

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů**

Katedra genetiky a šlechtění



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Metody odhadu genetických parametrů pro
hospodářsky významné vlastnosti u vybraného druhu
hospodářských zvířat**

Bakalářská práce

**Autor práce: Lucie Nováková
Chov hospodářských zvířat**

Vedoucí práce: prof. Ing. Luboš Vostrý, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Metody odhadu genetických parametrů pro hospodářsky významné vlastnosti u vybraného druhu hospodářských zvířat" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce, prof. Ing. Luboš Vostrý, Ph.D., za odborné konzultace a vedení mé práce.

Metody odhadu genetických parametrů pro hospodářsky významné vlastnosti u vybraného druhu hospodářských zvířat

Souhrn

Tato práce shrnuje veškeré aspekty pro odhad genetických parametrů a současně i pro odhad plemenné hodnoty. V práci je popsána kontrola užitkovosti a následná selekce u českého teplokrevníka a hannoverského koně. Jsou zde shrnuty způsoby selekce, prostředkové efekty a také popis genetických parametrů u koní, jejich odhady metodou REML, BaGS a odhad plemenné hodnoty pomocí metody BLUP.

Klíčová slova: koeficient dědivosti, genetické korelace, užitkové vlastnosti

Methods for estimating genetic parameters for economically important traits in a specific species of livestock

Summary

This work summarizes all aspects for estimating genetic parameters and simultaneously for estimating breeding value. The paper describes utility testing and subsequent selection in the Czech Warmblood and Hanoverian horse. Methods of selection, environmental effects, and genetic parameter descriptions in horses, their estimation using REML, BaGS methods, and breeding value estimation using BLUP method are summarized here.

Keywords: heritability coefficient, genetic correlation, utility traits

1 Obsah

1	Obsah	6
2	Úvod	1
3	Cíl práce	2
4	Plemenitba koní	3
4.1	Hannoverský teplokrevník	3
4.1.1	Historie plemene.....	3
4.1.2	Současnost.....	3
4.1.3	Chovný cíl a plemenný standart	4
4.1.4	Hodnocení a kontrola užítkovosti.....	4
4.1.5	Selekce hannoverských koní	5
4.1.6	Selekce v praxi	6
4.1.7	Zohlednění zdravotních problémů.....	8
4.1.8	Odhad plemenné hodnoty.....	8
4.2	Český teplokrevník	10
4.2.1	Chovný cíl a plemenný standart	10
4.2.2	Metody selekce.....	11
4.2.3	Hodnocení a testování užítkových vlastností	11
4.2.4	Akcelerační program	13
4.2.5	Odhad plemenné hodnoty.....	13
4.3	Genetika populací	13
4.4	Prostřed'ové efekty	14
4.5	Selekce	14
5	Přehled genetických parametrů	16
5.1	Genetická variance	16
5.2	Heritabilita	16
5.3	Genetické korelace	18
5.4	Plemenná hodnota	18
5.4.1	Přesnost a spolehlivost odhadu.....	20
5.4.2	Odhad plemenné hodnoty na základě jedné vlastnosti.....	20
5.4.3	Odhad plemenné hodnoty na základě více vlastností.....	20
6	Metody odhadu genetických parametrů	21
6.1.1	REML	21
6.1.2	BaGS	21
6.2	BLUP	22
6.2.1	BLUP AM	22
7	Závěr	25

8	Literatura.....	26
----------	------------------------	-----------

2 Úvod

Hospodářská zvířata se šlechtí za účelem záměrného zlepšování genetického založení jedinců v dané populaci, pro vybrané znaky nebo vlastnosti. Jde o záměrnou změnu v genofondu celé populace takovým směrem, jaký je předem určen. Změny lze dosáhnout vhodným výběrem páru do plemenitby, jehož posouzení probíhá na základě plemenné hodnoty sledovaných vlastností.

Při redukčním dělení pohlavních buněk dochází ke crossing-overům a nelze předem určit, která gameta se na splynutí vajíčka se spermii bude podílet. Proto u potomků dochází ke genetické proměnlivosti (Zahrádková 2009).

Podle Jakubce (2010) je v chovu hospodářských zvířat variabilita jednak mezi jedinci uvnitř populací, tak i mezi populacemi (druhy, plemeny, rodinami, liniemi). V obou případech nás zajímají jak kvalitativní, tak i kvantitativní znaky.

Výkonnost skokových koní stále roste a aby bylo možné udržet konkurenceschopnost českého sportovního chovu s mezinárodními sportovními organizacemi, je nutné vybírat pouze geneticky nejlepší jedince pro plemenitbu. To lze usnadnit předpovědí plemenných hodnot pro výkonnost na vyšších parkurových úrovních (Novotná et al. 2019).

Vliv chovatele a jezdce na koně je v dnešní době zásadní. Somatotyp koně značně ovlivňuje způsob odchovu ale také jeho výcvik a trénink. Po specializovaném tréninku koně nastává určitá funkční hypertrofie, a to morfologická i fyziologická. Tyto změny nastávají v takové velikosti, jak náročný trénink koně je. Tréninkem, tedy opakováním výkonů, se zvyšuje koordinace koně, a s tím i úroveň provedení, rychlost a efektivnost. Míží i nežádoucí nebo neefektivní pohyby. Trvalým opakováním náročných tréninků dochází k trvalejším změnám ve svalstvu a orgánech.

Například v chovu hannoverského koně jsou linie, které mají potomstvo více orientované skokově nebo naopak drezurně. Zařazení jsou do chovu ale koně, kteří sice mají skokové nadání, ale současně musí dosáhnout limitů pro drezurní index a naopak. U tohoto plemene se může stát, že i mezi potomky plemeníka, který má drezurní vlohy, se může vyskytovat jedinec disponovaný skokově (Dušek 2011).

3 Cíl práce

Cílem práce je literární rozbor pro odhad genetických parametrů hodnocení, se zaměřením na ekonomicky významné vlastnosti, u vybraného druhu hospodářských zvířat v různých chovatelsky vyspělých zemích. Vědecká hypotéza: Genetické parametry ekonomicky významných vlastností u vybraného druhu hospodářských zvířat v různých chovatelsky vyspělých zemích vykazují podobné hodnoty.

4 Plemenitba koní

Cílem plemenářské práce je udržení a zlepšení chovaných populací plemen. Kritéria výběru se zaměřují na užitkovost a exteriér. Z chovného cíle jednotlivých plemen poté vyplývá význam obou zaměření. Chovný cíl je definován ve šlechtitelském programu daného plemene, určuje směr a vývoj chovu do budoucích generací.

V chovu koní se v nejširším rozsahu používá čistokrevná plemenitba v různých formách a v menším rozsahu různé modifikace křížení.

Vyšší formou čistokrevné plemenitby je takzvaná liniová plemenitba, která se v chovu uplatňuje ke zvýšení dědičné ustálenosti žádoucích znaků. V rámci plemene bývá zpravidla více linií, které jsou charakteristické nějakými typickými znaky. U jezdeckých koních to můžou být například skokové dispozice nebo drezurní vlohy, popřípadě charakterové, konstituční nebo jiné vlastnosti. K dosažení většího chovného efektu se využívají i inbrední linie, které jsou záměrně vytvořené jedinci šlechtěnými příbuzenskou plemenitbou (Dušek 2011).

4.1 Hannoverský teplokrevník

4.1.1 Historie plemene

Počátky chovu hannoverských koní jsou doloženy až z 16. století. Hannoverský teplokrevník byl v minulosti vyšlechtěn především pro zemědělské a vojenské účely. Pro zemědělce byli tyto koně nezbytným základem existence celého hospodářství. V roce 1735 byl založen státní hřebčín v Celle, který zavedl centrální evidenci připouštění a hříbat, čímž chov velmi ovlivnil. Na začátku 19. století se ke šlechtění plemene využívali i jiná plemena, a to především plnokrevníci a anglický polokrevníci. Po roce 1870 se chov hannoverských koní, s ohledem na původní linie, zaměřoval na šlechtění kočárových a vojenských koní.

Plemenná kniha byla založena v roce 1888 (Hannoveraner Verband 2023).

V roce 1922 se chovatelé teplokrevníka spojili a vzniklo sdružení chovu hannoverských koní „Verband Hannoverscher Warmblutzüchter“, čímž vytvořili základ pro centrální, jednotné zpracování a posuzování všech registrovaných koní. V této době, mezi světovými válkami, byl kladen důraz na využití koně v zemědělství. Po druhé světové válce bylo plemeno reorganizováno a restrukturalizováno, bylo znovu šlechtěno trakénskými a plnokrevnými koňmi, až se z něho stal současný hannoverský teplokrevník. Skvěle jezditelný kůň, ušlechtilý a korektní teplokrevník, oceňovaný po celém světě jako skvělý sportovní a rekreační kůň (Hannoveraner Verband, 2023).

4.1.2 Současnost

Nejllepší koně tohoto plemene je možné často vidat na závodech v nejvyšších obtížnostech celosvětového nebo olympijského měřítka, a to jak v parkurovém skákání, tak

v drezuře nebo všestranných závodech. Ve velké oblibě se využívají také jako rekreační koně pro volný čas.

Toto významné světové postavení v chovu sportovních koní vděčí plemeno právě důsledně prováděnou selekcí koní. Hannoveraner Verband definuje šlechtitelské cíle, kterých má být dosaženo pomocí šlechtitelského programu. (Hannoveraner Verband e.V. 2023)

4.1.3 Chovný cíl a plemenný standart

Šlechtitelský program Hannoveraner Verband stanovuje veškerá opatření, která jsou vhodná k dosažení šlechtitelského pokroku s ohledem na chovný cíl. Tento program popisuje nejen jak by měl hannoverský teplokrevník vypadat po stránce exteriéru, ale také stanovuje podmínky výkonnostních zkoušek, bonitace a jejich veškerá výběrová kritéria.

„Hannoverský kůň má být vyšlechtěn jako kůň, který je zvláště vhodný pro jezdeckví. Cílem je produkovat koně, kteří vzhledem k jejich vnitřním kvalitám, jezditelnosti, vnějšímu vzhledu, sledu pohybu, přirozené schopnosti skákání a zdraví, jsou vhodní jako výkonnostní i rekreační koně. Na tomto základě je zaměřen chov koní se schopností pro disciplínu drezurní, skokovou nebo všestrannou. Se stejnými vlastnostmi je rovněž zaměřen na chov koní vhodných pro vozatajský sport.“

Na tomto chovném cíli se zakládá chov koní pro drezurní, parkurové a všestranné soutěže. Současně je chov zaměřen i pro vozatajský sport (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

4.1.4 Hodnocení a kontrola užítkovosti

Různé exteriérové znaky koní mohou být interpretovány různě v závislosti na jejich specifických schopnostech. U parkurových koní jsou tyto vlastnosti podrobněji popsány a hodnoceny zvlášť. Například u hannoverských teplokrevníků je cílem dosáhnout průměrné výšky v kohoutku 168 cm, s převážně ryzákem, vraníkem, vybělujícím běloušem a hnědákem. Koně vhodní pro parkurový sport mají být nejen výkonní, ale i esteticky přitažliví, s výraznými, harmonickými rysy a vyváženou stavbou těla.

Hodnotí se celá řada exteriérových vlastností, například hlava by měla být ušlechtilá, suchá, s velkým pozorným okem a nozdrami. Krk by měl být dostatečně dlouhý a svalnatý, s mírným spojením s hlavou a rameny, což podporuje správnou funkci a pohyblivost během skoku.

Pohyb koně je také důležitým aspektem. Například klus a cval jsou hodnoceny na základě rytmu, pružnosti a harmonie, s důrazem na schopnost koně přinášet energii zadečními končetinami. Při skoku je preferován vyvážený, pružný a rytmický pohyb, což znamená rychlý a efektivní odraz, správné zakřivení zad a dobré reakce na překážky.

Celkově se hledá kůň, který má nejen fyzické, ale i mentální předpoklady pro parkurové skákání. To zahrnuje odvahu, schopnost rychlé reakce a inteligenci. Při hodnocení se bere v

úvahu i charakteristika chůze a celkový dojem, který kůň působí (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

4.1.5 Selekce hannoverských koní

Pro zápis do plemenné knihy (vyjma knihy hříbat a přílohy) jsou hodnocena následující kritéria exteriéru se zvláštním ohledem na sled pohybu (výkonnostní zkoušky). Zohledňují se výsledky odhadu plemenné hodnoty, vlastní výkonnost a přání majitele.

Exteriér, sled pohybu a skokové nadání se zohledňují následovně:

- a) Plemenný typ a pohlavní výraz
- b) Kvalita exteriéru
 - a. Hlava
 - b. Krk
 - c. Poloha sedla
 - d. Rám
 - e. Přední končetiny
 - f. Zadní končetiny
- c) Korektní chody
- d) Kmih a pružnost (klus)
- e) Cval
- f) Krok
- g) Skok ve volnosti
- h) Celkový dojem
- i) Celkové hodnocení

V kritériích a) – h) se provádí podle ustanovení uvedených v podkapitole plemenného standartu. Hodnocení těchto kritérií se provádí systémem celých čísel neboli známek, v souladu se základním ustanovením o hodnocení plemenných koní. V odrážce b) Kvalita exteriéru je známka udělována na základě kombinace znaků, ale nemusí nutně představovat aritmetický průměr a. – f. Celkový dojem hodnotí vývoj podle věku, včetně velikosti, harmonie, nesení ocasu a vnitřních vlastností. Celkové hodnocení zahrnuje kombinaci hodnocení a – d a h v případě klisen na celé hodnoty, u hřebců e - g jsou zde hodnoty s jedním desetinným místem.

Při zápisu klisen se nemusí hodnotit cvalový ani skokový talent.

Pro tříleté a starší drezurní hřebce prezentované pod jezdcem je prezentace ve skocích ve volnosti dobrovolná. Pokud nedojde k předvedení skákání ve volnosti, nebude uděleno žádné skóre a tato schopnost nebude brána v úvahu při určování celkového skóre.

Klisy lze registrovat i pomocí vhodných videozáznamů, v tomto případě bude klisna zapsána do příslušného oddílu plemenné knihy s udělením celkového bodového hodnocení (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

Hodnocení u parkurových koní se také provádí podle následujícího schématu:

- 1) Plemenný typ a pohlavní
- 2) Základní kvality
 - a. Hlava
 - b. Krk
 - c. Poloha sedla
 - d. Rám
 - e. Klus
 - f. Krok
- 3) Konformace
 - a. Přední končetiny
 - b. Zadní končetiny
 - c. Korektnost chodů
- 4) Cval
- 5) Styl skoku
- 6) Schopnost skoku
- 7) Skoková bystrost
- 8) Celkový dojem
- 9) Celkové hodnocení

(Hannoveraner Verband e.V. 2024).

4.1.6 Selektce v praxi

Udělování licencí

Hřebci se mohou účastnit udělování licencí. Minimální věk hřebce jsou 2 roky. Licencování předchází předvýběr výběrovou komisí. Rozlišují se zde mladí (2,5 roku) a starší (3 roky +) hřebci. Hřebci se toho udělování licencí mohou zúčastnit pouze za předpokladu, jsou-li jejich otcové a otcové matek (do 6 generací) zapsány v plemenné knize hřebců, a matky zapsané v hlavní plemenné knize klisen.

Rozhodnutí je založeno na výsledcích výkonnostního testu hřebců (50 denní test) s vyšší než standartní odchylkou nad průměrem testovací skupiny a/nebo umístění ve finále německého spolkového mistrovství ve Warendorfu nebo umístění na výročním seznamu v pořadí mezi 250 nejlepšími skokovými koni, mezi 200 nejlepším drezurním a všestrannými koni.

Rozhodnutí o výkonnosti potomstva je založeno na výsledcích bonitace s vyšší než standartní odchylkou nad průměrem a/nebo na úspěších na německém spolkovém mistrovství ve Warendorfu a/nebo potomci, kteří se umístili do 250. místa v parkuru, do 200. místa v drezuře nebo všestrannosti na výročních seznamech.

Hřebec může být licencován pouze tehdy, pokud obdrží v hodnocení celkovou známku alespoň 7,0 a splní zdravotní požadavky dle přílohy č. 1 chovatelského řádu a pokud splňuje požadavky na způsobilost k chovu podle stanovení B.16.

Výkonnostní zkoušky

U hřebců se provádí:

- 14 – denní zkouška způsobilosti 3 až 4 letých hřebců plemen německých jezdeckých koní. Tato zkouška probíhá celých 14 dní v kuse.
- 50 - denní zkouška výkonnosti 3 až 7 letých hřebců plemen německých jezdeckých koní. Staniční zkouška se provádí kontinuálně po dobu minimálně 50 dnů. Podléhá směrnici pro zkoušky výkonnosti hřebců plemenného řádu.
- Sportovní testy pro 4 až 5 leté hřebce plemen německých jezdeckých koní. Tyto testy se provádí jako doplněk je 14 dennímu testu způsobilosti a probíhají po dobu tří dnů. Pro hřebce, obzvláště ty pod záštitou německé jezdecké federace, je účast povinná. Sportovní zkoušky jsou rozděleny dle jednotlivých disciplín, a to drezurní, parkurové a všestranné. Hřebci jsou prezentováni svými jezdci, ale také i testovacím jezdce.
- Soutěžní sportovní test pro 5 leté a starší hřebce. Jako alternativa výkonnostní zkoušky lze považovat sportovní úspěchy koně. Výkonnostní zkouška se považuje za splněnou, jestliže hřebec dosáhl:
 - Pět umístění ve skokových soutěžích pokročilé třídy (S* - 140 cm) nebo tři umístění ve skokových soutěžích pokročilé třídy (145 cm)
 - Pět umístění v drezurních soutěžích pokročilé třídy nebo tři umístění v pokročilé třídě (Intermediaire II)
 - Čtyři umístění v úrovni nejméně CCI2* - L/CIC3* všestranných závodů (nebo srovnatelných národních soutěží jako jsou 3 denní soutěže základní/střední úrovni) nebo tři umístění ve třídě CCI3* - S/ - L/ CCI4* - S (nebo srovnatelné národní soutěže)
 - Účast ve finále na Bundeschampionat německých drezurních, parkurových nebo všestranných koní.
 - Účast ve finále mistrovství světa mladých koní (skokových/drezurních) nebo umístění v první polovině finále Mistrovství světa mladých všestranných koní.
 - V kombinaci se 14 denním testem způsobilosti nebo 30 denní výkonnostních testem

U klisen se provádí:

- Staniční testy – tento test trvá minimálně 14 dní, skládá se z tréninkové fáze a závěrečného testu. Kvalifikované jsou klisny od 3 let a výše. Na základě posudků a zjištění během výcviku budou klisny hodnoceny vedoucím trenérem ještě před závěrečným testem v následujících kritériích - exteriér, základní chody (klus, cval, krok) jezditelnost, skokový talent, skok ve volnosti (styl, schopnost, bystrost). Závěrečný test způsobilosti provádí alespoň dva odborníci a alespoň jeden testovací jezdec. Zde se konkrétně hodnotí – základní chody (klus, cval, krok), jezditelnost,

skokový talent, skok ve volnosti. U těchto hodnot se dělá aritmetický průměr (mezi výsledkem v tréninku a výsledkem při testu). Veškeré indikace nedostatků nebo poruch během testu musí být písemně zdokumentovány hlavním trenérem. Klisny, které po příjezdu nebo během výcviku neodpovídají normám po zdravotní stránce nebo konstituci, nebudou oprávněny k účasti na závěrečné zkoušce a budou vyloučeny. Po ukončení testu je zveřejněn konečný výsledek jednotlivých klisen. Majitel obdrží certifikát. Tento test lze 1x opakovat.

- „Polní“ testy – tento test způsobilosti trvá minimálně 1 den. Kvalifikují se na něj klisny od tří let a výše. Během testu klisnu ověřují dva rozhodčí a testovací jezdec. U klisen se zde hodnotí základní chody (krok, klus, cval), jezditelnost, skokový talent (skok ve volnosti). Rozhodující je zde, zda je klisna přínosem pro chov tohoto plemene. Během zkoušky se klisny pozorují s ohledem na jejich zdravotní stránku, ale i kondici – v případě nedostatků v tomto směru mohou být vyloučeny.
- Soutěžní sportovní výkonnost – ta se sleduje a vyhodnocuje u parkuru, drezury a všestrannosti. Pro účast jsou kvalifikované klisny od 4 do 6 let. Rozlišuje se zde parkurová sportovní výkonnostní zkouška a drezurní sportovní výkonnostní zkouška (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

4.1.7 Zohlednění zdravotních problémů

Hřebci jsou způsobilí do zápisu do plemenné knihy hřebců I a II pouze tehdy, pokud nevykazují žádné zdravotní problémy. V současné době je známá dědičná vada „Warmblood fragile foal syndrome“ (WFFS). Tato nemoc nemá negativní vliv na zdraví a pohodu přenašečů predispozice. Hřebci uvedení k licencování jsou testováni na WFFS. U hřebců, jejichž oba rodiče jsou na tuto nemoc negativní, být testováni nemusí. Tyto výsledky se zveřejňují a není vhodné pářit dva přenašeče predispozic (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

4.1.8 Odhad plemenné hodnoty

Odhad plemenné hodnoty se provádí podle obecně uznávaných a vědecky ověřených metod. Rozdíly ve výkonu, které jsou negenetického původu, mají být, pokud možno, eliminovány.

Za provádění odhadů plemenných hodnot odpovídá chovatelské společnost nebo jimi pověřená agentura. Verband zadává německé jezdecké federaci údaje o výsledcích všech výkonnostních zkoušek, ta je nadále sdílí do Vit w.V. (Vereinigte Informationssysteme Tierhaltung w.V.) ve Verdenu k výpočtu plemenných hodnot. Verband pověřuje Vit w.V. provedením odhadů plemenné hodnoty v chovu hannoverských teplokrevníků.

Odhad plemenné hodnoty drezury a přirozených skokových schopností německých jezdeckých koní se provádí každoročně. Datovou základnu pro model odhadu plemenné hodnoty tvoří údaje o výkonnosti a rodokmenu. Výkonnostní data pro odhady plemenné hodnoty v soutěžích zahrnují výsledky právě ze soutěžních sportovních testů. Do úvahy jsou brány všechny soutěže v drezuře a parkuru až do pokročilé úrovně a to od roku 1995. Pokud jde o odhad plemenné hodnoty z výsledků výkonnostních zkoušek mladých koní, výsledky

dosažené mladými koňmi v těchto skokových a drezurních soutěžích, jsou zahrnuty do odhadu pomocí dosažené známky. Kromě toho se zohledňují informace z výkonnostních zkoušek klisen i hřebců, a také z testu způsobilosti hřebců (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

Kromě výkonnostních dat jsou navíc zahrnuty údaje o rodokmenu do dvou generací zpětně, aby se stanovila genetický vztah.

Hodnocení chovu je založeno na BLUP animal model. Postup odhadu zohledňuje všechna kritéria výkonnostních zkoušek, hodnoty sportovních úspěchů, faktor věku a pohlaví a také výkonnostní hodnocení jezdce v daném roce. Pokud jezdec splní podmínky s dostatkem startů, zahrnuje se zde jako specifický determinant.

U každého koně se hodnotí plemenné hodnoty ve spojení s drezurním a skokovým soutěžním sportem, drezurní a skokové zkoušky mladých koní, z čehož vychází celkem 4 plemenné hodnoty.

Plemenné hodnoty, související s drezurními a parkurovými závody, jsou založeny na odpovídajících údajích soutěžního sportu, to znamená na umístění dosaženém v parkuru nebo v drezuře. Plemenná hodnota pro zkoušky mladých koní zahrnuje tři částečné plemenné hodnoty. Hodnocení skokových kritérií dosažené v parkurech při závodech, hodnocení skoku ve volnosti a skoku pod jezdcem v rámci výkonnostních zkoušek se zahrnují do částečné plemenné hodnoty skoků. Stejně tak to platí i pro částečnou plemennou hodnotu pro drezuru, zde se zahrnují výsledky ze soutěží drezury, hodnocení chodů a jezditelnosti při výkonnostních zkouškách, test výkonnosti klisen nebo test způsobilosti a výkonnostní zkoušky hřebců.

Plemenné hodnoty pro hřebce budou zveřejněny tehdy, pokud je odhadovaná plemenná hodnota pro test mladých koní v oblasti skoku a/nebo drezury založena z nejméně 70 % spolehlivých dat a odhadovaných 30% je založeno na výkonech alespoň pěti potomků.

Plemenné hodnoty v oblasti parkurových a/nebo drezurních soutěží budou zveřejněny, pokud je odhad založen na spolehlivých hodnotách z alespoň 70% a na výkonech vlastních, minimálně pěti potomcích a pokud mají hřebci zveřejněnou plemennou hodnotu pro test mladých koní.

Částečné plemenné hodnoty pro test výkonnosti hřebců specifický pro danou disciplínu mohou být zveřejněny s hodnotou spolehlivého hodnocení menší než 70%, pokud hřelec úspěšně absolvoval jeden nebo více testů výkonnosti v příslušném roce (Hannoveraner Verband e.V. 2024).

VIT Verden provádí, vždy na konci každého roku, souběžně s hodnocením pro všechny německé jezdecké koně, odhady plemenné hodnoty hannoverských koní na objednávku Hannoveraner Verband.

V rámci BLUP modelu se vypočítávají následující plemenné hodnoty:

- typ/kategorie jezdeckého koně, včetně jednotlivých hodnot pro hodnocení hlavy, krku, „Sattelage“ (oblast kohoutku a ramen), rámu, plemene a pohlavní výraz
- dolní linie a nohy, včetně jednotlivých hodnot pro přední a zadní končetiny, správnosti utváření končetin
- drezurní hodnocení, včetně jednotlivých hodnot klusu, cvalu, kroku a snadnosti ovládnutí koně
- skokové hodnocení, včetně jednotlivých hodnot pro styl skoku a pro skokový talent

Základem dat pro odhad plemenné hodnoty typu a dolní linie koně, jsou skóre udělená hannoverským svazem při vstupu koně do plemenné knihy.

Odhady plemenné hodnoty pro drezuru a skoky jsou založeny na dvou zdrojích dat:

- skóre udělená při výkonnostních zkouškách klisen
- skóre udělená při výběru jezdeckých koní pro Verdenské aukce

BLUP model bere v úvahu věk a počet absolvovaných zkoušek jako fixní faktory.

Plemenné hodnoty pro hřebce s alespoň 10 vyhodnocenými potomky budou publikovány ve „Stallion Yearbook“ a na internetu. (Hannoveraner Verband e.V. 2024)

4.2 Český teplokrevník

4.2.1 Chovný cíl a plemenný standart

„Cílem šlechtění českého teplokrevníka je ušlechtilý, korektní a lehce jezditelný kůň, který je na základě svého temperamentu, charakteru, prostorné a elastické mechaniky pohybu a pevného zdravý vhodný pro všechny druhy výkonnostního jezdeckého sportu v rámci disciplin FEI a pro volnočasové aktivity. Dospělý kůň je středního tělesného rámce s dobrými liniemi, pevného fundamentu a bez zjevných a geneticky podmíněných vad a chorob.“ (Svaz chovatelů českého teplokrevníka 2016).

Kohoutková výška hůlková u klisny je stanovena na 161 – 167 cm a u hřebců na 162 – 17 cm. Obvod holeně u klisny je 19,5 – 22 cm a u hřebce 21 – 22,5 cm.

Dle svazu chovatelů českého teplokrevníka (2016) do šlechtitelského programu českého teplokrevníka jsou zahrnuti všichni plemenní koně, kteří jsou zapsáni do některé z těchto plemenných knih:

- plemenná kniha hřebců (PKH)
- hlavní plemenná kniha klisen (HPK)
- plemenná kniha klisen (PK)
- pomocná plemenná kniha klisen (PPK)

4.2.2 Metody selekce

Selekce se provádí na základě informací a výsledků hodnocení.

Hřebečci a hřebci jsou selektováni:

- při registraci hříbat
- při přehlídkách hříbat pod matkou
- při výběru do testační odchovny
- při bonitacích v testačních odchovnách
- při základních zkouškách výkonnosti
- při 70-ti denním testu
- při hodnocení KMK a vlastní sportovní výkonnosti
- při předvýběrech a výběrech hřebců do plemenitby
- na základě informací o potomstvu
- na základě zdravotního stavu hřebce a jeho potomstva

Klisny jsou selektovány:

- při registraci hříbat
- při přehlídkách hříbat pod matkou
- při zápisu do PK
- při výkonnostních zkouškách
- při přehlídkách tříletých klisen
- při skoku ve volnosti čtyřletých klisen
- při hodnocení KMK a vlastní sportovní výkonnosti
- při přeřazování do vyšších oddílů PK
- na základě informací o potomstvu

4.2.3 Hodnocení a testování užitkových vlastností

V chovu hřebců a klisen je důležité hodnotit a vybírat jedince s optimální stavbou těla, správnou mechanikou pohybu a vhodnými vlastnostmi výkonnosti, aby se zlepšovala kvalita a zdraví koní. Hodnocení probíhá na základě stanovených kritérií, která zahrnují:

- Plemenný typ a pohlavní výraz: Preferován je moderní, ušlechtilý sportovní kůň středního kalibru s výrazným pohlavním výrazem a homogenním původem.
- Stavba těla: Cílem je dosáhnout korektní a harmonické stavby bez vad. Hodnotí se následující části:
 - Hlava: Ušlechtilá, suchá hlava s výrazným okem a dobře utvářenou hubou.
 - Krk: Dostatečně dlouhý, osvalený, a správně nasazený.
 - Plec a hřbet: Dlouhá a šikmá lopatka, s dobře osvaleným plecem a pružným hřbetem.
 - Rámeček: Harmonický, přiměřeně velký a obdélníkového tvaru.

- Pravidelnost pohybu: Hodnotí se pravidelnost pohybu při různých typech chůze a běhu.
- Elasticita a kmih (klus): Důležitá je schopnost koně pohybovat se s elastickým a správným klusem.
- Cval, krok a skok: Hodnotí se různé typy pohybů, jako je cval, krok a skok, přičemž se klade důraz na jejich kvalitu a harmonii.
- Přední a zadní končetiny: Končetiny by měly být pravidelně postaveny, s dobrými klouby, správným úhlením, a kvalitní rohovinou.

Hodnocení probíhá na různých akcích, včetně svodů, chovatelských výstav a zkoušek výkonnosti, a je založeno na stanoveném schématu a kritériích, která mají zajistit výběr a rozvoj geneticky kvalitních a zdravých koní (Svaz chovatelů českého teplokrevníka 2016).

Korektnost pohybu je klíčovým faktorem při hodnocení koní, přičemž se upřednostňuje přímý pohyb končetin zepředu a zezadu bez kroužení nebo strouhání.

Důležitým aspektem je i kmih a elasticita pohybu v klusu, kde se preferuje dvoutaktní chod s vyšší akcí a energickým posunem od zadě. V cvalu se očekává třítaktní pohyb s dobrou pružností hlezňů a energií.

V hodnocení kroku se dbá na čtyřtaktní rytmus a lehkost pohybu, přičemž je žádoucí, aby koně přední nohy přeskočily otisk zadních nohou před nimi.

Při skoku ve volnosti je důležitá chutná a soustředěná reakce koně s energickým odrazem a správným zaúhlením.

Další faktory jako výcvik a jezditelnost hrají roli ve chovatelském výběru. Ideální je kůň, který je dobře chovatelný a spolupracující, s uvolněným a ohebným pohybem v rovnováze, ochotně reagující na jezdcovy pomůcky a projevující schopnost překonávat překážky s pružností a taktovým pohybem.

U chovatelských koní je klíčové zajistit vynikající zdravotní stav bez geneticky podmíněných vad a chorob, a také zaručit dobrou plodnost prostřednictvím zdravých reprodukčních orgánů. Plemenní koně musí mít veškeré veterinární doklady v souladu s platnými předpisy týkajícími se přepravy koní (Svaz chovatelů českého teplokrevníka 2016).

Pokud jde o hodnocení výkonnosti hřebců, existují různé testy, kterým musí koně podstoupit:

- 70-ti denní test: Majitelé hřebců musí předložit s přihláškou k předvýběru protokol vypracovaný veterinární komisí, kterou určí předsednictvo SCHČT.
- Sportovní testace v rámci Klubu mladých koní (KMK): Hřelec musí splňovat požadavky na zdravotní stav stanovené v aktuálních pravidlech KMK.

4.2.4 Akcelerační program

Akcelerační program (AP) je iniciativou zaměřenou na zrychlení selekční práce v chovu sportovních koní. Jeho hlavním účelem je vytvořit tzv. plemenné jádro, což jsou koně s prokázanou sportovní výkonností a kvalitním rodokmenem. Svaz ČT se snaží vytvořit vhodné podmínky, aby mohly být ověřené klisny pářeny s ověřenými hřebci.

Podmínky pro zařazení koní do AP jsou následující:

- Plemenní hřebci: Musí buď sami prokázat výkonnost nebo mít potomstvo, které úspěšně absolvuje určitý počet soutěží. Po sedmi letech jsou hřebci, kteří nedosáhnou požadovaných výsledků nebo mají málo potomstva, vyřazeni z programu.
- Plemenné klisny HPK a PK: Ty musí mít minimálně čtyřgenerační původ, vlastní výkonnost a kvalitní potomstvo. Kritéria pro klisny jsou stanovena podle výsledků jejich vlastních soutěží a výsledků jejich potomstva.
- Selekcce: Po 7 letech v plemenitbě, kteří budou mít po tomto období méně než 30 hříbat nebo 7 klisen zapsaných v PK, budou z AP vyřazeni.

V rámci programu existuje i status preferovaného hřebce, který je doporučen RPK ČT a schválen předsednictvem SCHČT pro klisny zapsané v HPK ČT, HPK ČT PRO nebo AP ČT v majetku člena SCHČT (Svaz chovatelů českého teplokrevníka 2016).

4.2.5 Odhad plemenné hodnoty

„Odhad plemenné hodnoty probíhá na základě výsledků sportovní testace koní ve skokových soutěžích. Sportovní testace je zkouškou výkonnosti sportovních koní (§ 8 zákona č.154/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů).

Odhad plemenné hodnoty je vypočítáván metodou BLUP Animal model každoročně ve spolupráci s VÚŽV Praha Uhřetěves a s Mendlovou univerzitou v Brně. Podstatou metody BLUP je současný odhad jak plemenných hodnot (náhodných efektů), tak i efektů fixních v jednom kroku pomocí lineárních modelů se smíšenými efekty. Princip BLUP Animal modelu je zveřejněn na webových stránkách SCHČT. Metodika i výsledné hodnoty Relativní plemenné hodnoty jsou každoročně zveřejňovány na internetových stránkách SCHČT a v ročence SCHČT a jsou tak zpřístupněny chovatelské veřejnosti.“ (Svaz chovatelů českého teplokrevníka 2016).

4.3 Genetika populací

Populace (plemeno, linie) je skupina jedinců, která se mezi sebou pohlavně rozmnožuje, žije ve stejném čase a jedinci jsou si podobní více než s jinými skupinami, i když příbuznými.

Genetika populací je o procesech dědičnosti a proměnlivosti. V chovu hospodářských zvířat se lze setkat s variabilitou mezi druhy, plemeny, liniemi, rodinami a mezi jedinci uvnitř populace. Různá dědičná založení a také různé podmínky prostředí způsobují rozdíly mezi jedinci a ovlivňují je od oplození až do úhynu. U mendelistické genetiky jsou projevy vlastností způsobené hlavně geneticky, u kvantitativních znaků jsou vlastnosti podmíněné jak geneticky, tak i prostředím a jeho podmínkami (Jakubec et al. 2010).

4.4 Prostřed'ové efekty

Pokud koně jedné populace chováme ve stejných podmínkách, jsou jejich genotypové hodnoty stejně ovlivněny efekty prostředí. Tyto efekty prostředí mohou vézt k nezjistitelné proměnlivosti v užitkových vlastnostech. Často tyto prostřed'ové efekty nejsme schopni eliminovat.

- Náhodné prostřed'ové efekty mohou být krátkodobé, například infekční onemocnění, říje, změna kvality krmiva, apod.
- Fixní prostřed'ové efekty rozdělujeme na vnější a vnitřní.
 - U vnějších efektů je jejich odhad a eliminace složitým problémem, týká se to například způsobu ustájení, ročního období, výživy, ošetřovatelů nebo jezdců.
 - Fixní prostřed'ové efekty vnitřní vznikají sice genetickým způsobem ale protože se jedná o geny, které jsou umístěny na pohlavní chromozómech, avšak nepůsobí bezprostředně na vývin užitkovosti. Jsou to například věk jedinců, věk matky, pohlaví, pořadí laktace a podobně (Jakubec et al. 2010).

Vliv prostředí můžeme hodnotit z pohledu dlouhodobé fylogeneze koně nebo z pohledu současnosti zúžené na dobu vývoje několika generací. Vývojová řada předků koně nejlépe dokumentuje obrovské změny typu tělesné stavby a životní funkcí, které vyvolala změna prostředí. Vývoj koně probíhá několik miliónů let a proto je přirozené že vznikly 4 skupiny koní jejich exteriér a vlastnosti odpovídají podmínkám paleontologického vývoje v oblasti vzniku.

V současné době je prostředí celý prostřed'ový komplex, na kterém se podílí člověk, který určuje chovný cíl, metodické pojetí chovu, včetně použitých technologií. Chov koní se stále vyvíjí a rychle se přizpůsobuje současným požadavkům jezdeckého sportu. To znamená, že nároky na jezdecké koně se postupně zvyšují. Aby byl naplněn záměr chovu, zasahuje se tím do celého prostřed'ového komplexu a to jak do forem šlechtění, tak i výkonnosti, výživy a odchovu.

4.5 Selektce

Selektce je obecně cílený výběr samečů a samic pro další reprodukci.

Opatřením pro zachování druhu přírodní selekcí je například to, že dochází k vyloučení neplodných jedinců z rozmnožovacího procesu a naopak přírodní selekce zvýhodňuje jedince, kteří jsou schopni se adaptovat na nejrůznější podmínky prostředí, na výživu v daném období ale také kteří jsou schopni být konkurencí pro jiné druhy zvířat. Těchto jedinců je současně v populaci nejvíce, protože se nejvíce přibližují střední hodnotě dané populace.

Střední hodnotu vlastností v populaci může šlechtitel zlepšovat i umělou selekcí. Ta se nadále používá i v další plemenitbě, což znamená, že se vybraní jedinci podílí na další produkci potomstva, tím, že se rozmnožují mezi sebou. Přičemž zbytek jedinců, kteří nebyli vybráni do plemenitby se vyřazují mimo populaci. Tímto způsobem se selektovaná zvířata v dalších generacích podílí na genotypovém složení následujícího potomstva. V šlechtitelském slova smyslu rozumíme pod selekcí výběr žádoucích zvířat pro další plemenitbu a vyřazení nevhodných zvířat z plemenitby. Pozitivně selektována jsou zvířata která jsou určena k reprodukci a jsou to tudíž rodiče následné generace potomků. Negativně selektována zvířata jsou ve druhé skupině a jsou to zvířata vyřazena z reprodukčního procesu.

Pod selekcí obecně většinou rozumíme právě pozitivní selekci a tato skupina bývá označována za remontu (Jakubec et al. 2010).

Selekce je významnou šlechtitelskou fází v plemenitbě koní (Dušek 2011). Navazuje bezprostředně na kontrolu užitkovosti a odhad plemenné hodnoty. Selekcí se využívala již dávno před objevením zákonitosti o dědičnosti a znalosti genetiky populací (Jakubec et al. 2010).

U koní můžeme selekci provádět na základě plemenného standartu který určuje nejen typ a exteriér, ale i užitkové vlastnosti.

Selekce u koní probíhá i na základě výkonnosti. U hřebců teplokrevných plemen je selekce často podmíněna úspěšným absolvováním výkonnostních zkoušek. U spousty plemen lze do výkonnostních zkoušek přihlašovat i klisny, které je mají samostatně, ve zjednodušené formě.

Selekce podle zdraví je velmi důležitý aspekt plemenitby pro udržení požadované úrovně konstituce. Zásadou je že do plemenitby se zařazují pouze koně zdraví. Nezařazují se koně, kteří mají dědičné onemocnění, charakterové vady, konstituční vady, koně s onemocněními končetin, s dobrou plodností.

U koní také probíhá selekce podle pohlavního výrazu. U hřebců i klisen je žádoucí, aby měli dobrý pohlavní výraz. Sekundární pohlavní znaky musí být také dobře vyjádřeny. Výraz intersexuality ukazuje na nevhodnost zařazení takových jedinců do chovu, takové klisny mívají dobrou výkonnost, avšak nejsou dobrými matkami (Dušek 2011).

5 Přehled genetických parametrů

Ve šlechtění koní se používají různé genetické parametry, které pomáhají odhadovat v jaké míře se budou jednotlivé vlastnosti a znaky u potomků projevovat.

Genetické parametry jsou takové charakteristiky populace, které zajímají šlechtitele a využívají se ve šlechtitelských programech.

5.1 Genetická variance

Genetická variance je hlavní genetický parametr, protože je využíván k dalším výpočtům pro odhad následných genetických parametrů (koeficient dědivost, genetické korelace). Pokud se změří hodnota nějaké vlastnosti, je to její fenotypová hodnota. Na tomto základě lze odhadnout genotypovou hodnotu vlastnosti. Snaha je o rozdělení těchto dvou složek různými biometrickými metodami, což je následně využíváno ve šlechtění při odhadu genetických hodnot jedinců i populací. (Urban 2008).

Proměnlivost neboli variabilita se měří rozptylem/variancí, tedy σ^2 . Hodnota podílu podmíněného dědičnosti σ^2_G z celkové fenotypové proměnlivosti σ^2_P vyjadřuje dědivost.

Genetická proměnlivost σ^2_G je tvořena složkami σ^2_A , σ^2_D , σ^2_I , kdy σ^2_A je proměnlivost podmíněna aditivním = sčítavým působením genů, σ^2_D je proměnlivost podmíněna dominancí a σ^2_I je proměnlivost podmíněna interakcí (Dušek 2011).

Proměnlivost podmíněna prostředím se rozkládá na složky σ^2_{Ep} a σ^2_{Et} , kdy σ^2_{Ep} je proměnlivost podmíněna trvale působícími vlivy prostředí, σ^2_{Et} je proměnlivost podmíněna dočasně působícími vlivy (Dušek 2011).

5.2 Heritabilita

Koeficient heritability (= koeficient dědivosti) a jeho definice jako odhadnutelný populační parametr byli před více než stoletím představeny Sewallem Wrightem a Ronaldem Fischerem. Znamená míru podílu fenotypového rozptylu vlastnosti, která je následkem genotypových rozdílů. Hlavní otázkou šlechtění je zda proměnlivost určitého znaku je způsobena prostředím nebo genetickými faktory (Visscher et al. 2008). Heritabilita se vztahuje k jedné vlastnosti měřené na zvířatech v konkrétní populaci v daný okamžik. Odhady heritability pro vlastnost se mohou lišit mezi jednotlivými plemeny zvířat a mohou se pomalu měnit v průběhu času. Heritabilita se odhaduje z výkonnostních dat jednotlivých zvířat, z informací o rodokmenu k určení genetických vztahů mezi těmito zvířaty. Používá se k výpočtu genetických hodnot, pro odezvu na selekci a pomáhá chovatelům odhadnout, zde je efektivnější zlepšovat vlastnosti pomocí selekce nebo managementu (Cassell 2009).

O heritabilitě jako takové se můžeme bavit ve dvou směrech.

Heritabilita v širším smyslu která se značí H^2 , je pokud řešíme poměr celkové genetické variance k fenotypové varianci. Zahrnuje efekty aditivity, dominance i interakce a proto se využívá v oblasti klonování nebo u vysoce inbredních populací, jako třeba samooplození rostlin, u kterých je genotyp rodičů téměř totožný s genotypem potomků. Tato heritabilita nemůže být použita pro predikce, například plemenné hodnoty.

Naopak heritabilita v užším smyslu, která se značí h^2 , zohledňuje pouze poměr aditivní složky genetické proměnlivosti k fenotypové proměnlivosti. Tato hodnota se právě ve šlechtění využívá, protože umožňuje předpovídat potenciální genetický zisk po selekci (Urban 2008).

Koeficient dědivosti h^2 se pohybuje v rozsahu od nuly do jedné. Hodnoty blízko nuly ukazují velmi nízkou dědivost, tedy podíl se zde vliv prostředí ve větší míře než ten genetický, zatímco hodnoty blízké jedné znamenají dědivost vysokou, tedy působení genetických faktorů ve vyšší míře. Obecně se hodnoty rozdělují na vlastnosti s nízkou dědivostí, které jsou $\leq 0,4$, na vlastnosti se střední dědivostí které jsou v rozsahu 0,41 - 0,6; a na vlastnosti s vysokou dědivostí které jsou $\geq 0,61$. (Dušek 2011)

„Při odhadu komponent aditivně genetických variancí a kovariancí využíváme rozsah podobnosti mezi příbuznými jedinci, která může být určitým způsobem odhadována pomocí kovariancí například mezi polosourozenci, sourozenci resp. potomky a rodiči. Pomocí korelace mezi polosourozenci, sourozenci, resp. regrese rodiče – potomci, mohou být odhadnuty koeficienty dědivosti a genetické korelace.“ Korelací mezi polosourozenci je možno odhadnout koeficient heritability pomocí modelu, kdy sečteme střední hodnotu populace, efekt pleménika a náhodnou prostředkovou odchylku jedinců. Tento model je platný pro jakoukoliv vlastnost. Pro vlastní výpočet je potřeba sestavit tabulku analýzy variance, kdy relativní podíl komponenty rozptylu mezi skupinami polosourozenců na celkové varianci představuje korelaci mezi polosourozenci a vyjadřuje se to intraklasním korelačním koeficientem.

Jestliže odhadujeme heritabilitu pomocí regrese potomci-rodiče, na základě párových informací o užítkovosti rodičů a potomků, vypočítáme jej podle jednoduchých pravidel regresních výpočtů (Jakubec et al. 2010).

Tyto principy slouží pro případ, kdy je ve všech podskupinách stejný počet jedinců. V realitě jsou tyto skupiny často nevybalancované, a tato situace je pro výpočet daleko složitější. V dnešní době se používají mnohem složitější postupy pro výpočet dědivosti a to pomocí metody BLUP – animal model (Jakubec et al. 2010). O této metodě se více řekneme v dalších kapitolách.

Dle Duška (2011) jsou hodnoty dědivosti pro tělesné tvary koní střední až vysoké, například pro kohoutkovou výšku je zde uvedená hodnota heritability 0,6 – 0,7. Mechanika pohybu podle tohoto zdroje má střední dědivost a to 0,5 – 0,6. Naopak výkonnost koně má dědivost nižší, a to kolem hodnoty 0,3; nicméně díky mnohostrannému využití teplokrevníků je obtížné stanovit tyto hodnoty. Pouze anglických plnokrevníků nebo klusáků, kteří se využívají takto jednostranně, jde o jednoznačně definovanou výkonnost. U teplokrevníků se

zpravidla provádí výkonnostní zkoušky, nicméně je zde velký vliv náhodných prostředových efektů v podobě nevyrovnanosti jezdců a trenérů, různé kvality tréninku nebo krmení; které na koně působí. Exteriér má zde uvedenou dědivost 0,2 – 0,3; nicméně u této hodnoty se lze domnívat, že odhadnuté hodnoty jsou menší než reálné. A to z důvodu, že během zkoušek se exteriér boduje zpravidla nejvíce v rozmezí 7-8 bodů, a při takovém pojetí hodnocení nenastává kvalitativní rozlišení hodnocených koní a následné odhady parametrů nejsou tolik objektivní.

5.3 Genetické korelace

Oboustranná závislost mezi znaky je korelace. Určuje se tím míra a směr závislosti mezi znaky. Tuto hodnotu lze využít pro následnou selekci, proto je významné znát genetickou podstatu vztahů mezi různými vlastnostmi. Pokud je známa genetické korelace, může se díky tomu výrazně snížit počet selekčních kritérií, tím se současně zvýší účinnost selekce a zvýší se i genetický zisk. Existuje a je známo hodně vlastností, mezi kterými se nachází vzájemný vztah. Může být pozitivního charakteru (při zvýšení jedné vlastnosti se zvyšuje i vlastnost druhé), ale i negativního (pokud se jeden znak zvýší, druhý se sníží a naopak). Existenci a velikost těchto znaků se vzájemným propojením lze odhadovat pomocí korelačních koeficientů. Korelační analýza odhaduje sílu závislosti. Korelace může být fenotypová (závislost mezi pozorovanými dvěma užitkovými znaky), genotypová (závislost mezi genotypovými hodnotami obou znaků), genetická (závislost mezi odpovídajícími aditivními hodnotami znaky) nebo prostředová (závislost mezi efekty prostředí působícími na oba znaky) (Urban 2008).

Dle Duška (2011) jsou u koní pozitivní korelace mezi fenotypem a plemennou hodnotou. Poznatky naznačují, že exteriérově souladní jedinci mají lepší výkonnostní předpoklady než koně tělesně nesouladní. Požadovaná tělesná stavba pro určitý výkonnostní typ podmiňuje u koní lepší využití energie k pracovnímu výkonu. Exteriérové vady či tělesnou disharmonii naopak musí kůň kompenzovat zvýšeným výdejem.

U nizozemským teplokrevníků byly zjištěny hodnoty genetických korelací -0,27 až 0,10. Mezi výkonností potomků čtyř, pěti a šestiletých jsou hodnoty fenotypových a genotypových korelací vysoké, a to 0,95 a 0,75 (Dušek 2011).

5.4 Plemenná hodnota

Základním parametrem šlechtění je plemena hodnota. Jedná se o odhad genetického založení jedince vyjádřené odchylkou užitkové vlastnosti od průměru vrstevníků. Vrstevníci ve stejné populaci se účastní staniční kontroly užitkovosti ve stejných podmínkách, a z toho poté vychází plemenná hodnota. Cílem je odhadnout rozdíly v genetickém založení jedinců co nejpřesněji (Urban 2008).

Hodnocení zvířat pomocí plemenné hodnoty je základem určení aditivního genetického založení jedinců a tím i účinnějšího využití kvalitních zvířat v plemenitbě (Jakubec et al. 1999).

Bylo zjištěno, že na celkové proměnlivosti dané užitkové vlastnosti se největší mírou podílí chovatel, tím myšleno např. krmení, zacházení nebo ustájení (a vše co souvisí s chovem),

a odpovídá to přibližně 60%, někdy až 80% rozdílnosti mezi jedinci v dané užitkové vlastnosti. Druhým největším podílem proměnlivosti jsou náhodné prostředkové efekty, které nekontrolovatelně působí na jedince a nelze je předvídat. Tím se podílí na celkové proměnlivosti až 30%. Třetí oblast proměnlivosti je právě individualita zvířete a jeho genetické založení. Tento faktor se na proměnlivosti užitkovosti podílí přibližně pouze z 10%. Ačkoliv je tento podíl proměnlivosti poměrně malý, je využíván pro šlechtění (SCCHMS 2023).

Pro určování plemenné hodnoty předchází kontrola užitkovosti (KU). Informace, které vykazují souvislost s plemennou hodnotou jedince, jsou údaje o projevu vlastností získaných na základě vlastní užitkovosti, užitkovosti příbuzných jedinců či skupin příbuzných jedinců - rodiče, prarodiče, vlastní sourozenec, polosourozenec, potomek (Jakubec et al. 1999).

Jakubec et al. (1999) a Bouška (2006) uvádí, že plemenná hodnota je výrazem aditivního působení genu a je tvořena průměrnými genovými efekty, které se přiřazují k jednotlivým alelám. Fenotypově měřitelné vlastnosti zvířat jsou výsledkem nejen genetických efektů s aditivním účinek (A) – účinky jednotlivých alel se sčítají (využívá se při šlechtění), s dominancí (D) – alela potlačuje účinek jiné alely v rámci alelového páru (využívá se při křížení), s epistází (I – interakce) – účinek alely je závislý na alelách jiných genů – alely působí ve vzájemné interakci (využívá se při křížení) a prostředím (E): $P = A + D + I + E$

Pokud se zvířata nachází v jedné populaci, v naprosto stejných podmínkách, jsou jejich fenotypové hodnoty vystaveny stejným podmínkám a efektům prostředí. I přesto jsou zvířata vystavena velkému množství malých, neznatelných vlivů, které se nazývají prostředkové efekty nesystematické. Tyto efekty se projevují u každého jedince v jiné míře a úplně náhodně (Jakubec et al. 1999).

U odhadu plemenné hodnoty výpočetní technikou nikdy není úplná jistota správnosti předpovědi. Proto se hovoří o odhadu. Plemenná hodnota se vztahuje pouze k jedinci. (Jakubec et al. 1999). Kontrola užitkovosti je více než důležitá. Pouze pokud budou podkladové soubory dostatečně obsáhlé, je možná jeho efektivita a spolehlivost. V hospodářsky vyspělých státech jsou tyto systémy KU velmi rozsáhlé, naopak v rozvojových zemích je to stále velkým problémem (Jakubec et al. 2010).

Zjednodušeně lze stanovit PH na základě rozdílu užitkovosti jedince od průměru užitkovosti vrstevníků (D) takto:

$$PH = b \cdot D$$

Kde: D = rozdíl užitkovosti od vrstevníků b = regresní koeficient pro přepočtení odchylky užitkovosti na plemennou hodnotu. Pomocí regresního koeficientu je rozdíl užitkovosti přepočten na genetickou hodnotu (Příbyl 1997).

5.4.1 Přesnost a spolehlivost odhadu

Standardizované měřítko pro přesnost odhadu plemenné hodnoty je korelace mezi hodnotou fenotypu a plemennou hodnotou, která může být odhadnuta přímo nebo pomocí úsekového koeficientu, který se skládá z regrese plemenné hodnoty ($r_{a,y}$) na fenotypovou hodnotu ($b_{a,y}$), vynásobené výrazem σ_y / σ_a (= úsekový koeficient), který v daném případě odpovídá druhé odmocnině koeficientu heritability (h) (Jakubec et al. 1999; Jakubec 2010).

Přesnost odhadu plemenné hodnoty na základě fenotypu se zvyšuje s vyšší korelací mezi fenotypovou hodnotou a plemennou hodnotou (Jakubec et al. 1999).

Spolehlivost odhadu je druhá mocnina korelace $r_{a,y}^2$ (Jakubec et al. 2010).

Přesnost i spolehlivost odhadu plemenné hodnoty leží v rozmezí 0-1 nebo 0-100 %. Jako doprovodný parametr odhadu plemenné hodnoty se v současné době více využívá spolehlivost než přesnost odhadu dané plemenné hodnoty (Jakubec et al. 1999; Jakubec 2010).

5.4.2 Odhad plemenné hodnoty na základě jedné vlastnosti

Jako jednoduchý model pro znázornění souvislostí slouží právě odhad plemenné hodnoty na základě jedné vlastnosti. V praxi se tento způsob používá ojedinelé z toho důvodu, že byli objeveny sofistikovanější modely jako BLUP AM nebo TEST DAY MODEL (Jakubec et al. 2010)

- Odhad PH na základě vlastní užítkovosti

V tomto případě se jedná o nejjednodušší případ. Například odhadována plemenná hodnota pro průměrné denní přírůstky býka na základě jeho vlastní užítkovosti, se spočítá vynásobením odchylky fenotypové hodnoty býčka od průměrné hodnoty vrstevníků s regresním koeficientem plemenné hodnoty na hodnotu fenotypovou. Současně se tak rovná koeficientu heritability pro průměrné denní přírůstky (Jakubec et al. 1999; Jakubec 2010).

- Odhad PH na základě užítkovosti příbuzných jedinců
 - Na základě užítkovosti potomstva
 - Na základě užítkovosti polosourozenců

5.4.3 Odhad plemenné hodnoty na základě více vlastností

Principem odhadu plemenné hodnoty pomocí selekčních indexů je to, že se využívá zdroj informací o dvou a více užítkových vlastnostech a o více příbuzných jedinců, čímž se konstruuje selekční index, pomocí kterých lze odhadnout celkovou plemennou hodnotu s maximální přesností. Selekčním indexem ta hodnota, pomocí které je sestavováno pořadí plemenných zvířat v populaci a jsou současně lineárními funkcemi fenotypových hodnot užítkových vlastností.

Selekční index může být složen opravdu mnohostranně. Kromě informací o užítkovosti jedince tam mohou být zahrnuty i informace o užítkovosti příbuzných jedinců, i informace o

užitkovosti celých skupin. Jakubec (2010) uvádí, že přesnost odhadu plemenné hodnoty pro selekční index závisí bezprostředně na směrodatné odchylce selekčního indexu a na směrodatné odchylce souhrnné plemenné hodnoty.

Při konstrukci selekčních indexů je očištění (korekce) podkladových údajů, od systematických efektů prostředových vnějších i vnitřních, prvním krokem a podmínkou. Musí se rozlišit aditivní a neaditivní korekční faktory. Vycházíme z lineárního modelu s fixními efekty, přičemž aditivní korekční faktory se zjišťují pomocí metody nejmenších čtverců. Je možné převést užitkovost na standardní věk nebo hmotnost pomocí regrese. V druhém kroku je poté potřeba vypočítat selekční index z korigovaných údajů (Jakubec et al. 2010).

6 Metody odhadu genetických parametrů

Metody odhadu genetických parametrů přímo předcházejí na metody odhadu plemenných hodnot. V jakémkoliv chovu zvířat je běžnou praxí odhadování složek variability. Pokud se analyzuje více vlastností, musí se zapojit multi-traitové analýzy (Misztal 2008).

Současný software pro odhadování parametrů v chovu zvířat používá především dvě metodiky, a to REML (residual maximal likelihood), dále Bayesovskou metodu, která obvykle využívá Gibbsův vzorkovací algoritmus (BaGS) (Thompson et al. 2005).

6.1.1 REML

Metoda reziduální maximální věrohodnosti (REML – residual maximal likelihood) je založena na maximalizaci pravděpodobnosti chybných kontrastů, které nepřispívají žádnou informací o fixních efektech. Tato metoda REML se shoduje s metodou analýzy rozptylu v případě vyrovnaných datových souborů. Účinně eliminuje zkreslení odhadu rozptylu způsobené neznalostí fixních efektů (Thompson et al. 2005). Maximalizace může být implementována mnoha způsoby v závislosti na řádu dostupných derivací. Nejjednodušší skuoinou algoritmů jsou derivation-free (DF), kde nejsou použité žádné derivace. EM REML metodologie využívající první derivace a AI REML je algoritmus využívající druhé derivace. Všechny metody jsou iterativní (Misztal 2008). Uskutečnění odhadu REML úzce závisí na smíšených modelech rovnic (MME – mixed model equations), které představil Henderson (1973) pro konstrukci BLUP (Thompson et al. 2005).

6.1.2 BaGS

Další oblíbenou metodou pro odhad složek rozptylu je BaGS (což je Bayesovská metoda, která obvykle využívá Gibbsův vzorkovací algoritmus) (Thompson et al. 2005) kdy v nejjednodušší implementaci zahrnuje opakované řešení metody nejmenších čtverců (MME) pomocí Gauss-Seidlovky metody a přidáním náhodného šumu k řešení. Výhodou BaGS je jednoduchost v teorii a programování.

Gibbs sampling (Gibbsovo vzorkování) složek rozptylu je z chi-kvadrátu nebo Wishart-distributions. Vzorky rozptylů z počátečních kol vzorkování jsou zahozeny a vzorky z pozdějších kol pro každou (ko)varianci jsou předpokládány jako marginální z této (ko)variance. Počet kol musí být dostatečně velký, aby byl nasbírána dostatečný počet efektivních vzorků. Následnou analýzou těchto vzorků lze odhadnout módy a průměry. U lineárních modelů jsou obvykle odhady módů velmi podobné odhadům z REML. Kvalita odhadů z BaGS závisí především na kvalitě generování pseudonáhodných čísel, na volbě počtu iterací a délky řetězce (Misztal 2008).

6.2 BLUP

Nejpoužívanějším modelem pro předpověď plemenné hodnoty je BLUP (Best Linear Unbiased Prediction – nejlepší lineární nevychýlená předpověď). Podstatou této metody je současný odhad plemenných hodnot (náhodných efektů) a fixních efektů v jednom kroku pomocí lineárních modelů smíšených efektů (Mrode 2014).

Tato metoda byla vyvinuta pro šlechtění zvířat, ale využívá se v mnoha oblastech výzkumu. BLUP má dobrou předpovědní přesnost ve srovnání s jinými postupy. (Phiepho et al. 2008).

Ve většině genetických aplikací se předpokládá smíšený lineární model, který lze zapsat následovně.

$$y = X\beta + Zu + e$$

kde y je vektor pozorování, β a u jsou vektory fixních náhodných efektů, X a Z jsou příslušné návrhové matice a e je náhodný reziduální faktor (Henderson 1975).

6.2.1 BLUP AM

BLUP AM (Animal Model) je individuální model jedince, ve kterém je možno provést předpověď plemenné hodnoty každého zvířete současně v závislosti na příbuznosti s ostatními jedinci dané populace (Schaeffer 2004). Jedna z nevýhod konstrukce a použití selekčních indexů je právě to, že nelze provést odhad plemenné hodnoty nevychýleně, jestliže jsou nevybalancovaná data o užitkovosti. Principem této metody je to, že pomocí lineárních modelů se smíšenými efekty lze v jednom kroku současně odhadnout plemenné hodnoty (náhodné efekty), ale i efekty fixní (Jakubec et al. 2010).

Pro zahrnutí všech aditivních kovariancí mezi příbuznými byl zaveden model pro zvířata (BLUP – AM), který zahrnuje náhodný efekt plemenné hodnoty každé zvířete (Thompson et al. 2005).

V základním modelu BLUP AM lze definovat, že každá hodnota jedince je determinována genetickými a prostředovými faktory, kdy:

Fenotypové hodnota = prostředové efekty + genetické efekty + efekty reziduální

$$y_{ij} = \mu_i + g_i + e_{ij}, \text{ kde}$$

- y_{ij} – j-té pozorování na i-tém jedinci
- μ_i – identifikovatelné fixní (nenáhodné) efekty prostředí, jako jsou stádo, rok narození, pohlaví, četnost vrhu, pořadí laktace, pořadí vrhu i-tého jedince
- g_i – součet aditivních, dominantních a epistatických genetických hodnot genotypu i-tého jedince
- e_{ij} – součet náhodných prostředřových efektů působících na i-tého jedince

Animal model reprezentuje i různé submodely, mezi které patří například: model s jednou vlastností (single trait model), model s více vlastnostmi (multitrait model) nebo model opakovatelnosti (repeatability model). Tyto modely u všech jedinců v populaci (sourozenců, polosourozenců, otců, matek, potomků a potencionálně nenarozených potomků) umožňují simultánní odhady plemenné hodnoty (Říha et al. 2004).

- Konkrétní použití u koní v ČR

Novotná et al. (2019) publikovala metodiku modernizace postupu pro předpověď genetického založení ve skokové výkonnosti u plemen teplokrevních koní s využitím dvouznakové metody BLUP – Animal Model.

Součástí šlechtění teplokrevních koní v České republice je šlechtění pro skokovou výkonnost. Tyto výsledky ze soutěží jsou dobře využitelné pro genetické hodnocení sportovních koní v ČR, neboť databáze je již dostatečně rozsáhlá a každoročně narůstá.

Modelová rovnice využitá pro odhad plemenných hodnot je následující:

$$y_{1,2} = \text{pohl} + \text{stari} + \text{stari}^2 + \text{soutez} + \text{jezdec} + \text{TP} + \text{jed} + e,$$

kde:

- $y_{1,2}$ – vyhodnocované vlastnosti; y_1 = skoková výkonnost na obtížnosti parkurů 80-120 cm, y_2 = skoková výkonnost na obtížnosti parkurů 125-150 cm
- pohl – pohlaví koně (fixní efekt, ve třídách)
- stari, stari²
 - stáří koně (lineární a kvadratická regrese na věk koně)
- soutěž – skupina vrstevníků v konkrétním čase, místě a obtížnosti soutěže – náhodný efekt
- jezdec – jezdec – náhodný efekt
- jed – efekt jedince – náhodný efekt
- e – reziduum

Následně byli připraveny efekty do rovnice, kdy:

- Pohlaví koně je označeno 3 kódy: 1 – hřebec, 2 – klisna, 3 - valach
- Stáří koně je věk koně od 4 do 25 let.
- Soutěž – efekt sdružující vrstevníky, kteří získali výsledek z parkurové soutěže v konkrétním čase, na konkrétním místě a v konkrétní obtížnosti soutěže.
- Jezdec – efekt jezdce konkrétního koně na konkrétní parkurové soutěži.
- Jedinec – genetický efekt se vzájemnými příbuznostmi zahrnutými v matici příbuznosti, výsledkem jsou plemenné hodnoty pro sledované vlastnosti.
- Reziduum – náhodné kolísání prostředí.

Pro předpovědi plemenných hodnot byl použit program BLUPf90 (Misztal et al., 2002). Plemenná hodnota je určována pomocí metody Animal Model. (Misztal et al., 2002).

Plemenná hodnota je stanovena metodou Animal Model.

Využití 2-znakového modelu umožní předpovídat plemennou hodnotu pro výkonnost na vyšších parkurových soutěžích (II. vlastnost) i u mladých hřebců, kteří prozatím nemají žádnou vlastní výkonnost na těchto úrovních. Díky analýze informací o příbuzných jedincích, jejich rodokmenu a výkonnosti bude možné určit, zda má daný mladý hřebec genetický potenciál pro nejvyšší parkurové soutěže a zda tento potenciál může předat svému potomstvu. Na základě této plemenné hodnoty lze rozhodnout, zda ponechat hřebce v plemenitbě nebo ho vyřadit. Tímto způsobem se zkrátí čas mezi generacemi, což u koní trvá obvykle velmi dlouho (průměrně 9,5-10 let) (Novotná et al. 2019).

7 Závěr

Pro odhad plemenné hodnoty v chovu hospodářských zvířat se nejběžněji používá metoda BLUP – Animal Model. Pro odhad jednotlivých genetických parametrů se nejčastěji využívá metoda REML nebo BaGS. Tyto metody jsou velmi spolehlivé.

V chovu koní se, mimo jiné, hodnotí exteriér a výkonnost jedinců.

U hannoverského koně i českého teplokrevníka působí stále částečně subjektivní vliv hodnotitelů, rovněž jsou koně bodování nejčastěji v rozmezí 7-8 a tím vzniká malý rozptyl.

Zejména u výkonnosti je zde opravdu velký vliv prostředí, hlavně tedy člověka jako jezdce a trenéra. Dobré výsledky v jezdeckém sportu jsou, kromě genetického předpokladu, určitou dovedností, kterou kůň musí získat a zlepšovat pomocí vhodného výcviku.

8 Literatura

- BOUŠKA, Josef, 2006. Chov dojeného skotu. Praha: Profi Press. ISBN 80-867-2616-9.
- CASSELL, Bennet, 2009. Using Heritability for Genetic Improvement. Virginia Cooperative Extension [online]. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/48372/404-084_pdf.pdf?sequence=1
- DUŠEK, Jaromír, 2011. Chov koní. Vyd. 3. Praha: Brázda. ISBN 978-80-209-03884
- HANNOVERANER VERBAND E.V., 2024. Breeding programme for the breed Hannoveraner in the Hannoveraner Verband e.V. Verden.
- HENDERSON C.R. Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honour of Dr. Jay L. Lush. American Society of Animal Science and American Dairy Science Association; Champaign, Illinois: 1973. Sire evaluation and genetic trends; pp. 10–41.
- HENDERSON, C. R., 1975. Best Linear Unbiased Estimation and Prediction under a Selection Model. Biometrics. 31(2). ISSN 0006341X. Dostupné z: doi:10.2307/2529430
- Horse breeding. Hannoveraner Verband [online]. [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://en.hannoveraner.com/horse-breeding/>
- JAKUBEC, Václav, Jan ŘÍHA, Josef GOLDA a Ivan MAJZLÍK, 1999. Odhad plemenné hodnoty hospodářských zvířat. Rapotín: Asociace chovatelů masných plemen. ISBN 80-213-0622-X.
- JAKUBEC, Václav, Jiří BEZDÍČEK a František LOUDA, 2010. Selekcce - inbríding - hybridizace. Rapotín: Agrovýzkum Rapotín. ISBN 978-80-260-0703-6.
- MISZTAL, I. 2008. Reliable computing in estimation of variance components. Journal of animal breeding and genetics. 125 (6). 363-370
- MISZTAL I., TSURUTA S., STRABEL T., AUVRAY B., DRUET T., LEE D. (2002): BLUPF90 and related programs (BGF90). In: Proc. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Montpellier, France, Session 28, 1–2.
- MRODE, R. A. 2014. Linear models for the prediction of animal breeding values. 3rd edition, CABI, Oxfordshire, 343 p. ISBN: 978 1 84593 981 6
- NOVOTNÁ, Alexandra, Alena BIROVAŠ a Zdeňka VESELÁ, 2019. Předpověď plemenných hodnot dvouznakovým modelem pro skokovou výkonnost u teplokrevných plemen koní. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby. ISBN 978-80-7403-220-2.

PIEPHO, H. P., J. MÖHRING, A. E. MELCHINGER a A. BÜCHSE, 2008. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*. 161(1-2), 209-228. ISSN 0014-2336. Dostupné z: doi:10.1007/s10681-007-9449-8

PŘIBYL, Josef, 1997. Šlechtění skotu a jeho vliv na jednotlivé chovy. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Živočišná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-710-5155-1.

ŘÍHA J., JAKUBEC V., JÍLEK F., ILEK J., KVAPILÍK J., HANUŠ O., ČERMÁK V. 2004. Reprodukce v procesu šlechtění skotu. Asociace chovatelů masných plemen. Rapotín. 145 s. ISBN 80-903145-5-X

SCCHMS ČESKÝ SVAZ CHOVATELŮ MASNÉHO SKOTU: Plemenné hodnoty. www.cms.cz [online]. 2016 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://www.cschms.cz/index.php?page=sle_info

SCHAEFFER, L.R., 2004. Application of random regression models in animal breeding. *Livestock Production Science*. 86(1-3), 35-45. ISSN 03016226. Dostupné z: doi:10.1016/S0301-6226(03)00151-9

THOMPSON, Robin, Sue BROTHERSTONE a WHITE, 2005. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 360(1459). ISSN 0962-8436. Dostupné z: doi:10.1098/rstb.2005.1676

URBAN, Tomáš, 2008. Genetické parametry. *Virtuální svět genetiky 3* [online]. Brno [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <http://user.mendelu.cz/urban/vsg3/param/param1.html>

VISSCHER, Peter M., William G. HILL a Naomi R., 2008. Heritability in the genomics era — concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*. 9(4). ISSN 1471-0056. Dostupné z: doi:10.1038/nrg2322

ZAHRÁDKOVÁ, Radka. *Masný skot: od A do Z*. Praha: Český svaz chovatelů masného skotu, 2009. ISBN 978-80-254-4229-6.

SVAZ CHOVATELŮ ČESKÉHO TEPLOKREVNÍKA, 2016. ČESKÝ TEPLOKREVNÍK: Chovný cíl, šlechtitelský program a zkušební řád; Řád plemenné knihy a finanční řád; Řád výžehů; Sazebník poplatků.