



NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE
A POTRAVINÁRSKE CENTRUM
VÝSKUMNÝ ÚSTAV ŽIVOČÍŠNEJ
VÝROBY NITRA

Poznatky pre „smart“ farmárčenie – adaptácia jalovíc a dojníc na robotické dojenie a precízny chov teliat a kráv

Knowledge for "smart" farming - adaptation of heifers and dairy cows for robotic milking and precision calf and cow husbandry



Prof. Ing. Jan Brouček, DrSc., PhD.

Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum - Výskumný ústav živočíšnej výroby
Nitra

Publikácia pre prax (e-book)

Január 2022

ISBN 978-80-89418-49-7
EAN 9788089418497

Napísanie tejto publikácie bolo umožnené projektmi „Stratégie manažmentu pre zlepšenie welfare vysokoužitkových dojníc pri robotickom dojení (APVV 15-0060)“ a „Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti (313011W112)“, v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra spolufinancovanému zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Abstrakt

Cieľom tejto publikácie je zhrnúť súčasné poznatky o systémoch automatického dojenja a precíznom chove dojníc a teliat. Diskutuje sa o najnovších poznatkoch. Automatický systém dojenja (AMS) ponúka inovatívny prístup na zlepšenie produktivity na mliečnych farmách. AMS ovplyvňuje budúci rast fariem, zlepšuje podmienky práce zamestnancov a kvalitu života na rodinných farmách. Skúma sa vplyv AMS na dojnice. Čo je základom prispôsobenia na dojenie kráv je popísané v prvej časti tejto publikácie. V druhej časti sú rozpísané precízne metódy pre inteligentné farmárčenie. V štúdií bolo použitých 232 odkazov z aktuálnej vedeckej a odbornej literatúry.

Abstract

The aim of this publication is to summarize the current knowledge about the automatic milking systems and precision husbandry of dairy cows and calves. Recent knowledge are discussed. Automatic milking system (AMS) offer an innovative approach to improve productivity on dairy farms. AMS affects the future growth of farms, improves the working conditions of employees and the quality of life on family farms. The AMS impact on dairy cows is explored. What is the basis for adapting to the dairy cow milking is discussed in the first part of this publication. Precision methods for smart farming are written in the second part. The study used 232 references from current scientific and professional literature.

Citovať

Brouček, J.: Poznatky pre „smart“ farmárčenie – adaptácia jalovic a dojníc na robotické dojenie a precízny chov teliat a kráv. Publikácia pre prax (E-book), NPPC – VÚŽV Nitra, 2022, 68 s.

Cite this

Broucek, J.: Knowledge for "smart" farming - adaptation of heifers and dairy cows for robotic milking and precision calf and cow husbandry. Professional publication (E-book), NCPP – RIAP Nitra, 2022, 68 p.

Obsah

Úvod	4
1. Automatický systém dojenja	6
1.1. Činnosť automatického systému dojenja	6
1.2. Technika chovu	8
1.3. Výber AMS, výhody a nevýhody	14
1.4. Správanie dojníc a návyk na dojenie	15
1.5. Pastva a AMS	21
1.6. Robotické plemenné hodnoty	24
2. Precízne farmárčenie	26
2.1. Dojnice	27
2.2. Teľatá	25
Záver	37
Referencie a ďalší použitá literatúra vhodná k štúdiu	45

ÚVOD

V posledných desaťročiach je chov dojníc v chovateľsky vyspelých krajinách stále viac ovplyvňovaný používaním dojacích robotov. Hovoríme, že to je súčasť precízneho chovu dojníc. Robotizované dojenie neznamená len vyšší stupeň automatizácie dojenia, ale predstavuje aj úplne nový spôsob riadenia stáda a celej mliečnej farmy.

Existuje široká ponuka zariadení robotického dojenia, firmy súťažia a predbiehajú sa s ďalšími technickými vylepšeniami. Hlavné odlišnosti spočívajú najmä v rôznych riešeniach organizácie stáda (voľný pohyb dojníc s dobrovoľnou návštevou dojaceho robota alebo riadený pohyb s individuálnym prístupom k jednoboxovým, prípadne viacboxovým robotom, kde jedna robotická ruka obsluhuje viac dojacích stojísk).

Dojací robot, nazývaný aj ako automatický systém dojenia (AMS) zaisťuje nasledujúce pracovné operácie: identifikáciu zvierat'a, čistenie vemena, prípravu na dojenie, oddojenie prvých strekov, skúšky kvality mlieka a kontrolu vemena (vyšetrenie na mastitídu, meranie pohybovej aktivity s prognózou ruje), nasadenie dojaceho stroja, vlastné dojenie a dodojenie, odňatie dojaceho stroja, zber dát o množstve a kvalite nadojeného mlieka. Elektronický respondér, ktorým je vybavená každá dojnica, umožňuje spoľahlivú a jednoznačnú identifikáciu potrebnú pre zhromažďovanie konkrétnych aktuálnych informácií o každej dojnici. AMS je spojený s mliečnicou a kanceláriou operátora mliečnym potrubím a elektrickými a dátovými káblami.

Pokiaľ ide o ekonomiku chovu dojníc, pri využití robotizovaného dojenia je určitou nevýhodou vysoká investičná náročnosť a nároky na kvalitu pracovníkov, ale výhodou je zvýšenie využitia pracovných síl a pracovnej doby, zníženie hlučnosti v maštali a možnosť budúceho rozširovania na viacboxový systém. Niektoré systémy majú možnosť aj ručného nasadzovania ceckových násadcov tak, ako v režimu konvenčného dojenia. Automatický systém dojenia sa používa aj na získavanie mlieka pre teľatá po dobu 4-5 dní po otelení a pre zasúšanie kráv.

Software je na veľmi vysokej úrovni. Meria a kontroluje elektrickú vodivosť mlieka, výšku nádoja, priebeh dojenia, nastavenie parametrov dojenia, sledovanie pohybovej aktivity zvierat, reprodukciu, atď. Ponúkajú sa tiež softvéry finančného manažmentu, ktoré aktuálne prepočítavajú rentabilitu výroby mlieka.

Robotické dojenie zlepšuje pracovné podmienky a životný štýl chovateľa, je prínosom pre zdravie a welfare kráv. Zmenil sa aj vzťah chovateľa a dojníc. Chovatelia majú síce menej priamych kontaktov s kravami, ale majú viac času na ich pozorovanie, pri ktorom môžu využiť i údaje získané automatickým dojacím systémom (AMS).

V zahraničí sa často uprednostňujú viacboxové AMS pred jednomiestnymi (dá sa zostaviť jednotka až s piatimi boxmi). Samozrejme, obidva typy majú podobnú technickú úroveň. Zástancovia viacmiestnych AMS namietajú proti jedno boxovému vyššou výkonnosťou a v dôsledku toho aj nižšími nadobúdacími nákladmi pre podnik.

Prvýkrát bol AMS spustený v Holandsku v roku 1992, a to predovšetkým ako odozva na drahú ľudskú prácu a štruktúru malých (rodinných) fariem. V roku 2003 už boli dojace roboty na viac ako 2200 farmách a v roku 2006 bolo v prevádzke cez 5500 dojacích robotov. Tento systém je čoraz viac populárnejší a v roku 2015 už boli tieto zariadenia na vyše 20 000 farmách v 25 krajinách sveta. V Českej republike bol prvý dojací robot inštalovaný v roku 2003 a pracuje tam 190 robotov, avšak Slovenská republika výrazne zaostala. V súčasnosti je k dispozícii len 19 AMS. V Českej a Slovenskej republike sú najrozšírenejšie jednoboxové dojace roboty pre voľný pohyb stáda. Jeho základom je samostatné rozhodovanie zvierat o podojení, ktoré je podporované ponukou koncentrovaného krmiva podávaného v AMS pri dojení.

Automatický systém dojenia je teda už vyvíjaný nepretržite po dobu tridsiatich rokov. Pôvodne mal byť tento systém určený len pre malé farmy (50-150 dojníc), avšak vzhľadom k technologickému pokroku a skúsenostiam chovateľov je v súčasnej dobe AMS používaný aj na mliečnych farmách s viac ako 500 dojnicami.

AMS bude mať vplyv na budúci rast fariem, na pohodu zamestnancov a na kvalitu života v rodinných farmách. Pre tie farmy, ktoré si najímajú pracovníkov, bude mať použitie AMS význam pre zníženie pracovných nákladov. Nie je pochyb o tom, že sa AMS stane v blízkej dobe dôležitou technológiou v produkcii mlieka. V zahraničí už priviedla túžba po lepšom živote veľa farmárov k akceptovaniu predností tejto novej technológie. Pre dve tretiny holandských farmárov je hlavnou motiváciou nákupu AMS zlepšené životné prostredie. Jeden AMS dokáže podojiť 55-65 kráv za deň a to môže byť dôvodom, prečo sa tento systém tak rýchlo uplatnil v severnej a západnej Európe na menších farmách.

Robotické dojenie je ale vhodným riešením aj pre veľké farmy dojníc, existuje veľa príkladov úspešného použitia v rozdielnych podmienkach. Ako prídavok k nižším pracovným nákladom je 5 až 10 % zvýšenie dojivosti následkom zvýšenej frekvencie dojenia. Manuálna

práca je čiastočne nahrádzaná prácou manažmentu a prítomnosť ošetrovateľa pri dojení už nie je potrebná.

Niektorí zahraniční farmári sa vrátili ku klasickému dojeniu. Ako hlavnú príčinu uvádzali to, že kravy nechceli navštevovať robot na dojenie. Z uvedeného možno usúdiť, že chovateľom chýbajú informácie o priebehu prispôsobenia dojníc na AMS, metodiky na tréning zvierat, a taktiež poradenstvo v oblasti techniky chovu. Cieľom tejto publikácie (metodiky) pre prax bolo teda na základe vedeckých poznatkov a výsledkov aplikovaného výskumu zostaviť príručku pre chovateľskú verejnosť, ktorá má záujem o automatický systém dojenia (robotizované dojenie), a tiež oboznámiť chovateľov s novinkami precízneho chovu dojníc a teliat.

1. Automatický systém dojenia (robotické dojenie)

1.1. Činnosť automatického systému dojenia

Základné technické prvky AMS:

Dojací box s mäkkou pogumovanou podlahou

Podlaha boxu je opatrená presným vážiacim zariadením, ktoré okrem sledovania hmotnosti dojnice určuje tiež polohu jej ťažiska, čo je významným údajom pre navádzanie výkyvného robotického ramena.

Automatické rameno k detekcii ceckov a k nasadzovaniu ceckových násadcov

Robot má detekčný senzor pre rýchle vyhľadávanie polohy cecka. Používa sa technológia trojrozmerného skenovania pre rýchle nasadzovanie ceckových násadcov a pohyby ramena.

Rameno je možné využiť pre obsluhu dvoch stojísk, ktoré môžu byť umiestené za sebou alebo vedľa seba. V dvojboxe sa pohodlne podojí až 120 dojníc, tri razy denne. Rameno robota kombinuje trojrozmerné pohyby so zväčšeným dosahom a zaisťuje efektívne nasadenie ceckových násadcov na vyššie aj nižšie zavesené vemená. Nasadzovanie a snímanie ceckových násadcov sa robí jednotlivo na základe laserového zamerania.

Zariadenie na čistenie ceckov sa skladá z rotačných kief.

Kontrolný systém obsahujúci senzory a software

Softwarové zariadenie je nasledovné: monitor (zjednodušenie pre obsluhu prináša inštalácia dotykovej obrazovky X-Link, ktorá umožňuje obsluhu prevádzať nastavenia priamo na

robote); senzorický systém zaisťujúci spätnú väzbu ku každej štvrtke vemena tým, že priebežne meria, vyhodnocuje a podľa potreby ovláda nasledujúce kontrolné faktory vzťahujúce sa k zdraviu dojnice a kvalite mlieka (farba a elektrická merná vodivosť mlieka z každej jednotlivej štvrtky vemena, rýchlosť prietoku mlieka, podtlak, zaistenie asynchrónnej pulzácie pre každú štvrtku vemena, počet somatických buniek podľa jednotlivých štvrtiek). Optimalizuje sa tiež rýchlosť dojenia.

Software obsahuje komplexný manažérsky systém, ktorý zaisťuje úplnú kontrolu stáda. Jeho základom sú jednoduché a dobre organizované zobrazenia na displeji, vrátane obsiahlych grafických prehľadov.

Vlastný dojací stroj (včítane systému čistenia) a postup dojenia

Každá dojnica má respondér, cez ktorý je identifikovaná a jej pohyb je neustále monitorovaný. Na základe zistených údajov je tak možno vyhodnotiť jej úžitkovosť či zistiť ruju. Keď je robot pripravený k dojeniu, otvára sa vstupná bránka a dojnica môže vstúpiť do boxu.

Následne je zaevidovaná prítomnosť dojnice v boxe. Po vstupe do boxu robot na základe jej posledného nádoja a uplynutého časového intervalu posúdi, či má nárok na dojenie alebo nie. Ak áno, box sa uzavrie a začne sa príprava. Každú dojnicu rovnako zodpovedne posúdi, očistí vemeno, začne dávkovať jadro a začne s nasádzaním.

3D kamera a laserová technológia nastaví robotické rameno k nájdeniu ceckov. Potom sa nasadia ceckové násadce a začne sa vydávať každá štvrtka zvlášť (vlastnou frekvenciou pulzov). Vďaka využitiu technológie 3D kamery robot nasadzuje násadce na cecky spoľahlivo, a to aj v prípade nepravidelného rozmiestenia ceckov, alebo nevhodného tvaru vemena. Po nasadení najskôr dochádza k opláchnutiu vodou, potom k osušeniu vzduchom a nasleduje stimulácia rýchlymi pulzmi. Pri spadnutí ceckovej nástrčky počas procesu nasadzovania ju robot nasadí znovu. Pokiaľ by bolo zviera veľmi nepokojné a robot by nedokázal nasadiť ceckové nástrčky na vemeno, vypustí dojnicu do čakárne.

Keď je krava vpustená do AMS, systém podľa jej veľkosti prispôbí priestor dojaceho boxu (pomocou pohyblivého žľabu). Cieľom je, aby zviera bolo fixované čo najviac dozadu a rameno s 3D kamerou našlo správne a rýchlo cecky. Podľa posledného úspešného podojenia počítač predpokladá tiež nádoj, takže môže vyhodnotiť, či bolo dojenie úspešné či nie.

Na začiatku dojenia dávkovač nasype koncentrované krmivo. Bránka na ceste ku krmnému stolu usmerňuje zvieratá, ktoré potrebujú špeciálnu starostlivosť, napríklad ošetrenie. Môže byť nainštalovaná trojcestná bránka, priamy smer vedie na krmný stôl, smer vpravo je do

selekčného boxu pre zvieratá vyžadujúce pozornosť, ošetrovanie alebo plánované akcie a smerom vľavo sa vracajú kravy späť pred priestor čakárne.

Súčasťou AMS je i systém na separáciu mledziva a neštandardného mlieka.

Na základe merania elektrickej vodivosti a farby mlieka separačný ventil prepína smery dopravy mlieka:

- 1) oddojok + nevhodné mlieko + umývací voda = do odpadu,
- 2) mledzivo + neštandardné mlieko = do vedierok pre teľatá,
- 3) štandardné mlieko do mliečnej nádrže.

Po dojení nasleduje automatická dezinfekcia dojaceho stroja až k separačnému ventilu. Mliečne hadice sú chránené vnútri ramena a čistiace kefy zaisťujú vynikajúcu očistu so súčasnou stimuláciou cecka. K preplachovaniu dojaceho zariadenia vodou dochádza po každom dojení. Pokiaľ systém identifikuje zvýšenú vodivosť mlieka, teda potenciálnu mastitídu, dojací box sa zablokuje a dochádza ku krátkemu 4 minútovému čisteniu pomocou tradičných prípravkov.

Hlavné čistenie je naprogramované 2 x denne. Všetky robotické dojacie boxy sa dezinfikujú horúcim čistiacim roztokom (70 °C), pri ktorom sa cirkulačne čistí aj potrubie vedúce do mliečneho tanku. Súčasťou AMS sú dva mliečne filtre, po každom čistení sa prepne z použitého filtra na čistý a obsluha potom vymení použitý filter za nový.

Kravy opúšťajú dojací box bez podozrenia priemerne 1,9krát za deň. Niekedy totiž navštívia AMS bez nároku na dojenie, a to v čase, keď od posledného nádoja ešte neuplynul určený čas, napr. 7 hodín. V takom prípade zostane výstupná brána otvorená a robot nenasype jadro. Krava väčšinou sama pochopí, že sa v robote nemá zdržiavať.

AMS ponúka možnosť zlepšenia efektivity práce, najmä pri skupinách dojníc s osobitnými potrebami, ktoré vyžadujú zvýšenú starostlivosť. Na riadiacom pulte dojaceho zariadenia sa dá nastaviť niekoľko dojacích režimov, dôvody pre selekciu, opätovné preskúšanie vodivosti mlieka v jednotlivých štvrtkách, množstvo koncentrovaného krmiva a riadenie otvárania jednotlivých brán. Navyše, jedno robotické rameno môže v niektorých typoch AMS obsluhovať viac dojacích boxov, teda využíva sa maximálne najdrahšia časť AMS, čo znižuje náklady.

1.2. Technika chovu

Dojenie, dojivosť, kvalita mlieka, pohyb dojníc, správanie a vyrovnávanie sa s prostredím sú kritické a dôležité prvky AMS. Hoci AMS používa rovnaké princípy dojenia ako konvenčné dojenie, existujú niektoré rozdiely. AMS sa používa kontinuálne celých 24 hodín a

vizuálna kontrola dojacieho procesu nie je možná. Je tiež veľký rozdiel vo variabilite frekvencie dojenia. Krava sama zvolí, kedy sa pôjde podojiť a robot o nej zhromažďuje veľké množstvo údajov, ktoré sú prístupné na počítači i mobilnom telefóne.

Kravy, ktoré sú dojené častejšie ako 2 x denne, produkujú viac mlieka, ale ich cecky sú často bolestivé z častého dojenia. Všetky tieto aspekty môžu ovplyvňovať kvalitu produkovaného mlieka

AMS je vlastne robotické centrum, to znamená jednoboxový, alebo viacboxový robot, čakáreň a selekčné bránky. Frekvencia dojenia (koľkokrát by sa malo dané zviera za deň podojiť) sa určuje podľa fázy laktácie. Systém automatického dojenia je súčasťou komplexu dojnica (zdravie, kŕmenie, chovné prostredie) - technológia (pohyb kráv, koncepcia maštale, kŕmny systém, centralizované dojenie, AMS, triedenie kráv, skladovanie mlieka) - manažment stáda (kŕmenie, reprodukcia, zdravie, hygiena, organizácia práce, systém riadenia).

Na manažment stáda pri dojení pomocou AMS sú vyššie požiadavky. Ale jednoznačne ide o najmodernejšiu metódu dojenia, ktorá sa môže využiť aj pre malé farmy. Chovateľ získava množstvo informácií o jednotlivých zvieratách.

Na kontrolnom paneli si v každom AMS môže farmár vybrať rôzne operácie, ako je identifikácia zvierat, voľba manuálneho (ručného) nasadzovania ceckových násadcov u kráv s osobitnými potrebami, kontrola priebehu dojenia. Zálohou je tiež núdzové dojenie, núdzový režim. Pokiaľ nefunguje napríklad centrálny počítač alebo systém vyhľadávania cecka, môžu sa všetky kravy, ak funguje elektrina a podtlak, dojiť pomocou ručného nasadzovania ceckových nástavcov. Program každý deň poskytne zoznam dojníc, ktoré je treba inseminovať. Vyhodnotenie je na základe dát z pedometrov (akcelerometrov), kde sa ukladajú a porovnávajú údaje v dvojhodinových periódach.

Selekcia dojníc

Prostredníctvom AMS sa dá ľahko zvládnuť liečba dojníc, dajú sa dobre riadiť rutinné práce (inseminácia, zasúšanie, veterinárna kontrola). Je možné prispôbiť systém pre selekciu zvierat podľa potrieb na farme a jednoduchá je aj vizuálna kontrola stavu mliečnej žľazy.

Prevádzka a pohyb dojníc v maštali pred dojením sú koordinované pomocou predselekčnej bránky, ktorá do čakárne AMS vpusti len kravy určené pre dojenie. Tak dochádza k efektívnemu využitiu systému a nie k stratám času pri návšteve AMS bez dojenia. Ďalšia ulička pred dojacím boxom oddeľuje zvieratá podojená od čakajúcich.

Post selekcia (po dojení) je pre rýchle triedenie kráv tiež veľmi užitočná, vyberajú sa tak zvieratá, ktoré potrebujú špeciálnu starostlivosť, napríklad ošetrovanie paznechtov. Vyberie sa tak z rôzneho dôvodu asi 8 % kráv.

Odporúča sa u robotickej maštale vybudovať oddelenú sekciu pre choré kravy (či jalovice po otelení, než si zvyknú na dojenie v AMS). Dôležité je, aby oddelené zvieratá videli na ostatné a boli s nimi v akustickom kontakte.

Zahraniční autori sa usilovali aj preskúmať súvislosť medzi postupmi manažmentu, ustajňovaním, rýchlosťou dojenia a návštevami robotov s produkciou mlieka na kravu na farmách s voľným pohybom dojníc. S dennou produkciou mlieka na kravu boli spojené úspešné dojenia a odmietnutia. Úspešné dojenie bolo pozitívne spojené s produkciou mlieka za robotickú jednotku (503 kg za deň). Pre každé jednotkové zvýšenie dojenia za deň kravy vyprodukovali o 8,9 kg viac mlieka. Naopak, odmietnutia dojenia mali negatívny vzťah k produkcii mlieka. Pre každé jednotkové zvýšenie počtu odmietnutí došlo k poklesu výroby mlieka o 0,4 kg. Ako sa očakávalo, vyššia rýchlosť dojenia a predĺženie času dojenia viedli k vyššej produkcii mlieka. Produkcia mlieka na robota bola 2224 kg za deň, čo sa blíži cieľu stanovenému výrobcom robotických (automatických) systémov dojenia (2300 kg na robota za deň a viac). Vyšší počet robotov v koterci mal tendenciu znižovať produkciu mlieka. Použitie automatickej zhrňovacej lopaty na čistenie chodieb viedlo k nárastu o 145,6 kg mlieka za robotickú jednotku v porovnaní s ručným odstraňovaním hnoja. Existuje tendencia k pozitívnemu vzťahu medzi počtom kŕmení v AMS a produkciou mlieka na robotickú jednotku. Výsledky naznačujú, že technika kŕmenia a správanie kravy pri návšteve AMS môžu ovplyvniť produktivitu kravy v tomto systéme dojenia.

Tvorba skupín

Čerstvo otelené kravy by sa mali priamo zapojiť do AMS, to ušetrí čas. Jalovice a kravy sa otelia v pôrodnici a odtiaľ dochádzajú do AMS na dojenie s ručným nasadzovaním ceckových nástavcov. Zvieratá je treba privádzať do AMS trikrát denne, aby sa ho naučili navštevovať. Tým sa zabráni zdravotným problémom a naštartuje sa nová laktácia. Po niekoľkých dňoch prejdú na automatické dojenie a zapoja sa do stáda. Vo veľkokapacitných maštaliach môžu byť kravy po pôrode umiestnené v špeciálnej skupine so zvýšeným dohľadom a po skončení puerpéria (14 až 21 dní) sa prevedú do produkčnej skupiny, kde zostanú až do konca laktácie.

Pri tvorbe produkčných skupín sa osvedčilo nechávať kravy v jednej skupine po celú dobu laktácie. Nielen že dôjde k úspore práce s presunmi zvierat, ale stres spojený so zmenou

skupiny má za následok pokles v produkcii mlieka. Zasúša sa podľa potreby, ale zásadne v niektorý deň bez stresových aktivít. Niektorí farmári odporúčajú sobotu. Rozdelenie kráv do skupín alebo oddelenie kráv so zvláštnymi potrebami vykonávajú ošetrovatelia, alebo sa to prevedie cez post selekčnú bránku.

Denná kontrola stáda

Zootechnik získava z AMS informácie kedykoľvek. Akékoľvek poruchy mu robot hlási aj telefonicky. Prednosťou AMS je jeho kompletne diagnostické vybavenie. Pri každom podojení je dojnica podrobená kompletnému zdravotnému vyšetreniu dojnice s vyhodnotením až 13tich parametrov identifikácie zdravotného stavu. Robot ju odváži, vyhodnotí jej pohybovú aktivitu, intenzitu prežívania, teplotu, elektrickú vodivosť a celé farebné spektrum mlieka, zaznamená obsah tuku, bielkovín či laktózy.

Senzory robota a systém manažmentu stáda pomáhajú vyhľadať kravy pre ošetrovanie alebo insemináciu. Niekedy prístroj spustí alarm, aby hlásil určitý problém, napr. vyššiu elektrickú vodivosť mlieka. Je nutné skontrolovať vemená kráv.

Bežná denná rutina je na farme s AMS spravidla rozdelená na dve kompletne a dve čiastočné kontrolné obchádzky. Počas každej kontroly je treba vykonať predpísané činnosti. Obchádzky sú ráno a večer a rozdelenie jednotlivých úloh medzi pracovníkov obvykle záleží na možnostiach a veľkosti každej farmy.

Počas kompletnej obchádzky (napr. v 5:00) sa skontrolujú kravy, ktoré sa majú teľiť, dôkladne sa zhodnotí funkčnosť a čistota dojaceho automatu, skontrolujú a ošetrí sa kravy na ktoré systém upozornil (zdravotný stav, ruja, dlhý interval), podoja sa čerstvo otelené kravy, vyčistia sa ležoviská a pohybové chodby.

Počas čiastočnej obchádzky (napr. v 10:00) sa vizuálne skontroluje činnosť AMS a kráv, ktoré sa majú teľiť, prípadne kráv so špeciálnymi potrebami. Ďalej sa kontrolujú činnosti podľa aktuálnych potrieb, týždenného či mesačného rozvrhu. V 16:00 sa opakuje kompletná obchádzka a v 22:00 čiastočná.

Pohyb dojníc

Na farmách s dojacimi robotmi môžeme vidieť štyri systémy pohybu dojníc. Ide o voľný, riadený, poloriadený pohyb a pohyb „najskôr kŕmenie (Feed First)“.

Spoločným cieľom týchto systémov je úspešne podojená krava bez potreby ľudskej asistencie. To, čo ich rozlišuje, je prítomnosť či absencia jednosmerných, selekčných a separačných brán inštalovaných v maštali, pomocou ktorých je usmerňovaný pohyb dojníc.

U riadeného a polo riadeného typu dojnice prechádzajú často selekčnou brámkou (10-16x za deň). Riadený pohyb umožňuje lepšiu organizáciu stáda a pri voľnom pohybe zasa nedochádza k dlhému čakaniu kráv pred AMS ani v prípade problémov s kŕmením kráv.

Systém **s voľným pohybom** je založený na dobrovoľnom pohybe dojníc, preto je veľmi dôležité mať dobre vyriešenú dispozíciu maštale. Mala by byť rešpektovaná trasa: kŕmny žľab - miesto pre oddych – systém dojenia.

Systémy riadeného pohybu kráv sú známe pod rôznymi názvami, podľa smeru a spôsobu pohybu, smerovaný, nútený, poloriadený, alebo Feed First („najskôr kŕmenie“).

Riadený pohyb

U tohto spôsobu je priestor krmoviska a boxových ležísk oddelený jednosmernými brámkami, ktoré umožňujú pohyb kravy z krmoviska k boxovému ustajneniu. Avšak neumožňujú opačný pohyb z boxových ležísk do priestoru krmoviska. Aby sa každá dojnica mohla dostať ku krmivu, musí prejsť cez dojací robot.

Poloriadený pohyb

Využíva sa programovateľná selekčná bránka, rovnako i jednosmerná bránka. Programovateľná selekčná bránka neumožní kravam, ktoré majú byť dojené, dostať sa do priestoru kŕmenia, pokiaľ najskôr neprejdú AMS.

AMS je pri použití týchto dvoch typov navštevovaný častejšie ako pri voľnom pohybe, pretože dojnica môže ísť ku kŕmeniu len cez dojací box.

Pohyb kráv „najskôr cez kŕmenie“

Táto metóda je založená na princípe, že krava dostane kŕmenie len raz. To znamená, že pokiaľ chce dojnica prejsť z priestoru boxového ustajnenia ku kŕmeniu, prejde tam cez jednosmerné bránky. Naspäť ale musí krava prejsť cez selekčnú bránku. Tá ju nasmeruje buď na dojenie do AMS, alebo do priestoru ležoviska.

Zvýšiť počet návštev krmoviska sa v tomto systéme oproti ostatným systémom riadeného pohybu skutočne darí. Avšak dojnica je obmedzovaná vo svojom prirodzenom správaní. Predovšetkým hierarchicky nižšie postavené zvieratá, ako sú prvôstky a čerstvo otelené kravy, môžu v tomto systéme trpieť. Pokiaľ sú na svojej ceste poslané do priestoru čakárne a boja sa vstúpiť do AMS, alebo sú predbiehané dominantnejšími kravami, môžu v tomto priestore pobývať dlhú dobu. To nielenže nadmerne zaťažuje končatiny, vystavuje to dojniciu stresu a vyvoláva averziu na AMS.

Poukazuje sa tiež na nedostatočný príjem objemového krmiva. Zviera s dennou úžitkovosťou napríklad 45 kg mlieka musí mať príjem sušiny 22-25 kg. To znamená minimálne 8-10 návštev krmneho žľabu (stola), aby prijala optimálne množstvo vo vzťahu ku zdravotnému stavu bachoru a produkcii mlieka. Zviera v obmedzovaných systémoch nemá takúto možnosť ísť sa nakrmiť, a tak musí prijať mnohom väčšie množstvo sušiny na jednu návštevu.

Výživa a manažment sú zlomovými bodmi úspechu každej farmy. Je dôležité vedieť vybalansovať požiadavky vysokej produkcie a živinovej potreby, zdravia dojnice a reprodukcie. K tomu všetkému pre robotické farmy platia ešte ďalšie zásady v manažmente kŕmenia, ktoré by mali byť pre dobrý a ekonomický chod farmy dodržané. Základná kŕmna dávka totiž významne ovplyvňuje úspech celej farmy. Pokrytie energie a doplnenie dusíkatých látok má priamy vplyv ako na počet dojení, tak následne i na úžitkovosť, kondíciu, oplodňovanie a teda celkovú ekonomiku farmy.

Pre dosiahnutie vysokého počtu dojení a udržania pohybovej aktivity dojníc by produkčná účinnosť celej základnej kŕmnej dávky mala byť znížená o 5-7 litra oproti priemernej úžitkovosti dojníc. Veľmi dôležité je správne nastavenie prídavku kŕmnej zmesi ako na počiatku laktácie - podľa „dňa laktácie“, tak i podľa „produkcie“. Pokiaľ sa vysoké dávky jadra „podľa produkcie“ nastaví príliš skoro, dojnice ešte nemusia dosiahnuť vrcholu laktácie a dávky kŕmnej zmesi potom nie sú adekvátne. Pri nedostatočnom príjme objemu vo fáze rozdojovania tak môže dôjsť ku vzniku metabolických porúch a výraznému chudnutiu dojníc s následnou zníženou produkciou mlieka.

Uvedomme si, že zvieratá sú k návšteve AMS motivované dávkou kŕmnej zmesi, nie potrebou podojenia. Na počiatku laktácie väčšinou kravy nie sú schopné pokryť svoju potrebu živín ich príjmom, sú „hladnejšie“ a chodia do robota častejšie než kravy ku koncu laktácie.

Obečne platí, že pre kravu je k návšteve AMS motivačná dávka koncentrátov minimálne 1,5-2 kg na jedno dojenie. Maximálna dávka podávaná v AMS by mala byť 8 kg a dávka na jednu návštevu by nemala presiahnuť 3,5 kg. U rýchlo dojiteľných kráv sa používa príkaz „priorita kŕmenia“, ktorým je možné individuálne nastaviť množstvo zmesi u každej dojnice. Tiež by malo byť pravidlom pristupovať inak ku kravám na ďalších laktáciách a inak k prvôstkam, ktoré ešte potrebujú navýšenie živín na samotný rast, ale pritom majú nižší celkový príjem krmiva. Pokiaľ je potreba dávky jadra cez robot vyššia než 8 kg za deň, je dobré vybaviť maštal' automatickými kŕmnymi boxmi (AKB) pre potrebné doplnenie živín.

Dôležité sú parametre krmneho stola, na ktorom by mal byť zaistený stály prísun krmiva. Krmivo by malo byť niekoľkokrát denne navázané a prihrňované. Dôležitá je hygiena povrchu krmoviska, žľabu alebo krmneho stola a výhodou môžu byť šikmé krmne zábrany.

1.3. Výber AMS, výhody a nevýhody

Dôležitými bodmi pre rozhodovanie farmára, či zakúpiť na dojenie robot, či konvenčnú dojáreň, sú systém kŕmenia, zdravotný stav zvierat, plánovaná úžitkovosť dojníc, konštrukčné možnosti objektu, možnosti pracovných síl a samozrejme finančné možnosti farmára. Pokiaľ sa farmár rozhodne pre AMS, môže napriek vyšším investičným nákladom očakávať zvýšenie úžitkovosti dojníc a naopak menej práce. Dojenie robotom môže byť profitabilnejšie než dojenie konvenčné. Zmení sa tiež životný štýl farmára, klesne závislosť na vonkajšej pracovnej sile, systém umožňuje lepšiu kontrolu stáda. Jedným z hlavných faktorov ovplyvňujúcich konečné ekonomické výsledky sú manažérske schopnosti farmára.

Výhodou použitia AMS je, že je možné využiť senzory dojaceho systému a podľa zloženia mlieka prispôbiť kŕmenie dojníc. Ďalšou výhodou AMS je flexibilita práce a pracovnej doby a zníženie fyzickej náročnosti. Dôležitou výhodou robota je individuálne dojenie každého cecka. Na rozdiel od konvenčných systémov sú ceckové násadce nasadzované a tiež snímané jednotlivo, ako náhle prietok mlieka v danej štvrtke klesne pod určitú hranicu. Tým sa zabráni dojeniu ceckov na prázdno.

Hoci výhody AMS sú zrejmé, a sú popísané v predchádzajúcom texte, zaznamenávajú sa aj nevýhody. Na systém kŕmenia kráv dojených v AMS sú vyššie požiadavky a kŕmenie samozrejme rozhoduje o mliečnej úžitkovosti. Nepísaným pravidlom konvenčného dojenia je, že 20 % kráv zo stáda vyžaduje 80 % celkovej práce. Ide o kravy so špecifickými potrebami. Takým zvieratám musí byť venovaná maximálna pozornosť. Náročnejšia je tiež organizácia pracovnej doby, kontroly pracovníkov a ich miezd.

Kvalita mlieka môže byť zhoršená v mnohých prípadoch, tiež pohoda a zdravotný stav nie sú vždy ideálne. Najmä vplyv AMS na správanie by mal byť skúmaný. Krava potrebuje dobrú pohyblivosť a dobré umiestnenie ceckov. Krívajúca krava sa neochotne pohybuje a nechce sa jej chodiť k AMS. Morfológia vemena sa dá zlepšiť modernou genetikou, ale výber býkov a kráv na uzavreté predné cecky, čo je vhodné pre dojenie v dojárni, môže byť problémom pre dojenie ich potomkov v AMS. Veľkosť cecka je tiež dôležitá, pretože veľká variabilita môže byť obťažná pre nastavenie dojacích nastavcov.

Niektoré štúdie pripomínajú, že automatické aj konvenčné dojenia sú rovnako akceptovateľné pre pohodu kráv. Ale pokiaľ nemôže robot nastaviť optimálnu rýchlosť dojenia, čas pobytu v AMS sa predĺži a krava nie je dokonale vydojená. To môže vyvolať zápal vemena a zhoršiť kvalitu mlieka.

Príprava na zriadenie AMS

Základnými bodmi sú vhodné ustajnenie, kŕmenie a napájanie, systém odpratávania hnoja, a systém pohybu dojníc. Dôležité je pohodlie, welfare zvierat, a pre to je potreba zaistiť voľné boxové ustajnenie a správne osvetlenie maštale.

Medzi hlavné limity pre prácu s AMS patrí množstvo mlieka v kg nadojeného robotom za deň, počet dojení za deň za stádo a dojnicu, návštevnosť robota za každú hodinu, priemerný tok mlieka na dojnicu a štvrtku, priechodnosť brámkami, ale tiež kvalita mlieka, resp. zdravie mliečnej žľazy (prítomnosť krvi v mlieku, merná elektrická vodivosť, počet somatických buniek), počet nekompletných dojení, či spotreba krmív.

Pre pohyb zvierat musí mať maštal' dostatočne široké chodby, nekĺzavú podlahu, zodpovedajúci priestor čakárne, selekčné bránky i miesto pre separáciu dojníc. Záleží pritom na zvolenom systéme pohybu dojníc. Pri prechode z konvenčného spôsobu dojenia na automatický systém vzniká otázka, pre aký druh pohybu kráv v maštali sa rozhodnúť. Jedná sa o dôležité rozhodnutie, ktoré ovplyvní pracovnú náročnosť, pohodu a s tým spojenú produkčnú výkonnosť dojníc.

Pri plánovaní robotickej maštale sa musí tiež počítať s miestnosťami, ako sú kancelária, strojovňa, mliečnica a samozrejme umiestnenie dojaceho robota. Dôležité je sa rozhodnúť o spôsobe kŕmenia, ale tiež rozmeroch maštale, najmä pokiaľ ide o umiestnenie boxových ležovísk, a dôležité sú náklady na pracovnú silu.

1.4. Správanie dojníc a návyk na dojenie

Robotické dojenie je rovnako vhodné ako konvenčné dojenie, umožňuje vysokú úroveň štandardov welfare zvierat. V niektorých aspektoch je dojenie robotom dokonca výhodnejšie než konvenčné dojenie.

Rôzne stresory, ako sociálna izolácia, neznáme prostredie, alebo strach z ľudí prítomných pri dojení môžu zhoršiť spúšťanie mlieka. Pokiaľ je prvôstka či čerstvé otelená krava vystavená stresu a dlhému čakaniu, znižuje sa jej produkcia mlieka a objavujú sa najrôznejšie zdravotné komplikácie.

Chronická bolesť vyvolaná ochorením alebo poranením a ďalšie stresové situácie objavujúce sa pri dojení znižujú dojivosť. Akútny stres počas dojenja znižuje nádoj prostredníctvom centrálnej inhibície vylučovania oxytocínu a periférnou činnosťou katecholamínov. Oxytocín, ktorý je vylučovaný centrálnym nervovým systémom do krvného riečiska, je hlavným mediátorom reflexu spúšťania mlieka.

Dobrovoľný pohyb kravy má rozhodujúci vplyv na využitie AMS. Zavedenie AMS tak prináša výraznú zmenu pre prechody kravy. Už nie je vedená do dojárne ošetrovateľom, ale musí si sama nájsť svoju cestu do AMS. Tam musí počas dojenja spokojne stáť. To kladie dôraz na jej vlastnosti, najmä na temperament.

Dlhodobé skúsenosti farmárov po celom svete ukazujú, že základom úspešného robotického dojenja je voľný pohyb zvierat. Oproti úzkym preplneným uličkám je použitý otvorený priestor, kde sa kravy cítia bezpečnejšie. Ide predovšetkým o zvieratá na konci hierarchického rebríčka. Dojnice si na dojenie v AMS rýchlo navyknú, pokiaľ majú možnosť si vybrať taký čas na dojenie, kedy nemusia súperiť s agresívnymi kravami.

Pri voľnom pohybe môže krava piť, prijímať krmivo, odpočívať a dojiť sa kedykoľvek sa jej zachce. Prax ukazuje, že nie sú problémy s pravidelnosťou návštev dojaceho robota, resp. s intervalom medzi návštevami. Každá dojnica má svoj individuálny rytmus, ktorým sa riadi a ktorý jej vyhovuje.

Návštevnosť AMS sa počas dňa mení v určitých periódach, najviac sa kravy chcú dojiť ráno medzi siedmou a deviatou hodinou, druhá špička je popoludnie okolo sedemnásťtej hodiny. Takmer absolútny pokoj robot zaznamenáva medzi tretou a šiestou hodinou rannou, kedy kravy prevažne oddychujú.

Je dokázané, že sa prvôstky v systéme voľného pohybu, na rozdiel od núteného, učia navštevovať robot rýchlejšie. V porovnaní s núteným pohybom sa u nich zvyšuje produkcia o 7 % a u kráv krátko po otelení o 10 %. Celkove si dojnice na voľný pohyb lepšie zvykajú, pretože je pre nich prirodzený.

Na jednej farme porovnávali návyk v systéme voľného pohybu so systémom Feed First a skúmali, ako rýchlo si kravy zvyknú. Kravy vo voľnom systéme začali už druhý deň po spustení testu navštevovať robota samy. Pri nútenom pohybe bol v tom samom čase zaznamenaný prechod selekčnou brávkou do čakárne, ale dojnice sa neodvážili samy navštíviť dojací box. Až na tretí deň po spustení navštívilo v nútenom systéme robot 27 % kráv. Vo voľnom viac než 40 %.

Cieľom jednej zo zahraničných štúdií bolo zhodnotiť, ako odlišný systém pohybu na farmách s automatickým dojením ovplyvňuje správanie kráv. Za týmto účelom bolo

sledovaných 10 fariem s AMS, z toho bolo 5 fariem s voľným pohybom, 5 s riadeným pohybom nazývaným Feed First. Na každej farme bolo sledovaných 12 zvierat po dobu 10 hodín. Hlavným záverom štúdie je, že kravy pri voľnom pohybe častejšie prijímali krmivo, dlhšie ležali a menej času strávili čakaním na vstup do AMS. Zistilo sa ale, že v systéme „Feed first“ majú dojnice sklony stáť dlhšie v krmovisku bez príjmu krmiva. Podľa autorov to môže byť spôsobené strachom hierarchicky nižšie postavených zvierat vstúpiť do čakacieho priestoru pred AMS a tam byť konfrontované s dominantnými kravami. V systéme s voľným pohybom sú kravy tiež viac aktívne, čo sa vyznačuje častejšími presunmi medzi ležiskom a krmoviskom. Dobrovoľný pohyb kráv, oproti nútenému, vedie k prirodzenému správaniu zvierat. To je prospešné pre zdravie kráv a produkciu tým, že kravy dlhší čas ležia a prijímajú viac menších porcií. Výsledkom je vyššie využitie krmiva a menej pracovných síl.

Motivácia k dojeniu v AMS

Kravy majú dve motivácie pre vstup do AMS: prístup ku krmnej zmesi a vyprázdnenie vemena. V štandardných podmienkach je koncentrát podaný krave v určenom množstve počas dojenia. Keď je krmivo takto podávané, kravy rýchlejšie vchádzajú do AMS a čas čakania je nižší. Naopak, v systéme s riadeným pohybom sa kravy do krmoviska dostávajú až po skončení dojenia a výstupe z AMS. Preto tento systém závisí na motivácii kravy prijímať krmivo v pravidelných intervaloch. V systéme s voľným prístupom do krmoviska majú kravy krmivo stále k dispozícii. Kravy môžu navštevovať AMS kedykoľvek a interval medzi dojeniami sa mení. Frekvencia návštev AMS sa pohybuje od 1,2 do 5 za deň, priemerne 2,5—2,7 krát za deň. Na farmách, kde je pastva využívaná na 100 %, bývajú do maštale k robotom ešte pridávané krmné boxy, ktoré dávajú koncentrát či iné doplnky dojniciam a tým dopĺňajú ich potrebu energie.

Motivácia kravy pre vstupovanie do AMS je hlavný rozdiel v porovnaní s konvenčným dojením. Do dojárne sú kravy preháňané ošetrovateľom dva až trikrát denne, pri použití AMS kravy vstupujú dobrovoľne a sú dojené bez zásahu človeka. Bolo zistené, že aj pri hovädzom dobytku je možné trénovať Pavlovov reflex na podanie krmiva po počutí zvukového signálu.

Návyk na AMS

Prvý predpoklad úspešného dojenia je prispôbenie na AMS, čo vyžaduje niekoľko dní podľa konkrétnych podmienok. Ale adaptácia na nový systém môže byť pre niektoré kravy náročná a musia sa presunúť späť do systému s konvenčným dojením.

Niektoré kravy majú zrejmú motiváciu navštevovať AMS, ale nerobia to. Špeciálne tie, ktoré sú na vrchole laktácie. To môže znamenať, že niečo nie je v poriadku, že niečo obmedzuje ich vstup do AMS. Viac ako 15 % kráv potrebuje byť k návšteve nútených. Preto je tréning k návštevám AMS veľmi dôležitý, najmä z dôvodu návyku na dobrovoľné používanie AMS. Experimentálne sa zistilo, že do šiestich dní navštevovalo dobrovoľne AMS 92 % prvôtok a 81 % starších kráv. Tréning pred otelením zlepšuje aspekty správania pre úspešnú adaptáciu na AMS, ale má podľa viacerých autorov malý vplyv na čas k dosiahnutiu prvého dobrovoľného dojenja.

Viac autorov informovalo o habituácii (návyku) dojníc na vchádzanie do AMS. Problémom spomaleného učenia môže byť aj hluk robota. Zvieratá vchádzajú do časti s hlukom pomalšie. Ďalší autori vyšetřovali vplyv habituácie jalovic pred otelením na prostredie dojárne na následnú úžitkovosť. Habituované jalovice nadojili o 1,3 kg denne viac mlieka za prvých 100 dní laktácie než nenavyknuté (nehabituované) jalovice. Trénované jalovice prežívajú počas prvého týždňa laktácie menej stresu, ale vplyv tréningu záleží aj na ich temperamente.

Neúspešné dojenie negatívne ovplyvní správanie kravy, spôsobí zníženie času ležania a vyššiu frekvenciu močenia. Jalovice, ktoré boli pred otelením vedené do dojárne, mali v prvom dni po presune do maštale nižšiu tepovú frekvenciu ako druhá skupina. Podľa výskumu nemeckých autorov sa stav urovná na deviaty deň laktácie.

Pre jalovice môže byť v štádiu teľnosti uplatnený tzv. tréningový box, ktorý je imitáciou dojaceho robotického boxu a do ktorého si jalovice chodia pre granule kŕmnej zmesi. Vhodné sú aj granule zo sušenej lucerny a repných rezkov. Je veľmi dôležité, aby jalovice neboli do tréningového zariadenia zavádzané násilím. Vďaka tomuto tréningu sa po otelení oveľa skôr adaptujú na dojenie v AMS. Jalovice, ktoré v zásade odmietajú vstúpiť do tréningového robota, môžu byť presunuté na budúce konvenčné dojenie.

Prispôsobenie na nové ustajnenie

Stres spojený s presunom, príchodom do novej lokality a so zmenou dojenja môže byť veľmi zlou skúsenosťou a zapríčini fyziologické a behaviorálne zmeny, ktoré sa prejavia v hormonálnom, energetickom a proteínovom metabolizme, a tiež v zmenách dojivosti. Počas presunu je dobytok vystavený hluku, neznámemu prostrediu, zvýšeniu počtu zvierat na ploche alebo sociálnej izolácii, zmene tepelných podmienok a kŕmenia. To všetko spôsobuje pokles úžitkovosti.

Kravy sa musia po premiestnení do neznámej maštale učiť manipulovať s automatickými krmidlami, napájačkami a vchádzať do dojárne. Preto môže byť dobytok trénovaný na plnenie rozličných úloh. Operantné podmieňovacie metódy sa už používajú pri meraní preferencií na krmivo, na zaobchádzanie a na potreby správania.

Inštalácia AMS v maštali nielen zmení pohybové cesty kráv, ale najmä umožní zachovať každej krave jej prirodzené správanie. Tento systém vyžaduje rozdelenie aktivít správania kráv na celý deň. Zaužívaný vzor udržiavacieho správania sa tým môže zmeniť. Synchronizácia správania je rozdielna ako pri dojení v dojárni. Kravy sa ale nesmú navzájom vyrušovať. Tým by sa zhoršila ich pohoda. Správanie pri ležaní kravy dojenej v AMS môže byť rozdielne od kravy dojenej v konvenčnom systéme. Je to najmä pre zvýšenú frekvenciu dojení počas 24 hodín. Holandskí autori poukázali na nižšiu synchronizáciu správania kráv dojených v AMS, čo malo za následok zníženie celkového času ležania. Tiež niektoré kravy mali tendenciu byť po polnoci menej aktívne a AMS bol počas skorých ranných hodín nečinný.

Efektívny čas použitia AMS sú pre robotické dojenie kľúčové. Časové rozdelenie jednotlivých behaviorálnych aktivít je dôležitým indikátorom pre pohodu dojníc v maštali s AMS. Potrebujeme vedieť, koľko času strávi dojnica pri vykonávaní jednotlivých ukazovateľov správania. Zvýšený čas státia môže indikovať stres alebo nepohodlie (diskomfort). Najmä kravy na nižšom stupni sociálneho rebríčka dlhšie stoja vplyvom dlhého čakania na dojenie v AMS.

Niektoré štúdie poukázali na vyššie hladiny aktivít správania vyjadrujúcich neklud pri dojení v AMS (prešľapovanie, zdvíhanie končatín a kopanie) než pri dojení v dojárni. Prešľapovanie môže byť použité ako všeobecný ukazovateľ nepohody a strachu. Vysoká frekvencia sa objavuje pri úzkostlivých a nervózných zvieratách. V štúdiu nemeckých autorov sa ukázalo, že v AMS kravy prešľapujú intenzívnejšie ako v konvenčnej dojárni. Kalenie, močenie a bučanie sú v AMS tiež príznakmi akútneho stresu a strachu dojníc. Frekvencie sa zvyšujú pri izolácii, alebo po presunu do neznámeho prostredia.

Je dôležité si uvedomiť, že kravy, ktoré majú skúsenosti s poranením ceckov počas dojenia, pri dojení viac kopú. Avšak, kopanie je tiež ukazovateľ nepohodlia zapríčinený pomalým tokom mlieka a dojením na prázdno. Kopanie kráv počas pobytu v AMS spôsobuje veľa problémov, poškodenie ceckových násadcov, zariadenia na čistenie a iné. Výsledkom je nekompletné vydojenie a dlhší čas dojenia. Meranie frekvencie srdcového tepu je alternatívny ukazovateľ pre hodnotenie stresových reakcií kravy. Bola zistená veľká variabilita frekvencie tepu pri návyku na AMS.

Vhodné sociálne správanie je špeciálne dôležité pre AMS, pretože sa na vstupe do zariadenia objavuje súťaživosť. Sociálne poradie hrá dôležitú rolu k získaniu prístupu ku krmivu a v súťažných situáciách. Nízko umiestnené kravy strávia viac času čakaním na dojenie, zatiaľ čo vysoko postavené kravy dlhší čas ležia. Príliš dlhé čakanie pred AMS a na výstupe z robota zapríčiňuje stres. To má negatívny dopad na úžitkovosť a ziskovosť chovu. Podľa našich výsledkov vchádzajú kravy s vysokým sociálnym poradím (vysokopostavené, dominantné) do AMS bez čakania. Naopak submisívne kravy (s nízkym poradím) preukázali dlhé čakacie časy a tieto podriadené zvieratá strávili menej času ležaním.

Kravy teda musia byť v klude najmä počas vstupu do dojárne, prípravy vemena a nasadzovania dojaceho stroja, po celú dobu dojenia i na jeho konci. Správny postup pri dojení a pravidelná údržba dojárne minimalizujú traumatizáciu cecka a znižujú riziko infekcie mliečnej žľazy.

Ukázalo sa, že kravy vykazujú stresovú reakciu na manipuláciu ľuďmi, najmä pokiaľ je nepríjemná. Okrem toho je vzdialenosť medzi jednotlivými kravami v čakárni malá, takže tie s nižším postavením v stade nemajú šancu udržať potrebnú vzdialenosť od vyššie postavených zvierat. Ale pri robotickom dojení majú kravy dostatok priestoru, čo je výhodnejšie pre kravy s nižším postavením v hierarchii stáda, ktoré môžu dať dominantnej krave prednosť v dojení, a nedochádza ku konfliktom.

Dojenie ovplyvňuje pohodu kráv a spôsobuje stresové reakcie. Preto bola prevedená štúdia, pri ktorej sa merala tepová frekvencia dojníc počas ich adaptácie z konvenčného dojenia na robotické v priebehu štyroch dní. Pri prvej návšteve robota bola srdcová činnosť podstatne zvýšená v porovnaní s dojením v konvenčnej dojárni. Počas nasledujúcich dní sa srdcová frekvencia normalizovala. Avšak, pri prvom dojení v robote sa dojivosť dramaticky znížila u väčšiny zvierat a nádoje kolísali v rozmedzí od 8 do 96 % proti konvenčnej dojárni. Je zaujímavé, že srdcová frekvencia, ako vysoko citlivý parameter pre určenie stresovej reakcie, bola zvýšená v oboch typoch dojenia, avšak bola významne vyššia v konvenčných dojárňach, a to už 30 minút pred dojením a zostala vyššia až do konca dojenia. Spoločne s krátkodobým zvýšením hladín adrenalínu a noradrenalínu v okamihu vstupu do dojárni sa zdá, že dochádza ku krátkodobému zaťaženiu organizmu dojníc.

Skúmal sa aj vzťah citlivosti kôry nadobličiek k uvoľneniu kortizolu a zvládaniu procesu prechodu z konvenčného dojenia na automatické. V experimente bol aplikovaný ACTH (adrenokortikotropný hormón) a zistilo sa, že kravy, ktoré spúšťali viac kortizolu v reakcii na ACTH, mali menej zvýšenú srdcovú frekvenciu a menej narušené spúšťanie mlieka pri prvom dojení v robote. Zvládanie návyku na nové prostredie dojenia sa značne líšilo medzi

jednotlivými kravami a jeho priebeh sa predpovedal práve testovaním citlivosti kôry nadobličiek ku ACTH. Je zrejmé, že prispôsobenie sa novej technológii dojenja môže byť u niektorých kráv problematické.

Celkovo sa dá povedať, že z hľadiska správania a welfare je robotický spôsob dojenja pre dojnice veľmi priateľský. Bolo zistené, že nedošlo k zvýšeniu koncentrácie niektorých plazmatických hormónov súvisiacich so stresom (kortizol, adrenalín, noradrenalín). Iná štúdia zistila podobné koncentrácie kortizolu v mlieku nadojenom pomocou robota a v konvenčnej dojárni. Pretože kortizol v mlieku odpovedá jeho dlhodobej koncentrácii v plazme, sú robotické a konvenčné dojenja podobné.

Temperament a vzťah k človeku

Využitie AMS predpokladá u kráv samo motivovanie a nezávislosť v rozhodovaní pri porovnaní s dojením v dojárni. Preto je temperament veľmi dôležitá vlastnosť. Temperament sa popisuje ako sled vlastností správania, ktorý prispieva k reakcii jedinca v kontraste k ostatným členom druhu. Ako kľúčové časti temperamentu sa určili krotkosť, pracovitosť, funkčnosť a vystrašenosť.

Niektoré kravy nechodia k dojeniu, sú dojené menej často a majú preto menej mlieka. Rýchlosť dojenja je tiež ovplyvnená temperamentom kráv, nervózne zviera má zvýšenú hladinu adrenalínu, ktorý môže zablokovať reflex uvoľňovania mlieka. Ak nie je krava pravidelne dojená, vzniká riziko vzniku mastitídy.

Úžitkovosť dojnice v ustajnení s AMS môže závisieť na jej temperamente. Vyhybanie sa AMS môže byť vzťahované k strachu, ale tiež k nevhodnému typu temperamentu. Kravy v ustajnení s AMS potrebujú mať rovnaké parametre úžitkovosti a správania ako kravy z ostatných systémov dojenja, ale najviac je žiaduci vhodný temperament, kľudný, ale s dobrým pohybom a s ochotou chodiť.

Po zavedení k AMS sú zvieratá vystavené nielen novému prostrediu, ale majú aj iných ošetrovateľov. Kravy prejavujú na ošetrovanie, zaobchádzanie a techniku chovu individuálne reakcie správania. Tieto ich behaviorálne odpovede sú odrazom najmä charakteristík temperamentu, ako strach a agresia. Preto sa farmári dožadujú krotkých zvierat s „dobrým temperamentom“, ktoré umožňujú ľahké, bezpečné a rýchle ošetrovanie. Zistilo sa tiež, že kravy si vytvoria vzťah k ľuďom. Kravy si udržiavali od averzívneho ošetrovateľa dlhšiu vzdialenosť ako od príjemného. Vystrašenosť je výsledkom procesov, ktoré sa vzťahujú na predchádzajúce skúsenosti a genetické založenie zvierat'a.

1.5. Pastva a AMS

Automatické systémy dojenia je možné tiež používať v kombinácii s pastvou. Tento spôsob chovu však vyžaduje odlišný prístup v porovnaní s klasickým spôsobom dojenia. Je dôležité vybrať vhodnú stratégiu a nastaviť taký systém, ktorý vyhovuje predovšetkým farmárovi a potrebám jeho farmy. Aby bola pastva s robotom úspešná, je treba zabezpečiť neobmedzený prístup do maštale s dobrou infraštruktúrou prístupových ciest a dostatočnú motiváciu dojníc k návšteve dojaceho zariadenia.

Pre efektívne využívanie pastvy s automatickým dojením sa vyvinula selekčná pastevná bránka, pomocou ktorej môže farmár flexibilne realizovať svoju pastevnú stratégiu a tiež rozhodovať, ktoré dojnice vypustí na pastvu a ktoré chce ponechať v maštali. Podľa zvolenej stratégie je možné použiť aj viacej takýchto brán a púšťať na pastvu tie, ktoré boli podojené a nemajú sa v najbližšej dobe dojiť. Ide o jednosmerný nútený pohyb stáda (Milk First) kombinovaný s využitím pastvy. Nevýhodami môžu byť vyššie nadobúdacie náklady (bránky), alebo vyššia pracovná náročnosť pri oplôtkovej pastve. Kombinácia AMS s pastvou môže tiež viesť k zníženiu počtu podojení na dojnicu a deň, alebo k predĺženiu intervalu medzi dojením.

Princíp kombinácie AMS s pastvou je nasledovný: Selekčné bránky sú umiestnené pred vstupom do čakárne na dojenie. Pri východe z AMS je na druhom konci objektu inštalovaná bránka, ktorá vypúšťa kravy na pastvu. Zo zóny odpočinku musí krava prejsť bránkou, ktorá rozhoduje o jej možnom podojení alebo vpustení do zóny kŕmenia, prípadne potom následne aj von, na pastvinu.

Manažment stáda spočíva v tom, že farmár nastavuje vpúšťanie dojníc na jednotlivé pasienky pomocou automatizovaných selekčných brán, ktoré je možné ovládať prostredníctvom AMS diaľkovým ovládaním alebo manuálne.

Bránka je umiestená na východe z maštale a vpúšťa na pastvu len nedávno podojené zvieratá. Dojnice s dlhým intervalom medzi dojeniami a nárokom na dojenie zostávajú v maštali. Tento systém stimuluje k návšteve dojaceho robota, pretože sa kravy rýchlo naučia, že po podojení môžu ísť von. Vylepšením je kombinácia podávania kŕmnej zmesi v AMS a v automatickom kŕmnom boxe. Robot obvykle nadávkuje polovicu požadovaného denného prídeldu koncentrovaného kŕmiva, zvyšok krava dostáva pomocou automatického kŕmneho boxu. Tým nezaberá drahocenný čas v priestore AMS.

Mnohí farmári zaviedli nočnú pastvu dojníc. Stádo si navyklo na návštevy AMS počas dňa a noci. Základným problémom pri dojení dojníc robotom je to, ako prinútiť dojnice aby

vstupovali samostatne do robota na dojenie. Kedysi prevládala názor, že dojnica pociťuje potrebu sa dať podojiť len keď má plné vemeno. Ukázalo sa ale, že to tak nie je. Dojnica pri plnom vemene často nepociťuje nutkanie dať sa podojiť, ale v prípade, že ju nepodojíme, prestane produkovať mlieko a po určitom čase sa tvorba mlieka úplne zastaví. Pri pasienkovom chove však dojnica dostáva živiny vo forme porastu, ktorý spása na paši. Znamená to, že nepociťuje až takú nevyhnutnú potrebu dostať sa k jadrú.

Prinútiť dojnice aby dobrovoľne odišli z pastvy a dali sa podojiť robotom na dojenie je jednoduché; denný pasienok sa rozdelí na dve až štyri časti. Po vypasení jednej časti dojnice nenachádzajú dostatok čerstvého porastu a tak idú do AMS, kde im je počas dojenia ponúknutá krmná zmes. Po podojení dostanú možnosť ísť na nový, čerstvý pasienok. Po jeho vypasení sa situácia opakuje.

Na niektorých farmách v zahraničí dokonca po určitom čase odstavia vodu a tak prinútiť dojnice vrátiť sa do maštale, kde je vody dostatok. Ak sa chce dojnica dostať do maštale a napiť sa, musí prejsť cez robot na dojenie. V prípade, že ubehol dostatočný čas odvetdy, čo sa dojnica naposledy dojila, robot ju podojí a po výstupe z neho ju vpustí do maštale, kde má dostatok vody. Ak neuplynul dostatočný čas aby sa dojnica mohla dojiť, robot ju nepodojí, dojnica prejde cez uličku s napájačkou na pôvodný pasienok.

K dosiahnutiu najlepších výsledkov a umožnení dostatočného počtu návštev dojaceho zariadenia je treba zaistiť, aby na pastvu a z pastvy viedli dostatočne široké a rovné cesty, ľahko prístupné pre dojnice. Veľmi vhodné je inštalovať texaské brány cez miestnu komunikáciu. Ide o systém trubiek s medzerami, na ktoré má zviera obavu vstúpiť. Zamedzujú prechod cez cestu na nebezpečnom mieste.

Pastevný areál by nemal byť príliš vzdialený od maštale. Skúsenosti ukazujú, že vzdialenosť 1 km od konca pastviny do maštale je pre kravy stále ešte prijateľná. Selekčná pastevná bránka môže byť umiestnená nielen vnútri maštale, ale aj vonku. Umiestnenie vnútri maštale má tu výhodu, že kravy, ktoré nebudú vpustené na pastvu, môžu byť ľahko vrátené späť do maštale. Pri plánovaní pastviny je treba myslieť na umiestnenie napájadiel, ktoré je najvhodnejšie umiestiť čo najbližšie k cestám.

Ďalšou podobnou pastevnou stratégiou je systém AB(C). Podmienkou je používanie jednej alebo viacerých pastevných brán. Pastevný areál je rozdelený bránkou alebo bránkami na oblasti A, B, prípadne C. Tieto oblasti sú ďalej rozdelené na jednotlivé menšie oplôtky. Základom fungovania systému je podmienka, že kravy musia byť podojené, aby mohli byť vpustené na čerstvú pastvu, teda z oblasti A do oblasti B. Motiváciou pre dojnice ísť sa dať

podojit' je potom nie len koncentrát podávaný v robote, ale tiež čerstvá tráva, dostupná v oblasti B. Oblasť C je používaná pre nočnú pastvu.

Spoločný vedecký tím z Austrálie a Argentíny predpokladal, že kolísavosť príjmu koncentráту negatívne ovplyvňuje dennú dojivosť, čo by mohlo znížiť ziskovosť tohto systému. Hodnotilo sa 17 fariem založených na pastve z Austrálie, Nového Zélandu a Írska. Analyzovalo sa 403 226 denných záznamov, štádium a poradie laktácií, denný nádoj, frekvencia dojenia a príjem koncentrátu. Denná dojivosť bola vysoko pozitívne korelovaná s príjmom koncentrátu ($r=0,629$) a frekvenciou dojenia ($r=0,585$). Frekvencia dojenia mala tiež vysoko pozitívny vzťah s príjmom koncentrátu ($r = 0,529$). Avšak produkcia mlieka v robotickom systéme s pastvou bola negatívne ovplyvnená práve premenlivosťou príjmu koncentrátu v robotickej jednotke. Z tohto dôvodu je zníženie kolísavosti (variability) príjmu koncentrátu pre maximalizáciu produkcie mlieka v pastevnom systéme s robotickým dojením kľúčové.

1.6. Robotické plemenné hodnoty

V chovateľsky vyspelých štátoch (Holandsko, Nemecko, Dánsko) sa už dlhšie používajú robotické plemenné hodnoty (RPH). V Českej republike od apríla 2015. Pre výpočet RPH slúžia dáta získané z AMS. Vďaka týmto hodnotám sa môžu šľachtiť stáda vhodné pre automatické dojacie systémy. Hlavné faktory sú efektivita, interval dojenia a habituácia (návyk).

Efektivita

Pre chovateľa je zásadná otázka, ako jeho kravy využívajú AMS. Hodnota predstavuje nádoj mlieka v kilogramoch za dobu prevádzky AMS v minútach (čas medzi vstupom a výstupom z robota, zahrňujúci ošetrovanie pred i po dojení, nasadenie a zloženie ceckových násadcov a samotné dojenie).

Dcéry býkov s vysokou RPH nadoja viac mlieka za minútu prevádzky AMS. Dôležitými podkladmi pri výpočte sú mliečna produkcia a dojitelnosť, ale tiež čas ošetrovania pred a po dojení. Rýchlosť dojenia by mala byť minimálne 2,4 kg mlieka za minútu.

Príklad: farma s priemernou efektivitou AMS. Celkový využiteľný čas robota je 20 hodín denne. Dcéry býka s hodnotou 108 pre efektivitu AMS nadoja za minútu o 0,18 kg mlieka viac ako dcéry s hodnotou 92, čo je o +216 kg za deň a takmer o 79 000 kg mlieka viac za rok

u jedného robota. S priemernou produkciou 30 kg za minútu na kravu a deň môžete dokonca so súčasným robotom podojiť o sedem kráv viac ako pri dcérach s hodnotou 92.

Interval dojenja

Koľko času ubehne medzi dvomi úspešnými dojeniami? Dojnice, ktoré chodia do robota častejšie, sú vhodnejšie. Kravy s dlhším intervalom dojenja (chodia do robota menej často) musia byť do robota častejšie naháňané. Dcéry býkov s vyššou plemennou hodnotou (>100) majú v priemere kratší interval medzi dvomi úspešnými dojeniami v robote, tzn. častejšie navštevujú robota.

Návyk (habituácia)

Zaujímá nás, ako rýchlo si prvôtky, alebo staršie kravy, presunuté z klasického ustajnenia, na AMS navyknú? Používaním býkov s vysokou PH pre habituáciu sa môžu skrátiť straty času pracovníkov, ktorí zvieratá naháňali. Kravy po týchto býkoch chodia do AMS z vlastnej vôle už krátko po otelení a dosahujú tak veľmi skoro krátkeho a stáleho intervalu dojenja. Pri výpočte sa porovnáva interval dojenja v prvých 3 týždňoch po otelení s intervalom dojenja v týždňoch 10, 11 a 12. V prvom období je robot pre zvieratá neznámy a intervaly dojenja sú dlhšie. V neskorších týždňoch laktácie si na systém zvykajú a vstupujú do robota častejšie. Plemenná hodnota sa počíta z rozdielu produkcie mlieka v týchto dvoch obdobiach.

Ak má byť AMS efektívny, mal by dosiahnuť 2000 kg mlieka za deň. Pre tento výkon je dôležité sledovať tieto parametre:

Percento voľného času - predstavuje čas, kedy robot nie je používaný. Odporúča sa dodržiavať minimálne 10 % voľného času (2,4 hodiny za deň), za optimum je považované 15 % (3,6 hodiny denne).

Počet dojení za deň ovplyvňuje celkovú produkciu kráv a napomáha k udržaniu dobrého zdravotného stavu mliečnej žľazy. Navýšením a udržaním počtu dojení najmä v druhej tretine laktácie sa môže úžitkovosť navýšiť o 14-18 %. Počet dojení na kravu a deň by mal vždy byť vyšší než 2,5 x za deň s optimom nad 2,8-3 x za deň. Pokiaľ je návštevnosť nižšia než 2,2 x za deň môžu sa očakávať veľmi nerovnomerné intervaly medzi dojeniami, čo je príčinou zníženej produkcie mlieka a zhoršeného zdravia vemená.

Dovolené podojenie udáva koľko razy môže byť krava za deň podojená. Je to jedno z nastavených dát, ktoré by však malo byť kontrolované každé dva týždne s ohľadom na potrebu jednotlivých dojníc. Pre kontrolu kondície kráv a obmedzenie výrazného chudnutia sa

najmä na začiatku laktácie, počas prvých 40 dní, odporúča obmedziť počet dojení maximálne na 3,5x za deň. Po tomto kritickom období môže byť toto číslo navýšené až na 4,5 x za deň.

Počet odmietnutí je počet prípadov, kedy krava navštívi robot, ale je odmietnutá pre krátky časový interval od posledného dojenja. Počet odmietnutí by mal byť vždy vyšší než 1.

Počet nútených dojení - maximálne 6x na AMS a deň. Potreba núteného dojenja má tiež veľmi úzky vzťah k výžive dojníc a nastaveniu základnej kŕmnej dávky. Pokiaľ sú dojnice prekrmované, od 2. tretiny laktácie majú menší záujem o aktívnu a dobrovoľnú návštevu robota. To vedie k zníženiu produkcie, riziku stučnenia dojníc, problémom po otelení a najmä k zhoršenej ekonomike chovu.

2. Precízne farmárčenie

Chov dojníc získava čoraz precíznejšie prístroje a zariadenia na automatizáciu riadiacich úloh vrátane dojenja a kŕmenia. Takáto automatizácia má schopnosť zlepšovať produkciu a časovú efektívnosť na farme. Veľa výskumov sa zameriava na používanie individuálneho monitorovania správania na zisťovanie zdravotných porúch, a to akútnych, ako aj chronických či predklinických príznakov. Existuje však aj príležitosť využiť monitorovanie správania na rozhodovanie riadenia manažmentu na farme. Vzhľadom na vzťah medzi kŕmnym správaním, príjmom krmiva a zložením kŕmnej dávky, existuje možnosť aplikovať informácie o správaní dojníc na optimalizáciu riadenia výživy. Z dlhodobého hľadiska sa očakáva, že prostredníctvom presného monitorovania správania pri kŕmení budú môcť výrobcovia mlieka robiť včasnejšie rozhodnutia o zmene a úprave výživových programov na úrovni kravy aj stáda.

V zahraničí boli už prezentované postupy na monitorovanie skupinového správania zvierat rádiovým systémom identifikácie (RFID). Autori predstavili systémy na analýzu správania v reálnom čase, tiež na predpovedanie optimálneho načasovania inseminácie. Bol predstavený postup vývoja a overovania RFID s nízkou frekvenciou na monitorovanie správania zvierat pri príjme krmiva a pití vody. Boli otestované a vyhodnotené optimalizované elektronické ušné značky v ultra vysoko frekvenčnom pásme (UHF RFID) na pastevné sledovanie. Systémom UHF-RFID sa tiež analyzovali aktivity správania na detekciu krívania. Ďalší autori rozpracovali systém 3D počítačového videnia pre automatickú detekciu státia a ležania prežúvavcov. Bol predstavený tiež vývoj bezdrôtového biosenzora na monitorovanie tepelného stresu dojníc v reálnom čase.

Automatizácia, robotizácia, plne autonómne výrobné linky, robotické vozidlá samostatne sa orientujúce v teréne, stále výkonnejšia výpočtová technika; to je budúcnosť farmárčenia. Pri chove dobytká sa roboty uplatňujú najmä pri automatizovanom dojení a kŕmení dojníc, pri čistení ustajňovacích priestorov maštali. Najdôležitejším článkom plnoautomatizovanej farmy dojníc je robot na dojenie. Systém robotického dojenia v sebe zahŕňa dojenie v maštali a na pastve, kŕmenie a riadenie pohybu dojníc. Ponúka možnosť častejšieho dojenia vysoko produkčných dojníc, predovšetkým na vrchole ich laktačnej krivky.

Rozpracovávajú sa systémy robotických kruhových automatických zariadení na dojenie. V najnovšej odbornej literatúre nechýbajú príspevky o robotických prihrnovačoch krmiva a automatických odstraňovačoch hnoja. V praxi sa najviac používa robot Lely Juno, ktorý prihrňa krmivo bližšie ku kravám. Zariadenie je nastavené tak, aby raz za každú hodinu obišlo kŕmny žľab a potom sa vrátilo do nabíjacej stanice. Kravy tak majú k dispozícii čerstvé krmivo vždy, a neplytvá sa ním.

Presné monitorovanie chovu zahŕňa použitie technológií na meranie fyziologických, behaviorálnych a produkčných ukazovateľov jednotlivých zvierat. Detekcia ruje, chorôb a začiatku telenia sú už bežné aplikácie. Mnoho zariadení je komerčne dostupných a používa sa vo výskume a na farmách. Precízne monitorovacie technológie sa dajú umiestniť na kravu alebo vložiť do tela kravy, mnohé zariadenia sú už teraz k dispozícii v dojárni, v robotoch na dojenie a vo výstupných alebo kŕmnych uličkách.

2.1. Dojnice

Reprodukcia

Veľký počet zahraničných článkov je sústredený na plodnosť kráv. Údaje z nedávnych štúdií zahŕňajúcich spontánne a indukované ruje ukázali, že precízna evidencia estrálneho cyklu pomocou rôznych monitorov aktivity, významne zlepšuje oplodňovanie a znižuje produkčné straty. Údaje z dvoch štúdií autorov z Kanady a USA ukázali, že priebeh ruje tesne pred insemináciou tiež mení expresiu génov súvisiacich s imunitným systémom, adhéznymi molekulami a syntézou prostaglandínov v endometriu, syntézou progesterónu a prostaglandínu. Reprodukčné programy využívajúce monitory aktivity a zdôrazňujúce detekciu ruji môžu byť preto úspešné a porovnateľné s programy založenými na časovaných protokoloch umelej inseminácie.

Na Cornell Univerzity (USA) hodnotili automatizovaný systém pripevnený k uchu (AEDS; Smartbow; Zoetis Inc.), ktorý monitoruje fyzickú aktivitu a čas prežúvania na určenie ruje. Holštajnské kravy mali svoj estrálny cyklus synchronizovaný k päťdesiatemu dňu laktácie alebo k osemnástemu dňu po umelej inseminácii. 7 dní po indukcii luteolýzy (žltého telieska) sa ako referenčný test na estrus použilo vizuálne pozorovanie správania (30 minút 2-krát denne) a údaje zo senzora na chvoste aktivovaného tlakom (HeatWatch). Súčasne boli zozbierané upozornenia na estrus a ich vlastnosti. Autori dospeli k záveru, že ušný detekčný systém, ktorý monitoruje pohyb a prežúvanie, je veľmi účinný pre detekciu kráv v ruji.

Cieľom štúdie z Univerzity Minnesota (USA) bolo vyhodnotiť určenie estru (ruje) pomocou hodnotenia pohybu a prežúvania v skupinách dojnic chovaných na pastve pri sezónnom telení a v konvenčnom chovu s nízkymi vstupnými nákladmi. Údaje poslúžili na vytvorenie predpovedných modelov ruje metódami strojového učenia pre jalovice a kravy. Aktivita zvierat a prežúvanie sa monitorovali elektronicky pomocou senzora akcelerometra pripevneného v uchu (CowManager SensOor, Agis Automatisering BV, Harmelen, Holandsko). Štúdia zahŕňala 1 671 záznamov od 917 kráv a 180 záznamov od 126 jalovic. Analýza predpovedania ruje sa zamerala na 8 algoritmov strojového učenia so štatistickou verziou R 3.51. Počas zimného obdobia rozmnožovania mali krivky vyššiu citlivosť (80 %) než pri letnej sezóne (72 až 77 %). Vypracované modely vyvinuté s použitím získaných údajov ukázali potenciálny rozsah citlivosti a špecifickosti, ktoré je možné s týmito údajmi dosiahnuť.

Nedávny pokrok vo vývoji technológií sensorov umožnil presnú predpoveď ruje pomocou informácií o správaní zvierat. Cieľom výskumu v Brazílii bolo (1) zistiť vplyv ruje na príjem krmiva a správanie zvierat (kŕmenie a pitie); a (2) vyvinúť a vyhodnotiť prediktívne prístupy na určenie ruje pomocou elektronických údajov z kŕmidiel a napájadiel. Príjem krmiva a vody, správanie zvierat a príznaky ruje sa merali na 57 jaloviciach (živá hmotnosť 374 kg). Pred každou rujou bol vypočítaný celkový príjem krmiva, počet návštev kŕmidiel a napájadiel, čas strávený príjmom krmiva a pitím vody. Výsledky naznačili ďalšie možnosti vývoja nových zariadení na báze sensorov, ktoré by spoľahlivo stanovovali rujový (estrálny) cyklus.

Produkcia

S množstvom údajov zozbieraných na farmách s robotickým dojením prichádza potreba spoľahlivých a overených algoritmov (matematických postupov) na zisťovanie chorôb. Cieľom štúdie z Univerzity Guelph (Kanada) bolo integrovať údaje z robotických jednotiek

na vývoj nových presných modelov detekcie mastitídy. Ukazovatele dojenja (produkcia mlieka, frekvencie návštev, dĺžka pobytu v boxe, teploty a vodivosti mlieka), správania kráv (čas prežúvania, státia a ležania), údaje o kravách (deň a poradie laktácie) a záznamy o mastitíde sa zbierali z 13tich komerčných stád s robotickým dojením; analyzovalo sa prvých 30 dní laktácie pri 822 individuálnych kravách. Klinická mastitída bola diagnostikovaná, keď krava mala zhoršenú kvalitu alebo zníženú produkciu mlieka, alebo sa zistilo abnormálne mlieko či choré vemeno pri vizuálnom vyšetrení a krava bola ošetrená pomocou antimikrobiálnej látky. Farmy rozdelili do troch skupín: vývoj modelov (9 fariem), testovanie modelov (2 farmy) a 2 farmy na overenie modelov. Použitím kombinácie údajov o mlieku a správaní v treťom, piatom, siedmom a pätnástom dni po stanovení diagnózy dosiahli modely 82, 85, 79 a 93 % presnosť. Vylúčenie údajov o správaní znížilo presnosť predikcie (predpoveď, prognóza) o 5 %, vylúčenie dennej variability o 7 %. Tieto metódy a výsledné algoritmy majú veľký potenciál na zlepšenie spoľahlivosti a včasnosti automatickej detekcie mastitídy u výrobcov mlieka využívajúcich robotické dojenie.

Množstvo údajov z chovu dojníc s pomocou AMS sa v poslednej dobe exponenciálne rozšírilo pomocou počítačov zabudovaných v dojacích systémoch, senzorov vrátane kamier a algoritmov na hodnotenie správania zvierat. Analýza vzoriek mlieka infračerveným svetlom umožňuje získať nové informácie, ako sú napríklad profily mastných kyselín. Rozšírenie dátových prenosov medzi robotickými jednotkami a ich pripojenie k údajom z ostatných farmových snímacích zariadení má potenciál na zlepšenie výkonnosti stád a udržateľnosti živočíšnej výroby.

Stále dôležitý je už odskúšaný a fungujúci systém spájajúci nádrže na mlieko. Tieto dáta poskytujú presné informácie o stáde každý deň, zatiaľ čo záznamy o dojivosti a zložení mlieka plemenárov vedú k podrobným údajom o každej krave len 10-krát ročne.

Správanie

Štúdie správania hovädzieho dobytká sa v minulom období uskutočňovali priamymi vizuálnymi pozorovaniami alebo analýzou videí, čo si vyžaduje značné zdroje a čas. Akcelerometre či krokometre sa v poslednej dobe už úspešne používajú na diaľkové monitorovanie správania. Overovanie bola však vykonávané za termoneutrálnych poveternostných podmienok a existuje málo údajov z tropických podmienok, kde tepelný stres ovplyvňuje správanie dobytká. Preto autori z Portorika hodnotili počas vysokých teplôt prostredia parametre ležania a státia akcelerometrom v jednosekundových intervaloch. Pri všetkých kategóriách hovädzieho dobytká určili aktivity správania so spoľahlivosťou na 99

% . Zistilo sa, že vybrané typy akcelerometrov môžu byť užitočnými nástrojmi na diaľkové monitorovanie správania mliekových plemien dobytká aj v trópoch.

Dobrovoľné dojenie je rozhodujúce pre úspech automatizovaných (robotických) dojacích systémov. Zhoršená chôdza (krívanie) môže ale negatívne ovplyvniť schopnosť a ochotu kráv sa dobrovoľne dojiť. Cieľom štúdie kanadských autorov bolo zhodnotiť vplyv krívania na produktivitu 76 stád dojených robotom a identifikovať faktory súvisiace s krívaním. Zistilo sa, že produkcia mlieka na jeden robot sa znižovala so zvyšujúcim sa podielom krívajúcich jedincov v stáde. Jednotliví farmári tiež absolvovali psychometrické testy. Porovnaním výsledkov s podobným prieskumom zo všetkých veľkých fariem v Kanade sa dokázalo, že výrobcovia mlieka používajúci AMS pociťovali menší stres, úzkosť a depresiu ako ostatní farmári. Výsledky poukazujú na potenciálne výhody automatizovaných systémov dojenia a kŕmenia.

Vedci z Cornell Univerzity (USA) porovnávali viacero parametrov správania, metabolizmu a úžitkovosti dojníc s diagnostikovanou metritídou alebo bez metritídy. Monitorované a zhromažďované parametre senzorov boli fyzická aktivita, prežúvanie, príjem krmiva, retikulo-bachorová teplota, produkcia mlieka a obsah tuku a bielkovín v mlieku. Skupiny kráv sa vytvorili nasledovne: kravy s metritídou, kravy s metritídou plus ďalšou zdravotnou poruchou do 7 dní pred alebo po diagnostikovaní metritídy a kravy bez zjavných príznakov klinického ochorenia. Autori došli k záveru, že kravy iba s metritídou a kravy s metritídou a ďalšou poruchou pozorovanou do 7 dní pred alebo po diagnostikovaní metritídy mali v porovnaní so zdravými kravami odlišné špecifické vzorce behaviorálnych (správania), fyziologických a produktívnych parametrov, ktoré je možné použiť na predikciu (predpoveď) výskytu metritídy.

Ďalší príspevok v tomto sofistikovanom výskume predložili texaskí vedci z Tarleton State University (USA). Porovnávali šesť rôznych monitorovacích zariadení, konkrétne IceQube (IQ; IceRobotics Ltd., Edinburgh, Škótsko), AfiAct Pedometer Plus (AFI; Afimilk, Kibbutz Afikim, Izrael), Track a Cow (TAC; ENGS Systems Innovative Dairy Solutions, Izrael), Smartbow (SB; Smartbow GmbH, Jutogasse, Rakúsko), CowScout S Leg (GEA; GEA Farm Technologies GmbH, Bönen, Nemecko) a Cow Manager SensOor (SEN; Agis Automatisering, Harmelen, Holandsko). Zaznamenávala sa doba ležania, počet krokov, počet periód ležania, časy pohybu, príjmu krmiva a prežúvania. Pre čas ležania zistili pri použití AFI, IQ a TAC preukazné vzťahy (r od 0,79 do 0,90) a nepreukazné s SB (r = 0,33 až 0,43). Pokiaľ ide o počet krokov, prístroj GEA mierne súvisel so všetkými ostatnými technológiami (r = 0,50 do 0,61) a všetky ostatné technológie korelovali iba slabo (r = 0,39 do 0,47). Medzi

periódami ležania existovala slabá až stredná závislosť ($r = 0,42$ do $0,66$). Medzi SEN a SB ($r = 0,61$) bola pozorovaná mierna korelácia času prežívania. Tieto precízne technológie ponúkajú vzrušujúce príležitosti na rozvoj ďalších prístrojov automatického monitorovania s cieľom informovať manažment farmy, avšak podľa autorov ešte nie je súčasná kvalita zaznamenaných údajov dostatočná.

Precízny chov zvierat je rýchlo sa rozvíjajúcou oblasťou. Inovácie v tomto sektore sú však obmedzené dostupnosťou lacných senzorov s nízkou spotrebou energie, ktoré majú schopnosť odosielať údaje na dlhé vzdialenosti bez toho, aby sa spoliehali na mobilné, bluetooth alebo internetové siete. Cieľom štúdie autorov z Virgínie (USA) bolo skonštruovať snímač (senzor) na báze mikroprocesora s otvoreným zdrojom určený na detekciu a hlásenie polohy a aktivity pasúcich sa zvierat. Senzor je tvorený mikroprocesorom Arduino Nano a generickým snímačom pohybu MPU92/50, ktorý obsahuje 3-osový akcelerometer, 3-osový magnetometer a 3-osový gyroskop. Súčasťou sú aj generický prijímač GPS a generický rádiový vysielateľ LoRa RFM95W. Mikroprocesor Arduino je možné flexibilne naprogramovať pomocou softvéru Arduino IDE na úpravu frekvencie záznamu údajov, odosielania dátového balíka a podmienok, ktoré sú potrebné na prevádzku. Rádio LoRa vysiela údaje na prijímač Dragino LoRa, ktorý je tiež možné flexibilne naprogramovať prostredníctvom softvéru Arduino IDE na odosielanie údajov do lokálneho úložiska alebo v prípade, že je k dispozícii webové alebo mobilné pripojenie, do „cloudového“ úložiska. Senzor bol napájaný bežnou lítium-iónovou batériou 3,7 V, 2 000 mAh. Batéria dokázala napájať senzor pri frekvencii 1 Hz približne 12 hodín. Batériu je možné pripojiť k 5 V solárnemu panelu pomocou nabíjačky Adafruit USB/DC/solárny lítium-ión/polymér. Aby dokázali užitočnosť tejto sady senzorov na časový zber údajov o polohe zvierat, sadu senzorov pripevnili na pasúce sa zvieratá na dobu 24 hodín. Odber vzoriek bol raz za 3 minúty. Spoľahlivosť získavania údajov bola výborná (nad 90 %) a všetky senzory boli schopné udržať po celé sledovanie výkon. Pri nasledujúcim výskume sa bude ešte spresňovať výkon a konštrukcia senzorov, aby sa umožnilo overenie údajov GPS a tvorba ďalších algoritmov na interpretáciu údajov o pohybe zvierat.

Napriek tomu, že existujú systémy na monitorovanie zdravia a umiestnenia (lokalizácie) výkrmového hovädzieho dobytká ustajneného vo veľkých ohradách, analogické monitorovacie systémy pre pasienky nie sú bežne dostupné. Preto bolo ďalším cieľom vedcov z Virgínie (USA) navrhnuť a vypracovať integrovanú senzorickú sieť na monitorovanie zdravia a polohy pasieného hovädzieho dobytká. Táto sieť (Mahindra & Mahindra; Bombaj, India) prepája údaje získané zo subkutánneho (podkožného) teplotného senzora (Livestock Labs Inc., Pittsburgh, PA) s údajmi GPS získanými zo solárne napájaného obojkového

senzora (Sodaq; Hilversum, Holandsko) prostredníctvom satelitnej prijímacej brány (Hiber Global, Amsterdam, Holandsko) na pozíciu pre ukladanie dát v cloude (sieť prepojených serverov). Podkožný snímač teploty (senzor) sa implantoval chirurgicky do krku pomocou 5 mm hlbokého vertikálneho rezu. Po spustení zaznamenával teplotu a aktivitu každú hodinu a prenášal údaje pomocou Bluetooth do základňovej stanice napájanej slnečnou energiou.

Autori uvádzajú, že ak sú zvieratá mimo dosahu riadiacej stanice základne, má záznamník kapacitu na ukladanie údajov minimálne 2 týždne. Životnosť batérie senzorov je 2 roky. Základňová stanica je síce navrhnutá na používanie mobilnej komunikácie, ale na účely tohto experimentu bola dodatočne vybavená komunikáciou LoRa. Sensory obojku GPS sú komerčne dostupné a používajú slnečnú energiu. Údaje z obojkov GPS a implantovateľných senzorov teploty boli prenesené prostredníctvom komunikácie LoRa do satelitnej brány. Sensorová sieť bola na testovanie spoľahlivosti údajov pripevnená na 10 kusov mladého dobytká počas 6 mesiacov.

Výsledkom bolo, že obojky boli schopné spoľahlivo podávať správy o polohe zvierat počas celého experimentu. Subkutánne (podkožné) senzory boli schopné detekovať rozdiely v telesnej teplote medzi zvieratami súvisiace s denným cyklom pasenia, ale na optimalizáciu spoľahlivosti údajov sú potrebné vylepšenia konštrukcie základňových staníc (rýchlosť obnovy bola len 50 %). Je potrebné ďalšie zdokonalenie spracovania údajov, aby sa maximalizovala využiteľnosť tejto siete senzorov na monitorovanie zdravia a polohy hovädzieho dobytká. Vo vývoji a výskumu sa pokračuje.

Krmenie a ustajnenie

Krmivo je hlavným stimulom na podporu dobrovoľného vstupovania kráv do robotickej jednotky. Niet pochyb o tom, že technika krmenia kráv umiestnených v maštaliach s robotickým dojením je odlišná od tradičných systémov. Granulovaný koncentrát musí nalákať kravy na vstup do boxu robota, a to s väčšími množstvami, len tie majú stimulačný účinok. Avšak, pri hodnotení precíznej techniky krmenia sa zistilo, že niekedy existuje rozdiel medzi množstvom granúl (peliet) naprogramovanom a množstvom skutočne dodanom do krmneho žľabu robota; že nie všetok dodaný koncentrát sa skonzumuje; a že dojnice znižujú príjem zmiešanej krmnej dávky so zvyšujúcou sa spotrebou koncentráту podávaného v robote. Autori preto odporúčajú ďalší vývoj týchto systémov zameraný na evidenciu prijatého a zvyškového množstva koncentrátov a na registráciu krmneho správania. Predpokladom úspešného chovu dojníc je splniť nutričné požiadavky kráv, existuje však veľká variabilita v správaní a výkonnosti kráv. Kanadskí a novozélandskí vedci porovnávali aktivity správania

kráv dojených v systéme robotického dojenia s ich úžitkovosťou. Záver autorov bol, že úžitkovosť dojníc je v úzkom vzťahu so správaním pri kŕmení a s adaptáciou na robotický systém dojenia.

Príjem krmiva, dojivosť a zdravotný stav kráv navzájom spolu úzko súvisia a majú vplyv na udržateľnosť chovu dojníc. Cieľom štúdie z Univerzity Kentucky (USA) bolo vyhodnotiť používanie presných technológií monitorovania dojníc na odhad príjmu sušiny kŕmnej dávky. Holštajnské dojnice boli sledované od 2. dňa pred otelením do 21. dňa po otelení. Boli kŕmené pomocou automatických kŕmidiel (Insentec, Marknesse, Holandsko), ktoré zaznamenávali individuálnu spotrebu krmiva. Dojnice boli tiež vybavené ušnými štítkami (CowManager, Sensor, Harmelen, Holandsko). Naprogramované algoritmy predikcie (predpovedania, odhadu) pre obdobie státie na sucho zahŕňali poradie laktácie, živú hmotnosť, teplotu ucha, čas pohybu a ležania a čas prežúvania. Algoritmus pre obdobie puerperia (od pôrodu po 21. deň) obsahoval týždeň laktácie, teplotu ucha, čas kŕmenia, prežúvania, pohybu a ležania. Predpokladaný odhad určenia príjmu sušiny nebol podľa autorov ešte spoľahlivý a vo výskume sa pokračuje.

Presnejšie výsledky publikovali vedci z Iowa Univerzity (USA). Dali si za úkol vyhodnotiť užitočnosť dát zo senzorov (čidiel, snímačov) na predpovedanie príjmu krmiva a zdravotných porúch. Hodnotili sa dva typy ušných automatických senzorov a bolus v bachore. Bolus je puzdro či kapsľa, ktoré sa podáva perorálne (pažerákom) do bachoru kravy a prostredníctvom čidiel poskytuje presné údaje o teplote na diagnostikovanie choroby, o čase pohybu na stanovenie aktivity alebo o hodnote pH v bachore na kontrolu kŕmenia a vznik metabolických porúch. Sensory, použité v experimente, zaznamenávali aktivitu zvierat, teplotu uší, čas prežúvania, teplotu v bachore a hodnoty pH. Ďalšie zozbierané údaje zahŕňali denný nádoj mlieka a jeho zloženie (tuky, bielkoviny a laktóza), živú hmotnosť, stupeň telesnej kondície a zdravia z veterinárnych záznamov. Denný príjem sušiny bol vypočítaný pomocou PROC GLIMMIX v SAS 9.4. Modely príjmu krmiva obsahovali senzor (ušné a bolus), telesnú kondíciu, zdravotný stav a teplotno-vlhkostný index (počítaný z meraní miestnej meteorologickej stanice). Priemerná presnosť predpovedania (odhadu) príjmu sušiny krmiva bola 19-23 % a najdôležitejšia premenná bola teplotno-vlhkostný index. Vysoká presnosť sa zistila pri predpovedaní zdravotných udalostí (94–96 % pre všetky senzory). Pri zdravotnom stave boli najdôležitejšie hodnoty pohybová aktivita a teplota ucha.

Ďalším cieľom výskumu bolo identifikovať faktory ustajnenia a manažmentu súvisiace s produkciou a kvalitou mlieka v 197 stádach s AMS. Farmy mali v priemere 111 dojených kráv, 2,4 robotických jednotiek, na jedného robota pripadalo 47 kráv, 37 kg mlieka na kravu a

deň a priemerný počet somatických buniek bol 200 882 buniek/ml. Podstielalo sa drevenými pilinami, pieskom a slamou. Stáda s pieskovou podstielkou mali preukazne o +1,5 kg na kravu za deň väčšiu produkciu mlieka a nižší počet somatických buniek v porovnaní so stádami, ktoré používali na podstielanie piliny, alebo slamu. Väčší počet kráv na jedného robota bol spojený s nižšou dojivosťou; každých 10 ďalších kráv nad priemer 47 kusov bolo spojených s nižšou produkciou o 0,76 kg za deň a kravu. Zaujímavé zistenie je, že vyššia produkcia a lepšia kvalita mlieka sa dosahujú v stádach robotického dojenia so zvýšenou frekvenciou prihrňania krmiva robotom.

V Kanade pokračoval výskum zameraný na vyhodnotenie stratégií kŕmenia v robotických dojacích systémoch. Koncentrované krmivo sa obvykle používa na motiváciu kráv k dobrovoľnej návšteve robotickej jednotky a typ a množstvo dodávaného koncentráту je možné pre každú kravu upraviť. Cieľom tejto štúdie bolo zistiť, či množstvo koncentráту ovplyvňuje správanie pri kŕmení, príjem zmiešanej kŕmnej dávky, dojenie a produkciu kráv. Krávám bola poskytnutá rovnaká kŕmna zmiešaná dávka s prídavkom koncentrátu v robotickej jednotke buď 3,0 kg alebo 6,0 kg na deň. Medzi skupinami nebol zistený žiadny rozdiel v dojivosti, ani frekvencia dojenia nebola ovplyvnená.

V systémoch robotického dojenia je dôležitá metóda zasušania kráv a jej vplyv na dojivosť, správanie pri dojení a počet somatických buniek. V 5-tich mliečnych farmách bolo celkom 341 kráv dva týždne pred otelením zaradených do štyroch skupín: 1) znížená frekvencia dojenia dva krát za deň, 2) obmedzené kŕmenie koncentrátom (len 0,75 kg na deň v prvom týždni a 0,5 kg v druhom týždni, 3) zníženie frekvencie kŕmenia a dojenia a 4) kontrolná skupina s neredukovaným kŕmením a dojením. Skupina so znížením frekvencie kŕmenia a dojenia mala najnižší mliečny nádoj 3 dni pred zasúšením a bola odlišná od kontrolnej skupiny (19,3 oproti 22,4 kg za deň). Skupina so znížením frekvencie kŕmenia a dojenia sa tiež líšila od kontrolnej skupiny v znížení celkového mliečného nádoja počas 2-týždňového obdobia ošetrovania. Medzi skupinami neboli žiadne rozdiely vo frekvencii dojenia alebo nádoja pri ďalšej laktácii, ani sa počet somatických buniek nelíšil medzi skupinami v týždni pred zasúšením či v prvom mesiaci po otelení. Tieto údaje celkovo naznačujú, že zníženie frekvencie dojenia a množstva krmiva v robotickej jednotke je najúčinnějšíou metódou na zníženie dojivosti pred zasúšením bez toho, aby to malo negatívny vplyv na produkciu a kvalitu mlieka v nasledujúcej laktácii.

Digitalizácia

Veľká pozornosť sa venuje digitalizácii. Je to komplexný proces, ktorý zasahuje všetky oblasti s ktorými musí farmár zápasiť; či sa jedná o riadení prác na poli a v uskladňovacom sile, vyhodnocovaní pojazdov mechanizácie kvôli šetreniu pohonných hmôt, alebo o samotnú kompletnú digitalizáciu procesov pre celú farmu. Každá dojnica má na krku obojok, v ktorom sa nachádzajú zariadenia umožňujúce komunikáciu manažéra (ošetrovateľa) s dojnicou (svetelne, zvukovo, vibračne a elektrostaticky). Jednotlivé signály sú ovládané diaľkovo a to pomocou ručnej vysielacky, ale aj prostredníctvom WiFi signálu z riadiaceho počítača. Pomocou rôznych modulov je možné rozšíriť funkcie tohto zariadenia na zberanie dát a sledovanie rôznych parametrov z povrchu a vnútra tela zvierat'a. To umožní najmä kontrolu zdravotného stavu a správania, ako aj usmerňovanie a riadenie pohybu dojníc (pomocou GPS modulu).

Zariadenia na farme produkujú údaje možno menej kontrolovaným spôsobom, ale s oveľa vyššou frekvenciou, čo výrazne zvyšuje objem fenotypových informácií. Po zhromaždení (integrácii) dát z rôznych zdrojov a systémov a ich očistení od chýb sa poskytnú chovateľom. Len vtedy majú všetky tieto údaje potenciál na zlepšenie relevantných vlastností (napr. účinnosť krmív, kvalita mlieka, zdravie a dobré životné podmienky zvierat) pri súčasnom zlepšení efektívnosti práce, znížení uhlíkovej stopy a zvýšení návratnosti investícií.

Integrácia údajov môže tiež viesť k novým referenčným hodnotám, výskumu a inováciám, k ďalšiemu rozsiahlemu monitorovaniu, ako sú zdravotné problémy, a k transparentnosti pre spotrebiteľov. S toľkými údajmi však budú výrobcovia mlieka potrebovať pomoc a usmernenie. To sa dá dosiahnuť pomocou pokročilých analýz.

Presné návody a postupy (algoritmy) špecifické pre farmu zistia nedostatky, slabé stránky alebo príležitosti na zlepšenie procesu. Potom ešte náročnejšie algoritmy využívajúce techniku umelej inteligencie odporučia spôsoby na nápravu problémov.

Identifikácia

V systémoch chovu hospodárskych zvierat je identifikácia a vysledovateľnosť zvierat ústredným prvkom potravinovej bezpečnosti, transparentnosti údajov a dôvery spotrebiteľov. Vývoj rozpoznávacích metód sa podobne ako v humánnom výskume intenzívne rozvíja. Súčasný prístup k identifikácii zvierat je založený na obrazovej analýze a počítačovom videní, ktoré využívajú farebné rozdiely srsti medzi zvieratami pomocou farebných obrazov. Takáto metóda však nie je účinná pre zvieratá s homogénnymi farebnými vzormi. Z tohto dôvodu sa začali na Univerzite Wisconsin zaoberať vývojom identifikačného systému na rozpoznávanie

jednotlivých zvierat na základe biometrických črt tváre dojníc pomocou 3D obrazov. Obrázky boli segmentované (rozdelené na niekoľko oblastí), aby sa odstránilo pozadie a extrahovali len zvieracie tváre (tvárová časť). Tak sa zabránilo potenciálnemu skresleniu. Evidujú sa farba srsti, škvrny na koži (kvietok, hviezdica, lysina, okuliare, slzy v blízkosti oka, mihalnice), odznaky. Neskôršie budú hodnotiť aj tvar hlavy a tvar čelovej oblasti. Spracovanie údajov a analýzy boli spracované programom MATLAB 2020a. Presnosť testovania bola 75 %. Výsledky naznačujú, že táto metóda môže byť vhodná na identifikáciu zvierat na základe ich 3D biometrických črt. Takýto prístup je možné prispôbiť na použitie u iných živočíšnych druhov.

Strojové učenie

Ďalšia problematika, ktorá sa začína uplatňovať v precíznom (smart) chove, je strojové učenie. Strojové učenie je podoblasťou umelej inteligencie, zaoberá sa algoritmami a technikami, ktoré umožňujú počítačovému systému 'učiť sa'. Umelá inteligencia a súvisiace odbory sa venujú skúmaniu prostriedkov pre pokročilé analýzy dát a zefektívnenie výrobných procesov. Strojové učenie pracuje s obrovským množstvom dát, ktoré analyzuje, usporiada do súvislostí a následne vyhodnotí. Výsledné algoritmy ukladá do modelov, z ktorých následne čerpá pri riešení podobného nasledujúceho problému. Strojové učenie teda vychádza zo svojej predošlej skúsenosti, ktorú ďalej rozširuje na základe nových informácií. Postupne dokáže rozoznávať jednotlivé objekty, priradovať k nim vlastnosti a vzájomne ich prepájať súvislosťami. Naučí sa napríklad rozoznať jednotlivé druhy zvierat a k tomu postupne pridáva ďalšie podrobné informácie, ktoré môže použiť ďalší stupeň bádania a to umelá inteligencia, ktorá nadobudnuté poznatky aplikuje do praktických podmienok. Strojové učenie sa značne prelína s oblasťami štatistiky, základom strojového učenia je lineárna algebra. To všetko dohromady generuje veľa dát, ktoré musia zhromažďovať počítač a vyhodnocovať sofistikované programy.

Cieľom vedcov z Cornell Univerzity (USA) bolo vyhodnotiť schopnosť metódy strojového učenia XGBoost pomocou údajov zo viacerých senzorov alebo bez senzorov predpovedať výskyt rôznych klinických zdravotných porúch, ktoré u dojníc vznikajú na začiatku laktácie. Zaznamenané klinické stavy boli: metritída, mastitída, ketóza, poruchy trávenia a dilatácia (zväčšenie) a dislokácia (premiestnenie) slezu. Údaje zo senzorov ponúkané pre vypracovanie modelov boli fyzická aktivita, ležanie, retikulo-bachorová teplota, prežúvanie, príjem krmiva, teplota a vlhkosť vzduchu od 21 dní pred pôrodom do tridsiateho dňa laktácie. Po otelení boli

k dispozícii aj údaje o živej hmotnosti, dennej doživosti, elektrickej vodivosti mlieka a jeho zložení (tuk, bielkoviny, laktóza).

V ďalšom experimente sa hodnotila výkonnosť rôznych metód strojového učenia na predpovedanie zdravotného stavu dojníc na základe údajov zo viacerých senzorov a nesenzorov. Klinický zdravotný stav (klinické alebo žiadne klinické ochorenie) laktujúcich holštajnských kráv bol stanovený na základe denného klinického vyšetrenia od 1. do 30. dňa laktácie. Zaznamenané poruchy boli: metritída, mastitída, ketóza, poruchy trávenia, dilatácia a dislokácia slezu a zápal pľúc. Údaje zo senzorov ponúkané pre modely strojového učenia predstavovali pohybové a kľudové správanie, retikulo-bachorovú teplotu, časy prežúvania a príjmu krmiva, teplotu a vlhkosť prostredia od 21 dní pred pôrodom do tridsiateho dňa laktácie. Po otelení boli k dispozícii aj údaje o živej hmotnosti, dennej doživosti, elektrickej vodivosti mlieka a jeho zložení (tuk, bielkoviny, laktóza). Medzi nesenzorové údaje sa považovali predchádzajúce zdravotné a reprodukčné udalosti, záznamy o technike chovu a veľkosť plochy koterca na jednu dojnicu. Zahrnuté boli tiež modely vytvorené a vyhodnotené metódou Pythonu (XGBoost, viacvrstvový perceptron a rekurentná neuronová sieť).

Podľa autorov mali modely strojového učenia vytvorené pomocou XGBoost zatiaľ priemerný výkon pri predpovedaní rôznych zdravotných porúch, a to len keď im bolo ponúknutých viacero parametrov správania, metabolizmu a úžitkovosti kráv, údajov z prostredia maštale a záznamov o zdravotnom stave a plodnosti. Výsledky sa ale zdajú byť perspektívnymi a v skúmaní sa pokračuje.

2.2. Teliatá

V chove teliat tiež rastie záujem o používanie presných (precíznych, smart) technológií na sledovanie správania a zmien metabolizmu a fyziologických procesov. Precízne technológie je široko používaný odborný výraz, ktorý zahŕňa technológie na triedenie zvierat, automatizované váženie, digitálne zariadenia, robotické kŕmenie a dojenie, vrátane technológií, ktoré môže zviera nosiť na svojom tele. Uvedené sofistikované technológie môžeme definovať aj ako zariadenia, ktoré automaticky zhromažďujú informácie v reálnom čase od každého zvieratá. Tieto technológie sú pre dojnice už pomerne rozvinuté a ponúka ich veľa firiem, ale pre odchov teliat sú okrem automatického napájania väčšinou menej známe.

Problematika sa dá rozdeliť na 3 všeobecné kategórie: Kŕmenie, Správanie a zdravotný stav a Kontrolu v extenzívnych podmienkach.

Kŕmenie

V svetovej literatúre sa prezentovalo veľa príspevkov o automatizovanom kŕmení teliat mliečnou náhradkou a pasterizovaným odpadovým aj plnotučným mliekom. V minulosti bolo hlavným cieľom automatizovaných kŕmnych boxov nakŕmiť čo najviac teliat s čo najmenšou prácou. V súčasnosti sa technológia musí flexibilne prispôsobovať meniacim sa situáciám chovu a zvyšovania počtu teliat a musí byť schopná ponúkať rôzne kŕmne programy s rôznymi druhmi krmív, samozrejme vždy prispôsobené jednotlivým teľatám a ich optimálnemu zdraviu. Pre efektívnu a účinnú organizáciu práce na farme sú však dôležité aj ďalšie faktory: zabezpečenie maximálnej hygieny, ukladanie a analýza dôležitých údajov.

Programovateľné napájacie boxy pre teľatá zabezpečujú individuálne a skupinové kŕmenie mliečnym nápojom. Konštrukcia z nehrdzavejúcej ocele umožňuje kŕmenie 100 - 120 teliat iba jednou napájacou jednotkou. Zariadenia majú veľa možností programovania, určovania dávok pre jednotlivé teľatá v skupine, nastavovania dávkovania tekutín a zmesi, miešania, ohrievania alebo udržiavania stálej teploty nápoja, automatické oplachovanie a čistenie prístroja.

Napájacie automaty si získali obľubu ako nástroj na správnu techniku odchovu teliat mliečnych plemien a sú najrozšírenejšou používanou precíznou technológiou u teliat. Vylepšené automatizované systémy na kŕmenie môžu presne dávkovať krmivá pre optimálny rast živej hmotnosti a pozitívne ovplyvňovať odstav teliat od mliečnej výživy. Centrom systému je napájací automat s kŕmnym boxom riadený počítačom. Na jeden automat pripadá 30 až 50 teliat, ktoré sú ustajnené v jednom koterci. Napájací box je dlhý 1,5 m a široký 0,3 m, vo výkrme teliat sa šírka zväčší na 0,5 m.

Dávky mliečnej kŕmnej zmesi na kŕmny deň a 12 hodinový cyklus sa naprogramujú individuálne podľa veku, živej hmotnosti, chovateľského zámeru alebo finálnej živej hmotnosti výkrmu. Prvé dva dni po presune sa podávajú len 3 kg zmesi, postupne do šiesteho dňa sa dávka zvyšuje obvykle na 6 kg denne. Od 28. dňa sa môže podávať viac zmesi denne. Existuje zariadenie aj na kŕmenie mliekom či kombinácia mliečnej náhradky a kravského mlieka.

Nápoj v automate môže byť pripravený až z piatich komponentov (mlieko, voda, mliečna kŕmna zmes, práškové alebo tekuté prísady), pre každé teľa v požadovanom pomere. Zloženie a množstvo nápoja prebieha podľa kŕmneho plánu. Tekuté krmivo sa pripravuje v malých

dávkach (0,5 kg). Teplá voda sa privádza z ohrievača do miešacej nádoby. Následne sa pridá potrebné množstvo mliečnej krmnej zmesi a dôkladne sa rozmieša vo vode. U kombinovaných napájacích automatov sa čerstvé mlieko prečerpáva cez výmenník tepla, ktorý ohrieva tekuté krmivo rýchlo, ale šetrne. Jednou z veľkých výhod napájacích automatov je schopnosť krmiť väčšie objemy nápoja bez zvyšovania pracovných nákladov.

Intervaly napájania sú šesťhodinové (štyrikrát denne). Celková denná dávka nápoja je rozdelená na štyri časti a každá z nich na príslušný počet pol kilogramových porcií. Každých 12 hodín sú na výpise z počítača označené teľatá, ktoré nevypili svoju dávku. Programové vybavenie umožňuje evidovať presuny, veterinárne zákroky a upozorňuje na určené termíny.

Táto technológia má všestranné použitie pre tekutú aj pevnú výživu (štartér) a možno ich použiť na sledovanie individuálneho správania teliat pri príjme krmiva. Zaznamenáva sa denný príjem mlieka alebo tuhého krmiva, rýchlosť pitia za minútu a návštevy napájacieho (kírmneho) boxu odmenené mliekom alebo tuhým krmivom alebo bez odmeny.

Tok mliečného nápoja a veľkosť porcie majú dôležitý vplyv na správanie pri krmení; obmedzený prietok znižuje denný príjem mlieka u teliat, ktorým bolo ponúkané 8 L mlieka za deň. Väčšie porcie znížili v porovnaní s menšími porcami konkurenciu a zlepšili účinnosť napájacieho automatu pre teľatá umiestnené vo veľkých skupinách. Tiež je dôležité vekové načasovanie ponúkajú veľkých denných dávok mliečného nápoja.

Výrobcovia neustále inovujú programy pre riadenie techniky chovu z oblasti automatického kŕmenia teliat. Farmári ale upozorňujú na chyby. Niektoré automatizované systémy kŕmenia teliat používajú centrálny zásobník zohriateho mlieka, čo má ale aj obrovskú nevýhodu. Pri 40 ° C sa totiž obsah baktérií v mlieku zdvojnásobuje každých 20 minút. V precíznych zariadeniach je mlieko čerstvo zmiešané pre každé teľa a nezostávajú žiadne zvyšky mlieka, ktoré by mohli kontaminovať systém.

Moderné programy kŕmenia (napr. Metabolické programovanie) vyžadujú vyššiu koncentráciu mliečnych náhradiek na začiatku odchovu (väčšinou 160 g/L), vo fáze odstavu je však potrebná nižšia koncentrácia (130 g/L). Tento individuálny prístup k zvieratú je základnou požiadavkou moderných stratégií kŕmenia. Kŕmenie môže byť povolené len v určitom dennom období, alebo teľatá môžu prísť a vypiť mlieko kedykoľvek. Mladšie a slabšie teľatá majú tak dostatok času na prístup a pitie svojho mlieka. Ak teľa pije pomaly, je k dispozícii ohrievač, ktorý udržuje mlieko v teple. Používajú sa aj tzv. anti-pirátske ventily, ktoré znemožňujú silnejším teľatám kradnutie nápoja slabým teľatám.

Výhodné je, že farmár má pohodlne k dispozícii všetky dôležité informácie o teľatách: na displeji kírmneho boxu, alebo na svojom mobilnom telefóne. Nielenže je príprava mlieka

rýchlejšia (nápoj je k pitiu pripravený už po 3 sekundách), ale rýchlejšie je aj automatické čistenie.

Po každej návšteve teľaťa sa misa mixéra a hadičky vedúce k cumľom opláchnu čistou vodou. V systéme tak nezostanú žiadne zvyšky mlieka. Niekoľkokrát denne sa spustí umývací cyklus, automaticky najmenej dvakrát denne, pri plnotučnom mlieku aj častejšie. Zníži sa tým vystavenie teliat baktériám a zlepši sa zdravie teliat a minimalizuje sa manuálna práca. Po každej návšteve sa očistí aj vonkajší povrch umelého cumľa. Cumle automatizovaného napájacieho boxu sú umiestnené tak, aby boli naklonené smerom nadol. To podporuje prirodzené pitie tela a znižuje sa riziko prechodu mlieka do bachora. Etologický výskum ukázal, že teľatá sa môžu lepšie orientovať, keď je cumeľ osvetlený. To zvyšuje príjem mlieka počas noci. Počas dňa je skupina zvierat pokojnejšia, pretože proces kŕmenia je rovnomerne rozdelený na 24 hodín. Do mliečného nápoja možno pridávať kŕmne doplnky.

Správanie a zdravotný stav

Choroby jalovičiek počas skorých štádií rastu môžu nepriaznivo ovplyvniť produktívnu výkonnosť v dospelosti, čo môže mať za následok značné ekonomické straty. Zdravotné problémy môžu zmeniť správanie teliat, takže zmena vzorcov správania by sa mohla použiť ako skorší ukazovateľ na prevenciu chorôb. Na veľkých farmách dojníc je však každodenné sledovanie správania teliat prácne a veľký počet zvierat sa stáva limitujúcim faktorom tohto hodnotenia.

Cieľom štúdie autorov z Univerzity Wisconsin-Madison (USA) bolo vyvinúť automatizovaný počítačový systém na individuálne monitorovanie správania teliat ustajnených v kotercoch pre 5 kusov. Kamera s možnosťou nočného videnia bola nainštalovaná 4 m nad kotercom. Obrázky sa získavali každých 5 sekúnd a posielali sa do úložiska údajov. Na každom obrázku boli teľatá priestorovo identifikované a označené. Potom sa určilo ich správanie zvierat (ležanie, státie, príjem krmiva a pitie). Na vypracovanie softvéru bolo použitých celkovo 650 obrázkov. Presnosť rozpoznania jednotlivých teliat bola: 77 % (teľa 1), 70 % (teľa 2), 80 % (teľa 3), 92 % (teľa 4), 80 % (teľa 5). Presnosť predpovedania správania pri ležaní, pití, príjmu krmiva a státi predstavovala 91, 86, 85 a 100 %. Tieto výsledky naznačujú, že tento softvér môže byť účinným nástrojom na monitorovanie správania zvierat v skupinách.

Jalovičky mliečnych plemien sa často chovajú v podmienkach, ktoré obmedzujú prirodzené správanie; to môže mať následky na neskoršie správanie a úžitkovosť. Výskum ukazuje, že možnosť sociálneho správania zlepšuje učenie teliat, dôležité pre dojenie

robotickým systémom v dospelosti. Teľatá majú pravdepodobne vrodenu túžbu po cicaní nápoja, ktorá nemôže byť uspokojená len pri kŕmení mliekom. Ďalším dôležitým obohatením môže byť cicanie pitnej vody z gumového cumľ'a. Zistilo sa, že teľatá napájané vodou cicaním cumľ'a sa rýchlejšie učili v etologických testoch ako teľatá napájané vodou z vedra. To zdôrazňuje už známe zistenia zo štúdia welfare, že sociálne a výživové obohatenie je pre učenie teliat dôležité.

Trojosové (tri-axial) alebo trojrozmerné (3-dimensional) akcelerometre sú zariadenia, ktoré poskytujú neinvazívne a objektívne merania normálnych vzorcov správania pomocou algoritmov vypracovaných z údajov o polohe, rýchlosti a smere pohybov. Vďaka svojej malej veľkosti a nízkej hmotnosti, nízkym nákladom a rýchlemu záznamu údajov sa tieto zariadenia čoraz viac používajú na sledovanie správania hospodárskych zvierat. Nie je to inak ani u teliat mliečnych plemien, kde sú akcelerometre čo raz viac žiadanou precíznou technológiou a používajú sa vo forme krokometrov, ušných značiek, obojkov a monitorov spánku.

Akcelerometre majú potenciál byť použité na sledovanie správania pri ležaní, pohybových aktivitách a prežúvaní. To sú všetko parametre užitočné na určenie zmien v správaní, ktoré môžu naznačovať ochorenie, reakcie na bolestivé zákroky alebo pre welfare žiaduce komfortné správanie. Napríklad mladé býčky experimentálne indukované komplexom boviných respiračných chorôb predĺžili čas ležania v porovnaní s kontrolnými teľatami.

Teľatá experimentálne infikované vírusom *Mannheimia haemolytica* preukázali dlhší čas ležania na ľavej strane v porovnaní s kontrolnými teľatami, hoci doba ležania sa nelíšila. Podobné nálezy možno pozorovať aj u teliat s prirodzene sa vyskytujúcim pľúcnym ochorením; teľatá urobili menej krokov od 1. do 3. dňa po diagnostikovaní ochorenia a menej období ležania 2 dni pred diagnostikovaním až do dňa liečby antibiotikami. Vzťah medzi ležaním a chorobami sa tak môže použiť ako citlivý indikátor na indukované, ale aj prirodzene sa vyskytujúce choroby dýchacieho ústrojenstva.

Akcelerometre sa tiež používajú na detekciu zmien v správaní pri ležaní počas vývoja zápalu pupka a hnačky. Napríklad teľatá, ktoré nosili akcelerometre, mali pri opuchu pupka kratší čas ležania ako zdravé teľatá, ale hnačkový stav nemal na čas ležania vplyv.

Na identifikáciu skorého nástupu ochorenia sa môžu použiť aj zmeny kŕmenia (zníženie príjmu mliečného nápoja, rýchlosť pitia a návštevy kŕmneho boxu bez pitia). Zmeny v správaní pri kŕmení súvisia s hnačkou a pľúcnym ochorením. Napríklad štúdia farmárskych záznamov v USA o teľatách kŕmených vyšším množstvom ako 7 L mlieka za deň uvádza, že rýchlosť pitia chorých teliat sa zmenila 3 dni pred liečbou hnačky a tiež v deň diagnostikovania pľúcnej choroby v porovnaní so zdravými teľatami.

Ako indikátor choroby môžu tiež slúžiť návštevy kŕmneho boxu bez možnosti pitia (neodmenené návštevy). Výskumníci zistili pokles návštev dva dni pred klinickými príznakmi ochorenia dýchacieho systému u teliat kŕmených šiestimi až ôsmimi litrami mliečného nápoja; dva až tri dni pred diagnostikovaním hnačky u teliat kŕmených 6 L nápoja za deň; a 4 dni pred ochorením teliat kŕmených viacej ako 7 L nápoja za deň.

Zdá sa však, že zmeny v správaní spojené s chorobou súvisia aj s množstvom ponúkaného nápoja. Teľatá, ktoré dostávali 12 L alebo *ad libitum* mlieka, mali nižší príjem mlieka, menej návštev a dlhšie trvanie návštev kŕmidla v dňoch pred zistením choroby. Teľatá kŕmené obmedzeným množstvom mlieka (4 L) vykazovali iba kratšie trvanie návštev kŕmidla v deň zistenia choroby. Avšak, teľatá kŕmené stredným objemom mlieka (6 L) znížili príjem mlieka 4 dni pred diagnostikovaním hnačky. To naznačuje, že niektoré zmeny v kŕmnom správaní spojené s ochorením môžu závisieť od stratégie kŕmenia mlieka (napr. rýchlosť pitia a množstvo prijatého nápoja), ale zdá sa, že iné správanie (napr. návštevy bez odmeny) sa prejavíva znížením pred a počas ochorenia.

Boli preskúvané techniky štatistickej integrácie strojového učenia na kombinovanie aktivít správania pri kŕmení s cieľom predpovedať, ktoré teľatá čoskoro ochorejú, ale systém zatiaľ nebol citlivejší ako vizuálna kontrola teliat. Napriek tomu, procesy strojového učenia úspešne akceptovali viac druhov správania (prežúvanie a aktivity prejavujúce sa pred pôrodom) a budú významné v blízkej budúcnosti.

Zisťovanie telesnej teploty je kľúčovou súčasťou procesu klinického vyšetrenia, avšak štandardná metóda monitorovania teploty pomocou teplomeru podlieha chybám, môže byť namáhavá a určite narušuje správanie zvierat. Prístroje precíznych technológií tiež merajú priame ukazovatele zdravotného stavu. Teľatám sa predovšetkým monitoruje telesná teplota a robí sa to infračervenou termografiou (meraním teploty oka, boku alebo ramien), implantovanými mikročipmi, bachorovými bolusmi (retikulo-bachorová teplota), meraním teploty ušného bubienka. Nedávno bola infračervená termografia overená aj na meranie tepelných výkyvov okolo nosných dierok (vydychovanie vzduchu). Prepočtom sa stanoví dychová frekvencia.

V štúdií z USA vedci merali teľcom každý deň teplotu metódou infračervenej termografie a teplotu v konečníku, ako aj zhodnotili zdravotný stav pupka a dýchacích ciest, postoj, farbu a konzistenciu výkalov. Infračervená kamera bola umiestnená vo vzdialenosti 12 palcov od oka teľaťa, aby bolo zaistené konzistentné meranie. Dokázalo sa, že použitie infračervenej termografie je hodnovernou alternatívou k meraniu telesnej teploty v konečníku. Okrem toho bol overený algoritmus na automatické spracovanie teplôt zaznamenaných pomocou

infračervenej kamery. Existuje tiež niekoľko vedeckých odporúčaní pre precízny monitoring srdcového tepu a prežívania mladého dobytku pomocou mikrofónu. V súčasnosti skúmajú analýzy fyzického stavu teliat trojrozmernou kamerou, vrátane živej hmotnosti a odhadu telesnej kondície.

Hovädzia anaplazmóza spôsobuje veľké ekonomické straty v systémoch chovu hovädzieho dobytku na celom svete a je bežne diagnostikovaná meraním rektálnej teploty, krvnými roztermi pod mikroskopom a stanovením hematokritu. Takéto metodiky sú ale prácne, nákladné a ťažko použiteľné vo veľkých prevádzkach. Cieľom štúdie bolo preskúmať uskutočniteľnosť použitia údajov o pohybovej aktivite a prežívaní získaných zariadením SCR Heatime HR (umiestenom v obojku) na identifikáciu teliat postihnutých anaplazmózou. Teľatá s priemerným vekom 119 dní a 148 kg živej hmotnosti boli experimentálne infikované baktériou *Anaplasma marginale*. Dokázalo sa, že údaje o pohybovej aktivite a frekvencii a času prežívania získané so senzorov pripevnených na tele je potenciálne možné použiť ako včasné prediktory bovinnej anaplazmózy u teliat.

Hnačka je naďalej hlavnou príčinou chorobnosti a úmrtnosti teliat pred odstavom. Táto choroba má za následok ekonomické straty a dlhodobé účinky na zdravie a produktivitu prežívajúcich zvierat. Preto môžu nové monitorovacie systémy chovateľom veľmi pomôcť. Cieľom experimentov bolo preto použiť 3-D zrýchlenia (3-D accelerations) na odvodenie aktivity v oblasti správania (státie alebo ležanie) a priradiť ich ku konzistencii a farbe výkalov u teliat. Teľatá boli umiestnené v búdach a boli vybavené akcelerometrom (Onset; Pocasset, MA) namontovaným na zadnej ľavej nohe. Bodovanie konzistencie a farby výkalov (celkové fekálne skóre), frekvencia dýchania, rektálna teplota a príjem štartéra sa zaznamenávali denne, zatiaľ čo živá hmotnosť sa merala týždenne. Celkové fekálne skóre všetkých teliat dosiahlo najvyššie bodové hodnotenie počas 2. týždňa, s maximálnou hodnotou vo veku 10 dní. Zvieratá boli následne roztriedené na skupinu s nízkym a s vysokým fekálnym skóre. Skupina s nízkym skóre vykazovala vyšší príjem štartéra a vyššiu živú hmotnosť, ale mali nižšiu frekvenciu dýchania a rektálnu teplotu ako teľatá s vysokým fekálnym skóre. Teľatá s vysokým skóre prejavili dlhší čas ležania a viac periód ležania ako tie s nízkym fekálnym skóre. Rozdiely v správaní naznačujú, že tieto parametre bude možné použiť na predpovedanie hnačky u teliat.

Kontrola v extenzívnych podmienkach

Monitorovanie teliat narodených na pastve v popôrodnom období je bez použitia technológií diaľkového snímania problematické. Ideálne je použiť geolokáciu (metóda, ktorá

zist'uje zemepisnú polohu a priestorové správanie stáda a jednotlivých zvierat). Technológie, ktoré poskytujú geolokáciu zvierat, môžu poskytnúť dôležité informácie na pochopenie ich správania v extenzívnych pastevných systémoch s potenciálnymi aplikáciami na zlepšenie prežitia a výkonnosti teliat. Najvyššie riziko úhynu teliat je v prvom týždni života, a preto je dôležité porozumieť správaniu zvierat v tomto kritickom období a identifikovať príčiny alebo rizikové faktory úmrtnosti teliat. Prežitie teliat narodených na pastve je ovplyvnené niekoľkými faktormi, ako je strata materského inštinktu, znížená životaschopnosť, dehydratácia, dravosť predátorov, choroby a stres z hľadania matky, ktorá sa vzdialila. Predovšetkým na rozsiahlych plochách s celoročnou pastvou sa zaznamenáva zvýšená úmrtnosť teliat.

Cenné informácie súvisiace s úžitkovosťou a prežitím teliat poskytne meranie vzdialenosti kráv a ich teliat v dňoch po narodení. V Austrálii rozpracovávajú metódu monitoringu teliat pomocou obojkov GNSS (Global Navigation Satellite System). Cieľom bolo sledovať vzdialenosť medzi kravou a jej teľaťom a ich správanie od pôrodu. Kravy boli vybavené GNSS obojkami už v čase určovania teľnosti a teľaťám boli nasadené GNSS obojky krátko po narodení. K oteleniu došlo v priemere vo vzdialenosti 1,3 km od napájadla. Kravy a teľaťá udržiavali väčšie vzdialenosti od ostatných kráv a teliat počas prvých 3 dní po otelení v porovnaní so 4. – 14. dňom po otelení. Kravy prekonalí počas prvých 4 dní po otelení väčšie vzdialenosti ako ich teľaťá. Výsledky tejto štúdie ukázali, že zariadenie GNSS ponúka výkonný nástroj na hodnotenie správania kráv a teliat v čase po otelení v pastevných podmienkach. Tieto informácie môžu byť užitočné na pochopenie rizikových faktorov úmrtnosti v počiatočných štádiách života teliat, ako je oddelenie kráv a ich teliat v prvom týždni po narodení.

Cieľom súčasnej štúdie austrálskych vedcov je zhodnotiť správanie párov kráv a teliat v extenzívnych pastevných systémoch, tiež pomocou obojkov globálneho navigačného satelitného systému (GNSS), vyvinúť ďalšie metódy na meranie tohto párového správania a posúdiť vzťahy medzi týmto priestorovým správaním a rýchlosťou rastu teliat. Tieto informácie možno použiť aj na vývoj napájadiel a na vývoj nových kritérií na výber kráv podľa správania, ktoré podporuje prežitie teliat a ich rast. Môžu byť relevantné aj pre iné regióny s rozsiahlou produkciou dobytku. Odporúčania bude možno použiť aj na navrhnutie lepších zariadení na kŕmenie a napájanie a pre vývoj nových kritérií na výber kráv podľa správania, ktoré podporuje prežitie teliat a ich rast.

Nové technológie vrátane zariadení GNSS by mohli byť extrémne užitočné aj v intenzívnych chovoch. Identifikácia faktorov spojených s rýchlosťou rastu alebo

úmrtnosťou teliat môže umožniť zlepšenie techniky chovu pre zníženie úmrtnosti teliat a zvýšenie rastu teliat v drsnom, extenzívnom prostredí.

7. Záver

Prechodu z klasického dojenia na dojenie v AMS nezabráname. Tento systém za posledných 20 rokov urobil taký technologický pokrok, že sa začal presadzovať aj v krajinách u ktorých sa to neočakávalo. Zavádza sa na Novom Zélande, kde prevláda pasenie kráv na pasienku, tiež v USA, kde je v poľnohospodárstve lacná pracovná sila (Mexičania) a v mnohých iných krajinách.

Na Slovensku pracuje zatiaľ len 19 robotov. Ak sa osvedčia, potom dôjde k ich masívnemu nasadeniu aj u nás. Ekonomické prínosy robotického dojenia na farmách dojníc spočívajú vo vyššej ziskovosti, vo zvýšení dojivosti, v zlepšení kvality mlieka a zdravotného stavu dojníc; zlepši sa aj životný štýl a životná úroveň farmárov, klesne závislosť na vonkajšej pracovnej sile.

Veľa maštali pre dojnice je relatívne starých a voľnosť pohybu kráv je obmedzená. Preto sa predpokladá, že veľký počet fariem zmení spôsob dojenia na AMS. Vplyvom častejšieho dojenia sa zvýši denná dojivosť. Manuálna práca bude výrazne znížená. Robotické dojenie zlepšuje welfare vysokoúžitkových dojníc. Kravy majú možnosť pohybu. Už nie sú vedené do dojárne ošetrovateľom, ale chodia tam samy, podľa vlastnej motivácie.

AMS nie je len dojací robot, ale ide o koncepčnú prácu s celým stádom. Roboty umožňujú majiteľovi venovať aj veľa času na sledovanie plemenárskej práce a zdravia stáda. O každej krave má vďaka elektronike zabudovanej v zariadení a elektronickom dátovom respondéri, ktorý nosia dojnice okolo krku, obrovské množstvo údajov, ktoré sú prístupné na počítači i mobilnom telefóne. Pohyb dojnice je neustále monitorovaný. Na základe zistených údajov je tak možno okamžite vyhodnotiť jej úžitkovosť či zistiť ruju. Precízne monitorovacie technológie chovu zahŕňajú použitie technológií na meranie fyziologických, behaviorálnych (správanie) a produkčných ukazovateľov jednotlivých zvierat. Využitie nástrojov presnej (smart) technológie sa stane bežnou pomôckou pre zlepšenie stratégií manažmentu živočíšnej výroby. Na zvýšenie výkonnosti pasenia je treba skúmať nové metódy, ktoré pomocou senzorov predpovedajú rast trávy, zvyšujú príjem trávnatého porastu zvieratami a šetria pracovné sily pomocou virtuálneho oplotenia. Medzi ďalšie výzvy chovu dojníc patrí vypracovanie výpočtových postupov na spracovanie rozsiahlych súborov dát. Nesmie sa zabudnúť na kybernetickú bezpečnosť.

Na základe uvedených najnovších poznatkov si dovoľím napísať, že precízne technológie majú veľký potenciál aj na uplatnenie v chove mliečnych teliat. Umožňujú presné sledovanie správania a fyziologické sledovanie, ciele programy výživy a identifikáciu teliat so zlým zdravotným stavom alebo poruchami správania. Budúci výskum by mal preskúmať potenciál správania pri kŕmení s cieľom predpovedať nástup ochorenia pomocou zložitejších prediktívnych modelov.

Nepretržité monitorovanie jednotlivých teliat pomocou presných technológií sa rýchlo stáva dôležitým nástrojom riadenia hospodárenia na farme; automatické monitorovanie príjmu krmiva a správania pri kŕmení je dôležité. Údaje z precíznych technológií sa môžu použiť na určovanie optimalizácie kŕmenia a výživy a selekciu teliat už od skorého veku. Automatizované napájacie boxy alebo kŕmidlá sa môžu použiť pri odstave teliat na základe ich príjmu štartéra. Tak sa ušetrí niekoľko kŕmnych dní, a najmä množstvo mliečnej náhrady v porovnaní s odstavom podľa veku.

Najlepšie precízna technológie sú tie, ktoré zlepšujú efektívnosť a ekonomiku farmy, rýchlosť rozhodovania riadenia a dobré životné podmienky zvierat. Avšak, presné technológie v chove mliečného hovädzieho dobytku musia byť riešením problému, nie náhodným riešením. Je extrémne dôležité, aby tieto technológie spracovávali a analyzovali údaje a poskytli informácie ľahko zrozumiteľným spôsobom. Len tak ich chovatelia zaradia do svojich každodenných štandardných prevádzkových postupov. Ale nikdy sa nesmie zabudnúť používať zdravý sedliacky rozum, zmysel pre zvieratá a ich pohodu.

Napísanie tejto publikácie bolo umožnené projektmi „Stratégie manažmentu pre zlepšenie welfare vysokoužitkových dojníc pri robotickom dojení (APVV 15-0060)“ a „Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti (313011W112)“, v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra spolufinancovanému zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Referencie a ďalšia použitá literatúra vhodná k štúdiu

1. Abstracts of the 2019 American Dairy Science Association, Annual Meeting, June 23–26, 2019, Cincinnati, Ohio, USA, Journal of Dairy Science, 102, 2019, Supplement 1.
2. Abstracts of the 2020 American Dairy Science Association, Virtual Annual Meeting, June 22–24, 2020, West Palm Beach, Florida, USA, Journal of Dairy Science, 103, 2020, Supplement 1.

3. Adamczyk, K., Slania, A., Gil, Z., Felenczak, A., Bulla, J.: Relationships between milk performance and behaviour of cows under loose housing conditions. *Ann. Anim. Sci.*, 11, 2011, 283-293.
4. Adamczyk, K., Pokorska, J., Makulska, J., Earley, B., Mazurek, M.: Genetic analysis and evaluation of behavioural traits in cattle. *Livest. Sci.*, 154, 2013, 1-12.
5. Aerts, J., Piwczynski, D., Ghiasi, H., Sitkowska, B., Kolenda, M., Önder, H.: Genetic Parameters Estimation of Milking Traits in Polish Holstein-Friesians Based on Automatic Milking System Data. *Animals* 2021, 11, 1943. <https://doi.org/10.3390/ani11071943>
6. Aguiar, A.S., dos Santos, F.N., Cunha, J.B., Sobreira, H., Sousa, A.J.: Localization and Mapping for Robots in Agriculture and Forestry: A Survey. *Robotics*, 9, 2020, 97; doi:10.3390/robotics9040097.
7. Albornoz, R.I., Giri, K., Hannah, M.C., Wales, W.J.: An Improved Approach to Automated Measurement of Body Condition Score in Dairy Cows Using a Three-Dimensional Camera System. *Animals*, 12, 2022, 72. <https://doi.org/10.3390/ani12010072>
8. Albright, J.L., Arave, C.W.: *The behaviour of cattle*. CAB International, 1997, 299 p.
9. Albright, J.L., Gordon, W.P., Black, W.C., Dietrich, J.P., Snyder, W.W., Meadows, C.E.: Behavioral Responses of Cows to Auditory Training. *J. Dairy Sci.*, 49, 1966, 104-106.
10. André, G., Berentsen, P.B.M., Engel, B., de Koning, C.J.A.M., Oude Lansink, A.G.J.M.: Increasing the Revenues from Automatic Milking by Using Individual Variation in Milking Characteristics. *J. Dairy Sci.*, 93, 2010, 942-953.
11. Andrt, M., Malat'ák, J., Bradna, J.: Automatizace, robotizace a ekonomika. *Zemědělec*, 51, 2014, 12-16.
12. Anglart, D., Emanuelson, U., Rönnegård, L., Hallén Sandgren, C.: Detecting and predicting changes in milk homogeneity using data from automatic milking systems. *J. Dairy Sci.*, 104, 2021, 11009–11017.
13. Anonym, CRV: Revoluční produkt oceněný prestižními cenami. *HerdOptimizer – šlechtění na míru pro stáda příští generace*. Chov skotu, 2019, Červen, 18-20.

14. Antanaitis, R., Juozaitiene, V., Malašauskiene, D., Televicius, M., Urbutis, M., Zamokas, G., Baumgartner, W.: Prediction of Reproductive Success in Multiparous First Service Dairy Cows by Parameters from In-Line Sensors. *Agriculture*, 11, 2021, 334. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040334>.
15. Antanaitis, R., Juozaitiene, V., Urbonavicius, G., Malašauskiene, D., Televicius, M., Urbutis, M., Džermeikaite, K., Baumgartner, W.: Identification of Risk Factors for Lameness Detection with Help of Biosensors. *Agriculture*, 11, 2021, 610. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070610>
16. Arave, C.W.: Assessing sensory capacity of animals using operant technology. *J. Anim. Sci.*, 74, 1996, 1996-2009.
17. Arnold, N.A., Ng, K.T., Jongman, E.C., Hemsworth, P.H.: Avoidance of tape-recorded milking facility noise by dairy heifers in a Y maze choice task. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109, 2008, 201-210.
18. Assan, N.: Influence of suckling and/or milking method on yield and milk composition in dairy animals. *Scientific Journal of Zoology*, 4, 2015, 1-7. doi: 10.14196/sjz.v4i1.1792
19. Bach, A., Devant, M., Igleasias, C., Ferrer, A.: Forced traffic in automatic milking systems effectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle, *J. Dairy Sci.*, 92, 2009, 1272-1280.
20. Beaver, A., Proudfoot, K.L., von Keyserlingk, M.A.G.: Considerations for the future of dairy cattle housing: An animal welfare perspective. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 5746–5758.
21. Beaver, A., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G.: The welfare of dairy cattle housed in tiestalls compared to less-restrictive housing types: A systematic review. *J. Dairy Sci.*, 104, 2021. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19609>
22. Beauchemin, K.A.: Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 101, 2018, 4762–4784.
23. Belaid, M.A., Rodriguez-Prado, M., Rodriguez-Prado, D.V., Chevaux, E., Calsamiglia, S.: Using behavior as an early predictor of sickness in veal calves. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 1874–188.

24. Benetton, J.B., Neave, H.W., Costa, J.H.C., Von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M.: Automatic weaning based on individual solid feed intake: Effects on behavior and performance of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, 5475–5491.
25. Bilčík, M., Božíková, M., Malínek, M.: The influence of selected external factors on temperature of photovoltaic modules. *Acta Technol. Agricultur.*, 22, 2019, 4, 122-127.
26. Bilčík, M., Božíková, M., Čimo, J.: Influence of Roof Installation of PV Modules on the Microclimate Conditions of Cattle Breeding Objects. *Appl. Sci.*, 11, 2021, 2140. <https://doi.org/10.3390/app11052140>
27. Bolfe, E.L., de Castro Jorge, L.A., Del'Arco Sanches, I., Luchiari, A. Júnior, Cabral da Costa, C., de Castro Victoria, D., Inamasu, R.Y., Grego, C.R., Ferreira, V.R., Ramirez, A.R.: Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. *Agriculture*, 10, 2020, 653. doi:10.3390/agriculture10120653.
28. Bonk, S., Burfeind, O., Suthar, V.S., Heuwieser, W.: Technical note: Evaluation of data loggers for measuring lying behavior in dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 96, 2013, 3265–3271.
29. Borchers, M.R., Bewley, J.M.: An assessment of producer precision dairy farming technology use, prepurchase considerations, and usefulness. *J. Dairy Sci.*, 98, 2015, 4198–4205.
30. Borchers, M.R., Chang, Y.M., Tsai, I.C., Wadsworth, B.A., Bewley, J.M.: A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *J. Dairy Sci.*, 99, 2016, 7458–7466.
31. Borderas, T.F., Rushen, J., von Keyserlingk, M.A.G., de Passille, A.M.B.: Automated measurement of changes in feeding behavior of milk-fed calves associated with illness. *J. Dairy Sci.*, 92, 2009, 4549–4554.
32. Bijl, R., Kooistra, S.R., Hogeveen, H.: The Profitability of Automatic Milking on Dutch Dairy Farms, *J. Dairy Sci.*, 90, 2007, 239–248.
33. Broucek, J., Uhrincat, M., Tancin, V., Hanus, A., Tongel, P., Botto, L., Bozik, I.: Performance and behaviour at milking after relocation and housing change of dairy cows. *Czech. J. Anim. Sci.*, 58, 2013, 389-395.
34. Broucek, J.: Effects of noise on performance, stress, and behaviour of animals: A review. *Slovak J. Anim. Sci.*, 47, 2014, 111-123.

35. Broucek, J., Tongel, P.: Adaptability of dairy cows to robotic milking: a review. *Slovak J. Anim. Sci.*, 48, 2015, 86-95.
36. Broucek, J., Tongel, P.: Robotic Milking and Dairy Cows Behaviour, 2017 International Conference on Control, Artificial Intelligence, Robotics & Optimization (ICCAIRO), Prague, Czech Republic, 2017, pp. 33-38, doi: 10.1109/ICCAIRO.2017.16.
37. Caria, M., Tangorra, F.M., Leonardi, S., Bronzo, V., Murgia, L., Pazzona, A.: Evaluation of the performance of the first automatic milking system for buffaloes. *J. Dairy Sci.*, 97, 2014, 1491–1498.
38. Cerri, R.L.A., Burnett, T.A., Madureira, M.L., Bauer, J., Silper, B.F., Polsky, L.B., Kaur, M.: The integration of sensor technologies to optimize reproductive management on dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, p. 79.
39. Cogato, A., Brscic, M., Guo, H., Marinello, F., Pezzuolo, A.: Challenges and Tendencies of Automatic Milking Systems (AMS): A 20-Years Systematic Review of Literature and Patents. *Animals*, 11, 2021, 356. [https:// doi.org/10.3390/ani11020356](https://doi.org/10.3390/ani11020356)
40. Colón-Rodríguez, I., Soriano-Varela, G., Rivera-Barreto, M., Golderos-Trujillo, C., Domenech-Pérez, K., Sánchez-Rodríguez, H.: Evaluation of a commercial accelerometer for remote monitoring of lying and standing events in dairy calves in Puerto Rico. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, p. 176.
41. Conboy, M.H., Winder, C.B., Medrano-Galarza, C., LeBlanc, S.J., Haley, D.B., Costa, J.H.C., Steele, M.A., Renaud, D.L.: Associations between feeding behaviors collected from an automated milk feeder and disease in group-housed dairy calves in Ontario: A cross-sectional study. *J. Dairy Sci.*, 104, 2021, 10183–10193.
42. Council for Agricultural Science and Technology (CAST). 2020. Ground and Aerial Robots for Agricultural Production: Opportunities and Challenges. Issue Paper 70. CAST, Ames, Iowa.
43. Costa, J.H., Neave, H.W., Woodrum, M.M., Cantor, M.C.: The use of precision technologies to monitor, selectively treat, and manage nutrition of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, p. 79.
44. Costa, J.H., Cantor, M.C., Neave, H.W.: Precision technologies for dairy calves and management applications. *J. Dairy Sci.*, 104, 2021, 1203–1219.

45. Crossley, R.E., Bokkers, E.A.M., Browne, N., Sugrue, K., Kennedy, E., de Boer, I.J.M., Conneely, M.: Assessing dairy cow welfare during the grazing and housing periods on spring-calving, pasture-based dairy farms. *J. Anim. Sci.*, 99, 2021, 1–15.
46. De Koning, K.: Automatic milking-Common practice on dairy farms. Pages V59–V63 in Proc. Second North Am. Conf. Robotic Milking, Toronto, Canada. Precision Dairy Operators, Elora, ON, Canada, 2010.
47. Deming, J.A., Bergeron, R., Leslie, K.E., DeVries, T.J.: Associations of housing, management, milking activity, and standing and lying behavior of dairy cows milked in automatic systems. *J. Dairy Sci.*, 96, 2013, 344-351.
48. DeVries, T.J., Deming, J.A., Rodenburg, J., Seguin, G., Leslie, K.E., Barkema, H.W.: Association of standing and lying behavior patterns and incidence of intramammary infection in dairy cows milked with an automated system. *J. Dairy Sci.*, 94, 2011, 3845-3855.
49. DeVries, T.J.: Monitoring dairy cow feeding behavior to optimize nutritional management. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, p. 80.
50. Donohue, R.H., Kerrisk, K.L., Garcia, S.G., Dickeson, D.A., Thomson, P.C.: Evaluation of two training programs aimed to improve early lactation performance of heifers in a pasture-based automated milking system. *Anim. Prod. Sci.*, 50, 2010, 939-945.
51. Dolešová, P.: Pod Poľanou doja kravy už len roboty. *Roľnícke noviny*, 27.2.2013, 23.
52. Dorea, J.R.R., Cheong, S., Combs, D.K., Rosa, G.J.M.: Development of an automated computer vision system to monitor behavior of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, p. 94.
53. Duďák, J.: Robotika predstavuje budúcnosť práce v poľnohospodárstve. 15.02.2021. Accessed in <http://www.agroporadenstvo.sk/index.php?pl=101&article=2086&start>
54. Duval, E., von Keyserlingk, M.A.G., Lecorps, B.: Organic Dairy Cattle: Do European Union Regulations Promote Animal Welfare? *Animals*, 10, 2020, 1786. doi:10.3390/ani10101786
55. Eerdenburg van, F.J.C.M., Di Giacinto, A.M., Hulsen, J., Snel, B., Stegeman, J.A.: A New, Practical Animal Welfare Assessment for Dairy Farmers. *Animals*, 11, 2021, 881. <https://doi.org/10.3390/ani11030881>

56. Edwards, J.P., Dela Rue, B.T., Jago, J.G.: Evaluating rates of technology adoption and milking practices on New Zealand dairy farms. *Anim. Prod. Sci.* 55, 2015, 702–709.
57. Eicher, S.D., Schutz, M., Kearney, F., Willard, S., Bowers, S., Gandy, S., Graves, K.: Prepartum milking effects on parlour behaviour, endocrine and immune responses in Holstein heifers. *J. Dairy Res.*, 74, 2007, 417–424.
58. Evangelista, C., Basiricò, L., Bernabucci, U.: An Overview on the Use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) on Farms for the Management of Dairy Cows. *Agriculture*, 11, 2021, 296. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040296>.
59. Finney, G., Gordon, A., Scoley, G., Morrison, S.J.: Validating the IceRobotics IceQube tri-axial accelerometer for measuring daily lying duration in dairy calves. *Livest. Sci.*, 214, 2018, 83–87.
60. Fröberg, S., Lidfors, L.: Behaviour of dairy calves suckling the dam in a barn with automatic milking or being fed milk substitute from an automatic feeder in a group pen. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 117, 2009, 150–158.
61. Fröberg, S., Lidfors, L., Svennersten-Sjaunja, K., Olsson, I.: Performance of free suckling dairy calves in an automatic milking system and their behaviour at weaning. *Acta Agric. Scand. Sect. A – Anim. Sci.*, 61, 2011, 145-156.
62. Galama, P.J., Kuipers, A., van Dooren, H.J.: Housing and management systems for dairy cows., *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, 422.
63. Galama, P.J., Ouweltjes, W., Endres, M.I., Sprecher, J.R., Leso, J., Kuipers, A., Klopčič, M.: Future of housing for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 5759–5772.
64. Gálik, R., Lüttmerding, G., Bod'o, Š., Knížková, I., Kunc, P.: Impact of Heat Stress on Selected Parameters of Robotic Milking. *Animals*, 11, 2021, 3114. <https://doi.org/10.3390/ani11113114>
65. Gargiulo, J.I., Lyons, N.A., Kempton, K., Armstrong, D.A., Garcia, S.C.: Physical and economic comparison of pasture-based automatic and conventional milking systems. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 8231–8240.
66. Gondeková, M.: Chov dojníc v Nórsku. Robotická dojáraň pre 20 kráv. *Slovenský CHOV*, XX, 2021, č. 5, 30-31.

67. Grandin, T.: Safe handling of large animals (cattle and horses). *Occupat. Med., State of the Art Reviews*, 14, 1999, 195-212.
68. Grandin, T.: Transferring results of behavioral research to industry to improve animal welfare on the farm, ranch and the slaughter plant. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 81, 2003, 215-228.
69. Groher, T., Heitkämper, K., Umstätter, C.: Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14, 2020, 2404–2413.
70. Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, Ch., Hauser, R., Wechsler, B.: Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109, 2008, 167-179.
71. Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B.: Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. *J. Dairy Sci.*, 90, 2007, 4265-4274.
72. Gygax, L., Neisen, G., Bollhalder, H.: Accuracy and validation of a radar-based automatic local position measurement system for tracking dairy cows in free-stall barns. *Comput. Electron. Agric.* 56, 2007, 23–33.
73. Hagen, K., Lexer, D., Palme, R., Troxler, J., Waiblinger, S.: Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in a herringbone parlour or an automatic milking unit. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 88, 2004, 209-225.
74. Hansen, B.G., Herjeb, H.O., Hövac, J.: Profitability on dairy farms with automatic milking systems compared to farms with conventional milking systems. *Int. Food Agribusiness Managm. Rev.*, 22, 2019, 215-228.
75. Hart, K.D., McBride, B.W., Duffield, T.F., DeVries, T.J.J: Effect of milking frequency on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 96, 2013, 6973-6985.
76. Haskell, M.J., Simm, G., Turner, S.P: Genetic selection for temperament traits in dairy and beef cattle. *Frontiers in Genetics*, 5, 2014, 368. DOI: 10.3389/fgene.2014.00368
77. Herlin, A., Brunberg, E., Hultgren, J., Högberg, N., Rydberg, A., Skarin, A.: Animal Welfare Implications of Digital Tools for Monitoring and Management of Cattle and Sheep on Pasture. *Animals*, 11, 2021, 829. <https://doi.org/10.3390/ani11030829>.

78. Higginson Cutler, J.H., Rushen, J., de Passillé, A.M., Gibbons, J., Orsel, K., Pajor, E., Barkema, H.W., Solano, L., Pellerin, D., Haley, D., Vasseur, E.: Producer estimates of prevalence and perceived importance of lameness in dairy herds with tiestalls, freestalls, and automated milking systems. *J. Dairy Sci.*, 100, 2017, 1-10.
79. Holloway, L., Bear, C., Wilkinson, K.: Re-capturing bovine life: Robot–cow relationships, freedom and control in dairy farming. *J. Rural Stud.*, 33, 2014, 131-140.
80. Hostiou, N., Kling-Eveillard, F., Ganis, E.: The effects of PLF on human-animal relationships on farms. 8. European Conference on Precision Livestock Farming (ECPLF), Sep 2017, Nantes, France. 9 p. hal-02737633.
81. Hovinen, M., Siivonen, J., Taponen, S., Hänninen, L., Pastell, M., Aisla, A.M., Pyörälä, S.: Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *J. Dairy Sci.* 91, 2008, 4592–4598.
82. Hulsen, J.: Cow signals – A practical guide for dairy farm management. Roodbont Publishers B.V., Zutphen, 2010, 96 p.
83. Hulsen, J., Rodenburg, J.: Robotic milking, Roodbont Publishers B.V., Zutphen, 2008, 52 p.
84. Chamara, R.M.S.R., Senevirathne, S.M.P., Samarasinghe, S.A.I.L.N., Premasiri, M.W.R.C., Sandaruwani, K.H.C., Dissanayake, D.M.N.N., De Silva, S.H.N.P., Ariyaratne, W.M.T.P., Marambe, B.: Role of artificial intelligence in achieving global food security: a promising technology for future. *Sri Lanka J. Food Agric.*, 6, 2020, 43-70.
85. Church, J.S., Hegadoren, P.R., Paetkau, M.J., Miller, C.C., Regev-Shoshani, G., Schaefer, A.L., Schwartzkopf-Genswein, K.S.: Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Res. Vet. Sci.*, 91, 2014, 220-226.
86. Iqbal, M.W., Draganova, I., Morel, P.C.H., Morris, S.T.: Validation of an Accelerometer Sensor-Based Collar for Monitoring Grazing and Rumination Behaviours in Grazing Dairy Cows. *Animals*, 11, 2021, 2724. <https://doi.org/10.3390/ani11092724>

87. Ishiwata, T., Uetake, K., Kilgour, R.J., Tanaka, T.: 'Looking up' behavior in the holding area of the milking parlor: its relationship with step-kick, flight responses and productivity of commercial dairy cows. *Anim. Sci. J.*, 76, 2005, 587–593.
88. Islam, M.A., Lomax, S., Doughty, A.K., Islam, M.R., Clark, C.E.F.: Automated Monitoring of Panting for Feedlot Cattle: Sensor System Accuracy and Individual Variability. *Animals*, 10, 2020, 1518. doi:10.3390/ani10091518.
89. Jacobs, J.A., Siegford, J.M.: Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *J. Dairy Sci.*, 95, 2012, 2227–2247.
90. Jago, J., Kerrisk, K.: Training methods for introducing cows to a pasture-based automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 131, 2011, 79-85.
91. Jedlička, M.: Společnost DeLaval představila nové roboty. *Náš chov*, 78, 2018, č. 8, 18-19.
92. Jensen, M.B.: Computer-controlled milk feeding of dairy calves: The effects of number of calves per feeder and number of milk portions on use of feeder and social behavior. *J. Dairy Sci.*, 87, 2004, 3428–3438.
93. Jensen, M.B.: Computer-controlled milk feeding of group-housed calves: The effect of milk allowance and weaning type. *J. Dairy Sci.*, 89, 2006, 201–206.
94. Jerram, L.J., Van Winden, S., Fowkes, R.C.: Minimally Invasive Markers of Stress and Production Parameters in Dairy Cows before and after the Installation of a Voluntary Milking System. *Animals*, 10, 2020, 589. doi:10.3390/ani10040589.
95. Ježková, A.: Mlone days 2012 – prezentace dojícího robotu. *Náš chov*, 72, 2012, č. 3, 14–16.
96. Ježková, A.: Farmy s robotizovaným dojením. *Náš chov*, 72, 2012, č. 4, 11-14, 15.
97. Ježková, A.: Robotizace zemědělství stále roste. *Náš chov*, 2016, č. 5, 26-27.
98. Ježková, A.: O robotizovaném dojení. *Náš chov*, 76, 2016, č. 5, 30-32.
99. Ježková, A.: Software a automaty pro chovatele dojnic. *Náš chov*, 78, 2018, č. 8, 70.
100. Juozaitiene, V., Juozaitis, A., Zymantiene, J., Spancerniene, U., Antanaitis, R., Zilaitis, V., Yilmaz, A.: Evaluation of automatic milking system variables in dairy cows with

- different levels of lactation stage and reproduction status. *J. Dairy Res.*, 86, 2019, 410-415.
101. Kaarlenkaski, T.: Machine Milking is More Manly than Hand Milking': Multispecies Agencies and Gendered Practices in Finnish Cattle Tending from the 1950s to the 1970s. *Anim. Stud. J.*, 7, 2018, 76-102.
 102. Kadečka, J.: Strategie krmení dojnic v robotu. *Náš chov*, 78, 2018, č. 11, 62-63.
 103. Karkulín, D.: Umelá inteligencia prichádza i do poľnohospodárstva. *Agrobiznis*, 37
 104. Kling-Eveillard, F., Allain, C., Boivin, X., Courboulay, V., Creach, P.: Farmers' representations of the effects of precision livestock farming on human-animal relationships. *Livest. Sci.*, 238, 2020, 104057. 10.1016/j.livsci.2020.104057. hal-02566414.
 105. Kroulík, M., Brant, V., Zábanský, P., Škeříková, M.: Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS. Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU, 2019, 57 s.
 106. Kuczaj, M., Mucha, A., Kowalczyk, A., Mordak, R., Czerniawska-Piatkowska, E.: Relationships between Selected Physiological Factors and Milking Parameters for Cows Using a Milking Robot. *Animals*, 10, 2020, 2063. doi:10.3390/ani10112063.
 107. Kutzer, T., Steilen, M., Gygax, L., Wechsler, B.: Habituation of dairy heifers to milking routine-Effects on human avoidance distance, behavior, and cardiac activity during milking. *J. Dairy Sci.*, 98, 2015, 5241–5251.
 108. Ketelaar-de Lauwere, C.C., Devir, S., Metz, J.H.M.: The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 49, 1996, 199-211.
 109. Ketelaar-de Lauwere, C.C., Hendriks, M.M.W.B., Zondag, J., Ipema, A.H., Metz, J.H.M., Noordhuizen, J.P.T.M.: Influence of Routing Treatments on Cows' Visits to an Automatic Milking System, their Time Budget and Other Behaviour. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci.*, 50, 2000, 174-183.
 110. Kilgour, R., Foster, T.M., Temple, W., Matthews, L.R., Bremner, K.J.: Operant technology applied to solving farm animal problems. An assessment. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 30, 1991, 141-166.

111. King, M.T.M., Naqvi, S.A., Champigny, M., Deardon, R., Barkema, H.W., DeVries, T.J.: Automated mastitis detection for robotic milking systems using deep learning and recurrent neural networks. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, 95.
112. Klungel, G.H., Slaghuis, B.A., Hogeveen, H.: The effect of the introduction of automatic milking on milk quality, *J. Dairy Sci.*, 83, 2000, 1998-2003.
113. Knauer, W.A., Godden, S.M., Dietrich, A., Hawkins, D.M., James, R.E.: Evaluation of applying statistical process control techniques to daily average feeding behaviors to detect disease in automatically fed group-housed preweaned dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 101, 2018, 8135–8145.
114. Knížková, I., Kunc, P., Příkryl, M., Maloun, J., Jiroutová, P., Staněk, S., Malaťák, J.: Automatické dojící systémy. Vybrané faktory ovlivňující proces robotizovaného dojení. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves, certifikovaná metodika, 2011, 19 s.
115. Kokin, E., Veermäe, I., Poikalainen, V., Praks, J., Pastell, M., Ahokas, J., Hautala, M.: Environment, health and welfare monitoring in precision livestock farming of dairy cattle. The 3rd European conference on Precision livestock farming, Ed. by S. Fox, Skiathos, Greece, 3-6 June 2007, 171-177.
116. Kokin, E., Praks, J., Veermäe, I., Poikalainen, V., Vallas, M.: IceTag3D™ accelerometric device in cattle lameness detection. *Agronomy Research*, 12, 2014, 223–230.
117. Kopeček P., Machálek A.: Ekonomická analýza výroby mléka na farmách s dojením roboty a v dojárnách. *Agritech Science, VÚZT*, 2009, 8 p.
118. Koszela, K., Mueller, W., Otrzasek, J., Łukomski, M., Kujawa, S.: Beacon in Information System as Way of Supporting Identification of Cattle Behavior. *Appl. Sci.*, 11, 2021, 1062. <https://doi.org/10.3390/app11031062>
119. Kovács, L., Toszer, J., Bakony, M., Jurkovich, V.: Changes in heart rate variability of dairy cows during conventional milking with nonvoluntary exit. *J. Dairy Sci.*, 96, 2013, 7743-7747.
120. Kroulík, M., Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M.: Implementace navigačních technologií a aplikací s podporou GPS. Agrární komora České republiky, 2019, 60 s.

121. Kumar, A., Mandal, D.K., Mandal, A. and Bhakat, C.: Effects of loose housing designs on expressions of milking parlour behaviours and milk yield of crossbred jersey cows. *J. Anim. Res.*, 10, 2020, 315-323.
122. Kusáková, M.: Efektivita a ekonomika výživy dojnic na robotických farmách, *Náš chov*, 72, 2012, č. 2, 68-71.
123. Lacroix, R., Lefebvre, D.M.: Integration of big data from multiple sources to improve dairy herd performance and sustainability. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, 80.
124. Langworthy, A.D., Verdon, M., Freeman, M.J., Corkrey, R., Hills, J.L., Rawnsley, R.P.: Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. I: Technology efficacy and pasture utilization. *J. Dairy Sci.*, 104, 2021, 7071–7083.
125. Morávek, F.: Robotické dojení. Důležitost návyku jalovic. *Chov skotu*, 2019, Duben, 20-21.
126. Lee, C., Prayaga, K., Reed, M., Henshall, J.: Methods of training cattle to avoid a location using electrical cues. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 108, 2007, 229–238.
127. Lemcke, M.C., Ebinghaus, A., Knierim, U.: Impact of Music Played in an Automatic Milking System on Cows' Milk Yield and Behavior - A Pilot Study. *Dairy*, 2, 2021, 73–78. <https://doi.org/10.3390/dairy2010007>.
128. Lessire, F., Moula, N., Hornick, J.L., Dufrasne, I.: Systematic Review and Meta-Analysis: Identification of Factors Influencing Milking Frequency of Cows in Automatic Milking Systems Combined with Grazing. *Animals*, 10, 2020, 913.
129. Lyons, N., Bargo, F., Gargiulo, J., Palladino, A.: Milk yield in pasture-based automatic milking systems is negatively affected by variability in concentrate fed in the robot. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Supplement 1, 55.
130. Nalon, E.; Stevenson, P. Protection of Dairy Cattle in the EU: State of Play and Directions for Policymaking from a Legal and Animal Advocacy Perspective. *Animals* 2019, 9, 1066.
131. Nielsen, P.P., Jensen, M.B., Lidfors, L.: Milk allowance and weaning method affect the use of a computer controlled milk feeder and the development of cross-sucking in dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109, 2008, 223–237.

132. Machálek, A., Šimon, J., Voříšková, J., Maršálek, M., Havlík, V.: Příprava dojnic k robotickému dojení. Metodická příručka, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, 2011, 21 s.
133. Machálek, A., Šimon, J., Fabianová, M., Vejchar, D., Vegricht, J., Havlík, V.: Analýza a metodika hodnocení interakcí systému člověk – zvíře – robot na farmách dojnic. Certifikovaná metodika, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha, 2011, 50 s.
134. Machálek, A.: Audiostimulátor. Int. Cl. A 01 K 15/02, A 01 K 1/12, H 04 R 1/00, G 11 B 5/00. Česká republika, Úřad průmyslového vlastnictví. Spis užitných vzorů 21436 (PUV 2010-23191, přihlášeno 3.9.2010, zapsáno 1.11.2010, zveřejnění zápisu Věstník, 2010, č. 45).
135. Machálek, A., Šimon, J., Fabianová, M.: Analýza a metodika vyhodnocení rychlosti nasazování strukových násadců u dojnicích robotů. *Agritech. Sci.*, 5, 2011, 1-4.
136. Machálek, A., Vegricht, J., Šimon, J., Fabianová, Utilization of Audiostimulation for Control of Time Period between Milking on Farms equipped by automatic Milking. In: Ecology and farming technologies:agro-engineering approaches: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference. Saint-Petersburg: SZNIIMESH Publisher. 3, 2011, 98-104.
137. Menchetti, L., Nanni Costa, L., Zappaterra, M., Padalino, B.: Effects of Reduced Space Allowance and Heat Stress on Behavior and Eye Temperature in Unweaned Lambs: A Pilot Study. *Animals*, 11, 2021, 3464. <https://doi.org/10.3390/ani11123464>
138. Manteca, X., Deag, J.M.: Individual differences in temperament of domestic animals: A review of methodology. *Anim. Welf.*, 2, 1993, 247-268.
139. Manteuffel, G., Langbein, J., Puppe, B.: From operant learning to cognitive enrichment in farm animal housing: bases and applicability. *Anim. Welf.*, 18, 2009, 87-95.
140. Manteuffel, G., Langbein, J., Puppe, B.: Increasing farm animal welfare by positively motivated instrumental behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 118, 2009, 191–198.
141. Masía, F.M., Lyons, N.A., Piccardi, M., Balzarini, M., Hovey, R.C., Garcia, S.C.: Modeling variability of the lactation curves of cows in automated milking systems. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 8189–8196.

142. Mateus, J.R., Paranhos da Costa, P.A.B., Taborda, M.V., de Lima, C., Tiago, S.V.: Individual differences in the behavioral responsiveness of F1 Holstein-Gyr heifers to the training for milking routine. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 241, 2021, 105384. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105384>.
143. Mathijs, E.: Socio-economic aspects of automatic milking. In: A.Meijering, H. Hogeveen C.J.A.M. de Koning (Eds) *Proceedings of the international symposium Automatic Milking, a better understanding*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 2004, 46-55.
144. Mattachini, G., Pompe, J., Finzi, A., Tullo, E., Riva, E., Provolo, G.: Effects of Feeding Frequency on the Lying Behavior of Dairy Cows in a Loose Housing with Automatic Feeding and Milking System. *Animals*, 9, 2019, 121.
145. Medrano-Galarza, C., Leblanc, S.J., Devries, T.J., Jones-Bitton, A., Rushen, J., de Passille, M., Haley, D.B.: A survey of dairy calf management practices among farms using manual and automated milk feeding systems in Canada. *J. Dairy Sci.*, 100, 2017, 6872–6884.
146. Mills, K.E., Koralesky, K.E., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G.: Dairy farmer advising in relation to the development of standard operating procedures. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 11524-11534.
147. Mišková, K.: Pohyb v automatizovaném systému dojení. *Chov skotu*, 10, 2013, červen, 26-27.
148. Mišková, K.: Pastva s dojícím robotem Lely Astronaut. *Chov skotu*, 10, 2013, srpen, 26-27.
149. Monteiro, A., Santos, S., Gonçalves, P.: Precision Agriculture for Crop and Livestock Farming-Brief Review. *Animals*, 11, 2021, 2345. <https://doi.org/10.3390/ani11082345>.
150. Morávek, F.: Důležitost návyku jalovic. *Chov skotu*, 16, 2019, duben, 20-21.
151. Morrison, J., Renaud, D.L., Churchill, K.J., Costa, J.H.C., Steele, M.A., Winder, C.B.: Predicting morbidity and mortality using automated milk feeders: A scoping review. *J. Dairy Sci.*, 104, 2021, 7177–7194.
152. Mota-Rojas, D., Titto, C.G., de Mira Geraldo, A., Martínez-Burnes, J., Gómez, J., Hernández-Ávalos, I., Casas, A., Domínguez, A., José, N., Bertoni, A.: Efficacy and

- Function of Feathers, Hair, and Glabrous Skin in the Thermoregulation Strategies of Domestic Animals. *Animals*, 11, 2021, 3472. <https://doi.org/10.3390/ani11123472>
153. Mottram, T.T., Caroff, H., Gilbert, C.: Modifying the posture of cows for automatic milking. *Appl. Animal Behav. Sci.*, 41, 1994, 191-198.
 154. Munksgaard, L., Jensen, M.B., Pedersen, L.J., Hansen, S.W., Matthews, L.: Quantifying behavioural priorities-effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 92, 2005, 3-14.
 155. Nixon, M., Bohmanova, J., Jamrozik, J., Schaeffer, L.R.: Genetic parameters of milking frequency and milk production traits in Canadian Holsteins milked by an automated milking system. *J. Dairy Sci.*, 92, 2009, 3422–3430.
 156. Norring, M., Valros, A., Munksgaard, L.: Milk yield affects time budget of dairy cows in tie-stalls. *J. Dairy Sci.*, 95, 2012, 102-108.
 157. Oliveira, D.A.B., Ribeiro Pereira, L.G., Bresolin, T., Pontes Ferreira, R.E., Reboucas Dorea, J.R.: A review of deep learning algorithms for computer vision systems in livestock. *Livest. Sci.*, 253, 2021, 104700. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104700>
 158. Osei-Amponsah, R., Dunshea, F.R., Leury, B.J., Cheng, L., Cullen, B., Joy, A., Abhijith, A., Zhang, M.H., Chauhan, S.S.: Heat Stress Impacts on Lactating Cows Grazing Australian Summer Pastures on an Automatic Robotic Dairy. *Animals*, 10, 2020, 869. doi:10.3390/ani10050869.
 159. Pajor, E.A., Rushen, J., de Passillé, A.M.B.: Aversion learning techniques to evaluate dairy cattle handling practices. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 69, 2000, 89-102.
 160. Pánková, B.: Česká jablka mohou za dva roky česat roboti. *AGRObase*, 2021, duben, 32-33.
 161. Pastell, M., Takko, H., Grohn, H., Hautala, M., Poikalainen, V., Praks, J., Veermae, I., Kujala, M., Ahokas, J.: Assessing Cows' Welfare: weighing the Cow in a Milking Robot. *Biosyst. Engineer.*, 93, 2006, 81-87.
 162. Pastell, M.: Automatic Lameness Detection in a Milking Robot: Instrumentation, measurement software, algorithms for data analysis and a neural network model. PhD. Thesis, University of Helsinki, 2007, 47 p.

163. Patterson-Kane, E.G., Pittman, M., Pajor, E.A.: Operant animal welfare: productive approaches and persistent difficulties. *Anim. Welf.*, 17, 2008, 139-148.
164. Pearson, C., Filippi, P., Lush, L., Gonzalez, L.A.: Automated behavioural monitoring allows assessment of the relationships between cow and calf behaviour and calves' survivability and performance. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 245, 2021, 105493. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105493>
165. Peiter, M., Irwin, E., Groen, B., Salfer, J.A., Endres, M.I.: Daily data characteristics of automatic milking system in free-flow farms in the Upper Midwest. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 54.
166. Peiter, M., Salfer, J.A., Endres, M.I.: The association between robot time budget and milk production per robot in free-flow automatic milking system dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 54.
167. Peiter, M., Salfer, J.A., Endres, M.I.: The association between milking interval and milk production per visit, milk fat, and milk protein of cows housed in freeflow automated milking system farms. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 54.
168. Peiter, M., Irwin, B., Groen, B., Salfer, J.A., Endres, M.I.: Association of management practices, housing, milking speed and robot visits with milk production per cow on free-flow automatic milking system farms. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 159.
169. Peiter, M., Irwin, E., Groen, B., Salfer, J.A., Endres, M.I.: Association of management practices, housing, milking speed, and robot visits with milk production per robot on free-flow automatic milking farms. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 160.
170. Penner, G.B.: Precision feeding in automated milking systems: Current gaps and future needs. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 79.
171. Pitla, S., Bajwa, S., Brown-Brandl, T.: Council for Agricultural Science and Technology (CAST). 2020. Ground and Aerial Robots for Agricultural Production: Opportunities and Challenges. Issue Paper 70, Ames, Iowa, 20 p.
172. Piwczynski, D., Brzozowski, M., Sitkowska, B.: The impact of the installation of an automatic milking system on female fertility traits in Holstein-Friesian cows. *Livest. Sci.*, 240, 2020, 104140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104140>.

173. Piwczynski, D., Gondek, J., Sitkowska, B., Kolenda, M.: Comparison of results coming from automatic milking system in selected countries in Europe and U.S. *J. Centr. Europ. Agric.*, 21, 2020, 187-196.
174. Prescott, N.B., Mottram, T.T., Webster, A.J.F.: Relative motivations of dairy cows to be milked or fed in a Y-maze and an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 57, 1998, 23-33.
175. Prescott, N.B., Mottram, T.T.F., Webster, A.J.F.: Reinforcing properties of milking vs. feeding for high and low yielding dairy cows in a Y-maze and an automatic milking system. *ISAE*, 1996, 129.
176. Prýmas, L.: O řeči krav ve stáji s robotickým dojením. *Náš chov*, 76, 2016, č. 2, 23-26.
177. Prýmas, L.: Pastva dojnic a automatické dojení jdou ruku v ruce. *Náš chov*, 78, 2018, č. 1, 12-13.
178. Rataj, V.: Vývoj v poľnohospodárskej technike – čo nás čaká a zrejme neminie. 20.07.2021. Accessed in <http://www.agroporadenstvo.sk/index.php?pl=101&article=2271&start>.
179. Reenen van, C.G., Van der Werf, J.T.N., Bruckmaier, R.M., Hopster, H., Engel, B., Noordhuizen, J.P.T.M., Blokhuis, H.J.: Individual Differences in Behavioral and Physiological Responsiveness of Primiparous Dairy Cows to Machine Milking. *J. Dairy Sci.*, 85, 2002, 2551-2561.
180. Renn, N., Onyango, J., McCormick, W.: Digital Infrared Thermal Imaging and manual lameness scoring as a means for lameness detection in cattle. *Vet. Clinic. Sci.*, 2, 2014, 16-23.
181. Rushen, J., de Passillé, A.M.B., Munksgaard, L.: Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *J. Dairy Sci.*, 82, 1999, 720-727.
182. Rushen, J., Taylor, A.A., de Passillé, A.M.: Domestic animals' fear of humans and its effect on their welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 65, 1999, 285-303.
183. Rushen, J., Chapinal, N., de Passillé, A.M.: Automated monitoring of behavioural-based animal welfare indicators. *Anim. Welf.*, 21, 2012, 339-350.
184. Sasáková M., AEU CRV: Nejde jenom o roboty. *Chov skotu*, 15, 2018, duben, 18
185. Sasáková, M.: Ovalert očima chovatelů. *Chov skotu*, 16, 2019, Duben, 9.

186. Sasáková, M.: Ovalert očima chovatelů. Chov skotu, 16, 2019, Červen, 4.
187. Schlageter-Tello, A., Bokkersb, E.A.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Van Hertemd, T., Viazzid, S., Romaninid, C.E.B., Halachmie, I., Bahrd, C., Berckmansd, D., Lokhorst, K.: Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review. *Prev. Veterin. Med.*, 116, 2014, 12–25
188. Schwalm, A., Brandes, F., Georg, H., Helke, H.J., Hinz, T., Ude, G.: Herzfrequenzen von Färsen und Kühen im Melkstand unter Berücksichtigung der Gewöhnung an die Melkroutine und des Schallpegels. *Landbauforsch. - vTI Agric. Forestry Res.*, 62, 2012, 51-58.
189. Scott, V.E., Thomson, P.C., Kerrisk, K.L., Garcia, S.C.: Influence of provision of concentrate at milking on voluntary cow traffic in a pasture-based automatic milking system. *J. Dairy Sci.*, 97, 2014, 1481-1490.
190. Scott, V.E., Kerrisk, K.L., Thomson, P.C., Lyons, N.A., Garcia, S.C.: Voluntary cow traffic and behaviour in the premilking yard of a pasture-based automatic milking system with a feed supplementation regime. *Livest. Sci.*, 171, 2015, 52–63.
191. Sedlák, J.: Žatva doby digitálnej roľníka (ne)mení. *Pravda. Víkend*, 7. augusta 2021, 34-35.
192. Segerkvist, K.A., Höglund, J., Österlund, H., Wik, Ch., Högberg, N., Hessel, A.: Automatic weighing as an animal health monitoring tool on pasture. *Livest. Sci.*, 240, 2020, 104157.
193. Simanungkalit, G., Barwick, J., Cowley, F., Dawson, B., Dobos, R., Hegarty, R.: Use of an ear-tag accelerometer and a radio-frequency identification (RFID) system for monitoring the licking behaviour in grazing cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 244, 2021. 105491, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105491>.
194. Sinnott, A.M., Kennedy, E., Bokkers, E.A.M.: The effects of manual and automated milk feeding methods on group-housed calf health, behaviour, growth and labour. *Livest. Sci.*, 244, 2021, 104343. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104343>
195. Stefanowska, J., Devir, S., Hogeveen, H.: Time study on dairy cows in an automatic milking system with a selection unit and one-way cow traffic. *Canad. Agricultur. Engineer.*, 39, 1997, 221-229.

196. Stone, A.E.: The top 5 technologies for the modern cow. *J. Dairy Sci.*, 102, 2019, Suppl. 1, 304.
197. Stone, A.E.: The most important factors affecting adoption of precision dairy monitoring technologies. *J. Dairy Sci.*, 103, 2020, 5740–5745.
198. Sutherland, M.A., Huddart, F.J.: The effect of training first-lactation heifers to the milking parlor on the behavioral reactivity to humans and the physiological and behavioral responses to milking and productivity. *J. Dairy Sci.*, 95, 2012, 6983-6993.
199. Svennersten-Sjaunja, K.M., Pettersson, G.: Pros and cons of automatic milking in Europe. *J. Anim. Sci.*, 86, 2008, 37-46.
200. Svensson, C., Jensen, M.B.: Short communication: Identification of diseased calves by use of data from automatic milk feeders. *J. Dairy Sci.* 90, 2007, 994–997.
201. Swartz, T.H., McGilliard, M.L., Petersson-Wolfe, C.S.: Technical note: The use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 99, 2016, 9109–9113.
202. Šestáková, K.: Řízení automatizované farmy. *Chov skotu*, 12, 2015, únor, 26-27.
203. Štrébl, P.: Nový milník v dojení. *Náš chov*, 78, 2018, č. 6, 59.
204. Šoch, M., Fiala, O., Brouček, J., Zábranský, L., Pálka, V., Tejml, P., Šťastná, J., Novák, P.: Effect of milking machine on behavioral manifestations of milking cows. *Folia Veterin.*, 56, 2012, Suppl. II, 62-64.
205. Šoch, M., Fiala, O., Brouček, J., Raabová, M., Šťastná, J., Novák, P., Zajíček, P., Štengl, R., Tejml, P., Pálka, V.: Ekologické projevy dojnic při využití dojnicích automatů. *Ekológia a veterinárna medicína VIII. "Hygienické a ekologické problémy vo vzťahu k veterinárnej medicíne"*. 22.-23.9.2011, Košice, ISBN 978-80-8077-249-9, 17-22.
206. Šoch, M., Fiala, O., Šťastná, J., Brouček, J., Tejml, P., Smutný, L., Smutná, Š., Čermák, B., Zábranský, L., Šimková, A., Švejdová, K., Raabová, M., Pálka, V.: Assessment of the impact of automatic milking on the selected parameters of dairy cows welfare. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology*, XVII, 2013, No. 2, 69-76.
207. Talukder, S., Celi, P., Kerrisk, K.L., Garcia, S.C., Dhand, N.K.: Reproductive performance of dairy cows in a pasture based Automatic Milking System research farm:

- a retrospective analysis. In: Proceedings of the Fifth Australasian Dairy Science Symposium. Melbourne, Vic., 2012, pp. 302–305.
208. Talukder, S., Kerrisk, K.L., Ingenhoff, L., Thomson, P.C., Garcia, S.C., Celi, P.: Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology*, 81, 2014, 925-935.
209. Talukder, S., Celi, P., Kerrisk, K.L., Garcia, S.C., Dhand, N.K.: Factors affecting reproductive performance of dairy cows in a pasture-based, automatic milking system research farm: a retrospective, single-cohort study. *Anim. Prod. Sci.*, 55, 2015, 31-44.
210. Tancin, V., Uhrincat, M.: The effect of somatic cell on milk yield and milk flow at quarter level. *Vet. Med. Zoot.*, 66, 2014, 69-72.
211. Tancin, V., Macuhova, J., Jackuliakova, L., Uhrincat, M., Antonic, J., Macuhova, L., Jilek, F.: The effect of social stress on milking efficiency in dairy ewes differed in milk flow kinetic. *Small Ruminant Res.*, 115, 2015, 115-119.
212. Tančin, V., Hluchý, S., Mihina, Š., Uhrinčať, M.: Fyziológia získavania mlieka a anatómia vemena. Monografia VÚŽV Nitra, 2001, 122 s.
213. Tančin, V., Tančinová, D.: Dojenie a kvalita mlieka. Publikácie SCPV Nitra, 19, 2008, 104 s.
214. Tongeľ, P.: Je možné dojiť dojnice robotom, keď sú celý deň na pastve? *Agromagazín*, 2018, č. 3, 36.
215. Tongeľ, P.: Začala aj v poľnohospodárstve „Štvrtá priemyselná revolúcia“? *Agromagazín*, 2018, č. 4, 36-37.
216. Tse, C., Barkema, H.W., DeVries, T.J., Rushen, J., Pajor, E.A.: Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *J. Dairy Sci.*, 100, 2017, 1–11.
217. Uhrinčať, M., Tančin, V., Tvarožková, K., Mačuhová, L., Vršková, M., Ptáček, M., Holko, I.: The electrical conductivity of sheep's milk and the possibility of mastitis detection. *Slovak J. Food Sci.*, 13, 2019, 562-565.

218. Ujita, A., El Faro, L., Vicentini, R.R., Lima, M.L.P., de Oliveira Fernandes, L., Penido Oliveira, A., Veroneze, R., Negro, J.A.: Effect of positive tactile stimulation and prepartum milking routine training on behavior, cortisol and oxytocin in milking, milk composition, and milk yield in Gyr cows in early lactation. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 234, 2021, 105205.
219. Vegricht, J., Machálek, A., Fabiánová, M., Miláček, P., Ambrož, P.: Inovace technických systémů pro chov dojníc. Metodická příručka MZe ČR, Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. 80 s.
220. Veissier, I.: Observational learning in cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 35, 1993, 235-243.
221. Velechovská, J.: Kvalitní pracant z jihu. *Farmář*, 24, 2018, č. 3, 46-47
222. Velechovská, J.: Robotické technologie na scéně. *Náš chov*, 79, 2019, č. 2, 28.
223. Velechovská, J.: Krávy ve světě robotů. *Náš chov*, 78, 2018, č. 6, 22-23
224. Verdon, M., Langworthy, A., Rawnsley, R.: Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. II: Effects on cow welfare and behavior. *J. Dairy Sci.* 104, 2021, 7084–7094.
225. Verduzco-Mendoza, A., Bueno-Nava, A., Wang, D., Martínez-Burnes, J., Olmos-Hernández, A., Casas, A., Domínguez, A., Mota-Rojas, D.: Experimental Applications and Factors Involved in Validating Thermal Windows Using Infrared Thermography to Assess the Health and Thermostability of Laboratory Animals. *Animals*, 11, 2021, 3448. <https://doi.org/10.3390/ani11123448>
226. Voříšková, J., Maršálek, M., Reichová, S., Zedníková, J., Machálek, A.: Results of robotic milking on selected farms in the Czech Republic. *J. Agrobiol.*, 27, 2010, 121-128.
227. Weiss, D., Helmreich, S., Moestl, E., Dzidic, A., Bruckmaier, R.M.: Coping capacity of dairy cows during the change from conventional to automatic milking. *J. Anim. Sci.*, 82, 2004, 563-570.
228. Wenzel, C., Schoenreiter-Fischer, S., Unshelm, J.: Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livest. Prod. Sci.*, 83, 2003, 237-246.

229. Wicks, H.C.F., Carson, A.F., McCoy, M.A., Mayne, C.S.: Effects of habituation to the milking parlour on the milk production and reproductive performance of first calving Holstein-Friesian and Norwegian dairy herd replacements. *Anim. Sci.*, 78, 2004, 345-354.
230. Widegren, S.: Introduction of heifers to an automatic milking system. Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, SE-750 07 Uppsala, 2014, 22 p.
231. Wredle, E., Munksgaard, L., Spordly, E.: Training cows to approach the milking unit in response to acoustic signals in an automatic milking system during the grazing season. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 101, 2006, 27-39.
232. Zessen van, T.: Je investice do senzorů pro monitoring příliš nákladná? *Chov skotu*, 16, 2019, červen, 24-25.