

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra etologie a zájmových chovů**

**Efekty křížení v genetickém hodnocení ovcí**

.....  
doktorská disertační práce

Autor: **Ing. Michaela Černá**

Školitel: **doc. Ing. Helena Chaloupková, Ph.D.**  
**doc. Mgr. Ing. Ivan Majzlík, CSc.**

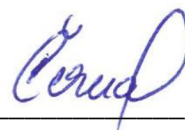
Konzultant: **Ing. Milerski Michal, Ph.D.**

**Praha 2022**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou disertační práci "Efekty křížení v genetickém hodnocení ovčí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího disertační 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 disertační práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 6. 2022



---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svým školitelům doc. Mgr. Ing. Ivanu Majzlíkovi, CSc. a doc. Ing. Heleně Chaloupkové, Ph.D. za odborné vedení při zpracování disertační práce. Za velmi cenné rady při zpracování této práce děkuji Ing. Michalu Milerskemu Ph.D., prof. RNDr. Milanu Margetínovi, Ph.D., prof. Ing. Lubošovi Vostrému, Ph.D. a Ing. Michaele Brzákovákové, Ph.D. Dále bych chtěla poděkovat všem spolupracovníkům z oddělení Genetiky a šlechtění Výzkumného ústavu živočišné výroby v Uhříněvsi za odborné rady a konzultace. Také děkuji Svazu chovatelů ovcí a koz v České republice a Plemenářským službám Slovenské republiky, bez kterých by tato práce nikdy nemohla vzniknout. Velké poděkování patří mé rodině, která mi byla velkou oporou v průběhu celého studia.

# Efekty křížení v genetickém hodnocení ovcí

## Souhrn

Efekty křížení významně ovlivňují užitkovost a ekonomiku chovu. Cílem práce je navrhnout vhodného genetického modelu pro odhad efektů křížení. Disertační práce se skládá z více částí. První část se zabývá vlivem efektů křížení na mléčnou užitkovost u dojných ovcí chovaných na Slovensku. Druhá část je zaměřena na vliv těchto efektů na masnou užitkovost u ovcí chovaných v České republice. Součástí práce je zhodnocení vlivu příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat. Databáze kontroly užitkovosti poskytly Plemenářské služby Slovenské republiky a Svaz chovatelů ovcí a koz v České republice. Hodnocení vlivu křížení na mléčnou užitkovost probíhalo v letech 2012 - 2017 u celkem 38 248 laktací od bahnic plemene cigája, zušlechtěná valaška, lacaune a jejich kříženců. U masné užitkovosti bylo hodnoceno 192 179 čistokrevných jehňat a kříženců, kteří se narodili v letech 2000 - 2020. Statistická významnost modelů a fixních efektů byla otestována procedurou GLM a MIXED v programu SAS. Složky rozptylu a vliv efektů křížení byly odhadnuty pomocí metody restringované maximální věrohodnosti v programu AIREMLF90. Přímý heterozní efekt u bahnic v F1 generaci zvýšil produkci mléka o 6,04 litrů za laktaci. V porovnání s bahnicemi lacaune nadojily bahnice zušlechtěné valašky za laktaci vlivem přímého populačního efektu o 47,26 litrů mléka méně. Bahnice cigáji nadojily za laktaci o 54,89 litrů mléka méně než bahnice lacaune. U jehňat v F1 generaci se vlivem přímého heterozního efektu snížila hmotnost ve 100 dnech věku o 0,3 kg. Maternální heterozní efekt u jehňat pocházejících od bahnic v F1 generaci zvýšil hmotnost o 0,13 kg. Největší přímý populační efekt byl zaznamenán u plemene berrichon du cher (7,42 kg), následovalo plemeno suffolk (7,17 kg), zwartbles (6,69 kg), clun forest (5,72 kg), texel (5,07 kg), charollais (5,04 kg), romney (4,64 kg), merinolandschaf (4,48 kg), oxford down (3,43 kg), bergschaf (2,53 kg), romanovská ovce (2,31 kg) a zušlechtěná valaška (2,03 kg). Výsledky ukazují průkazný negativní vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat. Zjištěné efekty křížení nebudou začleněny do pravidelných postupů genetického hodnocení ovcí chovaných v České republice a na Slovensku, vzhledem k nepatrnému zvýšení vysvětlené proměnlivosti modelů po zařazení těchto efektů a ke snižujícímu se počtu narozených kříženců v databázi kontroly užitkovosti.

**Klíčová slova:** ovce, heterozní efekt, populační efekt, mléčná užitkovost, masná užitkovost

# Effects of crossbreeding in the genetic evaluation of sheep

## Summary

The effects of crossbreeding significantly affect the efficiency and economy of breeding. The aim of this work is to design a suitable genetic model for estimating the effects of crossbreeding. The dissertation consists of several parts. The first part deals with the effect of crossbreeding on milk yield in dairy sheep bred in Slovakia. The second part focuses on the influence of these effects on meat performance in sheep bred in the Czech Republic. Part of the dissertation evaluates the influence of inbreeding on the growth ability of lambs. The databases of sheep performance recordings were provided by the Breeding Services of the Slovak Republic and the Association of Sheep and Goat Breeders in the Czech Republic. The evaluation of the effect of crossbreeding on milk yield took place from 2012 to 2017 for a total of 38,248 lactations from ewes of the breeds Tsigai, Improved Walachian, Lacaune, and their crossbreds. A total of 192,179 purebred lambs and crossbreds born from 2000 to 2020 were evaluated for meat performance. The statistical significance of the models and fixed effects was tested by the GLM and MIXED procedure in the SAS program. The components of variance and the effect of crossbreeding effects were estimated using the restricted maximum likelihood method in AIREMLF90. The direct heterosis effect in ewes in the F1 generation increased milk production by 6.04 liters per lactation. Compared to Lacaune ewes, Improved Walachian ewes milked 47.26 liters milk less during lactation due to the direct population effect. Tsigai ewes milked 54.89 liters milk less during lactation than Lacaune ewes. Due to the direct heterosis effect, lambs in the F1 generation lost 0.3 kg of weight at 100 days of age. The maternal heterosis effect in lambs from ewes in the F1 generation increased weight at 100 days of age by 0.13 kg. The largest direct population effect was recorded in the breed Berrichon du Cher (7.42 kg), followed by the breeds Suffolk (7.17 kg), Zwartbles (6.69 kg), Clun Forest (5.72 kg), Texel (5.07 kg), Charolais (5.04 kg), Romney (4.64 kg), Merinolandschaf (4.48 kg), Oxford Down (3.43 kg), Bergschaf (2.53 kg), Romanov sheep (2.31 kg) and Improved Walachian (2.03). The results show a significant negative effect of inbreeding on the growth ability of lambs. The identified effects of crossbreeding will not be included in the genetic evaluation procedures of sheep bred in the Czech Republic and Slovakia due to a slight increase in the explained variability of models after the inclusion

of these effects and the decreasing number of born crossbreds in the database of sheep performance recording.

**Keywords:** sheep, heterosis effect, population effect, milk yield, meat performance

## Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Chov a šlechtění ovcí v České republice.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Chov a šlechtění ovcí na Slovensku .....</b>	<b>13</b>
2.2.1 Slovenská dojná ovce.....	15
<b>2.3 Genetické základy šlechtění .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Hybridizace (křížení) .....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Systémy křížení.....</b>	<b>19</b>
<b>2.6 Genetické efekty .....</b>	<b>21</b>
2.6.1 Přímý populační efekt .....	21
2.6.2 Heterozní efekt.....	22
2.6.3 Dominance, superdominance, epistáze .....	24
2.6.4 Maternální a paternální efekty .....	26
<b>2.7 Genetické modely .....</b>	<b>27</b>
<b>2.8 Příbuzenská plemenitba .....</b>	<b>30</b>
<b>3 Vědecká hypotéza a cíl práce .....</b>	<b>33</b>
<b>4 Metodika .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Vliv efektů křížení na mléčnou užitkovost.....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Vstupní data a programové vybavení .....	34
4.1.2 Úprava databáze a tvorba rodokmenu .....	34
4.1.3 Odhad genetických parametrů a vlivů efektů křížení .....	38
<b>4.2 Vliv efektů křížení na masnou užitkovost.....</b>	<b>39</b>
4.2.1 Vstupní data a programové vybavení .....	39
4.2.2 Úprava databáze a tvorba rodokmenu .....	39
4.2.3 Odhad genetických parametrů a vlivů efektů křížení .....	43
<b>4.3 Vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat .....</b>	<b>45</b>
<b>5 Výsledky a diskuse .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1 Vliv efektů křížení na mléčnou užitkovost.....</b>	<b>47</b>
5.1.1 Popisná statistika.....	47
5.1.2 Otestování vhodnosti modelu .....	55
5.1.3 Odhadnuté genetické parametry .....	56
5.1.4 Výsledky vlivu efektů.....	57
<b>5.2 Vliv efektů křížení na masnou užitkovost.....</b>	<b>61</b>
5.2.1 Popisná statistika.....	62
5.2.1 Otestování vhodnosti modelu .....	70
5.2.2 Odhadnuté genetické parametry .....	72
5.2.3 Výsledky vlivu efektů.....	73

5.3	Vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat .....	81
6	Závěr.....	88
7	Literatura.....	89



# 1 Úvod

Cílem šlechtění ovcí v České republice je trvalé zlepšování genetických vloh zvířat pro poskytování žádoucí užitkovosti. Šlechtění ovcí je nepřetržitý proces vyžadující hledání nových a účinnějších postupů vedoucí k jeho optimalizaci. K tomu slouží selekční a hybridizační programy. Selekční programy jsou založené na aditivní genetické proměnlivosti a jejich princip spočívá ve výběru nejlepších jedinců, kteří budou rodiči následující generace. Hybridizační programy využívají kromě aditivní genetické proměnlivosti při šlechtění výchozích plemen hlavně neaditivní genetickou proměnlivost. Pro pozitivní odezvu u křížení je třeba šlechtit odděleně otcovská a mateřská plemena. Následným křížením těchto dvou populací může dojít ke zvýšení užitkovosti na základě efektů křížení. Využití hybridizačních programů umožňuje chovatelům rychlé a flexibilní přizpůsobení na aktuální podmínky trhu s ovčími produkty. Oproti selekčním programům zůstává zachována genetická rozmanitost. V České republice je křížení využíváno především pro produkci jatečných jehňat a tvorbě syntetických linií (např. dojná syntetická linie).

Již v minulosti byly navrhované genetické modely pro stanovení efektů křížení. Touto prací se u nás zabýval především profesor Václav Jakubec. Tyto efekty křížení významně ovlivňují užitkovost a ekonomiku chovu. Je proto třeba věnovat pozornost vývoji vhodných genetických modelů pro stanovení efektů křížení, začlenění efektů křížení do pravidelných postupů genetického hodnocení (předpověď plemenné hodnoty) a promyšlené využití těchto efektů v hybridizačních programech. Zařazením efektů křížení a kříženců do pravidelného genetického hodnocení zvířat může zpřesnit předpovědi plemenných hodnot. V současné době se u nás hodnotí reprodukční ukazatele, růstové schopnosti potomstva, charakteristiky jatečné hodnoty a mléčná užitkovost. Genetické hodnocení se provádí u každé populace daného plemene zvlášť. Kříženci nejsou do tohoto hodnocení standartně zařazováni.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Chov a šlechtění ovcí v České republice

Chov ovcí v České republice se v současné době zaměřuje především na kombinovaná plemena a plemena s masnou užitkovostí (Ministry of Agriculture 2018; Bucek et al. 2018). Kombinovaná plemena představují až 51 % chovaných ovcí, masná plemena 32,6 % a dojná 10,3 %. Nejméně se chovají plodná plemena, jejichž podíl z celkového počtu chovaných ovcí tvoří jen 6,1 %. V roce 1990 u nás dominoval především vlnářský typ ovcí (62,9 %), který byl následován plemeny s kombinovanou užitkovostí (36,4 %) a velmi malý podíl zaujímal plemena masná, plodná a dojná (0,7 %) (Josrová 2018). Od tohoto roku došlo k významným změnám ve struktuře chovaných plemen. Jedním z hlavních důvodů byl prudký pokles ceny vlny (Bucek et al. 2018). V roce 1995 počet ovcí vlnářského typu výrazně poklesl (pokles o 61 %) a naopak výrazně vzrostl typ s kombinovanou užitkovostí, masný, plodný a dojný (Josrová 2018).

Hlavním produktem chovu ovcí je produkce skopového masa. Ve srovnání s ostatními druhy masa je spotřeba skopového nízká. Jedná se především o tradiční spotřebu během svátků (Ministry of Agriculture 2018). Největší produkce jehněčího a skopového masa pochází z domácích porážek (Bucek et al. 2018). Zpracování ovčího mléka a výroba ovčích sýrů závisí především na farmových chovech, ve kterých je toto mléko produkováno. V České republice není speciální mlékárna nebo sýrárna, která by vykupovala a zpracovávala ovčí mléko (Bucek et al. 2018).

V České republice se v chovu ovcí využívají pastevní produkční systémy, jejichž cílem je efektivní a trvale udržitelné využití travních porostů s minimalizací pracovní náročnosti a vnějších vstupů do systému (Šlechtitelský program pro chov ovcí 2017). V chovech převažuje systém jarního bahnění. Při tomto způsobu chovu, kdy se ovce pasou s jehňaty na pastvě, se snižují náklady na práci a zajištění vhodné krmné dávky pro laktující bahnice (Bucek et al. 2018). Chov ovcí je také spojen se zachováním biodiversity (Ministry of Agriculture 2018) a pomáhá udržovat krajinu v horských a podhorských oblastech (Ministry of Agriculture 2013).

Šlechtitelské programy jsou zaměřeny na komplexní zlepšování genetických vloh zvířat pro poskytování žádoucí užitkovosti (Šlechtitelský program pro chov ovcí 2017). Pro šlechtitelskou práci jsou důležité zejména výsledky kontroly mléčné užitkovosti, sledování růstu, jatečné hodnoty, plodnosti a odhad plemenných hodnot. Pro zlepšení výkrmnosti a jatečné hodnoty se využívá křížení, což je jedna z efektivních metod plemenitby. Jatečná

hodnota kříženců v porovnání s čistokrevnými plemeny bývá ve všech sledovaných ukazatelích prokazatelně lepší (Bucek et al. 2018).

K základním ukazatelům kontroly užitkovosti patří (Josrová 2018):

- Údaje o reprodukci
- Sledování růstových schopností u masných plemen (hmotnost odchovaných jehňat ve 100 dnech věku)
- Sledování jatečné hodnoty u masných plemen ovcí (ultrazvukové měření hloubky zádového svalu a výšky podkožního tuku)
- Sledování mléčné užitkovosti u dojných plemen (měsíční měření nadojeného mléka a rozbor obsahu mléčných složek – bílkovin, tuku a laktózy)

Šlechtění ovcí v České republice se v posledních letech zaměřuje především na genetickou variabilitu u jednotlivých plemen, inbrední depresi a její vliv na produkční vlastnosti, hodnocení četnosti vrhu a přežitelnost jehňat.

Genetická variabilita má významný vliv ve šlechtění zvířat, její nedostatek negativně ovlivňuje selekci, která je důležitá ke zvýšení genetického zisku. Byla hodnocena populační struktura, genetická variabilita uvnitř plemen a příčiny ztráty genetické variability u valašských a šumavských ovcí. Výsledky ukazují, že obě populace ztratily významnou část své genetické rozmanitosti ve srovnání s původní populací zakladatelů a mají rostoucí tendenci průměrných koeficientů příbuzenské plemenitby. Valašské ovce jsou více ohroženy ztrátou genetické rozmanitosti než šumavské ovce a byly pravděpodobně ovlivněny inbrední depresí (Machová et al. 2021). Inbreeding a inbrední deprese byly sledovány také u populace romanovské ovce. Cílem studie bylo analyzovat populační strukturu a kvantifikovat vliv příbuzenské plemenitby na velikost vrhu u romanovských ovcí. Tato studie naznačuje vysokou ztrátu genetické rozmanitosti, která byla způsobena především nízkým efektivním počtem zakladatelů a předků. Nízký efektivní počet předků naznačuje intenzivní využívání omezeného počtu otců v reprodukci a vyústil v relativně vysoké hodnoty koeficientu příbuzenské plemenitby. Dochází k inbrední depresi a bez změn ve šlechtitelské strategii by genetická rozmanitost mohla i nadále klesat. Hromadění příbuzenské plemenitby v malé populaci může vést k významným ekonomickým ztrátám (Vostrý et al. 2018).

Produkce jehňat a jejich dostatečná životaschopnost je jedním z důležitých ekonomických ukazatelů pro chovatele. Byla provedena genetická studie u četnosti vrhu u romanovských

ovcí. Cílem studie bylo zkoumat a kvantifikovat účinky faktorů působících během období páření na následnou velikost vrhu u vysoce plodného plemene romanovská ovce. Ačkoliv je velikost vrhu obecně považována za vlastnost bahnice, výsledky této studie naznačují, že berani romanovské ovce mají také zřetelný vliv na velikost vrhu. Odhady genetických parametrů naznačují, že přímý výběr plemenné hodnoty pro efekt berana by mohl být dalším kritériem výběru pro zlepšení velikosti vrhu u ovcí (Schmidová et al. 2016). Pro četnost vrhu byly odhadnuty genetické parametry u plemen ovcí charollais, romney, merinolandschaf, romanovská ovce, suffolk, šumavská ovce a texel. Tato plemena tvoří více než tři čtvrtiny zaznamenané populace ovcí v České republice. Výsledky ukazují, že genetické parametry, přesněji aditivní genetický rozptyl k celkovému fenotypovému rozptylu, se u jednotlivých plemen liší. To je třeba vzít v úvahu při genetickém hodnocení zvířat (predikci plemenných hodnot pro velikost vrhu bahnice) (Schmidová et al. 2014). Dále byly hodnoceny genetické a negenetické účinky ovlivňující přežitelnost jehňat. Analýza ukázala, že negenetické účinky měly podstatně vyšší vliv na přežití jehňat než genetické účinky. Výsledky naznačují, že při dobrém řízení stáda je přežití jehňat podmíněno zejména náhodnými nekontrolovatelnými vlivy prostředí a že poměr dědičné přímé nebo maternální složky rozptylu tohoto znaku je velmi nízký. Kromě toho byla stanovena negativní korelace mezi přímým a mateřským genetickým efektem na přežitelnost u jehňat do 14 dní věku. Tato fakta významně snižují možnost efektivního šlechtění pro přežitelnost jehňat, ačkoliv je to velmi důležitá ekonomická vlastnost (Vostrý & Milerski 2013).

Wolfová et al. (2011) stanovili ekonomické váhy produkčních a funkčních znaků pro plemena ovcí s kombinovanou užitkovostí (romney, merinolandschaf, romanovská a šumavská ovce). Ekonomické váhy byly stanoveny pro přímé a maternální znaky v čistokrevných produkčních systémech a systémech, které zahrnovaly částečné terminální křížení. V systémech s částečným terminálním křížením u všech čtyř plemen byly ekonomické váhy maternálních znaků o něco větší než v čistokrevných populačních systémech, zejména pro velikost vrhu.

Vyhodnocení vlivu čtyř plemen masného typu (oxford down, texel, charollais, suffolk) v otcovské pozici a kombinovaného plemene (merinolandschaf) v mateřské pozici ukázalo rozdílné výsledky na kvalitativní charakteristiky masa křížených jehňat. Vliv plemene významně ovlivnil obsah bílkovin, pH a šťavnatost jehněčího masa. Potomci po otcích plemene charollais měli maso lepší kvality ve srovnání s ostatními kříženci. Maso těchto jehňat mělo nejvyšší obsah bílkovin a intramuskulárního tuku, nejlepší šťavnatost a strukturu (Jandasek et al. 2014).

U valašských ovcí byly zkoumány vztahy mezi indexem tělesné hmotnosti (BMI) a produkčními vlastnostmi. Studie se týkala vyhodnocení indexu tělesné hmotnosti (BMI) a zjištění jeho vlivu na produkci mléka nebo masa u původních valašských ovcí. Byl prokázán pozitivní vztah mezi BMI a produkčními vlastnostmi. Zejména u výšky hřbetního tuku a výšky nejdelšího zádového svalu. Vztah BMI s produkčními vlastnostmi se ukázal jako zajímavý nástroj v managementu stáda (Ptáček et al. 2018).

## 2.2 Chov a šlechtění ovcí na Slovensku

Chov ovcí se společně s chovem skotu řadí mezi dvě nejdůležitější odvětví slovenského zemědělství (Krupová et al. 2014). Je zaměřený na produkci mléka a masa. Zvyšování produkce mléka je prováděno čistokrevnou plemenitbou nebo křížením (Makovický et al. 2020). Křížena jsou místní plemena s dojnými plemeny jako je lacaune nebo východofríská ovce. Ovce jsou chované v intenzivních i extenzivních produkčních systémech (Krupová et al. 2014). Stavby ovcí a jejich užitkovost v posledních letech stoupá, v důsledku čehož se zvyšuje produkce hlavních ovčích komodit. V posledním období se klade větší význam na mimoprodukční funkci, především na utváření rázu venkovské krajiny (Makovický & Margetín 2017). Dojné ovce s tržní produkcí mléka tvoří na Slovensku více jak 85 % z celkového počtu chovaných ovcí. Specializovaná dojná a masná plemena tvoří asi 5 - 10 %. Zbytek tvoří nedojená plemena s kombinovanou užitkovostí (Brestenský 2015). Nejchovanějšími plemeny ovcí na Slovensku jsou zušlechtěná valaška, cigája a lacaune (Krupová et al. 2014).

Kontrola užitkovosti se provádí ve šlechtitelských, rozmnožovacích a výjimečně v užitkových chovech. Provádí se za účelem objektivního hodnocení užitkových vlastností jednotlivých ovcí, stád a chovů. Údaje zjištěné kontrolou užitkovosti se využívají pro odhad plemenných hodnot ovcí, které jsou důležité ze šlechtitelského a ekonomického pohledu. Při provádění kontroly užitkovosti se zjišťuje vlastní užitkovost (přírůstky), reprodukční ukazatele (% oplodnění, % plodnosti a % plodnosti na obahněnou bahnici) a při kontrole mléčné užitkovosti bahnic se zjišťuje množství nadojeného mléka za normovanou laktaci v kg a obsah mléčných složek (tuk, bílkoviny, laktóza) (Ovce 2016). Odhady plemenných hodnot se provádějí pomocí BLUP (nejlepší lineární nevychýlená předpověď) Animal modelu a odhadují se pro množství mléka, tuku, bílkovin, četnost vrhu a hmotnost jehňat při odstavu (Genetické hodnotenie oviec 2017).

Údaje o mléčné užitkovosti jsou stejně jako v České republice zjišťovány metodou AT podle metodiky ICAR a jsou rutinně zaznamenávány pod vedením Chovatelských služeb na Slovensku od roku 1995. Na počátku genetického hodnocení ovcí na Slovensku byly použity záznamy o produkci mléka za laktaci. Přesnost odhadu plemenných hodnot však vyžaduje větší znalost účinků působících na mléčnost užitkovost. V tomto případě má hodnocení založené na záznamech jednotlivých kontrolních dnů řadu výhod. Jednou z nich je možnost zohlednění faktorů ovlivňující daný kontrolní den. Odhady složek rozptylu a plemenné hodnoty jsou vypočítávány pomocí jednorozměrných a vícerozměrných animal modelů (test-day model), s přihlédnutím k podobným účinkům jako u statistických modelů analyzující nejdůležitější faktory ovlivňující variabilitu mléčných vlastností. Složky rozptylu jsou odhadovány pomocí metody REML (Restricted Maximum Likelihood = restringovaná maximální věrohodnost), za využití softwaru VCE 5 a VCE. Plemenné hodnoty jsou odhadovány pomocí softwaru PEST (Oravcová 2015).

Šlechtění ovcí na Slovensku se v posledních letech zaměřuje především na mléčnou užitkovost. Kvalita mléka, která byla hodnocena na základě počtu somatických buněk, byla zkoumána u ovcí plemene zušlechtěná valaška, cigája, lacaune a jejich kříženců. Byla významně ovlivněna nejen genotypem, ale i pořadím laktace a rokem hodnocení. Nejvyšší hodnoty počtu somatických buněk byly zjištěny u čistokrevných bahnic lacaune. U starších bahnic a na konci laktace bylo pozorováno zvýšení počtu somatických buněk (Makovický et al. 2013). Oravcová et al. (2015) analyzovali vliv stádia laktace na denní mléčnou užitkovost a obsah mléčného tuku a bílkovin u bahnic cigája a zušlechtěná valaška. Analýza ukázala, že vliv stádia laktace ovlivnil variabilitu denní mléčné užitkovosti, obsah mléčného tuku a bílkovin. Větší změny byly zaznamenány u bahnic plemene cigája. Mačuhová et al. (2017) hodnotili jak pořadí, ve kterém ovce v dojící skupině vstupují do dojírny, ovlivňuje jejich dojitelnost a složení mléka. Ovce, které vstupují do dojírny první, mají lepší parametry toku mléka a mají vyšší produkci mléka než ovce vstupující do dojírny jako poslední. Oravcová et al. (2018) posuzovali vlastnosti mléčné užitkovosti a počet somatických buněk u slovenských dojných plemen ovcí (cigája, zušlechtěná valaška, lacaune a jejich kříženci). Výtěžek mléka a obsah laktózy se snižoval, zatímco obsah tuku a bílkovin se zvyšoval se zvyšujícím se počtem somatických buněk.

Morfologie vemene a vlastnosti dojení jsou jedním z faktorů určujících dojitelnost u dojníc (Makovický et al. 2019). Byla sledována velikost mléčné cisterny u bahnic zušlechtěné valašky, cigáji, lacaune a kříženců zušlechtěné valašky a cigáji se specializovanými dojnými plemeny lacaune a východofříská ovce. Křížením zušlechtěné valašky a cigáji se

specializovanými dojnými plemeny se zvětšuje velikost mléčných cisteren vemene (Makovický et al. 2017). Byly měřeny a subjektivně hodnoceny morfologické znaky vemene u ovčí plemene lacaune a východofříská ovce. Výsledky ukázaly, že plemeno lacaune má lepší parametry dojitelnosti než plemeno východofříská ovce (Makovický et al. 2019a). Morfologické znaky vemene byly měřeny a subjektivně hodnoceny pomocí lineárního skóre a plochy příčného řezu cisterny zobrazené ultrazvukovým přístrojem byly hodnoceny u bahnic cigáji, zušlechtěné valašky a lacaune. Subjektivní hodnocení lineárního skóre pro hloubku vemene, hloubku cisterny, úhel a velikost struků ukázalo vysoké korelace s měřením příslušných znaků na vemenu u všech hodnocených plemen (Makovický et al. 2019b).

Byla provedena studie na posouzení variačních složek a genetických parametrů pro obsah tuku a bílkovin u ovčí plemene cigája pomocí různých modelů. Dědivost pro obsah tuku se pohybovala mezi 0,06 - 0,17 pro obsah bílkovin se dědivost pohybovala mezi 0,10 - 0,23 (Oravcová 2016). Byly odhadnuty genetické parametry pro lineární znaky vemene. Koeficienty dědivosti odhadované pro lineární znaky vemene byly nízké a pohybovaly se v rozmezí 0,09 - 0,3. (Makovický et al. 2015). Dále byly odhadnuty genetické parametry pro dojitelnost a počet somatických buněk u slovenských dojných ovčí. Hodnoty dědivosti pro vlastnosti dojivosti se pohybovaly v rozmezí 0,096 - 0,275. Mezi vlastnostmi dojitelnosti a počtem somatických buněk byly středně nízké až vysoké negativní genetické korelace (Makovický et al. 2018).

Margetín et al. (2020b) hodnotili vliv systému odchovu jehňat na produkci mléka ovčí a růstové vlastnosti u jehňat dojných ovčí. Byl prokázán vliv systému odchovu na produkci mléka, ale nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v denních přírůstcích mezi jehňaty. Z ekonomického pohledu chovu ovčí byla provedena analýza citlivosti na dopad různých produkčních strategií a úrovní užítkovosti na relativní ekonomické hodnoty vlastností u dojných ovčí (Kupová et al. 2012).

Nejzajímavější oblastí ve šlechtění ovčí na Slovensku je vyšlechtění a uznání národního plemene – slovenská dojná ovce. Toto plemeno je nejen zajímavé svým přínosem pro chov dojných plemen na Slovensku, ale také výsledkem propracované šlechtitelské práce, která se podílela na jeho vzniku.

### **2.2.1 Slovenská dojná ovce**

Na počátku 90. let minulého století byl spuštěn program formování syntetické populace slovenských dojných ovčí (obrázek 1). Vznik nového plemene probíhal ve dvou fázích. V

první fázi byla křížena místní plemena (zušlechtěná valaška, cigája, merino) se zlepšujícími plemeny (lacaune, východofriška ovce). V druhé fázi byla použita příbuzenská plemenitba v rámci populace kříženců. Rodiče následující generace byli vybráni na základě plemenné hodnoty pro mléčnou užitkovost a četnost vrhu. Populace slovenské dojně ovce byla uznána jako plemeno v roce 2017. Průměrné denní přírůstky od narození do odstavu byly 0,26 kg u jehniček a 0,30 kg u beránků. Standardizovaná produkce mléka za dojnou periodu v roce 2015 u tohoto plemene byla  $164 \pm 2,04$  l a průměrná denní produkce mléka byla  $1,035 \pm 0,012$  l. Obsah mléčných složek se do roku 2015 snížil na  $7,27 \pm 0,040$  % tuku a  $5,69 \pm 0,017$  % bílkovin. Bahnice slovenské dojně ovce mají dobré vlastnosti vemene (Margetín et al. 2017). U bahnic je vemeno velmi důležité díky svým fyziologickým a konformačním vlastnostem (Makovický et al. 2017). Do roku 2017 bylo v kontrole užitkovosti zahrnuto 5 tisíc bahnic slovenské dojně ovce. Každý rok vstupuje do šlechtitelského programu 35 % ročních jehniček a celkem 50 tisíc bahnic slovenské dojně ovce je chováno v komerčních chovech (Margetín et al. 2017). Na základě komplexní analýzy genetické struktury slovenské dojně ovce bylo zjištěno, že celkový genetický podíl zlepšujících plemen je u nového plemene 60 %. Zbývající 40 % genetický podíl je tvořen domácími plemeny, z toho geny zušlechtěné valašky a cigáji jsou u slovenské dojně ovce zastoupeny přibližně stejným podílem (18 %) (Margetín et al. 2020a).

Obrázek 1. Slovenská dojná ovce





## 2.3 Genetické základy šlechtění

Předpokladem šlechtitelského pokroku jsou genetické rozdíly mezi zvířaty buď uvnitř jedné populace, nebo mezi populacemi čistými a hybridními. Genetickou proměnlivost uvnitř populace využíváme pro selekci jedinců a jejich následné záměrné páření. Princip selekce je založen na využití aditivního působení genů. Naopak genetickou proměnlivost mezi populacemi využívá hybridizace (křížení) (Jakubec et al. 2010). Dostatečná genetická variabilita v populacích hospodářských zvířat je nezbytná pro neustálé genetické zlepšování zvířat, především jejich ekonomicky důležitých vlastností. Současný trend bohužel směřuje ke snížení genetické variability u plemen i mezi nimi (Biscarini et al. 2015).

## 2.4 Hybridizace (křížení)

Hybridizace neboli křížení je jednou z metod šlechtění zvířat, která se intenzivně využívá již několik desetiletí pro genetické zlepšování hospodářských zvířat (masný skot, prasata, ovce, drůbež) a tím ke zlepšení užitkových vlastností (Leroy et al. 2016; Petrovic et al. 2019; Stock et al. 2020). Ačkoliv se křížení dříve především využívalo u masné užitkovosti, později vzrostl zájem i o křížení u mléčných plemen ke zvýšení mléčné produkce (Sørensen et al. 2008). Využití křížení může pomoci chovatelům hospodářských zvířat zvýšit produkci živočišných produktů a zároveň zachovat genetickou rozmanitost (Van Arendonk et al. 2011). Tento šlechtitelský zásah je diskontinuitní a umožňuje rychlé a flexibilní přizpůsobení se na změněné podmínky produkce trhu (Jakubec et al. 2010).

Křížení je založeno na působení aditivních a neaditivních genetických účinků (Swan & Kinghorn 1992). Může vést ke kombinaci příznivých vlastností plemen na základě přímého aditivního efektu plemene (přímého populačního efektu) (Freyer et al. 2008). Nabízí využívat komplementaritu na základě specifických pozičních efektů mezi plemeny nebo liniemi a využívat heterozního efektu (Swalve et al. 2004; Freyer et al. 2008; Jakubec et al. 2010; Esfandyari et al. 2015; Wakchaure et al. 2015; Getahun et al. 2019; Stock et al. 2020).

Oproti selekci, která využívá proměnlivosti uvnitř jednotlivých plemen, se křížení zaměřuje na genetické rozdíly mezi jednotlivými plemeny (Jakubec et al. 2010). V dnešní době se chová celosvětově 418 plemen ovcí (Rasali et al. 2006). Plemena ovcí se vyvíjela mnoho tisíc let a v důsledku toho se liší svou adaptabilitou na různé prostředí a svými užitkovými vlastnostmi (Leymaster 2002). Křížením plemen dochází k mnohem většímu

počtu kombinací genů, a proto je pravděpodobnější, že se projeví příznivé alely ekonomicky důležitých vlastností (Petrovic et al. 2019). Naopak ke snížení užitkovosti vlivem křížení může dojít v důsledku rekombinace nealelických genů a migrací nežádoucích genů (Rasali et al. 2006).

Cílem křížení je kombinace dvou, tří nebo čtyř různých plemen, která by vedla k dosažení žádoucí vlastnosti od každého plemene (Wakchaure et al. 2015). Křížení místních plemen se specializovanými plemeny pro produkci jatečných jehňat může vést k většímu ukládání svaloviny a menšímu množství tuku v jatečně upraveném těle (Issakowicz et al. 2018). Nízká hmotnost jehňat a špatné vlastnosti jatečně upraveného těla jsou hlavními příčinami nižších příjmů chovatelů extenzivně chovaných ovcí. Využití terminálního křížení by zlepšilo užitkovost jehňat a jatečné vlastnosti. Zavedení křížení s terminálními berany v systémech extenzivní produkce ovcí může zvýšit produkci ve srovnání s čistokrevnou plemenitbou při zachování adaptace na prostředí prostřednictvím mateřského plemene. Jak chovatel ovcí, tak průmysl, by mohli využít tento nástroj ke zlepšení růstu jehňat a vlastnosti jatečně upraveného těla (Elizalde et al. 2019).

Systémy křížení pro genetické zlepšení produkce mléka bývají poměrně často složité, aby je bylo možné realizovat, proto chovatelé volí především jednodušší schémata, která zahrnují pouze zlepšení místních plemen vysoce dojnými plemeny (Sanna et al. 2001; Carta et al. 2009). Místní plemena jsou dobře přizpůsobena svým produkčním oblastem. Vytvoření syntetických linií křížením místních a dovezených plemen může být úspěšnou strategií pro zvýšení mléčné produkce (Barillet 2007). Vyvíjejí se víceplemenné syntetické populace se specifickým zaměřením na reprodukci, kvalitu a produkci masa a mléka (Rasali et al. 2006). Křížení místních plemen s vysoce užitkovými plemeny je založené na předávání genů vysoce užitkového plemene, následné zvyšování úrovně produkce v dalších generacích a snižování inbrední deprese zvýšením genetické diverzity plemene s nízkou užitkovostí (Hartwig et al. 2014). Pokud se křížení s vysoce užitkovým plemenem opakuje po několik generací, dochází k zániku původního plemene, protože původní alely jsou odstraněny z genofondu. Proto je vznik syntetického plemene možné také vnímat jako zvláštní formu křížení (Freyer et al. 2008). Genetická rozmanitost u ovcí místních plemen může přispět k zachování vlastností, které jsou ekonomicky důležité pro genetické zlepšování zvířat (Vargas et al. 2019).

Z důvodu vzrůstajícího zájmu o maso s nízkým obsahem tuku a vysokým obsahem bílkovin byl hodnocen vliv křížení u ovcí poll dorset a texel, který prokázal rychlejší růst u jehňat a vyšší hmotnost jatečně upraveného těla s nižším obsahem tuku. Stejně tak byl prokázán vyšší obsah bílkovin u nejdelšího zádového svalu (Shauyenov et al. 2015). U

kříženců plemene red masai a doper byly prokázány lepší vlastnosti z hlediska masné užitkovosti (živá hmotnost, zmasilost, vlastnosti jatečně upraveného těla) v porovnání s jejich rodiči (Zonabend König et al. 2017). Využití masných plemen v otcovské pozici umožňuje rychlejší růst jehňat a tudíž jejich vyšší hmotnost. (Farrell et al. 2020). Pozitivní vlastnosti křížení jsou spojeny se zvýšením přežití jehňat ve věku od 2 do 30 a od 2 do 60 dnů (Ferreira et al. 2015). Prodej jehňat na trhu představuje významný zdroj příjmů chovatelům. Znalost faktorů ovlivňujících růst jehňat má významné ekonomické důsledky (Murphy et al. 2018).

## 2.5 Systémy křížení

Systémy křížení ovcí můžeme rozdělit do různých kategorií, které se liší podle toho, zda jsou kříženci dále využíváni v chovu či nikoliv a podle počtu čistokrevných plemen použitých v daných systémech křížení (Leroy et al. 2016). Všechny systémy křížení jsou založeny na rozmanitosti plemen. Při křížení ovcí dochází k připouštění bahnic a beranů dvou nebo více plemen. Některé systémy vycházejí z komplementarity (Leymaster 2002). Každý systém křížení má svoje výhody a slabé stránky (Leroy et al. 2016).

### Terminální křížení

Terminální křížení patří mezi nejjednodušší systém křížení. Zatímco ostatní systémy křížení využívají především genetické rozmanitosti plemen a heterozního efektu, systém terminálního křížení využívá především komplementarity (Leymaster 2002). Terminální křížení lze realizovat prostřednictvím dvou plemen (dvouplemenné terminální křížení) nebo tří plemen (terminální tříplemenné křížení).

U dvouplemenného terminálního křížení dochází k páření bahnic jednoho plemene (A) s berany druhého plemene (B). Výsledné potomstvo je známé jako F1 generace (Yadav et al. 2018). Oproti čistokrevné plemenitbě je systém složitější v chovu dvou oddělených stád (Leymaster 2002). Do mateřské pozice se vybírá plemeno dobře přizpůsobené místním podmínkám a s dobrými mateřskými vlastnostmi. Do otcovské pozice se vybírá plemeno s dobrou produkční vlastností. Všichni potomci z tohoto křížení jsou určeni na výkrm a dále se v plemenitbě nevyužívají (Leroy et al. 2016). Je to nejjednodušší a zároveň nejflexibilnější systém křížení (Yadav et al. 2018). Jeho výhoda, ale spočívá v 100% heterozním efektu, který se projeví u narozených jehňat po prvním křížení (Leymaster 2002).

Tříplemenné terminální křížení je podobné jako dvouplemenné s tím rozdílem, že bahnice kříženky (A x B) jsou připarčovány berany jiného plemene (C). Tento systém křížení má mnoho výhod, využívá se při něm maximálního přímého a maternálního heterozního efektu (Yadav et al. 2018). U křížené bahnice se vlivem křížení zlepšují mateřské vlastnosti (Leroy et al., 2016).

### Rotační křížení

Rotační křížení je založeno na používání bahnic kříženek, které jsou střídavě připouštěny berany různých plemen (obvykle dvě až čtyři plemena), přičemž dochází v průběhu generací ke změně genetického složení kříženek. Podobně jako terminální křížení vyžaduje tento systém průběžný přísun čistokrevného genetického materiálu, ale pouze na straně otců, čímž se chovatelům značně ušetří náklady. Cílem terminálního a rotačního křížení je zvýšit heterozygotnost a s ní i související heterozní efekt (Leroy et al. 2016). U rotačního křížení se kromě přímého heterozního efektu využívá i maternálního heterozního efektu. Po několika generacích rotačního křížení se bude u jehňat a bahnic projevovat 67% heterozní efekt. Zařazením třetího plemene do rotačního systému se zvýší heterozní efekt jehňat a bahnic na 86 % (Leymaster 2002). Nevýhoda tohoto systému spočívá v oddělení ovcí do dvou stád v případě dvouplemenného rotačního křížení, v případě tříplemenného do tří stád (Leymaster 2002).

U dvouplemenného rotačního křížení se ve střídání generací využívají berani dvou plemen (A a B). Bahnice pocházející po beranech plemene A jsou připouštěny s berany plemene B, zatímco bahnice po beranech B jsou připouštěny s berany plemene A (Leymaster 2002; MacNeil 2005). Vybraná plemena pro křížení by měla mít srovnatelnou porodní hmotnost, hmotnost v dospělosti a produkci mléka (Gosey 2005; Yadav et al. 2018).

Tříplemenné rotační křížení je velmi podobné dvouplemennému křížení. Jediný rozdíl je v přidání dalšího otcovského plemene (A, B, C). Oproti dvouplemennému křížení při rotaci tří plemen dochází ke zvýšení heterozního efektu. Nevýhodou tříplemenného křížení je chov dalšího odděleného stáda. Dochází ke zvýšení nároků na chov a pracovní sílu (Yadav et al. 2018).

### Kombinační křížení

Tento systém křížení poskytuje jednoduchou metodu řešení problémů spojených s rotačním křížením (Leymaster 2002). Jeho cílem je vytvoření syntetického plemene, u kterého se vzájemně doplňují vlastnosti plemen, především adaptability na místní podmínky a

zvýšení užitkovosti. Teoreticky může tento systém křížení zahrnovat libovolný počet plemen. Nejčastěji se využívají dvě plemena. Při zapojení do tohoto systému více jak tří plemen se složitost podstatně zvyšuje (Leroy et al. 2016). Základní generace vznikla připárováním dvou nebo více plemen. V následujících generacích dochází k připárování jejich potomků (kříženců) a zároveň selekci na základě požadovaných vlastností (Leymaster 2002). Při kombinačním křížení je třeba zachovat dostatečnou velikost populace z důvodu omezení příbuzenské plemenitby, která je rozhodujícím faktorem pro míru úspěšnosti tohoto systému (Gosey 2005). Velikost heterozního efektu udržovaného ve stádě je závislá na počtu použitých plemen (Leymaster 2002). Nově vzniklé syntetické plemeno bude představovat místně přizpůsobené plemeno a v ideálním případě bude kombinovat prospěšné alely místních a dovezených plemen použitých při křížení. Je důležité uvést, že takto vzniklá plemena mohou představovat hrozbu pro místní plemena, i když nejdůležitější alely z původních populací budou pravděpodobně zachovány (Leroy et al. 2016)

Křížení může být také použito za účelem nahrazení (převodné křížení) nebo vylepšení místního plemene (zušlechtovací křížení). Principem převodného křížení je připárování kříženek importovanými berany jiného plemene po několik generací, které následně zvyšuje procento genů dovezeného plemene, až se dosáhne podílu 100 %. Takovýto systém křížení obecně znamená větší hrozbu pro místní genetické zdroje (GZ), než vytváření syntetického plemene, vzhledem k tomu, že původní alely se pravděpodobně nezachovají (Leroy et al. 2016).

## **2.6 Genetické efekty**

### **2.6.1 Přímý populační efekt**

Křížení může vést ke kombinaci příznivých vlastností zúčastněných plemen na základě aditivních genetických účinků plemen (Freyer et al. 2008). Využitím různých genetických úrovní mezi plemeny můžeme získat lepší potomky (Sørensen et al. 2008). V dnešní době se celosvětově chová až 418 plemen ovcí (Rasali et al. 2006). Rozmanitost plemen je ještě větší vezmeme-li v úvahu několik vlastností najednou než jednu jedinou vlastnost charakteristickou pro dané plemeno. Při křížení můžeme plemeno považovat jako soubor genetických efektů, které ovlivňují mnoho vlastností. Musíme brát v úvahu to, že každé plemeno má relativní silné, ale i slabé stránky napříč vlastnostmi. Žádné plemeno nevyčníká ve všech důležitých

vlastnostech, v tom spočívá základ pro strategické využití plemen ve strukturovaných systémech křížení. Například plemeno, které vyniká denními přírůstky a jatečně upraveným tělem, může být méně adaptabilní na různé prostředí (Leymaster 2002).

Přímý populační efekt se skládá z efektů aditivity a dominance uvnitř populace. Lze ho definovat jako součet jednotlivých intralokusových a interlokusových efektů, které ale nejsme schopni uvnitř populace rozlišit (Jakubec et al. 2010). Přímý populační efekt neboli také efekt plemene byl hodnocen u rambouillet a romanovských ovcí u přežitelnosti, růstu F1 kříženců a reprodukčních znaků F1 bahnic. Četnost vrhu při narození od bahnic romanovské ovce překonala četnost vrhu bahnic rambouillet o 1,52 jehňat. Porodní hmotnost jehňat od bahnic romanovské ovce byla v průměru 3,41 kg, od bahnic rambouillet 4,26 kg. Rozdíly mezi plemeny z hlediska užitkovosti, dlouhověkosti, růstu a přežitelnosti potomků byly minimální (Freking & Bennett 2019). Souza et al. (2016) hodnotili vliv plemene dorper na růstovou schopnost jehňat, vlastnosti jatečně upraveného těla a vlastnosti masa při křížení s ovci santa inês. Byly pozorovány významné rozdíly u hmotnosti jatečně upraveného těla. Jehňata pocházející od ovcí dorper a santa inês vykazovala vyšší denní přírůstky (223,8 g) než čistokrevná jehňata santa inês (168,1 g) a požadované tloušťky hřbetního tuku (3 mm) dosáhla rychleji a měla vyšší podíl svalové tkáně.

Na aditivním působení genů jsou založeny efekty komplementarity, kterých se využívá při křížení. Princip komplementarity je založen na vzájemně se doplňujících (komplementárních) populačních rozdílech mezi mateřskými populacemi (plemeny) na jedné straně a otcovskými populacemi (plemeny) na straně druhé, které podmiňují jejich pozici v systému křížení (Jakubec et al. 2010). Komplementarita zahrnuje dva efekty, efekt nelineární a efekt poziční. Podmínkou pro využití těchto efektů je rozdělení populací na otcovské a mateřské (Jakubec et al. 2001). Otcovská plemena jsou připouštěna s čistokrevnými nebo kříženými bahnicemi mateřských plemen za účelem produkce tržních jehňat v systémech terminálního křížení. U mateřských plemen je kladen důraz na adaptabilitu a reprodukční vlastnosti. Otcovská plemena by měla vynikat produkčními vlastnostmi a dlouhověkostí (Leymaster 2002).

## 2.6.2 Heterozní efekt

Studium heterozního efektu a inbrední deprese sahá až k Charlesovi Darwinovi, který byl prvním vědcem zkoumajícím tento fenomén (Birchler et al. 2006). Termín heteroze, který se používá k měření užitkovosti kříženců ve srovnání s rodičovským průměrem, byl poprvé navržen profesorem Schulem v roce 1914 (Wakchaure et al. 2015). O genetické podstatě

heterozního efektu se diskutovalo téměř sto let. První názory byly, že kombinace různých alel v organismu vedla k lepšímu růstu a vitalitě ve srovnání s přítomností stejných alel. Jak se genetické znalosti rozšiřovaly, byla přijata teorie, že se příznivé alely různých genů pocházející od rodičů kombinují v kříženci a to vede k lepším vlastnostem (Birchler et al. 2006).

Heterozní efekt je jev, při kterém jsou potomci (kříženci) mezi liniemi nebo čistokrevnými populacemi lepší, než je očekávaný průměr rodičovských linií nebo populací pro určitou vlastnost (Kaeppler et al. 2012; Wakchaure et al. 2015; Prastowo et al. 2017; Khayatzadeh et al. 2018). Je to určitá odchylka od průměru rodičovských populací (Khayatzadeh et al. 2019). Kromě pojmu heterozní efekt se můžeme setkat ještě s pojmy jako je heteroze či „životní síla“ (Birchler et al. 2006). Heterozní efekt může být pozitivní nebo negativní v závislosti na hodnocené vlastnosti (Wakchaure et al. 2015).

Příčinou heterozního efektu je neaditivní působení genů (McAllister 2002; Wakchaure et al. 2015; Xiang et al. 2016; Dunne et al. 2019) a vzniká na základě genetických interakcí v lokusech (dominance, superdominance) a interakcí mezi lokusy (Swan & Kinghorn 1992; Kaeppler et al. 2012). V genetických modelech heterozního efektu se předpokládá, že fenotyp nebo vlastnost je řízena více spojenými nebo nespojenými lokusy (Birchler et al. 2006). Důsledkem heterozního efektu je zvýšení heterozygotnosti (Wakchaure et al. 2015).

Účinky heterozního efektu závisí na rozdílech ve frekvencích různých alel v každém lokusu, které ovlivňují určitou vlastnost. Čím větší jsou tyto rozdíly, tím větší heterozygotnost a účinky heterozního efektu se projeví (McAllister 2002). Obecně platí, že jedinci s více heterozygotními lokusy mají lepší výkonnost ve srovnání se zvířaty s více homozygotními lokusy. Čistokrevná plemena mají často zvýšený stupeň homozygotnosti v důsledku selekce a genetického driftu (Mäki-Tanila 2007). Větší heterozygotnost a tím i větší heterozní efekt bude vznikat při křížení plemen s větší genetickou diverzitou (Wakchaure et al. 2015). Potomci rodičů s větší genetickou diverzitou jsou geneticky zdatnější než potomci rodičů s menší diverzitou (Lippman & Zamir 2006).

Jeho množství udržovaného ve stádě závisí na typu vybraného systému křížení. Nejvyšší úroveň heterozního efektu je vždy pozorován u F1 generace. Tato úroveň v následujících generacích klesá (Wakchaure et al. 2015) vlivem rekombinace (Lippman & Zamir, 2007). Kromě rozdílu velikosti heterozního efektu v závislosti na systému křížení má na jeho velikost i vliv počet zahrnutých plemen. Očekávaná velikost heterozního efektu je těžko předvídatelná (Sorensen et al. 2008). Účinky heterozního efektu jsou okamžité a dočasné,

nikoliv kumulativní (Jakubec et al. 2010). Aby se zachovala vysoká úroveň heterozního efektu je třeba se vyvarovat příbuzenské plemenitbě (Wakchaure et al. 2015).

Heterozní efekt má vliv na životaschopnost, rychlejší růst, vyšší produkci mléka a vlny (Wakchaure et al. 2015; Favero et al. 2019; Quénon et al. 2020). Dochází ke zvýšení hmotnosti a plodnosti (Birchler et al. 2006). Zlepšují se mateřské vlastnosti, zdraví a celková kondice (Wakchaure et al. 2015). Heterozní efekt poskytuje heterozygotním jedincům určitý způsob ochrany před nepříznivými recesivními alelami a poskytuje lepší genetickou schopnost pro přizpůsobení se proměnným podmínkám prostředí (Lippma & Zamir 2007). Velikost heterozního efektu vyjádřená pro určitou vlastnost je nepřímo úměrná dědivosti dané vlastnosti. Heterozní efekt se nejvíce projevuje u málo dědivých vlastností. U vysoce dědivých vlastností je obecně pozorován minimální nebo žádný vliv heterozního efektu. Nejvyšší úroveň heterozního efektu je nejčastěji pozorována u funkčních vlastností ovlivňující reprodukci, přežití a celkový fitness (Hansen 2006; Wakchaure et al. 2015). Při křížení může docházet i k negativním účinkům. Jedním z nich je rekombinační ztráta. Při rekombinační ztrátě dochází k rozdělení příznivých genových kombinací, které se nacházejí v rodičovských plemenech. Rekombinační ztráta může být těžko odhadnutelná, ačkoliv bylo zjištěno, že snižuje úroveň heterozního efektu (Cassell & McAllister 2009).

Opakem heterozního efektu je inbrední deprese, která naopak souvisí se ztrátou vitality. Heteroze způsobuje zvýšení heterozygotnosti a naopak inbrední deprese vede ke snížení heterozygotnosti (Kaepler et al. 2012; Wakchaure et al. 2015).

Daltro et al. (2020) uvádí, že vzhledem k významnosti heterozního efektu je nezbytné, aby byl tento efekt zohledněn při genetickém hodnocení zvířat. Zároveň by tímto efektem mohla být zpřesněná předpověď plemenných hodnot.

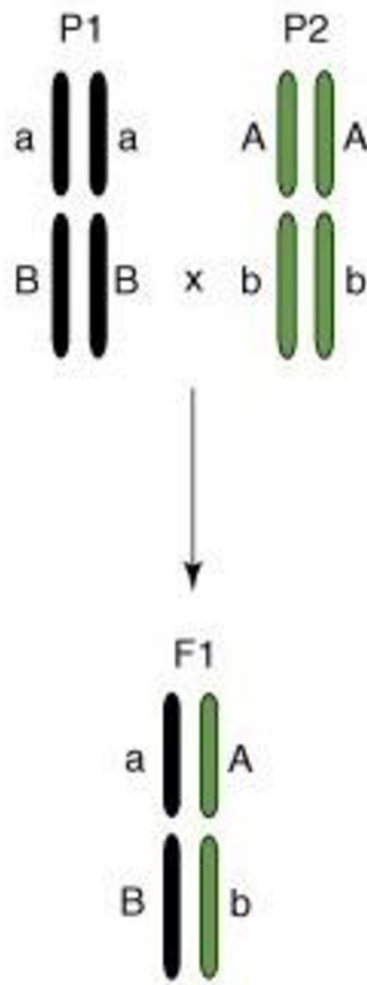
### **2.6.3 Dominance, superdominance, epistáze**

Podle teorie dominance se nepříznivé recesivní alely hromadí v homozygotních jedincích během příbuzenské plemenitby a způsobují snížení výkonnosti nebo inbrední depresi. Různí inbrední rodiče jsou omezeni nepříznivými recesivními alelami na několika lokusech, které se mezi rodiči liší (Birchler et al. 2006). Při páření (křížení) těchto dvou inbredních jedinců se jejich potomci stávají v těchto lokusech heterozygotními a dojde k potlačení nepříznivých recesivních alel jednoho rodiče příznivými dominantními alelami druhého rodiče (Wakchaure et al. 2015), čímž se zmírňuje inbrední deprese a obnovuje se vitalita (Birchler et al. 2006).



Teorie dominance je zobrazena na obrázku 2. Křížení způsobuje u kombinace v F1 generaci příznivé alely 'A' pocházející od rodiče P2 a příznivé alely 'B' pocházející od rodiče P1. Tato kombinace vede k fenotypové převaze nad oběma rodiči. V případě příbuzenského páření rodičovských linií by se v genomu kumulovaly nepříznivé recesivní alely, které jsou zobrazeny jako 'a' a 'b'. (Lippma & Zamir 2007).

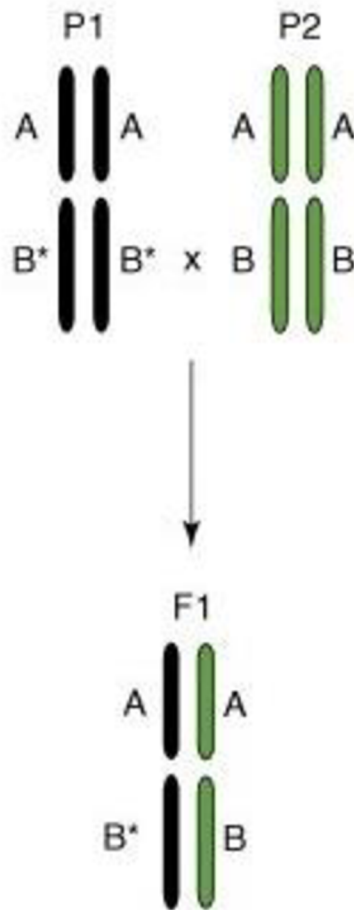
Obrázek 2. Teorie dominance (Lippma & Zamir 2007).



Superdominance je intraalelická interakce (Kaeppler et al. 2012). Homozygotní alely na určitém lokusu se liší mezi oběma inbredními rodiči. V případě jejich kombinace u potomka (křížence) dochází k interakci, která vede k lepšímu fenotypu v porovnání s rodičovskými fenotypy homozygotních sestav (Birchler et al. 2006; Kaeppler et al. 2012). Podle obrázku 3 rodič P1 předává alelu 'B\*' a rodič P2 alelu 'B' bez předpokladu dominantně-recesivního vztahu. Kříženec F1 nese obě alely, které fungují společně a podporují větší vitalitu. Alelická

interakce na jediném heterozygotním lokusu má za následek synergický efekt na vitalitu, která překonává oba homozygotní rodiče (Lippma & Zamir 2007).

Obrázek 3. Teorie superdominance (Lippma & Zamir 2007).



Swan & Kinghorn (1992) popisují epistázi jako interakci mezi geny v různých lokusech. Bohužel je velmi obtížné změřit epistázi při navrhování programů křížení.

#### 2.6.4 Maternální a paternální efekty

Kromě přímého populačního a heterozního efektu, které se projeví u kříženců pocházejících od čistokrevných rodičů odlišných plemen, se můžeme setkat ještě s maternálním a paternálním populačním a heterozním efektem. Maternální populační a heterozní efekt se především projevují u užitkových vlastností, které jsou spojeny s odchovem a růstem jedince do dospělosti (Jakubec et al. 2010). Maternální heterozní efekt představuje

změnu užitekosti u křížených jehňat pocházejících od bahnic kříženek (Leymaster 2002; Wakchaure et al. 2015). Projevuje se nižší úmrtností potomků (Dhakal et al. 2013), jejich větší hmotností při narození (Lema et al. 2011; Murphy et al. 2018), větší přežitelností a zároveň větší hmotností jehňat při odstavu (Wakchaure et al. 2015; Getahun et al. 2019). Paternální populační a heterozní efekt mají na projev vlastností podstatně menší vliv než efekty přímé a maternální (Jakubec et al. 2010). Paternální heterozní efekt ovlivňuje produkční a reprodukční vlastnosti (Wakchaure et al. 2015), libido, rychlost zabřezávání, odolnost a dlouhověkost. Při připouštění bahnic kříženými berany měly bahnice vyšší míru zabřeznutí v porovnání s bahnicemi připouštěnými čistokrevnými berany (Leymaster 2002).

## 2.7 Genetické modely

Genetickými modely se zabývala řada autorů už ve 20. století, ale z hlediska hybridizace u hospodářských zvířat jsou méně aplikovatelné v porovnání se šlechtěním rostlin. Každý odhad efektů křížení vyžaduje speciální experiment. K odhadu efektů křížení potřebujeme při křížení dvou výchozích (rodičovských) populací minimálně tolik generací rodičů a dvoupopulačních kříženců, kolik odhadujeme genetických efektů. U hospodářských zvířat se navíc kromě přímých efektů setkáváme ještě s maternálními a paternálními efekty. V tomto případě se především využívají aditivně-dominantní modely, ve kterých se odhadují pouze efekty intralokusové (aditivita a dominance). V krajních případech lze tyto modely ještě rozšířit o efekty interlokusové (epistáze) (Jakubec et al. 2010). Genetické modely zaměřené na efekty křížení byly v daleko větší míře zkoumány u skotu, tyto modely je možné aplikovat i ve šlechtění ovcí. Lema et al. (2011) se ve své práci zaměřili na přímé a maternální aditivní a neaditivní efekty u délky březosti, porodní hmotnosti a hmotnosti při odstavu u masného skotu (hereford, angus, salers, nellore). Celkem bylo porovnáno pět modelů pro odhad efektů křížení. Kromě fixních efektů byly do modelových rovnic začleněny aditivní a neaditivní efekty. Prvním modelem byl aditivní model (AM), který zahrnoval pouze aditivní efekty (přímý aditivní efekt  $g^I$ , maternální aditivní efekt  $g^M$ ). Poté byly k prvnímu modelu postupně přidávány neaditivní efekty na základě modelu navrženého Dickersonem (1973): přímý ( $h^I$ ) a maternální ( $h^M$ ) heterozní efekt, přímá ( $r^I$ ) a maternální ( $r^M$ ) rekombinační ztráta. Jednotlivé modely jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Přímé a maternální aditivní a neaditivní efekty křížení zahrnuté v genetických modelech.

Modely	Efekty					
	$g^I$	$g^M$	$h^I$	$h^M$	$r^I$	$r^M$
Aditivní model	*	*				
Model s přímým heterozním efektem	*	*	*			
Model s maternálním heterozním efektem	*	*	*	*		
Model s přímou rekombinační ztrátou	*	*	*	*	*	
Dickersonův úplný model	*	*	*	*	*	*

$g^I$  – individuální aditivní efekt,  $g^M$  – maternální aditivní efekt,  $h^I$  – přímý heterozní efekt,  $h^M$  – maternální heterozní efekt,  $r^I$  – přímá rekombinační ztráta,  $r^M$  – maternální rekombinační ztráta

Na základě Akaikova informačního kritéria (AIC) byl stanoven jako nejlepší model pro délku březosti aditivní model. Pro porodní hmotnost a hmotnost při odstavu to byl úplný model podle Dickersona. Odhadnutí fixních genetických (aditivních a neaditivních) efektů a otestování neaditivních modelů prokázalo významný vliv těchto efektů a jejich důležitost v zahrnutí do genetických analýz křížených populací. Mezi tyto efekty patřily přímý (aa) a maternální (am) aditivní efekt plemene a neaditivní efekty, jako je přímý (ca) a maternální (cm) efekt komplementarity, přímý (ha) a maternální (hm) heterozní efekt a přímý (ea) a maternální (em) efekt epistáze (tabulka 2). Vliv aditivních a neaditivních efektů byl hodnocen u masné užitkovosti v populaci masného skotu angus, nellore a jejich kříženců. Všechny modely zahrnovaly fixní efekty prostředí (stádo, rok, období, ...), fixní genetické efekty a náhodné efekty (Bertolli et al. 2015).

Jako nejlépe zvolený model pro genetickou analýzu populace kříženců byl vybrán model se všemi aditivními a neaditivními efekty (ACHE) a model bez komplementarity (AHE) (Bertolli et al. 2015). Vliv aditivních a neaditivních efektů byl prokázán i u mléčné užitkovosti dojného skotu a jejich kříženců. Bylo testováno více modelů a jako genetické efekty byly zahrnuty efekty plemene, heteroze a rekombinační ztráty (Daltro et al. 2021). Průkazný vliv heterozního efektu v modelu, který zahrnoval aditivní a neaditivní genetické efekty potvrzuje i studie od Mendonça et al. (2019).

Tabulka 2. Fixní genetické efekty zahrnuté v testovaných modelech

Efekty								
Model	aa	am	ca	cm	ha	hm	ea	em
A	X	X						
AC	X	X	X	X				
AH	X	X			X	X		
AE	X	X					X	X
ACH	X	X	X	X	X	X		
ESO	X	X	X	X			X	X
AHE	X	X			X	X	X	X
ACHE	X	X	X	X	X	X	X	X

Aa – přímý aditivní efekt, am – maternální aditivní efekt, ca – přímý efekt komplementarity, cm – maternální efekt komplementarity, ha – přímý heterozní efekt, hm – maternální heterozní efekt, ea – přímý efekt epistáze, em – maternální efekt epistáze

Většina výzkumů ve šlechtění ovcí se především zaměřuje na čistokrevná stáda a jejich první nebo druhou generaci potomků (kříženců). V případě více generací jsou často kombinace plemen u kříženců složitá a plemena se u nich nacházejí v různých poměrech. Přidáním aditivního efektu plemene a heterozního efektu do modelu umožní chovatelům vybírat vhodná plemena při křížení na základě kombinovatelnosti (Walkom et al. 2011). V jednoznakových modelech od Murphyho et al. (2017) zaměřených na mléčnou užitkovost a četnost vrhu se nacházely fixní efekty zahrnující i přímý efekt plemene a přímý heterozní efekt, náhodné aditivní genetické efekty, trvalé vlivy prostředí a reziduum. Cílem této studie bylo odhadnout významnost a rozsah účinku řízení chovu, sezónnosti, plemene a heterozního efektu na užitkovost bahnic. Heterozní efekt i přímý efekt plemene měly průkazný vliv na užitkovost bahnic a obzvláště heterozní efekt by měl být zařazen do genetického hodnocení zvířat. Stejných výsledků z hlediska zařazení genetických a negenetických efektů do modelu bylo dosaženo i u živé hmotnosti jehňat. V jednoznakových modelech byl kromě přímého efektu plemene a přímého heterozního efektu zařazen také maternální heterozní efekt (Murphy et al. 2018).

## 2.8 Příbuzenská plemenitba

Příbuzenská plemenitba neboli inbreeding patří mezi důležité metody plemenitby. Definice pojmu příbuzenské plemenitby a jejího koeficientu se v průběhu let vyvíjela a řada autorů definuje tyto pojmy z různých pohledů, od zootechnických až po molekulární (Jakubec et al. 2010). Příbuzenská plemenitba znamená páření jedinců, kteří jsou navzájem příbuzní společným předkem (Falconer 1960). Aby bylo možné potomstvo považovat za inbrední, musí mít rodiče společného předka v posledních pěti nebo šesti generacích (Yadav et al. 2019). Čím užší je příbuzenský vztah mezi jedinci, tím větší míra příbuzenské plemenitby se projeví u jejich potomků (Wakchaure & Ganguly 2015).

Při příbuzenské plemenitbě dochází ke změnám genotypových frekvencí, genové frekvence se v rámci populace nemění. Zvyšují se homozygotní genotypové frekvence a dochází k poklesu heterozygotních genotypů. Jedinci nesou kopie alel, které se nacházely u jejich předků. Při páření jedinců, kteří mají společné předky, se tyto kopie předávají potomkům. Inbrední jedinci mohou nést dvě alely jednoho genu, které jsou kopií jedné a téže alely z předchozích generací. Takovým alelám se říká, že jsou identické podle původu a inbrední jedinec se nazývá autozygotní. V případě jedince, který je homozygot, ale nenese alely identické původem, hovoříme o alozygotním homozygotovi (Falconer 1960).

Hlavní důvody vzniku příbuzenské plemenitby (Yadav et al. 2019) jsou:

- 1) Malá velikost populace: Ve velikostně omezené populaci je obtížné se vyhnout rozmnožování příbuzných zvířat. V tomto případě se outbrední populace stane inbrední.
- 2) Genetický drift: Genetický drift vzniká v malých populacích. Dochází při něm k náhodným změnám v alelových a genotypových frekvencích dané populace a zvyšuje její homozygotnost.
- 3) Nenáhodné páření: Páření blízce příbuzných zvířat za účelem získání podobných alel od rodičů vede ke zvýšení homozygotnosti.

Stupeň příbuzenské plemenitby lze vyjádřit pomocí koeficientu příbuzenské plemenitby. Koeficient příbuzenské plemenitby (symbolizovaný  $F$ ) je definován jako pravděpodobnost, že jedinec má v jakémkoliv lokusu dvě alely, které jsou identické původem (Falconer 1960). Tento koeficient měří míru autozygotnosti relativně vzhledem k určité původní populaci (Jakubec et al. 2010). Tento přístup hodnocení je založen na rodokmenových údajích o

daných jedincích v populaci. V některých případech je obtížné získat informace o původu nebo mohou být nespolehlivé. Dalším přístupem v hodnocení stupně příbuzenské plemenitby je využití dat SNP (single nucleotide polymorphism = jednonukleotidový polymorfismus) k odhadu příbuzenské plemenitby pocházející ze vzdálených společných předků (Keller et al. 2011).

Primárním důsledkem příbuzenské plemenitby na úrovni chovu je inbrední deprese (van Wyk et al. 2009). Inbrední deprese patří stejně jako heterozní efekt do neaditivní složky genotypové variance a je určitým jeho protikladem. Projevem negativního účinku příbuzenské plemenitby je zhoršení fenotypového projevu řady kvantitativních vlastností. Jedná se především o znaky, které jsou podmíněny větším počtem genů a které se vyznačují obecně nízkými nebo středními hodnotami koeficientu dědivosti (Jakubec et al. 2010). Příbuzenská plemenitba a následná inbrední deprese zhoršuje růstovou schopnost, produkci, zdraví, plodnost a přežitelnost. Problém se stává závažnější v současných chovech, ve kterých se zvýšila selekce zvířat na základě odhadu plemenných hodnot. Nesprávné používání plemenných hodnot může vést k tomu, že jsou vybíráni jedinci, kteří jsou blízce příbuzní a dochází k nárůstu příbuzenské plemenitby (van Wyk et al. 2009). U čistokrevných populací může inbrední deprese ovlivnit ekonomický příjem chovatelům (Leroy 2014). Obecně platí, že příbuzenská plemenitba více ovlivňuje málo dědivé vlastnosti (reprodukční vlastnosti, přežitelnost) v porovnání s vlastnostmi s vyšší dědivostí (růstová schopnost). Bez kontroly příbuzenské plemenitby dojde ke zhoršení málo dědivých, ale ekonomicky důležitých vlastností (McDaniel et al. 2001).

Míru příbuzenské plemenitby je třeba omezit, aby se zachovala genetická diverzita na přijatelné úrovni a genetická variance zajistila, že následující generace budou lépe reagovat na změny v prostředí a na selekci. Bez genetické variance se zvířata nemohou těmto změnám přizpůsobit (van Wyk et al. 2009). Míra příbuznosti mezi jedinci v populaci závisí na velikosti populace (Falconer 1960). Naopak Weigel (2001) uvádí, že příbuzenská plemenitba je primárně funkcí intenzity selekce spíše než velikosti populace. Genetická diverzita je důležitá z pohledu genetického zlepšování zvířat a také rychlé adaptace na měnící se chovatelské cíle. Například u intenzivně chovaných zvířat se oproti pastevně chovaným zvířatům vlivem intenzivní selekce vytvořila větší genetická uniformita (Notter 1999). Zhodnocení populační struktury a genetické variability má zásadní význam pro genetické zlepšení populace (Matos et al. 2021). V některých případech je příbuzenské křížení nevyhnutelné, a proto je třeba udržovat míru příbuzenské plemenitby nebo ztrátu genetické diverzity na udržitelné úrovni (Yadav et al. 2019).

Studie, týkající se účinků příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost u ovcí, byly provedeny u plemen zandi (Ghafouri-Kesbi et al. 2008), santa inês (Pedrosa et al. 2010), sakiz (Ceyhan et al. 2011), moghani (Dorostkar et al. 2012; Hossein-Zadeh et al. 2012), bharat merino (Gowane et al. 2013), guilan (Eteqadi et al. 2014), lori (Yeganehpur et al. 2016), segureña (Barros 2017), dorper (Kiya et al. 2019).



### **3 Vědecká hypotéza a cíl práce**

#### Vědecká hypotéza:

Vhodný genetický model stanovení efektů křížení umožní přesnější hodnocení zvířat. Využití efektů křížení umožní vyšší užitkovost na jedince.

#### Cíl práce:

Cílem práce je navrhnout vhodného genetického modelu pro odhad efektů křížení a začlenění zjištěných efektů do pravidelných postupů genetického hodnocení plemen ovcí chovaných v ČR a SR.

## **4 Metodika**

Disertační práce, zaměřená na odhad působení aditivních a neaditivních genových účinků u ovcí, se skládá z více částí. První část se zabývá odhadem těchto účinků u mléčné užitkovosti ovcí chovaných na Slovensku. Přesněji u ovcí podílejících se na vzniku slovenského národního plemene - slovenská dojná ovce, kde díky dlouholeté šlechtitelské práci existuje poměrně mnoho záznamů o užitkovosti plemen a jejich kříženců podílejících se na vzniku tohoto plemene. Druhá část práce je zaměřena na odhad těchto účinků u masné užitkovosti ovcí chovaných v České republice.

Kromě hodnocení vlivu efektů křížení na mléčnou a masnou užitkovost byl v rámci disertační práce hodnocen vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat, který je opakem heterozního efektu a je založen na nárůstu homozygotnosti v populaci.

### **4.1 Vliv efektů křížení na mléčnou užitkovost**

#### **4.1.1 Vstupní data a programové vybavení**

Pro hodnocení byla použita databáze kontroly užitkovosti, která byla poskytnuta Plemenářskými službami Slovenské republiky. Tato databáze se skládala z 6 souborů obsahující celkem 61 437 záznamů o užitkovosti. V souboru o původu jedinců se nacházelo celkem 463 943 jedinců. Hodnocení bylo provedeno v letech 2012 - 2017. Pro úpravu databáze a stanovení statistické významnosti fixních efektů byl použit software SAS verze 9.4 (SAS Institute 2017). Pro odhad složek rozptylu a vlivu efektů křížení na produkci mléka byl použit program AIREMLF90 (Misztal et al. 2014).

#### **4.1.2 Úprava databáze a tvorba rodokmenu**

Nejdříve bylo třeba upravit databázi od záznamů s chybnými nebo chybějícími údaji. Soubory s užitkovostí obsahovaly tyto údaje:

- unikátní číslo bahnice
- plemeno
- levá ušní známka
- pravá ušní známka
- číslo stáda

- rok evidence
- datum obahnění
- pořadí laktace
- počet narozených jedinců
- počet odchovaných jedinců
- skutečná produkce mléka
- obsah tuku
- obsah bílkovin
- obsah laktózy
- délka dojné periody
- interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením mléka
- rok narození

Soubor o původu obsahoval tyto údaje:

- unikátní číslo jedince
- číslo otce
- číslo matky
- plemeno
- staré plemeno
- stádo
- pohlaví
- datum narození

Plemeno jedince je složené z 10 znaků. Prvních 8 znaků je zápis minimálně 4 plemen (4x dvojnaková zkratka plemene).

Obrázek 4. Zápis plemene jedince (Zásady automatizovaného spracovania dát oviec a kôz 2012)

P1	P1	P2	P2	P3	P3	P4	P4	K	K
----	----	----	----	----	----	----	----	---	---

P1 je plemeno s nejvyšším podílem genů, P2 druhé plemeno, P3 třetí plemeno, P4 čtvrté plemeno a K je kód podílu genů. Pokud je zkratka plemene jednoznaková, je doplněna

mezerou zprava. Poslední dva znaky (9. a 10.) obsahují kód podílu genů. Každý kód podílu genů odpovídá procentuálnímu podílu genů jednotlivých plemen podle tabulky níže.

Tabulka 3. Podíl plemen podle kódu podílu genů (Zásady automatizovaného spracovania dát oviec a kôz, 2012)

<b>Kód podílu krve</b>	<b>% podíl 1. plemene</b>	<b>% podíl 2. plemene</b>	<b>% podíl 3. plemene</b>	<b>% podíl 4. plemene</b>
00	100	0	0	0
01	87,5	12,5	0	0
02	75	25	0	0
03	62,5	37,5	0	0
04	50	50	0	0
05	75	12,5	12,5	0
06	62,5	25	12,5	0
07	50	37,5	12,5	0
08	50	25	25	0
09	37,5	37,5	25	0
10	62,5	12,5	12,5	12,5
11	50	25	12,5	12,5
12	37,5	37,5	12,5	12,5
13	37,5	25	25	12,5
14	25	25	25	25

V databázi u jedinců slovenské dojně ovce se kromě údajů o plemeni (SD), nacházel i údaj o víceplemenném zápisu. Tento údaj byl důležitý v dalších postupech. Zároveň bylo třeba přidat plemena rodičů a jejich podíly genů. Následně byla vybrána plemena (cigája, lacaune, zušlechtěná valaška) a kříženci, u kterých měly být odhadnuty efekty křížení.

Pro zhodnocení vlivu křížení na mléčnou produkci byly vytvořeny dva efekty křížení: přímý populační efekt a heterozní efekt. Přímý populační efekt byl vytvořen jako podíl plemene. U čistokrevných jedinců byla tato hodnota 0 nebo 100 % (na základě vybraného plemene), u kříženců se tato hodnota pohybovala mezi 0 až 100 % (87,5 %, 75 %, 62,5 %, 50 %, 37,5 %, 25 %).

...), v závislosti na podílu genů plemene. Přímý heterozní efekt byl stanoven jako stupeň heterozygotnosti pomocí vzorce od Van der Werf a de Boera (1989):

$$\text{Heterozygotnost} = P_d \times (1 - P_s) + P_s \times (1 - P_d)$$

kde  $P_d$  je podíl hlavního plemene pocházejícího od matky a  $P_s$  je podíl hlavního plemene pocházejícího od otce

Efekt sdružující vrstevníky (efekt SRO), kteří jsou chováni za stejných podmínek, byl vytvořen spojením chovu, roku a období bahnění. Tento efekt nám vymezuje skupinu společně chovaných zvířat, u kterých předpokládáme podobný vliv podmínek prostředí (zohlednění podmínek chovu). Zimní a jarní bahnění bylo sloučeno, stejně jako letní a podzimní bahnění, s minimálním počtem 7 zvířat ve skupině. Efekt četnost vrhu byl vytvořen na základě počtu narozených jehňat ve vrhu. V první třídě se nacházela pouze jehňata z jednočetných vrhů, v druhé třídě jehňata z vícečetných vrhů.

Byly sestaveny dva rodokmeny na základě přidání čtyř generací předků k jedincům s užitkovostí. První rodokmen pro odhad efektů křížení se zařazením přímého populačního efektu do modelové rovnice obsahoval pouze číslo jedince, otce a matky. Druhý rodokmen pro odhad přímého populačního efektu nezařazeného v modelové rovnici, ale přes skupinu neznámých předků. Tento rodokmen je zakončen tzv. skupinami neznámých předků, která sdružují jednotlivá plemena. Pokud je jeden z rodičů neznámý, je nahrazen příslušnou genetickou skupinou. Do rodokmenu byl dále přidán koeficient dle dostupnosti údajů o rodičích (oba rodiče známí – 1, jeden rodič neznámý – 2, oba rodiče neznámí – 3). Rodokmen tedy obsahoval číslo jedince, otce, matky a koeficient. Jedinci v rodokmenu byli nakonec přečíslováni od 1 do maximálního počtu, těmto číslům odpovídala i čísla zvířat uvedená v souboru s užitkovostí.

Nakonec byl vytvořen aditivně genetický efekt jedince potřebný pro propojení s maticí příbuznosti a efekt trvalého prostředí z důvodu sledování více laktací u jedince. Tento efekt zohledňuje negeneticky podmíněné celoživotní předpoklady jedince poskytovat užitkovost, které jsou dány zejména kvalitou odchovu tohoto jedince. Veškeré efekty zahrnuté v modelové rovnici, kromě přímého populačního efektu a heterozního efektu, které do modelové rovnice vstupovaly jako regresní koeficienty, bylo nutné přečíslovat od 1 do maximální hodnoty.

### 4.1.3 Odhad genetických parametrů a vlivů efektů křížení

Statistická významnost modelu a fixních efektů byla otestována procedurou MIXED a GLM v softwaru SAS. Složky rozptylu a vliv efektů křížení na produkci mléka byly odhadnuty pomocí metody restringované maximální věrohodnosti v programu AIREMLF90. Genetické parametry pro skutečnou produkci mléka byly odhadovány jednoznakovým modelem. Modelová rovnice pro odhad efektů se zařazením přímého populačního efektu byla následující:

$$\text{MLEKO} = \text{SRO} + \text{PORLAK} + \text{DDP} + \text{DDP2} + \text{CV} + \text{INT} + \text{ZV} + \text{C} + \text{H} + \text{JED} + \text{TPJ} + e$$

kde:	MLEKO	- skutečná produkce mléka
	SRO	- sdružený efekt stáda, roku a období (náhodný efekt)
	PORLAK	- pořadí laktace (fixní efekt)
	DDP	- délka dojné periody - lineární regrese (fixní efekt)
	DDP2	- délka dojné periody - kvadratická regrese (fixní efekt)
	CV	- četnost vrhu (fixní efekt)
	INT	- interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením mléka - lineární regrese (fixní efekt)
	ZV	- přímý populační efekt - zušlechtěná valaška - regrese (fixní efekt)
	C	- přímý populační efekt - cigája - regrese (fixní efekt)
	H	- přímý heterozní efekt - regrese na heterozygotnost (fixní efekt)
	JED	- efekt jedince (náhodný efekt)
	TPJ	- trvalé prostředí jedince (náhodný efekt)
	e	- reziduum

Druhá modelová rovnice obsahovala všechny výše zmíněné efekty, kromě přímých populačních efektů, které byly odhadnuty přes skupiny neznámých předků.

## 4.2 Vliv efektů křížení na masnou užitkovost

### 4.2.1 Vstupní data a programové vybavení

Jako vstupní data byla použita databáze poskytující informace o užitkovosti jedinců, obsahující celkem 585 191 záznamů o užitkovosti a druhá databáze poskytující informace o původech jedinců, ve které se nacházelo celkem 562 986 jedinců se záznamem o původu. Obě databáze poskytl Svaz chovatelů ovcí a koz v České republice. Hodnocení bylo provedeno u růstové schopnosti jehňat narozených v letech 2000 – 2020. Data byla upravena a model byl otestován v softwaru SAS (Statistical Analysis System) verze 9.4 (SAS Institute, 2015). Pro odhad složek rozptylu a efektů křížení byl použit program AIREMLF90 (Misztal et al., 2014).

### 4.2.2 Úprava databáze a tvorba rodokmenu

Soubor o užitkovosti jedinců obsahoval tyto údaje:

- číslo jedince v ústřední evidenci
- číslo matky v ústřední evidenci
- číslo otce v ústřední evidenci
- nové číslo jedince
- nové číslo matky
- nové číslo otce
- číslo chovu v kontrole užitkovosti
- číslo sekce (skupiny vsrtevníků v rámci chovu)
- datum narození
- pohlaví
- četnost vrhu
- počet odchovaných jehňat ve vrhu (do 14 dnů)
- počet zvážených jehňat ve vrhu
- hmotnost při narození
- hmotnost při kontrolním vážení
- den vážení
- měsíc vážení
- rok vážení
- zjištěná výška zádového svalu jedince ultrazvukem při kontrolním vážení
- zjištěná výška tuku kůže jedince při kontrolním vážení

- zmasilost
- mezidobí
- převažující plemeno jedince
- kód křížení jedince
- genotyp jedince

Soubor o původu obsahoval tyto údaje:

- číslo jedince v ústřední evidenci
- číslo matky v ústřední evidenci
- číslo otce v ústřední evidenci
- datum narození
- datum narození matky
- datum narození otce
- kód křížení jedince
- převažující plemeno jedince
- genotyp jedince
- kód křížení otce
- převažující plemeno otce
- genotyp otce
- kód křížení matky
- převažující plemeno matky
- genotyp matky

Vliv efektů křížení na růstovou schopnost jehňat byl odhadován na přepočtené (korigované) hmotnosti ve 100 dnech věku. Zvířata byla vážena v rozmezí 70 – 130 dní věku. Dle hmotnosti při narození, hmotnosti při vážení a věku ve dnech při vážení je hmotnost přepočítávána na daný věk. Přepočet hmotnosti na 100 dní věku se provádí podle následujícího vzorec:

$$H_{100} = (hm - h_{nar}) / \text{věk} \times 100 + h_{nar}$$

kde: hm - hmotnost při kontrolním vážení  
 h<sub>nar</sub> - hmotnost při narození



## věk - věk jehněte v době vážení

Na začátku byla provedena kontrola správnosti záznamu v databázi. Byly odstraněny záznamy jedinců, u kterých chyběly údaje potřebné pro další výpočty. Podle souboru s původy byla k jedincům s užitkovostí přiřazena plemena prarodičů, aby bylo možné v následujících krocích dopočítat maternální heterozní efekt. Plemena a jejich kříženci byli vybráni na základě plemen, pro která se v rámci kontroly užitkovosti standartně odhadují plemenné hodnoty pro hmotnost ve 100 dnech věku, s výjimkou dojných plemen. Z masných plemen to byla plemena: berichon du Cher, clun forest, charollais, oxford down, suffolk, texel. Z kombinovaných a plodných plemen byla vybrána plemena: bergschaf, merinolandschaf, romanovská ovce, romney, šumavská ovce, zušlechtěná valaška, zwartbles. Pro zhodnocení vlivu křížení na růstovou schopnost jehňat byly vytvořeny tři efekty křížení: přímý populační efekt, přímý heterozní efekt, maternální heterozní efekt. Přímý populační efekt byl vytvořen jako podíl u každého plemene. U čistokrevných jedinců byla tato hodnota 0 nebo 100 %, u kříženců se tato hodnota pohybovala mezi 0 až 100 % (87,5 %, 75 %, 62,5 %, ...) v závislosti na podílu genů plemene. Přímý heterozní efekt byl stejně jako u mléčné užitkovosti stanoven jako stupeň heterozygotnosti pomocí vzorce od Van der Werf a de Boera (1989):

$$\text{Heterozygotnost} = P_d \times (1 - P_s) + P_s \times (1 - P_d)$$

kde  $P_d$  je podíl hlavního plemene pocházejícího od matky a  $P_s$  je podíl hlavního plemene pocházejícího od otce

Maternální heterozní efekt byl vypočítán pomocí stejného vzorce. Byl vypočítán na základě podílu plemene pocházejícího od rodičů matky, tedy prarodičů jedince.

Spojením chovu, roku a obdobím narození byl vytvořen efekt sdružující vrstevníky, kteří jsou odchováni za stejných podmínek (efekt SRO). Období bylo podle měsíce narození rozděleno na jarní bahnění (březen-květen), letní bahnění (červen-srpen), podzimní bahnění (září-listopad) a zimní bahnění (prosinec-únor). Minimální počet zvířat ve skupině byl 7 jehňat v rámci skupiny. Rok narození byl dále zařazen do modelové rovnice jako fixní efekt ve třídách (celkem 21 tříd), zachycuje vývoj užitkovosti v čase (genetický trend). Tento efekt byl očíslován od 1 do maximální hodnoty. Na základě data narození jedince a matky byl dopočítán věk matky, podle kterého byli jedinci rozděleni do 4 skupin (tabulka 4). Pohlaví

jedince je označeno dvěma kódy, které se nacházejí v tabulce 5. Efekt vrhu byl vytvořen sloučením záznamů o četnosti vrhu jehňat a počtu zvážených jehňat ve vrhu (tabulka 6). Četnost vrhu jehňat především ovlivňuje hmotnost při porodu a počet zvážených jehňat ve vrhu ovlivňuje růst jehňat z pohledu potravní konkurence. Z důvodu přepočítání hmotnosti na 100 dní věku byl přidán efekt věku jedince (lineární a kvadratická regrese), který zohlední věk jedince v době vážení.

Tabulka 4. Číselník věku matky při obahnění

Skupina	Věk matky
1	12 - 18 měsíců
2	18 - 30 měsíců
3	30 - 78 měsíců
4	79 - 150 měsíců

Tabulka 5. Číselník pohlaví

Skupina	Pohlaví
1	Beránek
2	Jehnička

Tabulka 6. Číselník četnosti vrhu

Skupina	Četnost vrhu	Zvážených ve vrhu
1	1	1
2	2	1
3	2	2
4	3	1
5	3	2
6	3	3

Sestavování rodokmenů bylo provedeno navázáním čtyř generací předků k upravenému souboru s užitkovostí. Stejně jako u mléčné užitkovosti byly vytvořeny dva rodokmeny. První rodokmen pro odhad efektů křížení se zařazením přímého populačního efektu do modelové rovnice, který obsahoval pouze číslo jedince, otce a matky a druhý rodokmen pro odhad přímého populačního efektu přes skupinu neznámých předků.

Nakonec byly vytvořeny náhodné efekty – přímý a maternální genetický efekt a efekt trvalého prostředí matky. Přímý a maternální genetický efekt jsou mezi sebou korelovány a spojují matici příbuznosti. Efekt trvalého prostředí matky zohledňuje negeneticky podmíněné celoživotní schopnosti bahnice zabezpečit růst potomstva. Společně s efektem SRO byly tyto efekty přečíslované od 1 do maximální hodnoty.

#### 4.2.3 Odhad genetických parametrů a vlivů efektů křížení

Statistická významnost modelu a fixních efektů byla otestována procedurou GML a MIXED v softwaru SAS. Pomocí metody restringované maximální věrohodnosti v programu AIREMLF90 byly odhadnuty složky rozptylu a vliv efektů křížení. Genetické parametry pro hmotnost ve 100 dnech věku byly odhadnuty jednoznakovým modelem. Modelová rovnice pro odhad genetických parametrů, přímého populačního efektu, přímého a maternálního heterozního efektu byla následující:

$$H100 = SRO + POHL + VRH + VEK + VEK2 + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD + R + SF + T + ZV + ZW + JED + MAT + TPM + e$$

kde:	H100	- hmotnost ve 100 dnech věku
	SRO	- sdružený efekt stáda, roku a období (náhodný efekt)
	POHL	- pohlaví (fixní efekt)
	VRH	- efekt vrhu (fixní efekt)
	VEK	- věk ve dnech – lineární regrese (fixní efekt)
	VEK2	- věk ve dnech – kvadratická regrese (fixní efekt)
	VEKMAT	- věk matky (fixní efekt)
	ROK	- rok narození (fixní efekt)
	H	- přímý heterozní efekt - regrese na heterozygotnost (fixní efekt)
	HM	- maternální heterozní efekt - regrese na heterozygotnost (fixní efekt)
	BE	- přímý populační efekt - berrichon du cher- regrese (fixní efekt)
	BG	- přímý populační efekt - bergschaf - regrese (fixní efekt)
	CF	- přímý populační efekt - clun forest - regrese (fixní efekt)
	CH	- přímý populační efekt - charollais - regrese (fixní efekt)
	K	- přímý populační efekt - romney - regrese (fixní efekt)
	ML	- přímý populační efekt - merinolandschaf - regrese (fixní efekt)

OD	-	přímý populační efekt - oxford down - regrese (fixní efekt)
R	-	přímý populační efekt - romanovská ovce - regrese (fixní efekt)
SF	-	přímý populační efekt - suffolk - regrese (fixní efekt)
T	-	přímý populační efekt - texel - regrese (fixní efekt)
ZV	-	přímý populační efekt - zušlechtěná valaška - regrese (fixní efekt)
ZW	-	přímý populační efekt - zwartbles - regrese (fixní efekt)
JED	-	přímý efekt (náhodný efekt)
MAT	-	maternální efekt (náhodný efekt)
TPM	-	trvalé prostředí matky (náhodný efekt)
e	-	reziduum

Druhá modelová rovnice obsahovala všechny výše zmíněné efekty kromě přímých populačních efektů, které byly odhadnuty přes skupiny neznámých předků.

### 4.3 Vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat

Data, použitá pro vyhodnocení vlivu příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat, poskytl Svaz chovatelů ovcí a koz v České republice. Hodnocení proběhlo v letech 2000 - 2019. Růstová schopnost jehňat byla hodnocena u přepočtené hmotnosti ve 100 dnech věku. V upravené databázi se nacházelo celkem 74 015 jehňat nejchovanějších masných plemen v České republice: suffolk (SF;  $n = 49\,345$ ), charollais (CH;  $n = 14\,189$ ) a texel (T;  $n = 10\,481$ ).

Pro každé plemeno byl vytvořen samostatný rodokmen, který byl použit pro výpočet rodokmenové struktury a jednotlivých koeficientů příbuzenské plemenitby pro každého jedince v rodokmenu v programu CFC. CFC je software pro analýzu rodokmenu a sledování genetické diverzity (Sargolzaei et al. 2006).

Pro zhodnocení růstové schopnosti jehňat, na základě individuálního koeficientu příbuzenské plemenitby, byli jedinci rozděleni do čtyř tříd. První třída zahrnovala neinbrední jehňata ( $F = 0,00$ ). Ve druhé třídě se nacházela jehňata ze vzdálené příbuzenské plemenitby ( $0 < F \leq 0,0625$ ). Ve třetí třídě byla jehňata ze střední příbuzenské plemenitby ( $0,0625 < F \leq 0,125$ ). A ve čtvrté třídě se nacházela jehňata s nejvyšším koeficientem příbuzenské plemenitby ( $F > 0,125$ ), tedy pocházející z úzké příbuzenské plemenitby. K otestování statistické významnosti fixních efektů ( $p < 0,05$ ) na růstovou schopnost jehňat byla použita procedura GLM v softwaru SAS. Mezi tyto efekty patřily: skupina vrstevníků (sdružuje potomky narozené ve stejném stádě, roce a období), věk v době vážení jako lineární regrese (od 70 do 130 dnů), pohlaví jehněte (ve 2 třídách: beránek, jehnička), věk matky (v 10 třídách: od necelého roku do 9 let), počet odchovaných jehňat (ve 3 třídách: jedináček, dvojčata, trojčata), koeficient příbuzenské plemenitby, přímý a maternální genetický efekt a trvalé prostředí matky. Pro srovnání růstové schopnosti jehňat, byla průměrná hmotnost ve 100 dnech věku ve všech třídách příbuzenské plemenitby odhadnuta pro každé plemeno zvlášť. Následně byl otestován model se zahrnutím efektu příbuzenské plemenitby, který byl zařazen jako regresní koeficient. Pro odhad regresního koeficientu příbuzenské plemenitby pro jednotlivá plemena byly do modelu kromě statisticky významných efektů zahrnuty ještě náhodné efekty (přímý efekt, maternální efekt, trvalé prostředí matky). Modelová rovnice byla následující:

$$H100 = SRO + POHL + ODCHOV + VEK + VEK2 + VEKMAT + F + JED + MAT + TPM + e$$

kde:	H100	- hmotnost ve 100 dnech věku
	SRO	- sdružený efekt stáda, roku a období (náhodný efekt)
	POHL	- pohlaví (fixní efekt)
	ODCHOV	- počet odchovaných jehňat
	VEK	- věk ve dnech - lineární regrese (fixní efekt)
	VEK2	- věk ve dnech - kvadratická regrese (fixní efekt)
	VEKMAT	- věk matky (fixní efekt)
	F	- individuální koeficient příbuzenské plemenitby
	JED	- přímý efekt (náhodný efekt)
	MAT	- maternální efekt (náhodný efekt)
	TPM	- trvalé prostředí matky (náhodný efekt)
	e	- reziduum

Genetická analýza pro odhad složek rozptylů a odhad vlivu příbuzenské plemenitby byla provedena v programu REMLF90 (Misztal et al. 2014) pomocí metody restringované maximální věrohodnosti. Složky rozptylu byly dále použity k odhadu plemenných hodnot metodou nejlepší lineární nevychýlené předpovědi pomocí programu BLUPF90 (Misztal et al. 2014).

## **5 Výsledky a diskuse**

Následující výsledky charakterizují upravené databáze a jejich popisné statistiky, vysvětlené proměnlivosti modelů, výsledky složek rozptylů, průkaznosti a vlivy efektů na základě různých způsobů výpočtů pro mléčnou i masnou užitkovost. Tato kapitola dále obsahuje výsledky vlivu příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat.

### **5.1 Vliv efektů křížení na mléčnou užitkovost**

#### **5.1.1 Popisná statistika**

Databáze pro odhad vlivu efektů křížení u skutečné produkce mléka obsahovala po úpravách celkem 33 816 záznamů o laktacích z let 2012 - 2017 od celkem 19 940 bahnic plemene lacaune, cigája, zušlechtěná valaška a jejich kříženců (tabulka 7). Do hodnocení byly zařazeny bahnice ze 104 chovů. Hodnocena byla první až sedmá laktace. Skutečná produkce mléka za laktaci se pohybovala od 20,13 litrů do 573,09 litrů. Délka dojně periody byla stanovena na 110 až 200 dní. Průměrná délka dojně periody byla 131,33 dní. Interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením mléka byl od 5. do 120. dne. Přímé populační efekty u plemen zušlechtěná valaška a cigája a přímý heterozní efekt byly zařazeny jako regresní koeficienty, jejich hodnota se pohybovala od 0 do 1. Průměr přímého populačního efektu zušlechtěné valašky byl 0,49, u cigáji 0,36. Průměr přímého heterozního efektu byl velmi nízký (0,09). Celkem bylo vytvořeno 378 skupin vrstevníků na základě sdružení jedinců podle stáda, roku a období. Nejvíce bahnění probíhalo od ledna do března. Efekt stáda a roku je důležitým zdrojem prostřed'ové variability u dojných ovcí, zejména v systémech chovu s velkou variabilitou v technikách řízení a podmínkách prostředí. Měsíc bahnění se řadí mezi další významný zdroj variability. Velikost jeho vlivu je dána především dostupností pastvy, která je v přímém vztahu k dojivosti u pastevních systémů (Carta et al. 2009).

Celkem 23 305 laktací (68,92 %) pocházelo od bahnic, kterým se při obahnění narodil pouze jedináček. Od bahnic, kterým se při obahnění narodila dvojčata nebo trojčata, pocházelo 10 511 laktací (31,08 %).

Tabulka 7. Popisná statistika efektů zařazených v modelové rovnici

<b>Efekt</b>	<b>Počet</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Pořadí laktace	33816	2,38	1,45	1	7
Skutečná produkce mléka	33816	111,12	57,27	20,13	573,09
Délka dojné periody (lineární regrese)	33816	131,33	15,43	110	200
Délka dojné periody (kvadratická regrese)	33816	17486,16	4298,92	12100	40000
Četnost vrhu	33816	1,31	0,46	1	2
Interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením	33816	69,22	18,85	5	120
Přímý populační efekt - Zušlechtěná valaška	33816	0,49	0,47	0	1
Přímý populační efekt - Cigája	33816	0,36	0,48	0	1
Přímý heterozní efekt	33816	0,09	0,23	0	1
SRO (skupina vrstevníků)	33816	-	-	1	378
Trvalé prostředí jedince	33816	-	-	1	19940

V upravené databázi se nacházelo celkem 11 376 laktací (33,64 %) od bahnic plemene cigája (tabulka 8), 1 646 laktací (4,85 %) od jejich kříženců s různým podílem tohoto plemene (12,5 – 87,5 %). Četnost a podíl laktací od bahnic plemene zušlechtěná valaška se nachází v tabulce 9. Celkem 3 369 laktací (9,95 %) bylo od kříženců tohoto plemene, 14 748 laktací (43,61 %) bylo od čistokrevných bahnic. U laktací bahnic plemene lacaune a jejich kříženců (tabulka 10) celkem 5 015 laktací (14,83 %) pocházelo od křížených bahnic plemene lacaune, 2 677 (7,92 %) pocházelo od čistokrevných bahnic tohoto plemene.



Tabulka 8. Četnost a podíl laktací podle plemene cigája

<b>Podíl plemene (%)</b>	<b>Četnost laktací</b>	<b>Podíl laktací (%)</b>
12,5	76	0,22
25	220	0,65
37,5	396	1,17
50	468	1,38
62,5	268	0,79
75	129	0,38
87,5	89	0,26
100	11376	33,64

Tabulka 9. Četnost a podíl laktací podle plemene zušlechtěná valaška

<b>Podíl plemene (%)</b>	<b>Četnost laktací</b>	<b>Podíl laktací (%)</b>
12,5	234	0,69
25	389	1,15
37,5	552	1,63
50	928	2,74
62,5	531	1,57
75	545	1,61
87,5	190	0,56
100	14748	43,61

Tabulka 10. Četnost a podíl laktací podle plemene lacaune

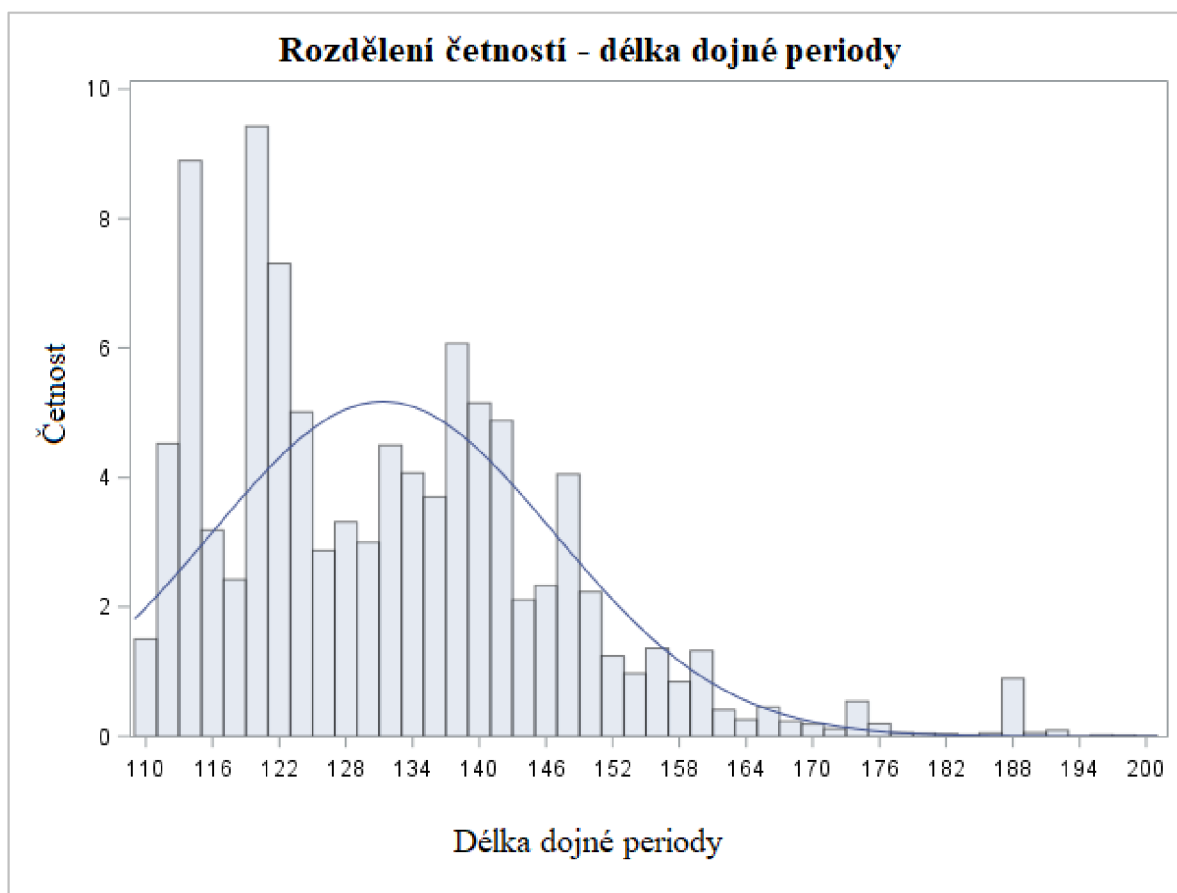
<b>Podíl plemene (%)</b>	<b>Četnost laktací</b>	<b>Podíl laktací (%)</b>
12,5	279	0,83
25	674	1,99
37,5	799	2,36
50	1396	4,13
62,5	948	2,8
75	609	1,8
87,5	310	0,92
100	2677	7,92

V tabulce 11 se nachází četnost a podíl laktací podle přímého heterozního efektu. Z pohledu přímého heterozního efektu bylo 28 331 laktací (83,78 %) od čistokrevných bahnic, 5 485 laktací (16,22 %) pocházelo od kříženců. Od křížených bahnic s nejvyšším přímým heterozním efektem (100 %) bylo 890 laktací (2,63 %), s polovičním přímým heterozním efektem (50 %) to bylo 2 171 (6,42 %) laktací. Do hodnocení byly zařazeny bahnice, které pocházely nejen od matek kříženek ale i od otců kříženců.

Tabulka 11. Četnost a podíl přímého heterozního efektu u jednotlivých laktací

<b>Přímý heterozní efekt</b>	<b>Četnost laktací</b>	<b>Podíl laktací (%)</b>
0	28331	83,78
0,125	310	0,92
0,25	301	0,89
0,3125	7	0,02
0,375	334	0,99
0,40625	7	0,02
0,4375	142	0,42
0,46875	79	0,23
0,5	2171	6,42
0,53125	145	0,43
0,5625	281	0,83
0,59375	11	0,03
0,625	476	1,41
0,6875	5	0,01
0,75	293	0,87
0,875	33	0,1
1	890	2,63

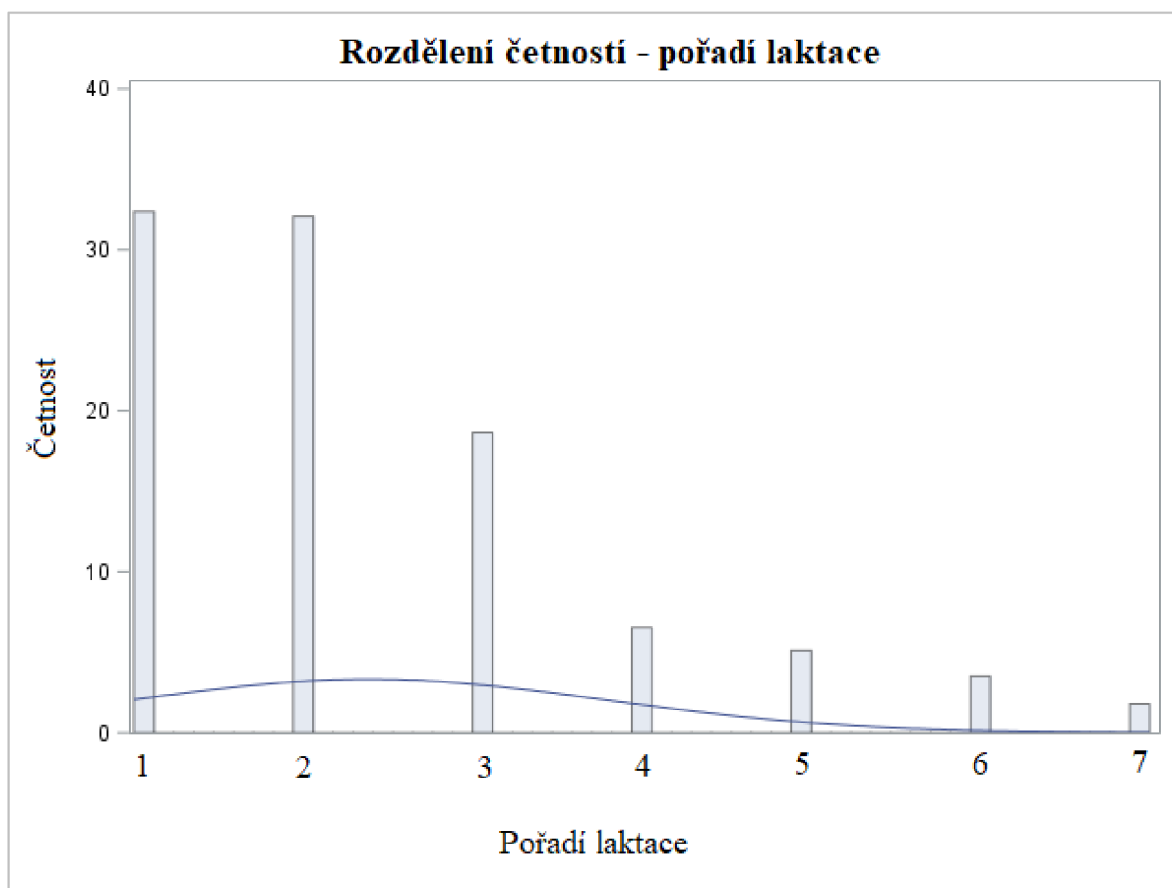
Graf 1. Rozdělení četností – délka dojné periody



Na ose x (délka dojné periody) jsou znázorněny fenotypové hodnoty délky dojné periody ve dnech za laktace v letech 2012 – 2017. Na ose y (četnost) je množství záznamů za konkrétní den dojné periody.

Graf 1 zobrazuje rozdělení četností délky dojné periody v rámci upravené databáze u hodnocených plemen a jejich kříženců za hodnocené roky. Délka dojné periody se pohybovala od 110 do 200 dní. Dle rozložení můžeme vidět, že nejvíce laktací bylo zaznamenáno od bahnic, jejichž délka dojné periody se pohybovala kolem 121 dní. Druhý nejvyšší vrchol grafu byl zaznamenán u 112 dne laktace. Průměrná hodnota délky dojné periody byla 131,33 dní.

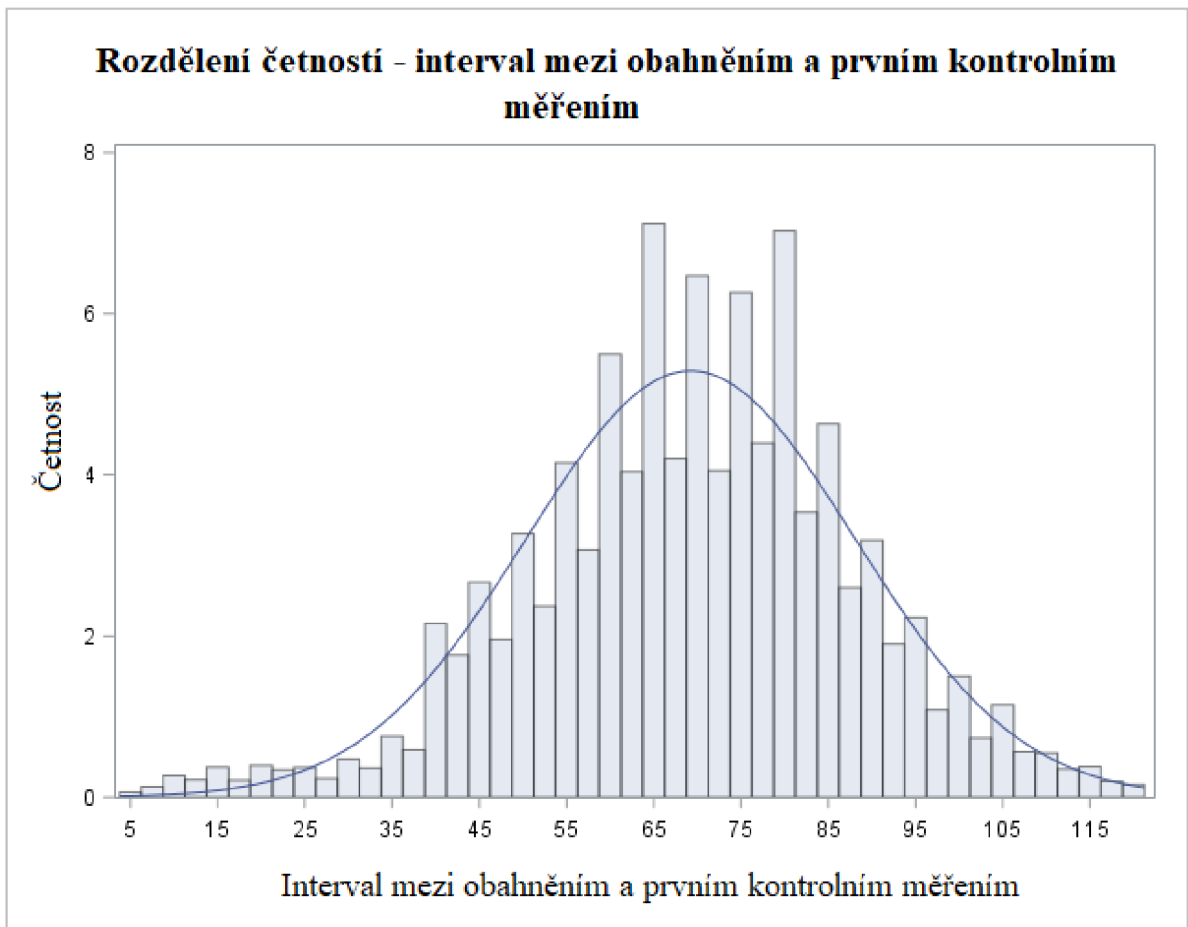
Graf 2. Rozdělení četností – pořadí laktace



Na ose x (pořadí laktace) jsou znázorněny fenotypové hodnoty pořadí laktace v letech 2012 – 2017. Na ose y (četnost) jsou množství záznamů za konkrétní pořadí laktace.

Rozdělení četností pořadí laktace je zobrazeno na grafu 2. Do hodnocení byla zařazena první až sedmá laktace. Průměrná hodnota pořadí laktace byla 2,38, hodnoceny byly průměrně dvě laktace od bahnice. Celkem 32,38 % záznamů pocházelo od bahnic na první laktaci, 32,06 % záznamů pocházelo od bahnic na druhé laktaci, 18,64 % záznamů pocházelo od bahnic na třetí laktaci a zbytek (16,91 %) tvořily záznamy od bahnic na čtvrté až sedmé laktaci.

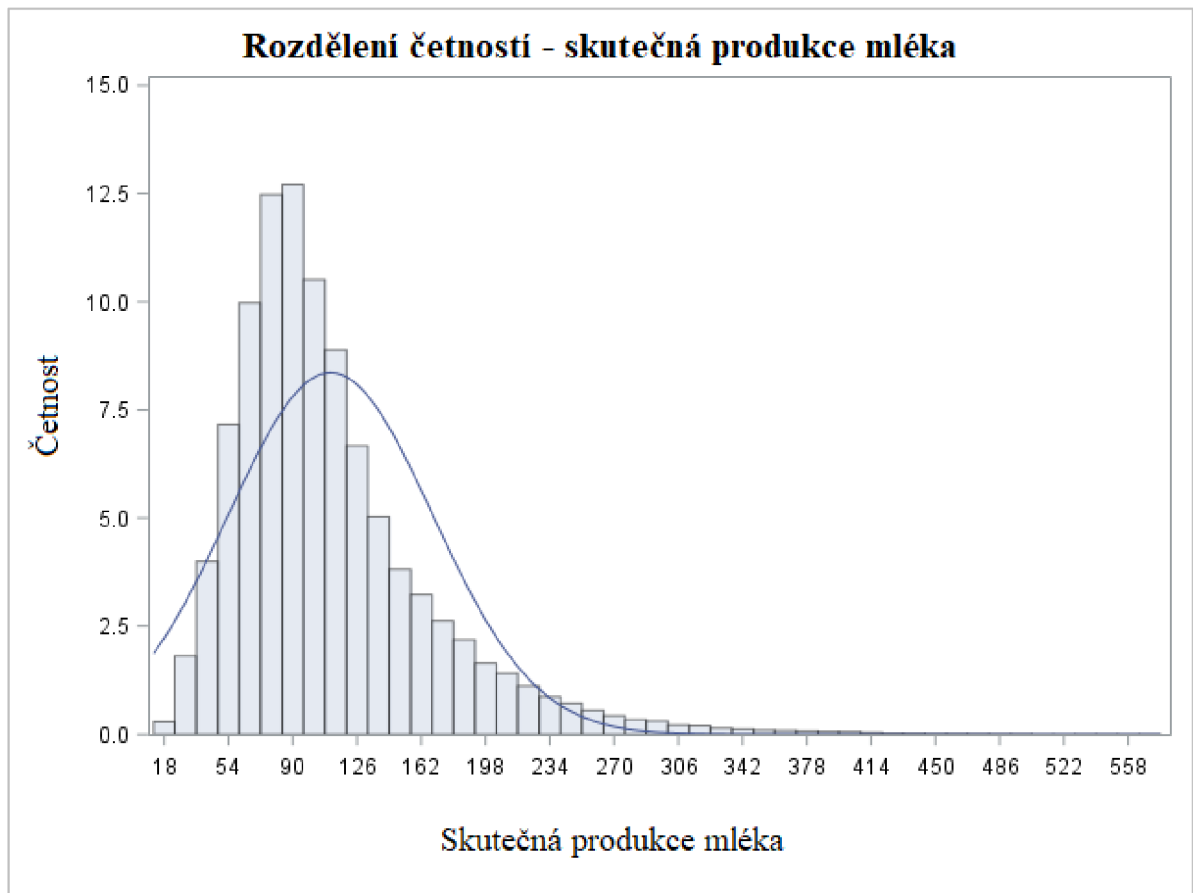
Graf 3. Rozdělení četností – interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením



Na ose x (interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením) jsou znázorněny fenotypové hodnoty intervalu mezi obahněním a prvním kontrolním měřením ve dnech za laktace v letech 2012 – 2017.

Graf 3 zobrazuje rozdělení četností intervalu mezi obahněním a prvním kontrolním měřením v rámci upravené databáze u hodnocených bahnic za dané roky. Interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením mléka se pohyboval mezi 5. a 120. dnem. Průměrně se první kontrolní měření provádělo kolem 69. dne.

Graf 4. Rozdělení četností – skutečná produkce mléka



Na ose x (skutečná produkce mléka) jsou znázorněny fenotypové hodnoty skutečné produkce mléka v litrech za celou laktaci v letech 2012 – 2017. Na ose y (četnost) je množství záznamů za konkrétní skutečnou produkci mléka.

Na grafu 4 je zobrazeno rozdělení četností skutečné produkce mléka. Skutečná produkce mléka (produkce mléka za celou laktaci) se pohybovala od 20,13 litrů do 573,09 litrů. Průměrná skutečná produkce mléka byla 111,12 litrů. Nižší dojivost plemene lacaune chovaného na Slovensku je pravděpodobně důsledkem odlišné úrovně krmení a nedostatečné adaptability na různé způsoby hospodaření a podmínky prostředí, které neumožňují projevit mimořádný genetický potenciál (Oravcová et al. 2006).

V modelové rovnici bez zařazení přímého populačního efektu byl přímý populační efekt odhadnut přes skupinu neznámých předků. V tabulce 12 jsou zobrazeny počty jedinců v každé skupině neznámých předků. U plemene cigája bylo v této skupině celkem 3 538 otců a 3 594 matek, u lacaune to bylo pouze 744 otců a 551 matek. Nejvíce matek a otců se nacházelo ve skupině zušlechtěné valašky, kde se nacházelo 5 009 otců a 5 146 matek. Nižší počet matek a

otců ve skupině lacaune byl dán nižším počtem hodnocených laktací od jedinců a kříženců tohoto plemene.

Tabulka 12. Počty ve skupinách neznámých předků

Plemeno	Počty v genetických skupinách neznámých předků			
	Otcové		Matky	
	Četnost	Podíl	Četnost	Podíl
Cigája	3538	38,08	3594	38,68
Lacaune	744	8,01	551	5,93
Zušlechtěná valaška	5009	53,91	5146	55,39

### 5.1.2 Otestování vhodnosti modelu

Metodou nejmenších čtverců byly vyhodnoceny různé modelové rovnice. Tabulka 13 zobrazuje, které efekty byly do modelu zahrnuty a jakého koeficientu determinace ( $R^2$ ) bylo daným modelem dosaženo. Všechny testované efekty byly statisticky průkazné ( $p < 0,001$ ). Zařazením pouze efektu skupiny vrstevníků bylo vysvětleno 68,63 % proměnlivosti. Veškeré pevné efekty zařazené do modelové rovnice vysvětlily 69,99 % proměnlivosti. Efekt přímého heterozního efektu vysvětlil 0,04 % proměnlivosti. Podobně to bylo i v případě přímých populačních efektů. Zařazením přímého populačního efektu zušlechtěná valaška bylo vysvětleno 0,04 % proměnlivosti, u přímého populačního efektu cigája bylo vysvětleno 0,08 % proměnlivosti. Pro odhad vlivu křížení byl vybrán model se zahrnutím všech pevných efektů (model 9). Nižší koeficienty determinace odhadli ve své práci Oravcová et al. (2006). U modelu pro dojivost čistokrevných bahnic cigáji bylo vysvětleno 48,7 % proměnlivosti, u modelu pro bahnice zušlechtěné valašky to bylo 47,9 % proměnlivosti a u modelu pro bahnice lacaune bylo vysvětleno 53,7 % proměnlivosti.

Tabulka 13. Podíl vysvětlené proměnlivosti efektů v modelové rovnici metodou GLM

Model	Pevné efekty MNC	R <sup>2</sup>
1	SRO	0,6863
2	SRO + PORLAK	0,688
3	SRO + PORLAK + DPP	0,6952
4	SRO + PORLAK + DPP + DPP2	0,6953
5	SRO + PORLAK + DPP + DPP2 + CV	0,6959
6	SRO + PORLAK + DPP + DPP2 + CV + INTER	0,6983
7	SRO + PORLAK + DPP + DPP2 + CV + INTER + H	0,6987
8	SRO + PORLAK + DPP + DPP2 + CV + INTER + H + ZV	0,6991
9	SRO + PORLAK + DPP + DPP2 + CV + INTER + H + ZV + C	0,6999

SRO – skupina vrstevníků, PORLAK – pořadí laktace, DDP – délka dojných období (lineární regrese), DPP<sup>2</sup> – délka dojných období (kvadratická regrese), CV- četnost vrhu, INTER – interval mezi obahněním a prvním kontrolním měřením, H – přímý heterozní efekt, ZV – přímý populační efekt – zušlechtěná valaška, C – přímý populační efekt – cigája, R<sup>2</sup> – koeficient determinace

### 5.1.3 Odhadnuté genetické parametry

Výsledky složek rozptylu, které byly odhadnuty na základě metody maximální věrohodnosti pro hodnocenou populaci, jsou zobrazeny v tabulce 14. Aditivně genetická variance byla 154,7 se standardní chybou 13,27, variance trvalého prostředí jedince byla 284,06 se standardní chybou 12,87. Nejvyšší variance u hodnocené populace byla variance efektu stáda-roku-období, která činila 1824,6 se standardní chybou 146,43. Reziduální variance byla 572,04 se standardní chybou 6,73. Koeficient dědivosti dosahoval hodnot  $h^2 = 0,15$ . Podle Carty et al (2009) se koeficient dědivosti pro mléčnou užitkovost u dojných ovcí pohybuje mezi hodnotou 0,2 – 0,32. Byly stanoveny koeficienty dědivosti v různých populacích ovcí. U populace plemen chios byl koeficient dědivosti 0,23 (Ligda et al. 2000). Vyšší koeficient dědivosti u stejného plemene stanovili (Mavrogenis & Papachristoforou 2000). V populaci plemene laxtva byl koeficient dědivosti 0,2 (Legarra & Ugarte 2001). Nižší koeficient dědivosti (0,1) stanovili Pollot a Gootwine (2001) v populaci plemene zušlechtěná awassi. U ovcí plemene manhega byl koeficient dědivosti mezi 0,16 – 0,26



(Serrano et al. 2001). U východofríských ovcí byl koeficient dědivosti 0,148 (Hamann et al. 2004).

Tabulka 14. Výsledky složek rozptylu

Rozptyly a koeficient dědivosti	Odhadnuté hodnoty
$\sigma^2_a$ (SE)	154,7 (13,27)
$\sigma^2_p$ (SE)	284,06 (12,87)
$\sigma^2_{sro}$ (SE)	1824,6 (146,43)
$\sigma^2_r$ (SE)	572,04 (6,73)
$h^2$ (SE)	0,15

$\sigma^2_a$  - aditivně genetická variance,  $\sigma^2_p$  - variance trvalého prostředí jedince,  $\sigma^2_{sro}$  - variance efektu stádo-rok-období,  $\sigma^2_r$  - reziduální variance,  $h^2$  - koeficient dědivosti ( $h^2 = \sigma^2_a / (\sigma^2_a + \sigma^2_{tpm} + \sigma^2_r)$ ), SE - standardní chyba odhadu

#### 5.1.4 Výsledky vlivu efektů

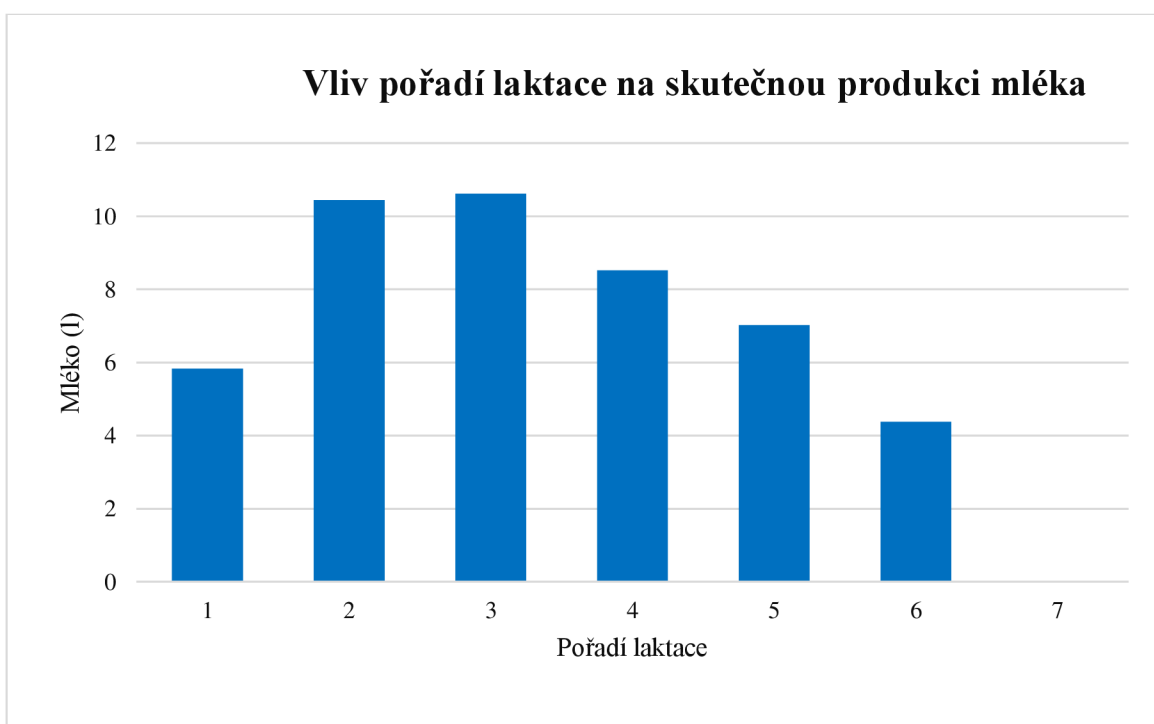
V tabulce 15 jsou zobrazeny vlivy jednotlivých efektů na produkci mléka. Vliv pořadí laktace na skutečnou produkci je zaznamenán i na grafu 5, který zobrazuje odchylku produkce mléka prvních šesti laktací od poslední sedmé. Podle výsledků byla nejvyšší produkce mléka dosažena na druhé a třetí laktaci, se zvyšujícím se pořadím laktace zároveň dochází k poklesu mléčné produkce. Stejný výsledek ve své práci uvádí i Ciappesoni et al. (2004). Vliv pořadí laktace na denní mléčnou užitkovost u koz se zvyšoval až do třetí laktace. Na dalších laktacích už došlo k poklesu produkce. Oravcová et al. (2006) prokázali statisticky významný vliv pořadí laktace na denní dojivost u ovcí. Nižší denní dojivost byla u prvniček v porovnání s bahnicemi na druhé laktaci a zároveň nižší dojivost měly bahnice na druhé laktaci v porovnání s bahnicemi na třetí laktaci. Pokud se délka dojné periody zvýšila o jeden den, skutečná produkce mléka za laktaci se zvýšila o 1,54 litrů. Délka dojné periody jako kvadratická regrese neměla na skutečnou produkci mléka žádný vliv. Pokud se bahnici narodil jedináček, skutečná produkce mléka za laktaci se snížila o 3,23 litrů v porovnání s bahnicemi s vícečetnými vrhy. Vyšší produkci mléka u vícečetných vrhů ve svých studiích uvádí i řada dalších autorů (Ploumi & Emmanouilidis 1999; Oravcová et al. 2006; Jawasreh & Khasawneh 2007; Chay-Canul et al. 2019; Robles et al. 2020). U bahnic se 100% heterozním efektem, tedy bahnic pocházejících od čistokrevných rodičů odlišných plemen, zvýšil přímý heterozní

efekt produkci mléka o 6,04 litrů v porovnání s čistokrevnými bahnicemi. Vyšší vliv heterozního efektu ve své práci uvádí Gootwine & Goot (1996), kteří hodnotili vliv tohoto efektu na celkovou produkci mléka za laktaci u kříženců awassi a východofríské ovce chovaných v Izraeli. F1 bahnice vlivem heterozního efektu vyprodukovaly o  $47 \pm 7$  litrů mléka více než čistokrevné bahnice. Murphy et al. (2017) odhadovali vliv prostředřových a neaditivních genových účinků na mléčnou užitkovost u kříženců bahnic plemene tarhee, dorset, finská a romanovská ovce s berany plemene východofríská ovce a lacaune chovaných v Severní Americe. U přepočítané produkce mléka na 180 dní byl vliv heterozního efektu u F1 bahnic 41,7 kg mléka. Pozitivní heterozní efekt byl prokázán i u kříženců syrských a tureckých ovcí awassi chovaných v Sýrii. Vliv přímého heterozního efektu na produkci mléka byla 18,28 litrů. Křížení těchto ovcí vedlo k žádoucím a statisticky významným účinkům nejen na produkci mléka, ale i na reprodukci (Haile et al. 2019). U všech výše jmenovaných studií byl heterozní efekt hodnocen pouze na základě jednoho stáda. Hodnota přímého populačního efektu cigája byla -54,89 litrů mléka. To znamená, že v porovnání s plemenem lacaune toto plemeno při 100% plemenném zastoupení (čistokrevná bahnice) nadojí za laktaci o 54,89 litrů mléka méně. V případě přímého populačního efektu zušlechtěná valaška nadojí čistokrevné bahnice plemene zušlechtěná valaška o 47,29 litrů mléka méně v porovnání s čistokrevnými bahnicemi lacaune. Vliv genotypu na skutečnou produkci mléka prokázali ve svých studiích Tančin et al. (2011) a Oravcová et al. (2018). Bahnice cigáji a zušlechtěné valašky mají nižší doživost než většina plemen rozšířených v Evropě, mezi které patří i plemeno lacaune (Oravcová et al. 2006). V dalších studiích od Oravcové et al. (2007; 2018) byla prokázána nižší doživost u bahnic cigáji a zušlechtěné valašky nejen v porovnání s bahnicemi lacaune, ale i kříženými bahnicemi pocházejících od rodičů „cigága x lacaune“ a „zušlechtěná valaška x lacaune“. Studie zaměřená na produkci mléka a obsah mléčných složek u plemen ovcí chovaných po celém světě ukazuje nižší doživost bahnic cigáji oproti bahnicím lacaune. Obsah mléčných složek se mezi plemeny nelišil (Ferro et al. 2017).

Tabulka 15. Vliv jednotlivých efektů na skutečnou produkci mléka (model s přímým populačním efektem)

<b>Efekt</b>	<b>Úroveň</b>	<b>Hodnota (l)</b>
Pořadí laktace	1	5,83
	2	10,44
	3	10,62
	4	8,52
	5	7,02
	6	4,38
	7	0
Délka dojné periody (lineární regrese)		1,54
Délka dojné periody (kvadratická regrese)		0
Četnost vrhu	1	-3,23
	2	0
Interval od bahnění do prvního měření		-0,22
Přímý heterozní efekt		6,04
Přímý populační efekt - Cigája		-54,89
Přímý populační efekt - Zušlechtěná valaška		-47,29

Graf 5. Vliv pořadí laktace na skutečnou produkci mléka



Nakonec byly odhadnuty efekty křížení u modelu bez zohlednění přímého populačního efektu v modelové rovnici, ale s odhadnutím těchto efektů přes skupinu neznámých předků. V tomto případě se vliv heterozního efektu snížil na 4,27 litrů mléka (tabulka 16). Naopak u přímého populačního efektu došlo ke zvýšení rozdílů mezi jednotlivými plemeny (tabulka 17). Mezi skutečnou produkcí mléka u plemene zušlechtěná valaška a lacaune se zvýšil rozdíl na 57,88 litrů mléka. A mezi plemeny cigája a lacaune na 61,71 litrů mléka.

Tabulka 16. Vliv přímého heterozního efektu na skutečnou produkci mléka (model se skupinou neznámých předků)

<b>Efekt</b>	<b>Hodnota (l)</b>
Přímý heterozní efekt	4,27

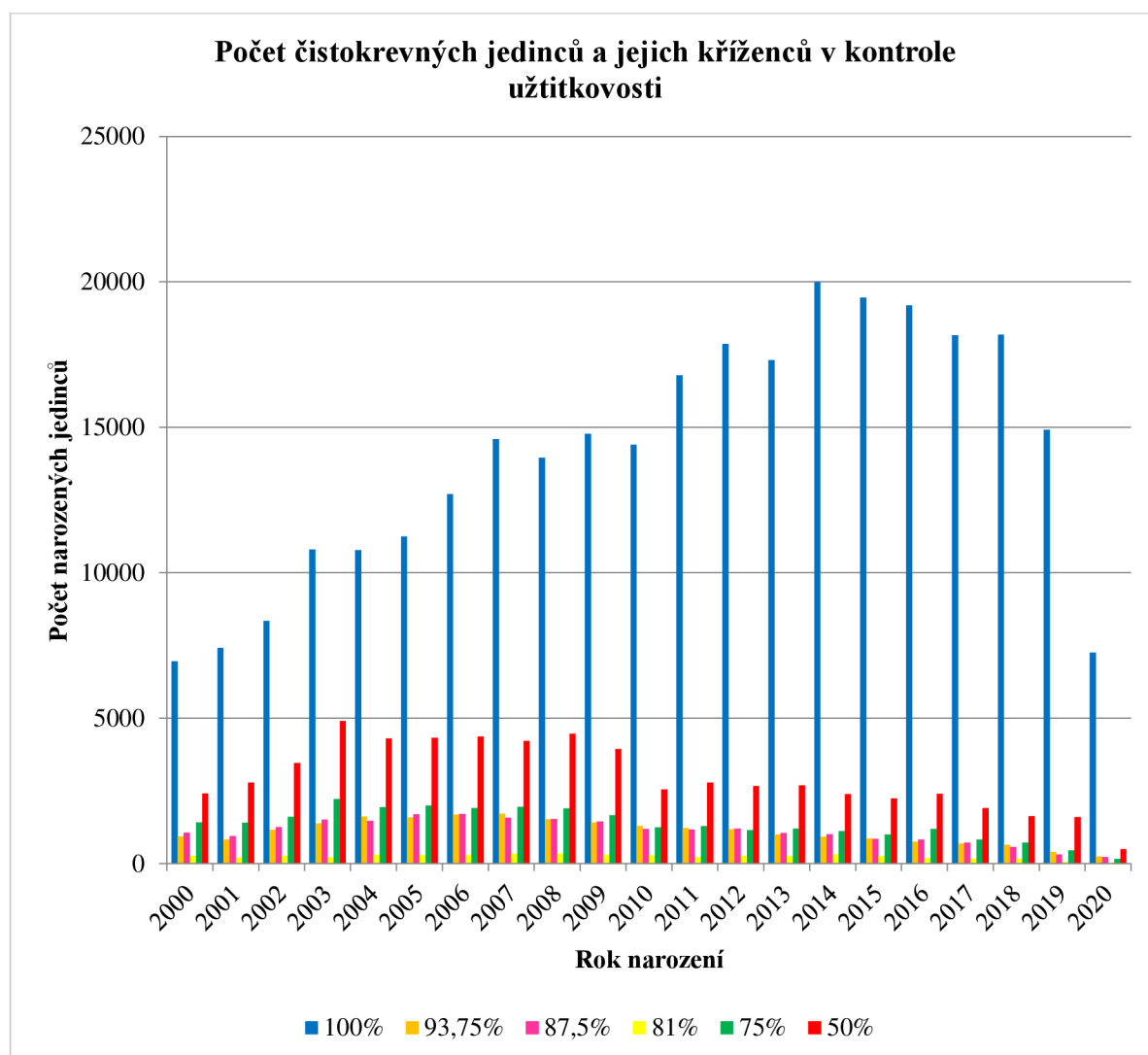
Tabulka 17. Přímý populační efekt odhadnutý přes skupinu neznámých předků

<b>Skupina neznámých předků</b>	<b>Hodnota (l)</b>
Cigája	-61,71
Zušlechtěná valaška	-57,88

## 5.2 Vliv efektů křížení na masnou užitkovost

Na grafu 6 je zobrazen počet narozených čistokrevných jehňat a kříženců v letech 2000-2020, kteří se nacházejí v kontrole užitkovosti. Z grafu je patrné, že největší počet čistokrevných jehňat se narodil v roce 2014. Od tohoto roku dochází u narození čistokrevných jehňat k poklesu. Nejvíce dvouplemenných kříženců – 50% podíl jednoho plemene a 50% podíl druhého plemene, se narodilo v roce 2003. Ve stejném roce se narodilo i nejvíce dvouplemenenných kříženců s odlišným podílem plemene – 75% podíl jednoho plemene, 25% podíl druhého plemene. U těchto dvou skupin v dalších letech dochází k poklesu v počtu narozených jehňat. U zbylých skupin kříženců se nejvíce jehňat narodilo v letech 2006 - 2007, od těchto let také dochází k poklesu v počtu narozených jehňat.

Graf 6. Počet čistokrevných jedinců (100% podíl plemene) a jejich kříženců (50% - 93,75% podíl plemene) v kontrole užitkovosti



### 5.2.1 Popisná statistika

Upravená databáze pro odhad efektů křížení u růstové schopnosti jehňat narozených v letech 2000-2020 obsahovala celkem 192 179 záznamů. Přepočtená hmotnost ve 100 dnech věku se pohybovala od 10,17 kg do 50 kg (tabulka 18). Průměrná hodnota hmotnosti ve 100 věku byla 28,48 kg. Bylo vytvořeno 5 200 skupin vrstevníků. Do hodnocení byla zařazena jehňata, která byla zvážena mezi 70 až 120 dny věku. Efekt trvalé prostředí matky zahrnoval celkem 51 051 matek. Trvalé prostředí matky má kromě genetických efektů významný vliv na časnou růstovou schopnost (Bijma 2006; Maghsoudi et al. 2009). Největší průměrný podíl genů mělo v hodnocené populaci plemeno romney, následovalo plemeno šumavská ovce a suffolk (tabulka 19). Naopak nejmenší průměrný podíl genů mělo plemeno berrichon du cher, bergshcaf a zušlechtěná valaška. Průměrný podíl přímého heterozního efektu byl 0,08, u maternálního heterozního efektu 0,03.

Tabulka 18. Popisná statistika efektů zařazených v modelové rovnici

<b>Efekt</b>	<b>Počet</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Hmotnost ve 100 dnech	192179	28,48	7,02	10,17	50
SRO (skupina vrstevníků)	192179	-	-	1	5200
Pohlaví	192179	1,54	0,5	1	2
Věk - lineární regrese	192179	100,37	11,84	70	130
Věk - kvadratická regrese	192179	10214,9	2382,51	4900	16900
Věk matky	192179	2,79	0,69	1	4
Vrh	192179	2,62	1,43	1	6
Efekt jedince	192179	-	-	26	227617
Maternální efekt	192179	-	-	386	228887
Trvalé prostředí matky	192179	-	-	1	51051
Rok hodnocení	192179	12,47	5,34	1	21

Tabulka 19. Popisná statistika efektů zařazených v modelové rovnici

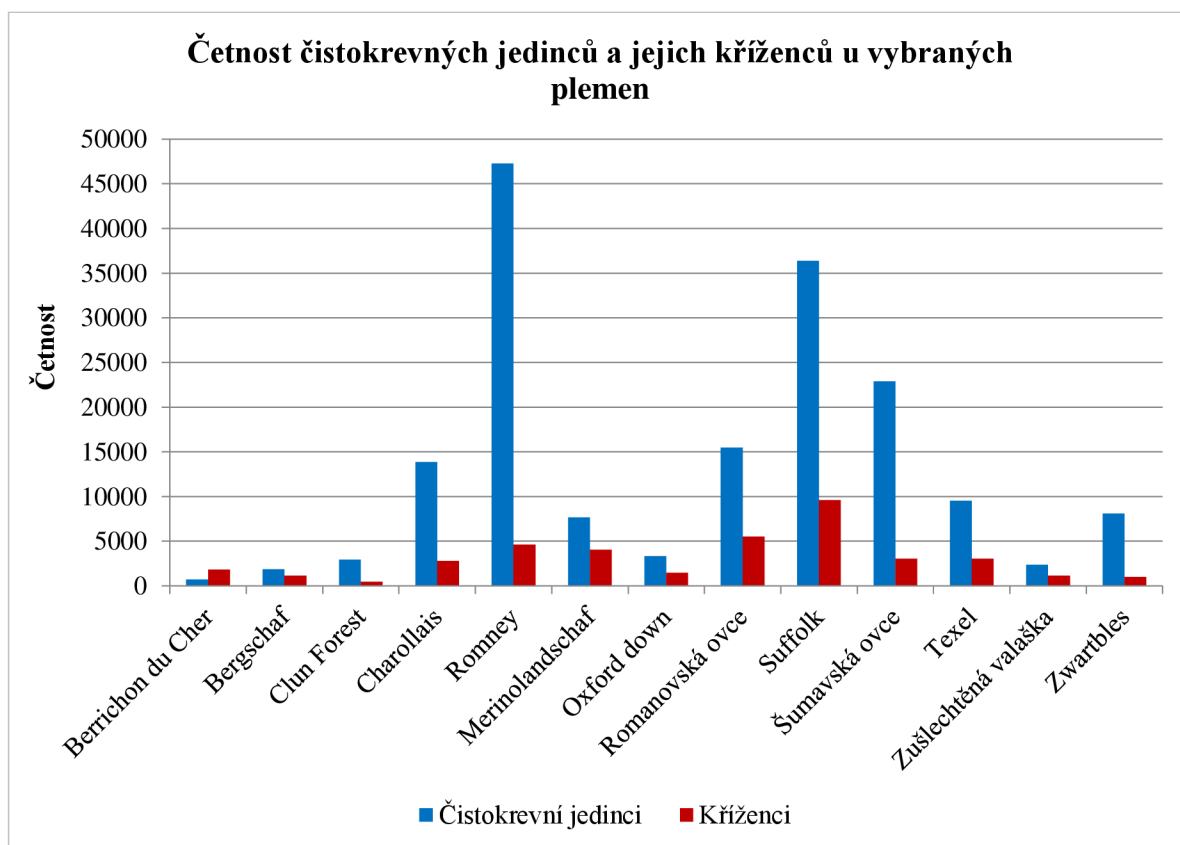
Efekt		Počet	Průměr	Směrodatná chyba	Minimum	Maximum
Přímý populační efekt	Berrichon du cher	192179	0,01	0,08	0	1
	Bergschaf	192179	0,01	0,11	0	1
	Clun forest	192179	0,02	0,13	0	1
	Charollais	192179	0,08	0,26	0	1
	Romney	192179	0,26	0,43	0	1
	Merinolandschaf	192179	0,05	0,21	0	1
	Oxford down	192179	0,02	0,14	0	1
	Romanovská ovce	192179	0,09	0,28	0	1
	Suffolk	192179	0,13	0,33	0	1
	Šumavská ovce	192179	0,22	0,4	0	1
	Texel	192179	0,06	0,22	0	1
	Zušlechtěná valaška	192179	0,01	0,12	0	1
	Zwartbles	192179	0,04	0,2	0	1
Přímý heterozní efekt		192179	0,08	0,25	0	1
Maternální heterozní efekt		192179	0,03	0,14	0	1

V tabulce 20 je zobrazena četnost a podíl čistokrevných jedinců a jejich kříženců u vybraných plemen. Pro lepší přehlednost byly tyto hodnoty přeneseny ještě na graf 7. V hodnocené populaci se nacházelo nejvíce čistokrevných jedinců plemene romney, suffolk a šumavská ovce. Naopak nejmenší zastoupení měla plemena berrichon du cher, bergschaf a zušlechtěná valaška. Nejvíce kříženců pocházelo od jedinců plemene suffolk v kombinaci s ostatními plemeny.

Tabulka 20. Četnost a podíl čistokrevných jedinců a jejich kříženců u vybraných plemen

Plemeno	Čistokrevní jedinci		Kříženci	
	Četnost	Podíl	Četnost	Podíl
Berrichon du cher	707	0,37	1831	0,94
Bergschaf	1853	0,96	1147	0,57
Clun forest	2926	1,52	452	0,22
Charollais	13862	7,21	2782	1,42
Romney	47250	24,59	4617	2,34
Merinolandschaf	7676	3,99	4045	2,05
Oxford down	3322	1,73	1456	0,73
Romanovská ovce	15457	8,04	5519	2,85
Suffolk	36380	18,93	9600	4,97
Šumavská ovce	22877	11,9	3045	1,57
Texel	9538	4,96	3060	1,55
Zušlechtěná valaška	2370	1,23	1135	0,59
Zwartbles	8105	4,22	1023	0,5

Graf 7. Četnost čistokrevných jedinců a jejich kříženců u vybraných plemen





Největší zastoupení v populaci měla čistokrevná jehňata, až 88,92 % populace tvořila jehňata s nulovým heterozním efektem (tabulka 21). Jehňat, u kterých se projevil 100% přímý heterozní efekt, se v populaci nacházelo 6,39 %. Poloviční přímý heterozní efekt byl zaznamenán u 1,57 % jehňat. Zbytek populace tvořila jehňata (3,12 %) s různým přímým heterozním efektem vyšším než nula.

Tabulka 21. Četnost a podíl přímého heterozního efektu

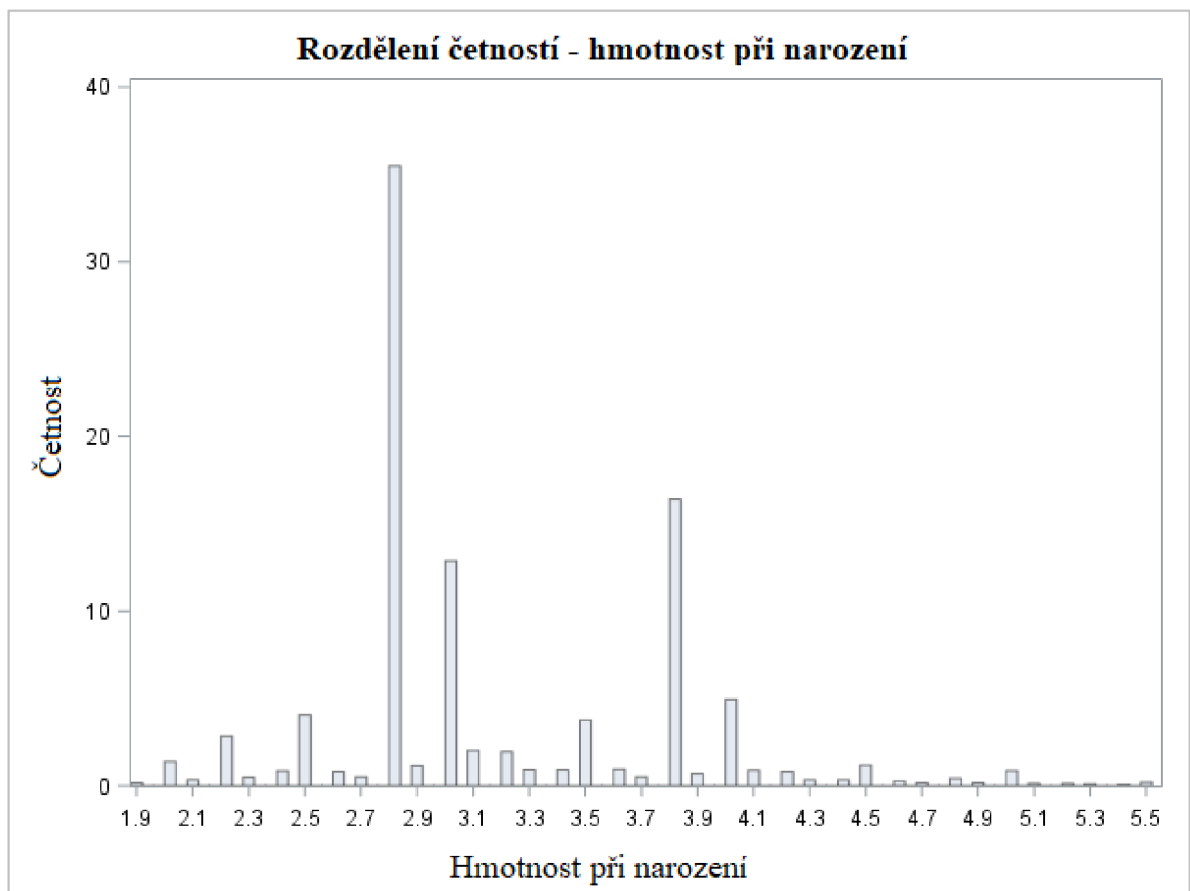
<b>Přímý heterozní efekt</b>	<b>Četnost</b>	<b>Procentuální četnost</b>
0	170877	88,92
0,0625	1520	0,79
0,125	1540	0,8
0,1875	120	0,06
0,25	2281	1,19
0,3125	6	0
0,375	104	0,05
0,4375	39	0,02
0,5	3021	1,57
0,5625	64	0,03
0,625	33	0,02
0,6875	3	0
0,75	201	0,1
0,8125	23	0,01
0,875	64	0,03
0,9375	11	0,01
1	12272	6,39

Až 93,43 % jedinců mělo čistokrevné matky (tabulka 22). Poměrně malý podíl (6,57 %) tvořila jehňata s maternálním heterozním efektem vyšším než nula. Nejvyšší maternální heterozní efekt (100 %) se nacházel u 1,65 % jehňat. Poloviční maternální heterozní efekt byl u 1,19 % jehňat.

Tabulka 22. Četnost a podíl maternálního heterozního efektu

<b>Maternální heterozní efekt</b>	<b>Četnost</b>	<b>Procentuální četnost</b>
0	179559	93,43
0,0625	3304	1,72
0,125	1367	0,71
0,1875	290	0,15
0,25	1580	0,82
0,3125	54	0,03
0,375	72	0,04
0,4375	83	0,04
0,5	2292	1,19
0,5625	212	0,11
0,625	8	0
0,6875	1	0
0,75	124	0,06
0,8125	25	0,01
0,875	35	0,02
0,9375	2	0
1	3171	1,65

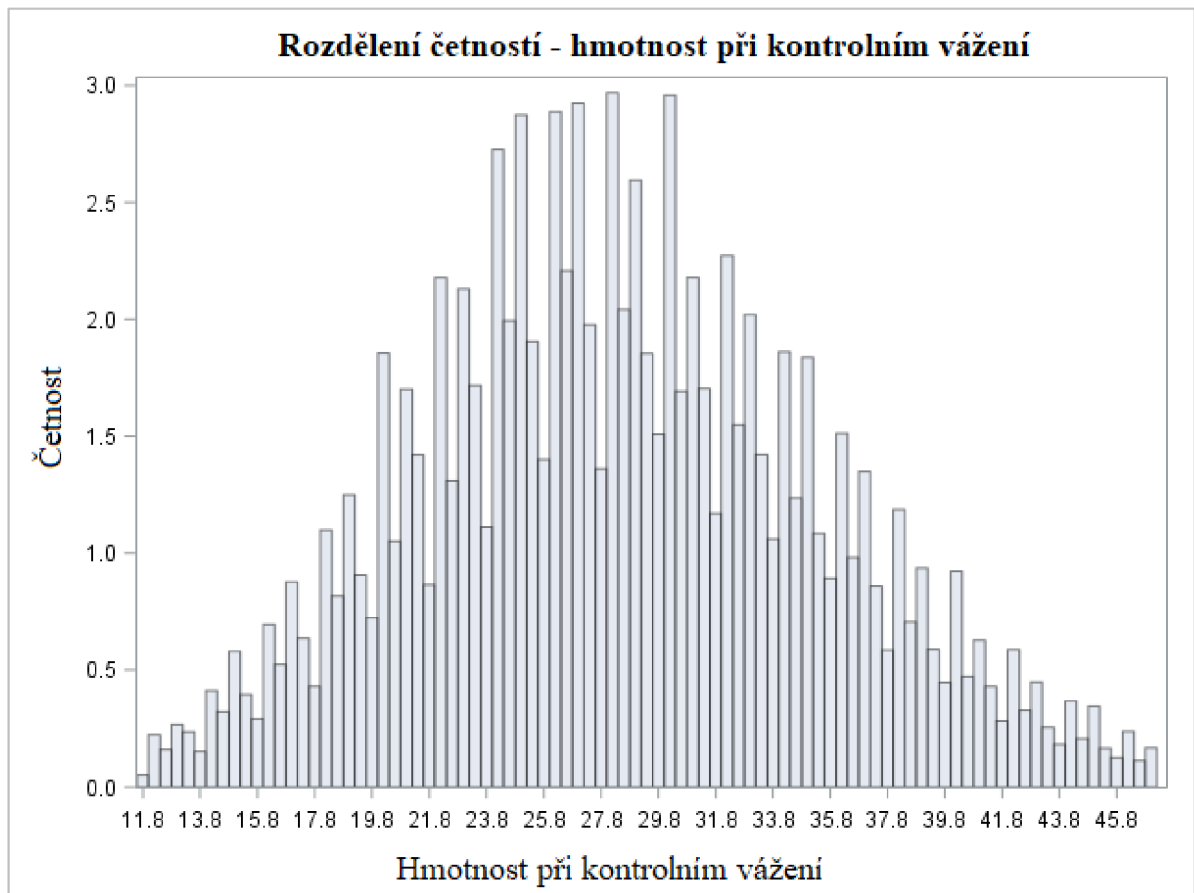
Graf 8. Rozdělení četností – hmotnost při narození



Na ose x (hmotnost při narození) jsou znázorněny fenotypové hodnoty hmotnosti při narození jehňat z let 2000-2020, na ose y (četnost) je množství záznamů dané hmotnosti při narození.

Hmotnost jehňat při narození se pohybovala od 1,9 kg do 5,5 kg (graf 8). Průměrná hmotnost při narození byla 3,17 kg. Nejčastější hodnota u hmotnosti narození byla 2,8 kg.

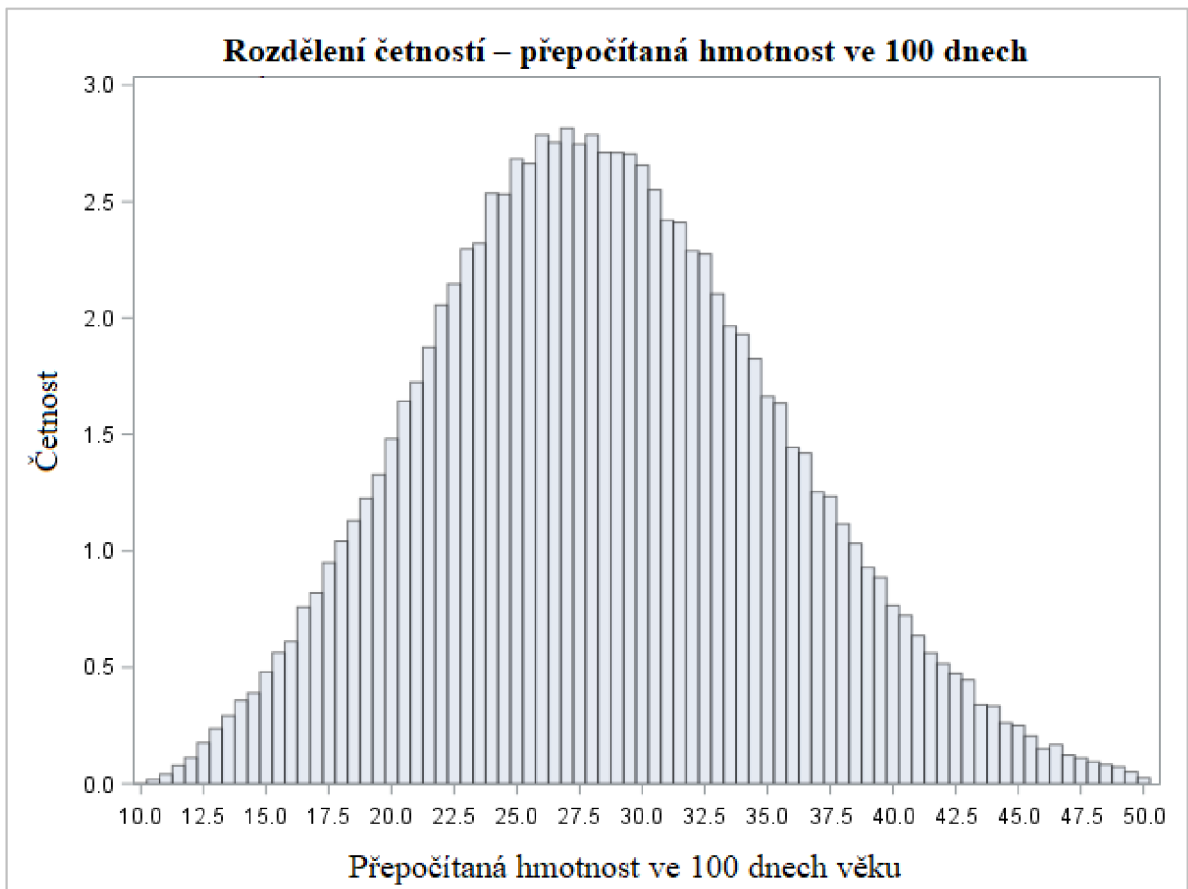
Graf 9. Rozdělení četností – hmotnost při kontrolním vážení



Na ose x (hmotnost při kontrolním vážení) jsou znázorněny fenotypové hodnoty hmotnosti při kontrolním vážení jehňat z let 2000-2020, na ose y (četnost) je množství záznamů dané hmotnosti při kontrolním vážení jehňat.

Na grafu 9 je zobrazeno rozdělení četností hmotnosti při kontrolním vážení. Hmotnost při kontrolním vážení, které bylo provedeno od 70. do 130. dne, se pohybovala od 11,7 kg do 47 kg. Průměrná hmotnost při kontrolním vážení byla 28,40 kg.

Graf 10. Rozdělení četností – přepočítaná hmotnost ve 100 dnech věku



Na ose x (přepočítaná hmotnost ve 100 dnech věku) jsou znázorněny fenotypové hodnoty přepočítané hmotnosti ve 100 dnech věku z let 2000-2020, na ose y (četnost) je množství záznamů za danou přepočítanou hmotnost ve 100 dnech věku.

Z hmotnosti jehňat při narození a hmotnosti jehňat při kontrolním vážení byla vypočtena hmotnost jehňat ve 100 dnech věku, jejíž rozdělení četností je zobrazeno na grafu 10. Přepočtená hmotnost ve 100 dnech věku má normální rozdělení, její hodnota se pohybuje od 10,17 kg do 50 kg. Průměrná přepočtená hmotnost ve 100 dnech věku byla 28, 48 kg.

V modelové rovnici bez zařazení přímého populačního efektu byl tento efekt odhadnut v rámci tzv. genetických skupin neznámých předků. V tabulce 23 jsou zobrazeny počty jedinců v každé skupině neznámých předků. Nejméně početnou skupinu u matek i otců tvořila skupina plemene berrichon du cher. Naopak nejpočetnější skupinu tvořilo plemeno suffolk.

Tabulka 23. Počty ve skupinách neznámých předků

Plemeno	Počty v genetických skupinách neznámých předků			
	Otcové		Matky	
	Četnost	Podíl	Četnost	Podíl
Berrichon du cher	153	1,13	151	1,18
Bergschaf	405	3	334	2,61
Clun forest	181	1,34	164	1,28
Charollais	1881	13,91	1890	14,78
Romney	1017	7,52	1021	7,98
Merinolandschaf	1782	13,18	1851	14,47
Oxford down	380	2,81	384	3
Romanovská ovce	523	3,87	587	4,59
Suffolk	2942	21,76	2700	21,11
Šumavská ovce	1841	13,62	1665	13,02
Texel	1053	7,79	978	7,65
Zušlechtěná valaška	1141	8,44	849	6,64
Zwartbles	221	1,63	216	1,69

### 5.2.1 Otestování vhodnosti modelu

Pro zhodnocení vlivu efektů křížení na růstovou schopnost jehňat bylo procedurou GLM otestováno 21 modelových rovnic. Testované modelové rovnice byly statisticky průkazné ( $p < 0,001$ ). Nejvyšší podíl proměnlivosti byl vysvětlen sdruženým efektem SRO (tabulka 24 a 25). Tento efekt vysvětlil 50,39 % proměnlivosti. Jednotlivé efekty křížení vysvětlily minimální proměnlivost, ale pro odhad jejich vlivu na růstovou schopnost jehňat byly v modelové rovnici ponechány. Model se všemi efekty vysvětlil 60,15 % proměnlivosti. Všechny testované efekty byly statisticky průkazné ( $p < 0,05$ ).

Tabulka 24. Podíl vysvětlené proměnlivosti efektů v modelové rovnici metodou GLM

Model	Efekty MNČ	R <sup>2</sup>
1	SRO	0,5039
2	SRO + POHL	0,5187
3	SRO + POHL + VRH	0,5795
4	SRO + POHL + VRH + VEK	0,5861
5	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup>	0,5862
6	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT	0,6003
7	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK	0,6005
8	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H	0,6007
9	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM	0,6007
10	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE	0,6007
11	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG	0,6007
12	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF	0,6008
13	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH	0,6008
14	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K	0,6009
15	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML	0,6009
16	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD	0,6009

SRO - skupina vrstevníků, POHL – pohlaví, VRH – efekt vrhu, VEK - věk jako lineární regrese, VEK<sup>2</sup> - věk jako kvadratická regrese, VEKMAT - věk matky, ROK - rok narození, H - přímý heterozní efekt, HM - maternální heterozní efekt, BE - přímý populační efekt - berrichon du cher, BG - přímý populační efekt – bergschaf, CF - přímý populační efekt - clun forest, CH - přímý populační efekt – charollais, K - přímý populační efekt – romney, ML - přímý populační efekt – merinoladschaf, OD - přímý populační efekt - oxford down, R<sup>2</sup> – koeficient determinace

Tabulka 25. Podíl vysvětlené proměnlivosti efektů v modelové rovnici metodou GLM

Model	Efekty MNČ	R <sup>2</sup>
17	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD + R	0,6014
18	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD + R + SF	0,6014
19	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD + R + SF + T	0,6015
20	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD + R + SF + T + ZV	0,6015
21	SRO + POHL + VRH + VEK + VEK <sup>2</sup> + VEKMAT + ROK + H + HM + BE + BG + CF + CH + K + ML + OD + R + SF + T + ZV + ZW	0,6015

SRO - skupina vrstevníků, POHL – pohlaví, VRH – efekt vrhu, VEK - věk jako lineární regrese, VEK<sup>2</sup> - věk jako kvadratická regrese, VEKMAT - věk matky, ROK - rok narození, H - přímý heterozní efekt, HM - maternální heterozní efekt, BE - přímý populační efekt - berrichon du cher, BG - přímý populační efekt – bergschaf, CF - přímý populační efekt - clun forest, CH - přímý populační efekt – charollais, K - přímý populační efekt – romney, ML - přímý populační efekt – merinoladschaf, OD - přímý populační efekt - oxford down, R - přímý populační efekt - romanovská ovce, SF - přímý populační efekt - suffolk, T - přímý populační efekt – texel, ZV - přímý populační efekt - zušlechtěná valaška, ZW - přímý populační efekt – zwartbles, R<sup>2</sup> – koeficient determinace

### 5.2.2 Odhadnuté genetické parametry

V tabulce 26 jsou uvedeny odhadnuté genetické parametry pro hmotnost ve 100 dnech věku u hodnocené populace. Mezi přímým a maternálním genetickým efektem byla stanovena negativní genetická korelace. Negativní genetickou korelaci mezi přímým a maternálním efektem u růstové schopnosti jehňat potvrzuje i řada dalších autorů (Abegaz et al. 2002; Ozcan et al. 2005; Mandal et al. 2006; Singh et al. 2015). Koeficient dědivosti pro přímý genetický efekt pro hmotnost ve 100 dnech věku byl 0,16, pro maternální genetický efekt 0,07. Podobné výsledky uvádí ve své studii i Maxa et al. (2007a). V české populaci ovcí suffolk byl u hmotnosti ve 100 dnech věku koeficient dědivosti pro přímý genetický efekt



0,17, pro maternální genetický efekt 0,08. Koeficient dědivosti pro přímý genetický efekt u hmotnosti ve 120 dnech věku byl v populaci ovcí plemene polypay 0,18, pro maternální genetický efekt 0,07 (Hanford et al. 2006). Nízký koeficient dědivosti pro přímý genetický efekt u hmotnosti při odstavu jehňat publikují ve svých studiích Ligda et al. (2000), Mandal et al. (2006) a Bahreini Behzadi et al. (2007). Přímé genetické parametry pro tělesnou hmotnost se stávají s rostoucím věkem významnější, protože růstové znaky měřené u zvířat těsně po narození bývají silně ovlivněny matkou (Maxa et al. 2007a).

Tabulka 26. Výsledky složek rozptylu

Rozptyly a koeficient dědivosti	Odhadnuté hodnoty
$\sigma_a^2$ (SE)	3,53 (0,2)
$\sigma_m^2$ (SE)	1,66 (0,12)
$\sigma_{a,m}$ (SE)	-0,91 (0,12)
$r_{a,m}$	-0,37
$\sigma_{tpm}^2$ (SE)	1,58 (0,07)
$\sigma_{sro}^2$ (SE)	16,45 (0,37)
$\sigma_r^2$ (SE)	15,43 (0,12)
$h_a^2$	0,16
$h_m^2$	0,07

$\sigma_a^2$  - aditivně genetická variance,  $\sigma_m^2$  - maternální genetická variance,  $\sigma_{a,m}$  - kovariance mezi přímým a maternálním efektem,  $r_{a,m}$  - korelace mezi přímým a maternálním efektem,  $\sigma_{tpm}^2$  - variance trvalého prostředí matky,  $\sigma_{sro}^2$  - variance efektu stádo-rok-období,  $\sigma_r^2$  - reziduální variance,  $h_a^2$  - koeficient dědivosti pro přímý genetický efekt ( $h^2 = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{tpm}^2 + \sigma_r^2)$ ),  $h_m^2$  - koeficient dědivosti pro maternální genetický efekt ( $h^2 = \sigma_m^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_{tpm}^2 + \sigma_r^2)$ ), SE - standardní chyba odhadu

### 5.2.3 Výsledky vlivu efektů

Výsledky vlivu pevných efektů i efektů křížení jsou zobrazeny v tabulce 27 a 28. Efekt věku (lineární regrese) snížil hmotnost za každý den vážení o 0,03 kg. Efekt věku (kvadratická regrese) neměl na růstovou schopnost jehňat žádný vliv. Největší vliv na růstovou schopnost měly bahnice, u kterých dochází k bahnění mezi 30. až 78. měsícem života. Vliv věku matky na růstovou schopnost jehňat potvrzují studie dalších autorů (Ceyhan

et al. 2009; Abbasi et al. 2012; Boujenane et al. 2015). Podle Oyieng et al. (2022) mají největší vliv na růstovou schopnost jehňat 3 - 4leté bahnice. Výsledky vlivu efektu vrhu byly stanoveny jako odchylky od zváženého trojčetného vrhu (četnost vrhu 6). Největší hmotnost měla jehňata, která se narodila jako jedináčci (četnost vrhu 1). Tento vliv na hmotnost ve 100 dnech byl až 7,14 kg v porovnání se zváženými trojčaty. Druhou největší hmotnost měla jehňata, která se narodila jako dvojčata, ale vážení se dožil pouze jeden jedinec (četnost vrhu 2). Takový vliv na hmotnost byl 5,14 kg. U dvojčat, kdy se obě jehňata dožila vážení (četnost vrhu 3), byl tento vliv 2,91 kg. V případě trojčat, pokud se dožil vážení pouze jeden jedinec (četnost vrhu 4), byla jeho hmotnost tímto vlivem zvýšena o 3,27 kg. U zvážených dvou jedinců z tříčetného vrhu (četnost vrhu 5) byl tento efekt 1,41 kg. Vliv četnosti vrhu má nejen vliv na porodní hmotnost jehňat, ale i na růstovou schopnost. Hmotnost jedináček při narození je vyšší v porovnání s jehňaty z vícečetných vrhů (Abbasi et al. 2012; Boujenane et al. 2015; Oyieng et al. 2022). Vyšší intenzitu růstu u jedináček ve srovnání s dvojčaty nebo trojčaty uvádí ve své práci Janoš et al. (2018). Podle Makovického et al. (2019) má četnost vrhu vysoce významný vliv pouze na intenzitu růstu jehňat během prvního týdne jejich života. Byl prokázán vliv četnosti vrhu při odstavení na růstovou schopnost jehňat bez ohledu na četnost vrhu při narození. Jehňata z vícečetných vrhů, která byla odchována jako jedináčci, byla těžší ve srovnání s jehňaty, která byla odchována jako dvojčata nebo trojčata. Tato interakce mezi četností vrhu a počtu odchovaných jehňat byla u hmotnosti při odstavení pozorována bez ohledu na četnost vrhu při narození (McGovern et al. 2020). Intenzita růstu jehňat souvisí i s množstvím produkce mléka, která během rané fáze laktace významně ovlivňuje rychlost růstu jehňat (Morgan et al. 2007) a je také ovlivněná četností vrhu jehňat. Tento účinek souvisí s předporodním vlivem počtu plodů nesených matkou. Bahnice nesoucí dvojčata nebo trojčata mají vyšší doживost než bahnice nesoucí pouze jedináčka (Pollott & Gootwine 2004). Četnost vrhu má kromě vlivu na růstovou schopnost jehňat i vliv na jejich přežitelnost. Vliv četnosti vrhu na přežitelnost jehňat byl vyšší v období po porodu a poté v průběhu hodnoceného období (3. a 6. měsíce) klesal. Riziko úmrtí u jehňat narozených jako dvojčata se zvýšilo ve 3 měsících věku o 38 % a ve věku 6 měsíců o 30 % v porovnání s jedináčkou. Jehňata narozená z vícečetných vrhů byla vystavena vyššímu riziku úhynu (hypotermie, hladovění, gastrointestinální infekce a infekce dýchacích cest). Kromě toho jsou dalšími možnými příčinami špatného přežití dvojčat nižší porodní hmotnost, větší plocha pro ztrátu tělesného tepla, menší zásoby tělesného tuku a soupeření s partnerem z vrhu o mlezivo a mléko (Tesemna et al. 2020). Beránci oproti jehničkám vážili o 1,81 kg více. Vliv pohlaví na růstovou schopnost jehňat, kdy beránci dosahují vyšší hmotnosti než jehničky, dokládá i

řada dalších autorů (Hammell & Laforest 2000; Kuchtík & Dobeš 2006; Baneh et al. 2009; Abbasi et al. 2012; Chopra et al. 2010; Prakash et al. 2012; Gowane et al. 2015; Oyieng et al. 2022). Podle Kushwaha et al. (2010) a Boujenane et al. (2015) jsou beránci nejen těžší než jehničky ve všech fázích růstu, ale zároveň se rozdíly mezi pohlavím s rostoucím věkem zvyšují.

Tabulka 27. Vliv pevných efektů na růstovou schopnost jehňat (model s přímým populačním efektem)

<b>Efekt</b>	<b>Úroveň</b>	<b>Hodnota (kg)</b>
Věk - lineární regrese	-	-0,03
Věk - kvadratická regrese	-	0
Věk matky	1	-3,44
	2	-0,28
	3	1,02
	4	0
Četnost vrhu	1	7,14
	2	5,14
	3	2,91
	4	3,27
	5	1,41
	6	0
Pohlaví	1	1,81
	2	0

U jehňat se 100% přímým heterozním efektem se snížila hmotnost vlivem tohoto efektu o 0,3 kg. Odhady heterozního efektu se mezi experimentálními pokusy velmi liší, zejména podle plemen účastnících se křížení a také podle podmínek prostředí (El Fadili & Leroy 2001). Záporný přímý heterozní efekt uvádí ve své studii i Haile et al. (2019). Přímý heterozní efekt u křížených ovcí awassi u hmotnosti při odstavu byl  $-1,659$  kg. Nízký vliv přímého heterozního efektu na růstovou schopnost křížených jehňat uvádí i Shafto et al. (1996). Přímý heterozní efekt, který byl odhadnutý metodou nejmenších čtverců, byl u hmotnosti ve 120 dnech u křížených jehňat 0,24 kg. Po zařazení matice příbuznosti do výpočtů se vliv tohoto efektu odhadnutý animal modelem zvýšil na 0,61 kg. Ve studii od El Fadili a Leroy

(2001) byl vliv přímého heterozního efektu u hmotnosti v 90 dnech věku 0,06 kg. Pozitivní vliv heterozního efektu na denní přírůstky před odstavením také zaznamenali Rosov a Gootwine (2013), ačkoliv vliv tohoto efektu na hmotnost při narození byl nulový. Nasrat et al. (2016) odhadli vliv přímého heterozního efektu u hmotnosti vrhu v 60 dnech věku na 2,12 kg. U křížených ovcí spooner byl vliv přímého heterozního efektu na hmotnost ve 30 dnech věku 0,8 kg (Murphy et al. 2018). Naopak Emsen (2005) neprokázal vliv heterozního efektu na hmotnost jehňat při narození ani při odstavu. U jehňat pocházejících od matek kříženek, 100% maternální heterozní efekt zvýšil hmotnost o 0,13 kg. Stejně tak ve studii od Boujenane a Kansari (2002) byl odhad maternálního heterozního efektu vyšší než přímého heterozního efektu u hmotnosti jehňat. Pozitivní vliv maternálního heterozního efektu byl prokázán u porážkové hmotnosti jehňat (Boujenane 2015). Záporný maternální heterozní efekt ve své práci uvádí Haile et al. (2019). Maternální heterozní efekt byl  $-0,071$  kg. Naopak Nasrat et al. (2016) a Murphy et al. (2018) ve svých studiích neprokázali vliv maternálního efektu na růstovou schopnost jehňat.

Tabulka 28. Vliv efektů křížení na růstovou schopnost jehňat (model s přímým populačním efektem)

<b>Efekt</b>		<b>Hodnota (kg)</b>
Přímý heterozní efekt		-0,3
Maternální heterozní efekt		0,13
Přímý populační efekt	Berrichon du cher	7,42
	Bergschaf	2,53
	Clun forest	5,72
	Charollais	5,04
	Romney	4,64
	Merinolandschaf	4,48
	Oxford down	3,43
	Romanovská ovce	2,31
	Suffolk	7,17
	Texel	5,07
	Zušlechtěná valaška	2,03
Zwartbles	6,69	

Jednotlivé přímé populační efekty daného plemene jsou odhadnuty jako odchylky od plemene šumavská ovce. Největší přímý populační efekt byl zaznamenán u plemene berrichon du cher (7,42 kg), následovalo plemeno suffolk (7,17 kg), zwartbles (6,69 kg), clun forest (5,72 kg), texel (5,07 kg), charollais (5,04 kg), romney (4,64 kg), merinolandschaf (4,48 kg), oxford down (3,43 kg), bergschaf (2,53 kg), romanovská ovce (2,31 kg) a zušlechtěná valaška (2,03 kg). Byl pozorován vliv plemene berana na jatečné vlastnosti. U kříženek pocházejících po matce plemene corriedale byla hodnocena živá porážková hmotnost. Jehňata pocházející po beranovi suffolk dosahovala vyšší porážkové hmotnosti oproti jehňatům pocházejících po beranovi texel (Kremer et al. 2004). Vyšší hmotnost jedinců plemene suffolk v porovnání s jedinci plemene texel prokázali Janssens a Vandepitte (2004). U hodnocení vybraných faktorů na růstovou schopnost jehňat od Dobeše et al. (2014) byly stanoveny vyšší hodnoty u kříženců charollais a suffolk v otcovské pozici s větším podílem genů plemene suffolk (SF75CH) než s rovnoměrným podílem (CH50SF) obou plemen. Naproti tomu v případě křížení zušlechtěné valašky s berany suffolk byly vyšší hodnoty zaznamenány u kříženců s rovnoměrným podílem obou plemen (ZV50SF) v porovnání s jehňaty s větším podílem plemene suffolk (SF75ZV). Podle Maxy et al. (2007) mají jehňata suffolk vyšší porodní hmotnost než jehňata texel a jehňata texel mají vyšší porodní hmotnost než jehňata oxford down. Z pohledu denních přírůstků mají vyšší denní přírůstky jehňata oxford down v porovnání s jehňaty suffolk a jehňata suffolk mají vyšší denní přírůstky než jehňata texel. Při porovnání dospělé hmotnosti jedinců (beranů i bahnic) mají jedinci plemene romney vyšší hmotnost než jedinci merinolandschaf, kteří mají větší hmotnost v porovnání s jedinci šumavské ovce. Nejnižší hmotnost mají jedinci romanovské ovce (Wolfová et al. 2011). Von Borstel et al. (2011) zkoumali mateřské chování ve vztahu k produktivitě jehňat u německých plemen ovcí. Jehňata merinolandschaf měla větší porodní hmotnost a denní přírůstky hmotnosti v porovnání s jehňaty bergschaf. Naopak Komprda et al. (2012) neprokázali vliv plemene (zwartbles, suffolk, oxford down) na živou hmotnost jehňat při porážce. Shackelford et al. (2012) odhadovali přímé účinky plemene na kvalitu masa a složení jatečně upraveného těla u vybraných plemen ovcí. Potomci po otcích suffolk byli při porážce těžší a jejich jatečně upravená těla byla těžší než potomci po otcích plemen texel a romanovská ovce. Potomci po otcích texel a suffolk měli větší plochu nejdelšího zádového svalu v porovnání po otcích plemene romanovská ovce. Leeds et al. (2012) prokázali lepší růstovou schopnost jehňat pocházejících po beranech suffolk oproti beranům texel. S narůstajícím věkem byl rozdíl mezi hmotnostmi větší. Bylo provedeno křížení bahnic merino s berany oxford down, texel, charollais, suffolk a merinolandschaf. Hodnocena byla hmotnost

jehňat před porážkou. Nejtěžší byla jehňata po beranech charollais, následovala jehňata po beranech merinoladschaf, oxford down, suffolk a texel (Jandasek et al. 2014). Křížení šumavských ovcí s vybranými masnými plemeny (suffolk a texel) mělo pozitivní vliv na většinu sledovaných jatečných vlastností (Koutná et al. 2017). Byl hodnocen vliv genotypu na vybrané užitkové vlastnosti původních českých plemen ovcí. U šumavských ovcí byl prokázán větší potenciál v intenzitě růstu jehňat v porovnání s jehňaty zušlechtěné valašky (Ptáček et al. 2017). Porovnání hmotnosti ve 100 dnech věku ukázalo vyšší hmotnost jehňat plemene suffolk v porovnání s jehňaty plemene charollais. Jehňata suffolk vážila o 0,93 kg více v porovnání s jehňaty charollais (Janoš et al. 2018). Ve studii od Fitzmaurice et al. (2019) vážila po odstavu nejvíce jehňata suffolk (40,93 kg), následovala jehňata charollais (37,09 kg) a nejmenší hmotnost měla jehňata texel (36,69 kg). Výsledky studie od Janoše et al. (2019) prokázaly vliv plemene na jatečnou hodnotu a kvalitu jehněčího masa. V tomto případě, ale měli beránci suffolk nejnížší hmotnost při porážce a také hmotnost jatečně upraveného těla v porovnání s beránky zwartbles a romney. Studie od McGovern et al. (2020) uvádí, že zvýšení podílu plemene suffolk zvýšilo hmotnost jehňat po odstavu o 0,049 kg, u jehňat charollais to bylo o 0,035 kg a u jehňat plemene texel o 0,035 kg. Málková et al. (2020) porovnávali růstovou schopnost jehňat charollais a romney. Jehňata charollais dosahovala výrazně lepších výsledků než jehňata romney chovaná ve stejných podmínkách. Jehňata charollais měla vyšší hmotnost ve 100 dnech věku v porovnání s jehňaty romney. Fuerst-Waltl a Fuerst (2021) hodnotili plemena ovcí zaměřená na produkci masa v Rakousku. Největší denní přírůstky dosahovala jehňata suffolk, následovala jehňata merinoladschaf a berrichon du cher, nižší průměrné denní přírůstky měla jehňata texel.

Nakonec byly odhadnuty efekty křížení u modelu bez zohlednění přímého populačního efektu v modelové rovnici, ale s odhadnutím tohoto efektu přes skupinu neznámých předků. Přímý i maternální heterozní efekt zůstaly zařazeny jako pevné efekty v modelové rovnici. Vliv přímého heterozního efektu na hmotnost ve 100 dnech věku byl jako v předešlých případech záporný (tabulka 29), naopak maternální heterozní efekt byl kladný. Výsledky přímých populačních efektů odhadnutých přes skupinu neznámých předků se nacházejí v tabulce 30 a jsou stanoveny jako odchylky hmotnosti od skupiny plemene šumavská ovce. Největší hmotnost měla skupina jedinců plemene berrichon du cher, následovala plemena suffolk, clun forest, texel, zwartbles, charollais, merinolandschaf, oxford down, romanovká ovce, romney, bergschaf a zušlechtěná valaška.

Tabulka 29. Vliv jednotlivých efektů na růstovou schopnost jehňat (model se skupinou neznámých předků)

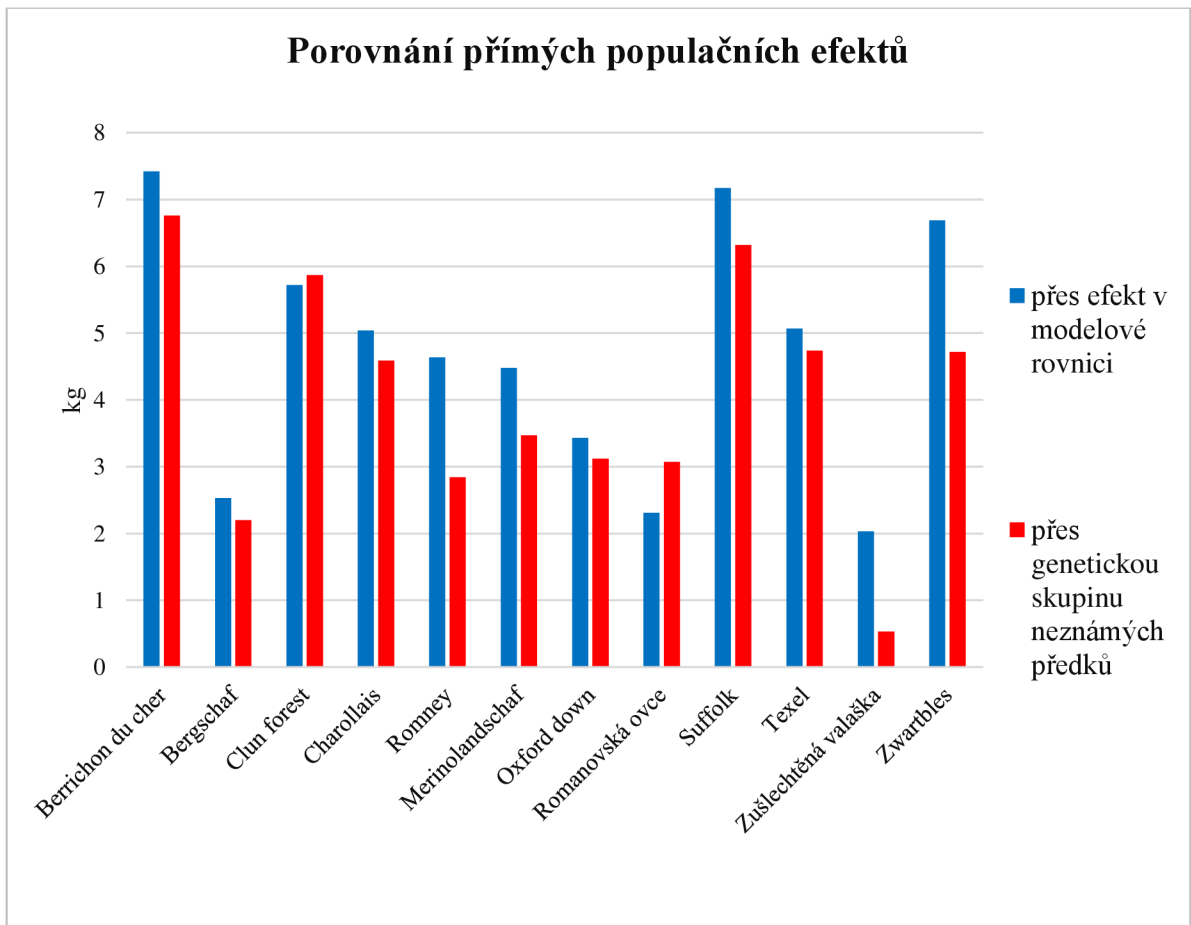
<b>Efekt</b>	<b>Hodnota (kg)</b>
Přímý heterozní efekt	-0,34
Maternální heterozní efekt	0,16

Tabulka 30. Přímý populační efekt odhadnutý přes skupinu neznámých předků

<b>Skupina neznámých předků</b>	<b>Hodnota (kg)</b>
Berrichon du cher	6,76
Bergschaf	2,2
Clun forest	5,87
Charollais	4,59
Romney	2,84
Merinolandschaf	3,47
Oxford down	3,12
Romanovská ovce	3,07
Suffolk	6,32
Texel	4,74
Zušlechtěná valaška	0,53
Zwartbles	4,72

Výsledky pro přímé populační efekty odhadnuté různými metodami výpočtů, zařazením přímých populačních efektů do modelové rovnice a přes tzv. genetické skupiny neznámých předků, se výrazně neliší (graf 11). Ve většině případů dochází při odhadu přímého populačního efektu přes skupinu neznámých předků ke snížení vlivu toho efektu. Pouze u plemen clun forest a romanovská ovce tento vliv naopak narůstá.

Graf 11. Porovnání přímých populačních efektů dle různých způsobů výpočtů





### 5.3 Vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat

Vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat byl analyzován u plemene suffolk, charollais a texel. Celkem bylo hodnoceno 74 015 narozených jehňat v letech 2000 - 2020 od 20 402 matek a 1 956 otců. Podrobnější informace o hodnocené populaci se nacházejí v tabulce 31.

Tabulka 31. Popisná statistika

Plemeno	Počet		
	Jehňat	Bahnic	Beranů
Suffolk	49 345	13 069	1 212
Charollais	14 189	4 247	453
Texel	10 481	3 086	291

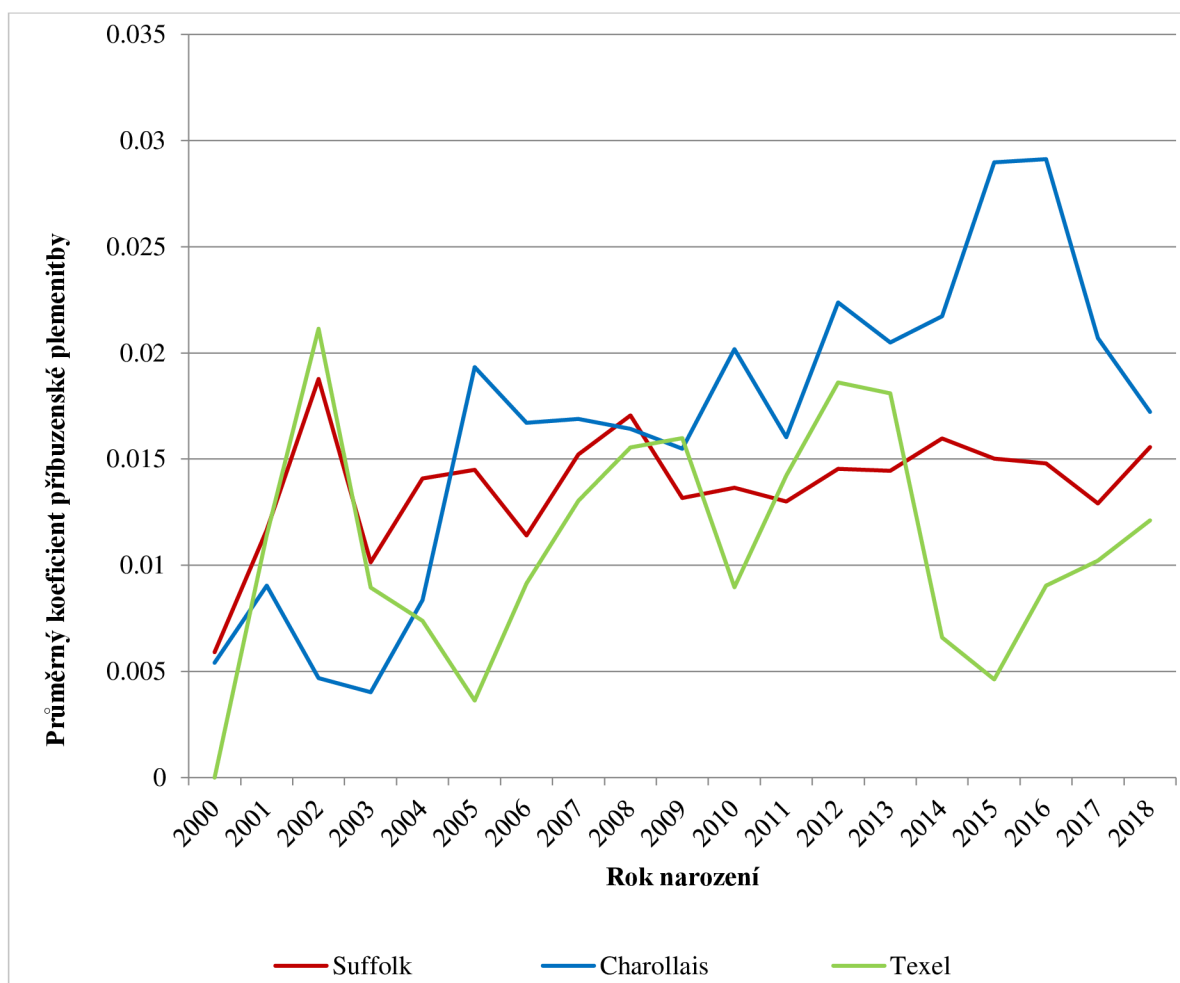
Struktura analyzovaných populací je zobrazena v tabulce 32. Celkem 62,34 % jedinců suffolk, 28,98 % jedinců charollais a 31,73 % jedinců texel bylo inbredních, to znamená, že byl u nich koeficient příbuzenské plemenitby vyšší než 0. Oba rodiče byli u většiny jedinců známí. Průměrný koeficient příbuzenské plemenitby byl v populaci suffolk 0,013, v populaci charollais 0,012 a v populaci texel 0,011. Nižší průměrný koeficient příbuzenské plemenitby ( $F = 0,000043$ ) publikují ve své práci u populace ovcí guilan Eteqadi a kol. (2014). Naopak vyšší průměrný koeficient příbuzenské plemenitby byl stanoven v populaci ovcí bharat merino (2,32 %) (Gowane et al. 2013) a v populaci ovcí elsenburg dormer (16 %) (Van Wyk et al. 2009). Průměrná hodnota koeficientu příbuzenské plemenitby u plemen texel, shropshire a oxford down v dánské populaci ovcí byla přibližně mezi 6 % až 10 % (Norberg a Sorensen 2007). Nejvyšší průměrný koeficient příbuzenské plemenitby u inbredních jedinců se nacházel v populaci charollais ( $F = 0,043$ ). Nejvyšší koeficient příbuzenské plemenitby byl v populaci suffolk ( $F_{\max} = 0,4$ ). Průměrný počet generací byl u populace suffolk 5,26 s maximálním počtem 9,378 generací. U populací charollais a texel byl průměrný počet generací nižší, stejně tak maximální počet generací byl u těchto populací nižší. Průměrný počet generací v této studii byl vyšší, než uvádí například Pedrosa et al. (2010) u populace ovcí santa inês v Brazílii (2,49 generací) nebo Gholizadeh a Ghafouri-Kesbi (2016) u populace ovcí baluchi v Íránu (2,26 generací).

Tabulka 32. Struktura analyzované populace

	<b>Suffolk</b>	<b>Charollais</b>	<b>Texel</b>
Počet jedinců	63818	20353	14502
Počet inbredních jedinců	39784	5898	4602
Počet jedinců s oběma známými rodiči	60807	18282	13198
Počet jedinců bez potomků	42544	12937	8893
Průměrný koeficient příbuzenské plemenitby	0,013	0,012	0,011
Průměrný koeficient příbuzenské plemenitby u inbredních jedinců	0,022	0,043	0,034
Maximální koeficient příbuzenské plemenitby	0,400	0,381	0,375
Průměrný počet generací	5,260	3,355	3,709
Maximální počet generací	9,378	8,750	7,980

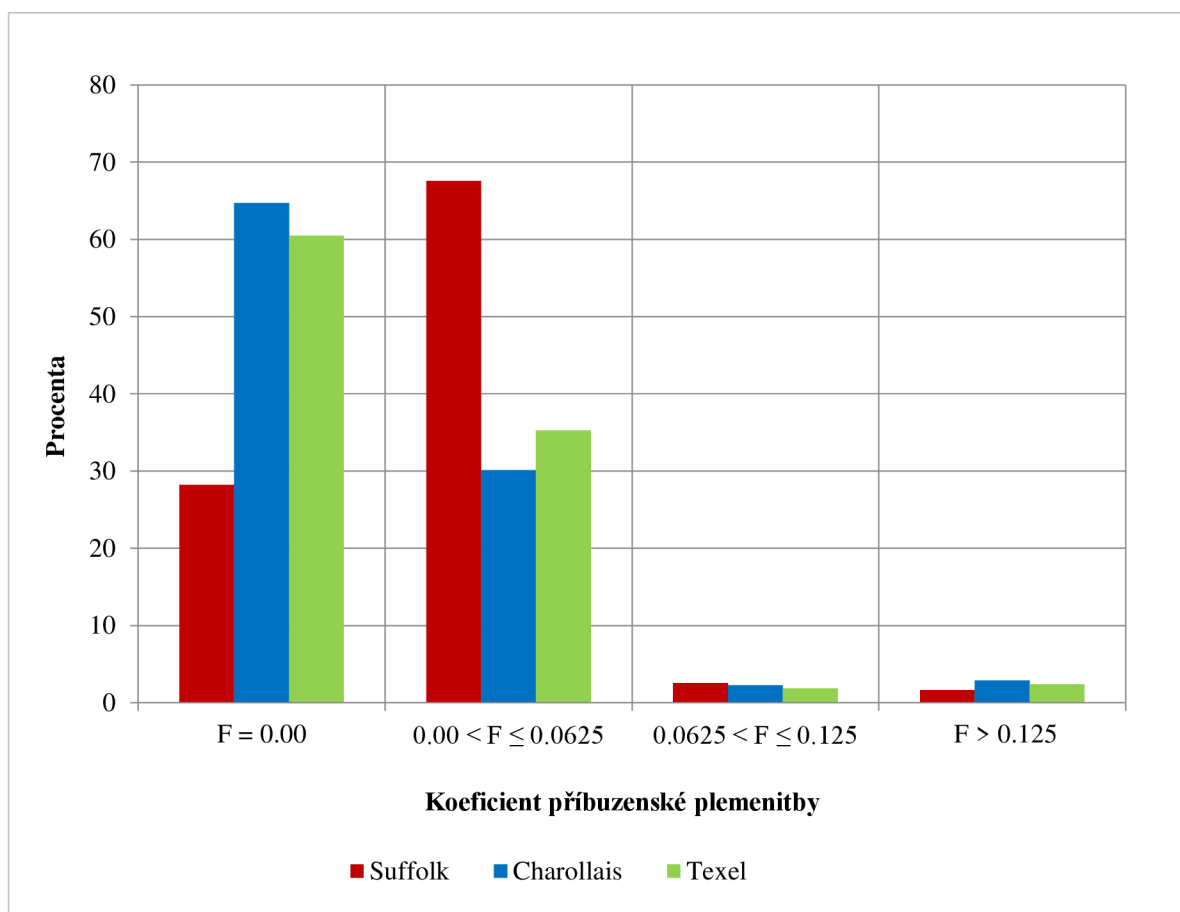
Trend průměrného koeficientu příbuzenské plemenitby za roky 2000 - 2018 u hodnocených plemen je zobrazen na grafu 12. Největší nárůst průměrného koeficientu příbuzenské plemenitby byl zaznamenán u plemene charollais. Tento koeficient se zvýšil z  $F = 0,005$  na  $F = 0,017$ . Nejvyšší hodnota byla zaznamenána v roce 2016 ( $F = 0,029$ ). U plemene suffolk hodnota průměrného koeficientu příbuzenské plemenitby mírně stoupá. Ačkoliv tato hodnota byla zpočátku vyšší než u charollais, tato hodnota se v průběhu let zvýšila pouze na  $F = 0,016$ . Nejvyšší hodnota byla zaznamenána v roce 2002 ( $F = 0,019$ ). U plemene texel byl tento koeficient na počátku sledovaného období vyšší ( $F = 0,021$ ) ve srovnání s ostatními plemeny. Následně tato hodnota silně kolísala. V posledním hodnoceném roce byla tato hodnota  $F = 0,012$ . K rostoucímu trendu koeficientu příbuzenské plemenitby dochází i v populaci ovcí lori, u které byl koeficient příbuzenské plemenitby hodnocen v letech 2001-2010 (Yeganehpur et al. 2016). K rostoucímu trendu koeficientu příbuzenské plemenitby došlo také u populace ovcí segureña mezi lety 1983 - 2001 (Barros et al. 2017), u populace ovcí guilan v letech 1993 - 2011 (Eteqadi et al. 2014). Hodnocen byl i trend příbuzenské plemenitby v dánské populaci ovcí u plemen texel, shropshire a oxford down (Norberg & Sorensen 2007).

Graf 12. Trend průměrného koeficientu příbuzenské plemenitby během hodnocených let



Graf 13 ukazuje četnost jehňat podle plemen v jednotlivých třídách koeficientu příbuzenské plemenitby. Ve většině případů se zvyšujícím se koeficientem příbuzenské plemenitby v jednotlivých třídách snižoval počet jehňat. Plemeno suffolk mělo nejvíce inbredních jehňat s koeficientem příbuzenské plemenitby  $F < 0,0625$ . Další výjimkou byla jehňata texel a charollais ve čtvrté třídě s koeficientem příbuzenské plemenitby  $F < 0,125$ , kdy došlo k malému nárůstu oproti předchozí třídě. Chovatelé většinou sledují příbuzenské vztahy jedinců dvě generace nazpět, proto mohlo ke vzniku příbuzenské plemenitby dojít na základě příbuznosti jedinců ve vzdálenější části rodokmenu.

Graf 13. Rozdělení koeficientu příbuzenské plemenitby v hodnocených populacích



Vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat u jednotlivých plemen je patrný z tabulky 33. U plemene suffolk se hmotnost v jednotlivých třídách snižovala se zvyšujícím se koeficientem příbuzenské plemenitby, kromě poslední čtvrté třídy ( $F < 0,125$ ), u které tato hodnota byla vyšší než u třetí třídy ( $0,0625 < F \leq 0,125$ ). Mezi první ( $F = 0,00$ ) a druhou třídou, první a třetí třídou, první a čtvrtou třídou, druhou a třetí třídou byl statisticky průkazný rozdíl ( $p < 0,05$ ). U plemene charollais dosahovala jehňata nejvyšší hmotnosti ve druhé třídě, následovala první a třetí třída. Nejnižší hmotnost se vyskytovala u jehňat ve čtvrté třídě, tedy třídě s nejvyšším koeficientem příbuzenské plemenitby. Mezi první a čtvrtou třídou, druhou a čtvrtou třídou, třetí a čtvrtou třídou byly statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ). Hmotnost u jehňat texel byla nejvyšší u neinbredních jehňat. S rostoucím koeficientem příbuzenské plemenitby v jednotlivých třídách klesala i hmotnost jehňat. Nejnižší hmotnost byla pozorována ve čtvrté třídě. Mezi všemi třídami kromě druhé a třetí byly statisticky významné rozdíly ( $p < 0,05$ ).

Tabulka 33. Průměrná hmotnost ve 100 dnech věku podle plemene a podle třídy koeficientu příbuzenské plemenitby (GLM)

Třída koeficientu příbuzenské plemenitby	Suffolk		Charollais		Texel	
	N	Průměr ± SE	N	Průměr ± SE	N	Průměr ± SE
F = 0.00	13915	30.444 ± 0.07 <sup>a</sup>	9182	29.184 ± 0.105 <sup>a</sup>	6341	29.362 ± 0.144 <sup>a</sup>
0.00 < F ≤ 0.0625	33343	30.224 ± 0.062 <sup>b</sup>	4272	29.256 ± 0.13 <sup>a</sup>	3695	29.058 ± 0.158 <sup>b</sup>
0.0625 < F ≤ 0.125	1275	29.892 ± 0.147 <sup>c</sup>	324	29.112 ± 0.293 <sup>a</sup>	194	28.623 ± 0.384 <sup>b</sup>
F > 0.125	812	29.906 ± 0.177 <sup>bc</sup>	411	27.771 ± 0.258 <sup>b</sup>	251	27.554 ± 0.34 <sup>c</sup>

N – počet jedinců, SE- standardní chyba odhadu

<sup>a-c</sup> Údaje označené různými písmeny se liší na hladině významnosti ( $p < 0,05$ )

Průměrná hmotnost ve 100 dnech věku byla u neinbredních jehňat suffolk  $30,444 \pm 0,07$  kg. Nižší hmotnost uvádí ve své studii Maxa et al. (2007b). Hmotnost ve stejném věku u tohoto plemene byla  $27,91$  kg. Naopak vyšší hmotnost ( $36,51 \pm 5,8$  kg) publikoval ve své studii Janoš et al. (2018). Neinbrední jehňata charollais vážila  $29,184 \pm 0,105$  kg. Ve studii od Málkové et al. (2020), jehňata tohoto plemene vážila  $31,12 \pm 0,411$  kg. U jehňat texel byla hmotnost ve 100 dnech věku  $29,362 \pm 0,144$  kg. Podobnou hmotnost uvedli Štolc et al. (2011) ve své studii. Jehňata texel vážila v průměru za pět hodnocených let  $28,388$  kg. Nižší hmotnost ( $26,95 \pm 1,21$  kg) publikoval Petr et al. (2009).

O vlivu příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat dokládají i výsledky od Pedrosa et al. (2010), kdy neinbrední jehňata vážila v 60 dnech věku o  $0,62$  kg více než inbrední jehňata. Nižšího růstu inbredních jehňat v porovnání s neinbredními jehňaty dokazuje práce od Mandala et al. (2002), kteří hodnotili růstovou schopnost jehňat ve třech měsících. Kromě vlivu příbuzenské plemenitby na růst jehňat je prokázán také jeho významný vliv na porodní hmotnost jehňat (Selvaggi et al. 2010; Eteqadi et al. 2014; Gholizadeh & Ghafouri-Kesbi 2016). Naproti tomu Caro Petrovic et al. (2013) a Barros et al. (2017) ve svých studiích neprokázali vliv příbuzenské plemenitby na růstové vlastnosti. V případě Barrose et al. (2017) mohl být tento výsledek ovlivněn nízkým počtem inbredních jedinců ve

sledované populaci. Odhad genetických parametrů pro populaci plemene suffolk, charollais a texel je zobrazen v tabulce 34.

Tabulka 34. Odhadnuté genetické parametry pro hmotnost ve 100 dnech věku

	$\sigma^2_a$	$\sigma^2_m$	$\sigma^2_{tpm}$	$\sigma^2_{sro}$	$\sigma^2_r$	$\sigma_{am}$	$r_{am}$
Suffolk	1,57	1,27	1,70	14,68	16,08	-0,55	-0,39
Charollais	4,26	1,52	1,45	8,04	12,67	-1,28	-0,50
Texel	3,97	2,51	1,76	9,57	12,78	-2,04	-0,65

$\sigma^2_a$  - aditivně genetická variance,  $\sigma^2_m$  - maternální genetická variance,  $\sigma^2_{tpm}$  - variance trvalého prostředí matky,  $\sigma^2_{sro}$  - variance efektu stádo-rok-období,  $\sigma^2_r$  - reziduální variance,  $\sigma_{a,m}$  - kovariance mezi přímým a maternálním efektem,  $r_{a,m}$  - korelace mezi přímým a maternálním efektem,

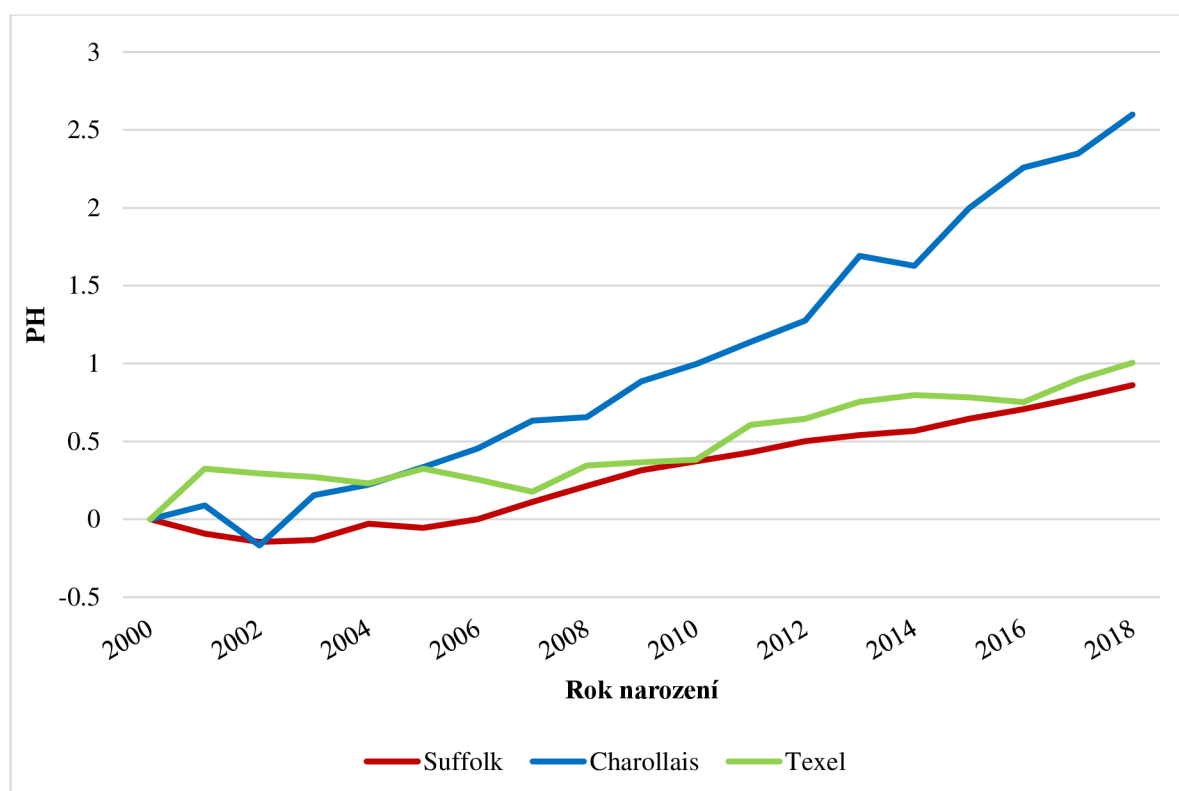
Tabulka 35 zobrazuje regresní koeficienty hmotnosti ve 100 dnech věku (v kilogramech) při změně koeficientu příbuzenské plemenitby o 1 %. U jehňat plemene suffolk při zvýšení koeficientu příbuzenské plemenitby o 1 % byla hmotnost snížena o 0,028 kg. U jehňat plemene charollais a texel byla hmotnost snížena o 0,053kg a 0,048 kg. Úbytek hmotnosti v důsledku příbuzenské plemenitby uvedli také Van Wyk et al. (2009), kteří došli k závěru, že zvýšení koeficientu příbuzenské plemenitby o 1 % sníží hmotnost při odstavu (100 dní věku) o 0,093 kg. Eteqadi et al. (2014) uvádějí, že hmotnost jehňat ve věku tří měsíců se vlivem zvýšení koeficientu příbuzenské plemenitby o 1 % sníží o 0,028 kg. Průkazný vliv koeficientu příbuzenské plemenitby byl prokázán u hmotnosti při odstavu ( $40 \pm 3$  dny), kdy se tato hmotnost zvýšením 1 % koeficientu příbuzenské plemenitby snížila o 0,031kg (Selvaggi et al. 2010). Gholizadeh a Ghafouri-Kesbi (2016) nezaznamenali průkaznou inbrední depresi na hmotnost při odstavu (90 dní věku). Stejného výsledku bylo dosaženo ve studii Yeganehpur et al. (2016).

Tabulka 35. Regresní koeficienty hmotnosti ve 100 dnech věku (v kilogramech) při změně příbuzenské plemenitby o 1 %.

<b>Plemeno</b>	<b>Regresní koeficient</b>
Suffolk	-0,028
Charollais	-0,053
Texel	-0,048

Genetický trend průměrných plemenných hodnot (graf 14), který nám umožňuje porovnat genetické úrovně zvířat narozených v jednotlivých letech, vykazuje mírné zvýšení genetické hodnoty u plemene suffolk a texel. U charollais je nárůst této hodnoty vyšší než u předchozích plemen. To může být způsobeno intenzivnější selekcí, která může také zvýšit průměrný koeficient příbuzenské plemenitby u tohoto plemene, spolu s nižším poměrem importovaných otců a vyšším procentem otců, kteří jsou využíváni ve stejném stádu.

Graf 14. Genetický trend průměrných plemenných hodnot (PH) podle roku narození pro hmotnost ve 100 dnech věku



## 6 Závěr

V rámci disertační práce zaměřené na odhad aditivních a neaditivních genových účinků byly navrženy vhodné genetické modely pro odhad efektů křížení u mléčné a masné užitkovosti. Začleněním přímého heterozního efektu a přímých populačních efektů u mléčné užitkovosti umožní přesnější hodnocení zvířat, ačkoliv zvýšení vysvětlené proměnlivosti je minimální. Stejných výsledků bylo dosaženo u modelu pro růstovou schopnost jehňat, ve kterém se kromě těchto efektů nacházel navíc i maternální heterozní efekt.

U mléčné užitkovosti slovenských dojných ovcí byl vliv přímého heterozního efektu na skutečnou produkci mléka nízký. Ke zvýšení produkce mléka dochází především u kříženců s vysoce užitkovým plemenem lacaune, u kterého byl oproti plemenům zušlechtěná valaška a cigája prokázán pozitivní přímý populační efekt. Křížení místních plemen se specializovanými plemenem je využíváno nejen u mléčné produkce, ale i u růstové schopnosti jehňat. U kombinovaných a masných plemen ovcí byl prokázán negativní vliv přímého heterozního efektu na růstovou schopnost jehňat. Vliv maternálního heterozního efektu byl pozitivní. Nejvyššího přímého populačního efektu bylo dosaženo u plemen bericchon du cher a suffolk.

Zjištěné efekty nebudou začleněny do pravidelných postupů genetického hodnocení ovcí chovaných v České republice a na Slovensku, vzhledem k nepatrnému zvýšení vysvětlené proměnlivosti modelů po zařazení efektů křížení do modelových rovnic. Z výsledků vyplývá, že v České republice převážná část hodnocené populace tvořila čistokrevná jehňata. Zároveň v posledních letech dochází k poklesu počtu narozených jehňat - kříženců v databázi kontroly užitkovosti. Práce týkající se slovenských dojných ovcí byla provedena pouze u populace, která přispěla k vyšlechtění plemene slovenská dojná ovce.

Výsledky této práce ukazují průkazný negativní vliv příbuzenské plemenitby na růstovou schopnost jehňat masných plemen ovcí. Z analýzy rodokmenu vyplývá, že koeficient příbuzenské plemenitby v hodnocených populacích narůstá. Především se v populacích nachází poměrně vysoká četnost jehňat s koeficientem příbuzenské plemenitby  $0.00 < F \leq 0.0625$ . Vhodně navrhnutý systém páření nepříbuzných jedinců a jeho využití by mohl snížit hodnotu tohoto koeficientu v populacích.



## 7 Literatura

- Abbasi MA, Abdollahi-Arpanahi R, Maghsoudi A, Torshizi RV, Nejati-Javaremi A, Okeyo AM, Lv S. 2012. Evaluation of models for estimation of genetic parameters and maternal effects for early growth traits of Iranian Baluchi sheep: maternal environment. *Small Ruminant Research* **104**:62-69.
- Abegaz S, Negussie E, Duguma G, Rege JEO. 2002. Genetic parameter estimates for growth traits in Horro sheep. *Journal of Animal breeding and Genetics* **119**:35-45.
- Baneh H, Hafezian SH. 2009. Effects of environmental factors on growth traits in Ghezel sheep. *African Journal of Biotechnology* **8**: 2903-2907.
- Bahreini Behzadi MR, Shahroudi FE, Van Vleck LD. 2007. Estimates of genetic parameters for growth traits in Kermani sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **124**:296-301.
- Barillet F. 2007. Genetic improvement for dairy production in sheep and goats. *Small Ruminant Research* **70**:60-75.
- Barros EA, Brasil LDA, Tejero JP, Delgado-Bermejo JV, Ribeiro MN. 2017. Population structure and genetic variability of the Segurena sheep breed through pedigree analysis and inbreeding effects on growth traits. *Small Ruminant Research* **149**:128-33.
- Bertoli CD, Braccini J, McManus C, Cobuci JA, Kern EL, Piccoli ML, Schenkel F, Roso V. 2015. Modeling breed additive and non-additive genetic effects using a Angus x Nellore crossbred population. *Livestock Science* **176**:1-13.
- Bijma P. 2006. Estimating maternal genetic effects in livestock1. *Journal of Animal Science* **84**:800-806.
- Birchler JA, Yao H, Chudalayandi S. 2006. Unraveling the genetic basis of hybrid vigor. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **103**:12957-12958.
- Biscarini F, Nicolazzi EL, Stella A, Boettcher PJ, Gandini G. 2015. Challenges and opportunities in genetic improvement of local livestock breeds. *Frontiers in Genetics* **6**:1-7.
- Boujenane I. 2015. Growth at fattening and carcass characteristics of D'man, Sardi and meat-sire crossbred lambs slaughtered at two stages of maturity. *Tropical animal health and production* **47**:1363-1371.
- Boujenane I, Kansari J. 2002. Lamb production and its components from purebred and crossbred mating types. *Small Ruminant Research* **43**:115-120.
- Boujenane I, Chikhi A, Ibnelbachyr M, Mouh FZ, Nejati-Javaremi A, Okeyo AM, Lv S. 2015. Estimation of genetic parameters and maternal effects for body weight at different ages in D'man sheep: maternal environment. *Small Ruminant Research* **130**:27-35.
- Brestenský, V. 2015. Chov hospodárskych zvierat. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum-Výskumný ústav živočíšnej výroby Nitra.

- Bucek P, Milerski M, Mareš V, Konrád R, Roubalová M, Škaryd V, Rucki J, Hakl P. 2018. Ročenka chovu ovcí a koz v České republice za rok 2017. Českomoravská společnost chovatelů. Praha.
- Ciappesoni G, Pribyl J, Milerski M, Mares V. 2004. Factors affecting goat milk yield and its composition. *Czech Journal of Animal Science* **49**: 465-473.
- Caro Petrovic V, Maksimovic N, Petrovic MP, Petrovic MM, Ilic ZZ, Ruzic-Muslic D, Pesic-Mikulec D. 2013. Effect of inbreeding on body growth traits and sperm DNA fragmentation level in rams. *Animal Science Papers and Reports* **31**:27-33.
- Carta A, Casu S, Salaris S. 2009. Invited review: Current state of genetic improvement in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* **92**: 5814-5833.
- Ceyhan A, Kaygisiz A, Sezenler T. 2011. Effect of inbreeding on preweaning growth traits and survival rate in Sakiz sheep. *The Journal of Animal & Plant Sciences* **21**:1-4.
- Ceyhan A, Sezenler T, Erdoğan İ, Symonds ME, Yang Y, Wang Z, Lv S. 2009. The estimation of variance components for prolificacy and growth traits of Sakız sheep: maternal environment. *Livestock Science* **122**:68-72.
- Coffey EL, Horan B, Evans RD, Berry DP. 2016. Milk production and fertility performance of Holstein, Friesian, and Jersey purebred cows and their respective crosses in seasonal-calving commercial farms. *Journal of Dairy Science* **99**:5681-5689.
- Daltro D dos S, Silva MVGB da, Telo da Gama L, Machado JD, Kern EL, Campos GS, Panetto JC do C, Cobuci JA. 2020. Estimates of genetic and crossbreeding parameters for 305-day milk yield of Girolando cows. *Italian Journal of Animal Science* **19**:86-94.
- Daltro D dos S, Padilha AH, Gama LT da, Silva MVGB da, Cobuci JA. 2021. Breed, heterosis, and recombination effects for lactation curves in Brazilian cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia* 50 (e20200085) DOI: 10.37496/rbz5020200085.
- Dhawal K, Maltecca C, Cassady JP, Baloch G, Williams CM, Washburn SP. 2013. Calf birth weight, gestation length, calving ease, and neonatal calf mortality in Holstein, Jersey, and crossbred cows in a pasture system. *Journal of Dairy Science* **96**:690-698.
- Dickerson GE. 1973. INBREEDING AND HETEROSIS IN ANIMALS. *Journal of Animal Science* **1973**:54-77.
- Dobeš I, Kuchník J, Petr R, Filipčík R. 2014. Effect of chosen factors on growth of lambs crossbreeds with using Suffolk in sire position. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **55**:27-32.
- Dorostkar M, Faraji AH, Shodja J, Rafat SA, Rokouei M, Esfandyari H. 2012. Inbreeding and inbreeding depression in Iranian Moghani sheep breed. *Journal of Agricultural Science and Technology* **14**:549-556.
- Dunne FL, McParland S, Kelleher MM, Walsh SW, Berry DP. 2019. How herd best linear unbiased estimates affect the progress achievable from gains in additive and nonadditive genetic merit. *Journal of Dairy Science* **102**:5295-5304.

- El Fadili M, Leroy PL. 2001. Estimation of additive and non-additive genetic parameters for reproduction, growth and survival traits in crosses between the Moroccan D'man and Timahdite sheep breeds. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **118**:341-353.
- Elizalde H F, Carson AF, Muñoz C. 2019. Effects of sire genotype on lamb performance at weaning in extensive sheep systems. *Animal* **13**:213-220.
- Emsen E. 2005. Testicular development and body weight gain from birth to 1 year of age of Awassi and Redkaraman sheep and their reciprocal crosses. *Small Ruminant Research* **59**:79-82.
- Esfandyari H, Sørensen AC, Bijma P. 2015. Maximizing crossbred performance through purebred genomic selection. *Genetics Selection Evolution* **47**:1-16.
- Eteqadi B, Hossein-Zadeh NG, Shadparvar AA. 2014. Population structure and inbreeding effects on body weight traits of Guilan sheep in Iran. *Small Ruminant Research* **119**:45-51.
- Falconer DS. 1960. *Introduction to Quantitative Genetics*. Oliver & Boyd, Edinburgh, London.
- Fitzmaurice S, Conington J, Fetherstone N, Pabiou T, McDermott K, Wall E, Banos G, McHugh N. 2020. Genetic analyses of live weight and carcass composition traits in purebred Texel, Suffolk and Charollais lambs. *animal* **14**:899-909.
- Fuerst-Waltl B, Fuerst C. 2021. Development of a routine genetic evaluation and a total merit index for sheep breeds with focus on meat production. *Small Ruminant Research* **202**:106467.
- Yadav A, Jain A, Sahu J, Dubey A, Gadpayle R, Barwa DK, Kumar V. 2019. A review on the concept of inbreeding and its impact on livestock. *International Journal of Fauna and Biological Studies* **6**:23-30.
- Favero R et al. 2019. Crossbreeding applied to systems of beef cattle production to improve performance traits and carcass quality. *Animal* **13**:2679-2686.
- Farrell LJ, Kenyon PR, Tozer PR, Ramilan T, Cranston LM. 2020. Quantifying sheep enterprise profitability with varying flock replacement rates, lambing rates, and breeding strategies in New Zealand. *Agricultural Systems* **184**:102888.
- Ferreira VC, Rosa GJM, Berger YM, Thomas DL. 2015. Survival in crossbred lambs: Breed and heterosis effects. *Journal of Animal Science* **93**:912-919.
- Ferro MM, Tedeschi LO, Atzori AS. 2017. The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *Translational animal science* **1**:498-506.
- Freking BA, Bennett GL. 2019. Rambouillet and Romanov reciprocal breed effects on survival and growth traits of F1 lambs and on reproductive traits of F1 ewes. *Journal of Animal Science* **97**:578-586.

- Freyer G, König S, Fischer B, Bergfeld U, Cassell BG. 2008. Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle From a German Perspective of the Past and Today. *Journal of Dairy Science* **91**:3725-3743.
- Genetické hodnotenie oviec. 2017. Plemenárske služby SR, š.p. [online]. Plemenárske služby SR, š.p. Bratislava. [cit. 2022-4-11]. Dostupné z: <https://www.pssr.sk/index.php/sk/ovce/#>.
- Getahun D, Alemneh T, Akebereg D, Getabalew M, Zewdie D. 2019. Importance of hybrid vigor or heterosis for animal breeding. *Biochemistry and Biotechnology Research* **7**:1-4.
- Ghafouri-Kesbi F, Eskandarinasab M, Hassanabadi A. 2008. Investigation of genetic variability and inbreeding characteristics in a population of Zandi sheep: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Canadian Journal of Animal Science* **88**:409-417.
- Gholizadeh M, Ghafouri-Kesbi F. 2016. Inbreeding depression in growth traits of Baluchi sheep. *Small Ruminant Research* **144**:184-90.
- Gootwine E, Goot H. 1996. Lamb and milk production of Awassi and East-Friesian sheep and their crosses under Mediterranean environment. *Small Ruminant Research* **20**:255-260.
- Gosey J. 2005. Křížení zapomenutého nástroje. Pages 39-47 in Proceedings, The Range Beef Cow Symposium XIX, Rapid City, South Dakota.
- Gowane GR, Prakash V, Chopra A, Prince LLL. 2013. Population structure and effect of inbreeding on lamb growth in Bharat Merino sheep. *Small Ruminant Research* **114**:72-9.
- Gowane GR, Prince LLL, Lopes FB, Paswan C, Sharma RC. 2015. Genetic and phenotypic parameter estimates of live weight and daily gain traits in Malpura sheep using Bayesian approach. *Small Ruminant Research* **128**:10-18.
- Haile A, Hilali M, Hassen H, Lobo RNB, Rischkowsky B, Notter DR, Lv S. 2019. Estimates of genetic parameters and genetic trends for growth, reproduction, milk production and milk composition traits of Awassi sheep: maternal environment. *Animal* **13**:240-247.
- Hamann H, Horstick A, Wessels A, Distl O. 2004. Estimation of genetic parameters for test day milk production, somatic cell score and litter size at birth in East Friesian ewes. *Livestock Production Science* **87**:153-160.
- Hammell KL, Laforest JP. 2000. Evaluation of the growth performance and carcass characteristics of lambs produced in Quebec. *Canadian Journal of Animal Science* **80**:25-33.
- Hanford KJ, Van Vleck LD, Snowder GD, Georgoudis A, Kumar S, Notter DR, Lv S. 2006. Estimates of genetic parameters and genetic trend for reproduction, weight, and wool characteristics of Polypay sheep: maternal environment. *Livestock Science* **102**:72-82.
- Hansen LB. 2006. Monitoring the worldwide genetic supply for dairy cattle with emphasis on managing crossbreeding and inbreeding. In: Proceedings of the 8th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Brasil.

- Hartwig S, Wellmann R, Hamann H, and Bennewitz J. 2014. The contribution of migrant breeds to the genetic gain of beef traits of German vorderwald and hinterwald cattle. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **131**:496–503.
- Hosseini-Zadeh NG, Lôbo RNB, Cloete SWP. 2012. Inbreeding effects on body weight traits of Iranian Moghani sheep: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Archives Animal Breeding* **55**:171-178.
- Šlechtitelský program pro chov ovcí. 2017. SCHOK [online]. Svaz chovatelů ovcí a koz. Hradištko. [cit. 2022-5-11]. Dostupné z: [file:///C:/Users/cerna.michaela/Downloads/slechtitelsky-program-pro-chov-ovci-2017%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/cerna.michaela/Downloads/slechtitelsky-program-pro-chov-ovci-2017%20(8).pdf)
- Chay-Canul AJ, Aguilar-Urquiza E, Parra-Bracamonte GM, Piñeiro-Vazquez ÁT, Sanginés-García JR, Magaña-Monforte JG, García-Herrera RA, López-Villalobos N. 2019. Ewe and lamb pre-weaning performance of Pelibuey and Katahdin hair sheep breeds under humid tropical conditions. *Italian Journal of Animal Sciences* **18**:850-857.
- Chopra A, Prince LLL, Gowane GR, Arora AL. 2010. Influence of genetic and non genetic factors on growth profile of Bharat Merino sheep in semi arid region of Rajasthan. *Indian Journal of Animal Sciences* **80**: 376-378.
- Issakowicz J, Issakowicz ACKS, Bueno MS, Costa RLD da, Geraldo AT, Abdalla AL, McManus C, Louvandini H. 2018. Crossbreeding locally adapted hair sheep to improve productivity and meat quality. *Scientia Agricola* **75**:288-295.
- Jakubec V, Bezdíček J, Louda F. 2010. Selekce - inbriding - hybridizace. *Agrovýzkum Rapotín, Rapotín*.
- Jakubec V, Říha J, Golda J, Majzlík I. 2001. Šlechtění ovcí. *Agrovýzkum Rapotín, Rapotín*.
- Jandasek J, Milerski M, Lichovnikova M. 2014. Effect of sire breed on physico-chemical and sensory characteristics of lamb meat. *Meat Science* **96**:88-93.
- Janoš T, Filipčík R, Hošek M. 2018. Evaluation of growth intensity in Suffolk and Charollais sheep. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **66**:61-7.
- Janoš T, Filipčík R, Hošek M, Dráčková E, Kamanová, V. 2019. Evaluation of the effect of breed and line on slaughter value and quality of lamb meat. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **67**: 65-73.
- Janssens S, Vandepitte W. 2004. Genetic parameters for body measurements and linear type traits in Belgian Bleu du Maine, Suffolk and Texel sheep. *Small Ruminant Research* **54**:13-24.
- Jawasreh KIZ, Khasawneh AZ. 2007. Genetic evaluation of milk production traits in Awassi sheep in Jordan. *gyptian Journal of Sheep and Goats Sciences* **21**:83-100.
- Josrová L. 2018. Situační a výhledová zpráva. Ministerstvo zemědělství České republiky. Praha. ISBN: 978-80-7434-424-4. ISSN: 1211-7692.

- Keller MC, Visscher PM, Goddard ME. 2011. Quantification of Inbreeding Due to Distant Ancestors and Its Detection Using Dense Single Nucleotide Polymorphism Data. *Genetics* **189**:237-249.
- Khayatzaheh N, Mészáros G, Utsunomiya YT, Schmitz-Hsu F, Seefried F, Schnyder U, Ferenčaković M, Garcia JF, Curik I, Sölkner J. 2018. Effects of breed proportion and components of heterosis for semen traits in a composite cattle breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **135**:45-53.
- Khayatzaheh N, Mészáros G, Utsunomiya YT, Schmitz-Hsu F, Seefried F, Schnyder U, Ferenčaković M, Garcia JF, Curik I, Sölkner J. 2019. Genome-wide mapping of the dominance effects based on breed ancestry for semen traits in admixed Swiss Fleckvieh bulls. *Journal of Dairy Science* **102**:11217-11224.
- Kiya CK, Pedrosa VB, Muniz KFA, Gusmão AL, Batista LFP. 2019. Population structure of a nucleus herd of Dorper sheep and inbreeding effects on growth, carcass, and reproductive traits: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Small Ruminant Research* **177**:141-145.
- Komprda T, Kuchtík J, Jarošová A, Dračková E, Zemánek L, Filipčík B. 2012. Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Science* **91**:499-505.
- Koutná S, Kuchtík J, Šťastník O, Konečná, L. 2017. Effect of commercial crossing of Šumavska sheep with selected meat breeds on carcass characteristics of lambs. *Animal Welfare, Ethology and Housing Systems* **13**:81-85.
- Kremer R, Barbato G, Castro L, Rista L, Rosés L, Herrera V, Neirotti V. 2004. Effect of sire breed, year, sex and weight on carcass characteristics of lambs. *Small Ruminant Research* **53**:117-124.
- Krupová Z, Michaličková M, Krupa E, Huba J, Koleno A. 2014. 11. Optimisation of economic parameters and determinants of ruminant production in the Slovak Republic. Cattle husbandry in Eastern Europe and China. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. 145-160. EAAP Scientific Series.
- Krupová Z, Wolfová M, Krupa E, Oravcová M, Daňo J, Huba J, Polák P. 2012. Impact of production strategies and animal performance on economic values of dairy sheep traits. *Animal* **6**:440-448.
- Kuchtík J, Dobes I. 2006. Effect of some factors on growth of lambs from crossing between the Improved Wallachian and East Friesian. *Czech Journal of Animal Science* **51**:54-60.
- Kushwaha BP, Ajoy M, Ravindra K, Sushil K. 2010. Environmental and genetic effects on growth traits of Chokla sheep. *Indian Journal of Animal Sciences* **80**:346-9.
- Leeds TD, Notter DR, Leymaster KA, Mousel MR, Lewis GS. 2012. Evaluation of Columbia, USMARC-Composite, Suffolk, and Texel rams as terminal sires in an extensive rangeland production system: I. Ewe productivity and crossbred lamb survival and preweaning growth. *Journal of Animal Science* **90**:2931-2940.

- Legarra A, Ugarte E. 2001. Genetic parameters of milk traits in Latxa dairy sheep. *Animal Science* **73**: 407-412.
- Lema OM, Gimeno D, Dionello NJL, Navajas EA. 2011. Pre-weaning performance of Hereford, Angus, Salers and Nellore crossbred calves: Individual and maternal additive and non-additive effects. *Livestock Science* **142**:288-297.
- Leroy G. 2014. Inbreeding depression in livestock species: review and meta-analysis. *Animal genetics* **45**:618-628.
- Leroy G, Baumung R, Boettcher P, Scherf B, Hoffmann I. 2016. Review: Sustainability of crossbreeding in developing countries; definitely not like crossing a meadow.... *Animal* **10**:262-273.
- Leymaster KA. 2002. Fundamental aspects of crossbreeding of sheep: Use of breed diversity to improve efficiency of meat production. *Sheep and Goat Research Journal* **17**:50-59.
- Ligda C, Gabriilidis G, Papadopoulos T, Georgoudis A. 2000. Estimation of genetic parameters for production traits of Chios sheep using a multitrait animal model. *Livestock Production Science* **66**: 217-221.
- Lippman ZB, Zamir D. 2006. Heterosis: revisiting the magic. *Trends in Genetics* **23**:60-66.
- MacNeil MD. 2005. Beef Cattle Management: Crossbreeding, *Encyclopedia of Animal Science*. Marcel Dekker. New York.
- Mačuhová L, Tančin V, Mačuhová J, Uhrinčať M, Hasoňová L, Margetínová J. 2017. Effect of ewes entry order into milking parlour on milkability and milk composition. *Czech Journal of Animal Science* **62**:392-402.
- Maghsoudi A, Torshizi RV, Jahanshahi AS. 2009. Estimates of (co) variance components for productive and composite reproductive traits in Iranian Cashmere goats. *Livestock Science* **126**:162-167.
- Machová K, Milerski M, Rychtářová J, Hofmanová B, Vostrá-Vydrová H, Moravčíková N, Kasarda R, Vostrý L. 2021. Assessment of the genetic diversity of Two Czech autochthonous sheep breeds. *Small Ruminant Research* **195**:106301.
- Makovický P, Gálisová Čopíková M, Margetín M, Nagy M. 2019. Growth intensity of lambs during artificial milk rearing depending on chosen non genetic factors. *Iranian Journal of Applied Animal Science* **9**: 257-263.
- Makovický P, Margetín M. 2017. Ovca ako hospodárske zvierat s významnou mimoprodukčnou funkciou. [Sheep as livestock with significant non-productiv function]. *AgritechScience* **11**:1-10.
- Makovický P, Margetín M, Makovický P. 2015. Genetic parameters for the linear udder traits of nine dairy ewes-short communication. *Veterinarski Arhiv* **85**:577-582.
- Makovický P, Margetin M, Makovický P, Nagy M. 2019a. Machine milkability of East Friesian and Lacaune dairy sheep. *Indian Journal of Animal Sciences* **89**:686-691.

- Makovický P, Margetín M, Nagy M, Makovický P. 2018. Genetic parameters for milkability and somatic cell score in Slovak dairy sheep. *The Indian Journal of Animal Sciences* **88**:860–862.
- Makovický P, Milerski M, Margetín M. 2017. B-mode Ultrasonography of Mammary Glands in Dairy Ewes during the Lactation Period. *Revista Científica* **27**:187-193.
- Makovický P, Milerski M, Margetín M, Makovický P, Nagy M. 2019b. Relationships between morphological udder characteristics in Improved Valachian, Tsigai and Lacaune dairy sheep breeds. *The Indian Journal of Animal Sciences* **89**: 692–694.
- Makovický P, Nagy M, Margetín M. 2020. Uplatňovanie veľmi skorého odstavu jahniat pri bahniciach s vysokou produkciou mlieka. [Applying very early lamb weaning to ewes with high milk production]. *AgritechScience* **14**:1-5.
- Makovický P, Nagy M, Szinetar C. 2013. Milk quality comparison of the sheep breeds (Improved Valachian, Tsigai, Lacaune) and their crosses. *Magyar Allatorvosok Lapja* **135**:85-90.
- Málková A, Ptáček M, Stádník L, Ducháček J. 2020. Factors determining survivability traits of Charollais, Kent lambs, and their crossbreds during rearing. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **68**:539-49.
- Mandal A, Naser FWC, Rout PK, Roy R, Notter DR. 2006. Genetic parameters for direct and maternal effects on body weights of Muzaffarnagari sheep. *Animal Science* **82**:133-140.
- Mandal A, Pant KP, Rout PK, Singh SK, Roy R. 2002. Influence of inbreeding on growth traits of Muzaffarnagari sheep. *Indian journal of animal sciences* **72**:988-90.
- Margetín M, Oravcová M, Huba J, Janíček M. 2017. Formation and characterization of Slovak Dairy composite sheep breed: Description of the process. *Slovak Journal of Animal Science* **50**:139–143.
- Margetín M, Janíček M, Vavrišínová K, Pavlík I, Huba J, Oravcová M, Hozáková K. 2020a. Slovak dairy sheep–new composite sheep breed raised in Slovakia. *Animal welfare, ethology and housing systems* **16**:45-50.
- Margetín M, Oravcová M, Margetínová J, Vavrišínová K, Janíček M. 2020b. The influence of lamb rearing system on ewe milk and lamb growth traits in dairy sheep. *Journal of Animal and Feed Sciences* **29**:27-34.
- Matos ÉJA, Lôbo RNB. 2021. Population structure and inbreeding effects on growth traits of Morada Nova sheep. *Livestock Science* **251**:104625.
- Mavrogenis AP, Papachristoforou C. 2000. Genetic and phenotypic relationships between milk production and body weight in Chios sheep and Damascus goats. *Livestock Production Science* **67**: 81-87.
- Maxa J, Norberg E, Berg P, Milerski M. 2007a. Genetic parameters for body weight, longissimus muscle depth and fat depth for Suffolk sheep in the Czech Republic. *Small Ruminant Research* **72**:87-91.



- Maxa J, Norberg E, Berg P, Pedersen J. 2007b. Genetic parameters for growth traits and litter size in Danish Texel, Shropshire, Oxford Down and Suffolk. *Small Ruminant Research* **68**:312-317.
- Mäki-Tanila A. 2007. An overview on quantitative and genomic tools for utilising dominance genetic variation in improving animal production. *Agricultural and food science* **16**:188-198.
- McAllister AJ. 2002. Is crossbreeding the answer to questions of dairy breed utilization? *Journal of Dairy Science* **85**:2352-2357.
- McDaniel BT, Fair MD, Cloete SWP. 2001. Uncontrolled Inbreeding: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Journal of Dairy Science* **84**:E185-E186.
- McGovern FM, McHugh N, Fitzmaurice S, Pabiou T, McDermott K, Wall E, Fetherstone N. 2020. Phenotypic factors associated with lamb live weight and carcass composition measurements in an Irish multi-breed sheep population. *Translational Animal Science* **4**:txaa206.
- Mendonça FS, MacNeil MD, Leal WS, Azambuja RCC, Rodrigues PF, Cardoso FF. 2019. Crossbreeding effects on growth and efficiency in beef cow–calf systems: evaluation of Angus, Caracu, Hereford and Nelore breed direct, maternal and heterosis effects. *Translational Animal Science* **3**:1286-1295.
- Ministry of Agriculture. 2018. SUPPORTING OUR RURAL TRADITION & DEVELOPMENT. Ministry of Agriculture of the Czech Republic. Prague. ISBN: 978-80-7434-095-6.
- Ministry of Agriculture. 2018. We support traditions and rural development in the Czech Republic. Ministry of Agriculture. Prague. ISBN: 978-80-7434-416-9.
- Misztal I, Tsuruta S, Lourenço D, Aguilar I, Legara A, Vitezica Z. 2014. Manual for BLUPF90 family of programs. University of Georgia. Athens
- Morgan JE, Fogarty NM, Nielsen S, Gilmour AR. 2007. The relationship of lamb growth from birth to weaning and the milk production of their primiparous crossbred dams. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **47**:899-904.
- Murphy TW, Berger YM, Holman PW, Baldin M, Burgett RL, Thomas DL. 2017. Factors affecting ewe performance in a crossbred dairy sheep research flock in the United States. *Journal of Animal Science* **95**:1892-1899.
- Murphy TW, Berger YM, Holman PW, Baldin M, Burgett RL, Thomas DL. 2018. Genetic and non-genetic factors influencing the live weight of artificially-reared lambs. *Small Ruminant Research* **165**:62-65.
- Nasrat MM, Correa JS, Monforte JM. 2016. Breed genotype effect on ewe traits during the pre-weaning period in hair sheep under the tropical Mexican conditions. *Small Ruminant Research* **137**:157-161.

- Norberg E, Sorensen AC. 2007. Inbreeding trend and inbreeding depression in the Danish populations of Texel, Shropshire, and Oxford Down. *Journal of Animal Science* **85**:299-304.
- Notter DR. 1999. The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *Journal of animal science* **77**: 61-69
- Oravcová M. 2015. Knowledge of milk traits in Slovak dairy sheep: a review. *Slovak Journal of Animal Science* **48**:140-144.
- Oravcová M. 2016. Variance Components and Genetic Parameters Estimated for Fat and Protein Content in Individual Months of Lactation: The Case of Tsigai Sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **29**:170-175.
- Oravcová M, Mačuhová L, Tančín V. 2018. The relationship between somatic cells and milk traits, and their variation in dairy sheep breeds in Slovakia. *Journal of Animal and Feed Sciences* **27**:97-104.
- Oravcová M, Margetín M, Peskovicova D, Dano J, Milerski M, Hetényi L, Polák P. 2006. Factors affecting milk yield and ewe's lactation curves estimated with test-day models. *Czech Journal of Animal Science* **51**: 483-490.
- Oravcová M, Margetín M, Peškovičová D, Daňo J, Milerski M, Hetényi L, Polák P. 2007. Factors affecting ewe's milk fat and protein content and relationships between milk yield and milk components. *Czech Journal of Animal Science* **52**:189–198.
- Oravcová M, Margetín M, Tančín V. 2015. The effect of stage of lactation on daily milk yield, and milk fat and protein content in Tsigai and Improved Valachian ewes. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka* **65**:48-56.
- Oravcová, M, Pesovicva D. 2008. Genetic and environmental trends for milk production traits in sheep estimated with test-day model. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **21**:1088-1096.
- Ovce. 2016. Plemenárske služby SR, š.p. [online]. Plemenárske služby SR, š.p. Bratislava. [cit. 2022-4-11]. Dostupné z: <https://www.pssr.sk/index.php/sk/ovce/#>.
- Oyieng E, Mrode R, Ojango JMK, Ekine-Dzivenu CC, Audho J, Okeyo AM, Lv S. 2022. Genetic parameters and genetic trends for growth traits of the Red Maasai sheep and its crosses to Dorper sheep under extensive production system in Kenya: maternal environment. *Small Ruminant Research* **206**:240-247.
- Ozcan M, Ekiz B, Yilmaz A, Ceyhan A. 2005. Genetic parameter estimates for lamb growth traits and greasy fleece weight at first shearing in Turkish Merino sheep. *Small Ruminant Research* **56**:215-222.
- Pedrosa VB, Santana Jr ML, Oliveira PS, Eler JP, Ferraz JBS. 2010. Population structure and inbreeding effects on growth traits of Santa Ines sheep in Brazil. *Small Ruminant Research* **93**:135-9.

- Petr R, Dobeš I, Kuchtík J, Lux M. 2009. Evaluation of the growth, meatiness and fattiness in vivo in lambs of chosen breeds and crossbreeds. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **57**:79-86.
- Petrovic M, Caro-Petrovic V, Ruzic-Muslic D, Maksimovic N, Pavlovic I, Cekic B, Cosic I. 2019. The phenomenon of heterosis and experience in crossing different breeds of sheep in Serbia. *Biotechnology in Animal Husbandry* **35**:311-321.
- Ploumi K, Emmanouilidis P. 1999. Lamb and milk production traits of Serrai sheep in Greece. *Small Ruminant Research* **33**:289-292.
- Pollott GE, Gootwine E. 2001. A genetic analysis of complete lactation milk production in improved Awassi sheep. *Livestock Production Science* **71**:37-47.
- Pollott GE, Gootwine E. 2004. Reproductive performance and milk production of Assaf sheep in an intensive management system. *Journal of dairy science* **87**: 3690-3703.
- Prakash V, Prince LLL, Gowane GR, Arora AL. 2012. Factors affecting post-weaning average daily gain and Kleiber ratios in Malpura sheep. *Indian Journal of Animal Sciences* **82**: 1598.
- Prastowo S, Widi TSM, Widayas N. 2017. Preliminary analysis on hybrid vigor in Indonesian indigenous and crossbred cattle population using data from published studies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **193**: 012028.
- Ptáček M, Ducháček J, Stádník L, Fantová M. 2017. Analysis of Genotype, Dam's Litter Size and Their Interaction on Selected Productive Traits of Origin Wallachian and Sumava Sheep in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **65**:473-479.
- Ptáček M, Milerski M, Schmidová J, Ducháček J, Tančin V, Uhrinčat' M, Hakl J, Stádník L. 2018. Relationship between body mass index, body energy reserves, milk, and meat production of original Wallachian sheep. *Small Ruminant Research* **165**:131-133.
- Quénon J, Ingrand S, Magne M-A. 2020. Managing the transition from purebred to rotational crossbred dairy cattle herds: three technical pathways from a retrospective case-study analysis. *Animal* **14**:1293-1303.
- Rasali DP, Shrestha JNB, Crow GH. 2006. Development of composite sheep breeds in the world: A review. *Canadian Journal of Animal Science* **86**:1-24.
- Robles Jimenez LE, Angeles Hernandez JC, Palacios C, Abecia JA, Naranjo A, Osorio Avalos J, Gonzalez-Ronquillo M. 2020. Milk Production of Lacaune Sheep with Different Degrees of Crossing with Manchega Sheep in a Commercial Flock in Spain. *Animals* **10**:520.
- Rosov A, Gootwine E. 2013. Birth weight, and pre- and postweaning growth rates of lambs belonging to the Afec-Assaf strain and its crosses with the American Suffolk. *Small Ruminant Research* **113**:58-61.

- Sanna SR, Casu S, Ruda G, Carta A, Ligios S, Molle G. 2001. Comparison between native and 'synthetic' sheep breeds for milk production in Sardinia. *Livestock Production Science* **71**:11-16.
- Sargolzaei M, Iwaisaki H, Colleau JJ. 2006. CFC: A tool for monitoring genetic diversity. Belo Horizonte. Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Brazil.
- SAS Institute. 2017. Base SAS 9.4 procedures guide: Statistical procedures. SAS Institute.
- Shauyenov S, Islamov Y, Narbayev S, Ibrayev D. 2015. Effect of sire breed on the productivity of Kazakh mutton-semifine-wool sheep. *Indian Journal of Animal Research* **50**:418-424.
- Serrano M, Ugarte E, Jurado JJ, Perez-Guzman MD, Legarra A. 2001. Test day models and genetic parameters in Latxa and Manchega dairy ewes. *Livestock Production Science* **67**:253-264.
- Shackelford SD, Leymaster KA, Wheeler TL, Koohmaraie M. 2012. Effects of breed of sire on carcass composition and sensory traits of lamb. *Journal of Animal Science* **90**:4131-4139.
- Shafto AM, Crow GH, Parker RJ, Palmer WM, Shrestha JNB, McVetty, P. B. 1996. Genetic evaluation of lamb performance in Outaouais Arcott and Suffolk sheep, their crosses and Canadian Arcott-or Hampshire-sired three-breed crosses. *Canadian Journal of Animal Science* **76**:15-22.
- Schmidová J, Milerski M, Svitáková A, Vostrý L. 2016. Effects of service ram on litter size in Romanov sheep. *Small Ruminant Research* **141**:56-62.
- Schmidová J, Milerski M, Svitáková A, Vostrý L, Novotná A. 2014. Estimation of genetic parameters for litter size in Charollais, Romney, Merinolandschaf, Romanov, Suffolk, Šumava and Texel breeds of sheep. *Small Ruminant Research* **119**:33-38.
- Singh H, Pannu U, Narula HK, Chopra A, Naharwara V, Bhakar SK. 2015. Estimates of (co)variance components and genetic parameters of growth traits in Marwari sheep. *Journal of Applied Animal Research* **44**:27-35.
- Souza DA, Selaive-Villarroel AB, Pereira ES, Silva EMC, Oliveira RL. 2016. Effect of the Dorper breed on the performance, carcass and meat traits of lambs bred from Santa Inês sheep. *Small Ruminant Research* **145**:76-80.
- Sørensen MK, Norberg E, Pedersen J, Christensen LG. 2008. Invited Review: Crossbreeding in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **91**:4116-4128.
- Stock J, Bennewitz J, Hinrichs D, Wellmann R. 2020. A Review of Genomic Models for the Analysis of Livestock Crossbred Data. *Frontiers in Genetics* **11**:568.
- Swalve HH. 2004. Crossbreeding as an alternative approach in dairy cattle breeding. *ZUCHTUNGSKUNDE* **76**:412-420.

- Swan AA, Kinghorn BP. 1992. Evaluation and Exploitation of Crossbreeding in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **75**:624-639.
- Štolc L, Ptáček M, Stádník L, Lux M. 2011. Effect of selected factors on basic reproduction, growth and carcass traits and meat production in Texel sheep. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **59**:247-252.
- Tančín V, Mačuhová L, Oravcová M, Uhrinčat' M, Kulinová K, Roychoudhury SH, Marnet PG. 2011. Milkability assessment of Tsigai, Improved Valachian, Lacaune and F1Crossbred ewes (Tsigai×Lacaune, Improved Valachian×Lacaune) throughout lactation. *Small Ruminant Research* **97**:28-34.
- Tesema, Z., Deribe, B., Kefale, A., Lakew, M., Tilahun, M., Shibesh, M., Belayneh, N., Zegeye, A., Worku, G., Yizengaw, L. 2020. Survival analysis and reproductive performance of Dorper x Tumele sheep. *Heliyon* **6**:47-52.
- Van Wyk JB, Fair MD, Cloete SWP. 2009. Case study: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Livestock Science* **120**:218-24.
- Van Arendonk JAM. 2011. The role of reproductive technologies in breeding schemes for livestock populations in developing countries. *Livestock Science* **136**:29-37.
- Vargas Junior FM, Martins CF, Feijó GLD, Teixeira A, Leonardo AP, Ricardo H de A, Fernandes ARM, Reis FA. 2019. Evaluation of genotype on fatty acid profile and sensory of meat of indigenous Pantaneiro sheep and Texel or Santa Inês crossbred finished on feedlot. *Small Ruminant Research* **173**:17-22.
- Von Borstel UK, Moors E, Schichowski C, Gauly M. 2011. Breed differences in maternal behaviour in relation to lamb (*Ovis orientalis aries*) productivity. *Livestock Science*. **137**:42-48.
- Vostrý L, Milerski M. 2013. Genetic and non-genetic effects influencing lamb survivability in the Czech Republic. *Small Ruminant Research* **113**:47-54.
- Vostrý L, Milerski M, Schmidová J, Vostrá-Vydrová H. 2018. Genetic diversity and effect of inbreeding on litter size of the Romanov sheep. *Small Ruminant Research* **168**:25-31.
- Wakchaure R, Ganguly S. 2015. Inbreeding, its effects and applications in animal genetics and breeding: A review. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* **5**:73-76.
- Wakchaure R, Ganguly S, Praveen PK, Sharma S, Kumar A, Mahajan T, Qadri K. 2015. Importance of Heterosis in Animals: A Review. *International Journal of Advanced Engineering Technology and Innovative Science* **1**:1-5.
- Walkom SF, Verbyla AP, Brien FD, Hebart ML, Pitchford WS. 2011. Partitioning genetic variance in composite sheep. *Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics* **19**:91-94.
- Weigel KA. 2001. Controlling inbreeding in modern breeding programs. *Journal of Dairy Science* **84**:E177-E184.

- Wolfová M, Wolf J, Milerski M. 2011. Economic weights of production and functional traits for Merinolandschaf, Romney, Romanov and Sumavska sheep in the Czech Republic. *Small Ruminant Research* **99**:25-33.
- Xiang T, Christensen OF, Vitezica ZG, Legarra A. 2016. Genomic evaluation by including dominance effects and inbreeding depression for purebred and crossbred performance with an application in pigs. *Genetics Selection Evolution* **48**:1-14.
- Yadav V, Singh NP, Sharma R, Gupta A, Baranwal A, Ahmad SF, Raina V. 2018. Crossbreeding systems of livestock. *The Pharma Innovation Journal* **7**:8-13.
- Yeganehpur Z, Roshanfekar H, Fayazi J, Beyranvand MH. 2016. Inbreeding depression on growth traits of Iranian Lori sheep. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* **29**:264-73.
- Zásady automatizovaného spracovania dát oviec a kôz. 2012. Plemenárske služby Slovenskej republiky, Bratislava. Available at [https://www.pssr.sk/wp-content/uploads/ku/subory/ov/Zasady\\_ASD\\_ovce\\_kozy.pdf](https://www.pssr.sk/wp-content/uploads/ku/subory/ov/Zasady_ASD_ovce_kozy.pdf) (accessed April 27, 2021).
- Zonabend König E, Ojango JMK, Audho J, Mirkena T, Strandberg E, Okeyo AM, Philipsson J. 2017. Live weight, conformation, carcass traits and economic values of ram lambs of Red Maasai and Dorper sheep and their crosses. *Tropical Animal Health and Production* **49**:121-129.