

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra chovu hospodářských zvířat

**Vyhodnocení vztahů mezi dobou a druhem aktivity
nebo odpočinku dojnic a jejich výkonností a
zdravotním stavem**

písemná práce ke státní doktorské zkoušce

Autor: Ing. Radim Codl

Školitel: doc. Ing. Luděk Stádník, Ph.D.

Konzultant: doc. Ing. Mojmír Vacek, CSc.

Praha 2023

OBSAH

1	Úvod	4
2	Literární přehled	5
2.1	Vybrané aktivity dojnic	5
2.1.1	Doba ležení a stání dojnic.....	5
2.1.2	Pohybová aktivita dojnic	6
2.1.3	Žraní	6
2.1.4	Přežvykování.....	7
2.2	Vliv doby odpočinku na mléčnou užitkovost.....	8
2.3	Vliv příjmu krmiva na produkci mléka	10
2.4	Vliv dne laktace na mléčnou užitkovost.....	11
2.5	Tepelný stres	12
2.6	Využití senzorů a monitorovacích systémů v managementu mléčných stád.....	14
2.7	Základní dělení senzorů z hlediska zvířete	16
2.7.1	Připojené senzory	16
2.7.2	Nepřipojené senzory	16
2.8	Systémy sledování doby žraní a přežvykování	17
2.9	Systémy a detekce říje	17
2.10	Detekce nástupu porodu	18
2.11	Systémy detekce onemocnění	20
2.11.1	Mastitidy	21
2.11.2	Poporodní problémy.....	21
2.11.3	Ketóza.....	21
2.11.4	Acidóza	22
2.11.5	Laminitida.....	22
3	Cíle a hypotézy	24
3.1	Vědecké hypotézy.....	24
3.2	Cíle práce.....	24
4	Seznam publikovaných prací.....	25
5	Souhrnná diskuze	56
5.1	Vyhodnocení doby žraní a přežvykování a parametrů zvýšené aktivity za den, na mléčnou produkci dojnic v závislosti na plemeni a období roku.	56
5.2	Vyhodnocení vztahu mezi vybranými aktivitami jejich délkou a říjí dojnic během roku.	58

5.3	Vyhodnocení vlivu doby žraní a přežvykování na produkci mléka a jeho složek tuk a bílkovina.	60
5.4	Vyhodnocení využití doby žraní a přežvykování na nástup porodu a změny zdravotního stavu dojnic.	63
6	Závěr.....	66
7	Seznam literatury.....	68

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Mojmíru Vackovi, CSc., doc. Ing. Ludřkovi Stádníkovi, Ph.D. za vedení a pomoc při zpracování disertační práce. Dále bych rád poděkoval kolegovi Ing. Jaromírovi Ducháčkovi Ph.D. za pomoc při statistickém zpracování dat. Především bych rád poděkoval své rodině za podporu během studia.

1 ÚVOD

S nárůstem užitkovosti dojnic, je čím dál obtížnější udržet tempo růstu mléčné produkce. O každém litru navíc rozhodují jen detaily. Dojnice jsou vystavené čím dál větší zátěži, kterou pro ně představuje vysoká produkce mléka. Plemenice nemusí reflektovat pro ošetřovatele zcela jasné nebo viditelné signály o svém stavu. Nejčastěji se jedná o projevy říje, kdy s čím dál větší užitkovostí dojnic často probíhá bez viditelných příznaků. Na druhé straně musí management řešit otázku stále většího odlivu pracovníků ze zemědělství. Klíčem k vyřešení této složité situace, mohou být sensory, které sledují aktivitu dojnic během dne. Díky nim může vytížený tým pracovníků farmy svěřit část svých povinností moderním automatickým systémům. Další výhodnou automatických senzorů je schopnost detekovat onemocnění dojnic, než se plně manifestuje a je nutný zásah veterináře. Při včasné zaregistrování změn chování dojnice, může včas zasáhnout zootechnik a předejít tak vážnějším komplikacím.

V budoucnu můžeme předpokládat, že budou farmy plně automatizované s minimální potřebou pracovní síly ošetřovatelů. Z tohoto důvodu vzniká tlak na vývoj nových systémů detekce aktivity dojnic. Na základě vyspělých algoritmů budeme v blízké budoucnosti moci odhadovat i předpokládanou produkci dojnic pro následující den včetně složek mléka. Také detekce říje se zpřesní na základě hodnocení kombinace více parametrů, než je jen pouhá pohybová aktivita dojnic.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 VYBRANÉ AKTIVITY DOJNIC

2.1.1 Doba ležení a stání dojníc

Doba ležení s frekvencí ulehání a délka jednotlivých ulehnutí je identifikována jako citlivý indikátor pro měření odpočinku dojníc (Haley et al., 2000). Tyto ukazatelé jsou navíc využitelné i jako indikátor welfare dojníc (Fregonesi & Leaver, 2001) a to z důvodu vysoké priority odpočinku nad krmením a sociálními interakcemi (Munksgaard et al., 2005). Průměrná doba odpočinku dojníc se ve studii Drissler et al. (2005) pohybovala od 11,37 do 13,70 h/den. Jensen (2005) pozoroval jalovice, které ve třetím měsíci březosti mají taktéž silnou potřebu odpočinku, okolo 12 -13 h ležení za den. Na dobu odpočinku mají vliv faktory managementu chovu a designu stáje, zahrnující povrch stáje a kvalitu podestýlky (Drissler et al., 2005; Fregonesi et al., 2007; Tucker et al., 2003) velikost a konfiguraci stáje (Tucker et al., 2004, 2006), zaplněnost kotců (Fregonesi, et al., 2007), lokaci stáje a rozvržení loží (Wagner-Storch et al., 2003), materiál podlahy (Fregonesi et al., 2004) a management dojení, resp. zakrmování (Devries & Keyserlingk, 2005; Overton et al., 2002). Dobu, kterou dojnice stráví ležením lze snadno ovlivnit stájovým managementem, například výměnou mokré podestýlky za suchou, se doba ležení dojníc prodloužila z 8,8 h/den na 13,8 h/den (Fregonesi et al., 2007).

Sušina podestýlky hraje důležitou a kritickou roli v délce odpočinku a zdraví dojníc. Pokud dojnice byly ustájeny ve stáji, kde podestýlka loží měla 26,5 % sušiny, jejich čas ležení byl o 5 hodin nižší, než u dojníc s podestýlkou o sušině 86,4 % (Fregonesi et al., 2007). V případě, že byly dojnice vystaveny podestýlkám o sušině $89,8 \pm 3,7 \%$, $74,2 \pm 6,4 \%$, $62,2 \pm 6,3 \%$, $43,9 \pm 4,0 \%$, a $34,7 \pm 3,8 \%$, tak se jejich doba strávená v loži zkrátila v průměru s každým stupněm vlhkosti o 1 hodinu (Reich et al., 2010). Tento trend zkracování doby ležení v závislosti na vlhkosti podestýlky trval až do sušiny 34 %. Po dosažení této hodnoty se už při nižší sušině podestýlky doba ležení nadále nezkracovala (Reich et al., 2010). Další příčinou zkrácení doby ležení je ustájení většího počtu zvířat, než je počet loží. Tento větší počet zvířat, než kapacita loží ovlivní odpočinek, příjem potravy a přežvykování zvířat (Krawczel & Grant, 2009). Při zvýšení počtu zvířat na 130 % kapacity kotce dochází ke snížení doby ležení (Fregonesi et al., 2007; Krawczel et al., 2012), snížení příjmu potravy (Krawczel et al., 2012; Proudfoot et al., 2009) a snížení doby přežvykování (Krawczel et al., 2012). V případě zaplnění kapacity na 150 % poklesla doba ležení o 1,7 hodiny/den (Fregonesi et al., 2007). V případě opakovaného

nedostatku odpočinku dojníc dochází ke zvyšování koncentrace kortizolu v krvi (Munksgaard et al., 1999). Oproti tomu koncentrace růstového hormonu se snižuje po nedostatku odpočinku (Ingvarsen et al., 1999; Munksgaard et al., 1993). Tento pokles koncentrace růstového hormonu může snížit mléčnou užitkovost z důvodu galaktopoetického účinku růstového hormonu (Hart, 1988; Munksgaard et al., 1993). Pokud jsou dojnice dlouhodobě vystaveny odpočinkové deprivaci, projevují abnormální vzorce chování indikující frustraci (Munksgaard et al., 1996).

Dojnice s nedostatkem odpočinku v první hodině deprivace nahrazují ležení stáním bez přežvykování a více času věnují příjmu krmiva (Metz 1985). Z pozorování Munksgaard et al. (1996) vychází, že krávy raději přežvykují, když leží. Grant (2004) uvádí dobu přežvykování v leže 6 hodin a délku přežvykování ve stoje 4 hodin + 30 min na pití. Čas strávený přežvykováním ve stoje se u dojníc navyšuje s dobou, po kterou jsou deprivovány od ležení (Ingvarsen et al., 1999; Lene Munksgaard & Simonsen, 1996).

2.1.2 Pohybová aktivita dojníc

Chůze je nezbytná pro udržení životně důležitých činností, jako je hledání potravy, přijímání potravy, dojení, vyhýbání se agresivním kolegům ve stádě, hledání úkrytu, reprodukční chování atd. Je však známo, že chůze představuje pro krávy významnou aktivitu, která zvyšuje nutriční nároky a snižuje dojivost (Ribiero et al., 1977; Lawrence & Stibbards, 1990; Matthewman et al., 1993; Mendez et al., 1996). Řada studií uvádí pozorování týkající se reprodukce a zdraví (jako kulhání, metabolické poruchy), která jsou přisuzována nedostatku pohybu (Anderson et al., 1979; Miettinen et al., 1991).

V době říje krávy výrazně zvyšují svou fyzickou aktivitu: počet kroků, které kráva v říji udělá za hodinu, je přibližně dvakrát až čtyřikrát vyšší, než v době říje. Pohybovou aktivitu krávy lze kvantifikovat pomocí krokoměru, elektronického zařízení připevněného páskem k noze zvířete (López-Gatius et al., 2005).

2.1.3 Žraní

Mechanismus přijímání potravy a přežvykování u skotu je dobře znám (Church, 1975; Hofmann, 1988). Vzhledem k tomu, že v posledních letech nedošlo k žádným významným změnám v tomto poznání, následuje pouze stručný popis procesu žraní a přežvykování. Během žraní se krmivo pomocí pysků, zubů a jazyka přesouvá do tlamy, kde se žvýká. Při konzumaci

odrostlejší píce skot vtahuje píci do tlamy jazykem, zatímco u jaderného krmiva nebo TMR z krmného žlabu hrají při dopravě krmiva do tlamy důležitější roli pysky. Krmivo je žvýkáno bočními pohyby dolní čelisti, což vede k rozmělnování, které krmivo spíše stříhá než řeže. Krmivo je žvýkáno stoličkami na jedné straně tlamy v daném okamžiku (Hofmann, 1988). Během přijímání potravy se vylučuje velké množství slin, které umožňují vytvoření bolusu a jeho spolknutí (Church, 1975).

Doba, kterou mléčný skot stráví přijímáním potravy, je při kombinaci různých vlivů velmi variabilní. White et al., (2017) uvádí průměrnou dobu žraní 284 min/d (n = 182) v rozmezí od 141 do 507 min/d. na základě studií více autorů. Toto rozpětí vysvětluje z části rozdíly způsobenými mírně odlišnými kritérii používanými v jednotlivých studiích pro definici doby příjmu potravy, ale doba příjmu potravy je také silně ovlivněna managementem krmení, DMI, fyzikálním a chemickým složením krmiva a přirozenou variabilitou mezi zvířaty.

V rozsáhlé studii De Mol et al. (2016) byla korelace mezi dobou žraní a příjmem krmiva 0,53 v systému úplné směsné krmné dávky (TMR) a 0,56 v systému částečného TMR. Sledování doby žraní na farmě, zejména v kombinaci s dalšími informacemi (mléčná užitkovost, hmotnost zvířat, velikost krav), by mohlo být užitečné při odhadu individuálního příjmu krmiva Connor, (2015). Vzhledem ke vztahu mezi příjmem sušiny a dobou žraní, je vliv složek krmiva, jako je obsah neutrálně detergentní vlákniny nebo velikost částic, více spojen s dobou žraní, pokud je vyjádřen jako příjem složek, nikoliv jako koncentrace.

2.1.4 Přežvykování

Přežvykování je přirozené chování skotu a všech přežvýkavců obecně. Během přežvykování nejprve dochází k vyvržení sousta (regurgitace), během níž dochází k návratu mikrobiálně natráveného krmiva do dutiny ústní. Poté dochází k přežvykování (remastikace) a dodatečnému proslinění sousta. Na závěr je opětovně přežvýkané sousto spolknuto a vrací se do předžaludku, kde opět probíhá proces trávení. Jak přežvykování, tak i samotné žvýkání během příjmu potravy, pomáhá pro zmenšování částec krmiva. Současně se zmenšením částic krmiva se zvětšuje jejich aktivní povrch a tím se zvětšuje stravitelnost. Díky větší ploše krmiva, která je dostupná mikroorganismům, dokáží přežvýkavci účinněji rozkládat přijaté krmivo v průběhu fermentace. Žvýkání krmiva působí na sekreci slin ze slinných žláz. Pufry obsažené ve slinách, napomáhají udržet ideální hodnoty pH pro bachorové mikroorganismy. Delší doba přežvykování u dojnic je spojena s vyšší produkcí slin a v důsledku toho zlepšení zdravotního stavu bachoru (Kononoff et al., 2002; Schirrmann et al., 2009).

Dojnice převážně přežvykují během doby odpočinku, kdy leží. Avšak přežvykování probíhá nejen při ležení, ale i během dalších aktivit, jako jsou stání, chůze, ošetřovatelské zásahy atd. Pokles doby přežvykování lze využít jako ukazatel zvýšeného stresu dojníc, případně jako ukazatel změny zdravotního stavu (Schirmann et al., 2009, 2012).

Schirmann et al. (2012) uvádějí, že doba přežvykování dosahuje vrcholu přibližně 4 hodiny po krmení, a že období přežvykování souvisí také s dobou strávenou vleže. S prodlužující se dobou přežvykování však dochází k tomu, že krávy přežvykují delší dobu během dne, úměrně se zkracuje doba přežvykování v noci a při ležení krav (Stone et al., 2017). White et al. (2017) uvádí, že průměrný čas přežvykování byl 436 min/den ($n = 179$), v rozmezí od 236 do 610 min/den. Podobně pak Zebeli et al. (2006) uvádí, že průměrná doba přežvykování byla 434 min/den ($n = 99$), s rozmezím od 151 do 630 min/den. K velké variabilitě doby přežvykování napříč měřeními došlo z mnoha důvodů, včetně techniky měření a přirozené variability mezi zvířaty (De Boever et al., 1990).

2.2 Vliv doby odpočinku na mléčnou užitkovost

Přirozené chování je jedním z nejdůležitějších vlivů na zdraví, welfare a produkci dojníc (Krawczel & Grant, 2009). Odpočinek u dojníc patří k vysoce prioritně postaveným potřebám, kdy se motivace k odpočinku zvyšuje se zvyšující se deprivací odpočinku (Munksgaard et al., 2005). Potřeba odpočinku dojníc je nadřazena potřebě krmení i sociálním interakcím (Munksgaard et al. 2005). Doba odpočinku dojníc patří k nejdůležitějším faktorům ovlivňujícím produkci mléka. Během doby ležení dochází k lepšímu prokrvení vemene a lepšímu prokrvení gravidní dělohy. V průběhu pozdní fáze laktace dochází ke zlepšení efektivity ruminace, snížení tlaku na paznehty a tím snížení výskytu laminitid, a dále dochází ke zmírnění únavového stresu a vyššímu příjmu krmiva (Grant 2004, Nishida et al., 2004). Průtok krve vemenem u ležících krav je vyšší o 24 - 28 % oproti stojícím dojnicím (Rulquin & Caudal, 1992). Zlepšené zásobování vemene živinami zajišťuje lepší syntézu mléka oproti tomu, kdy dojnice stojí (Natzke, 1982). Časový harmonogram (time budget) dojníc ve volném ustájení popsal například Albright a Grant (2000) viz tabulka 1.

Tabulka č.1. Časový harmonogram dojnic.

Aktivita	Čas strávený aktivitou za den
Žraní	3 to 5 h (9 to 14 návštěv krmného stolu/d)
Ležení/ odpočinek	12 až 14 h
Sociální interakce	2 až 3 h
Přežvykování	7 až 10 h
Pití	30 min
Mimo box (dojení)	2,5 až 3,5 h

Albright et Grant (2000).

V další studii Matzke (2003) porovnával průměr denních aktivit celého stáda s denními aktivitami 10 % nejlepších dojnic – viz tabulka 2.

Tabulka č.2. Porovnání denních aktivit u Top 10 % dojnic oproti průměru.

Aktivita	Top 10 %	Průměr
Žraní	5,5 h	5,5 h
Odpočinek	14,1 h	11,8 h
Stání v uličce	1,1 h	2,2 h
Stání v boxu	0,5 h	1,4 h
Pití	0,3 h	0,4 h

Matzkeho (2003).

Z experimentu Matzkeho (2003) vychází, že vysokoužitkové dojnice stráví v průměru o více než dvě hodiny více času odpočinkem než průměrně dojící krávy. Dobu strávenou stáním v uličce zkrátila tato zvířata o hodinu a taktéž stála v boxech skoro o hodinu méně. Doba, kterou dojnice stráví navíc ležením, se promítne do její užitkovosti navýšením produkce mléka až o 1,7 kg za hodinu odpočinku navíc (Bach et al., 2008). K podobnému výsledku se dobral i (Grant

& Miner, 2011), kdy s každou hodinou ležení navíc se zvýšila produkce o 0,9 – 1,57 l mléka. Vysvětlením může být, že snížením doby odpočinku dojnícím klesá hladina růstového hormonu v krevní plazmě (Munksgaard & Løvendahl, 1993), který je zodpovědný za mléčnou užitkovost (Hart, 1988).

Snížená doba odpočinku vede ke zvýšenému stresu dojníc a s ním spojeným vylučováním velkého množství stresového hormonu kortizolu do krevního řečiště a k poklesu hladiny růstového hormonu. Tato disbalance hormonů způsobuje zhoršení zdraví paznehtů a nižší užitkovost (Cooper et al., 2007; Munksgaard & Løvendahl, 1993).

Na dobu ležení má vliv i fáze laktace. Krávy na začátku laktace stráví méně času ležením oproti krávám v pozdějších fázích laktace a zaprahnutým kravám (Chaplin and Munksgaard, 2001).

2.3 VLV PŘÍJMU KRMIVA NA PRODUKCI MLÉKA

Produkce mléka je pozitivně ovlivňována příjmem krmiva (Dado & Allen, 1994; Shabi et al., 2010). Taktéž produkci mléka ovlivňuje vzorec chování dojeného skotu, jako je doba odpočinku, přežvykování, krmení (žraní) apod. (Grant, 1995).

Studie Johnston & DeVries (2018) měla za cíl identifikovat a spojit měření příjmu krmiva s daty z produkce mléka, s daty z předešlých studií zaměřených na příjem krmiva a mléčnou produkci. Dataset obsahoval behaviorální a produkční data z 5-ti studií. Průměrná dojnice byla na 1,8 laktaci s odchylkou 0,9 laktací, 108,4 dnů v produkci ($\pm 42,7$ dnů v produkci) a vážila 654,6 kg ($\pm 71,4$ kg). Data z produkce obsahovala příjem sušiny, který byl 27 kg/den ($\pm 3,1$ kg/den), mléčnou užitkovost, která dosahovala 43,0 kg/den (± 7 kg/den), obsah tuku 3,6 % ($\pm 0,49$ %) a obsah mléčného proteinu 3,05 % ($\pm 0,25$ %). Behaviorální data obsahovala: dobu krmení s průměrnou hodnotou 230,4 min ($\pm 35,5$ min), tempo příjmu krmiva s průměrem 0,13 kg/min ($\pm 0,03$ kg/min), frekvenci krmení s hodnotou 9,0 krmení/den ($\pm 2,0$ krmení/den), během jedné návštěvy krmného žlabu dojnice průměrně přijala 3,2 kg krmiva ($\pm 0,9$ kg), délka žraní byla 279,6 min/den ($\pm 51,7$ min/den) a doba přežvykování měla průměr 516,0 min/den ($\pm 90,7$ min/den).

Příjem sušiny je spojen s dobou krmení, kdy je průměrný příjem (0,02 kg/min). Doba krmení je spojena s dobou přežvykování (+0,003 kg/min) a četnosti krmení (+0,2 kg/ návštěva žlabu). Podobně je spojena i mléčná užitkovost s dobou krmení (+0,03 kg/min) a dobou přežvykování (+0,02 kg/min) s tendencí být také spojována s četností krmení (+0,3 kg/ návštěva žlabu). Produkce mléčného tuku je spojena s frekvencí krmení (+0,02 kg/ návštěva žlabu) (Johnston & DeVries, 2018). Celkové výsledky naznačují, že mléčná produkce může být zvýšená

situacích, kde dojnice jsou schopny prodloužit svůj čas pro krmení. Takové dojnice mají také častější frekvenci krmení a vyšší čas strávený přežvykáním (Johnston & DeVries, 2018). Také pořadí laktace a mléčná užitkovost mají signifikantní vliv na některé z charakteristik příjmu krmiva (Azizi et al., 2009). Dojnice na vyšších laktaci přijímají o 1 kg sušiny více než prvotelky, taktéž jejich rychlost přijímání krmiva byla o 30 g sušiny/min vyšší než u prvotetek (95,06 vs 66,09 g sušiny/min). Prvotelky s vysokou produkcí mléka oproti nízko produkčním prvotetkám vykazovaly signifikantní rozdíl v příjmu krmiva na jedno nakrmení. Tento rozdíl činil zhruba 1,2 kg (3,42 vs 2,24 kg). V porovnání s prvotetkami dojnice na vyšší laktaci přijímaly o 4,21 kg krmné dávky denně více. Vysoko užitkové dojnice přijímaly o 5 kg krmiva více než nízko produkční dojnice (23,44 vs 18,28 kg) (Azizi et al., 2009). V podobné studii (Dado & Allen, 1994) zabývající se příjmem krmiva mezi prvotetkami a dojnicemi na vyšší laktaci pozorovali autoři 6 prvotetek a 6 dojnic na vyšší laktaci během rané fáze laktace. Tito autoři zaznamenali průměrný příjem krmiva u starších dojnic o 4,8 kg vyšší oproti prvotetkám (24,8 vs 20 kg). Také průměrný příjem krmiva během jednoho krmení byl vyšší u starších krav (2,5 kg) oproti prvotetkám (1,8 kg). Výše citované zdroje, a i výsledky dalších studií ukazují na vysokou korelaci mezi příjmem krmiva a mléčnou užitkovostí (Dado & Allen, 1994; Friggens et al., 2010).

2.4 Vliv dne laktace na mléčnou užitkovost

Mléčná užitkovost dojnic je ovlivněna počtem dnů, kterou je daná dojnice v produkci (DIM) a pořadím laktace dojnice. Dojnice na vyšší laktaci dosahují vyšší produkce oproti prvotetkám (Niozas et al., 2018). Ve studii Niozas et al., (2018), se porovnávaly prvotelky s dojnicemi na vyšší laktaci během tří fází laktace 1-100 den, 101-200 den, 201-305 den a za celkovou dobu normované laktace 1-305 den. Porovnával se průměrný nádoj mléka včetně nádoje korigovaného mléka. Během první fáze měly průměrný nádoj prvotelky 35,2 kg/den a krávy na vyšší laktaci 46,9 kg/den (Niozas et al., 2018). Ostatní autoři (Arbel et al., 2010; Bertilsson et al., 2003; Jóźwik et al., 2012; Kolver et al., 2007; Vijayakumar et al., 2017) při svých studiích došli k podobným výsledkům během období 1-100 dní laktace, kdy dosahovaly nejvyšších nádojů starší dojnice oproti prvotetkám. V druhé fázi 101-200 dní již dochází k poklesu produkce mléka, jak u prvotetek, tak i u starších krav. Dojnice na druhé a vyšší laktaci měly nicméně ve všech pozorovaných fázích laktace vyšší průměrný denní nádoj než prvotelky. Na druhou stranu, prvotelky dosahovaly lepší perzistence oproti kravám na vyšší laktaci, jak z hlediska denního nádoje, tak z hlediska denního nádoje korigovaného mléka v období

normované laktace 305 dnů (Niozas et al., 2018). K podobnému závěru došel Arbel et al., (2001). Prvotelky profitují více z prodloužení délky laktace oproti dojnícím na vyšší laktaci. To reflektuje lepší perzistenci laktace u prvotetek, která byla zaznamenána ve studiích (Arbel et al., 2010). Perzistence laktace byla signifikantně snížena během poslední třetiny březosti (Sorensen et al., 2008). Tento jev byl také přímo evidován z odvozené laktace od Wilminkovo funkce. Toto je způsobeno větším poměrem laktace oproti době stání na sucho, kdy krávy s regulérní laktací o délce 305 dní mají tento poměr horší oproti kravám s prodlouženou délkou laktace.

2.5 TEPELNÝ STRES

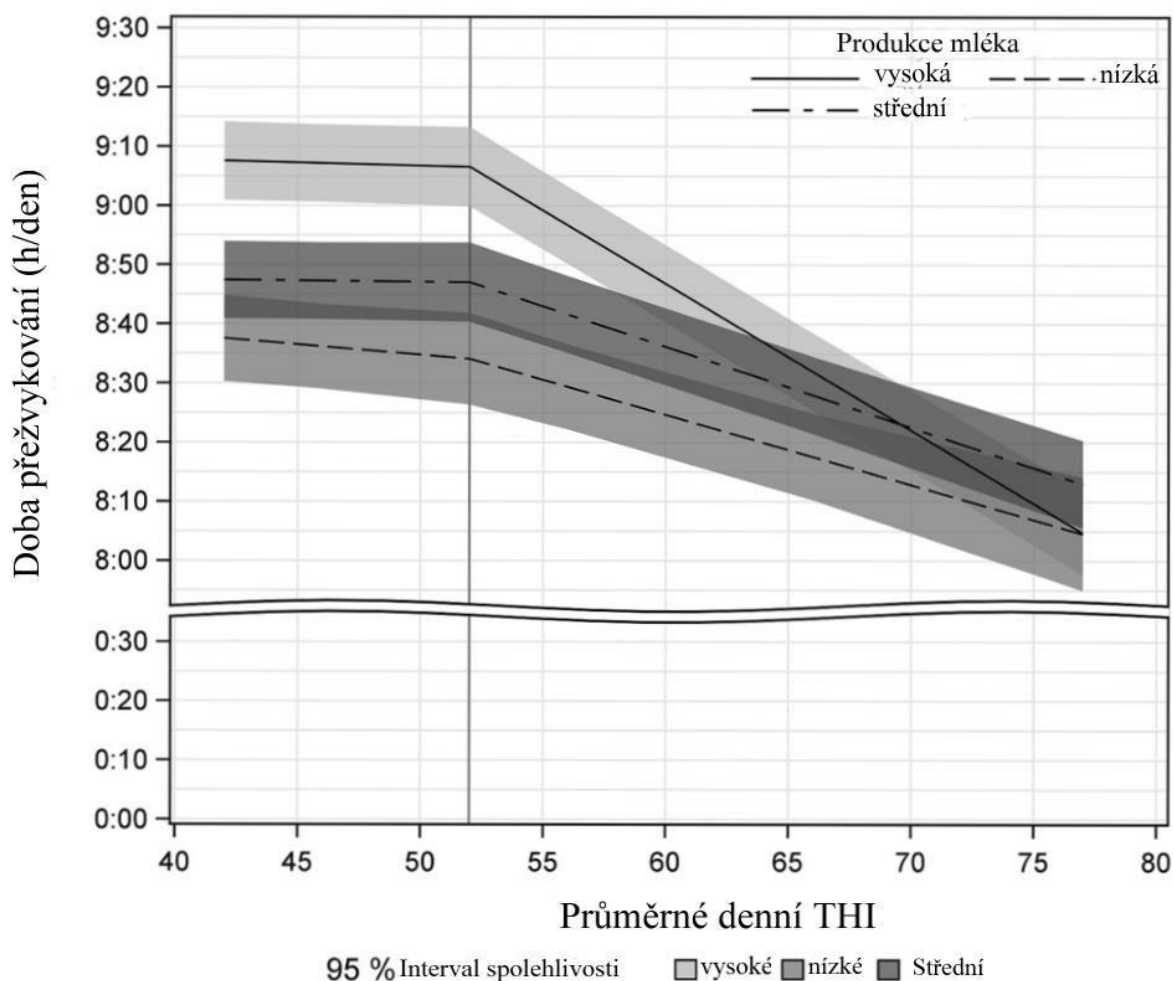
Nejběžnějším způsobem chovu skotu ve střední Evropě je volné ustájení v stájích s přirozenou ventilací (Ammer et al., 2016; Hempel et al., 2016). Krávy jsou proto vystaveny problémům s vnějšími tepelnými podmínkami (Ammer et al., 2016; Heinicke et al., 2018; Hempel et al., 2016). Hempel et al. (2018) a Schüller et al. (2013) prokázali, že vnitřní klima ve stájích s přirozenou ventilací je přímo závislé na klimatických podmínkách vnějšího prostředí. Dojnice jsou navíc obzvláště citlivé na vyšší teploty vnějšího prostředí (Kadzere et al., 2002). Citlivější jsou zejména vysoko produkční a dojnice na vyšší laktaci (Kadzere et al., 2002; Renaudeau et al., 2012; Stone et al., 2017). Obecně platí, že krávy mohou udržovat svou tělesnou teplotu na konstantní úrovni pomocí konvekce a kondukce (Kadzere et al., 2002), ale nemohou vždy efektivně uvolňovat své vnitřní metabolické teplo (Allen et al., 2015; Bernabucci et al., 2014; Broucek et al., 2007; West, 2003) při zvýšení okolní teploty a vlhkosti (Ammer et al., 2016; West, 2003). Tento děj se vyskytuje při překročení tepelně neutrální zóny krav, která je od $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hahn, 1999) nebo spíše mezi $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Gantner et al., 2017). Teploty nad teplotně neutrální zónou krav vedou k změně fyziologického stavu zvířat (Moretti et al., 2017) a produkce (Ammer et al., 2016; Collier et al., 2017; de Rensis et al., 2015; Noordhuizen, 2015), zejména v mléčné užitkovosti (Gorniak et al., 2014; Schüller et al., 2013; West, 2003), ale cílené produkční cíle jsou spojeny se zvýšením mléčné užitkovosti (Gantner et al., 2017; van Arendonk & Liinamo, 2003). Pro výpočet vlivu teploty okolního prostředí a relativní vlhkosti (Polsky & von Keyserlingk, 2017) byl Thomem (1959) vyvinut teplotně-vlhkostní index (THI), který se používá k popisu tepelného stresu u skotu (de Rensis et al., 2015). S ohledem na klimatické změny je předpoklad většího využití v budoucnosti, kdy bude pravděpodobně více dnů se zvýšenými hodnotami THI (Dunn et al., 2014; Segnalini et al., 2013).

V dřívějších studiích se THI kategorizuje podle Zimbelmana & Colliera (2011), převzatých z Armstronga (1994), následovně:

- THI <68 jako žádný stres,
- $68 \leq \text{THI} < 72$ jako mírný stres,
- $72 \leq \text{THI} < 80$ jako střední stres
- THI ≥ 80 jako silný stres.

Kadzere et al. (2002) vysvětlují, že tepelný stres začíná v subtropických/tropických oblastech s prahovou hodnotou THI 70. V případě, že je THI vyšší než 70, je třeba jej snížit. Na druhou stranu Schüller et al. (2014) popsali, že tepelný stres vzniká již při nízkých jednotkách THI v mírném klimatu. Podobně Heinicke et al., (2018) stanovili, že klíčovými hodnotami THI pro snížení produkce mléka jsou THI nad 67 bodů. Doba přežvykování závisí na průměrném denním THI a to se projevuje na úrovni mléčné užitkovosti dojníc. Obecně všechny skupiny s různou užitkovostí reagovaly na podmínky tepelného stresu s THI nad 52 snížením doby přežvykování. Tento efekt se projevil zejména u krav s vysokou mléčnou užitkovostí ($p < 0,001$). Vysoce užitkové krávy vykazovaly v podmínkách prostředí s THI pod 52 vysokou dobu přežvykování, přibližně 550 min (9 h 05 min) za den, ale nad THI 52 svoji dobu přežvykování silně snížily na úroveň 485 min (8 h 05 min). Při THI 77 dosahovala doba přežvykování vysoko produkčních krav stejně nízké úrovně jako u nízko produkčních krav. Tyto krávy přežvykovaly od THI 52 do THI 77 o 1 h méně. Na druhou stranu u krav s nízkým a středním nádojem byl pokles doby přežvykování při THI 52 plynulejší. Doba přežvykování nízko produkčních krav začínala na počátku poklesu na nižší úrovni a zdál se být nezávislejší na vlivech THI, než doba přežvykování vysoko produkčních krav. Nízko produkční krávy snížily svoji dobu přežvykování o 30 min z 515 min (8 h 35 min) na 485 min (8 h 05 min) za den při jmenovaných změnách THI. Je patrné, že středně užitkové krávy měly před prahem tepelného stresu (THI 52) dobu přežvykování 525 min (8 h 45 min) za den, ale se zvyšujícím se THI se jejich doba přežvykování snižovala na úroveň 495 min (8 h 15 min) za den. V případě středně užitkových krav se doba přežvykování snižovala na úroveň 495 min (8 h 15 min) za den při stejné situaci (Müschner-Siemens et al., 2020).

Obr. 1 Vliv průměrného denního teplotně-vlhkostního indexu na dobu přežvykování.



(Müschner-Siemens et al., 2020).

Délka přežvykování v hodinách za den v závislosti na průměrném denním teplotně-vlhkostním indexu (THI; práh tepelného stresu THI jako svislá šedá čára) týkající se úrovně dojivosti (Müschner-Siemens et al., 2020).

2.6 VYUŽITÍ SENZORŮ A MONITOROVACÍCH SYSTÉMŮ V MANAGEMENTU MLÉČNÝCH STÁD

Pro zlepšení řízení velkých stád dojnic byly vyvinuty senzory, které mohou měřit fyziologické, behaviorální (žraní, přežvykování, pohybová aktivita) a produkční ukazatele jednotlivých krav (žraní, přežvykování, pohybová aktivita). Tato zařízení poskytují automatizovanou detekci změn sledovaných stavů, které souvisejí se zdravotní událostí přímo na farmě, čímž umožňuje včasný zásah ze strany chovatele (Rutten et al., 2013). V posledních letech bylo vyvinuto mnoho typů senzorů. Mohou například měřit kvalitu mléka, čili obsah tuku a bílkovin (Katz et al., 2007) a další složky mléka, jako je například laktóza související

se zdravím vemene (Kamphuis et al., 2008). Zajímavou možností je i schopnost stanovení hladiny hormonů, například obsahu hormonů pro sledování výsledků plodnosti krav (Friggens & Chagunda, 2005; Posthuma-Trumpie et al., 2009). Pro zlepšení a automatizaci detekce říje (Firk et al., 2002; Holman et al., 2011) a kulhání byly vyvinuty měřiče aktivity, krokoměry a tříosé akcelerometry (Chapinal et al., 2010; Miekley et al., 2012; Pastell et al., 2009). V poslední době byly vyvinuty senzorové systémy, které měří i hmotnost krav (van der Tol et van der Kamp, 2010), dobu přežvykávání (Bar et Solomon, 2010; Büchel & Sundrum, 2014), a další senzorové systémy jsou v současné době ve vývoji.

V posledních letech se zvýšil počet mléčných farem, které využívají senzorové systémy, a to zejména ty umožňující automatizaci detekce říje. Předpokládá se, že přibližně 20 % nizozemských farem využívá automatizovanou detekci říje (Steeneveld & Hogeveen, 2015). V Nizozemsku a dalších zemích severozápadní Evropy se používání senzorů zvyšuje v důsledku rostoucího využívání automatických systémů dojení (ASD). Vzhledem k tomu, že při automatickém dojení není přítomen dojič, který by posuzoval vemeno a mléko z hlediska abnormalit, zahrnují ASD senzory pro detekci mastitid na základě PSB. S AMS lze kombinovat stále větší počet dalších senzorových systémů, jako je například vážící plošina pro sledování hmotnosti krav (van der Tol & van der Kamp, 2010), sensory konduktivity mléka, průtoku mléka atd (Kamphuis et al., 2010).

Snížení pracnosti je jedním z nejdůležitějších důvodů, proč investovat do systémů senzorů, protože sledování jednotlivých krav fyzickým pozorováním ze strany farmáře se ve velkých stádech stává náročným. V Evropě je pracovní síla drahá a zemědělci hledají způsoby, jak fyzickou práci nahradit. Senzorové systémy pro detekci říje mohou snížit pracovní sílu tím, že eliminují potřebu pozorovat krávy při říji. Například pro detekci říje se doporučuje pozorovat krávy 3x denně po dobu 20 minut (Firk et al., 2002). Při použití senzorového systému pro detekci říje lze tento čas práce zkrátit, ale odhad, kolik času lze ušetřit, není znám. Očekávané zlepšení detekce onemocnění a říje může být jedním z hlavních důvodů k investici do senzorových systémů. Některé studie uvádějí, že senzorové systémy detekují přibližně 80 až 85 % krav v říji (Hockey et al., 2010), zatímco průměrný farmář detekuje přibližně 55 % krav v říji (Firk et al., 2002). Důvodem pro investice do senzorových systémů je také pravděpodobně očekávaná vyšší ziskovost farmy. Ekonomické důsledky investic do senzorových systémů byly zkoumány s využitím vyvinutých normativních modelů (J. M. Bewley et al., 2010; Rutten et al., 2013) a aplikace senzorových systémů vedla ke včasnějším a informovanějším rozhodnutím a následně k vyšší ziskovosti farmy.

2.7 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ SENZORŮ Z HLEDISKA ZVÍŘETE.

Senzory lze rozdělit na senzory připojené a senzory nepřipojené. Pro zvýšení udržitelnosti mlékárenského průmyslu se zvýšila potřeba nahradit tradiční skupinové řízení precizním chovem dojnic, který průběžně monitoruje a řídí individuální produktivitu a zdravotní problémy (Bewley, 2010). Individuální sledování prostřednictvím přímého pozorování zaměstnanců farmy nebo videozáznamů je však časově náročné, pracné, obtížně přesně zjištělné a ve velkých farmách prakticky nemožné. Z těchto důvodů byly pro individuální monitorování krav zavedeny bezdrátové biosenzorové systémy, jejichž výzkum se v posledních 40 letech aktivně provádí (Rutten et al., 2013).

2.7.1 Připojené senzory

Připojené bezdrátové biosenzorové systémy se skládají z baterie, vysílače dat a jednoho, nebo více senzorů (třiosý akcelerometr, teploměr, pH elektroda, mikrofon atd.), které jsou připevněny na těle krávy za účelem měření a sběru biometrických údajů. Tyto snímače lze podle umístění na těle dojnice rozdělit na osm typů (ušní známky, ohlávky, krční obojky, retikulo- brudní bolusové snímače, sensory na nohách, senzory na ocase, senzory na hlavě a vaginální senzory) (Caja et al., 2016). Tato zařízení slouží ke sběru a přenosu biometrických údajů, jako je zrychlení, teplota, pH a krevní tlak ve stanovených časových intervalech. Získaná nezpracovaná data se pak pomocí algoritmů ve snímači, softwaru v počítači nebo prostřednictvím cloud computingu přepočítávají na fyziologické a behaviorální parametry (např. počet kroků, úroveň aktivity, čas strávený jídlem, přežvykováním nebo ležením). Tyto parametry se navíc používají jako prediktivní proměnné pro diagnostický model při zjišťování fyziologického a zdravotního stavu (např. říje, telení a různých např. metabolických onemocnění) (Lee et Seo, 2021).

2.7.2 Nepřipojené senzory

Nepřipojené snímače jsou snímače mimo krávy, okolo kterých krávy při měření projdou kolem, přes ně, nebo jimi procházejí. Dvě specifické formy nepřipojených snímačů jsou in-line a on-line snímače. In-line senzory provádějí měření v nepřetržitém toku produktu například mléka od krávy. Jediná dostupná možnost in-line měření je v mléčném potrubí. On-line senzory automaticky odebírají vzorek (například mléka), který je analyzován senzorem (Rutten et al., 2013).

2.8 SYSTÉMY SLEDOVÁNÍ DOBY ŽRANÍ A PŘEŽVYKOVÁNÍ

V dřívějších dobách bylo přežvykování sledováno vizuálním pozorováním, a to buď napřímo pracovníkem farmy (Couderc et al., 2006; Krause et al., 1998), nebo z videozáznamu (Lindstrom et al., 2001). Vizuální pozorování je náročné na práci a obvykle lze sledovat pouze několik krav současně. Nepřímé metody sledování přežvykování byly založeny na zařízeních detekujících pohyby čelistí (tj. tenzometrech, nebo tlakoměrech) připevněných k ohlávce, nebo do ní zabudovaných (Dado & Allen, 1993; Matsui & Okubo, 1991). Tyto metody poskytovaly užitečné informace, ale zařízení bylo těžkopádné a mělo několik technických omezení. Většina zařízení vyžadovala celohlavové ohlávky, které obsahovaly pohyblivá zařízení umístěná pod čelistí. Tato zařízení mohla být pro zvířata nepohodlná a mohla ovlivňovat jejich chování. Nicméně četné studie ukázaly, že tyto senzory byly účinné při rozlišování pohybů čelistí spojených se žvýkáním a přežvykováním (Beauchemin et al., 1989; Dado & Allen, 1993; Matsui & Okubo, 1991). První verze těchto zařízení vyžadovaly pro přenos dat kabely připojené k počítači a byly omezeny na použití u krav ustájených ve vazných stájích (Beauchemin et al., 1989). Pozdější práce popisovaly zařízení vyvinutá pro použití u volně se pasoucího, nebo volně ustájeného skotu (Kononoff et al., 2002). Kapacita paměti pro ukládání dat byla omezená a pro stažení dat bylo nutné odstranit ohlávku. Tyto technické problémy, především kapacita paměti, omezovaly sběr dat na méně než 21 dní, o kontinuálním přežvykování volně ustájených krav (Matsui, 1994).

V poslední době se ve stádech nejčastěji využívají sensorové systémy na obojku. Skládají se ze zařízení senzoru připevněného k popruhu, který je zavěšený na krku krávy. Tento typ snímače se v chovech dojnic používá nejčastěji; vyrábí jej mnoho společností. Obecně se dále tyto obojky hojně používají ke kontrole příjmu krmiva, nebo k měření přežvykování. Pro měření doby žraní, přežvykování a úrovně aktivity se na obojky přidávají snímače, jako jsou akcelerometry a mikrofony, které měří dobu žraní, dobu přežvykování a úroveň aktivity. Dále mohou být jmenované sady snímačů vybaveny teplotními čidly pro měření tělesné teploty zvířete. Tyto snímače poskytují manažerům farem informace o zdravotním stavu krav a výskytu říjí. Některé snímače na obojcích se mohou používat v kombinaci s automatickými systémy dojení (Lee et Seo, 2021).

2.9 SYSTÉMY A DETEKCE ŘÍJE

Účinná detekce říje je nezbytnou součástí úspěšného řízení plodnosti a základem ekonomické produkce mléka (Nebel et al., 2000; J. Roelofs et al., 2010). Vzhledem k

intenzifikaci zemědělství, následnému nárůstu stád dojnic a zvyšující se pracovní zátěži chovatelů, jsou podmínky pro vizuální detekci říje stále obtížnější. Nedostatky v detekci říje se projevují ve špatném zabřezávání a přispívají k ekonomickým ztrátám a zhoršování užitkovosti (Diskin & Sreenan, 2000). Vizuální pozorování říjové aktivity je subjektivní a nepraktické u větších stád, a s tendencí, kdy se každý chovatel stará o více zvířat, se stává časově nezvladatelné, což přispívá k neuspokojivým výsledkům detekce (Roelofs et al., 2006). Kromě toho snížená exprese a zkrácené trvání říje u moderních vysoko produkčních dojnic ztížily detekci říje a načasování umělé inseminace (Dobson et al., 2008).

Toto často vede k vyřazování domněle neplodných zvířat a prodlužování mezidobí. Správně provedená detekce říje je časově náročný postup. Chovatelé s vysokým pracovním zatížením mají menší šanci správně detekovat říji. Míra detekce říje by měla v chovech dojnic přesáhnout 70 % (Esslemont, 1992). Ani zkušení pozorovatelé však nejsou schopni rozpoznat více než 40-60 % všech říjí u krav (Firk et al., 2002; Rodrigues et al., 2010).

Byly popsány četné metody automatické detekce říje, které se vyhýbají nutnosti vizuálního pozorování (Andersson et al., 2016). Akcelerometry se začaly hojně využívat k měření zvýšené fyzické aktivity krav, přičemž míra detekce chování při říji dosahuje 80 až 90 %, avšak chybovost se může pohybovat v rozmezí 17 až 55 % (Firk et al., 2002).

Aktivita dojnic se během říje mění, kdy se fyzická aktivita zvyšuje na úkor přežvykování a doby krmení (Reith et al., 2014). Snížení doby přežvykování a krmení, nebo zvýšení fyzické aktivity, či jejich kombinaci, lze tedy využít k relativně přesné předpovědi říje u dojnic. Úspěšnost detekce říje u dojnic se zvyšuje, pokud se pro detekci kombinují dva nebo více fyziologických parametrů (Brehme et al., 2008), a četnost chyb při detekci se podle očekávání snižuje.

2.10 DETEKCE NÁSTUPU PORODU

Změny chování před otelením u skotu jsou reprezentovány zvýšeným neklidem, sníženým příjmem krmiva a přežvykováním, vyhledáváním izolace spojeným s častými změnami držení těla, zvedáním ocasu a častějším leháním (Jensen, 2012; Ouellet et al., 2016; Speroni et al., 2018). Tyto změny chování jsou častější v posledních hodinách před otelením (Saint-Dizier & Chastant-Maillard, 2015). Z těchto důvodů byly vyvinuty různé přístupy k automatické detekci za účelem předpovědi času porodu.

Vizuální pozorování zvířat v tomto období by mohlo být prováděno prostřednictvím videozáznamu kamerami umístěnými s výhledem na porodní kotce, ale tato metoda je časově náročná a používá se jen zřídka (Sumi et al., 2017). Častá přítomnost pozorovatele by také

mohla u zvířat v peripartálním období vyvolat nepohodlí, uvolňování katecholaminů a narušit proces telení (Mee, 2008).

Nejčastěji používanými senzory v chovu skotu jsou krokoměry a akcelerometry, původně určené pro detekci říje, dále obojkové mikrofony pro kontrolu krmení, resp. přežvykování a teploměry. Tyto snímače lze použít na různých místech těla krávy za účelem sběru údajů o pohybech ve třech osách a vyhodnocování zvuků (nohy, krk, uši nebo ocas). Studie ukázaly, že automatické senzory detekce porodu, jsou ve srovnání s vizuálním pozorováním spolehlivé (Borchers et al., 2016). Mezi analyzované parametry patří doba přežvykování, doba stání, počet kroků, doba ležení, počet zalehnutí, zvedání ocasu nebo jejich kombinace, které se používají k vytvoření základní linie. Odchylky svědčí o porodu v následujících 6-12 h (Nabenishi et al., 2015). Při použití jako prediktoru otelení je však třeba zvážit určité zpřesnění algoritmu; někteří autoři uvádějí, že frekvence zvedání ocasu, stání a zalehnutí se zvyšuje 4 h před otelením u prvotelek a 2 h před porodem u dojnic na vyšší laktaci holštýnských krav (Barraclough et al., 2020; Borchers et al., 2016). Proudfoot et al. (2009) pozorovali, že krávy s obtížným porodem vykazovaly 24 h před otelením větší počet zalehnutí ve srovnání s kravami s normálním porodem (práh: 33,8 ulehnutí/den; Se = 77,8 %; Sp = 77,8 %). Kromě toho mohly být změny chování ovlivněny také genotypem; peripartální Holštýnské krávy vykazují větší aktivitu při přešlapování a chůzi než jerseyký skot a jejich kříženky (Zuko & Jaja, 2020). Senzor přežvykování připevněný na ohlávce (ART-MSR; Agroscope Reckenholz-Tänikon, Ettenhausen, Švýcarsko) vytvořili pro experimentální účely Grothmann, et al., (2010) a použili jej Pahl et al. (2014). Autoři zjistili, že krávy přestaly přežvykovat v průměru 123 ± 58 min před začátkem telení. Ke kontrole přežvykování pro účely předpovědi otelení by bylo možné použít ohlávku přiloženou na žvýkácké svaly, ale tento prototyp se v současné době nepoužívá (Büchel & Sundrum, 2014).

Při použití komerčně dostupných mikrofonů pro sledování přežvykování Calamari et al. (2014) a Schirmann et al. (2013) pozorovali, že krávy strávily v období 24 h před otelením v průměru o 70 %, tj. 63 ± 30 min/24 h, méně času přežvykováním. Podle jejich pozorování se také zkrátila doba krmení o 66 ± 15 min, kdy příjem sušiny se v posledních 6 h před otelením snížil o 56 % ve srovnání s výchozím stavem. Tato zjištění by mohla být užitečná pro nastavení algoritmů pro upozornění na telení v budoucích aplikacích.

Moocall (Moocall Ltd., Dublin, Irsko) je inklinometr-akcelerometr vytvořený speciálně pro ocas krav a pro sledování pohybu ocasu za účelem předpovědi porodu (Giaretta et al., 2021).

Výrazné odchylky od vypočtené hodinové základní hodnoty v pohybech ocasu vedou k alarmu otelení, který je operátorem zaslán prostřednictvím GSM. Různé studie ověřily tento produkt v polních podmínkách: otelení bylo možné předpovědět v následujících 24 h se Se = 100 % a Sp = 95 % a se Se = 94 % a Sp = 77 % v časovém okně 3 h. Voß et al. (2021) zaznamenali pokles Se a Sp ze 75 % na 19 %, resp. z 96 % na 63 %, a pozitivní prediktivní hodnoty (PPV) z 56 % na 12 %, a to pro předpověď porodu v intervalu 24, resp. 1 h. Horváth et al., (2021) zaznamenali PPV 12,6 %, přičemž větší počet falešně pozitivních upozornění byl u prvotelky ve srovnání s krávami na vyšších laktacích ($p < 0,05$). Některá zvířata vykazovala nízkou kožní toleranci na upevnění zařízení. Podobný senzor, který je připevněn k ocasu ovinutím elastickou bandáží, se vyvíjí v Irsku (Mee & English, 2019).

2.11 SYSTÉMY DETEKCE ONEMOCNĚNÍ

Žraní a přežvykování patří mezi základní životní projevy skotu spojené s příjmem a trávením krmiva. Pozorování potravního chování mléčného skotu poskytuje přínosné informace o zdravotním stavu zvířete. Určitá úroveň zdravotního stavu a pohody je předpokladem normálního potravního chování. Potravní chování je zásadní při sestavení klinického obrazu nemocného jedince. Proto se žraní a přežvykování běžně sleduje u nemocných krav během a po ukončení léčby (Braun et al., 2014). Zdravotní problémy mléčného skotu způsobují produkční ztráty, zvyšují náklady na péči a zhoršují welfare zvířat (González et al., 2008). Ziskovost stáda je negativně ovlivněna sníženou produkcí mléka, nižší reprodukci a kratší délkou života dojnic. Proto je včasná identifikace onemocnění krav klíčová pro zdraví a ziskovost stáda (Huzzey et al., 2007). Studie zjistila, že snížený příjem krmiva a produkce mléka jsou spojeny se zdravotními poruchami (Bareille et al., 2003). Krávy s mastitidou mají snížený příjem krmiva a sušiny (Fogsgaard et al., 2012, 2015). Mezi kulhajícími a nekulhajícími kravami je nápadný rozdíl v době krmení, frekvenci krmení a příjmu krmiva (Thorup et al., 2016). Na základě tohoto rozdílu lze tedy posoudit zdravotní stav nohou krávy. Tyto studie jasně ukázaly, že onemocnění může mít významný vliv na chování při příjmu potravy. Sledování příjmu potravy dojnic je proto důležitým nástrojem pro zajištění inteligentního chovu a zlepšení welfare zvířat.

Studie zjistila, že snížený příjem krmiva a produkce mléka jsou spojeny se zdravotními poruchami (Bareille et al., 2003). Krávy s mastitidou mají snížený příjem krmiva a sušiny (Fogsgaard et al., 2012, 2015). Mezi kulhajícími a nekulhajícími kravami je nápadný rozdíl v době krmení, frekvenci

krmení a příjmu krmiva (Thorup et al., 2016). Na základě tohoto rozdílu lze tedy posoudit zdravotní stav nohou krávy. Tyto studie jasně ukázaly, že onemocnění může mít významný vliv na chování při příjmu potravy. Sledování příjmu potravy dojnic je proto důležitým nástrojem pro zajištění inteligentního chovu a zlepšení welfare zvířat.

2.11.1 Mastitidy

Klinická mastitida je jedním z nejčastějších onemocnění ovlivňujících zdraví a užitkovost krav (Østerås et al., 2007). Mastitidy vedou k velkým ztrátám mléka (Schukken et al., 2009) a snižují reprodukční schopnosti (Hertl et al., 2010); některé typy mastitid mohou vážně ohrozit zdraví krav, což vede ke zvýšenému vyřazování nebo úhynu (Whist et al., 2009; Hertl et al., 2011). Přežvykování bylo nižší u krav ve skupině s klinickou mastitidou než u krav ve skupině se zdravými kravami od tří dnů před diagnostikou tak i jeden den po diagnostice vzhledem ke dni klinické diagnózy. Krávy s klinickou mastitidou dosáhly svého minima přežvykování (397 min/den) v den -1. U aktivity zjistil interakci mezi skupinou a dnem ($P < 0,01$). Krávy s klinickou mastitidou měly nižší aktivitu než krávy ve skupině zdravých dojnic během celého analyzovaného období, přičemž průměr přežvykování byl 485 minut/den (Stangaferro et al., 2016).

2.11.2 Poporodní problémy

Z výsledků Cocco et al. (2021) vyplývá výrazný pokles přežvykování v období před porodem a po porodu u dojnic postižených metritidou. Tento pokles nastal ještě předtím, než se u nich objevily klinické příznaky metritidy, což podporují jednotlivé výsledky uvedené ve studii Liboreiro et al. (2015), kdy rozdíl mezi zdravými krávami a krávami postihnutými metritidou byl 25 minut za den u přežvykování, a z hlediska pohybové aktivity to bylo snížení 27 minut za den. Pérez et al., (2020) rovněž potvrdili, že krávy s diagnózou metritidy snížily dobu přežvykování 5-7 dní před stanovením diagnózy ve srovnání se zdravými dojnicemi. Stejně tak Steensels et al. (2017) uvádí, že během prvních 10 dnů po porodu měly krávy s metritidou významně snížit dobu přežvykování ve srovnání se zdravými kravami.

2.11.3 Ketóza

Ketóza byla charakterizována rychlým poklesem příjmu krmiva během 3 až 5 dnů před jejím zjištěním pracovníky farmy, přičemž v den diagnózy byl příjem téměř nulový. Počet dnů, kdy

byl pozorován negativní vliv ketózy na příjem, se shoduje s údaji, které uvedli Bareille et al., 2003., ale González et al., (2008) odhady kumulativních ztrát DMI během těchto dnů jsou vyšší než 7,5 kg DM uváděných těmito autory. Rychlý pokles příjmu krmiva byl spojen se zkrácením denní doby krmení o 45 min/d během dnů bezprostředně před stanovením diagnózy, a tato charakteristika se proto zdá být vhodná pro využití v programech včasného odhalení.

2.11.4 Acidóza

Dojnice krmené pro maximální produkci mléka jsou ohroženy bachorovou acidózou, jak nedávno uvedli (Krause et al., 2006). U dojnic s vysokou produkcí mléka kolísá pH v bachoru v průběhu dne v důsledku procesů přijímání potravy, přežvykování, trávení v bachoru a vstřebávání VFA. Pokud bachorové pH klesne pod 5,2 po dobu několika hodin, je bachorová acidóza charakterizována jako akutní (Owens et al., 1998). Ve studii DeVriese et al., (2009) acidóza vedla u všech krav ke změnám v chování. V porovnání s výchozím stavem se první den po acidóze prodloužila doba krmení (395 vs. 310 min/d), zatímco doba ležení se snížila (565 vs. 634 min/d). Doba přežvykování se první den po výzvě snížila (436 min/d) ve srovnání s výchozí hodnotou (533 min/d), ale následující den se zvýšila (572 min/d). První den po výzvě bylo pozorováno méně krav, které v danou dobu přežvykovaly, ve srovnání s výchozím obdobím.

2.11.5 Laminitida

Ani akutní, ani chronické kulhání nevedlo k velkým změnám v příjmu krmiva, nicméně denní variabilita příjmu krmiva se obecně zvýšila. Protože onemocnění paznehtů a končetin způsobuje kravám bolest (Whay et al., 1998) a stání způsobí nepohodlí, a proto se krávy snaží krmit kratší dobu a kompenzují to rychlejším krmením, než je preferovaná rychlost u zdravých dojnic. O'Callaghan et al., 2003 ukázal, že skóre chování v důsledku kulhání a úroveň aktivity krokoměru úzce souvisí se závažností lézí na nohou, protože jsou ukazateli bolesti spojené s kulháním. Jiní výzkumníci také dospěli k závěru, že léze paznehtů jsou bolestivé a krávy, které jimi trpí, se zdráhají pohybovat a mohou přijímat méně potravy (Hassall et al., 1993). Početně kratší doba krmení byla také pozorována, když se zvýšilo skóre lokomoce dojnic (Cook et al., 2004). Podobně Bacha et al., (2007) pozoroval zkrácení celkové doby krmení z 268 na 240 min/d při zvýšení skóre lokomoce z 1 na 5. Na rozdíl od těchto výsledků se ve studii González et al., (2008) četnost krmení se zvyšujícím se skóre lokomoce také snižovala, příjem sušiny se taktéž snižovala (<1 kg DM/d) a produkce mléka (<2 kg/d) se snižovaly jen mírně, a to pouze u krav s klinickým kulháním. Studie O'Callaghan et al., (2003) ukázala snížení

průměrného počtu kroků za hodinu o 24, resp. 38 %, což je ve stejném směru, ale proporcionálně menší než snížení doby krmení kulhajících krav ve srovnání s nekulhajícími v naší studii. Vzhledem k tomu, že většinu denní doby stání krávy tvoří činnosti spojené s krmením (Cook et al., 2004), je pravděpodobné, že doba krmení bude jednou z činností, které jsou nejvíce ovlivněny poruchami lokomoce.

3 CÍLE A HYPOTÉZY

3.1 VĚDECKÉ HYPOTÉZY

1. Doba žraní a přežvykování za den souvisí s dojivostí a zdravotním stavem dojnic.
2. Doba žraní a přežvykování se s nástupem porodu zkracuje.

3.2 CÍLE PRÁCE

Vyhodnotit vztah mezi dobou a druhem aktivity (pohyb, žraní, přežvykování), resp. délkou ležení během 24 hodin a dojivostí, zdravotním stavem, případně začátkem porodu dojnic.

Dílčí cíle pro hypotézu 1.

Dílčí cíl 1) Vyhodnocení doby žraní a přežvykování a parametrů zvýšené aktivity za den, namléčnou produkci dojnic v závislosti na plemeni a období roku.

Dílčí cíl 2) Vyhodnocení vztahu mezi vybranými aktivitami jejich délkou a říji dojnic během roku.

Dílčí cíl 3) Vyhodnocení vlivu doby žraní a přežvykování na produkci mléka a jeho složek tuk a bílkovina.

Dílčí cíle pro hypotézu 2.

Dílčí cíl 4) Vyhodnocení využití doby žraní a přežvykování na nástup porodu a změny zdravotního stavu dojnic.

4 SEZNAM PUBLIKOVANÝCH PRACÍ

Tato disertační práce, se zabývá tématem „Vyhodnocení vztahů mezi dobou a druhem aktivity nebo odpočinku a jejich výkonností a zdravotním stavem“ a předkládaná formou souboru vědeckých článků, vznikla na základě níže uvedených publikací. Dvě publikace byly přijaty do časopisů databáze Web of Knowledge s ImpactFactor indexem a Dvě práce byly publikovány v časopise databáze Scopus.

1. Codl R, Ducháček J, Pytlík J, Stádník L, Vacek M, Vrhel M. 2020 Evaluation of the level of length of eating time, chewing and parameters of daily increased activity depending on the breed, the lactation number and the period of the year. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 68 (4). 659–667.
2. Codl R, Ducháček J, Vacek M, Pytlík J, Stádník L, Vrhel M. 2022. Relationship between daily activities duration and oestrus in dairy cows over the year. *Acta Veterinaria Brno*. 91 (1). 11–16.
3. Codl R, Ducháček J, Vacek M, Pytlík J, Stádník L, Vrhel M. 2023. The influence of eating and rumination time on solids content in the milk and milk yield performance control of cows. *Czech Journal of Animal Science*. 68 (4) 161-168.
4. Codl R, Ducháček J, Pytlík J, Stádník L, Vacek M, Vrhel M. 2021. Using Changes in Eating and Rumination Time to Indicate the Onset of Parturition or Changes in the Health Status of Dairy Cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 69 (4). 555–561.

EVALUATION OF THE LEVEL OF LENGTH OF EATING TIME, CHEWING AND PARAMETERS OF DAILY INCREASED ACTIVITY DEPENDING ON THE BREED, THE LACTATION NUMBER AND THE PERIOD OF THE YEAR

Radim Codl¹, Jaromír Ducháček¹, Jan Pytlík¹, Luděk Stádník¹,
Mojmír Vacek¹, Marek Vrhel¹

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agrobiological Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 00, Prague-Suchbát, Czech Republic

Link to this article: <https://doi.org/10.11118/actaun202068040659>

Received: 27. 7. 2020, Accepted: 17. 8. 2020

To cite this article: CODL RADIM, DUCHÁČEK JAROMÍR, PYTLÍK JAN, STÁDNÍK LUDĚK, VACEK MOJMÍR, VRHEL MAREK. 2020. Evaluation of the Level of Length of Eating Time, Chewing and Parameters of Daily Increased Activity Depending on the Breed, the Lactation Number and the Period of the Year. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 68(4): 659–667.

Abstract

Eating time, rumination and activity is affected by many factors. Evaluation of the parameters obtained from Vitalimeter 5P was performed on 719 dairy cows Czech fleckvieh cattle and Holstein cattle and their hybrids within one farm. Data collecting took place for one year. As part of a detailed evaluation using the GLM procedure, the lactation number, the period of the year and the pedigree ($P < 0.001$) had a significant effect on the time of rumination, eating, increased activity and the sum of activities. The highest values in all monitored parameters were reached by H 51–87. Within the effect of the lactation number was evident a certain discrepancy when the longest eating time was observed in cows at the first lactation (293.20 min.), while the longest rumination time in cows at 3, resp. 4 and further lactation (484.82 and 482.46 min, respectively). The lowest values were monitored for these two parameters in exactly the opposite order, the lowest eating time in older cows and the shortest rumination time in the youngest cows. Results of evaluated periods of the years confirmed mainly the differences in the time of eating and rumination in the summer months compared to the rest of the year ($P < 0.01$). These results, both individually and within the interactions of factors, confirm the effects of the body framework in the case of breeds, the age of the animals within the lactation order and the importance of assessing heat stress in assessing the effect of the year.

Keywords: dairy cow, activity, chewing, eating, season

INTRODUCTION

Monitoring the time of eating and rumination is becoming a trend in modern dairy farming. Feed intake and rumination time are affected by a number of effects. During the year, the rumination time and thus the performance of dairy cows demonstrably

change. These indicators and especially productivity is an important parameter for farmers in the economy of breeding (Krpalkova *et al.*, 2016). For this reason, it is necessary to explain the effects on the performance of dairy cows during the year. It is important to create suitable conditions for dairy cows throughout the year, so as to ensure consistent

milk production throughout the year. During the summer, dairy cows suffer most from heat stress, which is manifested by a reduction in rumination time or a reduction in rumination comfort (Acatinai *et al.*, 2010). This phenomenon can be prevented by the stable condition by using forced ventilation and evaporation during the summer days when the dairy cows suffer from heat stress. Heat stress has the greatest impact on high-production dairy cows compared to low-producing dairy cows (West *et al.*, 2003), which goes hand in hand with their more intensive metabolism and also with an increase in the lactation number. The decrease in milk yield during heat stress can be up to 25% (Černý *et al.*, 2016). Due to climate adaptation, European genotypes are more resistant to cold stress (Novák *et al.*, 2002). During these cold months, there is only a minimal decrease in production of about 1–2 l/day (Angrecka and Herbut, 2015). However, during these months, more emphasis is placed on the quality of the feed ration so that dairy cows can compensate for the heat loss caused by the cold (Doležal and Černá, 2003). The lactation number also has a significant effect on the production of the total amount of milk on the farm (Hart *et al.*, 2013) through the percentage of culling and the proportion of dairy cows in higher lactations. The use of dairy cows at higher lactations is a way not only to increase longevity, but also to improve the economy of dairy cattle breeding in the Czech Republic. To our knowledge, this is the first comprehensive study summarizing the relationships between rumination time, eating, increased activity, lactation order, and daily production in crossbreeds of Czech fleckvieh and Holstein cattle throughout the calendar year. The aim of the work was therefore to evaluate the relationships between these described parameters and describe the development of feed intake time, rumination, increased activity and total duration of all activities depending on the breed, the lactation number and the period of the year.

MATERIALS AND METHODS

Description of Evaluated Farms and Animals

The monitoring was carried out on a farm in the Olomouc region, which is at an altitude of 458 m above sea level. The farm is focused on breeding dairy crossbreeds of Czech fleckvieh cattle and Holstein cattle. 719 cows entered the evaluation, which entered the database in different months of the data collection, and therefore there was a different number of observations for each dairy cow (approximately 251 records per animal). In the monitored company, an average milk yield of 7 247 kg of milk was achieved for standardized lactation with a fat content of 4.38% and a protein content of 3.66%. Vitalimeter 5P neck responders (Farmtec a. s.) were used to identify rumination time and eating time.

The dairy cows were housed in four freestall barns. The boxes with straw bedding. Milking took place twice a day in the fish bone milking parlor 2 × 16 stalls with a fast departure. The milking parlor technology automatically performs identification of dairy cows, measurement of milk yield and milk conductivity. On the evaluated farm, the animals are fed with a mixed feed ration (TMR) which is mixed for each production group separately. The classification of dairy cows into groups was based on the degree, lactation number and with regard to the milk yield of dairy cows, or according to health status. For dairy cows, 5 feed rations are implemented daily: TMR for weaning, TMR for lactating dairy cows, TMR for end of lactation, TMR for dry cows and TMR for pre-fresh. A feed wagon with a strain gauge is used to load the feed, which enables precise weighing of the necessary components. The feed is established twice a day, always in the morning and in the afternoon. The food is added as needed throughout the day.

Data Description

A database with calved animals throughout 2018 was analyzed. The database included data on eating and rumination time and increased activity from the Vitalimeter 5P. Unlike rumination and eating, increased activity was recorded as the number of increased activity events because it was recorded only when the animal moved and made a movement with an acceleration greater than 0.7 g. Daily milking, which were automatically recorded at the milking parlor and other parameters of dairy cows (pedigree, month of evaluation and lactation number) were added to the data afterwards. Obviously erroneous data were excluded from the evaluation, when on some days there were zero records of activities from the Vitalimeter 5P. In addition, the data were adjusted for external measured values for rumination below 300 and over 960 minutes for eating below 120 and over 420 minutes. Discarded observations accounted for up to 8% of all records.

Statistic Evaluation

The data were evaluated with statistical software SAS 9.3. (SAS/STAT® 9.3, 2011). Procedure UNIVARIATE and MEANS were used for basic statistics parameters evaluation. Relationships between evaluated parameters was computed with CORR procedure. The STEPWISE method and REG procedure was used for selection suitable factors to model equation. GLM procedure was used for main evaluation of feeding time, rumination time, daily milk production. The best model for evaluation was selected in accordance with the values of the Akaike Information Criterion (AIC). The Tukey-Kramer method was used for evaluation of differences of least square means. The model equation used for the evaluation was as follows:

$$\begin{aligned}
 Y_{ijkl} = & \mu + \text{BREED}_i + \text{PARITY}_j + \text{SEASON}_k + \\
 & + \text{BREED} \times \text{PARITY}_{ij} + \text{BREED} \times \text{SEASON}_{ik} + \\
 & + \text{PARITY} \times \text{SEASON}_{jk} + b1*(\text{MILK}) + \\
 & + b2*(\text{DIM}) + e_{ijkl} \quad (1)
 \end{aligned}$$

where:

- Y_{ijkl} dependent variable (feeding time, rumination time, increased activity, sum of increased activity time);
- μ mean value of dependent variable;
- BREED_i cumulative fixed effect of *i*th group of breed (*i* = C ≥ 88, *n* = 21342; *i* = C 51-87, *n* = 131773; *i* = H 51-74, *n* = 27646);
- PARITY_j fixed effect of *j*th parity of lactation (*j* = 1, *n* = 54142; *j* = 2, *n* = 51108; *j* = 3, *n* = 38649; *j* = 4 and more, *n* = 39862);
- SEASON_k fixed effect of *k*th season (*k* = XII-II, *n* = 46103; *k* = III-V, *n* = 50641; *k* = VI-VIII, *n* = 44943);
- $\text{BREED} \times \text{PARITY}_{ij}$ fixed interaction effect of *ij*th combination of breed group and parity;
- $\text{BREED} \times \text{SEASON}_{ik}$ fixed interaction effect of *ik*th combination of breed group and season;
- $\text{PARITY} \times \text{SEASON}_{jk}$ fixed interaction effect of *jk*th combination of parity and season;
- $b1*(\text{MILK})$ linear regression on milk production;
- $b2*(\text{DIM})$ linear regression on days in milk;
- e_{ijkl} random error.

Significance levels $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$ were used to evaluate the differences between groups.

RESULTS

Tab. I shows the correlations between the monitored parameters. Weak positive correlations ($r = 0.013$ to 0.122 ; $P < 0.001$) were calculated between eating time and increased activity, resp. day milk yield. Conversely, a negative relationship ($r = -0.057$ to -0.221 ; $P < 0.001$) can be described between the time of eating and the lactation number, e.g. days in lactation. The chewing time was weakly correlated with the lactation number, daily milking ($r = 0.071$; $P < 0.001$). Again, a negative correlation ($r = -0.074$; $P < 0.001$) of chewing time to lactation days was observed. Subsequently, the lactation number was moderately correlated with daily milk production ($r = 0.261$; $P < 0.001$). A slightly

negative correlation was then calculated between the lactation number and the days of lactation ($r = -0.084$; $P < 0.001$). Relatively high negative correlations were then observed between the days of lactation and daily milk ($r = -0.343$ $P < 0.001$).

The basic statistically used model equations for the evaluation of the monitored parameters of feed intake and production are given in Tab. II. The model equation was statistically significant ($P < 0.001$) and explained from 5.9 to 12.3% of the variability of the monitored parameters. In addition, all the effects used in the model equation were conclusive for all monitored parameters ($P < 0.001$). The only exceptions in this were the effect of linear regression on milk production in the case of chewing time and breed interaction \times period of the year at the time of feed intake.

The following Tab. III already expresses a detailed evaluation according to the observed effects (breed, parity and season) without interactions. As part of the breed effect, the highest values of feed intake time were recorded in group H 51-75. This group ate on average 9.48 to 21.58 minutes longer than the other groups ($P < 0.01$). Statistical evidence ($P < 0.01$) was also observed during the chewing time. Here in this case the highest value was reached for H 51-75 (480.15 minutes). Conversely, the lowest value was calculated for C 51-87 (473.73 minutes). Within the increased activity, the highest values were recorded for H 51-75 (+0.30 to 0.32, $P < 0.01$). The longest time of all activities was also achieved by H hybrids (770.08 minutes) due to the longer time of feed intake and chewing. In contrast, the shortest time of all activities was observed for essentially purebred C (743.19 minutes). There were significant differences between the individual groups of animal breeding ($P < 0.01$).

The effect of lactation order was manifested by a markedly decreasing tendency at the time of feed intake (293.20 to 246.13 minutes, $P < 0.01$). On the contrary, a growth trend with the lactation number was recorded for the chewing time. The lowest value was reached in first calves (462.76 minutes), while the highest in cows for 3 lactations (484.82 minutes). There was a slight decrease in the values of this indicator in cows at 4 and further lactation. Nevertheless, statistically significant differences ($P < 0.01 - 0.05$) were recorded between all lactation orders. The increased activity indicator had a similar trend with the lactation number as in the case of feed intake. Differences between lactation number ranged from 0.51 to 1.34 ($P < 0.01$). As part of the evaluation of the sum of activities, the highest times were observed in cows on the second lactation (767.35 minutes) and the lowest then on cows on the 4th and subsequent lactations (735.08). Here as well can be seen from Tab. III, there were statistically significant differences ($P < 0.01$).

Seasonality within the calendar year was also reflected in all evaluated parameters of feed intake and activities. The statistically significant highest

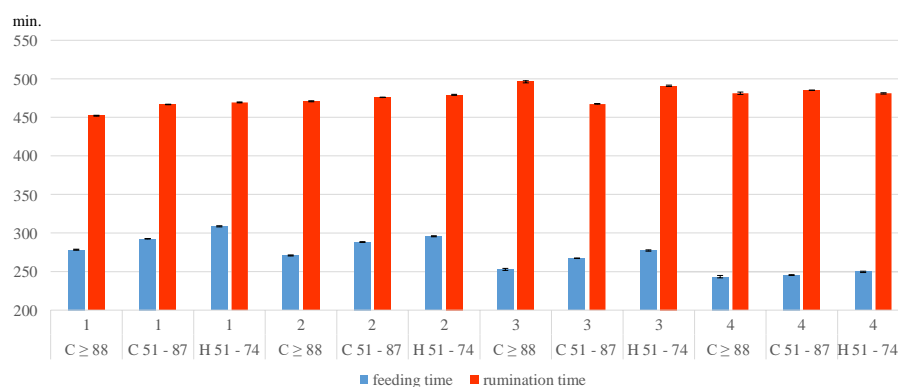
I: Correlations

		Rumination time	Parity	Daily milk production	Milking time	Days in milk
Feeding time	r	-0.004	-0.221	0.122	0.013	-0.057
	P	0.113	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
	n	183761	183761	171235	171235	183761
Rumination time	r		0.133	0.166	0.071	-0.074
	P		< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
	n		183761	171235	171235	183761
Parity	r			0.278	0.261	-0.083
	P			< 0.001	< 0.001	< 0.001
	n			171235	171235	183761
Daily milk production	r				0.705	-0.514
	P				< 0.001	< 0.001
	n				171235	171235
Milking time	r					-0.343
	P					< 0.001
	n					171235

r = correlation coefficient; P = statistical significance; n = number of observing value

feed intake time (286.58 minutes), but also the surprisingly lowest chewing time (462.41 minutes) can be observed in the period VI–VIII. The statistically significant ($P < 0.01$) shortest feed intake time was in autumn (IX–XI) and winter months (XII–II) (262.19 and 261.96 minutes, respectively). Within the chewing time, the longest time was recorded in the winter months (XII–II) (483.25 minutes; $P < 0.01$). The length of the chewing time in spring (III–V) and autumn (IX–XI) did not differ much from the winter months (XII–II) (-1.77 to -5.05 minutes). The increased activity was highest in the summer months (VI–VIII) (7.16). In the autumn and winter months of the calendar year, they hardly differed (6.86 and 6.89, respectively). The demonstrably lowest value of increased activity was calculated but for the summer months (6.58, $P < 0.01$). Finally, the sum of all activities where the highest value was reached in the spring months (III–V) (767.35 minutes)

and the lowest value was in the autumn months (747.25 minutes). All evaluated periods of the calendar year were significantly different ($P < 0.01$). Fig. 1–3 then express the results for the interactions of the effects of breed group \times parity, breed group \times season and parity \times season. Fig. 1 show that especially the cows on the first lactation in all groups of breeds achieved higher values of feed intake time ($P < 0.01$). When evaluating the chewing time, it can be seen from Fig. 1 that for $C > 88$ and H 51-75 the longest times were observed in the animals on the third lactation, while in C 51-87 the highest values were in the animals on the 4th and subsequent lactation. The highest values of the sum of all activities are observable for $C > 88$ in cows per 3 lactations, while for C 51-87 the highest value is for cows for 2 lactations and for H 51-87 heifers. Only in the case of H hybrids was there a clear trend in the decrease of the sum of activities with the lactation



1: Interaction between breed group within lactation number

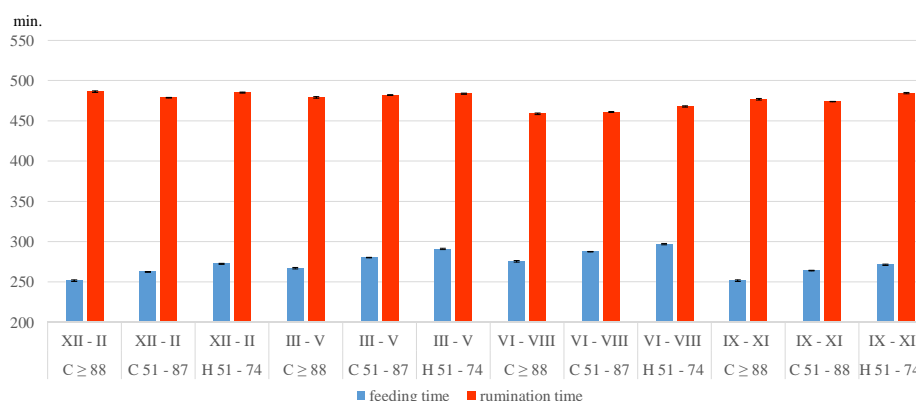
II: Basic statistics for model equation

	MODEL		Breed		Parity		Season		Breed × parity		Breed × season		Parity × season		Milk production		Days in milk	
	r ²	P	F-test	P	F-test	P	F-test	P	F-test	P	F-test	P	F-test	P	F-test	P	F-test	P
Feeding time	0.123	< 0.001	512.01	< 0.001	1731.67	< 0.001	859.54	< 0.001	33.52	< 0.001	1.99	0.063	21.2	< 0.001	5386.46	< 0.001	343.84	< 0.001
Rumination time	0.064	< 0.001	114.12	< 0.001	502.5	< 0.001	517.26	< 0.001	186.53	< 0.001	20.74	< 0.001	21.04	< 0.001	2363.66	< 0.001	0.05	0.817
Activity	0.059	< 0.001	148.57	< 0.001	922.17	< 0.001	180.76	< 0.001	106.5	< 0.001	7.1	< 0.001	30.14	< 0.001	205.34	< 0.001	20.64	< 0.001
Sum of activity time	0.084	< 0.001	490.28	< 0.001	362.23	< 0.001	208.35	< 0.001	122.19	< 0.001	10.07	< 0.001	15.24	< 0.001	7337.73	< 0.001	178.98	< 0.001

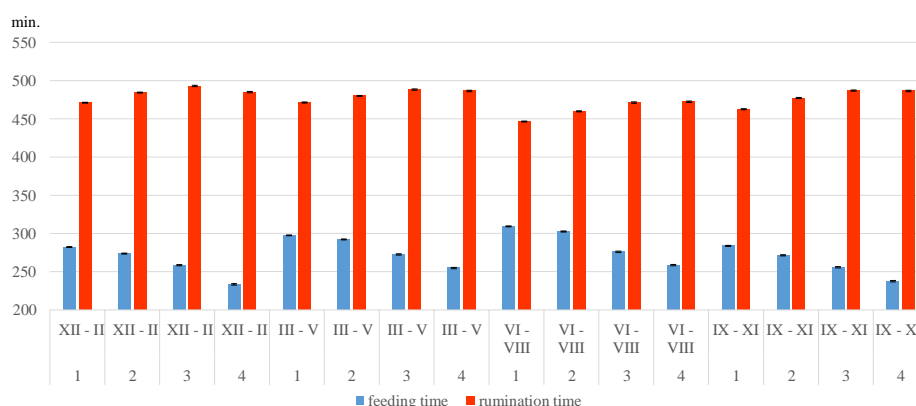
III: Measured parameters of evaluated groups an observed characteristics

Effect	Level	Feeding time	Rumination time	Activity	Sum of activity time
		LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM	LSM ± SELSM
Breed	C ≥ 88	261.28 ± 0.582 ^A	475.12 ± 0.583 ^A	6.78 ± 0.025 ^A	743.19 ± 0.825 ^A
	C 51-87	273.38 ± 0.181 ^B	473.73 ± 0.181 ^A	6.76 ± 0.008 ^A	753.87 ± 0.257 ^B
	H 51-75	282.86 ± 0.384 ^C	480.15 ± 0.384 ^B	7.08 ± 0.017 ^B	770.08 ± 0.544 ^C
Parity	1	293.20 ± 0.352 ^A	462.76 ± 0.353 ^A	7.62 ± 0.015 ^A	763.58 ± 0.499 ^A
	2	284.94 ± 0.370 ^B	475.30 ± 0.371 ^B	7.11 ± 0.016 ^B	767.35 ± 0.525 ^B
	3	265.75 ± 0.558 ^C	484.82 ± 0.559 ^{C.a}	6.28 ± 0.024 ^C	756.84 ± 0.791 ^C
	4 and more	246.13 ± 0.609 ^D	482.46 ± 0.610 ^{C.b}	6.49 ± 0.026 ^D	735.08 ± 0.863 ^D
Season	XII-II	261.96 ± 0.437 ^A	483.25 ± 0.437 ^{A.a}	6.89 ± 0.019 ^A	752.10 ± 0.619 ^A
	III-V	279.29 ± 0.426 ^B	481.48 ± 0.427 ^{A.b}	6.58 ± 0.018 ^B	767.35 ± 0.604 ^B
	VI-VIII	286.58 ± 0.435 ^C	462.41 ± 0.436 ^B	7.16 ± 0.019 ^C	756.16 ± 0.617 ^C
	IX-XI	262.19 ± 0.449 ^A	478.20 ± 0.449 ^C	6.86 ± 0.019 ^A	747.25 ± 0.636 ^D

Different letters in columns means statistical significance



2: Interaction between breed group within season



3: Interaction between lactation number within season

number. The remaining groups tended to increase first with the lactation number and then decrease.

Fig. 2 does not show too significant changes in the time of feed intake within the period and group of breeds. Nevertheless, it can be said that the highest time of feed intake was in the summer months (VI-VIII) ($P < 0.01$). To evaluate the chewing time within this interaction, it can be stated that each group of breeds has the lowest and highest values in a different period. When comparing the increased activity in Fig. 2 in detail between the groups of breeding affiliation and period, significant differences are evident. For all groups of breeding affiliation, the highest values were evaluated in the period VI to VIII and the lowest on the contrary in the period III to V within the calendar year ($P < 0.01$). The sum of the time of all activities was finally based on the highest breeding groups of all groups in the period III to V within the calendar year. Statistically significant ($P < 0.05 - 0.01$) the lowest values within this parameter and evaluation were achieved in the period IX to XI.

In Fig. 3 we can observe the interaction of parity and season. Cows on the first to fourth and subsequent lactation had a significantly higher feed intake period in the period III-V ($P < 0.01$). For the period of chewing, there is always a noticeable drop in values in the summer months of the year

for all lactation order ($P < 0.01$). When evaluating the increased activity, no obvious tendencies or trends are evident within this interaction. However, lower values are observed during the spring of the year compared to other periods of the year across lactations. The sum of increased activity times then copied the chewing time with its tendencies. Numerous statistically significant differences ($P < 0.05 - 0.01$) were also observed here.

DISCUSSION

Between cows of Czech fleckvieh cattle and Holstein cattle, and their hybrids were observed relatively significant differences in the time of feed intake, eating, milk yield. These differences can be explained, among other things, by the heterosis effect. This is confirmed in work Hirooka and Bhuiyan (1995).

The negative correlation between eating time and lactation order is explained by Azizi *et al.* (2009). Beauchemin et Rode (1994) observed a slower rate of eating compared to older cows and a higher frequency of feed trough visits. This was also confirmed by the results in our work, when the eating time of heifers in our study was on average higher than in cows on 2 and other lactations. Similar results are reported in the study

by Azizi *et al.* (2010), when heifers spent a similar amount of time eating 270 to 325 minutes and dairy cows for the third lactation 214 to 264 minutes as dairy cows in our study. The difference between lactations Azizi *et al.* (2010) attributed to the slower food intake of heifers. These results are further confirmed by other authors (Beauchemin and Rode, 1994; Dado and Allen, 1994; Maekawa *et al.*, 2002, Kowsar *et al.*, 2008). A slightly higher correlation ($r = 0.384$) than in our study, but also a positive correlation between chewing time and daily milk, is described in the study by Antanaitis *et al.* (2018). Stone *et al.* (2017) reported a moderate correlation between milk yield and chewing time at ($r = 0.22$) (Antanaitis *et al.*, 2018; Moretti *et al.*, 2017), with our calculated correlations between good chewing and performance is slightly lower ($r = 0.166$).

The negative correlation between chewing and lactation days can be explained by the relationship between chewing time and milk yield. During the early lactation phase in the study (Beauchemin, 1991), dairy cows chewed on average more than 600 minutes per day with a maximum chewing time of 685 min/day. In the middle of lactation, the average chewing time (Devries *et al.*, 2009) averaged 555 min/day. In addition, Kaufman *et al.* (2018) reported a medium relationship between milk production at the beginning of lactation and the time spent chewing.

A strong correlation between daily milk production and lactation order has been confirmed by other authors (Hart *et al.*, 2013; Vijayakumar

et al., 2017). These authors confirmed that there is an increase in milk production until the third lactation. This also corresponds to our results, resp. the difference between heifers and multiparous dairy cows. However, for example, Mellado *et al.* (2011) in their study observed an increase in the amount of milk yield up to 6 lactations. However, our study does not confirm this. Hart *et al.* (2013) observed a difference in the milk yield of multiparous dairy cows and heifers in favor of multiparous cow + 20% of production.

The effect of the season has a significant effect on the feed intake and daily milk production parameters evaluated by us. Negative changes in chewing parameters are attributed by other authors to the heat stress that dairy cows suffer during the summer months (VI–VIII), when on average dairy cows chewed the shortest time in our work (Dado and Allen, 1994; Acatinai *et al.*, 2010; Bernabucci *et al.*, 2010; Soriani *et al.*, 2013, Moretti *et al.*, 2017). In contrast, in the winter (XII–II), dairy cows chewed in our work for a long time, which is agreed with other studies. A longer chewing time is reported by Acatinai *et al.* (2010) and Müschner-Siemens *et al.* (2020) for the reason that the dairy cow does not suffer from heat stress. Furthermore, a similar period of chewing during spring and autumn in our work can be explained by similar climatic conditions, both in terms of thermal stress, when there is no crossing of the thermoneutral zone, and in terms of length of the day.

CONCLUSION

The results we obtained show a significant effect of breeding affiliation (or degree of hybridization), the lactation number and season on the daily length of eating, chewing, physical increased activity and the total duration of activities. The results we obtained, both independently and within the interactions, activities of dairy cows with the help of Vitalimeters 5P, which in the future can bring not only valuable information for breeders, but also significantly improvement and simplification of the entire herd management.

Acknowledgements

The study was supported from the „S” grant of MŠMT ČR and projekt NAZV QK1910242.

REFERENCES

- ACATINAI, S., GAVOJDIAN, D., STANCIU, G., TOMA CZISZTER, L., TRIPON, I. and BAUL, S. 2010. Study Regarding Rumination Behavior in Cattle-Position Adopted by Cows During Rumination Process. *Animal Science and Biotechnologies*, 43(2): 199–202.
- ANGRECKA, S. and HERBUT, P. 2015. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*, 60(2): 81–87.
- ANTANAITIS, R., ŽILAITIS, V., JUOZAITIENE, V., NOREIKA, A. and RUTKAUSKAS, A. 2018. Evaluation of rumination time, subsequent yield, and milk trait changes dependent on the period of lactation and reproductive status of dairy cows. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 21(3): 567–572.
- AZIZI, O., HASSELMANN, L. and KAUFMANN, O. 2010. Variations in feeding behaviour of high-yielding dairy cows in relation to parity during early to peak lactation. *Archives Animal Breeding*, 53(2): 130–140.

- AZIZI, O., KAUFMANN, O. and HASSELMANN, L. 2009. Relationship between feeding behaviour and feed intake of dairy cows depending on their parity and milk yield. *Livestock Science*, 122(2–3): 156–161.
- BEAUCHEMIN, K. A. 1991. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 7(2): 439–463.
- BEAUCHEMIN, K. A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(6): 4762–4784.
- BEAUCHEMIN, K. A. and RODE, L. M. 1994. Compressed Baled Alfalfa Hay for Primiparous and Multiparous Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77(4): 1003–1012.
- BERNABUCCI, U., LACETERA, N., BAUMGARD, L. H., RHOADS, R. P., RONCHI, B. and NARDONE, A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4(7): 1167–1183.
- ČERNÝ, T., VEČEŘA, M., FALTA, D. and CHLÁDEK, G. 2016. The effect of the season on the behavior and milk yield of the Czech fleckvieh cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 64(4): 1125–1130.
- DADO, R. G. and ALLEN, M. S. 1994. Variation in and Relationships Among Feeding, Chewing, and Drinking Variables for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 77(1): 132–144.
- DEVRIES, T. J., BEAUCHEMIN, K. A., DOHME, F. and SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S. 2009. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feeding, ruminating, and lying behavior. *Journal of Dairy Science*, 92(10): 5067–5078.
- HART, K. D., MCBRIDE, B. W., DUFFIELD, T. F. and DEVRIES, T. J. 2013. Effect of milking frequency on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(11): 6973–6985.
- HIROOKA, H. and BHUIYAN, A. K. F. H. 1995. Additive and heterosis effects on milk yield and birth weight from crossbreeding experiments between holstein and the local breed in Bangladesh. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 8(3): 295–300.
- KARACAÖREN, B., JAFFRÉZIC, F. and KADARMIDEEN, H. N. 2006. Genetic parameters for functional traits in dairy cattle from daily random regression models. *Journal of Dairy Science*, 89(2): 791–798.
- KAUFMAN, E. I., ASSELTINE, V. H., LEBLANC, S. J., DUFFIELD, T. F. and DEVRIES, T. J. 2018. Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(1): 462–471.
- KOWSAR, R., GHORBANI, G. R., ALIKHANI, M., KHORVASH, M. and NIKKHAH, A. 2008. Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 91(12): 4755–4764.
- KRPALKOVA, L., CABRERA, V. E., KVAPILIK, J. and BURDYCH, J. 2016. Dairy farm profit according to the herd size, milk yield, and number of cows per worker. *Agricultural Economics (Czech Republic)*, 62(5): 225–234.
- MAEKAWA, M., BEAUCHEMIN, K. A. and CHRISTENSEN, D. A. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(5): 1165–1175.
- MELLADO, M., ANTONIO-CHIRINO, E., MEZA-HERRERA, C., VELIZ, F. G., AREVALO, J. R., MELLADO, J. and DE SANTIAGO, A. 2011. Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovine somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 94(9): 4524–4530.
- MORETTI, R., BIFFANI, S., CHESSA, S. and BOZZI, R. 2017. Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal*, 11(12): 2320–2325.
- NOVÁK, P., ZABLOUDIL, F., ŠOCH, M. and VENGLOVSKÝ, J. 2000. Stable environment—significant factor for the welfare and productivity of cows. In: *Proc. X Int. Congress on Animal Hygiene, Maastricht, The Netherlands. Volume 2, Animal Health Service*. Bostel, the Netherlands, pp. 1019–1024.
- SORIANI, N., PANELLA, G. and CALAMARI, L. 2013. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science*, 96(8): 5082–5094.
- STONE, A. E., JONES, B. W., BECKER, C. A. and BEWLEY, J. M. 2017. Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. *Journal of Dairy Science*, 100(3): 2395–2403.
- TOUŠOVÁ, R., DUCHÁČEK, J., STÁDNÍK, L., PTÁČEK, M. and POKORNÁ, S. 2017. Influence of temperature-humidity relations during years on milk production and quality. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 65(1): 211–218.
- VIJAYAKUMAR, M., PARK, J. H., KI, K. S., LIM, D. H., KIM, S. B., PARK, S. M., JEONG, H. Y., PARK, B. Y. and KIM, T. I. 2017. The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk

- yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(8): 1093–1098.
- WEST, J. W., MULLINIX, B. G. and BERNARD, J. K. 2003. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake, and Milk Yield of Lactating. *Journal of Dairy Science*, 86(1): 232–242.

Contact information

Radim Codl: codl@af.czu.cz
Jaromír Ducháček: duchacek@af.czu.cz
Jan Pytlík: pytlik@af.czu.cz
Luděk Stádník: stadnik@af.czu.cz
Mojmír Vacek: vacek@maf.czu.cz
Marek Vrhel: vrhel@af.czu.cz



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 \(CC BY-NC-ND 4.0\) International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Relationship between daily activities duration and oestrus in dairy cows over the year

Radim Codl, Jaromír Ducháček, Mojmír Vacek, Jan Pytlík, Luděk Stádník, Marek Vrhel

Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources,
Department of Animal Science, Prague, Czech Republic

Received June 16, 2021

Accepted September 15, 2021

Abstract

The aim of this study was to evaluate the amounts of time that selected crossbreeds of Holstein (H), Red-Holstein (R), and Czech Fleckvieh (C) cattle spent chewing, eating, being physically active using a Vitalimetr 5P neck responder during the period around oestrus in all seasons of the year. Oestrus and the days preceding it greatly affected the times of events of increased activity, eating, and rumination. Eating and chewing times were longest for H cows, at 51–74%, and shortest for C cows, at > 88%. The number of events of increased activity was highest (533.4 ± 8.94 events, $P < 0.01$) for cows R 51–74%. Oestrus in dairy cows was manifested by decreases in the times of chewing and eating and the frequency of events of increased activity. Feeding time decreased by 8.01 min from the second day before oestrus to the day of oestrus. Rumination time also decreased from the second day before oestrus to the day of oestrus. Rumination time on the day of oestrus decreased by an average of 61.80 min but increased the next day by 33.39 min. In contrast, events of increased activity were highest on the day of oestrus (623 ± 7.68 events). Our findings on differences between breeds, lactation order, and months may contribute to the improvement of algorithms for detecting oestrus, thereby improving the economic status of farms.

Oestrus, dairy cattle, chewing, activity, eating

The detection of oestrus is important for the successful management of dairy cattle breeding. Poor reproductive performance is responsible for the highest rates of culling in dairy cows. However, only 10% of cows culled due to poor reproductive performance were found to have a reproduction system problem, a 90% majority of them were improperly culled based on oestrus management failure (Diskin and Sreenan 2000).

Breeding costs due to poor oestrus detection, and the associated lack of pregnancy in dairy cows, cause economic losses of up to US\$ 360 for each oestrus missed (De Vries 2006). The activity of dairy cows changes during oestrus, with physical activity increasing at the expense of rumination and feeding times (Reith et al. 2014). Decreases in rumination and feeding times or an increase in physical activity may thus be used to predict oestrus in dairy cows. The success of detecting oestrus in dairy cows improves when two or more physiological indicators are combined for detection (Brehme et al. 2008), and the frequency of errors in detection is reduced, as expected. We used changes in activity to detect the oestrus period using activometers and pedometers, which can detect changes in activity during the oestrous cycle and alert management to the arrival of oestrus. Oestrus detection in dairy cows is more accurate using activometers and pedometers than observation. The accuracy of oestrus detection is only 54–56% for observation (At-Taras and Spahr 2001) but 79–94% using activometers (Løvendahl and Chagunda 2010).

The Vitalimetr 5P neck responder can detect changes in dairy cows in chewing, eating, and activity, providing a tool for monitoring oestrus and other indicators to help the management of farms. The use of Vitalimetr 5P, however, has not yet been scientifically validated.

Address for correspondence:

Radim Codl
Department of Animal Science
Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources
Czech University of Life Sciences Prague
Kamýcká 129, 165 00, Prague - Suchbát, Czech Republic

Phone +420 224 383 610
E-mail: codl@af.czu.cz
<http://actavet.vfu.cz/>

Therefore the aim of this study was to evaluate the amounts of time that selected crossbreeds of Holstein and Czech Fleckvieh cattle spent chewing, eating, being physically active using a Vitalimetr 5P neck responder during the period around oestrus in all seasons of the year.

Materials and Methods

The experiment was conducted on a farm in the Olomouc region of the Czech Republic at an altitude of about 458 m a.s.l. The breeding on the farm is focused on milk production in a herd of crossbreeds of Holstein (H), Red Holstein (R), and Czech Fleckvieh cattle (C). The farm had 685 dairy cows at the time of the experiment and averaged 7247 kg of milk produced in 305 d. The milk had averages of 4.38% fat and 3.66% protein. Data were collected during oestrus and two days before and after oestrus for one year (2019). Records from 542 dairy cows with complete records (3352) were selected for evaluation.

The Vitalimetr 5P neck responder (Farmtec a.s., Tisová, Czech Republic) was used to identify the eating time, rumination time, and events of increased activity. Rumination, eating, and increased activity are recognised by accelerometers, and records can be analysed using a detection algorithm. Events of increased activity are recorded when an animal moves at an acceleration > 0.7 g.

The cows were housed in four freestall barns with straw bedding. The cows were milked twice a day in a 2 × 16 stall herringbone milking parlour with rapid exits. The cows were fed twice a day using a feed wagon with a strain-gauge scale. The cows were divided into five groups based on the lactation order and stage of lactation. A diet of total mixed feed rations was prepared for each group, and the feed was pushed as needed (5–10 times) each day.

Statistical analysis

The data were analysed using SAS 9.3 (SAS/STAT® 9.3, 2011). UNIVARIATE and MEANS were used for evaluating basic statistical parameters. REG and STEPWISE were used for selecting factors suitable for use in our model. GLM was used for the evaluation of feeding time, rumination time, activity. The best model was selected based on the Akaike information criterion. Tukey-Kramer *post hoc* test was used to identify significant differences between least square means. The model used for the evaluation was:

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{BREED}_i + \text{LACTATION ORDER}_j + \text{MONTH}_k + \text{OESTRUS}_l + b1*(\text{DIM}) + b2*(\text{MILK}) + e_{ijkl}$$

where Y_{ijkl} is the dependent variable (feeding time, rumination time, events of increased activity), μ is the mean value of the dependent variable, BREED_i is the cumulative fixed effect of group i of a breed (C ≥ 88%, $n = 337$; C 51–74%, $n = 1161$; and C 75–87%, $n = 1280$; H 51–74, $n = 115$; and R 51–87, $n = 459$), LACTATION ORDER_j is the fixed effect of lactation order j (1, $n = 807$; 2, $n = 946$; 3, $n = 767$; 4, $n = 308$; ≥ 5, $n = 452$), MONTH_k is the fixed effect of month k (January, $n = 310$; February, $n = 285$; March, $n = 390$; April, $n = 360$; May, $n = 305$; June, $n = 272$; July, $n = 256$; August, $n = 276$; September, $n = 236$; October, $n = 220$; November, $n = 211$; December, $n = 231$), OESTRUS_l is the fixed effect of period k around oestrus (2 d before oestrus, $n = 849$; 1 d before oestrus, $n = 859$; day of oestrus, $n = 778$; 1 d after oestrus, $n = 866$), $b1*(\text{DIM})$ is the linear regression of days in milk, $b2*(\text{MILK})$ is linear regression of milk production, and e_{ijkl} is the random error.

Significant differences between groups were evaluated at $P < 0.05$, $P < 0.01$, and $P < 0.001$.

Results

The following average values were determined for the period around oestrus: eating time, 282.27 min; rumination time, 462.94 min; and 495 events of increased activity. For all indicators evaluated, the model was significant ($P < 0.001$) and explained 15.4–22.0% of the variability. All effects (breed, lactation order, month, days around oestrus, and regression to days of lactation and daily milk) in the model were significant for all times evaluated (eating, rumination, events of increased activity) ($P < 0.001$). Interactions between effects were not evaluated as part of the model because they were inconclusive. The evaluations for eating time, rumination time, and events of increased activity for the effect of breed are presented in Table 1. The times of eating and chewing during the period around oestrus were significantly ($P < 0.01$) longest for cows H 51–74%. In contrast, the times of eating, chewing, and other activities were shortest for cows C > 88%. The number of events of increased activity was highest (533.4 ± 8.94 events, $P < 0.01$) for cows R 51–74.

Table 1. Evaluation for the breed effect (LSM \pm SELSM).

Group of breed	Feeding time (min/day)	Rumination time (min/day)	Number of increased activity events (events/day)
1 C \geq 88% (n = 337)	261.57 \pm 3.53 ^{A,a}	454.08 \pm 3.79 ^{A,a}	467.40 \pm 10.62 ^A
2 C 51 – 74% (n = 1161)	273.21 \pm 1.89 ^{A,b}	466.72 \pm 2.03 ^{C,b}	478.20 \pm 5.70 ^A
3 C 75 – 87% (n = 1280)	273.20 \pm 1.87 ^{A,b}	457.28 \pm 2.01 ^{D,E}	495.00 \pm 5.64 ^A
4 H 51 – 74% (n = 115)	294.13 \pm 5.89 ^B	484.47 \pm 6.34 ^{B,F,c}	474.00 \pm 17.76 ^a
6 R 51 – 74% (n = 459)	286.97 \pm 2.97 ^B	462.21 \pm 3.19 ^d	533.40 \pm 8.94 ^{B,b}
Overall means	282.27	462.94	495.00

LSM - least square means; SELSM - standard error of least square means; C - Czech Fleckvieh; H – Holstein; R - Red Holstein;

Different uppercase superscripts (A, B, C, D, E) in columns mean statistical significance at $P < 0.01$

Different lowercase superscripts (a, b, c, d) in columns mean statistical significance at $P < 0.05$

The order of lactation was also represented by the lengths of time spent eating and chewing and the number of events of increased activity (Table 2). Feeding time (+3.64 to +51.99 min, $P < 0.01$) was longest in heifers but decreased for subsequent lactations. Events of increased activity had a similar trend. Heifers had the most events of increased activity (519.0 \pm 8.46 events), which decreased with the progression of lactation to five calvings. Only rumination time had no clear tendencies with the number of lactations. Rumination times during the period around oestrus were longest at the fifth and subsequent lactations, differing only slightly compared to other lactations, but some of these differences were significant.

Table 2. Evaluation for parity effect (LSM \pm SELSM)

Lactation order	Feeding time (min/day)	Rumination time (min/day)	Number of increased activity events (events/day)
1 (n = 807)	302.24 \pm 2.80 ^A	461.44 \pm 3.01	519.00 \pm 8.46 ^A
2 (n = 946)	298.60 \pm 2.30 ^A	469.93 \pm 2.48 ^A	514.20 \pm 6.90 ^A
3 (n = 767)	281.60 \pm 2.56 ^B	465.33 \pm 2.75	479.40 \pm 7.68 ^B
4 (n = 308)	256.05 \pm 3.47 ^C	455.57 \pm 3.73 ^{B,C}	467.40 \pm 10.44 ^B
5 and more (n = 452)	250.25 \pm 3.35 ^C	472.50 \pm 3.60 ^D	468.00 \pm 10.08 ^B
Overall means	282.27	462.94	495.00

LSM - least square means; SELSM - standard error of least square means

Different superscripts (A, B, C, D) in columns mean statistical significance at $P < 0.01$

The effect of month on the indicators monitored is presented in Table 3. Feeding time during the period around oestrus was longest ($P < 0.05$ – 0.01) from April to July (289.71–299.45 min) and was significantly shorter from October to February. Chewing time during the period around oestrus was longest in November and December and shortest in summer (June to October), but chewing times often differed significantly ($P < 0.05$ – 0.01). Activity times were similar between months but were longest in January, February, August, and September and often differed significantly between months ($P < 0.05$ – 0.01).

The effect of days around oestrus at the end of the evaluation is presented in Table 4. Feeding time decreased from 283.55 to 270.93 min between the second day before oestrus and the day after oestrus ($P < 0.01$). Rumination time decreased from the second day before oestrus to the day of oestrus (–61.80 min) and then increased again (+33.39 min). Rumination time differed significantly between the days of evaluation ($P < 0.01$). The number of events of increased activity was highest for the day of oestrus (623 \pm 7.68 events) and differed significantly between days ($P < 0.01$).

Table 3. Evaluation for month effect (LSM \pm SELSM).

Month		Feeding time (min/day)	Rumination time (min/day)	Number of increased activity events (events/day)
January	(n = 310)	263.98 \pm 3.71 ^A	472.09 \pm 3.98 ^A	505.20 \pm 11.16
February	(n = 285)	265.84 \pm 3.94 ^A	456.42 \pm 4.23 ^{C,a}	520.80 \pm 11.82 ^A
March	(n = 390)	273.58 \pm 3.47 ^C	459.01 \pm 3.73 ^E	492.60 \pm 10.44
April	(n = 360)	299.45 \pm 3.57 ^{B,D,E}	474.56 \pm 3.84 ^{G,b,c}	496.80 \pm 10.74
May	(n = 305)	297.55 \pm 3.80 ^{B,D,E,a}	472.58 \pm 4.09 ^{I,e}	475.20 \pm 11.46
June	(n = 270)	298.90 \pm 4.02 ^{B,D,E,a}	454.25 \pm 4.33 ^{H,K,f,g}	457.80 \pm 12.12 ^B
July	(n = 256)	289.71 \pm 4.11 ^{B,G}	432.52 \pm 4.42 ^{B,D,F,H,J,M,h}	497.20 \pm 12.36
August	(n = 276)	279.67 \pm 4.00 ^{F,b}	456.09 \pm 4.30 ^{N,O,d}	507.60 \pm 12.00
September	(n = 236)	275.04 \pm 4.22 ^F	460.62 \pm 4.54 ^{N,Q}	506.40 \pm 12.72
October	(n = 220)	261.48 \pm 4.33 ^{F,H}	464.04 \pm 4.66 ^{N,S}	466.80 \pm 13.02
November	(n = 211)	261.06 \pm 4.46 ^{F,H}	481.35 \pm 4.80 ^{D,F,L,N,P}	476.40 \pm 13.44
December	(n = 231)	267.53 \pm 4.20 ^{F,H}	495.92 \pm 4.52 ^{B,D,F,J,L,N,P,R,T,d}	473.40 \pm 12.66
Overall means		282.27	462.94	495.00

LSM - least square means; SELSM - standard error of least square means

Different uppercase superscripts (^{A, B, C, D, E}) in columns mean statistical significance at $P < 0.01$

Different lowercase superscripts (^{a, b, c, d}) in columns mean statistical significance at $P < 0.05$

Table 4. Evaluation for days around heat effect (LSM \pm SELSM).

Period around oestrus		Feeding time (min/day)	Rumination time (min./day)	Number of increased activity events (events/day)
-2	(n = 849)	282.25 \pm 2.45 ^{A,a}	490.03 \pm 2.64 ^A	392.00 \pm 7.38 ^A
-1	(n = 859)	283.85 \pm 2.45 ^A	479.94 \pm 2.63 ^B	423.00 \pm 7.38 ^B
0	(n = 778)	274.24 \pm 2.54 ^{B,b}	428.23 \pm 2.74 ^C	623.00 \pm 7.68 ^C
1	(n = 866)	270.93 \pm 2.45 ^B	461.62 \pm 2.63 ^D	521.00 \pm 7.38 ^D
Overall means		282.27	462.94	495.00

LSM - least square means; SELSM - standard error of least square means

Different uppercase superscripts (^{A, B, C, D, E}) in columns mean statistical significance at $P < 0.01$

Different lowercase superscripts (^{a, b, c, d}) in columns mean statistical significance at $P < 0.05$

Discussion

Feeding time (+3.64 to +51.99 min, $P < 0.01$) was longest in heifers (cows at the first lactation). Gomez and Cook (2010) reported similar results. These studies associated the longer feeding times of heifers with a lower rate of feed intake and more frequent visits to the feeding trough. Heifers receive smaller portions than older dairy cows, when feeding time gradually decreases in subsequent lactations.

Other studies have also found that physical activity was highest for heifers. Similar studies have also concluded that large decreases in rumination time in heifers during oestrus were at the expense of higher activity (Yániz et al. 2006), perhaps due mainly to the higher activity of heifers compared to older dairy cows. This phenomenon (Roelofs et al. 2005) is also explained by the variable length of oestrus, which averages 3 h longer in heifers than older cows (Yániz et al. 2006) following a 21.4% decrease in activity in the older cows.

Chewing times in our study were longest at the fifth and subsequent lactations, consistent with the findings of other studies that also reported longer rumination times in older dairy cows (Kowsar et al. 2008).

Rumination time was longest in winter. Similar results were reported by Acatinai et al. (2010) and Müschner-Siemens et al. (2020), who associated them mainly with heat stress, from which dairy cows do not suffer during winter. In contrast, chewing time for our dairy cows was lowest in summer, consistent with the finding that cows chewed more while standing in the summer than the winter (Acatinai et al. 2010), the same as our results.

The decrease in rumination time in the days before oestrus is associated with a decrease in feed intake, which is strongly correlated with rumination time (Kaske et al. 2002). Indeed, dairy cows spend less time feeding during oestrus. Phillips and Schofield (1990) observed a 5–20% reduction in feed intake, with the largest decrease on the day of oestrus, because the total intakes of feed and water decrease during oestrus (Reith and Hoy 2012). Feed intake in our experiment had already decreased two days before oestrus. In contrast, Pahl et al. (2015) recorded decreases in feed intake and rumination time only the day before oestrus. Rumination time in dairy cows before oestrus decreases by averages of 18–20% (Reith and Hoy 2012). In contrast, the difference between rumination times before and on the day of oestrus in our animals averaged only 12.6%. Pahl et al. (2015) recorded a reduction in rumination time of 68 min in heifers and of 80 min in older cows on the day of oestrus, which were slightly higher than in our study, where the average reduction in rumination time was only 61.80 min. Decrease in rumination time, however, may be even smaller during oestrus, as confirmed by Reith and Hoy (2012), who reported an average decrease of only 55 min. Pahl et al. (2015) reported that times returned to normal the day after oestrus.

The activity of dairy cows increases greatly during rutting, in contrast to previous indicators of rumination and feeding times, which decrease during rutting. The activity of dairy cows increases by an average of 38.7% at the time of oestrus (Firk et al. 2002), when cows are more restless and display more mounting and walking behaviours and when locomotor activity can be four times higher compared to non-ovarian days (Schofield et al. 1991). The amount of time dairy cows spend walking increases linearly from 72 to 16 h before oestrus and then increases significantly during oestrus (Arney et al. 1994).

The effect of breed on changes in rumination and chewing times and number of events of increased activity during oestrus has not previously been reported. The herd in our study was in a phase of upgrading crossbreeding with Holsteins. Dairy cows with a higher proportion of Holstein blood eat and ruminate longer than do Czech Fleckvieh cows, because milk yield and therefore metabolism are higher.

Vitalimetr 5P was an efficient technology for improving the management of dairy cows. Due to its ability to use more physiological indicators for the detection of oestrus, Vitalimetr 5P is a good tool for improving the reproductive traits of herds and thus for reducing culling due to the problematic reproduction of dairy cows, thereby increasing profits. Our findings can improve the precision of the algorithm for detecting oestrus in different breeds and in all seasons of the year.

Acknowledgements

The study was supported from the “S” grant of MŠMT ČR, NAZV project no. QK1910242, CZU SGS project no. SV21-6-21320.

References

- Acatinai S, Gavojdian D, Stanciu G, Toma C, Zisizter L, Tripon I, Baul S 2010: Study regarding rumination behavior in cattle-position adopted by cows during rumination process. *Anim Sci Biotechnol* **43**: 2
- Arney DR, Kitwood SE, Phillips CJC 1994: The increase in activity during oestrus in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* **40**: 211-218
- At-Taras EE, Spahr SL 2001: Detection and characterization of oestrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J Dairy Sci* **84**: 792-798

- Brehme U, Stollberg U, Holz R, Schleusener T 2008: ALT pedometer-New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Comput Electron Agric* **62**: 73-80
- De Vries A 2006: Economic value of pregnancy in dairy cattle. *J Dairy Sci* **89**: 3876–3885
- Diskin MG, Sreenan JM 2000: Expression and detection of oestrus in cattle. *Reprod Nutr Dev* **40**: 481-491
- Firk R, Stamer E, Junge W, Krieter J 2002: Automation of oestrus detection in dairy cows: A review. *Livest Prod Sci* **75**: 219-232
- Gomez A, Cook NB 2010: Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J Dairy Sci* **93**: 5772-5781
- Kaske M, Beyerbach M, Hailu Y, Göbel W, Wagner S 2002: The assessment of the frequency of chews during rumination enables an estimation of rumination activity in hay-fed sheep. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* **86**: 83-89
- Kowsar R, Ghorbani GR, Alikhani M, Khorvash M, Nikkhah A 2008: Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. *J Dairy Sci* **91**: 4755-4764
- Løvendahl P, Chagunda MGG 2010: On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *J Dairy Sci* **93**: 249-259
- Müschner-Siemens T, Hoffmann G, Ammon C, Amon T 2020: Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *J Therm Biol* **88**: 102484
- Pahl C, Hartung E, Mahlkow-Nerge K, Haeussermann A 2015: Feeding characteristics and rumination time of dairy cows around estrus. *J Dairy Sci* **98**: 148-154
- Phillips CJC, Schofield SA 1990: The effect of environment and stage of the oestrous cycle on the behaviour of dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* **27**: 21-31
- Reith S, Hoy S 2012: Relationship between daily rumination time and estrus of dairy cows. *J Dairy Sci* **95**: 6416-6420
- Reith S, Brandt H, Hoy S 2014: Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livest Sci* **170**: 219-227
- Roelofs JB, Van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B 2005: Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **64**: 1690-1703
- Schofield SA, Phillips CJC, Owens AR 1991: Variation in the milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrous period of dairy cows. *Anim Reprod Sci* **24**: 231-248
- Yániz JL, Santolaria P, Giribet A, López-Gatius F 2006: Factors affecting walking activity at estrus during postpartum period and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* **66**: 1943-1950

The influence of eating and rumination time on solids content in milk and milk yield performance of cows

Radim Codl*, Jaromír Ducháček, Mojmír Vacek, Jan Pytlík, Luděk Stádník, Marek Vrhel

Animal Husbandry, FAPPZ, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

*Corresponding author: codl@af.czu.cz

Citation: Codl R., Ducháček J., Vacek M., Pytlík J., Stádník L., Vrhel M. (2023): The influence of eating and rumination time on solids content in milk and milk yield performance of cows. Czech J. Anim. Sci., 68: 161–168.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effect of rumination time, eating time and season on milk yield and on milk component content in the context of milk recording. The experiment was carried out with two breeds – Czech Fleckvieh cattle and Holstein cattle – for one year. Vitalimetr 5P neck responders were used to monitor eating and rumination time. For statistical evaluation, the time of eating and rumination was divided into three groups according to the length of eating and ruminating, with each breed being categorised separately. The highest protein content, which was 3.6%, was calculated for the group with an average eating time. The fat content was highest for the group with a below-average eating time. On the other hand, the highest milk yield was statistically significantly ($P < 0.01$) higher in the group with the longest eating time. In terms of rumination, the trend was similar to that of the eating period. In the evaluation of the effect of rumination time, there was no difference in protein %, fat kg and fat % content. A significant ($P < 0.05$) increase of protein kg was observed with higher rumination time. Changes in milk yield and milk components also occurred throughout the year. During the winter months, the yield decreased, but there was an increase in milk constituent content. During the summer months, the reverse results were obtained. The findings of this study highlight the importance of evaluating eating and rumination time as a potential predictor of milk yield and milk solids content, which are important in milk monetization.

Keywords: dairy cattle; ethology; season

Milk production is affected by many factors. These factors can be divided into environmental factors such as temperature, photoperiod, nutrition and internal factors, i.e. genetic background and, for example, the time of eating or rumination of dairy cows. These factors are interrelated, either directly or indirectly, and can influence both the quantity of the milk produced and its components (Dahl et al. 2000; Bernabucci et al. 2015). With the increasing pressure on milk production and the economics of dairy farming, it is important

to keep track of the cash flow of dairy cows in the herd and to use modern automated technologies (Brito et al. 2021).

In addition, systems based on the measurement of the physiological parameters of dairy cows could also help us with milk price prediction based on the estimation of yield and on the content of important milk components, such as fat and protein, for milk monetisation.

Before the invention of automated rumination logging systems, researchers estimated the rumination

Supported from the “S” grant of MŠMT ČR, NAZV Project No. QK1910242, CZU SGS Project No. SV21-6-21320.

© The authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

time based on direct visual observations (Stone et al. 2017). Nowadays, modern active sensor systems are used that share information at short intervals directly with the farm management on a device connected to the network (Barker et al. 2018). It is already known from a great deal of previous research (Beauchemin 2018) that eating times are closely related to rumination times, and these longer times are connected with the probability of higher milk yields. Rumination time is also an indicator of welfare, i.e. cow satisfaction (Bernhard et al. 2021).

The literature review described above suggests that monitoring and evaluating eating and rumination times can have a significant relationship with overall yield and milk solids content. Therefore, the objectives of this study were to assess the effect of eating, rumination time and parity in combination with the season on the amount of milk produced, or on milk component content on the day of milk recording.

MATERIAL AND METHODS

Data from two farms were used for the evaluation; 454 Czech Fleckvieh cows on the first one, and 303 Holstein cows on the second one. The trial was performed over the course of one year. The average milk yield of the Czech Fleckvieh herd was 7 247 kg of milk per standard lactation, with fat content of 4.38% and protein content of 3.66%. The average yield in the Holstein herd was 10 063 kg of milk per 305-day lactation, with fat content of 4.12% and protein content of 3.55%. On both farms, the dairy cows were housed in freestall barns during lactation. Milking took place three times per day in a herringbone milking parlour for 24 cows (2 × 12 stalls). The milk recording was carried out according to the standard method of the ICAR by milk performance control. All dairy cows were fed a total mixed ration (TMR) based on maize silage, higher dry matter silage, concentrated grain feed, and mineral feed supplements. The composition of the rations was matched to the lactation stage and the current daily milk yield of the dairy cows.

Both farms used the same system for recording dairy cow activities (eating, ruminating) – Vitalimetr 5P (FARMTEC a.s., Jistebnice, Czech Republic). Data on cow lactation number (NL), milk yield control results (protein %, protein kg, fat %, fat kg, milk yield kg), and calving date were

taken from the dairy herd management software FARMISOFT Management (FARMTEC a.s., Jistebnice, Czech Republic).

Compiling and filtering of eating and rumination data

Data on eating and rumination time from nine days prior to the milking records until the actual day of the milking records were selected for evaluation for the observed dairy cows. Records with a very low eating time (< 50 min/day) and rumination time (< 100 min/day) were excluded from the final evaluation. Data were also adjusted for excessive eating (> 500 min/day) and rumination (> 700 min/day) records. Furthermore, data where complete daily milk yield records were missing were not used for evaluation. Finally, dairy cows with two or more days of missing records of eating and rumination were excluded from the evaluation.

Statistical evaluation

Statistical evaluation was performed in SAS v9.4 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA). The basic statistics of the dataset were calculated using the MEANS and UNIVARIATE procedures. Further evaluation was carried out using the REG procedure to determine the relationship between eating time or rumination time and milk yield parameters. Fat and protein contents in kg were also evaluated and converted to grams in the regressions for better illustration. Main evaluation was performed using the MIXED procedure with a repeated measures design. The STEPWISE method of the REG procedure was used to select the appropriate model to evaluate the indicators. The most appropriate model was selected based on the Akaike information criterion. For the actual evaluation, groups of daily eating and rumination times were created for each of the evaluated breeds separately. The groups were formed based on the arithmetic mean and standard deviation of the values obtained ($(\bar{x}) - 1/2s$; $(\bar{x}) - 1/2s$ to $(\bar{x}) + 1/2s$; $(\bar{x}) + 1/2s$). This ensured an even distribution of breeds within the groups while accounting for the metabolic differences between the specialized milking and dual-purpose (cattle) breeds. For the Czech Fleckvieh cows, the daily eating time groups were

divided into intervals of up to 244 min for group 1, 245 to 314 min for group 2, and over 315 min for group 3. For Holstein cows, the daily eating time groups were divided into intervals of up to 278 min for group 1, 279 to 352 min for group 2, and over 353 min for group 3. For Czech Fleckvieh cattle, the daily rumination time groups were divided into intervals of up to 436 min for group 1, 437 to 493 min for group 2, and over 494 min for group 3. Similarly, for Holstein cattle, the daily rumination time groups were up to 454 min for group 1, 454 to 515 min for group 2, and over 516 min for group 3. For evaluation, the effect of parity was divided into four levels: dairy cows in the first, in the second, in the third, and in the fourth and subsequent lactations. The addition of the breed effect was a matter of course (Czech Fleckvieh, Holstein). The seasons of the year were then entered into the actual model equation: Spring – March, April and May; Summer – June, July and August; Autumn – September, October and November; Winter – December, January and February. Finally, the model equation was augmented with linear regressions for days in milk at milking records, appropriate breeding values for the parameters evaluated, and a random animal effect. A detailed evaluation of the significance of differences between effect levels was performed using the Tukey-Kramer test. The following model equations were used for the actual evaluation:

$$Y_{ijklm} = \mu + GE_i^* \text{ or } GCH_i^* + NL_j + SO_k + BR_l + b_1^*(DIM) + b_2^*(anim) + b_3^*(MY) + e_{ijklm} \quad (1)$$

where:

- Y_{ijklm} – monitored parameters from the milk performance control (protein %, protein kg; fat %, fat kg; milk yield kg);
- μ – mean value of the dependent variable;
- GE_i – fixed effect of eating time group ($i = < 244$ min and/or < 278 min, $n = 1\ 798$; $i = 245$ – 314 min and/or 279 – 352 min, $n = 2\ 077$; $i = > 315$ min and/or > 353 min, $n = 1\ 631$);
- GCH_i – fixed effect of rumination time group ($i = < 436$ min and/or < 454 min, $n = 1\ 556$; $i = 437$ – 493 min and/or 455 – 515 min, $n = 2\ 321$; $i = > 494$ min and/or > 516 min, $n = 1\ 629$);
- NL_j – fixed parity effect ($j = 1$, $n = 1\ 489$; $j = 2$, $n = 1\ 809$; $j = 3$, $n = 1\ 305$; $j = 4$ and subsequent, $n = 903$);
- SO_k – fixed seasons of the year ($k =$ Spring – March, April, May, $n = 1\ 347$; $k =$ Summer – June, July, August, $n = 1\ 418$; $k =$ Autumn – September,

- October, November, $n = 1\ 378$; $k =$ Winter – December, January, February, $n = 1\ 363$);
- BR_l – fixed breed effect ($l =$ Czech Fleckvieh cattle, $n = 3\ 093$; $l =$ Holstein cattle, $n = 2\ 413$);
- $b_1^*(DIM)$ – linear regression on days in milk;
- $b_2^*(anim)$ – repeated effect of animal ($n = 698$);
- $b_3^*(MY)$ – linear regression on milk yield kg (for fat %, fat kg, protein %, protein kg);
- e_{ijklm} – random estimation error.

Significance levels $P < 0.05$ and $P < 0.01$ were used.

RESULTS

The average eating time was 292.94 ± 74.37 min for both breeds evaluated (276.43 ± 70.45 min for Czech Fleckvieh, 314.11 ± 73.91 min for Holstein). For the rumination time parameter an average of 471.8 ± 60.46 standard deviation (SD) min was determined [462.46 ± 57.79 (SD) min for Czech Fleckvieh, 483.76 ± 61.69 (SD) min for Holstein]. The observed animals were on an average of 171 ± 95.93 (SD) days of lactation, and the average parity was 2.29 ± 1.04 (SD) lactations.

The evaluation of the linear regressions using the REG procedure led to the following conclusions. For every extra minute of rumination, a dairy cow increased the milk yield by $+0.03$ kg, whereas for rumination it was $+0.02$ kg. From our findings it appears that in one minute of eating, 0.039 kg of milk is produced by Holsteins and 0.035 kg by Czech Fleckvieh cows. Completely opposite results were calculated for protein in kg and %, with a decrease of about 0.001% for each additional minute of eating time. The rumination time showed an opposite but mostly clear tendency for protein content. Almost completely reverse results were then observed when expressing the relationship of the eating time or rumination time to the fat content in % and kg.

In total, two variants of the evaluation were performed, namely with eating time groups and rumination time groups. The model equation with the effect of eating group for the evaluated parameters of milk recording was statistically significant and explained from 18% (% milk fat) to 56% (milk yield kg) of the variability. All effects in the model equation for milk yield and fat content were statistically significant ($P < 0.01$). In the evaluation of the milk protein content parameter, only the effect of animal was not significant.

Under the variant of the calculation with the effect of rumination group, the model equation was also significant for all evaluations, and an r^2 ranging from 0.183 (fat %) to 0.547 (milk yield kg) was observed. For the milk yield parameter, all effects were statistically significant ($P < 0.01$) in the model equation. Most of the effects for fat content were statistically significant ($P < 0.01$). Lower significance was observed in this model equation for the effects of lactation number and animal ($P < 0.05$). As in the variant evaluation with eating groups, only the effect of animal was statistically insignificant when evaluating milk protein % content.

Table 1 shows the results for the evaluation of the eating and rumination time groups for protein % and kg, fat % and kg content and milk yield. In terms of protein content, the highest protein content was in the group with the longest eating time. The lowest protein content was in the group with the shortest eating time that was lower compared to the group of average eating time. Fat content had a reverse trend of protein. As the eating time increased, the fat content decreased. Milk yield had the same trend as protein, when the highest milk yield was obtained in the group with above-average eating time. In terms of the duration of rumination time, the highest protein content was found in the second group, compared to the lowest value recorded in the first group. A similar trend, but significant, was then recorded for the protein content in kg. In the case of fat percentage, the trend of fat was similar to that of the rumination group where the fat content decreased with the length of rumination time. This was also confirmed in the evaluation of fat content in kg, when the lowest

value was in the group with the longest rumination time. Milk yield increased with rumination time. Table 2 shows the evaluation for the lactation number, season and breed effect. In terms of protein content, the trend of the evaluation was not completely clear; in both cases, the highest protein content was in the third lactation and the lowest was in the first lactation. Fat content had a decreasing trend with the number of lactations in both evaluation variants. For the variant with rumination effect, the trend was similar. The same trends in values and significance were confirmed in the evaluation of protein and fat content in kg, see Table 2. With the parity, the daily milk yield increased statistically significantly from the first lactation to the fourth and further lactations ($P < 0.01$) in both calculation variants. The seasons of the year also had a significant effect on milk yield control results. In the case of protein, winter months showed the highest protein content. In contrast, the lowest protein content was observed in summer. In the case of variable eating, the highest milk fat content was found in winter. For the rumination variable, the highest milk fat contents were found in winter and spring. The lowest milk fat was found in summer, both for eating and for ruminating. The protein and fat content per kg were very similar and there was a large number of differences that were statistically significant (at the level of significance $P < 0.01$). The highest values of milk yield were recorded during summer for eating and for rumination. In contrast, the lowest value was measured in spring for milk and rumination time. Numerous statistically significant ($P < 0.01$) differences were observed between the different seasons of the year.

Table 1. Effect of eating and rumination on milk yield and milk solids components

	Eating			Rumination			SEM	P-value	
	1	2	3	1	2	3		eating	rumination
C (min)	< 244	245 to 314	> 315	< 436	437 to 493	> 494	–	–	–
H (min)	< 278	279 to 352	> 353	< 454	415 to 515	> 516	–	–	–
Protein (%)	3.53 ^A	3.60 ^B	3.61 ^B	3.57	3.58	3.58	0.21	0.01	0.13
Protein (kg)	0.98 ^A	1.01 ^B	1.01 ^B	0.99 ^{Aa}	1.00 ^B	1.00 ^b	0.16	0.01	0.01
Fat (%)	4.3	4.3	4.25	4.3	4.29	4.27	0.51	0.05	0.39
Fat (kg)	1.20 ^a	1.20 ^a	1.19 ^b	1.2	1.2	1.19	0.21	0.01	0.42
Milk yield	26.82 ^A	29.55 ^B	30.85 ^C	27.20 ^A	29.15 ^B	30.20 ^C	4.61	0.01	0.01

C = Czech Fleckvieh; H = Holstein; SEM = standard error of the mean

^{A-C}Different uppercase superscripts in columns indicate a statistical significance at $P < 0.01$

^{a,b}Different lowercase superscripts in columns indicate a statistical significance at $P < 0.05$

Table 2. Effect of parity, season and breed on milk yield and milk solids components

	Parity				Season				Breed		SEM	P-value			
	1	2	3	4 and more	spring	summer	fall	winter	C	H		season	parity	breed	
Eating	protein (%)	3.52 ^A	3.57 ^B	3.61 ^C	3.60 ^C	3.60 ^A	3.44 ^B	3.60 ^A	3.68 ^C	3.68 ^A	3.48 ^B	0.21	0.01	0.01	0.01
	protein (kg)	0.99 ^A	1.00 ^{B,a}	1.01 ^C	1.01 ^{Cb}	1.00 ^A	0.96 ^B	1.01 ^A	1.03 ^C	1.03 ^A	0.97 ^B	0.16	0.01	0.01	0.01
	fat (%)	4.26	4.3	4.32	4.26	4.37 ^A	4.12 ^B	4.28 ^C	4.37 ^A	4.32 ^A	4.25 ^B	0.51	0.01	0.04	0.01
	fat (kg)	1.2	1.2	1.21 ^a	1.19 ^b	1.21 ^A	1.15 ^B	1.19 ^C	1.22 ^A	1.20 ^A	1.19 ^B	0.21	0.01	0.06	0.01
	milk yield	25.70 ^A	29.52 ^B	30.45 ^C	30.63 ^C	28.62 ^A	30.01 ^B	28.68 ^A	28.99 ^A	25.90 ^A	32.25 ^B	4.55	0.01	0.01	0.01
Rumination	protein (%)	3.54 ^A	3.58 ^B	3.61 ^{Ca}	3.58 ^{Bb}	3.59 ^A	3.44 ^B	3.59 ^A	3.67 ^C	3.68 ^A	3.47 ^B	0.21	0.01	0.01	0.01
	protein (kg)	0.99 ^{Aa}	1.00 ^{Ab}	1.01 ^B	1	1.00 ^A	0.96 ^B	1.01 ^A	1.03 ^C	1.03 ^A	0.97 ^B	0.16	0.01	0.01	0.01
	fat (%)	4.26 ^a	4.3	4.32 ^b	4.27	4.38 ^A	4.11 ^B	4.28 ^C	4.38 ^A	4.32 ^A	4.25 ^B	0.51	0.01	0.03	0.01
	fat (kg)	1.19	1.2	1.21	1.19	1.22 ^A	1.15 ^B	1.20 ^C	1.22 ^A	1.20 ^A	1.19 ^B	0.21	0.01	0.07	0.01
	milk yield	26.22 ^A	29.67 ^B	30.18 ^C	29.33 ^B	28.21 ^A	30.41 ^B	28.44 ^A	28.35 ^A	25.63 ^A	32.07 ^B	4.61	0.01	0.01	0.01

C = Czech Fleckvieh; H = Holstein; SEM = standard error of the mean

^{A–C}Different uppercase superscripts in columns indicate a statistical significance at $P < 0.01$

^{a,b}Different lowercase superscripts in columns indicate a statistical significance at $P < 0.05$

Finally, an evaluation for the effect of breed affiliation can be added. As expected, Holstein cattle had significantly ($P < 0.01$) higher milk yield values, but their milk had lower fat and protein content in % and kg.

DISCUSSION

Our findings for average eating and rumination times were consistent with the values measured for rumination and eating by other authors (Braun et al. 2015; Johnston and DeVries 2018). In the case study (Braun et al. 2015), dairy cows were eating and ruminating for a shorter time on average than in our study, averaging 265 min/day of eating and 441 min/day of ruminating. In the study by Johnston and DeVries (2018), dairy cows were eating for 279.6 min/day on average for a slightly shorter time and ruminating for a longer duration of 516 min/day. Johnston and DeVries (2018) also found a correlation between the milk yield, eating time and rumination time of dairy cows. High-yielding cows tend to have greater feed intake to support energy demand (Krpalkova et al. 2022). Our results of linear regression confirmed that milk production is positively influenced by feed intake (Shabi et al. 2005). Also, milk production is influenced by the behavioural pattern of dairy cattle such as resting time, rumination, eating (Grant 1995). Fregonesi and Leaver (2002)

reported that high-yielding dairy cows have higher feed intake, which translates into longer rumination times than in low-yielding cows. Schirmann et al. (2012) confirmed this statement and added that dairy cows with higher dry matter intake also take longer to process the feed received and thus they have longer rumination times. Following this, Krause et al. (2002) found a positive correlation between feed particle length, feed intake and rumination.

The rumination time may also be relatable to milk yield and milk composition (Byskov et al. 2015). In the study of Marino et al. (2021), dairy cows with the longest rumination time had the highest total protein content, but the percentage of protein content decreased from 3.48% to 3.38% with higher rumination time, compared to a 0.18 kg increase in total protein content. In our results, compared to the above-mentioned study, there was a progressive increase in protein content with rumination time and thus a 0.2 kg increase in milk protein compared to the group with the shortest rumination time.

The percentage of fat in milk followed the opposite trend to that of protein, with fat being negatively affected by a longer rumination time in dairy cows. This fact was confirmed by other authors, for example by Andreen et al. (2020). These authors observed a 0.02% decrease in fat per 60 min increase in rumination. The difference in our study was between rumination groups 1

and 3 ruminating for approximately 70 min and a 0.03% decrease in fat content was the same. The study of Kaufman et al. (2018) also confirmed the negative effect of rumination time on the percentage of milk fat content. In their study, there was a 0.059% decrease in fat content for every 30 min of rumination time. According to the cited authors, a decrease in the percentage of milk fat content was associated with higher milk yield, which was also associated with higher rumination (Kaufman et al. 2018; Andreen et al. 2020).

As the rumination time increased, milk yield increased. Consistent with this finding are the records of Johnston and DeVries (2018) and Marino et al. (2021). Johnston and DeVries (2018) predicted an increase of 1.26 kg of milk for each additional hour of rumination and, in addition, their result shows that there is a difference of 8.7 kg of milk per day between cows with the highest and the lowest rumination times. In the work of Marino et al. (2021) a difference of 6.22 kg of milk per day was found between the highest and the lowest rumination groups. Compared to the data found in our study, the differences were more significant in the authors cited. In our observation, the difference between the longest and the shortest rumination time was 3 kg of milk yield from the regression results, with each additional hour of rumination there was an increase of 1.59 kg of milk in milk production.

Marino et al. (2021) also described the relationship between daily rumination time, milk yield and milk solids content. This relationship may be influenced by two factors: simple dilution effects due to differences in milk yield; or differences in the availability of precursors at the udder level that originate from ruminal activity and absorption. It is clear from their study that milk yield increases with higher average rumination time per 10 days. Additionally, these authors described a higher total fat content in milk, which was slightly lower in percentage terms than in cows with shorter rumination time. A similar conclusion was reached by White et al. (2017), who found that high-yielding dairy cows ruminate close to their physiological maximum.

The amount of milk produced and its composition change throughout the year. These changes were the focus of several authors in the past (Barash et al. 2001; Dahl and Petitclerc 2003; Soriani et al. 2012; Bertocchi et al. 2014). In their studies, these authors attribute a decline in milk

production during the winter months to a shorter photoperiod. The opposite is the case in the summer months, when the days are longer and an increase in milk production is observed. Barash et al. (2001) and Bezdicek et al. (2021) reported an average increase of 1.2 kg in milk production for every extra hour of sunlight. They also observed a decrease in milk fat and protein in spring and an increase in autumn again. These times of the year correspond to approximately the same climatic conditions. Thus, the difference in the spring and autumn months is due to the lengthening photoperiod or the stage of lactation rather than to heat stress. In contrast, the large decrease in fat and protein percentage content observed in summer, both in our study and in that of the authors mentioned above, is probably related to the negative effect of the hot conditions on the synthesis of these milk components. Dahl and Petitclerc (2003) also found changes in milk production and milk constituents. They attributed these changes mainly to the dilution of the components in milk due to its increased production. This was confirmed by our work. In a study (Bertocchi et al. 2014) of the effect of seasons on milk production and characteristics, the authors observed a reduction in milk fat and protein concentrations when the average daily temperature was above 14 °C and the average daily temperature-humidity index (THI) was above 55, corresponding to the summer months. Milk composition is affected by both longer days and higher temperatures during the summer season. Acosta-Balcazar et al. (2022) and Park (2022) explain a decrease in milk constituent content by the fact that high temperatures above 30 °C reduce the eating time and the associated milk constituent content. Thus, our calculated milk yield and milk composition values are physiologically justified and agree with the above-mentioned studies.

CONCLUSION

The results of our study confirm the importance of routine monitoring of eating and rumination duration using modern automatic devices. Despite some differences in the milk production of Holstein and Czech Fleckvieh dairy cows, changes in the length of eating and rumination time were similar. The increase in the eating and rumination time

was reflected in higher milk yield but also in slightly lower milk solids content, on which the milk is monetized. Our work has also confirmed the influence of the season, which, in combination with the results presented earlier, can provide a good basis for predicting milk production based on nutrition, rumination and other factors. Based on this prediction, we will be able to refine models for milk yield and solids content. These models will be the next step in precision animal production and will help farmers to plan cash flows more efficiently.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Acosta-Balcazar IC, Quiroz-Valiente J, Granados-Zurita L, Aranda-Ibanez EM, Hernandez-Nataren E, Rincon-Ramirez JA, Granados-Rivera LD. Effect of genotype, lactation and climatic factors on fatty acid profile of bovine milk. *Czech J Anim Sci.* 2022 May 26;67(5):167-75.
- Andreen DM, Haan MM, Dechow CD, Harvatine KJ. Relationships between milk fat and rumination time recorded by commercial rumination sensing systems. *J Dairy Sci.* 2020 Apr 8;103(9):8094-104.
- Barash H, Silanikove N, Shamay A, Ezra E. Interrelationships among ambient temperature, day length, and milk yield in dairy cows under a mediterranean climate. *J Dairy Sci.* 2001 Jun 1;84(10):2314-20.
- Barker ZE, Vazquez Diosdado JA, Codling EA, Bell NJ, Hodges HR, Croft DP, Amory JR. Use of novel sensors combining local positioning and acceleration to measure feeding behavior differences associated with lameness in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2018 Apr 25;101(7):6310-21.
- Beauchemin KA. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2018 Jan 11;101(6):4762-84.
- Bernabucci U, Basirico L, Morera P, Dipasquale D, Vitali A, Piccioli Cappelli F, Calamari L. Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *J Dairy Sci.* 2015 Mar;98(3):1815-27.
- Bernhard JK, Stucki D, Achermann RL, Rediger R, Fadul M, Steiner A. The lying and rumination behavior of healthy dairy cows housed in tie stalls is associated with bedding depth. *Schweiz Arch Tierheilkd.* 2021 Jun 1;163(6):419-29.
- Bertocchi L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A, Varisco G, Bernabucci U. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. *Animal.* 2014 Feb 11;8(4):667-74.
- Bezdicke J, Nesvadbova A, Makarevich A, Kubovicova E. Negative impact of heat stress on reproduction in cows: Animal husbandry and biotechnological viewpoints: A review. *Czech J Anim Sci.* 2021 Aug 31;66(8):293-301.
- Braun U, Zurcher S, Hassig M. Evaluation of eating and rumination behaviour in 300 cows of three different breeds using a noseband pressure sensor. *BMC Vet Res.* 2015 Sep 4;11: 6 p.
- Brito LF, Bedere N, Douhard F, Oliveira HR, Arnal M, Penagaricano F. Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal.* 2021 Jul 20;15: 14 p.
- Byskov MV, Nadeau E, Johansson BEO, Norgaard P. Variations in automatically recorded rumination time as explained by variations in intake of dietary fractions and milk production, and between-cow variation. *J Dairy Sci.* 2015 Mar 18;98(6):3926-37.
- Dahl GE, Petitclerc D. Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *J Anim Sci.* 2003 Mar;81(3):11-7.
- Dahl GE, Buchanan BA, Tucker HA. Photoperiodic effects on dairy cattle: A review. *J Dairy Sci.* 2000 Oct 1;83(4):885-93.
- Fregonesi JA, Leaver JD. Influence of space allowance and milk yield level on behaviour, performance and health of dairy cows housed in strawyard and cubicle systems. *Livest Prod Sci.* 2002 Dec 20;78(3):245-57.
- Grant RJ. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J Anim Sci.* 1995 Sep 1;73(9):2791-803.
- Johnston C, DeVries TJ. Short communication: Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. *J Dairy Sci.* 2018 Apr 1;101(4):3367-73.
- Kaufman EI, Asselstine VH, LeBlanc SJ, Duffield TF, DeVries TJ. Association of rumination time and health status with milk yield and composition in early-lactation dairy cows. *J Dairy Sci.* 2018 Oct 18;101(1):462-71.
- Krause KM, Combs DK, Beauchemin KA. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminant pH and chewing activity. *J Dairy Sci.* 2002 Aug 1;85(8):1947-57.
- Krpalkova L, O'Mahony N, Carvalho A, Campbell S, Walsh J. Association of rumination with milk yield of early, mid and late lactation dairy cows 21. *Czech J Anim Sci.* 2022 Mar 15;67(3):87-101.
- Marino R, Petrera F, Speroni M, Rutigliano T, Galli A, Abeni F. Unraveling the relationship between milk yield and quality at the test day with rumination time recorded by a plf technology. *Animals.* 2021 May 28;11(6):1-14.

- Park S. Application strategy for sustainable livestock production with farm animal algorithms in response to climate change up to 2050: A review. *Czech J Anim Sci.* 2022 Nov 30;67(11):425-41.
- Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Heuwieser W, von Keyserlingk MAG. Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci.* 2012 Jun 1;95(6):3212-7.
- Shabi Z, Murphy MR, Moallem U. Within-day feeding behavior of lactating dairy cows measured using a real-time control system. *J Dairy Sci.* 2005 May 1;88(5):1848-54.
- Soriani N, Trevisi E, Calamari L. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *J Anim Sci.* 2012 Dec 1;90(12):4544-54.
- Stone AE, Jones BW, Becker CA, Bewley JM. Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. *J Dairy Sci.* 2017 Mar 1;100(3):2395-403.
- White RR, Hall MB, Firkins JL, Kononoff PJ. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. *J Dairy Sci.* 2017 Oct 4; 100(12):9551-68.

Received: December 31, 2022

Accepted: February 27, 2023

Published online: April 24, 2023

USING CHANGES IN EATING AND RUMINATION TIME TO INDICATE THE ONSET OF PARTURITION OR CHANGES IN THE HEALTH STATUS OF DAIRY COWS

Radim Cobl¹, Jaromír Ducháček¹, Jan Pytlík¹, Mojmír Vacek¹, Marek Vrhel¹

¹Department of Animal Science, Faculty of Agrobiological Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, 165 00 Prague-Suchbát, Czech Republic

Link to this article: <https://doi.org/10.11118/actaun.2021.049>

Received: 14. 6. 2021, Accepted: 26. 8. 2021

To cite this article: COBL RADIM, DUCHÁČEK JAROMÍR, PYTLÍK JAN, VACEK MOJMÍR, VRHEL MAREK. 2021. Using Changes in Eating and Rumination Time to Indicate the Onset of Parturition or Changes in the Health Status of Dairy Cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 69(5): 555–561.

Abstract

Monitoring the time of rumination and eating of dairy cows, by new technologies, is increasingly used in commercial herds. Evaluation of parameters obtained from Vitalimeter 5P, was performed in 656 dairy cows Czech Fleckvieh and Holstein cattle, including their crossbreeds. The aim of the study was evaluation the relationship between the impending calving, the occurrence of the diseases with a change in rumination, and eating time. On the day of birth, the rumination time decreased by 122.9 min. and eating by 11.35 min. compared to the normal state before calving. The decrease in rumination and eating on the day of calving was significantly ($P < 0.05$) different depending on the lactation order. The decrease in rumination time and eating is also significant ($P < 0.01$) with the onset of the diseases. In metabolic disorders, the rumination time decreased on the day of detection by 128.95 min./day compared to the 3rd day before the problem was detected. Following this, the eating time decreased by 72.03 min./day. For postpartum diseases, the rumination time changed in day of detection by - 88.75 min./day and the eating time by - 68.67 min. against the normal set 3 days before the disease is detected. The lowest decreases in terms of rumination and eating occurred in the case of mastitis, when the eating time decreased by 36.28 min. and a rumination time by 43.01 min. This balanced decrease in both parameters did not manifest itself in other diseases. Our results show Vitalimetr 5P as a good tool for the detection onset of calving and diseases.

Keywords: dairy cattle, rumination, eating, onset of parturition, health

INTRODUCTION

Enlarge dairy herds and a shortage of workers lead to the need for ever-greater use of automation while ensuring dairy farming. Also, related to reducing the number of attendant's pressure to reduce the cost of milk production (Awasthi *et al.*, 2016). This has reduced human contact with animals and thus reduced the possibility of early detection of changes in health. Therefore, in automatic farms, automatic monitoring systems

capable of detecting changes in the health status of dairy cows are needed (Helwatkar *et al.*, 2014).

The profitability of dairy farming largely depends on good management of the periparturient period. Therefore, early and accurate detection of the onset of calving is also important. Calving detection is difficult in modern breeding conditions with numerous herds (Benaissa *et al.*, 2020). Visual signs signaling the onset of calving are known, but these signs show variability and their monitoring requires the physical presence of a person. Therefore, there

is room for automatic monitoring systems to record changes in eating behavior and the use of these changes to indicate the onset of calving (Schirmann *et al.*, 2013; Pahl *et al.*, 2014). Eating and rumination belong among the cattle's basic vital signs associated with receiving and digesting food. Observing the feeding behavior of dairy cattle provides useful information about the health of the animal and approaching calving. Good health and welfare is a prerequisite for their normal feeding behavior. Eating behavior is essential in compiling the clinical picture of a sick animal. Therefore, eating and rumination are commonly monitored in sick cows during and after treatment (Braun *et al.*, 2014). Dairy cattle health problems cause production losses, increase care costs and worsen animal welfare (González *et al.*, 2008). The profitability of the herd is negatively affected by reduced milk production, lower reproduction, and shorter production life of these dairy cows. Therefore, early identification of cow diseases is key to herd health and profitability (Huzzey *et al.*, 2007). Modern automatic monitoring systems can contribute to the early detection of changes in health and help the farmer to manage the dairy herd. The aim of this work was to evaluate changes in the time of eating and rumination (measured by Vitalitmetr 5P) depending on the oncoming calving and the occurrence of dairy health problems.

MATERIALS AND METHODS

Data from the herd of dairy cows of various observed 656 cows of the Czech Fleckvieh and Holstein breed and their crossbreeds. Obtained data from cows were used to evaluate the influence of the onset of calving and the occurrence of the disease on the change in eating and rumination time. Monitoring was carried out on a farm in the Olomouc Region, which is at an altitude of 458 m above sea level. Observations of dairy cows took place from 1st October 2017 to 30th September 2018. The cows in the herd had an average milk production of 9112 kg of milk in 305 days, with a fat content of 4.18% and a protein content of 3.55%. During lactation, the dairy cows were housed in a reconstructed free-stall barn with straw bedding. The cows calved in group pens, where the cows were moved about 3 weeks before the expected date of calving. The calved cows were then transferred to a group of cows after calving, where they remained for 10 to 20 days. From there, they were transferred to the production group of high-yielding dairy cows. For the evaluation of the disease, we grouped the diseases into three groups based on their similarity due to the frequency of occurrences:

1. mastitis;
2. postpartum diseases (metritis, retained placenta);
3. metabolic disorder (ketosis, acidosis, milk fever, resp. parturient paresis).

Data on daily total eating and rumination time in seconds were obtained using Vitalimeters 5P (FARMTEC a.s., Czech Republic) for our evaluation, we convert seconds to minutes.

Obtained database of data from Vitalimeters 5P and FARMSOFT. The Vitalimetr 5P neck responder (Farmtec a.s.) was used to identify eating and rumination time. Rumination and eating, are recognised by accelerometers, and records can be analysed using a detection algorithm. The FARMSOFT is a dairy management software that collects data from Vitalimeter 5P, milking parlour, medication, treatment and reproduction records. The effect of the onset of calving on the time of eating and rumination was evaluated based on the average time of both activities during 10 days before calving (group 1), the observed time on calving day (group 2), and the average time during 10 days after calving (group 3). Eating and rumination time was recorded for three days before detection of the disease (day - 3, - 2, - 1) and the day of detection of the disease (day 0). Data from the management program was analyzed in SAS 9.4 (SAS ® 9.4, 2013) using the GLM method (analysis of variance). The REG procedure, the STEPWISE method, was used to select a suitable model for evaluating the indicators. A detailed evaluation of the significance of the differences between the effect levels was performed using the Tukey-Kramer test.

The following model equations were used for evaluation: To estimate the effect of calving on the time of eating and rumination.

$$Y_{ijk} = \mu + PL_i + O_j + R_k + b_1*(PLEM) + b_2*(DAT) + e_{ijkl}, \quad (1)$$

Y_{ijk} the observed value of eating or rumination time as a dependent variable (in minutes per day);

μ mean value of the dependent variable;

PL_i fixed effect of lactation order ($i = 1, n = 3050; i = 2, n = 4170; i = 3, n = 2847; i = 4, n = 1738; i = 5$ and higher, $n = 2065$);

O_j fixed effect of a defined period before, during and after calving ($j = 10$ days before calving, $n = 876; j =$ calving day, $n = 656; j = 10$ days after calving, $n = 12338$);

R_k fixed effect of evaluated year ($k = 2017, n = 7290; k = 2018, n = 6580$);

$b_1*(PLEM)$.. linear regression on belonging to the breed and hybrids;

$b_2*(DAT)$... linear regression on calving date;

e_{ijk} random estimation error.

To estimate the effect of health disorders on the time of eating and rumination

$$Y_{ijklm} = \mu + PL_i + O_j + D_k + R_l + OD_{jk} + b_1*(PLEM) + b_2*(DAT) + e_{ijklm}, \quad (2)$$

Y_{ijklm}	the observed value of eating or rumination time as a dependent variable (in minutes per day);
μ	the mean value of the dependent variable;
PL_i	fixed effect of lactation order ($i = 1, n = 371; i = 2, n = 575; i = 3, n = 482; i = 4, n = 330; i = 5$ and higher, $n = 405$);
O_j	fixed effect of the type of disease ($j =$ mastitis, $n = 1829; j =$ postpartum diseases, $n = 465; j =$ metabolic disorder, $n = 65$);
D_k	fixed effect days before disease recording ($k = -3$ days, $n = 391; k = -2$ days, $n = 395; k = -1$ day, $n = 397; k =$ day of recording, $n = 1176$);
R_l	fixed effect of evaluated year ($k = 2017, n = 7290; k = 2018, n = 6580$);
OD_{jk}	fixed effect of the interaction of the type of disease and the days before the recording of the disease ($n = 14$ to 881);
$b_1^*(\text{PLEM})$..	linear regression on belonging to the breed and hybrids;
$b_2^*(\text{DAT})$	linear regression on calving date;
e_{ijklm}	random error.

RESULTS

As part of the evaluation using the GLM procedure, the model equation for calving and for diseases evaluation were statistically significant ($P < 0.01$) and explain from 13.13 to 38.75% of variability. It was confirmed that all effects included in the both model equation were statistically significant ($P < 0,05$) for the evaluation of the time of eating and rumination in the period around calving and health disorders.

The effect of the lactation order, year, and the period around calving on the time of eating and

rumination in the peripartum period are shown in Tab. I. Statistically significant ($P < 0.05-0.01$) highest values of eating time (230.19 min.) and rumination (388.44 min.) were observed in dairy cows on the second lactation. The average values of the eating time gradually decreased from the second to higher lactations. Between 1st and 5th and higher lactation was difference 47 min. of eating time decrease. In the evaluation of the rumination time, lower differences were recorded between the average values of cows in each lactation (approx. 6–30 min.). However, even here there is a clear trend of a decrease in this time from the second to the next lactations. The significant effect of the year of follow-up was also confirmed ($P < 0.01$). However, this difference was only about 9.5% for the eating time and 10.8% for the rumination time, but significant ($P < 0.05$). Regarding the differences in the time of eating and rumination between the defined periods, the table shows a decrease in both variables on the day of calving (- 11.35 min.; or - 122.9 min.). In the period after calving, there was an increase in the time of eating and rumination, when these values exceeded the original values from the period before calving. The differences between these periods were statistically significant ($P < 0.05-0.01$). This decrease and subsequent increase were more pronounced at the time of rumination when there was an increase of 63.9% compared to the calving day.

Tab. II shows the evaluation of the time of eating and rumination as a function of the days before identification by, the order of lactation, the disease record and the type of disease. The evaluation of the effect of the days before recording the disease (treatment) shows that with the approaching disease there was a gradual decrease in both evaluated cases. Between the third and second day before the disease, there was a decrease of about

I: Influence of lactation order and the period around calving on time of eating and rumination in the perinatal period

Effect	Level	Eating time	Rumination time
		LSM \pm SELSM Min/day	LSM \pm SELSM Min/day
Lactation order	1	212.12 \pm 2.519 ^A	367.08 \pm 3.430 ^A
	2	230.19 \pm 2.279 ^B	388.44 \pm 3.103 ^B
	3	203.04 \pm 2.389 ^C	371.13 \pm 3.253 ^{A,a}
	4	186.40 \pm 2.629 ^D	358.72 \pm 3.580 ^{A,b}
	5 and higher	165.09 \pm 2.526 ^E	364.65 \pm 3.440 ^A
Year of evaluation	2017	209.28 \pm 2.414 ^A	391.15 \pm 3.287 ^A
	2018	189.46 \pm 2.343 ^B	348.86 \pm 3.190 ^B
Peripartal period	10 days before calving	200.72 \pm 3.000 ^a	394.13 \pm 4.084 ^A
	Calving day	189.37 \pm 3.334 ^{A,b}	271.23 \pm 4.540 ^B
	10 days after calving	208.00 \pm 1.519 ^{B,b}	444.66 \pm 2.068 ^C

Different letters in columns means statistical significance A,B,C,D ($P < 0.01$); a,b ($P < 0.05$).

II: Influence of days before treatment, order of lactation, and disease groups on the time of eating and rumination

Effect	Level	Eating time	Rumination time
		LSM ± SELSM Min/day	LSM ± SELSM Min/day
Lactation order	1	196.11 ± 6.967 ^A	363.61 ± 9.835 ^{A,a}
	2	179.12 ± 6.183 ^A	341.55 ± 8.729
	3	156.86 ± 6.328 ^B	331.49 ± 8.900 ^b
	4	158.33 ± 6.315 ^B	325.63 ± 8.915 ^{B,b}
	5 and higher	131.17 ± 5.969 ^C	355.92 ± 8.426 ^a
Year of evaluation	2017	157.74 ± 5.438 ^A	327.15 ± 7.677 ^A
	2018	170.89 ± 5.076 ^B	360.12 ± 7.166 ^B
Day of treatment	-3	197.24 ± 9.348 ^A	382.72 ± 13.197 ^{A,a}
	-2	174.06 ± 8.727 ^A	357.10 ± 12.320 ^A
	-1	147.71 ± 8.482 ^B	338.94 ± 11.974 ^b
	0	138.25 ± 6.476 ^B	295.80 ± 9.141 ^{B,c}
Type of disease	Mastitis	230.71 ± 3.269 ^A	447.13 ± 4.615 ^A
	Postpartum diseases	171.58 ± 5.602 ^B	356.15 ± 7.909 ^B
	Metabolic disorder	90.65 ± 12.316 ^C	227.64 ± 17.370 ^C

Different letters in columns means statistical significance A,B,C (P < 0.01); a,b,c (P < 0.05).

11.8% at the time of eating and 6.7% at the time of rumination. However, these differences have not been statistically significant yet. There was a much larger decrease in the time of eating and rumination between day 2 and day 1 before the onset of the disease. In this case, a significant (P < 0.01) decrease in eating time of 26.35 min was recorded. However, the decrease in rumination time was slightly lower, only by 18.16 min. Significantly (P < 0.05–0.01) the lowest values of total eating time (138.25 min.) and rumination time (295.80 min.) were found on the day of recording the disease (0 day). A significant effect on changes in the time of eating and rumination (P < 0.05–0.01) was also demonstrated in the lactation order. The lowest eating time (131.17 min.) was observed in cows on the fifth and subsequent lactation. On the contrary, the highest value (196.11 min.) was recorded for heifers. However, this almost linear decrease with the lactation order at the time of eating was not valid for the time of rumination (P < 0.05). The highest value (363.61 min.) for rumination time was again observed in heifers and in older cows, the value with the order of lactation decreased except of cows at the 5th and higher lactation when the difference of this value compared to heifers was the lowest. The shortest rumination time (325.63 min.) was found in this case in cows on the fourth lactation.

The influence of the type of disease on the change of the evaluated indicators was also evaluated. Significantly (P < 0.01) the highest value of indicators was found in the incidence of mastitis (230.71 and 447.13 min.), followed by postpartum diseases

(171.58 and 356.15 min.). The lowest value was found in metabolic disorder (227.64 and 90.65 min.).

Finally, the interaction of individual types of disease to changes in eating and chewing time during the 3 days before disease recording and the day of disease detection was evaluated. Tab. III shows a decrease in eating time 3rd days before the recording of mastitis by 14.76% (P < 0.01). However, no significant differences were found at the time of rumination. There was a significant decrease only 11.45% (P < 0.01) compared to day 0 and to the 1st day before the disease was recorded. When postpartum diseases occurred, an eating time was reduced from 201.08 (-3 days) to 132.41 min (0 day). This decrease was statistically significant (P < 0.01) and corresponded to about 34.16%. At the time of rumination, a slight decrease was observed between the 3rd and 2nd day before the detection of postpartum diseases. The highest decrease (-58.25 min.) was recorded between the 1st day before the disease and the day of detection this group of disease. Metabolic disorders manifested themselves in the highest decline from all diseases at the time of eating and rumination. The decrease in eating time was by more than 50%. However, due to the lower incidence of this group of diseases, and thus the large mean errors, these differences were not significantly confirmed. Similarly, in the case of the rumination time, a linear decrease from 298.12 min. to 169.17 min. was observed. However, these differences were not statistically significant for the same reasons.

III: Evaluation of the interaction of a group of diseases on the time of eating and rumination during the days before the recording of the disease

Type of disease	Day of treatment	Eating time	Rumination time
		LSM ± SELSM Min/day	LSM ± SELSM Min/day
Mastitis	-3	245.86 ± 5.360 ^A	457.24 ± 7.566 ^A
	-2	239.83 ± 5.350	455.37 ± 7.553
	-1	227.59 ± 5.344 ^A	461.67 ± 7.545 ^A
	0	209.58 ± 3.720 ^B	414.23 ± 5.252 ^B
Postpartum diseases	-3	201.08 ± 10.912 ^A	392.77 ± 15.405 ^A
	-2	188.31 ± 10.817	365.54 ± 15.270 ^A
	-1	164.54 ± 10.817	362.27 ± 15.270
	0	132.41 ± 5.960 ^B	304.02 ± 8.414 ^B
Metabolic disorder	-3	144.80 ± 25.133	298.12 ± 35.480
	-2	94.03 ± 23.136	250.41 ± 32.661
	-1	51.00 ± 22.258	192.88 ± 31.422
	0	72.77 ± 17.357	169.17 ± 24.502

Different letters in columns in select diseases means statistical significance A,B (P < 0.01). w

DISCUSSION

Effect of calving on decreasing the time of eating (Braun *et al.*, 2014; Büchel and Sundrum, 2014; Schirmann *et al.*, 2013) and rumination time (Braun *et al.*, 2014; Pahl *et al.*, 2014) are also described by other authors. Average daily eating time 10 days before calving in our research decreased from 200.72 min/day to 189.37 min/day in calving day. Time of rumination was decreased from an average 394.13 min/day 10 days before calving to 271.2 min/day in calving day. Huzzey *et al.* (2005) reported an average decrease 25 min/day of eating time between 10 days before and 2 days after calving. This value is higher than in our results because the data of the compared study did not contain values 2 days before and 2 days after calving. However, results still confirm a decrease of eating time in time before calving. It is necessary to respect the influence of the social behavior of animals. According to Soriani *et al.* (2012) was average rumination time in period 20 to 6 days before calving 463 min/day for heifers and 522 min/day for cows. The lowest time of rumination was in calving day with 262 min/day for heifers and 278 min/day for cows. These values from the rumination time monitored by us on the day of calving and perform the confirmatory of the lactation order effect demonstrated in this work. According to Schirmann *et al.* (2013) cows reduce the eating time by 66 min/day and the rumination time by 63 min/day in 3 days before calving and 1 day before calving. Different values of the decrease of the monitored parameters and a negligible difference between the decrease of the eating and rumination time could be caused by different time periods of observation. Through these results, this

study confirms reduction in eating and rumination time. Braun *et al.* (2014) measured the time of eating and rumination in the period 10 days before and 10 days after calving using a pressure sensor. The average pre-calving eating time was 186 min/day and dropped to 114 min/day on the day of birth. The rumination time was constant for the duration of the experiment, except calving day. According to Braun *et al.* (2014), the rumination time ranged from 329 to 391 min/day and dropped significantly to 214 min/day on the calving day. Ouellet *et al.* (2016) found a decrease in mean rumination time on the day of birth by 41 min/day compared to the previous four days. This result is lower than ours but was obtained in the pre-calving period shorter by 6 days. The rumination time showed the most significant changes in the last six hours before calving. According to this study, rumination time provides the best results in predicting the onset of calving. This conclusion is consistent with our observation that the decrease in rumination time was more pronounced in the pre-calving period than in the eating period.

The influence of individual types of diseases on the time of day eating and ruminatiwon was more significant, which was confirmed by significant differences in the decrease of monitored indicators between mastitis, postpartum diseases (metritis, retained placenta, increase in body temperature), and metabolic problems (ketosis, acidosis, hypocalcemia). According to González *et al.* (2008) changes in eating time in udder disease are highly variable. A decrease in eating time was observed in eleven of twenty-six dairy cows diagnosed with mastitis, but no consistent change in feeding behavior occurred in the remaining fifteen dairy

cows. In dairy cows with mastitis, where there was a change in the time of eating, there was a sudden and sharp decrease on the day of diagnosis. In our observation, the eating time was gradually shortened as early as 2 days before the disease was detected. According to Urton *et al.* (2005) cows showing signs of metritis had on average 22 min/day shorter feeding times than cows without metritis. With a decrease in the average eating time of 10 min/day, the probability of a diagnosis of metritis doubled. According to Huzzey *et al.* (2005) dairy cows with severe metritis had a shorter eating time compared to healthy dairy cows. The decrease in eating time began 2 weeks before the onset of clinical manifestations of metritis. With a decrease in average before occurrence time of 10 min/day, the probability of severe metritis increased 1.72 times. The results of both of the above studies correspond to our observation, where the eating time decreased by 12.77 minutes two days before the disease was recorded, by another 23.77 minutes the following day, and by an additional 32.13 minutes on the day the disease was recorded. Both of the above studies worked with data from 2 weeks before disease recording, while our research evaluated 3 days before clinical signs and on the day of disease recording. Liboreiro *et al.* (2015) in the period of 3 weeks before parturition did not observe differences in the daily time of rumination between dairy cows with metritis and healthy dairy cows. This conclusion is not in

line with our results, where the rumination time decreased by 88 minutes during the 3 days before and on the day of postpartum disease recording, which corresponds to a decrease of 22.6%. This can be explained to some extent by combining several types of postpartum complications in our evaluation. According to González *et al.* (2008) ketosis was accompanied by a sharp decrease in the daily eating time of 45 min/day. The decrease in eating time occurred on average 3.6 days before the diagnosis of the ketosis. This result is consistent with our observation that the time of eating 2 days before the recording of the disease decreased by about 50 min/day and the next day by another 43 min/day. According to Goldhawk *et al.* (2009) increased the probability of subclinical ketosis by 1.9-fold with a decrease in mean eating time of 10 min/day one week before calving. The sharper decrease in eating time in our work compared to the above study may have been due to a shorter follow-up period. According to Liboreiro *et al.* (2015) in the period of 3 weeks before calving, the daily time of rumination does not indicate subclinical ketosis and hypocalcemia. In our observation, the rumination time 2 days before the onset of the disease decreased by about 81 minutes. On the other hand, the inconclusiveness of the difference in rumination time in metabolic diseases on different days before the disease can be confirmed by the above-mentioned study.

CONCLUSION

The influence of the onset of calving and the disease on the time of eating and rumination was conclusive based on the obtained data. Both monitored parameters decreased in the period before calving, while the recorded decrease was more pronounced at the rumination time. Similar trends in a decrease in eating and rumination were also apparent in selected diseases evaluation. Furthermore, there was a difference between the individual diseases, where the highest decrease in both parameters was measured in metabolic disorders and the lowest decreases were recorded in mastitis. Our results show that Vitalimetr 5P can be a good tool to detect changes in the time of eating and rumination in the pre-calving period so in the period at the onset of the disease show a specific decrease can be considered a good tool of detecting the onset of calving and disease.

Acknowledgements

The study was supported from the „S” grant of MŠMT ČR, NAZV project No. QK1910242, CULS project No. SV21-6-21320.

REFERENCES

- AWASTHI, A., AWASTHI, A., RIORDAN, D. and WALSH, J. 2016. Non-invasive sensor technology for the development of a dairy cattle health monitoring system. *Computers*, 5(4): 23.
- BENAISSA, S., TUYTTENS, F. A. M., PLETS, D., TROGH, J., MARTENS, L., VANDAELE, L., JOSEPH, W. and SONCK, B. 2020. Calving and estrus detection in dairy cattle using a combination of indoor localization and accelerometer sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168: 105153.
- BRAUN, U., TSCHONER, T. and HÄSSIG, M. 2014. Evaluation of eating and rumination behaviour using a noseband pressure sensor in cows during the peripartum period. *BMC Veterinary Research*, 10(1): 195.

- BÜCHEL, S. and SUNDRUM, A. 2014. Short communication: Decrease in rumination time as an indicator of the onset of calving. *Journal of Dairy Science*, 97(5): 3120–3127.
- GOLDHAWK, C., CHAPINAL, N., VEIRA, D. M., WEARY, D. M. and von KEYSERLINGK, M. A. G. 2009. Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, 92(10): 4971–4977.
- GONZÁLEZ, L. A., TOLKAMP, B. J., COFFEY, M. P., FERRET, A. and KYRIAZAKIS, I. 2008. Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91(3): 1017–1028.
- HELWATKAR, A., RIORDAN, D. and WALSH, J. 2014. Sensor technology for animal health monitoring. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*, 7(5): 1–6.
- HUZZEY, J. M., VEIRA, D. M., WEARY, D. M. and VON KEYSERLINGK, M. A. G. 2007. Prepartum behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science*, 90(7): 3220–3233.
- HUZZEY, J. M., VON KEYSERLINGK, M. A. G. and WEARY, D. M. 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 88(7): 2454–2461.
- LIBOREIRO, D. N., MACHADO, K. S., SILVA, P. R. B., MATURANA, M. M., NISHIMURA, T. K., BRANDÃO, A. P., ENDRES, M. I. and CHEBEL, R. C. 2015. Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *Journal of Dairy Science*, 98(10): 6812–6827.
- OUELLET, V., VASSEUR, E., HEUWIESER, W., BURFEIND, O., MALDAGUE, X. and CHARBONNEAU, É. 2016. Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(2): 1539–1548.
- PAHL, C., HARTUNG, E., GROTHMANN, A., MAHLKOW-NERGE, K. and HAEUSSERMANN, A. 2014. Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy Science*, 97(11): 6935–6941.
- SAS INSTITUTE INC. 2013. *SAS® 9.4 Statements: Reference*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SCHIRMANN, K., CHAPINAL, N., WEARY, D. M., VICKERS, L. and VON KEYSERLINGK, M. A. G. 2013. Short communication: Rumination and feeding behavior before and after calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96(11): 7088–7092.
- SORIANI, N., TREVISI, E. and CALAMARI, L. 2012. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Animal Science*, 90(12): 4544–4554.
- URTON, G., VON KEYSERLINGK, M. A. G. and WEARY, D. M. 2005. Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science*, 88(8): 2843–2849.

Contact information

Radim Codl: codl@af.czu.cz (corresponding author)
Jaromír Ducháček: duchacek@af.czu.cz
Jan Pytlík: pytlik@af.czu.cz
Mojmír Vacek: vacekm@af.czu.cz
Marek Vrhel: vrhel@af.czu.cz



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 \(CC BY-NC-ND 4.0\) International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

5 SOUHRNNÁ DISKUZE

5.1 VYHODNOCENÍ DOBY ŽRANÍ A PŘEŽVYKOVÁNÍ A PARAMETRŮ ZVÝŠENÉ AKTIVITY ZA DEN, NA MLÉČNOU PRODUKCI DOJNIC V ZÁVISLOSTI NA PLEMENI A OBDOBÍ ROKU.

V doktorské disertační práci byl sledován vliv doby žraní a přežvykování v kombinaci s plemennou příslušností a obdobím roku na mléčnou produkci (Codl et al. 2020).

Mezi kravami českého strakatého skotu a holštýnského skotu, resp. jejich kříženci byly pozorovány poměrně značné rozdíly v době příjmu krmiva, žraní a mléčné užitkovosti. Tyto rozdíly si lze mimo jiné vysvětlit i za pomoci heterózního efektu. Toto ve své práci potvrzuje například Hirooka & Bhuiyan (1995).

Negativní korelaci mezi dobou žraní a pořadím laktace vysvětluje Azizi et al. (2009), resp. Beauchemin & Rode (1994) pomalejším tempem žraní oproti starším kravám a vyšší četností návštěv krmného žlabu. To bylo potvrzeno i výsledky v naší práci, kdy doba žraní prvotetek v naší studii byla v průměru vyšší, než u krav na 2. a dalších laktacích. Podobné výsledky jsou uvedené ve studii Azizi et al. (2010), kdy prvotelky strávily podobnou dobu příjmem potravy 270 až 325 min a dojnice na třetí laktaci 214 až 264 minut jako dojnice v naší studii. Rozdíl mezi laktacemi Azizi et al. (2010) přisuzuje pomalejšímu příjmu potravy u prvotetek. Tyto výsledky dále potvrzují i další autoři (Beauchemin & Rode, 1994; Dado & Allen, 1994; Kowsar et al., 2008; Maekawa et al., 2002). O něco vyšší korelaci ($r=0,384$), než v naší studii, ale také pozitivní, mezi dobou přežvykování a denním nádojem popisuje ve své studii Antanatias et al. (2018). Stone et al. (2017) a Moretti et al. (2017) uvádějí středně silnou korelaci mezi mléčnou užitkovostí a dobou přežvykování na úrovni ($r=0,22$), přičemž námi vypočítaná korelace mezi dobou přežvykování a užitkovostí je o něco nižší ($r=0,166$).

Záporná korelace mezi přežvykováním a dny laktace lze vysvětlit vztahem mezi dobou přežvykování a doživostí. Během rané fáze laktace dojnice přežvykovali v průměru více než 600 minut denně s maximální dobou přežvykování 685 min/den (Beauchemin, 1991). Ve středu laktace se průměrná doba přežvykování u Devries et al. (2009) pohybovala v průměru na 555 min/den. Navíc Kaufman et al. (2018) reportoval střední závislost mezi mléčnou produkcí na začátku laktace a dobou strávenou přežvykováním.

Silná korelace mezi denní produkcí mléka a pořadím laktace byla potvrzena i dalšími autory (Hart et al., 2013; Vijayakumar et al., 2017). Tito autoři potvrzují, že dochází k nárůstu produkce mléka až do 3. laktace. To odpovídá i našim výsledkům, resp. rozdílu mezi prvotelkami a staršími dojnícemi. Nicméně například Mellado et al. (2011) ve své studii pozoroval nárůst množství nadojeného mléka až do 6. laktace. To ovšem naše studie nepotvrzuje. Hart et al. (2013) pozorovali rozdíl v doživosti multiparních dojnic a prvotetek ve prospěch vícekrát otelených +20% produkce.

Také efekt ročního období má nezanedbatelný vliv na námi hodnocené parametry příjmu krmiva a denní produkce mléka. Negativní změny v parametrech přežvykování jsou přikládány ostatními autory (Acatinai et al., 2010; Bernabucci et al., 2010; Dado & Allen, 1994; Moretti et al., 2017; Soriani et al., 2013) k tepelnému stresu, kterým dojnice trpí během letních měsíců (VI-VIII), kdy v průměru dojnice přežvykovaly v naší práci nejkratší dobu. Oproti tomu v zimním období (XII-II) dojnice v naší práci přežvykovaly delší dobu, s čímž souhlasí i studie výše. Delší dobu přežvykování dávají Acatinai et al. (2010) a Müschner-Siemens et al. (2020) za příčinu tomu, že dojnice netrpí tepelným stresem. Dále podobnou dobu přežvykování během jara a podzimu v naší práci si lze vysvětlit podobnými klimatickými podmínkami, jak z hlediska tepelného stresu, kdy nedochází k překročení termoneutralní zóny, tak z hlediska denní délky.

5.2 VYHODNOCENÍ VZTAHU MEZI VYBRANÝMI AKTIVITAMI JEJICH DÉLKOU A ŘÍJÍ DOJNIC BĚHEM ROKU.

Dále byl v doktorské disertační práci sledován vztahu mezi vybranými aktivitami jejich délkou a říjí dojníc během roku (Codl et al. 2021).

Doba žraní (+3,64 až +51,99 min, $P < 0,01$) byla nejdelší u prvotelek. Gomez & Cook (2010) uvádějí podobné výsledky. Jejich studie spojovala delší dobu krmení u jalovic s nižší mírou příjmu krmiva a častějšími návštěvami. Krmného žlabu u prvotelek. Prvotelky dostávají při krmení menší porce než dojnice na vyšších laktacích. Doba krmení v následujících laktacích se postupně zkracuje. Jiné studie také zjistily, že pohybová aktivita byla nejvyšší u prvotelek. Podobné studie také dospěly k závěru, že velké snížení doby přežvykování u prvotelek v době říje bylo při úkor vyšší aktivity (Yániz et al. 2006), což bylo možná způsobeno především vyšší aktivitou prvotelek ve srovnání se dojnicemi na vyšší laktaci. Tento jev (Roelofs et al. 2005) je také vysvětluje proměnlivá délka říje, která je u jalovic v průměru o 3 h delší než u starších dojníc. jalovic (Yániz et al. 2006) v návaznosti na 21,4% pokles pohybové aktivity u starších krav. Doba přežvykování v naší studii byla nejdelší na páté a dalších laktacích, což odpovídá se zjištěními jiných studií, které rovněž uvádějí delší dobu přežvykování u starších dojníc. (Kowsar et al. 2008).

Doba přežvykování byla nejdelší v zimě. Podobné výsledky uvádějí Acatinai et al (2010) a Müschner-Siemens et al (2020), kteří je spojují především s tím že během zimních měsíců dojnice netrpí tepelným stresem. Naopak doba přežvykování byla u našich dojníc nejnižší v létě, což odpovídá zjištění, že krávy přežvykují více ve stoje v létě než v zimě (Acatinai et al. 2010), tedy stejně jako naše výsledky. Zkrácení doby přežvykování ve dnech před říjí souvisí s poklesem příjmu krmiva, který s dobou přežvykování silně koreluje (Kaske et al. 2002). Dojnice skutečně tráví v době říje méně času krmením. Phillips & Schofield (1990) pozorovali 5-20% snížení příjmu krmiva, přičemž největší pokles byl zaznamenán v den říje, protože celkový příjem krmiva a vody se během říje snižuje (Reith & Hoy 2012). Příjem krmiva v našem pokusu se snížil již dva dny před říjí. Naproti tomu Pahl et al. (2015) zaznamenali pokles příjmu krmiva a doby přežvykování až den před říjí. Doba přežvykování se u dojníc před říjí snižuje v průměru o 18- 20 % (Reith & Hoy 2012). Naproti tomu rozdíl mezi dobou přežvykování před říjí a v den říje u našich zvířat činil v průměru pouze 12,6 %. Pahl et al. (2015) zaznamenali zkrácení doby přežvykování u jalovic o 68 min a u starších krav o 80 min v den říje, což bylo o

něco více než v naší studii, kde průměrné zkrácení doby přežvykování u jalovic činilo 68 min a u starších krav 80 min. Přežvykování činilo pouze 61,80 min. Zkrácení doby přežvykování však může být během říje ještě menší, což potvrzují Reith & Hoy (2012), kteří uvádějí průměrné zkrácení pouze o 55 min. Pahl et al. uvádí (2015), že časy se vrátily k normálu den po říji. Aktivita dojnic se během říje výrazně zvyšuje, na rozdíl od předchozích ukazatelů přežvykování a doby krmení, které se během říje snižují. Aktivita dojnic se v době říje zvyšuje v průměru o 38,7 % (Firk et al. 2002), kdy jsou krávy neklidnější a vykazují více chování při nasedání a chůzi a kdy může být pohybová aktivita čtyřikrát vyšší ve srovnání s neříjovými dny (Schofield et al. 1991). Množství času, které dojnice stráví chůzí, se lineárně zvyšuje od 72 do 16 h před říjí a poté se výrazně zvyšuje během říje (Arney et al. 1994).

5.3 VYHODNOCENÍ Vlivu DOBY ŽRANÍ A PŘEŽVYKOVÁNÍ NA PRODUKCI MLÉKA A JEHO SLOŽEK TUK A BÍLKOVINA.

Třetím cílem pro první hypotézu bylo zhodnocení vlivu doby žraní a přežvykování na produkci mléka a jeho složek tuk a bílkovina. Codl et al. (2023)

Naše zjištění průměrná doba žraní a přežvykování v době Kontroly užítkovosti, odpovídala hodnotám naměřeným pro žraní a přežvykování jinými autory (Braun et al. 2015; Johnston et al. 2019). V případové studii (Braun et al. 2015) dojnice žraly a přežvykovaly v průměru kratší dobu než v naší studii, v průměru 265 min/den žraní a 441 min/den přežvykování. Ve studii Johnston et al. (2019) dojnice žraly v průměru 279,6 min/den po o něco kratší dobu a přežvykovaly po delší dobu 516 min/den, než bylo změřeno v naší studii. Johnston et al. (2019) také zjistili pozitivní korelaci mezi mléčnou užítkovostí dojnic, dobou žraní a dobou přežvykování. Krávy s vysokou užítkovostí mají tendenci přijímat větší množství krmiva, aby podpořily potřebu energie (Krpálková et al. 2022). Naše výsledky byly v souladu s výsledky studie Shabi et al., (2005), že produkce mléka je pozitivně ovlivněna příjmem krmiva. Produkci mléka ovlivňuje také vzorec chování dojnic, jako je doba odpočinku, přežvykování, žraní (Grant, 1995). Fregonesi et al. (2002) uvádí, že dojnice s vysokou užítkovostí mají vyšší příjem krmiva, což se projevuje delší dobou přežvykování než u dojnic s nízkou užítkovostí. Schirman et al. (2012) toto tvrzení potvrzují a dodávají, že dojnice s vyšším příjmem sušiny také déle zpracovávají přijaté krmivo, a proto mají delší dobu přežvykování. V návaznosti na to Krause et al. (2002) zjistili pozitivní korelaci mezi délkou krmných částic, příjmem krmiva a přežvykováním.

Doba přežvykování může souviset také se složením mléka (Byskov et al. 2015). Ve studii Marino et al. (2021) měly dojnice s nejdelší dobou přežvykování nejvyšší celkový obsah bílkovin, ale procento obsahu bílkovin se s vyšší dobou přežvykování snížilo z 3,48 % na 3,38 %, zatímco celkový obsah bílkovin se zvýšil o 0,18 kg. V našich výsledcích došlo v porovnání s výše uvedenou studií k progresivnímu nárůstu obsahu bílkovin s dobou přežvykování, a tedy ke zvýšení obsahu bílkovin v mléce o 0,2 kg v porovnání se skupinou s nejkratší dobou přežvykování. Podíl tuku v mléce měl opačný trend než podíl bílkovin, přičemž tuk byl u dojnic negativně ovlivněn delší dobou přežvykování. Tuto skutečnost potvrzují i další autoři, například (Andreen et al. 2020). Kolektiv těchto autorů zaznamenal pokles tuku o 0,02 % při prodloužení přežvykování o 60 min. Pro srovnání, v naší studii byl rozdíl mezi přežvykováním skupinou 1

s nejkratší dobou přežvykování a 3. skupinou s nejdelší dobou přežvykování, které přežvykovaly přibližně 70 minut, a pokles obsahu tuku o 0,03 % byl stejný. Negativní vliv doby přežvykování na procentuální obsah tuku v mléce potvrzuje i studie Kaufman et al. (2018).

V případě této práce došlo ke snížení obsahu tuku o 0,059 % na každých 30 minut přežvykování. Podle citovaných autorů (Andreem et al. 2020; Kaufman et al. 2018) je pokles procenta obsahu tuku v mléce spojen s vyšší dojivostí, která souvisí i s vyšším přežvykováním. S prodlužující se dobou přežvykování se zvyšovala i dojivost. S tímto zjištěním jsou v souladu záznamy Johnstona et al. (2018) a Marina et al. (2021). Johnston et al (2018) předpověděli nárůst o 1,26 kg mléka za každou další hodinu přežvykování a navíc jejich výsledek ukazuje, že mezi kravami s nejvyšší a nejnižší dobou přežvykování je rozdíl 8,7 kg mléka za den. V práci Marino et al. (2021) byl zjištěn rozdíl 6,22 kg mléka za den mezi skupinami s nejvyšší a nejnižší dobou přežvykování. V porovnání s údaji zjištěnými v naší práci byly rozdíly u citovaných autorů výraznější. V našem pozorování činil rozdíl mezi nejdelší a nejkratší dobou přežvykování 3 kg mléčné užitkovosti z výsledků regrese, s každou další hodinou přežvykování došlo ke zvýšení produkce mléka o 1,59 kg mléka.

Marino et al. (2021) také popisují vztah mezi denní dobou přežvykování, dojivostí a obsahem složek mléka. Tento vztah může být ovlivněn dvěma faktory: prostým efektem ředění v důsledku rozdílů v dojivosti nebo rozdíly v dostupnosti prekurzorů na úrovni vemene, které mají původ v činnosti bachoru a absorpci. Z jejich studie je zřejmé, že mléčná užitkovost se zvyšuje s vyšší dobou přežvykování. Kromě toho tito autoři popisují vyšší celkový obsah tuku v mléce, který je v procentech o něco nižší než u krav s kratší dobou přežvykování. K podobnému závěru dospěli i White et al. (2017), kteří zjistili, že dojnice s vysokou užitkovostí přežvykují blízko svého fyziologického maxima.

Množství vyprodukovaného mléka a jeho složení se v průběhu roku mění. Na tyto změny se v minulosti zaměřilo několik autorů (Barash et al. 2001; Bertocchi et al. 2014; Dahl et al. 2003, Soriani et al. 2012). Tito autoři ve svých studiích připisují pokles produkce mléka v zimních měsících kratší fotoperiodě. Opačná situace nastává v letních měsících, kdy jsou dny delší a dochází k nárůstu produkce mléka. Barash et al. (2001) a Bezdicek et al. (2021) uvádějí průměrné zvýšení produkce mléka o 1,2 kg na každou hodinu slunečního svitu navíc. Pozorovali také pokles mléčného tuku a bílkovin na jaře a opětovný nárůst na podzim. Tato roční období odpovídají přibližně stejným klimatickým podmínkám. Rozdíl v jarních a podzimních měsících je tedy způsoben spíše prodlužující se fotoperiodou, nebo fází laktace než

tepelným stresem. Naopak velký pokles procentuálního obsahu tuku a bílkovin pozorovaný v létě, a to jak v naší studii, tak ve studii výše uvedených autorů, pravděpodobně souvisí s negativním vlivem teplých klimatických podmínek na syntézu těchto složek mléka. Dahl & Petitclerc (2003) rovněž zjistili změny v produkci mléka a jeho složkách. Tyto změny přičítali především naředění složek v mléce v důsledku jeho zvýšené produkce. To potvrdila i naše práce. Ve studii (Bertocchi et al. 2014) zabývající se vlivem ročních období na produkci a vlastnosti mléka autoři pozorovali snížení koncentrace mléčného tuku a bílkovin, když byla průměrná denní teplota vyšší než 14 °C a průměrný denní THI vyšší než 55, což odpovídá letním měsícům. Složení mléka je ovlivněno jak delšími dny, tak vyššími teplotami v letním období. Acosta-Balcazar et al. (2022) a Park (2022) vysvětlují snížení obsahu složek mléka tím, že vysoké teploty nad 30 °C zkracují dobu krmení a s tím související obsah složek mléka. Nami vypočtené hodnoty mléčné užitkovosti a složení mléka jsou tedy fyziologicky opodstatněné a souhlasí s výše uvedenými studiemi.

5.4 VYHODNOCENÍ VYUŽITÍ DOBY ŽRANÍ A PŘEŽVYKOVÁNÍ NA NÁSTUP PORODU A ZMĚNY ZDRAVOTNÍHO STAVU DOJNIC.

Poslední částí disertační práce je zhodnocení využití doby žraní a přežvykování na nástup porodu a změny zdravotního stavu dojníc (Codl et al. 2022). Vliv nástupu porodu na zkrácení doby žraní a doby přežvykování zaznamenali i další autoři (Braun et al., 2014; Pahl et al., 2014; Schirmann et al., 2013). Průměrná denní doba žraní během 10 dnů před otelením se při našem výzkumu snížila z hodnoty 200,72 minut/den na 189,37 min/den v den otelení. Doba přežvykování se pak snížila z průměrné denní hodnoty 394,13 min/den 10 dnů před otelením na 271,2 min/den v den otelení. Pokles při porovnání těchto dvou období tedy činil 11,35 min/den (-5,7 %) u doby žraní a 122,9 min/den (-31,2 %) u doby přežvykování. Huzzey et al. (2005) zaznamenali snížení doby žraní v průměru o 25 min/den mezi 10 dní před otelením a 2 dny po otelení. Tato hodnota je vyšší než u našich výsledků, jelikož data srovnávané studie neobsahovala hodnoty 2 dny po porodu. Nicméně výsledky i tak potvrzují pokles doby žraní v období před porodem. Jensen (2012) sledoval žraní pouze několik hodin okolo porodu a zjistil, že se doba žraní zkrátila 2 hodiny před porodem a v čase těsně po porodu, kdy je nejintenzivnější interakce mezi krávou a teletem. Zde je potřeba respektovat vliv sociálního chování zvířat. Dle Soriani et al. (2012) byla průměrná doba přežvykování v období 20 až 6 dnů před porodem 463 min/den u jalovic a 522 min/den u krav. Doba přežvykování ve jmenované studii dosáhla minima v den porodu na úrovni 262 minut/den u jalovic a 278 min/den u krav. Tyto hodnoty odpovídají námi pozorované době přežvykování v den porodu a současně potvrzují vliv pořadí laktace prokázaný v této práci. Dle Schirmann et al. (2013) se u krav zkrátila v období 3 dny před porodem až 1 den před porodem doba žraní o 66 min/den a doba přežvykování o 63 min/den. Doby žraní a přežvykování začaly klesat 4 až 8 hodin před porodem a následně začaly stoupat od 4 až 6 hodin po porodu. Rozdílné hodnoty poklesu sledovaných parametrů a zanedbatelný rozdíl mezi poklesem doby žraní a přežvykování mohly být způsobeny rozdílným časovým obdobím pozorování. Přesto výsledky této studie potvrzují pokles doby žraní a přežvykování. Büchel & Sundrum (2014) porovnali dobu žraní a přežvykování 72 hodin až 7 hodin před otelením a posledních 6 hodin před otelením. Doba žraní se 6 hodin před otelením zkrátila o 57 % a doba přežvykování se zkrátila o 27 %. Při porovnání mezi jednotlivými krávami byla zaznamenána vysoká variabilita doby žraní a přežvykování. Pahl et al. (2014) sledovali přežvykování 24 hodin před a 24 hodin po porodu. Doba přežvykování se snížila mezi 4 hodinami před porodem až 8 hodinami po porodu. I zde doba přežvykování vykazovala vysokou variabilitu mezi jednotlivými krávami. Podle této studie má doba přežvykování největší potenciál při monitorování nástupu porodu, což koresponduje s naším pozorováním, kdy doba přežvykování vykazovala výraznější změny v předporodním období,

než doba žraní. Braun et al. (2014) měřili dobu žraní a přežvykování v období 10 dnů před a 10 dnů po porodu pomocí tlakového senzoru. Průměrná doba žraní v období před otelením byla 186 min/den a v den porodu klesla na 114 min/den. Doba přežvykování byla stálá po dobu trvání experimentu, kromě dne porodu. Doba přežvykování se podle autorů pohybovala v rozmezí 329–391 min/den a v den porodu výrazně klesla na 214 min/den. V porovnání s výsledky našeho výzkumu byl pokles obou měřených parametrů výraznější. U doby žraní byl pokles cca desetinásobný a u doby přežvykování cca dvojnásobný při přibližně stejných výchozích hodnotách sledovaných parametrů v období 10 dnů před porodem. Jednou z možných příčin rozdílných výsledků mohl být odlišný typ zařízení využitý ke sběru dat. Ouellet et al. (2016) zjistili pokles průměrné doby přežvykování v den porodu o 41 min/den v porovnání s předcházejícími čtyřmi dny. Tento výsledek je v porovnání s naším nižší, ale byl získán v předporodním období kratším o 6 dnů. Doba přežvykování vykazovala nejvýraznější změny v posledních šesti hodinách před porodem.

Posouzení vlivu onemocnění na dobu žraní a přežvykování bez rozlišení druhu onemocnění ukázalo, že sledované parametry (žraní, přežvykování a aktivita) lze využít k předpovědi nástupu onemocnění pouze omezeně. Rozdíly mezi jednotlivými dny před zaznamenáním onemocnění byly poměrně malé. Tato informace je pro praktické využití téměř nepřínosná, jelikož se jedná o již relativně pozdní předpověď nástupu nemoci. Průkaznější byl pak vliv jednotlivých druhů onemocnění na denní dobu žraní a přežvykování, což potvrdily i průkazné rozdíly poklesu sledovaných ukazatelů mezi mastitidou, poporodními komplikacemi (metritida, zadržetí lůžka, zvýšení tělesné teploty) a metabolickými problémy (ketóza, acidóza, hypokalcemie).

Dle González et al. (2008) jsou změny doby žraní při onemocnění vemene vysoce variabilní. U jedenácti z dvaceti šesti dojnic s diagnostikovanou mastitidou byl pozorován pokles doby žraní, ale u zbylých patnácti dojnic nenastala žádná konzistentní změna v potravním chování. U dojnic s mastitidou, kde se projevila změna doby žraní, došlo k náhlému a prudkému poklesu v den diagnózy. Při našem pozorování se doba žraní postupně zkracovala již 2 dny před zjištěním onemocnění.

Dle Urton et al. (2005) krávy projevující znaky metritidy měly v průměru o 22 min/den kratší dobu žraní než krávy bez výskytu metritidy. Při poklesu průměrné doby žraní o 10 min/den stoupla pravděpodobnost diagnózy metritidou dvojnásobně. Dle Huzzey et al. (2005) dojnice

postižené těžkou metritidu měly kratší dobu žraní v porovnání se zdravými dojnícemi. Pokles doby žraní začal 2 týdny před projevem klinických projevů metritidy. Při poklesu průměrné doby žraní v období před porodem o 10 min/den stoupla pravděpodobnost výskytu těžké metritidy 1,72krát. Výsledky obou výše uvedených studií korespondují s naším pozorováním, kdy se doba žraní snížila dva dny před zaznamenáním onemocnění o 12,77 min, následující den o dalších cca 23,77 min a v den zaznamenání onemocnění navíc ještě o cca 32,13 min. Obě výše uvedené studie pracovaly s daty z období 2 týdny před zaznamenání onemocnění, zatímco náš výzkum hodnotil 3 dny před projevem klinických příznaků a v den záznamu onemocnění. Liboreiro et al. (2015) v období 3 týdny před porodem nepozorovali rozdíly v denní době přežvykování mezi dojnícemi s metritidou a zdravými dojnícemi. Tento závěr není v souladu s našimi výsledky, kdy doba přežvykování poklesla během 3 dnů před a v den záznamu onemocnění poporodními problémy o 88 minut, což odpovídá poklesu o 22,6 %. To lze do jisté míry vysvětlit sloučením několika druhů poporodních komplikací v případě našeho hodnocení.

Dle González et al. (2008) byly ketóza provázena prudkým poklesem denní doby žraní o 45 minut/den. Pokles doby žraní se objevil v průměru 3,6 dnů před diagnózou onemocnění. Tento výsledek je v souladu s naším pozorováním, kdy se doba žraní 2 dny před záznamem onemocnění snížila o cca 50 minut/den a následující den o dalších 43 minut/den. Dle Goldhawk et al. (2009) stoupla při poklesu průměrné doby žraní týden před otelením o 10 minut/den pravděpodobnost výskytu subklinické ketózy 1,72krát. Prudší pokles doby žraní v naší práci v porovnání s výše uvedenou studií mohl být způsoben kratším obdobím sledování. Dle Liboreiro et al. (2015) v období 3 týdny před porodem neindikuje denní doba přežvykování subklinickou ketózu a hypokalcémii. Při našem pozorování se doba přežvykování při metabolických onemocněních za 2 dny před zaznamenáním onemocnění snížila o cca 81 minut. Na druhou stranu neprůkaznost rozdílu v době přežvykování u metabolických onemocnění v různých dnech před onemocněním může být potvrzením zmíněné studie.

Doktorská disertační práce se zabývala vyhodnocení vztahů mezi dobou a druhem aktivity, nebo odpočinku dojníc a jejich výkonností a zdravotním stavem. To zahrnovalo především vliv doby přežvykování a žraní na produkci mléka, zdraví a reprodukci dojníc. Hlavním cílem této závěrečné práce bylo hlubší prozkoumání a rozšíření dosavadních znalostí, v oblasti vlivu doby přežvykování a žraní na produkci mléka, zdraví a reprodukci dojníc.

Byl potvrzen vliv plemenné příslušnosti (resp. stupně hybridizace), počtu laktací a ročního období na denní délku žraní, přežvykování, zvýšenou fyzickou aktivitu a celkovou dobu trvání aktivity, vyplývá významný vliv plemenné příslušnosti (resp. stupně hybridizace), počtu laktací a ročního období na denní délku žraní, přežvykování, zvýšenou fyzickou aktivitu a celkovou dobu trvání aktivity. Výsledky, které jsme zjistili jak samostatně, tak v rámci interakcí, aktivit dojníc pomocí aktivometrů mohou v budoucnu přinést nejen cenné informace pro chovatele, ale také výrazně zlepšit a zjednodušit řízení celého stáda.

Druhým dílčím cílem práce bylo zhodnocení vztahu mezi vybranými aktivitami, jejich délkou a výskytem říje dojníc během roku. Stádo v naší studii se nacházelo ve fázi převodného křížení na holštýnské plemeno. Dojnice s vyšším podílem holštýnské krve žerou a přežvykují déle než krávy českého strakatého plemene, protože mají vyšší mléčnou užitkovost, a tím i intenzivnější metabolismus. Díky možnosti využití více fyziologických ukazatelů pro detekci říje se aktivometr může stát dobrým nástrojem pro zlepšení reprodukčních vlastností stád. Naše zjištění mohou zlepšit přesnost algoritmu pro detekci říje u různých plemen. a ve všech ročních obdobích.

Výsledky naší studie potvrzují význam rutinního sledování délky žraní a přežvykování pomocí moderních automatických přístrojů. I přes některé rozdíly ve fyziologii holštýnských a českých dojníc plemene českého strakatého skotu byly změny v délce žraní a době přežvykování podobné. Prodloužení doby žraní a přežvykování se projevilo vyšší dojivostí, ale také mírně nižším obsahem složek mléka, podle které se mléko zpeněžuje. Naše práce také potvrdila vliv kalendářního měsíce, který v kombinaci s dříve prezentovanými výsledky může poskytnout dobrý základ pro predikci produkce mléka na základě výživy, přežvykování a dalších faktorů.

Naše výsledky potvrdili, že vliv nástupu telení a onemocnění na dobu žraní a přežvykování byl na základě získaných údajů průkazný. Oba sledované parametry žraní a přežvykování se snížily v období před otelením, přičemž zaznamenaný pokles byl výraznější v době přežvykování. Podobné trendy poklesu žraní a přežvykování byly patrné i při hodnocení vybraných

onemocnění. Dále byl zaznamenán rozdíl mezi jednotlivými onemocněními, kdy nejvyšší pokles obou parametrů byl naměřen u metabolických poruch, a nejnižší poklesy byly zaznamenány u mastitid. Naše výsledky ukazují, že aktivometr může být dobrým nástrojem pro detekci změn v době příjmu potravy a přežvykování v období před otelením. Také to, že v období při nástupu onemocnění vykazují parametry příjmu krmiva specifický pokles lze považovat za dobrý nástroj detekce nástupu onemocnění.

7 SEZNAM LITERATURY

- Acatinai S, Gavojdian D, Stanciu G, Toma C, Ciszter L, Tripon I, Andbaul S. 2010. Study Regarding Rumination Behavior in Cattle-Position Adopted by Cows During Rumination Process. *Animal Science and Biotechnologies*. 43 (2): 199–202.
- Acosta-Balcazar IC, Quiroz-Valiente J, Granados-Zurita L, Aranda-Ibanez EM, Hernandez-Nataren E, Rincon-Ramirez JA, Granados-Rivera LD. 2022. Effect of genotype, lactation and climatic factors on fatty acid profile of bovine milk. *Czech J Anim Sci*. 67(5):167-75.
- Allen JD, Hall LW, Collier RJ, Smith J.F. 2015. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*. 98 (1). 118–127.
- Ammer S, Lambertz C, Gauly M. 2016. Is reticular temperature a useful indicator of heatstress in dairy cattle? *Journal of Dairy Science*. 99 (12). 10067–10076.
- Andersson LM, Okada H, Miura R, Zhang Y, Yoshioka K, Aso H, Itoh T. 2016. Wearable wireless estrus detection sensor for cows. *Computers and Electronics in Agriculture*. 127 .101–108.
- Antanaitis R, Žilaitis V, Juozaitiene V, Noreika A, Andrutkauskas A. 2018. Evaluation of rumination time, subsequent yield, and milk trait changes dependent on the period of lactation and reproductive status of dairy cows. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 21 (3): 567–572.
- Arney DR, Kitwood SE, Phillips CJC 1994: The increase in activity during oestrus in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 40: 211-218
- Grothmann A, Nydegger F, Moritz FCB. (n.d.) Automatic feeding systems for dairy cattle– potential for optimization in dairy farming. In: International Conference on Agricultural Engineering AgEng 2010At: Clermont-Ferrand (France).
- Arbel R, Bigun Y, Ezra E, Sturman H, Hojman D. 2010. The Effect of Extended Calving Intervals in High Lactating Cows on Milk Production and Profitability. *Journal of Dairy Science*. 84 (3). 600–608.
- Azizi O, Kaufmann O, Hasselmann L. 2009. Relationship between feeding behaviour and feed intake of dairy cows depending on their parity and milk yield. *Livestock Science*. 122(2–3). 156–161.

- Azizi O, Hasselmann L, Kaufmann O. 2010. Variations in feeding behaviour of high-yielding dairy cows in relation to parity during early to peak lactation. *Archives Animal Breeding*. 53 (2): 130–140.
- Bach A, Dinarés M, Devant M, Carré X. 2007 Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *J. Dairy Res.* 74: 40-46
- Bach A, Valls N, Solans A, Torrent T. 2008. Associations Between Nondietary Factors and Dairy Herd Performance. *Journal of Dairy Science*. 91(8):3259-67.
- Bar, D., Solomon, R. (2010) Ruminant Collars: What Can They Tell Us. Available from <http://www.precisiondairy.com/proceedings/s11bar.pdf> (accessed December 2022)
- Barash H, Silanikove N, Shamay A, Ezra E. Interrelationships among ambient temperature, day length, and milk yield in dairy cows under a mediterranean climate. 2001 *J Dairy Sci*. 84(10):2314-20.
- Bareille N, Beaudeau F, Billon S, Robert A, Faverdin P. 2003. Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science*. 83 (1). 53–62.
- Barraclough RAC, Shaw DJ, Boyce R, Haskell MJ, Macrae AI. 2020. The behavior of dairy cattle in late gestation: Effects of parity and dystocia. *Journal of Dairy Science*. 103 (1). 714–722.
- Beauchemin K A, Zelin S, Genner D, Buchanan-Smith JG. 1989. An Automatic System for Quantification of Eating and Ruminating Activities of Dairy Cattle Housed in Stalls. *Journal of Dairy Science*. 72 (10). 2746–2759.
- Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard Lh, Rhoads Rp, Ronchi B, Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. 4 (7): 1167– 1183.
- Bernabucci U, Biffani S, Buggiotti L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A. 2014. The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 97 (1). 471–486.
- Bertilsson J, Osterman S, Österman S, Bertilsson J. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day : effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science*. 82 (2–3). 139–149.

- 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(4):667-74.
- Bewley, J. (2010) Precision Dairy Farming: Advanced Analysis Solutions for Future Profitability. Available from <http://precisiondairy.com/proceedings/s1bewley.pdf> (accessed December 2022)
- Bewley JM, Boyce RE, Hockin J, Munksgaard L, Eicher SD, Einstein ME, Schutz MM. 2010. Influence of milk yield, stage of lactation, and body condition on dairy cattle lying behaviour measured using an automated activity monitoring sensor. *Journal of Dairy Research*. 77 (1).1–6.
- Bezdicsek J, Nesvadbova A, Makarevich A, Kubovicova E. 2021. Negative impact of heat stress on reproduction in cows: Animal husbandry and biotechnological viewpoints: A review. *Czech J Anim Sci*. 66 (8):293-301.
- Borchers MR, Chang YM, Tsai IC, Wadsworth BA, Bewley JM. 2016. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science*. 99 (9). 7458–7466.
- Braun U, Tschoner T, Hässig M. 2014. Evaluation of eating and rumination behaviour using a noseband pressure sensor in cows during the peripartum period. *BMC Veterinary Research*. 10 (1). 1–8.
- Brehme U, Stollberg U, Holz R, Schleusener T. 2008. ALT pedometer-New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and Electronics in Agriculture*. 62 (1). 73–80.
- Broucek J, Ryba S, Mihina S, Uhrincat M, Kisac P. (2007) Impact of thermal-humidity index on milk yield under conditions of different dairy management. *J. Anim. Feed Sci*. 16(3):329–344
- Büchel S, Sundrum A. 2014. Short communication: Decrease in rumination time as an indicator of the onset of calving. *Journal of Dairy Science*. 97 (5). 3120–3127.
- Caja G, Castro-Costa A, Knight CH. 2016. , Engineering to support wellbeing of dairy animals. *Journal of Dairy Research*. Cambridge University Press. *J Dairy Res*. 83(2):136-47.

- Calamari L, Soriani N, Panella G, Petrera F, Minuti A, Trevisi E. 2014. Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. *Journal of Dairy Science*. 97 (6). 3635–3647.
- Canozzi MEA, Fischer V. 2021 Rumination time as an early predictor of metritis and subclinical ketosis in dairy cows at the beginning of lactation: Systematic review-meta-analysis. *Preventive Veterinary Medicine* 189 105309
- Cocco R, Andrighetto Canozzi ME, Fischer V. 2021 Rumination time as an early predictor of metritis and subclinical ketosis in dairy cows at the beginning of lactation: Systematic review-meta-analysis *Preventive Veterinary Medicine* 189 105309
- Codl R, Ducháček J, Pytlík J, Stádník L, Vacek M, Vrhel M. 2020 Evaluation of the level of length of eating time, chewing and parameters of daily increased activity depending on the breed, the lactation number and the period of the year. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 68 (4). 659–667.
- Codl R, Ducháček J, Pytlík J, Stádník L, Vacek M, Vrhel M. 2021. Using changes in eating and rumination time to indicate the onset of parturition or changes in the health status of dairy cows. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 69 (4). 555–561.
- Codl R, Ducháček J, Vacek M, Pytlík J, Stádník L, Vrhel M. 2022. Relationship between daily activities duration and oestrus in dairy cows over the year. *Acta Veterinaria Brno*. 91 (1). 11–16.
- Codl R, Ducháček J, Vacek M, Pytlík J, Stádník L, Vrhel M. 2023. The influence of eating and rumination time on solids content in the milk and milk yield performance control of cows. *Czech Journal of Animal Science*. 68 (4) 161-168.
- Collier RJ, Renquist BJ, Xiao Y. 2017. A 100-Year Review: Stress physiology including heatstress. *Journal of Dairy Science*. 100 (12). 10367–10380.
- Cook NB, Bennett TB, Nordlund KV. 2004, Effect of free stall surface on daily activity patterns in dairy cows with relevance to lameness prevalence. *J. Dairy Sci.* 87: 2912-2922
- Cook NB, Bennett TB, Nordlund KV. 2005. Monitoring Indices of Cow Comfort in Free-Stall-Housed Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*. 88 (11). 3876-388.
- Cooper MD, Arney DR, Phillips CJC. 2007. Two- or Four-Hour Lying Deprivation on the Behavior of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 90 (3). 1149-1158.
- Couderc JJ, Rearte DH, Schroeder GF, Ronchi JJ, Santini FJ. 2006. Silage chop length and hay supplementation on milk yield, chewing activity, and ruminal digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89 (9). 3599–3608.

- Dado RG, Allen MS. 1993. Continuous Computer Acquisition of Feed and Water Intakes, Chewing, Reticular Motility, and Ruminant pH of Cattle. *Journal of Dairy Science*. 76 (6). 1589–1600.
- Dado RG, Allen MS. 1994. Variation in and Relationships Among Feeding, Chewing, and Drinking Variables for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 77 (1). 132–144.
- de Rensis F, Garcia-Ispuerto I, López-Gatius F. 2015. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology*. 15;84(5):659-66.
- Dahl GE, Petitclerc D. Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *J Anim Sci*. 2003. 81(3):11-7.
- Devries TJ, Keyserlingk MAG. 2005. Time of Feed Delivery Affects the Feeding and Lying Patterns of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 88 (2). 625–631.
- DeVries TJ, Beauchemin KA, Dohme F, Schwartzkopf-Genswein KS. 2009 Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: feeding, ruminating, and lying behavior *J Dairy Sci* 92(10):5067-78.
- Diskin MG, Sreenan JM. 2000. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction Nutrition Development*. 40 (5). 481–491.
- Dobson H, Walker SL, Morris MJ, Routly JE, Smith RF. 2008. Why is it getting more difficult to successfully artificially inseminate dairy cows? In: *Animal*. Vol. 2. p. 1104–1111.
- Drissler M, Gaworski M, Tucker CB, Weary DM. 2005. Freestall Maintenance: Effects on Lying Behavior of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 88 (7). 2381–2387.
- Dunn, RJH, Mead NE, Willett KM, Parker DE. 2014. Analysis of heat stress in UK dairy cattle and impact on milk yields. *Environmental Research Letters*. 9 (6).
- Firk R, Stamer E, Junge W, Krieter J. 2002. Automation of oestrus detection in dairy cows: A review. *Livestock Production Science*. 75 (3). 219–232.
- Esslemont RJ, Kossaibati MA. 1992 Measuring dairy herd fertility. *The Veterinary record* 131(10):209-12
- Fogsgaard K, Bennedsgaard T, Herskin M. 2015. Behavioral changes in freestall-housed dairy cows with naturally occurring clinical mastitis. *Journal of Dairy Science*. 98 . 1730–1738.

- Fogsgaard K, Røntved C, Sørensen P, Herskin M. 2012. Sickness behavior in dairy cows during *Escherichia coli* mastitis. *Journal of Dairy Science*. 95 . 630–638.
- Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM. 2007. Overstocking Reduces Lying Time in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 90 (7). 3349–3354.
- Fregonesi JA, Veira DM, von Keyserlingk MAG, Weary DM. 2007. Effects of Bedding Quality on Lying Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 90 (12). 5468–5472.
- Fregonesi JA, Leaver JDD. 2001. Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science*. 68 (2–3). 205–216.
- Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM, Flower FC, Vittie T. 2004. Effect of Rubber Flooring in Front of the Feed Bunk on the Time Budgets of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 87(5). 1203–1207.
- Friggens NC, Nielsen BL, Kyriazakis I, Tolcamp BJ, Emmans GC. 2010. Effects of Feed Composition and Stage of Lactation on the Short-term Feeding Behavior of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 81 (12). 3268–3277.
- Friggens NC, Chagunda MGG. 2005. Prediction of the reproductive status of cattle on the basis of milk progesterone measures: Model description. *Theriogenology*. 64 (1). 155–190.
- Gantner V, Bobic T, Gantner R, Gregic M, Kuterovac K, Novakovic J, Potocnik K. 2017. Differences in response to heat stress due to production level and breed of dairy cows. *International Journal of Biometeorology*. 61 (9). 1675–1685.
- Giaretta E, Marliani G, Postiglione G, Magazzù G, Pantò F, Mari G, Formigoni A, Accorsi PA, Mordenti A. 2021. Calving time identified by the automatic detection of tail movements and rumination time, and observation of cow behavioural changes. *Animal*. 15 (1).
- Goldhawk C, Chapinal N, Veira DM, Weary DM, Von Keyserlingk MAG. 2009. Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*. 92 (10). 4971–4977
- Gomez A, Cook NB 2010: Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J Dairy Sci* 93: 5772-5781
- González LA, Tolcamp BJ, Coffey MP, Ferret A, Kyriazakis I. 2008. Changes in

feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91 (3). 1017–1028.

Gorniak T, Meyer U, Südekum KH, Dänicke S. 2014. Impact of mild heat stress on dry matter intake, milk yield and milk composition in mid-lactation Holstein dairy cows in a temperate climate. *Archives of Animal Nutrition*. 68 (5). 358–369.

Grant RJ. 1995. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *Journal of animal Science* (73). 2791-2803

Grant, R., Miner, W. H. 2011. Modified from Proceedings of Miner Dairy Day.
Grant, R., (2011) Taking Advantage of Natural Behavior Improves Dairy Cow Performance. Available from: <https://articles.extension.org/pages/11129/taking-advantage-of-natural-behavior-improves-dairy-cow-performance> (accessed December 2022)

Hahn, G. L. (1999) Dynamic Responses of Cattle to Thermal Heat Loads. *J Anim Sci* . 77 2:10-20.

Haley DB, Rushen J, Passillé AM. 2000. Behavioural indicators of cow comfort: activity and resting behaviour of dairy cows in two types of housing. *Canadian Journal of Animal Science*. 80 (2). 257–263.

Hart BL. 1988. Biological basis of the behavior of sick animals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 12 (2). 123–137.

Hassall SA, Ward WR, Murray RD. 1993 Effects of lameness on the behaviour of cows during the summer. *Vet. Rec.* 1993; 132: 578-580

Heinicke J, Hoffmann G, Ammon C, Amon B, Amon T. 2018. Effects of the daily heat load duration exceeding determined heat load thresholds on activity traits of lactating dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. 77 . 67–74.

Hempel S, König M, Menz C, Janke D, Amon B, Banhazi TM, Estellés F, Amon T. 2018. Uncertainty in the measurement of indoor temperature and humidity in naturally ventilated dairy buildings as influenced by measurement technique and data variability. *Biosystems Engineering*. 166 . 58–75.

Hempel S, Saha CK, Fiedler M, Berg W, Hansen C, Amon B, Amon T. 2016. Non-linear temperature dependency of ammonia and methane emissions from a naturally ventilated dairy barn. *Biosystems Engineering*. 145 . 10–21.

Hertl JA, Gröhn Y, Leach J, Bar D, Bennett G, Gonzalez R, Rauch B, Welcome F, Tauer L, Schukken Y. 2010, Effects of clinical mastitis caused by gram-positive and gram-negative bacteria and other organisms on the probability of conception in New York State Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93: 1551-1560

Hirooka H, Bhuiyan AKFH. 1995. Additive and heterosis effects on milk yield and birth weight from crossbreeding experiments between holstein and the local breed in Bangladesh. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 8(3): 295–300.

Hockey CD, Morton JM, Norman ST, McGowan MR. 2010. Evaluation of a neck mounted 2- hourly activity meter system for detecting cows about to ovulate in two paddock-based australian dairy herds. *Reproduction in Domestic Animals.* 45 (5).

Hofmann RR.1988 Anatomy of the gastro-intestinal tract *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1988), pp. 14-43

Holman A, Thompson J, Routly JE, Cameron J Jones DN, Grove-White D, Smith RF, Dobson

H. 2011. Papers: Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. *Veterinary Record.*169 (2). 47.

Horváth A, Lénárt L, Csepregy A, Madar M, Pálffy M, Szenci O. 2021. A field study using different technologies to detect calving at a large-scale hungarian dairy farm. *Reproduction in Domestic Animals.* 56 (4). 673–679.

Huzzey JM, Von Keyserlingk MAG, Weary, D. M. 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science.* 88 (7).2454–2461.

Huzzey JM, Veira DM, Weary DM, Von Keyserlingk MAG. 2007. Parturition behavior and dry matter intake identify dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science.* 90 (7).

3220–3233.

Chapinal N, de Passillé AM, Rushen J, Wagner S. (2010) Automated methods for detecting lameness and measuring analgesia in dairy cattle. *Journal of Dairy Science.* 93 . 2007–2013.

Chaplin S, Munksgaard L. 2001. Evaluation of a simple method for assessment of rising behaviour in tethered dairy cows. *Animal Science.* 72 (1). 191–197.

Church DC, 1975 Church Ingestion and mastication of feed. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.* Vol 1. Digestive Physiology, pp. 46-60

Ingvarstsen KL, Munksgaard L, Nielsen VKM, Pedersen LJ. 1999. Responses to repeated deprivation of lying down on feed intake, Performance and blood hormone concentration in growing bulls. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*. 49 (4). 260–265.

Jensen MB, Pedersen LJ, Munksgaard L. 2005. The effect of reward duration on demand functions for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 90:207–217.

Jensen MB. 2012. Behaviour around the time of calving in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 139 (3–4). 195–202.

Johnston C, DeVries TJ. 2018. Short communication: Associations of feeding behavior and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 101 (4). 3367–3373.

Jóźwik A, Strzałkowska N, Bagnicka E, Grzybek W, Krzyzewski J, Poławska E, Kołataj A, Horbańczuk JO. 2012. Relationship between milk yield, stage of lactation, and some blood serum metabolic parameters of dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*. 57 (8). 353–360.

Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. 77. 59–91

Kamphuis C, Pietersma D, van der Tol R, Wiedemann M, Hogeveen H. 2008. Using sensor data patterns from an automatic milking system to develop predictive variables for classifying clinical mastitis and abnormal milk. *Computers and Electronics in Agriculture*. 62 (2). 169–181.

Kaske M, Beyersbach M, Hailu Y, Göbel W, Wagner S 2002: The assessment of the frequency of chews during rumination enables an estimation of rumination activity in hay-fed sheep. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 86: 83-89

Kolver ES, Roche JR, Burke, C. R., Kay, J. K., Aspin, P. W. 2007. Extending Lactation in Pasture-Based Dairy Cows: I. Genotype and Diet Effect on Milk and Reproduction. *Journal of Dairy Science*. 90 (12). 5518–5530

Kowsar R, Ghorbani GR, Alikhani M, Khorvash M, Nikkhah A. 2008. Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 91 (12): 4755–4764.

Kononoff PJ, Lehman HA, Heinrichs AJ. 2002. Technical note - A comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 85 (7). 1801–1803.

Krause M, Beauchemin KA, Rode L M, Farr BI, Nørgaard P. 1998. Fibrolytic Enzyme Treatment of Barley Grain and Source of Forage in High-Grain Diets Fed to Growing Cattle. *J. Anim. Sci.* Vol. 76.

Krause KM, Oetzel GR. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2006; 126: 215-236

Krawczel PD, Klaiber LB, Butzler RE, Klaiber LM, Dann HM, Mooney CS, Grant RJ. 2012. Short-term increases in stocking density affect the lying and social behavior, but not the productivity, of lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 95 (8). 4298–4308.

Krawczel PD, Mooney CS, Dann HM, Carter MP, Butzler R. E, Ballard CS, Grant RJ. 2012. Effect of alternative models for increasing stocking density on the short-term behavior and hygiene of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 95 (5). 2467–2475.

Krawczel P, Grant R. 2009. Effects of cow comfort on milk quality, productivity and behavior.. Available from: <http://nmconline.omnibooksonline.com/48th-annual-meeting-2009-1.32876/t-002-1.33427/a-003-1.33440/a-003-1.33441?qr=1> (accessed December 2022)

Krpalkova L, O'Mahony N, Carvalho A, Campbell S, Walsh J. 2022. Association of rumination with milk yield of early, mid and late lactation dairy cows. *Czech J Anim Sci.* 67(3):87-101.

Lee M, Seo S. 2021. Wearable wireless biosensor technology for monitoring cattle: A review. *Animals.* MDPI. 11(10): 2779.

Liboreiro DN, Machado KS, Silva PRB, Maturana MM, Nishimura TK Brand ao AP, Endres MI, Chebel RC. 2015. Characterization of peripartum rumination and activity of cows diagnosed with metabolic and uterine diseases. *J. Dairy Sci.* 98, 6812–6827.

Lindstroem T, Redbo I, Uvna Ès-Moberg K. 2001 Plasma oxytocin and cortisol concentrations in dairy cows in relation to feeding duration and rumen fill. *Physiol Behav.* 72(1-2):73-81.

López-Gatius F, Santolaria P, Mundeta I, Yániz JL. 2005. Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* 63 1419–1429

Maekawa M, Beauchemin KA, Christensen DA. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 85 (5): 1165–1175.

- Matsui K. 1994. A new ambulatory data logger for a long-term determination of grazing and rumination behaviour on free-ranging cattle, sheep and goats. *Applied Animal Behaviour Science* 39 (2), 123-130
- Matsui K, Okubo T 1991. A method for quantification of jaw movements suitable for use on free-ranging cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 32 (2–3) 107-116
- Matzke 2003 Behavior of large groups of lactating dairy cattle housed in a free stall barn [MSc. Thesis]. University of Nebraska—Lincoln.
- Mee, J., English, L. Prediction of onset of calving from tail elevation-preliminary evaluation of a novel biosensor. Available from: <https://www.teagasc.ie/media/website/publications/2019/Prediction-of-onset-of-calving-from-tail-elevation-preliminary-evaluation-of-a-novel-biosensor.pdf> (accessed December 2022)
- Mee JF. 2008. Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. *Veterinary Journal*. 176 (1). 93–101.
- Mellado M, Antonio-Chirino E, Meza-Herrera C, Veliz FG, Arevalo JR, Mellado J. de Santiago A. 2011. Effect of lactation number, year, and season of initiation of lactation on milk yield of cows hormonally induced into lactation and treated with recombinant bovin somatotropin. *Journal of Dairy Science*, 94(9): 4524–4530.
- Metz JHM. 1985. The reaction of cows to a short-term deprivation of lying. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 13:301–307.
- Miekley B, Traulsen I, Krieter J. 2012. Detection of mastitis and lameness in dairy cows using wavelet analysis. *Livestock Science*. 148 (3). 227–236.
- Moretti R, Biffani S, Chessa S, Bozzi R. 2017. Heat stress effects on Holstein dairy cows' rumination. *Animal*. 11 (12). 2320–2325.
- Munksgaard L, Jensen MB, Pedersen LJ, Hansen SW, Matthews L. 2005. Quantifying behavioural priorities - Effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science*. 92, (1–2), 3-14
- Munksgaard L, Løvendahl P. 1993. Effects of social and physical stressors on growth hormone levels in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 73 (4). 847–853.
- Munksgaard L, Simonsen HB. 1996. Behavioral and Pituitary Adrenal-Axis Responses of Dairy Cows to Social Isolation and Deprivation of Lying Down. *Journal of Animal Science*. 74 (4). 769–778.

- Munksgaard L, Ingvarsten KL, Pedersen L J, Nielsen VKM. 1999. Deprivation of Lying Down Affects Behaviour and Pituitary-Adrenal Axis Responses in Young Bulls. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences*. 49 (3). 172–178.
- Müschner-Siemens T, Hoffmann G, Ammon C, Amon T. 2020. Daily rumination time of lactating dairy cows under heat stress conditions. *Journal of Thermal Biology*. 88 . 102484.
- Nabenishi H, Negishi, N, Yamazaki A. 2020 Predicting the start of calving in Japanese Black cattle using camera image analysis. *J Reprod Dev.* 67(1): 53–58.
- Natzke RP, Bray DR, Everett RW. 1982 Cow Preference for Free Stall Surface Material. *J Dairy Sci* 65:146-153
- Nebel R L, Dransfield MG, Jobst SM, Bame JH. 2000 Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle *Animal Reproduction Science*. NULL *Animal Reproduction Science* (60–61), 713-723
- Niozas G, Tsousis G, Malesios C, Steinhöfel I, Boscós C, Bollwein H, Kaske M. 2018. Extended lactation in high-yielding dairy cows. II. Effects on milk production, udder health, and body measurements. *Journal of Dairy Science*. 102(1):811-823.
- Noordhuizen J. 2015. Heat Stress in Dairy Cattle: Major Effects and Practical Management Measures for Prevention and Control. *SOJ Veterinary Sciences*. 1 (1). 1–7.
- Ouellet V, Vasseur E, Heuwieser W, Burfeind O, Maldague X, Charbonneau 2016. Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 99 (2). 1539–1548.
- Østerås O, Solbu H, Refsdal A, Roalkvam T, Filseth O, Minsaas A. 2007, Results and evaluation of thirty years of health recordings in the Norwegian dairy cattle population. *J. Dairy Sci*. 90: 4483-4497
- Owens FN., Secrist D.S., Hill W.J., Gill D.R., 1998 Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.*, 76: 275-286
- Overton MW, Sisco WM, Temple GD, Moore DA. 2002. Using Time-Lapse Video Photography to Assess Dairy Cattle Lying Behavior in a Free-Stall Barn. *Journal of Dairy Science*. 85 (9). 2407–2413.
- Perez MM, Cabrera EM, Rial C, Foddanu I, Giordano JO., 2020. Effect of metritis on the pattern of behavioral, physiological, and performance parameters monitored by sensors in dairy cows. *Proceedings of the ADSA Annual Virtual Meeting 2020 abstract* 39.

- Philips CJC, Leaver JD. 1986. The effect of forage supplementation on the behaviour of grazing dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16, 233–247.
- Pahl C, Hartung E, Grothmann A, Mahlkow-Nerge K, Haeussermann A. 2014. Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy Science.* 97(11). 6935–6941.
- Park S. 2022 Application strategy for sustainable livestock production with farm animal algorithms in response to climate change up to 2050: A review. *Czech J Anim Sci.* 67(11):425-41.
- Pastell M, Tiusanen J, Hakojärvi M, Hänninen L. 2009. A wireless accelerometer system with wavelet analysis for assessing lameness in cattle. *Biosystems Engineering.* 104 (4). 545–551.
- Phillips CJC, Schofield SA 1990: The effect of environment and stage of the oestrous cycle on the behaviour of dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 27: 21-31
- Polsky L, von Keyserlingk MAG. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science.* 100 (11). 8645–8657.
- Posthuma-Trumpie GA, van Amerongen A, Korf J, van Berkel, WJH. 2009. , Perspectives for on-site monitoring of progesterone. *Trends in Biotechnology* 27 (11) 652-660.
- Proudfoot KL, Huzzey JM, von Keyserlingk MAG. 2009. The effect of dystocia on the dry matter intake and behavior of Holstein cows. *Journal of Dairy Science.* 92 (10). 4937–4944.
- Proudfoot KL, Veira DM, Weary DM, von Keyserlingk, MAG. 2009. Competition at the feed bunk changes the feeding, standing, and social behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 92 (7). 3116–3123.
- Reich LJ, Weary DM, Veira DM, von Keyserlingk MAG. 2010. Effects of sawdust bedding dry matter on lying behavior of dairy cows: A dose-dependent response. *Journal of Dairy Science.* 93 (4). 1561–1565.
- Reith S, Brandt H, Hoy S. 2014. Simultaneous analysis of activity and rumination time, based on collar-mounted sensor technology, of dairy cows over the peri-estrus period. *Livestock Science.* 170 . 219–227.
- Renaudeau D, Collin A, Yahav S, de Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. In: *Animal.* Vol. 6. p. 707–728.

- Rodrigues CA, Teixeira AA, Ferreira RM, Ayres H, Mancilha RF, Souza AH, Baruselli PS. 2010. Effect of fixed-time embryo transfer on reproductive efficiency in high-producing repeat-breeder Holstein cows. *Animal Reproduction Science*. 118 (2–4). 110–117.
- Roelofs JB, Van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B 2005: Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 64:1690-1703
- Roelofs JB, Graat E AM, Mullaart E, Soede NM, Voskamp-Harkema W, Kemp B. 2006. Effects of insemination-ovulation interval on fertilization rates and embryo characteristics in dairy cattle. *Theriogenology*. 66 (9). 2173–2181.
- Roelofs J, López-Gatius F, Hunter RHF, van Eerdenburg FJCM, Hanzen C. 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology*. 74(3):327-44
- Rulquin H, Caudal J. 1992 Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. *J Physiol* 190, 333-346
- Rutten C, Velthuis A, Steeneveld W, Hogeveen H. 2013. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *J Dairy Sci*. 96(4):1928-1952.
- Saint-Dizier M, Chastant-Maillard S. 2015. , Methods and on-farm devices to predict calving time in cattle. *Veterinary Journal*. 205(3):349-56.
- Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Heuwieser W, von Keyserlingk MAG. 2012. a Ruminant and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95 (6). 3212–3217.
- Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Heuwieser W, von Keyserlingk MAG. 2012. b Ruminant and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95 (6). 3212–3217.
- Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Vickers L, von Keyserlingk MAG. 2013. Short communication: Ruminant and feeding behavior before and after calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 96 (11). 7088–7092.
- Schirmann K, von Keyserlingk MAG, Weary DM, Veira DM, Heuwieser W. 2009. Validation of a system for monitoring ruminant in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92(12). 6052–6055.

Schüller LK, Burfeind O, Heuwieser W. 2013. a Short communication: Comparison of ambient temperature, relative humidity, and temperature-humidity index between on-farm measurements and official meteorological data. *Journal of Dairy Science*. 96 (12). 7731–7738.

Schüller LK, Burfeind O, Heuwieser W. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology*. 81 (8). 1050–1057.

Segnalini M, Bernabucci U, Vitali A, Nardone A, Lacetera N. 2013. Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology*. 57 (3).451–458.

Shabi Z, Murphy MR, Moallem U. 2010. Within-Day Feeding Behavior of Lactating Dairy Cows Measured Using a Real-Time Control System. *Journal of Dairy Science*. 88 (5). 1848–1854.

Schofield SA, Phillips CJC, Owens AR 1991: Variation in the milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrous period of dairy cows. *Anim Reprod Sci* 24: 231-248

Schukken YH, Günther J, Fitzpatrick J, Fontaine M, Goetze L, Holst O, Leigh J, Petzl W, Schuberth HJ, Sipka A. 2011, Host-response patterns of intramammary infections in dairycows. *Vet. Immunol. Immunopathol*. 144: 270-289

Sorensen A, Muir, DD, Knight CH. 2008. Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *Journal of Dairy Research*. 75 (1). 90–97.

Soriani N, Trevisi E, Calamari L. 2012. Relationships between rumination time, metabolic conditions, and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Animal Science*. 90 (12): 4544–4554.

Speroni M, Malacarne M, Righi F, Franceschi P, Summer A. 2018. Increasing of posture changes as indicator of imminent calving in dairy cows. *Agriculture (Switzerland)*. 8 (11).

Steenefeld W, Hogeveen H. 2015. Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *Journal of Dairy Science*. 98 . 709–717.

Steensels M, Maltz E, Bahr C, Berckmans D, Antler A, Halachmi I, 2017. Towards practical application of sensors for monitoring animal health: the effect of postcalving health problems on rumination duration, activity and milk yield. *J. Dairy Research*. 84, 132–138.

Stone AE, Jones BW, Becker CA, Bewley JM. 2017. Influence of breed, milk yield, and temperature-humidity index on dairy cow lying time, neck activity, reticulorumen temperature, and rumination behavior. *Journal of Dairy Science*. 100 (3). 2395–2403.

Sumi K, Zin TT, Kobayashi I, Horii Y. 2017. A study on cow monitoring system for calving process. In: 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics, GCCE 2017. Vol. 2017-January. p. 1–2. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. ISBN: 9781509040452.

Thorup VM, Nielsen BL, Robert PE, Giger-Reverdin S, Konka J, Michie C, Friggens NC. 2016. Lameness affects cow feeding but not rumination behavior as characterized from sensordata. *Frontiers in Veterinary Science*. 3 37.

Tucker CB, Weary DM, Fraser D. 2003. Effects of Three Types of Free-Stall Surfaces on Preferences and Stall Usage by Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 86 (2). 521–529.

Tucker CB, Weary DM, Fraser D. 2004. Free-Stall Dimensions: Effects on Preference and Stall Usage. *Journal of Dairy Science*. 87 (5). 1208–1216.

Tucker CB, Zdanowicz G, Weary DM. 2006. Brisket Boards Reduce Freestall Use. *Journal of Dairy Science*. 89 (7). 2603–2607.

Urton G, Von Keyserlingk MAG, Weary, DM. 2005. Feeding behavior identifies dairy cows at risk for metritis. *Journal of Dairy Science*. 88 (8): 2843–2849.

van Arendonk JAM, Liinamo AE. 2003) Dairy cattle production in Europe. *Theriogenology*;59(2):563-9

van der Tol, R., van der Kamp A. (2010) Time Series Analysis of Live Weight as Health Indicator. Available from: <http://www.precisiondairy.com/proceedings/povandertol.pdf>

(accessed December 2022)

Veris J, Bajnar Z Navratil J. 1980. Daily behaviour of dairy cows in groups of different size and at different stages of lactation under conditions of free housing in a large cowshed with cubicles. *Dairy Sci. Abstr.* 46:258.

- Vijayakumar M, Park JH, Ki KS, Lim DH, Kim SB, Park SM, Jeong HY, Park BY, Kim T. 2017. The effect of lactation number, stage, length, and milking frequency on milk yield in Korean Holstein dairy cows using automatic milking system. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 30(8):1093-1098.
- Voß AL, Fischer-Tenhagen C, Bartel A, Heuwieser W. 2021. Sensitivity and specificity of a tail-activity measuring device for calving prediction in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 104 (3). 3353–3363.
- Wagner-Storch AM, Palmer RW, Kammel DW. 2003. Factors Affecting Stall Use for Different Freestall Bases. *Journal of Dairy Science*. 86 (6). 2253–2266.
- West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86 (6). 2131–2144.
- Whay HR, Waterman AE, Webster AJF, O'Brien JK. 1998 The influence of lesion type on the duration of hyperalgesia associated with hindlimb lameness in dairy cattle. *Vet. J*. 156: 23-29
- Whist AC, Østerås O, Sølverød L. 2009, Association between isolation of *Staphylococcus aureus* one week after calving and milk yield, somatic cell count, clinical mastitis, and culling through the remaining lactation. *J. Dairy Res*. 76: 24-35
- Yániz JL, Santolaria P, Giribet A, López-Gatius F 2006: Factors affecting walking activity at estrus during postpartum period and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* 66: 1943-1950
- Zuko M, Jaja IF. 2020. Primiparous and multiparous Friesian, Jersey, and crossbred cows' behavior around parturition time at the pasture-based system in South Africa. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 7 (2). 290–298.
- Zimbelman RB, Collier RJ, 2011. Feeding strategies for high-producing dairy cows during periods of elevated heat and humidity. *Proceedings Tri-state Dairy Nutrition Conference*, pp.111–126.