.1 Nastavení spektrofotometru

Spektrofotometr je nutné před začátkem měření nastavit. Nejprve se nastavují podmínky měření. Mezi podmínky měření řadíme oblast měření a rozptýlené složky, nastavení UV, osvětlovací zdroj 1 a 2, pozorovatel, režim zobrazení, barevný prostor, počet měření a standardní odchylku pro manuální průměrování, počet automatických průměrování a prodlevu.

Před začátkem měření je nutná kalibrace přístroje. Nejprve se nakalibruje nula (zero calibration). Přístroj se nasměruje měřícím portem do otevřeného prostoru, kdy ve vzdálenosti nejméně jednoho metru od měřícího portu by neměly být žádné odrazné plochy

(stůl, zeď atd.). Přístroj provede kalibraci nuly a následuje kalibrace bílé. Kalibrace bílé se narozdíl od kalibrace nuly musí provádět před každým měřením. Kalibrace bílé je nutné provést při stejné teplotě, při které bude následovat měření barevného vzorku. Spektrofotometr se umístí na bílou kalibrační destičku, která je součástí balení přístroje a provede se kalibrace bílé.

Měření barevných vzorků lze začít po splnění všech předešlých bodů (nastavení podmínek a kalibrace). Spektrofotometr se umístí měřícím portem na vzorek, (pro kontrolu umístění portu, je možné pomocí hledáčku zkontrolovat pozici vzorku) a pomocí tlačítka MEAS se spustí měření. Výbojka zableskne a provede se měření, výsledek se zobrazí na displeji.

4.2 Sběr dat

Měření probíhalo na vybraných závodech v čase přestávek mezi jednotlivými soutěžemi. Jednotlivé barvy byly změřeny pomocí spektrofotometru Konica Minolta CM - 2500d. U každé překážky byly vyhodnoceny všechny barvy, vyskytující se na překážce.

Před zahájením měření byl spektrofotometr nastaven pro vyhodnocení barevnosti pomocí metody SCI, simulující denní osvit D65 při 10° standardním pozorovateli. Přístroj byl nakalibrován a poté následovalo měření jednotlivých překážek. Pro přesnost jednotlivých vzorků byla každá překážka změřena v dopoledních hodinách (9:00), v poledne (12:30) a v odpoledních hodinách (17:00). Při každém měření byl vzorek vyhodnocen třikrát. Každá překážka byla měřena devět krát a následně byly hodnoty zprůměrovány. Hodnoty byly přeneseny do počítače a vyhodnoceny v softwaru Spectra Magic NX.

4.3 Vyhodnocení barev

Barevnost překážek byla hodnocena podle barevného prostoru CIE $L^*a^*b^*$. Tento prostor má tvar koule, parametr L^* značí světlost a parametry a^* a b^* jsou chromatické souřadnice. Parametry a^* a b^* nabývají plusových a minusových hodnot. Chromatická souřadnice $+a^*$ značí koordinátu pro červenou, $-a^*$ pro zelenou, $+b^*$ pro žlutou a $-b^*$ pro modrou. Střed barevného prostoru je achromatický a směrem od středu k okraji se sytost barev zvyšuje.

Konkrétní rozsah vlnových délek, které daná barva odráží, se nazývá remisní spektrální křivka. Tato křivka určuje konkrétní spektrální odezvu v celé viditelné oblasti. Vrchol křivky udává nejvyšší a dominantní vlnovou délku odrazu. Zvyšující se vrchol na spektrální křivce udává světlejší barvu, snižující se vrchol naopak udává barvu tmavší. Bílá barva odráží v celé spektrální oblasti všechny barvy stejně, nelze tedy její vrchol na této křivce najít. Barva šedá je neutrální a barva černá pohlcuje všechny barvy v celé spektrální oblasti.

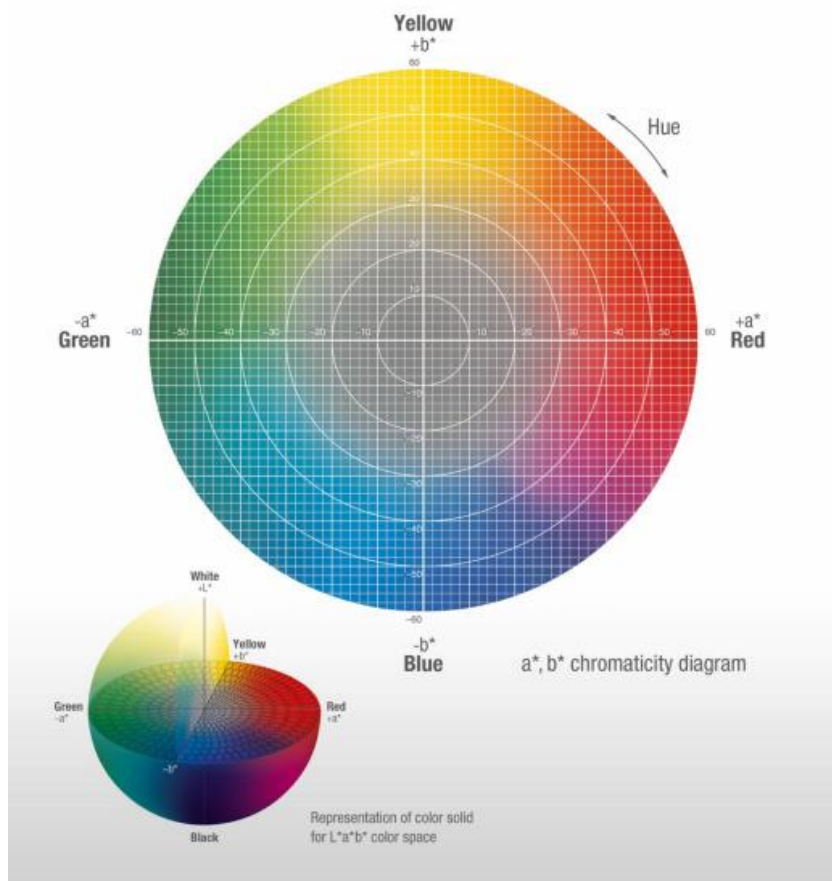
Program Spectra Magic NX vyhodnotil pro jednotlivé barvy jejich spektrální křivky, přibližný barevný odstín a umístění v barevném prostoru CIE $L^*a^*b^*$ (viz Obr. č. 5). Na základě vyhodnocené spektrální křivky bylo odhadem určeno, v jakém rozsahu kůň konkrétní barvu vnímal.



KONICA MINOLTA

Giving Shape to Ideas

KONICA MINOLTA COLORIMETRIC TECHNOLOGY



Obr. č. 5: Vodorovný řez chromatickým diagramem (www.Konica Minolta Sensing.eu, staženo 14.07.2023)

4.4 Vybrané překážky pro experiment

Pro experiment bylo vybráno osm překážek. Jednalo se o překážky firem V Team Prague, Bioveta, Krismar Horse Trucks, Libich, Ordinance bez hranic, Equiservis, NAF a Vetoflex. Překážky byly rozděleny do tří skupin (světlé, tmavé a vícebarevné překážky). Mezi světlé skoky byl zařazen skok firmy Bioveta a V Team Prague. Mezi tmavé překážky byl zařazen skok firmy Libich, Ordinance bez hranic a Krismar Horse Trucks. Vícebarevné skoky byly vybrány od firem Equiservis, NAF a Vetoflex.

4.4.1 Překážka V Team Prague

Překážka V Team Prague se skládala ze zlaté a bílé barvy (viz Obr. č. 6). Na základě vyhodnocených parametrů byla zařazena mezi světlý typ překážek.



Obr. č. 6: Překážka V Team Prague (Kateřina Návojková)

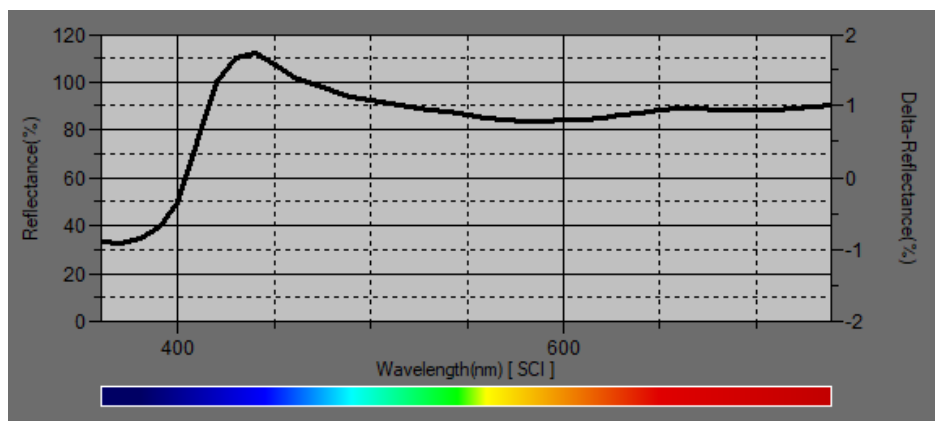
Tab.č. 1: Vyhodnocení barev - překážka V Team Prague

	bílá	zlatá
L*	95,05	78,4
a*	1,52	5,39
b*	-10,26	32,09

Hodnota L* pro bílou barvu byla 95,05 a nacházela se téměř v maximu možných hodnot. Bílá barva byla tedy velmi světlá. Parametr a* měl hodnotu 1,52, příspěvek červeného odstínu byl velmi malý a nebude se projevovat. Parametr b* měl hodnotu -10,26, příspěvek modrého odstínu byl malý a neměl vliv na projev barvy (viz Tab. č. 1, Obr. č.7).

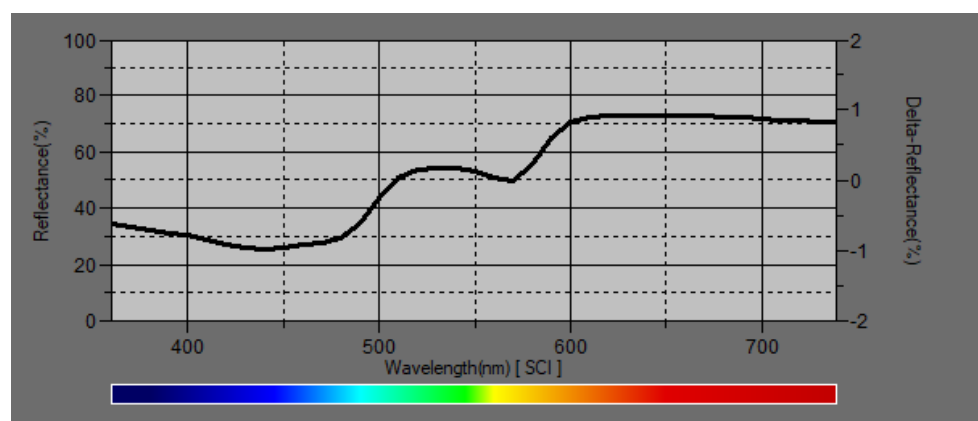
Hodnota L* pro zlatou barvu byla 78,4, světlost byla ve druhé třetině možných hodnot a byla tedy hodnocena jako světlá. Parametr a* měl hodnotu 5,39, příspěvek červeného odstínu byl velmi malý a výrazně se neprojevoval. Parametr b* byl 32,09, příspěvek žlutého odstínu byl relativně vysoký (viz Tab. č. 1, Obr. č. 8)).

Bílá barva



Obr. č. 7: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Zlatá barva



Obr. č. 8: Spektrální odraz zlaté barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

4.4.2 Překážka Bioveta

Skok firmy Bioveta byl složen z bílé a světle modré barvy (viz Obr. č. 9). Po vyhodnocení daných parametrů, byl zařazen mezi světlé skoky.



Obr. č. 9: Překážka Bioveta (Adéla Podzemská)

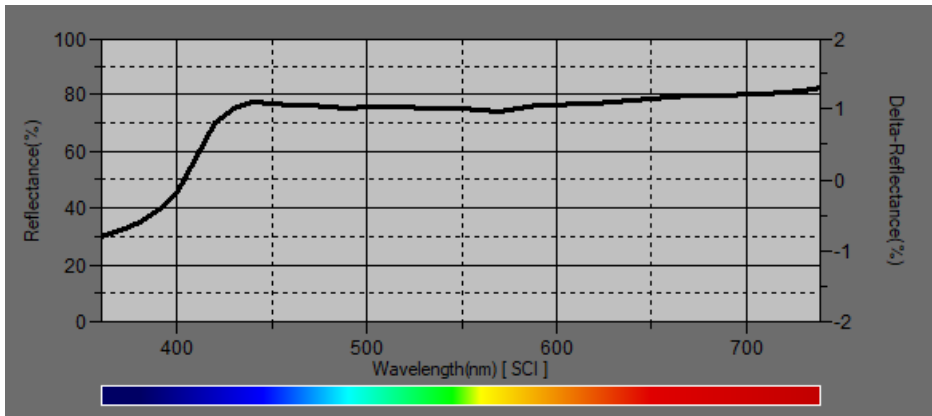
Tab.č. 2: Vyhodnocení barev - překážka Bioveta

	bílá	modrá
L*	89,64	62,21
a*	0,52	-18,28
b*	0,32	-34,39

Hodnota L* byla pro bílou barvu 89,64 a nacházela se prakticky v maximu možných hodnot, byla velmi světlá. Parametr a* nabýval hodnot 0,52, příspěvek červeného odstínu byl velmi nízký a neprojevoval se. Parametr b* měl hodnotu 0,32 a příspěvek žlutého odstínu byl téměř zanedbatelný (viz Tab. č. 2, Obr. č. 10) .

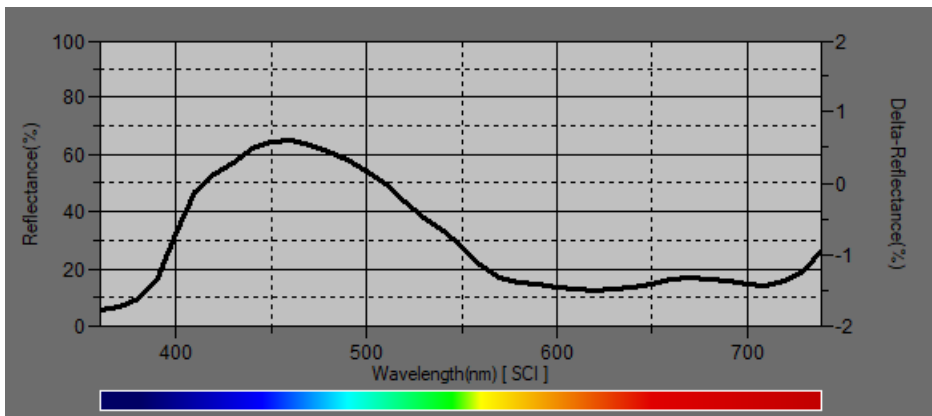
Hodnota L^* byla pro modrou barvu 62,21, světlost barvy byla v druhé třetině možných hodnot a byla tedy hodnocena jako světlá. Parametr a^* měl hodnotu -18,28, příspěvek zeleného odstínu byl nízký a neprojevoval se. Parametr b^* měl hodnotu -34,39, vliv modrého odstínu byl zřetelný (viz Tab. č. 2, Obr. č. 11).

Bílá barva



Obr. č. 10: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Modrá barva



Obr. č. 11: Spektrální odraz modré barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

4.4.3 Překážka Krismar Horse Trucks

Překážka Krismar se skládala ze šedé barvy (viz Obr. č. 12) a na základě vyhodnocených parametrů byla zařazena jako tmavá.



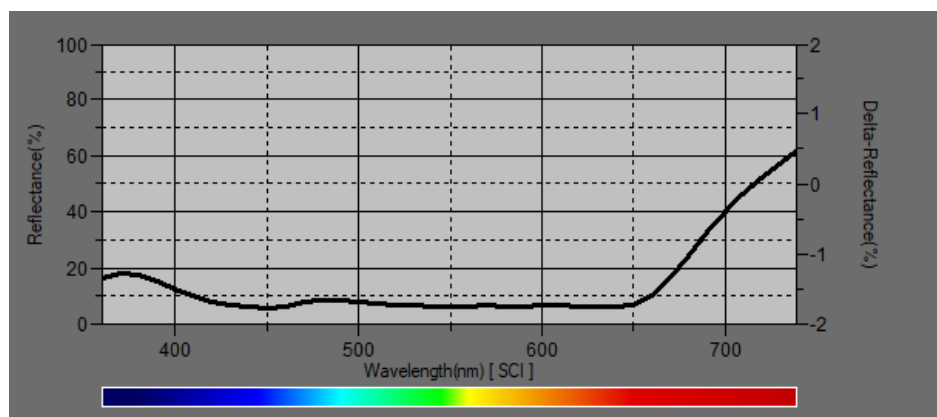
Obr. č. 12: Překážka Krismar Horse Trucks (Patricie Mazuchová)

Tab.č. 3: Vyhodnocení barvy - překážka Krismar

	šedá
L*	31,33
a*	-0,29
b*	-0,65

Hodnota na ose L* pro šedou barvu byla 31,33 a nacházela se ve třetině možných hodnot, byla tmavá. Parametr a* byl -0,29, vliv zeleného odstínu se neprojevoval. Parametr b* byl -0,65, příspěvek modrého odstínu byl téměř nezatelný (viz Tab. č. 3, Obr. č. 13).

Šedá barva



Obr. č. 13: Spektrální odraz šedé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

4.4.4 Překážka Libich

Překážka Libich byla celá zelená (viz Obr. č. 14). Byla vyhodnocena dle parametrů jako tmavá.



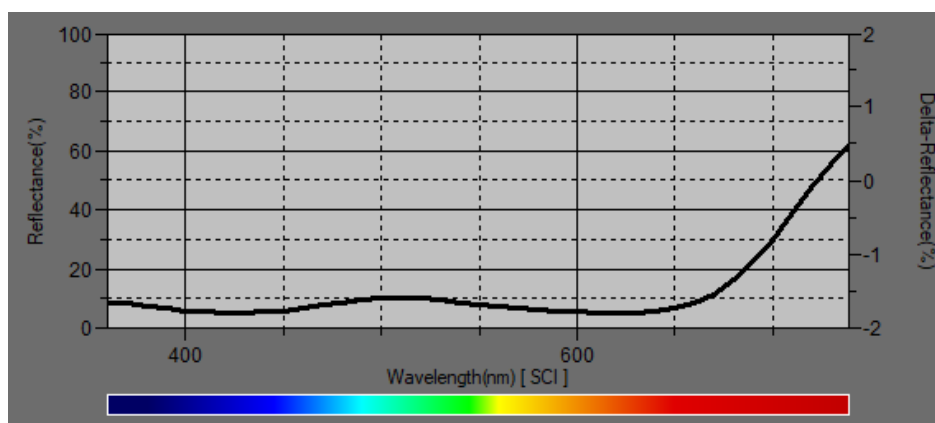
Obr. č. 14: Překážka Libich (Patricie Mazuchová)

Tab.č. 4: Vyhodnocení barev - překážka Libich

	zelená
L*	33,4
a*	-12,6
b*	4,67

Hodnota L* pro zelenou barvu byla 33,4 a nacházela ve třetině možných hodnot, byla tedy tmavá. Parametr a* měl hodnotu -12,6, příspěvek zeleného odstínu byl vysoký. Parametr b* byl 4,67, příspěvek žlutého odstínu byl malý (viz Tab. č. 4, Obr. č. 15).

Zelená barva



Obr. č. 15: Spektrální odraz zelené barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

4.4.5 Překážka Ordinace bez hranic

Překážka Ordinace bez hranic byla z největší části složena z fialové barvy, která byla doplněna o modrou a zelenou barvu (viz Obr. č. 16). Na základě naměřených hodnot, byla překážka zařazena mezi tmavé skoky.



Obr. č. 16: Překážka Ordinace bez hranic (Adéla Podzemská)

Tab.č. 5: Vyhodnocení barev - překážka Ordinace bez hranic

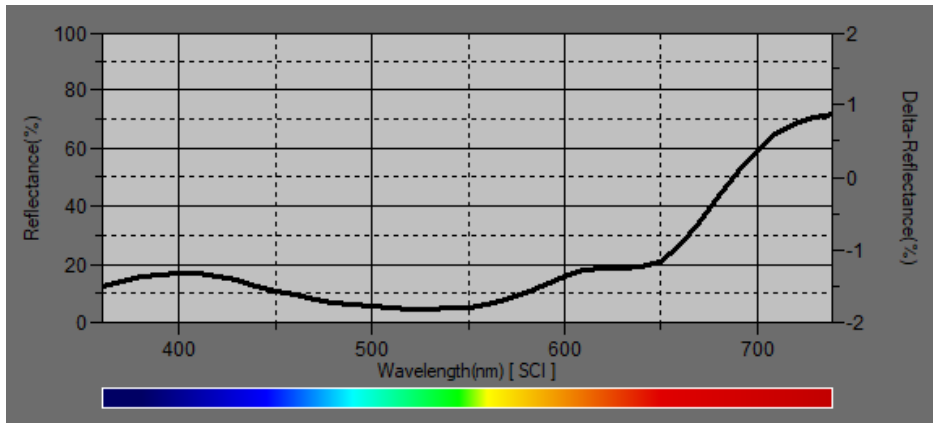
	fialová	modrá	zelená
L*	35,7	46,1	58,46
a*	29,55	-10,44	-25,65
b*	-6,29	-28,11	-37,59

Hodnota L* pro fialovou barvu byla 35,7 a nacházela se za třetinou možných hodnot. Lze ji hodnotit jako tmavou. Parametr a* byl 29,55 a příspěvek červeného odstínu byl výrazný. Parametr b* byl -6,29 a příspěvek modrého odstínu byl méně výrazný (viz Tab. č. 5, Obr. č. 17).

Hodnota L* pro modrou barvu byla 46,1 a řadila se do první poloviny možných hodnot. Parametr a* měl hodnotu -10,44, příspěvek zeleného odstínu byl malý a zelená barva se neprojevovala. Parametr b* měl hodnotu -28,11, příspěvek modrého odstínu byl výrazný (viz Tab. č. 5, Obr. č. 18).

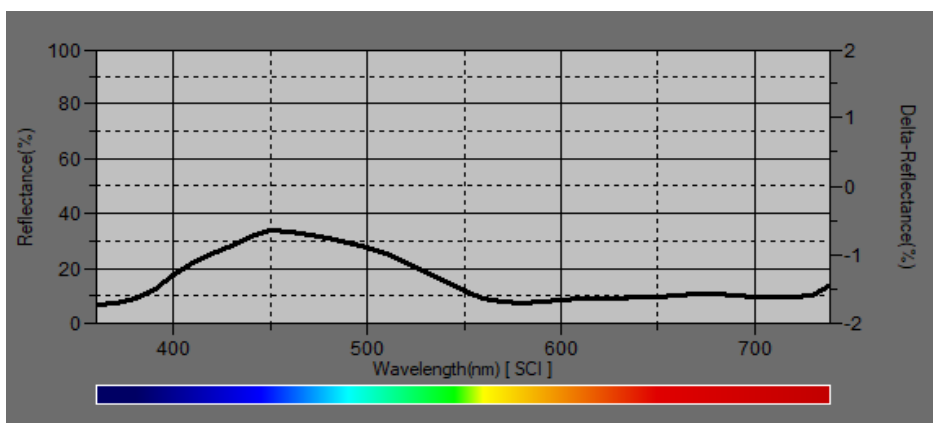
Hodnota L* pro zelenou barvu byla 58,46 a patřila do druhé poloviny možných hodnot. Parametr a* nabýval hodnoty -25,65 a příspěvek zeleného odstínu byl tedy výrazný. Parametr b* měl hodnotu 37,59, příspěvek žlutého odstínu byl výrazný (viz Tab. č. 5, Obr. č. 19).

Fialová barva



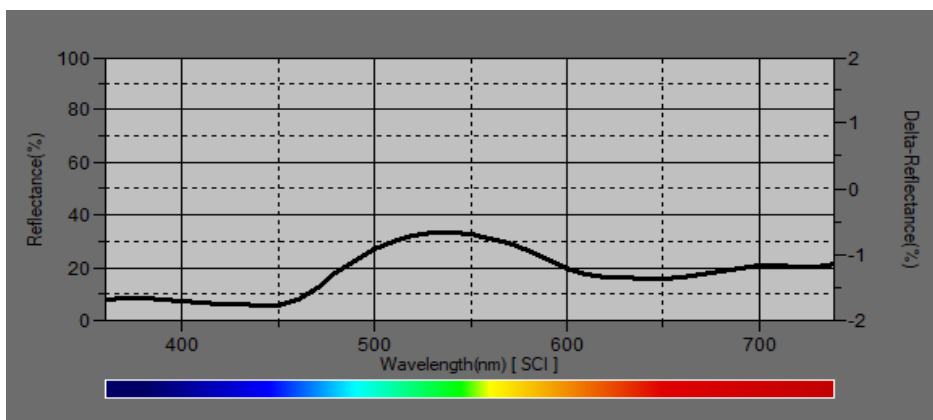
Obr. č. 17: Spektrální odraz fialové barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Modrá barva



Obr. č. 18: Spektrální odraz modré barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Zelená barva



Obr. č. 19: Spektrální odraz zelené barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

4.4.6 Překážka Equiservis

Překážka firmy Equiservis se skládala z modré a bílé barvy (viz Obr. č. 20). Na základě výsledků byla zařazena do vícebarevných skoků.



Obr. č. 20: Překážka Equiservis (Český skokový pohár)

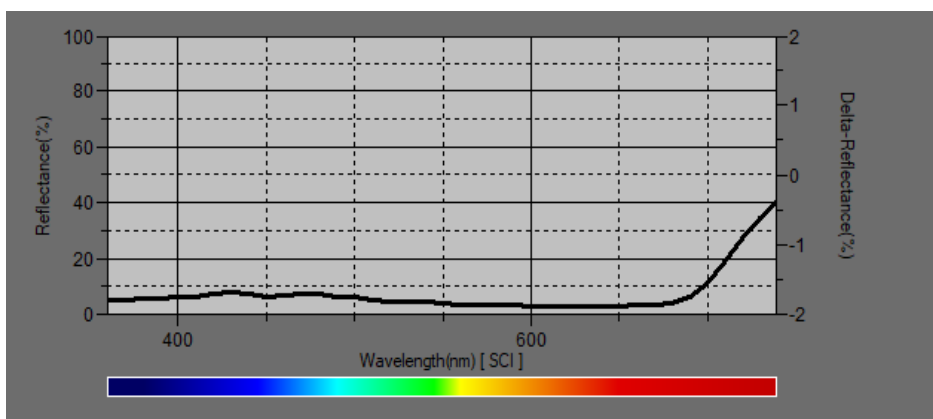
Tab.č. 6: Vyhodnocení barev - překážka Equiservis

	modrá	bílá
L*	24,47	94,05
a*	-2,84	2,22
b*	-12,2	-12,03

Hodnota L* pro modrou barvu byla 24,47 a nacházela se ve třetině možných hodnot, byla tedy tmavá. Parametr a* měl hodnotu -2,84, příspěvek zeleného odstínu byl malý. Parametr b* měl hodnotu -12,2, příspěvek modrého odstínu byl velmi výrazný (viz Tab. č. 6, Obr. č. 21).

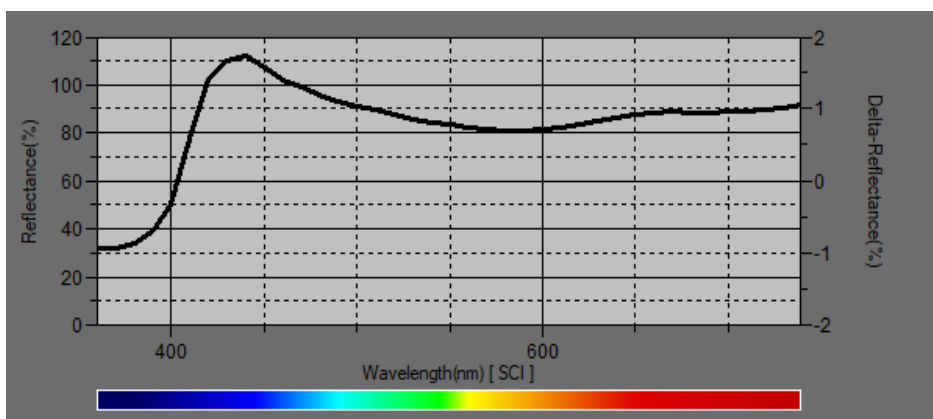
Hodnota L* pro bílou barvu byla 94,05, což bylo téměř v maximu hodnot a barva byla velmi světlá. Parametr a* nabýval hodnoty 2,22, příspěvek červeného odstínu byl téměř zanedbatelný. Parametr b* měl hodnotu -12,03, příspěvek modrého odstínu je výrazný (viz Tab. č. 6, Obr. č. 22).

Modrá barva



Obr. č. 21: Spektrální odraz modré barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Bílá barva



Obr. č. 22: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

1.1.1 Překážka NAF

Překážka NAF byla složena ze žluté a černé barvy (viz Obr. č. 23). Byla zařazena mezi vícebarevné skoky.



Obr. č. 23: Překážka NAF (Český skokový pohár)

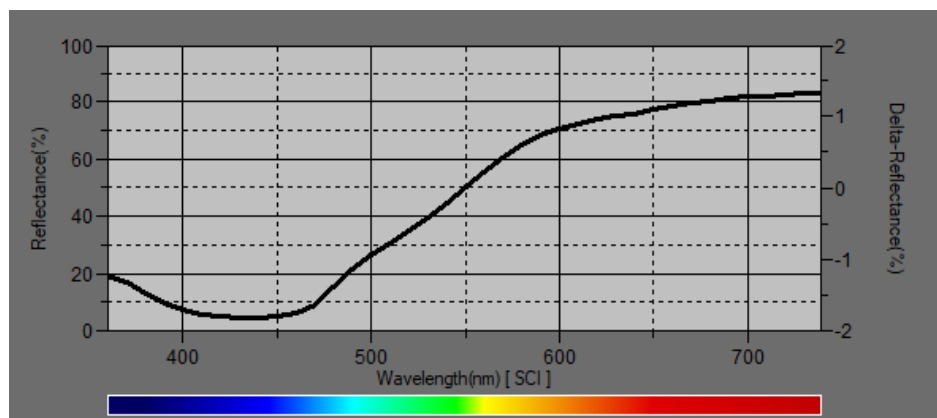
Tab.č. 7: Vyhodocení barev - překážka NAF

	žlutá	černá
L*	75,44	12,76
a*	12,68	0,25
b*	71,57	-1,04

Hodnota L* pro žlutou barvu byla 75,44 a nacházela se v druhé polovině možných hodnot, byla tedy hodnocena jako světlá. Parametr a* nabýval hodnoty 12,68, přídavek červeného odstínu nebyl výrazný. Parametr b* měl hodnotu 71,57, příspěvek žlutého odstínu byl velmi výrazný (viz Tab. č. 7, Obr. č. 24).

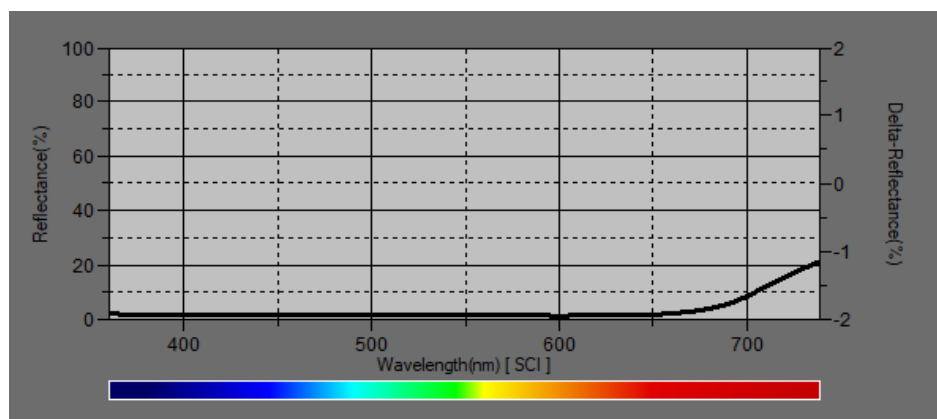
Hodnota L* pro černou barvu byla 12,76 a nacházela se v první třetině možných hodnot, byla velmi tmavá. Parametr a* měl hodnotu 0,25, příspěvek červeného odstínu byl zanedbatelný. Parametr b* byl -1,04, příspěvek modrého odstínu byl malý (viz Tab. č. 7, Obr. č. 25).

Žlutá barva



Obr. č. 24: Spektrální odraz žluté barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Černá barva



Obr. č. 25: Spektrální odraz černé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

1.1.2 Překážka Vetoflex

Překážka Vetoflex se skládala z červené, bílé a černé barvy (viz Obr. č. 26). Byla zařazena mezi vícebarevné skoky.



Obr. č. 26: Překážka Vetoflex (Adéla Podzemská)

Tab.č. 8: Vyhodnocení barev - překážka Vetoflex

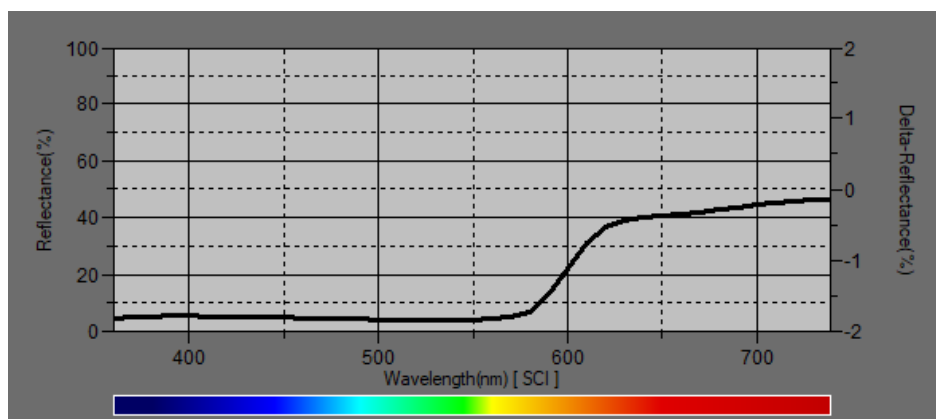
	červená	bílá	černá
L*	37,4	93,89	24,63
a*	41,13	1,19	0,06
b*	19,46	-3,67	-0,36

Hodnota L* pro červenou barvu byla 37,4, nacházela se v první polovině hodnot a byla hodnocena jako spíše tmavá. Parametr a* měl hodnotu 41,12, příspěvek červeného odstínu byl výrazný. Parametr b* měl hodnotu 19,46, příspěvek žlutého odstínu nebyl velký (viz Tab. č. 8, Obr. č. 27).

Hodnota L* pro bílou barvu byla 93,89, nacházela se téměř v maximu možných hodnot, barva byla velmi světlá. Parametr a* měl hodnotu 1,19, příspěvek červeného odstínu byl velmi malý. Parametr b* měl hodnotu -3,67, příspěvek modrého odstínu byl malý (viz Tab. č. 8, Obr. č. 28).

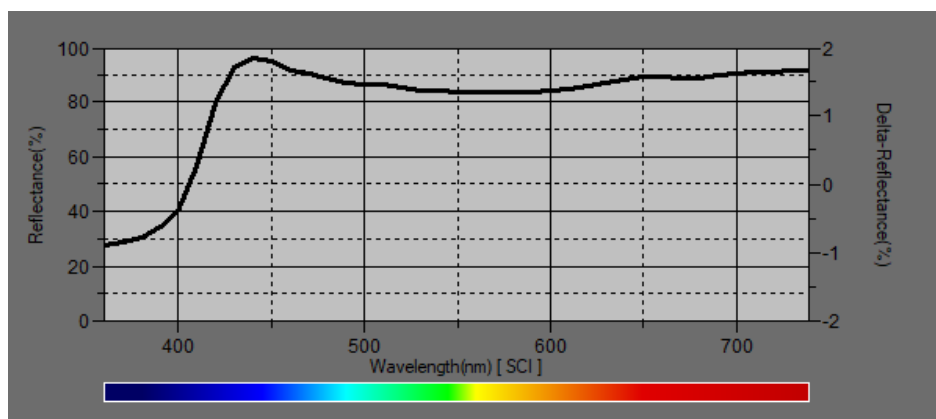
Hodnota L* pro černou barvu byla 24,63, nacházela se v první třetině možných hodnot a byla tedy tmavá. Parametr a* měl hodnotu 0,06, příspěvek červeného odstínu je nepatrný. Parametr b* byl -0,36, příspěvek modrého odstínu byl velmi malý (viz Tab. č. 8, Obr. č. 29).

Červená barva



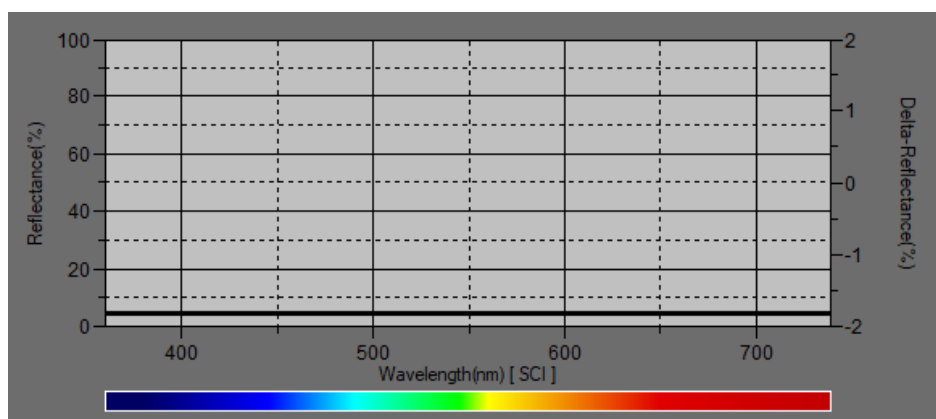
Obr. č. 27: Spektrální odraz červené barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Bílá barva



Obr. č. 28: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

Černá barva



Obr. č. 29: Spektrální odraz černé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)

4.5 Analýza dat

Data byla analyzována v programu Statistica. Pro posouzení výsledků byl zvolen dvouvýběrový Z-test. Zvolená hladina významnosti α byla 0,05. Byla formulována nulová hypotéza H_0 a alternativní hypotéza H_1 . Na základě výsledků dvouvýběrového Z-testu byla H_0 přijmuta nebo naopak zamítnuta. Při zamítnutí H_0 došlo k přijmutí H_1 .

5 Výsledky

5.1 Výsledky pro H1

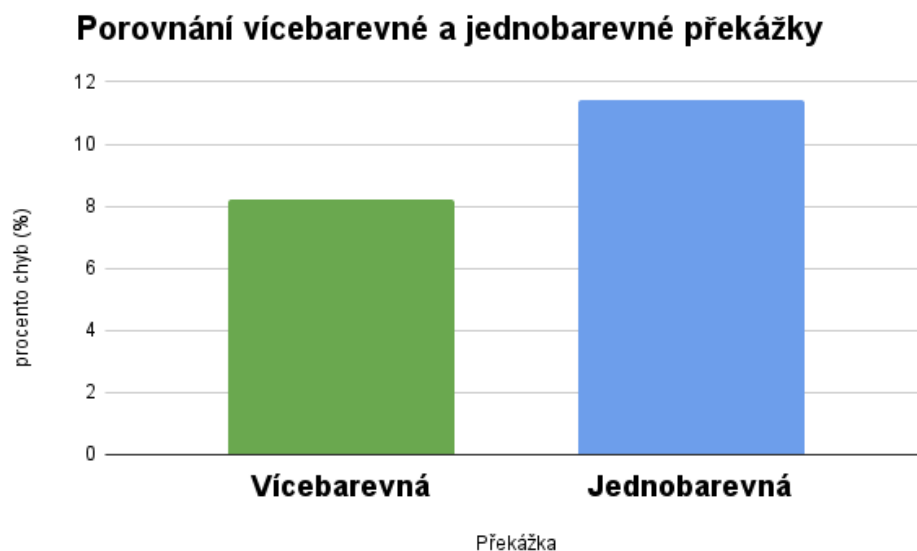
Hypotéza 1: Koně více chybují na jednobarevném skoku oproti vícebarevnému skoku.

V experimentu bylo vyhodnoceno celkem 1028 startů. V rámci jednoho startu překonal jezdec s koněm více překážek, které byly zařazeny mezi vícebarevné a jednobarevné skoky. V rámci 1028 startů, bylo překonáno 2597 vícebarevných překážek a 3496 jednobarevných překážek (viz Tab. č. 9).

Na vícebarevných překážkách bylo 213 chyb, což představovalo 8,2 % chyb. Na jednobarevných skocích bylo 398 chyb, tj. chybovost 11,4 %. Na jednobarevných překážkách koně chybovali o 3,2 % častěji (viz Graf č. 1).

Tab.č. 9: Porovnání vícebarevných a jednobarevných překážek pro H1 (autorka práce)

Překážka	počet startů	počet překonaných překážek	počet chyb	procento chyb (%)
Vícebarevná	1028	2597	213	8,2
Jednobarevná	1028	3496	398	11,4



Graf č. 1: Porovnání vícebarevných a jednobarevných překážek pro H1 (autorka práce)

Statistické vyhodnocení

H₀: Koně chybují stejně na jednobarevném i vícebarevném skoku.

H₁: Koně více chybují na jednobarevném skoku oproti vícebarevnému skoku.

Dvouvýběrový Z-test určil při porovnání jednobarevné a vícebarevné překážky, že hodnota z byla -1,74 a hodnota p byla 0,04. Hodnota p tedy byla nižší než zvolená hladina významnosti α 0,05. Byla zamítnuta nulová hypotéza a přijata hypotéza 1. Bylo tedy statisticky potvrzeno, že koně chybují více na jednobarevném skoku oproti vícebarevnému skoku.

5.2 Výsledky pro H2

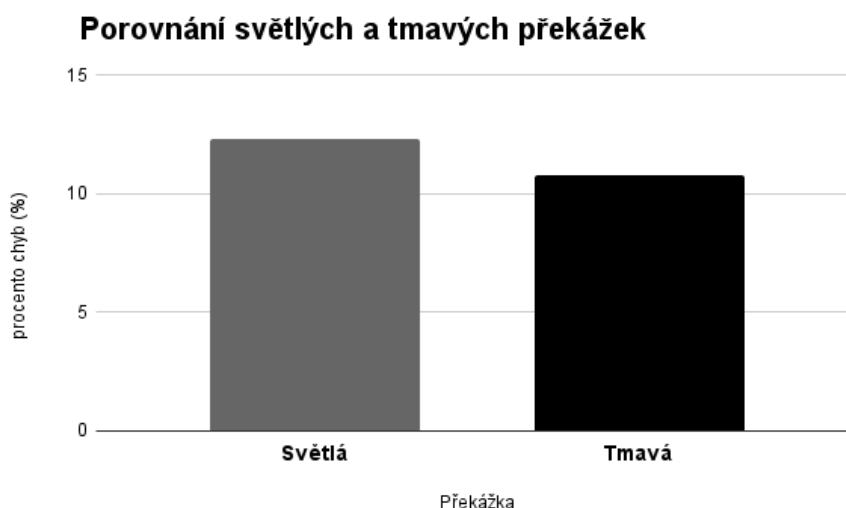
Hypotéza 2: U jednobarevného skoku koně více chybují na skoku složeného ze světlých bariér oproti skoku složeného z tmavých bariér.

V experimentu bylo vyhodnoceno celkem 1028 startů. V rámci jednoho startu překonal jezdec s koněm více překážek, které byly zařazeny mezi světlé a tmavé skoky. V rámci 1028 startů, bylo překonáno 1320 světlých překážek a 2176 tmavých překážek (viz Tab. č. 10).

Na světlých překážkách bylo zaznamenáno 163 chyb, což představovalo 12,3 % chyb. Na tmavých skocích bylo napočítáno 235 chyb, tj. chybovost 10,8 %. Na světlých překážkách koně chybovali o 1,5 % častěji (viz Graf č. 2).

Tab.č. 10: Porovnání světlých a tmavých překážek pro H2 (autorka práce)

Překážka	počet startů	počet překonaných překážek	počet chyb	procento chyb (%)
Světlá	1028	1320	163	12,3
Tmavá	1028	2176	235	10,8



Graf č. 2: Porovnání světlých a tmavých překážek pro H2 (autorka práce)

Statistické vyhodnocení

H_0 : U jednobarevného skoku složeného ze světlých bariér koně chybují stejně často jako u skoku složeného z tmavých bariér.

H_1 : U jednobarevného skoku koně více chybují na skoku složeného ze světlých bariér oproti skoku složeného z tmavých bariér.

Při porovnání světlé a tmavé překážky dvouvýběrový Z-test určil, že hodnota z byla 0,92 a hodnota p byla 0,178. Hodnota p byla vyšší než zvolená hladina významnosti α 0,05, proto byla přijatá nulová hypotéza. Koně statisticky chybují stejně často na překážce složené ze světlých i tmavých bariér.

5.3 Výsledky pro jednotlivé překážky

Bylo sledována chybovost na jednotlivých překážkách, které byly zařazeny v rámci celého experimentu.

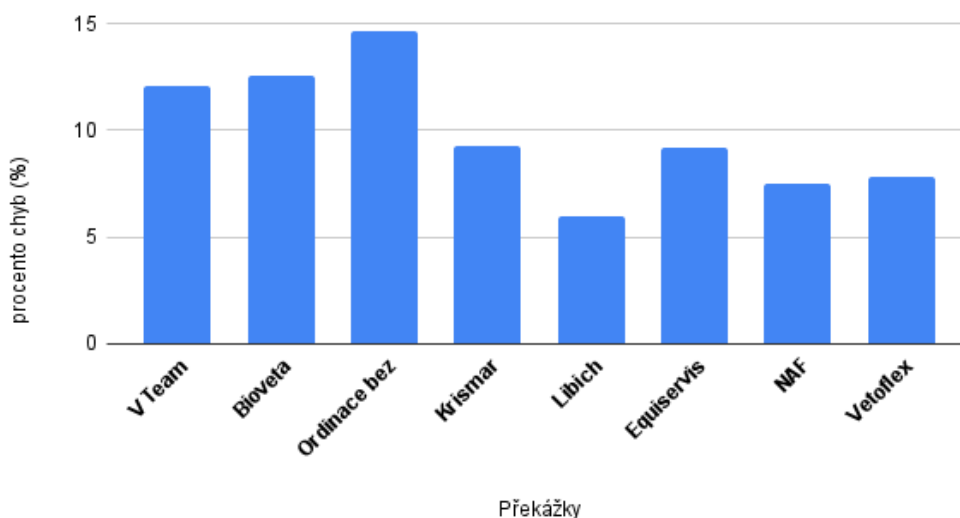
Nejvyšší procento chyb bylo zaznamenáno na překážce Ordinace bez hranic. Chybovost na této překážce byla 14,7 % (viz Tab. č. 11). Překážka byla složena primárně z fialově pastelové barvy a dále pak z modré a zelené barvy. Tato vysoká chybovost mohla být způsobena netypicky zvolenou fialovou barvou, která se běžně v rámci závodů nevyskytuje a v rámci Českého skokového poháru roku 2023, byla tato překážka použita poprvé.

Nejnižší procento chyb bylo zaznamenáno na překážce firmy Libich, což je překážka, která je složena z tmavě zelených bariér. Procento chyb na této překážce bylo 6 %. Tmavě zelená barva mohla v koních vzbuzovat respekt a z toho důvodu nedocházelo k tak časté chybovosti (viz Graf č. 3).

Tab.č. 11: Porovnání jednotlivých překážek (autorka práce)

Překážky	počet startů	počet překonaných překážek	počet chyb	procento chyb (%)
V Team Prague	1028	564	68	12,1
Bioveta	1028	756	95	12,6
Ordinace bez hranic	1028	936	138	14,7
Krismar	1028	686	64	9,3
Libich	1028	554	33	6
Equiservis	1028	918	84	9,2
NAF	1028	757	57	7,5
Vetoflex	1028	922	72	7,8

Porovnání jednotlivých překážek

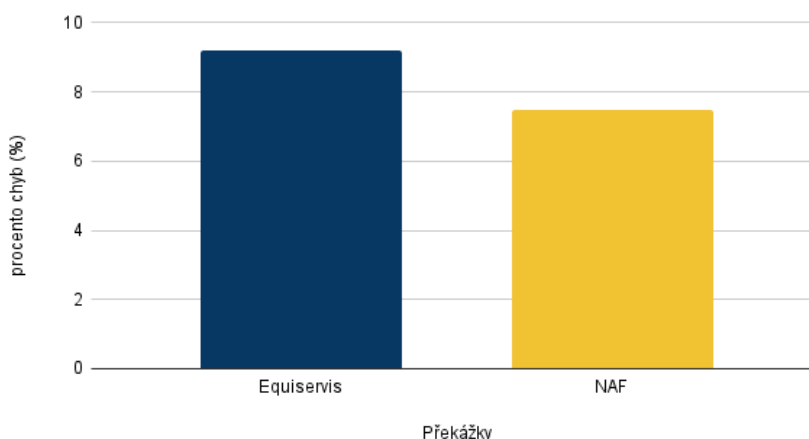


Graf č. 3: Porovnání jednotlivých překážek (autorka práce)

5.3.1 Porovnání vícebarevných překážek

Překážka Equiservis a NAF byla vybrána pro vyhodnocení chybovosti u kombinace bílé a kontrastní barvy, oproti překážce která bílou barvu neobsahuje. Při porovnání vícebarevných překážek, bylo zjištěno, že koně častěji chybují na překážce firmy Equiservis. Překážka firmy Equiservis byla složena z modré a bílé barvy a chybovost koní byla 9,2 %. Na překážce NAF, která byla složena ze žluté a černé barvy, byla chybovost 7,5 % (viz Graf č. 4).

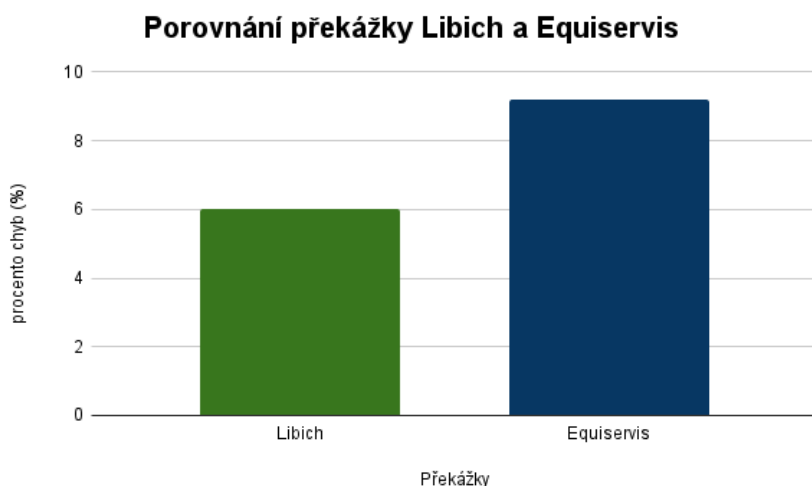
Porovnání překážky Equiservis a NAF



Graf č. 4: Porovnání překážky Equiservis a NAF (autorka práce)

5.3.2 Porovnání modré a zelené překážky

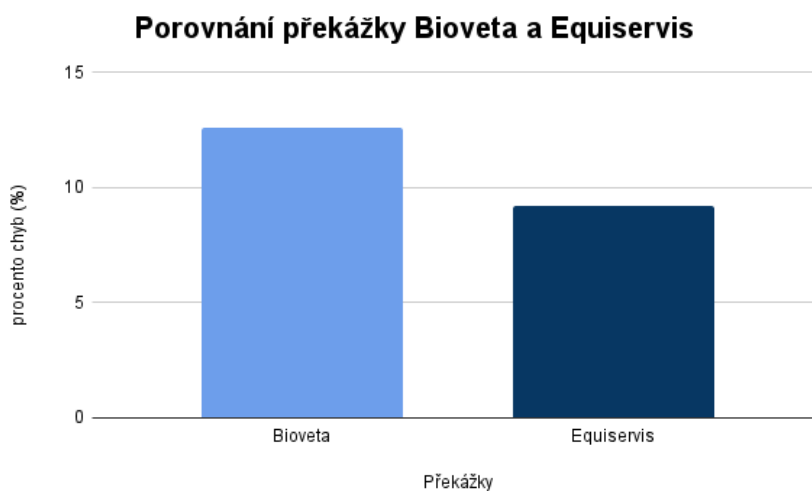
Důvod pro porovnání modré a zelené překážky byl předpoklad, že koně vnímají dobře spektrum barev od žluté po modrou, naopak zelenou barvu vnímají špatně. I přesto chybovost koní na modrém skoku firmy Equiservis byla 9,2 %, zatímco chybovost na zeleném skoku firmy Libich byla 6 % (viz Graf č. 5).



Graf č. 5: Porovnání překážky Libich a Equiservis (autorka práce)

5.3.3 Porovnání kombinace barev bílá a světle modrá oproti bílé a tmavě modré

Porovnání kombinace bílé a světle modré barvy oproti bílé s tmavě modrou barvu byla zvolena, pro vyhodnocení vnímání odstínu barev. Chybovost 12,6 % byla zaznamenána na překážce Bioveta, která měla bariéry v kombinaci se světle modrou barvou. Při kombinaci bílé a tmavě modré byla chybovost 9,2 % (překážka Equiservis). Koně tedy méně chybovali na překážce, na které byla bílá barva v kombinaci s tmavě modrou (viz Graf č. 6).



Graf č. 6: Porovnání překážky Bioveta a Equiservis (autorka práce)

6 Diskuze

Parkurové skákání patří mezi nejoblíbenější z jezdeckých disciplín. U volně žijících koní je skákání přes překážky málo využívanou evoluční strategií a koně preferují se překážkám spíše vyhýbat. Ve volné přírodě mají koně pro překonávání překážek motivaci ve formě potravy nebo přístupu ke zdroji vody. U sportovních koní je velmi důležitý jejich výcvik, který musí probíhat v souladu s welfare. Dle studie Górecka-Bruzda et al. (2013) sportovní koně, kteří jsou správně trénováni, překonávají překážky ochotněji než koně, kteří jsou využíváni pro volnočasové nebo hobby aktivity. Při dobrém výcviku ze strany jezdce se kůň stává poslušnějším a je schopen reagovat i na velmi jemné pomůcky. Zejména poslušnost koní na jemné pomůcky je důležitým faktorem pro podání kvalitního výkonu koně v parkuru.

Výkon koně při překonávání překážek může být ovlivněn mnoha faktory, mezi které se řadí člověk, prostředí apod. Z toho důvodu byly v experimentu vybrány soutěže od stupně obtížnosti S** (130 cm) do stupně T** (150 cm), jelikož tyto soutěže absolvují již zkušení jezdci, kteří by neměli negativně ovlivňovat výkon koně. Soutěže se konaly v různých areálech, které ale mají velmi podobný povrch. Zvolen byl seriál závodů Český skokový pohár, při kterém jsou překážky převáženy mezi areály, kde se závody konají. Překážky byly tedy identické na všech závodech, při kterých byl prováděn experiment.

V experimentu byly porovnávány jednobarevné a vícebarevné překážky. Dále byly porovnány světlé a tmavé překážky a jednotlivé překážky mezi sebou. Při porovnání světlých a tmavých překážek bylo zjištěno, že chybovost na světlých skocích byla 12,3 % a na tmavých skocích 10,8 %. Mezi světlými a tmavými překážkami byl rozdíl v chybovosti pouze 1,5 %. Při statistickém vyhodnocení pomocí dvouvýběrového Z-testu bylo zjištěno, že mezi světlými a tmavými skoky nebyl statisticky významný rozdíl.

Strachurska et al. (2002) ve své studii uvádí, že nejčastěji koně shazují kolmé skoky a oxery. Méně často koně chybují na trojbradlí. Neposlušnost (zastavení před překážkou, vybočení) byla zaznamenána nejčastěji u překážek, které byly umístěné na stěně. Koně také často odmítli poslušnost na překážce, která se nazývá zeď. V našem experimentu se překážky umístěné na stěně nebo překážky typu zeď a trojbradlí nevyskytovaly, a proto nelze výsledky porovnávat.

Strachurska et al. (2002) uvádí, že při porovnání překážek dvou kontrastních barev oproti jednobarevným překážkám bylo zaznamenáno méně chyb na překážkách dvou kontrastních barev. Mezi tyto barvy byly řazeny modro-bílá, zeleno-bílá, hnědo-bílá, modro-žlutá, červeno-žlutá a hnědo-žlutá. Toto tvrzení souhlasí i s výsledky našeho experimentu, kdy bylo potvrzeno, že koně častěji chybují na jednobarevném skoku oproti skoku vícebarevnému. Na jednobarevném skoku koně chybovali 398 krát, což představovalo chybovost 11,4 %. Na skoku vícebarevném koně chybovali 213 krát, což v experimentu představovalo chybovost 8,2 %. Při statistickém vyhodnocení pomocí dvouvýběrového Z-testu bylo statisticky potvrzeno, že koně častěji chybují na jednobarevném skoku oproti vícebarevnému skoku.

Při porovnání barev překážek Strachurska et al. (2002) uvádí, že nejvíce chyb bylo zaznamenáno na bílých, hnědo-červených, zeleno-modrých a modro-červených překážkách.

K odmítnutí poslušnosti nejčastěji došlo u bílých, zeleno-žlutých, zeleno-modrých a modro-červených překážek. Toto tvrzení souhlasí se studií Hall & Cassaday (2006), kteří ve své studii uvádí, že bílá barva je pro koně nejvíce problematická. S tímto tvrzením částečně souhlasí i výsledky naší studie. V naší studii koně sice nejvíce chybovali na překážce, která byla složená převážně z fialové barvy, ale dále koně odmítali nejvíce poslušnost na překážkách, které byly složeny z bílé a bílo-zlaté barvy. Lze tedy souhlasit s výsledky studie Strachurska et al. (2002). Vysoké procento chybovosti na překážce firmy Ordinance bez hranic, která byla složena z fialové, modré a zelené barvy lze vysvětlit tím, že překážka je oproti ostatním velmi originální a v roce 2023 byla při Českém skokovém poháru použita poprvé. V průběhu experimentu, kdy si koně s každým absolvovaným kolem závodu na překážku zvykali, snižoval se i počet chyb a odmítnutí na této překážce.

V našem experimentu byly porovnány dvě vícebarevné překážky, které byly složeny z modro-bílé a žluto-černé kombinace barev. Koně častěji chybovali na překážce složené z modro-bílých bariér. Tento výsledek souhlasí se studií Strachurska et al. (2002). Ve studii je uvedeno, že koně častěji chybují na překážkách, které mají v kombinaci bílou barvu oproti kombinaci barev, která bílou barvu neobsahuje.

Paul & Stevens (2019) ve své studii uvádí, že pro koně je u překážek lépe viditelná barva modrá, bílá a žlutá oproti barvě oranžové. Výsledky souhlasí se studii Carroll et al. (2001) a Timney & Macuda (1999), kteří uvádí, že koně vidí barvy v rozsahu od modré po žlutou, a proto špatně rozlišují barvy, jako je červená, oranžová a zelená. Ve studii Smith & Goldman (1999) je ale uvedeno, že koně jsou schopni rozlišovat i barvu červenou, což nesouhlasí s výsledky studií Paul & Stevens (2019) a Timney & Macuda (1999). Výsledky naší studie souhlasí s tvrzením, že koně dobře rozlišují žlutou barvu, protože druhou nejméně problematickou překážkou byla překážka firmy NAF, která je složena ze žluté a černé barvy. Zároveň ale ve studii bylo nejméně chyb zaznamenáno na zelené překážce a nelze tedy souhlasit s tvrzením, že koně špatně rozlišují zelenou barvu. V našem experimentu byla chybovost koní na zelené překážce 6 %, zatímco na modré překážce byla chybovost 9,2 %.

Studie Hall (2007) a Murphy et al. (2009) zkoumaly zrakovou ostrost u koní. Zraková ostrost neboli schopnost oka přenášet detailní obrazy závisí na množství informací, které jsou dostupné ze sítnice. Murphy et al. (2009) uvádí, že zraková ostrost u koně je ve srovnání s člověkem horší. Předpokládá, že pro koně na rozdíl od člověka není důležité vidět velké množství detailů. Pro koně je ale důležitější mít povědomí o co nejširším okolním prostředí. Ve studii Hall (2007) bylo zjištěno, že zraková ostrost se u koní liší v závislosti na barvě předmětu. Lepší zraková ostrost byla zjištěna u žluté barvy oproti barvě modré. Koně byli schopni rozeznat 5 milimetrů širokou žlutou čáru ze vzdálenosti 3,3 metru. Modrá čára musela být široká 20 milimetrů, aby koně byli schopni detekce ze stejné vzdálenosti jako u žluté čáry. V naší studii bylo zjištěno, že koně méně často chybovali na žluté překážce oproti modré překážce, což mohlo být způsobeno i vlivem zrakové ostrosti.

Mezi další poznatky Paul & Stevens (2019) zařazují, že je důležitá nejen barva překážky, ale i přesný odstín a textura. Ve studii je také uvedeno, že záleží na povrchu a pozadí překážky. Čím více je barva překážky kontrastní oproti prostředí, ve kterém se nachází, tím je pro koně

lépe viditelná. Světle modrá barva byla ve studii pro koně více výrazná než tmavě modrá a nejlépe viditelná byla fluorescenční žlutá. V této studii byl povrch arény tvořen trávou a světle modrá barva byla tedy oproti povrchu více kontrastní než tmavě modrá barva. Naše výsledky souhlasí se studií Paul & Stevens (2019). V našem experimentu byla chybovost opačná oproti studii Paul & Stevens (2019), ale povrch arény byl v našem případě světlý. Pro koně tedy byla více kontrastní oproti povrchu tmavě modrá barva, na které byla nižší chybovost oproti světle modré barvě. Lze tedy konstatovat, že chybovost koní na překážce závisí na kontrastu mezi povrchem a barvou překážky.

Zelenou barvou překážek se zabývala i studie Spaas et al. (2014), která zkoumala vztah mezi barvou překážky a výkonem v parkuru. Studie se zabývala porovnáním tmavě modrých a tmavě zelených překážek. Spaas et al. (2014) uvádí, že více chyb bylo koňmi provedeno na modrých překážkách oproti zeleným. V naší studii bylo také prokázáno, že koně častěji chybují na modré překážce (chybovost 9,2 %) oproti zeleným překážkám (chybovost 6 %). Tyto výsledky jsou v rozporu se studií Hall & Casaday (2006), ve které se uvádí, že koně méně často chybují na překážkách modré barvy oproti zelené barvě.

Dle Strachurska et al. (2002) je velmi důležité, zda se překážka postavena jako jednotlivý skok, nebo je postavena v kombinaci s dalším skokem. Na první překážce v kombinaci koně chybovali více oproti druhé překážce v kombinaci. Na první překážce v kombinaci byl zaznamenán i větší počet odmítnutí poslušnosti. Při porovnání jednotlivých překážek a kombinací byl menší počet chyb zaznamenán u jednotlivých překážek. V našem experimentu nebyla pozorována chybovost v závislosti na umístění jednotlivých překážek a nelze tedy tento vliv hodnotit.

Pro experiment byly zvoleny dvě hypotézy. První hypotéza byla, zda koně více chybují na jednobarevném oproti vícebarevnému skoku. Hypotéza byla potvrzena. Vypočtená hodnota p pomocí dvouvýběrového Z-testu byla 0,04 a byla tedy nižší než zvolená hladina významnosti α 0,05. Bylo statisticky potvrzeno, že koně častěji chybují na jednobarevném oproti vícebarevnému skoku.

Druhá hypotéza byla, zda u jednobarevného skoku koně více chybují na skoku složeného ze světlých bariér oproti skoku složeného z tmavých bariér. Tato hypotéza nebyla potvrzena a byla přijata nulová hypotéza. Při statistickém vyhodnocení byla hodnota p 0,178 a byla tedy vyšší než zvolená hladina významnosti α 0,05. Koně tedy statisticky chybují stejně často na překážce složené ze světlých i tmavých bariér. Tento výsledek lze vysvětlit tím, že celá světlá překážka může koni splývat s povrchem arény a z toho důvodu koním dělá problémy její bezchybné překonání. Celé tmavé překážky jsou naopak kontrastní oproti povrchu arény, ale mohou na koně působit větším dojmem, z čehož mohou plynout následné chyby, případně odmítnutí poslušnosti.

Cílem práce bylo zjistit, do jaké míry je chybovost koní na překážce ovlivněna její barvou a zda konkrétní barva či barevná kombinace může ovlivnit správné překonání překážky. Bylo zjištěno, že barva překážky může ovlivňovat výkonnost koní. Koně nejméně chybují na překážce, která je složena z vícebarevných bariér. V dalším výzkumu by bylo možné se zaměřit na vliv barvy překážky a barvy pozadí na výkon koně v parkuru.

7 Závěr

Koně provází člověka již několik tisíc let. O jejich zvláštním postavení mezi ostatními zvířaty svědčí motiv koně v malířství, sochařství a literatuře. V současné době jsou koně využíváni zejména na profesionální a amatérský sport. Parkur je řazen mezi nejpobulárnější disciplíny. Výkon koně v parkuru může být ovlivněn mnoha faktory, mezi které je možné zařadit i barvu překážek.

Cílem této práce bylo zjistit do jaké míry je chybovost koní na překážce ovlivněna její barvou a zda konkrétní barva či barevná kombinace, může ovlivnit správné překonání překážky. Pro experiment byl zvolen seriál závodů Český skokový pohár, při kterém byly používány stejné překážky. Byl zjišťován počet shoení a odmítnutí poslušnosti na vybraných překážkách. Barevnost překážek byla vyhodnocena pomocí spektrofotometru Konica Minolta.

Pro experiment byly zvoleny dvě hypotézy. První hypotéza se zabývala otázkou, zda koně více chybují na jednobarevném oproti vícebarevnému skoku. Hypotéza byla potvrzena. Koně chybovali na jednobarevném skoku o 3,2 % častěji než na skoku vícebarevném. Druhá hypotéza, zda u jednobarevného skoku koně více chybují na skoku složeného ze světlých bariér oproti skoku složeného z tmavých bariér. Tato hypotéza nebyla potvrzena a bylo vyhodnoceno, že koně chybují statisticky stejně na skoku složeném ze světlých i tmavých bariér.

Při překonávání překážek v parkuru je u koní důležitý nejen jejich výcvik a zkušenost jezdce ale i mnoho dalších faktorů. Dle výsledků experimentu, lze mezi tyto faktory zařadit i barvu překážek. Bylo zjištěno, že mezi problematické barvy patří světlé barvy (bílá, zlatá) ale i barvy tmavé (fialová, modrá). Při překonávání překážek během parkuru lze tedy tyto výsledky brát v úvahu a vyhnout se tak případným shoením či odmítnutím poslušnosti ze strany koně.

V budoucnu by bylo možné zaměřit další výzkum na kontrast mezi skoky a prostředím, konkrétně na vliv barvy překážky a barvu pozadí. Současní stavitelé parkuru pracují při sestavování parkuru i s kombinováním pozadí překážky a barvou samotné překážky a bylo by tedy zajímavé zjistit, zda i barva pozadí, má vliv na výkon koně při parkuru.

8 Literatura

- Agranovich VM, Gartstein YN. 2006. Spatial dispersion and negative refraction of light. *Physics-Uspokhi*. **49**:10.
- Aieta F, Genevet P, Yu N, Kats MA, Gaburro Z, Caapasso F. 2012. Out-of-Plane Reflection and Refraction of Light by Anisotropic Optical Antenna Metasurfaces with Phase Discontinuities. *Nano Letters*. **12**:1702-1706.
- Björn E, Ofri R. 2021. Fundamentals of Animal Vision. Pages 225-260 in Gelatt KN, Shlomo GB, Gilger BC, Hendrix D, Kern TJ, Plummer CE, editors. *Veterinary Ophthalmology*, 6th Edition. John Wiley & Sons, Hoboken. ISBN: 9781119441830.
- Budras KD. 2011. *Anatomy of the horse*. 6th ed. Schlütersche, Hannover. ISBN: 9783899936667.
- Carroll J, Murphy CJ, Neitz M, Ver Hoeve JN, Neitz J. 2001. Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse. *Journal of Vision*. **1**:80-87.
- Dawson DG, Ubels JL, Edelhauser HF. 2011. Cornea and Sclera. Page 83 in Levin LA, Nilsson SFE, Ver Hoeve J, Wu SM, editors. *Adler's Physiology of the Eye*, 11th Edition. Saunders Elsevier, New York. ISBN: 0323057144.
- Dušek J. 2011. *Chov koní. Brázda*, Praha. ISBN: 9788020903884.
- Ehrenhofer MCA, Deeg CA, Reese S, Liebich HG, Stangassinger M, Kaspers B. 2002. Normal structure and age-related changes of the equine retina. *Veterinary Ophthalmology*. **5**:39-47.
- Evans KE, McGreevy PD. 2007. The distribution of ganglion cells in the equine retina and its relationship to skull morphology. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. **36**: 151-156.
- Gabor V, Wall S, Gerken M, Brinkmann L. 2019. Does inattentive blindness exist in horses (*Equus caballus*)? *Applied Animal Behaviour Science*. **215**:45-51.
- Gelatt KN, Shlomo GB, Gilger BC, Hendrix D, Kern TJ, Plummer CE. 2021. *Veterinary Ophthalmology*, 6th Edition. John Wiley & Sons, Hoboken. ISBN: 9781119441830.
- Górecka-Bruzda A, Jastrzębska E, Muszyńska A, Jędrzejewska E, Jaworski Z, Jezierski T, Murphy J. 2013. To jump or not to jump? Strategies employed by leisure and sport horses. *Journal of Veterinary Behavior*. **8**:253-260.

Guo X, Sugita S. 2000. Topography of Ganglion Cells in the Retina of the Horse. *Journal of Veterinary Medical Science*. **62**:1145-1150.

Hall CA, Cassaday HJ, Derrington AM. 2003. The effect of stimulus height on visual discrimination in horses. *Journal of Animal Science*. **81**:1715-1720.

Hall CA. 2007. The impact of visual perception on equine learning. *Behavioural Processes*. **76**:29-33.

Hall CA, Cassaday HJ. 2006. An investigation into the effect of floor colour on the behaviour of the horse. *Applied Animal Behaviour Science*. **99**:301-314.

Hanggi EB, Ingersoll JF. 2012. Lateral vision in horses: A behavioral investigation. *Behavioural Processes*. **91**:70-76.

Christensen JW, Zharkikh T, Ladewig J. 2008. Do horses generalise between objects during habituation? *Applied Animal Behaviour Science*. **114**:509-520.

Jelínek P, Koudela K. 2003. *Fyziologie hospodářských zvířat*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN: 8071576441.

Knop E, Knop N. 2007. Anatomy and immunology of the ocular surface. *Chemical Immunology and Allergy*. **92**:36-49.

Lakotová B. 2015. *Psychologický význam farieb v audiovizuálnom diele [Ing. Thesis]*. Janáčková akadémia múzických umění v Brně, Brno.

Land MF, Nilson DE. 2012. *Animal Eyes*, 2nd ed. Oxford University Press. Oxford. ISBN: 9780199581146.

Maggs DJ, Miller PE, Ofri R. 2017. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*, 6th Edition. Saunders, Missouri. ISBN: 9780323443371.

McCall CA, Salters MA, Johnson KB, Silverman SJ, McElhenney WH, Lishak RS. 2003. Equine utilization of a previously learned visual stimulus to solve a novel task. *Applied Animal Behaviour Science*. **82**:163-172.

Meek KM. 2008. The Cornea and Sclera. Pages 359-396 in Fratzl P editor. *Collagen*. Springer International Publishing, NewYork. ISBN: 978038773905.

- Meekins JM, Rankin AJ, Samuelson DA. 2021. Ophthalmic Anatomy. Pages 41 - 123 in Gelatt KN, Shlomo GB, Gilger BC, Hendrix D, Kern TJ, Plummer CE, editors. *Veterinary Ophthalmology*, 6th Edition. John Wiley & Sons, Hoboken. ISBN: 9781119441830.
- Meng ID, Barton ST, Mecum ME, Kurose M. 2015. Corneal sensitivity following lacrimal gland excision in the rat. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. **56**:3347-3354.
- Minnaert M. 2013. *The nature of LIGHT & COLOUR in the open air*. Dover Publications, Dover. ISBN: 9780486201962.
- Moazed KT. 2020. *The Iris*. Springer International Publishing, NewYork. ISBN: 9783030457556.
- Murphy J, Arkins S. 2006. Laterality and visuo-spatial ability in the equine: Functional measures of sport horse selection? *BSAP Occasional Publication*. **35**:159-170.
- Murphy J, Arkins S. 2007. Equine learning behaviour. *Behavioural Processes*. **76**:1-13.
- Murphy J, Hall CA, Arkins S. 2009. What Horses and Humans See: A Comparative Review. *International Journal of zoology*. **2009**:1-14.
- Murphy J, Sutherland A, Arkins S. 2005. Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied Animal Behaviour Science*. **91**:297-310.
- Navrátil L, Rosina J. 2005. *Medicínská biofyzika*. Grada Publishing, Praha. ISBN: 8024711524.
- Ollivier FJ, Samuelson DA, Brooks DE, Lewis PA, Kallberg ME, Komaromy AM. 2004. Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). *Veterinary Ophthalmology*. **7**:11-22.
- Paul SC, Stevens M. 2019. Horse vision and obstacle visibility in horseracing. *Applied Animal Behaviour Science*. **2**:1-10.
- Pe'er J. 2016. Pathology of eyelid tumors. *Indian Journal of Ophthalmology*. **63**:3.
- Plummer CE. 2021. Equine Ophthalmology. Pages 1841-1982 in Gelatt KN, ShlomoGB, Gilger BC, Hendrix D, Kern TJ, Plummer CE, editors. *Veterinary Ophthalmology*, 6th Edition. John Wiley & Sons, Hoboken. ISBN: 9781119441830.
- Reece WO. 1998. *Fyziologie domácích zvířat*. Grada, Praha. ISBN: 8071695475.

Reece WO. 2011. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada, Praha. ISBN: 9788024732824.

Reeder D. 2009. AAEPV's equine manual for veterinary technicians. Wiley-Blackwell. Ames, Iowa. ISBN: 0813829712.

Saslow CA. 2002. Understanding the perceptual world of horses. Applied Animal Behaviour Science. **78**:209-224.

Shinozaki A, Takagi S, Hosaka YZ, Uehara M. 2013. The fibrous tapetum of the horse eye. Journal of Anatomy. **223**:10-42.

Smith S, Goldman L. 1999. Color discrimination in horses. Applied Animal Behaviour Science. **62**:13-25.

Spaas J, Helsen WF, Adriaenssens M, Broeckx S, Duchateau L, Spaas JH. 2014. Correlation between dichromatic colour vision and jumping performance in horses. The Veterinary Journal. **202**:166-171.

Strachurska A, Pięta M, Ussing AP, Kaproń A, Kwiecińska N. 2010. Difficulty of cross-country obstacles for horses competing in Three Day Events. Applied Animal Behaviour Science. **123**:101-107.

Strachurska A, Pięta M, Nesteruk E. 2002. Which obstacles are most problematic for jumping horses? Applied Animal Behaviour Science. **77**:197-207.

Timney B, Macuda T. 2001. Vision and hearing in horses. Journal of the American Veterinary Medical Association. **218**:1567-1574.

Trojan S. 2003. Lékařská fyziologie. Grada, Praha. ISBN: 8024705125.

Turpin A. 2019. Conical refraction: Fundamentals and Applications. Optica pura y aplicada. **52**:3.

Willoughby CE, Ponzin D, Ferrari S, Lobo A, Landau K, Omid Y. 2010. Anatomy and physiology of the human eye: effects of mucopolysaccharidoses disease on structure and function. Clinical. **38**:2-11

9 Seznam tabulek

Tab.č. 1: Vyhodnocení barev - překážka V Team Prague.....	29
Tab.č. 2: Vyhodnocení barev - překážka Bioveta.....	30
Tab.č. 3: Vyhodnocení barvy - překážka Krismar.....	32
Tab.č. 4: Vyhodnocení barev - překážka Libich.....	33
Tab.č. 5: Vyhodnocení barev - překážka Ordinace bez hranic.....	34
Tab.č. 6: Vyhodnocení barev - překážka Equiservis.....	36
Tab.č. 7: Vyhodnocení barev - překážka NAF	38
Tab.č. 8: Vyhodnocení barev - překážka Vetoflex	39
Tab.č. 9: Porovnání vícebarevných a jednobarevných překážek pro H1 (autorka práce).....	42
Tab.č. 10: Porovnání světlých a tmavých překážek pro H2 (autorka práce)	43
Tab.č. 11: Porovnání jednotlivých překážek (autorka práce)	44

10 Seznam obrázků

Obr. č. 1: Schématické znázornění oční koule (vertikální řez) (König & Liebich 2002)	10
Obr. č. 2: Zorné pole koně (Reece 1998)	18
Obr. č. 3: Trichromatické vidění člověka (vlevo) a předpokládané dichromatické vidění koně (vpravo) (Carroll et al. 2001).....	19
Obr. č. 4: Spektrofotometr Konica Minolta CM - 2500d (Konica Minolta Sensing)	26
Obr. č. 5: Vodorovný řez chromatickým diagramem (www.Konica Minolta Sensing.eu, staženo 14.07.2023).....	28
Obr. č. 6: Překážka V Team Prague (Kateřina Návojevová).....	29
Obr. č. 7: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	29
Obr. č. 8: Spektrální odraz zlaté barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)	30
Obr. č. 9: Překážka Bioveta (Adéla Podzemská)	30
Obr. č. 10: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	31
Obr. č. 11: Spektrální odraz modré barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	31
Obr. č. 12: Překážka Krismar Horse Trucks (Patricie Mazuchová).....	32
Obr. č. 13: Spektrální odraz šedé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)	32
Obr. č. 14: Překážka Libich (Patricie Mazuchová).....	33
Obr. č. 15: Spektrální odraz zelené barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)	33
Obr. č. 16: Překážka Ordinance bez hranic (Adéla Podzemská)	34
Obr. č. 17: Spektrální odraz fialové barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	35
Obr. č. 18: Spektrální odraz modré barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	35
Obr. č. 19: Spektrální odraz zelené barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)	35
Obr. č. 20: Překážka Equiservis (Český skokový pohár).....	36
Obr. č. 21: Spektrální odraz modré barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	37
Obr. č. 22: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	37
Obr. č. 23: Překážka NAF (Český skokový pohár)	37
Obr. č. 24: Spektrální odraz žluté barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	38
Obr. č. 25: Spektrální odraz černé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)	38
Obr. č. 26: Překážka Vetoflex (Adéla Podzemská).....	39
Obr. č. 27: Spektrální odraz červené barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	40
Obr. č. 28: Spektrální odraz bílé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX).....	40
Obr. č. 29: Spektrální odraz černé barvy v celé viditelné oblasti (Spectra Magic NX)	40

11 Seznam grafů

Graf č. 1: Porovnání vícebarevných a jednobarevných překážek pro H1 (autorka práce).....	42
Graf č. 2: Porovnání světlých a tmavých překážek pro H2 (autorka práce)	43
Graf č. 3: Porovnání jednotlivých překážek (autorka práce)	45
Graf č. 4: Porovnání překážky Equiservis a NAF (autorka práce)	45
Graf č. 5: Porovnání překážky Libich a Equiservis (autorka práce).....	46
Graf č. 6: Porovnání překážky Bioveta a Equiservis (autorka práce)	46