

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chovu hospodářských zvířat



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vztah vybraných fenotypových plemenných hodnot
a genomických znaků**

Diplomová práce

**Bc. Gabriela Mouchová
Chov hospodářských zvířat**

doc. Ing. Jaroslav Čítek, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vztah vybraných fenotypových plemenných hodnot a genomických znaků" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Jaroslavu Čítkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích této práce. Dále Ing. Magdaleně Zajíčkové za poskytnuté materiály a odborné konzultace. Mému partnerovi za nekonečnou trpělivost a pochopení. Největší dík patří mojí mamce za umožnění studia, obětavost a podporu.

Vztah vybraných fenotypových plemenných hodnot a genomických znaků

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo posoudit vztah vybraných exteriérových a užitkových ukazatelů k charakteristikám plemenných hodnot a genomických znaků u holštýnského skotu v podmínkách vybraných chovů v České republice.

První část práce byla věnována charakteristice a historii holštýnského plemene. Jednotlivé kapitoly dále pojednávaly o genomickém hodnocení skotu, mléčné užitkovosti a exteriéru holštýnského skotu, a to včetně metodiky jeho hodnocení a vlivu exteriéru na mléčnou užitkovost.

Genomická data poskytnutá firmou Inplem, s. r. o., byla doplněna z databáze plemenic společnosti Plemdat, s. r. o., o data mléčné užitkovosti a hodnocení exteriéru. Z kontroly užitkovosti byly získány údaje o první laktaci trvající 305 dní, kterou dosáhlo 571 prvotetek ze sledovaného souboru zvířat. Informace hodnocení exteriéru na první laktaci byla shromážděna u 940 zvířat. Získaná data byla vyhodnocena pomocí statistického programu SAS 9.4, kde byly zjišťovány Pearsovy korelační koeficienty.

Byly zjištěny statisticky významné pozitivní vztahy mezi sledovanými genomickými předpověďmi a fenotypovými projevy shodných znaků mléčné užitkovosti. Vysoké korelace byly zjištěny mezi genomickým předpokladem a fenotypovým projevem u dojivosti ($r = 0,48$), procentuálního obsahu tuku ($r = 0,65$) a procentuálního obsahu bílkovin ($r = 0,69$). Středně silný vztah se dále potvrdil mezi fenotypovým projevem a genomickým předpokladem pro množství bílkovin (kg) ($r = 0,38$) a množství tuku (kg) ($r = 0,32$). U všech uvedených vztahů byla prokázána statistická významnost na hladině $P < 0,01$.

Mezi sledovanými genomickými znaky exteriéru a skutečným utvářením těchto znaků byly potvrzeny pozitivní vztahy. Velmi významné korelace mezi genomickým předpokladem a fenotypovým projevem byly zjištěny u výšky v kříži ($r = 0,47$), délky struku ($r = 0,42$) a rozestupu zadních struků ($r = 0,40$). Střední až slabé vztahy pak byly zjištěny u celkového hodnocení exteriéru ($r = 0,23$) a souhrnných charakteristik, kterými jsou síla těla ($r = 0,19$), končetiny ($r = 0,18$) a vemeny ($r = 0,17$). Statistická významnost byla prokázána na hladině $P < 0,01$.

Hypotéza byla potvrzena. Z dosažených výsledků lze konstatovat, že dojnice s vyšší genomickou plemennou hodnotou pro jednotlivé ukazatele mléčné produkce a exteriéru odpovídaly vyšším fenotypovým ukazatelům.

Klíčová slova: dojený skot, genomika, exteriér, užitkovost

Relation of selected phenotypic breeding values and genomic traits

Summary

The objective of the thesis was to assess the relationship of selected exterior and utility indicators to the characteristics of breeding values and genomic traits in Holstein cattle in the conditions of selected farms in the Czech Republic.

The first part of the thesis was devoted to the characteristics and history of the Holstein breed. Individual chapters further discussed the genomic evaluation of cattle, milk yield, and exterior of Holstein cattle, including the methodology of its evaluation and the influence of exterior on milk yield.

Genomic data provided by Inplem, s. r. o., were supplemented from the breeding database of Plemdat, s. r. o., on milk yield data and exterior evaluation. From the performance check, data of the first lactation were taken. This included 571 primiparous cows from the monitored group of animals and lasted 305 days. First lactation exterior score information was collected for 940 animals. The obtained data were evaluated using the SAS 9.4 statistical program, where Pears' correlation coefficients were determined.

Statistically significant positive relationships between the observed genomic predictions and phenotypic manifestations of the same traits of milk productivity were found. High correlations were found between genomic predisposition and phenotypic expression for milk yield ($r = 0.48$), percentage fat content ($r = 0.65$), and percentage protein content ($r = 0.69$). A moderately strong relationship was further confirmed between the phenotypic expression and the genomic predisposition for the amount of protein (kg) ($r = 0.38$) and the amount of fat (kg) ($r = 0.32$). Statistical significance at the $P < 0.01$ level was demonstrated for all the relationships mentioned.

Positive relationships were confirmed between the monitored genomic traits of the exterior and the actual formation of these traits. Very significant correlations between genomic predisposition and phenotypic expression were found for height at stature ($r = 0.47$), teat length ($r = 0.42$), and rear teat placement ($r = 0.40$). Moderate to weak relationships were then found for the overall evaluation of exterior ($r = 0.23$) and summary characteristics, which are body strength ($r = 0.19$), limbs ($r = 0.18$), and udder ($r = 0.17$). Statistical significance was demonstrated at the $P < 0.01$ level.

The hypothesis was confirmed. From the results, it can be concluded that dairy cows with a higher genomic breeding value for individual milk production and exterior indicators corresponded to higher phenotypic indicators.

Keywords: dairy cattle, genomic, exterior, milk yield

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Holštýnský skot	10
3.1.1 Historie plemene	10
3.1.2 Charakteristika plemene.....	11
3.1.3 Chovný cíl holštýnského skotu.....	12
3.2 Mléčná užitkovost	13
3.2.1 Mléčná žláza	13
3.2.1.1 Anatomie mléčné žlázy.....	14
3.2.1.2 Funkce mléčné žlázy	15
3.2.2 Mléko a jeho složení	15
3.2.2.1 Mléčný tuk	16
3.2.2.2 Bílkoviny	16
3.2.2.3 Laktóza.....	16
3.2.2.4 Somatické buňky	16
3.3 Exteriér	17
3.3.1 Lineární popis.....	17
3.3.1.1 Hodnocené znaky lineárního popisu	18
3.3.2 Hodnocení souhrnných charakteristik.....	19
3.3.2.1 Mléčná síla.....	20
3.3.2.2 Stavba těla	20
3.3.2.3 Končetiny.....	20
3.3.2.4 Vemeno	21
3.3.3 Celkové hodnocení typu a zevnějšku krav.....	21
3.4 Genomika	22
3.4.1 Genomická selekce jednotlivých kategorií skotu	24
3.4.1.1 Genomická selekce býků	24
3.4.1.2 Genomická selekce jalovic.....	24

4	Metodika	26
4.1	Sběr dat	26
4.1.1	Hodnocená data.....	26
4.2	Statistické vyhodnocení sledovaných dat	28
5	Výsledky	29
5.1	Korelace mezi mléčnou užitkovostí, exteriérem a genomickými znaky	29
5.1.1	Vztah mezi genomickými znaky a mléčnou užitkovostí.....	29
5.1.2	Vztah mezi exteriérovými a genomickými znaky.....	30
5.1.3	Vztah mezi exteriérem a užitkovostí na 1. laktaci	31
5.2	Vztah dojivosti k ostatním ukazatelům mléčné užitkovosti, exteriéru a genomických znaků	32
5.2.1	Vztah dojivosti ke GPH pro mléko	32
5.2.2	Vztah dojivosti k % tuku a GPH pro % tuku	33
5.2.3	Vztah dojivosti k množství bílkovin a GPH pro množství bílkovin	34
5.2.4	Vztah dojivosti k % bílkovin a GPH pro % bílkovin.....	35
5.2.5	Vztah dojivosti k hodnocení exteriéru	36
5.2.6	Vztah dojivosti k souhrnné charakteristice vemeno	37
5.2.7	Vztah dojivosti k souhrnné charakteristice síla těla	38
5.2.8	Vztah dojivosti k výšce v kříži	39
5.2.9	Vztah dojivosti k délce struku a GPH pro délku struku.....	40
6	Diskuze	41
6.1	O vztahu mezi genomickými znaky a mléčnou užitkovostí.....	41
6.2	O vztahu mezi genomickými a exteriérovými znaky.....	42
6.3	O vztahu mezi exteriérem a mléčnou užitkovostí.....	43
6.4	Doporučení pro další výzkum.....	44
7	Závěr.....	45
8	Literatura.....	46
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	54

1 Úvod

Mlékárenství je z hlediska ekonomiky velmi důležitým sektorem celosvětového zemědělství (Meredith et al. 2012). V celosvětové produkci kravské mléko absolutně dominuje se zastoupením 83 % celkové produkce mléka (Villa et al. 2018). Pro farmáře je ekonomicky velmi významné získávat velké množství mléka od zdravých dojnic (Zink et al. 2014). Z toho důvodu je velký zájem o produkční potenciál a zdraví dojnic (Meredith et al. 2012).

Genetický výběr podstatných vlastností mléčného skotu pomohl přeměnit a posunout mléčný průmysl. Specifické selektované vlastnosti v populacích mléčného skotu se postupem času vyvíjely jako reakce na změny potřeb producentů i spotřebitelů (Miglior et al. 2017).

Jednotlivé vlastnosti na sobě mohou být vzájemně závislé. Korelovat mohou pozitivně či negativně, slabě nebo silně. Tyto vzájemné vztahy lze využít jako indikátory upřednostňovaných vlastností v rámci šlechtění (Miglior et al. 2017). Je známo, že existuje vztah mezi znaky exteriéru a mléčnou užitkovostí (Zink et al. 2014). V mnoha zemích tak byly použity jako výběrová kritéria do selekčních indexů (Bohlouli et al. 2015).

Pro šlechtitele je zásadní znát aktuální hodnoty vzájemných vztahů mezi exteriérem a produkcí. Tyto informace napomáhají při rozhodování o počtu sledovaných znaků a vhodnosti jejich zařazení do hodnocení (Kučera & Chládek 2008).

Genomická selekce přinesla revoluci do chovu mléčného skotu (Hayes et al. 2009). Informace o variabilitě sekvencí DNA umožnily zpřesnění předpovědi genetického založení jedinců (Goddard & Hayes 2007). Ačkoli se genetický zisk od zavedení genomické selekce zdvojnásobil (Garzía-Ruiz et al. 2016), v poslední době se objevuje více nežádoucích genetických korelací mezi důležitými znaky (Misztal et al. 2020).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bylo posoudit vztah zvolených exteriérových a užitkových ukazatelů k vybraným charakteristikám plemenných hodnot a genomických znaků u holštýnského skotu v podmínkách vybraných chovů v České republice.

Hypotéza: Dojnice s vyšší genomickou plemennou hodnotou pro jednotlivé ukazatele mléčné produkce a exteriéru bude odpovídat vyšším fenotypovým ukazatelům u konkrétních jedinců.

3 Literární rešerše

3.1 Holštýnský skot

Holštýnský skot je považován za celosvětově nejpočetnější kulturní plemeno skotu. Jeho obliba je dána především extrémně vysokou průměrnou produkcí mléka (Buchanan 2002). Dle McGuffey & Shirley (2011) se jedná o nejoblíbenější plemeno, produkující největší množství mléka. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR (2022a) uvádí, že zastoupení holštýnského skotu mezi dojnými plemeny v ČR dosahuje 60 %. Převahu tohoto plemene lze připsat podstatnému genetickému pokroku v produkci mléka, kterého bylo dosaženo šlechtěním (Mayne et al. 2011). Dále velmi dobré přizpůsobivosti k rozmanitým podmínkám chovu, zkvalitňováním podmínek vnějšího prostředí, výživy a celkového managementu stád (Motyčka et al. 2005). Dle Stupky et al. (2016) jde o nejprošlechtěnější plemeno na mléčnou užitkovost.

3.1.1 Historie plemene

Plemeno má svůj původ v severních nizozemských provinciích Severní Holandsko a Západní Frísko (McGuffey & Shirley 2011). Postupně se rozšířili do Německa až do provincie Holštýnsko, která dala tomuto plemeni jméno (Buchanan 2002).

Díky přímořskému klimatu, dostatečným srážkám během roku a dlouhému pastevnímu období docházelo k rychlému rozvoji užitkových vlastností. Zlepšování užitkových vlastností urychlil rozvoj řízené plemenářské činnosti, kdy na konci 19. století došlo k zakládání plemenných knih. Následně byla zavedena kontrola užitkovosti, hodnocení exteriéru a později kontrola dědičnosti (Motyčka et al. 2005).

Postupně došlo k rozšíření holštýnského skotu do celého světa a začaly vznikat odlišné populace. V Evropě docházelo ke šlechtění na exteriérově vyvážený typ středního tělesného rámce s dobrým osvalením a velmi dobrou mléčnou produkcí s vyšším obsahem mléčných složek (Motyčka et al. 2005). Jednalo se tedy o plemeno s kombinovanou užitkovostí, u kterého byl kromě produkce mléka kladen důraz na zmasilost a produkci hovězího masa (Hulsegge et al. 2022).

Oproti tomu v Severní Americe, kde byla spotřeba masa pokryta masnými plemeny (Motyčka et al. 2005), bylo plemeno intenzivně šlechtěno na funkční mléčný užitkový typ většího rámce. Díky tomu vzniklo bezkonkurenční plemeno v produkci mléka (Bouška et al. 2006).

Ve druhé polovině 20. století se proces šlechtění začal zaměřovat na mléčnou užitkovost i v Evropě. Evropští chovatelé proto svá zvířata začali zušlechťovat americkou populací prošlechtěného holštýnského skotu. Započal tak proces tzv. holštýnizace (Theunissen 2012). Zušlechťování umožnil nejen import plemeníků, ale také dovoz inseminačních dávek. Holštýnizace se projevila zvětšením tělesného rámce zvířat a výrazným zvýšením mléčné produkce (Strapák et al. 2013).

3.1.2 Charakteristika plemene

Jedná se o plemeno velkého tělesného rámce (Gupta et al. 2014) obdélníkového až lichoběžníkového tvaru (Strapák et al. 2013), s jemnou kostrou, pevnou konstitucí (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2019), poměrně málo vyvinutým svalstvem, hlubokým a prostorným hrudníkem. Vemeno by mělo být prostorné a silně žláznaté (Stupka et al. 2016). Řadí se mezi raná plemena s dobrými reprodukčními vlastnostmi a snadným telením. Pro holštýny je typická velká kapacita těla, umožňující příjem velkého množství objemných krmiv a jeho dobrou konverzi na produkci mléka. Jedinci tohoto plemene vynikají mléčnou produkcí, snadno se dojí, výborně se adaptují na podmínky technizovaných stájí v ČR, jsou inteligentní, živého temperamentu (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2019).

Holštýnský skot je typický černobílým strakatým zbarvením (Gupta et al. 2014). Černá hlava je často doplněna bílou lysinou nebo hvězdou (Motyčka et al. 2005), oči jsou lemovány pigmentovanou pokožkou. Telata obvykle bývají odrohována (Sambraus 2006). Okrsky černé a bílé barvy by měly být dobře diferencovány. Množství černé a bílé barvy se může lišit od téměř zcela černé po téměř zcela bílou (Buchanan 2002). Přikřížením holštýnsko-fríského plemene došlo ke zvýšení podílu okrsků bílé barvy na těle a bílých odznaků na hlavě (Sambraus 2006). Na obrázku 1 je znázorněn plemenný standard.

Část populace je nositelem recesivní alely. Pokud se u jedince vyskytnou dvě recesivní alely, objevuje se u něj červenostrakaté zbarvení. Taková zvířata jsou nazývána Red Holstein (červený holštýnský skot). Red Holstein je využíván k zušlechťování především strakatých kombinovaných plemen (Motyčka et al. 2005).



Obrázek 1 - Plemenný standard holštýnského skotu

(Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2022c)

3.1.3 Chovný cíl holštýnského skotu

Maximální rentability a efektivity chovu lze docílit dosažením chovného cíle, ke kterému směřuje šlechtění holštýnského skotu v ČR. Za cíl je kladeno systematické zlepšování rentability chovu na základě genetického zlepšování vlastností zvířat za současného vytváření vhodných podmínek chovu. Tím by mělo být dosaženo zisku rentabilní a bezproblémové dojnice s dostatečnou výkonností a dlouhověkostí (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2019). Chovný cíl plemene stanovuje a aktualizuje plemenná kniha (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2022b). Vývoj chovného cíle a aktuální chovný cíl z roku 2019 jsou uvedeny v tabulce 1.

V dřívějších dobách byl chovný cíl definován poměrně jednoduše se zaměřením pouze na produkci mléka, tuku či bílkovin v kilogramech. Dnes je pojat daleko komplexněji (Beran 2006). Kromě vysoké mléčné užitkovosti a dobrého obsahu mléčných složek, je k dosažení potřebné rentability chovu nutná i dobrá úroveň funkčních vlastností. Těmi jsou funkční utváření zevnějšku, zdraví a plodnost. Z pohledu funkčních znaků zevnějšku dojnice jde především o vhodné utváření vemene a končetin, umožňující bezproblémový chov zvířat. Selekcí na funkční znaky je dosahováno zlepšení dlouhověkosti. Z pohledu zdraví je cílem odolnost vůči mastitidám a dalším onemocněním. U plodnosti jde o periodické zabřezávání a produkci zdravých a životaschopných mláďat (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2019). V současné době chovný cíl definuje většina států především jako cestu ke kravám s vysokou produkcí a minimálními náklady (Beran 2006).

Tabulka 1 – Vývoj chovného cíle holštýnského skotu

Ukazatel	1993	1996	2001	2006	2012	2019
Produkce mléka (kg) - Prvotelky		7 000	7 500 - 7 800	7 000 - 8 000	8 000 - 8 500	9 000
Produkce mléka (kg) - Starší krávy	7 000	8 500	8 500 - 8 700	8 500 - 9 500	9 000 - 10 000	10 000
Obsah tuku % min.	3,3	3,7	3,9	3,9	3,9	3,9
Obsah bílkovin % min.	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4
Výška v kříži (cm) - Prvotelky	138	140	141 - 145	141 - 145	145 - 149	145 - 149
Výška v kříži (cm) - Starší krávy	142	145	149 - 153	149 - 153	151 - 155	151 - 155
Živá hmotnost (kg) - Prvotelky	550	550	560 - 580	560 - 580	580 - 600	580 - 600
Živá hmotnost (kg) - Starší krávy	650	750	650 - 680	650 - 680	680 - 720	680 - 720
Věk při 1. otelení (měs.)	do 28	do 27	do 26	23 - 27	23 - 27	23 - 27
Mezidobí (dny) max.	400	400	400	400	400	400
Celoživotní užitkovost (kg) a více		30 000	28 000	28 000	35 000	35 000
Počet laktací			3,5	3,5	3,5	3,5

(Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2022d)

3.2 Mléčná užitkovost

Mezi jednu z hlavních užitkových vlastností skotu lze zařadit mléčnou užitkovost. Dojnice dokáže přijaté živiny přeměnit na plnohodnotnou mléčnou bílkovinu dvakrát výhodněji než na maso. V případě mléčné užitkovosti je nutné rozlišovat 3 pojmy. Jedná se o dojnost charakterizující schopnost dojnice produkovat mléko. Dále dojitelnost, coby schopnost uvolňovat z vemene mléko. A dojivost vyjadřující skutečnou produkci mléka v kilogramech (Skládanka et al. 2014).

Dojivost krav je důležitým ukazatelem ekonomického a environmentálního dopadu strategií managementu v chovu dojnic. Dojivost přímo souvisí s příjmy farmy (Santschi et al. 2011). Zároveň velmi často dochází s narůstající dojivostí ke snižování dopadů na životní prostředí s ohledem na vyprodukovaný kilogram mléka (van Middelaar et al. 2014). Pro zjednodušení porovnávání dojivosti mezi dojnicemi jsou laktace tradičně standardizovány na délku 305 dní (Windig et al. 2006). V případě laktací delších než 305 dní, je počítáno s dojivostí dosaženou v prvních 305 dnech (Kok et al. 2016).

Dle Skládanky et al. (2014) mají na mléčnou produkci vliv faktory, kterými jsou plemenná hodnota rodičů, věk a hmotnost prvotetek při otelení, pořadí laktace, roční období otelení či výživa dojnic. Intenzivní genetická selekce spolu se značným zlepšením ustájení, managementu a výživy dojnic vedly k výraznému nárůstu průměrné mléčné užitkovosti (Opsomer 2015). Selektace pro vysokou mléčnou produkci však vedla k poklesu plodnosti (König et al. 2008; Pryce et al. 2004), čímž se snižuje ziskovost vysokoprodukčních stád (Zink et al. 2012).

Ve výkonnosti populací v jednotlivých zemích Evropy i celého světa jsou poměrně značné rozdíly (Motyčka & Vacek 2006). Platnou legislativu provádění KU (kontrola užitkovosti) stanovuje Mezinárodní organizace pro kontrolu užitkovosti zvířat - ICAR (The International Committee for Animal Recording) (Urban 2001). ICAR zároveň zveřejňuje údaje o výsledcích KU v různých zemích (Motyčka & Vacek 2006). V mlékárenském průmyslu je složení mléka velmi významné a má přímý vliv na příjmy zemědělců (Toghdory et al. 2022). V mnoha státech o ceně mléka rozhoduje množství tuku a bílkovin (Bertocchi et al. 2014).

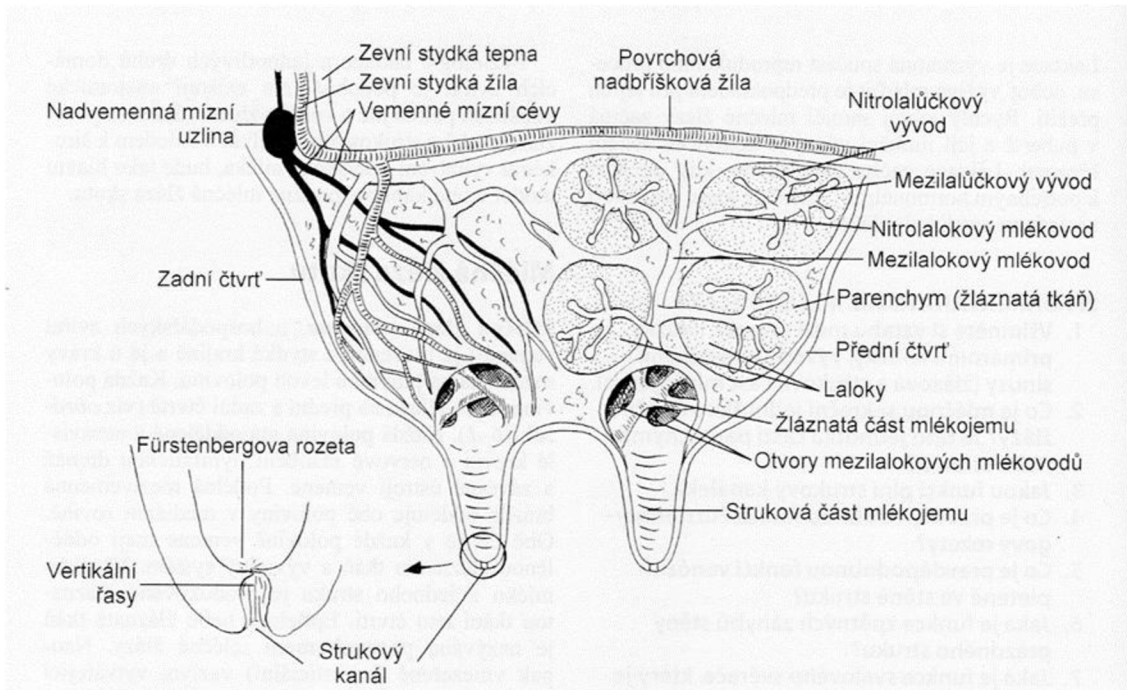
V ČR bylo v roce 2022 v KU zapsáno 209 046 dojnic holštýnského plemene, což představuje 60,8 % z celkového počtu všech krav zapsaných v ČR v KU. Z toho 8 571 ve zbarvení RED holštýn. Průměrná užitkovost holštýnského skotu dosahovala 10 667 kg mléka při tučnosti 3,86 % a obsahu bílkovin 3,37 % (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2022a).

3.2.1 Mléčná žláza

Mléčná žláza je hlavním místem syntézy a sekrece mléka. Jedná se o kožní žlázu, nachází se tedy vně tělní dutiny. Z evolučního hlediska je mléčná žláza dojnice jednou z nejpokročilejších forem mléčných žláz. Vemeno průměrné dojnice holštýnského skotu může při vstupu do dojírny vážit až 50 kg. Mléko je syntetizováno v mikroskopických alveolách, odkud odtéká do mléčných cisteren, to umožňuje dojnici nahromadit více mléka mezi dvěma dojeními (Padney et al. 2018).

3.2.1.1 Anatomie mléčné žlázy

Mléčná žláza skotu je uložena v oblasti stydké krajiny, kde je rozdělena na pravou a levou polovinu podélnou mezivemennou brázdou a vazivovou přepážkou. Na každé polovině se nachází dvě funkční čtvrtě (Padney et al. 2018). Každou čtvrt tvoří parenchym a vývodný systém, který vyúsťuje do mlékojemu (Hofírek et al. 2009). Mlékojem je rozdělen na část žláznatou a část strukovou (viz obrázek 2). Část, ze které se mléko vydojuje, se nazývá struk. Každá čtvrt má vlastní struk (Reece 2009) dlouhý 6 - 8 cm s obvodem 8 - 10 cm u kořene struku. Ve struku je uložena struková část mlékojemu. U strukové části mlékojemu začíná strukový kanálek. V místě vyústění mlékojemu do strukového kanálku se nachází bohatě krvené cirkulární ztlustění sliznice, které je významné pro odtok mléka a zároveň pro ochranu mléčné žlázy před infekcí (Hofírek et al. 2009). Ve stěně struku okolo strukového kanálku se nachází vlákna hladké svaloviny (Reece 2009), působící jako zevní svalový svěrač strukového kanálku. Délka strukového kanálku je 8 - 10 mm a šířka 5 - 7 mm (Hofírek et al. 2009).



Obrázek 2 Řez levou polovinou vjemene krávy (Reece 2011)

U mléčné žlázy je žádoucí, aby byla souměrná se širokou bází a přiměřeným závěsným aparátem přiléhajícím ke spodině břicha. Měla by se nacházet ve vzdálenosti minimálně 45 - 50 cm od země. Samotné struky by měly dosahovat optimální délky, být pevné a na konci mírně zaoblené (Hofírek et al. 2009).

Krevní zásobení zabezpečují tepny, odtok krve pak žíly (Reece 2009). Přívod krve do mléčné žlázy je extrémně důležitý pro její funkci, neboť z krve pochází všechny prekurzory mléka. U vysokoprodukčních dojnic prochází mléčnou žlázou 400 - 500 l krve pro tvorbu 1 l mléka. Celkově se v mléčné žláze nachází asi 8 % celkového objemu krve (Padney et al. 2018).

3.2.1.2 Funkce mléčné žlázy

Základními funkcemi mléčné žlázy je sekrece, shromažďování a ejekce mléka. Pro tvorbu mléka je nezbytné dokonalé zásobení vemene krví. Krev přivádí do mléčné žlázy většinu prekurzorů pro tvorbu mléka, které jsou v alveolách a tubulech přeměňovány na mléčné složky. Prekurzory vznikají metabolismem z krmné dávky mimo mléčnou žlázu. K přeměně živin na prekurzory dochází především v játrech a bachoru (Jelínek et al. 2003).

Ve vývodných cestách je před dojením přítomno 5 – 20 % z celkového objemu mléka (Tančin a Tančinová 2008). Uvolnění mléka je uskutečňováno díky reflexní reakci mléčné žlázy vyvolané podmíněnými stimuly (čichovými, zrakovými, sluchovými) a nepodmíněnými reflexy jako je stimulace vemene nebo struků (Hofírek et al. 2009). Drážděním receptorů vemene dojde k vyvolání nervového impulzu, který míří do mozku, kde se vyloučí oxytocin (Watters et al. 2012). Oxytocin je z neurohypofýzy přiváděn do vemene, kde vyvolává smrštění myoepitelových buněk na mléčných alveolách a tubulech. Smrštěním myoepitelových buněk dochází ke spuštění mléka (Hofírek et al. 2009; Reece 2009). K projevu působení uvolněného oxytocinu dochází do 30 - 60 sekund a trvá 3 - 7 minut (Hofírek et al. 2009). Uvolnění oxytocinu je spojeno se stavem klidu zvířete. V případě stresových situací, pocitu strachu či zneklidnění zvířete dochází k uvolnění adrenalinu, který inhibuje jeho účinek (Hofírek et al. 2009; Reece 2009).

3.2.2 Mléko a jeho složení

Mléko je tekutina produkovaná samicemi savců za účelem výživy jejich potomků (Mehta 2015). Charakteristické je svou bílou nebo lehce nažloutlou barvou, typickou vůní a mírně nasládlou chutí (Jelínek et al. 2003). Je možné ho konzumovat bez dalšího zpracování (Mehta 2015) a lze jej označit za „dokonalou potravinu“, neboť je bohaté na klíčové živiny (Foroutan et al. 2019). Přestože je mléko podstatné především pro výživu dětí, hraje významnou roli ve výživě a hydrataci po celý život člověka (Mehta 2015), zároveň je důležité při vytváření základní střevní mikroflóry. Mimo to, že je jedním z nejkonzumovanějších nápojů na světě, používá se jako surovina pro výrobu jogurtů, sýrů, másla, zmrzlin a dalších mléčných výrobků (Foroutan et al. 2019). V celosvětové produkci absolutně dominuje kravské mléko se zastoupením 83 % celkové produkce mléka (Villa et al. 2018).

Jedná se o heterogenní směs, kterou lze označit za komplexní látku (Mehta 2015). Hlavními složkami mléka jsou voda, tuky, bílkoviny a sacharidy. V menším množství jsou pak zastoupeny minerály, vitamíny, enzymy, imunoglobuliny a somatické buňky (Goulding et al. 2020; Foroutan et al. 2019; Pereira 2014). Kravské mléko se skládá z 85 - 87 % z vody, 3,8 - 5,5 % tuků, 2,9 - 3,5 % bílkovin a 5 % sacharidů (Foroutan et al. 2019). Složení mléka ovlivňuje především výživa, plemenná příslušnost, věk, fáze laktace, roční období či pořadí laktace (Do et al. 2016; Mehta 2015).

3.2.2.1 Mléčný tuk

Mléčný tuk je nejkompexnější ze všech přírodních tuků (Månsson 2008). V mléce je přítomen v podobě tukových kuliček o velikosti 0,1 - 15 μm (Goulding et al. 2020; Lu et al. 2016). Lze jej považovat za jednu z nejdůležitějších složek mléka. Zároveň se od jeho obsahu odvíjí cena mléka. Je bohatým zdrojem energie a nosičem vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E, K). Obsahuje značné množství esenciálních mastných kyselin. Mléčný tuk hraje významnou roli v chuti i konzistenci mléčných výrobků (Mehta 2015). Složení mastných kyselin v mléčném tuku ovlivňuje nejen nutriční kvalitu mléka a mléčných výrobků, ale také jejich technologickou kvalitu (například bod tání a texturu másla) (Štolcová 2020).

3.2.2.2 Bílkoviny

Jednou z nejhodnotnějších látek mléka s ohledem na lidskou výživu jsou mléčné bílkoviny (Mehta 2015). V 1 l kravského mléka je asi 32 g bílkovin. Mléčné bílkoviny lze rozdělit na rozpustné a nerozpustné. Nerozpustné bílkoviny se nazývají kaseiny a tvoří 80 % mléčné bílkovinné frakce. Zbylých 20 % tvoří rozpustné proteiny, jež jsou označovány za syrovátkové proteiny (Haug et al. 2007; Séverin & Wenshui 2005).

3.2.2.3 Laktóza

Základním sacharidem mléka je disacharid zvaný laktóza, který se skládá z galaktózy a glukózy a dodává mléku nasládlou chuť (Goulding et al. 2020). Laktóza významně přispívá ke koligativním vlastnostem mléka, například snížení bodu tuhnutí či zvýšení bodu varu. Je fermentována bakteriemi mléčného kvašení na kyselinu mléčnou, která snižuje pH mléka. Nechtěná fermentace vede ke zkažení mléka, ovšem kontrolovaná fermentace je základem výroby jogurtů a sýrů (Mehta 2015).

3.2.2.4 Somatické buňky

Jedná se o epiteliální buňky a bílé krvinky, které jsou v nízkém množství v mléce běžně přítomné. Epiteliální buňky jsou výsledkem odlupování epitelu (Alhussien & Dang 2018). Permanentní odlučování povrchových buněk včetně přilnutých mikroorganismů je významným faktorem pasivní obrany mléčné žlázy (Krejčí et al. 2012). Bílé krvinky primárně bojují s infekcemi a napomáhají regeneraci poškozené tkáně (Alhussien & Dang 2018).

Jakákoli intramamární infekce vede k nárůstu počtu somatických buněk (PSB) v mléce a ukazuje na špatnou hygienu produkovaného mléka. PSB se udává jako počet buněk na ml mléka (Alhussien & Dang 2018). Za zdravé lze považovat vemen, z něhož má mléko koncentraci PSB 100 – 200 tisíc / ml (Weerda & Veauthier 2020; Lakshmi 2016). Monitorování koncentrace PSB v mléce je uplatňováno při zjišťování zánětů mléčné žlázy (Addis et al. 2016). Vlivem zánětu dochází ke snížení produkce dojnice, produkci mléka nižší kvality a tím i ceny a vzniku nákladů spojených s léčbou (Jingar et al. 2017). Pro spotřebitele znamená nižší obsah somatických buněk v mléce delší trvanlivost produktu a lepší chuť (Alhussien & Dang 2018).

3.3 Exteriér

V chovu mléčného skotu je v posledních letech přikládána obrovská váha exteriéru zvířat. Exteriér je jedním z nezbytných prvků celkového hodnocení skotu. Jeho posouzení je nezbytné pro určení biologických a ekonomických vlastností zvířat. Správná a silná konstituce může předpovídat odolnost zvířat vůči nepříznivým vnějším vlivům a prodloužit jejich ekonomické využití. Zvířata s dobrým exteriérem jsou méně vystavena onemocněním končetin a vemene, méně se u nich vyskytují obtížné porody a jsou schopna přijmout více krmiva potřebného k zajištění vysoké mléčné užitkovosti (Foksha et al. 2018). Morfologické znaky vemene jsou zároveň nejspolehlivějším ukazatelem vysoké produkce mléka (Konstandoglo et al. 2017). Součástí hodnocení zevnějšku v ČR je lineární popis znaků včetně označení případných vad tělesné stavby a celkové hodnocení zevnějšku se stanovením výsledné třídy za zevnějšek (Jedlička 2006).

3.3.1 Lineární popis

Dříve se lineární popis používal především ke stanovení plemenné hodnoty (PH) plemenů pro jednotlivé znaky zevnějšku, kdy v rámci kontroly dědičnosti jsou výsledky získané u dcer býků využívány ke stanovení PH. V současné době má lineární popis daleko širší význam. K ekonomicky významným vlastnostem se zjišťují genetické korelace, které lze využít ve šlechtění. PH pro některé znaky tak mohou být využívány jako indikátory a nepřímé ukazatele zdraví vemene, dlouhověkosti a snadnosti telení (Motyčka & Vacek 2006). Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR věnuje trvalou pozornost problematice lineárního popisu a hodnocení zevnějšku. Propaguje a podporuje plošné hodnocení holštýnských prvotetek a účastní se mezinárodního harmonizačního procesu (Motyčka et al. 2005).

V České republice se využívá metoda lineárního popisu a hodnocení zevnějšku, která se řídí jednotnou mezinárodní metodikou WHFF (World Holstein Friesian Federation). Díky ní lze zvířata porovnávat v mezinárodním měřítku (Motyčka & Vacek 2006). Lineární popis exteriéru je prováděn proškoleným bonitérem s osvědčením pro holštýnské plemeno (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009), který hodnotí utváření znaku na stupnici 1 - 9 bodů (Cielava et al. 2016). Dle metodiky Svazu chovatelů holštýnského skotu ČR (2009) je nejvhodnější doba pro hodnocení 3 měsíce po otelení. Pro potřeby kontroly dědičnosti býků lze využít data z lineárního hodnocení exteriéru prvotetek provedeného v rozmezí 30-210 dnů po otelení. Pro potřeby přípařovacího plánu lze klasifikovat prvotelky až do 300 dnů po otelení (Jedlička 2006).

3.3.1.1 Hodnocené znaky lineárního popisu

V rámci lineárního popisu je hodnoceno 16 standardních znaků a 4 nepovinné. Mezi standardně hodnocené znaky patří tělesný rámec, šířka hrudníku, hloubka těla, hranatost, sklon zádě, šířka zádě, postoj zadních končetin zezadu, postoj zadních končetin z boku, úhel paznehtu, rozmístění předních struků, rozestup zadních struků, délka struku, hloubka vemene, přední upnutí vemene, výška zadního upnutí vemene, závěsný vaz. Nepovinné znaky jsou hodnoceny za účelem zpřesnění exteriérových indexů. Lze mezi ně zařadit chodivost, kvalitu kostí, tělesnou kondici a šířku vemene (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009; Jedlička 2006).

3.3.1.1.1 Tělesný rámec

Hodnotí se výška v kříži měřená hulkovou mírou. Naměřené hodnoty jsou přepočteny na body (viz tabulka 2). Jeden bod představuje rozdíl 3 cm (Štípková et al. 2007). Za ideální je považováno 5 bodů (De Jong 2020).

Tabulka 2 – Bodové hodnocení výšky v kříži

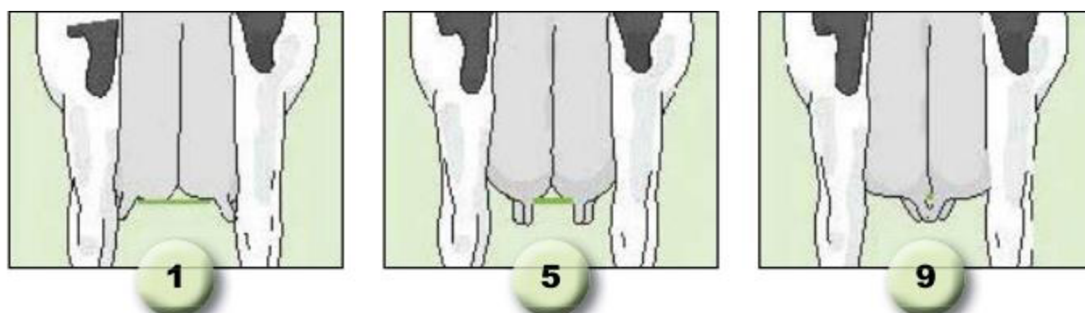
Počet bodů	Výška v kříži (cm)		
	Prvotelky	Krávy na 2. laktaci	Dospělé krávy
1	do 133	do 135	do 137
2	134 - 136	136 - 138	138 - 140
3	137 - 139	139 - 141	141 - 143
4	140 - 142	142 - 144	144 - 146
5	143 - 145	145 - 147	147 - 149
6	146 - 148	148 - 150	150 - 152
7	149 - 151	151 - 153	153 - 155
8	151 - 153	154 - 156	156 - 158
9	154 a více	157 a více	159 a více

(Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2009)

3.3.1.1.2 Rozestup zadních struků

Hodnotí se nasazení struků na zadních čtvrtích. Je třeba brát ohled na stav naplnění vemene (Štípková et al. 2007). 1 bod představuje struky rozmístěné na vnějších krajích čtvrtí. Za optimální je považováno hodnocení 4 body. Hodnocení 8 body představuje struky blízko vnitřního okraje čtvrtí, kdy se struky dotýkají. Při hodnocení 9 body se již struky kříží (De Jong 2020). Na obrázku 3 je znázorněno různé nasazení struků na zadních čtvrtích.

Rozestup zadních struků významně ovlivňuje výskyt mastitid, počet somatických buněk a tím i kvalitu mléka (Sinha et al. 2022). Může to být způsobeno faktem, že umístění zadních struků významně pozitivně koreluje s délkou závěsného vazy vemene (Nakov et al. 2014). Tento znak má zároveň významný vliv na dlouhověkost dojnic (Sewalem et al. 2004).

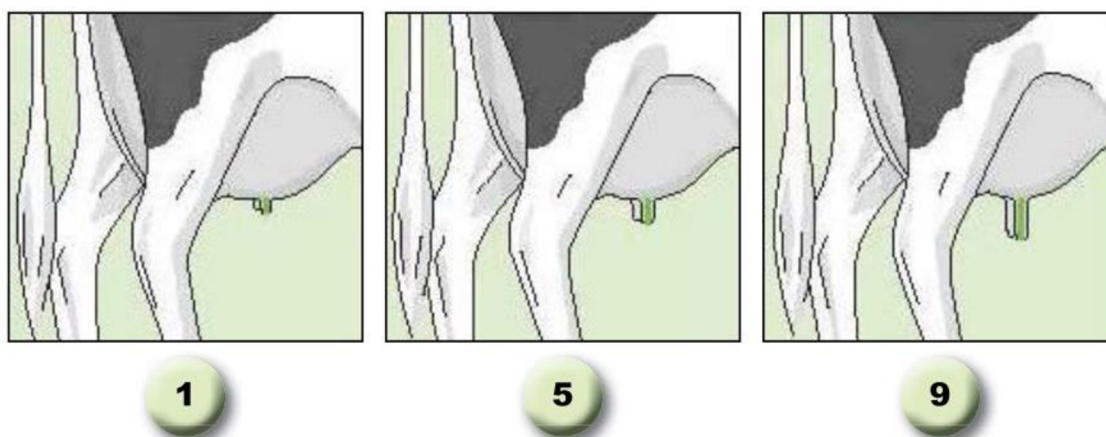


Obrázek 3 – Nasazení struků na zadních čtvrtích (WHFF 2005)

3.3.1.1.3 Délka struku

Posuzuje se délka předních struků. Pokud nejsou struky stejně dlouhé, určuje se dle kratšího struku. 1 bod představuje velmi krátké struky, 3 body krátké struky. Za ideální je považováno 5 bodů, které představují středně dlouhé struky (5 cm). Hodnocení 9 body představuje velmi dlouhé struky (Štípková et al. 2007). Obrázek 4 znázorňuje bodové hodnocení různých délek struku.

Délka struku má zásadní význam při obraně mléčné žlázy proti infekcím. Strukový kanálek působí nejen jako fyzická bariéra pro patogenní mikroorganismy, zároveň je zdrojem antimikrobiálních látek pro prevenci nových infekcí (Zecconi et al. 2002). Dlouhé a úzké kanálky ovšem snižují dojitelnost (Krejčí et al. 2012).



Obrázek 4 – Bodové hodnocení délky struku (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009)

3.3.2 Hodnocení souhrnných charakteristik

Pro celkové hodnocení typu a zevnějšku krav jsou v ČR posuzovány čtyři souhrnné charakteristiky (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009). Těmi jsou mléčná síla, stavba těla, končetiny a vemeno. Jednotlivé charakteristiky se hodnotí ve vztahu k ideálnímu utváření s ohledem na chovný cíl (Jedlička 2006).

3.3.2.1 Mléčná síla

Při hodnocení mléčné síly je vycházeno z předpokladů pro příjem vysokého množství krmiva a tím i vysoké mléčné produkce. Požadován je proto široký hrudník, dostatečná hloubka těla a celková hranatost bez hrubých rysů. Dále výrazný sklon a otevřenost žeber. Jednotlivými sledovanými znaky jsou žebra, hrudník, stehna, kohoutek, hlava, krk, kůže a ocas (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009).

Holštýnské dojnice by se měly vyznačovat hranatými otevřenými dobře zaoblenými žebry s dostatečnou hloubkou těla, aby byly schopny přeměnit velké množství objemného krmiva na vysokou produkci (Khmelnychyi & Karpenko 2021). Hranatější a vyšší krávy s hlubším tělem, dosahující lepších výsledků hodnocení mléčné síly, jsou schopné přijmout více krmiva (Bilal et al. 2016). Četné studie prokázaly pozitivní vztah dojivosti s hloubkou těla a hranatostí (Khmelnychyi & Karpenko 2021).

3.3.2.2 Stavba těla

Stavba těla zahrnuje hodnocení nejdůležitějších tělesných partií vyjma končetin. Dle důležitosti se posuzuje záď, rámec, hřbet, přední část těla, hloubka těla, harmonie těla. Součástí hodnocení je kohoutková výška, která by měla přibližně odpovídat výšce v kříži (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009).

Studie Bilal et al. (2016) ukazuje pozitivní korelaci mezi stavbou těla a mléčnou užitkovostí. Stavba těla zároveň ovlivňuje reprodukci a dlouhověkost. Široká správně skloněná záď umožňuje snazší průchod telete při porodu a nezbytný odvod tekutin po otelení, který předchází problémům s plodností. Zároveň jsou zvířata se středně skloněnou zadí déle využívána k produkci mléka (Aktins et al. 2008).

3.3.2.3 Končetiny

Jsou požadovány suché končetiny se zřetelnými, pevnými a přiměřeně silnými kostmi a klouby, výrazné a pevné šlachy. Postoj by měl být široký a pravidelný (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009). U končetin je posuzováno utváření paznehtů i končetin, jejich tvar a zaúhlení. To by mělo vyúsťovat v jejich správný postoj a pohyb zvířete (Jedlička 2006).

Konformace končetin významně ovlivňuje jejich náchylnost k onemocněním. Problémy s končetinami a jejich onemocnění významně ovlivňují mléčnou užitkovost. Při onemocnění paznehtů lze předpokládat vyšší náchylnost k výskytu mastitid, což vede ke zvýšení PSB v mléce a tím ke zhoršení jeho kvality (Koenig et al. 2005). Zdraví končetin má zároveň vliv na reprodukci a dlouhověkost (Aktins et al. 2008). U dojnic majících problémy s končetinami, je hůře rozpoznatelná říje (Melendez et al. 2003). Extrémně rovné či zakřivené zadní končetiny, extrémně mělké paty a extrémně malý úhel paznehtu vedou k dřívějšímu vyřazování dojnic (Sewalem et al. 2004).

3.3.2.4 Vemeno

Na vemeni se hodnotí především znaky související s vysokou mléčnou produkcí a dlouhým produkčním obdobím (Jedlička 2006). Jsou sledovány zadní čtvrtě, přední čtvrtě, hloubka vemene, struky, závěsný vaz, textura, mléčné žíly a stehna. Při hodnocení s ohledem na funkčnost vemene je zohledňována priorita znaků v pořadí: hloubka vemene, zadní upnutí, rozmístění struků, závěsný vaz, přední upnutí, utváření struků, vyrovnanost vemene a textura (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009). Je požadováno pevně upnuté vemeno s pravidelně rozmístěnými struky a vodorovnou základnou (Jedlička 2006).

Znaky konformace vemene jsou pro dojnice v mlékárenském průmyslu ekonomicky důležité. Vlastnosti vemene souvisí s produkcí mléka a zdravím mléčné žlázy (Nazar et al. 2022). Blake & McDaniel (1979) v jedné ze svých studií došli k závěru, že konformační znaky vemene korelují obvykle pozitivně s různou intenzitou se snadností dojení. Zároveň pozitivně korelují se zdravím vemene (Monardes et al. 1990, Rogers & Hargrove 1991), které je rozhodující pro počet somatických buněk a tím kvalitu mléka (Nazar et al. 2022). Silně připojené a dobře vyvážené vemeno s jemnou strukturou vede k vysoké a dlouhodobé produkci mléka (Aktins et al. 2008).

3.3.3 Celkové hodnocení typu a zevnějšku krav

Celkové hodnocení typu a zevnějšku krav je stanovováno na základě souhrnných charakteristik, kdy se sečtou přepočtené body v jednotlivých charakteristikách. Přepočet se provádí pomocí přepočtových koeficientů (Svaz chovatelů holštýnského skotu 2009). Dle WHFF (2016) jsou v různých zemích využívány rozličné souhrnné charakteristiky s rozdílnou váhou. V ČR se podílí na celkovém počtu bodů mléčná síla (25 %), stavba těla (15 %), končetiny (20 %) a vemeno (40 %) (WHFF 2016). Podle výsledného počtu bodů jsou krávy zařazeny do šesti výsledných tříd zevnějšku (viz tabulka 3) (Jedlička 2006). Krávy na 1. a 2. laktaci mohou být hodnoceny maximálně 91 body. Mohou být zařazeny nejvýše do třídy velmi dobrá, to znamená s maximálním počtem 89 bodů (Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR 2009).

Tabulka 3 – Bodové hodnocení a výsledné třídy

Počet bodů	Výsledná třída	Zkratka
90 - 100	excelentní	E
85 - 89	velmi dobrá	VG
80 - 84	dobrá plus	G+
75 - 79	dobrá	G
65 - 74	vyhovující	F
50 - 64	nevyhovující	P

(Jedlička 2006)

3.4 Genomika

Nová technologie zvaná genomická selekce přinesla revoluci do chovu mléčného skotu (Hayes et al. 2009). Tradičně bylo v chovu hospodářských zvířat využíváno odhadu plemenných hodnot na základě rodokmenu a fenotypu zvířat. V minulém desetiletí byly k odhadu zahrnuty i genomické vztahy (VanRaden 2020). Informace o variabilitě sekvencí DNA umožnily zpřesnění předpovědi jejich genetického založení (Goddard & Hayes 2007). Bauer et al. (2014) hodnotí predikci genomických plemenných hodnot jako slibný postup pro zpřesnění genetického hodnocení skotu.

V minulosti proběhl rozsáhlý výzkum zaměřený na selekci zvířat pomocí genetických markerů tzv. markerem asistovanou selekci (MAS). Možnost jejího zavedení v praxi však byla omezená a zvýšení genetického zisku malé (Dekkers 2004; Boichard et al. 2002). MAS vychází z předpokladu, že se určitý marker s vysokou frekvencí pojí s požadovaným lokusem kvantitativního znaku (QTL) vlivem genetické vazby (Goddarde & Hayes 2007).

Mnoho studií předpokládalo, že hlavním přínosem MAS bude rozsáhlé používání mladých býků díky informacím o původu a DNA markerech (Weller et al. 2017). Z počátku měl však tento způsob selekce jen malý komerční úspěch. Hlavním důvodem byly vysoké náklady na generování vhodných souborů dat. Dále pak potíže s identifikací hlavních genů souvisejících s kvantitativními znaky. Většina ekonomicky významných znaků bývá ovlivněna mnoha geny malého účinku (Wiggans et al. 2017). DNA markery však umožňují sledování pouze malého počtu z nich, proto jimi lze vysvětlit pouze malou část genetické variability. K přesnému odhadu účinků je tudíž zapotřebí velké množství dat (Goddarde & Hayes 2007).

K výraznému pokroku došlo díky sekvenování genomu skotu, které vedlo k objevu mnoha tisíc DNA markerů ve formě jednonukleových polymorfismů (SNP) a následnému vyvinutí testů pro genotypizaci velkého počtu SNP, čímž došlo k výraznému snížení nákladů na genotypizaci (Hayes et al. 2009).

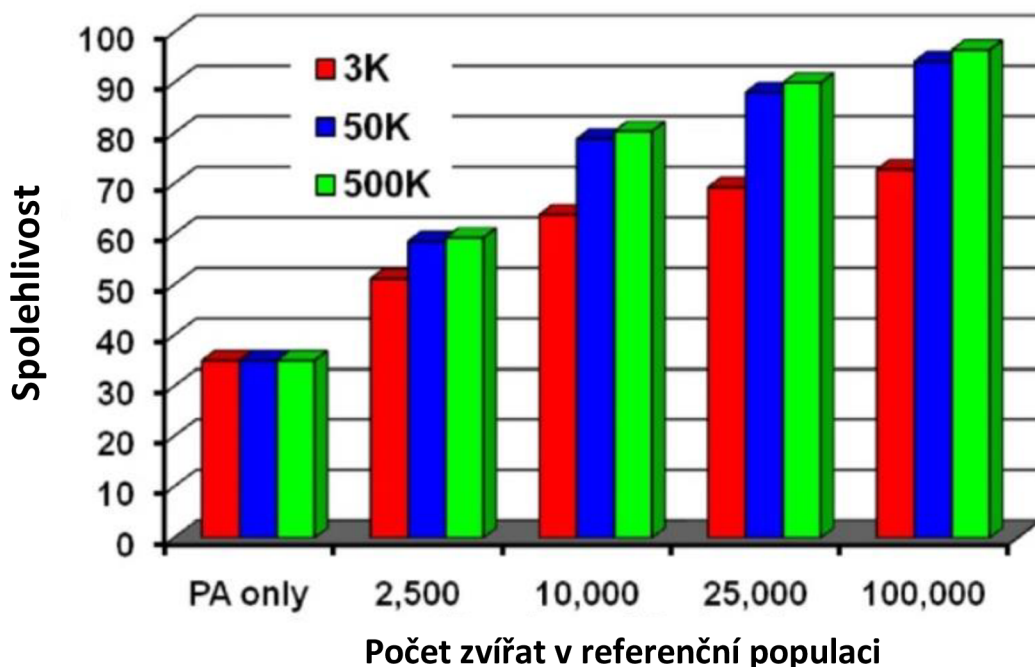
Testování pomocí SNP lze využít pro sledování i malých genetických účinků (Van Tassell et al. 2008). Celý genom je rozdělen na malé segmenty, u nichž se účinky odhadují pomocí referenční populace, kde je hodnocen fenotyp i genotyp zvířat. Díky tomu jsou rozpoznány účinky všech QTL, které přispívají ke genetické variabilitě, a to i v případě velmi malých účinků lokusů. V následujících generacích mohou být zvířata genotypována, čímž je určeno, které segmenty chromozomu nesou. Odhadované účinky segmentů, které zvíře nese, jsou sečteny v celém genomu, čímž lze předpovědět genomickou plemennou hodnotu (GPH) (Hayes et al. 2009).

Čip vyvinutý v roce 2007 společností Illumina Company byl schopen genotypizovat více než 54 000 SNP. Tento čip byl okamžitě použit ke genotypizaci býků aktuálně testovaných na potomstvo. U těchto prvních referenčních populací byly genomické plemenné hodnoty natolik přesné, aby nahradily testování potomstva (Boichard et al. 2016).

Počet potenciálních variant, které by mohly být zahrnuty do genomických předpovědí, se za poslední desetiletí významně rozšířil (VanRaden 2020). Zároveň se zvýšil počet čipů používaných pro genotypizaci skotu, kdy jich v roce 2017 bylo k dispozici 27 s různou hustotou

(Weller et al. 2017). Pro snížení nákladů na genotypizaci byl navržen čip s nízkou hustotou s výbornou predikcí chybějících markerů (Boichard et al. 2016). Chovatelé tak často volí varianty s nižší hustotou, aby snížili náklady na genotypizaci stáda (VanRaden 2020). Tím bylo dosaženo účinného kruhu – velký počet genotypovaných zvířat snížil náklady na genotypizaci, což vedlo ke zvýšení počtu genotypovaných zvířat (Boichard et al. 2016).

Velké referenční populace zvyšují spolehlivost genomického hodnocení (VanRaden 2020). Fenotypové záznamy jsou využívány k odhadu účinků SNP. Čím více je fenotypových záznamů, tím více pozorování bude na alelu SNP a tím větší bude přesnost genomové selekce. Svou roli hraje také dědičnost. S vyšší dědičností je třeba menší počet záznamů. Velký počet fenotypových záznamů je také potřeba v případě, kdy existuje mnoho QTL majících velmi malý účinek na variaci znaku (Hayes et al. 2009). Graf 1 vyjadřuje očekávané spolehlivosti podle velikosti referenční populace s použitím 3 000, 50 000 nebo 500 000 SNP.



Graf 1 – Očekávané spolehlivosti podle velikosti referenční populace (VanRaden et al. 2011)

Zatímco na počátku genotypování bylo hlavním zdrojem DNA sperma či krev, v roce 2018 vzorky DNA zahrnovaly 80 % ušních štěpů, 14 % chlupů, 2 % krve, 1 % embryí, < 1 % spermatu a < 1 % výtěrů z dutiny nosní (VanRaden 2020). Odběr vzorků se dnes uskutečňuje především u telat ve věku minimálně 14 dní až 6 měsíců (Jelínková 2021).

Rychlý vývoj v oblasti genomických informací, technologií automatizovaného záznamu dat a moderních analytických technik v posledním desetiletí připravil půdu pro novou éru v chovu mléčného skotu (Miglior et al. 2017). Od zavedení genomiky došlo k působivému nárůstu rychlosti genetického pokroku u holštýnskému plemene. Genetický pokrok se zdvojnásobil až ztrojnásobil. Především u nízce dědivých vlastností, jakými jsou zdraví vemene, dlouhověkost či plodnost došlo k enormnímu pokroku (Schaffelhofer 2019).

3.4.1 Genomická selekce jednotlivých kategorií skotu

Zpočátku byla genomická selekce aplikována na býky k predikci výkonnosti jejich potomstva, v současné době je však široce využívána u mladých jalovic, telat či dokonce u embryí k predikci jejich vlastní výkonnosti později v životě (VanRaden 2020).

3.4.1.1 Genomická selekce býků

Genomická selekce významně ovlivnila genetické zlepšení mléčného skotu. Chovatelé přijali hodnocení mladých býků za stejně přesné jako v případě býků testovaných na potomstvo. Mladí genotypovaní býci tak začali být hojně využíváni. Stáří využívaných býků se blíží biologickému minimu. Toto snížení věku býků uváděných na trh je hlavním důvodem nárůstu genetického zisku, protože je generační interval zkrácen na polovinu, čímž se rychlost zdvojnásobila (Wiggans et al. 2017). Generační interval amerických holštýnských býků se snížil z přibližně 7 let na méně než 2,5 roku (Garzía-Ruiz et al. 2016).

Snížením nákladů na produkci plemenných býků je jich možné uvádět na trh mnohem vyšší počet. To by mělo vést k omezení inbreedingu (příbuzenské plemenitby) (Boichard et al. 2016). Velký počet chovatelů však ve svých přípařovacích plánech využívá stejné špičkové mladé býky (VanRaden 2020). Čímž naopak implementace genomové selekce přispěla k mnohem rychlejší roční akumulaci inbreedingu (Makanjuola et al. 2020).

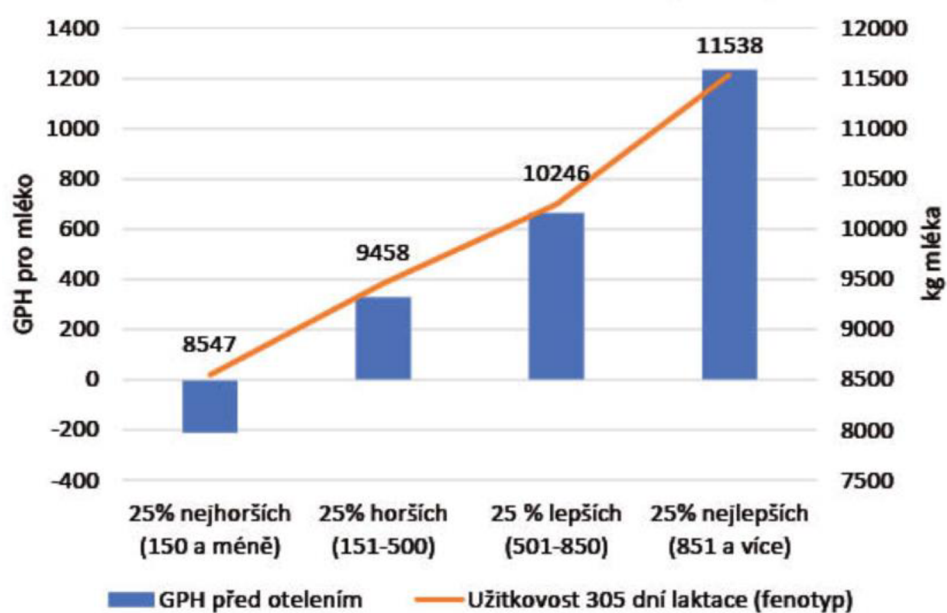
3.4.1.2 Genomická selekce jalovic

Genomická selekce byla dříve úspěšně implementována u býků v chovech mléčných plemen skotu (Pryce et al. 2012). Od roku 2010 je však patrný vzrůstající trend genotypování jalovic. Jedním z přínosů genotypizace jalovic je jejich lepší identifikace. Dále významně napomáhá při rozhodování, jak se zvířetem dále naložit. Zda ho ponechat v chovu či vyřadit (Schaffelhofer 2019). Kdy jsou nejlepší jalovice obvykle vybírány pro obnovu stáda (Pryce et al. 2012). Napomáhá při výběru elitních zvířat pro embryotransfer či IVF. Na základě genotypu je také rozhodováno, zda bude jalovice inseminována sexovaným semenem nebo masným býkem (Schaffelhofer 2019).

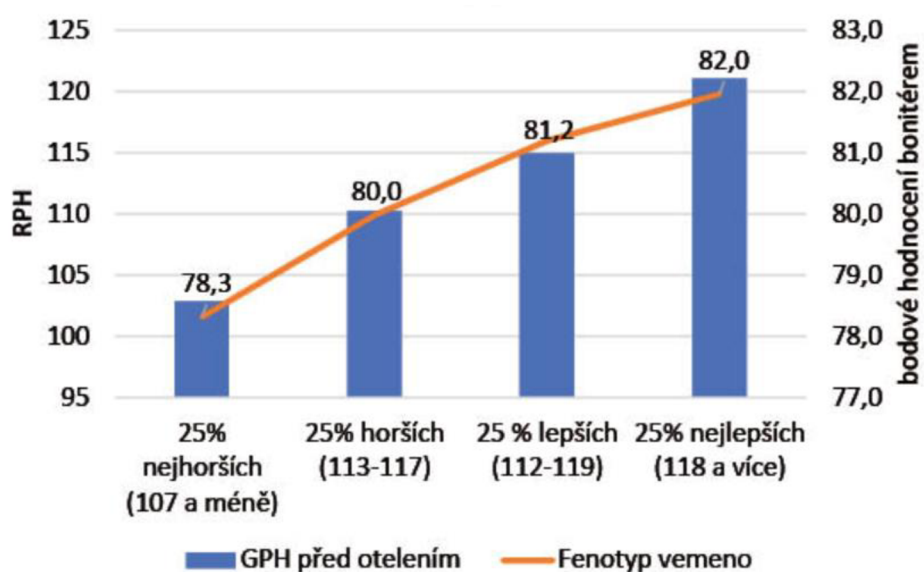
Zemědělci, kteří odchovávají nadbytečné jalovice za účelem prodeje, mohou na základě genomických výsledků prodávat zvířata s vysokou genetickou hodnotou za výrazně vyšší prodejní ceny (Pryce et al. 2012).

Genotypizace jalovic u mnoha vlastností dosahuje spolehlivosti více než 60 %. Takové spolehlivosti je u krav, které nebyly genotypovány, dosahováno ze záznamů ze tří až čtyř laktací (Pryce et al. 2012). Spolehlivost plemenných hodnot vypočtených z užitkovosti rodičů u jalovic bez genomického hodnocení je přibližně 30 % (Pryce & Hayes 2012).

Genomická selekce neumožňuje pouze zvýšení parametrů užitkovosti, ale i zlepšení exteriéru a zdravotních znaků jedinců i stáda (Jelínková 2021). Graf 2 porovnává GPH pro mléko a užitkovost za 305 dní laktace u prvotelek. V grafu 3 je porovnávána GPH a fenotypový projev souhrnné charakteristiky vemeno.



Graf 2 – GPH a užitkovosti za 305 dní u prvotek (Jelínková 2021)



Graf 3 – GPH a projev fenotypu souhrnné charakteristiky vemeno u prvotek (Jelínková 2021)

Velmi důležité je genotypovat všechny jalovice pro získání referenční populace, která do budoucna doplní a postupně i nahradí referenční populaci založenou pouze na býcích. V České republice bylo do dubna 2021 oteleno a nahodnoceno 4 000 genotypovaných prvotek. Na základě hodnocení zevnějšku u nich byl stanoven fenotyp, který potvrzuje výsledky ve vztahu ke genomice (Jelínková 2021).

4 Metodika

4.1 Sběr dat

Společností Inplem, s.r.o., byla poskytnuta genomická data o 4 479 jalovicích z různých chovů v ČR narozených mezi lety 2012 až 2021. Ze souboru byly vyselektovány pouze příslušnice holštýnského plemene v celkovém počtu 4 168 zvířat. K těmto zvířatům byla následně zjišťována data z kontroly užítkovosti a hodnocení exteriéru pomocí databáze plemenic společnosti Plemdat, s.r.o.. Využita byla data dostupná do konce roku 2022.

Z kontroly užítkovosti byla využita data za první laktaci, a to za normovanou laktaci trvající 305 dní, kterou dosáhlo 571 krav ze sledovaného souboru zvířat.

Pro exteriér byla využita data z prvního hodnocení exteriéru, která byla získávána 70 – 150 dní po otelení v souladu s metodikou Svazu chovatelů holštýnského skotu. Klasifikaci prověřili proškolení bonitéři s osvědčením pro holštýnské plemeno. Znaky lineárního popisu byly standardně hodnoceny na stupnici 1 – 9 bodů. Pouze pro hodnocení výšky v kříži byla v této práci využívána skutečně naměřená výška, nepřepočtená na body. Souhrnné charakteristiky byly hodnoceny na stobodové stupnici výpočtem z příslušných znaků lineárního popisu. Celkové hodnocení exteriéru pak bylo provedeno přepočtem ze souhrnných charakteristik a bylo taktéž hodnoceno na stobodové stupnici, prvotelky však mohou být hodnoceny maximálně 91 body. Data hodnocení exteriéru byla shromážděna u 940 zvířat.

Pro zhodnocení vztahu mezi mléčnou užítkovostí a exteriérem byla využita data o 567 zvířatech, která měla v KU zároveň data z první laktace trvající 305 dní a z hodnocení exteriéru na první laktaci.

4.1.1 Hodnocená data

Genomické znaky pro mléčnou užítkovost:

- PTA Milk – genomický předpoklad pro dojivost
- PTA Fat - genomický předpoklad pro množství tuku (kg)
- PR Fat - genomický předpoklad pro obsah tuku (%)
- PTA PRO - genomický předpoklad pro množství bílkovin (kg)
- PR PRO - genomický předpoklad pro obsah bílkovin (%)

Mléčná užítkovosti:

- Dojivost za 305 (kg)
- Množství tuku (kg)
- Množství tuku (%)
- Množství bílkovin (kg)
- Množství bílkovin (%)

Genomické znaky exteriéru:

- PTA Type - genomický předpoklad pro celkové hodnocení exteriéru
- UDC - genomický předpoklad pro souhrnnou charakteristiku vemeno
- FLC - genomický předpoklad pro souhrnnou charakteristiku končetiny
- Strength - genomický předpoklad pro souhrnnou charakteristiku síla těla
- Stature - genomický předpoklad pro výšku v kříži
- Rear Teat Placement - genomický předpoklad pro rozmístění zadních struků
- Teat Length - genomický předpoklad pro délku struku

Exteriér:

- Celkové hodnocení exteriéru
- Souhrnná charakteristika vemeno
- Souhrnná charakteristika končetiny
- Souhrnná charakteristika síla těla
- Výška v kříži
- Rozestup zadních struků
- Délka struku

4.2 Statistické vyhodnocení sledovaných dat

Shromážděná data byla vyhodnocena ve statistickém programu SAS (Statistický systém analýzy, SAS Institute, Cary, NC, USA). Pro následnou tvorbu tabulek a grafů byl využit program MS Excel.

Ke zhodnocení vztahů mezi jednotlivými znaky byla využita procedura CORR, tedy byly použity Pearsonovy korelační koeficienty.

Při hladině významnosti $P < 0,01$ platila statisticky významná spolehlivost 99 %. Hladina významnosti $P < 0,05$ ukazovala na statisticky významnou spolehlivost 95 %.

Dále byly prvotelky s daty o laktaci tvrající 305 dní rozděleny do tří skupin na základě dosažené dojivosti:

- Skupina 1 - dojnice s dojivostí $< 9\,590$ kg mléka za normovanou laktaci
- Skupina 2 - dojnice s dojivostí v rozmezí $9\,590 - 11\,497$ kg
- Skupina 3 - dojnice s užitkovostí $> 11\,497$ kg

Počty dojnic v jednotlivých skupinách jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 – Počty dojnic ve skupinách

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
Počet zvířat	178	224	169
Dojivost	$< 9\,590$	$9\,590 - 11\,479$	$> 11\,479$

V tomto případě byl porovnáván vztah dojivosti k ostatním ukazatelům mléčné užitkovosti, exteriéru a genomickým znakům. Výsledky byly statisticky vyhodnoceny v programu SAS 9.4. procedurami Means a GLM.

5 Výsledky

5.1 Korelace mezi mléčnou užitkovostí, exteriérem a genomickými znaky

5.1.1 Vztah mezi genomickými znaky a mléčnou užitkovostí

Tabulka 5 - Korelační koeficienty mezi hodnocenými genomickými znaky a mléčnou užitkovostí

			Mléčná užitkovost				
			Dojivost	Tuk (kg)	Tuk %	Bílkoviny (kg)	Bílkoviny %
Genomické znaky	PTA Milk	r	0,48	0,25	-0,42	0,36	-0,48
		P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
	PTA Fat	r	0,11	0,32	0,32	0,16	0,10
		P	0,0062	<.0001	<.0001	0,0002	0,014
	PR Fat	r	-0,33	0,05	0,65	-0,19	0,52
		P	<.0001	0,2628	<.0001	<.0001	<.0001
	PTA Pro	r	0,38	0,28	-0,22	0,38	-0,13
		P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0,0025
	PR Pro	r	-0,32	-0,06	0,45	-0,12	0,69
		P	<.0001	0,1629	<.0001	0,0044	<.0001

V tabulce 5 jsou uvedené korelační koeficienty mezi hodnocenými genomickými znaky a parametry mléčné užitkovosti. U genomického znaku pro produkci mléka (PTA Milk) byla zjištěna středně silná korelace s dojivostí ($r = 0,45$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,36$) na hladině významnosti $P < 0,01$. Pozitivně dále koreloval s množstvím tuku (kg) ($r = 0,25$; $P < 0,01$). Středně silná negativní korelace byla zjištěna s procentuálním obsahem tuku ($r = -0,42$) i procentuálním obsahem bílkovin ($r = -0,48$), a sice na hladině významnosti $P < 0,01$.

Genomický znak PTA Fat významně koreloval s procentuálním obsahem tuku ($r = 0,32$; $P < 0,01$) i obsahem tuku v kilogramech ($r = 0,32$; $P < 0,01$). Pozitivně zároveň koreloval s dojivostí ($r = 0,11$; $P < 0,01$), množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,16$; $P < 0,01$) a procentuálním obsahem bílkovin ($r = 0,10$; $P < 0,05$).

Genomický znak pro procento tuku (PR Fat) silně ovlivňoval procentuální obsah tuku ($r = 0,65$; $P < 0,01$) a středně procentuální obsah bílkovin ($r = 0,52$; $P < 0,01$). Dále negativně koreloval s dojivostí ($r = -0,33$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = -0,19$) na hladině významnosti $P < 0,01$.

U znaku PTA Pro byly zjištěny střední korelace s dojivostí ($r = 0,38$), množstvím tuku (kg) ($r = 0,28$) a množstvím bílkovin ($r = 0,38$) na hladině významnosti $P < 0,01$. Negativní korelace byla zjištěna s procentuálním obsahem tuku ($r = -0,22$; $P < 0,01$) a procentuálním obsahem bílkovin ($r = -0,13$; $P < 0,01$).

Genomický znak pro procento bílkovin (PR Pro) měl velmi silný vliv na procentuální obsah bílkovin ($r = 0,69$; $P < 0,01$). Střední korelace byla prokázána s procentuálním obsahem tuku ($r = 0,45$; $P < 0,01$). Negativně koreloval s dojivostí ($r = -0,32$; $P < 0,01$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = -0,12$; $P < 0,01$).

Mezi ostatními sledovanými znaky nebyly zjištěny statisticky významné korelace.

5.1.2 Vztah mezi exteriérovými a genomickými znaky

Tabulka 6 - Korelační koeficienty mezi hodnocenými genomickými a exteriérovými znaky

		Genomické znaky							
		PTAType	UDC	FLC	Strength	Stature	Rear Teat Placement	Teat Length	
Exteriérové znaky	Exteriér	r	0,23	0,14	0,08	0,18	0,16	0,10	0,09
		P	<.0001	<.0001	0,0142	<.0001	<.0001	0,0029	0,0088
	Vemeno	r	0,16	0,17	0,01	0,11	0,08	0,04	0,03
		P	<.0001	<.0001	0,6616	0,0007	0,0145	0,1962	0,3543
	Končetiny	r	0,08	-0,02	0,18	0,03	0,04	0,04	0,04
		P	0,0144	0,6345	<.0001	0,3924	0,1821	0,2446	0,2502
	Síla těla	r	0,16	0,09	0,00	0,19	0,19	0,08	0,09
		P	<.0001	0,0079	0,9635	<.0001	<.0001	0,0169	0,004
	Výška v kříži	r	0,26	0,12	-0,07	0,24	0,47	0,13	0,10
		P	<.0001	0,0002	0,044	<.0001	<.0001	0,0001	0,0032
	Rozestup zadních struků	r	0,13	0,12	0,00	0,10	0,06	0,40	-0,06
		P	<.0001	0,0002	0,9776	0,0013	0,0543	<.0001	0,0524
	Délka struku	r	0,03	-0,06	-0,01	0,10	0,12	-0,10	0,42
		P	0,327	0,0882	0,8405	0,0017	0,0003	0,0017	<.0001

V tabulce 6 jsou uvedené korelační koeficienty mezi exteriérovými a genomickými znaky. Hodnocení exteriéru pozitivně korelovalo s PTA Type ($r = 0,23$; $P < 0,01$), UDC ($r = 0,14$; $P < 0,01$), FLC ($r = 0,08$; $P < 0,05$), strength ($r = 0,18$; $P < 0,01$), stature ($r = 0,16$; $P < 0,01$), rear teat placement ($r = 0,10$; $P < 0,01$) i teat length ($r = 0,09$; $P < 0,01$).

Souhrnná charakteristika vemeno pozitivně korelovala s PTA Type ($r = 0,16$; $P < 0,01$), UDC ($r = 0,17$; $P < 0,01$), strength ($r = 11$; $P < 0,01$) a stature ($r = 0,08$; $P < 0,05$).

U souhrnné charakteristiky končetiny byly zjištěny pozitivní korelace s genomickými znaky PTA Type ($r = 0,08$; $P < 0,05$) a FLC ($r = 0,18$; $P < 0,01$).

Charakteristika síla těla pozitivně slabě korelovala s PTA Type ($r = 0,16$; $P < 0,01$), UDC ($r = 0,09$; $P < 0,01$), strength ($r = 0,19$; $P < 0,01$), stature ($r = 0,19$; $P < 0,01$), rear teat placement ($r = 0,08$; $P < 0,05$) a teat length ($r = 0,09$; $P < 0,01$).

U výšky v kříži byla prokázána střední pozitivní korelace se znakem stature ($r = 0,47$; $P < 0,01$). Slabě pozitivně pak korelovala se znaky PTA Type ($r = 0,26$; $P < 0,01$), UDC ($r = 0,12$; $P < 0,01$), strength ($r = 0,24$; $P < 0,01$), rear teat placement ($r = 0,13$; $P < 0,01$) a teat length ($r = 0,10$; $P < 0,01$). Slabá negativní korelace byla zjištěna se znakem FLC ($r = -0,07$; $P < 0,05$).

Rozestup zadních struků středně pozitivně koreloval s rear teat placement ($r = 0,40$; $P < 0,01$). Slabě pozitivně pak s PTA Type ($r = 0,13$; $P < 0,01$), UDC ($r = 0,12$; $P < 0,01$) a strength ($r = 0,10$; $P < 0,01$).

U délky struku byla zjištěna střední pozitivní korelace s genomickým znakem teat length ($r = 0,42$, $P < 0,01$). Slabě pozitivně pak korelovala se znaky strength ($r = 0,10$; $P < 0,01$) a stature ($r = 0,12$; $P < 0,01$). Negativní korelace byla zjištěna s rear teat placement, a to na hladině významnosti $P < 0,01$.

U dalších korelací nebyla zjištěna statistická významnost.

5.1.3 Vztah mezi exteriérem a užitkovostí na 1. laktaci

Tabulka 7 - Korelační koeficienty mezi exteriérovými znaky a mléčnou užitkovostí

			Mléčná užitkovost				
			Dojivost	Tuk (kg)	Tuk %	Bílkoviny (kg)	Bílkoviny %
Exteriérové znaky	Exteriér	r	0,28	0,23	-0,12	0,25	-0,13
		P	<.0001	<.0001	0,0031	<.0001	0,0022
	Vemeno	r	0,15	0,11	-0,09	0,11	-0,12
		P	0,0004	0,0066	0,0394	0,008	0,0031
	Končetiny	r	0,20	0,15	-0,11	0,19	-0,09
		P	<.0001	0,0003	0,0106	<.0001	0,0298
	Síla těla	r	0,18	0,16	-0,08	0,19	-0,03
		P	<.0001	0,0002	0,066	<.0001	0,1542
	Výška v kříži	r	0,14	0,13	-0,07	0,14	-0,07
		P	0,0006	0,0023	0,1009	0,0012	0,0885
	Rozstup zadních struků	r	0,05	0,06	0,03	0,06	0,02
		P	0,2671	0,1594	0,4897	0,1602	0,6289
	Délka struku	r	0,00	0,02	0,01	-0,01	-0,03
		P	0,9378	0,7101	0,7553	0,8811	0,4158

V tabulce 7 jsou uvedené korelační koeficienty mezi hodnocenými znaky exteriéru a parametry mléčné užitkovosti na první laktaci. U celkového hodnocení exteriéru byly zjištěny pozitivní korelace s dojivostí ($r = 0,28$), množstvím tuku (kg) ($r = 0,23$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,25$) na hladině významnosti $P < 0,01$. Zároveň celkové hodnocení exteriéru negativně korelovalo s procentuálním obsahem tuku ($r = -0,12$; $P < 0,01$) i bílkovin (%) ($r = -0,13$; $P < 0,01$).

Souhrnná charakteristika hodnotící exteriér vemene (vemeno) pozitivně korelovala s dojivostí ($r = 0,15$; $P < 0,01$), množstvím tuku (kg) ($r = 0,11$; $P < 0,01$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,11$; $P < 0,01$). Dále byla zjištěna negativní korelace mezi souhrnnou charakteristikou vemeno a procentuálním obsahem tuku ($r = -0,09$; $P < 0,05$) a bílkovin ($r = -0,12$; $P < 0,01$).

Souhrnná charakteristika hodnotící exteriér končetin (končetiny) měla vliv na dojivost ($r = 0,20$), množství tuku (kg) ($r = 0,15$) a bílkovin (kg) ($r = 0,19$) na hladině významnosti $P < 0,01$. Zároveň byl zjištěn negativní vztah s obsahem tuku (%) ($r = -0,11$) a bílkovin (%) ($r = -0,09$), a to na hladině významnosti $P < 0,05$.

Charakteristika síla těla měla pozitivní vliv na dojivost ($r = 0,18$), obsah tuku (kg) ($r = 0,16$) a obsah bílkovin (kg) ($r = 0,19$) s významností $P < 0,01$.

U výšky v kříži byla patrná pozitivní korelace s dojivostí ($r = 0,14$; $P < 0,01$), obsahem tuku (kg) ($r = 0,13$; $P < 0,01$) a obsahem bílkovin (kg) ($r = 0,14$; $P < 0,01$).

U rozestupu zadních struků ani délky struku nebyly zjištěny statisticky významné korelace s posuzovanými parametry mléčné užitkovosti.

5.2 Vztah dojivosti k ostatním ukazatelům mléčné užitkovosti, exteriéru a genomických znaků

5.2.1 Vztah dojivosti ke GPH pro mléko

Tabulka 8 – Průměr dojivosti a GPH pro mléko dle skupin

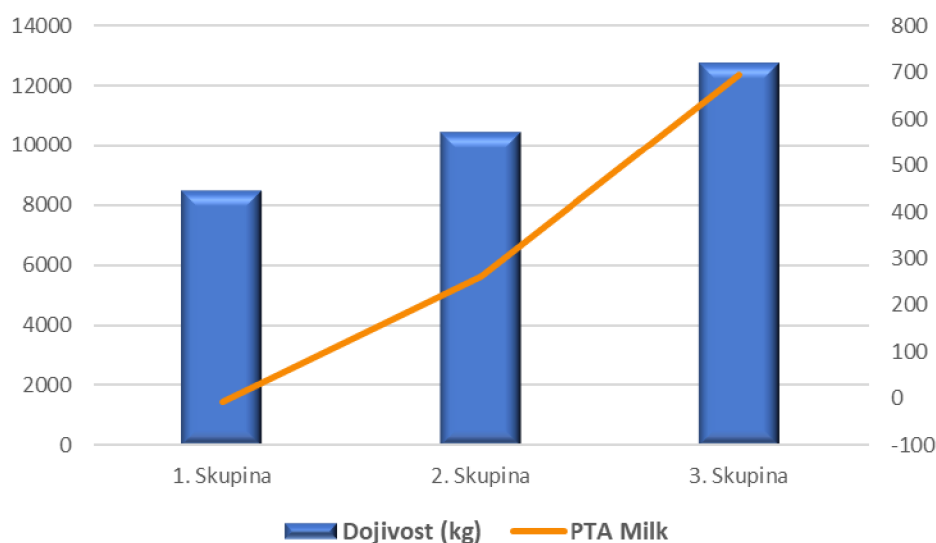
	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Dojivost	8501,43	827,45	10485,34	514,12	12772,45	1356,99
PTA Milk	-6,37	541	261,37	502,56	696,23	548,47

Pro podrobnější analýzu závislosti mléčné užitkovosti byl datový soubor rozdělen na tři skupiny dle nádoje za 305 dní. V tabulce 8 jsou uvedeny průměry dojivosti a GPH pro mléko pro jednotlivé skupiny. Je patrné, že dojnice s nejvyšší průměrnou dojivostí mají zároveň nejvyšší GPH pro mléko. Dále dojnice s nejnižší průměrnou dojivostí mají nejnižší GPH pro mléko. Jak uvádí tabulka 9 mezi všemi skupinami byla zjištěna statistická významnost pro sledované znaky na hladině $P < 0,01$.

Tabulka 9 – Statistická významnost vztahu dojivosti ke GPH pro mléko

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		<.0001	<.0001
2. Skupina	<.0001		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Graf 4 znázorňuje vztah dojivosti a GPH pro mléko dle skupin. U genomického znaku PTA Milk je patrný nárůst zároveň s růstem dojivosti.



Graf 4 - Vztah dojivosti a GPH pro mléko

5.2.2 Vztah dojivosti k % tuku a GPH pro % tuku

Tabulka 10 – Průměr dojivosti, procentuálního množství tuku a GPH pro % tuku dle skupin

	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Tuk %	4,09	0,38	3,87	0,37	3,69	0,33
PRFat	0,05	0,09	0,02	0,08	-0,03	0,08

Tabulka 10 znázorňuje průměrné procentuální množství tuku a GPH pro procenta tuku pro jednotlivé skupiny. Se vzrůstající průměrnou dojivostí skupin dochází k poklesu % tuku v mléce. Stejný trend lze pozorovat u GPH pro procenta tuku. Dojnice s nejvyšší dojivostí mají nejnižší % obsah tuku v mléce a zároveň nejnižší GPH pro % tuku v mléce. Naopak dojnice s nejnižší průměrnou dojivostí mají nejvyšší % obsah tuku v mléce a PRFat. Mezi všemi skupinami byla zjištěna statistická významnost pro oba sledované znaky na hladině významnosti $P < 0,01$ (viz tabulka 11 a tabulka 12).

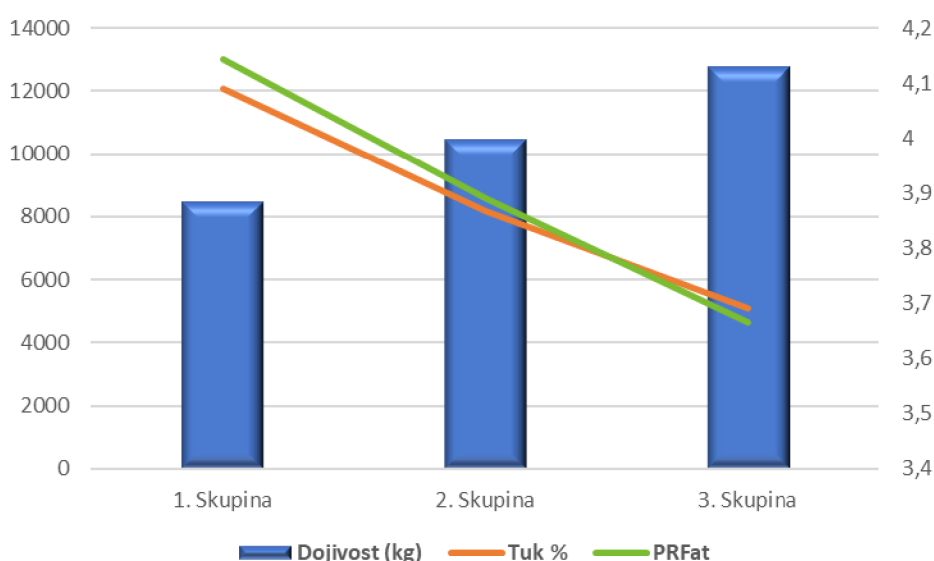
Tabulka 11 – Statistická významnost vztahu dojivosti k procentům tuku

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		<.0001	<.0001
2. Skupina	<.0001		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Tabulka 12 – Statistická významnost vztahu dojivosti ke GPH pro procenta tuku

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,0004	<.0001
2. Skupina	0,0004		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Graf 5 znázorňuje vztah dojivosti k procentům tuku a GPH pro procenta tuku dle skupin. S narůstající dojivostí klesá % obsah tuku i GPH PRFat.



Graf 5 – Vztah dojivosti k procentům tuku a GPH pro procenta tuku

5.2.3 Vztah dojivosti k množství bílkovin a GPH pro množství bílkovin

Tabulka 13 – Průměr dojivosti, množství bílkovin (kg) a GPH pro množství bílkovin dle skupin

	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Bílkoviny (kg)	292,51	31,4	348,97	23,03	412,47	47,55
PTAPro	9,48	14,61	14,01	12,86	23,14	13,55

V tabulce 13 jsou uvedeny průměrné množství bílkovin (kg) a GPH pro množství bílkovin pro jednotlivé skupiny. Je patrné, že se stoupající dojivostí, se zvyšuje množství bílkovin (kg) a roste i GPH pro množství bílkovin. Dojnice s nejvyšší průměrnou dojivostí mají zároveň nejvyšší průměrné množství bílkovin i nejvyšší GPH pro množství bílkovin. U dojnic s nejnižší průměrnou dojivostí je patrné nejnižší průměrné množství bílkovin a nejnižší GPH pro množství bílkovin. U obou znaků byla mezi všemi skupinami zjištěna statistická významnost $P < 0,01$ (viz tabulka 14 a tabulka 15).

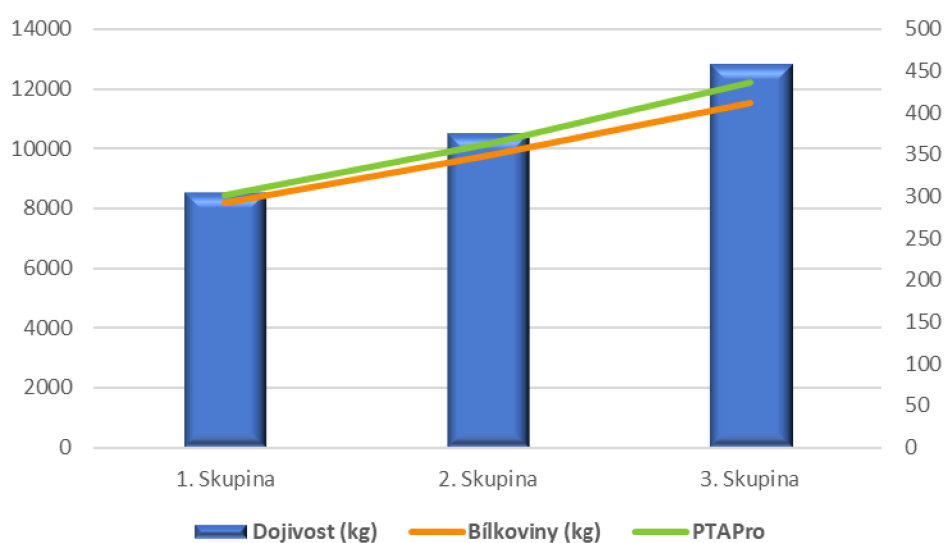
Tabulka 14 – Statistická významnost vztahu dojivosti k množství bílkovin

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		<.0001	<.0001
2. Skupina	<.0001		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Tabulka 15 – Statistická významnost bztahu dojivosti ke GPH pro množství bílkovin

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,001	<.0001
2. Skupina	0,001		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Graf 6 znázorňuje vztah dojivosti k množství bílkovin a GPH pro množství bílkovin dle skupin. S narůstající dojivostí stoupá množství bílkovin i GPH pro množství bílkovin.



Graf 6 - Vztah dojivosti k množství bílkovin a GPH pro množství bílkovin

5.2.4 Vztah dojivosti k % bílkovin a GPH pro % bílkovin

Tabulka 16 – Průměr dojivosti, procent bílkovin a GPH pro procenta bílkovin dle skupin

	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Bílkoviny %	3,44	0,18	3,33	0,17	3,23	0,15
PRPro	0,034	0,035	0,021	0,032	0,005	0,031

Tabulka 16 uvádí průměrný procentuální obsah bílkovin a GPH pro procenta bílkovin pro jednotlivé skupiny. Současně se vzrůstající průměrnou dojivostí skupin dochází k poklesu % bílkovin v mléce. Obdobně dochází k poklesu i u GPH pro procenta bílkovin. Dojnice s nejvyšší dojivostí mají nejnižší procentuální obsah bílkovin a zároveň nejnižší GPH pro procentuální obsah bílkovin v mléce. Naopak dojnice s nejnižší průměrnou dojivostí mají nejvyšší % obsah bílkovin v mléce i GPH PRPro. Statistická významnost na hladině $P < 0,01$ byla u obou znaků mezi všemi skupinami (viz tabulka 17 a tabulka 18).

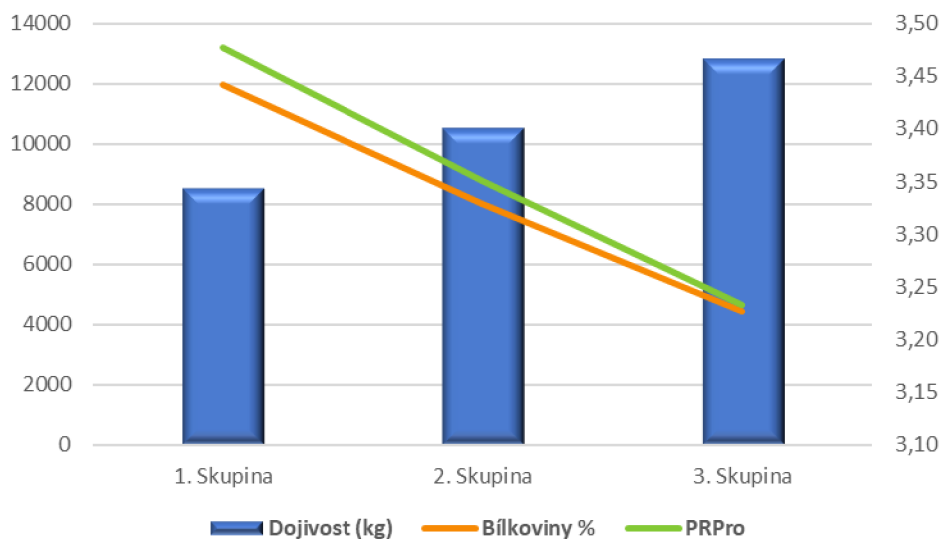
Tabulka 17 – Statistická významnost vztahu dojivosti k procentům bílkovin

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		<.0001	<.0001
2. Skupina	<.0001		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Tabulka 18 – Statistická významnost vztahu dojivosti ke GPH pro % bílkovin

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		<.0001	<.0001
2. Skupina	<.0001		<.0001
3. Skupina	<.0001	<.0001	

Graf 7 znázorňuje vztah dojivosti k procentům bílkovin a GPH pro procenta bílkovin dle skupin. S narůstající dojivostí klesá % obsah bílkovin i GPH PRPro.



Graf 7 - Vztah dojivosti k procentům bílkovin a GPH pro procenta bílkovin

5.2.5 Vztah dojivosti k hodnocení exteriéru

Tabulka 19 – Průměr dojivosti a hodnocení exteriéru dle skupin

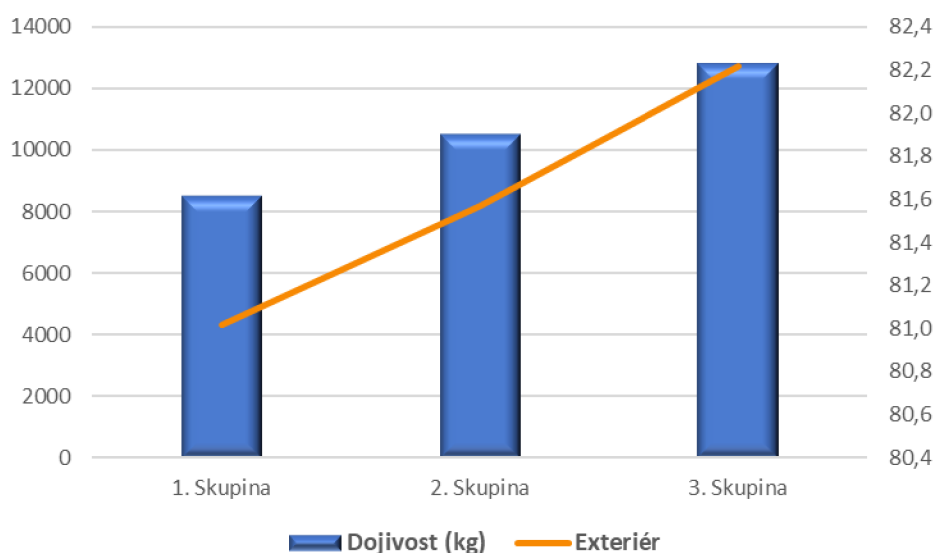
	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Exteriér	81,02	1,73	81,57	1,66	82,22	2,13

V tabulce 19 je uvedeno průměrné hodnocení exteriéru pro jednotlivé skupiny. Je patrné, že dojnice s nejvyšší průměrnou dojivostí mají zároveň nejvyšší hodnocení exteriéru. Naopak dojnice s nejnižší průměrnou dojivostí mají nejnižší hodnocení exteriéru. Tabulka 20 uvádí zjištěné hladiny významnosti mezi skupinami. Mezi všemi skupinami byla zjištěna statistická významnost na hladině $P < 0,01$.

Tabulka 20 – Statistická významnost vztahu dojivosti k hodnocení exteriéru

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,0027	<.0001
2. Skupina	0,0027		0,0006
3. Skupina	<.0001	0,0006	

Graf 8 znázorňuje vztah dojivosti k hodnocení exteriéru dle skupin. U hodnocení exteriéru je zjevný nárůst zároveň s růstem dojivosti.



Graf 8 - Vztah dojivosti k hodnocení exteriéru

5.2.6 Vztah dojivosti k souhrnné charakteristice vemeno

Tabulka 21 – Průměr dojivosti a hodnocení souhrnné charakteristiky vemeno dle skupin

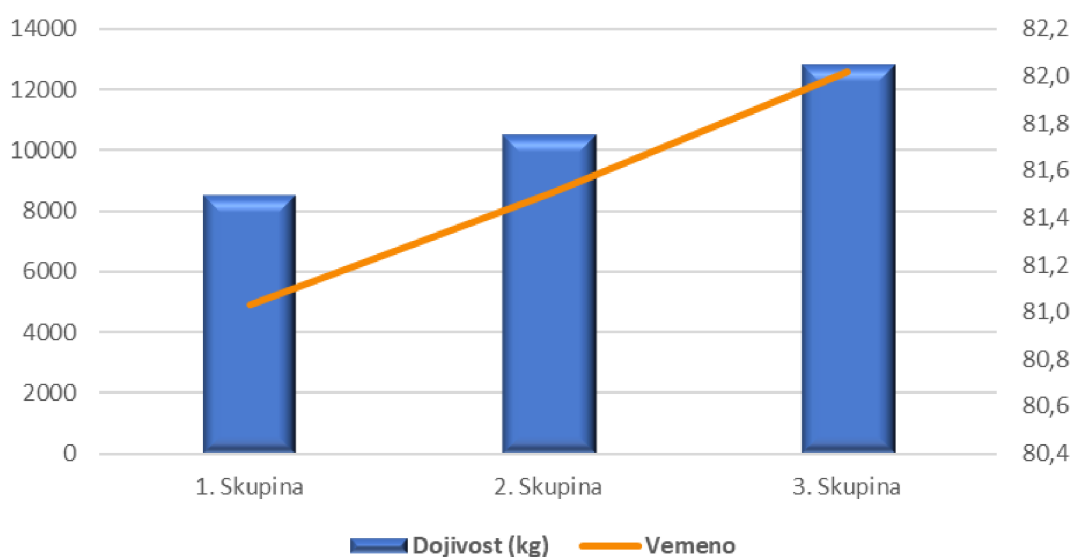
	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Vemeno	81,03	2,46	81,5	2,75	82,02	2,96

Tabulka 21 uvádí průměrné hodnocení souhrnné charakteristiky vemeno pro jednotlivé skupiny. Statistická významnost byla prokázána pouze mezi 1. a 3. skupinou ($P < 0,01$) (viz tabulka 22). S narůstající dojivostí mají dojnice vyšší hodnocení souhrnné charakteristiky vemeno.

Tabulka 22 – Statistická významnost vztahu dojivosti k souhrnné charakteristice vemeno

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,0869	0,0008
2. Skupina	0,0869		0,064
3. Skupina	0,0008	0,064	

Graf 9 doplňuje tabulku 21 a znázorňuje vztah dojivosti k hodnocení souhrnné charakteristiky vemeno.



Graf 9 – Vztah dojivosti k souhrnné charakteristice vemeno

5.2.7 Vztah dojivosti k souhrnné charakteristice síla těla

Tabulka 23 – Průměr dojivosti a hodnocení souhrnné charakteristiky síla těla dle skupin

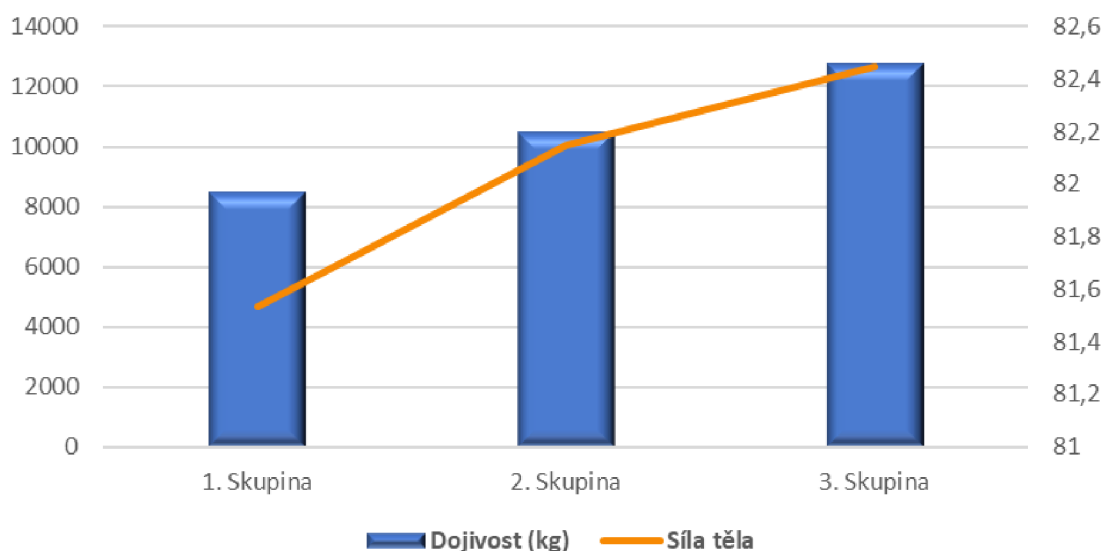
	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Síla těla	81,53	2,43	82,15	2,11	82,45	2,47

Tabulka 23 uvádí průměrné hodnocení souhrnné charakteristiky síla těla pro jednotlivé skupiny. Současně se vzrůstající průměrnou dojivostí skupin roste hodnocení pro sílu těla. Dojnice s nejvyšší dojivostí mají nejvyšší hodnocení souhrnné charakteristiky síla těla. Statistická významnost byla zjištěna mezi 1. a 2. skupinou a dále mezi 1. a 3. skupinou ($P < 0,01$) (viz tabulka 24).

Tabulka 24 - Statistická významnost vztahu dojivosti k souhrnné charakteristice síla těla

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,0089	0,0003
2. Skupina	0,0089		0,2038
3. Skupina	0,0003	0,2038	

Graf 10 doplňuje tabulku 23 a znázorňuje vztah dojivosti k hodnocení souhrnné charakteristiky síla těla.



Graf 10 – Vztah dojivosti k souhrnné charakteristice síla těla

5.2.8 Vztah dojivosti k výšce v kříži

Tabulka 25 – Průměr dojivosti a hodnocení výšky v kříži

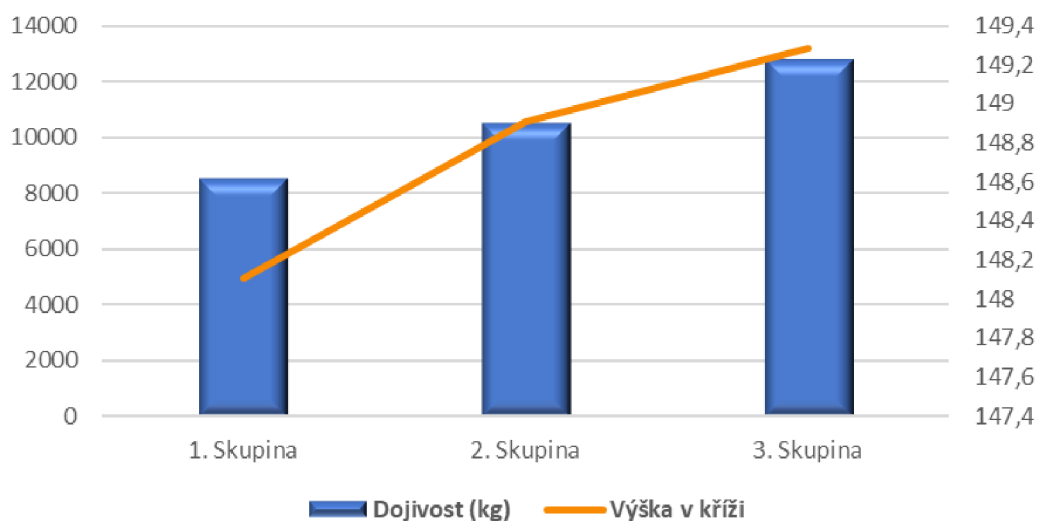
	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Výška v kříži	148,11	2,89	148,91	3,03	149,29	2,59

Tabulka 25 uvádí průměrné hodnocení výšky v kříži pro jednotlivé skupiny. Statistická významnost byla prokázána mezi 1. a 2. skupinou a mezi 1. a 3. skupinou, a to na hladině významnosti $P < 0,01$ (viz tabulka 26). S narůstající dojivostí mají dojnice vyšší hodnocení výšky v kříži.

Tabulka 26 - Statistická významnost vztahu dojivosti k hodnocení výšky v kříži

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,0058	0,0002
2. Skupina	0,0058		0,1934
3. Skupina	0,0002	0,1934	

Graf 11 doplňuje tabulku 25 a znázorňuje vztah dojivosti k výšce v kříži.



Graf 11 – Vztah dojivosti k výšce v kříži

5.2.9 Vztah dojivosti k délce struku a GPH pro délku struku

Tabulka 27 – Průměr dojivosti, hodnocení délky struku a GPH pro délku struku dle skupin

	1. Skupina (< 9 590 kg)		2. Skupina (9 590 – 11 497 kg)		3. Skupina (> 11 497)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Délka struku	4,40	0,99	4,70	1,02	4,47	0,90
Teat Length	0,06	0,79	0,16	0,80	0,00	0,77

Tabulka 27 uvádí průměrné hodnocení délky struku a GPH pro délku struku pro jednotlivé skupiny. Je patrné, že mezi 1. a 2. skupinou se stoupající dojivostí nejprve délka struku i GPH pro délku struku zvyšují a následně mezi 2. a 3. skupinou opět klesají. U fenotypového projevu délky struku byla zjištěna statistická významnost mezi 1. a 2. skupinou ($P < 0,01$) a 2. a 3. skupinou ($P < 0,05$) (viz tabulka 28). Pro GPH pro délku struku byla statistická významnost pouze mezi 2. a 3. skupinou ($P < 0,05$) (viz tabulka 29).

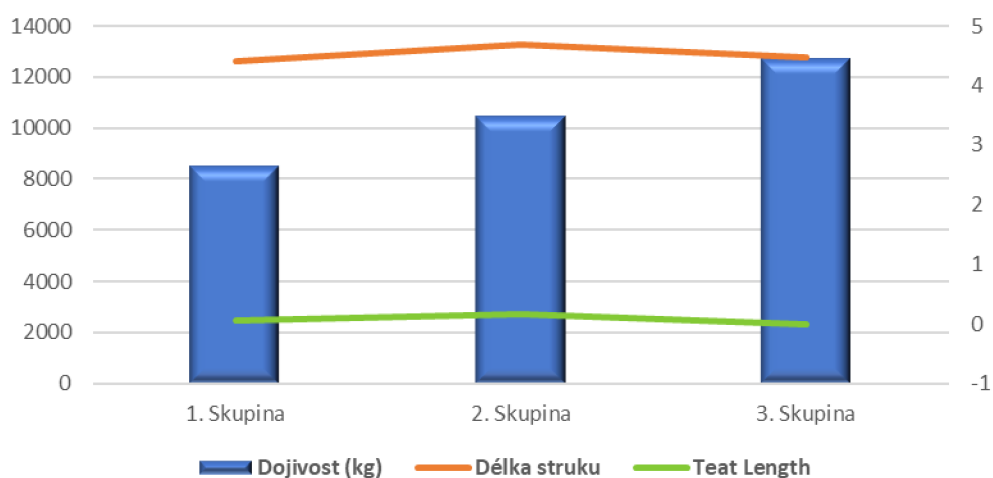
Tabulka 28 - Statistická významnost vztahu dojivosti k délce struku

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,003	0,5092
2. Skupina	0,003		0,0256
3. Skupina	0,5092	0,0256	

Tabulka 29 - Statistická významnost vztahu dojivosti ke GPH pro délku struku

	1. Skupina	2. Skupina	3. Skupina
1. Skupina		0,2224	0,4424
2. Skupina	0,2224		0,0445
3. Skupina	0,4424	0,0445	

Graf 12 doplňuje tabulku 30 a znázorňuje vztah dojivosti k délce struku a GPH pro délku struku



Graf 12 – Vztah dojivosti k délce struku a GPH pro délku struku

6 Diskuze

Genomická selekce je nyní ve světě široce rozšířena (Misztal et al. 2020). Investice do genotypování stáda může být pro chovatele mléčného skotu ekonomicky velmi výhodná. Jasná ilustrace vztahu mezi genomickými předpověďmi a budoucími fenotypy by měla vést ke zvýšení důvěry chovatelů v genomiku (Pryce & Hayes 2012). Zároveň je hodnocení genetických a fenotypových trendů významné pro sledování vývoje šlechtitelských programů chovu mléčného skotu (Carrara et al. 2019).

6.1 O vztahu mezi genomickými znaky a mléčnou užitkovostí

V rámci provedených analýz vzájemných vztahů mezi sledovanými ukazateli byly potvrzeny pozitivní vztahy mezi mléčnou užitkovostí a sledovanými genomickými znaky. Nejvýznamnější korelace byly nalezeny mezi znaky PTA Milk a dojivost ($r = 0,48$), PTA Fat a množství tuku (kg) ($r = 0,32$) a mezi PTA Pro a množství bílkovin (kg) ($r = 0,38$). Tyto vztahy potvrzují Bengtsson et al. (2020), kteří ve své studii taktéž porovnávali genomický předpoklad jalovic a jejich následný fenotypový projev na první laktaci. Z jejich výsledků jsou patrné korelace mezi genomickým odhadem a mléčnou užitkovostí v případě dojivosti ($r = 0,45$), množství tuku ($r = 0,36$) a množství bílkovin ($r = 0,38$).

K vyšším korelacím dospěli Cesarani et al. (2022). Ti ve své studii zjistili korelace mezi genomickým předpokladem a skutečným fenotypovým projevem holštýnských dojnic u dojivosti ($r = 0,55$), množství tuku ($r = 0,55$) a množství bílkovin ($r = 0,52$). Tyto výsledky jsou ovšem významně ovlivněny nejen počtem hodnocených zvířat (577 340), ale také zahrnutím dat z pěti laktací zvířete. Obecně je užitkovost na dalších laktacích vyšší než na první.

Petrini et al. (2016) ve svém výzkumu zjišťovali korelace mezi genomickou předpovědí procentuálního obsahu tuku s fenotypovým projevem dojivosti ($r = -0,40$) a dále genomickou předpovědí procentuálního obsahu bílkovin s fenotypovým projevem dojivosti ($r = -0,45$) a procentuálním obsahem tuku ($r = 0,55$). V této práci byly zjištěny korelace mezi PR Fat s dojivostí ($r = -0,33$), PR Pro s dojivostí ($r = -0,32$) a PR Pro s procentuálním obsahem tuku ($r = 0,45$). Petrini et al. (2016) však svůj výzkum prováděli v tropickém prostředí. Tropické prostředí se vyznačuje dlouhým horkým obdobím s vysokou relativní vlhkostí. Takové podmínky mohou vést k tepelnému stresu dojnic (Petrini et al. 2016). Tepelný stres vede ke snížení příjmu krmiva dojnicemi, čímž dojde k poklesu mléčné užitkovosti, především obsahu složek mléka (West 2003).

Zjištěné korelace korespondují s dalšími výsledky této práce, kde byly dojnice rozděleny do 3 skupin podle dosažené dojivosti za 305 dní. Z těchto výsledků je patrné, že s rostoucí dojivostí rostou i hodnoty genomických znaků PTA Milk, PTA Fat i PTA Pro. Tento trend potvrzuje Motyčka (2021), který prezentuje výsledky projektu Svazu chovatelů holštýnského skotu zaměřeného na genotypizaci jalovic.

6.2 O vztahu mezi genomickými a exteriérovými znaky

Genomická selekce neumožňuje pouze zvýšení parametrů užitkovosti, ale i zlepšení exteriéru zvířat (Jelínková 2021).

V rámci provedených analýz vzájemných vztahů mezi sledovanými ukazateli byly potvrzeny vztahy mezi sledovanými exteriérovými a genomickými znaky. Byly zjištěny korelace mezi genomickým předpokladem a fenotypovým projevem u souhrnných charakteristik vemeno ($r = 0,17$) a končetiny ($r = 0,18$). Bengtsson et al (2020) ve své studii tyto znaky také porovnávali u dojnic na první laktaci. V případě FLC a souhrnné charakteristiky končetiny došli k podobnému výsledku ($r = 0,2$). Mezi UDC a souhrnnou charakteristikou vemeno však zjistili vyšší korelace ($r = 0,37$). Rozdíl může být dán využitím většího množství zvířat (17 145) a zároveň použitím zvířat ze severských zemí, jakými jsou Dánsko, Finsko a Švédsko, kde může být šlechtění zaměřeno jiným směrem.

Dále byly zjištěny pozitivní korelace mezi výškou v kříži a Teat Length ($r = 0,10$) a výškou v kříži a Rear Teat Placement ($r = 0,13$). K podobným výsledkům dospěli také Tapki et al. (2013), kteří v rámci svého výzkumu zjistili pozitivní vztah mezi výškou v kříži a Teat Length ($r = 0,12$). Dále zjistili pozitivní korelaci mezi výškou v kříži a Rear Teat Placement ($r = 0,10$). Tyto výsledky potvrzují také další autoři (Bohlouli et al. 2015, Němcová et al. 2011).

Problematicke vztahu genomických předpovědí se skutečným projevem exteriéru se věnovalo ve svých výzkumech poměrně málo autorů. Znaky exteriéru přitom mají významný vliv nejen na užitkovost, ale také zdraví, plodnost a dlouhověkost dojnic. Tedy znaky, které jsou rozhodující pro ekonomiku chovu dojných plemen. Do budoucna by bylo jistě přínosné více ověřovat správnost genomických předpovědí vůči fenotypovému projevu daného znaku.

6.3 O vztahu mezi exteriérem a mléčnou užitkovostí

Utváření zevnějšku významně ovlivňuje produkční schopnost dojníc (Sawa et al. 2013). Znaky lineárního hodnocení jsou však poměrně snadno měřitelné a lze je získat již na první laktaci (Wasana et al. 2015). Morfologické znaky vemene jsou zároveň nejspolehlivějším ukazatelem vysoké produkce mléka (Konstandoglo et al. 2017)

V této práci byly v rámci provedených analýz vzájemných vztahů mezi sledovanými ukazateli zjištěny vztahy mezi mléčnou užitkovostí a sledovanými exteriérovými znaky. Vliv na dojivost mělo celkové hodnocení exteriéru ($r = 0,28$), souhrnné charakteristiky končetiny ($r = 0,20$), síla těla ($r = 0,18$), a vemeno ($r = 0,15$) a výška v kříži ($r = 0,14$). Dále byl zjištěn pozitivní vztah výšky v kříži s množstvím tuku (kg) ($r = 0,13$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,14$). Také síla těla pozitivně korelovala s množstvím tuku (kg) ($r = 0,16$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,19$).

K podobným výsledkům ve své studii dospěli Noskova et al. (2019). Z jejich výsledků jsou patrné korelace mezi dojivostí a celkovým hodnocením exteriéru ($r = 0,14$), výškou v kříži ($r = 0,09$) a souhrnnými charakteristikami končetiny ($r = 0,11$), síla těla ($r = 0,13$) a vemeno ($r = 0,09$). Rozdíl v korelacích oproti této práci může být dán faktem, že Noskova et al. (2019) ve své studii posuzovali produkci mléka na první až čtvrté laktaci a dále využitím dat o velkém množství zvířat (247 790 dojníc).

Wasana et al. (2015) potvrzuje pozitivní korelace výšky v kříži s dojivostí ($r = 0,17$), množstvím tuku (kg) ($r = 0,15$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,19$), i korelace souhrnné charakteristiky síla těla s dojivostí ($r = 0,17$), množstvím tuku (kg) ($r = 0,16$) a množstvím bílkovin (kg) ($r = 0,19$). K podobným výsledkům dospěli také další autoři (Zink et al. 2014, Tapki & Guzey 2013).

Zjištěné vztahy v rámci provedených korelačních koeficientů korespondují s dalšími výsledky této práce, kde byly dojnice rozděleny do tří skupin dle dojivosti. S rostoucí dojivostí se zvyšovaly hodnoty celkového hodnocení exteriéru, souhrnných charakteristik síla těla a vemeno i výška v kříži. K podobným výsledkům ve své studii došli Khan & Khan (2016).

6.4 Doporučení pro další výzkum

Zhodnocení vzájemných vztahů sledovaných znaků poskytlo unikátní výsledky, které by bylo vhodné a podnětné dále analyzovat na větším počtu dojnic. Na dané téma v podmínkách České republiky neexistuje mnoho studií. V posledních letech genotypování jalovic v ČR získává na významu. Počet genotypovaných jalovic během této doby výrazně vzrostl. Narůstající trend lze očekávat i v následujících letech, proto by bylo vhodné toto hodnocení v horizontu několika let opakovat s možností využít větší množství dat.

Je známo, že dojnice na vyšších laktacích dosahují vyšších hodnot mléčné užitkovosti. V případě zahrnutí dat o mléčné užitkovosti při druhé laktaci lze předpokládat silnější vztahy mezi sledovanými znaky. Obdobně by tomu mělo být při využití dat z druhého hodnocení exteriéru. Na začátku první laktace ještě prvotelka obvykle není zcela vyvinuta, na dalším hodnocení je tak obvykle lépe hodnocena než na prvním.

Holštýnské dojnice potřebují pro vysokou produkci přijmout velké množství krmiva. Bylo by proto vhodné zařadit do hodnocení znaky lineárního popisu hloubka těla a hranatost. Dle Bilal et al. (2016) jsou hranatější a vyšší dojnice s hlubším tělem schopny přijmout větší množství krmiva.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo posoudit vztah zvolených exteriérových a užitkových ukazatelů k vybraným charakteristikám plemenných hodnot a genomických znaků u Holštýnského skotu v podmínkách vybraných chovů v České republice.

Dojnice s vyššími genomickými plemennými hodnotami pro dané ukazatele dosahovaly vyšších hodnot mléčné užitkovosti. Mezi těmito genomickými znaky a shodnými znaky mléčné užitkovosti byly zjištěny vysoce průkazné střední až silné vztahy. Vysoké korelace byly zjištěny mezi genomickým předpokladem a fenotypovým projevem u dojivosti ($r = 0,48$), procentuálního obsahu tuku ($r = 0,65$) a procentuálního obsahu bílkovin ($r = 0,69$). Středně silný vztah se dále potvrdil mezi fenotypovým projevem a genomickým předpokladem pro množství bílkovin (kg) ($r = 0,38$) a množství tuku (kg) ($r = 0,32$). U všech uvedených vztahů byla prokázána statistická významnost na hladině $P < 0,01$.

Mezi fenotypovým projevem exteriéru a genomickými předpoklady pro shodné znaky exteriéru se ve všech případech potvrdily pozitivní vztahy. Velmi významné korelace mezi genomickým předpokladem a fenotypovým projevem byly zjištěny u výšky v kříži ($r = 0,47$), délky struku ($r = 0,42$) a rozestupu zadních struků ($r = 0,40$). Střední až slabé vztahy pak byly zjištěny u celkového hodnocení exteriéru ($r = 0,23$) a souhrnných charakteristik, kterými jsou síla těla ($r = 0,19$), končetiny ($r = 0,18$) a vemeno ($r = 0,17$). Statistická významnost byla prokázána na hladině $P < 0,01$.

Vyhodnocením vztahu mezi znaky exteriéru a mléčné užitkovosti bylo potvrzeno, že dojnice s vyšším hodnocením exteriéru dosahovaly vyšší mléčné užitkovosti. Hodnocené znaky exteriéru, kterými byly celkové hodnocení exteriéru, výška v kříži, souhrnné charakteristiky vemeno, končetiny a síla těla, měly statisticky významný pozitivní vztah k množství nadojeného mléka (kg), tuku (kg) i bílkovin (kg). Dále se podle očekávání projevil negativní vztah mezi znaky celkové hodnocení exteriéru, souhrnná charakteristika vemeno, souhrnná charakteristika končetiny a procentuálním obsahem tuku a bílkovin.

Výsledky práce potvrzují vztah genomických plemenných hodnot a fenotypového projevu zkoumaných znaků exteriéru a mléčné užitkovosti. Dojnice s vyšší genomickou plemennou hodnotou pro jednotlivé ukazatele mléčné produkce a exteriéru odpovídaly vyšším fenotypovým ukazatelům příslušných znaků. Stanovená hypotéza tak byla potvrzena.

8 Literatura

- Addis MF, Tedde V, Puggioni GMG, Pisanu S, Casula A, Locatelli C, Rota N, Bronzo V, Moroni P, Uzzau S. 2016. Evaluation of milk cathelicidin for detection of bovine mastitis. *Journal of Dairy Science* **99**:8250-8258.
- Alhussien MN, Dang AK. 2018. Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World* **11**:562-577.
- Aktins G, Shannon J, Muir B. 2008. Using conformational anatomy to identify functionality and economic of dairy cows. *WCDS Advances in dairy technology* **20**:279-295.
- Bauer J, Vostrý L, Příbyl J, Svitáková A, Zavadilová L. 2014. Approximation of rentability of single-step genomic breeding values for dairy cattle in Czech Republic. *Animal Science Papers and Reports* **32**:301-306.
- Bengtsson C, Stålhammar H, Strandberg E, Eriksson S, Fikse WF. 2020. Association of genomically enhanced and parent average breeding values with cow performance in Nordic dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **103**:6383-6391.
- Beran O. 2006. Proměny holštýnského šlechtění. *Náš Chov* **66**:26-27.
- Bertocchi L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A, Varisco G, Bernabucci U. 2014. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. *Animal* **8**:667-674.
- Bilal G, Cue RI, Hayes JF. 2016. Genetic and phenotypic associations of type traits and body condition score with dry matter intake, milk yield, and number of breedings in first lactation Canadian Holstein cows. *Canadian Journal of Animal Science* **96**:434-447.
- Blake RW, McDaniel BT. 1979. Relationships of udder conformation with labor and machine inputs to milk harvest in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **62**:475-485.
- Bohlouli M, Alijani S, Varposhti MR. 2015. Genetic relationships among linear type traits and milk production traits of holstein dairy cattle. *Annals of Animal Science* **15**:903-917.
- Boichard D, Fritz S, Rossignol MN, Boscher MY, Malafosse A, Colleau JJ. 2002. Implementation of marker-assisted selection in French dairy cattle. *Electronic commun. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier.
- Boichard D, Ducrocq V, Croiseau P, Fritz S. 2016. Genomic selection in domestic animals: Principles, applications and perspectives. *Comptes Rendus Biologies* **339**:274-277.
- Bouška J, Doležal O, Jílek F, Kudrna V, Kvapilík J, Příbyl J, Rajmon R, Sedmíková M, Skřivanová V, Šlosárková S, Tyrolová Y, Vacek M, Žižlavský J. 2006. *Chov dojeného skotu*. Profi Press, s.r.o., Praha.

- Buchanan DS. 2002. ANIMALS THAT PRODUCE DAIRY FOODS: Major Bos taurus Breeds. Encyclopedia of Dairy Sciences **2**:284-292.
- Carrara ER, de Genova LG, Petrini J, de Paiva JT, Salvian M, Rovadoscki GA, Machado PF, Mourão GB. 2019. Genetic and phenotypic trends for milk fatty acids in a Holstein cattle population reared under tropical conditions. Livestock Science **228**:84-92.
- Cesarani A, Lourenco D, Tsuruta S, Legarra A, Nicolazzi EL, VanRaden PM, Misztal I. 2022. Multibreed genomic evaluation for production traits of dairy cattle in the United States using single-step genomic best linear unbiased predictor. Journal of Dairy Science **105**:5141-5152.
- Cielava L, Jonkus D, Paura L. 2016. Effect of conformation traits on longevity of dairy cows in Latvia. Agricultural Science **1**:43-49.
- De Jong G. 2020. Progress of type harmonisation. World Holstein Friesian Federation.
- Dekkers JCM. 2004. Commercial application of marker- and gene-assisted selection in livestock: Strategies and lessons. Journal of Animal Science **82**:E313-328.
- Do AB, Williams K, Toomer OT. 2016. In vitro digestibility and immunoreactivity of bovine milk proteins. Food Chemistry **190**:581-587.
- Foksha V, Konstandoglo A, Morar G, Peykov G, Tataru G. 2018. Animal Science **16**:46-51.
- Foroutan A, Guo AC, Vazquez-Fresno R, Lipfert M, Zhang L, Zheng J, Badran H, Budinski Z, Mandal R, Ametaj BN, Wishart DS. 2019. Chemical Composition of Commercial Cow's Milk. Journal of Agricultural and Food Chemistry **67**:4897-4914.
- García-Ruiz A, Cole JB, VanRaden PM, Wiggans GR, Ruiz-López FJ, Van Tassell CP. 2016. Changes in genetic selection differentials and generation intervals in US Holstein dairy cattle as a result of genomic selection. Proceedings of the National Academy of Sciences **113**:3995-4004.
- Goddard ME, Hayes BJ. 2007. Genomic selection. Journal of Animal Breeding and Genetics **124**:323-330.
- Goulding DA, Fox PF, O'Mahony JA. 2020. Chapter 2 – Milk proteins: An overview. Pages 21-98 in Boland M, Singh H, editors. Milk Proteins. Academic Press, Cambridge.
- Gupta J, Gupta ID, Chaudhari MV. 2014. Dairy Animals. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems **2**:419-434.
- Haug A, Høstmark AT, Harstad OM. 2007. Bovine milk in human nutrition – a review. Lipids in Health and Disease **6**:25.
- Hayes BJ, Bowman PJ, Chamberlain AJ, Goddard ME. 2009. Invited review: Genomic selection in dairy cattle: Progress and challenges. Journal of Dairy Science **92**:433-443.

- Hofírek B, Smola J, Čížek A, Mansfeld R, Haas D, Martin R, Seidel S. 2009. Onemocnění mléčné žlázy. Pages 603-664 in Hofírek B, Dvořák R, Němeček L, Doležel R, Pospíšil Z et al., editors. Nemoci skotu. Česká buiatrická společnost, Brno.
- Hulsegge I, Oldenbroek K, Bouwman A, Veerkamp R, Windig J. 2022. Selection and Drift: A Comparison between Historic and Recent Dutch Friesian Cattle and Recent Holstein Friesian Using WGS Data. *Animals* **3**:329.
- Jedlička M. 2006. Exteriér holštýnské populace v tuzemsku se výrazně zlepšuje. *Náš chov – Holštýnský speciál* **66**:3.
- Jelínek P, Koudela K a kolektiv. 2003. Fyziologie hospodářských zvířat. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Jelínková S. 2021. Genomika – fenomén šlechtění. *Náš chov* **81**:18-20.
- Jingar SC, Singh M, Roy AK. Economic losses due to Clinical Mastitis in Cross-Bred Cows. *Journal of dairy and Veterinary Sciences* **3**:1-6.
- Khan MA, Khan MS. 2016. Genetic and phenotypic correlation between linear type traits and milk yield in sahiwal cows. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* **53**:483-489.
- Khmelnychyi L, Karpenko B. 2021. Evaluation and variability of linear classification indicators in their relationship with milk yield of cows of holstein breed of regional selection. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* **21**:423-430.
- Koenig S, Sharifi AR, Wentrot H, Ladmann D, Eise M, Simianer H. 2005. Genetic Parameters of Claw and Foot Disorders Estimated with Logistic Models. *Journal of Dairy Science* **88**:3316-3325.
- Kok A, van Middelaar CE, Engel B, van Knegsel ATM, Hogeveen H, Kemp B, de Boer IJM. 2016. Effective lactation yield: A measure to compare milk yield between cows with different dry period lengths. *Journal of Dairy Science* **99**:2956-2966.
- König S, Chang YM, Borsel UUV, Gianola D, Simianer H. 2008. Genetic and Phenotypic Relationships Among Milk Urea Nitrogen Fertility, and Milk Yield in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* **91**:4372-4382.
- Konstandoglo A, Foksha V, Stratan G, Stratan D. 2017. Evaluation of the exterior holstein and simmental primiparous cow. *Animal Science* **15**:35-39.
- Krejčí J, Krejčí M, Ryšánek C. 2012. Obrana mléčné žlázy proti infekci. *Veterinářství* **62**:33-37.
- Kučera J, Chládek G. 2008. Vztah vybraných ukazatelů lineárního popisu a hodnocení zevnějšíku a plemenných hodnot mléčné užitkovosti u holštýnského skotu. Agrární fakulta mendelovy univerzity v Brně, Brno.
- Lakshmi R. 2016. Bovine mastitis and its diagnosis. *International Journal of Applied Research* **2**:213-216.

- Lu J, Argov-Argaman N, Anggrek J, Boeren S, van Hooijdonk T, Vervoort J. 2016. The protein and lipid composition of the membrane of milk fat globules depends on their size. *Journal of Dairy Science* **99**:4726-4738.
- Makanjuola BO, Miglior F, Abdalla EA, Maltecca C, Schenkel FS, Baes CF. 2020. Effect of genomic selection on rate of inbreeding and coancestry and effective population size of Holstein and Jersey cattle populations. *Journal of Dairy Science* **103**:5183-5199.
- Månsson HL. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. *Food Nutr Res.* **52**.
- Mayne S, McCaughey J, Ferris C. 2011. Dairy Farm Management Systems: Non-Seasonal, Pasture-Based Milk Production System in Western Europe. *Encyclopedia of Dairy Sciences* **2**:44-51.
- McGuffey RK, Shirley JE. 2011. History of Dairy Farming. *Encyclopedia of Dairy Science* **2**:2-11.
- Mehta BM. 2015. Chemical Composition of Milk and Milk Products. Pages 511-553 in Cheung P, Mehta B., editors. *Handbook of Food Chemistry*. Springer, Heidelberg.
- Melendez P, Bartolome J, Archbald LF, Donovan A. 2003. The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology* **59**:927-937.
- Meredith BK, Kearney FJ, Finlay EK, Bradley DG, Fahey AG, Berry DP, Lynn DJ. 2012. Genome-wide associations for milk production and somatic cell score in Holstein-Friesian cattle in Ireland. *BMC Genetics* **13**:1-11.
- Miglior F, Fleming A, Malchiodi F, Brito LF, Martin P, Baes CF. 2017. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **100**:10251-10271.
- Misztal I, Lourenco D, Legarra A. 2020. Current status of genomic evaluation. *Journal of Animal Science* **98**:1-14.
- Monardes HG, Cue RI, Hayes JF. 1990. Correlations between udder conformation traits and somatic cell count in Canadian Holstein cows. *Journal of Dairy Science* **73**:1337-1342.
- Motyčka J, Vacek M, Šlejtr J, Chládek G, Vondrášek L, Pazdera J. 2005. Šlechtění holštýnského skotu. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR, Praha.
- Motyčka J, Vacek M. 2006. Holštýnský skot. Náš chov – Holštýnský speciál **66**:4-8.
- Motyčka J. 2021. Genotypování jalovic projekt fit cow. Černostrakaté novinky 6-7.
- Nakov DD, Hristov S, Andonov S, Trajchev M. 2014. Udder-related risk factors for clinical mastitis in dairy cows. *Veterinary Archives* **84**:111-127.
- Nazar M, Abdalla IM, Chen Z, Ullah N, Liang Y, Chu S, Xu T, Mao Y, Yang Z, Lu X. 2022. Genome-Wide Association Study for Udder Conformation Traits in Chinese Holstein Cattle. *Animals* **12**:2542.

- Němcová E, Štípková M, Zavadilová L. 2011. Genetic parameters for linear type traits in czech Holstein cattle. *Czech Journal of Animal Science* **56**:157-162.
- Noskova A, Pribyl J, Vostry L. 2019. Relationships between conformation traits and milk yield, lifetime production and number of lactations in Czech Holstein cows. In *Proceeding of the Annual ICAR Conference 2019, Praha*.
- Opsomer G. 2015. Interaction between metabolic challenges and productivity in high yielding dairy cows. *The Japanes journal of veterinary research* **63**:1-14.
- Padney Y, Taluja JS, Vaish R, Padney A, Gupta N, Kumar D. 2018. Gross anatomical structure of the mammary gland in cow. *Journal of Entomology and Zoology Studies* **6**:728-733.
- Pereira PC. 2014. Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition* **30**:619-627.
- Petrini J, lung LHS, Rodriguez MAP, Salvian M, Pértille F, Rovadoscki GA, Cassoli LD, Coutinho LL, Machardo PF, Wiggans GR, Mourão GB. 2016. Genetic parameteres for milk fatty acids, milk yield and quality traits of a Holstein cattle population reared under tropical conditions. *Journal of Animal Breeding and Genetics* **133**:384-395.
- Pryce JE, Royal MD, Garnsworthy PC, Mao IL. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Production Science* **86**:125-135.
- Pryce JE, Hayes B. 2012. A review of how dairy farmers can use and profit from genomic technologies. *Animal Production Science* **52**:180-184.
- Pryce JE, Hayes BJ, Goddard ME. 2012. Genotyping dairy females can improve the reliability of genomic selection for young bulls and heifers and provide farmers with new management tools. *International Commitee for Animal Recording, Utrecht*.
- Reece WO. 2009. *Functional anatomy and physiology of domestic animals*. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa.
- Reece WO. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada Publishing, a. s., Praha.
- Rogers GW, Hargrove GL. 1991. Correlations Among Linear Type Traits and Somatic Cell Counts. *Journal of Dairy Science* **74**:1087-1091.
- Samraus HH. 2006. *Atlas plemen hospodářských zvířat*. Brázda, Praha.
- Santschi DE, Lefebvre DM, Cue RI, Girard CL, Pellerin D. 2011. Complete-lactation milk and component yields following short (35-d) or a conventional (60-d) dry period management stratégy in commercial Holstein herds. *Journal of Dairy Science* **94**:2302-2311.
- Sawa A, Bogucki M, Krežel-Czopek S, Neja W. 2013. Relationships between Conformation Traits and Lifetime Production Efficiency of Cows. *ISRN Veterinary Science*.
- Séverin S, Wenshui X. 2005. Milk biologically active components as nutraceuticals: review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. **45**:645-656.

- Sewalem A, Kistemaker GJ, Miglior F, Van Doormaal BJ. 2004. Analysis of the Relationship Between Type Traits and Functional Survival in Canadian Holsteins Using a Weibull Proportional Hazards Model. *Journal of Dairy Science* **87**:3938-3946.
- Schaffelhofer Z. 2019. 10 let genomiky. Černostrakaté novinky 13-14.
- Sinha R, Sinha B, Kumari R, Vineeth MR, Shrivastava K, Verma A, Gupta ID. 2022. Udder and teat morphometry in relation to clinical mastitis in dairy cows. *Tropical Animal Health and Production* **54**:1-7.
- Skládanka J, Doležal O, Hegedüsová Z, Holásek R, Chládek G, Kopec T, Kropsch M, Kučera J, Kvapilík J, Ofner-Schröck E, Onráková M, Strapák P. 2014. Chov strakatého skotu. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Strapák P, Tančín V, Vavrišínová K, Grafenau P, Bulla J, Chrenek P, Šimko M, Juráček M, Polák P, Ryba Š, Juhás P, Huba J, Krupová Z. 2013. Chov hovädzieho dobytku. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra.
- Stupka R, Čítek J, Ducháček J, Fantová M, Ledvinka Z, Neumann C, Nohejlová L, Kluzáková E, Stádník L, Starostová L, Šprysl M, Zadinová K, Zita L, 2016. Atlas plemen hospodářských zvířat. Powerprint, Praha.
- Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. 2009. Metodika lineárního popisu. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR, Praha.
- Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. 2019. Šlechtitelský program českého holštýnského skotu. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR, Praha.
- Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. 2022a. Ročenka 2022 1. část. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR, Praha.
- Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. 2022b. Plemenná kniha. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. Available from <https://www.holstein.cz/cz/plemenna-kniha#rad-pk> (accessed September 2022).
- Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. 2022c. Český holštýnský svět má novou šampionku. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. Available from <https://www.holstein.cz/cz/clanky/vystavy-a-seminare/342-cesky-holstynsky-svet-ma-novou-sampionku> (accessed September 2022).
- Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. 2022d. Chovný cíl. Svaz chovatelů holštýnského skotu ČR. Available from <https://www.holstein.cz/cz/o-plemeni#chovny-cil> (accessed September 2022).
- Štípková M, Vacek M, Bouška J, Vondrášek L. 2007. Lineární popis a hodnocení zevnějšku krav holštýnského plemene. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves.
- Štolcová M. 2020. Mastné kyseliny v kravském mléce: význam, syntéza, metabolismus a vztah k energetické bilanci dojníc. Česká technologická platforma pro zemědělství. Available

from <https://www.ctpz.cz/vyzkum/mastne-kyseliny-v-kravskem-mlece-vyznam-synteza-metabolismus-a-vztah-k-energeticke-bilanci-dojnic-1042> (accessed October 2022).

- Tančin V, Tančinová D. 2008. Strojové dojení kráv a kvalita mlieka. SCPV Nitra, Nitra.
- Tapki I, Guzey YZ. 2013. Genetic and Phenotypic Correlations between Linear Type Traits and Milk Production Yields of Turkish Holstein Dairy Cows. *Greener Journal of Agricultural Sciences* **3**:755-761.
- Theunissen B. 2012. Breeding for Nobility or for Production? Cultures of Dairy Cattle Breeding in the Netherlands, 1945–1995. *Isis* **103**:278-309.
- Toghdory A, Ghoorchi T, Asadi M, Bokharaeian M, Najafi M, Nejad JG. 2022. Effects of Environmental Temperature and Humidity on Milk Composition, Microbial Load, and Somatic Cells in Milk of Holstein Dairy Cows in the Northeast Regions of Iran. *Animals* **12**:2484.
- Urban F, Doležal O, Kudrna V, Vacek M, Vondrášek L. 2001. Chov černostrakatého skotu v České republice. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Van Midelar CE, Berentsen PBM, Dijkstra J, van Arendonk JAM, de Boer IJM. 2014. Methods to determine the relative value of genetic traits in dairy cows to reduce greenhouse gas emissions along the chain. *Journal of Dairy Science* **97**:5191-5205.
- Van Tassell CP, Smith TPL, Matukumalli LK, Taylor JF, Schnabel RD, Lawley CT, Haudenschild CD, Moore SS, Warren WC, Sonstegard TS. 2008. SNP Discovery and allele frequency estimation by deep sequencing of reduced representation libraries. *Nature Methods* **5**:247-252.
- VanRaden PM, O'Connell JR, Wiggans GR, Weigel KA. 2011. Genomic evaluations with many more genotypes. *Genetics Selection Evolution* **43**:1-11.
- VanRaden PM. 2020. Symposium review: How to implement genomic selection. *Journal of Dairy Science* **103**:5291-5301.
- Villa C, Costa J, Oliveira MBPP, Mafra I. 2018. Bovine Milk Allergens: A Comprehensive Review. *Food Science and Food Safety* **17**:137-164.
- Wasana N, Cho G, Park S, Kim S, Choi J, Park B, Park C, Do C. 2015. Genetic Relationship of Productive Life, Production and Type Traits of Korean Holsteins at Early Lactations. *Asian-Australas Journal of Animal Science* **28**:1259-1265.
- Watters RD, Schuring N, Erb HN, Schukken YH, Galton DM. 2012. The effect of premilking udder preparation on Holstein cows milked 3 times daily. *Journal of Dairy Science* **95**:1170-1176.
- Weerda M, Veauthier G. 2020. Zellzahl: Indikator der Eutergesundheit. *Elite*. Available from <https://www.elite-magazin.de/tiergesundheit/zellzahl-indikator-der-eutergesundheit-15897.html> (accessed October 2022).

- Weller JI, Ezra E, Ron M. 2017. Invited review: A perspective on the future of genomic selection in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **100**:8633-8644.
- West JW. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **86**:2131-2144.
- Wiggans GR, Cole JB, Hubbard SM, Sonstegard TS. 2017. Genomic Selection in Dairy Cattle: The USDA Experience. *Annual Reviews of Animal Biosciences* **5**:309-327.
- Windig JJ, Calus MPL, Beerda B, Veerkamp RF. 2006. Genetic Correlations Between Milk Production and Health and Fertility Depending on Herd Environment. *Journal of Dairy Science* **89**:1765-1775.
- World Holstein Friesian Federation. 2005. International type evaluation of dairy cattle. World Holstein Friesian Federation.
- World Holstein Friesian Federation. 2016. Type characteristics weighting per country. World Holstein Friesian Federation. Available from http://www.whff.info/documentation/documents/2016GeneralTypecharacteristicsbyCountryshv3_000.pdf (accessed October 2022).
- Zecconi A, Hamanno J, Bronzo V, Moroni P, Giovannini G, Piccinini R. 2002. Relationship between teat tissue immune defences and intramammary infections. Pages 287-293 in Mol JA, Clegg RA, editors. *Biology of the Mammary Gland*. Springer, Boston.
- Zink V, Lassen J, Štípková M. 2012. Genetic parameters for female fertility and milk production traits in first-parity Czech Holstein cows. *Czech Journal of Animal Science* **57**:108-114.
- Zink V, Zavadilová L, Lassen J, Štípková M, Vacek M, Štolc L. 2014. Analyses of genetic relationships between linear type traits, fat-to-protein ratio, milk production traits, and somatic cell count in first-parity Czech Holstein cows. *Czech Journal of Animal Science* **59**:539-547.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

FLC	Genomický předpoklad pro souhrnnou charakteristiku končetiny
GPH	Genomická plemenná hodnota
ICAR	The International Committee for Animal Recording
KU	Kontrola užitekosti
MAS	Markerem asistovaná selekce
PH	Plemenná hodnota
PR Fat	Genomický předpoklad pro obsah tuku (%)
PR PRO	Genomický předpoklad pro obsah bílkovin (%)
PSB	Počet posamitkových buněk
PTA Fat	Genomický předpoklad pro množství tuku (kg)
PTA Milk	Genomický předpoklad pro dojivost
PTA PRO	Genomický předpoklad pro množství bílkovin (kg)
PTA Type	Genomický předpoklad pro celkové hodnocení exteriéru
QTL	Lokus kvantitativního znaku
SNP	Jednonukleové polymorfismy
UDC	Genomický předpoklad pro souhrnnou charakteristiku vemeno
WHFF	World Holstein Friesian Federation